

**ÇOK ÖLÇÜTLÜ SORUN ÇÖZÜMÜNE YÖNELİK
BİR BÜTÜNLEŞİK KARAR DESTEK MODELİ**

100788

**DOKTORA TEZİ
Y. Müh. Y. İlker TOPCU
507950151012**

100788

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 11 Ekim 1999
Tezin Savunulduğu Tarih : 26 Nisan 2000**

Tez Danışmanı :

Prof. Dr. Füsün ÜLENGİN

Diğer Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Güneş GENÇYILMAZ (İ.Ü.)

Prof.Dr. Ramazan EVREN (İ.T.Ü.)

Doç.Dr. Alpaslan FIĞLALI (İ.T.Ü.)

Y.Doç.Dr. Ali Tamer ÜNAL (B.Ü.)

NİSAN 2000

ÖNSÖZ

Bilinçli ya da bilinçsiz verilen ve iyi ya da kötü sonuçlar doğuran kararlar; hayatın sunduğu fırsatlarla, zorluklarla ve belirsizliklerle karşılaşıldığı zaman kullanılan en temel aracı temsil ederler. Hayat sahnesinin oyuncularının rolü; ilerleyiş ve gelişimlerini belirleyen sorulara verdikleri yanıtlarla toplum ve dünyadaki yerlerini bulmaktır. Kişilerin bir öğrenci, bir eş, bir çalışan, bir vatandaş... olarak oynadıkları rolün başarısı çeşitli zamanlarda ve çeşitli yerlerde verdikleri kararlara bağlıdır, çoğu zaman. Bazı durumlarda da şans imdadına yetişir; doğru zamanda doğru yerde olan oyuncuların. Ya da hile ile başarırlar: Eski zamanların birinde, bir gezgin geçtiği yerlerde, ahşap duvarlara çizilen hedef tahtalarının hep onikiden vurulduğunu görmüş. Kim bu üstün nişancı diye şaşkın şaşkın dolaşırken elinde bir yayla bir ufak çocuk görmüş. Sorduğu soruya yanıt olarak o nişancının kendisi olduğunu söylemiş çocuk ve atmış bir oku boş bir ahşap duvara. Ok saplanınca da, gitmiş, güzel düzgün daireler çizmiş okun etrafına... İşte bu şekilde hile yapmaya gerek kalmayacak doğru kararlar alınmasını sağlamak için karar verme süreci boyunca destek sağlayacak ve ve sonuç olarak öneri geliştirebilecek bir model tasarlamaktı bu çalışmadaki amacım.

Söz konusu modeli önerdiğim tezle ilgili araştırma ve yazma çalışmalarında bana destek olan, yardım eden, benimle tartışan ve bana birşeyler öğreten herkese minnettarım. Özellikle beni yetiştiren ve bugüne kadar her istediğimi yapmaya çalışan aileme şükranlarımı sunarım. Yurtdışı araştırmalarım için bana karşılıksız burs sağlayan Tınçel vakfına, kurucusuna ve yönetim kurulu üyelerine; burs için beni öneren Prof. Dr. Öner Eyrenci'ye; Leeds'deki araştırmalarım sırasında bana yardımcı olan Larissa Bdzola ve Dr. Ekrem Tatoğlu'na, bana danışmanlık yapan, yol gösteren ve moral aşılayan Prof. Dr. Alan Pearman'a; çalışmalarım sırasında her aşamada yardımcı ve destek olan ve tezimle ilgili bitmek tükenmek bilmeyen konuşmalarımı, şikayetlerimi ve sevinçlerimi dinlemek zorunda kalıp akıl veren ama en önemlisi bana dostluklarını sunan Şule Önsel Şahin ve Dr. Şebnem Burnaz'a; bazen tecrübesini paylaşmaya hazır bir danışman, bazen cırak yetiştiren bir usta, bazen de çocuğunu azarlayan bir anne rolü üstlenen ve akademik kişiliğiyle çoğumuza bir model olan mentorum Prof. Dr. Füsun Ülengin'e ve yazma aşamasında tanıştığım ve bana tezin dışında da bir hayat olduğunu gösterip çok şeyler öğreten adı bende saklıya çok çok teşekkür ederim.

Umarım oku attıktan sonra hedefi çizmeye gerek bırakmayan ve yol gösterici bir modeldir, sonucu bu çalışmanın. Unutmamalı ki "Eğer bir kişi nereye gittiğini bilmiyorsa, her yol ona uyar"...

Ekim, 1999

Y. İlker Topcu

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	ix
TABLO LİSTESİ	x
ŞEKİL LİSTESİ	xiii
SEMBOL LİSTESİ	xv
ÖZET	xvii
SUMMARY	xxii
1. GİRİŞ	1
2. KARAR VERME	4
2.1 Karar Vermeye Destek Olucu Yaklaşımlar	5
2.1.1 Karar analizi	6
2.1.2 Karara yardım amaçlı yaklaşımlar	7
2.2 Karar Verme Süreci	9
2.3 Karar Verme ile İlgili Temel Kavramlar	11
2.3.1 Sorunlar	11
2.3.1.1 Çok kriterli karar verme gerektiren sorunlar	12
2.3.1.2 Çok kriterli karar sorunlarını sınıflandırma	13
2.3.2 Karar verme sürecine katılanlar	15
2.3.3 Seçenekler	16
2.3.4 Amaçlar, kriterler ve ölçütler	17
2.3.4.1 Amaçlar	18
2.3.4.2 Kriterler	18
2.3.4.3 Ölçütler	19
2.3.5 Yöntemler	21

3. SORUNUN YAPILANDIRILMASI	22
3.1 Yapılandırmanın Önemi ve Amacı	22
3.2 Yapılandırma Süreci	23
3.2.1 Sorunun saptanması ve tanımlanması	24
3.2.2 Değer ve amaçların belirlenmesi	25
3.2.3 Seçenek kümesinin oluşturulması	25
3.2.3.1 Seçeneğe dayalı yöntemler	26
3.2.3.2 Ölçüte dayalı yöntemler	26
3.2.3.3 Duruma dayalı yöntemler	27
3.2.3.4 Genel yaratıcılık teknikleri	28
3.2.4 Seçeneğe odaklanan düşünme	28
3.2.5 Değere odaklanan düşünme	28
3.3 Yapılandırma Yöntemleri	30
3.3.1 Değer hiyerarşisi	30
3.3.2 Esnek sistem analizi	31
3.3.3 Yanlamasına düşünme	32
3.3.4 Etki diyagramları	33
3.3.5 Bilişsel haritalar	33
4. KARAR MODELİNİN KURULMASI	37
4.1 Modelleme	37
4.2 Seçeneklerin Ölçütlere Göre Performans Değerlerinin Elde Edilmesi	38
4.3 Ölçütlerin Göreli Önemlerinin Belirlenmesi	43
4.3.1 Doğrudan değerlendirme yöntemi	44
4.3.2 Sözel ifadelerle dayalı yöntem	44
4.3.3 Sıralamaya dayalı yöntemler	44
4.3.4 Değişim/Dönüşüm yöntemi	45
4.3.5 Özvektör yöntemi	45
4.3.6 Değiş-Tokuş yöntemi	45
4.3.7 Merkezilik	46
4.3.8 Belirlenen ölçüt göreli önemlerinin incelenmesi	46
4.4 KV'nin Tercihlerinin Modellenmesi	46

4.4.1	Geleneksel tercih yapısı	47
4.4.2	Kayıtsızlık eşiğinin dikkate alınması	49
4.4.3	Değişken kayıtsızlık eşiğinin dikkate alınması	50
4.4.4	Kayıtsızlık eşiğinin yanında tercih eşiğinin de dikkate alınması	50
4.4.5	Karşılaştıramama durumunu barındıran tercih modelleri	51
4.4.6	Eşiklerin ölçütler üzerindeki etkisi	51
5.	SORUNUN ÇÖZÜMLENMESİ	53
5.1	Çok Kriterli Karara Yardım	53
5.2	Çok Kriterli Karar Verme	55
5.2.1	Seçenek sayısına göre çok kriterli karar verme çözüm yöntemleri	56
5.2.2	İşleyişlerine göre çok kriterli karar verme çözüm yöntemleri	56
5.2.3	Çok Kriterli karar verme yöntemleri için diğer sınıflandırmalar	58
5.2.3.1	Değer fonksiyonunun varlığı ve durumuna göre sınıflandırma	59
5.2.3.2	KV'den tercih alma şekline göre sınıflandırma	59
5.3	Çok Amaçlı Karar Verme	60
5.4	Çok Ölçütlü Karar Verme	63
5.5	Çok Kriterli Karara Yardım ile Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Arasındaki Temel Farklar	65
5.6	Çok Kriterli Karara Yardımı Sırasında Çok Ölçütlü Karar Verme Gerektiren Sorunların Çözümü için Kullanılan Yöntemlere Genel Bir Bakış	67
5.7	Çözüm Yöntemleri ile İlgili Temel Kavramlar	67
5.7.1	Biraraya getirme	67
5.7.2	Telafi etme ve değiş-tokuş	68
5.8	Karar Vericinin Serbestlik Alanı	70
5.8.1	Duyarlılık analizi	70
5.8.2	Gürbüzlük analizi	73
6.	BASİT SORUN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ	74
6.1	İkili Değiştirme Yöntemi	74
6.2	Ardışık Sırasal Yöntem	79
6.3	Ardışık Yarı Sırasal Yöntem	80

6.4	Özelliklerine Göre Eleme Yöntemi	82
6.5	İyimserlik Yöntemi	82
6.6	Kötümserlik Yöntemi	84
6.7	Birleştiren Yöntem	85
6.8	Ayıran Yöntem	86
6.9	Sıralama Kullanan Yöntemler	86
6.9.1	Ortanca sıralama yöntemi	86
6.9.2	Uzaklık fonksiyonuna dayalı atama yöntemi	88
6.10	Çoğunluk Yöntemi	89
7.	DEĞER / FAYDA TEMELLİ SORUN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ	91
7.1	Çok Ölçütlü Değer Teorisi	91
7.2	Basit Toplamlı Ağırlıklandırma	97
7.3	Ağırlıklı Çarpım	99
7.4	TOPSIS	100
7.5	Analitik Hiyerarşi Süreci	103
7.6	AHS Puanlama Yöntemi	110
8.	ÜSTÜNLÜĞE DAYANAN SORUN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ	114
8.1	ELECTRE	114
8.2	ELECTRE II	118
8.3	ELECTRE III	121
8.4	ELECTRE IV	128
8.5	PROMETHEE	130
8.6	PROMETHEE II	136
9.	ETKİLEŞİMLİ SORUN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ	138
9.1	PRIAM	138

9.2	STEM	141
9.3	Değişen Hedef Yöntemi	146
9.4	İstek Tabanlı Etkileşimli Yöntem	148
9.5	Görsel Etkileşimli Hedef Programlama	150
9.6	Dışbükey Koniler Yöntemi	151
10.	ÇOK KRİTERLİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİ	157
10.1	Karar Destek Sistemleri	157
10.2	Çok Kriterli Karara Yardım için KDS	157
10.3	ÇKKDS Örnekleri	158
10.3.1	Expert Choice	159
10.3.2	DecArt	161
10.3.3	PromCalc-GAIA	162
10.3.4	ELECTRE III / IV	164
10.3.5	Web-HIPRE	165
10.3.6	V.I.S.A.	168
10.3.7	Logical Decisions	171
10.3.8	Criterium Decision Plus	173
10.3.9	Hesap tabloları	173
11.	YENİ BİR KARAR DESTEK MODELİ ÖNERİSİ	176
11.1	En Uygun Çok Ölçütlü Sorun Çözüm Yönteminin Seçimine Yönelik Yaklaşımlar	176
11.2	Sorun Yapılandırma ve Değerlendirmenin Bütünleştirilmesine Yönelik Yaklaşımlar	180
11.2.1	COPE-V.I.S.A. bütünleşimi	180
11.2.2	Expert Choice paketinde bütünleşim	182
11.3	Önerilen Yaklaşım	183
11.3.1	Karar verme durumunun tanımlaması	185
11.3.2	Önerilen modelin işleyişi	190
11.3.3	Karar verme durumları ile çözüm yöntemlerinin eşleştirilmesi	194
11.3.3.1	Eşleştirme adımları	194

11.3.3.2	Uygulanabilecek yöntem dönüşümleri	199
11.3.3.3	Komşuluk dönüşümleri	200
12.	UYGULAMALAR	201
12.1	Boğaziçinde Uygun Su Geçişinin Önerilmesi	201
12.2	Satın Alma Noktası Seçimi	206
12.3	Mürekkep Püskürtmeli Yazıcı Seçimi	210
12.4	Bir Vakfın Yapmayı Planladığı Projeleri Önceliklendirme	214
12.5	Otomobil Satın Alma	215
13.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER	218
	KAYNAKLAR	222
	EK A	239
	EK B	243
	EK C	248
	ÖZGEÇMİŞ	261

KISALTMALAR

AHS	: Analitik Hiyerarşi Süreci
BH	: Bilişsel Harita
ÇAKV	: Çok Amaçlı Karar Verme
ÇAMP	: Çok Amaçlı Matematik Programlama
ÇKKDS	: Çok Kriterli Karar Destek Sistemi
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ÇKKY	: Çok Kriterli Karara Yardım
ÇÖDT	: Çok Ölçütlü Değer Teorisi
ÇÖKV	: Çok Ölçütlü Karar Verme
DOD	: Değere Odaklanan Düşünme
ELECTRE	: Elimination et Choix Traduisant la Réalité
IDEA	: Bütünleşik Karar Destek Modeli - Integrated Decision Aid
KA	: Karar Analisti
KDS	: Karar Destek Sistemi
KV	: Karar Verici
KVD	: Karar Verme Durumu
PRIAM	: Programme Utilisant l'Intelligence Artificielle en Multicritère
PROMETHEE	: Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluation
STEM	: Step Method
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
V.I.S.A.	: Visual Interactive Sensitivity Analysis

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Sorunları sınıflandırma çeşitleri	14
Tablo 2.2. Ölçütlerin sınıflandırma çeşitleri	20
Tablo 5.1. ÇKKV çözüm yöntemlerinin sınıflandırma çeşitleri	58
Tablo 5.2. ÇAMP çözüm yöntemlerinin sınıflandırma çeşitleri	62
Tablo 5.3. Çok kriterli sorunlar için çözüm yöntemleri	68
Tablo 6.1. Otomobil satın alma örneği	76
Tablo 6.2. Otomobil sıralama matrisi	76
Tablo 6.3. İlk aşama sonucu karar matrisi	77
Tablo 6.4. İlk aşama sonucu otomobillerin sıralanması	77
Tablo 6.5. İkinci aşama sonucu karar matrisi	78
Tablo 6.6. Yeni karar matrisi	78
Tablo 6.7. Son karar matrisi	78
Tablo 6.8. Sıralaması belli olmayan seçenek gruplarının konfora göre performans değerleri	80
Tablo 6.9. a_4 ve a_5 arasındaki kayıtsızlık	80
Tablo 6.10. Ardışık sırasal yöntemle göre sıralama	80
Tablo 6.11. a_1 , a_2 ve a_3 'ün konfora göre performans değerleri	81
Tablo 6.12. a_1 ve a_2 arasındaki kayıtsızlık	81
Tablo 6.13. Ardışık yarı sırasal yöntemle göre sıralama	81
Tablo 6.14. Otomobil satın alma örneği için nicel değerlerden oluşan karar matrisi	83
Tablo 6.15. Otomobil satın alma örneği için normalize ($r_{ij}(1)$) karar matrisi	83
Tablo 6.16. Seçeneklerin en iyi norm değerleri	84
Tablo 6.17. Seçeneklerin en kötü norm değerleri	84
Tablo 6.18. Otomobiller için medyan sıralama matrisi	88
Tablo 6.19. Seçeneklerin toplam medyan sıralaması	88
Tablo 6.20. Otomobil örneği için global sıralara uzaklık matrisi	89
Tablo 6.21. Uzaklık fonksiyonuna dayalı atama yöntemine göre sıralama ..	89
Tablo 6.22. Seçeneklerin ikili karşılaştırılmaları sonucu elde edilen ölçüt sayıları	90
Tablo 7.1. Değer fonksiyonu değerlerinden oluşan karar matrisi	96
Tablo 7.2. Seçeneklerin bileşik değer fonksiyon değeri	97
Tablo 7.3. Otomobil satın alma örneği için normalize ($r_{ij}(\infty)$) karar matrisi	98
Tablo 7.4. Seçeneklerin global puanları	98
Tablo 7.5. Seçeneklerin global puanları	99
Tablo 7.6. Seçeneklerin global puanlarının ideal seçenek puanına oranı ...	100
Tablo 7.7. Otomobil satın alma örneği için normalize ($r_{ij}(2)$) karar matrisi	102

Tablo 7.8.	Ağırlıklandırılmış normalize değerler	102
Tablo 7.9.	İdeal çözümlere uzaklık ve pozitif ideal çözüme benzerlik	102
Tablo 7.10.	AHS değerlendirme ölçeği	105
Tablo 7.11.	Birinci düzey için ikili karşılaştırmalar matrisi	108
Tablo 7.12.	Birinci düzeye ilişkin görelî önem vektörü	108
Tablo 7.13.	Ulaşım kriteri için ikili karşılaştırmalar matrisi	109
Tablo 7.14.	Rakip kriteri için ikili karşılaştırmalar matrisi	109
Tablo 7.15.	Müşteri kriteri için ikili karşılaştırmalar matrisi	109
Tablo 7.16.	İkinci düzeydeki üç kritere ilişkin görelî önem vektörleri	109
Tablo 7.17.	Bedel kriteri için görelî önem vektörü bulunması	109
Tablo 7.18.	Seçeneklerin bileşik görelî önemleri	110
Tablo 7.19.	AHS modelindeki değerlendirme ölçütleri	111
Tablo 7.20.	Kriterlerin görelî önem vektörü	112
Tablo 7.21.	Başvuran adayların toplam puanları	112
Tablo 8.1.	Uyumluluk göstergeleri	117
Tablo 8.2.	Uyumsuzluk kümesinin elemanları	118
Tablo 8.3.	Kayıtsızlık, tercih ve veto eşikleri	125
Tablo 8.4.	Uyumluluk göstergeleri	125
Tablo 8.5.	Fiyat ölçütü için uyumsuzluk göstergeleri	126
Tablo 8.6.	Konfor ölçütü için uyumsuzluk göstergeleri	126
Tablo 8.7.	Üstünlük dereceleri	126
Tablo 8.8.	Seçeneklerin yeterliliği	126
Tablo 8.9.	ELECTRE III'e göre sıralamalar	127
Tablo 8.10.	Üstünlük ilişkileri	129
Tablo 8.11.	Azalan damıtma zinciri yordamı	130
Tablo 8.12.	Çoğalan damıtma zinciri yordamı	130
Tablo 8.13.	Medyan sıra değerleri	130
Tablo 8.14.	Genelleştirilmiş kriter değer örnekleri	135
Tablo 8.15.	Çok ölçütlü tercih göstergeleri ve tercih akışları	135
Tablo 8.16.	Tercih akışlarına göre sıralamalar	135
Tablo 8.17.	PROMETHEE II yöntemine göre net akışlar ve sıralama	137
Tablo 9.1.	Otomobil satın alma örneği için ödemeler matrisi	144
Tablo 9.2.	İstek düzeyini sağlayan seçeneklerin istek düzeyine uzaklıkları	149
Tablo 11.1.	Karar verme durumu boyutları	186
Tablo 11.2.	Karar verme durumu - sorun çözüm yöntemi eşleştirilmesi	195
Tablo 11.3.	Birden fazla sayıda çözüm yöntemi ile eşleşen "uygun çözüm yöntemi olan karar verme durumları"	195
Tablo 12.1.	Seçenekler	202
Tablo 12.2.	Ölçütler	202
Tablo 12.3.	Başlangıç matrisi	204
Tablo 12.4.	Ana amaçlar	204
Tablo 12.5.	Karar matrisi	204
Tablo 12.6.	Uygulama için özellikleri öğrenilen karar verme durumu boyutları	205
Tablo 12.7.	Belirlenebilecek karar verme durumları ve önerilen çözüm yöntemleri	205
Tablo 12.8.	Tercih göstergeleri ve akışları	206
Tablo 12.9.	İkinci seviyedeki değişken grupları ve üçüncü seviyedeki değişkenler	207

Tablo 12.10.	Karar matrisi	211
Tablo 12.11.	Belirlenebilecek karar verme durumları ve önerilen yöntemler	211
Tablo 12.12.	Ödemeler matrisi	212
Tablo 12.13.	İdeal, en kötü ve normalizasyon katsayıları noktası	212
Tablo 12.14.	Uzlaşık çözüme uzaklıklar	213
Tablo 12.15.	Uygulama için özellikleri bilinen karar verme durumu boyutları	216
Tablo 12.16.	Belirlenebilecek karar verme durumları ve önerilen yöntemler	216
Tablo 12.17.	IDEA'nın karar verme durumları için önerdiği yöntemlerin çözümleri	217
Tablo A.1.	Basit yöntemlerin KVD boyutları açısından incelenmesi	239
Tablo A.2.	Değer/fayda temelli yöntemlerin KVD boyutları açısından incelenmesi	240
Tablo A.3.	Üstünlük yöntemlerinin KVD boyutları açısından incelenmesi	241
Tablo A.4.	Etkileşimli yöntemlerin KVD boyutları açısından incelenmesi	242



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. : Karar verme süreci	10
Şekil 3.1. : Strateji üretim tablosu ile seçenek ortaya çıkarma	27
Şekil 4.1. : En çok kullanılan tercih yapıları	47
Şekil 6.1. : Seçeneklerin çoğunluk yöntemine göre çizgesi	90
Şekil 7.1. : Kesikli doğrusal tek boyutlu değer fonksiyonuna örnek	92
Şekil 7.2. : Kar ölçütü için üssel tek boyutlu değer fonksiyonu örnekleri	93
Şekil 7.3. : Maliyet ölçütü için üssel tek boyutlu değer fonksiyonu örnekleri	94
Şekil 7.4. : Basit bir AHS modeli	104
Şekil 7.5. : Örnek sorun için oluşturulan hiyerarşik model	107
Şekil 8.1. : Seçeneklerin ELECTRE yöntemine göre çizgesi	118
Şekil 8.2. : Seçeneklerin ELECTRE II yöntemine göre çizgesi	121
Şekil 8.3. : Çekirdekteki seçeneklerin zayıf üstünlüğe göre çizgesi	121
Şekil 8.4. : Performans değerleri ile uyumluluk göstergesinin ilişkisi	123
Şekil 8.5. : Performans değerleri ile uyumsuzluk göstergesinin ilişkisi ...	124
Şekil 8.6. : ELECTRE III'e göre çizilen çizge	128
Şekil 8.7. : ELECTRE IV'e göre çizilen çizge	130
Şekil 8.8. : Genelleştirilmiş kriter tipleri	132
Şekil 8.9. : Seçeneklerin PROMETHEE yöntemine göre çizgesi	136
Şekil 9.1. : Otomobil satın alma örneği için PRIAM arama ağacı	142
Şekil 9.2. : Dışbükey koni ve baskın olduğu alan	153
Şekil 9.3. : Dışbükey baskınlığın ve etkin komşuluğun gösterimi	154
Şekil 10.1. : Expert Choice paketi kullanılarak oluşturulan hiyerarşi	160
Şekil 10.2. : Seçenek global puanları ve performans duyarlılık analizi	160
Şekil 10.3. : DecArt paketi kullanılarak oluşturulan örnek bir karar matrisi	162
Şekil 10.4. : DecArt paketinin sunduğu seçenek sıralaması	163
Şekil 10.5. : PromCalc paketi kullanılarak oluşturulan karar matrisi	163
Şekil 10.6. : PromCalc'ın sunduğu PROMETHEE I kısmi sıralaması	164
Şekil 10.7. : ELECTRE paketi kullanılarak oluşturulan karar matrisi	165
Şekil 10.8. : ELECTRE paketinin sunduğu damıtma kümeleri ve ön sıralama	166
Şekil 10.9. : Web-HIPRE kullanılarak oluşturulan hiyerarşi	167
Şekil 10.10. : Web-HIPRE'nin sunduğu seçenek puanları	168
Şekil 10.11. : V.I.S.A. kullanılarak oluşturulan hiyerarşi ve karar matrisi ...	170
Şekil 10.12. : V.I.S.A.'nın sunduğu sonuçlar	170
Şekil 10.13. : Logical Decisions paketi kullanılarak oluşturulan hiyerarşi ...	172
Şekil 10.14. : Logical Decisions paketinin sunduğu sonuçlar	172
Şekil 10.15 : Criterium Decision Plus paketi kullanılarak oluşturulan hiyerarşi	174

Şekil 10.16.	: Criterium Decision Plus paketinin sunduğu seçenek global	
	puanları	174
Şekil 11.1.	: Uygulanabilecek yöntem dönüşümü ile atama	196
Şekil 11.2.	: Uygulanabilecek yöntem dönüşümü ile kurulan komşuluk	
	ilişkisi	197
Şekil 11.3.	: Komşuluk dönüşümü ile kurulan komşuluk ilişkisi	198
Şekil 12.1.	: Boğaziçinde uygun su geçişinin önerilmesi ile ilgili BH	203
Şekil 12.2.	: PROMETHEE I uygulanması sonucu elde edilen kısmi ön	
	sıralama	206
Şekil 12.3.	: PROMETHEE II uygulanması sonucu elde edilen ön	
	sıralama	206
Şekil 12.4.	: Sorunu yansıtan hiyerarşi	208
Şekil 12.5.	: Seçeneklerin global puanları	209
Şekil 12.6.	: Performans duyarlılık analizi	209
Şekil 12.7.	: Sorunu yansıtan hiyerarşi	214
Şekil 12.8.	: AHS puanlama yöntemi kullanımı sonucu oluşan model	215



SEMBOL LİSTESİ

S	: Olurlu çözümler (kabul edilebilir kararlar) kümesi
α	: Seçim sorunu
β	: Sınıflandırma sorunu
γ	: Sıralama sorunu
x_{ij}	: a_i seçeneğinin j . ölçüte göre performans değeri
r_{ij}	: Normalize edilmiş performans değeri
x_j^*	: j . ölçüt için en iyi değer
x_j^-	: j . ölçüt için en kötü değer
w_j	: j . ölçütün göreceli önemi
I	: Kayıtsızlık ilişkisi
P	: Tercih (tam) ilişkisi
Q	: Zayıf tercih ilişkisi
R	: Karşılaştırmama durumu
q	: Kayıtsızlık eşiği
p	: Tercih eşiği
$v_j(x_{ij})$	: j . ölçüt için kullanılan tek boyutlu değer fonksiyonu
ρ	: Üssel değer fonksiyonu için kullanılan üssel sabit
x_m	: Performans orta değeri
$V(a_i)$	: a_i seçeneği için bileşik değer fonksiyonu değeri
a^+	: Pozitif ideal seçenek
a^-	: Negatif ideal seçenek
S^+	: Pozitif ideal çözüme uzaklık
S^-	: Negatif ideal çözüme uzaklık
C^+	: İdeal çözüme benzerlik
$c(a_i, a_j)$	: Uyumluluk göstergesi
$d(a_i, a_j)$	: Uyumsuzluk göstergesi
D_k	: k . ölçüt için uyumsuzluk kümesi
$\hat{c}$	: Uyumluluk eşiği
$\hat{d}$	: Uyumsuzluk eşiği
S^F, S_F	: Kuvvetli üstünlük ilişkisi
S^f, S_f	: Zayıf üstünlük ilişkisi
$v(a_i, a_j)$	: Veto eşiği
λ	: En büyük üstünlük derecesi
$s(\lambda)$	: En büyük üstünlük derecesine yakınlık eşiği
$Q(a_i)$	: a_i seçeneğinin yeterliliği
D_i	: i . damıtık alt küme
$P_k(a_i, a_j)$	: k ölçütü için kullanılan genelleştirilmiş kriter değeri
d	: İki seçeneğin performans değeri farkı (uzaklık)
$\pi(a_i, a_j)$	: Çok ölçütlü tercih göstergesi
$\Phi^+(a_i)$	: a_i seçeneğinin çıkan akışı

$\Phi^-(a_i)$	: a_i seçeneğinin giren akışı
$\Phi(a_i)$	: a_i seçeneğinin net akışı
λ_j	: j . ölçüt için normalizasyon katsayısı
z^h	: Uzlaşık çözüm
L	: Çözüm yönteminin ideal yönteme uzaklığı
B₁, B₂, ...	: Karar verme durumunun boyutları
DD	: Doğrudan değerlendirme
DT	: Değiş tokuşa dayalı değerlendirme
İK	: İkili karşılaştırmaya dayalı değerlendirme
M1, M2, ...	: Karar vericinin tercih yapısına göre oluşturulan model
P1, P2	: Performans değerlerinin türü
U1, U2, ...	: Önerilen modelin akış şemasındaki dallanmalar



ÇOK ÖLÇÜTLÜ SORUN ÇÖZÜMÜNE YÖNELİK BİR BÜTÜNLEŞİK KARAR DESTEK MODELİ

ÖZET

Karar verme; algılanan ihtiyaçlara özgü kasıtlı ve düşünceli seçim olarak tanımlanabilir. İyi bir karar; mantığa dayanır, tüm mevcut kaynakları kullanır, tüm olası seçenekleri değerlendirir ve sayısal bir yöntem uygular. İyi karar verme sanatı sistematik düşünce ile oluşur. Sistematik yaklaşım karar vericinin doğru karar sorunları ile uğraşmasını, kriterlerini anlaşılır hale getirmesini, yaratıcılık kullanarak seçenekler geliştirmesini, çakışan kriterler arasında uzlaşmasını ve verilecek kararın sonuçlarını anlamasını sağlar. Karar vermenin kalitesini yükseltmek için karar vericiye destek olucu yaklaşımlar kullanmak gereklidir.

Karar vermeye destek olma dört bakış açısından ele alınabilir:

- Karar Analizi (eylemi açıklığa kavuşturmak için tasarlanan karar hakkında karar analisti ile karar verici arasındaki kaliteli diyalog)
- Karara Yardım (karar vericiye sadece sorunu keşfetmede değil aynı zamanda karar vericinin kendisini keşfetmede de yardımcı olma)
- Değere Odaklanan Düşünme (karar verici karar verme ile ilgili zamanını daha çok; neyin önemli olduğuna yoğunlaşmada, değerlerinin açık ve anlaşılır hale getirilmesinde, bu değerler ile anlamlı kararlar vermesinde, daha iyi seçenekler oluşturmada ve seçeneklerin istenilirliğinin değerlendirilmesi için daha dikkatli olmada kullanmalıdır)
- Çok Kriterli Karar Verme (karar vericiye sorunu için en çok arzu ettiği sonucu keşfetmede yardımcı olan ve yol gösteren yöntemler)

Karar verme ile ilgili temel kavramlar; sorunlar, karar verme sürecine katılanlar, seçenekler ve değişkenler (amaçlar, kriterler ve ölçütler) şeklindedir.

Bir sorun bir kişinin içinde bulunduğu mevcut durumla içinde olmayı arzuladığı durum arasındaki farklılık olarak tanımlanabilir. Bir çok kriterli karar sorunu ise bir karar kümesi içinden karar vericiye ve karar verme durumuna bağlı olarak en iyi kararı verme olarak tanımlanabilir. Söz konusu sorun seçeneklerin kriterlere göre değerlendirilmesi ile çözülebilir.

Çok kriterli karar sorunlarının tipleri aşağıdaki gibidir:

- Seçim (en tatmin edici seçenekleri barındıran mümkün olduğunca sınırlandırılmış en küçük seçenekler alt kümesini oluşturma)
- Sıralama (seçenekleri tam veya kısmi olarak azalan tercihler yönünde dizme)

- Sınıflandırma (seçenekleri ayırma ve tümünü önceden tanımlanmış kategorilere atama)

Karar verme sürecine karar verme durumunun belirli yönleri, özellikle alınacak karar, üzerinde kontrolü olan kişi ya da grup karar verici olarak katılır. Diğer katılanlar ise çözümü kullanan ve/veya kararı uygulayan fakat karar üzerinde herhangi bir değişiklik yetkisi olmayan sorun veya çözüm kullanıcıları, kararın uygulanmasının sonuçlarından faydalanan ya da zarar gören sorun müşterileri ve sorunu çözümleyip karar vericiye destek veren/yardım eden karar analisti olabilir.

Karar verme için hammadde olarak nitelendirilebilen seçenekler; karar süreci sırasında değerlendirilen eylemler, nesneler, kararlar veya adaylar kümesi olarak tanımlanabilir.

Tez kapsamında amaçlar, kriterler ve ölçütler gibi kavramlar aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır. Bir amaç bir kişinin ulaşmak istediği düzeyi temsil eder. Karar kapsamı, karar konusu ve KV tercihlerinin yönü özellikleri ile tanımlanır. Bir kriter ise belirli bir önem eksenini veya bakış açısına göre seçeneklerin karşılaştırılmasını sağlayan araç olarak tanımlanmıştır. Ölçüt de amaca ne kadar ulaşıldığını gösteren ölçüdür. Aynı zamanda etkinlik veya performans ölçüsü olarak da kullanılabilir.

Karar Verme Sürecine ilişkin adımlara yönelik olarak çok çeşitli fikirler olmakla birlikte bu tez kapsamı boyunca, aşağıdaki adımların kullanılması uygun bulunmuştur:

1. Sorunu yapılandırma (değere odaklanan düşünme ve/veya bilişsel harita yaklaşımı kullanarak sorunu saptama ve tanımlama, karar vericinin sorun ile ilgili değer, amaç, kriter ve ölçütlerin belirlenmesi, seçenek kümesinin oluşturulması)
2. Karar modelinin kurma (ölçütlerin göreceli önemlerinin belirlenmesi, seçeneklerin ölçütlere göre performans değerlerinin elde edilmesi, karar vericinin tercihlerinin modellenmesi)
3. Sorunu çözümleme (uygun çözüm bulma veya önerme ve duyarlılık veya gürbüzlük analizi ile çözümü inceleme)

Bu çalışmada değere odaklanan düşünme ve bilişsel harita yaklaşımları ile ilgilenecektir. Diğer yapılandırma yöntemleri seçeneğe odaklanan düşünme, değer hiyerarşisi, esnek sistem analizi, yanlamasına düşünme ve etki diyagramları şeklindedir.

Değerler değerlendirme için kullanılan temel kavramlardır. Geleneksel karar verme yöntemleri iyi tanımlanmış bir sorun için seçeneklerin değerlendirilmesi ile ilgilidir. Halbuki değerlendirme (modelleme ve çözümleme) safhasından önce, sorunun saptanması ve tanımlanması, değerlerin belirlenmesi ve söz konusu değerlere göre seçeneklerin oluşturulması gerekir. Bu adımlar değere odaklanan düşünmeye göre yapılandırma akışını oluşturur.

İyi tanımlanmamış bir karar sorunu hakkında çok sayıda fikir, yargı ve kavrayış olması ve bu kavramlar arasında ilişkiler olması durumunda, söz konusu kavramların bilişsel harita ile bilişsel süreç görüntülerini oluşturmak iyi bir yoldur. Bilişsel harita yaklaşımı, sorunu tanımlamanın nitel özellikleri ile sorunun sayısal analizi arasında

uygun ve güçlü bir bağlantı kurulmasını sağlar. Tez kapsamında, hiyerarşik sorunlar için bilişsel harita yaklaşımının merkezilik ve baş-kuyruk analizleri kullanılmıştır.

Ölçütlerin görelî önemlerinin belirlenmesi çeşitli yöntemlerle yapılabilir. Bu çalışmada, karar vericiye bilişsel harita merkezilik değerlerini görelî önem olarak kullanması önerilmiştir. Eğer karar verme durumu bilişsel harita kurulması için uygun değilse ya da karar verici söz konusu değerleri kullanmak istemezse, görelî önemleri belirlemesi sırasında; dönüşüm, özvektör, değiş tokuş yöntemleri veya sıralamaya ya da sözel ifadelerle dayanan yöntemler ile desteklenir. Bir diğer yol da görelî önemleri doğrudan değerlendirme yöntemi ile belirlemesidir.

Elde edilen görelî önemler ile seçeneklerin ölçütlere göre nicel ve nitel performans değerleri kullanılarak bir karar matrisi oluşturulur. Bazı durumlarda, kullanılan çözüm yöntemine bağlı olarak, nitel değerlerin nicel değerlerle dönüştürülmesi ve/veya nicel değerlerin çeşitli denklemlerle normalize edilmesi gerekebilir.

Karar modelinin kurulması ile ilgili başka bir konu da karar vericinin tercihlerinin modellenmesidir. Geleneksel tercih yapısı tam sıra oluşturan tam tercih ilişkisini ya da tam ön-sıralama oluşturan hem tam tercih hem de kayıtsızlık ilişkilerini birarada kullanır. Eğer karar verici söz konusu ilişkilerle beraber kayıtsızlık eşiği de kullanmak isterse, sıralama yarı sıralama şeklini alır. Eşiğin performans değerlerinin bir fonksiyonu (değişken kayıtsızlık eşiği) olması durumunda, aralık sıralaması oluşturulur. Eğer karar verici tüm bu parametreler yanında tercih eşiğini de kullanmak isterse model sözde sıralama olarak isimlendirilir. Karşılaştırmama durumunun geçerliliği durumunda ise tüm bu sıralamalar tam yerine kısmi yapıya dönüşür.

Çok kriterli karar sorunlarının en çok tercih edilen çözümüne ulaşmak için iki ana yaklaşım kullanılabilir:

- Çok Kriterli Karara Yardım (birbiri ile çelişen çok sayıda bakış açısını gö önüne alan bir karar sorununu çözmesine yardımcı olacak bazı araçları karar vericiye sunmayı hedefler)
- Çok Kriterli Karar Verme (karar vericiye, karar sorununa en arzu ettiği çözümü ararken, yardım etmeyi ve yol göstermeyi hedefler)

Çok kriterli karar verme, seçenek sayısına göre, iki temel başlık altında incelenebilir:

- Seçeneklerin sonsuz sayıda olduğu (sürekli) ve matematiksel olarak ifade edildiği Çok Amaçlı Karar Verme
- Seçeneklerin açıkça liste şeklinde (kesikli) ifade edildiği Çok Ölçütlü Karar Verme

Bu çalışmada, çok ölçütlü karar verme gerektiren sorunların çözümü için önerilen yöntemler dörde ayrılmışlardır: Değer/ fayda temelli yöntemler, üstünlük yöntemleri, etkileşimli yöntemler ve diğer basit yöntemler.

Karar vericinin bazı parametre (görelî önem gibi) değerlerini belirlemesi belirsizlik ve bilgi eksikliği gibi durumlar yüzünden tereddüt oluşturur. Karar vericiye serbestlik alanı bırakmak için değerlerin biraz değişimine izin verilebilir. Söz konusu değişimlerin sonuçları nasıl etkilediği ise duyarlılık analizi ile incelenir. Aynı

zamanda sonuçların ve yöntemin değişiklikler karşısındaki gürbüzlüğü de analiz edilmelidir.

Çok kriterli karar sorunları için çok kriterli karara yardım ile karar destek sistemi yaklaşımı birleştirilerek karar sorununun yapılandırılması ve değerlendirilmesine yardım eden çok kriterli karar destek sistemleri geliştirilebilir. Söz konusu sistemler karar verme durumunun özelliklerini anlayan ve ona uygun davranabilen, karar verme sürecinin adımlarını bütünleştiren ve karar verme süreci sırasında karar vericiye rehberlik eden, uygun bir çözüm yöntemi seçen ve kullanan, sonuçları yorumlayan ve öneriler geliştiren bir danışman gibi çalışmalıdır. Kaynak araştırması sırasında rastlanılan tüm çok kriterli karar destek sistemleri, karar verme durumuna ve karar vericiye uygun olmasa bile, bir çözüm yöntemi veya iki çözüm yönteminden birini kullanmaktadırlar. Ayrıca bütünleştirme için de genel yapıda değidirler.

Bu çalışmada bütünleşik bir karar destek modeli (IDEA) önerilmiş ve tasarlanmıştır. IDEA karar vericiye birden fazla sayıda ölçüt ve seçenekten oluşan seçim, sıralama veya sınıflandırma gibi bir karar sorunu için yardımcı olmaktadır. İlk olarak IDEA kullanıcının sorun yapılandırma için yardım isteyip istemediğini sorar. IDEA sorunu değere odaklanan düşünme ya da bilişsel harita yaklaşımı ile yapılandırabilir.

Bilişsel harita oluşumuna uygun bir sorun yapısı hiyerarşi ya da serim şeklinde olacaktır. Yapının serim şeklinde olması durumunda; söz konusu yapı tezin kapsamının dışında olduğu için IDEA "Analitik Serim Süreci veya Sistem Dinamiği kullanınız" şeklinde bir öneri yapar. Eğer yapı hiyerarşi ise karar verici karar analisti ile birlikte baş analizini özel bir şekilde kullanarak seviyeleri oluşturur. Seviye sayısının üçten fazla olması durumunda IDEA "Analitik Hiyerarşi Sürecini kullanınız" önerisini getirir. Karar verici aynı zamanda hiyerarşiyi kural tabanlı sistem isimli özgün bir yöntemle karar matrisine de dönüştürebilir. Karar vericinin istemesi durumunda bu paragrafta söz edilen tüm durumlarda bilişsel harita merkezilik değeri göreli önem değeri olarak kullanılabilir.

Bilişsel harita oluşumuna uygun olmayan bir sorunun yapısı ise ya hiyerarşi ya da karar matrisi şeklindedir. Eğer hiyerarşi seviye sayısı sadece üçse; ikinci seviye ölçütler, üçüncü seviye de seçenekler olarak değerlendirilerek karar matrisi oluşturulabilir.

Tüm bu akış sırasında karar vericiye sorulan sorular ile, IDEA karar verme durumunun boyutları hakkında bilgi toplar. Söz konusu boyutlar karar vericinin ölçütlere göre seçenekler arasındaki tercihlerini belirlemesi sırasındaki yaklaşımı, karar vericinin tercih yapısı ve göreli önem kullanımı şeklindedir. Bazı durumlarda sorun tipi de karar vericiye bağlıdır. Söz konusu dört boyuta ek olarak karar matrisinin incelenmesi ile belirlenen iki boyut daha vardır: sorunun büyüklüğü (ölçüt ve seçenek sayısı) ve performans değeri türü.

Sondan bir önceki aşama karar verme durumları ile uygun çözüm yöntemlerini eşleştirmedir.

Bu amaçla, ilk olarak, yöntemlerin karar verme durumları boyutları açısından özellikleri tanımlanır ve yöntemler aynı özelliklere sahip karar verme durumlarına atanırlar. Söz konusu durumlar uygun çözüm yöntemi olan karar verme durumu olarak isimlendirilir. Bazı yöntemler her boyuta göre aynı özelliklere sahip olursa

aynı karar verme durumu için birden fazla sayıda atama yapılabilir. Bu durumda ek kriterler kullanılarak en uygun çözüm yöntemi seçilir.

Uygulanabilecek yöntem dönüşümleri kullanılarak uygun yöntemler boş karar verme durumlarına atanır. Aynı dönüşümler uygulanabilecek çözüm yöntemi olan karar verme durumları ile boş karar verme durumları arasında komşuluk ilişkisi oluşturmak için kullanılır. Atama yapılan durumlara komşu karar verme durumları denilir. Komşu karar verme durumları ile yeni komşuluklar yaratmak için dönüşüm yeniden uygulanır.

Başka bir dönüşüm kümesi olan komşuluk dönüşümleri kullanılarak diğer boş karar verme durumlarına uygun çözümler atanır.

Hala boş karar verme durumları varsa, IDEA karar vericiden ölçütlere göre seçenekler arasındaki tercihlerini belirlemesi sırasındaki yaklaşımını değiştirmesini ister.

Son aşama ise önerilen uygun çözüm yöntemini kullanmak ve çözüm veya önerileri karar vericiye sunmaktır. İstendiği takdirde duyarlılık ve/veya gürbüzlük analizi de uygulanır.

IDEA'nın üstün ve özgün yönleri aşağıdaki gibidir:

- Karar vericiyi salt bir çözüm yöntemi kullanmaya zorlamak yerine her karar verme durumu için en uygun çözüm yöntemini seçer
- Esnektir (karar verici süreç sırasında fikrini değiştirebilir veya geri dönebilir, karar verme durumlarında ve boyutlarda değişiklik yapılabilir, yeni çözüm yöntemleri eklenebilir)
- Yapılandırma ve değerlendirme aşamalarını bütünleştirir
- Yapılandırmayı (değere odaklanan düşünme ve/veya bilişsel harita), hiyerarşik seviyeleri oluşturmayı (baş analizi), hiyerarşiyi karar metrisine dönüştürmeyi (kural tabanlı sistem) ve görelî önemlerin belirlenmesini (merkezlilik değerleri) destekler

Gelecek çalışmalar için öneriler ise; karar verme ve bilgisayar programcılığı üzerine uzman bir grup kurularak IDEA'daki tüm akış ve bağlantıları programlamak, IDEA'yı internete yerleştirerek geniş kullanım sağlamak ve geçerlilik ve doğruluk analizi yapmak, eşleştirme adımlarında yapılabilecek değişimleri incelemek için simülasyon çalışması yapmak, modele diğer çok ölçütlü çözüm yöntemlerini (belirsizlik ve risk altında karar verme, çok değişkenli analiz yöntemleri, bulanık küme yöntemleri) ve çok amaçlı yöntemlerini eklemek şeklinde verilebilir.

INTEGRATED DECISION AID MODEL FOR MULTIATTRIBUTE PROBLEM SOLVING

SUMMARY

Decision making may be defined as intentional and reflective choice in response to perceived needs. A good decision depends on reasoning, uses all the available resources, evaluates all potential alternatives, and applies a numerical method. The art of good decision making lies in systematic thinking. A systematic approach helps decision maker to address the right decision problem, clarify his objectives, develop a range of creative alternatives, find a compromise solution with respect to conflicting criteria and understand the consequences of his decision. In order to improve the quality of decision making, approaches supporting decision maker at the decision process should be used.

Supporting decision making process can be examined in four perspectives:

- Decision Analysis (quality conversation, between decision analyst and decision maker, about a decision designed to lead the clarity of the action)
- Decision Aid (helping the decision maker to explore not just the problem, but also himself)
- Value Focused Thinking (decision maker's spending more of his decision making time concentrating on what is important, articulating and understanding his values, using these values to select meaningful decisions to ponder and to create better alternatives, and evaluating more carefully the desirability of the alternatives)
- Multi Criteria Decision Making (any technique providing help and guidance to the decision maker in discovering his most desired solution to the problem)

Fundamental concepts concerning the decision making are problems, participants involving the process, alternatives, and variables (objectives, criteria, and attributes).

A problem is a perception of a variance, or a gap, between the present and some desired state of affairs. A multi criteria decision problem can be defined as making the best decision among a decision set constructed according to the decision making situation. This kind of problems can be solved by evaluating alternatives with respect to criteria.

The types of multi criteria decision problems are as follows:

- Choice (selecting a subset, as restricted as possible, containing the most satisfactory alternatives as a compromise solution)
- Ranking (ordering alternatives completely or partially by decreasing order of preferences)

- Classification (sorting alternatives and assigning each of them into prespecified categories)

The participant(s) in the decision making process is a decision maker or a group of decision makers as the problem owner who has control over certain aspects of the situation. The other participants can be the problem or solution users who use the solution and/or execute the decision and have no authority to change the decision, the problem customers who are the beneficiary or victim of the consequences of implementation of the decision, and the decision analyst as the problem solver who analyses the problem and uses his knowledge to aid/support the decision maker.

Alternatives, which are the raw material of decision making, can be defined as the set of actions, objects, decisions, candidates to be explored during the decision process.

In this study the concepts concerning objectives, criteria, and attributes are used as follows. An objective is a statement of something that one desires to achieve. It is characterized by a decision context, a decision object, and a direction of the preference of the decision maker. A criterion, on the other hand, is a tool for allowing to compare alternatives according to a particular significance axis or a point of view. Finally, an attribute can be defined as the measurement of the degree to which an objective is achieved. It can be also used as the measure of effectiveness or the measure of performance.

Although there are a lot of view on the subject of the steps of the decision making process, in this study the following steps are used:

1. Structuring the problem (determining and defining the problem, articulating the values, objectives, criteria, and attributes of the decision maker concerning the problem, creating an alternative set by using value focused thinking and/or cognitive mapping approach)
2. Construction of the decision model (determining the relative importance of the attributes, eliciting the performance values of the alternatives with respect to attributes, and modelling preference structures of the decision maker)
3. Analysing the problem (finding or recommending appropriate results and exploring the results through robustness or sensitivity analysis)

Two problem structuring approaches under consideration of this study are value focused thinking and cognitive mapping. Other structuring methods can be given as alternative focused thinking, value tree, soft system methodology, lateral thinking, and influence diagrams.

Values are principles used for evaluation. Conventional decision making methodologies have always attempted to evaluate alternatives in a well defined context. But before the evaluation (modeling and analyzing) phase, decision problem should be recognized; and then the values should be explicitly specified; and finally alternatives should be created by using these values. These consecutive steps constitutes the sequence of structuring with respect to value focused thinking.

When it is likely to have a number of important belief, cognition, and judgement on an ill defined decision problem and there are relationships between these concepts, cognitive mapping is a good way of drawing these concepts together and

representing the vision of the problem as an image of cognitive processes. One of the practical aims of cognitive mapping is attaining an appropriate and powerful link between the qualitative aspects of a problem definition and the role of quantitative analysis. In this study, domain (centrality) and head-tail analysis supplied by cognitive mapping is used for examining hierarchical problems.

Determining the relative importance of the attributes can be done in several ways. In this study using cognitive map centrality values as the relative importance is proposed. If the decision making situation is not appropriate for the construction of a cognitive map or the decision maker does not want to use centrality values, then he can be supported by swing, eigenvector, trade-off methods, or methods based on ranking or verbal statements. He can also directly rate the relative importance by rating method.

By using these relative importance and the quantitative and the qualitative performance values of the alternatives with respect to attributes, a decision matrix can be constructed. In some cases, depending on the solution method used, qualitative values can be transformed into quantitative values and/or all quantitative values can be normalized with different formulas.

Another subject on constructing the decision model is modeling preference structures of the decision maker. Conventional preference structure uses strict preference relation (constructing complete order) or strict and indifference preference relations together (constructing complete preorder). If the decision maker wants to use indifference threshold with these relations then the order becomes semiorder. Threshold can be a function of the performance value (variable indifference threshold), in this case, interval order is constructed. If the decision maker wants to use all the parameters mentioned above and a preference threshold, this model is called as pseudo-order. All these orders become partial instead of complete if the decision maker obeys the incomparability of the pairs of alternatives.

In order to achieve the most preferred solution of the multi criteria decision problem, two main approaches can be used:

- Multi Criteria Decision Aid (aims to give the decision maker some tools in order to enable him to advance in solving a decision problem where several conflicting points of view must be taken into account)
- Multi Criteria Decision Making (aims to provide help and guidance to the decision maker in discovering his most desired solution to the decision problem)

According to the number of alternatives, multi criteria decision making can be examined under two fundamental titles (continuous case vs. discrete case):

- Multi Objective Decision Making with infinite number of alternatives defined indirectly with mathematical relations
- Multi Attribute Decision Making with finite alternatives defined as a list

Methods, proposed for solving multi attribute decision making problems, are classified into four groups in this study: Value or utility based methods, outranking methods, interactive methods, and other elementary methods.

Decision maker can have strong hesitations in fixing some parameter values (like relative importance of attributes) because of indetermination, imprecision, and uncertainty. In order to provide the decision maker with more freedom for taking hesitations into account, some room to the values can be allocated. The effects of this variance on the solutions can be examined by sensitivity analysis. The robustness of the solutions and method to the variance should also be analyzed.

Multi criteria decision aid for multi criteria decision problems and decision support system approach can be merged in order to supply support for both structuring and evaluation of the decision problem. These tools are called multi criteria decision support systems. This systems should work as a consultant who captures the characteristics of the decision making situation, integrates the steps of the decision making process and gives guidance to the decision maker at the whole process, selects an appropriate solving method and uses it, interprets the solution, and gives recommendations. All the multi criteria decision support systems, examined at the literature survey, use only one or two solving methods even some methods can not be appropriate for the decision making situation and the decision maker. Besides integration was not made for general purposes.

In this study an integrated decision aid model (IDEA) is proposed and designed. IDEA supports decision maker at choice, ranking, or classification problems having more than one attribute and more than one alternative. First of all IDEA asks whether he wants help for problem structuring. IDEA can structure the problem by using value focused thinking and/or cognitive mapping approaches.

If the structure is appropriate for the construction of a cognitive map, the context will be either a hierarchy or a network type. As the network structure is beyond the study, IDEA recommends "Please use analytical network process or system dynamics". If there is a hierarchical structure, decision maker can form the levels of the hierarchy with the decision analyst by using a special version of the "head" analysis of the cognitive mapping. If the number of the levels are more than three, IDEA gives the following recommendation: "Please use Analytical Hierarchy Process". Decision maker can also transform the hierarchy to a decision matrix by using an original method called rule based system. If he desires, for all the situations mentioned at this paragraph, centrality values of the cognitive map can be used as the relative importance of the attributes.

If the structure is not appropriate for the construction of a cognitive map, the context will be either decision matrix or a hierarchy type. If the hierarchies have only three levels, the second level will be taken as the attributes and the third level will be taken as the alternatives and the structure will be transformed into decision matrix.

By asking questions to the decision maker at the sequence mentioned above, IDEA captures the characteristics of the decision making situation dimensions. These dimensions are decision maker's assessment of preferences on alternatives with respect to attributes, decision maker's preference structure, and usage of relative importance. In some context, the type of problem also depends on the decision maker. In addition to these four dimensions, two more dimensions are identified according to the decision matrix: the size of the problem (number of attributes and the number of alternatives) and the type of the performance values.

The final phase but one is the matching operation of the decision making situation with an appropriate solving method.

For this purpose, first of all, the characteristics of the methods with respect to decision making situation dimensions are identified. The methods are assigned to decision making situations having the same characteristics with respect to all dimensions. These situation are called situations having an appropriate method. If all the characteristics of the methods are same, they will be assigned to the same situation. In this case by using additional criteria, the most suitable method is selected.

By using the possible appropriate method transformations, same methods are assigned to other empty decision making situations. The same transformations are used in order to create neighbour relations among decision making situations having possible appropriate method and empty decision making situations. The corresponding method is assigned to these empty situations and these situations are called as neighbour situations. The transformation is repeated, this time, among neighbour decision making situations and empty decision making situations.

Another set of transformations called neighbourhood transformations are used in order to make assignment to all other empty decision making situations.

If there is still empty situations, IDEA wants decision maker to change his assessment of preferences on alternatives with respect to attributes.

Final phase is the usage of the recommended appropriate solving method, the representation of the solution or recommendation to the decision maker and sensitivity and/or robustness analysis implementation if it is desired.

The advantages of using IDEA and its original characteristic are as follows:

- Instead of forcing decision maker to use only one problem solving method, it selects the most appropriate method for each decision making situation
- Flexible (decision maker can change his mind and return back during the process, changes can be done at the dimensions or dimension characteristics, new solving methods can be included)
- Integrates structuring phase and evaluation (modeling and analyzing) phase
- Supports structuring (value focused thinking and/or cognitive mapping), construction of hierarchy levels (head analysis), transformation of hierarchy to decision matrix (rule based system), determination of relative importance (centrality values)

Suggestions for future studies can be coding all the sequence and the links of IDEA with a group of decision making and computer programming experts, launching IDEA on the web for a wide usage and validation and verification purpose, examining matching steps with a simulation study, and expanding model by using other multi attribute problem solving methods (decision making under risk and uncertainty, multi dimensional analysis, fuzzy approaches) and multi objective methods.

1. GİRİŞ

İnsanlık, yaşadığı karmaşık dünyanın gereği, yüzyıllardır gerek toplumsal gerekse bireysel açıdan birden fazla sayıda seçeneği birden fazla sayıda kritere göre değerlendirerek karar vermesini gerektiren sorunlar ile karşı karşıyadır. Maalesef gelişen yaşam tarzı söz konusu karmaşıklığı dolayısıyla çok kriterli karar verme sorunlarını nicelik ve nitelik bakımından daha da arttırmaktadır.

Önceleri, din ve ahlak kuralları temelli olarak değerlendirilen karar verme söz konusu iken 17. yüzyılda doğal olayların ve daha sonraları da insan davranışının sistematik bir şekilde araştırılmasına dayalı doğal bilimler bu temeller üzerinde hakim duruma gelmişlerdir. Bu yüzyılı takip eden iki yüzyılda da felsefe, ekonomi, yaşambilim (biyoloji), ruhbilim (psikoloji) ve toplumbilim (sosyoloji) alanlarında gerçekleştirilen önemli gelişmelerin sonucunda toplumsal ve ekonomik sistemlere dahil olan karmaşık ve gelişen bir organizma şeklinde bir insan türü modeli oluşturulmuştur. Son yüzyılda ise, modeli kurulan insanın karar verme konusunda ne yapması gerektiği ya da karar verirken nasıl yardım alabileceği yoğun bir şekilde teorik ve uygulamalı alanlarda incelenerek özellikle çok kriterli karar verme için bilimsel açıdan temeller oluşturulmuştur.

Özellikle 1970'li yıllarda, çok kriterli karar verme araştırmaları, çok amaçlı matematik programlama ve eniyileme (optimizasyon) üzerine kuramsal çalışmalar ve bu tip sorunları çözmek için geliştirilen yordamlar ve algoritmalar üzerinde yoğunlaşmıştır. Her ne kadar kullanıcı dostu olmasa da algoritmalar için yazılan programlar daha çok sorun çözümlerini açıklayıcı amaçlarla kullanılmışlardır.

1980'li yıllarda ise üzerinde durulan alan, çok amaçlı eniyileme sorunlarının çözümünden karar vericiye Karar Verme Süreci sırasında çok kriterli karar desteği sağlamaya kaymıştır. Bu değişim, karar vericinin tercih yapısı ve davranışı ile ilgili hipotetik ve gerçek olmayan varsayımlara dayanan iyi tanımlanmış sorunları çözmek yerine, karar vericinin gerçek karar davranışını yakalamaya yönelik araştırmaları

gerektirmektedir. Bunun yanında karar desteğini daha iyi verebilmek için kullanıcı arayüzü çok iyi durumda olan bilgisayar destekli sistemler geliştirmeye de odaklanılmıştır.

Günümüzde; yöneticilerin ve stratejik karar vericilerin verdikleri kararların, fiziksel ve organizasyonel çevremizi şekillendirmede çok önemli bir rolü vardır. Ekonomik, teknolojik ve sosyo-ekonomik gelişmeler, rekabet ortamı ve globalleşme belli bir zaman aralığında verilmesi gereken karar sayısını ve karar sürecindeki karışıklığı arttırmıştır. İletişim ve bilişim teknolojisindeki gelişim, karar vericileri bir bilgi bombardımanı altında bırakmaktadır. Üstelik tüm bu gelişmeler giderek daha da hızlanmaktadır. Bu bağlamda karar vericilere daha etkili ve verimli olmaları için yardımcı araçlar geliştirmenin önemi ortaya çıkmaktadır.

Bu amaç doğrultusunda geliştirilen bilgisayar destekli araçlar giderek artan bir gelişmeye bağlı olarak yüksek kullanım oranı sergilemektedirler. Bunun açık nedenleri, bu sistemlerin gerek taktik gerekse stratejik düzeyde yapılan karar verme fonksiyonunu hem kolaylaştırması hem de hız kazandırmasıdır.

Bu noktadan hareketle bu çalışmada; çok kriterli sorunların gerek yapılandırılmasına gerekse de değerlendirilmesine yardımcı olup karar vericiye iki temel adımı bütünleştirerek çözümler önerebilen çok kriterli karar destek sistemleri kullanılabileceği düşünülerek, bir Bütünleşik Karar Destek Modeli önerilmiştir.

Yukarıda söz edilen kavramları tanıtmak amacı ile çalışmanın ikinci bölümünde karar verme üzerine genel bir giriş yapılarak karar vermeye destek olucu karar analizi ve yardım amaçlı yaklaşımlar verilmiştir. Ayrıca; Karar Verme Süreci incelenerek karar verme ile ilgili sorun, seçenek, amaç, kriter, ölçüt, sürece katılanlar ve yöntemler gibi kavramlar açıklanmıştır.

Karar Verme Sürecinin üç temel adımı olan sorunun yapılandırılması, karar modelinin kurulması ve sorunun çözümlemesi için sırasıyla üçüncü, dördüncü ve beşinci bölümler oluşturulmuştur. Üçüncü bölümde yapılandırmanın önemi ve amacından söz edilerek yapılandırma süreci ve yapılandırma yöntemleri anlatılmıştır. Dördüncü bölümde ise seçeneklerin ölçütlere göre performans değerlerinin elde edilmesi, ölçütlerin göreceli önemlerinin belirlenmesi ve karar vericinin tercih yapılarının incelenmesi ile modellemenin nasıl yapılacağı verilmiştir. Beşinci

bölümde de sorunun çözümlenmesi ile ilgili çok kriterli karara yardım ve çok kriterli karar verme kavramlarından söz edilip kavramlar arasındaki temel farklar verilmiştir. Çok kriterli karar vermenin iki temek kolu olan çok amaçlı ve çok ölçütlü karar vermeden de söz edilerek tez kapsamı belirlenmiştir. Bulanık küme teorisinden faydalanan yöntemler, belirsizlik altında karar verme yöntemleri ve çok değişkenli analiz yöntemleri tez kapsamı dışında bırakılarak tezde önerilen modelin kullanacağı çok kriterli karar yardımı sırasında çok ölçütlü karar verme gerektiren sorunların çözüm yöntemlerine genel bir bakış yapılmıştır. Söz konusu yöntemler altıncı, yedinci, sekizinci ve dokuzuncu bölümlerde sırasıyla basit sorun çözüm yöntemleri, değer temelli sorun çözüm yöntemleri, üstünlüğe dayanan sorun çözüm yöntemleri ve etkileşimli sorun çözüm yöntemleri başlıkları altında, bir örnek uygulama kullanılarak, incelenmiştir. Sorunun çözümlenmesi bölümü karar vericinin serbestlik alanını yansıtan duyarlılık ve gürbüzlük analizleri ile bitirilmiştir.

Onuncu bölümde de çok kriterli karar destek sistemleri anlatılmış ve örnek sistemler verilmiştir. Bütünleşik Karar Destek Modelinin önerildiği onbirinci bölümde modelin işleyişi ile ilgili önemli bir kavram olan Karar Verme Durumu ve Karar Verme Durumunun Boyutları tanımlanmıştır. Modelin en önemli iki özelliğinden biri olan en uygun sorun çözüm yönteminin seçimi ile ilgili daha önce yapılan çalışmalardan ve diğer özelliği olan sorun yapılandırma ve değerlendirmenin bütünleştirilmesi örneklerinden söz edilmiştir. Önerilen modelin nasıl işlediği ve Karar Verme Durumları ile Çok Ölçütlü Sorun Çözüm Yöntemlerinin nasıl eşleştirilip karar vericiye öneriler sunulduğu da verilmiştir.

Onikinci bölümde Karar Destek Modelinin farklı durumlarda nasıl işlediğini ve hangi yöntemleri önerdiğini gözlemlemek amacıyla farklı çok ölçütlü karar verme sorunları üzerinde uygulamalar yapılmıştır. Çalışmanın son bölümü olan sonuçlar ve öneriler bölümünde; önerilen model irdelenmiş, modelin özgün ve üstün yönleri ile zayıf yönleri değerlendirilmiş ve ileride yapılabilecek çalışmalar bağlamında çeşitli öneriler getirilmiştir.

2. KARAR VERME

Karar verme; algılanan ihtiyaçlara özgü kasıtlı ve düşünceli seçim olarak tanımlanabilir (Kleindorfer ve diğ., 1993). Karar Verici (KV) mevcut tüm seçenekler arasından amacına veya amaçlarına en uygun, mümkün bir veya birkaç seçeneği seçme süreci ile karşılaşır (Evren ve Ülengin, 1992b). Karar vermenin ilgili bilgi toplama, ağırlıklandırma, olası diğer seçenekleri arama ve iyi yargılanmış bir seçim yapma gibi adımlardan oluştuğu da söylenebilir (Liebowitz, 1990). Her ne kadar yukarıdaki tanımlarda seçim ön plana çıksa da en genel hali ile karar verme; KV'nin mevcut seçenekler arasından bir seçim, sıralama ya da sınıflandırma yapması gibi bir sorunu çözmesi sürecidir.

Karar verme bir laboratuardaki ideal koşullar altında gerçekleşmemektedir. Gerçek ve maalesef karmakarışık bir dünyaya özgü sorunlar için kullanılan ve birey, grup, organizasyon ve toplumun karar vermesini anlama ve geliştirme ile ilgilenen söz konusu yöntem bilim bu karışıklığın üstesinden gelebilecek esneklikte ve genişlikte olmalıdır (Kleindorfer ve diğ., 1993). KV'nin sadece sorunu nasıl çözeceğiyle değil, aynı zamanda sorunun tanımlanıp modellenmesi ve uygulanan karara göre karşılaşılan sonuçlardan alınan derslerle ilgilenilmelidir.

Verdiğiniz kararlara bağlı olarak kim ve ne olduğunuz, nerede bulunduğunuz, ne kadar mutlu olduğunuz belirlendiğinden karar verme ve özellikle verilen kararın kalitesi insan hayatı boyunca önemli bir yer tutar.

İyi bir karar;

- mantığa dayanır
- tüm mevcut kaynakları kullanır
- tüm olası seçenekleri inceler
- sayısal bir yöntem uygular

Her ne kadar karar vermenin nasıl iyileştirileceği için ortak bir kanı olmasa da iyi karar verme için bir anahtar Karar Verme Sürecine dahil olan kişilerin tercihleri, düşünceleri ile konuyla ilgili bilgileri birleştiren yapısal bir yöntem kullanmaktır (Kirkwood, 1997).

Yapılan çalışmalarda karar verme kalitesini ölçecek tek bir ortak ölçü de saptanamamıştır (Olson ve Courtney, 1992). Karar vermenin kalitesini ölçmek için finansal başarı önerilse de zengin kişilerin veya önde gelen şirketlerin geçmişinde akıllı kararlardan çok şansın yanlarında olması ve doğru zamanda doğru yerde olmaları göz önünde bulundurulduğunda bu kriter ölçüm için tek başına yetersiz kalabilir. Aslında iyi karar verme ile başarı arasında doğrudan bir ilişki yoktur.

İyi karar verme sanatı sistematik düşünce ile oluşur (Hammond ve diğ., 1999).
Sistematik yaklaşım KV'nin

- doğru karar sorunları ile uğraşmasını
- kriterlerini anlaşılır hale getirmesini
- yaratıcılık kullanarak seçenekler geliştirmesini
- çakışan kriterler arasında uzlaşmasını
- verilecek kararın sonuçlarını anlamasını

sağlar. Karar vermenin kalitesini yükseltmek için KV'ye destek olucu yaklaşımlar kullanmak gereklidir.

2.1 Karar Vermeye Destek Olucu Yaklaşımlar

Karar vermeye destek olma dört bakış açısından ele alınabilir:

1. Howard (1992) eylemi açıklığa kavuşturmak için tasarlanan karar hakkında Karar Analisti (KA) ile KV arasındaki kaliteli diyalog olarak Karar Analizini tanımlamıştır.
2. French (1984) KV'ye sadece sorununu keşfetmede değil aynı zamanda KV'nin kendisini keşfetmede de Karara Yardımın işe yaraması gerektiği sonucuna varmıştır.

3. Keeney'e (1996) göre ise karar verme ile ilgili zaman daha çok; neyin önemli olduğuna yoğunlaşmada, KV'nin değerlerinin açık ve anlaşılır hale getirilmesinde, bu değerlerin anlamlı kararlar vermede kullanılmasında, daha iyi seçenekler oluşturmada ve seçeneklerin istenilirliğinin değerlendirilmesi için daha dikkatli olmada kullanılmalıdır. Bu yaklaşım Bölüm 3.2.5'deki "Değere Odaklanan Düşünme" alt bölümünde ayrıntılandırılmıştır.
4. Stewart (1992) KV'ye sorunu için en çok arzu ettiği sonucu keşfetmede yardımcı olmak ve yol göstermek amacıyla herhangi bir uygun Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV; Multiple Criteria Decision Making - MCDM) yöntemini önermiştir. Çok Kriterli Karar Verme ile ilgili ayrıntılı bilgi Bölüm 5.2'de verilmiştir.

Karar desteğine verilen önem bir çok önemli konuyu aydınlatmıştır (Korhonen ve diğ., 1992):

- KV'ye yardımcı iletişim hizmetlerinin geliştirilmesinin önemi. Örneğin hesap tablosu programları, grafik gösterim, pencereler, anında yardım kullanımına dayalı arayüzler
- Sorun çözümünün tek başına ele alınmaması
- Sorunun tanımlanmasından çözümüne kadarki tüm sürecin desteklenmesi gerçeği

Karar desteğini en mükemmel şekilde sağlamak için bir Karar Destek Sistemi (KDS) kurulmalı ve kurulan bu sistemin aşağıdaki görevleri yapabilen bir danışman gibi çalışması gerekmektedir (Angehrn ve Luthi, 1990):

- Kullanıcı tarafından tanımlanan farklı Karar Verme Durumlarını anlayabilme ve yorumlayabilme
- Dinamik olarak öneriler geliştirebilme
- Farklı yöntemlerden uygun olanını kullanabilme

2.1.1 Karar Analizi

Karar Analizi, karar vermeye analitik ve sistematik bir yaklaşım getiren karar teorisini gerçek dünya sorunları için uygulamayı önerir (White, 1990). Karar verme gerektiren sorunların matematiksel modelini ortaya koyan ve bir hareket tarzı öneren

bir yöntem olarak da Karar Analizi tanımlanabilir (Evren ve Ülengin, 1992a). Seçenekler arasından seçim sorunlarının modellenmesi ve çözümü için şekillendirici (normatif) bir yaklaşım (White, 1990; Brown, 1992) olan Karar Analizi tutarlı seçim aksiyomlarına dayalı kararların çözümlenmesi için kullanılan sayısal yöntemlerden oluşur (Corner and Kirkwood, 1991). Bir çok Karar Analizi uygulaması stratejik veya politik etkileri olan kararların alınması ile ilgilidir. Bu sorunlar aşağıdaki özelliklerinden en az birini barındırır:

- Birbirleriyle çelişen çok sayıda kriter
- Birbirlerinden nitel ve nicel açıdan farklı çok sayıda seçenek
- Sorunla ilgili karar vermesi gereken kişi(ler) ve sonuçlara katlananlar
- Konu ile ilgili sınırlı veri
- Organizasyonel risk oluşturan belirsizlik
- Uzun vadeli etkiler

Karar Analizi disiplini opak (anlaşılması, çözümü ve açıklaması güç) karar sorunlarını saydam (açık, anlaşılır) karar sorunlarına belirli bilimsel adımlarla dönüştüren sistematik bir yöntem gerektirir (Howard, 1988).

Özetle, Karar Analizinin amacı KV'ye karar verme sorunu ile ilgili tüm seçenekler arasından en iyi (optimum) seçeneği seçmede veya öğelerinden birinin KV tarafından doğrudan yargıyla seçileceği seçenek kümesini oluşturmada yardımcı olmaktır (Stewart, 1993).

2.1.2 Karara Yardım Amaçlı Yaklaşımlar

Karara Yardım (Decision Aid), bir sonraki bölümde açıklanacak olan Karar Verme Sürecindeki adımların arasını ve sorunu daha açık ve işlenebilir hale getirerek KV'nin performansını arttıran yöntemler, teknikler ve sunum formlarıdır (Carter ve diğ., 1992).

Diğer bir ifade ile Karara Yardım, Karar Verme Sürecinde bulunan KV'nin sorduğu sorulara yanıtlar bulmaya yönelik bilimsel bir etkinliktir (Roy, 1993).

Bu amaç doğrultusunda

- sorunun özelliklerine (betimsel bilgi)
- KV'nin tercihlerine (tercihsel bilgi)
- mevcut yöntemlerin özelliklerine (yöntemsel bilgi)
- karar konusu ile ilgili genel bilgiye (uzmanlık bilgisi)
- sorun ile ilgili bilgiye (kazanılan bilgi)

dayalı sorun çözme stratejileri öneren Karara Yardım Sistemleri oluşturulabilir (Antunes ve diğ., 1992).

Bazı durumlarda KV çözüm baskın (diğer çözümlere göre en az bir yönden üstün iken diğer yönlerden aynı durumda (Vincke, 1992); tüm yönler için diğer çözümlerin hiçbiri üstün değil (Yoon ve Hwang, 1995)) olsa da bu çözümle ilgilenmek istemez. Herhangi bir çözüm sahibi olmak bile onu mutlu eder. Karar Destek Modelleri kullanarak KV'nin baskın olmayan çözümlere ulaşması engellenebilir (Zionts, 1994; Zionts, 1997).

İyi bir Karara Yardımda; KA Karar Verme Sürecindeki karışıklıkları anlamalı, karar vermeye karışan kişilerle iletişim kurmalı, onların tercihlerini hesaba katmalı ve sonuç olarak uygun yöntem(ler) kullanarak kararlar ilgili öneriler geliştirmelidir (Bouyssou ve diğ., 1993).

Karara Yardım için yapılması gereken etkinlikler aşağıdaki adımlardan oluşur (Tsoukias, 1991):

1. Karar Verme Durumunun (KVD'nin) belirlenmesi, tanımlanması ve gerekiyorsa düzeltilmesi
2. Karar Verme Durumu için önemli olabilecek bilgilerin toplanması
3. Karar Verme Durumu için KV'nin paylaştığı ve kabul ettiği bir modelin KA tarafından kurulması
4. Uygun bir Karara Yardım yönteminin seçilmesi
5. Söz konusu yöntemin kullanılabilmesi için gerekli bilgilerin toplanması ve biraraya getirilmesi

2.2 Karar Verme Süreci

Karar Verme Sürecine ilişkin adımlara yönelik olarak çok çeşitli fikirler olmakla birlikte (Jacquet-Lagrange ve Shakun, 1984; Henig ve Buchanan, 1996; Munda, 1993; Al-Shemmeri ve diğ., 1997a; Kirkwood, 1997) bu tez kapsamı boyunca, aşağıdaki adımların kullanılması uygun bulunmuştur (Hodgkin ve diğ., 1998):

1. Sorunun Yapılandırılması

Başlangıç belirsizliğini azaltmak için sorunun dikkatle incelenip araştırılması ve Çok Kriterli Karar Vermenin uygun bir araç olup olmadığının belirlenmesi. Eğer uygunsa Karar Verme Durumunun anlaşılır hale getirilmesi için karar vermesi gereken kişiler ve kararın sonuçlarına katlanacakların, konu ile ilgili kriterlerin ve değerlendirilecek seçeneklerin ortaya çıkarılması. (Ayrıntılı bilgi 3. Bölümde verilmiştir)

2. Karar Modelinin Kurulması

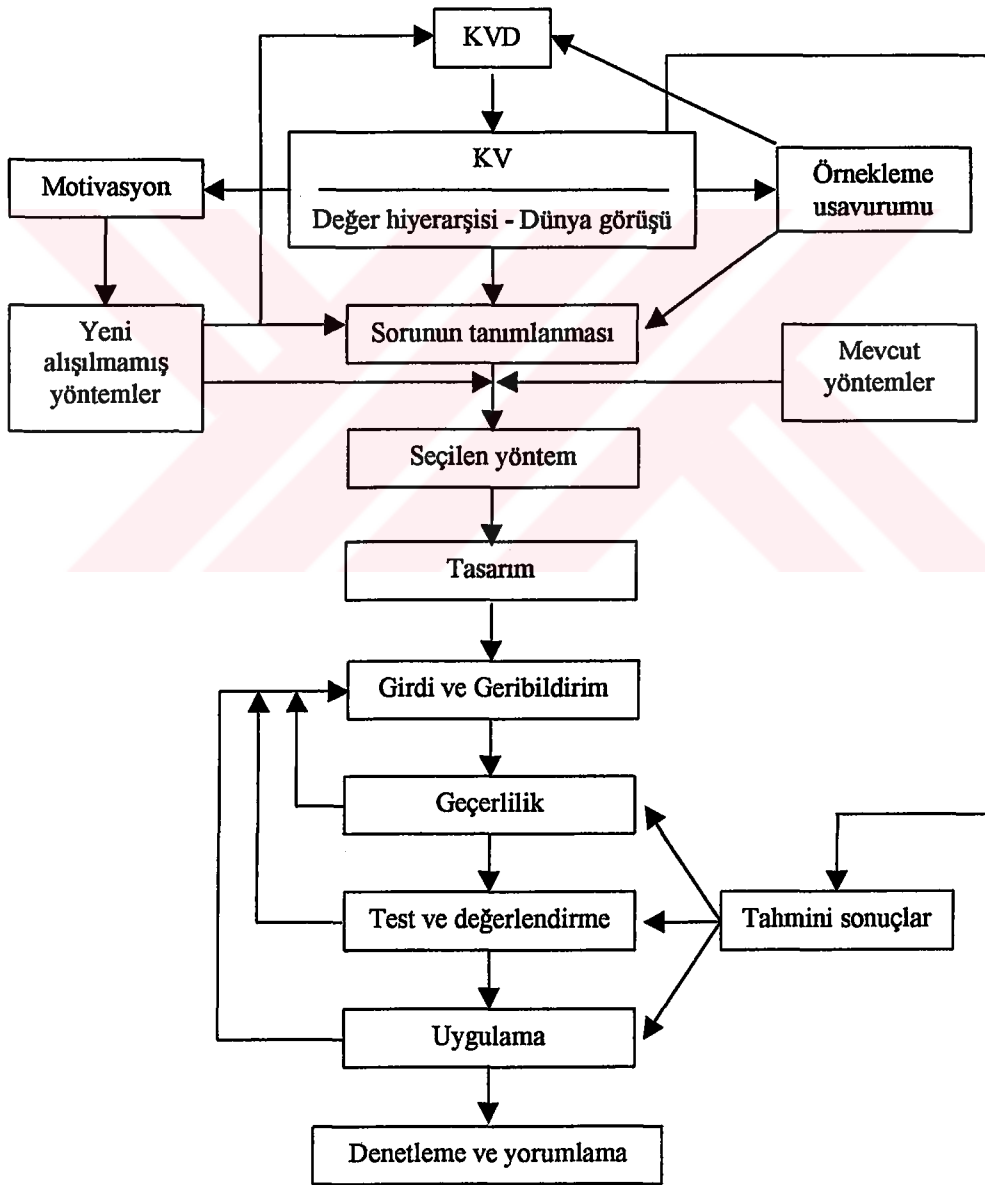
KV'nin değerlerini ortaya çıkaran ve KV'nin ulaşmak istediği düzeyleri temsil eden amaçlarını gösteren modelin kurulması için seçeneklerin kriterlere göre performans değerlerinin elde edilmesi ve KV'nin tercihlerinin modellenmesi (Ayrıntılı bilgi 4. Bölümde verilmiştir)

3. Sorunun Çözümlemesi

Kurulan model kullanılarak farklı bakış açılarını yansıtan seçeneklerin kriterlere göre değerlendirmelerin Karar Verme Durumuna uygun bir değerlendirme yöntemi ile biraraya getirilmesi ve karar sorununa uygun bir çözümünün bulunması veya önerilmesi. Duyarlılık (sensitivity) analizi ile gürbüzlük (robustness) analizi kullanılarak çözümün incelenmesi. Bu değerlendirmelerin KV'ye sunulması (Ayrıntılı bilgi 5. Bölüm - 9. Bölümde verilmiştir)

Evans (1989), Massey ve Wallace (1996), Rosenhead (1989), Volkema (1983) ve Carter ve diğ. (1992) yukarıdaki adımlardan önce KV'nin mevcut durumdan hoşnutsuzluğu veya arzulanan durumla mevcut durum arasında bir fark olması yüzünden oluşan sorunun ortaya çıkarılması aşamasının olması gerektiğini ve Karar Verme Sürecinin KV'ye sunulan çözümün uygulanması diğer bir deyişle verilen kararın sorun üzerindeki etkisinin izlenmesi aşaması ile bitmesi gerektiğini savunmuşlardır.

En genel hali ile Karar Verme Süreci Şekil 2.1.'deki gibi gösterilebilir. Bu şekilde sunulan modele göre bir Karar Verme Durumu ile karşılaşan KV, değerlere dayalı dünya görüşü ile sorunun tanımlanmasını etkiler. KV daha sonra örnekleme usavurumu (analogical reasoning) ile Karar Verme Durumuna özgü mevcut yöntemleri belirler ve Karar Verme Durumuna özgü yeni alışılmamış yöntemler bulmak için çaba harcar. Bu yöntemler arasından kullanacağı yöntemi seçer. Seçilen yöntem girdi ve geribildirim ihtiyacı duyan bir tasarım gerektirir ve KV tahmini sonuçlar belirler. Seçilen yöntem aynı zamanda geçerlilik (validation), test ve değerlendirme ile uygulama gerektirir. Test ve değerlendirme ile uygulama sonuçları tahmini sonuçlar ile karşılaştırılır ve yorumlanır.



Şekil 2.1. Karar Verme Süreci (Liebowitz, 1990 - s. 4)

İyi bir Karar Verme Süreci aşağıdaki altı kriteri de gerçekleştirmelidir (Hammond ve diğ., 1999):

- Neyin önemli olduğuna odaklanma
- Mantıksal ve tutarlı olma
- Nesnel ve öznel faktörleri kullanma ve çözümsel ve sezgisel düşünceyi biraraya getirme
- Çözüm için gerektiği kadar bilgi ve analize ihtiyaç duyma
- İlgili bilgi ve düşünce toplamayı teşvik ve yol gösterme
- Doğru, güvenilir, kolay kullanılır ve esnek olma

2.3 Karar Verme ile İlgili Temel Kavramlar

Bir kararın oluşmasını sağlayan faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir (Evren ve Ülengin, 1992b):

- Karar verme gerektiren sorun
- Karar vermesi gereken kişi(ler) ve sonuçlara katlananlar
- Seçenekler
- Amaç(lar), kriter(ler) ve ölçüt(ler)
- Yöntem(ler)

2.3.1 Sorunlar

Bir kişinin içinde bulunduğu durumdan ya da bir amaca ulaşamamadan duyduğu hoşnutsuzluk veya hissettiği olumsuz bir uyarım veya kaçınması gereken ya da değiştirmek istediği bir engel sorunu oluşturur (Evans, 1989; Roy, 1993; Zionts, 1994; Zionts, 1997). Diğer bir deyişle sorun bir kişinin içinde bulunduğu mevcut durumla içinde olmayı arzuladığı durum arasındaki farklılık olarak tanımlanabilir.

Bu durumda sorunların kendiliklerinden ortaya çıkan şeyler olmadığı, öznel ve kişisel özelliklere bağlı oldukları söylenebilir. Tabii ki eldeki konu ile ilgili nesnel kanıt ve gerçekler vardır fakat gerek farklı kişisel görüşler gerekse de karmakarışık ve düzensiz gerçek hayat yüzünden sorun öznel olur ve ilgili kişinin kişisel bakış

açısı ve dünya görüşüne dayalı hale gelir (Daellenbach, 1997; Eden ve diğ., 1983; Von Winterfeldt, 1980).

Sorunu öznelletiren kişisel görüşler; o kişinin tercihlerini, değerlerini, inanışlarını ve amaçlarını yansıtır (Eden ve diğ., 1993). Sorununu çözmek isteyen kişi tercih, inanış ve değerlerini kullanarak amaçlarını elde etmek ve içinde bulunduğu mevcut durumla içinde olmayı arzuladığı durum arasındaki farkı kapatmak ya da en azından bu farkı azaltmak ister. Bu doğrultuda genelde söz konusu kişi hem kendi hem de diğerlerinin geleceği üzerinde önemli bir etkisi olacak ve aralarından en iyisini seçmesi gerektiği ya da bir sıralama veya sınıflandırma yaparak bir kısmını uygulayacağı eylemler (seçenekler) üzerinde karar vermesi ya da Karar Verme Durumuna özgü karar fırsatlarını araması gerekir (Keeney, 1996; Henig ve Buchanan, 1996; Evans, 1989; Newell ve Simon, 1972; Smith, 1989).

2.3.1.1 Çok Kriterli Karar Verme Gerektiren Sorunlar

Klasik bir Çok Kriterli Karar Verme Sorunu en genel hali ile "verilen bir karar kümesi içinden Karar Verme Durumuna bağlı olarak en iyi kararı seçme" olarak tanımlanabilir (Bell ve diğ., 1988; Kaliszewski ve diğ., 1997).

Genel anlamda Çok Kriterli Karar Verme gerektiren bir sorun seçeneklerin kriterlere göre değerlendirilerek bir seçim, sıralama ya da sınıflandırma yapılması ile çözülebilir.

Şekillendirici bir yaklaşımla bu çözümün baskın kararlar arasından olması istenebilir:

$f: \mathcal{R} \rightarrow \mathcal{R}^k$, $f=(f_1, f_2, \dots, f_k)$, f_i amaç fonksiyonları vektörü;

S olurlu çözümler (kabul edilebilir kararlar) kümesi ve

"maks" S 'deki baskın çözümleri belirtmek üzere

"maks" $f(x)$

kısıtlar:

$x \in S$

şeklinde bir Çok Kriterli Karar Verme Sorunu formüle edilebilir.

Betimsel yaklaşıma göre ise Çok Kriterli Karar Vermede rastlanılan sorunlar sadece "iyi tanımlanmamış" değildir aynı zamanda "henüz tanımlanmamış"dır. Bu yüzden çok kriterli değerlendirme yapma için KV'nin tercihlerini modellemek gerekir. Aynı zamanda bir çok kriterli karar sorunu herkes tarafından kabul edilen hazır bir tanım ile verilebilecek nesnel bir kavram da değildir (Vincke, 1992).

Gerçek yaşamdaki Çok Kriterli Karar Verme Sorunları

- farklı seçenek kümesi tanımlarına
- farklı kriter tanımlarına
- farklı sorun ifadelerine (seçim, sınıflandırma, sıralama)

yol açabilir.

Bu yüzden öncelikle sorunun yapılandırılması daha sonra modellenerek çözülmesi gerekir.

2.3.1.2 Çok Kriterli Karar Sorunlarını Sınıflandırma

Genel olarak sorunlar çeşitli şekillerde sınıflandırılabilirler. Bu sınıflandırma çeşitlerinin bazıları Tablo 2.1'de görülmektedir (Evans, 1989; Kleindorfer ve diğ., 1993).

Bu sınıflandırmaların dışında; karar verme gerektiren sorunlar, çok kriterli değerlendirme söz konusu olduğunda ve özellikle seçeneklerin açıkca sonlu sayıda bir liste ile tanımlanabildiği kesikli durumda üç ana başlıkta toplanabilir (Roy, 1990c; Vanderpooten, 1990; Vincke, 1992; Yoon ve Hwang, 1995). Bu sorun tipleri (problematique) Yunan alfabesindeki harflerle kodlanır.

1. Seçim (α)

En tatmin edici (satisfactory) eylemleri ya da diğer tüm eylemlere baskın eylemleri barındıran mümkün olduğunca sınırlandırılmış en küçük eylemler alt kümesi oluşturulur. Örnek olarak tüm seçim sorunları verilebilir.

2. Sınıflandırma / Ayırma (β)

Önceden tanımlanmış kategorilere tüm eylemler (seçenekler) atanır. Böylece eylemler kümesi belirli ilkelere göre alt kümelere bölünmüş olur. Örneğin teşhis, bilimsel tetkik veya kararlar gerektiren sorunlar, kabul/ret sorunları.

3. Sıralama (γ)

Eylemlerin; azalan tercihler yönünde, en iyiden en kötüye, mümkün olduğunca zengin, kısmi veya tam bir sıralaması oluşturulur. Örnek olarak yarışma benzeri sonucu sıralama olan tüm sorunlar verilebilir.

Tablo 2.1. Sorunları Sınıflandırma Çeşitleri

Sınıflandırmada kullanılan kriter	Sınıflar
Kriter sayısı	Çok kriterli (amaç, ölçüt) sorun Tek kriterli (amaç, ölçüt) sorun
Karmaşıklıkları	Karmaşık sorun Basit sorun
Veri gereksinimi	Çok veri gerektiren sorun Az veri gerektiren sorun
Durum	Kesinlik altında karar verme Belirsizlik altında karar verme Risk altında karar verme
Yapıları	İyi yapılandırılmış sorun Orta düzeyde yapılandırılmış sorun Kötü yapılandırılmış sorun
Yapılarının kurulmasının zorluğu	Mantıksal yapı tartışma ve denetim ile çözecek kadar basit ve şeffaf Sorunun yapısı kolay anlaşılır fakat sembolik gösterim şekli açık değil Yapı kolaylıkla anlaşılır değil fakat veri analizi ile yapıyı oluşturma olasılığı var Bireysel değişkenlerin etkisini izole etmek mümkün değil ve deney yapılmalı Yeterli veri yok ve deney yapma engelleniyor
Sıklık ve tekrar	Yüksek sıklık ve tekrara sahip sorun Düşük sıklık ve yüksek tekrara sahip sorun Düşük tekrar, yüksek sıklığa sahip sorun Düşük sıklık ve tekrara sahip sorun

Bana E Costa (1988) bu sorun tiplerine dördüncü bir sorun tipi (δ) olarak potansiyel eylemleri ve sonuçlarını farklı KV'lere yardımcı olmak için uygun bir şekilde ortak bir dille tanımlamayı eklemiştir.

Balestra ve Tsouikas (1990) da seçim, sınıflandırma, sıralama ve tanımlama sorunlarına kavramsallaştırma (anlama ve görüş bildirme) sorununu eklemiştir.

2.3.2 Karar Verme Sürecine Katılanlar

Herhangi bir karar verme gerektiren sorun çözümü aşağıdaki kişilerin Karar Verme Sürecine katılmasını sağlar (Daellenbach, 1994):

- KV / Sorun sahibi

Sorun durumunun belirli yönleri, özellikle alınacak karar üzerinde kontrolü olan kişi veya grup

- Çözüm kullanıcı

KV tarafından oluşturulan çözümü kullanan ve/veya kararı uygulayan fakat çözüm/karar üzerinde herhangi bir değişiklik yetkisi olmayan kişi(ler)

- Sonuçlara katlananlar / Sorun müşterisi

Çözümün veya kararın sonuçlarından faydalanan ya da zarar gören kişiler

- KA / Sorun çözücü

Sorunu analiz eden ve KV için çözüm geliştiren ya da çözüm sürecinde yardımcı olan analist

Örneğin bir şirketin piyasaya yeni bir ürün sürüp sürmeme için danışman bir firma ile çalışıp karar alması durumunda; sorun sahipleri (KV'ler) şirket yöneticileri, çözüm kullanıcıları pazarlama bölümü çalışanları, sorun müşterileri (sonuçlara katlananlar) şirketin ürünlerini satın alan müşteriler, sorun çözücü (KA) ise danışman firmadır.

Diğer bir örnek de İstanbul Boğazı üçüncü geçişinin nasıl yapılacağı sorunu için verilebilir (Topcu, 1995). İstanbul'daki ulaştırma yapılarına uygun yeni bir Boğaz geçişi için KV'ler hükümet, çözüm kullanıcıları ulaştırma bakanlığı yetkilileri, sonuçlara katlananlar İstanbul'da yaşayanlar ve geçişi kullananlar, KA ise uygun çözüm öneren KDS'yi hazırlayan kişi(ler)dir.

Edwards ve Newsmann'a (1982) göre ise karardan etkilenen sorun müşterilerinin de sorunla ilgili değerleri alınacak karara katılmalıdır. Yukarıdaki örneklerde bu durum, ürün sürümü örneği için şirketin potansiyel ve hali hazırdaki müşterilerine pazar araştırması yaparak yeni ürün hakkındaki düşüncelerini alma ve üçüncü geçiş örneği

için kongre, sempozyum ve panel gibi toplantılar yaparak akademi, kamu ve özel sektör ile sivil toplum örgütlerinin konu ile ilgili uzmanlarının yargısına başvurma şeklinde olabilir.

Karar Verme Süreci içinde açıkca bir KV olsa da, bu süreç sırasında diğer insanlar tarafından söz konusu KV büyük oranda etkilenir. Tek başına karar veren ve dış çevreden etkilenmeyen bir KV yoktur. KV bir grup adına dolaylı bir şekilde karar veren bir kişi olabileceği gibi bazı durumlarda direkt bir KV olmayabilir de (Zionts, 1994; Zionts, 1997).

2.3.3 Seçenekler

Bir karar verme sorunu ile ilgili faaliyetler, eylemler, kararlar, adaylar söz konusu Karar Verme Sürecinin seçeneklerini oluşturur. Seçenekler karar verme için hammadDEDİR. Sorunla ilgili seçenekler; kullanılan yöntemin önerdiği farklı şekillerde, kriterlere göre değerlendirilerek içlerinden en iyisi veya iyilerden oluşan bir grup seçilir ya da en iyiden en kötüye tam veya kısmi sıralandırılırlar ya da belirli kategorilere göre sınıflandırılırlar (Vincke, 1992; Hammond ve diğ., 1999).

Seçenek kümesi iki şekilde tanımlanabilir (Vincke, 1992):

- Seçenekler sonlu ve sayılabilir sayıda olduğu zaman eleman listesi halinde
Örneğin sorun bir yeni otomobil alımı ise farklı model ve markalardan oluşan bir liste söz konusu seçenekleri verir.
- Seçenekler sonsuz ya da yeterince çok olduğu zaman ise matematiksel ilişkiler ile tanımlayarak özelliklerini belirtecek şekilde
Örneğin nükleer santral kurmak için yer seçimi sorununda harita üzerinde herhangi bir nokta seçenek olarak görülürse sonsuz sayıda olası yer ortaya çıkar. Bu seçenekler birbirlerinden bir orijine göre saptanacak x ve y koordinatları belirtilerek ayrılabilir.

Karar verme sırasında her zaman iki önemli nokta göz önünde bulundurulmalıdır:

- Düşünülmeyen bir seçenek seçilemez
- Ne kadar çok seçenek olursa olsun seçilen seçenek eldeki yığının en iyisidir

Bu nedenlerden dolayı kriterlere göre değerlendirme yapmadan önce sorunla ilgili gerek ilk akla gelen gerekse de yaratıcı bir tarz ile belirlenecek yeni tüm seçenekleri barındıran bir küme oluşturulması gereklidir. Seçeneklerin çeşitlendirilmesi iyi bir çözüm bulma şansını artırır. Fakat eldeki seçenekler çok büyük sayıda ise değerlendirmeye girecek seçenek sayısı KV'nin isteğine bağlı olarak ayıklama (screening) yöntemi ile azaltılabilir.

Seçenek kümesinin kararlı ve sabit olmaması yani yöntemin kullanımı sırasında küme elemanlarında bir değişiklik olabilmesi her zaman önceden seçenek kümesinin belirlenmesine izin vermeyebilir. Böyle bir durumda yöntemin ara sonuçları kümede bazı ekleme, çıkarma ya da değişikliklere neden olabilir.

Aynı karar sorunu için farklı seçenek kümeleri oluşturulabilir. Seçenek kümesinin sadece bir tek iyi tanımı yoktur. Bu duruma en iyi örnek işe eleman alımı ya da ev seçimi gibi örneklerde daha iyi anlaşılır. Belirli bir bölgedeki bazı evleri gezip haklarında bilgi aldıktan sonra bir ev seçilip karar alındığı zaman olası bazı seçenekler devre dışı kalmıştır, bunların eklenmemesi araştırma ve yeni seçenek ekleme için gerekli zaman ve para gibi kısıtlar yüzündendir.

Seçenek kümesinin oluşturulması sadece çözülen soruna ve KV ile karar sürecine katılan diğer kişilere özgü değildir; aynı zamanda sorunun yapılandırılması, kriterlerin tanımlanması, tercihlerin modellenmesi ve uygulanacak karar yardımı yönteminin seçimi ile de ilgilidir:

2.3.4 Amaçlar, kriterler ve ölçütler

Çok Kriterli Karar Vermede seçenek değerlendirme için kullanılan

- amaçlar
- kriterler
- ölçütler

gibi kavramlar değişik kişiler tarafından değişik anlamlarda kullanılmaktadır.

Birçok kaynakta belirtildiği gibi herkesin kabul ettiği ortak tanımları olmayan veya birbirleri yerine bazı durumlarda kullanılan bu kavramlar bu tezde aşağıdaki alt bölümlerde tanımlandığı şekilde kullanılacaktır.

2.3.4.1 Amaçlar

Bir amaç (objective) bir kişinin ulaşmak istediği düzeyi temsil eder (Keeney, 1996).

Üç özellik tanımlanır:

- Karar kapsamı
- Karar konusu
- KV tercihlerinin yönü

Bu durumda amaç, KV'nin arzuları doğrultusunda seçeneklerin temel özelliklerinin ve değerlendirme parametrelerinin yönlendirilmiş şekli olarak tanımlanabilir (Kirkwood, 1997; Evren ve Ülengin, 1992b).

Örnek olarak performansı arttırmak, maliyeti azaltmak, daha yüksek ücret kazanmak gibi amaçlar verilebilir.

Amaçlar seçeneklerin değerlendirilmesi için temel oluşturur (Hammond ve diğ., 1999). Karar Verme Durumu ile ilgili amaçların hepsinin tanımlanmış olması ve karar vermede kullanılması dengesiz bir karar alınmasını önler.

Amaçlar,

- hangi bilginin aranması gerektiğini belirlemeye
- KV'nin seçimini başka insanlara açıklamasına
- kararın önemini ve sonuç olarak ihtiyaç duyulan zaman ve emeği belirlemeye

yardımcı olur (Hammond ve diğ., 1999).

Hedefler (goals) kullanılarak amaçların daha da somutlaştırılması ve belirli (sayısal) değerlere dönüşmesi sağlanabilir.

2.3.4.2 Kriterler

Bouyssou (1990) kriter (criterion) için kullanışlı bir genel tanım yapmıştır: "Belirli bir bakış açısına göre seçeneklerin karşılaştırılmasını sağlayan araç". Bu tanımlama birçok yazarın kriter için karar vermeyi yönlendiren ölçü, kural ve standart olduğu tanımını barındırdığı gibi seçenekler arasında tercihler modeli şeklinde teknik bir tanımla da vermektedir (Bana E Costa ve diğ., 1997). Bu durumda Bouyssou'nun

tanımlamasına göre kriter hem "KV'nin nereye ulaşmak istediğini" hem de "KV'nin seçenekler arasındaki tercihini seçeneklerin hangi özelliklerinin daha çok etkilediğini" gösterir.

Karar sorununa KV'nin niçin ilgi duyduğunu gösteren kriterler Keeney'in (1996) ana amaç (fundamental objective) tanımı ile örtüşmektedir ve iki kavram birbirinin yerine kullanılmaktadır (Henig ve Buchanan, 1996).

Kriterlerin seçeneklerden bağımsız olması gerekir. Bir KV'nin kriterlerinin çok genel, öz ve çapraşık olması beklenir. Bu durumda kriterleri ya da ana amaçları seçenekler ile direkt ilişkilendirmek imkansızlaşır. Seçeneklerin somutluğu ile kriterlerin belirsizliği arasını doldurmak için ara kademelerinde alt amaçlar ve ölçütler olan hiyerarşik bir yapı kullanılabilir.

2.3.4.3 Ölçütler

Ölçüt (attribute) amaca ne kadar ulaşıldığını gösteren ölçüye denilir (Keeney, 1996). Amacın ölçülmesi anlamının daha iyi tanımlamasına yarar. Diğer bir grup da ölçütleri seçeneklerin temel özellikleri, kaliteleri veya verimlilik parametreleri olarak tanımlarlar (Evren ve Ülengin, 1992b). Bu durumda ölçütleri seçenekler ile kriterler arasında bir köprü ve aynı zamanda seçeneklerin kriterlere göre değerlendirilmesi sırasında kullanılan bir araç olarak görmek mümkündür.

Örnek olarak bir firmanın karı en büyükleme amacı milyon dolar cinsinden yıllık kar ölçütü ile ölçülebilir. Diğer taraftan bir holdingin en karlı firmasının belirlenmesi sorununun çözümü için firmalar kar kriterine göre değerlendirilirken aynı ölçüt kullanılarak en yüksek karı getiren firma seçilebilir.

Bir ölçütün özelliklerinin aşağıdaki gibi olması istenir (Keeney, 1996):

- Ölçülebilirlik

Kapalı (dolaylı olarak belirtilen) değer yargılarından uygun olanlarını somutlaştırmalı, uygun olmayanları da değerlendirme dışı bırakmalı ve böylece ilgili amaçları ölçerek anlamlı hale getirmelidir.

- Kullanılabilirlik

Olası sonuçları ilgili amaca göre tanımlamalı ve değer yargıları için amacın ne kadarının başarıldığını göstermelidir. Örneğin havadaki sülfür dioksit miktarı ölçütü kirliliğin nerede ve ne sıklıkta ölçüldüğü belirtilmediği zaman kullanılabilir (operational) değildir.

- Anlaşılabilirlik

Ölçütler cinsinden sonuçların yorumlanmasında herhangi bir belirsizlik olmaması gerekmektedir. Bir kişinin bir sonuç için ölçüt seviyesine yaptığı atamanın başka bir kişi tarafından yorumlanması sırasında bilgi kaybı oluşmamalıdır.

Ölçütler, Tablo 2.2.'de de görüldüğü gibi iki şekilde sınıflandırılabilir (Yoon ve Hwang, 1995; Keeney, 1996; Kirkwood, 1997).

Tablo 2.2. Ölçütleri Sınıflandırma Çeşitleri

Sınıflandırmada kullanılan kriter	Sınıflar
Ölçüt fonksiyonu tipi	Kar ölçütü Maliyet ölçütü Tekdüze olmayan ölçüt
Ölçütü oluşturma şekli	Doğal (dolaysız) ölçüt Oluşturulmuş (öznel) ölçüt Yan (dolaylı) ölçüt

- Kar ölçütleri

Artan tekdüze fonksiyonla tanımlanır. Ölçüt değeri arttıkça ilgili tercih artar. Örneğin kazanılan aylık ücret.

- Maliyet ölçütleri

Azalan tekdüze fonksiyonla tanımlanır. Ölçüt değeri arttıkça ilgili tercih azalır. Örneğin 100 km'lik mesafe başına yakıt tüketimi (lt/100km)

- Tekdüze olmayan ölçütler

Tekdüze olmayan ve belirli bir değere kadar artan belirli bir değerden sonra azalan fonksiyonla tanımlanır. Örneğin tren istasyonuna olan uzaklık, yürüme mesafesi yüzünden çok fazla olmaması istenirken trenlerin geçişi sırasındaki gürültü yüzünden çok az olması da istenmez. Bu ölçüt için kahvedeki şeker sayısı ve tansiyon değeri de verilebilir.

- Doğal (dolaysız) ölçüt

Herkes için aynı yoruma neden olacağından dolaysız kullanılabilen ölçüt. Örneğin TL cinsinden aylık maliyet

- Oluşturulmuş (öznel) ölçüt

Sözel tanımlama ile belli seviyeler kullanılarak yapılan ve Karar Verme Durumuna bağlı ölçüt. Örneğin firma imajını ölçmek için sayısal bir doğal ölçüt kullanılamayacağından 3'lü (iyi-orta-kötü) veya 5'li (çok iyi-iyi-orta-kötü-çok kötü) ölçeğe dayalı bir ölçüt kullanılabilir.

- Yan (dolaylı) ölçüt

Yukarıdaki iki tip ölçütle de amaç ölçülemezse kullanılır. Örneğin sülfür dioksit kontrolü ile ilgili bir karar alınırken şehir yönetimlerinin ana amaçlarından biri su ve sülfür dioksitten oluşan asit yağmurlarının şehirdeki tarihi taş bina ve heykellere verdiği zararı enazlamak olduğu söylenebilir. Bu amaçla ilgili doğal ya da oluşturulmuş bir ölçüt kullanılamayacağından tarihi eserin olduğu alandaki sülfür dioksit yoğunluğu ile ilgili dolaylı bir ölçüt kullanılabilir.

2.3.5 Yöntemler

Karar Verme Sürecinde gerek sorunun yapılandırılması, gerek modelin kurulması gerekse de sentez ve duyarlılık için çeşitli yaklaşımlara göre oluşturulmuş çok sayıda yöntem mevcuttur. Bu yapılandırma; değerlendirme, çözüm ve analiz yöntemleri hakkında ayrıntılı bilgi ilgili bölümlerde verilecektir.

3. SORUNUN YAPILANDIRILMASI

3.1 Yapılandırmanın Önemi ve Amacı

Bir karar sorunu ile karşılaşıldığında, farklı seçeneklerin değerlendirilmesinden önce sorun için bir yapı yaratılmalıdır. Karar analizine ilişkin geleneksel yaklaşımda sadece iyi yapılandırılmış bir sorunun çözümü üzerine tekniklerden söz edilir. Fakat gerçek hayattaki sorunların çoğu iyi tanımlanmamış diğer bir deyişle sorunla ilgili kriter(ler), seçenekler ve sonuçlar belirlenmemiştir (Volkema, 1983; Keller ve Ho, 1988; Kleindorfer ve diğ., 1993; Henig ve Buchanan, 1996; Belton ve diğ., 1997b; Guitouni ve Martel, 1998).

KV'nin vereceği karara yardım sırasında sorunun iyi bir şekilde yapılandırılıp çözümü gerekmektedir çünkü "Sorunun iyi yapılandırılması başarılı bir çözümlemenin anahtarıdır." (Von Winterfeldt ve Edwards, 1986) ve aynı zamanda "İyi yapılandırılmış bir sorun yarı çözülmüş bir sorundur." (Kleindorfer ve diğ., 1993).

Yapılandırma, Karar Verme Sürecine karışan kişilere ortak bir tartışma ve öğrenme dili sağladığından ve potansiyel eylemlerin farklı bakış açıları üzerindeki etkilerini gösterdiğinden; diğer bir deyişle söz konusu kişilerin değer sistemlerini anlaşılır hale getirdiğinden karar sürecinin önemli ve gerekli bir adımıdır (Bana E Costa ve diğ., 1997).

Etkin bir Karar Verme Sürecinde yanlış sorun üzerinde çalışmak veya yanlış bir seçenek kümesi ya da esas kümenin alt kümesi ile ilgilenmek veya değerlendirme kriterlerinin hepsini kullanmamak gibi hatalardan korunmak gerekir. Aksi takdirde kullandığımız sorun çözüm ve karar verme yöntemi ne kadar iyi olursa olsun sonuçların zayıf olma olasılığı kaçınılmazdır (Kleindorfer ve diğ., 1993; Hammond ve diğ., 1999). Söz konusu hatalara düşmemek için yapıcı (constructive) bir öğrenme

süreci ile sorunu çerçeveleyerek yapılandırmak gerekir (Bana E Costa ve diğ., 1999; Howard, 1988).

Yapılandırma; sorunu yapılandıran KA'nın yaratıcılığı, sezgileri, becerileri ve deneyimine bağlıdır ve her ne kadar bilim ve sanatın karışımı olduğu söylene de (Bana E Costa ve diğ., 1997) bilimden daha çok bir sanat dalıdır (Von Winterfeldt, 1980; Buede, 1986; Bronslow ve Watson, 1987; Evans, 1989).

3.2 Yapılandırma Süreci

"Sorunun yapılandırılması iyi tanımlanmamış bir sorunun iyi tanımlanmış elemanlar, ilişkiler ve işlemler kümesine yaratıcılık kullanılarak dönüştürülmesi sürecidir" (Von Winterfeldt, 1980).

Bir karar sorununun yapılandırılması için aşağıdaki öğelerin belirlenmesi gerekir (Keller ve Ho, 1988; Guitouni ve Martel, 1998; French ve diğ., 1998; Belton ve Vickers, 1990; Watson ve Buede, 1987; Daellenbach, 1994):

- Kararın aciliyeti
- Kararla ilgili sınırlar
- Karar vermeye karışacak kişiler
- Bu kişilerin gücü ve Karar Verme Sürecindeki rolleri
- Kararla ilgili önemli noktalar ve kişilerin değerleri ile amaçları
- Seçeneklerin değerlendirilmesinde kullanılacak kriter veya ölçütler
- Seçenekler
- Kullanılacak bilginin kalite ve miktarı
- Kriterlerin özellikleri
- Seçeneklerin kriterlere göre performansları
- Gerçekleşebilecek sonuçlar

Karar sorununun yapılandırılması süreci dinamiktir ve süreçteki geri beslemeler ile oluşturulacak yapıda düzeltmeler yapılabilir (Keller ve Ho, 1988). Karar sorunlarının yapılandırılması sürecine fiziksel veya gerçek hayatta var olan gözlemlenebilir bir

sistem modellenmediğinden KV'nin de fikir ve inanışlarını açıklığa kavuşturarak karışması gerekmektedir (Bronslow ve Watson, 1987). Sorun sahibi KV ile KA etkileşimli ve yol gösterici bir süreç sonunda sorunun çözülmesi için yeterli biçim ve içerikte bir karar modeli oluştururlar.

Kleindorfer ve diğ. (1993) KV'nin Karar Verme Sürecine kendi başına ya da KA ile etkileşerek bir sorun ya da bir karar fırsatı olduğunun farkına varması ile girdiğini ve daha sonra söz konusu KV'nin sorunu kabul ederek üzerinde daha fazla durmaya değer bir şeyler olduğunu düşünüp sorun üzerine odaklanması ile yapılandırma sürecinin başladığını ve yapılandırma süreci sırasında da KV'nin KA ile sorunun veya Karar Verme Durumunun ulaşılabilir potansiyel gelişimlerle bağlantısının sağlanması ve sorun çözümü için bazı yöntemlerin düşünülmesi ile uğraştığını öne sürmüşlerdir.

Genel olarak yapılandırma sürecinin aşağıdaki adımlardan oluştuğu söylenebilir (Massey ve Wallace, 1996; Rosenhead, 1989; Volkema, 1983):

1. Sorunun saptanması ve tanımlanması
2. Farklı seçeneklerin oluşturulması
3. Değerlerin ve amaçların belirlenmesi

Yapılandırma sürecinin son iki adımı, düşünme türüne bağlı olarak kendi arasında yer değiştirebilir. Yukarıdaki durum Seçeneğe Odaklanan Düşünme (Alternative Focused Thinking) için geçerliken, Değere Odaklanan Düşünme (DOD; Value Focused Thinking) söz konusu ise değer ve amaçların belirlenmesi seçeneklerin oluşturulmasından önce olur (Keeney, 1996). Bu tez kapsamında önerilen karar destek modeli için de Değere Odaklanan Düşünme Yaklaşımı kullanılacaktır.

3.2.1 Sorunun Saptanması ve Tanımlanması

Bölüm 2.3.1.'de irdelendiği gibi bir kişinin içinde bulunduğu durumdan ya da bir amaca ulaşamamadan duyduğu hoşnutsuzluk veya hissettiği olumsuz bir uyarım veya kaçınması gereken ya da değiştirmek istediği bir engelin ortaya çıkması ile sorun saptanır. "Ne yolunda değil?" sorusuna kısa ve öz bir yanıt aranması, ya da bu yanıtın bulunamaması durumunda "Niçin birşeylerin yolunda olmadığı düşünülüyor?" veya "Niçin bu konu üzerinde düşünülüyor?" sorularına odaklanma

ile söz konusu sorun tanımlanabilir (Watson ve Buede, 1987; Hammond ve diğ., 1999).

Dört boyutta inceleme yapılarak ve anahtar bilgiler elde edilerek neyin bilindiği ve neyin yanlış olabileceği araştırılır ve sorun açıklığa kavuşturulabilir:

- Kimlik - "Ne?"
- Yer - "Nerede?"
- Zamanlama - "Ne zaman?"
- Büyüklük - "Ne kadar?"

3.2.2 Değer ve Amaçların Belirlenmesi

KV açık bir çözümü olmayan karışık ve zor bir Karar Verme Durumu ile karşılaştığında sorunu tanımladıktan sonra seçenekleri düşünerek kendisini sınırlandırmak yerine ilk iş olarak değerlerini belirlemelidir. Bunun için KV karar kapsamına göre neleri elde etmek istediği sorusunu yanıtlandırmalı ve bu yanıtlardan oluşan bir amaçlar listesi oluşturmalıdır. Söz konusu listenin ilgili tüm amaçları barındırdığından emin olduktan sonra her amacın niçin önemli olduğu sorusuna yanıt vermelidir. Bu yanıtlar yeni amaçları listeye ekleyecektir. Liste bu şekilde tam hale getirildiğinde sıra her amacın nelerden oluştuğunu belirlemeye gelir. Değerler, amaçların nedeni ve anlamı ile ilgili bu şekilde oluşturulan çok sayıda soruya verilen yanıtlarla belirlenir (Keeney, 1996; Hammond ve diğ., 1999).

Amaçların belirlenmesi için KV'nin yanında konu ile ilgili uzman kişilerin yargısına da başvurulabilir (Keeney, 1996; Yoon ve Hwang, 1995).

Bir amacın karar kapsamındaki öneminin nedeni amaçların tipini de belirler:

- Eğer neden Karar Verme Durumuna KV'nin duyduğu ilgi ise amaç "ana amaç" olmaya adaydır.
- Eğer neden başka bir amaç ise bu amaca "araç amaç" (means objective) denilir.

3.2.3 Seçenek Kümesinin Oluşturulması

İnsanlar karar verme gerektiren bir sorun ile karşılaştıklarında ilk olarak daha önce karşılaştıkları sorunlar ile söz konusu sorunun benzerliklerini incelerler. Benzerliğin yüksek olduğu geçmiş sorunun seçeneklerini bu sorun için kullanma yoluna giderler (Keller ve Ho, 1988; Kleindorfer ve diğ., 1993; Keeney, 1996; Kirkwood, 1997). Bu şekilde seçenek kullanılması yaratıcılığı ve dolayısıyla yeni soruna özgü farklı durum için daha iyi seçeneklerin oluşturulmasını engellediği için verilecek kararın kalitesini düşürebilir.

Bu yüzden, karar verme gerektiren sorunla karşılaşanlar; farklı bilişsel kavramlara dayalı yaklaşımlara göre yeni seçenekler ortaya çıkarıp başlangıçta akıllarına gelen daha önce kullandıkları sınırlı sayıdaki seçeneklere ekleyerek bir seçenek kümesi oluşturmalarıdır. Söz konusu yaklaşımlar aşağıdaki yöntemlerden oluşur (Keeney, 1996; Keller ve Ho, 1988):

- Seçeneğe dayalı yöntemler
- Ölçüte dayalı yöntemler
- Duruma dayalı yöntemler
- Genel yaratıcılık teknikleri

3.2.3.1 Seçeneğe Dayalı Yöntemler

Olası en iyi ve en kötü sonuçları (ideal ve anti-ideal seçenekleri) akılda canlandırıp iyi sonuçlara götürecek seçenekleri belirleyerek diyalektik usavurumla bir seçenek kümesi oluşturulabilir (Kleindorfer ve diğ., 1993). Diğer bir deyişle uydurulan ideal seçeneğe yakın özelliklerde seçenekler tasarlanabilir.

Seçeneklerin özellikleri veya temel yapıları açıkça belirtilip bunları sağlayan yeni seçenekler aranabilir ya da söz konusu seçeneklerin değişik şekillerdeki sunumlarına bakılarak yeni seçenekler yaratılabilir.

3.2.3.2 Ölçüte Dayalı Yöntemler

Sorunla ilgili amaçların tek tek sunularak her amacı karşılamaya yardımcı olacak ya da o amacı temsil eden ölçüt için iyi bir performans değeri verecek seçenekler ortaya

çıkarılabilir veya tasarlanabilir. Ölçütlerin değiştirilmesi veya yeni ölçütlerin bulunması ile oluşturulan ölçütler seçenek tasarlanmasında kullanılabilir.

Amaçları alt amaçlara ve ölçütlere ayırarak alt seviyedeki amaç ve ölçütlerin özelliklerine göre seçenek yaratılabilir.

3.2.3.3 Duruma Dayalı Yöntemler

Tüm olası durumlar (state of nature) tek tek sunularak her durum için etkin olacak seçenekler ortaya çıkarılabilir.

Oluşma olasılığı yüksek durumlar için iyi sonuç verecek seçenekler tasarlanabilir.

Sorun üzerindeki kısıtların bir kısmının kaldırılması ya da gevşetilmesi ile yeni seçenekler kullanılır hale getirilebilir (Hammond ve diğ., 1999).

Duruma dayalı seçenek oluşturma yöntemlerinin daha genel bir hali olan strateji üretim tabloları (strategy generation tables) ile stratejik seçenekler ortaya çıkarılabilir (Howard, 1988; Kirkwood, 1997). Bunun için öncelikle bir strateji tablosu oluşturmak gereklidir. Söz konusu tablodaki sütunlar sorunla ilgili farklı durumları gösterir. Tablonun her sütunundan bir düzeyi temsil eden girdilerin bir kombinasyonu seçilerek farklı seçenekler ortaya çıkarılır. Bu seçeneklerden ilgili temaya uygun olanlar ve kombinasyonu oluşturan durumların birarada anlamlı olmasını sağlayanlar seçenek kümesinin elemanı olurlar. Örneğin "Nasıl bir vakıf kurulsun?" sorununa seçenek oluşturmak üzere Şekil 3.1.'deki strateji üretim tablosu kullanılabilir. Şekilde; seçenek kümesini oluşturan kombinasyonlardan "Eğitim alanında, dar bir tabanı hedefleyen, mükemmel hizmet veren ve fon yaratan bir vakıf" seçeneğinin oluşumu görülmektedir.

Faaliyet alanı	Hedef Kitle	Hizmet şekli	Kaynak
Eğitim	Dar Taban (Elitist)	Mükemmel	Fonlanan
Sağlık	Geniş Taban (Populist)	Standart	Fon yaratan
Kültür			

Şekil 3.1. Strateji Üretim Tablosu ile Seçenek Ortaya Çıkarma

3.2.3.4 Genel Yaratıcılık Teknikleri

Söz konusu teknikler iki ana başlık altında toplanabilir:

- Beyin fırtınası

Fikirlerin hızlı bir şekilde eleştiriye izin verilmeden uzmanlar tarafından üretilmesi yöntemi kullanılarak sorun ile ilgili seçenekler oluşturulur.

- Sinektiks

Yeni seçenekler yaratmak için benzerliklere (analogy) ve eğretilmeye (metaphor) dayalı düşünme kullanan bu teknikten de faydalanılabilir.

3.2.4 Seçeneğe Odaklanan Düşünme

Seçeneğe Odaklanan Düşünmeye göre karar sorununu saptayan ve tanımlayan KV sorun çözümünde diğer bir deyişle karar vermede kullanacağı seçenekleri düşünmeye başlar ve uygun bir seçenek kümesi oluşturduktan sonra bu seçenekleri değerlendirmek için kullanacağı kriterlere odaklanır (Keeney, 1996). Bu duruma göre yapılandırma aşağıdaki adımlara göre olur:

1. Sorunun saptanması ve tanımlanması
2. Seçeneklerin oluşturulması
3. Değerlerin belirlenmesi

3.2.5 Değere Odaklanan Düşünme

KV'nin değerleri karar verme sırasında kullanılması gereken en önemli öğedir. Değerler önerilen seçenek ve karara göre uygulanacak eylemin ya da hiçbir şey yapmamanın gerçek veya potansiyel sonuçlarını değerlendirme için kullanılır (Keeney, 1996). İstenilen özellikler, öncelikler, eylemlerin önemli noktaları, önem verilen sonuçların özellikleri, riske karşı tavır, ahlaki değerler gibi farklı kavramlar değerlerin belirlenmesinde kullanılır.

Seçenekler ise bu değerlere ulaşmayı sağlayan araçlardır. Bu yüzden sorun tanımlandıktan sonra öncelikle değerlerin belirlenmesi diğer bir deyişle düşünmenin ilk olarak değerlere odaklanması gerekir (Keeney, 1996). Ne istendiğine karar

verildikten sonra isteğin nasıl gerçekleştirileceği düşünülüp bu doğrultuda seçenekler oluşturulur. Böylece Değere Odaklanan Düşünmeye göre yapılandırma adımları

1. Sorunun saptanması ve tanımlanması
2. Değerlerin belirlenmesi
3. Seçeneklerin oluşturulması

şeklinde olur.

Değere Odaklanan Düşünme, Karar Verme Sürecini iyileştirmeye aşağıdaki şekillerde katkıda bulunur:

- Bilgi toplamada yol gösterme
- Değerler hakkında bilginin erken ve tam toplanmasını sağlama
- Karar fırsatlarını ortaya çıkarma
- Ana amaçların belirlenmesini sağlama
- Seçeneğe Odaklanan Düşünme ile karar verirken gizli kalıp kullanılmayacak amaçları ortaya çıkarma
- Hiyerarşik bir yapı oluşturma
- Araç amaçlar - sonuç amaçlar (means-ends objective) ağını geliştirme
- Bir değer modeli ile ana amaçları sayısallaştırma
- Daha iyi seçenekler oluşturma
- Seçenekleri değerlendirme
- Kararları birbirine bağlama
- İletişimi geliştirme
- Karar verme ile ilgili kişi sayısının çok olması durumunda sürece girmelerini kolaylaştırma
- Stratejik düşünce rehberliği yapma

3.3 Yapılandırma Yöntemleri

Sorunun yapılandırılması için en basit yöntem "Değer Hiyerarşisi" oluşturmaktır. Bu yöntem dışında, esnek düşünme gerektiren yöntemler de geliştirilmiştir (Belton ve diğ., 1997b; Watson ve Buede, 1987):

- Esnek Sistem Analizi (Soft Systems Methodology)
- Yanlamasına Düşünme (Lateral Thinking)
- Etki Diyagramları (Influence Diagrams)
- Bilişsel Haritalar (Cognitive Maps)

3.3.1 Değer Hiyerarşisi

Değer hiyerarşisi hiyerarşik ya da ağaç benzeri bir yapıdadır. Bu özelliği yüzünden değer ağacı olarak da adlandırılır. Bir karar sorununu değer hiyerarşisi ile sunulması KV'nin hızlı bir şekilde karar verme ile ilgili göz önünde bulundurulması gereken değerlendirme kavramlarının yapısını görmesini sağlar. Genel olarak verilecek karara özgü bir değer hiyerarşisi ile sorun yapılandırılır. Diğer bir deyişle her sorun için farklı bir hiyerarşi oluşturulur. Bunun nedeni geniş bir alandaki tüm Karar Verme Durumlarını yansıtacak genel amaçlı bir hiyerarşi oluşturulmasının zorluğu ve böyle bir hiyerarşi oluşturulsa bile incelenemeyecek kadar karışık olmasıdır.

Değer hiyerarşisi iki türlü oluşturulabilir (Belton ve diğ., 1997b; Hammond ve diğ., 1999; Keeney, 1996; Kirkwood, 1997; Watson ve Buede, 1987; Von Winterfeldt ve Edwards, 1986; Buede, 1986; Gregory ve Keeney, 1994):

1. Yukarıdan Aşağıya (Amaca Bağlı) Yönlendirme

Değere Odaklanan Düşünme söz konusu iken ya da karar sürecinin başında seçenekler belirli değilse ilk olarak ana amacın nelerden oluştuğu ile ilgilenilir. Böylece alt (araç) amaçlar bulunur. Bu şekilde ilerlenilerek seçenekleri değerlendirmek için kullanılacak en alt seviyedeki ölçütler ortaya çıkarılır. Bu yaklaşımın bir sonucu da ana ve araç amaçların nasıl elde edileceğinin araştırılması ile potansiyel seçeneklerin belirlenmesidir.

2. Aşağıdan Yukarıya (Seçeneğe Bağlı) Yönlendirme

Seçeneğe Odaklanan Düşünme kullanılıyorsa ilk olarak seçenekler oluşturulur ve daha sonra bu seçeneklerin hangi özelliklerinin farklı oldukları incelenerek ölçütler belirlenir. Bu ölçütler biraraya getirilerek alt amaçlar ortaya çıkarılır. Araç amaçların niçin önemli olduğu sorusuna yanıt olan amaçlar, aynı zamanda kendileri için niçin sorusu sorulduğunda "KV'nin soruna olan ilgisi" yanıtı alınıyorsa, en üst seviyedeki ana amaçları oluştururlar.

Bir değer hiyerarşisi aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır (Keeney, 1996; Belton ve diğ., 1997b):

- Tam (sorunun bütün önemli yönlerini barındıran)
- Ölçülebilir (ölçütlerin biraraya getirilmesi ile hangi amaçların ne derece elde edildiğini belirleyebilen)
- İşlevsel (kullanılmaya hazır)
- Ayrışabilir (farklı bölümleri birbirlerinden ayrı ayrı analiz edilebilen)
- Göz ardı edilemeyecek (etkilerin çift sayılmasını önleyen)
- Öz (gereken en alt seviyede ayrıntı düzeyini tutan)
- Anlaşılır (kavramların açık olmasını ve aralarındaki ilişkiyi sağlayan)

3.3.2 Esnek Sistem Analizi

Esnek sistem yaklaşımı amaçların önceden iyi bir şekilde tanımlandığını ve verildiğini varsayan klasik yöneylem araştırması tekniklerinden ve sistem analizi gibi düşünme sistemlerinden farklı olarak, sorun hakkında daha açık görüşlü ve esnek bir şekilde düşünme gerektirir.

Esnek Sistem Analizi bu açıklamadan da anlaşılacağı gibi sorunla ilgili amaçların da iyi tanımlanmamış sorunun çözülmesi gereken bir parçası olduğu karışık durumlarla ilgilenen öğrenen ve sorgulayıcı bir sistemdir (Checkland, 1989a; Checkland, 1989b; Watson ve Buede, 1987). Bir amaca yönelik kavramsal eylem modellerini gerçek dünyaya ait sorunlarla ilgili neler olduğunun algılanması ile karşılaştırarak öğrenen Esnek Sistem Analizi geliştirdiği durumu sorgulayarak bir sonuca ilerler.

Esnek Sistem Analizi yedi adımdan oluşur (Checkland, 1989b -s. 84):

1. Sorunlu gözüken durumla ilgilenilmeye başlanması
2. Sorun durumunun sorun sahibinin kişisel özelliklerine, deneyimine, bilgisine ve ilgisine bağlı olarak açığa vurulması
3. Sorun müşterisi, aktörler, dönüşüm süreci, dünya görüşü, sahip ve çevresel kısıtlardan oluşan kök tanımların (Root Definitions-CATWOE) belirtilmesi
4. Bu tanımlara ait sistemlerin kavramsal modellerinin kurulması
5. Modellerin gerçek dünya eylemleri ile karşılaştırılması
6. İstenilen ve olurlu olası değişikliklerin tanımlanması
7. Sorun durumunu geliştirme için bir eylemin uygulanması

Esnek Sistem Analizine ait özellikler ve varsayımlar ise aşağıdaki gibidir:

- Değişik birey ve gruplar karar verme sırasında değişik görüş ve değerlendirmeler kullanarak farklı eylemler seçebilir
- Karar süreci ile ilgili düşüncelerin bilinçli olarak dile getirilmesi sırasında sistem düşüncesi yardımcı olur
- Söz konusu analiz yönetimle ilgilidir ve bu yüzden yönetimin ne olduğu ve bir yöneticinin neler yaptığı ile ilgili olmalıdır

Esnek Sistem Analizi, sorun sahiplerinin de karar sürecine dahil edilmesine ve sorunun onların gözüyle incelenmesine önem verir. Bu yönüyle bir sonraki alt bölümde ayrıntısı verilecek olan diğer bir esnek yöneylem araştırması tekniği (soft-OR) olan Bilişsel Harita (BH) Yaklaşımına benzer.

3.3.3 Yanlamasına Düşünme

De Bono tarafından geliştirilen söz konusu düşünme tekniğine göre mantıksal düşünme süreci yerine radikal görüşler geliştirerek sorun yapılandırılır (Watson ve Buede, 1987; De Bono, 1985). Yeni fikirler oluşturmak için yanlamasına düşünmede kullanılması gereken üç temel etkinlik vardır:

1. Sınırlar ve varsayımlar da dahil olmak üzere sorunun farkında olma

2. Sorun hakkında sorunla ilgili eski kavramları kullanarak üretilebilecek tüm farklı görüşleri oluşturma
3. Düşünce sürecini değiştirecek dürtüleyici (provocative) yöntemler kullanma

3.3.4 Etki Diyagramları

Karar analizi modellerinin ağ sunumu için kullanılabilen etki diyagramları genel bir sezgisel yapılandırma aracıdır (Shachter, 1988; Schachter, 1990). Etki diyagramları değer modelleri, karar, amaç, fonksiyon, sabit veya belirsiz miktar gibi nicelikleri temsil eden düğümlerden oluşan yönlü çizgelerdir. Oklar bu düğümler arasındaki ilişkileri gösterir. Çözümü bulmak için etki diyagramı modelde bazı dönüşümler yapılarak işletilir. Bu dönüşümler hem grafik yapıyı hem de düğümlerdeki ayrıntılı bilgiyi değiştirir.

3.3.5 Bilişsel Haritalar

Bir soruna ilişkin olarak bir KV'nin aklında oluşan resim sadece Karar Verme Durumu ile ilgili nesnel gerçeklere dayanmaz. Aynı zamanda sorunla ilgilenen kişinin veya kişilerin kişisel ve öznel görüşlerine dayanır (Malyon, 1998). Sorunların özneliği yapılandırma sırasında karar verme gerektiren sorunun hem çevresel (nesnel) kısmı ile hem de KV(ler) ve uzmanların görüş, fikir, yargı ve değerleri ile ilgilenilmesinin diğer bir deyişle KV(ler)'nin ve konunun uzmanlarının da karar sürecine dahil edilmesi ve sorunun onların gözüyle yapılandırılmasının gerekliliğini ortaya koyar (Watson ve Buede, 1987; Von Winterfeldt, 1980). Bu gerekliliği yerine getirmek için son yıllarda çok sık kullanılan bir yöntem Bilişsel Harita Yaklaşımıdır (Huff, 1990; Zimbardo, 1992).

Bir bilişsel harita; uzmanların iyi tanımlanmamış bir konu ile ilgili sosyal ilişkiler üzerindeki fikir, yargı ve kavrayışlarının değerlendirilmesi amaçlı bilişsel süreçlerin bir görüntüsüdür (Lee ve diğ., 1992; Axelrod, 1976). Birbirleri ile ilişkili kavramları kapsayan bilişsel haritalar yardımı ile kişilerin ve/veya grupların bir sorunu algılama ve anlama biçimleri ile düşünce ve inanç sistemleri sunulabilir (Önsel, 1995). Aynı zamanda Bilişsel Harita Yaklaşımı, sorunu tanımlamanın nitel özellikleri ile sorunun sayısal analizi arasında uygun ve güçlü bir bağlantı kurulmasını sağlar (Eden ve diğ., 1986).

Temel karar kavramlarının bütünleşik bilişsel şemasının elde edilmesi için farklı kişilerin bakış açılarının, görüşlerinin, fikirlerinin ve yargılarının biraraya getirilmesi ve bu kavramlar arasındaki ilişkiler ile o konudaki uzmanlıkların anlaşılır hale getirilmesi gerekir. Bilişsel haritalar işte bu şekilde Karar Verme Sürecindeki iddia sahiplerinin sorunun yapılandırılması üzerine uzlaşmasına ve bu görsel şema üzerinde daha fazla analiz ve inceleme yaparak çalışmalarına olanak verir (Eden, 1988). Sorunun zenginliği ve karmaşıklığını azaltmadan doğal ve saydam bir şekilde kişilerin bilgeliklerinin elde edilmesini sağlar (Ackermann ve Belton, 1994).

Bilişsel Harita Yaklaşımında incelenen sorun; düğümlerin tüm görüşler, değerler, amaçlar, kriterler ve seçenekler gibi değişkenleri yansıtan kavramları; işaretli ve yönlü okların ise kavramlar arasındaki nedensel ilişkiyi yani bir kavramın diğer bir kavramı aynı yönde mi ters yönde mi etkilediğini gösterdiği yönlü bir çizge ile sunulur (Ülengin ve Topcu, 1997; Eden, 1989; Hwnag ve Lin, 1987). Böylece kavramlar, ilişkiler ve genel yapı rahatça gözönünde bulunabilir. Söz konusu çizge, kavramlar arasındaki ilişkileri gösteren +1, -1 ve 0'dan oluşan basit form türünde ise bir komşuluk matrisine de çevrilebilir (Nozicka ve diğ., 1976; Olson ve Courtney, 1992). Bilişsel haritaların diğer çeşitleri; ilişkilerin -3 ile +3 arasında ağırlıklandırıldıkları "ağırlıklı harita" ile biraz, fazla, çok gibi tanımsal terimlerle gösterildiği "bulanık haritalar"dır (Lee ve diğ., 1992).

Bir bilişsel haritanın oluşturulması iki farklı yaklaşıma göre yapılabilir (Ülengin ve diğ., 1998):

1. Axelrod (1976) tarafından öne sürülen yönteme uyan ve bilişsel haritayı oluşturacak KA'nın sorun sahiplerinden ve/veya uzmanlardan aldığı bilgilerle sorunu yapılandığı yaklaşım
2. Eden (1988) tarafından geliştirilen Kelly'nin (1970) Kişisel Yorumlama Teorisine (Personal Construct Theory) dayalı yaklaşım.

Axelrod yaklaşımında kişilerin bilişim süreçlerinin incelenmesinde kullanılan bilişsel haritalar dile ait özelliklerden yola çıkar, bilgi sunum tekniklerinden biri olan ağsal sunumdan yararlanır ve daha sonra bilişime ait çıkarımlar yapar (Önsel, 1995). Görüş, fikir, yargı ve değerleri bilişsel haritada yansıtabilmek için üç temel yol izlenir (Hwang ve Lin, 1987):

KA'nın

- KV ve/veya uzmanlarla karşılıklı görüşmeler yapması
- KV ve/veya uzmanlara anketler uygulaması
- KV ve/veya uzmanların yazılı eserlerini, yaptıkları çalışmaları, verdikleri demeçleri ve bunun gibi kaynakları inceleyerek doküman kodlaması

Eden yaklaşımında ise insanların yönetmek ve kontrol etmek amacıyla yaşadıkları dünyayı yorumlamak ve anlamlandırmak için kendilerini ve içinde bulundukları durumu sürekli olarak yorumlamaya çalışmalarından hareket eden Kişisel Yorumlama Teorisi esas alınır (Eden, 1988; Eden, 1989; Belton ve diğ., 1997b). Kelly'ye göre (1970) "Eğer farklı bir şekilde yorumlamak için yeterince yaratıcı olunursa hergün yaşanan günlük olayların algılanılması bile değişebilir. Bu durumda bir Karar Verme Durumunun yorumlanması da tekrar düşünölmeye ve sorgulanmaya her zaman açıktır ve kişiden kişiye farklılık gösterir.". Kişinin olayları ve kavramları kendilerine özgü yorumlamaları o kişilere ait düşünce, inanış, yargı ve değerleri yansıtan ifade ve sözcüklerden oluşan farklı "Kişisel Yorumlama"lara yol açar. Eden'e göre bilişsel haritalar sorunun sunumu (yapılandırılması) için söz konusu yorumlamaları kullanır (Eden ve diğ., 1983; Eden, 1988). Aynı karar verme gerektiren sorun için farklı kişilerin farklı bilişsel haritalar oluşturması da kaçınılmaz olur. Bu yaklaşımın bir diğör özelliğı de Kişisel Yorumlama Teorisindeki "İkilik" (Dichotomy) sonucunu yansıtacak şekilde haritadaki her kavramın bir anlam ve bir zıt anlam ile gösterilmesidir.

Bilişsel haritalar incelenen konu ile ilgili tüm fikirleri yansıttıklarından genelde çok sayıda (100'den fazla) kavramdan (düğümden) oluşurlar. Böylesine karmaşık haritaların gerek çizilmesi, gerek içerdigi kavramlara hakim olunması, gerekse de analiz edilmesi sırasında bu zorluklara yardımcı olmak üzere tasarlanmış Graphics COPE veya Decision Explorer paket programları kullanılabilir (Belton ve diğ., 1997b; Ackermann ve diğ., 1995). Bu paket programların yapılmasına olanak sağladığı analizlerin bazıları aşağıdaki gibidir (Eden ve diğ., 1992):

- Domain (Merkeziilik)

Her düğüme gelen ve giden toplam ok sayısını gösterir. Böylece o düğümün ne kadar merkezi (central) bir kavram olduğu anlaşılır.

- Head-Tail (Baş-Kuyruk)

Hangi düğümlerin baş hangilerinin kuyruk olduğunu gösterir.

Baş düğümden diğer düğümlere ok çıkmaz yani başka bir kavramı etkilemeyen ana amaçları yansıtan düğümlerdir.

Kuyruk düğümlere ise ok gelmez. Yapı hiyerarşik olduğunda en alt seviyedeki amaçları yansıtırlar.

- Cluster (Kümeleme)

Haritayı birbirleri ile daha sık ilişkili düğümlerden oluşan alt parçalara böler; böylece daha rahat analize olanak verir.



4. KARAR MODELİNİN KURULMASI

4.1 Modelleme

İnsana ait düşünceleri (zihinsel-mental kavramları) açık ve analiz edilebilir sunumlara dönüştürme sürecine modelleme denilir (Olson ve Courtney, 1992; Angehrn ve Luthi, 1990). Modelleme her karar sürecinde bulunması gereken çok önemli bir adımdır. Bu önem yüzünden günümüz KDS'leri sorun çözümünden daha çok sorunun modellenmesine odaklanmışlardır. Fakat KDS'nin kullanıcısı (Karar Verme Sürecinde KV) sistemi tasarlayan kişinin tanımladığı eylem alanında sınırlı kalma tehlikesi ile karşı karşıyadır. Bu tehlikeden KV'yi uzak tutmak için KV'nin etkileşimli bir şekilde Karar Verme Durumu ile karşılaştığı andan itibaren kendi modellerini geliştirebileceği esnek modelleme yapısı oluşturulmalıdır.

Temel modelleme araçları iki gereksinimi karşılamalıdır (Angehrn ve Luthi, 1990):

- İfade edebilme gücü; gerçek dünyadaki Karar Verme Durumlarının büyük bir kısmını tanımlamaya olanak verecek durumda ve genel yapıda olmalıdırlar
- Kullanışlılık; son kullanıcının (KV'nin) fazla çaba sarfetmeden kullanabileceği ve yönetebileceği aynı zamanda araca değil de kendi görevine konsantre olacağı şekilde olmalıdırlar

Karar Verme Sürecinde karar verme gerektiren sorunun saptanması ve tanımlanması, KV'nin değerlerinin ve amaçlarının belirlenmesi ve uygun seçenek kümesinin oluşturulması ile sorunun yapılandırılmasından sonra bir karar modeli kurularak seçeneklerin ölçütlere göre performans değerlerinin elde edilmesi, gerekiyorsa ölçütlerin önemlerinin belirlenmesi ve KV'nin tercihlerinin modellenmesi amaçlanır.

Karar modelleri modelleme felsefesindeki üç ana başlık altında toplanabilir (Roy, 1993; Roy ve Vanderpooten, 1996; Weber ve Coşkunoglu, 1990; Munda, 1993; Kleindorfer ve diğ., 1993; Howard, 1988; Tversky ve Kahneman, 1987; Pomerol,

1997). Söz konusu sınıflandırma Bölüm 5 - Bölüm 9'da anlatılacak olan çözüm yöntemleri için de geçerlidir.

- **Şekillendirici / Katı kurallar koyan (Normative / Prescriptive) Modeller**
KV'nin en iyi çözümü bulması gereken mantıklı bir insan gibi davranması gerektiğini kabul eden karar teorilerine dayalı modelleme ile oluşturulan modeller. Her KV'nin aynı şekilde karar vermesi gerektiğini savunan bir düşünce yapısı söz konusudur. Bu tarzın temeli yönetim bilimi, istatistik ve ekonomi alanlarına aittir. Örnek olarak hukuk kuralları verilebilir.
- **Betimsel (Descriptive) Modeller**
KV'nin nasıl davranması gerektiğine değil nasıl davrandığına odaklanan modelleme tarzı ile oluşturulan modeller. Bu tarzın artalanı ise davranış bilimleri, psikoloji veya pazarlamadır. Örnek olarak deney ve gözleme dayalı temel bilimlerdeki çalışmalar verilebilir.
- **Öğrenmeye dayalı (Constructive) Modeller**
KV'nin bilişsel kapasitesini gözönünde tutarak tutarlı ve mantıklı kararlara yönelmesini sağlayan modeller. Bazı yazarlar tarafından hem şekillendirici hem de betimsel tarzın karışımı olduğu iddia edilen KV'ye öneri sağlayan bir tarzdır.

Çok Kriterli Karar Vermede matematiksel kurallara bağlı şekillendirici modeller mantıksal olarak uygun olsalar da gerçek KV'lerin kullanmaları için bilişsel açıdan uygun olmayabilir ya da uygun veriler elde olmayabilir veya KV'den elde edilemeyebilir. Bu durumda tutarlı ve mantıklı çözümleri önerecek ama katı kurallar koymayacak yol gösterici (öğrenmeye dayalı) modeller kullanılmalıdır. Tezde önerilen karar destek modelinin sorun yapılandırılması ve modellenmesi adımlarında da bu tarz benimsenecektir.

4.2 Seçeneklerin Ölçütlere Göre Performans Değerlerinin Elde Edilmesi

Bir seçeneğin bir ölçüte göre performansı; fiyat ve yakıt tüketimi benzeri fiziksel değerlerle doğal bir şekilde ölçülebileceği gibi konfor ve prestij düzeylerini temsil eden doğal olmayan bir ölçek üzerinde de ölçülebilir. Seçeneklerin ölçütlere göre performans değerlerinin elde edilmesi Bölüm 2.3.4.3.'de tanımlanan ölçüt tiplerine bağlıdır.

Seçeneğin değerlendirilmesinde kullanılan ölçütün doğal (dolaysız) bir ölçüt olması durumunda performans değeri nesnel bir şekilde KV'den bağımsız olarak elde edilir. Örneğin satın alınacak bir otomobil seçimi sorunu için doğal bir ölçüt olan yakıt tüketim değerleri otomobillerin teknik özelliklerini gösteren kataloglardan elde edilebilecek nesnel değerlerdir.

Değerlendirme ölçütünün oluşturulmuş ölçüt olması durumunda ise sözel tanımlama ile oluşturulan ölçek üzerinde KV'nin belirli seviyeler seçmesi ile öznel bir şekilde performans değerleri elde edilir. Aynı seçim örneği için otomobil konforu ölçütü öznel bir ölçüt olarak gösterilebilir. Bu durumda KV'den; oluşturulan "çok konforlu - konforlu - az konforlu - konforsuz" gibi bir ölçek üzerinde farklı otomobillerin konfor düzeylerini belirlemesi istenir. Oluşturulacak ölçek Karar Verme Durumuna, KA'ye ve modellemeye katılması durumunda KV'ye bağlıdır. Örneğin aynı sorunun modellenmesi sırasında aynı ölçüt için yukarıdaki dörtlü ölçek yerine "mükemmel - orta düzey - zayıf" gibi üçlü bir ölçek de kullanılabilir.

Performans değerleri dört farklı şekilde ölçülebilir (Barzilai, 1998; Forman, 1996):

- İsimlendirerek (Nominal)

Anlam olarak en düşük seviyede kullanılan ölçüm şeklidir. Belirli bir kimlik kazandırma amacı ile kullanılır ve temsil ettiği öge hakkında herhangi bir tercih ya da sıra bilgisi vermez. Örneğin bir kişiye ait vergi sicil numarası, bir işyerine ait telefon numarası veya bir otomobilin rengi.

- Sıra numaralarına göre (Ordinal)

Azalan ya da çoğalan numaralar ile ilgilenilen tüm elemanları sıralamaya dayanan ölçüm şeklidir. Sayısal sıralar temsil ettiği ögenin nicel performansı hakkında bir fikir verse de bir üstteki veya bir alttaki öge ile arasındaki performans farkı hakkında bir bilgi içermediğinden (bilgi kaybına neden olduğundan) çok kullanışlı değildir. Örnek olarak bir ülkedeki şehirlerin nüfuslarına göre sıralanması sırasında en kalabalık şehre 1, daha az nüfusu olan ikinci şehre 2 gibi sayılar vererek yapılan ölçüm verilebilir. Otomobil konforu için "mükemmel - orta düzey - zayıf" gibi üçlü bir ölçek kullanılması durumunda ilgilenilen otomobiller konforu mükemmel olanlar, orta düzey olanlar, zayıf olanlar şeklinde sıralanabilir. Bilgi kaybına örnek olarak birinci şehirle ikinci şehir arasındaki nüfus farkı 5 milyon kişi iken aralarında benzer

şekilde bir sıra farkı olan yetmişbirinci şehirle yetmişikinci şehir arasındaki nüfus farkının sadece 500 kişi olması gösterilebilir.

- Aralıklara göre (Interval)

İlk iki ölçümün anlamının yanısıra ögeler arasındaki performans farkı da anlamlı hale gelir. Örnek olarak Santigrad veya Fahrenheit ile sıcaklıkların ölçülmesi sonucu elde edilen değerler verilebilir. Sıcaklığı 20°C ile 5°C olan iki öge arasındaki fark, 75°C ile 60°C olan ögeler arasındaki farkla eşdeğerdir. Bu yüzden aralıklara göre ölçümde sabit sayı üzerinde toplam ve çarpım gibi işlemler yapılabilir. Örneğin " $32+1.8*x$ " dönüşümü ile Santigrad ölçeği Fahrenheit ölçeğine dönüştürülebilir.

- Orantılayarak (Ratio)

Anlam olarak en yüksek seviyede kullanılan ölçüm şeklidir. Sıcaklık ölçümünde 50°C ile iki misli olan 100°C arasındaki fark 2°C ile iki misli olan 4°C arasındaki farka eşit değildir. Orantı ölçeği üzerinde ölçüm yapılması durumunda bir mutlak sıfır noktası kullanılır ve ölçüm değerlerinin oranları birimden bağımsız ve anlamlı olur. Örnek olarak kütle, uzunluk veya Kelvin ölçeği ile sıcaklık ölçümü verilebilir.

Elde edilen performans değerleri kullanılarak; satırları seçenekleri, sütunları ise ölçütleri (ya da kriterleri) temsil eden bir karar matrisi oluşturulur (Daellenbach, 1994; Yoon ve Hwang, 1995; Kirkwood, 1997; Vincke, 1992; Lotfi ve diğ., 1992; Levine ve diğ., 1990). Karar matrisinin i . satır j . sütundaki x_{ij} değeri a_i seçeneğinin j . ölçüte göre performans değerini gösterir. Söz konusu performans değerleri, kullanılan sorun çözüm yöntemine bağlı olarak biraraya getirilip seçeneğin global performans değerinin hesaplanmasında kullanılabileceği gibi başka şekillerde de değerlendirilebilirler.

Performans değerlerinin biraraya getirilmesi gerekirse performansların ölçütlere bağlı boyut farklılıklarını ortadan kaldırmak için normalizasyon işlemi uygulanarak değerlerin boyutsuz hale getirilmesi gerekir. Bu işlem sonucunda r_{ij} değerlerinden oluşan normalize edilmiş bir karar matrisi elde edilir.

Normalizasyon için çeşitli yöntemler önerilmiştir. Yoon ve Kim (1989); normalize değeri, seçeneklerin ölçütlere göre performans değerlerinin başlangıç noktasına (sıfır

vektörüne) olan uzaklığının tüm seçeneklerin başlangıç noktasına toplam uzaklığına oranı olarak tanımlanmışlardır:

$$r_{ij}(p) = (x_{ij} - 0) / \left\{ \sum_{k=1}^m |x_{kj} - 0|^p \right\}^{1/p} \quad 4.1$$

Birleşik uzaklığın hesaplanmasında bu denklemde görülen p parametresinin 1, 2 ve ∞ değerlerini almasıyla sırasıyla Manhattan, Öklid ve Tchebycheff uzaklıklarına göre üç farklı dönüşüm yapılabilir. Normalizasyon işlemi; p için 2 değeri kullanılırsa "vektör normalizasyonu", ∞ değeri kullanılırsa "doğrusal normalizasyon" isimlerini alır (Yoon ve Hwang, 1995):

$$r_{ij}(1) = x_{ij} / \sum_{k=1}^m |x_{kj}| \quad 4.2$$

$$r_{ij}(2) = x_{ij} / \sqrt{\sum_{k=1}^m |x_{kj}|^2} \quad 4.3$$

$$r_{ij}(\infty) = x_{ij} / \max_k \{ |x_{kj}|, k = 1, 2, \dots, m \} \quad 4.4$$

Yukarıdaki işlemler ölçütün kar ölçütü olması halinde geçerlidir. Eğer seçeneğin performans değeri maliyet ölçütüne göre elde ediliyorsa x_{ij} yerine $(1/x_{ij})$ dönüşümü yapıp söz konusu işlemlerde kullanılmalıdır:

$$r_{ij}(1) = (1/x_{ij}) / \sum_{k=1}^m |1/x_{kj}| \quad 4.5$$

$$r_{ij}(2) = (1/x_{ij}) / \sqrt{\sum_{k=1}^m |1/x_{kj}|^2} \quad 4.6$$

$$r_{ij}(\infty) = \min_k \{ |x_{kj}|, k = 1, 2, \dots, m \} / x_{ij} \quad 4.7$$

Görüldüğü gibi p değeri arttıkça seçeneğin normalize değeri üzerinde diğer seçeneklerin etkisi azalmaktadır. Örneğin $p = \infty$ olduğunda ilgilenilen seçenek dışında

sadece en büyük (veya en küçük) performans değerini veren seçenek kullanılmaktadır.

Bana E Costa (1988) ve Kirkwood (1997) ise normalize değeri, seçeneğin ölçüte göre performans değeri ile o ölçüte ait en kötü değer arasındaki farkın yine o ölçüte ait en iyi ve en kötü değerler arasındaki farka oranı olarak tanımlamışlardır.

Ölçüte ait en iyi performans değeri;

- kar ölçütü için seçeneklerin en büyük performans değeri,
- maliyet ölçütü için seçeneklerin en küçük performans değeri veya
- o ölçüt için KV'nin ya da KA'nın saptadığı ideal bir değer

olarak alınır.

Ölçüte ait en kötü performans değeri ise;

- kar ölçütü için seçeneklerin en küçük performans değeri,
- maliyet ölçütü için seçeneklerin en büyük performans değeri veya
- ölçüt için KV'nin ya da KA'nın saptadığı anti-ideal bir değerdir.

Bu durumda;

x_j^+, j . ölçüt için en iyi değer

x_j^-, j . ölçüt için en kötü değer

olmak üzere

$$r_{ij} = (x_{ij} - x_j^-) / (x_j^+ - x_j^-) \quad 4.8$$

işlemi ile kar ölçütü için normalizasyon yapılır. Maliyet ölçütü için normalizasyon ise benzer şekilde aşağıdaki gibi yapılır:

$$r_{ij} = (x_j^- - x_{ij}) / (x_j^- - x_j^+) \quad 4.9$$

Tekdüze olmayan ölçütler için ise istatistiksel z değeri kullanılarak performans değerleri tekdüze hale getirilir (Yoon ve Kim, 1989; Yoon ve Hwang, 1995).

σ_j , seçeneklerin o ölçüte ait tüm performans değerlerinin standart sapması olmak üzere;

$$z = (x_{ij} - x_j^*) / \sigma_j \quad 4.10$$

işlemi kullanılarak $\exp(-z^2/2)$ dönüşümü yapılır. Elde edilen dönüştürülmüş değerler, yukarıda tekdüze ölçütler için verilen normalizasyon işlemleri ile normalize edilir.

4.3 Ölçütlerin Görelî Önemlerinin Belirlenmesi

Farklı ve birbirleri ile çelişen çok sayıda ölçüte göre seçenekleri değerlendirerek karar vermek zorunda kalan KV'nin çözüm için kullandığı yöntem elde ettiği performans değerlerini biraraya getirmeye dayalı ise ihtiyaç duyulan bir diğer gerekli işlem de ölçütlerin görelî önemlerinin belirlenmesidir.

Karar Verme Sürecinde kullanılan tüm ölçütler genelde eşit öneme sahip değildir çünkü KV bazı ölçütlerin karar üzerinde daha etkili olmasını isterken bazılarının ise daha az etkili olmasını isteyebilir ve bu öncelikler kişiden kişiye değişebilir. Söz konusu görüşlerin KV'den elde edilmesi sonucunda ölçütlerin birbirlerine göre o Karar Verme Durumuna ve o KV'ye ait önemleri tanımlanabilir.

Ölçütlerin birbirlerine göre önemini gösteren ağırlıkların (Vincke, 1992) belirlenmesi için aşağıda iki ana başlık altında toplanan yöntemler uygulanabilir (Huylenbroeck, 1995; Munda 1993; Al-Kloub ve diğ., 1997; Kleindorfer ve diğ., 1993; Yoon ve Hwang, 1995):

- KV'nin doğrudan sayısal değerler ataması
 - Doğrudan değerlendirme (Rating) yöntemi
 - Sözel ifadelerin sayısal ifadelere dönüştürülerek ağırlıkların belirlenmesi
 - Ölçütlerin sıralanmasına dayalı yöntemler
 - Değişim/Dönüşüm (Swing) yöntemi
 - Ölçütlerin ikili karşılaştırılmalarına dayalı özvektör (Eigenvector) yöntemi
 - Değiş tokuş (Trade-off) yöntemi
- Dolaylı olarak ölçüt ağırlıklarının belirlenmesi

- Seçeneklerin KV tarafından sıralanmasına göre elde edilen değerlendirmelere en çok uyan ağırlıkların regresyonla belirlenmesi
- Daha önce verilen kararlara göre ağırlıkların hesaplanması
- KV ile KA'nın etkileşimi sonucu ağırlıkların hesaplanması

4.3.1 Doğrudan Değerlendirme Yöntemi

Ölçütlerin ağırlıklarının 100 üzerinden KV tarafından belirlenmesinin istendiği yöntem doğrudan değerlendirme yöntemi olarak adlandırılır. Çok kolay bir yöntemdir fakat teorik temeli yoktur.

4.3.2 Sözel İfadelere Dayalı Yöntem

KV'nin sözel ifadelerle ölçütlerin önemini belirtmesi durumunda ise en kötünden en iyiye bir ölçek kullanılarak söz konusu sözel ifadelerin sayısal ifadelere dönüşmesi ve ağırlıkların belirlenmesi sağlanır

4.3.3 Sıralamaya Dayalı Yöntemler

Ölçütlerin sıralanmasına dayalı yöntemlere örnek olarak oran yöntemi ve sıra numaralarına dayalı yöntem verilebilir.

Oran yöntemi (Von Winterfeldt ve Edwards, 1986) KV'nin en önemsiz ölçütün ağırlığına 10 puan verip diğerlerinin ağırlığına 10'un katı şeklinde değerler ataması ve daha sonra tüm bu ham ağırlıkların normalize edilerek ölçüt göreceli ağırlıklarının hesaplanmasına dayalıdır.

Sıra numaralarına dayalı yöntemle göre ise (Edwards ve Newsman, 1982) KV tarafından önem sırasına göre sıralanan n adet ölçüte 1'den n 'ye kadar sıra numarası atanır (KV eğer k . ve $(k+1)$. sıra için iki ölçüt arasında kayıtsız kalırsa iki ölçüte de $(2k+1)/2$ sıra numarası atanır) ve r_j , j ölçütünün sırasını göstermek üzere aşağıda verilen denklemlerden biri ile j ölçütünün ağırlığı hesaplanır:

$$w_j = (1/r_j) / \left(\sum_{k=1}^n 1/r_k \right) \quad 4.11$$

$$w_j = (n - r_j + 1) / \left(\sum_{k=1}^n (n - r_k + 1) \right) \quad 4.12$$

4.3.4 Değişim/Dönüşüm Yöntemi

Değişim yöntemi (Von Winterfeldt ve Edwards, 1986; Kirkwood, 1997) tüm ölçütlere göre en kötü performans değerine sahip bir seçenek varsayarak sadece bir ölçüt için en kötüden en iyi performans değerine değişim mümkün olduğunda bu ölçütün hangisi olabileceğini KV'ye sorma ve söz konusu değişime en büyük değişim adı verilip 100 puan atanması ile başlar. Daha sonra diğer ölçütlerdeki en kötü performans değerinden en iyi değere değişimin büyüklüklerinin en büyük değişime göre yüzde cinsinden KV tarafından değerlendirilmesi ve tüm yüzdelerin normalize edilerek ölçüt ağırlıklarının hesaplanması ile sonuçlanır.

4.3.5 Özvektör Yöntemi

Söz konusu ağırlıklandırma yöntemine göre KV ölçütler için ikili karşılaştırmalar sırasında 1'in eşit önemi, 9'un ise diğer ölçüte göre aşırı önemi gösterdiği bir ölçek kullanarak (Ayrıntı için Bölüm 7.5'e bakınız) bir ölçütün diğer ölçüte göre kaç kez önemli olduğunu belirler. Söz konusu karşılaştırmaları temsil eden pozitif ve eşlenik elemanlardan oluşan ikili karşılaştırmalar matrisinin özvektörü hesaplanarak ölçütlerin ağırlıkları elde edilir (Saaty, 1989). Bu hesaplama Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemi için geliştirilen Expert Choice paket programı tarafından yapılabileceği gibi; her sütundaki elemanları normalize edip oluşan normalize matrisin her satırındaki elemanların ortalamasını bulmak şeklinde de olabilir

4.3.6 Değiş-Tokuş Yöntemi

Ayrıntısı Bölüm 7.1'de anlatılacak değer fonksiyonu yönteminin toplanabilirlik özelliğine dayalı değiş-tokuş yönteminde (Keeney ve Raiffa, 1976) ölçütlerin göreceli önemini belirlemek için diğer tüm ölçeklere göre seçenekler aynı performans değerlerine sahip iken iki ölçüte göre iki özel seçenek değerlendirilir. Varsayılan bu seçeneklerden birincisi ilk ölçüte göre en iyi performans değerine, diğer ölçüte göre en kötü değere sahip iken ikinci seçenek ilk ölçüte göre en kötü ikinci ölçüte göre ise en iyi performans değerine sahiptir. KV bu durumda tercih ettiği seçeneğe göre hangi

ölçüte daha çok önem verdiğini belirlemiş olur (Tercih ettiği seçeneğin performans değeri daha önemli ölçüte göre en iyi durumdadır). Ağırlığı elde etmek için ise takip eden adımlar izlenir. KV'nin iki seçenek arasında kayıtsız kalması için başlangıçta tercih ettiği seçeneğin önemli ölçüte göre performans değerinde ne kadarlık bir azalışa gerek olduğunu belirtmesi gerekir. Daha az önemli olan ölçütün öneminin daha fazla önemli olan ölçütün önemine oranı; kayıtsızlık için belirlenen bu yeni performans değeri için değer fonksiyonunun vereceği değer olarak bulunur. Bu şekilde devam edilerek diğer ölçütlerin de birbirlerine göre ağırlıkları hesaplanır.

4.3.7 Merkezilik

Önerilen karar destek modelinde ise KV aksini istemediği sürece ölçütlerin ağırlıklarının hesaplanması için Bilişsel Harita Yaklaşımından faydalanılmıştır. Karar verme gerektiren sorun ile ilgili oluşturulacak bilişsel haritadaki her düğüme gelen ve giden toplam ok sayısını gösteren merkezilik (centrality) değeri o düğümün temsil ettiği ana amaç, kriter veya ölçütün ağırlığı olarak kullanılacaktır.

4.3.8 Belirlenen Ölçüt Göreli Önemlerinin İncelenmesi

Bölüm 4.3.'de söz edilen hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın elde edilen ağırlıkların temsil ettiği göreli önemler için bir şüphe her zaman mevcuttur. Bu yüzden göreli önemlerdeki değişimin kararı nasıl etkilediğini incelemek için Duyarlılık Analizi yöntemi kullanılabilir. Gürbüzlük Analizi yöntemi ile de verilen kararın ölçütlerin hangi ağırlık aralıklarında kararlı olduğu saptanabilir. Her iki yöntem için ayrıntılı açıklama Bölüm 5.8'de verilmiştir.

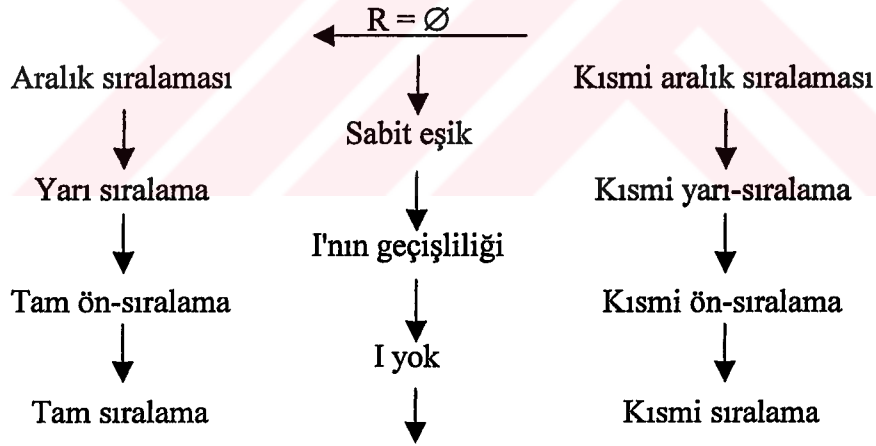
4.4 KV'nin Tercihlerinin Modellenmesi

Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımlarında öneri geliştirmek için KV'lerin tercihleri kullanılır. Fakat Çok Kriterli Karar Verme Yönteminde karşılaşılan en temel zorluk KV'nin tercihlerini elde etme ve modellemedir çünkü tercihler sadece mantıksal kurallar ve ilişkiler ile modellenemez (Guitoni ve Martel, 1998). Bunun yanında diğer bir zorluk nedeni de KV'nin tercihleri hakkındaki varsayımların hem Karar Verme Sürecini hem de çözümü etkilemesidir.

KV'nin tercihlerini modellemenin olası yollarından biri Roy tarafından öne sürülen dört temel ikili ilişkiyi kullanmaktır (Guitoni ve Martel, 1998; Bouyssou, 1990; Vincke, 1992; Abbas ve Vincke, 1993).

- $a_i I a_j$ (kayıtsızlık durumu)
KV, a_i ve a_j seçenekleri arasında kayıtsız
- $a_i P a_j$ (tercih durumu)
KV, a_i seçeneğini a_j seçeneğine tam tercih ediyor
- $a_i Q a_j$ (zayıf tercih durumu)
KV, a_i seçeneğini a_j seçeneğine tercihte karar veremiyor
- $a_i R a_j$ (karşılaştıramama durumu)
KV, a_i seçeneği ile a_j seçeneğini birbirleri ile tam olarak karşılaştıramıyor ($a_i P a_j$ ile $a_j P a_i$ arasında duraksıyor)

Söz konusu ilişkilerin hangilerinin kullanıldığına ve özelliklerinin kabul edilip edilmemesine göre aşağıdaki bölümlerde de bahsedildiği gibi farklı tercih yapıları ve bu yapılara bağlı farklı seçenek sıralama türleri ortaya çıkar (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. En Çok Kullanılan Tercih Yapıları (Vincke, 1992 - s. 17)

4.4.1 Geleneksel Tercih Yapısı

Klasik yöneylem araştırması yaklaşımına göre Bölüm 2.3.1.1.'de de belirtildiği gibi, bir karar problemi, olurlu çözümler kümesi (S) üzerinde f amaç fonksiyonunun eniyilenmesi ile modellenir (Guitoni ve Martel, 1998). Bu modelleme sırasında dayanak noktası "homo-economicus" olarak adlandırılan refahını ençoklayan

çözümü her zaman tercih eden mantıklı ve akıllı başında KV'nin varolmasıdır. Klasik yaklaşım; sabit, sınırları belirlenmiş ve dış etkenlerden arındırılmış şekilde iyi yapılandırılmış bir Karar Verme Durumunun matematiksel modellere gösterilebileceğini varsayar. Diğer bir varsayım da KV'nin tercihlerini tam tercih (P) ve kayıtsızlık (I) ilişkileri ile dile getirmesidir:

a_i ve a_j , S 'e ait seçenekler olmak üzere

$$a_i P a_j \Leftrightarrow f(a_i) > f(a_j) \quad 4.13a$$

$$a_i I a_j \Leftrightarrow f(a_i) = f(a_j) \quad 4.13b$$

Geleneksel yapıya göre P ve I ilişkileri kullanılarak tipik bir S ilişkisi oluşturulabilir (Vincke, 1992):

$$a_i S a_j \Leftrightarrow a_i P a_j \text{ veya } a_i I a_j \quad 4.14$$

Söz konusu S tercih ilişkisi aşağıdaki özellikleri gösterir (Vincke, 1992):

- $a_i S a_j$ veya $a_j S a_i$: S tamdır (complete)
- $a_i S a_j$ ve $a_j S a_k \Rightarrow a_i S a_k$: S geçişlidir (transitive)

Seçenekler arasında kayıtsızlığa izin verilmemesi durumunda tercih yapısı "tam sıra" (complete order) haline gelir (Pasche, 1991; Vincke, 1992). Böylece seçenekler en iyiden en kötüye tek tek sıralanabilir.

$\{P, I\}$ ilişkilerinin ikisinin de kullanılması ise "tam ön-sıralama" (complete preorder) tercih yapısını oluşturur (Bouyssou, 1990; Guitoni ve Martel, 1998; Vincke, 1992). Bu durumda sıralamadaki bazı sıralar farklı seçenekler tarafından paylaşılabilir.

Örneğin atletizmde bir koşu yarışmasının sonucunda atletler koşuyu bitirme sürelerine göre tam sıra halinde sıralanabilirler fakat puana dayalı bir dekatlon mücadelesi sonucu aynı puanı alan atletler varsa sıralama ön sıralama şeklinde olur.

4.4.2 Kayıtsızlık Eşiğinin Dikkate Alınması

Klasik yaklaşım P ve I tercih ilişkilerinin geçişliliği gibi gerçekçi olmayan bir hipoteze dayanmaktadır. Örneğin dayanılabilecek sıcaklığın 35°C olması ile 35.1°C olması arasında kayıtsız kalınması ve benzer şekilde aralarında 0.1°C'lik fark olan 35.1°C ile 35.2°C arasında da kayıtsız kalınması durumunda; kayıtsızlığın geçişliliği de kabul edilirse 35°C ile 35.2°C arasında kayıtsız kalınır. Bu şekilde devam ederek geçişliliğin kullanılması durumunda dayanılabilecek sıcaklığın 35°C olması ile suyun kaynadığı 100°C olması arasında da kayıtsız kalınması gerekir! Bu durumda belirli bir eşikten sonra geçişliliğin kalkması sağlanmalıdır. Söz konusu eşik değerin (q) altındaki performans değerlerinin farkları için KV iki seçenek arasında kayıtsız kalırken; farkın bu eşik değerini aşması durumunda seçeneklerden birini diğerine tercih etmektedir (Vincke, 1992; Bouyssou, 1990):

$$a_i P a_j \Leftrightarrow f(a_i) > f(a_j) + q \quad 4.15a$$

$$a_i I a_j \Leftrightarrow |f(a_i) - f(a_j)| \leq q \quad 4.15b$$

Yukarıdaki örnekte q değeri 1°C alınarak dayanılabilecek sıcaklığın 35°C olması ile 36°C olması arasında kayıtsız kalındığı 36°C'nin üstündeki sıcaklıklarda bu kayıtsızlığın söz konusu olmadığı söylenebilir.

Bu şekilde modellenen tercih yapısını karakterize eden S ilişkisi aşağıdaki özellikleri doğrular (Vincke, 1992):

- $a_i S a_j$ veya $a_j S a_i$: S tamdır (complete)
- $a_i S a_j$ ve $a_k S a_l \Rightarrow a_i S a_l$ veya $a_k S a_j$: S Ferrers ilişkisidir (Ferrers relation)
- $a_i S a_j$ ve $a_j S a_k \Rightarrow a_i S a_l$ veya $a_l S a_k$: S yarı geçişlidir (semi-transitive)

Söz konusu model "yarı sıralama" (semiorder) tercih yapısını oluşturur (Vincke, 1992). Bu durumda da sıralamadaki bazı sıralar ön sıralamadaki gibi farklı seçenekler tarafından paylaşılabilir. Fakat aynı sırada olmak için performans değerlerinin arasındaki farkın sıfır olması gerekmez; söz konusu farkın kayıtsızlık eşik değerine eşit ya da altında olması yeterlidir.

4.4.3 Değişken Kayıtsızlık Eşiğinin Dikkate Alınması

İlgilenilen performans değerlerine bağlı olarak seçilen sabit bir kayıtsızlık eşik değeri farklı anlamlarda olabilir. Örneğin bir önceki bölümde verilen 0.1°C'lik farkın dayanılabilecek sıcaklık ile ilgilenirken yüklendiği anlam ile güneş yüzeyindeki sıcaklık ile ilgilenirken yüklendiği anlam çok farklıdır. Bu durumu engellemek için fonksiyonun getirdiği performans değerlerine bağlı bir değişken kayıtsızlık eşiği kullanılabilir (Vincke, 1992):

$$a_i P a_j \Leftrightarrow f(a_i) > f(a_j) + q(f(a_j)) \quad 4.16a$$

$$a_i I a_j \Leftrightarrow \begin{cases} f(a_i) \leq f(a_j) + q(f(a_j)) \\ f(a_j) \leq f(a_i) + q(f(a_i)) \end{cases} \quad 4.16b$$

Tercihlerin değişken kayıtsızlık eşiği ile modellenmesi sonucu oluşan S karakteristik ilişkisi tamdır ve bir Ferrers ilişkisidir. Bu şekilde modelleme ile "aralık sıralaması" (interval order) tercih yapısı oluşturulur.

Örneğin bir yarışma sonucu elde edilen puanlara göre sıralama yapılırken alınan toplam puana bağlı olarak bir değişken kayıtsızlık eşiği belirlenebilir ve puanları arasındaki fark bu eşiğin altında kalan yarışmacıların aynı sırayı paylaştıkları bir aralık sıralaması oluşturulabilir.

4.4.4 Kayıtsızlık Eşiğinin Yanında Tercih Eşiğinin de Dikkate Alınması

Bazı karar verme gerektiren gerçek hayat sorunlarında KV; altındaki farklar için iki seçenek arasında kayıtsız kaldığı ve üstündeki farklar için ise bir seçeneği diğerine tam tercih ettiği tek bir kayıtsızlık eşik değeri belirleyemeyebilir. Diğer bir deyişle; KV, a_i seçeneği ile a_j seçeneğini karşılaştırırken kayıtsızlıkla tam tercih arasında karar verememe halinde olabilir. Bu zayıf tercihi (Q) belirtebilmek için kayıtsızlık eşiğinin yanında bir de aşağıdaki şekilde bir tercih eşiği (p) tanımlanmalıdır (Vincke, 1992; Bouyssou, 1990):

$$a_i P a_j \Leftrightarrow f(a_i) > f(a_j) + p(f(a_j)) \quad 4.17a$$

$$a_i Q a_j \Leftrightarrow f(a_j) + p(f(a_j)) \geq f(a_i) > f(a_j) + q(f(a_j)) \quad 4.17b$$

$$a_i I a_j \Leftrightarrow \begin{cases} f(a_i) \leq f(a_j) + q(f(a_j)) \\ f(a_j) \leq f(a_i) + q(f(a_i)) \end{cases} \quad 4.17c$$

P, Q ve I tercih ilişkilerinden oluşan ve aşağıdaki koşulu da sağlaması gereken bu çift eşikli model "sözde sıralama" (pseudo-order) tercih yapısını oluşturur (Vincke, 1992):

$$\begin{aligned} f(a_i) > f(a_j) &\Leftrightarrow f(a_i) + q(f(a_i)) \geq f(a_j) + q(f(a_j)) \\ &\Leftrightarrow f(a_i) + p(f(a_i)) \geq f(a_j) + p(f(a_j)) \end{aligned} \quad 4.18$$

4.4.5 Karşılaştıramama Durumunu Barındıran Tercih Modelleri

Yukarıdaki bölümlerde modellenen tercih yapılarında karşılaştıramama durumu gözardı edilmiştir. Halbuki gerçek hayatta özellikle çok sayıda birbirleri ile çelişen görüşlerin biraraya getirildiği durumlarda seçenekler arasında karşılaştıramama; yani iki seçenek arasında herhangi bir tercih veya kayıtsızlık ilişkisi olmaması durumu da söz konusu olabilir. Bu durum Bölüm 8'de anlatılan üstünlük (outranking) yöntemlerinde kullanılmaktadır.

Karşılaştıramama durumunun da modellemeye eklenmesi sonucunda yukarıda bahsedilen tercih yapıları bir ya da daha fazla sayıda seçenekten oluşan alt kümelerin kısmi sıralanmasına olanak verecek hale gelir (Vincke, 1992):

- Kısmi sıralama (partial order)
- Kısmi ön-sıralama (partial preorder)
- Kısmi yarı-sıralama (partial semiorder)
- Kısmi aralık sıralaması (partial interval order)

4.4.6 Eşiklerin Ölçütler Üzerindeki Etkisi

Kayıtsızlık eşiği (q) ile tercih eşiğinin (p) tercih yapısının modellenmesindeki etkisi ölçütlerin farklı şekillerde tanımlanmasına neden olur (Vincke, 1992; Brans ve Vincke, 1985; Bouyssou, 1990):

- Gerçek (True) Ölçüt
Geleneksel modele uygun tercih yapısı söz konusu ise ($q = p = 0$)
- Ölçüt Benzeri (Quasi)
Tek eşikli modele uygun tercih yapısı söz konusu ise ($q = p > 0$)
Sabit eşik modeli, yarı (semi) ölçütü; değişken eşik modeli ise aralık (interval) ölçütünü tanımlar
- Sözde (Pseudo) Ölçüt
Çift eşikli modele uygun tercih yapısı söz konusu ise ($q \neq p$)



5. SORUNUN ÇÖZÜMLENMESİ

Bir amaca göre en iyi (optimum) çözümü bulma sırasında amaç için en büyük (veya en küçük) çıktıyı sağlayan çözüm aranır. Fakat amaç sayısı çoğalınca bazı amaçlara göre iyi olan bir seçenek diğer amaçlara göre kötü durumda olabilir ve kriterler arasındaki bu çelişki ve negatif yönlü etkileşim seçenek değerlendirmesini zorlaştırır. Bu durumda sorunun en iyi çözümü yerine en çok tercih edilen (most preferred) çözümü aramak daha doğrudur (Daellenbach, 1994).

İnsanların karışık ve çok yönlü ilişkileri işlemek için bilişsel yetenekleri sınırlıdır. Özellikle birbirleri ile çelişen kriterlere göre değerlendirme yaparken yani yukarıda söz edilen karışıklığa yol açabilecek çok kriterli karar verirken bu sınırlama ile karşılaşılır. Bu durumda çok kriterli modelleme için geleneksel yaklaşım, diğer tüm kriterlerin en az performans hedeflerini tutturarak en önemli olarak düşünülen kritere göre en iyileme yapmaktır (Daellenbach, 1994). Fakat bu yaklaşımla en çok tercih edilen çözüme ulaşmak garanti değildir.

Karar verme gerektiren sorunlarının en çok tercih edilen çözümüne ulaşmak için iki ana yaklaşım kullanılabilir:

- Çok Kriterli Karara Yardım
(ÇKKY; Multi Criteria Decision Aid - MCDA)
- Çok Kriterli Karar Verme
(ÇKKV; Multi Criteria Decision Making - MCDM)

5.1 Çok Kriterli Karara Yardım

Karmaşık çok kriterli karar sorunları çok sayıda ve birbirleri ile çelişen amaçlar arasında değiş-tokuş gerektirir. Çok Kriterli Karara Yardım bu gibi durumlarda sorunu daha iyi anlama ve karara yardımcı olma gibi etkinlikler için tasarlanmıştır. Çok Kriterli Karara Yardım kullanarak KV'nin değerleri ve tercihleri anlaşılır hale getirilebilir ve araştırılabilir (Bouyssou ve diğ., 1993; Henig ve Buchanan, 1996).

Çok Kriterli Karara Yardım birbiri ile çelişen çok sayıda bakış açısını göz önüne alan bir karar sorununu çözmesine yardımcı olacak bazı araçları KV'ye sunmayı hedefler (Vincke, 1992). Roy'a (1990a; 1990b) göre ise Çok Kriterli Karara Yardım, Karar Verme Sürecinin gelişimine ve süreçteki değer sistemleri ile amaçlar arasındaki uyum ve tutarlılık derecesini arttırmaya olanak verir. Ayrıca Çok Kriterli Karara Yardım çerçevesinde

- eldeki bilgiden gerçekten anlamlı çıkarımlar yapma
- KV'nin davranışını aydınlatma

amaçları doğrultusundaki kavramlar, özellikler ve prosedürler kullanılmaya özen gösterilir.

Bouyssou ve diğ. (1993) Çok Kriterli Karara Yardımı kavramsal olarak dört ana başlıkta toplamıştır:

- Karar sürecine karışanlara karar yardımı sağlamaya yönelik davranış
- Söz konusu karar yardımını sağlayan yöntembilim
- Yöntemler topluluğu
- Gerçek dünya uygulamalarından sağlanan deneyim esası

Vanderpooten (1990) da Çok Kriterli Karara Yardımın amacını KV'ye kendi karar sorunu ile ilgili ana noktaları sağlamak ve yardımcı olmak şeklinde önermiştir. Bu ana noktalar hangi kararın verileceği gibi çeşitli reçeteler (öneriler) içerir. Öneriler Karar Verme Durumuna ve KA'nın sorunu nasıl ifade ettiğine (α , β , γ) bağlıdır.

Çok Kriterli Karara Yardım iki temel aşamadan oluşur (Bana E Costa ve diğ., 1997):

1. Yapılandırma
2. Değerlendirme

Çok Kriterli Karara Yardımın yapısında üç temel nokta vardır (Roy, 1990a; Roy, 1990b):

- Sabit olması gerekmeyen süreç sırasında değişim ve gelişime uğrayabilecek seçenekler kümesi

- Söзде кriterlere (tam tercih ile kayıtsızlık dışında zayıf tercihe de yer veren) dayalı karşılaştırma
- Kriterler ve kriterler arası bilgi açısından iyi tanımlanmamış matematiksel sorun

Malyon (1998) ise bu üç temel noktayı Çok Kriterli Karara Yardım Yöntemibilimine göre sorunların yapılandırılmaları için gerekli öğeler olarak yorumlamıştır:

- Sorun çözümü sürecinin başında ve süreç sırasında yaratılan seçenekler
- KV için önemli olan sorunun özünü oluşturan noktaları temsil eden amaç veya kriterler
- Seçeneklerin kriterlere göre performanslarını ölçen nedensel ilişkiler

Vincke (1986), Daellenbach (1994), Henig ve Buchanan (1996) ile Roy ve Vanderpooten (1996) Çok Kriterli Karar Verme ve Çok Ölçütlü Karar Verme sınıflandırmalarında "Avrupa Yaklaşımı" terimini kullanıp Çok Kriterli Karara Yardımı Avrupa Çok Kriterli Karar Verme Okulu Yöntemleri olarak değerlendirseler de Lootsma (1996) tüm Avrupayı tek bir potada eritmenin zor olduğunu Kuzey-Batı Avrupa, Latin Avrupa, Anglo-Sakson ve German kültürleri arasında aşağıda verilen belirgin farklılıkların karar verme yöntemleri üzerinde de etkili olduğunu öne sürmüştür:

- Kuzey-batı Avrupa; kural tabanlı, göreve özgü davranış
- Latin Avrupa; kişiye özgü, etkileyici davranış
- Anglo-Sakson; eşitlikçi, organizasyonların pazar olarak görüldüğü yapı
- German; hiyerarşik, organizasyonların iyi çalışan makine olarak görüldüğü yapı

5.2 Çok Kriterli Karar Verme

Çok Kriterli Karar Verme, bir KV'nin sayılabilir sonlu ya da sayılamaz sayıda seçenekten oluşan bir küme içinde en az iki kriter kullanarak yaptığı seçim işlemi ya da diğer bir deyişle bir KV'nin iki veya daha çok kritere dayalı değerlendirme yaparak seçenekler arasından seçim yapması olarak tanımlanabilir (Korhonen ve diğ., 1992; Dyer ve diğ., 1992). Vansnick'e (1986) göre ise Çok Kriterli Karar Verme

çok sayıda kriter kullanılarak bir seçenek kümesinin değerlendirilmesi için global tercih ilişkisi oluşturmak ile ilgilidir.

Aslında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerindeki ana amaç yukarıdaki tanımlamalardan da anlaşılacağı gibi KV'ye seçenekleri kriterlere göre değerlendirip sorununa en arzu ettiği çözümü ararken yardım etme ve yol göstermektir (Stewart, 1992). Örneğin Stewart (1997); etkileşimli Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile KV'nin en çok tercih edilen çözüme yönlendirilebileceğini iddia etmiştir.

5.2.1 Seçenek Sayısına Göre Çok Kriterli Karar Verme Çözüm Yöntemleri

Çok Kriterli Karar Verme; seçenek sayısına göre iki temel başlık altında incelenebilir (Yoon ve Hwang, 1995; Vincke, 1992; Korhonen ve diğ., 1992; Stewart, 1992; Vincke, 1986; Zanakis ve diğ., 1998; Hemming, 1978):

- Çok Amaçlı Karar Verme
(ÇAKV; Multi Objective Decision Making - MODM)
Seçeneklerin bir matematiksel programlama yapısı ile dolaylı olarak tanımlandığı ve sonsuz sayıda olduğu sürekli durumda karar vermeye dayanır.
- Çok Ölçütlü Karar Verme
(ÇÖKV; Multi Attribute Decision Making - MADM)
Seçeneklerin açıkça sonlu sayıda bir liste ile tanımlandığı kesikli durumda karar vermeye dayanır.

Tez kapsamında kesikli durumla ilgili sorunlarla ilgilenileceği için Çok Amaçlı Karar Verme tez kapsamı dışında bırakılmıştır. Konunun bütünlüğünün bozulmaması açısından Çok Amaçlı Karar Verme hakkında genel bilgi Bölüm 5.3'de verilmiştir. Bölüm 5.4'de ise Çok Ölçütlü Karar Verme hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir.

5.2.2 İşleyişlerine Göre Çok Kriterli Karar Verme Çözüm Yöntemleri

Stewart'a (1992) göre Çok Kriterli Karar Verme Çözüm Yöntemleri işleyişlerine göre aşağıdaki şekilde altıya ayrılabilir:

1. Değer ve Fayda Temelli Yöntemler

- Sayısal Puan Yöntemi

Çok Kriterli Değer Teorisine dayalı SMARTS yöntemi ve bu teoriyi çıkış noktası olarak oluşturulan Basit toplamli Ağırlıklandırma, Ağırlıklı Çarpım ve TOPSIS gibi yöntemler Bölüm 7.1-7.4'de incelenmiştir.

- Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS; Analytical Hierarchy Process - AHP)

Ayrıntı; Bölüm 7.5 ve 7.6'da verilmiştir.

- Etkileşimli Yöntemle Elde Edilen Değer Fonksiyonu

Belirli bir baskın çözüm ile etrafındaki olurlu bölge çözümleri arasında KV'den değiş-tokuş bilgisi isteme ve bu bilgiye göre çözümü geliştirme. Örnek olarak tez kapsamı dışında bırakılan sürekli durum için Geoffrion, Dyer ve Feinberg yöntemi, Steuer yöntemi, Zionts ve Wallenius yöntemi; kesikli durum için Bölüm 9.6'da ayrıntılandırılmış Korhonen, Wallenius ve Zionts ile Korhonen, Köksalan ve Zionts Dışbükey Koniler yöntemleri verilebilir.

2. Amaç veya Referans Düzeyine Dayanan Yöntemler

- Hedef Programlama

Her amaç için KV'nin belirttiği istek veya hedef düzeylerinden sapması (uzaklığı) en az olan çözümü arama. Arşimedyon, Ardışık (Pre-emptive) ve Tchebycheff olmak üzere üç tip uzaklık biçimi kullanılır. KV'nin amaçlar için hedef değerler belirlemesine ek olarak, amaçların önem derecelerine göre sıralanması ile ilgili bilgi de vermesi gerekir.

- Referans Düzeyi Yöntemleri

İstek düzeylerine ek olarak KV'den ya her kriterin katlanılabilecek en alt sınırını ya da kabul edilebilir bir uzlaşık çözüm tahmini yapmasını isteme. Örnek olarak Step yöntemi adıyla da anılan ve her adımında KV ile analist arasındaki diyalogla bir hesaplama ile bir de karar verme aşaması olan ve en iyi uzlaşık çözüme bu adımlar sonucu ulaşan STEM yöntemi (Bölüm 9.2) ile KV - KA etkileşimi ile alt sınırları tek tek geliştirerek Geoffrion, Dyer ve Feinberg yöntemine benzer bir şekilde Hedef Programlama kullanan Etkileşimli Hedef Programlama yöntemi verilebilir.

3. Üstünlük Yöntemleri

Ayrıntı; Bölüm 8'de verilmiştir.

4. Bulanık Küme Teorisinden Faydalanan Yöntemler

Seçenekleri bulanık kesişimdeki üyelik derecelerine göre sıralama. Söz konusu yöntem grubu belirsizlik altında karar verme gerektirdiğinden tez kapsamı dışında bırakılmıştır.

5. Çok Değişkenli Analiz Yöntemleri

Çok değişkenli istatistik analizi ile istatistiksel terminolojide değişken olarak adlandırılan ölçütler arasındaki ilişkinin incelenmesi; böylece karar seçenekleri kümesinin performanslarına ne gibi kısıtlamaların olduğunu ve gerçekte nelerin başarılabileceğini anlamaya çalışma. Faktör analizi, Temel bileşen (Principal component) analizi (GAIA), Uygunluk (Correspondence) analizi, Çok boyutlu ölçeklendirme (Multidimensional scaling) ile bu değerlendirmeler yapılabilir.

6. Belirsizlik Altında Karar Verme Yöntemleri

KV'nin seçenekler arasındaki tercihlerini beklenen faydayı en büyükleme ile modelleme. Söz konusu yöntemler de tez kapsamı dışında bırakılmıştır.

5.2.3 Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri için Diğer Sınıflandırmalar

Çok Kriterli Karar Verme Çözüm Yöntemlerini; Henig ve Buchanan (1996) değer fonksiyonun varlığı ve durumuna göre sınıflandırırken, Korhonen v.d. (1992) ise KV'den tercih alma şekline göre sınıflandırmışlardır (Tablo 5.1).

Tablo 5.1. ÇKKV Çözüm Yöntemlerinin Sınıflandırma Çeşitleri

Sınıflandırmada kullanılan kriter	Sınıflar
Değer fonksiyonu	Dolaylı olarak bilinen sabit bir değer fonksiyonu kullanan yöntemler Dolaylı olarak bilinen dinamik bir değer fonksiyonu kullanan yöntemler Değer fonksiyonu kullanmayan yöntemler
KV'den tercih alma şekli	KV'nin tercihlerini öncül (a priori) alan yöntemler KV'nin tercihlerini etkileşimli (interactive) alan yöntemler - Dolaylı olarak belirtilen kapalı (implicit) değer fonksiyonuna dayalı olanlar - Sabit bir değer fonksiyonuna dayanmayanlar KV'nin tercihlerini artçıl (posterior) alan yöntemler

5.2.3.1 Değer Fonksiyonunun Varlığı ve Durumuna Göre Sınıflandırma

- a) Sabit bir değer fonksiyonunun var olması ve dolaylı olarak bilinmesi durumunda "Yönlendirmeli (Directed) Çözüm Yöntemleri" olarak adlandırılan yöntemler kullanılır. Söz konusu yöntemler; çözümleri her adımda KV'ye sunarak tercihlerini etkileşimli bir şekilde alırlar ve bir çözüme yakınsayınca dururlar.
- b) Öte yandan, dolaylı olarak bilinen dinamik bir değer fonksiyonu kullanan yöntemler "Yönlendirilmemiş (Non-directed) Yöntemler" olarak adlandırılırlar ve çevrimin durması yakınsamaya göre değil KV'nin kendisine sunulan çözümden memnun olması ile gerçekleşir.
- c) Değer fonksiyonu kullanmayan yöntemler ise "Avrupa Çok Kriterli Karar Verme Okulu Yöntemleri" ya da "Çok Kriterli Karara Yardım Yöntemleri" olarak adlandırılırlar. Bu çözüm yöntemleri KV'nin kendi tercihlerini öğrenmesine ve sorunu modellemesine yardımcı olur.

5.2.3.2 KV'den Tercih Alma Şekline Göre Sınıflandırma

- a) KV'nin tercihlerini öncül alan yöntemler değer ya da fayda temelli klasik yaklaşıma özgüdür ve KA'nın bakış açısına göre aşağıdaki adımlardan oluşur:
 1. Temeli oluşturacak değer/fayda fonksiyonu ve bu fonksiyonun biçimi hakkında fikir yürütme
 2. KV ile görüşerek bu fonksiyonun parametre değerlerini elde etme
 3. Belirsizlik varsa gerekli olasılık fonksiyonlarını elde etme
 4. KV'nin yanıtlarındaki tutarlılığı kontrol etme
 5. Değer ya da beklenen faydaya göre seçenekleri sıralama
- b) KV'nin tercihlerini etkileşimli alan yöntemler ikiye ayrılırlar:
 - Dolaylı olarak belirtilen değer fonksiyonuna dayalı yöntemler
KV'nin özel sorulara verdiği yanıtlar kullanılarak en iyi veya en çok tercih edilen çözüme doğru KV'yi çözüm sürecinde yönlendiren yöntemler. KV'nin bu yanıtları verirken özel fakat önceden bilinmeyen bir değer fonksiyonuna göre davrandığı varsayılır. Adımlar:

1. Temeli oluşturacak değer/fayda fonksiyonu ve bu fonksiyonun biçimi hakkında fikir yürütme
 2. Tercihen olurlu ve baskın bir başlangıç çözümü bulma
 3. KV'ye bu çözümü gösterip tepkisini alma, böylece değer fonksiyonu hakkındaki bilgiyi güncelleme
 4. Güncellenen bilgileri kullanarak geliştirilmiş bir çözüm bulma
 5. En iyi çözüm bulununcaya veya KV tatmin oluncaya kadar bu adımları tekrarlama
- Sabit bir değer fonksiyonuna dayanmayan yöntemler
Olurlu bölgedeki amaçlara göre KV'nin istek düzeylerini (aspiration levels) tasarlayıp bu düzeylere çok uzak olmayan çözümleri arayan ya da diğer bir ifade ile istek ile ilgili ölçeklendirme (scalarizing) fonksiyonları enazlayan yöntemler. Adımlar:
 1. KV'ye bir baskın çözüm sunma ve sunulan çözüme komşu bölge hakkında bilgi sağlama
 2. KV'den istek düzeyleri ve ağırlık gibi parametre değerlerini alarak tercihi hakkında bilgi sahibi olma
 3. Yanıtları kullanarak KV'nin değerlendireceği bir tek baskın çözüm veya bir baskın çözümler kümesi oluşturma
 4. KV duruncaya veya özel bir bitirme kriteri sağlanıncaya kadar bu adımları tekrarlama
- c) KV'nin tercihlerini artçıl alan yöntemler ise aşağıdaki temel adımlardan oluşurlar:
1. Başlangıç baskın çözümü oluşturma
 2. Başka baskın çözümler oluşturma
 3. Bu çözümleri KV'ye sunma ve en iyisini seçmesini isteme

5.3 Çok Amaçlı Karar Verme

Klasik tek amaç fonksiyonlu matematik programlama sorunlarının uygulamaya daha dönük ele alınma çabaları iki kriterli karar verme (bicriteria decision making) sorunlarının çözüm yöntemlerini ortaya çıkarmıştır. Dahası, amaç fonksiyonu sayısının artırılması, dolayısıyla gerçek hayattaki sorunları daha gerçekçi şekilde ele

alma çabaları Çok Amaçlı Karar Verme bilimini ortaya çıkarmıştır (Evren ve Ülengin, 1992b).

Matematiksel olarak bu sorun aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Vincke, 1986):

$$\text{enb. } (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x))$$

öyle ki

$$g_k(x) \leq 0 \quad k = 1, 2, \dots, p \quad 5.1$$

burada x ; n boyutlu karar değişkenleri vektörüdür ($x_1, x_2, \dots, x_n$) ve m tane amaç fonksiyonundan oluşan bir vektörün p tane kısıt olduğu halde enbüyüklenmesi söz konusudur.

Genel olarak Çok Amaçlı Karar Vermeyi seçeneklerin bir matematiksel programlama yapısı ile dolaylı olarak tanımlandığı ve sonsuz sayıda olduğu durumlarda karar verme olarak tanımlayabiliriz (Korhonen ve diğ., 1992; Stewart, 1992; Szidarovszky ve diğ., 1986).

Korhonen ve diğ. (1992) Çok Amaçlı Karar Verme yöntemlerinin aşağıdaki durumlara bağlı olarak sınıflandırılabilceğini önermişlerdir:

- Temeli oluşturan modelin doğrusal olması / olmaması
- Değişkenlerin sürekli olması / tamsayı olması
- Kriter sayısının az / çok olması
- Kısıt ve/veya değişken sayısının (sorun boyutunun) büyük / küçük olması
- Değişkenler arası ilişkinin sayısal / sözel olması
- Seçeneklerin önceden bilinmesi / bilinmemesi

Yukarıda söz edilen vektör enbüyükleme sorununa (Denklem 5.1) Çok Amaçlı Matematik Programlama (ÇAMP - Multi Criteria Mathematical Programming veya Multi Objective Mathematical Programming) adı da verilmektedir (Evren ve Ülengin, 1992b).

Tablo 5.2.'de de görüldüğü gibi Çok Amaçlı Matematik Programlama yöntemleri yapılandırılmalarına göre (Korhonen v.d., 1992) ve KV'ye yaklaşım tarzlarına göre (Evren ve Ülengin, 1992b) sınıflandırılabilir.

KV'den hiç bir bilgi talep etmeyen yöntemlere örnek olarak Toplu Kriter yöntemi verilebilir. KV'den karar sürecinin başında bilgi talep eden yöntemlere ise Hedef Programlama, Değer Fonksiyonu yöntemleri, Sınırlanmış Amaçlar (Bounded Objectives) yöntemi, Ardışık (Sözlüksel) Sıralama yöntemi örnek olarak gösterilebilir. Geoffrion, Dyer ve Feinberg yöntemi, Etkileşimli Hedef Programlama, STEM yöntemi, Zionts-Wallenius yöntemi, Steuer yöntemi, Etkileşimli Uzlaşık Programlama ise KV'den karar süreci sırasında ardışık olarak bilgi talep eden (Etkileşimli) yöntemlerdir.

Tablo 5.2. ÇAMP Çözüm Yöntemlerinin Sınıflandırma Çeşitleri

Sınıflandırmada kullanılan kriter	Sınıflar
Yapılandırılma	Çok Amaçlı Doğrusal Programlama Çok Amaçlı Doğrusal Olmayan Programlama Çok Amaçlı Tamsayılı Programlama Büyük Ölçekli ÇAMP Nitel ÇAMP
KV'den bilgi alma şekli	KV'den hiç bir bilgi talep etmeyen yöntemler KV'den karar sürecinin başında bilgi talep eden yöntemler KV'den karar süreci sırasında ardışık olarak bilgi talep eden (Etkileşimli) yöntemler

Diğer Çok Amaçlı Karar Verme yöntemlerinden en çok rastlanılanlar aşağıdaki gibidir (Wierzbicki, 1997; Szidarovszky ve diğ., 1986):

- Sırasal en iyileme (optimizasyon)
- Ağırlıklandırma
- Uzaklık temelli yöntemler
- Epsilon-kısıtı
- SEMOPS
- Korhonen ve Laakso - Pareto Race

Ayrıca stokastik sorunların çözümü için geliştirilen Stokastik Matematik Programlama yöntemleri de mevcuttur (Evren ve Ülengin, 1992b).

5.4 Çok Ölçütlü Karar Verme

Çok Ölçütlü Karar Verme; sonlu sayıda seçeneğin seçilme, sıralanma, sınıflandırma, önceliklendirme veya elenme amacıyla genellikle ağırlıklandırılmış, birbirleri ile çelişen ve aynı ölçü birimini kullanmayan hatta bazıları nitel değerler alan çok sayıda ölçüt kullanılarak değerlendirilmesi işlemidir (Yoon ve Hwang, 1995). Genel olarak seçeneklerin ölçütlere göre performans değerlerini yansıtan bir karar matrisi Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri için kullanılır.

En klasik Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemi Ben Franklin tarafından zor bir sorunla karşılaşp tavsiyesini isteyen Joseph Priestley isimli bir arkadaşına 1772 yılında yazdığı mektupta tavsiye ettiği değiş-tokuşa dayalı yöntemdir (Hammond ve diğ., 1999; Zionts, 1997, Bana E Costa ve diğ., 1997; Yoon ve Hwang, 1995). Bu yöneme göre yapılıp yapılmamasına karar verilemeyen bir öneri ile karşılaşıldığında bir boş sayfayı ortadan ikiye katlayıp bir tarafına öneri lehinde diğer tarafına aleyhinde olan düşünceler yazılmalıdır. Öneri ile ilgili tüm düşünceler yazıldıktan sonra bu düşüncelerin konu üzerindeki önemini tahmin edip birbirine eşit önemde olan lehte ve aleyhte düşünceleri elemek gerekir. Daha sonra da kağıdın bir tarafındaki düşüncenin ağırlığına kağıdın diğer tarafından toplam ağırlıkları eşit olan birden fazla sayıda düşüncüyü bulmak ve bunların hepsini elemek ve bu şekilde kağıdın bir tarafındaki tüm düşünceler bitinceye kadar devam etmek gerekir. Kalan fikirlerin kağıdın lehte ya da aleyhte tarafında olmasına göre öneri kabul edilir veya reddedilir.

Korhonen ve diğ. (1992) Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemlerinin aşağıdaki durumlara bağlı olarak sınıflandırılabilceğini önermişlerdir:

- Seçenek sayısının az / çok olması
- Kriter sayısının az / çok olması
- Kriter değerlerinin kesin olarak bilinmesi / bilinmemesi
- Seçeneklerin önceden bilinmesi / bilinmemesi
- Kriterlerin açıkca / dolaylı olarak belirlenmesi

Çok sayıda seçenek, az sayıda kriter olması ile kriter değerlerinin kesin olarak bilinmesi durumuna örnek olarak büyük bir model kümesinden dayanıklı tüketim mallarının seçilmesi; çok sayıda seçenek, az sayıda kriter olması ile kriter değerlerinin kesin olarak bilinmemesi durumuna örnek olarak ticari bir havalimanının geliştirilmesi ve yerinin seçilmesi verilebilir. Az sayıda seçenek, çok sayıda kriter (genelde hiyerarşik bir yapıdadırlar) olması ile kriterlerin dolaylı olarak belirlenmesi (nicel olması) durumuna ise önceden belirlenmiş bir kümeden bilgisayar sistemi seçilmesi örnek olabilir.

Guitouni ve Martel (1998), KV'ye Çok Ölçütlü Karar Verme sırasında destek olmak için kullanılabilecek Çok Kriterli Karar Analizi adını verdikleri Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemlerini tercih modellemeye göre ikiye ayırmışlardır:

- Performans birleştirmeye dayalı yöntemler

Söz konusu yöntemlerde KV'nin tercih yapısının tercih ve kayıtsızlık ilişkilerinden oluştuğu kabul edilerek KV'nin tercihlerini en iyi şekilde yansıttak birleştirme (aggregation) fonksiyonları oluşturulur. Seçeneklerin ölçütlere göre performans değerlerini gösteren karar matrisleri üzerinde bu fayda/değer fonksiyonları kullanılır. Biraraya getirilen değişik bakış açılarından oluşan bilgilere dayalı tek bir sentez kriteri ile seçenekler değerlendirilir. Tam sıralama ya da en iyi seçeneğin seçimi sağlanır (karşılaştıramama durumu yoktur).

- Tercih birleştirmeye dayalı yöntemler

KV'nin tercihleri biraraya getirilerek işlemler yapılır. Tercih, zayıf tercih, kayıtsızlık ve karşılaştıramama ilişkilerinden oluşan tam (complete) ve geçişli (transitive) olmayan bir tercih yapısına sahip KV'ye yardımcı olmak için kullanılan üstünlük yöntemlerinden oluşur. Söz konusu üstünlük ilişkisi (outranking relation) kullanılarak seçenekler arasında kısmi sıralama elde edilir.

Performans birleştirmeye dayalı yöntemler Çok Ölçütlü Değer Teorisi (ÇÖDT; Multi Attribute Value Theory - MAVT) gibi Değer / Fayda Fonksiyonu temelli, Bayesgil yöntemler olarak Amerikan yaklaşımı başlığı altında toplanırken; fayda teorisini kullanmadan KV'nin tercih yapısını oluşturmaya çalışan tercih birleştirmeye dayalı

üstünlük yöntemleri Avrupa (Fransa, Belçika) yaklaşımı başlığı altında toplanabilir (Vincke, 1986; Daellenbach, 1994).

Bazı kaynaklarda ise yukarıdaki iki yöntem grubuna üçüncü bir grup da eklenmektedir (Vincke, 1992; Brans ve Vincke, 1985; Balestra ve Tsoukias, 1990; Bana E Costa ve Vincke, 1990):

- Fayda / Değer fonksiyonu kullanan birleştirme yöntemleri
(Performans birleştirmeye dayalı yöntemler)
- Üstünlük yöntemleri
(Tercih birleştirmeye dayalı yöntemler)
- Etkileşimli (Interactive) yöntemler
Uzlaşık çözümler bulma amaçlı hesaplama adımları ve KV'nin tercihleri üzerinde daha fazla bilgi oluşturma amaçlı diyalog adımlarından oluşan KV-KA deneme-yanılma etkileşimi ile en iyi seçenek(ler) belirlenir.

Tez kapsamında da yukarıdaki üç grup yöntem ile Basit (Elementary) yöntemler başlığı altında toplanan diğer yöntemler incelenecektir (Bölüm 6 - Bölüm 9).

5.5 Çok Kriterli Karara Yardım ile Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Arasındaki Temel Farklar

Çağdaş Çok Kriterli Karara Yardım sorunlara en iyi çözümleri otomatik olarak üreten bir kara kutu prosedürü değildir. Bu özelliği ile bazı, özellikle etkileşimli olmayan Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden ayrılır. Asıl hedef KV'yi karar sorununun gerçek kaynaklarının ne olduğunu belirleyecek ve sorun hakkındaki bilgilerin işlenişini yapısal bir yola oturtacak şekilde sorunu hakkında daha ayrıntılı ve daha titiz düşünmesini cesaretlendirmek ve bu konuda yardımcı olmaktır.

Roy; Çok Kriterli Karar Verme ile Çok Kriterli Karara Yardım arasındaki ayrımı aşağıdaki gibi yapmıştır (Munda, 1993; Roy, 1990a; Roy, 1990b; Roy ve Vanderpooten, 1996):

Çok Kriterli Karar Verme Modelleri KV'nin tercihlerini açıkça yaptığını varsayar ve böylece (KA için) tek yapılacak şey iyi formüle edilmiş matematiksel bir modeldir. Fakat genelde sadece matematiksel modelle ilgilenilerek kararın iyi ya da kötü

olduğunu söylemek imkansızdır. Verilecek karara ulaştıracak tüm karar sürecinin organizasyonel, eğitbilimsel ve kültürel özellikleri aynı zamanda kararın kalitesi ve başarısına da katkıda bulunurlar.

Ana amacın Çok Kriterli Karar Verme Analizinde olduğu gibi sadece bir çözüm bulmak değil de karar sürecinde aktif olarak yer alan kişiye (KV'ye);

- tercihlerini şekillendirmesi ve/veya tartışması ve/veya dönüştürmesi veya
- amaçlarını doğrulayacak şekilde karar vermesi

için yardımcı olacak bir model kurma olması durumunda yapılan iş Çok Kriterli Karara Yardımdır.

Çok Kriterli Karara Yardım; karar yardımı alanında karşılaşılan tarafsızlık/nesnellik üzerindeki sınırlandırma ile ilgilenirken Çok Kriterli Karar Verme bu sınırlandırmayı bir kenara bırakıp karar yapısı üzerindeki mantıklılığa dayanır (Roy, 1990a; Roy, 1990b).

Söz konusu sınırlandırma beş ana başlıkta toplanabilir (Roy ve Vanderpooten, 1996; Roy ve Vanderpooten, 1997):

- Olurlu olan ve olmayan seçenekler arasındaki sınırın (frontier) genelde belirli olmaması; aynı zamanda karar süreci sırasında söz konusu sınırın değişim göstermesi
- Tanımlanması bazen çok zor olan KV'nin rolünün, tanımlansa bile, Bölüm 2.3.2'de de belirtildiği gibi karara karışan diğer kişilerden etkilenmesi
- KV'nin tercihlerinin önceden çok açık oluşmamış olması, süreç sırasında tercihlerin değişebilmesi; karışıklık, belirsizlik ve inançlarda şüphenin tercihler üzerindeki etkisi
- Seçeneklerin kriterlere göre değerlendirme performansları ve kriter ağırlıkları gibi bilgilerin genelde kesin olmaması veya iyi tanımlanamaması
- Sadece matematiksel modele dayanarak kararın kalitesini ölçememe

Bu durumda öznel/kişisel etmenlerin önemini yadsımak ve tamamen tarafsız/nesnel bir yaklaşım kullanmaktan söz etmek imkansızdır.

5.6 Çok Kriterli Karara Yardımı Sırasında Çok Ölçütlü Karar Verme Gerektiren Sorunların Çözümü için Kullanılan Yöntemlere Genel Bir Bakış

Söz konusu sorun çözüm yöntemleri Bölüm 5.4'de de belirtildiği gibi dört ana başlık altında toplanabilir:

- Değer veya Fayda temelli yöntemler
- Üstünlük yöntemleri
- Etkileşimli yöntemler
- Diğer (Basit) yöntemler

Tez kapsamında oluşturulacak karar destek modeli için incelenecek olan ve kullanılması olası çözüm yöntemleri söz konusu sınıflara göre Tablo 5.3.'de verilmiştir ve Bölüm 6 - Bölüm 9'da irdelenmiştir. Belirsizlik, tez kapsamının dışında bırakıldığı için ilk sınıfta salt değer temelli yöntemlerle ilgilenilmiştir.

Tez kapsamında önerilmekte olan Karar Destek Modelinin oluşturulması için gerekli Karar Verme Durumu boyutları açısından çözüm yöntemlerinin karşılaştırılmaları Ek A'da verilmiştir (Tablo A.1 - Tablo A.4).

5.7 Çözüm Yöntemleri ile İlgili Temel Kavramlar

5.7.1 Biraraya Getirme

Seçeneklerin ölçütlere göre elde edilen performans değerleri biraraya getirilip seçeneğin global performans değerinin hesaplanmasında kullanılabilir. Bu işleme olanak veren çözüm yöntemlerine "Biraraya Getirme" (Aggregation) yöntemleri denilir (Bana E. Costa ve diğ., 1997).

Bazı durumlarda KV, KA'nın ölçütlerin göreceli önemlerinin belirlenmesi için sorduğu sorulara yanıt vermekte zorlanabilir veya yanıtlandırmak istemeyebilir. Karar matrisinde bulunan seçeneklerin ölçütlere göre performans değerlerini ölçüt göreceli önemlerini kullanarak biraraya getirip seçeneklere ait global puanlar bulmak yerine bir seçenek alt kümesi üzerinde sezgisel tercihler kullanarak bir sıra oluşturmayı tercih edebilir. Elde edilen sıralama kullanılarak tüm seçeneklerin sıralamasını tahmin eden "Biraraya Getirmeye Dayanmayan" (Disaggregation) yöntemler (UTA

gibi) kullanılabilir (Jacquet-Lagrece, 1990). Söz konusu yöntemler KV'yi belirli ölçütler altında karar vermekten kurtardığından "Ölçütten Bağımsız" (Attribute-Free) yöntemler de denilir.

Tablo 5.3. Çok Kriterli Sorunlar için Çözüm Yöntemleri

Sınıflar	Yöntemler
Değer / Fayda temelli yöntemler	Çok Ölçütlü Değer Teorisi -SMARTS Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Ağırlıklı Çarpım TOPSIS Analitik Hiyerarşi Süreci AHS Puanlama yöntemi
Üstünlük yöntemleri	ELECTRE ELECTRE II ELECTRE III ELECTRE IV PROMETHEE PROMETHEE II
Etkileşimli yöntemler	PRIAM STEM Değişen Hedef Yöntemi AIM VIG Dışbükey Koniler Yöntemleri
Diğer (Basit) yöntemler	İkili Değiştirme Ardışık Sırasal Ardışık Yarı Sırasal Özelliklerine Göre Eleme İyimserlik Kötümserlik Birleştiren Ayıran Medyan Sıralama Uzaklık Fonksiyonuna Dayalı Atama Çoğunluk

PREFCALC gibi hem biraraya getirme hem de biraraya getirmemeyi kullanan yöntemler de mevcuttur (Jacquet-Lagrece, 1990).

5.7.2 Telafi Etme ve Değiş-Tokuş

Biraraya getirme işlemi iki şekilde yapılır (Pasche, 1991; Bouyssou, 1986; Vansnick, 1986; Yoon ve Hwang, 1995; Vincke, 1992; Bouyssou ve diğ., 1997):

- Telafi Edici (Compensatory) Yaklaşım

Bir a_i seçeneğinin bir a_j seçeneğine göre herhangi bir ölçüt açısından dezavantajı a_i 'nin a_j 'ye göre başka bir ölçüt açısından yeterince büyük bir avantajla karşılanıyorsa biraraya getirme işlemi telafi edicidir. Burada avantaj, a_i seçeneğinin a_j seçeneğine tercih edilmesi ($a_i P a_j$); dezavantaj ise tercih edilmemesi durumudur ($a_j P a_i$). Diğer bir deyişle; değiş-tokuşun (trade-off) geçerli olduğu yöntemler telafi edicidir.

Bu yaklaşım tarzı Değer / Fayda temelli Basit Toplamlı Ağırlıklandırma benzeri puan yöntemlerine özgüdür.

- Telafi Etmeye Dayanmayan (Non-compensatory) Yaklaşım

a_i seçeneğinin a_j seçeneğine tercih edildiği ölçüt alt kümesinin a_j 'nin a_i 'ye tercih edildiği ölçüt alt kümesinden daha önemli olup olmadığına göre iki seçenek karşılaştırılır. Eğer söz konusu alt kümelerden ilki önemli ise a_i seçeneği a_j 'ye global olarak tercih edilir. Bu durumda göz ardı edilen nokta; daha az önemli alt kümedeki bir ölçüt açısından seçenekler arasında çok büyük performans farkı olsa bile kararın önemli ölçüt grubuna göre verilmesidir.

Bu yaklaşım tarzı da Sözlüksirasal, Özelliklerine göre eleme, İyimserlik-Kötümserlik, Birleştiren ve Ayıran gibi basit yöntemler ile Üstünlük yöntemlerinin çoğunluğuna özgüdür.

İki yaklaşım arasındaki temel fark grup kararlarında kullanılan Borda ve Condorcet sosyal seçim fonksiyonları ile de aşağıdaki örnekte olduğu gibi gösterilebilir (Vansnick, 1986).

a , b ve c adayları için 5 kişilik bir jüri oy vermiş olsun. 3 katılımcı a 'yı b 'ye, b 'yi de c 'ye tercih ederken; diğer 2 katılımcı b 'yi c 'ye, c 'yi de a 'ya tercih etsinler. Bu durumda; a ve b adayları karşılaştırılırken Borda puanları (1.'liğe 2; 2.'liğe 1 ve 3.'lüğe 0 puan verilerek)

$$f_B(a) = 3*2 + 0*0 + 2*0 = 6$$

$$f_B(b) = 2*2 + 3*1 + 0*0 = 7$$

olarak hesaplanır ve global olarak b adayı a adayına tercih edilir. Aynı adayların Condorcet fonksiyonuna göre karşılaştırılması ise 3 katılımcının a 'yı b 'ye; 2 katılımcının da b 'yi a 'ya tercih etmesi yüzünden daha büyük katılımcı grubunun kararına göre olur ve global olarak a adayı b adayına tercih edilir.

Görüldüğü gibi telafi etmeye dayalı Borda fonksiyonuna göre b 'nin a 'ya göre 3 katılımcı tarafından oluşturulan dezavantajı 2 katılımcının adaylar arasındaki tercih sıra farkını daha çok tutması ile avantaja dönüşmüştür. Halbuki telafi etmeye dayanmayan Condorcet fonksiyonuna göre aradaki sıra farkı gözardı edilip hangi katılımcı alt kümesinin daha önemli (büyük) olduğuna bakılmaktadır.

Yukarıdaki grup kararı örneği; adaylar seçenek, katılımcılar da ölçüt olarak düşünüldüğünde çok kriterli karar sorununa dönüştürülebilir.

5.8 Karar Vericinin Serbestlik Alanı

Herhangi bir sorun çözüm yöntemi KV'nin doğrudan ya da dolaylı olarak belirlediği ölçütlerin görece önemlerini (Bölüm 4.3) kullanarak bir sonuca ulaşır ve söz konusu sonucu en uzaklık çözüm olarak KV'ye sunar. Fakat bu durumda Karar Verme Süreci şekillendirici/katı kurallar koyan bir hal alır (Bölüm 4.1) ve KV'ye çözüm üzerinde analiz yapabileceği hiç bir serbestlik alanı bırakmaz (Brans, 1996). Fakat Karar Verme Sürecinde öznelliğe dayalı parametrelerin (görece önemler gibi) belirlenmesi tereddüt oluşturan belirsizlik ve bilgi eksikliği gibi durumlar yüzünden hiç bir zaman kesin değildir ve KV'den KV'ye değişir ya da aynı KV süreci sırasında veya sonucunda yeni elde ettiği bilgiler ile parametre değerleri ile ilgili fikrini değiştirebilir. İşte söz konusu tereddütlerin hesaba alınması için KV'ye daha fazla serbestlik sağlanması ve bu fikir değişikliklerinin sonuçları nasıl etkilediğinin araştırılması için ulaşılan çözüm üzerinde duyarlılık veya gürbüzlük analizi yapılmasına izin verilmesi gerekir.

5.8.1 Duyarlılık Analizi

Bir karar verme sorununun öznel girdi değerlerindeki değişimlerin en iyi veya en tercih edilen çözümü nasıl etkilediğine ilişkin "ne-eğer" (what-if) soruları sistematik bir şekilde sorularak duyarlılık analizi yapılabilir (Daellenbach, 1994; Edwards ve Newsman, 1982; Watson ve Buede, 1987). Duyarlılık analizi; çeşitli değişkenlerin alabilecekleri değişik değerlerin çözüm üzerinde yaratacağı etkileri gösterir ve sonuçların varsayımlara göre ne kadar duyarlı olduğunu analiz eder. Özellikle ölçütlerin görece önemlerindeki değişikliklerin, sorun çözüm yöntemlerinin

uygulanması sonucu elde edilen seçenek puanları ve sıralamasına üzerindeki etkisi hakkında bilgi sahibi olmak için duyarlılık analizi kullanılabilir.

En temel yaklaşım; Excel cinsi bir hesap tablosu programı kullanarak herhangi bir ölçütün farklı görelî önemleri için seçeneklerin toplam puanlarını hesaplamaktır. Sorun çözüm yönteminde görelî önemi w_i^0 olarak kullanılan bir i ölçütü için duyarlılık analizi yapılıyorsa i ölçütünün görelî önemi değiştiğinde (w_i olduğunda), diğer ölçütlerin görelî önemleri de aşağıdaki şekilde hesaplanır (Kirkwood, 1997; Ülengin, 1994):

$$w_j = (1 - w_i) (w_j^0 / (1 - w_i^0)), \forall j, j \neq i \quad 5.2$$

Hesaplanan yeni görelî önemler kullanılarak seçeneklerin yeni puanları elde edilir. i ölçütünün farklı görelî önemleri için bu işlem sistematik bir şekilde tekrarlanarak (örneğin %0'dan %100'e %5'lik değişim aralıkları ile) seçenek puanlarının ve sıralamalarının değişiminin incelenebileceği grafikler oluşturulabilir. Bu yaklaşıma aşağıda söz edilen "eğim (gradient) duyarlılık analizi" ismi de verilebilir.

Bir diğer duyarlılık analizi yaklaşımı ise Tavares tarafından geliştirilen Üçgen Karar Tekniği (Trident - Triangular Decision Technique) ismi verilen ve salt üç ölçüt için sınırlı bir yöntemdir (Bana E. Costa, 1988). Bu yaklaşıma göre önceden ölçüt görelî önemlerinin belirlenmesi gerekmez. Üç ölçütün alabileceği tüm görelî önem değerleri için işlemler yapılır. Bunun için eksenleri w_1 ve w_2 olan bir düzlem üzerinde seçenek çiftleri için belirli önem değerlerine göre çizilen kayıtsızlık çizgileri ile sınırlandırılan alanlar incelenip en iyi seçenek seçilir ya da seçenekler sıralanır. Her seçeneğin en iyi olduğu alanların ölçüsü karşılaştırılıp en büyük alanı temsil eden seçenek en kararlı seçenek olarak seçilir. Sıralama için ise tüm kayıtsızlık çizgileri göz önüne alınarak elde edilen bütün alt-alanların içinde ölçüsü en büyük olanın verdiği seçenek sıralaması alınır.

Yöntemlere özgü bilgisayar programlarının bazıları da otomatik olarak duyarlılık analizi yapabilmektedirler. Örneğin AHS problemlerini çözmek için özel olarak tasarlanan Expert Choice paket programı kullanılarak çözülen problemin sonuçları üzerinde beş farklı şekilde duyarlılık analizi yapılabilir:

1. Performans
2. Dinamik
3. Eğim
4. İki boyutlu
5. Fark

Performans duyarlılık analizi grafiği, her kriterdeki değişimin seçenekleri nasıl etkilediğini tek ekranda gösterir. Her kriter bir dik doğru ile temsil edilir. Seçenek çizgisinin bu dik doğruyu kestiği noktadaki Alt% değeri o seçeneğin o kriter için elde ettiği önem puanını gösterir. En sağ dikey eksen ise seçeneklerin toplam (amaca göre) önem puanlarını verir. Dik çizgi üzerindeki dikdörtgenler ise ilgili kriterin amaca göre elde ettiği önem puanını (Crit%) gösterir. Dikdörtgenlerden herhangi birinin yüksekliği (önem puanı) fare yardımı ile değiştirilerek diğer kriterlerin önem puanları ile seçeneklerin kriterlere ve amaca göre önem puanlarının bu durumdan nasıl etkilendiği gözlemlenebilir.

Dinamik duyarlılık analizi, performans analizinin özel bir halidir. Ekranın solunda kriterleri temsil eden dikdörtgenler, sağında ise seçenekleri temsil eden dikdörtgenler vardır. Sol taraftaki dikdörtgenlerden birinin uzunluğu (kriter önem puanı) değiştirilerek seçeneklerin amaca göre toplam önem puanlarındaki değişim gözlemlenebilir.

Eğim duyarlılık analizinde ise tüm seçeneklerin seçilen bir kriterin farklı önem puanları için aldıkları toplam göreceli önem puanlarını gösteren doğrulardan oluşan bir grafik kullanılır. Yatay eksen kriter ağırlığı (amaca göre önem puanı), dikey eksen ise seçenek puanları vardır. Dikey eksene paralel bir doğru sağa sola kaydırılarak o kriterin hangi ağırlığında seçeneklerin ne durumda oldukları incelenebilir.

İki boyutlu duyarlılık analizinde iki kriter seçilerek seçeneklerin bu iki kritere göre ne durumda oldukları incelenebilir. Yatay eksen bir kriterin, dikey eksen ise diğer kriterin ağırlıklarını temsil eder. Seçeneklerin ilgili kriterlere göre önem puanları kullanılarak oluşturulan grafik gözlemlenebilir.

Fark duyarlılık analizi grafiği, seçilen bir seçeneğin sırasıyla diğer seçenekler ile kriterler bazında karşılaştırılmasına dayanır. Tüm kriterler ve amaca göre iki seçenek arasındaki fark ve hangisinin hangi durumda daha üstün olduğu incelenebilir.

5.8.2 Gürbüzlük Analizi

İki tür gürbüzlükten söz edilebilir:

- Çözümün gürbüzlüğü

Elde edilen çözümün; çeşitli öznel girdilerin alabilecekleri hangi değerler için geçerli olduğunun araştırılmasına dayalı bir analizdir (Al-Shemmeri ve diğ., 1997; Pomerol, 1997; Hodgkin ve diğ., 1998; Raju ve Pillai, 1999). Özellikle; ölçütlerin hangi görelî önem aralıklarında, sorun çözüm yöntemlerinin uygulanması sonucu elde edilen seçenek sıralamasının değişmediğinin incelenmesi ile ilgilenir. Bu değerlerin elde edilmesi için duyarlılık analizinden faydalanılabilir.

- Yöntemin gürbüzlüğü

Eğer farklı parametre değerleri için elde edilen sonuçlar birbirleri ile çelişmiyorsa kullanılan çözüm yönteminin gürbüz olduğu söylenebilir (Vincke, 1999). Örneğin ölçütlerin görelî önemlerinin değişimi hep farklı ve birbirlerine göre ters seçenek sıralamaları veriyorsa kullanılan çözüm yönteminin gürbüz olmadığı söylenebilir.

6. BASİT SORUN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Aşağıdaki alt bölümlerde Çok Kriterli Karara Yardım sırasında Çok Ölçütlü Karar Verme gerektiren sorunların çözümü için en çok kullanılan basit yöntemlerden söz edilmiştir. Sırasıyla;

- yeni geliştirilen, değiş-tokuşa ve baskınlığa dayalı "İkili Değiştirme" yöntemi
- telafi edici olmayan sıralama ("Ardışık Sırasal", "Ardışık Yarı Sırasal"), eleme ("İyimserlik", "Kötümserlik", "Özelliklerine Göre Eleme") ve sınıflandırma ("Birleştiren", "Ayıran") yöntemleri
- seçeneklerin her bir ölçüte göre sıralamasını biraraya getiren "Ortanca Sıralama" ve "Uzaklık Fonksiyonuna Dayalı Atama" yöntemleri ile
- seçeneklerin ikili karşılaştırılmalarına dayalı "Çoğunluk" yönteminin

ayrıntısı verilmiş ve bir sayısal örnek üzerinde her yöntem uygulanmıştır.

6.1 İkili Değiştirme Yöntemi

Hammond ve diğ. (1999), en zor karar sorunlarının bile PrOACT adını verdikleri bir yaklaşımla çözülebileceğini öne sürmüşlerdir. Söz konusu yaklaşım aşağıdaki sekiz etmenin göz önünde tutulması ile uygulanır:

- sorun (PRoblem)
- amaçlar (Objectives)
- seçenekler (Alternatives)
- sonuçlar (Consequences)
- değiş-tokuşlar (Trade-offs)
- belirsizlik
- risk
- birbirlerine bağlı kararlar

İyi karar vermek için gerekli koşullardan biri de değiş-tokuşla baş edebilmektir. Hammond ve diğ. (1999), bu doğrultuda "İkili Değiştirmeler"e (Even-swap) dayalı basit bir Çok Ölçütlü Karar Verme Sorun Çözüm Yöntemi geliştirmişlerdir.

İkili değiştirme yönteminde ilk olarak seçeneklerin ölçütlere göre performans değerlerini yansıtan karar matrisi üzerinde inceleme yapılarak önemsiz ve ilgisiz ölçütler değerlendirme dışı bırakılır. Bunun için tüm seçeneklerin o ölçüte göre aynı performans değerine sahip olması gerekir. Daha sonra basılgın (dominated) seçenekler elenir. Söz konusu eleminin nedeni daha az sayıda seçenekle uğraşarak değiş-tokuş sayısını azaltmak ve böylece daha kolay çözüme ulaşmaktır. Basılgın seçenekleri ortaya çıkarmak için her ölçüt için seçeneklerin sıralanmasını gösteren sütun vektörlerinden oluşan bir matris kullanılabilir.

Yöntemi hızlandırmak için gerek başlangıç aşamasında gerekse daha sonraki aşamalarda baskınlık kuralının yanında pratik baskınlık (practical dominance) kuralından da faydalanarak seçenek elemesi yapılabilir. Pratik baskınlık kuralının kullanılması durumunda; a_i seçeneğinin performansı a_j seçeneğinden bazı ölçütlere göre daha iyi ve biri hariç diğer ölçütlere göre eşit iken bu tek ölçüt için a_j 'nin performansı a_i 'ninkinden "Biraz iyi" durumda olsa bile a_j pratik olarak a_i 'ye basılgın olarak kabul edilip elenebilir. "Biraz" kavramı öznel olup KV'ye bağlıdır ve kayıtsızlık eşiği değeri olarak da kullanılabilir.

Bu aşamadan sonra geriye kalan ölçüt ve seçenekler için yeni elemeler yapabilmek için KV'den ikili değişimler yapması istenir. İkili değiştirme sırasında bir seçeneğin bir ölçüte göre değeri iyileşirken diğer bir ölçüte göre değeri kötüleşir. Bu şekilde ikili değişimlerle ya tüm seçeneklerin bir ölçüt için değeri aynı hale getirilerek o ölçüt devre dışı bırakılır ya da bir seçenek diğer seçeneklerden birine göre basılgın ya da pratik basılgın hale getirilerek elenir. Geriye sadece bir seçenek kalıncaya kadar devam edilir ve kalan seçenek KV'ye çözüm olarak sunulur.

İkili değiştirme sırasında kolay değişimleri önce yapmak, ölçütlerin ağırlıkları yerine değişimlere odaklanmak ve tutarlı değişimler yapmak gerekir.

Anlaşılır ve basit bir yöntem olan İkili Değiştirme Yöntemi sadece ikili karşılaştırmalara dayalı değişimler kullanarak KV'nin ölçütleri ağırlıklandırmasını gerektirmez. Pratik baskınlık yüzünden çok öznel yargılar gerektirir. Çok sayıda

seçenek ve ölçüt olması durumunda çok sayıda değerlendirme ve uzun işlemlere neden olan bir yöntemdir.

Sayısal rnek

KV, kendisine önerilen yedi farklı otomobil modelinden birini satın almak istesin. Söz konusu seçeneklerin satın alma fiyatları veri olarak verilirken; konfor, hız ve tasarım ölçütlerine göre KV'nin seçenekler için belirlediği performans değerleri Tablo 6.1'deki karar matrisindeki gibi olsun:

Tablo 6.1. Otomobil Satın Alma rneği (Vincke, 1992 - s. 61)

	Fiyat	Konfor	Hız	Tasarım
Ağırlık	5	4	3	3
a_1	300	M	H	
a_2	250	M	O	
a_3	250	O	H	
a_4	200	O	H	O
a_5	200	O	O	
a_6	200	Z	H	
a_7	100	Z	O	O

M: mkemmek; O: orta; Z: zayıf; H: hızlı; : Üstün

İkili değiştirme yöntemi kullanılırken yukarıda da belirtildiği gibi ilk yapılacak iş önemsiz ve ilgisiz ölçütler ile basılgın seçeneklerin elenmesidir. Hiç bir ölçüt için tüm seçenekler aynı değere sahip olmadıklarından önemsiz ölçüt yoktur. KV'nin pratik baskınlık için sadece fiyat ölçütünde 20 para birimlik bir farkı göz ardı edebileceğini belirttiğinden hareketle basılgın seçenekleri ortaya çıkarmak için aşağıdaki sıralama matrisi oluşturulabilir (Tablo 6.2):

Tablo 6.2. Otomobil Sıralama Matrisi

	Fiyat	Konfor	Hız	Tasarım
a_1	7	1	1	1
a_2	5	1	5	1
a_3	5	3	1	1
a_4	2	3	1	6
a_5	2	3	5	1
a_6	2	6	1	1
a_7	1	6	5	6

Görüldüğü gibi hiç bir seçenek basılgın değildir. Bu aşamadan sonra tasarım ölçütünün a_4 ve a_7 seçeneklerine göre performans değerini "stn" durumuna

getirerek bu ölçütü değerlendirme dışı bırakmak amacıyla söz konusu seçenekler için KV'nin iki adet ikili değiştirme yapması istenebilir. KV, tasarım değerinde "orta"dan "üstün"e değişim için fiyatta 85 para birimlik bir artışa razı olacağını belirtsin. Böylece yapılan iki adet ikili değiştirme sonucu yeni matris aşağıdaki gibi olur (Tablo 6.3):

Tablo 6.3. İlk Aşama Sonucu Karar Matrisi

	Fiyat	Konfor	Hız	Tasarım
a_1	300	M	H	Ü
a_2	250	M	O	Ü
a_3	250	O	H	Ü
a_4	200 285	O	H	O Ü
a_5	200	O	O	Ü
a_6	200	Z	H	Ü
a_7	100 185	Z	O	O Ü

Çok sayıda seçenek olduğundan basılgin seçenekleri belirlemek için yeni durum için bir sıralama tablosu (Tablo 6.4) oluşturulursa:

Tablo 6.4. İlk Aşama Sonucu Otomobillerin Sıralanması

	Fiyat	Konfor	Hız
a_1	6	1	1
a_2	4	1	2
a_3	4	3	1
a_4	6	3	1
a_5	1	3	2
a_6	1	6	1
a_7	1	6	2

KV 20 para birimlik bir farkı gözardı edebileceğini açıkladığından; a_7 , a_6 ve a_5 ile ve benzer şekilde a_4 de a_1 ile aynı sırada gösterilmiştir. Görüldüğü gibi a_1 seçeneği a_4 seçeneğine; a_6 seçeneği de a_7 seçeneğine pratik olarak baskındır ve bu durumda a_4 ve a_7 seçenekleri elenir.

Daha sonra KV a_5 seçeneği için hız ve fiyat ölçütlerinde ikili değiştirme yaparak a_3 seçeneği ile karşılaştırma yapabilir. KV, hızı "orta"dan "hızlı"ya çıkarmak için fiyatta 25 para birimlik bir artışa razı olsun (Tablo 6.5). Aşağıdaki matrisde de görüldüğü gibi a_3 seçeneği a_5 seçeneğine göre basılgin olduğundan elenir.

Tablo 6.5. İkinci Aşama Sonucu Karar Matrisi

	Fiyat	Konfor	Hız
a_1	300	M	H
a_2	250	M	O
a_3	250	O	H
a_5	200 225	O	O H
a_6	200	Z	H

Hız ölçütünü değerlendirme dışı bırakmak için, KV, a_2 seçeneği için yine hız ve fiyat ölçütlerinde ikili değiştirme yapabilir ve yeni matrisdeki (Tablo 6.6) performans değerlerine göre a_2 seçeneği a_1 'i eler

Tablo 6.6. Yeni Karar Matrisi

	Fiyat	Konfor	Hız
a_1	300	M	H
a_2	250 275	M	O H
a_5	225	O	H
a_6	200	Z	H

Son olarak KV'den konfor ve fiyat ölçütlerinde ikili değiştirme yapması istenir. KV, a_5 seçeneği için konfor değerini "orta"dan "mükemmel"e getirme bedeli olarak fiyatta 55 para birimlik artışa; a_6 seçeneği için ise konfor değerini "zayıf"tan "mükemmel"e getirme bedeli olarak fiyatta 110 para birimlik artışa razı olsun. Bu durumda tüm seçeneklerin konfor ölçütü için performans değeri mükemmel olacağından bu ölçüt de değerlendirme dışı kalacak ve geriye kalan tek ölçüt olan satın alma fiyatına göre değerlendirme yapılacaktır (Tablo 6.7).

Tablo 6.7. Son Karar Matrisi

	Fiyat	Konfor
a_2	275	M
a_5	225 280	O M
a_6	200 310	Z M

Bu durumda da a_6 seçeneği basılgın olduğundan elenir. Geriye a_2 ve a_5 seçenekleri kalır. a_2 'nin yeni fiyatı a_5 'e göre daha az olduğundan KV'ye satın alma için bu seçeneği seçmesi önerilse de KV fiyatta 20 para birimlik bir farkı gözardı edebileceğini belirttiği göz önüne alındığında her iki seçenek de önerilebilir.

6.2 Ardışık Sırasal Yöntem

Öncelikle en önemli ölçüte göre seçeneklerin sıralaması yapılır. Eğer bu ölçüte göre bazı seçeneklerin performans değerleri eşitse kayıtsız kalınan bu seçenekler için ikinci önemli ölçüte göre sıralama yapılır. Bu şekilde devam edilerek seçeneklerin ya tam sıralaması ya da (tüm ölçütler kullanılmış ve hala kayıtsız kalınan seçenekler varsa) tam ön sıralaması elde edilir (Kleindorfer ve diğ., 1993; Yoon ve Hwang, 1995; Bodily, 1985).

Söz konusu yöntem aşağıdaki gibi de açıklanabilir (Vincke, 1992):

$$a_i P a_j \Leftrightarrow \left\{ \begin{array}{l} \exists k \mid x_{ik} > x_{jk} \\ \wedge k \text{ ölçütünden önemli tüm } l \text{ ölçütleri için } x_{il} = x_{jl} \end{array} \right\} \quad 6.1a$$

$$a_i I a_j \Leftrightarrow \left\{ \forall l \mid x_{il} = x_{jl} \right\} \quad 6.1b$$

Ardışık Sırasal (Lexicographic) Yöntemde kullanılan tarz sözlükde sözcüklerin sıralanmasına (önce ilk harf, daha sonra ikinci, vb...) benzediğinden Sözlük Sırasal Yöntem olarak da isimlendirilir.

Kolay bir yöntem olan Ardışık Sıralama Yöntemi en önemli ölçüte göre iyi durumda olan bir seçeneği tüm diğer ölçütlere göre en kötü durumda olsa bile sıralamada birinci sıraya yerleştirmesi (telafi etmeye izin vermemesi) yüzünden eleştirilebilir.

Sayısal Örnek

Tablo 6.1'de verilen örnek için Ardışık Sırasal Yöntem kullanılırsa ilk olarak en önemli ölçüt olan fiyat için sıralama yapılır. Bu durumda satın alma fiyatı en küçük olan a_7 seçeneği birinci; a_1 seçeneği de sonuncu olur (Tablo 6.2'nin "Fiyat" sütunu). Söz konusu ölçüte göre a_4 , a_5 ve a_6 seçenekleri ikinciliği; a_2 ve a_3 ise beşinciliği paylaşmaktadır.

Seçenekler arasındaki bu kayıtsızlığı engellemek için ikinci önemli ölçüt olan konfora göre ilgili seçenekler arasında sıralama yapmak için aşağıda görülen Tablo 6.8 kullanılır. Yeni sıralamalara göre hala a_4 ve a_5 seçenekleri arasında kayıtsızlık

devam etmekte fakat a_6 bu iki seçenektan sonraki sıraya yerleşmektedir. Benzer şekilde a_2 seçeneği de a_3 'e göre daha iyi durumdadır

Tablo 6.8. Sıralaması Belli Olmayan Seçenek Gruplarının
Konfora Göre Performans Değerleri

	Fiyat	Konfor
a_2	250	M
a_3	250	O
a_4	200	O
a_5	200	O
a_6	200	Z

a_4 ve a_5 arasındaki kayıtsızlığı engellemek için önemi konfordan daha az olan ölçüte göre performans değerlerini incelemek gerekir. Hız ve tasarım ölçütleri eşit ağırlıkta olduğundan ve her seçenek diğerine göre bir ölçüt için daha iyi olduğundan (Tablo 6.9) son sıralamada seçenekler arasında kayıtsız kalınır. Sonuç olarak elde edilen (ön) sıralama Tablo 6.10'da verilmiştir.

Tablo 6.9. a_4 ve a_5 Arasındaki Kayıtsızlık

	Fiyat	Konfor	Hız	Tasarım
a_4	200	O	H	O
a_5	200	O	O	Ü

Tablo 6.10. Ardışık Sırasal Yönteme Göre Sıralama

Sıra	1.	2.	4.	5.	6.	7.
Seçenek	a_7	a_4, a_5	a_6	a_2	a_3	a_1

6.3 Ardışık Yarı Sırasal Yöntem

Ardışık Yarı Sırasal (Lexicographic Semiorder) Yöntemin çalışma prensibi, Ardışık Sırasal Yöntemle aynıdır.

Tek fark bir seçeneğin üstün olması (daha üst sırada yer alması) için diğer seçeneklerden anlamlı bir performans farkı olması gerekliliğidir (Yoon ve Hwang, 1995). Bu durumda; KV'nin kayıtsızlık eşiği kullanması ve iki seçenek arasındaki performans farkının bu eşik değerinden küçük olması halinde iki seçeneği de aynı sıraya yerleştirmesi gerekir.

Sayısal Örnek

Yukarıdaki örnek için KV, fiyat ölçütünde % 17'lik bir azalışı kayıtsızlık eşiği olarak kabul etsin. Bu durumda 300 para birimi ile $300 - 300 * 0.17 = 249$ para birimlik otomobiller arasında kayıtsız kalır. Benzer şekilde 250 para birimi ile $250 - 250 * 0.17 = 207.5$ para birimlik otomobiller arasında kayıtsız kalır.

Konfor, hız ve tasarım ölçütlerine göre performan değerleri için ise ölçek üzerinde bir basamak fark olması sıralama yapmak için yeterli olsun.

Ardışık Yarı Sırasal Yönteminin ilk aşamasında fiyat ölçütüne göre a_7 seçeneği birinci olurken; a_4 , a_5 ve a_6 seçenekleri ikinciliği; a_1 , a_2 ve a_3 ise beşinciliği paylaşmaktadır. a_4 , a_5 ve a_6 seçenekleri arasındaki son sıralama Ardışık Sırasal Yönteminde olduğu gibi yapılırken; ikinci önemli ölçüt olan konfora göre değerlendirme yapıldığında a_1 ve a_2 'nin a_3 'e üstün olduğu görülür (Tablo 6.11).

Tablo 6.11. a_1 , a_2 ve a_3 'ün Konfora Göre Performans Değerleri

	Fiyat	Konfor
a_1	300	M
a_2	250	M
a_3	250	O

Aralarında kayıtsız kalınan a_1 ve a_2 'nin konfordan daha az önemli olan tasarım ölçütü için eşit performans; hız ölçütü için ise farklı performanslara sahip olmaları söz konusu kayıtsızlığı a_1 yönünde tercihe dönüştürür (Tablo 6.12).

Tablo 6.12. a_1 ve a_2 Arasındaki Kayıtsızlık

	Fiyat	Konfor	Hız	Tasarım
a_1	300	M	H	Ü
a_2	250	M	O	Ü

Böylece Ardışık Yarı Sıralama Yöntemine göre seçeneklerin (aralık) sıralaması elde edilir (Tablo 6.13.).

Tablo 6.13. Ardışık Yarı Sırasal Yönteme Göre Sıralama

Sıra	1	2	4	5	6	7
Seçenek	a_7	a_4, a_5	a_6	a_1	a_2	a_3

6.4 Özelliklerine Göre Eleme Yöntemi

Ölçütler için KV'nin istek düzeyleri belirlenerek, performans değerleri bu standartlardan daha kötü olan seçenekler elenir. Bir seçenek kalıncaya ya da tüm ölçütlere göre değerlendirme yapıncaya kadar devam edilir (Kleindorfer ve diğ., 1993; Bodily, 1985). Kalan seçenek ya da (tüm ölçütler değerlendirildiği halde hala kayıtsız kalınan seçenekler varsa) seçenek kümesi KV'ye önerilir.

Özelliklerine Göre Eleme (Elimination by Aspects) Yöntemini hızlandırmak için en çok seçenek eleyecek ölçüt en başta kullanılabilir (Yoon ve Hwang, 1995)

Özelliklerine Göre Eleme Yöntemi telafi etmeye izin vermese de fazla bilgi gerektirmemesi ve KV'den sadece ölçütler için istek düzeylerini istemesi yönünden olumludur.

Sayısal Örnek

Otomobil satın alma örneği için Özelliklerine Göre Eleme Yöntemi kullanıldığında ilk olarak KV'den ölçütler için istek düzeyleri istenir. KV; fiyat, konfor, hız ve tasarım ölçütleri için bu düzeyleri sırasıyla 300 para birimi veya daha ucuz, mükemmel konfora sahip, hızlı ve üstün tasarımlı olarak belirlesin.

Elde edilen verilere göre en çok seçenek elenmesi konfor ölçütü için değerlendirme yapılması durumunda olacak ve a_1 ile a_2 haricindeki seçenekler konforları mükemmel olmadığı için eleneceklerdir. İkinci eleme de hız ölçütü için belirlenen istek düzeyi kullanılarak yapılır ve performans değeri "orta" olan a_2 seçeneği elenir. Böylece KV'ye a_1 seçeneği önerilir.

6.5 İyimserlik Yöntemi

İyimserlik (Maximax) Yöntemi en iyi normalize edilmiş performans değerine sahip seçeneklerden en iyisinin seçimine yöneliktir (Yoon ve Hwang, 1995). Diğer bir deyişle

$$a^+ = \left\{ a_i \mid \max_i \max_j r_{ij} \right\} \quad 6.2$$

denklemini sağlayan a^+ seçeneği KV'ye önerilir.

Telafi edici olmayan ve nitel performans değeri kullanamayan İyimserlik Yöntemi olaya salt doğrusal yönden yaklaşır. En iyi değer, mutlaka en büyük (veya en küçük) performans değeri olmayabilir ilkesini gözardı eder.

Sayısal Örnek

Tablo 6.1.'de verilen karar matrisindeki performans değerlerinin öncelikle nicel hale getirilmesi gerekir. Bu amaçla; konfor, hız ve tasarım ölçütlerine göre elde edilen performans değerlerini sayısal bir ölçek üzerinde ifade etmek gerekir. Örneğin konfor ölçütü için; "mükemmel"ın 3, "orta"nın 2 ve "zayıf"ın 1 ile temsil edildiği bir ölçek kullanılabilir. Diğer ölçütlerin değerleri de 1-3 ölçeğine dönüştürüldüğü zaman Tablo 6.1'deki değerler Tablo 6.14'de görüldüğü gibi olur.

Tablo 6.14. Otomobil Satın Alma Örneği için Nicel Değerlerden Oluşan Karar Matrisi

	Fiyat	Konfor	Hız	Tasarım
	5	4	3	3
a_1	300	3	3	3
a_2	250	3	2	3
a_3	250	2	3	3
a_4	200	2	3	2
a_5	200	2	2	3
a_6	200	1	3	3
a_7	100	1	2	2

Daha sonra Tablo 6.14'deki boyut farklılıklarını ortadan kaldırmak için r_{ij} değerlerinden (fiyat ölçütü için Deklem 4.5, diğer ölçütler için Denklem 4.2 kullanılarak) oluşan normalize edilmiş bir yeni karar matrisi elde edilmesi gerekir (Tablo 6.15).

Tablo 6.15. Otomobil Satın Alma Örneği için Normalize ($r_{ij}(1)$) Karar Matrisi

	Fiyat	Konfor	Hız	Tasarım
w	0.3333	0.2667	0.2	0.2
a_1	0.0917	0.2143	0.1667	0.1579
a_2	0.1101	0.2143	0.1111	0.1579
a_3	0.1101	0.1429	0.1667	0.1579
a_4	0.1376	0.1429	0.1667	0.1053
a_5	0.1376	0.1429	0.1111	0.1579
a_6	0.1376	0.0714	0.1667	0.1579
a_7	0.2752	0.0714	0.1111	0.1053

Söz konusu matrisin her satırının en büyük değeri (her seçeneğin en iyi norm değeri) bulunarak elde edilen değerler (Tablo 6.16) arasında en büyük değere sahip seçenek KV'ye önerilir:

Tablo 6.16. Seçeneklerin En İyi Norm Değerleri

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
maks	0.2143	0.2143	0.1667	0.1667	0.1579	0.1667	0.2752

Tablo 6.16 incelendiğinde en büyük norm değere sahip a_7 seçeneğinin KV'ye önerilmesi gerektiği görülür.

6.6 Kötümserlik Yöntemi

Bir zincirin en zayıf yerinin en zayıf halkası olduğundan hareketle kullanılan Kötümserlik (Maximin) Yöntemi en kötüler içinde en iyi seçeneğin seçimine olanak verir (Yoon ve Hwang, 1995):

$$a^+ = \left\{ a_i \mid \max_i \min_j r_{ij} \right\} \quad 6.3$$

denklemini sağlayan a^+ seçeneği KV'ye önerilir.

Kötümserlik Yöntemi de İyimserlik Yönteminin sahip olduğu olumsuz yönlere sahiptir.

Sayısal Örnek

İyimserlik Yönteminin uygulandığı örneğe Kötümserlik Yöntemi uygulanırsa Tablo 6.15'deki normalize matrisin her satırının en küçük değeri (her seçeneğin en kötü norm değeri) bulunur ve elde edilen değerler (Tablo 6.17) arasında en büyük değere sahip seçenek KV'ye önerilir:

Tablo 6.17. Seçeneklerin En Kötü Norm Değerleri

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
min	0.0917	0.1101	0.1101	0.1053	0.1111	0.0714	0.0714

Tabloda da görüldüğü gibi KV'ye a_5 seçeneği önerilmelidir.

6.7 Birleştiren Yöntem

KV'nin belirlediği ve her ölçüt için karşılanmasını istediği alt düzeylerinin tümünü karşılayan seçenekleri "kabul edilebilir", diğer seçenekleri ise "kabul edilemez" şeklinde tanımlayarak seçenek kümesini ikiye bölmeye yardımcı olan yöntem Birleştiren (Conjunctive) Yöntem olarak adlandırılır (Kleindorfer ve diğ., 1993). Diğer bir deyişle bir a_i seçeneğinin "kabul edilebilir" olarak sınıflandırılması için; tüm ölçütler kar ölçütü iken n ölçüt sayısını ve x_j^0 , j . ölçütün kabul edilebilir alt düzeyini göstermek üzere

$$x_{ij} \geq x_j^0, \quad j = 1 \text{ ve } 2 \dots \text{ve } n \quad 6.4$$

olmalıdır (Yoon ve Hwang, 1995).

Telafl edici olmayan Birleştiren Yöntem birçok ölçüt açısından istenilen seviyenin çok üzerinde olan fakat sadece bir ölçüt için istenilen seviyenin biraz altında olan bir seçeneği eler.

Sayısal Örnek

Otomobil satın alma örneği için Birleştiren Yöntem uygulanırsa ilk olarak KV'den her ölçüt için karşılanmasını istediği alt düzeyler istenir. Söz konusu düzeyler fiyat, konfor, hız ve tasarım ölçütleri için sırasıyla 250 para birimi, mükemmel, hızlı ve üstün olarak belirlesin.

Tablo 6.1 incelendiğinde dört düzeyi de sağlayan hiç bir seçenek olmadığı görülür (örneğin diğer üç düzeyi sağlayan seçeneklerden a_1 seçeneği için fiyat, a_2 seçeneği için hız ve a_3 seçeneği için ise konfor ölçütüne göre performans değerleri uygun durumda değildir).

Bu durumda ya KV'ye hiç bir seçeneğin uygun olmadığı ve tüm seçeneklerin "kabul edilemez" olduğu söylenir ya da beklenti düzeylerini düşürmesi istenir. Örneğin konfor, hız ve tasarım ölçütleri için söz konusu düzeyler orta olarak belirlenirse a_2 , a_3 , a_4 ve a_5 seçenekleri "kabul edilebilir" sınıfa, diğer seçenekler ise "kabul edilemez" sınıfa atanır.

6.8 Ayıran Yöntem

Ayıran (Disjunctive) Yöntemde ise KV'nin belirlediği ve her ölçüt için karşılanmasını istediği alt düzeylerinin en az birini karşılayan seçenekler "kabul edilebilir", diğer seçenekler "kabul edilemez" şeklinde tanımlanarak seçenek kümesi ikiye bölünür (Kleindorfer ve diğ., 1993). Bu durumda a_i seçeneğinin "kabul edilebilir" olarak sınıflandırılması için tüm ölçütler kar ölçütü iken

$$x_{ij} \geq x_j^0, \quad j = 1 \text{ veya } 2 \dots \text{veya } n \quad 6.5$$

olmalıdır (Yoon ve Hwang, 1995).

Ayıran Yöntem de Birleştiren Yöntem gibi telafi edici değildir.

Sayısal Örnek

Otomobil satın alma örneği için Ayıran Yöntem uygulandığında ise yine ilk olarak KV'den her ölçüt için karşılanmasını istediği alt düzeyler istenir. Söz konusu düzeyler benzer şekilde fiyat, konfor, hız ve tasarım ölçütleri için sırasıyla 250 para birimi, mükemmel, hızlı ve üstün olarak belirlendiğinde tüm seçenekler düzeylerin en az birini sağlar ve hepsi "kabul edilebilir" sınıfa atanır.

6.9 Sıralama Kullanan Yöntemler

KV, ölçütlerin göreceli önemlerini eşit olarak varsaydığı veya göreceli önemleri kullanmak istemediği zaman; KA, seçeneklerin bir tam ön sıralamasını KV'ye önermek için seçeneklerin her ölçüte göre sıralamasını kullanarak iki farklı yöntem uygulayabilir (Yoon ve Hwang, 1995):

- Ortanca Sıralama (Median Ranking)
- Uzaklık Fonksiyonuna Dayalı Atama

6.9.1 Ortanca Sıralama Yöntemi

Ortanca Sıralama Yöntemi her seçeneğin her ölçüte göre sıralanmasını temsil eden sütun vektörlerinin biraraya gelmesinden oluşan matrisin satır toplamı değerlerine bağlı bir ön sıralama oluşturur (Vincke, 1992; Yoon ve Hwang, 1995). Satır toplam

değeri en az olan seçenek KV'ye önerilir. Diğer bir deyişle; s_{ij} , a_i seçeneğinin j . ölçüte göre sıra numarasını göstermek üzere

$$a^+ = \left\{ a_i \mid \min_i \sum_j s_{ij} \right\} \quad 6.6$$

denklemini sağlayan a^+ seçeneği KV'ye önerilir.

Ölçüte göre seçenek sıralanması sırasında seçenekler arasında kayıtsızlık olursa (seçeneklerin performans değerleri eşit olursa) tüm kayıtsız kalınan seçeneklerin sıra numarası olarak, seçeneklerin kayıtsızlık olmaması durumunda atanacağı sıralarının ortanca değeri (medyanı) kullanılır. Örneğin j ölçütüne göre ilk sırada bulunan a_k seçeneğinden sonra gelen a_l , a_m ve a_n seçenekleri; kayıtsızlık olmaması durumunda 2., 3. ve 4. sırayı paylaşacaklarından 2, 3 ve 4'ün medyanı olan 3 değeri a_l , a_m ve a_n seçeneklerinin sıra numarası olarak kullanılır.

Temeli Borda'nın 1770'de önerdiği Tercihsel Sıralama Grup Karar Yöntemine dayanan Medyan Sıralama Yöntemi Çok Ölçütlü Değer Teorisinin çıkış noktası olarak kabul edilebilir (Hwang ve Lin, 1987; Vincke, 1992).

Ortanca Sıralama Yönteminde salt sıralamalar ile ilgilenildiği için performans değerleri arasındaki farklar gözardı edilir. Diğer bir deyişle söz konusu yöntem eldeki performans değerlerinin içerdiği bilgiyi sıraya dayalı bilgiye dönüştürerek bilgi kaybına neden olur.

Sayısal Örnek

Otomobil satın alma örneği için Medyan Sıralama Yöntemi uygulanırsa öncelikle Tablo 6.2'ye benzer şekilde seçeneklerin ölçütlere göre sıralanmalarından oluşan bir matris kullanılmalıdır (Tablo 6.18). Yeni tabloda, Tablo 5.5'den farklı olarak, sıralanmalarda seçenekler arasında kayıtsızlık durumunda tüm kayıtsız kalınan seçeneklerin temsil edeceği sıralarının medyanı kullanılmaktadır.

Tablo 6.18'deki matris değerlerinin satır bazında toplamaları alındığında Tablo 6.19'daki değerler elde edilir.

Tablo 6.18. Otomobiller için Medyan Sıralama Matrisi

	Fiyat	Konfor	Hız	Tasarım
a_1	7	1.5	2.5	3
a_2	5.5	1.5	6	3
a_3	5.5	4	2.5	3
a_4	3	4	2.5	6.5
a_5	3	4	6	3
a_6	3	6.5	2.5	3
a_7	1	6.5	6	6.5

Tablo 6.19. Seçeneklerin Toplam Medyan Sıralaması

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
V_I	14	16	15	16	16	15	20

Görüldüğü gibi toplam değeri en küçük olan a_1 seçeneği KV'ye önerilir.

6.9.2 Uzaklık Fonksiyonuna Dayalı Atama Yöntemi

Bu yöntemde ise Bölüm 6.9.1'de söz edilen matris değerleri kullanılarak Cook ve Seiford Fonksiyonu (Hwang ve Lin, 1987) ile her bir seçeneğin her bir global sıraya olan uzaklıklarını ya da uyumsuzluklarını gösteren bir matris oluşturulur. a_i seçeneğinin k . global sıraya olan uzaklığı (d_{ik}) s_{ij} değerleri ile k arasındaki farkların toplamı ile tanımlanır (Yoon ve Hwang, 1995):

$$d_{ik} = \sum_j |s_{ij} - k| \quad 6.7$$

Elde edilen uzaklık matrisi üzerinde Macar Yöntemi veya 0-1 Tamsayılı Programlama ile Atama Yöntemi uygulanarak her bir global sıraya bir seçenek atanır ve seçenekler için bir tam sıra elde edilir.

Uzaklık Fonksiyonuna Dayalı Atama Yöntemi de salt sıralamalar ile ilgilenmesi nedeniyle bilgi kaybına neden olur.

Sayısal Örnek

Otomobil satın alma örneği için Uzaklık Fonksiyonuna Dayalı Atama Yöntemi kullanıldığında yine Tablo 6.18 oluşturulur ve Cook ve Seiford fonksiyonu ile bir uzaklık matrisi hesaplanır (Tablo 6.20).

Tablo 6.20. Otomobil Örneği için Global Sıralara Uzaklık Matrisi

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
a_1	10	7	6	8	10	12	14
a_2	12	9	7	7	7	8	12
a_3	11	7	4	4	6	9	13
a_4	12	8	5	5	7	9	12
a_5	12	8	4	4	6	8	12
a_6	11	7	4	6	8	10	13
a_7	16	14	12	10	8	6	8

Uzaklık matrisine üzerinde Macar Yöntemi uygulandığında elde edilen alternatif çözümlerden bir tanesi kullanılarak seçeneklerin tam sırası oluşturulur (Tablo 6.21).

Tablo 6.21. Uzaklık Fonksiyonuna Dayalı Atama Yöntemine Göre Sıralama

Sıra	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Seçenek	a_1	a_3	a_6	a_5	a_4	a_2	a_7

6.10 Çoğunluk Yöntemi

Temeli Condorcet'nin 1785'de önerdiği Grup Karar Verme Yöntemine dayanan Çoğunluk (Majority) Yöntemi Üstünlük Yöntemlerinin çıkış noktası olarak kabul edilebilir (Hwang ve Lin, 1987; Vincke, 1992).

Bir a_i seçeneğinin a_j seçeneğine tercih edildiğini söyleyebilmek için; a_i seçeneğinin performans değerinin a_j seçeneğinden daha iyi olduğu ölçüt sayısının, daha kötü olduğu ölçüt sayısından daha fazla olması gerekir. Ölçüt sayıları eşit olması durumunda ise iki seçenek arasında kayıtsızlık söz konusudur.

Çoğunluk Yönteminde seçeneklerin ikili karşılaştırılmaları sonucu aralarındaki tercihleri gösteren bir çizge (okun kuyruğundaki düğümün temsil ettiği seçeneğin, okun başındaki düğümün temsil ettiği seçeneğe tercih edildiğini gösterir şekilde) oluşturulur ve çizgenin en önemli düğümlerini temsil eden çekirdekteki (kernel/core) seçenekler KV'ye sunulur.

Bir çizgenin çekirdeği aşağıdaki koşulları sağlamalıdır (Yoon ve Hwang, 1995):

- Çekirdekteki her seçenek, çekirdekteki diğer bir seçeneğe tercih edilmemelidir
- Çekirdek dışındaki her seçenek, çekirdekteki seçeneklerden en az biri ile karşılaştırıldığında tercih çekirdektenkinden yana olmalıdır

Söz konusu yöntem de diğer basit yöntemlerin çoğunluğu gibi telafi edici değildir. Ayrıca, ikiden fazla seçenek olması durumunda tercihin geçişliliği geçersiz olabilir (Condercet Paradoksu (Hwang ve Lin, 1987)).

Sayısal Örnek

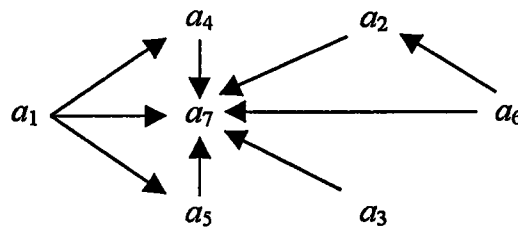
Çoğunluk Yöntemi otomobil satın alma örneğine uygulandığı zaman; seçeneklerin ikili karşılaştırılmaları kullanılarak hangisinin diğerine tercih edildiğini bulmak gerekir. Bu işlem için i . satırdaki seçeneğin performans değerinin j . sütundaki seçeneğin performans değerinden kaç ölçüt için daha iyi olduğunu gösteren bir matris oluşturulmalıdır. Söz konusu matris Tablo 6.22'de verilmiştir.

Tablo 6.22. Seçeneklerin İkili Karşılaştırılmaları Sonucu Elde Edilen Ölçüt Sayıları

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
a_1		1	1	2	2	1	3
a_2	1		1	2	1	1	2
a_3	1	1		1	1	1	3
a_4	1	2	1		1	1	2
a_5	1	1	1	1		1	2
a_6	1	2	1	1	1		2
a_7	1	1	1	1	1	1	

Tablo 6.22'de görülen matris değerleri incelendiğinde i . satır j . sütundaki değer diyagonalindeki değerden büyük olması durumu göz önüne alınarak (koyu karakterler) a_1 seçeneğinin a_4 , a_5 ve a_7 'ye; a_6 seçeneğinin a_2 ve a_7 'ye ve a_2 , a_3 , a_4 ve a_5 seçeneklerinin ise a_7 'ye tercih edildiği anlaşılır.

Bu durum bir çizge ile gösterilirse (Şekil 6.1) a_1 , a_3 ve a_6 seçeneklerinin çizgenin çekirdeğini oluşturdukları ve KV'ye sunulabilecekleri söylenebilir.



Şekil 6.1. Seçeneklerin Çoğunluk Yöntemine Göre Çizgesi

7. DEĞER / FAYDA TEMELLİ SORUN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

7.1 Çok Ölçütlü Değer Teorisi

Seçeneklerin ölçütlere göre performans değerleri hakkında hiç bir belirsizlik olmaması durumunda kullanılabilecek "Değer Fonksiyonu" temelli sorun çözüm yöntemi Çok Ölçütlü Değer Teorisine dayanır. Teoriye göre söz konusu bileşik değer fonksiyonu (v), ayrıştırılabilir ve toplamsal olarak birleştirilebilir (additive value function) yapıdadır (Evren ve Ülengin, 1992b). Çok Ölçütlü Değer Teorisine dayanan yöntemde; bileşik değer fonksiyonun yapısından faydalanan, her ölçüt için, ayrıntısı aşağıda anlatıldığı şekilde, KV'nin bir tek boyutlu değer fonksiyonu ($v_j(x_{ij})$) tanımlaması sağlanır ve bu fonksiyonlar, genelde değiş-tokuşa dayalı bir yöntemle hesaplanan (Bölüm 4.3.6.), göreceli önemlere göre ağırlıklandırılıp biraraya getirilir (Kirkwood, 1997):

$$v(a_i) = \sum_j w_j v_j(x_{ij}) \quad 7.1$$

Bu işleyiş tarzı yüzünden söz konusu yöntem; Ağırlıklandırılmış Değer Fonksiyonu (Weighted Value Function) Modeli (Belton ve Vickers, 1990) ya da SMARTS (Basit Çok Ölçütlü Değişime Dayalı Puanlama Tekniği - Simple Multi Attribute Rating Technique by Swings) Yöntemi (Kirkwood, 1997) olarak isimlendirilir.

Elde edilen bileşik değer fonksiyonu her bir seçeneğin global puanını yansıtır ve

$$a_i P a_j \Leftrightarrow v(a_i) > v(a_j) \quad 7.2a$$

$$a_i I a_j \Leftrightarrow v(a_i) = v(a_j) \quad 7.2b$$

koşulları kullanılarak seçenekler arasında oluşturulan tam ön sıralama KV'ye sunulur (Salminen ve diğ., 1998).

Tek boyutlu değer fonksiyonu; kullanıldığı ölçüt için, olabilecek ya da KV'nin kabul ettiği en kötü performans değerini 0 ve en iyi performans değerini ise 1 olacak şekilde seçen performans değerlerini 0-1 ölçeğine dönüştürür. Fonksiyonun şekli iki farklı türde olabilir (Kirkwood, 1997):

- Kesikli Doğrusal (Piecewise Linear) Değer Fonksiyonu

Bir ölçek üzerinde tanımlanan nitel performans değerleri söz konusu ise değerler parça doğrusal bir fonksiyon ile gösterilebilir. Performans değerleri arasındaki artışların birbirlerine göre kaç kez önemli olduğu saptanarak fonksiyon çizilebilir.

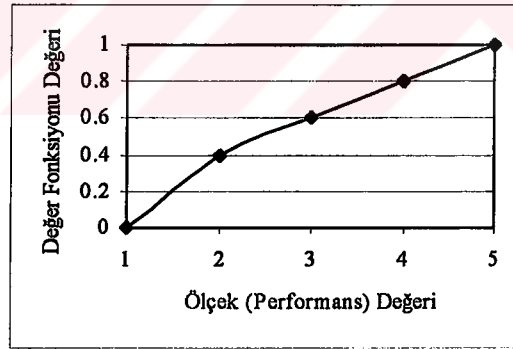
Örneğin 1-5 ölçeğinde; 1'den 2'ye değer artışı, 2'den 3'e değer artışına göre KV açısından iki misli önemli ise ve 3'den 4'e değer artışı ile 4'den 5'e değer artışı birbirleri ile ve 2'den 3'e değer artışı ile aynı önemde ise her bir ölçek değerinin (performans değeri) dönüştürülmüş tek boyutlu fonksiyon değeri sırasıyla

$$v(1)=0, v(2)=0+2x, v(3)=2x+x, v(4)=3x+x \text{ ve } v(5)=4x+x$$

olur. En iyi değer 1'e eşit olması gerektiğinden $5x=1$ denkleminde x değeri 0.2 olarak bulunur ve fonksiyon değerleri

$$v(1)=0, v(2)=0.4, v(3)=0.6, v(4)=0.8 \text{ ve } v(5)=1$$

şeklinde hesaplanarak fonksiyon çizilir (Şekil 7.1).



Şekil 7.1. Kesikli Doğrusal Tek Boyutlu Değer Fonksiyonuna Örnek

- Üssel (Exponential) Değer Fonksiyonu

Performans değerleri nicel ise en kötü değer ile en iyi değer arasında sonsuz sayıda farklı değer olabileceği için bir kesikli doğrusal fonksiyon yerine sürekli yapıda bir üssel fonksiyon kullanmak gerekebilir.

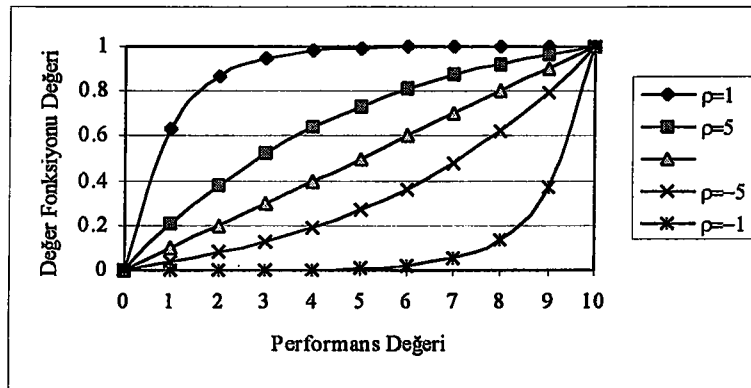
Fonksiyon; eğer bir kar ölçütü üzerinde tanımlanacaksa, x_j^* j . ölçüt için en iyi performans değerini, x_j^- j . ölçüt için en kötü performans değerini ve ρ üssel sabiti göstermek üzere

$$v_j(x_{ij}) = \begin{cases} \frac{1 - \exp\left[-(x_{ij} - x_j^-)/\rho\right]}{1 - \exp\left[-(x_j^* - x_j^-)/\rho\right]}, & \rho \neq \infty \\ \frac{x_{ij} - x_j^-}{x_j^* - x_j^-}, & \text{aksi takdirde} \end{cases} \quad 7.3$$

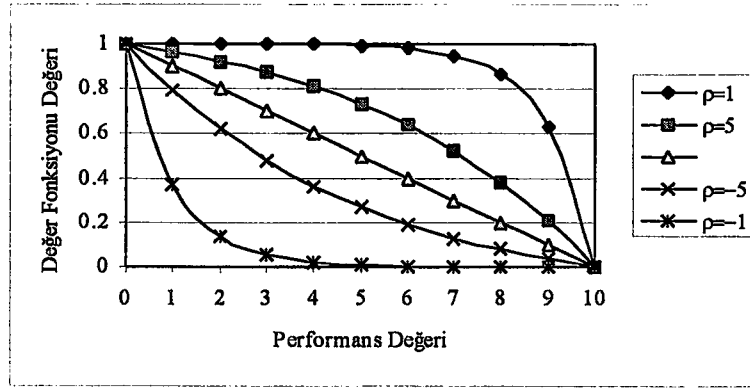
şeklinde çizilir (Şekil 7.2).

Eğer ölçüt, maliyet ölçütü ise fonksiyon çizimi (Şekil 7.3) için aşağıdaki denklem kullanılır:

$$v_j(x_{ij}) = \begin{cases} \frac{1 - \exp\left[-(x_j^- - x_{ij})/\rho\right]}{1 - \exp\left[-(x_j^- - x_j^*)/\rho\right]}, & \rho \neq \infty \\ \frac{x_j^- - x_{ij}}{x_j^- - x_j^*}, & \text{aksi takdirde} \end{cases} \quad 7.4$$



Şekil 7.2. Kar Ölçütü için Üssel Tek Boyutlu Değer Fonksiyonu Örnekleri



Şekil 7.3. Maliyet Ölçütü için Üssel Tek Boyutlu Değer Fonksiyonu Örnekleri

ρ 'nun sonsuz değerini almasıyla denklemden de anlaşıldığı gibi fonksiyon doğrusal bir şekil almaktadır. ρ 'nun küçülmesi ile de fonksiyonun eğriliği artmaktadır. ρ 'nun kullanılacak değeri, ilgilenilen ölçütün performans değerlendirme aralığının "orta değeri"ne bağlıdır. Tek boyutlu değer fonksiyon değeri 0.5 olan performans değeri, orta değer (x_m) olarak kullanılır. Diğer bir deyişle; KV açısından, en kötü performans değeri ile x_m arasındaki farkın değeri, x_m ile en iyi performans değeri arasındaki farkın değerine eşittir. Bu durumda x_m 'i KV'den öğrenmek gerekir. Daha sonra yukarıdaki denklemden x_{ij} yerine x_m kullanarak üssel sabit hesaplanır. Bu hesaplama için Microsoft Excel'de "Hedef Ara" (Goal Seek) komutu kullanılabilir. Eğer x_m iyi ve en kötü performans değerlerinin aritmetik ortalamasına eşit ise ρ sonsuz olarak kabul edilir ve değer fonksiyonu doğrusal şekle gelir. Kar ölçütü söz konusu iken x_m aritmetik ortalamasının altında ise ρ pozitif, üstünde ise ρ negatif işaretlidir (Maliyet ölçütü ise ρ tam tersi işaretlere sahip olur).

ρ 'yu daha kolay hesaplamak için $z_{0.5}$ -R dönüşüm tablosu (Kirkwood, 1997 -s. 69) kullanılabilir. KV'nin belirlediği x_m 'in normalize değeri olan $z_{0.5}$, kar ölçütü için

$$z_{0.5} = (x_m - x_j^-) / (x_j^* - x_j^-) \quad 7.5$$

ve maliyet ölçütü için

$$z_{0.5} = (x_j^- - x_m) / (x_j^- - x_j^*) \quad 7.6$$

denklemleri ile hesaplanır. Daha sonra söz konusu tabloya bakarak veya

$$0.5 = \frac{1 - \exp(-z_{0.5} / R)}{1 - \exp(-1 / R)} \quad 7.7$$

dönüşüm denklemi kullanılarak R (normalize üssel sabit) bulunur.

$$\rho = R * |x_j^* - x_j^-| \quad 7.8$$

denklemleri ile de ρ hesaplanır.

Çok Ölçütlü Değer Teorisine dayalı yöntem de ölçütlere göre performans değerleri arasındaki tüm farkların hesaba katılmasına ve telafi etmeye olanak vardır. Tüm süreç KV'nin kontrolündedir ve her adımı KV için açık ve kolay anlaşılırdır. Fakat her ölçüte ait tek boyutlu değer fonksiyonunu ve göreceli önemi belirlemek için KV'ye çok sayıda soru sormak sıkıcı bir süreç oluşturur. Söz konusu fonksiyonun ayrıştırılabilir ve toplamsal olarak birleştirilebilir olduğunun kabulü gerçek hayata uymayabilir (çok nadir hallerde değer fonksiyonu kabul edilen şekildedir). Fonksiyon, kesikli doğrusal veya üssel dışında bir biçimde de olabilir; bu durumda da doğrusal olmayan tercih fonksiyonunu doğrusal şekilde kullanmak hatalı sonuçlar verebilir.

Sayısal Örnek

Ağırlıklandırılmış Değer Fonksiyonu Modeli otomobil satın alma örneğine uygulanırsa ilk olarak fiyat ölçütü için üssel, diğer ölçütler için ise kesikli doğrusal değer fonksiyonu tanımlanır. Ölçütlerin göreceli önemi olarak da Tablo 6.15.'deki değerler kullanılsın.

Fiyat ölçütü üzerinde tek boyutlu değer fonksiyonunun tanımlanması için kullanılacak aralığın alt sınırı (x_j^*) 100 para birimi, üst sınırı (x_j^-) ise 350 parabirimi olsun. KV bu aralığın orta değeri (x_m) olarak 250 para birimini kabul etsin. Bu durumda üssel sabit (ρ) yukarıda anlatılan yöntemlerden biri (Denklem 7.4'den veya dönüşüm tablosundan faydalanarak) ile 304 olarak hesaplanır. Denklem kullanılarak fiyat ölçütünün örnekte verilen her seviyesi için değer fonksiyonu değerleri hesaplanır:

$$v_f(300) = 0.2705, v_f(250) = 0.5, v_f(200) = 0.6947, v_f(100) = 1$$

Konfor ölçütü için kullanılan ölçek üzerindeki "mükemmel", "orta" ve "zayıf" değerlerinin değer fonksiyonu değerlerini bulmak için KV'ye "zayıf"tan "orta"ya değer artışı ile "orta"dan "mükemmel"e değer artışından hangisini daha önemli bulduğunu ve kaç kez önemli olduğunu sormak gerekir. "Orta"dan "Mükemmel"e değişim diğer değişime göre üç misli önemli olsun:

$$v_k(\text{zayıf}) = 0, v_k(\text{orta}) = 0.25, v_k(\text{mükemmel}) = 1$$

olarak hesaplanır.

Benzer şekilde diğer ölçütler için de ölçek değerleri arasındaki değişimler arasındaki önem sorulsun ve KV; hız ölçütü için "yavaş"dan "orta"ya değer artışı ile "orta"dan "hızlı"ya değer artışını aynı önemde kabul ettiğini, tasarım ölçütü için ise "orta"dan "üstün"e değer artışının "kötü"den "orta"ya değer artışına göre dört misli önemli olduğunu söylesin. Bu durumda söz konusu iki ölçüt için değer fonksiyon değerleri aşağıdaki gibi olur:

$$v_h(\text{yavaş}) = 0, v_h(\text{orta}) = 0.5, v_h(\text{hızlı}) = 1$$

$$v_t(\text{kötü}) = 0, v_t(\text{orta}) = 0.2, v_t(\text{üstün}) = 1$$

Her ölçüt için tanımlanan tek boyutlu değer fonksiyonlarının Tablo 6.1.'deki seçenek performans değerlerine uygulanması ile oluşturulan karar matrisi Tablo 7.1'de verilmiştir.

Tablo 7.1. Değer Fonksiyonu Değerlerinden Oluşan Karar Matrisi

	Fiyat	Konfor	Hız	Tasarım
w	0.3333	0.2667	0.2	0.2
a_1	0.2705	1	1	1
a_2	0.5	1	0.5	1
a_3	0.5	0.25	1	1
a_4	0.6947	0.25	1	0.2
a_5	0.6947	0.25	0.5	1
a_6	0.6947	0	1	1
a_7	1	0	0.5	0.2

Karar matrisindeki değerler kullanılarak her seçeneğin bileşik değer fonksiyon değeri (global puanı) hesaplanır. Söz konusu değerler Tablo 7.2'de verilmiştir.

Görüldüğü gibi en yüksek değere sahip olan a_1 seçeneği KV'ye önerilir.

Tablo 7.2. Seçeneklerin Bileşik Değer Fonksiyon Değeri

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
$v(a_i)$	0.7569	0.7334	0.6333	0.5382	0.5982	0.6315	0.4733

7.2 Basit Toplamlı Ağırlıklandırma

Her seçeneğin, tek boyutlu değer fonksiyonu değerlerinin kullanılması yerine, farklı ölçütlere göre elde ettiği performans değerlerinin doğrudan kullanılıp ölçüt görelî önemlerine göre ağırlıklandırılarak, toplam (global) puanının elde edilmesine dayanan çok kriterli sorun çözüm yöntemine Basit Toplamlı Ağırlıklandırma (Simple Additive Weighting) veya Ağırlıklı Ortalama (Weighted Average) Yöntemi adı verilir (Yoon ve Hwang, 1995; Kleindorfer ve diğ., 1993).

Böylece karar matrisindeki nicel performans değerleri kullanılarak seçeneklerin puanını temsil eden bir vektör oluşturulur. Söz konusu vektördeki seçenek değerleri; w_j , j . ölçütün görelî önemini (normalize edilmiş ağırlık) göstermek üzere aşağıdaki denklemle hesaplanır:

$$V(a_i) = V_i = \sum_{j=1}^n w_j r_{ij} \quad 7.9$$

Elde edilen global puanlar kullanılarak seçenekler arasında bir tam ön sıralama oluşturulabilir (Vincke, 1992):

$$a_i P a_j \Leftrightarrow V_i > V_j \quad 7.10a$$

$$a_i I a_j \Leftrightarrow V_i = V_j \quad 7.10b$$

Söz konusu yöntem de ayrıştırılabilir ve toplamsal olarak birleştirilebilir bileşik değer fonksiyonu kullandığından Çok Ölçütlü Değer Teorisine dayanır ve yöntemin kullanılabilmesi için iki varsayımın geçerli olması gerekir:

- Ölçütler tercihsel olarak bağımsızdır (preferentially independent)
- Ağırlıklar her ölçütün değer fonksiyonunun bir birim değişiminin görelî değeri ile orantılıdır.

Normalizasyon işlemi sırasında genelde doğrusal normalizasyon kullanıldığından ideal bir seçeneğin (her ölçüt için en iyi performans değerlerine sahip) global puanı 1 olacaktır. Herhangi bir seçeneğin hesaplanan global puanının 1'e olan uzaklığı, o seçeneğin ideal seçeneğe olan uzaklığı hakkında KA'ye ve KV'ye bilgi verir.

Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi; basit ve telafi edici olması ile KV'den sadece göreceli önemleri istemesi ve ideal seçeneğe uzaklık hakkında bilgi vermesi yüzünden tercih edilen bir yöntemdir. Fakat nitel performans değerlerini kullanamaz. Ölçüt benzeri veya sözde ölçüt kullanımı durumunda tercih ve kayıtsızlık ilişkileri geçişlilik özelliğini kaybeder (Vincke, 1992).

Sayısal Örnek

Otomobil satın alma örneği için nicel değerlerden oluşan karar matrisindeki (Tablo 6.14) performans değerlerine doğrusal normalizasyon (fiyat ölçütü için Denklem 4.7, diğer ölçütler için Denklem 4.4 kullanılarak) işlemi uygulanır. Elde edilen r_{ij} değerleri (Tablo 7.3) kullanılarak her otomobil türünün (seçeneğin) global puanı hesaplanır (Tablo 7.4):

Tablo 7.3. Otomobil Satın Alma Örneği için Normalize ($r_{ij}(\infty)$) Karar Matrisi

	Fiyat	Konfor	Hız	Tasarım
w	0.3333	0.2667	0.2	0.2
a_1	0.3333	1	1	1
a_2	0.4	1	0.6667	1
a_3	0.4	0.6667	1	1
a_4	0.5	0.6667	1	0.6667
a_5	0.5	0.6667	0.6667	1
a_6	0.5	0.3333	1	1
a_7	1	0.3333	0.6667	0.6667

Tablo 7.4. Seçeneklerin Global Puanları

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
V_I	0.7778	0.7333	0.7111	0.6778	0.6778	0.6556	0.6889

Tablo 7.4'den de görüldüğü gibi tüm seçenekler ortalamanın (0.5) üstündedir ve global puanı en yüksek olan a_1 seçeneği KV'ye önerilir. Ön sıralamaya örnek olacak şekilde; puanları aynı olan a_4 ve a_5 seçenekleri ise aynı sırayı paylaşmaktadırlar.

7.3 Ağırlıklı Çarpım

Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yöntemi gibi seçeneklerin global puanlarını temsil eden bir vektör kullanımına dayanan Ağırlıklı Çarpım (Weighted Product) Yönteminin en büyük özelliği nicel değerlerden oluşan karar matrisi üzerinde normalizasyon işlemi gerektirmemesidir. Seçeneklerin global puanları aşağıdaki şekilde hesaplanır (Yoon ve Hwang, 1995):

$$V_i = \prod_j (x_{ij})^{w_j} \quad 7.11$$

Görelî önemler; kar ölçütü için pozitif ve maliyet ölçütü için negatif işaretli üs olarak kullanılırlar.

Her ne kadar normalizasyon işlemi olmasa da üssel işlem yapıldığından bütün x_{ij} değerlerinin birden büyük olması gerekir. Eğer herhangi bir ölçüt için birden küçük değerler varsa tüm değerler bu ihtiyacı karşılayacak şekilde 10^m ile çarpılmalıdır.

Seçeneklerin Ağırlıklı Çarpım ile hesaplanan global puanları Basit Toplamlı Ağırlıklandırma Yönteminde olduğu gibi ideal seçeneğe uzaklık hakkında bilgi vermez. Değerleri anlamlı hale getirmek için hesaplanan puanları ideal seçenek için hesaplanacak puan ile orantılama yoluna gidilebilir.

Basit ve anlaşılır bir yöntem olan Ağırlıklı Çarpım Yöntemi, KV'den görelî önemler haricinde bilgi istemeyen bir yöntemdir. Fakat bu yöntem de nitel performans değerlerini kullanamaz.

Sayısal Örnek

Nicel değerlerden oluşan otomobil satın alma kararı matrisindeki (Tablo 6.14) performans değerleri kullanılarak her seçeneğin global puanı hesaplanır (Tablo 7.5):

Tablo 7.5. Seçeneklerin Global Puanları

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
V_i	0.3107	0.3045	0.2964	0.2944	0.2944	0.2654	0.2843

Global puanı en yüksek olan a_1 seçeneği KV'ye önerilir.

Söz konusu karar sorunu için ideal bir seçeneğin global puanı ise

$$V(a^*) = 100^{-0.3333} * 3^{0.2667} * 3^{0.2} * 3^{0.2} = 0.4482$$

şeklinde hesaplanır. Tablo 7.5'deki değerler ideal seçeneğin global puanına bölünürse (Tablo 7.6) seçeneklerin ideala uzaklığı hakkında fikir edinilebilir.

Tablo 7.6. Seçeneklerin Global Puanlarının İdeal Seçenek Puanına Oranı

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
V_I	%69.32	%67.93	%66.12	%65.67	%65.67	%59.2	%63.42

7.4 TOPSIS

İdeal Çözüme Benzerliğe (Görelî Yakınlığa) Göre Tercih Sıralaması Tekniği (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) olarak adlandırılan sorun çözüm yöntemi, pozitif ideal çözüme (a^+) olan uzaklığı en az ve negatif ideal çözüme (a^-) uzaklığı en fazla olan seçeneği KV'ye sunmaya ve tüm seçenekleri pozitif ideal çözüme benzerliğe göre sıralamaya yardımcı olur (Yoon ve Hwang, 1995; Hwang ve Lin, 1987).

a^+ tüm ölçütlere göre en iyi performans değerine sahip olan ve gerçek hayatta ulaşılması çok zor olan ideal seçeneği temsil ederken; a^- ise tam tersi şekilde tüm ölçütlere göre en kötü performans değerlerine sahip bir seçeneği temsil etmektedir.

Söz konusu yöntemde sırasıyla aşağıdaki adımlar uygulanır:

1. Karar matrisindeki nicel değerlerin vektör normalizasyonu ile normalize edilmesi (hem kar hem de maliyet ölçütleri için Denklem 4.2 kullanılarak)
2. Ölçütlerin görelî önemlerinin kullanılmasıyla, ilk adımda hesaplanan normalize değerlerin ağırlıklandırılması

$$v_{ij} = w_j * r_{ij} \quad 7.12$$

3. Pozitif ve negatif ideal çözümlerin bulunması

J_1 kar ölçütleri kümesi ve J_2 maliyet ölçütleri kümesi olmak üzere;

$$a^* = \{v_1^*, v_2^*, \dots, v_j^*, \dots, v_n^*\} = \left\{ \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, \dots, m \right\} \quad 7.13$$

$$\alpha^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_j^-, \dots, v_n^-\} = \left\{ \left(\min_i v_{ij} \mid j \in J_1 \right), \left(\max_i v_{ij} \mid j \in J_2 \right) \mid i = 1, \dots, m \right\} \quad 7.14$$

4. Seçeneklerin ideal çözümlere uzaklıklarının hesaplanması

$$S_i^* = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_j^*)^2} \quad 7.15$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad 7.16$$

5. Seçeneklerin pozitif ideal çözüme benzerliklerinin (C_i^*) hesaplanması

$$C_i^* = S_i^- / (S_i^* + S_i^-) \quad 7.17$$

0 ile 1 arasında değerler alabilecek olan C_i^* ; 1 olması durumunda o seçeneğin α^* , 0 olması durumunda ise ilgilenilen seçeneğin α^- olduğunu gösterir.

6. Seçeneklerin benzerliğe göre sıralanması

Tüm seçenekler büyükten küçüğe benzerliklerine göre sıralanırlar.

TOPSIS yöntemi rasyonel KV'nin ideale yakın çözüm bulma isteğini basit varsayımlar altında karşılar fakat nitel performans değerlerine uygulanamaz.

Sayısal Örnek

Otomobil satın alma örneği için nicel değerlerden oluşan karar matrisindeki (Tablo 6.14) performans değerlerine vektör normalizasyonu uygulanması (Denklem 4.2 kullanılarak) sonucu Tablo 7.7'de verilen değerler elde edilir.

Daha sonra Tablo 7.7'deki normalize değerler, ölçütlerin göreceli önemleri kullanılarak ağırlıklandırılır. Ağırlıklandırılmış normalize değerler Tablo 7.8'de verilmiştir.

Üçüncü adım olarak, pozitif ve negatif ideal çözümlerin bulunması gerekir. Fiyat ölçütü maliyet ölçütü olduğundan; ilk sütunun en küçük değeri ile diğer sütunların en büyük değerleri pozitif ideal çözümü verir. Benzer şekilde negatif ideal çözümü elde etmek için ilk sütunun en büyük değeri ile diğer sütunların en küçük değeri kullanılır:

$$a^* = (0.0568, 0.1414, 0.0866, 0.0824)$$

$$a^- = (0.1703, 0.0471, 0.0577, 0.0549)$$

Tablo 7.7. Otomobil Satın Alma Örneği için Normalize ($r_{ij}(2)$) Karar Matrisi

	Fiyat	Konfor	Hız	Tasarım
w	0.3333	0.2667	0.2	0.2
a_1	0.5108	0.5303	0.4330	0.4121
a_2	0.4256	0.5303	0.2887	0.4121
a_3	0.4256	0.3536	0.4330	0.4121
a_4	0.3405	0.3536	0.4330	0.2747
a_5	0.3405	0.3536	0.2887	0.4121
a_6	0.3405	0.1768	0.4330	0.4121
a_7	0.1703	0.1768	0.2887	0.2747

Tablo 7.8. Ağırlıklandırılmış Normalize Değerler

	Fiyat	Konfor	Hız	Tasarım
a_1	0.1703	0.1414	0.0866	0.0824
a_2	0.1419	0.1414	0.0577	0.0824
a_3	0.1419	0.0943	0.0866	0.0824
a_4	0.1135	0.0943	0.0866	0.0549
a_5	0.1135	0.0943	0.0577	0.0824
a_6	0.1135	0.0471	0.0866	0.0824
a_7	0.0568	0.0471	0.0577	0.0549

İdeal çözümler bulunduktan sonra her seçeneğin her iki çözüme de uzaklığı hesaplanır. Elde edilen uzaklıklar kullanılarak, her seçeneğin pozitif ideal çözüme benzerliği bulunur (Tablo 7.9).

Tablo 7.9. İdeal Çözümlere Uzaklık ve Pozitif İdeal Çözüme Benzerlik

	S^*	S^-	C^*	Sıra
a_1	0.1135	0.1024	0.4742	5.
a_2	0.0899	0.1022	0.5321	1.
a_3	0.0973	0.0679	0.4111	6.
a_4	0.0787	0.0792	0.5016	3.
a_5	0.0792	0.0787	0.4984	4.
a_6	0.1100	0.0693	0.3866	7.
a_7	0.1024	0.1135	0.5258	2.

Görüldüğü gibi, a_2 seçeneği pozitif ideal çözüme en benzer seçenek olduğundan KV'ye önerilebilir.

7.5 Analitik Hiyerarşi Süreci

AHS; gruplara ve bireylere, Karar Verme Sürecindeki nitel ve nicel faktörleri birleştirme olanağı veren güçlü ve kolay anlaşılır bir yöntem bilimdir (Saaty, 1989; Saaty, 1996). AHS her sorun için amaç, kriter, olası alt kriter seviyeleri ve seçeneklerden oluşan hiyerarşik bir model kullanır. Karışık, anlaşılması güç veya yapılaşmamış sorunlar için genel bir yöntemdir ve üç temel prensip üzerine kurulmuştur:

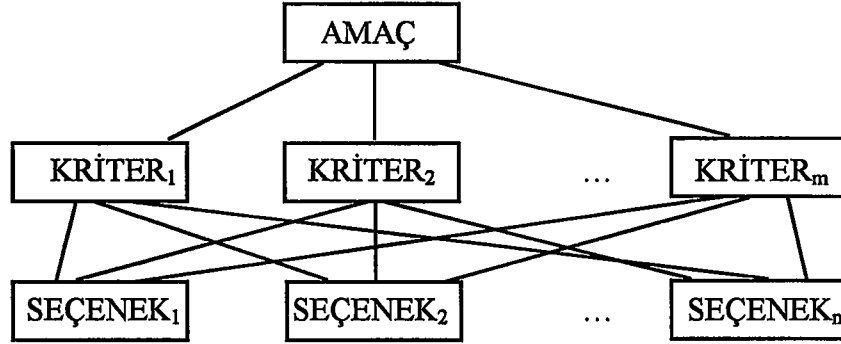
1. Hiyerarşilerin oluşturulması prensibi
2. Üstünlüklerin belirlenmesi prensibi
3. Mantıksal ve sayısal tutarlılık prensibi

Hiyerarşinin tüm parçaları birbirleri ile ilgilidir ve bir faktördeki değişimin diğer faktörleri nasıl etkilediği kolayca görülebilir. AHS'nin hiyerarşik yapısındaki bu esneklik ve etkinlik KV'ye karar sürecinde çok yardımcı olur. Kararları bu yapıda kurarak; bir çok veri türü biraraya getirilebilir, performans seviyelerindeki farklılıklar birbirine uygun hale getirilebilir ve farklı gözüken nesneler arasında karşılaştırma yapılabilir.

Bilişsel psikoloji alanında yapılan deneysel çalışmalar insanların bilişsel yeteneklerinin yüksek miktarda bilgi karşısında zayıf düştüğünü göstermiştir (Bronslow ve Watson, 1987). Bilişsel olarak aşırı yüklenen kişiler sorunun tamamı ile uğraşmak yerine sezgisel yöntemlerle sorunu küçük parçalara ayırıp büyük olasılıkla baskın olmayan çözümler bulmaktadırlar. Bu konuda Miller (Bronslow ve Watson, 1987; Forman, 1990) "Sihirli yedi artı eksi iki rakamı: Bilgi işleme kapasitemiz üzerindeki sınırlar" isimli ünlü makalesinde aynı anda uğraşılacak, beyin tarafından farkı gözetilebilecek ve kısa dönem hafızada işlenebilecek öğe sayısının üst sınırının 7 olduğunu bunun bazı kişilerde 5'e düşerken en fazla 9'a çıkabileceğini belirtmiştir. Bu yüzden insanlar karmaşık sorunlarla karşılaştıklarında söz konusu sorunu daha iyi anlayabilmek için sorunu bileşenlerine ayırmalı ve bu bileşenleri hiyerarşik bir şekilde düzenlemelidirler. Diğer bir deyişle karar verme sorunun olabildiğince ayrıntılı olarak ortaya konması ve daha sonra hiyerarşi olarak adlandırılan ve her biri bir dizi öğeden oluşan katmanlar halinde incelenmesi gerekir. Örneğin yerleşmek için bir şehir seçmek istendiğinde seçenekler belli kriterlere göre

karşılaştırılır. Bu kriterler şehrin kişinin yakınlarının yaşadığı şehre olan uzaklığı, yaşam maliyeti, iklimi, eğitim olanakları, yaşam kalitesi olabilir. Söz konusu kriterler, örneğin yaşam kalitesi; ulaşım, kültür ve eğlence etkinlikleri gibi alt kriterlere ayrılabilir ve sorun çözümü hiyerarşik bir yapıya kavuşturulabilir.

AH modelinde hiyerarşinin en üstünde bir amaç (şehir seçmek); bu amacın altında sırasıyla kriterler, alt-kriterler ve seçenekler vardır (Şekil 7.4).



Şekil 7.4. Basit bir AHS Modeli

Hiyerarşi kullanımı karışık sistemlerle ilgilenmek için etkin bir yoldur. Hem sistem organizasyonuna olanak verdiğinden yapısal olarak hem de sistem içi bilgi kontrolü ve iletişimine olanak verdiğinden fonksiyonel olarak etkindir.

Çok amaçlı karar verilirken en temel sorun, değerlendirilen seçenekler için bir çok kriter göz önünde bulundurularak ağırlık, önem veya üstünlük belirlemektir. AHS; bir hiyerarşideki bu tür tercihlerin belirlenmesi yöntemidir.

Sorun, hiyerarşik bir modele oturtulduktan sonra hiyerarşiyi oluşturan öğelerin göreceli üstünlükleri hesaplanır. KV, bir düzeydeki öğelerin, hiyerarşide hemen bir üst düzeyde yer alan öğeler açısından göreceli önemlerini saptayacak şekilde Tablo 7.10'da görülen değer ve tanımlara dayalı bir puanlama yapar ve ikili karşılaştırmalar matrisi (örn. Tablo 7.11) oluşturulur.

Göreceli önemlerin belirlenmesi için gerekli matematiksel hesaplar aslında ikili karşılaştırmalar matrislerinin en büyük özvektörünün bulunmasından ibarettir. Herhangi bir düzeydeki ikili karşılaştırma matrisinin özvektörünü hesaplamak için, Bölüm 4.3.5.'de belirtildiği gibi, ya Expert Choice paket programından faydalanılır ya da her sütundaki elemanları normalize edip oluşan normalize matrisin her satırındaki elemanların ortalaması bulunur.

Tablo 7.10. AHS Değerlendirme Ölçeği (Saaty, 1989 - s. 55)

Sayısal değer	Tanım
1	Öğeler eşit önemde veya aralarında kayıtsız kalınıyor
3	1. öğe 2.'ye göre biraz daha önemli veya biraz daha tercih ediliyor
5	1. öğe 2.'ye göre fazla önemli veya fazla tercih ediliyor
7	1. öğe 2.'ye göre çok fazla önemli veya çok fazla tercih ediliyor
9	1. öğe 2.'ye göre aşırı derecede önemli veya aşırı derecede tercih ediliyor
2.4.6.8	Ara değerler

Eğer ikili karşılaştırmalar matrisi yerine seçeneklerin ölçüte göre nicel performans değerleri kullanılacaksa, özvektörü hesaplamak için söz konusu performans değerlerinden oluşan vektörü normalize etmek yeterlidir.

Sonuçta, bir seçeneğin bir üst düzey öğeye göre göreceli önemi, söz konusu üst düzey öğenin bir üst düzey açısından göreceli önemi ... vs.'nin çarpılması ve bu işlemin en üst düzey olan amaç düzeyine kadar sürdürülmesi sonucu; hiyerarşinin en alt düzeyinde yer alan seçeneklerin toplam göreceli üstünlükleri, amacı gerçekleştirme açısından, bulunabilir. Toplam göreceli üstünlüklere göre seçenekler en iyiden en kötüye sıralanarak bir tam ön sıralama elde edilir.

Seçeneklerin bir kritere göre ikili karşılaştırılmaları sonucu elde edilen özvektördeki göreceli önemleri seçeneklerin o kritere göre performans değerleri olmasından ve kriterlerin amaca göre ikili karşılaştırılmaları sonucu elde edilen özvektördeki göreceli önemleri kriterlerin ağırlığı olmasından hareket edilirse AHS'nin de ayrıştırılabilir ve toplamsal olarak birleştirilebilir değer fonksiyonlarını kullanması ile Çok Ölçütlü Değer Teorisine dayanan yöntemlere benzediği ileri sürülse de KV'nin tercihini belirlemede değiş-tokuş yerine ikili karşılaştırmalar kullanması sonucu performans değerlerinin aralık ölçeği yerine oran ölçeği üzerinde tanımlanması ve tutarsızlığa belirli bir ölçüde izin vermesi gibi farklar olduğu söylenebilir.

AHS, düşünce ve yargıda tutarlılığı göz önünde bulundurmayı gerektirir fakat tercihler arasında tutarlılık bir ölçüde ihlal edilebilir:

- Öğelerin ikili karşılaştırmaları sırasında geçişgenlik olmayabilir. Örneğin herhangi bir kritere göre, KV, a_i seçeneğini a_j seçeneğine ve a_j seçeneğini ise a_k seçeneğine tercih ederken a_k 'yı de a_i 'ye tercih edebilir.

- Tercihlerin yoğunluklarına ilişkin sayısal bir tutarsızlık olabilir. Örneğin a_i , a_j 'ye üç kez daha fazla ve a_j , a_k 'ye iki kez daha fazla tercih ediliyor iken a_i , a_k 'ye göre altı kez daha fazla tercih edilmeyebilir.

Aslında bu şekilde karşılaştırmalara dayalı bir değerlendirme sırasında mükemmel bir tutarlılığa erişmek hemen hemen imkansızdır. Bir karar modelinin etkinliği irdelenirken modelin kullanımı sonucunda verilen kararın tutarsızlığının ilgili sorun açısından ne denli kötü olduğu araştırılmalıdır. AHS, incelenen sorun için tutarlılık varsayımından sayısal olarak sapma derecesi ile ilgilenir. Sayısal tutarlılık için bu gibi durumlarda kurulan hiyerarşik modelin ikili karşılaştırmalar matrislerine ait tutarsızlık oranlarının %10'dan büyük olmaması gerekir.

Dikkat edilmesi gereken diğer bir özellik ise o düzeyle ilgili tüm öğelerin hiyerarşiye dahil edilmesi ve aynı düzeydeki öğelerin birbirinden bağımsız olmaları gerekliliğidir. Eğer öğeler arasında karşılıklı ilişkiler varsa birbirleriyle birleştirilmeli veya bir tanesi devre dışı bırakılmalıdır.

Son olarak; aynı düzeye ait bir öğenin diğer bir öğeye sonsuz düzeyde tercih edilemeyeceği söylenebilir. Tüm tercihler 1-9 ölçeğinde ifade edilmelidir.

Betimsel modelleme tarzına sahip ve oran ölçeği kullanan AHS anlaşılır ve kullanımı kolay bir yöntemdir. Yöntemin karşısında ve yanında olanların uzun tartışmalarına neden olmuştur (Harker, 1989; Dyer, 1990; Saaty, 1990; Harker ve Vargas, 1990). Yöntemi eleştirenler dezavantaj olarak seçeneklerden birinin değerlendirme dışı bırakılması ya da yeni bir seçeneğin değerlendirmeye alınması durumunda seçeneklerin sıralamasının değişebilmesini (fakat gerçek hayatta KV'ler bu şekilde davranabilir), nominal ölçekte alınan bilginin oran ölçeği olarak kullanılmasını (örneğin ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulurken KV'nin a 'yı b 'ye "fazla tercih etmesi" durumunda 5 kullanılıyor fakat sanki KV $w_a/w_b=5$ demiş gibi işlem yapılıyor) göstermişlerdir.

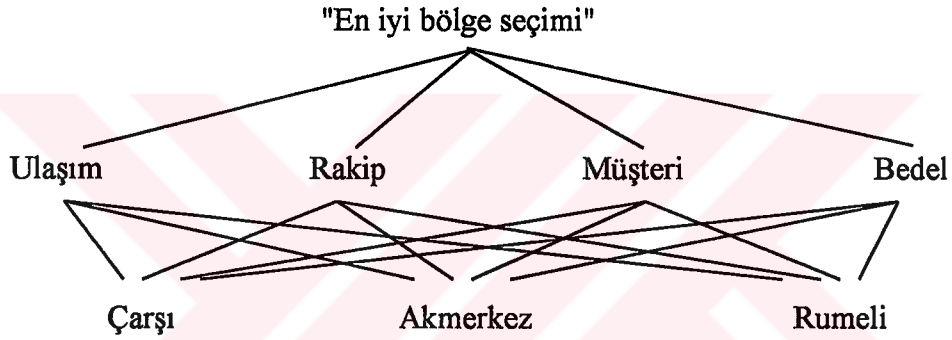
Sayısal Örnek

Özel bir ürün satan ve yeni bir satış mağazası açmak isteyen bir şirketin sahibi; Maslak Çarşı, Akmerkez ve Rumeli Caddesi bölgelerinden kendisi için en iyisini

seçmek durumundadır. Söz konusu KV, seçim sırasında başlıca dört kritere dikkat ettiği varsayılmıştır:

- Bölgenin özel otomobil ile ulaşılabilirliği ve park olanağı (Ulaşım)
- Bölgedeki rakiplerin sayısı (Rakip)
- Bölgeden geçenlerden müşteri olabileceklerin sayısı (Müşteri)
- Bölgedeki dükkanlar için m² başına alınan kira bedeli (Bedel)

Öncelikle sorunun hiyerarşisi oluşturulmalıdır. Hiyerarşinin en üst düzeyinde, ana amaç olan “En iyi bölge seçimi” yer alır. İkinci düzeyde, söz konusu amaca katkıda bulunan dört kriter; son düzeyde ise söz konusu kriterler cinsinden değerlendirilmek üzere seçenekler vardır (Şekil 7.5).



Şekil 7.5. Örnek Sorun için Oluşturulan Hiyerarşik Model

Sorunun hiyerarşisi oluşturulduktan sonra öğelerin göreceli önemlerinin belirlenmesi gerekir. İlk olarak; KV için, dört kriterin ana amaç olan en iyi bölge seçimini sağlamadaki göreceli önemleri belirlenir. Bunun için yapılması gereken kriterlere ikili karşılaştırmalar uygulayıp KV'ye “Karşılaştırılan iki kriterden hangisi, mağazanın bulunacağı bölge açısından daha önemlidir?” türde soru sormak olacaktır. Bu sorunun yanıtını tüm kriterlerin ikili karşılaştırmaları için alarak KV'nin tercih değerlerini saptadığımızda Tablo 7.11'deki ikili karşılaştırmalar matrisi elde edilir. Örneğin amaca göre, m² başına kira bedeli kriteri bölgedeki rakiplerin sayısı kriterine göre KV için beş kat daha önemlidir. Ulaşılabilirlik ve potansiyel müşteri sayısı ise aynı öneme sahiptir.

Söz konusu matris kullanılarak, kriterlerin ana amacı gerçekleştirmesindeki göreceli önemleri saptamak ikinci adımdır. Bu hesaplama için daha önce açıklandığı gibi ikili karşılaştırmalar matrisinin en büyük özvektörü bulunup normalize edilmelidir. Bu

işlem için normalizasyona dayalı yöntem kullanılabileceği gibi Expert Choice paket programından da yararlanılabilir.

Tablo 7.11. Birinci Düzey için İkili Karşılaştırmalar Matrisi

AMAÇ	Ulaşım	Rakip	Müşteri	Bedel
Ulaşım	1	5	1	1/3
Rakip	1/5	1	1	1/5
Müşteri	1	1	1	1/3
Bedel	3	5	3	1

Expert Choice paket programına Tablo 7.11'deki matris verileri girilerek örnek sorunun birinci düzeyine ilişkin görelî önem vektörü aşağıdaki şekilde elde edilir (Tablo 7.12):

Tablo 7.12. Birinci Düzeye İlişkin Görelî Önem Vektörü

KRİTER	w_{AMAC}
Ulaşım	0.243
Rakip	0.094
Müşteri	0.155
Bedel	0.509

Bu durumda örnek sorundaki şirket sahibi için ana amacı en fazla etkileyen kriter % 50.9 ile m² başına kira bedelidir. Bu kriteri % 24.3 ile bölgenin ulaşılabilirliği ve % 15.5 ile bölgeden geçenlerden müşteri olabileceklerin sayısı izlemektedir. KV için bölgedeki rakiplerin sayısı ana amaç için seçenekleri değerlendirirken en az önem verdiği kriterdir (% 9.4). Expert Choice paketi birinci düzey için oluşturulan ikili karşılaştırmalar matrisi için tutarsızlık oranını % 10 olarak bulur. Tutarsızlık % 10'dan büyük olmadığı için devam edilir.

İkinci olarak yapılması gereken, ikinci düzey için aynı tür karşılaştırmaları yapmaktır. Diğer bir deyişle seçeneklerin kriterleri gerçekleştirme açısından ikili karşılaştırmaları söz konusudur. Tablo 7.13, 7.14, 7.15 ve 7.16'da sırasıyla Ulaşım, Rakip ve Müşteri kriterleri açısından üç seçeneğin karşılaştırılmaları ve Expert Choice tarafından hesaplanan görelî önem vektörleri verilmiştir.

İkinci düzey ikili karşılaştırmalar matrisleri için Expert Choice programının verdiği tutarsızlık oranları sırasıyla % 5, % 1 ve %12'dir. Görüldüğü gibi Müşteri kriteri için yapılan ikili karşılaştırmalar matrisinde büyük oranda bir tutarsızlık söz konusudur.

Bu durumda KV'nin matrisi gözden geçirip tercihlerine ilişkin tutarsızlıkları iyileştirmesi gerekebilir.

Tablo 7.13. Ulaşım Kriteri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi

Ulaşım	Çarşı	Akmerkez	Rumeli
Çarşı	1	1/4	3
Akmerkez	4	1	6
Rumeli	1/3	1/6	1

Tablo 7.14. Rakip Kriteri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi

Rakip	Çarşı	Akmerkez	Rumeli
Çarşı	1	3	2
Akmerkez	1/3	1	1/2
Rumeli	1/2	2	1

Tablo 7.15. Müşteri Kriteri için İkili Karşılaştırmalar Matrisi

Müşteri	Çarşı	Akmerkez	Rumeli
Çarşı	1	1/2	1/3
Akmerkez	2	1	2
Rumeli	3	1/2	1

Tablo 7.16. İkinci Düzeydeki Üç Kriteria İlişkin Görelî Önem Vektörleri

Seçenek	w_{ULASIM}	w_{RAKIP}	$w_{MUSTERI}$
Çarşı	0.218	0.540	0.168
Akmerkez	0.691	0.163	0.484
Rumeli	0.091	0.297	0.349

Bedel kriteri açısından seçenekler değerlendirilirken gerçek rakamlar (nicel değerler) kullanılacağından ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturmak gereksizdir. Dikkat edilecek özellik kira bedeli yüksek olan seçeneğin düşük görelî öneme sahip olması için kira bedellerini tersine çevirmek gerektiğidir. Elde edilen değerler, toplamlarına bölünerek normalize edildiğinde Bedel kriterine ilişkin görelî önem vektörü hesaplanmış olur (Tablo 7.17).

Tablo 7.17. Bedel Kriteri için Görelî Önem Vektörü Bulunması

Seçenek	kira/m ²	1/(kira/m ²)	w_{BEDEL}
Çarşı	12	0.0833	0.444
Akmerkez	17	0.0588	0.313
Rumeli	22	0.0455	0.243
Toplam	51	0.1876	1

Üçüncü aşamada yapılması gereken seçenekler için toplam bileşik görelî önemleri hesaplamaktır. Seçeneklerin bileşik görelî öneminin bulunması için, her seçeneğin kriterlere göre görelî önemini söz konusu kriterlerin amaç açısından görelî önemi ile çarpıp elde edilen çarpım değerlerini birbirleriyle toplamak gerekir. Örneğin Akmerkez seçeneğinin Ulaşım, Rakip, Müşteri ve Bedel kriterlerine göre önemi sırasıyla 0.691, 0.163, 0.484 ve 0.313'dür (Tablo 7.16 ve 7.17). Bu önem değerleri kriterlerin Amaç açısından görelî önemleri ile çarpılıp (Tablo 7.12) çarpımların toplamı alınırsa Akmerkez için bileşik görelî önem

$$0.691*0.243 + 0.163*0.094 + 0.484*0.155 + 0.313*0.509 = 0.417$$

olarak bulunur. Benzer işlemler diğer seçenekler için yapıldığında veya Expert Choice programında "distributive mode" için sentez yapıldığında Tablo 7.18'de verilen toplam bileşik görelî önem değerleri bulunmuş olur. Tablo 7.18 incelendiğinde, sonuçlara bağlı olarak, şirket sahibinin yeni mağazasını Akmerkez'de açmayı tercih edeceği anlaşılmaktadır. Akmerkez KV için ulaşılabilirlik ve potansiyel müşteri yaratma bakımından seçenekler arasında en iyi durumdadır. Kira bedeli orta düzeyde olup bölgedeki rakiplerin sayısı bakımından ise en kötü durumdadır. Fakat KV, Rakip kriterini amaç açısından en az önemli kabul ettiğinden Akmerkez seçeneği toplam bileşik görelî önemi en yüksek olan seçenek olmaktadır.

Tablo 7.18. Seçeneklerin Bileşik Görelî Önemleri

Seçenek	Önem
Çarşı	0.355
Akmerkez	0.417
Rumeli	0.227

7.6 AHS Puanlama Yöntemi

Değerlendirilecek seçenek sayısının sihirli rakam olan dokuzu (Bronslow ve Watson, 1987; Forman, 1990) geçmesi durumunda KV'yi aşırı derecede zorlayacak ikili karşılaştırmalar matrisi yerine puanlama kullanmak uygun olacaktır. Bu yöntemde kriter ya da alt kriterler anlamlı şekilde bölümlendirilerek puan aralıkları saptanır. Seçenekler, sayıları ne olursa olsun, bulundukları söz konusu puan aralıklarına göre toplam puanları hesaplanarak amaca göre sıralanabilirler (Saaty, 1989).

Örneğin bir okula yüksek lisans başvurusu yapan adaylar arasından seçim yaparken, aday sayısının çokluğu yüzünden, son düzeyde, adaylar için ikili karşılaştırmalar matrisi yerine puanlama yöntemi kullanılabilir. Mezun olunan üniversitenin durumu, mezuniyet derecesi, sınavdan alınan not, yabancı dil düzeyi, sosyal aktiviteler, tavsiye mektubu vb. değerlendirme ölçütleri belirli aralıklara bölünerek (çok iyi, iyi, ortalama, kötü, çok kötü gibi) puanlandırılır. Daha sonra ikili karşılaştırmalar matrisi yöntemi kullanılarak, ölçütlerin amaca göre önemleri hesaplanır. Adayların toplam göreceli puanları, ölçütlere göre adayların bulundukları aralığa verilen puanların ölçüt göreceli önem puanıyla çarpımlarının toplanması sonucunun alınabilecek en iyi nota oranlanması ile elde edilir.

Sayısal Örnek

Yüksek Lisans başvurusu yapan adaylar arasından seçim yapmak için sıralama yöntemi kullanılsın. Ölçütler ve ölçütlerin değerlendirme aralıkları Tablo 7.19'da verilmiştir.

Tablo 7.19. AHS Modelindeki Değerlendirme Ölçütleri

Kriter	Değerlendirme aralıkları ve puanları	
Mezun olunan üniversitenin durumu (Lisans)	Çok iyi	0.5
	İyi	0.3
	Ortalama	0.15
	Kötü	0.05
Lisans mezuniyet derecesi (Derece)	3.5+	0.5
	3-3.49	0.3
	2.5-2.99	0.15
	2-2.49	0.05
	2'den az	0
Yüksek lisans sınavından alınan not (Sınav)	μ 'nın 2 σ üstü	0.55
	μ 'nın 1 σ ile 2 σ üstü arası	0.3
	μ ile 1 σ üstü arası	0.15
	μ altı	0
Yabancı dil düzeyi (Y. Dil)	Çok iyi	0.6
	Orta	0.3
	Düşük	0.1
Sosyal aktivitelere katılım (Sosyal)	Var	1
	Yok	0
Tavsiye mektubunun durumu (Tavsiye)	Çok iyi	0.75
	İyi	0.25
	Orta	0

Ölçütlerin amaca göre önem puanları Tablo 7.20'deki gibi olsun. Bu puanlar kullanılarak uygulanan sıralama yöntemi sonucu başvuran onbeş aday toplam puanlarına göre Tablo 7.21'de sıralanmışlardır.

Tablo 7.20. Kriterlerin Göreli Önem Vektörü

Kriter	w
Lisans	.0535
Derece	.1575
Sınav	.5363
Y. Dil	.1130
Sosyal	.0868
Tavsiye	.0529

Tablo 7.21. Başvuran Adayların Toplam Puanları

	Lisans	Derece	Sınav	Y. Dil	Sosyal	Tavsiye	Toplam
Aday1	Çok İyi	3.5+	$\mu+2\sigma$	Çok İyi	Var	Çok İyi	1.0000
Aday10	Çok İyi	3-3.49	$\mu+2\sigma$	Çok İyi	Var	İyi	0.9017
Aday2	Çok İyi	3-3.49	$\mu+2\sigma$	Çok İyi	Yok	Çok İyi	0.8502
Aday5	Çok İyi	3-3.49	$\mu+2\sigma$	Orta	Var	İyi	0.8452
Aday6	İyi	3.5+	$\mu+\sigma$	Çok İyi	Yok	Çok İyi	0.6480
Aday15	Çok İyi	3-3.49	$\mu+\sigma$	Çok İyi	Yok	Çok İyi	0.6064
Aday11	Kötü	2.5-2.99	$\mu+\sigma$	Çok İyi	Var	İyi	0.5626
Aday9	İyi	3-3.49	$\mu+\sigma$	Orta	Yok	İyi	0.4933
Aday8	Ortalama	3-3.49	μ	Orta	Var	Çok İyi	0.4530
Aday12	Çok İyi	3-3.49	μ	Düşük	Yok	Çok İyi	0.3660
Aday7	Çok İyi	3-3.49	μ	Düşük	Yok	Çok İyi	0.3660
Aday14	İyi	2.5-2.99	μ altı	Çok İyi	Var	İyi	0.2968
Aday4	Kötü	3-3.49	μ	Düşük	Yok	İyi	0.2826
Aday13	İyi	2-2.49	μ altı	Orta	Var	Orta	0.1912
Aday3	İyi	2.5-2.99	μ altı	Orta	Yok	Orta	0.1358
Aday6	Kötü	2'den az	μ altı	Düşük	Yok	Orta	0.0242

Adayların toplam göreli puanları, ölçütlere göre adayların bulundukları aralığa verilen puanların ölçüt göreli önem puanı ile çarpımlarının toplanması sonucunun alınabilecek en iyi nota oranlanması ile elde edilir.

Örneğin Aday10'un mezun olduğu üniversite çok iyi, lisans mezuniyet derecesi 3-3.49 arası, yüksek lisans sınavından aldığı not ortalamanın iki standart sapma üstünde, sosyal aktivitelere katılımı var ve tavsiye mektubu iyi iken aldığı puan

$$.0535*.5+.1575*.3+.5363*.55+.113*.6+.0868*1+.0529*.25 = .5368$$

olarak hesaplanır. Tüm aralıklarda en iyi olunması durumunda (Aday 1) alınacak puan .595 olduğundan aday 10'un puanı

$.5368 / .595 = .902$ olarak bulunur.



8. ÜSTÜNLÜĞE DAYANAN SORUN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Aşağıdaki alt bölümlerde KV'den alınan bilgilere göre bir a_i seçeneğinin bir a_j seçeneğine karşı iyi olduğu yönündeki düşüncelerin yeterince kuvvetli olması ve aksi yöndeki düşüncelerin kuvvetinin belirli bir düzeyden yukarıda olmaması sonucu a_i seçeneğinin a_j 'ye üstün olduğu (outrank) tanımına göre üstünlük ilişkilerini kuran ve bu ilişkileri kullanarak çözüm öneren ELECTRE ve PROMETHEE yöntem ailelerinden söz edilmiştir.

İki seçenek arasında yukarıdaki tanımın iki yön için de geçerli olması durumunda (hem a_i a_j 'ye üstün hem de a_j a_i 'ye üstün) kayıtsız kalma (indifference) ilişkisi ve iki yön için de geçerli olmaması durumunda (ne a_i a_j 'ye üstün ne de a_j a_i 'ye üstün) karşılaştıramama (incomparability) ilişkisi tanımlandığından, tüm seçeneklerin sonuç sıralaması genelde tam sıralama yerine kısmi sıralama şeklinde olur.

8.1 ELECTRE

"Elimination et Choix Traduisant la Réalité" (Gerçeği tercüme eden eleme ve seçim) deyiminin kısaltılmış şekli olan ELECTRE yöntemi isminden de anlaşıldığı gibi seçim gerektiren sorunlarının çözümü için tasarlanmıştır (Evren ve Ülengin, 1992b). Roy tarafından 1968 yılında geliştirilen bu yöntemin hedefi, değerlendirmede kullanılan seçeneklerin uzlaşık en iyilerinden diğer bir deyişle "tercih edilen"lerinden oluşan en küçük alt kümeyi belirleyip KV'ye sunmaktır (Vincke, 1992; Yoon ve Hwang, 1995).

ELECTRE yöntemi ayrıntıları takip eden paragraflarda anlatılacak olan iki temel adımda incelenebilir (Vincke, 1992):

1. Üstünlük ilişkilerinin kurulması

- Seçeneklerin ikili karşılaştırılmaları sonucu uyumluluk (concordance) ve gerekirse uyumsuzluk (discordance) göstergelerinin hesaplanması
- Uyumluluk eşiği ile uyumsuzluk eşiğinin veya kümesinin belirlenmesi

- Seçenek çiftleri arasındaki üstünlüklerin tanımlanması

2. Üstünlük ilişkilerinin kullanılması (exploitation)

- Seçenek çiftleri arasındaki üstünlüklere dayanan bir çizgenin çizilmesi
- Çizgenin çekirdeğinin bulunması
- Çekirdekteki seçeneklerin KV'ye sunulması

Bouyssou (1996), uyumluluğu yeterli sayıda görüşün ilgilenilen önermeyi desteklemesi ve uyumsuzluğu da önerme aleyhindeki görüşlerin gerektiği kadar kuvvetli olmaması olarak tanımlamıştır.

Seçeneklerin birbirlerine göre uyumluluk göstergesini hesaplamak için; w_k k . ölçütün ağırlığını ve W tüm ölçütlerin toplam ağırlığını göstermek üzere; a_i seçeneğinin a_j seçeneğinden daha iyi veya aynı performans değerine sahip olduğu ölçütlerin ağırlık toplamı tüm ölçütlerin toplam ağırlığına bölünür:

$$c(a_i, a_j) = \left(\sum_{k: x_{ik} \succeq x_{jk}} w_k \right) / W \quad 8.1$$

Uyumsuzluk göstergesi; a_i seçeneğinin a_j seçeneğinden üstün olması aleyhindeki görüşleri temsil ettiğinden, a_j seçeneğinin en az bir ölçüte göre a_i seçeneğinden daha iyi performans değerine sahip olması durumunda sıfırdan farklı bir değer alır. Bu durumda; a_j seçeneğinin daha iyi olduğu ölçütlere göre iki seçeneğin normalize performans değerleri arasındaki en büyük farkın tüm ölçütlere göre herhangi iki seçeneğin normalize performans değerleri arasındaki en büyük farka (δ) bölünmesiyle hesaplanır:

$$d(a_i, a_j) = \begin{cases} 0 & \text{if } x_{ik} \succeq x_{jk}, \forall k \\ (\max_k (r_{jk} - r_{ik}) / \delta, \text{ aksi takdirde} \end{cases} \quad 8.2$$

Performans değerlerinin nicel olmaması durumunda uyumsuzluk göstergesinin bu denklemle hesaplanamayacağı açıktır. Bu durumda ise KV'den hangi performans değer çiftleri için bir seçeneğin diğerine üstünlüğünün kabul edilmeyeceğini gösteren elemanlardan oluşan bir D_k uyumsuzluk kümesi tanımlaması istenir (Bakınız sayısal örnek).

KV tarafından ya da tüm göstergelerin ortalamasının alınması gibi belirli bir yöntem kullanılarak (Zanakis ve diğ., 1998) belirlenen uyumluluk eşiği ($\hat{c}$) ile uyumsuzluk eşiği ($\hat{d}$) veya uyumsuzluk kümesi kullanılarak seçeneklerin birbirlerine göre üstünlükleri (S) aşağıdaki gibi tanımlanır (Vincke, 1992):

$$a_i S a_j \Leftrightarrow \begin{cases} c(a_i, a_j) \geq \hat{c} \\ d(a_i, a_j) \leq \hat{d} \end{cases} \quad 8.3a$$

veya

$$a_i S a_j \Leftrightarrow \begin{cases} c(a_i, a_j) \geq \hat{c} \\ (x_{ik}, x_{jk}) \notin D_k, \forall k \end{cases} \quad 8.3b$$

Son olarak, Bölüm 6.10'da anlatılan Çoğunluk Yönteminde kullanılan teknikler ile seçenek çiftleri arasındaki üstünlüklere dayanan bir çizge çizilir, çizgenin çekirdeği bulunur ve çekirdekteki seçenekler "tercih edilen" seçenek alt kümesi olarak KV'ye sunulur.

Denklemlerden de anlaşılacağı gibi uyumluluk eşiğinde veya uyumsuzluk eşik ya da kümesinde yapılacak bir değişiklik sonuçların değişimine yol açabilir.

ELECTRE yöntemi ilk üstünlük yöntemi olarak literatüre geçmiştir. Bu konudaki yöntembilimsel çalışmaların ve gerçek hayat uygulamalarının başlangıç noktası olmuştur. Söz konusu uygulamaların çokluğu ELECTRE'nin kullanım kolaylığını gösterir.

Üstünlük ilişkilerinin kurulması ve kullanılması yüzünden bu bölümde anlatılan diğer tüm yöntemler gibi KA'yı, KV'nin değer fonksiyonu aramasından veya tahmin etmesinden kurtarır. Diğer tüm ikili karşılaştırmalara dayalı üstünlük yöntemlerinde olduğu gibi seçenek ekleme veya çıkarma sıralamayı değiştirir.

Öte yandan ELECTRE yönteminin gerektirdiği uyumluluk eşiğinin ve uyumsuzluk eşiğinin veya kümesinin KV tarafından belirlenmesi zor bir işlemdir. Çizgenin çekirdeğindeki seçenekler tercih edilen seçenekler olarak KV'ye sunulur fakat onların arasında bir tercih oluşturulmaz. Bu durumda da tek bir seçenek seçmek isteyen KV

zorlanır. Yöntemin uyumluluk ile ilgili kısmının telafi edici olmaması (Bölüm 5.7.2) da bir diğer dezavantajdır.

Sayısal Örnek

Otomobil satın alma örneği nicel ve nitel performans değerlerinden oluştuğu için uyumsuzluk kümesi kullanmak uygun olacaktır. Performans değerleri ve ölçüt ağırlıkları (Tablo 6.1) veri olarak verildiği için, KV'den sadece uyumluluk eşiği ile söz konusu uyumsuzluk kümesinin elemanlarını tanımlaması istenir.

İlk olarak, seçeneklerin ikili karşılaştırılmaları sonucu hesaplanan uyumluluk göstergelerinin elemanı olduğu bir matris oluşturulur (Tablo 8.1).

Tablo 8.1. Uyumluluk ($c(a_i, a_j)$) Göstergeleri (Vincke, 1992 - s. 61)

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
a_1		10/15	10/15	10/15	10/15	10/15	10/15
a_2	12/15		12/15	7/15	10/15	7/15	10/15
a_3	11/15	11/15		10/15	10/15	10/15	10/15
a_4	8/15	8/15	12/15		12/15	12/15	10/15
a_5	8/15	11/15	12/15	12/15		12/15	10/15
a_6	11/15	11/15	11/15	11/15	11/15		10/15
a_7	5/15	8/15	5/15	8/15	8/15	9/15	

Tablodaki matriste de görüldüğü gibi; örneğin a_1 seçeneği ile a_2 seçeneği arasındaki uyumluluk göstergesi; a_1 seçeneğinin daha iyi veya aynı performans değerine sahip olduğu konfor, hız ve tasarım ölçütlerinin toplam ağırlığı olan 10'un (4+3+3) tüm ölçütlerin toplam ağırlığı olan 15'e (5+4+3+3) bölünmesiyle 10/15 olarak bulunur ve birinci satır ikinci sütunda gösterilir. a_2 - a_1 çifti için uyumluluk göstergesi ise a_2 seçeneğinin daha iyi veya aynı performans değerine sahip olduğu fiyat, konfor ve tasarım ölçütlerinin toplam ağırlığı olan 12'nin (5+4+3) 15'e bölünmesiyle 12/15 olarak bulunur ve ikinci satır birinci sütunda gösterilir.

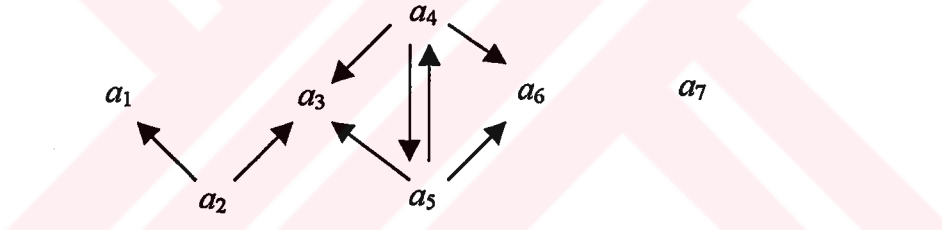
Performans değerleri karışık (nitel ve nicel) olduğu için uyumsuzluk göstergeleri hesaplanamayacağından KV'den uyumsuzluk kümesini tanımlaması istenir. KV aşağıdaki tabloda (8.2) verilen üç durum için a_i seçeneğinin a_j seçeneğine üstünlüğünü reddetsin.

Örneğin a_1 seçeneğinin a_7 seçeneğine göre uyumluluk göstergesi $\hat{c}$ 'ye eşit veya daha büyük olsa bile; a_1 'in fiyatı 300 para birimi olduğundan, fiyatı 100 para birimi olan a_7 seçeneğine üstünlüğü geçersiz sayılır.

Tablo 8.2. Uyumsuzluk Kümesinin (D_k) Elemanları (Vincke, 1992 - s. 62)

	Fiyat	Fiyat	Konfor
a_i	300	250	Z
a_j	100	100	M

KV'nin $\hat{c}$ 'yı 12/15 olarak belirlemesi durumunda Tablo 8.1'e bakılarak uyumluluk göstergesi 12/15'e eşit veya daha büyük olan seçenek çiftleri için uyumsuzluk kümesinin elemanı olmaması şartıyla bir çizge çizilir. Örneğin ikinci satır birinci sütundaki 12/15 göstergesinin temsil ettiği (a_2, a_1) çifti uyumsuzluk kümesinin elemanı olmadıklarından a_2 'nin a_1 'e üstünlüğünü belirtecek şekilde a_2 'den a_1 'e bir ok çizilir. Tablo 8.1 ve 8.2 incelendiğinde sekiz seçenek çiftinin uyumluluk göstergesinin 12/15 olduğu ve bu çiftlerin hiçbirinin uyumsuzluk kümesinin elemanı olmadığı görülür ve Şekil 8.1'de görülen çizge çizilir.



Şekil 8.1. Seçeneklerin ELECTRE Yöntemine Göre Çizgesi

Görüldüğü gibi a_4 ve a_5 seçenekleri arasında kayıtsız kalınmıştır. Bölüm 6.10'da verilen koşullara göre çizgenin çekirdekleri a_2, a_4 ve a_7 ile a_2, a_5 ve a_7 seçeneklerinden oluşan alt kümelerdir. Bu durumda KV'ye a_2, a_7 ile a_4 veya a_5 seçenekleri sunulmalıdır.

8.2 ELECTRE II

"Seçim" amaçlı olan ilk ELECTRE yöntemi yerine benzer teknikler kullanıp seçeneklerin "sıralanması"nı elde etmeye çalışan ELECTRE II yöntemi Roy ve Bertier tarafından 1971 yılında geliştirilmiştir (Vincke, 1992).

ELECTRE II yöntemi de iki temel adımda incelenebilir:

1. Üstünlük ilişkilerinin kurulması

- Seçeneklerin ikili karşılaştırılmaları sonucu uyumluluk göstergelerinin hesaplanması
- İki adet uyumluluk eşiğinin belirlenmesi
- Uyumsuzluk kümesinin belirlenmesi
- Seçenek çiftleri arasındaki kuvvetli ve zayıf üstünlüklerin tanımlanması

2. Üstünlük ilişkilerinin kullanılması

- Seçenek çiftleri arasındaki kuvvetli üstünlüklere dayanan bir çizgenin çizilmesi
- Çizgenin çekirdeğinin bulunması
- Çekirdekteki seçeneklerin ikili değerlendirilmeleri sonucu çekirdekteki diğer seçeneklerden herhangi biri tarafından zayıf üstünlüğe maruz kalmayan seçeneklerin ilk sınıf (alt küme) olarak belirlenmesi
- İlk sınıf haricinde kalan çekirdekteki diğer seçenekler için aynı işlemlerin tekrarlanması ve ikinci sınıf seçeneklerin bulunması
- Bu şekilde devam edilerek en iyiden en kötüye tüm sınıfların belirlenmesi ve çekirdekteki seçenekler arasında bir kısmi ön sıralama oluşturulması
- İkinci bir kısmi ön sıralama için bu sefer çekirdekteki seçeneklerden çekirdekteki diğer hiç bir seçeneğe zayıf üstünlüğü olmayanlardan oluşan en kötü sınıfın belirlenmesi
- En kötü sınıf haricinde kalan çekirdekteki diğer seçenekler için aynı işlemin tekrarlanması ve en kötü ikinci sınıfın bulunması
- Bu şekilde devam edilerek en kötüden en iyiye tüm sınıfların belirlenmesi ve çekirdekteki seçenekler arasında yeni bir kısmi ön sıralama oluşturulması
- İki kısmi ön sıralamanın medyan sıra değerleri hesaplanarak KV'ye sunulması

Yöntem adımlarında da görüldüğü gibi üstünlük ilişkilerinin kurulmasında ELECTRE I'den farklı olarak iki farklı ilişki oluşturacak şekilde iki farklı uyumluluk

eşiği $(\hat{c}_1, \hat{c}_2)$ belirlenmektedir. Kuvvetli üstünlük ilişkisi (S^F) ile zayıf üstünlük ilişkisini (S^f) tanımlamak için $\hat{c}_1 > \hat{c}_2$ olmak üzere aşağıdaki koşullar sağlanmalıdır:

$$a_i S^F a_j \Leftrightarrow \begin{cases} c(a_i, a_j) \geq \hat{c}_1 \\ \sum_{k: x_{ik} \succ x_{jk}} w_k > \sum_{k: x_{ik} \prec x_{jk}} w_k \\ (x_{ik}, x_{jk}) \notin D_k, \forall k \end{cases} \quad 8.4$$

$$a_i S^f a_j \Leftrightarrow \begin{cases} c(a_i, a_j) \geq \hat{c}_2 \\ \sum_{k: x_{ik} \succ x_{jk}} w_k > \sum_{k: x_{ik} \prec x_{jk}} w_k \\ (x_{ik}, x_{jk}) \notin D_k, \forall k \end{cases} \quad 8.5$$

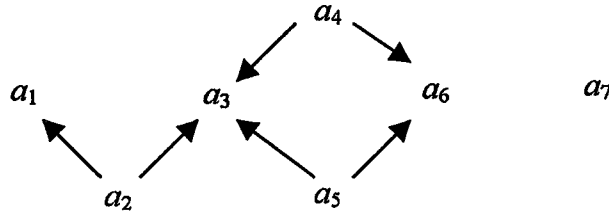
Uyumsuzluk için de istenilirse, zayıf tercih için belirlenecek olan uyumsuzluk kümesinin kuvvetli tercih için belirlenecek olan kümenin alt kümesi olduğu iki farklı küme oluşturulabilir.

ELECTRE I'de belirlenen tercih edilen seçenekler alt kümesinde çok sayıda seçenek varsa onlara belirli bir sıra numarası kazandırarak KV'ye sunulmasını sağlar. İki adet uyumluluk eşiğinin ve uyumsuzluk kümesinin belirlenmesi ise ELECTRE II'nin zayıf tarafıdır.

Sayısal Örnek

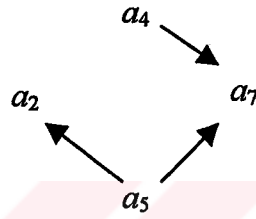
ELECTRE II yöntemi otomobil satın alma örneğine uygulandığında $\hat{c}_1 = 12/15$ olarak alınırsa ve uyumsuzluk kümesi değiştirilmeden kullanılırsa kuvvetli üstünlüğe göre oluşturulacak çizge (Şekil 8.2) a_4 ve a_5 seçenekleri arasındaki kayıtsızlık hariç ELECTRE I'e göre çizilen çizgeye benzer. Söz konusu kayıtsızlığın olmamasının nedeni, S^F koşulunun ikinci önermesinin sağlanmamasıdır (iki seçenek için de diğer seçeneğe göre daha iyi durumda oldukları ölçütlerin ağırlıkları eşittir).

Bu durumda çizgenin çekirdeğini a_2, a_4, a_5 ve a_7 seçeneklerinden oluşan alt küme oluşturur. Daha sonra KV'den $\hat{c}_2$ istenir. Söz konusu uyumluluk eşiğinin 10/12 olarak belirlenmesi durumunda zayıf üstünlük koşulunun tüm önermelerini sağlayan seçenek çiftleri aralarındaki zayıf üstünlük ilişkisi Şekil 8.3.'de verilmiştir.



Şekil 8.2. Seçeneklerin ELECTRE II Yöntemine Göre Çizgesi

Şekil 8.3. incelendiğinde çekirdekteki diğer seçeneklerin herhangi biri tarafından zayıf üstünlüğe maruz kalmayan seçeneklerin a_4 ve a_5 olduğu görülür. Bu iki seçenek ilk sınıfı oluşturur.



Şekil 8.3. Çekirdekteki Seçeneklerin Zayıf Üstünlüğe Göre Çizgesi

İlk sınıf dışında kalan a_2 ve a_7 seçenekleri için aynı işlem tekrarlandığında iki seçenek arasında karşılaştırmama durumuna (iki yönde de ok olmama) rastlanılır. İki seçenek de birbirlerinin zayıf üstünlüğüne maruz kalmadığından ikinci sınıfı oluştururlar.

İkinci bir kısmi ön sıralama için bu sefer çekirdekteki seçeneklerden çekirdekteki diğer hiç bir seçeneğe zayıf üstünlüğü olmayan a_2 ve a_7 seçenekleri en kötü sınıf olarak belirlenir.

En kötü sınıfın dışında kalan a_4 ve a_5 seçenekleri de birbirlerinin zayıf üstünlüğüne maruz kalmadıklarından ikinci sınıfı oluştururlar.

İyiden kötüye ve kötüden iyiye iki kısmi ön sıralama da aynı sıralamayı verdiği için KV'ye a_4 ve a_5 seçenekleri sunulur.

8.3 ELECTRE III

Roy tarafından 1978 yılında geliştirilen ELECTRE III yöntemi ilk iki yöntemden farklı olarak kayıtsızlık ve tercih eşiklerinin kullanımına olanak verir (Salminen ve

diğ., 1998; Vincke, 1992). Diğer bir deyişle ilk iki yöntem gibi sadece gerçek ölçütlere değil aynı zamanda eşik kullanımına olanak veren sözde ölçütlere de uygulanabilir.

ELECTRE III yöntemi; seçenek çiftleri arasında kurulan güvenilir üstünlük (outranking credibility) ilişkilerinden ve ELECTRE II gibi ardarda tekrarlanan işlemlerden yararlanarak seçeneklerin sıralanmasını sağlar (Vincke, 1992). Diğer üstünlük yöntemleri gibi ELECTRE III de iki temel adımdan oluşur:

1. Üstünlük ilişkilerinin kurulması

- Her ölçüt için KV'nin kayıtsızlık ve tercih eşiklerini belirlemesi (ölçütün gerçek olması durumunda iki eşik de sıfır olarak kabul edilir; ölçüt benzeri durumunda ise iki eşik birbirine eşit kabul edilir)
- Her seçenek çifti için her ölçüte göre uyumluluk göstergelerinin ($c_k(a_i, a_j)$) hesaplanması ve ölçüt ağırlıkları ile ağırlıklandırılmalarıyla global uyumluluk göstergelerinin ($c(a_i, a_j)$) elde edilmesi
- Her ölçüt için veto eşiğinin ($v_k(x_{ij})$) KV tarafından belirlenmesi
- Her seçenek çifti için her ölçüte göre uyumsuzluk göstergesinin ($D_k(a_i, a_j)$) hesaplanması
- Seçenek çiftleri arasındaki üstünlük derecelerinin ($S(a_i, a_j)$) tanımlanması

2. Üstünlük ilişkilerinin kullanılması

- En büyük üstünlük derecesine (λ) yakınlık eşiğinin ($s(\lambda)$) belirlenmesi
- $\lambda - s(\lambda)$ değerine eşit veya daha büyük üstünlük derecelerine göre her seçeneğin yeterliliğinin ($Q(a_i)$) hesaplanması
- Yeterliliği en büyük olan seçeneklerden birinci damıtık (distillate) alt kümenin (D_1) oluşturulması
- D_1 'de sadece bir seçenek olması durumunda yukarıdaki işlemlerin seçenek kümesinin diğer seçenekleri için tekrarlanması; D_1 'de birden fazla sayıda seçenek olması durumunda aynı işlemlerin D_1 'de tekrarlanması
- Tüm seçenekler bir damıtık kümeye atanacak şekilde işlemlerin tekrarlanması ile "azalan damıtma zinciri" yordamının ("descending distillation chain")

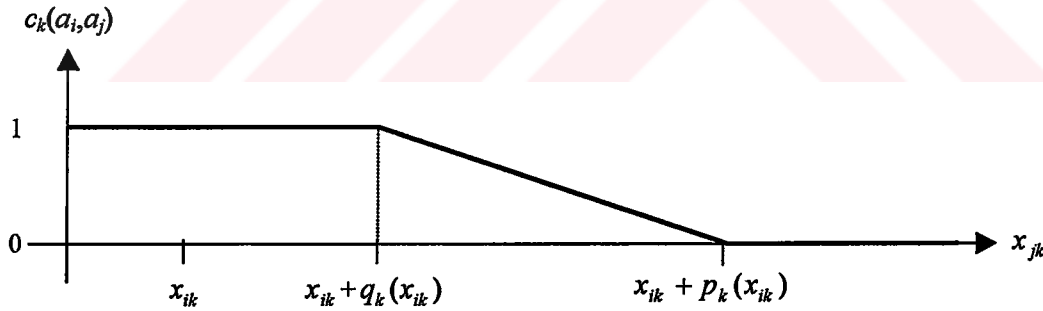
procedure) tamamlanması ve seçenekler arasında bir tam ön sıralama elde edilmesi

- İkinci bir tam ön sıralama için yeterliliği en küçük olan seçeneklerin elenmesine dayalı "çoğalan damıtma zinciri" yordamının ("ascending distillation chain" procedure) uygulanması
- ELECTRE II yöntemindeki gibi elde edilen iki farklı sıralamanın medyan sıra değerleri hesaplanarak seçenek sıralamasının KV'ye sunulması

ELECTRE III yönteminde; KV her ölçüt için kayıtsızlık eşiğini (q) ve tercih eşiğini (p) belirledikten sonra her seçenek çifti için $c_k(a_i, a_j)$ aşağıdaki şekilde hesaplanır (ELECTRE III yönteminin anlatımı sırasında kullanılan tüm denklemler kar ölçütleri içindir; maliyet ölçütleri için gerekli işaret değişimleri yapılmalıdır):

$$c_k(a_i, a_j) = \begin{cases} 1 \Leftarrow x_{ik} + q_k(x_{ik}) \geq x_{jk}, \\ \frac{x_{ik} - x_{jk} + p_k(x_{ik})}{p_k(x_{ik}) - q_k(x_{ik})} \Leftarrow x_{ik} + q_k(x_{ik}) \leq x_{jk} \leq x_{ik} + p_k(x_{ik}), \\ 0 \Leftarrow x_{ik} + p_k(x_{ik}) \leq x_{jk} \end{cases} \quad 8.6$$

Bu denklemle hesaplanan $c_k(a_i, a_j)$ Şekil 8.4'deki gibi gösterilebilir.



Şekil 8.4. Performans Değerleri ile Uyumluluk Göstergesinin İlişkisi

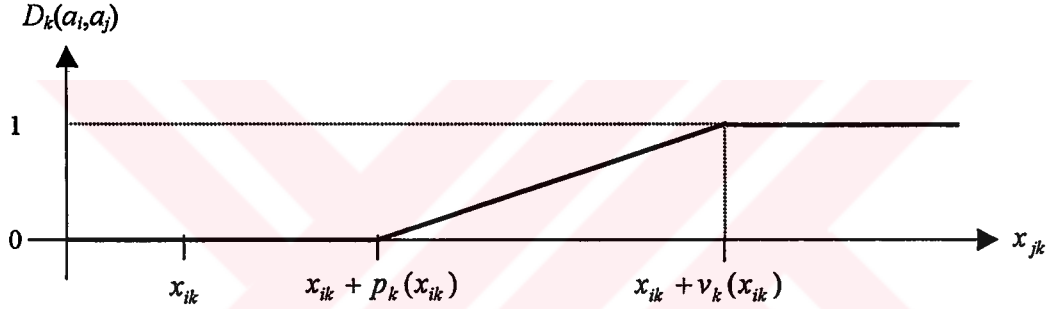
Daha sonra $c(a_i, a_j)$ 'nin elde edilmesi için her $c_k(a_i, a_j)$, ölçütlerin ağırlıkları ile ağırlıklandırılır:

$$c(a_i, a_j) = (\sum_k w_k c_k(a_i, a_j)) / W \quad 8.7$$

İki seçenek arasında herhangi bir ölçüte göre performans farkının o ölçüt için belirlenen veto eşiğinden büyük olması durumunda performans değeri kötü olan seçeneğin diğer seçeneğe olabilecek güvenilir üstünlüğünü reddedilmesi amacıyla KV'den $v_k(x_{ij})$ belirlemesi istendikten sonra p ile v kullanılarak $D_k(a_i, a_j)$ aşağıdaki denklem ile hesaplanır:

$$D_k(a_i, a_j) = \begin{cases} 0 & \Leftarrow x_{ik} + p_k(x_{ik}) \geq x_{jk}, \\ \frac{x_{jk} - x_{ik} - p_k(x_{ik})}{v_k(x_{ik}) - p_k(x_{ik})} & \Leftarrow x_{ik} + p_k(x_{ik}) \leq x_{jk} \leq x_{ik} + v_k(x_{ik}), \\ 1 & \Leftarrow x_{ik} + v_k(x_{ik}) \leq x_{jk} \end{cases} \quad 8.8$$

Bu denklemle hesaplanan $D_k(a_i, a_j)$ Şekil 8.5'deki gibi gösterilebilir.



Şekil 8.5. Performans Değerleri ile Uyumsuzluk Göstergesinin İlişkisi

Üstünlük ilişkilerinin kurulmasında son olarak; $K(a_i, a_j)$, $\{D_k(a_i, a_j) > c(a_i, a_j)\}$ olan ölçütler kümesini göstermek üzere, $S(a_i, a_j)$ aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$S(a_i, a_j) = \begin{cases} c(a_i, a_j) & \Leftarrow D_k(a_i, a_j) \leq c(a_i, a_j), \forall k \\ c(a_i, a_j) * \prod_{k \in K(a_i, a_j)} \frac{1 - D_k(a_i, a_j)}{1 - c(a_i, a_j)} & \end{cases} \quad 8.9$$

Üstünlük ilişkilerinin kullanılması temel adımında ise aşağıdaki gibi formüle edilir.

$$\lambda = \max S(a_i, a_j) \quad 8.10$$

$$Q(a_i) = a_i\text{'nin üstün olduğu seçenek sayısı}$$

$$- a_i\text{'ye üstün olan seçenek sayısı} \quad 8.11$$

ELECTRE III yöntemi de ELECTRE II yöntemindeki gibi tercih edilen seçenekler alt kümesinde çok sayıda seçenek varsa onlara belirli bir sıra numarası kazandırarak KV'ye sunulmasını sağlar. Kayıtsızlık ve tercih eşiklerinin kullanımına olanak verir. Öte yandan KV'nin belirlenmesi gereken çok sayıda teknik parametre olması ve kullanılan kavram ve parametrelerin ekonomik veya fiziksel bir anlamının olmaması yüzünden anlaşılmasının güçlüğü söz konusu yöntemin zayıf yönleridir.

Sayısal Örnek

Otomobil satın alma örneğine ELECTRE III yönteminin uygulanması durumunda dört ölçüt için de kayıtsızlık, tercih ve veto eşiklerinin belirlenmesi gerekir. Söz konusu eşikleri, KV, işlem kolaylığı açısından sabit olarak Tablo 8.3'deki gibi belirlesin.

Tablo 8.3. Kayıtsızlık, Tercih ve Veto Eşikleri

	Fiyat	Konfor	Hız	Tasarım
Q_k	49	0.49	0.49	0.49
p_k	100	1	1	1
v_k	200	2	2	2

performans değerleri arasındaki farka ve eşiklere göre her seçenek çifti için hesaplanan uyumluluk göstergeleri (Denklem 8.6 ve 8.7) Tablo 8.4'de, fiyat ve konfor ölçütlerine göre uyumsuzluk göstergeleri (Denklem 8.8) ise Tablo 8.5 ve Tablo 8.6'da verilmiştir. Diğer iki ölçüt için bütün uyumsuzluk göstergeleri 0'dır.

Tablo 8.4. Uyumluluk Göstergeleri ($c(a_i, a_j)$)

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
a_1		0.9935	0.9935	0.6667	0.6667	0.6667	0.6667
a_2	0.8		0.8	0.7935	0.9935	0.7935	0.6667
a_3	0.7333	0.7333		0.9935	0.9935	0.9935	0.6667
a_4	0.5333	0.5333	0.8		0.8	0.8	0.6667
a_5	0.5333	0.7333	0.8	0.8		0.8	0.6667
a_6	0.7333	0.7333	0.7333	0.7333	0.7333		0.6667
a_7	0.3333	0.5333	0.3333	0.5333	0.5333	0.6	

Tablo 8.5. Fiyat Ölçütü için Uyumsuzluk Göstergeleri ($D_{fiyat}(a_i, a_j)$)

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
a_1		0	0	0	0	0	1
a_2	0		0	0	0	0	0.5
a_3	0	0		0	0	0	0.5
a_4	0	0	0		0	0	0
a_5	0	0	0	0		0	0
a_6	0	0	0	0	0		0
a_7	0	0	0	0	0	0	

Tablo 8.6. Konfor Ölçütü için Uyumsuzluk Göstergeleri ($D_{konfor}(a_i, a_j)$)

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
a_1		0	0	0	0	0	0
a_2	0		0	0	0	0	0
a_3	0	0		0	0	0	0
a_4	0	0	0		0	0	0
a_5	0	0	0	0		0	0
a_6	1	1	0	0	0		0
a_7	1	1	0	0	0	0	

Göstergeler kullanılarak seçenek çiftleri arasındaki üstünlük dereceleri Denklem 8.9 yardımıyla hesaplanır (Tablo 8.7).

Tablo 8.7. Üstünlük Dereceleri ($S(a_i, a_j)$)

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
a_1		0.9935	0.9935	0.6667	0.6667	0.6667	0
a_2	0.8		0.8	0.7935	0.9935	0.7935	0.6667
a_3	0.7333	0.7333		0.9935	0.9935	0.9935	0.6667
a_4	0.5333	0.5333	0.8		0.8	0.8	0.6667
a_5	0.5333	0.7333	0.8	0.8		0.8	0.6667
a_6	0	0	0.7333	0.7333	0.7333		0.6667
a_7	0	0	0.3333	0.5333	0.5333	0.6	

Tablo 8.7'de de görüldüğü gibi en büyük üstünlük derecesi (λ) 0.9935'dir. KV, yakınlık eşiği olan $s(\lambda)$ 'yı 0.01 olarak belirlerse her seçeneğin yeterliliği ($Q(a_i)$) Tablo 8.8'deki gibi hesaplanır (Denklem 8.11).

Tablo 8.8. Seçeneklerin Yeterliliği

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
$Q(a_i)$	2	0	2	-1	-2	-1	0

a_1 ve a_3 seçenekleri en büyük yeterliliğe sahip olduklarından birinci damıtık alt kümeyi oluştururlar. Sadece söz konusu iki seçenek için işlemler tekrarlandığında a_1 'in daha yeterli olduğu görülür ve azalan damıtma zincirinde ilk sıraya yerleştirilir. Geri kalan altı seçenek için tekrar yeterlilikler hesaplanır. Yeni durumda λ değişmez ve $D_2=\{a_3\}$ olur ve a_3 ikinci sıraya yerleşir. Seçenek kümesinin diğer seçenekleri için benzer işlemler yapıldığında damıtık kümeler sırasıyla

$$D_3=\{a_2\}, D_4=\{a_4, a_5\}, D_5=\{a_6\}, D_6=\{a_7\}$$

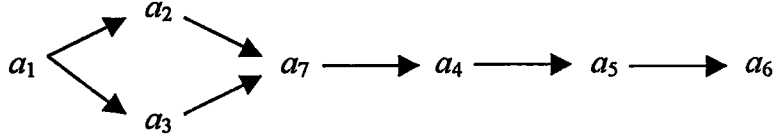
şeklinde olur (sadece a_4 ve a_5 seçenekleri için işlemler tekrarlandığında iki seçenek arasında kayıtsızlık oluşmakta ve seçenekler zincirde aynı sıraya ait olmaktadır).

Çoğalan damıtma zinciri yordamı uygulandığında ise ilk olarak Tablo 8.7'de de görüldüğü gibi yeterliliği en düşük (-2) olan a_5 seçeneği zincirin son sırasına yerleştirilir. Geri kalan seçenekler için yeni yeterlilikler hesaplandığında ise en düşük yeterlilik değerlerine (-1) a_2 , a_4 ve a_6 seçenekleri sahip olur. Söz konusu üç seçenek için işlem tekrarlandığında yeterliliği -2 olan a_6 seçeneği zincirin sondan ikinci sırasına yerleştirilir. Herhangi bir sıraya yerleştirilmeyen diğer beş seçenek için (a_1 , a_2 , a_3 , a_4 ve a_7) tekrarlanan çevrime göre en düşük yeterliliğe (-1) sahip olan seçenekler a_2 ve a_4 olur. Salt bu iki seçenek için işlem tekrarlandığında a_4 zincirin bir önceki sırasına yerleştirilir. Bir sonraki çevrimde a_2 ve a_3 -1 ile en düşük yeterliliğe sahip olur. Tekrar işlem sonucu a_3 bir önceki sıraya yerleştirilir. a_2 seçeneği, a_1 ve a_7 'ye göre yeni çevrim için hesaplanan yeterlilik değerlerinde daha düşük bir değere sahip olduğundan zincirin üçüncü sırasına yerleştirilir. Son çevrimde a_1 ve a_7 seçeneklerinin yeterlilikleri 0 olarak hesaplanır ve aralarındaki kayıtsızlık yüzünden ilk sıraya beraber yerleştirilirler.

Azalan ve çoğalan damıtma zincirlerine göre sıralama ile bu iki farklı sıralamanın medyan sıra değerleri Tablo 8.9'da; medyan sıralamasına dayanarak çizilebilecek çizge ise Şekil 8.6'da verilmiştir.

Tablo 8.9. ELECTRE III'e göre Sıralamalar

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
Azalan	1	3	2	4.5	4.5	6	7
Çoğalan	1.5	3	4	5	7	6	1.5
Medyan	1.25	3	3	4.75	5.75	6	4.25



Şekil 8.6. ELECTRE III'e göre Çizilen Çizge

Tablodan ve şekilden de görüldüğü gibi KV'ye a_1 seçeneği önerilmelidir.

8.4 ELECTRE IV

ELECTRE II yöntemi gibi kuvvetli ve zayıf üstünlükler kullanan ve ELECTRE III yöntemi gibi kayıtsızlık ve tercih eşiklerinin belirtilmesini isteyen ELECTRE IV yöntemi tüm ELECTRE yöntemlerinden farklı olarak ölçek ağırlıklarına gerek duymadan üstünlük ilişkilerinin kurulmasına olanak verir (Vincke, 1992).

Söz konusu yöntem ile kuvvetli ve zayıf üstünlük ilişkilerini (S_F ve S_f) kurmak için her ölçüt üzerinde Bölüm 4.4.4.'de tanımlanan (kayıtsızlık ve tercih eşiklerinin neden olduğu) kuvvetli tercih (P_k) ve zayıf tercih (Q_k) modelleri (Denklem 4.17a ve 4.17b) ile veto eşiğinin (v_k) kullanımı gerekir:

$a_i S_F a_j \Leftarrow a_j$ 'nin a_i 'ye kuvvetli olarak tercih edildiği hiç bir ölçüt yok $\wedge$
 a_j 'nin a_i 'ye zayıf olarak tercih edildiği ölçüt sayısı, a_i 'nin a_j 'ye kuvvetli ya da zayıf olarak tercih edildiği ölçüt sayısına eşit veya daha küçük

$a_i S_f a_j \Leftarrow a_j$ 'nin a_i 'ye kuvvetli olarak tercih edildiği hiç bir ölçüt yok $\vee$
 Ölçütlerin en az yarısına göre a_i 'nin a_j 'ye kuvvetli tercih edilmesi şartıyla a_j 'nin a_i 'ye kuvvetli olarak tercih edildiği fakat iki seçenek arasındaki performans farkının v_k 'den büyük olmadığı sadece bir ölçüt var

İkinci temel adım olan üstünlük ilişkilerinin kullanılması sırasında ise ELECTRE III yönteminde olduğu gibi damıtık alt kümeler oluşturularak işlemler yapılır. ELECTRE IV'de iki farklı üstünlük ilişkisi olduğundan işlemler bazı farklılıklar gösterirler:

- D_1 kümesi için tüm seçeneklerin yeterliliği hesaplanırken S_F kullanılır

- Oluşturulan D_1 kümesinin sadece bir elemanı olması durumunda S_F kullanılarak ELECTRE III'deki gibi işlemlere devam edilir.
- Herhangi bir D_h kümesinde birden fazla sayıda seçenek olması durumunda ise aynı işlemler S_f kullanılarak tekrarlanır

ELECTRE III'deki gibi elde edilen ön sıralamaların kullanılması ile medyan sıra değerleri hesaplanarak seçenek sıralaması KV'ye sunulur.

ELECTRE IV yöntemi ELECTRE III yöntemi gibi eşiklerin kullanımına olanak verir ve seçenekleri KV'ye belirli bir sırada sunar.

Diğer ELECTRE yöntemlerinden farklı olarak ölçütlerin ağırlıklandırılmasına gerek yoktur. Fakat KV'nin belirlemesi gereken çok sayıda parametre vardır.

Sayısal Örnek

ELECTRE IV yöntemini uygulayabilmek için öncelikle; seçenek çiftleri için kuvvetli (S_F) ve zayıf (S_f) üstünlük ilişkilerinin kurulması kapsamında kayıtsızlık, tercih ve veto eşik değerlerinin belirlenmesi gerekir. KV, ELECTRE III yönteminde kullanılan eşik değerlerini kullansın.

Tablo 8.10'da seçenek çiftleri arasında söz konusu üstünlük ilişkilerinin hangisinin geçerli olduğu verilmiştir.

Tablo 8.10. Üstünlük İlişkileri

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
a_1		S_F	S_F	S_F	S_F	S_F	S_f
a_2	S_F		S_F	S_F	S_F		S_f
a_3	S_F	S_F		S_F	S_F	S_F	S_f
a_4		S_F	S_F		S_F	S_F	S_F
a_5		S_F	S_F	S_F		S_F	S_F
a_6	S_f	S_f	S_F	S_F	S_F		S_F
a_7	S_f	S_f					

İkinci temel adım olarak ELECTRE III yöntemindeki gibi azalan ve çoğalan damıtma zincirlerinin oluşturulması gerekir. Tablo 8.11 ve 8.12'de söz konusu oluşum için gerçekleştirilen işlemler hakkında bilgi verilmiştir.

Tablo 8.11. Azalan Damıtma Zinciri Yordamı

Damıtık alt küme No	Elemanları	S _F 'ye göre enb. Q	Zincire Atananlar	S _F 'ye göre enb. Q
1	a_1	3	a_1	
2	a_4, a_5, a_6	1	a_6	1
3	a_4, a_5	1	a_4, a_5	0
4	a_2, a_3, a_7	0	a_2, a_3	1
5	a_7		a_7	

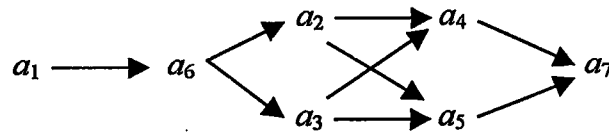
Tablo 8.12. Çoğalan Damıtma Zinciri Yordamı

Çevrim no	Elenmeye adaylar	S _F 'ye göre enk. Q	Elenenler	S _F 'ye göre enk. Q
1	a_7	-3	a_7	
2	a_4, a_5, a_6	-1	a_4, a_5	0
3	a_6	-1	a_6	
4	a_1, a_2, a_3	0	a_1, a_2, a_3	0

Azalan ve çoğalan damıtma zincirlerine göre sıralama ile bu iki farklı sıralamanın medyan sıra değerleri Tablo 8.13'de; medyan sıralamasına dayanarak çizilebilecek çizge ise Şekil 8.7'de verilmiştir. Tablodan ve şekilden de görüldüğü gibi KV'ye a_1 seçeneği önerilmelidir.

Tablo 8.13. Medyan Sıra Değerleri

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
Azalan	1	5.5	5.5	3.5	3.5	2	7
Çoğalan	2	2	2	5.5	5.5	4	7
Medyan	1.5	3.75	3.75	4.5	4.5	3	7



Şekil 8.7. ELECTRE IV'e göre Çizilen Çizge

8.5 PROMETHEE

Brans ve Vincke (1985) tarafından geliştirilen PROMETHEE yönteminin ismi "Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluation" (Değerlendirme Zenginliği için Tercih Sıralama Düzenlemesi Yöntemi) deyiminden gelmektedir (Brans ve diğ., 1986).

Ayrıntısı ileride anlatılacak adımlar sonucu seçeneklerin iki farklı ön sıralaması elde edilir ve bu sıralamalardan faydalanılarak KV'ye bir kısmi ön sıralama sunulur (Brans ve diğ., 1986; Brans ve Mareschal, 1990; Vincke, 1992; Le Teno ve Mareschal, 1998; Abu Taleb ve Mareschal, 1995).

PROMETHEE yönteminde üstünlük ilişkilerinin kurulması temel adımında yapılan işlemler sırasıyla aşağıdaki gibidir (Brans ve Vincke, 1985):

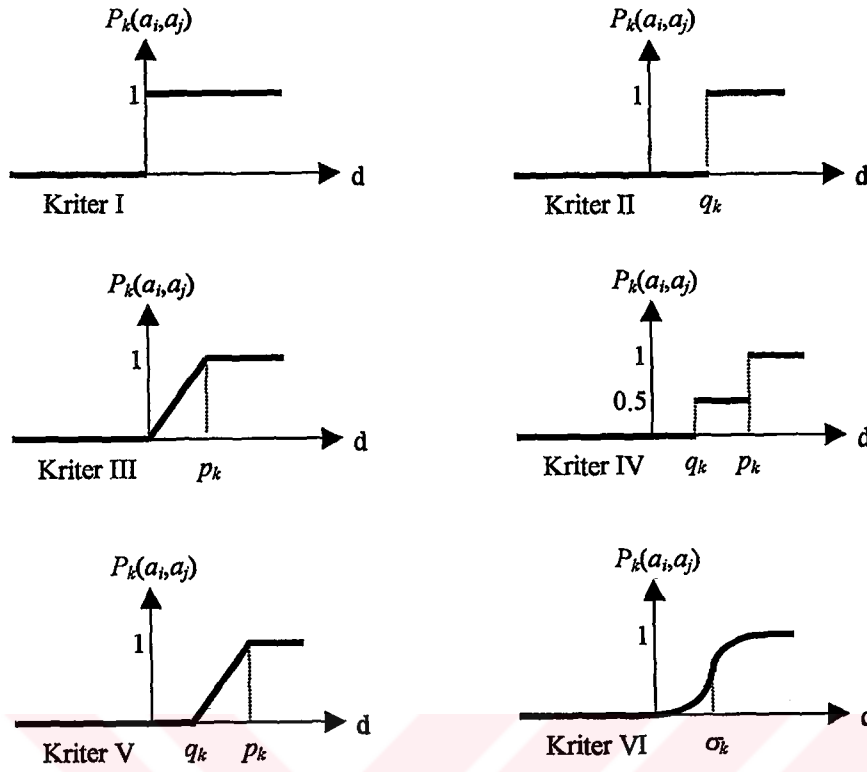
- Genelleştirilmiş Kriterin (Generalised Criterion) tanımlanması
- Kriterle ilgili (varsa) parametrelerin tanımlanması
- Ölçüt ağırlıklarının normalize edilmesi
- Çok Ölçütlü Tercih Göstergesinin hesaplanması
- Tercih Akışlarının (Preference Flows) hesaplanması

İlk olarak, her k ölçütü için a_i seçeneğinin a_j seçeneğine göre tercih edilmesinin yoğunluğunu göstermek üzere genelleştirilmiş bir $P_k(a_i, a_j)$ kriteri tanımlanır. Söz konusu kriterdeki $P_k(a_i, a_j)$ iki seçenek arasındaki nicel performans değeri farkının ya da uzaklığının ($d = x_{ik} - x_{jk}$) fonksiyonudur ve 0-1 ölçeğinde tanımlanır. Uzaklık azalırsa, a_i seçeneğinin a_j seçeneğine göre tercih edilme yoğunluğu da azalacaktır. Fonksiyon değerinin 0 olması ile de iki seçenek arasındaki uzaklık da 0 olacak ve bu durumda iki seçenek arasında KV kayıtsız kalacaktır. $P_k(a_i, a_j)$ 'leri elde etmek için genelleştirilmiş kriteri altı farklı şekilde temsil eden fonksiyon eğrileri kullanılır (Şekil 8.8).

Şekilde görülen genelleştirilmiş kriterlerin her biri özelliklerine göre isimlendirilir. Söz konusu isimler ve kar ölçütüne göre karşılaştırılan seçenek çiftleri arasındaki uzaklık aralıkları için kriterlerin değerleri aşağıdaki gibidir:

- Kriter I: Genel Kullanımlı (Usual) Kriter

$$P_k(a_i, a_j) = \begin{cases} 0 & \forall d \leq 0 \\ 1 & \forall d > 0 \end{cases} \quad 8.12$$



Şekil 8.8. Genelleştirilmiş Kriter Tipleri

- Kriter II: Kriter Benzeri (Quasi)

$$P_k(a_i, a_j) = \begin{cases} 0 & \forall d \leq q_k \\ 1 & \forall d > q_k \end{cases} \quad 8.13$$

- Kriter III: Doğrusal Tercihli (Linear Preference) Kriter

$$P_k(a_i, a_j) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ d / p_k & 0 \leq d \leq p_k \\ 1 & d \geq p_k \end{cases} \quad 8.14$$

- Kriter IV: Seviye (Level) Kriteri

$$P_k(a_i, a_j) = \begin{cases} 0 & d \leq q_k \\ 0.5 & q_k < d \leq p_k \\ 1 & d > p_k \end{cases} \quad 8.15$$

- Kriter V: Doğrusal Tercih ve Kayıtsızlık Alanlı (Indifference Area) Kriter

$$P_k(a_i, a_j) = \begin{cases} 0 & d \leq q_k \\ \frac{d - q_k}{p_k - q_k} & q_k \leq d \leq p_k \\ 1 & d \geq p_k \end{cases} \quad 8.16$$

- Kriter VI: Gaussgil (Gaussian) Kriter

$$P_k(a_i, a_j) = \begin{cases} 0 & d \leq 0 \\ 1 - \exp(-d^2/2\sigma_k^2) & d \geq 0 \end{cases} \quad 8.17$$

Değerlendirme ölçütünün maliyet ölçütü olması durumunda yukarıdaki denklemlerde gerekli işaret değişimleri yapılmalıdır.

Şekil 8.8'den ve denklemlerden de anlaşıldığı gibi; Kriter II, IV ve V kayıtsızlık eşiği (q_k); Kriter III, IV ve V tercih eşiği (p_k) ve Kriter VI standart sapma (σ) parametrelerini KV'nin belirlemesini gerektirmektedir.

Hangi genelleştirilmiş kriterin kullanılacağına karar verilip kriterle ilgili parametreler ve değerler ile her ölçütün normalize ağırlığı (w_k) belirlendikten sonra; sıra $P_k(a_i, a_j)$ 'nin ağırlıklandırılarak Çok Ölçütlü Tercih Göstergesinin ($\pi(a_i, a_j)$) hesaplanmasına gelir:

$$\pi(a_i, a_j) = \sum_k w_k P_k(a_i, a_j) \quad 8.18$$

Son olarak elde edilen Tercih Göstergeleri kullanılarak, A seçenek kümesini göstermek üzere, aşağıdaki Tercih Akışları hesaplanır:

- Çıkan (Leaving) Akış

$$\Phi^+(a_i) = \sum_{a_j \in A} \pi(a_i, a_j) \quad 8.19$$

- Giren (Entering) Akış

$$\Phi^-(a_i) = \sum_{a_j \in A} \pi(a_j, a_i) \quad 8.20$$

Bir seçeneğin Çıkan Akışı ile o seçeneğin diğer seçeneklere ne kadar tercih edildiği ölçülürken; Giren Akışı ile de diğer seçeneklerin söz konusu seçeneğe ne kadar tercih edildiği ölçülür.

PROMETHEE Yönteminin üstünlük ilişkilerini kullanma temel adımı seçeneklerin akışına dayalı bir kısmi ön sıralamanın KV'ye sunulmasından ibarettir. Bunun için Çıkan Akışa göre büyükten küçüğe ve Giren Akışa göre ise küçükten büyüğe iki tam ön sıralama yapılır. İki sıralama biraraya getirilerek Çıkan Akışı büyük, Giren Akışı küçük olan seçenek en iyi seçenek olacak şekilde bir kısmi ön sıralama oluşturulup KV'ye sunulur.

ELECTRE III yöntemindeki gibi bir üstünlük ilişkisi kullanan PROMETHEE yöntemi; ELECTRE III'den farklı olarak KV tarafından kolaylıkla anlaşılabilir fiziksel veya ekonomik anlamı olan kavramlar ve parametreler içerir. Basit bir şekilde güncel tercih modelleme fikirlerini biraraya getirir. Seçenekler arasındaki farkların fonksiyonunu kullanarak ve seçenek çiftlerine tercih yoğunlukları atayarak karar matrisindeki ölçek etkilerini yok eder. ELECTRE III'den daha kararlıdır ve parametrelerdeki değişimler sonucu daha az etkiler (Brans ve diğ., 1986). Yapılanları KV de izleyebildiği ve işlemlerdeki her ayrıntıyı gördüğü için bir kara kutu yöntemi değildir.

Bütün bu olumlu özelliklerinin yanında KV'nin her ölçüt için altı tip kriterden hangisine uyduğunu belirtmesini istemesi PROMETHEE yönteminin kullanımı zorlaştırır. ELECTRE'deki gibi uyumsuzluk hesaplanamaz; veto kullanılamaz. İki performans değeri arasındaki farkın eşiklerin ne kadar üstünde olduğu önemli değildir (biraz üstünde olması ile çok üstünde olması P genel kriterine aynı değeri kazandırır).

Sayısal Örnek

PROMETHEE yöntemi otomobil satın alma örneğine uygulandığında ilk olarak Tablo 6.14'deki nicel değerlerden oluşan karar matrisi ile kullanılarak genelleştirilmiş kriterin tanımlanması gerekir. Tüm ölçütler için "Doğrusal Tercih ve Kayıtsızlık Alanlı" Kriter (Kriter V) kullanılsın. Söz konusu kriterle ilgili her ölçüte göre KV tarafından belirlenen kayıtsızlık ve tercih eşikleri ELECTRE III yönteminde kullanılan değerler olsun (Tablo 8.3).

Her k ölçütü için seçenek çiftleri arasındaki tercih yoğunluğunu gösteren $P_k(a_i, a_j)$ 'ler ilgili parametrelerin ve uzaklıkların kullanımıyla hesaplanmış ve örnek olarak a_1 seçeneğinin diğer seçeneklerle arasında tanımlanan genelleştirilmiş kriter değerleri Tablo 8.14'de verilmiştir.

Tablo 8.14. Genelleştirilmiş Kriter Değer Örnekleri

	Fiyat	Konfor	Hız	Tasarım
a_1-a_2	0.00	0.00	1.00	0.00
a_1-a_3	0.00	1.00	0.00	0.00
a_1-a_4	0.00	1.00	0.00	1.00
a_1-a_5	0.00	1.00	1.00	0.00
a_1-a_6	0.00	1.00	0.00	0.00
a_1-a_7	0.00	1.00	1.00	1.00

Elde edilen $P_k(a_i, a_j)$ 'ler Tablo 6.15'deki ölçütlerin normalize ağırlık değerleri ile ağırlıklandırılarak $\pi(a_i, a_j)$ 'ler hesaplanır. Son olarak $\pi(a_i, a_j)$ 'ler kullanılarak her seçeneğin Φ^+ ve Φ^- değerleri hesaplanır. Söz konusu $\pi(a_i, a_j)$ 'ler ve Φ 'ler Tablo 8.15'de verilmiştir.

Tablo 8.15. Çok Ölçütlü Tercih Göstergeleri ve Tercih Akışları

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	Φ^+
a_1		0.2000	0.2667	0.4667	0.4667	0.2667	0.6667	2.3333
a_2	0.0068		0.2667	0.4667	0.2667	0.2667	0.4667	1.7401
a_3	0.0068	0.2000		0.2000	0.2000	0.2667	0.6667	1.5401
a_4	0.3333	0.2068	0.0068		0.2000	0.2667	0.4667	1.4803
a_5	0.3333	0.0068	0.0068	0.2000		0.2667	0.4667	1.2803
a_6	0.3333	0.2068	0.0068	0.2000	0.2000		0.4000	1.3469
a_7	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333		2.0000
Φ^-	1.3469	1.1537	0.8871	1.8667	1.6667	1.6667	3.1333	

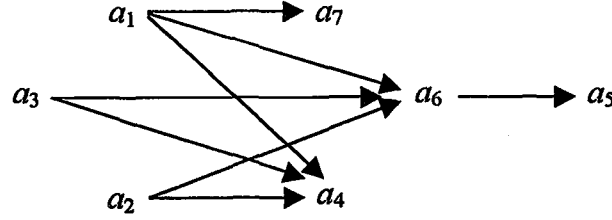
Yöntemin açıklanmasında da belirtildiği gibi elde edilen akışlara dayalı iki tam ön sıralama yapılır. Giren ve Çıkan Akışlara göre sıralamalar Tablo 8.16'de verilmiştir.

Tablo 8.16. Tercih Akışlarına Göre Sıralamalar

	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
Φ^+	1.	3.	4.	5.	7.	6.	2.
Φ^-	3.	2.	1.	6.	4½.	4½.	7.

Tablo 8.16'de verilen iki sıralama biraraya getirildiğinde elde edilen kısmi ön sıralama Şekil 8.9'da görüldüğü gibidir. Bu durumda KV'ye birinci alt kümeyi

oluşturan ve aralarında karşılaştıramama durumu olan a_1 , a_2 ve a_3 seçenekleri sunulabilir.



Şekil 8.9. Seçeneklerin PROMETHEE Yöntemine Göre Çizgesi

8.6 PROMETHEE II

Kısmi ön sıralama veren ilk PROMETHEE yöntemi yerine aynı işlemlerle üstünlük ilişkilerini kurarak tercih akışlarını hesaplayan fakat tercih akışları arasındaki farkı hesaplayarak Net Akışı (Φ) kullanan yöntem PROMETHEE II olarak isimlendirilir (Brans ve diğ., 1986).

$$\Phi(a_i) = \Phi^+(a_i) - \Phi^-(a_i) \quad 8.21$$

denklemleri kullanılarak elde edilen Φ 'ye göre büyük değerden küçük değere bir sıralama yapılacağından seçeneklerin kısmi yerine tam ön sıralaması KV'ye sunulacaktır.

PROMETHEE yönteminin bütün olumlu ve olumsuz özelliklerini barındıran PROMETHEE II yöntemi KV'ye tam ön sıralama verilmesini sağlar. Fakat tam ön sıralama vermeye zorlanınca bilgi kaybına neden olunabileceği gözardı edilmemelidir.

Sayısal Örnek

PROMETHEE II yöntemi aynı örneğe uygulandığında PROMETHEE I'deki işlemler yapıp Tercih Akışları bulunduğundan sonra Net Akışlar hesaplanır ve sıralama söz konusu Net Akışa göre yapılır. Net Akış değerleri ile seçeneklerin sıralaması Tablo 8.17'de verilmiştir.

Tablo 8.17. PROMETHEE II Yöntemine Göre Net Akışlar ve Sıralama

	a_1	a_2	a_3	a_4	A_5	a_6	a_7
Φ	0.9864	0.5864	0.6531	-0.3864	-0.3864	-0.3197	-1.1333
Sıra	1.	3.	2.	5½.	5½.	4.	7.

Görüldüğü gibi en yüksek Φ 'ye sahip olan a_1 seçeneği KV'ye çözüm olarak sunulur.



9. ETKİLEŞİMLİ SORUN ÇÖZÜM YÖNTEMLERİ

Etkileşimli yöntemler KV-KA arasındaki diyalog ile değişen ve her seferinde tekrar eden çevrimli hesaplama adımlarından oluşur. İlk hesaplama adımı sonunda KV'nin oluşturduğu bir başlangıç çözümü kendisine sunulur. Çözüm üzerinde düşünerek tercihlerini belirtmek üzere daha fazla bilgi vermesi istenir. Alınan yeni bilgilerle yeni hesaplamalar yapılarak yeni bir çözüm üretilir ve KV'ye sunulur. Bu şekilde KV'nin sürece katılarak çözümün ayrıntılandırılmasına doğrudan katkıda bulunduğu diyalog etkileşimi sürerek KV'nin en çok tercih ettiği çözüme ulaşılmaya çalışılır. KV sunulan çözümden memnun oluncaya veya süreci bitirmeye karar verinceye kadar etkileşim sürer.

Aşağıdaki alt bölümlerde Çok Ölçütlü Karar Verme Sorunlarının çözümü için kullanabilen en tanınmış etkileşimli yöntemler incelenmiştir:

- Referans / İstek düzeyi yöntemleri: PRIAM, STEM, Değişen Hedef, AIM, VIG
- Değer / fayda fonksiyonuna dayanan yöntem: Dışbükey koniler

9.1 PRIAM

PRIAM (Programme utilisant l'Intelligence Artificielle en Multicritère - Çok Kriterli Karar Verme sırasında Yapay Zeka kullanan program) yöntemi isminden de anlaşıldığı gibi Yapay Zeka anlayışına dayalıdır (Levine ve Pomerol, 1986).

KV, seçenek kümesi üzerinde inceleme yapmak amacıyla, KA'nın yardımıyla bir "arama ağacı" (searching tree) kurar ve bu ağaç yardımıyla en çok istediği çözüme (seçeneğe) ulaşmaya çalışır. Arama ağacı, tüm ölçütler için KV'nin belirlediği istek düzeylerini gösteren durumları (state) temsil eden düğümlerden ve yine KV'nin istek düzeylerini değiştirmesi ile durumlar arasında hareket etmeye olanak veren işleticilerden (operator) oluşur.

Süreç sırasında KV'nin ağaç üzerinde geri dönüşüne olanak verildiğinden durumlar iki türde olabilir:

- KV'nin o anki tercihinden emin olduğu "kesin" (imperative) durumlar
- Diğer "deneme amaçlı" (tentative) durumlar (KV'nin memnun olmaması ve tercihinini değiştirmek istemesi durumunda söz konusu durumlara ait yollardan gerideki duruma dönülebilir)

Yöntemin işleyişi aşağıdaki adımlardan oluşur:

1. Basılığın seçenekler elenir.
2. KV'den bir başlangıç çözümü oluşturması istenir (herhangi bir çözüm öneremezse tüm ölçüt değerlerini 0 olarak girebilir). Başlangıç çözümü "geçici en iyi çözüm" olarak atanır.
3. Program tarafından her ölçüte göre en kötü performans değerı (kar ölçütü için en küçük; maliyet ölçütü için en büyük değer) o ölçüte ait istek düzeyi olarak kabul edilerek başlangıç durumu tanımlanır.
4. Eğer tüm ilginç işleticileri kullandığına inanmıyorsa, KV'den bir işletici kullanarak (bazı ölçütler için istek düzeylerini iyileştirerek) yeni bir durum tanımlaması istenir. Aksi halde 10. Adıma gidilir.
5. KV'den kullandığı işleticinin türünü ("kesin" ya da "deneme amaçlı") belirlemesi istenir. Alınan yanıtı göre tanımlanan yeni durumun türü saptanır.
6. Yeni istek düzeylerini sağlayamayan (performans değerleri daha kötü olan) seçenekler elenir.
7. Geri kalan uygun seçenekler belirli bir sayının (örneğin 3) üstünde ise KV'ye geri dönmek isteyip istemediği sorulur. Geri dönmek isterse en son geçilen "kesin" duruma geri dönölür. Devam etmek isterse 4. adıma gidilir.
8. Geri kalan uygun seçenekler arasında KV'nin en çok tercih ettiği seçeneği belirlemesi istenir.
9. KV'nin, en çok tercih ettiği seçenek "baskın çözümler" kümesinin elemanı olur ve KV söz konusu seçeneği "geçici en iyi çözüm" ile karşılaştırır. Tercih ettiği çözüm yeni "geçici en iyi çözüm" olur.
10. En son geçilen "deneme amaçlı" durumdan bir önceki duruma geri dönölmeye çalışılır. Eğer böyle bir durum varsa 4. adıma gidilir. Böyle bir durum yoksa program biter.

11.KV'ye "geçici en iyi çözüm" seçebileceği "en iyi çözüm" olarak sunulur. Ayrıca "baskın çözümler" kümesindeki seçenekler de bilgi verme amaçlı olarak KV'ye sunulur.

Yapısal olmayan ve etkileşimli bir yöntem olan PRIAM yöntemi ne matematiksel varsayımlara ne de karışık hesaplamalara ihtiyaç duyar. KV'den tek istenilen ölçütler için istek düzeylerini belirlemesi ve az sayıda ikili karşılaştırma yapmasıdır. Aynı zamanda KV için süreç sırasında tutarsızlığa, "bilmiyorum" yanıtı vermesine ve geri dönüşlere olanak verir. KV'nin tercihleri doğrudan ve açık bir şekilde kullanılır.

Sayısal Örnek

Otomobil satın alma örneğine PRIAM yöntemi uygulanması halinde izlenecek adımlar aşağıdaki gibi olabilir:

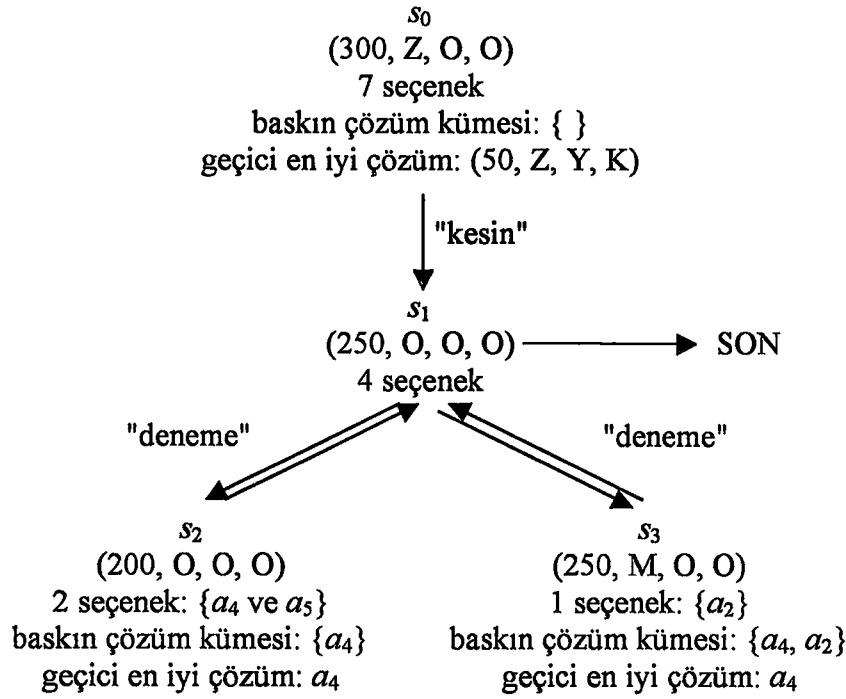
- Tablo 6.2'de de görüldüğü gibi hiç bir seçenek basılgın değildir ve elenmez.
- KV'nin başlangıç çözümü (50, zayıf, yavaş, kötü) vektörü olsun (vektör değerleri sırasıyla fiyat, konfor, hız ve tasarım ölçütlerinin değerleridir) ve "geçici en iyi çözüm" olarak atansın.
- Program tarafından s_0 başlangıç durumu Tablo 6.1'deki karar matrisinin en kötü değerleri kullanılarak (300, zayıf, orta, orta) vektörü ile tanımlansın.
- KV fiyat ve konfor ölçütlerinde iyileştirme yapmak istesin ve yeni s_1 durumunu (250, orta, orta, orta) olarak tanımlasın.
- KV, 4. Adımda kullandığı işleticiyi "kesin" olarak belirlesin. Böylece s_1 "kesin" olur.
- Yeni durumu sağlayamayan a_1 , a_6 ve a_7 seçenekleri elenir. Geriye dört seçenek kalır.
- KV geri dönmek istesin ve en son geçilen kesin durum olan s_1 'e dönsün.
- KV, "deneme amaçlı" bir işletici ile fiyat ölçütünde 250 para biriminden 200 para birimine iyileştirme yaparak s_2 'yi tanımlasın: (200, orta, orta, orta)
- s_2 'yi sağlayamayan a_2 ve a_3 seçenekleri de elenir ve geriye sadece a_4 ve a_5 seçenekleri kalır.

- Geriye kalan uygun seçenek sayısı iki olduğundan 8. adıma geçilebilir ve KV'ye iki seçenektan hangisini tercih ettiği sorulur.
- KV, a_4 seçeneğini tercih etsin. Bu durumda söz konusu seçenek "baskın çözümler" kümesinin elemanı olur ve KV'den bu seçenek (200, orta, hızlı, orta) ile "geçici en iyi çözüm"ü (0, zayıf, yavaş, kötü) karşılaştırması istenir. KV yeni "geçici en iyi çözüm" olarak (200, orta, hızlı, orta) vektörünü (a_4 seçeneği) seçsin.
- En son geçilen deneme amaçlı s_2 durumundan bir önceki s_1 durumuna geri dönülür.
- "Deneme amaçlı" bir işletici ile KV konfor ölçütünü iyileştirerek s_3 'ü (250, mükemmel, orta, orta) olarak tanımlasın
- s_3 'ü sağlayamayan a_2 haricindeki seçenekler elenir
- Geriye kalan uygun seçenek sayısı bir olduğundan 8. adım atlanarak 9. adıma geçilebilir ve a_2 seçeneği "baskın çözümler" kümesinin elemanı olur. KV'den bu seçenek (250, mükemmel, orta, üstün) ile "geçici en iyi çözüm"ü (200, orta, hızlı, orta) karşılaştırması istenir. KV yeni "geçici en iyi çözüm" olarak tekrar (200, orta, hızlı, orta) vektörünü (a_4 seçeneği) seçsin.
- En son geçilen deneme amaçlı s_2 durumundan bir önceki s_1 durumuna geri dönülür.
- KV s_1 için tüm ilginç işleticileri kullandığına inansın. Daha geride "deneme amaçlı" bir durum olmadığı için program biter
- a_4 ve a_2 seçeneği "baskın çözümler" kümesini oluşturur ve a_4 seçeneği KV'ye sunulur.

Uygulanan yöntem sonucu oluşan arama ağacı Şekil 9.1'deki gibidir.

9.2 STEM

Benayoun ve diğ. tarafından 1971 yılında çok amaçlı doğrusal programlama sorunları için geliştirilen ilk etkileşimli yöntem olan STEM; Adım (Step) Yöntemi olarak da isimlendirilir (Szidarovszky ve diğ., 1986). Vincke (1992), söz konusu yöntemin kesikli sorunlar için de kullanılabileceğini öne sürmüştür.



Şekil 9.1 Otomobil Satın Alma Örneği için PRIAM Arama Ağacı

Böyle bir durumda STEM yönteminin kullanılması durumunda takip edilmesi gereken adımlar; Z_A , A seçenek kümesinin ölçüt uzayındaki görüntüsü (image) ve Z_A kümesinin elemanı olan z ($(z_1, z_2, \dots, z_n) = (x_{11}, x_{12}, \dots, x_{in})$), KV'ye sunulan uzlaşık çözüm olmak üzere, aşağıdaki gibidir:

- Her bir ölçüt için en iyi durumda olan seçeneğin satırlarını, ölçütlerin ise sütunlarını oluşturduğu ödemeler (payoff) matrisi tanımlanır
Matrisin köşegenindeki değerler sorun için ideal noktayı; sütunların (her ölçütün) en kötü değerleri ise en kötü (nadir) noktayı verir.
Elde edilen noktalar kullanılarak normalizasyon katsayıları (λ_j) hesaplanır:
 $Z_A^1 = Z_A$ olarak tanımlanır ve $h=1$ olarak kabul edilir.
- Aşağıdaki doğrusal programlama modeli çözülerek z^h uzlaşık çözümü hesaplanır:

$$\text{enk. } (\varepsilon - \sum_j \rho_j z_j)$$

öyle ki

$$\lambda_j (z_j^* - z_j) - \varepsilon \leq 0, \quad (j=1, \dots, n)$$

$$z \in Z_A^h$$

9.1

Yukarıdaki modelde ρ_j yeterince küçük bir pozitif değerdir.

Uzlaşık çözümün, ölçütlerin alabileceği en küçük ve en büyük değerler aralığında kalması için, söz konusu değerler sınır kısıtları olarak modele eklenebilir.

3. z^h referans düzeyi olarak KV'ye sunulur. Bunun için iki farklı yaklaşım kullanılabilir:

- Referans noktasının değerleri ile bu noktadan daha kötü olan seçenekler elenmesi sonucu geride kalan seçenekler KV'ye sunulur.
- Referans noktasına en yakın (uzaklığı en az) seçenek KV'ye sunulur.

KV memnun olursa yöntem biter. Memnun olmazsa KV'den kriterlerden biri (k) için uzlaşık çözüm değerinde belirli bir miktarda ödün (Δ_k) vermesi istenir.

4. $Z_A^{h+1} = \{z \in Z_A^h : z_k \geq z_k^h - \Delta_k; z_j \geq z_j^h, \forall j \neq k \text{ olarak tanımlanır.}$

$\lambda_k=0$ ve $h=h+1$ olarak kabul edilerek 2. adıma dönülür.

Yukarıdaki adımlarda;

z_j^* ideal noktanın j . ölçüt için değerini ve z_j^- en kötü noktanın j . ölçüt için değerini göstermek üzere,

$$\alpha_j = \frac{z_j^* - z_j^-}{|z_j^*|} \quad 9.2$$

kullanılarak

$$\lambda_j = \frac{\alpha_j}{\sum_j \alpha_j} \quad 9.3$$

normalizasyon katsayıları hesaplanır.

Seçeneklerin uzlaşık çözüme uzaklıklarının hesaplanması için tez kapsamında, $r_z(2)$ uzlaşık çözümün j . ölçüte göre vektör normalizasyonu sonucu değerini göstermek üzere, aşağıdaki uzaklık denklemi kullanılmıştır (Szidarovszky ve diğ., 1986):

$$d(a_i, z) = \sqrt{\sum_j w_j |r_{ij}(2) - r_{zj}(2)|^2} \quad 9.4$$

STEM yöntemi basit işlemlerden oluşması ve belirli bir değer fonksiyonunun varlığını gerektirmemesi avantajlarına sahiptir. Fakat programın kullanımı sırasında geri dönüşe izin verilmez. KV fikrini değiştirirse sürece en baştan başlaması gerekir. KV'nin hangi ölçütte, ne kadar ödün vereceğini belirlemesi de zor olabilir.

Sayısal Örnek

Otomobil satın alma örneği için ilk yapılacak işlem ödemeler matrisini oluşturmaktır. Fiyat ölçütüne göre a_7 , diğer ölçütlere göre a_1 seçenekleri en iyi durumdadır. Bu durumda ödemeler matrisi; birinci satırında a_7 seçeneğinin tüm ölçütler için performans değerleri; ikinci, üçüncü ve dördüncü satırlarda ise a_1 seçeneğinin tüm ölçütler için performans değerleri olmak üzere tanımlanır (Tablo 9.1)

Tablo 9.1. Otomobil Satın Alma Örneği için Ödemeler Matrisi

	Fiyat	Konfor	Hız	Tasarım
a_7	100	1	2	2
a_1	300	3	3	3
a_1	300	3	3	3
a_1	300	3	3	3

Matrisin köşegenindeki değerler ve sütunların en kötü değerleri kullanılarak ideal (100, 3, 3, 3) ve en kötü (300, 1, 2, 2) noktalar elde edilir. Söz konusu noktalar kullanılarak α 'lar Denklem 9.2 yardımıyla fiyat ölçütü için $(300-100)/100$; konfor ölçütü için $(3-1)/3$; diğer iki ölçüt için ise $(3-2)/2$ işlemleri yapılarak sırasıyla 2, 0.67, 0.33 ve 0.33 olarak hesaplanır. Denklem 9.3'de değerler yerine konularak (örneğin fiyat ölçütü için $2/(2+0.67+0.33+0.33)$) normalizasyon katsayıları noktası (0.6, 0.2, 0.1, 0.1) olarak hesaplanır.

$$\text{enk.} \quad \varepsilon - 0.006 z_1 - 0.002 z_2 - 0.001 z_3 - 0.001 z_4$$

öyle ki

$$- \varepsilon + 0.6 z_1 \leq 60$$

$$- \varepsilon - 0.2 z_2 \leq -0.6$$

$$- \varepsilon - 0.1 z_3 \leq -0.3$$

$$-\varepsilon - 0.1 z_4 \leq -0.3$$

9.5a

ayrıca aşağıdaki kısıtlar yukarıdaki modele eklenerek oluşturulacak uzlaşık çözümün ölçütlerin alabileceği en küçük ve en büyük değerler aralığında kalması sağlanır:

$$z_1 \geq 100$$

$$z_1 \leq 300$$

$$z_2 \leq 3$$

$$z_2 \geq 1$$

$$z_3 \leq 3$$

$$z_3 \geq 1$$

$$z_4 \leq 3$$

$$z_4 \geq 1$$

$$\varepsilon \geq 0$$

9.5b

9.5a ve 9.5b biraraya getirilerek model çözülür ve uzlaşık çözüm (100, 3, 3, 3) olarak hesaplanır. Bu referans noktasını sağlayan hiç bir seçenek yoktur. En yakın seçenek ise a_7 seçeneğidir.

KV devam etmek istesin ve konfor ölçütü için 1 birimlik ödün versin. Denklem 9.5'de verilen model, " $-\varepsilon - 0.2 z_2 \leq -0.6$ " kısıtı ($\lambda_2=0$ olduğundan) iptal edilip " $z_2 \leq 3$ " yerine " $z_2 \leq 2$ " kullanılarak tekrar çözülürse yeni uzlaşık çözüm (100, 2, 3, 3) olarak hesaplanır. Bu referans noktasını da sağlayan hiç bir seçenek yoktur ve en yakın seçenek yine a_7 seçeneğidir.

KV bu sefer de fiyat ölçütünde 100 para birimlik bir ödüne razı olsun.

$$\text{enk. } \varepsilon - 0.006 z_1 - 0.002 z_2 - 0.001 z_3 - 0.001 z_4$$

öyle ki

$$-\varepsilon - 0.1 z_3 \leq -0.3$$

$$-\varepsilon - 0.1 z_4 \leq -0.3$$

$$z_1 \geq 200$$

$$z_1 \leq 300$$

$$z_2 \leq 2$$

$$z_2 \geq 1$$

$$z_3 \leq 3$$

$$z_3 \geq 1$$

$$z_4 \leq 3$$

$$z_4 \geq 1$$

$$\varepsilon \geq 0$$

9.6

modeli çözülerek (300, 2, 3, 3) uzlaşık çözümü bulunur. Söz konusu referans noktasına göre iyi durumda olan a_1 ve a_3 seçenekleri ya da en yakın seçenek olan a_3 seçeneği tek başına KV'ye önerilir.

9.3 Değişen Hedef Yöntemi

Roy tarafından 1976 yılında geliştirilen Değişen Hedef (Evolving Target) Yöntemi deneme yanılma yaklaşımı ile ilgilenilen bir alanda arama yapılmasına dayalıdır (Vincke, 1992). Söz konusu yöntem KV'den alınan istek düzeyini kullanarak kesikli sorunlarda da kullanılabilir.

Değişen Hedef Yönteminin kullanılması durumunda takip edilmesi gereken adımlar aşağıdaki gibidir:

1. $Z_A^1 = Z_A$ olarak tanımlanır ve $h=1$ olarak kabul edilir.
2. STEM yöntemine benzer şekilde ideal nokta hesaplanır.
3. KV'den her ölçüt için, idealden daha iyi olmayacak şekilde, istek düzeylerini belirtmesi istenerek referans noktası ($\bar{z}^h$) elde edilir. İdeal ve referans noktaları kullanılarak normalizasyon katsayıları hesaplanır.
4. Denklem 9.1'de görülen doğrusal programlama modeli çözülerek z^h uzlaşık çözümü hesaplanır:
5. z^h KV'ye sunulur. Bunun için (STEM yönteminde olduğu gibi) iki farklı yaklaşım kullanılabilir:
 - Uzlaşık çözümün değerleri ile bu çözümde daha kötü olan seçenekler elenmesi sonucu geride kalan seçenekler KV'ye sunulur.
 - Uzlaşık çözüme en yakın seçenek KV'ye sunulur.

KV memnun olursa yöntem biter. Memnun olmazsa KV'den kriterlerden biri (k) için uzlaşık çözüm değerinde belirli bir miktarda ödün (Δ_k) vermesi istenir.

6. $Z_A^{h+1} = \{z \in Z_A^h : z_k \geq z_k^h - \Delta_k; z_j \geq z_j^h, \forall j \neq k \text{ olarak tanımlanır.}$

$h=h+1$ olarak kabul edilerek 2. adıma dönülür.

Adım 3'deki normalizasyon katsayıları

$$\lambda_j = \frac{1}{z_j^* - \bar{z}_j^h} \quad 9.7$$

denklemleri ile hesaplanır.

İşleyişi STEM yöntemine çok benzeyen fakat her yeni çevrimde KV'nin ödün verdiği ölçütün normalizasyon katsayısını STEM yöntemindeki gibi sıfıra eşitleyip ilgili kısıtı iptal etmeyen Değişen Hedef Yönteminin olumlu ve olumsuz yanları da STEM yöntemindeki gibidir.

Sayısal Örnek

Değişen Hedef Yönteminin otomobil satın alma örneği için kullanılması durumunda ilk yapılacak işlem ödemeler matrisini oluşturmak ve (100, 3, 3, 3) ideal noktasını elde etmektir.

KV istek düzeyini (200, 2, 2, 2) olarak belirlesin. Bu referans noktası ve yukarıda hesaplanan ideal nokta kullanılarak hesaplanan normalizasyon katsayıları noktası (0.0101, 1.0309, 1.0309, 1.0309) şeklindedir.

$$\text{enk.} \quad \varepsilon - 0.000101 z_1 - 0.0010309 z_2 - 0.0010309 z_3 - 0.0010309 z_4$$

öyle ki

$$- \varepsilon + 0.0101 z_1 \leq 1.0101$$

$$- \varepsilon - 1.0309 z_2 \leq - 3.0928$$

$$- \varepsilon - 1.0309 z_3 \leq - 3.0928$$

$$- \varepsilon - 1.0309 z_4 \leq - 3.0928$$

$$z_1 \geq 100$$

$$z_1 \leq 300$$

$$z_2 \leq 3$$

$$z_2 \geq 1$$

$$z_3 \leq 3$$

$$z_3 \geq 1$$

$$z_4 \leq 3$$

$$z_4 \geq 1$$

$$\varepsilon \geq 0$$

9.8

modeli çözülür ve uzlaşık çözüm (100.0198, 3, 3, 3) olarak hesaplanır. Bu referans noktasını sağlayan hiç bir seçenek yoktur. En yakın seçenek ise a_7 seçeneğidir.

KV devam etmek istesin ve konfor ölçütü için 1 birimlik ödün versin. Denklem 9.8'de verilen modelde " $z_2 \leq 3$ " kısıtı yerine " $z_2 \leq 2$ " kullanılarak model tekrar çözülürse yeni uzlaşık çözüm (202.0891, 2, 3, 3) olarak hesaplanır. Bu referans noktasını da sağlayan hiç bir seçenek yoktur ve en yakın seçenek yine a_7 seçeneğidir.

KV bu sefer de fiyat ölçütünde 150 para birimlik bir ödüne razı olsun. Bir önceki adımda çözülen modelde " $z_1 \geq 100$ " kısıtı yerine " $z_1 \geq 250$ " kullanılarak model yeniden çözülür ve (250, 2, 3, 3) uzlaşık çözümü bulunur. Söz konusu referans noktasına göre a_3 seçeneği haricindeki seçenekler elenir. İkinci yaklaşımla da referans noktasına en yakın olarak a_3 bulunur. Bu durumda a_3 KV'ye önerilir.

9.4 İstek Tabanlı Etkileşimli Yöntem

İstek düzeyi kavramına dayanan İstek Tabanlı Etkileşimli Yöntem (Aspiration-level Interactive Method - AIM) KV'nin tercihlerini tahmin etme ve bu şekilde iyi durumda olan seçenekleri sıralama yaklaşımıdır (Angur ve Lotfi, 1997).

Yöntem, KV'ye sorunla ilgili aşağıdaki temel bilgilerin sunulması ile başlar:

- ideal nokta
- en kötü nokta
- her ölçüte göre tüm seçeneklerin performans değerlerinin medyan değerlerinden elde edilen ortanca nokta
- ideal, en kötü ve ortanca noktaları sağlayan seçeneklerin tüm seçeneklere oranı

Yukarıdaki bilgilere ek olarak, KV'ye başlangıç istek düzeyi olarak kabul edilen ortanca noktaya en yakın seçenek sunulur.

KV isterse başlangıç istek düzeyini değiştirip tüm bilgilerin güncellenip kendisine sunulmasını sağlar. Güncellenen istek düzeyini sağlayan tüm seçenekler yakınlıklarına göre sıralanarak KV'ye sunulur. KV kullandığı istek düzeylerinden ve kendisine sunulan bilgilerden memnun olunca yöntem biter.

İstek Tabanlı Etkileşimli Yöntem kolaydır ve fazla işlem gerektirmez. STEM ve Değişen Hedef Yönteminde olmayan deneme yanılmaya ve geri dönüşe izin verme özellikleri de vardır.

Sayısal Örnek

Otomobil satın alma örneği için ortanca nokta (200, 2, 3, 3) olarak hesaplanır.

İdeal nokta olan (100, 3, 3, 3) noktasını sağlayan seçeneklerin oranı %0; En kötü nokta olan (300, 1, 2, 2) noktasını sağlayan seçeneklerin oranı ise %100'dür. Başlangıç istek düzeyi olan ortanca noktayı da hiç bir seçenek sağlamadığından söz konusu oran %0'dır.

Ortanca noktaya en yakın seçenek (250, 2, 3, 3) performans değerlerine sahip olan a_3 seçeneğidir. a_3 , fiyat ölçütü haricindeki ölçütler için istek düzeyini tam karşılarken fiyat ölçütünde 50 para birimi kötü durumdadır.

KV yeni istek düzeyini (250, 2, 2, 2) olarak belirtirse istek düzeyini sağlayan seçeneklerin (a_2 , a_3 , a_4 ve a_5) tüm seçeneklere oranı %57.14 olur.

Yeni istek düzeyini sağlayan seçenekler istek düzeyine uzaklık değerlerine göre sıralanarak KV'ye sunulur. Sıralama ve Denklem 9.4 kullanılarak hesaplanan uzaklık değerleri Tablo 9.2'de görüldüğü gibidir.

Tablo 9.2. İstek Düzeyini Sağlayan Seçeneklerin İstek Düzeyine Uzaklıkları

a_5	.3698
a_4	.3886
a_3	.4309
a_2	.4957

9.5 Görsel Etkileşimli Hedef Programlama

Çok amaçlı doğrusal programlama sorunları için geliştirilen Görsel Etkileşimli Hedef Programlama (Visual Interactive Goal Programming - VIG) yöntemi; kesikli sınıflandırma sorunları için de seçenekleri uygulanabilir ve uygulanamaz olarak ayırarak kullanılabilir (Korhonen ve Wallenius, 1990; Korhonen ve Wallenius, 1992).

VIG yönteminde ilk olarak her seçenek bir karar değişkeni (y_i) olarak tanımlanır. KV'den her ölçüt için bir istek düzeyi (b_j) istenir ve bu istek düzeylerine göre kısıtlar belirlenir. Seçenekleri temsil eden tüm karar değişkenlerinin toplamı bir olacak şekilde, A karar matrisinin devriğini ve w ölçütlerin ağırlık vektörünü göstermek üzere;

enk. ε

$$Ay + w\varepsilon \geq b$$

$$1'y = 1$$

$$y \geq 0, \varepsilon \text{ serbest}$$

9.9

doğrusal programlama modelinin çözümüne göre sıfırdan farklı değerler alan seçenekler iyi sınıfa; diğer seçenekler ise kötü sınıfa ayrılırlar. A matrisi ile y vektörü çarpılarak ölçütlerin referans düzeyleri vektörü hesaplanır. KV referans düzeyinden memnun kalırsa yöntem biter; aksi halde daha iyi değerlerden oluşan yeni bir istek düzeyi belirtip modeldeki kısıtların sağ taraf değerlerini değiştirerek yeniden model çözülür. Sınıflandırma ve referans düzeyleri güncellenir. Bu şekilde devam edilerek KV'ye sunulacak seçenek kümesi bulunur.

Sayısal Örnek

VIG yöntemini otomobil satın alma örneğinde kullanan KV, başlangıç istek düzeyi olarak en kötü değerler olan (300, 1, 1, 1) noktasını kullansın. Bu durumda ilk olarak çözülmesi gereken model aşağıdaki gibidir:

enk. ε

$$y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 = 1$$

$$5\varepsilon + 300y_1 + 250y_2 + 250y_3 + 200y_4 + 200y_5 + 200y_6 + 100y_7 \leq 300$$

$$4\varepsilon + 3y_1 + 3y_2 + 2y_3 + 2y_4 + 2y_5 + y_6 + y_7 \geq 1$$

$$3\varepsilon + 3y_1 + 2y_2 + 3y_3 + 3y_4 + 2y_5 + 3y_6 + 2y_7 \geq 1$$

$$3\varepsilon + 3y_1 + 3y_2 + 3y_3 + 2y_4 + 3y_5 + 3y_6 + 2y_7 \geq 1$$

$$y_i \geq 0, \varepsilon \text{ serbest}$$

9.10

Çözüm sonucunda $y_1=0.5$, $y_2=0.5$ değerleri bulunur. Söz konusu değerler kullanılarak (275, 3, 2.5, 3) referans düzeyi elde edilir.

KV devam etmek istesin ve yeni istek düzeyini dört ölçütte de iyileştirme yaparak (250, 2, 2, 2) olarak belirlesin. Bu durumda Denklem 9.10'da verilen modeldeki ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci kısıtların sağ taraf değerleri olan 300, 1, 1 ve 1 de sırasıyla 250, 2, 2 ve 2 olarak değişecektir.

Yeni kurulan model çözüldüğünde $y_1=0.28$, $y_2=0.45$ ve $y_4=0.27$ olarak bulunur. Söz konusu değerler ile (250.92, 2.74, 2.55, 2.74) referans düzeyi elde edilir.

Bu durumda KV memnun kalıp yöntemi durdurursa; kendisine uygulanabilir seçenekler olarak a_1 , a_2 ve a_4 sunulur. Puanı en yüksek olan (0.45) a_2 'yi seçmesi de önerilebilir.

9.6 Dışbükey Koniler Yöntemi

Dışbükey Koniler Yöntemi KV'ye ilişkin olarak aşağıda verilen varsayımlara dayanır:

- seçenek çiftleri arasında kayıtsız kalmaz (I yok) ve birini diğerine tercih eder
- tercihleri geçişlidir (tam sıra oluşturur)
- tercihleri tekzudedir (monoton - performans değerinin daha çok olması ya da daha az olması iyi)

- içbükey benzeri (quasi-concave) ve artan yapıda kapalı değer fonksiyonuna sahiptir
- en büyükmek istediği bu fonksiyon hakkında açık hiç bir bilgisi yoktur

Bu varsayımlarından hareketle yöntem, KV'den seçenekler üzerinde çeşitli ikili karşılaştırmalar yapmasını isteyerek en iyi çözümü belirlemesine (seçmesine) yardımcı olur. Dışbükey Koniler (Convex Cones) yönteminin temel özelliği, KV'nin kişisel yargılarını kullanarak, seçenek kümesindeki basılın seçenekleri elemeye yarayan dışbükey koniler oluşturmastır (Korhonen ve diğ, 1984; Köksalan ve diğ., 1984).

Sırasal eleme işlemi tek seçenek kalıncaya kadar sürdürülür. Bir seçeneğin elenmesi için aşağıdaki koşullardan birinin gerçekleşmesi gerekir:

- KV'nin herhangi bir başka seçeneği söz konusu seçeneğe tercih etmesi
- Söz konusu seçeneğin dışbükey koni alanında veya koninin baskın olduğu bir alanda bulunması

Seçenek sayısı m , ölçüt sayısı n olan bir sorun için; μ_i pozitif çarpan ve a_i seçeneğini temsil eden nokta $X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in})$ olmak üzere bir koni oluştururken ilgilenilen seçeneklerden en zayıfını (en az tercih edilen) bulmak yeterlidir. Bu durumda

$$f(X_k) = \min_i f(X_i) \quad 9.11$$

iken (diğer bir deyişle a_k seçeneği en az tercih edilen seçenek iken); $z \in Z$ ve $z \neq X_k$ noktalarından oluşan ve

$$f(z) \leq f(X_k) \quad 9.12$$

sonucunu veren bir Z konisi elde edilir:

$$Z = \left\{ z \mid z = X_k + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq k}}^m \mu_i (X_k - X_i) \right\} \quad 9.13$$

Aşağıdaki doğrusal programlama modelinin çözümü $\varepsilon \geq 0$ şeklinde olursa; X^* noktası, Denklem 9.13 ile elde edilen koninin herhangi bir noktasının baskın olduğu alandır:

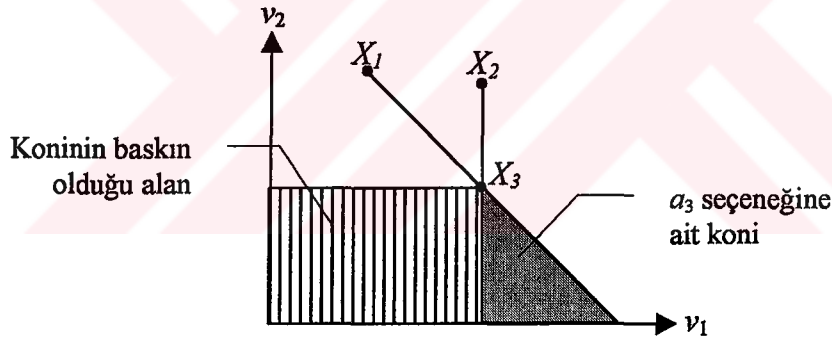
enb. ε

öyle ki

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq k}}^m \mu_i (X_k - X_i) - \varepsilon \geq X^* - X_k \quad 9.14$$

Böylece birinci koşula göre a_k seçeneği, ikinci koşula göre ise Z konisinde olan seçenekler ile koninin baskın olduğu alandaki a^* seçenekleri elenir.

Örneğin iki ölçütlü bir sorunun a_1 , a_2 ve a_3 seçenekleri için KV'nin tercihleri istendiğinde; KV hem a_1 'i hem de a_2 'yi a_3 'e tercih ettiğini açıklasın. Bu durumda a_3 seçeneği ile a_3 için çizilecek bir koni yardımıyla söz konusu koni alanındaki (koyu alan) ve koninin baskın olduğu alandaki (taralı alan) seçenekler elenir (Şekil 9.2).



Şekil 9.2 Dışbükey Koni ve Baskın Olduğu Alan

Yöntemle ilgili çeşitli kavramlar aşağıda tanımlanmıştır (Köksalan ve diğ., 1984):

- Dışbükey baskınlık (convex dominance):

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq k}}^m \mu_i X_i \geq X_k \quad 9.15$$

$$\sum_{\substack{i=1 \\ i \neq k}}^m \mu_i = 1 \quad 9.16$$

koşulları altında a_k dışbükey olarak basılıdır. Diğer bir deyişle; diğer seçeneklerin karışımı (dışbükey birleşimi - convex combination) bir seçeneğe baskınsa söz konusu seçenek dışbükey olarak basılıdır.

Örneğin iki ölçütlü bir sorunda ölçütler kar ölçütü iken iki seçenek arasında çizilen bir çizginin (dışbükey birleşiminin) sol-altındaki bölgede kalan bir a_k seçeneği dışbükey olarak basılıdır (Şekil 9.3).

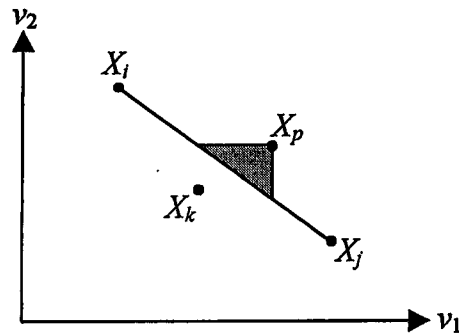
- Etkin komşuluk (adjacent efficient): a_q ve a_r seçeneklerinin dışbükey birleşimlerinden hiç biri başka bir seçeneğe göre ya da diğer seçeneklerin dışbükey birleşimine göre dışbükey basılığın değilse; a_q , a_r seçeneğinin etkin komşu seçeneğidir. Bu durumda aşağıdaki doğrusal programlama modelinin çözümünün sonlu pozitif bir amaç fonksiyonu değeri vermesi gerekir:

$$\text{enb. } \sum_j \lambda_j (x_{qj} - x_{rj})$$

öyle ki

$$\sum_j \lambda_j (x_{ij} - x_{rj}) \leq 0; \quad \lambda_j \geq 0; \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad i \neq q; \quad i \neq r \quad 9.17$$

Örneğin iki ölçütlü bir sorunda ölçütler kar ölçütü iken a_i ve a_j arasında çizilen bir çizginin (dışbükey birleşiminin) sağ-üstündeki bölgede bir a_p seçeneği varsa a_p söz konusu çizginin bir kısmına (dışbükey birleşimin bir alt kümesine) baskın olduğu için a_i ve a_j seçenekleri birbirlerine göre etkin komşu değildir. Öte yandan a_i ve a_p seçenekleri birbirlerine göre etkin komşudur (Şekil 9.3).



Şekil 9.3. Dışbükey Baskınlığın ve Etkin Komşuluğun Gösterimi

Dışbükey Koniler Yöntemi aşağıdaki adımlardan oluşur (Korhonen ve diğ., 1984):

1. Basılığın seçenekler elenir.

2. Rassal pozitif çarpanları (δ_j) ağırlık gibi kullanarak bir doğrusal birleşik değer fonksiyonu oluşturulur.
3. Birleşik değer fonksiyon değerini ($\sum_j \delta_j x_{ij}$) en büyükleyen (tercih edilen) seçenek a_c olarak kabul edilir.
4. a_c seçeneğine etkin komşu a_h seçeneklerini belirlemek için Denklem 9.17'de gösterilen model çözülür. Sonlu pozitif çözüm veren seçenekler etkin komşu olarak isimlendirilir. Hiç bir seçenek etkin komşu değilse a_c seçeneği en iyi çözümdür. Etkin komşular varsa devam edilir.
5. KV'den etkin komşular ile tercih edilen seçenek çiftlerini karşılaştırması istenir. Verilen yanıtla göre aşağıdaki şekilde yeni bir kısıt üretilir. KV "bilmiyorum" yanıtı verirse kısıt üretilmez.

$$\sum_j \lambda_j (x_{hj} - x_{cj}) \geq \varepsilon \quad (a_h \text{ seçeneği } a_c \text{ seçeneğine tercih edilirse}) \quad 9.18a$$

$$\sum_j \lambda_j (x_{cj} - x_{hj}) \geq \varepsilon \quad (a_c \text{ seçeneği } a_h \text{ seçeneğine tercih edilirse}) \quad 9.18b$$

$$\sum_j \lambda_j = 1, \quad \lambda_j \geq 0 \quad 9.18c$$

Eğer komşu sayısı birden fazla ise her komşu için 5. adım tekrarlanır. Tüm komşular için karşılaştırma bitince bir sonraki adıma geçilir.

6. Daha az tercih edilen tüm seçenekler elenir. Verilen yanıtlara göre KV'nin en az tercih ettiği seçenek belirlenmiş olur (Denklem 9.11'deki a_k seçeneği). Söz konusu seçenek için Denklem 9.13 kullanılarak bir koni oluşturulur. Denklem 9.14'deki modele göre koninin eleyebileceği seçenekler belirlenir. $m-1$ adet seçenek elendiyse durulur.
7. 5. adımda üretilen kısıtlardaki λ_j değerleri δ_j olarak atanır ve 3. adıma dönülür.

Köksalan ve diğ. (1984) yukarıdaki işleyişi kukla seçenekler kullanarak daha çok sayıda seçenek eleme şeklinde geliştirmişlerdir. Köksalan ve diğ. (1988) ise sırasal veri (nitel değer) kullanma halinde de dışbükey koniler kullanılabileceğini göstermişlerdir.

KV'nin sorunla ilgili gerçek değer fonksiyonunun tahmin edilmesine gerek duymadan oluşturulan dış bükey koniler yardımıyla diğer etkileşimli yöntemlere göre KV'ye daha az sayıda ikili karşılaştırma yaptırarak daha çok sayıda seçenek elenmesine olanak veren Dışbükey Koniler Yönteminin olumsuz özelliği ise söz konusu değer fonksiyonunun doğrusal olmaması veya KV'nin yanıtlarında tutarsızlık olması durumunda uygun çözüme ulaşılamamasıdır.

Sayısal Örnek

Otomobil satın alma örneği için Dışbükey Koniler yöntemi uygulandığında öncelikle KV'nin dört ölçüt için pozitif çarpanları belirlemesi istenir. ε yeterince küçük pozitif bir tamsayı olmak üzere $\delta_1=\varepsilon$, $\delta_2=1$, $\delta_3=\varepsilon$, $\delta_4=\varepsilon$ olarak belirlesin. Bu durumda oluşturulabilecek birleşik fonksiyon değerini konfor açısından en iyi durumda olan a_1 ve a_2 seçenekleri en büyükler. 3. adıma göre KV'nin belirlemesi gereken tek seçenek (a_c) olduğundan iki seçenek arasında karşılaştırma yapması istenir. KV, daha ucuz olan a_2 seçeneğini tercih etsin.

Bu durumda a_2 seçeneğine etkin komşu olabilecek seçeneklerin belirlenmesi gerekir. Tablo 7.3'deki değerler kullanılarak Denklem 9.17'deki modelin a_1 , a_3 , a_4 , a_5 , a_6 ve a_7 seçenekleri için (aşağıda örnek olarak a_1 için oluşturulan model verilmiştir) çözülmesi sonucu hiç bir model sonlu pozitif çözüm vermediğinden hiç bir seçenek a_2 için etkin komşu değildir sonucuna ulaşılır. Böylece a_2 seçeneği en iyi çözüm olarak KV'ye sunulur.

$$\text{enb. } -0.0667\lambda_1 + 0.3333 \lambda_3$$

öyle ki

$$-0.3333 \lambda_2 + 0.3333 \lambda_3 \leq 0$$

$$0.1 \lambda_1 - 0.3333 \lambda_2 + 0.3333 \lambda_3 - 0.3333 \lambda_4 \leq 0$$

$$0.1 \lambda_1 - 0.3333 \lambda_2 \leq 0$$

$$0.1 \lambda_1 - 0.6667\lambda_2 + 0.3333 \lambda_3 \leq 0$$

$$0.6 \lambda_1 - 0.6667 \lambda_2 - 0.3333 \lambda_4 \leq 0$$

$$\lambda_i \geq 0$$

9.19

10. ÇOK KRİTERLİ KARAR DESTEK SİSTEMLERİ

10.1 Karar Destek Sistemleri

Her türlü Karar Verme Sürecini hızlandıran ve kolaylaştıran bilgisayar destekli araçlara Karar Destek Sistemi (KDS) denilir (Topcu, 1995). Temel olarak, stratejik üst düzey kararların sağlıklı ve gerekçeli alınmasını sağlayan yazılımlara KDS adı verilmektedir (Holsapple ve Whinston, 1992). KDS, değişik kaynaklardan topladığı bilgileri düzenleyerek, kararı modelleyerek, bilgileri analiz ederek ve değerlendirme sonuçlarını sunarak belirli modeller kullanımı ile karar vericiye destek veren bilgisayar temelli bir sistemdir (Sauter, 1997; Bodily, 1985). Aynı zamanda KDS, kullanıcının bilme ve kavrama ile ilgili bilişsel yeteneklerini geliştirerek karar vermesine yardımcı olmak amacı ile özel olarak tasarlanmış bir sistemdir (Zachary, 1988). Özet olarak; bilgisayar aracılığı ile karar yardımı yapan sistemlere KDS denilir (Carter ve diğ., 1992).

10.2 Çok Kriterli Karara Yardım için KDS

Çok Kriterli Karara Yardım ile Yapay Zekayı biraraya getirmek karar sorunları ile daha gerçekçi uğraşılmasına yardımcı olur (Vincke, 1992).

Karar verme, şüphesiz beynin temel fonksiyonlarından biridir (Nakayama, 1997). Günümüze kadar yapay zeka alanında insanın akılcı etkinliklerini makineler (ya da bilgisayarlar) ile taklit etme ve otomatikleştirme amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Fakat Karar Verme Sürecinin otomatikleştirilmesi çok zordur çünkü karar verme sorunu KV'nin değer yargılarına, dolayısıyla, KV'nin kendisine dayanır. KV, Karar Verme Süreci sırasında, bilişsel sınırlar yüzünden her zaman tutarlı yargılarda bulunmayabilir; fikrini değiştirebilir. Ayrıca karar verme sırasında çevrede belirsizlikler ve dinamik değişimler olabilir. Bu yüzden Karar Verme Sürecinin otomatikleştirilmesi yerine bir KDS yardımıyla KV'nin değer yargılarına açık hale getirilmesi daha iyi olur.

Keen ve Scott Morton (1978, s.48); çok kriterli sorunların, karar desteğinin özünü oluşturduğunu ve Çok Kriterli Karar Verme ile KDS arasındaki bir bütünleşimin Çok Kriterli Karara Yardım için çok faydalı olacağını öne sürmüşlerdir.

Bu öneriyi sağlayacak şekilde çok kriterli sorunların yapılandırılması ve değerlendirilmesine yardımcı olmak için tasarlanan KDS'lere Çok Kriterli Karar Destek Sistemi (ÇKKDS; Multi Criteria Decision Support System - MCDSS) denilir (Korhonen ve diğ., 1992; Tsoukias, 1991; Minch ve Sanders, 1986; Siskos ve Spyridakos, 1999; Pomerol, 1997; Lehner ve diğ., 1985). KV'ler kendi başına ya da bir KA yardımıyla görsel arayüzleri ya da Hesap Tablosu (Spread-sheet) programlarını kullanarak söz konusu sistemlerden faydalanırlar. KA'nın bu süreçteki rolü KV'ye modelleme sırasında veya ÇKKDS'ye özgü program kullanımı sırasında KV'nin bilişsel sınırlarını göz önünde tutarak kolaylaştırıcı / yardımcı (facilitator) olmak ve söz konusu sistemi KV'nin tek başına kullandığı sihirli bir kara kutu olmaktan kurtarmaktır (Belton ve Hodgkin, 1999; Bana E. Costa ve diğ., 1999; Munda, 1993; Henig ve Buchanan, 1996).

ÇKKDS'ler aşağıdaki özelliklere sahiptir (Dyer ve diğ., 1992):

- Çok sayıda kriterin analizi
- KV'nin girdilerini modelleme sürecine dahil etme
- Çok kriterli sorun çözüm yöntemlerini kullanma

Söz konusu sistemlerle ilgili günümüz çalışmaları aşağıdaki araştırma alanlarına odaklanmıştır (Dyer ve diğ., 1992):

- Kullanıcı arayüzü
- En iyi yerine önerilen çözümü bulma
- Tüm Karar Verme Sürecini (yapılandırmadan çözümlemeye kadar) destekleme

10.3 ÇKKDS Örnekleri

ÇKKDS'ne örnek olarak takip eden bölümlerdeki Expert Choice, DecArt, PromCalc-GAIA, ELECTRE III/IV, Web-HIPRE, Criterium Decision Plus ve Logical Decisions programları ile Hesap Tabloları yardımıyla oluşturulan sistemler verilebilir.

10.3.1 Expert Choice

Expert Choice Paket Programı, AHS yöntemi kullanarak Çok Kriterli Karara Yardım gerçekleştiren bir ÇKKDS'dir. Birey kararları için "ECpro", grup kararları için de "Team EC" isimlerinde iki paket mevcuttur (www.ExpertChoice.com). Söz konusu paketlerdeki "Evaluation & Choice" (Seçim ve Değerlendirme) modülü, Bölüm 7.5 ve 7.6'da tanıtılan AHS ve AHS Puanlama Yöntemlerini Microsoft Windows tabanlı kullanıcı dostu bir arayüz ile KV'nin (KA yardımıyla) uygulamasını sağlarlar.

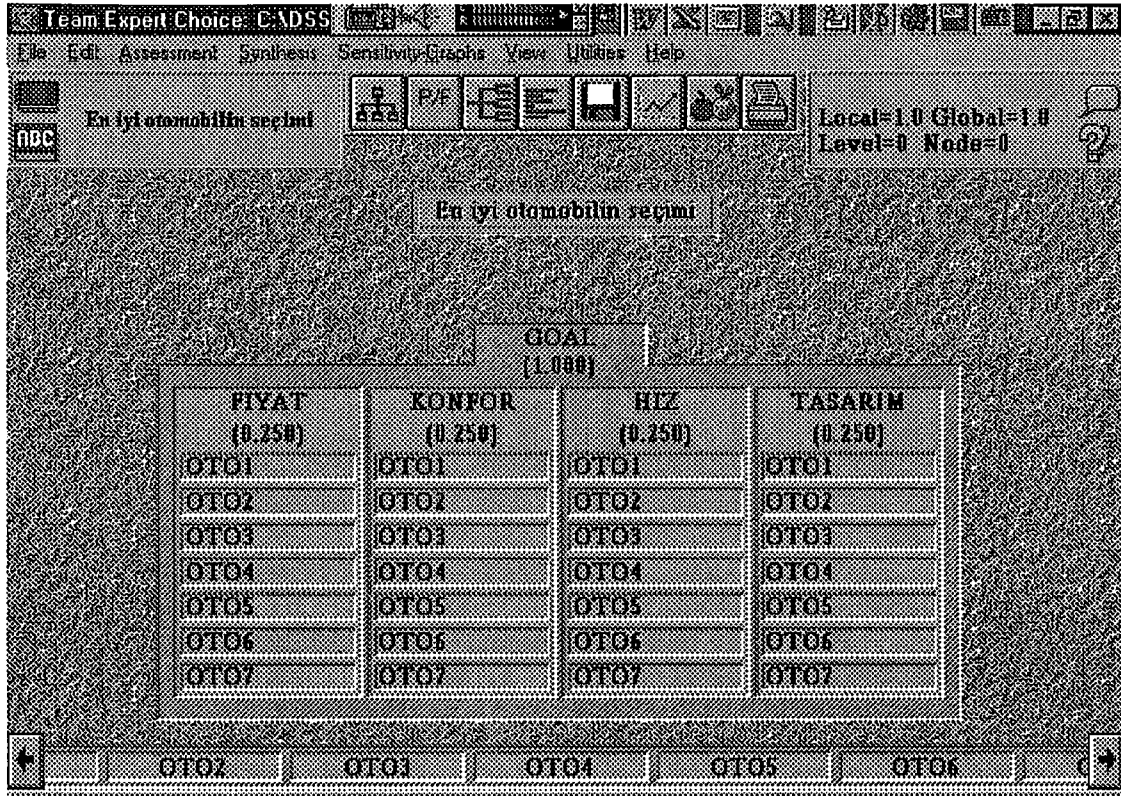
"Evaluation & Choice" modülü kullanılırken ilk olarak; Expert Choice Paketinin "Structuring" (Yapılandırma) modülünde kurulan (Bölüm 11.2.2) veya daha önceden oluşturulan hiyerarşik yapıdaki bir karar sorunu "Edit" menüsü kullanılarak (ya da doğrudan "Structuring" modülünden) programa aktarılır. Hiyerarşik model, Bölüm 7.5'de de belirtildiği gibi; amaç, kriter (ölçüt), olası alt kriter seviyeleri ve seçeneklerden oluşur.

Hiyerarşinin tüm seviyeleri ve her seviyedeki tüm öğeler girildikten sonra (Şekil 10.1); "Assessment" menüsü kullanılarak öğelerin üstünlüklerinin belirlenmesi için gerekli KV yargısı programa aktarılır. Herhangi bir seviyedeki öğelerin bir üst seviyeye göre göreceli önemlerinin hesaplanması için gerekli yargı Expert Choice Paketine üç şekilde girilebilir:

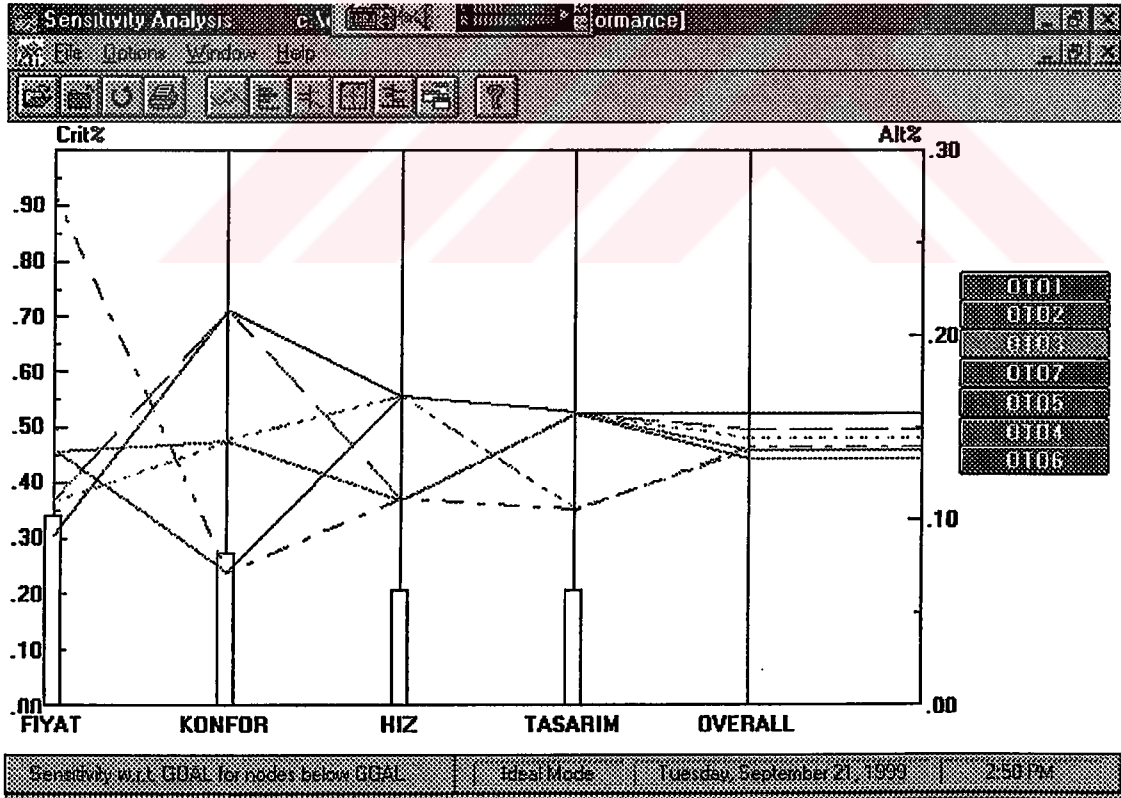
- İkili karşılaştırma (pairwise) matrislerini sözel ifadelerle (verbal), grafikler yardımıyla (graphical) veya sayısal değerlerle (numerical) doldurarak
- Nicel veri (data) kullanarak
- Doğrudan değerlendirme (what if) yaparak

Yargılar girilip model oluşturulduktan sonra Expert Choice Paketinin özvektör yöntemi kullanarak yaptığı hesaplamaları KV'ye sunması için "Synthesis" menüsü kullanılır. Ana amaca göre en alt seviyedeki seçeneklerin global puanlarını gösteren temel bilginin yanında, "Details" seçilerek kriterlerin göreceli önemleri ile seçeneklerin kriterlere veya alt kriterlere göre göreceli tercihleri de elde edilebilir.

"Sensitivity-Graphs" menüsü kullanılarak Bölüm 5.8.1'de ayrıntısı verilen Performans (Performance), Dinamik (Dynamic), Eğim (Gradient), İki boyutlu (2D Plot) ve Fark (Difference) duyarlılık analizleri yapılabilir (Şekil 10.2).



Şekil 10.1 Expert Choice Paketi Kullanılarak Oluşturulan Hiyerarşi



Şekil 10.2 Seçenek Global Puanları ve Performans Duyarlılık Analizi

Eğer seçenek sayısı 9'dan fazla ise ya da Puanlama Yöntemi kullanılmak isteniyorsa son seviye olan seçenekler programa aktarılmaz. Son seviye olarak en alt seviyedeki ölçütler için ölçek değerleri girilir. Daha sonra "Assessment" menüsünden "Ratings" seçilerek ekrana gelen karar matrisinde seçenekler tanımlanır. Her seçeneğin her ölçüte göre performans değeri ilgili matris gözlerine girilerek model tamamlanır.

Çok kullanışlı bir ÇKKDS olan Expert Choice Paketi salt AHS yöntemi kullanımına izin verdiği için eleştirilebilir.

10.3.2 DecArt

Mindmaker Inc.'e bağlı Cygron şirketi tarafından geliştirilen DataScope 2.01 görsel veri analizi ve karar destek paketinin bir parçası olan DecArt programı bireysel ve grup kararlarına olanak veren hiyerarşik yapıdaki karar sorunlarının çözümü için kullanılır (www.cygron.hu/products.htm; www.tiszanet.hu/cygron/decart.htm)

Tercih teorisine dayalı olarak çalışan DecArt paketi üç ana modülden oluşur:

- Veri Elde Etme (Data Handling)
- Karar Parametreleri (Decision Parameters)
- Değerlendirme (Evaluation)

Microsoft ODBC teknolojisini kullanarak farklı veritabanlarından veri alımı yapılabileceği gibi "Data" menüsünden programın sağladığı uygun bir hesap tablosu (matris) üstünde de seçenekler, ölçütler ve performans değerleri tanımlanabilir (Şekil 10.3). "Tree" menüsünde (varsa) hiyerarşik yapı kurulur.

Karar parametreleri modülü "Criteria parameters" menüsünden çalıştırılır. Bu bölümde ölçütlerin kar ölçütü mü yoksa maliyet ölçütü mü oldukları tanımlanır. Göreli önemleri doğrudan değerlendirme ile girilir. Her ölçütü temsil eden değer fonksiyonunun biçimi (doğrusal (linear), üssel (almost sharp), basamaklı (sharp), sabit (indifference)) belirtilir. Ayrıca istenirse "Advanced" bölümüne girilerek eğri için belirli bir açı saptanabilir.

Son olarak değerlendirme yapmak için "Sequence" menüsüne girilir ve tüm seçeneklerin marjinal değer fonksiyonlarından aldıkları değerlerin ağırlıklı

ortalamasından oluşan global puanlarının azalan bir sıralaması (en iyiden en kötüye) elde edilir (Şekil 10.4). Ayrıca seçenekleri benzerliklerine göre istenilen sayıda kümeye ayırır.

	Name	Price	Performance	Cubic capacity	Consumption
1	Audi 80 D	27850	54	1588	5.8
2	Audi 80 TD	29045	80	1588	5.3
3	BMW 316i	27750	73	1596	8.5
4	Citroen 2 CV Cl	9900	28	597	6.5
5	Citroen BX 14 F	19070	64	1360	7.5
6	Citroen BX 16 F	20182	72	1580	8
7	Citroen BX 19 F	22475	69	1905	5.7
8	Daihatsu Cuore	12340	44	840	5.7
9	Daihatsu Chara	15230	52	986	5.6
10	Daihatsu Chara	18440	90	1296	6.6
11	Fiat 126	9090	26	704	5.1

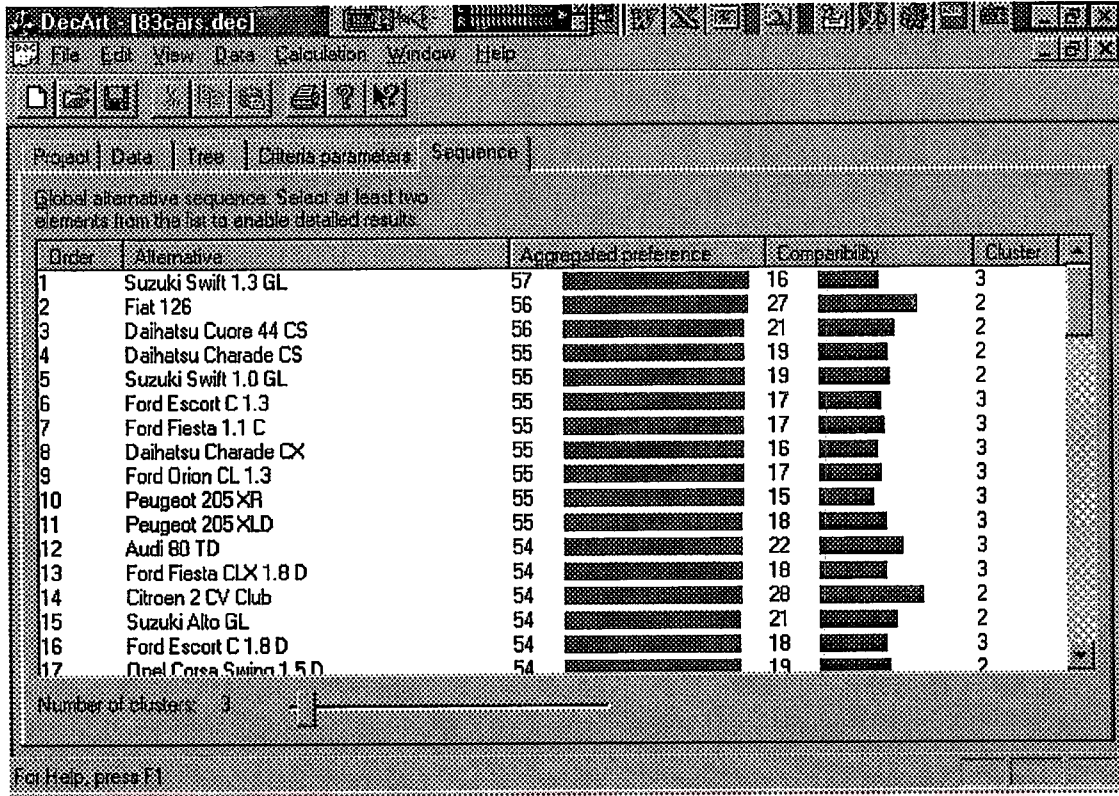
Şekil 10.3. DecArt Paketi Kullanılarak Oluşturulan Örnek Bir Karar Matrisi

DecArt'ın sadece değer fonksiyonuna dayalı basit bir yöntem uygulaması nedeniyle çok kullanışlı olduğu söylenemez.

10.3.3 PromCalc-GAIA

PROMETHEE I ve PROMETHEE II yöntemlerinin uygulanması ile sonuçları üzerinde gürbüzlük analizi yapılmasını sağlayan GAIA yazılımlarını barındıran PromCalc-GAIA programının MS-DOS ortamındaki sürümü, çok yakın bir zamanda ULB Brüksel Üniversitesi ile Visual Decision şirketinin ortak bir çalışması sonucu Decision Lab isimli bir paketle yenilenecektir.

PromCalc-GAIA programında ilk olarak "Define a problem" komutu kullanılarak karar sorunu tanımlanır. Bu bağlamda; sorunun kaç ölçüt ve seçenekten oluştuğu, ölçütlerin hangi genelleştirilmiş kriter tipinde olduğu, gerekli eşik değerleri, ölçüt ağırlıkları ve performans değerleri girilir (Şekil 10.5).

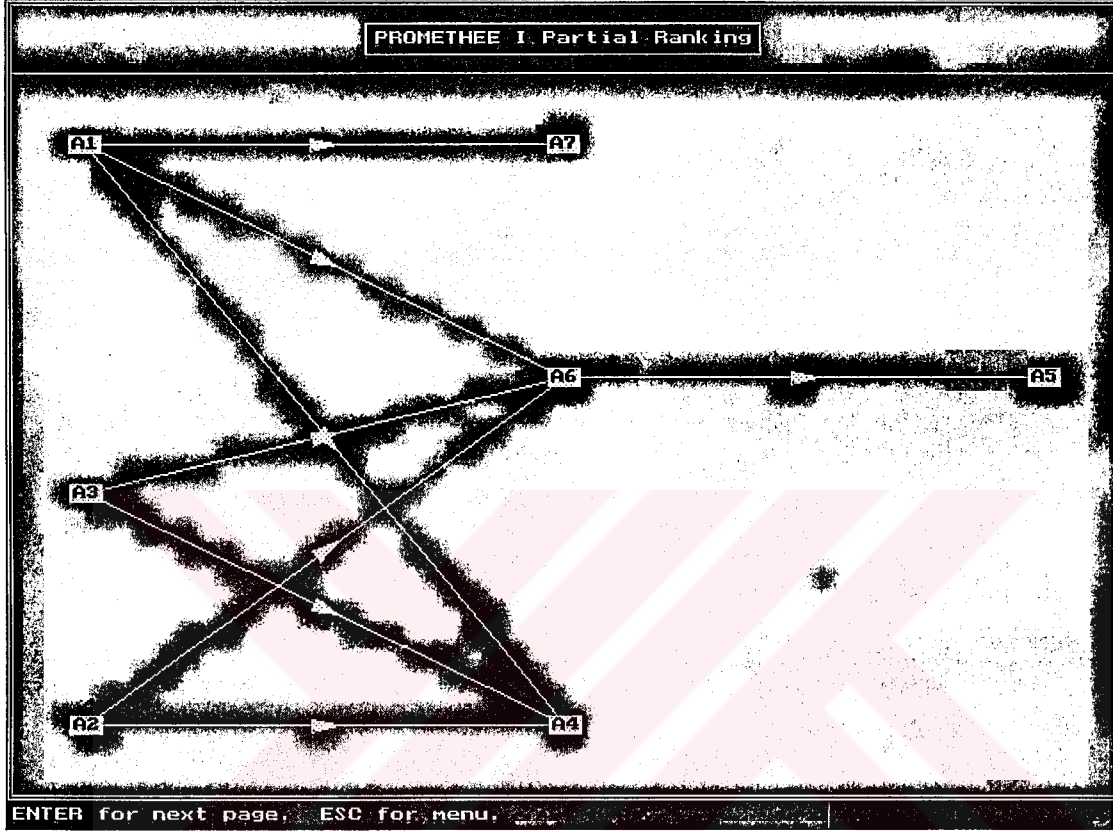


Şekil 10.4 DecArt Paketinin Sunduğu Seçenek Sıralaması



Şekil 10.5. PromCalc Paketi Kullanılarak Oluşturulan Karar Matrisi

Daha sonra sırasıyla "PI Preference Indices" ve "Preference Flows" komutları ile programın hesapladığı Tercih Göstergeleri ile Tercih Akışları (Çıkan, Giren ve Net) ve akışlara dayalı seçenek sıralamaları elde edilir. "PROMETHEE I Partial Ranking" ve "PROMETHEE II Complete Ranking" komutları seçilerek kısmi (Şekil 10.6) ya da tam sıralamaları gösteren çizgeler oluşturulur.



Şekil 10.6. PromCalc'ın sunduğu PROMETHEE I Kısmi Sıralaması

"Weight Stability Intervals" komutu kullanılarak PROMETHEE II sonuçları üstünde gürbüzlük analizi yapılabileceği gibi seçenek ve ölçütleri iki boyutlu düzleme düşürerek analiz yapılmasına olanak veren GAIA analizi de kullanılabilir.

PromCalc'ın MS Windows'la uyumsuz olması ve sadece PROMETHEE'ye özgü tasarlanması zayıf yönleridir.

10.3.4 ELECTRE III / IV

ELECTRE III ve ELECTRE IV yöntemlerinin uygulanmasını sağlayan program, Paris-Dauphine Lamsade Üniversitesi tarafından geliştirilmiş ve Computing Science of Poznan Enstitüsü tarafından programlanmıştır.

Edit Performances Table				
	Cr01	Cr02	Cr03	Cr04
A0001	300	3	3	3
A0002	250	3	2	3
A0003	250	2	3	3
A0004	200	2	3	2
A0005	200	2	2	3
A0006	200	1	3	3

Number of Criteria: 4

Number of Alternatives: 6

300

Close

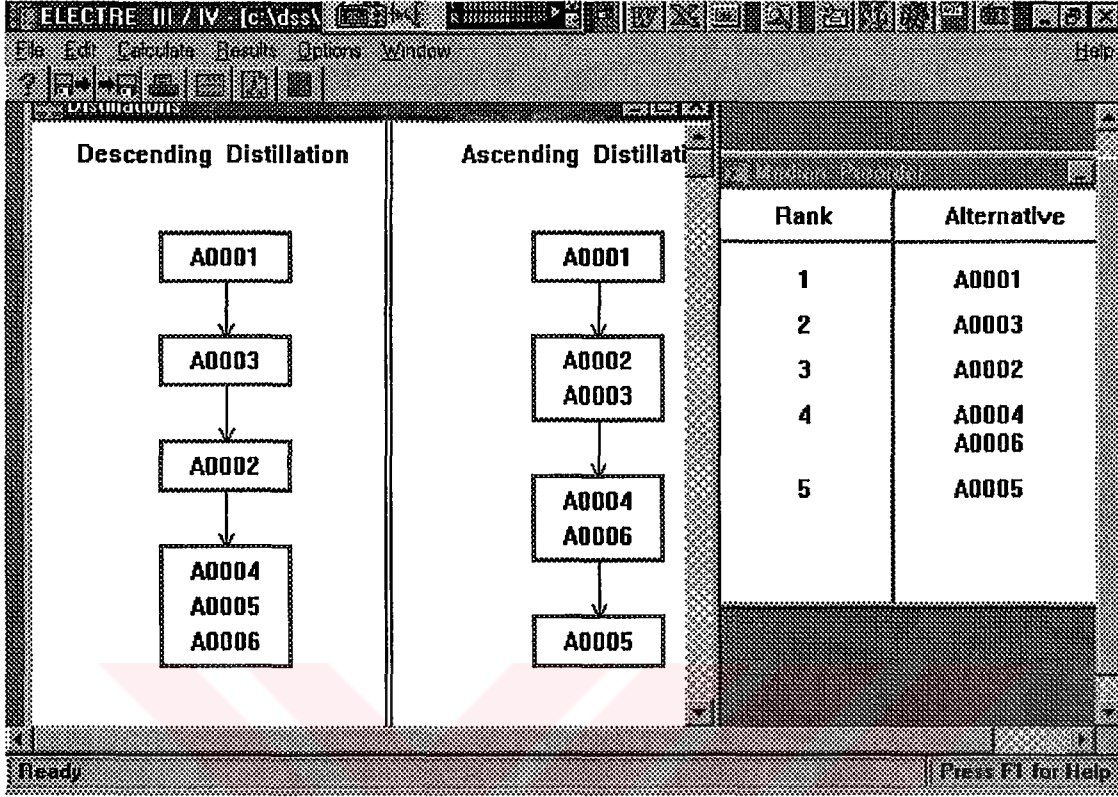
Help

Eğer iki yöntem de işaretlenmişse sorunun hangi yöntemle çözüleceği "Calculate" menüsünden "Method" komutu ile seçilir. "Calculate" komutu ile gerekli hesaplamalar programa yaptırılır ve bir bilgi penceresinde kaç seçeneğin işlendiği, azalan ve çoğalan damıtma sıralarının kaç adet olduğu, kaç adet ön-sıra olduğu elde edilir.

10.3.5 Web-HIPRE

165

üniversitenin ilgili bilgisayarında bir alan sahibi olarak paketi ücretsiz olarak kullanabilmektedir.



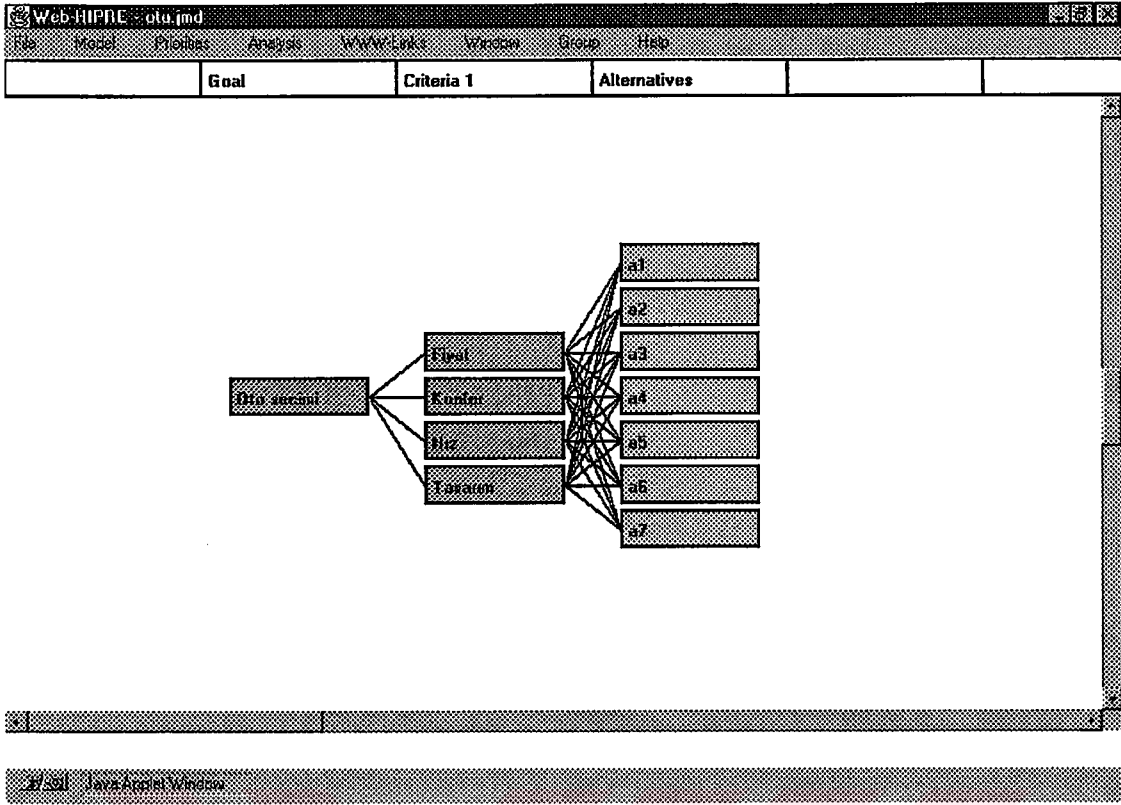
Şekil 10.8. ELECTRE Paketinin Sunduğu Damıtma Kümeleri ve Ön Sıralama

Web-HIPRE paketi değer ağacı şekline getirilen hiyerarşik yapıdaki bir çok ölçütlü karar sorununun çözülmesi için kullanılır.

İlk olarak fare ve "Model" menüsündeki komutlar kullanılarak karar modeli alanı üzerinde değer ağacı oluşturulur (Şekil 10.9). Bunun için hiyerarşiyi oluşturan elemanlar (seçenek ve ölçütlerin) ile elemanlar arasındaki bağlantılar (birbirlerine göre hiyerarşik konumları) programa girilir.

Daha sonra ölçütlerin görelî önemlerini hesaplamak üzere gerekli KV yargısını aktarmak için "Priorities" menüsündeki farklı yöntemler (parantez içindeki orjinal terimler menüdeki komutları göstermektedir) kullanılabilir (Söz konusu yöntemlerin ayrıntısı Bölüm 4.3'de verilmiştir):

- Doğrudan Ağırlıklandırma (Direct Weighting)
- Oran (SMART)
- Değişim/Dönüşüm (Swing)



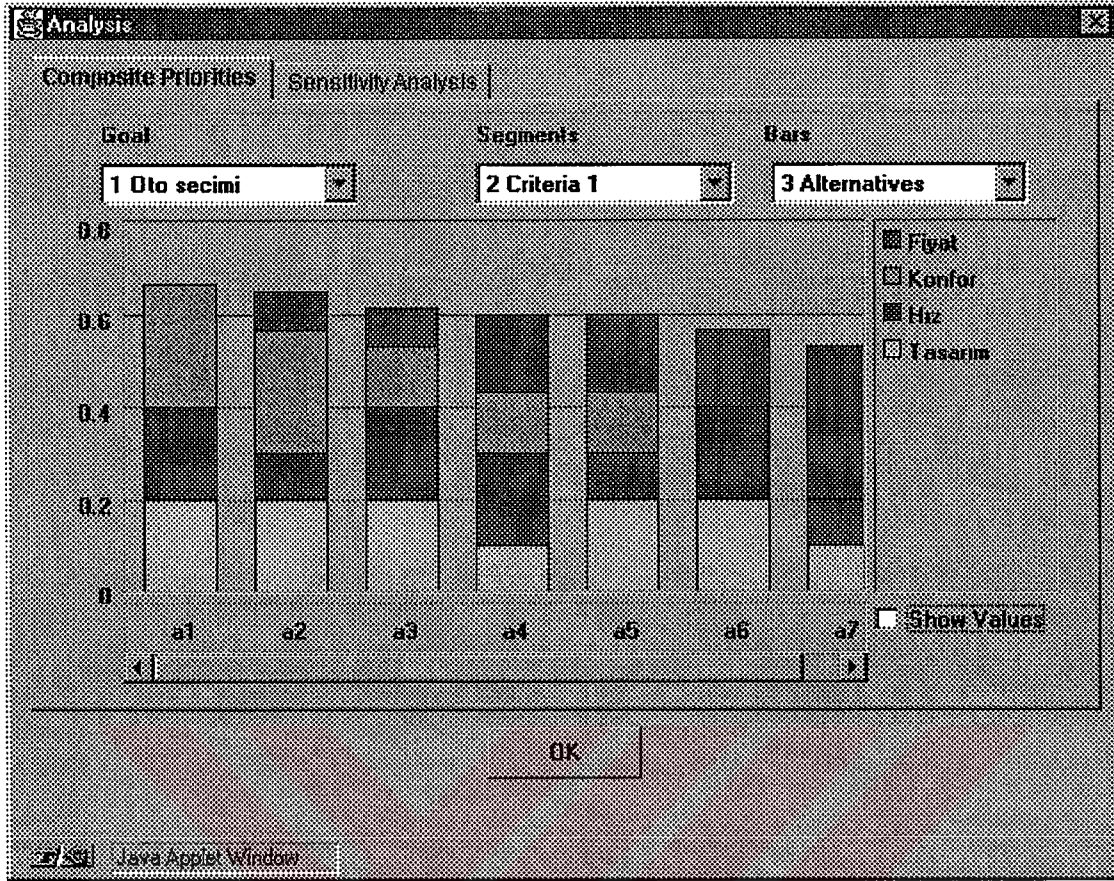
Şekil 10.9. Web-HIPRE Kullanılarak Oluşturulan Hiyerarşi

- Sıralama (SMARTER)
- Değiş-Tokuş (Value function)
- Özvektör (Pairwise Comparison - AHP)

Öğeler ağırlıklandırıldıktan sonra "Ratings" menüsü kullanılarak seçeneklerin ölçütlere göre performans değerleri ilgili matrislere girilir.

Tüm karar modeli kurulduktan sonra sıra "Analysis" menüsüne gelerek sonuçların analiz edilmesine gelir. Söz konusu menüde ana amaca veya herhangi bir ölçüte göre seçeneklerin global puanları (Composite Priorities) elde edilebileceği gibi (Şekil 10.10) kriter ağırlıklarının değişiminin seçenek puanlarını nasıl etkilediğini gösteren duyarlılık analizi (Sensitivity Analysis) de yapılabilir.

Web-HIPRE ağırlıklandırma için farklı yöntemlerin kullanılması esnekliğini gösterse de seçenekleri sadece Çok Ölçütlü Değer Teorisi ya da AHS gibi değer temelli yöntemlerle çözmeye olanak verir.



Şekil 10.10. Web-HIPRE'nin Sunduğu Seçenek Puanları

Web-HIPRE'nin bir diğer özelliği de modelde tanımlanan elemanlar için internet adresi bağlantısı (hyperlink) yapılabilmesidir. "WWW-Links" menüsünde "Define links" komutu kullanılarak söz konusu işlem gerçekleştirilir. Örneğin incelenen sorun otomobil satın alma örneği ise her seçeneği temsil eden bir otomobil markası kendi internet site adreslerine bağlanabilir. Bu durumda programın kullanımı sırasında aktif durumdaki bir elemanın üstüne sağ fare tuşu ile tıklayarak ilgili sayfaya bağlanılabilir.

10.3.6 V.I.S.A.

Belton tarafından tasarlanan ve Visual Thinking International şirketi tarafından geliştirilip pazarlanan V.I.S.A. (Visual Interactive Sensitivity Analysis) paket programı; Çok Ölçütlü Değer Teorisine dayanan çok kriterli sorun çözüm yöntemini duyarlılık analizi grafikleri ile destekleyen görsel etkileşimli arayüzlü bir Çok Kriterli Karara Yardım aracıdır (www.VisualT.com/visa.htm).

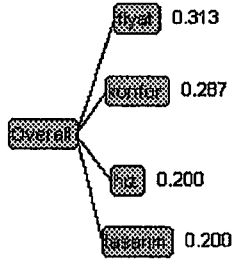
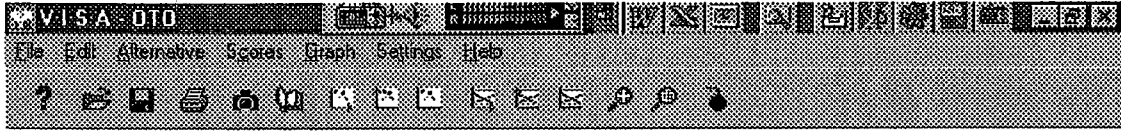
Görsel etkileşim; sorun çözümü sırasında KA-KV arasındaki iletişimi ve duyarlılık analizi sırasında ise verilen kararın nasıl etkilendiğini araştırır ve anlamayı artırır.

V.I.S.A. programı; kararı etkileyen kriter ve ölçütlerin ağacının (değer ağacı) kurulacağı bir ekran ile açılır. Ekranda fare yardımıyla değer ağacı çizildikten sonra "Alternative" menüsünden "Add" komutu ile tüm seçenekler modele eklenir. Değer ağacı ve seçenekler girildikten sonra, "Alternative Window" penceresi uygun büyüklüğe getirilerek karar matrisinin boş hali görülebilir.

Daha sonra sıra ölçütlerin ve seçeneklerin tanımlanması ile performans değerlerinin girilmesine gelir. Bunun için ilk olarak ana amacın (overall) üstüne tıklanıp "Sub-Criteria" kesmesindeki "Weights" tuşuna basılarak ölçütlerin ana amaca göre ağırlıkları görsel olarak grafik üzerinde (ya da sayısal olarak doğrudan) ayarlanır. İkinci adımda her bir ölçüt tek tek tıklanıp "Scaling" tuşuna basılarak; ölçüt nicelse ölçüt ile ilgili tek boyutlu değer fonksiyonunun doğrusal olup olmadığı belirtilir ve ölçeğin alt ve üst aralıkları ile kullanılan ölçüm birimi tanımlanır. Doğrusallık geçerli değilse "Show curve" tuşuna basılarak fonksiyon için gerekli noktalar eğri üzerinde belirtilerek üssel olmayan kesikli bir fonksiyon çizdirilir. Ölçüt nitelse "Qualitative (Discrete)" tuşuna basılarak ya V.I.S.A'nın hazır ölçeklerinden biri kullanılır ya da "Qualitative scale details" tuşuna basılarak yeni bir ölçek tanımlanır. Son adımda "Alternative Window" penceresine gidilerek karar matrisindeki tüm performans değerleri girilir (Şekil 10.11).

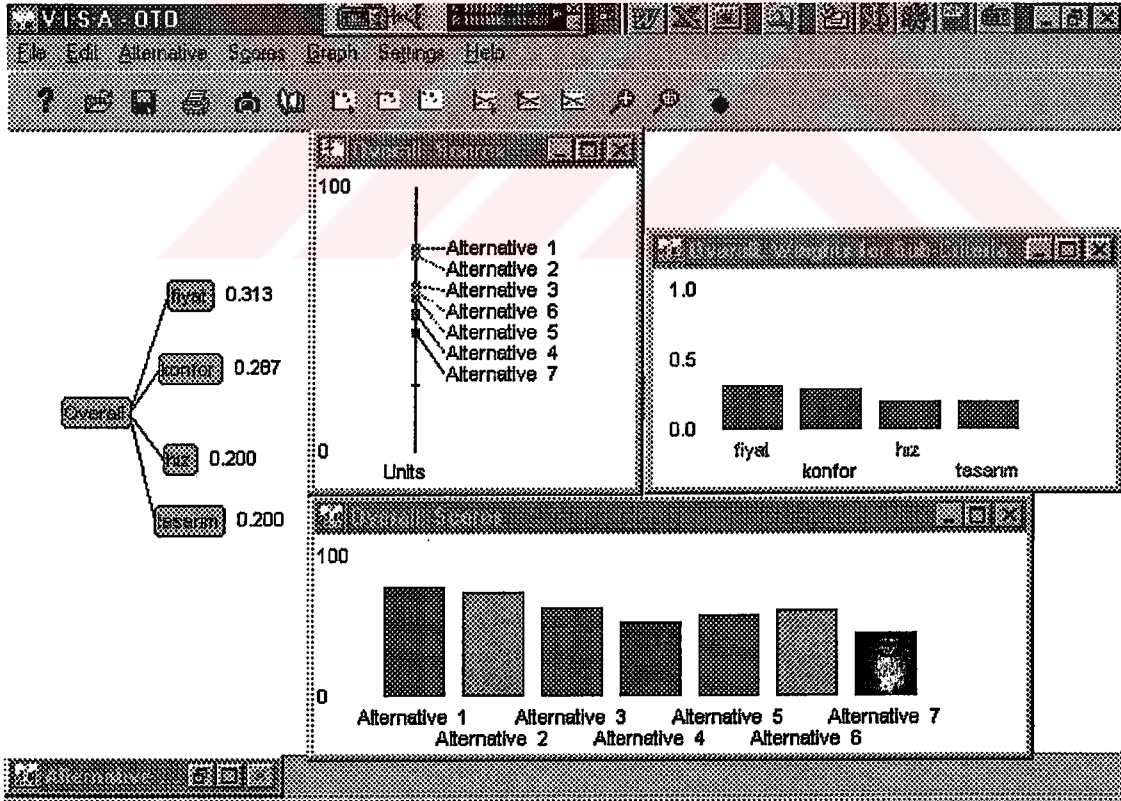
Sonuçları görmek için tüm yargılar girildikten sonra ana amacın üstüne tıklanıp "Thermometer" tuşuna basılmalıdır. Ekranı gelen 0-100 ölçeğinde tüm seçenekler global puanlarına göre konumlandırılırlar (Şekil 10.12). İstenirse bir üstteki grafik tuşuna basılarak seçeneklerin global puanlarına göre çubuk grafikler ile (bar) temsil edildiği bir şekil de çizdirilebilir (Şekil 10.12).

Son olarak duyarlılık analizi için hem ağırlıklarla ilgili pencere hem de global puanlarla ilgili pencere açıkken ağırlıklar üstünde oynamalar yapılarak global puanların nasıl değiştiği gözlemlenebilir (Şekil 10.12). Seçeneklerin nicel ölçütlere göre performans değerlerinin gösterildiği grafik penceresindeki değerler üzerinde oynama yaparak da sonuçlar üzerindeki değişim incelenebilir. Ayrıca iki ölçüt seçilerek iki boyutlu performans grafikleri de çizdirilebilir.



	fiyat	konfor	hız	tasarım
Alternative 1	300	Mükemmel	hızlı	Üstün
Alternative 2	250	Mükemmel	orta	Üstün
Alternative 3	250	Orta	hızlı	Üstün
Alternative 4	200	Orta	hızlı	orta
Alternative 5	200	Orta	orta	Üstün
Alternative 6	200	Zayıf	hızlı	Üstün
Alternative 7	100	Zayıf	orta	orta

Şekil 10.11. V.I.S.A. Kullanılarak Oluşturulan Hiyerarşi ve Karar Matrisi



Şekil 10.12. V.I.S.A.'nın Sunduğu Sonuçlar

10.3.7 Logical Decisions

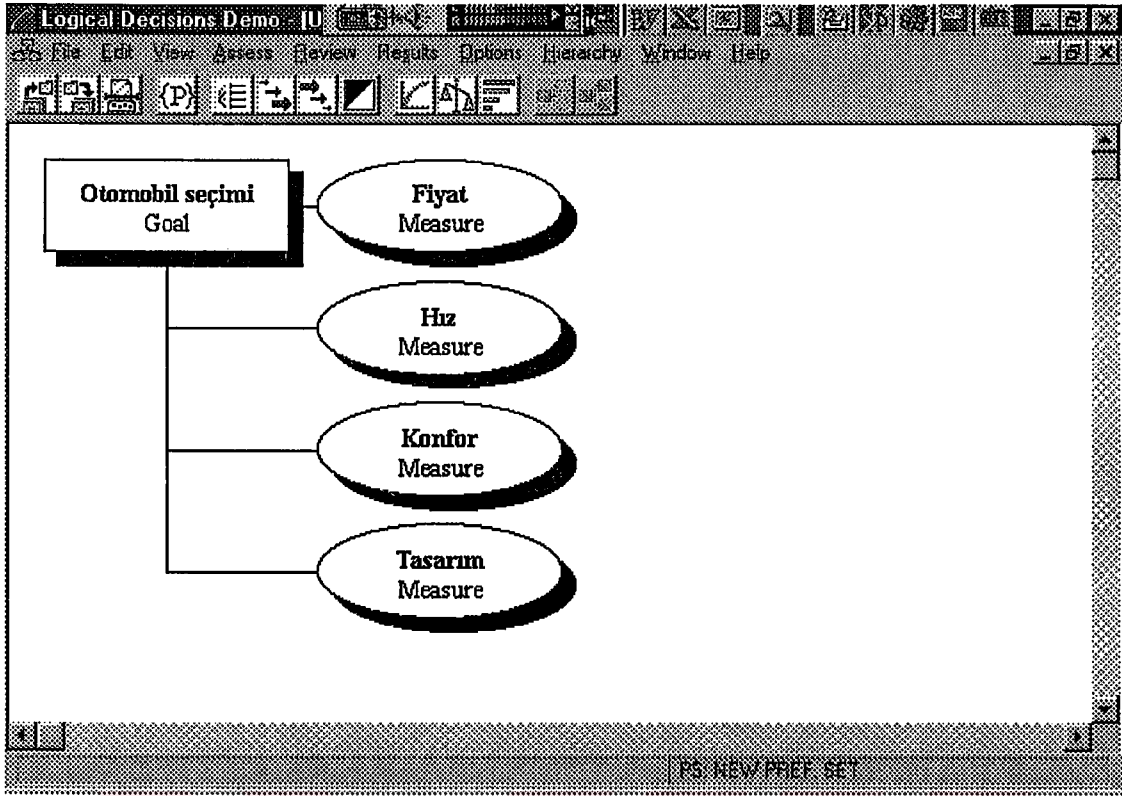
Logical Decisions for Windows Paket Programı Logical Decisions şirketi tarafından geliştirilmiştir (www.logicaldecisions.com). Kullandığı çözüm yöntemi (isteğe göre) toplamsal olarak ayrıştırılabilir değer fonksiyonu ya da kesikli çok parçalı değer fonksiyonu ya da doğrusal olmayan değer fonksiyonuna dayanır.

Logical Decisions Paketi çalıştırıldığında ekrana ilk olarak bir karar matrisi (Matrix: Overall Goal) penceresi ile amaç ve ölçütler hiyerarşisi (Goals Hierarchy for Overall Goal) penceresi gelir.

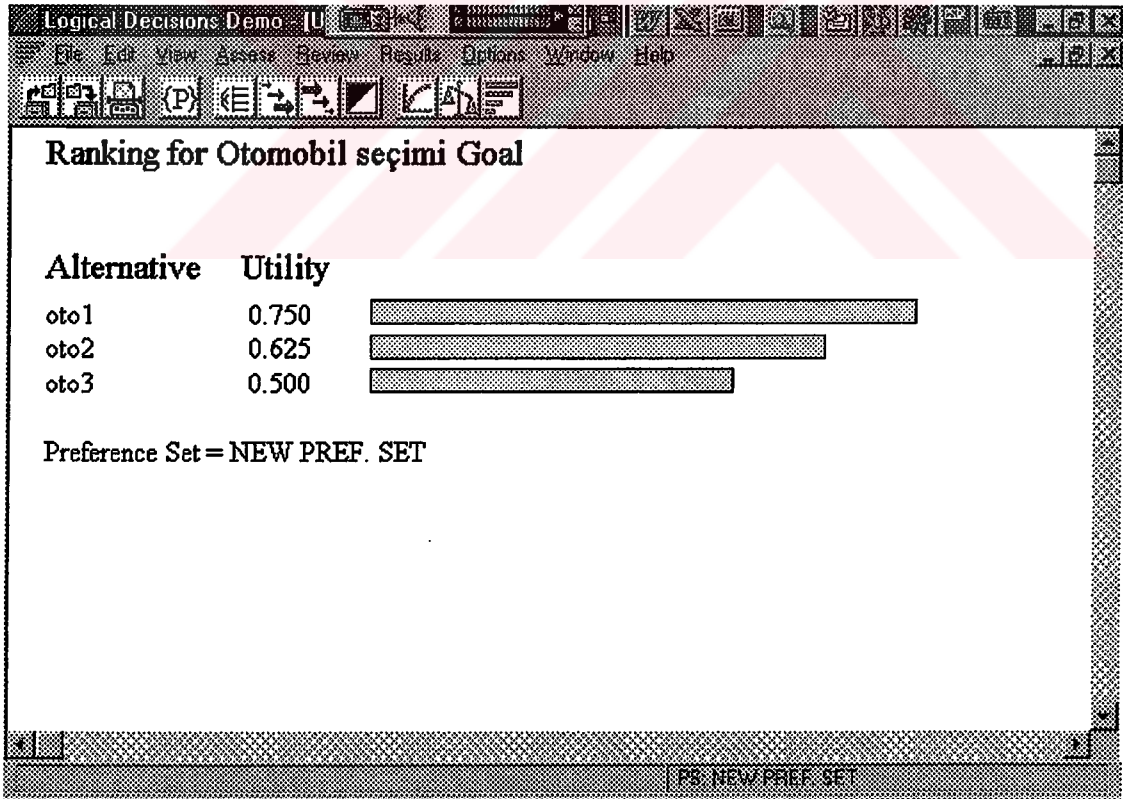
"Edit" menüsünden "Add" komutu seçilerek yeni bir amaç (goal), ölçüt (measure) veya seçenek (alternative) tanımlanır (Şekil 10.13). Tüm hiyerarşi oluşturulduktan sonra ölçütlerin üstüne tıklanarak tanımlanmalarına geçilir. Bunun için ekrana gelen "Define a Measure" penceresindeki "Scale" kesmesini seçip ölçüt nitelse kullanılacak ölçü birimini, en çok ve en az tercih edilen seviyeleri ve alt ve üst limitleri belirtmek gerekir. Ölçüt nitelse "Use Labels" kutusu işaretlenerek penceredeki "Labels" kesmesine geçilir. Yüksek-Orta-düşük ölçeği haricinde bir ölçek kullanılacaksa gerekli tanımlamalar yapılır.

Daha sonra karar matris penceresindeki matris performans değerleri ile doldurulur. "Assess" menüsünden "Preference Sets" komutu seçilerek "Structure" kesmesinde tercihlerin nasıl yapılacağı (Basit Yarar Fonksiyonu, AHS, Doğrudan) ve ölçüt ağırlıklarının belirlenmesinde hangi yöntemin (değiş-tokuş, doğrudan, oran (Smart), sıralama (Smarter), ikili karşılaştırma, AHS) kullanacağı belirtilir. Söz konusu menüde "Common units" komutu seçilirse nitel performans değerlerinin her bir seviyesinin hangi puanı alacağı belirlenirken "Weights" komutu seçilirse ölçütlerin amaca göre ağırlıkları belirlenir. .

Logical Decisions Paketinin önereceği çözümler ve duyarlılık analizi için de "Results" menüsüne girilmelidir. "Rank Alternatives" komutu kullanılarak seçeneklerin global puanlarına (ana amaca) göre (Şekil 10.14) ya da daha alt seviyedeki amaç veya ölçütlere göre sıralamaları elde edilir. Aynı menüde "Dynamic Sensitivity" seçilerek ağırlıklardaki değişimin global puanları nasıl etkilediğini gösteren bir arayüz ekrana getirilebilir ya da "Sensitivity Graph" komutu ile tek tek ölçütlere göre duyarlılık yapılabilir.



Şekil 10.13. Logical Decisions Paketi Kullanılarak Oluşturulan Hiyerarşi



Şekil 10.14. Logical Decisions Paketinin Sunduğu Sonuçlar

10.3.8 Criterium Decision Plus

Telif hakkı InfoHarvest Inc. şirketine ait olan Criterium Decision Plus Paket Programı Çok Kriterli Karara Yardım için kullanılır ve istenirse belirsizlik ortamında da çalıştırılabilir.

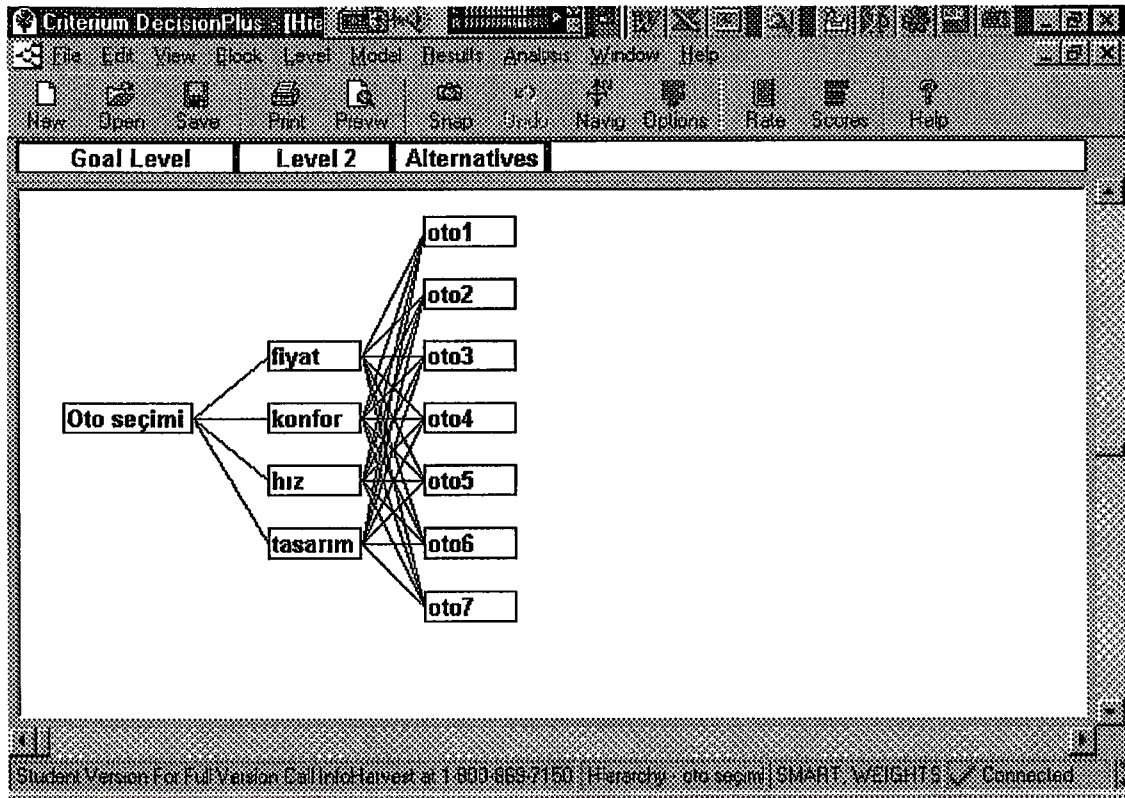
Criterium Decision Plus Paketi ilk olarak ekrana bir beyin fırtınası (Brainstorm) penceresi getirerek KV ve KA'nın hiyerarşi kurmasına olanak verir. Hiyerarşi gerektiği gibi kurulup sağ taraftaki seçenekler sütununa sorunun çözümü sırasında değerlendirilecek seçenekler girildikten sonra "Model" menüsünden "Generate Hierarchy" komutu çalıştırılarak tüm hiyerarşi (seçeneklerle birlikte) Criterium Decision Plus Paketinin "Hierarchy" penceresine aktarılır (Şekil 10.15).

İlk adımda ikinci seviyedeki ölçütlerin göreceli önemlerinin belirlenmesi için hangi yöntemin seçileceği belirlenir. Bunun için "Model" menüsünde "Technique-Hierarchy" komutunda ya "Weights" ya da "Tradeoff" seçilir. "Weights" seçilirse göreceli önemler ya doğrudan ya da ikili karşılaştırma sonucu belirtilen ağırlıklara göre hesaplanır. "Tradeoff" seçilirse ilk seviyedeki ölçütlerden biri referans ölçütü olarak alınarak değiş tokuşa dayalı sorular sorulup diğer ölçütlerle ilgili gerekli işlemler yapılır.

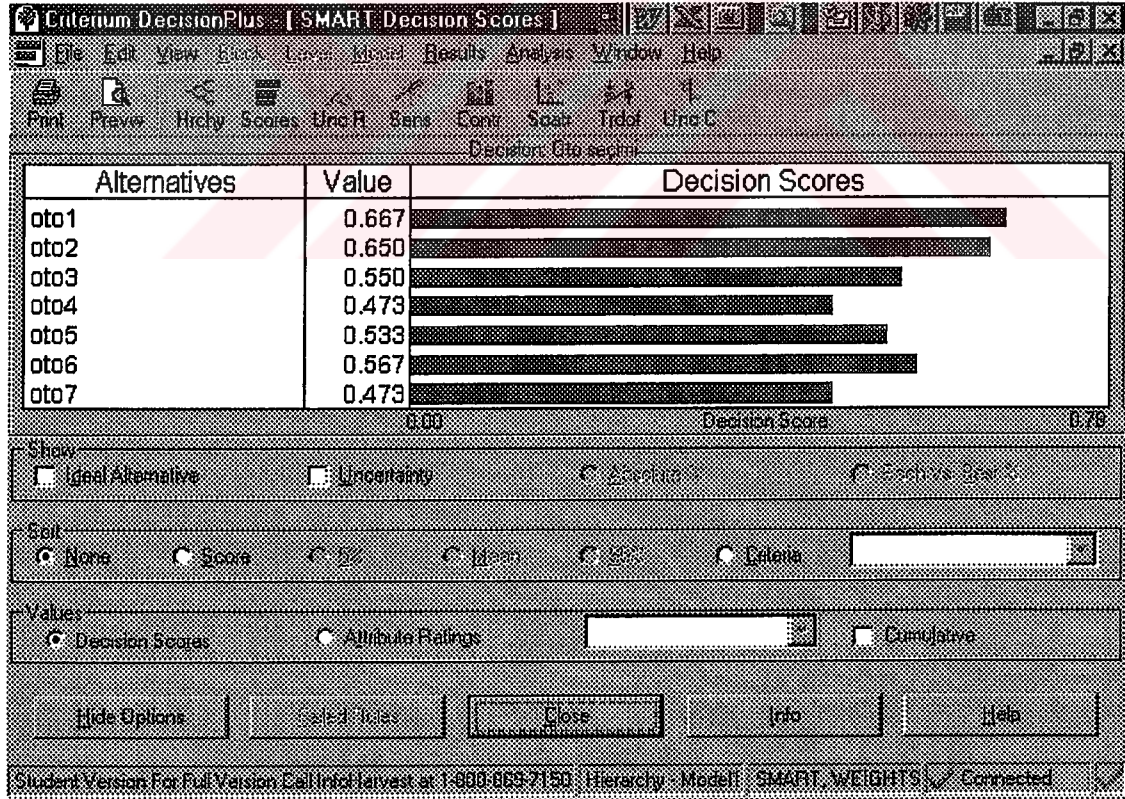
Daha sonra her bir ölçüt üzerine çift tıklanarak bir alt seviyedeki elemanların değerlendirilmesi yapılır. Bu değerlendirme doğrudan sayılar kullanılarak yapılabileceği gibi Criterium Decision Plus Paketinin sunduğu 5'li bir ölçek veya KA'nın hazırlayacağı başka bir ölçek üzerinde olabilir. Bu şekilde devam edilerek tüm hiyerarşi ile ilgili bilgiler Criterium Decision Plus Paketine girilmiş olur. "Results" menüsünden "Decision Scores" komutu seçilerek tüm seçeneklerin global puanları görülebilir (Şekil 10.16). "Analysis" menüsünden "Sensitivity by Weights" komutu çalıştırılarak da ölçütlere göre duyarlılık analizi yapılabilir.

10.3.9 Hesap Tabloları

Microsoft Excel cinsi bir paket program kullanılarak karar matrisi oluşturulabilir ve daha sonra Bölüm 5 - Bölüm 9'da verilen yöntemlerin tümü için gerekli işlemler denklemlerle (formulas) ya da "Tools" menüsündeki Visual Basic tabanlı makrolarla tanımlanarak gerçekleştirilir.



Şekil 10.15. Criterium Decision Plus Paketi Kullanılarak Oluşturulan Hiyerarşi



Şekil 10.16. Criterium Decision Plus Paketinin Sunduğu Seçenek Global Puanları

Gerekirse "Tools" menüsündeki "Solver" komutu ile doğrusal programlama modelleri çözülür ya da "Goal Seek" ile denklemde bilinmeyen bir değer hesaplatılabilir. Gerekli işlemlerin tanımlanması ile duyarlılık ve gürbüzlük analizi de yapılabilir.

Yapılan tüm işlemler grafiklerle desteklenerek ve makrolarla arayüzler oluşturarak KV ya da KA etkileşimi için kullanıcı dostu bir paket hazırlanabilir. Zaten günümüz KDS'lerin çoğu da hesap tablosu programları ile uyumlu çalışmakta ve veri alışverişine olanak vermektedirler.

ÇKKDS'lerin hesap tablosu ile oluşturulmasına örnek olarak; Kirkwood'un (1997) "Stratejik Karar Verme: Hesap Tabloları ile Çok Amaçlı Karar Analizi" isimli kitabında anlattığı değer fonksiyonuna dayalı sorun çözüm yöntemini kullanan ve duyarlılığa olanak veren hesap tablosu analizi verilebilir.



11. YENİ BİR KARAR DESTEK MODELİ ÖNERİSİ

Karar desteğini en mükemmel şekilde sağlamak için kurulacak ÇKKDS'nin KV tarafından tanımlanan farklı Karar Verme Durumlarını anlayabilme ve yorumlayabilme, dinamik olarak öneriler ve fikirler geliştirebilme ve çok sayıda Çok Ölçütlü Sorun Çözüm Yöntemlerinden uygun olanını kullanabilme özellikleri olan bir danışman gibi çalışması gerekir.

Tezde önerilen ve ayrıntısı aşağıdaki bölümlerde verilen Bütünleşik Karar Destek Modeli (IDEA - Integrated Decision Aid Model), yukarıda bahsedilen çalışma prensiplerine sahip bir ÇKKDS olarak tasarlanmıştır. IDEA, ideal bir ÇKKDS'ye uygun olarak, tüm Karar Verme Sürecini destekleyen ve sorunun yapılandırılması ile yapılandırma adımından sonraki model kurulması ve sorun çözülmesi adımlarından oluşan değerlendirmeyi bütünleştiren yapıdadır.

Aşağıdaki bölümlerde öncelikle en uygun çözüm yönteminin seçiminden söz edilip yapılandırma ve değerlendirme bütünleşimine örnekler verilmiş; son olarak önerilen karar destek modeli sunulmuştur.

11.1 En Uygun Çok Ölçütlü Sorun Çözüm Yönteminin Seçimine Yönelik Yaklaşımlar

Hangi çözüm yönteminin seçileceği sorunu; KV'nin ve KA'nın elinde seçimle ilgili bir yöntembilim veya seçimi destekleyecek bir yardım olmadığı zaman ya daha önce kullanılan bir yöntemin tekrar kullanımı ile ya da sağduyuya (ortak akıla) dayanan yeni bir yöntemin oluşturulup kullanılması ile çözülmeye çalışılır (Vincke, 1999).

İnsanların sorunlarını tanımlamaları, sorun üzerinde düşünmeleri ve çözmeleri sırasında izledikleri yol temel algı ve yargı tercihlerini yansıtır (Kleindorfer et al., 1993). Bu bilişsel fonksiyonların herhangi bir türünün diğerlerine üstün olduklarını söylemek imkansızdır. Bu durumda da Çok Ölçütlü Karar Verme Sorunları ile ilgili oluşan çok sayıda farklı yaklaşım arasında da tercih yapmak zorlaşmaktadır.

Hangi çok ölçütlü sorun çözüm yönteminin kullanılacağını seçimi de bir Çok Ölçütlü Karar Verme Sorunudur (Ozernoy, 1987; Henig ve Buchanan, 1996; Raju ve Pillau, 1999). Fakat söz konusu seçim sorununda da bir çözüm yöntemi kullanmak gerekeceğinden hangi yöntemin uygun olacağını seçimi KV'yi ve KA'yı bir kısır döngüye sokar (Guitouni ve Martel, 1998). Bu kısır döngüyü engellemek için ÇKKDS kullanılabilir.

Hangi yöntemin seçileceğine, Karar Verme Sürecinin başında karar verilemez (Salminen ve diğ., 1998). Bu karar için KV'nin ve KA'nin sorunu tam olarak anlaması diğer bir deyişle yapılandırması ve modellemesi gerekir. Bu da çok ölçütlü soruna bütünleşik bir yaklaşım getirir.

Zanakis ve diğ (1998); uygun çözüm yöntemi seçim sorunu üzerine yapılan çalışmaları inceleyerek söz konusu sorunun genelde çözüm yönteminin girdi ihtiyaçlarına göre çözülebileceğini saptamışlardır. İnceledikleri çalışmalarda ana amacın kullanılacak yöntemin seçimi yerine kullanılamayacak yöntemlerin elenmesi şeklinde olduğunu öne sürmüşlerdir. Elemeye örnek olarak da Jelassi ve Ozernoy'un kurdukları sınıflandırmaya dayalı bir uzman sistemi göstermişlerdir. Zanakis ve diğ. (1998); çözüm yöntemleri ile ilgili bilginin nitelik, nicelik ve özü açısından çok farklı olması durumunda sınıflandırmaya dayalı yöntem seçiminin çok zor olacağını da öne sürmüşlerdir.

Vincke'ye (1992) göre etkin bir çözüm yöntemi aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

- Yazılım yardımıyla verinin toplanması
- Karar Verme Süreci sırasında görsel gösterimler
- Bilgi değişikliğine ve geri dönüşlere izin verme
- Değişikliklerin etkilerini gösterme (duyarlılık)

Çözüm yöntemi, aynı zamanda, seçenekleri KV'nin tercihleri doğrultusunda değerlendirmek için bir çatı ve teknikler sağlamalıdır (Ozernoy, 1987). Bu doğrultuda üç ana amaç sağlanmalıdır:

1. Çözüm yönteminin ve Karar Verme Durumunun karşılıklı etkileşimi
2. Çözüm yöntemi, KV'nin tercihleri hakkındaki varsayımlar ve tercih bilgileri arasında karşılıklı uyum

3. Çözüm yönteminin talep ettiği kaynakların (yöntem hakkında hiç bir bilgi sahibi olmayan KV'yi eğitmek için gerekli zaman, değerlendirme ve çözüm için gerekli zaman, yöntemin maliyeti) yeterliliği

Uygun bir çözüm yönteminin seçiminde etkili olan ya da olması gereken etmenler çeşitli kaynaklardan aşağıdaki şekilde derlenmiştir (Stewart, 1992; Bana E. Costa, 1988; Raju ve Pillau, 1999; Stewart, 1999; Kleindorfer ve diğ., 1993; Yoon ve Hwang, 1995):

- Karar Verme Durumu
- Sorunun yapısı
- KV'nin özellikleri
- Yöntemin KV'nin değer ve tercihlerini yansıtması
- Yöntemin kullanım kolaylığı
- Yöntemle ilgili yazılımın bulunabilirliği
- KV'den istenilen girdilerin işlevsel olarak anlamlı olması
- Yöntemin ve yöntemle elde edilen sonuçların anlaşılabilir olması
- Yöntemin ve sonuçların doğru, güvenilir ve savunulabilir olması
- Sonuçların tutarlı ve gürbüz olması

Yapılan literatür araştırmasında en uygun çözüm yönteminin seçimi ile ilgili olarak Al-Shemmeri ve diğ.'nin (1997b) inceledikleri üç çalışma ile Ozernoy'un (1987) önerdiği sürece rastlanılmıştır.

Al-Shemmeri ve diğ.'nin (1997b) inceledikleri çalışmalarda; uygun çözüm yönteminin seçimi için ilk olarak sorun açık ve kesin bir şekilde belirlenir. Daha sonra ya bu sorunla ilgili Karar Verme Durumu (seçeneklerin durumu, ölçütlerin durumu, istenen sıralama türü, karar aşama sayısı, KV'nin tercih belirtme tercihi, KV'nin yöntemi anlayabilme ihtiyacı, kullanılabilir zaman) tanımlanarak çözüm yöntemlerinden Karar Verme Durumuna uygun olmayanların elenmesi ya da çözüm yöntemlerini değerlendirmek için önceden belirlenmiş kriterlerden, çözümü aranan Çok Ölçütlü Karar Verme Sorunu ile ilgili olanlarını kullanarak çözüm yöntemlerinin değerlendirilmesi ile uygun bir çözüm yöntemi önerilir. İlk modelin

kullanımı sırasında eleme sonucunda sadece bir yöntem kalması durumunda o yöntem sorun çözümü için kullanılır; hiç yöntem kalmaması durumunda geriye dönülüp uygunluk beklentileri değiştirilir; birden fazla yöntem kalması durumunda ise ek kriter kullanılarak (kullanım kolaylığı, parametrelerin açıklığı, sonuçların kararlılığı gibi) bir seçim yapılır. Kriterlerle değerlendirme sırasında ise ideal bir yöntemin alabileceği en iyi değerlerden oluşan bir ideal vektör oluşturulur. Her yöntemin söz konusu kriterler için değerlerinin ideal vektör değerlerine olan uzaklığı; α_i kriter ağırlığı, f_i^* i . kriterin en iyi değeri, $f_i^{\min}$ o kriterin alabileceği en kötü değer, $f_i(x)$ ise x yönteminin i . kriter için değeri olmak üzere

$$L = \sum_{i=1}^n \alpha_i \frac{f_i^* - f_i(x)}{f_i^* - f_i^{\min}} \quad 11.1$$

denklemleri ile hesaplanarak uzaklığı en az olan yöntem seçilir.

Ozernoy'un (1987) önerdiği en uygun çözüm yönteminin seçim süreci ise dört adımdan oluşur:

1. Kullanılabilecek çözüm yöntemleri ve sorunla ilgili Karar Verme Durumu belirlenir
2. Seçim için kullanılacak kriterler KA'nın profesyonel yargısına göre ayıklama ve değerlendirme kriterleri olarak ikiye ayrılır
3. Ayıklama kriterleri kullanılarak Karar Verme Durumu için uygun olmayan çözüm yöntemleri elenir. Eğer söz konusu Karar Verme Durumu için olurlu yöntem yoksa ya yeni bir çözüm yöntemi geliştirilmelidir ya da sorunun tanımı ve özelliklerinde değişiklikler yapılarak Karar Verme Durumu değiştirilmelidir.
4. Karar Verme Durumu için olurlu çözüm yöntemleri varsa değerlendirme kriterleri kullanılarak Karar Verme Durumu için belirlenecek ölçüt seviyeleri ile olurlu yöntemlerin ölçüt seviyeleri karşılaştırılır. Bu karşılaştırma sonucunda Karar Verme Durumu ile ilgili ihtiyaçları karşılayan ya da aşan yöntemlerden oluşan bir alt küme elde edilir.

Söz konusu alt kümede sadece bir yöntem varsa sorunun çözümü için bu yöntem kullanılır. Eğer alt kümedeki yöntem sayısı birden fazla ise ek kriterler (daha önce kullanma, alışkanlık vb.) kullanılarak söz konusu yöntemler arasından seçim

yapılır. Alt küme boşsa ölçüt seviyelerinde değişiklik yapma veya 3. adımdaki gibi ya yeni bir yöntem geliştirme ya da Karar Verme Durumunu değiştirme yoluna gidilir.

11.2 Sorun Yapılandırma ve Değerlendirmenin Bütünleştirilmesine Yönelik Yaklaşımlar

Bölüm 2.2'de de belirtildiği gibi Karar Verme Süreci; sorunun yapılandırılması, karar modelinin kurulması ve sorunun çözülmesi adımlarından oluşur. Fakat genelde, geleneksel yaklaşımda seçenekleri ve kriterleri ile ölçütleri önceden belirlenmiş diğer bir deyişle iyi yapılandırılmış bir sorunun çözümü ile ilgili yöntemler üzerine odaklanılır. Çözüm yöntemleri ile ilgili yayınlar incelendiğinde sorunun yapılandırılması adımından sonraki model kurulması ve sorun çözülmesi adımlarından oluşan değerlendirme ya da sadece sorunun çözümü ile ilgilenildiği görülür.

Gerçek hayatta ise karşılaşılan karar verme gerektiren sorunlar Bölüm 3.1'de belirtildiği gibi iyi yapılandırılmamış Karar Verme Durumları ile ilgilidir. Bu sorunların değerlendirilmesinden önce yapılandırılmaları gerekir. Değerlendirme için kullanılacak çözüm yöntemlerinin yapılandırma ile bütünleştirilmesi daha iyi çözümler bulunup KV'ye sunulmasına olanak verir.

Bu doğrultuda

- COPE-V.I.S.A. bütünleştirilmesi
- Expert Choice Paketindeki "Structuring" ile Bölüm 10.3.1'de ayrıntıları açıklanan "Evaluation & Choice" modüllerinin birarada kullanımı

örnek olarak verilebilir.

11.2.1 COPE-V.I.S.A. Bütünleşimi

Bilişsel haritaların analiz edilmesi için tasarlanan COPE paket programı kullanan bir kolaylaştırıcı (facilitator) KA rolü üstlenerek KV'nin sorununu yapılandırır. Elde edilen bilgiler Çok Ölçütlü Değer Teorisine dayalı V.I.S.A. programı için girdi değerleri olarak kullanılarak bir hiyerarşi (değer ağacı) şeklinde karar modeli kurulur ve V.I.S.A. ile Çok Ölçütlü Karar Verme Sorunu çözülür. V.I.S.A. programının

kullanımı için de KV'ye (aynı ya da farklı) bir kolaylaştırıcı yardım edebilir. Böylece Karar Verme Sürecindeki ilk adım olan sorunun yapılandırılması Bilişsel Harita Yaklaşımını kullanan COPE programı ile gerçekleştirildikten sonra; seçeneklerin kriterlere göre performans değerleri ile KV'nin tercihleri V.I.S.A. isimli programa girilerek ikinci adım olan modelin kurulması aşamasına geçilir. V.I.S.A. programındaki Ağırlıklandırılmış Değer Fonksiyonu Modeli (Bölüm 7.1) ile soruna çözüm önerilmesi ve görsel araçlar kullanılarak duyarlılık analizi yapılması ile de üçüncü adım tamamlanır. Süreç sırasal kullanılabileceği gibi adımları arasında geri dönüşler de mümkündür.

Tüm süreç iki aşama ve iki aşama arasındaki bir arka plan çalışmasından oluşabilir (Belton ve diğ., 1997a; Belton ve diğ., 1997b):

1. İlk aşamada sorunu yapılandırma kapsamında ilk olarak KV'den KA yardımıyla sorunla ilgili fikirlerini (kavramları) ortaya koyması istenir. KA bu fikirleri biraraya getirip düzenleyerek sınıflandırır ve KV'den bu sefer söz konusu fikirleri önceliklendirmesini ister. İlk adımda yaratıcılık teknikleri ile aklına gelen her fikir öne süren KV bazı fikirlerinin önemsiz bularak elenmesine (değerlendirme dışı kalmasına) neden olabilir. Daha sonra değerlendirmede kalan kavramlar arasındaki ilişkilerin varlığı ve bu ilişkilerin yönü elde edilir. Böylece bir bilişsel harita çizilerek ilk aşama bitirilir.
2. Arka plan çalışmasında KA tarafından ilk aşamada elde edilen malzeme (eğer ikinci aşamada başka bir KA varsa onunla birlikte) gözden geçirilir ve bilişsel harita son halini alır (çok büyük değişiklikler yapılması durumunda KV'nin onayını almak gerekir). V.I.S.A. programı değer ağacı kullandığından bilişsel haritayı değer ağacı şekline getirmek gerekmektedir. Bu bağlamda; bilişsel haritadaki bir kavramın birden fazla sayıdaki kavramı etkilemesi ya da birden fazla sayıda kavramdan etkilenmesi ile kavramlar arasında hem doğrudan hem de dolaylı ilişki olması gibi değer ağacına yansıtılamayacak ilişkilerin yeniden gözden geçirilmesi gerekir. Uygun bir şekilde bazı dolaylı ilişkiler doğrudan ilişki haline getirilerek ve bazı ilişkiler de iptal edilerek bir ana amaçtan en düşük düzeydeki ölçütlere tek yönlü ilerleyen bir değer ağacı (kriterler hiyerarşisi) oluşturulur. Bu çalışmaya KV'nin katılmasına izin verilmemesinin nedeni yapılan

düzeltilmelerle ilgili neye ihtiyaç olduğu ve niçin gerektiği gibi sorulara açıklama yapmanın kolay olmamasıdır.

3. KV'ye değer ağacı sunularak ikinci aşamaya başlanır. KV'nin değerlendirmesine göre hiyerarşi son halini alır. En alt seviyeyi oluşturacak seçenekler üretilir ve tüm hiyerarşi V.I.S.A. programına girilir. Daha sonra KV'nin seçenekleri ölçütlere göre ve ölçütleri amaca göre değerlendirmesi istenerek tüm değer ağacı üstündeki yargısı elde edilir. V.I.S.A. gerekli hesaplamaları yaparak seçeneklerin ağırlıklandırılmış değer fonksiyonuna göre global puanlarını KV'ye sunar. İstenilen ölçütler için duyarlılık analizleri de görsel grafiklerle desteklenerek gerçekleştirilir.

Söz konusu bütünleşik karar desteği çalışmasına; Belton ve diğ. (1997a), 12 uzmanın biri COPE, diğeri V.I.S.A. üzerine uzmanlanmış iki KA yardımıyla ULTH şirketi ile ilgili bir sorunu çözmesini örnek olarak vermişlerdir.

11.2.2 Expert Choice Paketinde Bütünleşim

AHS yöntemi kullanılarak çözülmesi istenen bir karar sorunu istenirse Expert Choice Paketindeki "Structuring" modülü kullanılarak yapılandırılabilir. Söz konusu modül KV'ye ilgilendiği sorun ile ilgili elindeki ya da düşünceyle erişebileceği bilgiyi kullanarak karar ile ilgili elemanları (hiyerarşinin öğelerini) tanımlamasına ve hiyerarşik olarak düzenlemesine yardımcı olacak bir sezgisel arayüz sağlar.

Yapılandırma sonucu kurulan hiyerarşi AHS ile işlenebilecek duruma gelirse doğrudan "Evaluation & Choice" modülüne otomatik olarak aktarılabilir. Gerekirse değerlendirme modülünden yapılandırma modülüne dönülerek hiyerarşinin elemanları üzerinde değişiklik veya eleman ekleme ya da çıkarma gibi işlemler de yapılabilir. Böylece Karar Verme Sürecinin ilk adımı olan sorunun yapılandırılması adımı diğer iki adımla bütünleştirilmiş olur.

Sorunun yapılandırılması ile ilgili modül ana amacın tanımlanması ile başlar. Daha sonra hiyerarşik yapılandırma için Bölüm 3.3.1'de de belirtildiği gibi ya "Yukarıdan Aşağıya (Amaca Bağlı)" ya da "Aşağıdan Yukarıya (Seçeneğe Bağlı)" yaklaşım seçilir.

"Yukarıdan Aşağıya" yapılandırma seçilirse "Objectives Cluster View" penceresi ekrana gelir ve KV'den (ya da KV'ye yardım eden KA'dan) sorunla ilgili amaçları, kriterleri ve alt kriterleri girmesi istenir. Gerekirse "Objectives Tree View" penceresi "Windows" menüsünden açılarak kriterler arasındaki hiyerarşik ilişkileri yansıtacak düzenlemeler yapılır. Aynı menüden "Alternatives" penceresi açılarak sorunla ilgili seçenekler girilir. Bu aşamada Değere Odaklanan Düşünme yaklaşımı veya Bölüm 3.2.3'deki yaklaşımlardan faydalanılabilir. "Windows" menüsünde "ConvMap" kesmesi seçilerek oluşturulan hiyerarşi ekrana çizdirilir. Memnun kalınırsa "Objectives Cluster View" penceresine dönülüp "Build EC Model" kesmesi seçilerek oluşturulan hiyerarşinin otomatik olarak "Evaluation & Choice" modülüne aktarılması sağlanır ve o yapılandırma modülü kapanarak değerlendirme modülü hiyerarşi çizilmiş olarak kullanıcın karşısına çıkar. Daha sonra Bölüm 10.3.1'de anlatıldığı şekilde modelin kurulması için gerekli yargıların programa aktarılması ve sorunun çözülmesi adımları gerçekleştirilebilir.

"Aşağıdan Yukarıya" yapılandırma seçilmesi durumunda ise ilk olarak "Alternatives" penceresi ekrana gelir ve kullanıcının değerlendireceği tüm seçenekleri tanımlası istenir. Tanımlanan her seçenek için program otomatik olarak "Pro/Cons" pencereleri oluşturur ve kullanıcı "Windows" menüsünden gerek duyduğu seçenekler için ilgili pencereyi açarak seçeneğin kuvvetli ve zayıf yönlerini girer. Söz konusu kuvvetli ve zayıf yönler kullanılarak ("Converting") ya da bu yönlerden esinlenerek "Objectives Tree View" penceresinde amaçlar ve kriterler oluşturulur. İlk yaklaşıma benzer şekilde oluşturulan hiyerarşi değerlendirme modülüne aktarılması sağlanarak Karar Verme Sürecinin diğer adımlarına geçilebilir.

11.3 Önerilen Yaklaşım

Bölüm 10'da incelenen ÇKKDS örnekleri ile Bölüm 11.2'de incelenen sorun yapılandırma ve değerlendirme bütünleşimleri farklı Karar Verme Durumları için en uygun çözümü KV'ye ve KA'ya kullanılmaktan uzaktırlar.

Expert Choice Paketi salt AHS'nin; DecArt, Logical Decisions for Windows ve V.I.S.A. Paketleri salt Çok Ölçütlü Değer Teorisine dayalı basit bir yöntemin; Web-HIPRE ve Criterium Decision Plus Paketleri ya değer fonksiyonuna dayalı yöntemin ya da AHS'nin; PromCalc paketi PROMETHEE I ve II'nin ve ELECTRE III/IV

paketi ise ismini oluşturan yöntemlerin kullanımı için tasarlanmışlardır. Bu paketlerin herhangi birinden yardım alan KV, sorununu yansıtan Karar Verme Durumunun tanımlanmasında kullanılan boyutların değerlerinin (Bölüm 11.3.1) ilgili yönteme uygun olmamaları durumunda bile, bazı adımlarda zorlanıp bazı yargı ve görüşlerinden vazgeçerek bir çözüme ulaşmak zorunda kalmaktadır.

Benzer şekilde gerek COPE-V.I.S.A. bütünleşimi oluşturulan bilişsel haritanın sadece değer ağacına dönüştürülüp Çok Ölçütlü Değer Teorisine bağlı yöntemle çözülmesine gerek Expert Choice Paketindeki bütünleşim de sorunun AHS'ye özgü bir hiyerarşi şeklinde yapılandırılıp kurulan modelin AHS ile çözülmesine olanak verdiklerinden KV'ye hiyerarşik yapı kurma dayatmasının yanında Karar Verme Durumu-Sorun Çözüm Yöntemi uyumsuzluğu yine söz konusu olabilir.

Kullanılacak ÇKKDS'nin bu tür uyumsuzluklara neden olmaması gerekir.

Karar Verme Durumu için uygun sorun çözüm yönteminin seçimi sırasında da Bölüm 11.1'de önerildiği şekilde incelenen sorunu yansıtan Karar Verme Durumuna göre bir eleme yapmak yerine herhangi bir Karar Verme Durumuna uygun olacak şekilde çözüm yöntemleri Karar Verme Durumları ile eşleştirilmelidir.

Başlangıçta da belirtildiği gibi Çok Kriterli Karara Yardım gerçekleştiren ÇKKDS'nin oluşabilecek farklı Karar Verme Durumlarına uyumlu olup her Karar Verme Durumunu tanımlayan boyutların değerlerine özgü en uygun çözüm yöntemini önerebilen ve öneri geliştirebilen yapıda olması gerekir.

Bu bağlamda yukarıda söz edilen koşullara uygun bir yaklaşım kullanılarak; tüm boyutların farklı değerlerinin göz önünde tutulmasıyla oluşturulan Karar Verme Durumları için uygun çözüm yöntemi önerebilen, KV'ye Karar Verme Sürecinin her aşamasında (isterse) yardım eden ya da onun bilgi ve yargılarını kullanan ve sonuçta bir öneri ya da fikir geliştirebilen IDEA önerilmiştir.

Takip eden bölümlerde sırasıyla Karar Verme Durumunun tanımlanması ve IDEA'nın işleyişi hakkında bilgi verilmiş; daha sonra Karar Verme Durumlarına göre sorun çözüm yöntemi önerilmesi için kullanılan Karar Verme Durumu-Çözüm Yöntemi eşleştirme adımları açıklanmıştır.

11.3.1 Karar Verme Durumunun Tanımlaması

Guitouni ve Martel (1998); en uygun çözüm yönteminin seçimi sorununa yaklaşırken her farklı kararın farklı bir Karar Verme Durumu oluşturabileceğini düşünerek Karar Verme Durumlarını tek tek incelemek yerine farklı çözüm yöntemlerine odaklanmışlardır. Bu amaçla yöntemlerin durumları ve sınırları ile ilgili parametreler belirlemişlerdir. Hangi yöntemin seçileceği sorunu ile ilgili belirledikleri ana noktalara göre çözüm yöntemlerini değerlendirmişler fakat bu noktaları bir kriter gibi kullanmadıklarından seçilebilecek yöntemleri gösteren bir sonuç ortaya koyamamışlardır. Söz konusu ana noktalar aşağıdaki gibidir:

- Karar Verme Sürecine katılanların belirlenmesi (çok sayıda KV varsa grup karar verme yöntemlerinin veya grup KDS'lerin kullanımı)
- KV'nin tercihlerini nasıl belirlediğinin hesaba katılması (tercih belirleme tarzı, tercih belirleme zamanı ve tercih yapısı)
- Çok kriterli sorunun tipi (seçim, sıralama, sınıflandırma, diğer)
- Seçeneklerin ölçütlere göre performans değerleri ile ilgili gerekli bilgiyi KV'nin sağlayabilmesi ve eldeki girdi bilgisini kullanabilmesi (bilginin sayısal ya da sırasal olması ile deterministik ya da stokastik olması)
- KV'nin telafi etme hakkında görüşünün alınması ve telafi etme derecesine (tam, kısmen veya hiç) uyulması
- Yöntemin temel hipotezlerin sağlanıp sağlanmadığının kontrol edilmesi
- Yöntemi uygulayan paket programın bulunabilirliği

Söz konusu ana noktalardan esinlenerek ve ilk on bölümdeki anlatılanlar göz önünde bulundurularak; tez kapsamında, IDEA'nın Karar Verme Durumunu altı farklı boyutta tanımlaması uygun görülmüştür:

- B₁: Sorun tipi
- B₂: Sorunun büyüklüğü (ölçüt ve seçenek sayısı)
- B₃: KV'nin ölçütlere göre seçenekler arasındaki tercihlerini belirlemesi sırasındaki yaklaşımı
- B₄: KV'nin tercih yapısı (tercih modellenmesine dayalı sıralama türü)

- B₅: Ölçütlerin göreceli önemlerinin belirlenmesinin gerekliliği (göreceli önemlerin varlığı veya eşit olmaması)
- B₆: Seçeneklerin ölçütlere göre performans değerlerinin türü

Tüm boyutların alabileceği farklı değerler ve bu değerler için tez kapsamında kullanılan kısaltmalar Tablo 11.1'de verilmiştir.

Tablo 11.1. Karar Verme Durumu Boyutları

Boyut	Değerler	Kısaltma
B ₁	Seçim	α
	Sınıflandırma	β
	Sıralama	γ
B ₂	Ölçüt sayısı az – Seçenek sayısı az	Az-Az
	Ölçüt sayısı az – Seçenek sayısı çok	Az-Çok
	Ölçüt sayısı çok – Seçenek sayısı az	Çok-Az
	Ölçüt sayısı çok - Seçenek sayısı çok	Çok-Çok
B ₃	Doğrudan değerlendirme	DD
	Değiş tokuşa dayalı değerlendirme	DT
	İkili karşılaştırmaya dayalı değerlendirme	İK
B ₄	Tam sıralama veren ve eşik kullanmayan model	M1
	Tam sıralama veren ve kayıtsızlık eşiği kullanan model	M2
	Tam sıralama veren ve her iki eşiği de kullanan model	M3
	Kısmi sıralama veren ve eşik kullanmayan model	M4
	Kısmi sıralama veren ve kayıtsızlık eşiği kullanan model	M5
	Kısmi sıralama veren ve her iki eşiği de kullanan model	M6
B ₅	Göreceli önem gereksinimi var	Var
	Göreceli önemler eşit ya da göreceli önem gereksinimi yok	Yok
B ₆	Performans değerlerinin hepsi nicel	P1
	Performans değerlerinin hepsi nitel ya da performans değerleri karışık (hem nicel hem nitel)	P2

Söz konusu boyutlardan; sorun tipi boyutu, Bölüm 2.3.1.2'deki üç ana başlığa göre seçim, sınıflandırma ve sıralama olarak tanımlanmıştır.

Sorunun büyüklüğü boyutu tanımlanırken Bölüm 7.5'de anlatılan Miller'in teorisindeki en üst sınır olan dokuz rakamı kullanılmıştır. Bu bağlamda; ölçüt ya da seçenek sayısının dokuzla eşit veya küçük olması durumunda sayı "az" olarak, dokuzdan büyük olması durumunda "çok" olarak belirtilmiş ve iki farklı sayının iki farklı duruma göre kombinasyonları kullanılmıştır.

Tercih belirleme sırasında ise KV'nin seçenekler hakkındaki yargısını; performans değerlerine göre doğrudan belirlemesi, bir seçeneğin bir ölçüte göre performans

değerindeki artışın diğer bir seçeneğin aynı ölçüte göre performans değerinde ne kadar bir azalışa neden olacağına göre belirlemesi (değiş tokuş) ya da iki seçeneği ölçütler açısından birbirlerine göre ikili karşılaştırması sonucu belirlemesi gibi farklı durumlar söz konusudur.

Tercih yapısı modeli için Bölüm 4.4 ve alt başlıkları (Şekil 4.1) kullanılmıştır. Sorun çözüm yönteminde kullanılan kuvvetli tercih (P), kayıtsızlık (I), zayıf tercih (Q) ve karşılaştıramama (R) ilişkileri ile kayıtsızlık eşiği (q) ve tercih eşiği (p) parametrelerine bağlı olarak farklı modeller tanımlanabilir. Modeller; KV'ye, önerilecek yöntemin seçenekleri tam sıralamasını mı kısmi sıralamasını mı tercih ettiği ve kayıtsızlık ile tercih eşiklerini kullanmak isteyip istemediği sorularak alınan yanıtla göre oluşturulur.

Daha önce de belirtildiği gibi; tercih ve/veya kayıtsızlık ilişkileri kullanılırken, diğer bir deyişle tüm seçenekler aynı sırayı paylaşımlarına da izin verilecek şekilde birbirlerine göre belirli bir sıradayken tam sıralama; tercih ve kayıtsızlık ilişkisi olmaması durumunda, diğer bir deyişle bazı seçeneklerin oluşturulan sıralamada diğer seçeneklere göre ne daha iyi ne de daha kötü durumda olmaları durumunda ise kısmi sıralama söz konusudur. Örneğin bir otomobil yarışında hiç bir otomobil yarış dışı kalmazsa ilk otomobil yarışı bitirdiği zamanki konumlarına göre tüm otomobiller için bir tam sıralama yapılabilir. Eğer kaza veya arıza gibi nedenlerle yarış dışı kalan otomobiller varsa söz konusu otomobiller arasında bir öncelik sıralaması yapılamayacağından kısmi sıralama oluşturulur.

Benzer şekilde KV'nin Bölüm 4.4.2 ve 4.4.3'de söz edilen sabit ve değişken kayıtsızlık eşiği kullanımı isteği ile Bölüm 4.4.4'de söz edilen tercih eşiği kullanımı isteği oluşturulacak model üzerinde etkilidir. Kayıtsızlık eşiği kullanımı durumunda, KV eşik değeri altındaki performans değerleri farkı için iki seçenek arasında kayıtsız kalırken; kayıtsızlık eşiği ile tercih eşiğinin beraber kullanımı durumunda ise KV yine kayıtsızlık eşiği değerinin altındaki fark için iki seçenek arasında kayıtsız kalmakta, tercih eşiğinin değerinin üstündeki fark için iyi durumdaki seçeneği tercih etmekte ve iki eşik değeri arasındaki fark için de iyi durumdaki seçeneği zayıf tercih etmektedir. Örneğin kayıtsızlık eşiğinin 0.5, tercih eşiğinin 1 puan olduğu bir tercih yapısında; 10 puan alan bir aday ile 10 puandan az 9.5 puandan daha fazla alan adaylar arasında kayıtsız kalınırken, aynı aday 9.5 puan veya daha az alan ama 9

puandan fazla puanı olan adaylara zayıf tercih edilmektedir. Söz konusu aday 9 puan veya daha az puan alan adaylara ise kuvvetli tercih edilir.

Sonuç olarak dördüncü boyut kapsamında oluşturulan altı model teknik olarak aşağıdaki özelliklere sahiptir (Ayrıntılı bilgi için Bölüm 4.4'e bakınız):

- Tam sıralama veren ve eşik kullanmayan model, tercih ilişkisini (P) kullanan tam sıralama tercih yapısı ile tercih ve kayıtsızlık ilişkisini (P ve I) kullanan tam ön-sıralama tercih yapısını kapsar
- Tam sıralama veren ve kayıtsızlık eşiği kullanan model, tercih ve kayıtsızlık ilişkisi (P ve I) ile sabit kayıtsızlık eşiğini (q) kullanan yarı sıralama tercih yapısını ve tercih ve kayıtsızlık ilişkisi ile değişken kayıtsızlık eşiğini ($q(.)$) kullanan aralık sıralama tercih yapısını kapsar
- Tam sıralama veren ve her iki eşiği de kullanan model ise tercih ve kayıtsızlık ilişkisi (P ve I) ile kayıtsızlık ve tercih eşiğini (q ve p) (iki eşiğin kullanımı ile zayıf tercih ilişkisini (Q) de) kullanan sözde sıralama tercih yapısını kapsar
- Kısmi sıralama veren ve eşik kullanmayan model, tercih ve karşılaştıramama ilişkisini (P ve R) kullanan kısmi sıralama tercih yapısı ile tercih, kayıtsızlık ve karşılaştıramama ilişkisini (P , I ve R) kullanan kısmi ön-sıralama tercih yapısını kapsar
- Kısmi sıralama veren ve kayıtsızlık eşiği kullanan model, tercih, kayıtsızlık ve karşılaştıramama ilişkisi (P , I ve R) ile sabit kayıtsızlık eşiğini (q) kullanan kısmi yarı sıralama tercih yapısını ve tercih, kayıtsızlık ve karşılaştıramama ilişkisi (P , I ve R) ile değişken kayıtsızlık eşiğini ($q(.)$) kullanan kısmi aralık sıralama tercih yapısını kapsar
- Kısmi sıralama veren ve her iki eşiği de kullanan model ise tercih, kayıtsızlık ve karşılaştıramama ilişkisi (P , I ve R) ile kayıtsızlık ve tercih eşiğini (q ve p) (iki eşiğin kullanımı ile zayıf tercih ilişkisini (Q) de) kullanan kısmi sözde sıralama tercih yapısını kapsar

Beşinci boyut; görelî önem belirlenmesi gereksinimi değeri ile KV'nin görelî önem kullanmak istemesi ve bu önemlerin birbirlerinden farklı olmasını; görelî önem belirlenmesinin gerekli olmadığı değeri ile de önemlerin birbirlerine eşit olması veya hiç kullanılmamasını gösterir.

Son boyut için de karar matrisindeki performans değerlerinin nicel ya da nitel olmasına göre tanımlama yapılmıştır.

Tanımlamalar ve boyut değerlerinden de anlaşılacağı gibi; KV'nin tercihini belirleme sırasındaki yaklaşımı (B_3), KV'nin tercih yapısı boyutu (B_4) ve görelî önem varlığı ile ilgili boyut (B_5) KV'nin görüş ve yargısına bağlıdır. Aynı sorunu temsil eden bir Karar Verme Durumu bu boyutlara göre KV'den KV'ye farklılık gösterebilir. Değerlendirilen seçenek kümesinin elemanlarının gruplandırılması, sıralanması veya en iyisinin seçimi arasında kararı KV'ye bırakan sorunlar için de sorun tipi boyutu (B_1) KV'ye bağlı olabilir. Diğer iki boyut (sorunun büyüklüğü (B_2) ve performans değerlerinin türü (B_6)) ise soruna özgüdür ve oluşturulan karar matrisinin incelenmesi ile anlaşılır.

Ek A'daki Tablo A.1 - Tablo A.4'de sırasıyla sorun çözümünde kullanılabilecek Basit, Değer Temelli, Üstünlüğe Dayanan ve Etkileşimli Yöntemlerin yukarıda söz edilen Karar Verme Durumu Boyutları açısından incelenmesi verilmiştir.

Tablolarda da görüldüğü gibi Basit Yöntemlerin çoğunluğu KV'nin tercihini doğrudan belirlemesine, tercih ve kayıtsızlık ilişkilerine dayanan tercih yapısı kullanmasına, görelî önem belirleme gereksinimi duymamasına ve karışık (nitel ve nicel) performans değerleri kullanmasına olanak verir.

Değer Temelli Yöntemlerin hepsi seçeneklerin sıralanmasına olanak verirken, söz konusu yöntemlerin diğer ortak özellikleri tercih ve kayıtsızlık ilişkilerine dayanan tercih yapısı ve görelî önem gereksinimidir.

Üstünlük yöntemleri de az sayıda ölçüt ve seçenek ile ilgilenme; ikili karşılaştırma ile tercih belirleme ve kısmi sıralamaya dayanan tercih yapıları kullanımına olanak verme yönleri bakımından ortaktırlar. ELECTRE I haricindeki tüm yöntemler çözümü sıralama şeklinde verirler.

Etkileşimli yöntemler ise çözümü seçim şeklinde önerirler; çok sayıda seçenek ile ilgilenmeye olanak verirler ve tercih ve kayıtsızlık ilişkilerine dayalı tercih yapısı gerektirirler. Ayrıca söz konusu yöntemlerin çoğunluğu görelî önem belirlenmesini gerektirmez ve doğrudan değerlendirme ile tercih belirlemeye olanak verirler.

IDEA; sorunun yapılandırılması ve modelin kurulmasına sağlayacağı destekten sonra, her boyutun farklı değerlerinin kombinasyonlarına göre oluşturulacak 864 ($3*4*3*6*2*2$) adet Karar Verme Durumu için Bölüm 11.3.3'de anlatılan eşleştirme ile en uygun Sorun Çözüm Yöntemini önerecek ve önerilen yöntemin KV tarafından (gerekirse KA yardımıyla) kullanılması ile Çok Kriterli Karara Yardım sağlayacaktır.

11.3.2 Önerilen Modelin İşleyişi

Bir KV'nin herhangi bir çok ölçütlü karar verme gerektiren sorunla karşılaştığında Çok Kriterli Karara Yardımı alabileceği IDEA'nın işleyişi Ek B'deki akış şemasında verilmiştir.

Ek B'de görüldüğü gibi; IDEA'yı kullanmaya başlayan kullanıcı (KV) öncelikle ne tip bir karar sorunu olduğunu belirtir. Karar verme sorununun; birden fazla sayıda seçeneğin birden fazla sayıda ölçüte göre değerlendirilerek seçilmesi, sınıflandırılması ya da sıralanması şeklinde olması durumunda işleyiş devam eder ve IDEA KV'nin değerlendirmede kullanacağı amaç, kriter, ölçüt ve seçeneklerin belirli olup olmadığını saptar.

Söz konusu değişkenlerin (değer, amaç, kriter ve ölçütlerin) ve seçeneklerin belirli olmaması veya KV tarafından yeterli görülmemeleri ve yeni değişken ile seçeneklerin eklenmesini istemesi durumunda; IDEA KV'ye KA yardımıyla Değere Odaklanan Düşünme ve/veya Bilişsel Harita Yaklaşımı kullanarak sorunu yapılandırmasını önerir. IDEA esnek bir ÇKKDS olduğu için KV'ye sadece kendi değişkenlerini ve seçeneklerini kullanma olanağı da tanır.

Bir sonraki adımda KA gerek KV'nin başlangıçta aklında olan gerekse de daha sonradan yapılandırma sırasında belirlediği değişkenleri inceleyerek bir bilişsel harita oluşturmanın uygunluğunu kontrol eder.

Bilişsel harita oluşumuna uygun bir sorunun yapısı ya hiyerarşi ya da serim şeklinde olacaktır. Yapının serim şeklinde olması durumunda; IDEA KV'nin Analitik Serim Süreci (Saaty, 1988) veya Sistem Dinamiği (Ackermann ve diğ., 1994) kullanmasını önerir. Aksi takdirde KA yardımıyla baş veya kuyruk (head/tail) analizi kullanılarak özgün bir şekilde hiyerarşi seviyeleri oluşturulmasını önerir. Örneğin baş analizi kullanılırsa; Bilişsel haritada başka bir kavramı etkilemeyen değişkenlerin (kendi

düğümünden diğer düğümlere ok çıkmayan) temsil ettiği ana amaçlar öncelikle belirlenir ve hiyerarşinin en üst seviyesini oluştururlar. Söz konusu düğümler haritadan silinerek yeni harita için yeniden bir baş analizi yapılarak ikinci seviye belirlenir. Bu şekilde işlem sürdürülerek bilişsel haritadaki tüm düğümler hiyerarşiye aktarılır. Daha sonra IDEA KV'nin seçenekleri değerlendirmek için salt en üst seviyedeki ana amaçları mı yoksa tüm hiyerarşiyi mi kullanacağını öğrenir.

İlk durum (salt ana amaçlar) söz konusu iken IDEA'nın bir diğer özgün yönü olan Kural Tabanlı Sistem kullanılır. Kural Tabanlı Sistemi kullanabilmek için ilk olarak, oluşturulan hiyerarşinin en alt seviyesindeki ölçütlere göre seçeneklerin performans değerlerini barındıran bir başlangıç matrisi tanımlanır. Söz konusu ölçütlerin görelî önemlerini belirlemek için yine KV'ye başvurulur. A1 yordamı çerçevesinde; KV'nin görelî önemleri ister eşit olarak kabul etmesine, isterse doğrudan değerlendirerek belirlemesine, isterse herhangi bir ağırlıklandırma yöntemi (sözel ifadelere dayalı, sıralamaya dayalı, değişimi özvektör, değiş-tokuş) kullanarak belirlemesine, isterse de diğer bir özgün IDEA özelliği olan Bilişsel Harita Merkezilik Değerlerini ağırlık değerleri olarak kullanmasına olanak verilir. Kural Tabanlı Sistem; tanımlanan başlangıç matrisindeki değerleri görelî önemleri kullanarak biraraya getirerek üst seviyelere taşır. Birleştirme işlemi, en üst seviyedeki kriterlere ulaşıldığında biter ve seçeneklerin en üst seviyedeki kriterlere göre birleşik performans değerlerinden oluşan bir karar matrisi elde edilir.

Kural Tabanlı Sistemin birleştirme işleminin özü, bir seçeneğin aynı seviyedeki iki kritere göre performans değerlerini "eğer-öyleyse" kuralı kullanarak bir üst seviyedeki kritere aktarmasından oluşur. Örneğin otomobilin performansı kriteri otomobilin hızı ve motor hacmi ölçütlerine bağlı (üst seviyede performans alt seviyede hız ve motor hacmi) ve iki ölçütün kriter üzerindeki etkisi eşit ağırlıkta olsun. Bu durumda

Eğer otomobil hız bakımından "iyi" ve motor hacmi bakımından "kötü"

ise otomobilin performansı "orta"dır.

kuralı tanımlanarak alt seviyedeki iki ölçüte göre performans değerleri birleştirilip üst seviyeye aktarılabilir. Birleştirme işlemini sözellikten kurtarıp bir bilgisayar programı ile hızlandırmak için Microsoft Excel kullanılarak bir Kural Tabanlı Sistem oluşturulabilir. Bunun için başlangıç matrisindeki tüm nitel performans değerlerini

örneğin 1-10 ölçeğinde tanımlamak ve nicel değerleri de normalize edip onla çarpmak gerekir. Bir değişkenin üst seviyedeki değişkeni negatif yönde etkilemesi durumunda söz konusu ilişkiyi Kural Tabanlı Sisteme aktarmak için orjinal değerleri 10'dan çıkarmak yeterlidir. Elde edilen değerler görelî önemlerle ağırlıklandırılarak üst seviye için birleşik değer hesaplanır. Örneğin bir hiyerarşide bir k kriterinin altında l ve m kriterleri olsun ve m kriteri k kriterini negatif yönde etkilesin. v_{ij} i . seçeneğin j . kritere göre 1-10 ölçeğine dönüştürülmüş performans değerini ve w_j j . kriterin görelî önemini göstermek üzere herhangi bir i seçeneğinin l ve m kriterlerine göre performans değerleri kullanılarak

$$v_{ik} = w_l v_{il} + w_m (10 - v_{im}) \quad 11.2$$

denklemleri ile birleştirme işlemi yapılır ve söz konusu seçeneğin k kriterine göre performans değeri hesaplanır.

KV tüm hiyerarşiyi kullanmak isterse hiyerarşideki seviye sayısına bakılır. Eğer seviye sayısı üçse (ana amaç-ölçütler-seçenekler) söz konusu hiyerarşi ölçüt ve seçeneklerden oluşan bir karar matrisine dönüştürülür ve A1 yordamı uygulanır. Seviye sayısı üçten fazla ise AHS veya AHS Puanlandırma Yöntemini kullanmak uygundur. Bu durumda en alt seviye haricinde herhangi bir düzeyde dokuzdan fazla değişken olmamasına dikkat edilmesi gerekir. Değişkenler dokuzdan fazla ise özelliklerine göre kümelendirilerek bir üst seviyeye özellikler seviyesi yerleştirilir. Böylece hiyerarşi AHS kullanımına uygun hale getirilir.

Bilişsel harita oluşumuna uygun olmayan bir sorunun yapısı ise ya hiyerarşi ya da karar matrisi şeklinde olacaktır. Karar matrisi olması durumunda A2 yordamı uygulanır ve performans değerleri kullanılarak bir karar matrisi oluşturulur. A2 yordamının A1'den tek farkı Bilişsel Harita Merkezilik Değerlerini kullanmamasıdır (Yapı bilişsel harita oluşumuna uygun olmadığından bilişsel harita çizilemeyecek ve merkezilik değerleri hesaplanamayacaktır). Yapının hiyerarşi olması durumunda öncelikle KV'nin KA yardımıyla bir kriter hiyerarşisi (değer ağacı) oluşturması istenir ve yukarıda belirtildiği gibi hiyerarşi seviye sayısına bakılarak ya AHS veya AHS Puanlama yöntemi önerilir ya da A2 yordamı uygulanarak karar matrisi oluşturulması önerilir.

KV salt kendi değişken ve seçeneklerini kullanmak isterse KA sorun yapısını KV ile etkileşerek belirlemeye çalışır. Üç farklı yapı olabilir: Serim, hiyerarşi veya karar matrisi. Her bir durumda yukarıdaki benzer durumlara önerilen işleyişler gerçekleştirilir.

Sonuç olarak eğer IDEA KV'ye "ok ölçütlü bir sorununuz yok!" veya "Analitik Serim Süreci veya Sistem Dinamiği kullanınız!" gibi çok Kriterli Karara Yardım dışına çıkarıcı bir uyarı ya da "AHS veya AHS-P kullanınız" gibi bir öneri getirmemişse bir karar matrisinin değerlendirilmesi söz konusudur. KV'nin seçenekler arasında ön eleme (ayıklama) yapma isteğine göre seçenek sayısı azaltılabilir.

IDEA, ilk olarak sorun tipini (B_1) ve daha sonra ağırlıklandırma sırasında görelî önem gereksinimini (B_5) öğrenir. Karar matrisinden de ölçüt ve seçenek (kullanılırsa ön elemeyen sonraki) sayısı (B_2) ile performans değerlerinin nicel ya da nitel olmasına göre (B_6) belirlenir. Geri kalan iki boyut (tercih belirleme sırasındaki yaklaşım (B_3), tercih yapısı (B_4)) IDEA'nın KV'nin seçenekler arasındaki tercihlerini nasıl belirleyeceği ve seçeneklerin nasıl sıralanacağı ile hangi eşikleri kullanmak istediğini öğrenmesi ile belirlenir. Böylece ilgilenilen karar sorununun tüm boyutlara göre hangi değerlere sahip olduğu anlaşılır ve Karar Verme Durumunun Numarası (KVD no) belirlenir. Bölüm 11.3.3'deki eşleştirme yapılarak bir çözüm yönteminin kullanılması önerilir. KA yöntemle ilgili parametreleri KV'den alarak söz konusu yöntemi çalıştırır ve çözüm KV'ye sunulur. İstenirse duyarlılık ve gürbüzlük analizleri de uygulanır.

Önerilen modeli destekleyen arayüz akışın her adımında istenildiği takdirde kullanıcıya sorulan sorulardaki ve olası yanıtlardaki karar verme ile ilgili terimlerin ne olduğu gibi etkileşimli yardım bilgisi vermelidir. Gerektiğinde geri dönüş ve vazgeçme özelliklerinin de olması gerekmektedir. KV; verdiği yanıtların değişiminin Karar Verme Durumunu ve dolayısıyla önerilecek çözüm yöntemini nasıl etkilediğini de görebilmelidir.

11.3.3 Karar Verme Durumları ile Çözüm Yöntemlerinin Eşleştirilmesi

IDEA; Bölüm 11.3.1'de söz edilen 864 adet Karar Verme Durumu için aşağıda ayrıntılandırılan eşleştirmeleri kullanmakta ve her Karar Verme Durumu için uygun ya da uygulanabilecek ya da komşu en uygun çözüm yöntemini önermektedir. Eşleştirmelerin sonucunda hangi Karar Verme Durumuna hangi Çözüm Yönteminin atandığı Ek C'de verilmiştir.

11.3.3.1 Eşleştirme Adımları

Karar Verme Durumları için uygun sorun çözüm yöntemi önerilmesi adımları aşağıdaki gibidir:

1. Sorun Çözüm Yöntemleri, ilgili Karar Verme Durumuna atanır.
2. "Uygulanabilecek Yöntem Dönüşümleri" kullanılarak uygun Sorun Çözüm Yöntemi ilgili Karar Verme Durumuna atanır
3. Boş Karar Verme Durumu için komşuluk ilişkileri kullanılarak Sorun Çözüm Yöntemi önerilir
4. Uygulanabilecek Yöntem Dönüşümleri bu sefer komşuluk ilişkisi olan Karar Verme Durumları için kullanılıp yeni komşular belirlenir
5. "Komşuluk Dönüşümleri" kullanılarak diğer komşular da belirlenir
6. İlk beş adım sonunda boş Karar Verme Durumları varsa KV'den tercih belirleme sırasındaki yaklaşımını değiştirmesi istenir

Tez kapsamında IDEA'nın yaptığı eşleştirme örnekleri eşleştirme adımlarının ayrıntılı açıklaması eşliğinde aşağıda verilmiştir.

Birinci adımda; Sorun Çözüm Yöntemleri, Karar Verme Durumu Boyutları açısından, özelliklerine göre ilgili (aynı özellik değerlerine sahip) Karar Verme Durumuna atanmıştır.

Örneğin AHS yönteminin boyutlara göre özellikleri (Tablo A.1) ile 770 nolu Karar Verme Durumunun Boyut değerleri (Ek C) Tablo 11.2'de görüldüğü gibi aynıdır ve 770 nolu Karar Verme Durumuna AHS yöntemi uygun yöntem olarak atanmıştır.

Tablo 11.2. Karar Verme Durumu - Sorun Çözüm Yöntemi Eşleştirilmesi

	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆
KVD ₇₇₀	γ	Çok-Az	İK	M1	var	P2
AHS	γ	Çok-Az	İK	M1	var	P2

Atama yapılan Karar Verme Durumu "Uygun Çözüm Yöntemi Olan Karar Verme Durumu" olarak isimlendirilir.

Uygun Çözüm Yöntemi Olan Karar Verme Durumu için birden fazla sayıda çözüm yöntemi olabilir. Bu durumda yöntemlerden bir tanesi en uygun çözüm yöntemi olarak seçilir. Bu seçimde kullanım kolaylığı, daha önce kullanma, alışkanlık, yöntemin anlaşılabilirliği, yöntemin gerektirdiği parametrelerin sayısı ve açıklığı, çok basit olmama ile sonuçların kararlılığı gibi değerlendirme ölçütleri kullanılabilir (Al-Shemmeri ve diğ., 1997b; Ozernoy, 1987).

İlk eşleştirme adımı uygulandığında, IDEA tarafından 26 adet Uygun Çözüm Yöntemi Olan Karar Verme Durumu oluşturulmuştur. Bazı çözüm yöntemleri tüm boyutlara göre aynı özelliklere sahip olduklarından 5 adet Uygun Çözüm Yöntemi Olan Karar Verme Durumu için uygun çözüm yöntemi sayısı birden fazladır (Tablo 11.3). Bu durumda, yukarıda da belirtildiği gibi, çeşitli değerlendirme ölçütleri kullanılarak söz konusu çözüm yöntemleri arasından seçim yapılmıştır.

Tablo 11.3. Birden Fazla Sayıda Çözüm Yöntemi ile Eşleşen "Uygun Çözüm Yöntemi Olan Karar Verme Durumları"

KVD no	Uygun Yöntemler
219	İyimserlik / Kötümserlik / STEM / Değişen Hedef Yöntemi
508	Birleştiren / Ayıran
580	Ortanca Sıralama / Uzaklığa Dayalı Atama
645	Electre III / Promethee I / Promethee II
793	Basit Toplamlı Ağırlıklandırma / Ağırlıklı Çarpım / TOPSIS

KVD₂₁₉ için; çok basit yöntemler olan "İyimserlik" ve "Kötümserlik" yöntemleri elenmiş birbirleri arasında işleyişleri bakımından fazla fark olmayan "STEM" ve "DHY" etkileşimli yöntemlerinden ilk ve temel yöntem olan "STEM" seçilmiştir.

KVD₅₀₈ için; iki yöntem de değerlendirme ölçütlerine göre aynı durumda olduklarından KV'nin belirlediği alt düzeylerin tümünü karşılayamayan seçenekleri eleyerek daha hızlı bir şekilde çözüme ulaşabilen "Birleştiren" Yöntem seçilmiştir.

KVD₅₈₀ için de çok basit olan "Ortanca Sıralama" yerine "Uzaklığa Dayalı Atama" Yöntemi seçilmiştir.

KVD₆₄₅ için ELECTRE III yöntemi ile birarada kullanılabilen PROMETHEE I ve II yöntemlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. PromCalc paketinin kullanılması durumunda KV'den aynı veriler alınarak istenirse tam istenirse de kısmi ön sıralama elde edilebilmektedir. Aynı zamanda farklı kriter tipleri kullanımına olanak vardır. Öte yandan ELECTRE III Yöntemi daha fazla sayıda parametre (veto, yakınlık eşiği) belirlenmesini gerektirdiğinden daha karmaşık ve anlaşılmaz olabilir. PROMETHEE yönteminde belirlenen parametrelerin ise genelleştirilmiş kriterler açısından ekonomik bir anlamı vardır. Tüm bu özellikler göz önünde bulundurularak söz konusu Karar Verme Durumu için Promethee I ve II yöntemleri seçilmiştir.

Son olarak KVD₇₉₃ için de daha basit olan Basit Toplamlı Ağırlıklandırma ve Ağırlıklı Çarpım yöntemleri elenerek TOPSIS yöntemi seçilmiştir.

İkinci adımda; Bölüm 11.3.3.2'de açıklanan "Uygulanabilecek Yöntem Dönüşümleri" sırasıyla uygulanarak daha önceden Uygun Çözüm Yöntemi Olan Karar Verme Durumuna atanan uygun ya da seçilmiş en uygun çözüm yöntemi ilgili Karar Verme Durumuna atanmıştır.

Şekil 11.1'de Ek C'den bir kesit olarak örnek bir atama verilmiştir (Hem nitel hem nicel performans değerleri için kullanılan yöntem salt nicel değerler için de kullanılabılır dönüşümü kullanılarak Uygun Çözüm Yöntemi Olan 770 nolu Karar Verme Durumuna atanan AHS yöntemi uygulanabilecek yöntem olarak 769 nolu Karar Verme Durumuna atanmıştır).

KVD	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	Uygun Yöntem	Uygulanabilecek Yöntem
770	γ	çok-az	İK	M1	var	P2	AHS	
769	γ	çok-az	İK	M1	var	P1		AHS

Şekil 11.1. Uygulanabilecek Yöntem Dönüşümü ile Atama

Atama yapılan Karar Verme Durumunun başka bir çözüm yöntemi olan Karar Verme Durumu (diğer bir Uygun Çözüm Yöntemi Olan Karar Verme Durumu) olmaması gerekir ve "Uygulanabilecek Çözüm Yöntemi Olan Karar Verme Durumu" olarak isimlendirilir.

IDEA bu eşleştirme adımını uygulayarak 68 adet Uygulanabilecek Çözüm Yöntemi Olan Karar Verme Durumu oluşturmuştur.

İlk iki adım sonunda ne Uygun Çözüm Yöntemi Olan Karar Verme Durumu ne de Uygulanabilecek Çözüm Yöntemi Olan Karar Verme Durumu olmayan (boş) Karar Verme Durumu için komşuluk ilişkileri kullanılarak çözüm yöntemi önerilmiştir. Bunun için ilk olarak Uygulanabilecek Yöntem Dönüşümleri sırasıyla uygulanarak Uygulanabilecek Çözüm Yöntemi Olan Karar Verme Durumları ilgili boş Karar Verme Durumlarının komşusu olmuştur. Tüm komşulara komşusu oldukları Karar Verme Durumuna atanan uygun çözüm yöntemi atanmıştır.

Söz konusu komşuluk ilişkisi Ek C'den bir kesit veren Şekil 11.2'de KVD₇₇₂ ile KVD₇₇₁ arasında verilmiştir (Hem nitel hem nicel performans değerleri için kullanılan yöntem salt nicel değerler için de kullanılabilir dönüşümü kullanılarak Uygulanabilecek Çözüm Yöntemi (AHS) Olan 772 nolu Karar Verme Durumu 771 nolu Boş Karar Verme Durumunun komşusu olmuş ve AHS söz konusu Karar Verme Durumu için de önerilmiştir).

KVD	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	Uygulan. Yöntem	Komşu	Önerilen Yöntem
772	γ	çok-az	İK	M1	yok	P2	AHS		AHS
771	γ	çok-az	İK	M1	yok	P1		772	AHS

Şekil 11.2. Uygulanabilecek Yöntem Dönüşümü ile Kurulan Komşuluk İlişkisi

Dördüncü adımda da Uygulanabilecek Yöntem Dönüşümleri yeniden sırasıyla uygulanarak komşuluk ilişkisi olan Karar Verme Durumlarının komşuları olan (fakat Uygun Çözüm Yöntemi Olan Karar Verme Durumu, Uygulanabilecek Çözüm Yöntemi Olan Karar Verme Durumu veya 3. adımda komşu olmayan) Karar Verme Durumları belirlenmiştir. Tüm komşulara komşusu oldukları Karar Verme Durumuna atanan uygun çözüm yöntemi atanmıştır.

Beşinci adımda ise Bölüm 11.3.3.3'de açıklanan "Komşuluk Dönüşümleri"nin her dönüşümü önce Uygun Çözüm Yöntemi Olan Karar Verme Durumu, sonra Uygulanabilecek Çözüm Yöntemi Olan Karar Verme Durumu, en son komşu Karar Verme Durumları için uygulanmıştır. Yeni komşu Karar Verme Durumları

belirlenmiş ve yine tüm komşulara komşusu oldukları Karar Verme Durumuna atanan uygun çözüm yöntemi atanmıştır.

Komşuluk Dönüşümünün Uygun Çözüm Yöntemi Olan Karar Verme Durumu için uygulanması sonucu kurulan komşuluk ilişkisine örnek Ek C'den bir kesit veren Şekil 11.3'de KVD₃₂ ile KVD₃₀ arasında verilmiştir (Görelî önem gereksinimi "yok" için uygun yöntem (görelî önemler eşitmiş gibi düşünülüp iptal edilerek) "var" için de uygulanabilir dönüşümü kullanarak Uygun Çözüm Yöntemi (İkili Değiştirme (İD)) Olan 32 nolu Karar Verme Durumu 30 nolu Boş Karar Verme Durumunun komşusu olmuş ve İkili Değiştirme söz konusu Karar Verme Durumu için de önerilmiştir).

KVD	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	Uygun Yöntem	Komşu	Önerilen Yöntem
32	α	az-az	DT	M2	yok	P2	İD		İD
30	α	az-az	DT	M2	var	P2		32	İD

Şekil 11.3. Komşuluk Dönüşümü ile Kurulan Komşuluk İlişkisi

IDEA 3., 4. ve 5. adımları uygulayarak Uygun Çözüm Yöntemi Olan Karar Verme Durumları ile Uygulanabilecek Çözüm Yöntemi Olan Karar Verme Durumlarına komşu 482 adet boş Karar Verme Durumuna uygun bir çözüm önermiştir.

Son adımda "eğer hala tüm Karar Verme Durumlarına uygun çözüm yöntemi atanmamışsa atama yapabilmek için KV'den tercihlerini belirlemesi sırasındaki yaklaşımını (üçüncü boyut) değiştirmesi istenebilir" kuralı uygulanmıştır.

Ek C'de verilen tablo incelendiği zaman da görülebileceği gibi toplam 576 adet (26+68+482) Karar Verme Durumu için eşleştirme yapıp yöntem önerilirken geri kalan 288 adet Karar Verme Durumu iptal edilmiştir. Söz konusu Karar Verme Durumları dördüncü boyuta göre kısmi sıralamaya (karşılaştıramama tercih ilişkine) dayalı yapıda olmalarına (M4, M5 veya M6) ve bu tür tercih yapısını kullanabilen üstünlük ilişkilerinin sadece ikili karşılaştırmaya dayalı değerlendirmeye izin vermesine rağmen; üçüncü boyuta göre ya doğrudan değerlendirme ya da değiş tokuşa dayalı değerlendirme değerlerini almaktadırlar. Bu şekilde bir Karar Verme Durumu ile karşılaşıldığı zaman; IDEA, KV'yi tercih belirleme sırasındaki

yaklaşımını ikili karşılaştırma olarak değiştirmesini ya da tercih yapısında karşılaştırmama tercih ilişkisini kullanmamasını istemektedir.

11.3.3.2 Uygulanabilecek Yöntem Dönüşümleri

İlgilenilen boyut dışındaki diğer tüm boyut değerleri aynı olmak koşulu ile tasarlanan Uygulanabilecek Yöntem Dönüşümleri "önceliklerine" göre aşağıdaki sıradadırlar:

1. Altıncı boyutta performans değerlerinin hepsinin nitel veya karışık (P2) olması için uygun (kullanılan) yöntem performans değerlerinin hepsinin nicel (P1) olması için de uygulanabilir.
2. Beşinci boyutta görelî önem gereksinimi "var" için uygun yöntem "yok" için de uygulanabilir.
3. İkinci boyutta ölçüt ve seçenek sayısı "çok-çok" için uygun yöntem "çok-az", "az-çok" ve "az-az" için de uygulanabilir.
"az-çok" için uygun yöntem "az-az" için de uygulanabilir.
"çok-az" için uygun yöntem "az-az" için de uygulanabilir.
4. Birinci boyutta sıralama (γ) için uygun yöntem seçim (α) için de uygulanabilir
Sıralama için uygun yöntem sınıflandırma (β) için de uygulanabilir
5. Nitel değerler tanımlanan bir ölçek üzerinde sayısallaştırılırsa altıncı boyutta performans değerlerinin hepsinin nicel olması (P1) için uygun yöntem söz konusu değerlerin nitel ya da karışık olması (P2) için de uygulanabilir.
6. Tercih eşiği (p) ve (gerekirse) kayıtsızlık eşiği (q) sıfır kabul edilerek dördüncü boyutta tam sıralama veren ve her iki eşiği de kullanan model (M3) için uygun yöntem tam sıralama veren ve eşik kullanmayan model (M1) ve tam sıralama veren ve kayıtsızlık eşiği kullanan model (M2) için de uygulanabilir.

M2 için uygun yöntem M1 için de uygulanabilir.

Kısmi sıralama veren ve her iki eşiği de kullanan model (M6) için uygun yöntem kısmi sıralama veren ve eşik kullanmayan model (M4) ve kısmi sıralama veren ve kayıtsızlık eşiği kullanan model (M5) için de uygulanabilir.

M5 için uygun yöntem M4 için de uygulanabilir.

11.3.3.3 Komşuluk Dönüşümleri

İlgilenilen boyut dışındaki diğer tüm boyut değerleri aynı olmak koşulu ile tasarlanan Komşuluk Dönüşümleri "önceliklerine" göre aşağıdaki sıradadırlar:

- 1 Beşinci boyutta görelî önem gereksinimi "yok" için uygun yöntem "var" için de uygulanabilir (görelî önemler eşitmiş gibi düşünülüp iptal edilebilir).
- 2 Birinci boyutta sınıflandırma (β) için uygun yöntem seçim (α) için de uygulanabilir (Seçenekler iki sınıfa ayrılıp iyi sınıftakiler seçilecek seçenekler olarak KV'ye sunulabilir).
- 3 Yöntemlerin ölçüt ve seçenek için üst sınırları zorlanarak (KA ve KV için biraz güç ama uygulamaları imkansız değil) ikinci boyutta ölçüt ve seçenek sayısı "az-az" için uygun yöntem "az-çok", "çok-az" ve "çok-çok" için de uygulanabilir.

"az-çok" için uygun yöntem "çok-çok" için de uygulanabilir.

"çok-az" için uygun yöntem "çok-çok" için de uygulanabilir.

- 4 Yine ikinci boyutta "az-çok" için uygun yöntem "çok-az" için de uygulanabilir.

"çok-az" için uygun yöntem "az-çok" için de uygulanabilir.

- 5 KV tarafından belirlenmesne rağmen tercih eşiği (p) ve (gerekirse) kayıtsızlık eşiği (q) iptal edilip kullanılmayarak dördüncü boyutta tam sıralama veren ve eşik kullanmayan model (M1) için uygun yöntem tam sıralama veren ve kayıtsızlık eşiği kullanan model (M2) için de uygulanabilir.

M2 için uygun yöntem tam sıralama veren ve her iki eşiği de kullanan model (M3) için de uygulanabilir.

Kısmi sıralama veren ve eşik kullanmayan model (M4) için uygun yöntem kısmi sıralama veren ve kayıtsızlık eşiği kullanan model (M5) için de uygulanabilir.

M5 için uygun yöntem kısmi sıralama veren ve her iki eşiği de kullanan model (M6) için de uygulanabilir.

12. UYGULAMALAR

Bu bölümde; IDEA'nın nasıl işlediğini ve oluşacak farklı Karar Verme Durumları için hangi çözüm yöntemlerini önerdiğini görmek amacıyla çeşitli gerçek hayat sorunlarını irdeleyen uygulamalar yapılmıştır. Ayrıca sorun çözüm yöntemlerinin anlatımı sırasında kullanılan sayısal örnek için de hangi yöntemin en uygun olduğu saptanmıştır.

Ek B'de verilen akış şeması incelendiğinde de görülebileceği gibi IDEA'yı kullanan bir KV beş farklı durumdan biri ile karşılaşabilir (U1-U5):

- Bilişsel Harita Yaklaşımı ile sorununu yapılandıran ve hiyerarşik yapıda bir sorunu olan KV, U1'e
- Değere Odaklanan Düşünme ile sorununu yapılandıran ve hiyerarşik yapıda bir sorunu olan KV, U2'ye
- Değere Odaklanan Düşünme ile sorununu yapılandıran ve karar matrisi yapısında bir sorunu olan KV, U3'e
- Yapılandırma istemeyen (kendi değişken ve seçeneklerini kullanan) ve hiyerarşik yapıda bir sorunu olan KV, U4'e
- Yapılandırma istemeyen ve karar matrisi yapısında bir sorunu olan KV, U5'e

dallanır. Söz konusu U dallanmaları için aşağıdaki alt bölümlerde sırasıyla "Boğaziçinde Uygun Su Geçişinin Önerilmesi", "Satın Alma Noktası Seçimi", "Mürekkep Püskürtmeli Yazıcı Seçimi", "Bir Vakfın Yapmayı Planladığı Projeleri Önceliklendirme" ve "Otomobil Satın Alma" uygulamaları kullanılmıştır.

12.1 Boğaziçinde Uygun Su Geçişinin Önerilmesi

İlk olarak Topcu (1995) tarafından önerilen uzman sistem için kullanılan ve Ulengin ve Topcu (1997)'nin Bilişsel Harita - Bilgi Tabanlı KDS bütünleşimi için geliştirdiği uygulama ile ilgili veriler kullanılarak IDEA çalıştırılmıştır.

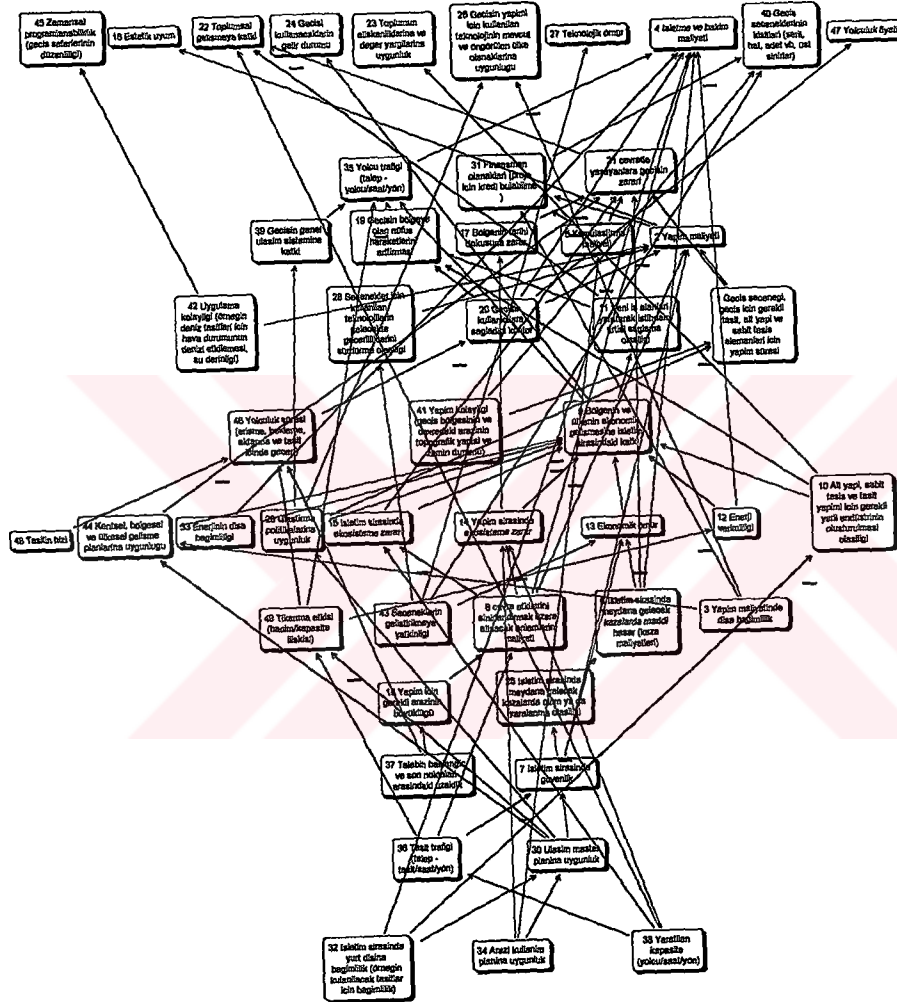
Öncelikle "Ne tip bir karar vereceksiniz?" sorusu bir veya birden fazla sayıda seçenek seçilebileceğinden "Sıralama" olarak yanıtlandırılmıştır. Daha sonra sorunla ilgili değişkenleri belirlemek için Bilişsel Harita Yaklaşımı kullanılmak istenmiş ve Ulengin ve Topcu (1995)'nin başvurduğu 19 uzmanın ortak görüşünü temsil eden 49 değişkenden oluşan bir bilişsel harita oluşturulmuştur. Söz konusu bilişsel haritada döngü olmaması bir hiyerarşi oluşturulabileceğini göstermiş ve baş (head) analizi kullanılarak Şekil 12.1'de görülen hiyerarşik yapıdaki bilişsel harita çizilmiştir. Kural Tabanlı Sistem kullanımına olanak verecek şekilde salt ana amaçların kullanılmak istendiği varsayılarak seçeneklerin (Tablo 12.1) en alt seviyedeki ölçütlere (Tablo 12.2) göre performans değerleri kullanılıp 1-10 ölçeğine dönüştürülerek bir başlangıç matrisi oluşturulmuştur (Tablo 12.3). Matristeki ağırlık değerleri Bilişsel Harita Merkezilik Değerleridir (Akış şemasındaki A1 yordamı).

Tablo 12.1. Seçenekler

a_1	Lastikli Taşıtlar için Köprü
a_2	Lastikli Taşıtlar için Tünel
a_3	Raylı Taşıtlar için Köprü
a_4	Raylı Taşıtlar için Tünel
a_5	Lastikli ve Raylı Taşıtlar için Köprü
a_6	Lastikli ve Raylı Taşıtlar için Tünel
a_7	Mevcut iki Köprü'nün ve Bağlantı Yollarının Geliştirilmesi
a_8	Yolcu Vapurlarının İyileştirilmesi ve Sayısının Arttırılması
a_9	Deniz Otobüslerinin İyileştirilmesi ve Sayısının Arttırılması

Tablo 12.2. Ölçütler

No	Ölçüt ismi
32	İşletim sırasında yurtdışına bağımlılık
34	Arazi kullanım planına uygunluk
38	Yaratılan kapasite (yolcu/saat/yön)
42	Uygulama kolaylığı (örn. deniz taşıtları için hava durumunun denizi etkilemesi, su derinliği)
18	Yapım için gerekli arazinin büyüklüğü
43	Seçeneklerin geliştirilmeye yatkınlığı
3	Yapım maliyetinde dışa bağımlılık
33	Enerjinin dışa bağımlılığı
48	Taşıtın hızı
41	Yapım kolaylığı (gecis bölgesinin ve çevredeki arazinin topografik yapısı ve zemin durumu)



Sekil 12.1. Bogaziçinde Uygun Su Geçişinin Önerilmesi ile ilgili BH

Tablo 12.3. Başlangıç Matrisi

	32	34	38	42	18	43	3	33	48	41
w	3	3	4	2	2	3	4	2	1	2
a_1	7.67	1.67	3.43	6.00	7.00	3.00	5.67	8.33	2.33	6.00
a_2	7.33	3.67	2.56	7.67	4.67	2.33	6.33	8.33	3.00	2.33
a_3	4.33	4.33	5.33	7.33	4.67	3.33	6.33	5.67	7.00	5.00
a_4	4.33	7.00	5.33	9.00	3.00	4.67	6.67	3.00	8.67	3.00
a_5	6.00	4.00	6.00	7.00	6.67	3.67	6.33	5.33	5.00	3.33
a_6	6.00	3.67	7.89	6.00	5.67	3.33	6.67	5.33	5.00	2.33
a_7	6.33	4.67	4.80	6.67	5.67	4.00	4.00	7.67	3.67	6.33
a_8	4.00	7.67	3.59	6.33	1.00	6.67	2.00	6.67	6.67	8.00
a_9	5.33	7.67	3.23	5.00	1.00	6.67	5.67	6.00	8.00	7.00

IDEA, başlangıç matrisindeki değerler üzerinde Kural Tabanlı Sistem kullanarak üst seviyelere doğru birleştirmeler sonucunda seçenekleri ana amaçlara (Tablo 12.4) göre değerlendirecek bir karar matrisi oluşturulmuştur (Tablo 12.5).

Tablo 12.4. Ana Amaçlar

No	Ölçüt ismi
45	Zamansal programlanabilirlik (gecis seferlerinin düzenliliği)
16	Estetik uyum
22	Toplumsal gelişmeye katkı
24	Geçiş kullananların gelir durumu
23	Toplumsal alışkanlıklarına ve değer yargılarına uygunluk
26	Gecisin yapımı için kullanılan teknolojinin mevcut ve öngörülen ülke olanaklarına uygunluğu
27	Teknolojik ömür
4	Yapım ve bakım maliyeti
40	Geçiş seçeneklerinin kısıtları (şerit, hat, adet vb, üst sınırlar)
47	Geçiş ücreti

Tablo 12.5. Karar Matrisi

	45	16	22	24	23	26	27	4	40	47
w	1	1	3	1	1	2	1	7	3	1
a_1	7.67	1.67	3.43	6.00	7.00	3.00	5.67	8.33	2.33	6.00
a_2	7.33	3.67	2.56	7.67	4.67	2.33	6.33	8.33	3.00	2.33
a_3	4.33	4.33	5.33	7.33	4.67	3.33	6.33	5.67	7.00	5.00
a_4	4.33	7.00	5.33	9.00	3.00	4.67	6.67	3.00	8.67	3.00
a_5	6.00	4.00	6.00	7.00	6.67	3.67	6.33	5.33	5.00	3.33
a_6	6.00	3.67	7.89	6.00	5.67	3.33	6.67	5.33	5.00	2.33
a_7	6.33	4.67	4.80	6.67	5.67	4.00	4.00	7.67	3.67	6.33
a_8	4.00	7.67	3.59	6.33	1.00	6.67	2.00	6.67	6.67	8.00
a_9	5.33	7.67	3.23	5.00	1.00	6.67	5.67	6.00	8.00	7.00

Bu aşamada Karar Verme Durumunun üçüncü ve dördüncü boyutuyla ilgili son iki soruya geçmeden önce diğer dört boyuta göre sorunla ilgili Karar Verme Durumunun özellikleri saptanmış durumdadır (Tablo 12.6).

Tablo 12.6. Uygulama için Özellikleri Öğrenilen Karar Verme Durumu Boyutları

Boyut	Açıklama	Özellik
B ₁	Sıralama	γ
B ₂	10 Ölçüt ve 9 Seçenek	Çok-Az
B ₅	Görelî önem gereksinimi var (BH değerleri kullanılıyor)	Var
B ₆	Performans değerlerinin hepsi nicel	P1

KV'nin iki soruya verebileceği tüm farklı yanıtlara göre Tablo 12.7'de görülen Karar Verme Durumlarından birine ulaşılır ve IDEA son sütunda görülen çözüm yöntemlerini önerir (Ek C).

Tablo 12.7. Belirlenebilecek Karar Verme Durumları ve Önerilen Çözüm Yöntemleri

B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	KVD	Yöntem
γ	Çok-Az	DD	M1	Var	P1	721	Topsis
γ	Çok-Az	DD	M2	Var	P1	725	Ardışık Y. Sırasal
γ	Çok-Az	DD	M3	Var	P1	729	Ardışık Y. Sırasal
γ	Çok-Az	DT	M1	Var	P1	745	Smarts
γ	Çok-Az	DT	M2	Var	P1	749	Smarts
γ	Çok-Az	DT	M3	Var	P1	753	Smarts
γ	Çok-Az	İK	M1	Var	P1	769	AHS
γ	Çok-Az	İK	M2	Var	P1	773	AHS
γ	Çok-Az	İK	M3	Var	P1	777	AHS
γ	Çok-Az	İK	M4	Var	P1	781	Promethee I & II
γ	Çok-Az	İK	M5	Var	P1	785	Promethee I & II
γ	Çok-Az	İK	M6	Var	P1	789	Promethee I & II

KV'nin son iki yanıtı "ikili karşılaştırmaya dayalı değerlendirme" ve "kısmi sıralama - iki eşiği de kullanmak istiyorum" (kısmi sözde sıralama - M6) şeklinde olsun. Bu durumda IDEA, Tablo 12.7'de de görüldüğü gibi, KVD₇₈₉ için Promethee I ve Promethee II Yöntemlerinin kullanılmasını önerir.

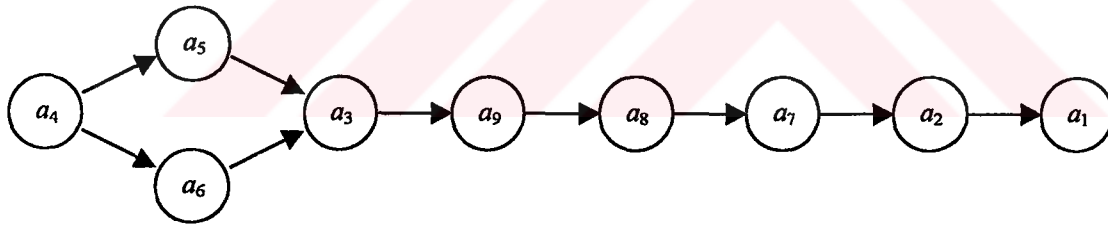
KV hem kayıtsızlık hem de tercih eşiği kullanmak istediği için dördüncü veya beşinci genelleştirilmiş kriteri kullanması gerekir. Kolaylık olması açısından bütün ana amaçlar için beşinciye seçsin. 4 ve 47 nolu ana amaçlar maliyet, diğerleri kar ölçütü olduğu gözönünde tutularak eşik değerlerini belirlemesi istendiğinde de KV tüm kayıtsızlık eşiklerini 0.5; tüm tercih eşiklerini 1 olarak belirlesin. Tablo 12.8'de;

hesaplanan Çok Ölçütlü Tercih Göstergeleri ve Promethee I için kullanılacak Giren-Çıkan Tercih Akışları ile Promethee II için kullanılacak Net Akışlar görülmektedir.

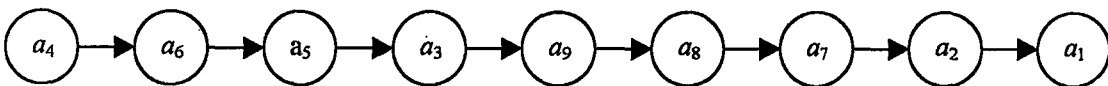
Tablo 12.8. Tercih Göstergeleri ve Akışları

π	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	ϕ^+
a_1		0.1835	0.0952	0.0952	0.0476	0.0952	0.1429	0.1905	0.1905	1.0407
a_2	0.2063		0.0952	0.1111	0.1111	0.0952	0.1905	0.2381	0.2063	1.2540
a_3	0.7778	0.7302		0.0476	0.1429	0.2063	0.5964	0.6667	0.3016	3.4695
a_4	0.9048	0.8095	0.7143		0.6667	0.6667	0.7076	0.8095	0.7143	5.9933
a_5	0.8095	0.7619	0.1900	0.1424		0.0952	0.7619	0.6825	0.4286	3.8721
a_6	0.7619	0.7619	0.2857	0.2540	0.1905		0.7143	0.6667	0.4603	4.0952
a_7	0.5556	0.4921	0.1270	0.0952	0.0159	0.0952		0.3333	0.3016	2.0159
a_8	0.6190	0.7619	0.1429	0.1111	0.2857	0.2857	0.6190		0.0476	2.8730
a_9	0.6190	0.6662	0.3333	0.1587	0.2857	0.2857	0.6667	0.3968		3.4122
ϕ^-	5.2540	5.1672	1.9837	1.0154	1.7460	1.8254	4.3992	3.9841	2.6508	
ϕ	-4.2133	-3.9132	1.4858	4.9779	2.1260	2.2698	-2.3834	-1.1111	0.7614	

Söz konusu akışlara göre çizilen sıralama çizgeleri de Şekil 12.2 ve 12.3'de verilmiştir. Görüldüğü gibi her iki yöntem de, kamuoyunda da genel kabul gören, Raylı Taşıtlar için Tünel (Tüp Geçit) seçeneğini önerilmektedir. Bu seçeneği lastikli ve raylı taşıtlar için tünel seçeneği ile her iki tip taşıt için köprü seçenekleri takip etmektedir.



Şekil 12.2. Promethee I Uygulanması Sonucu Elde Edilen Kısmi Ön Sıralama



Şekil 12.3. Promethee II Uygulanması Sonucu Elde Edilen Ön Sıralama

12.2 Satın Alma Noktası Seçimi

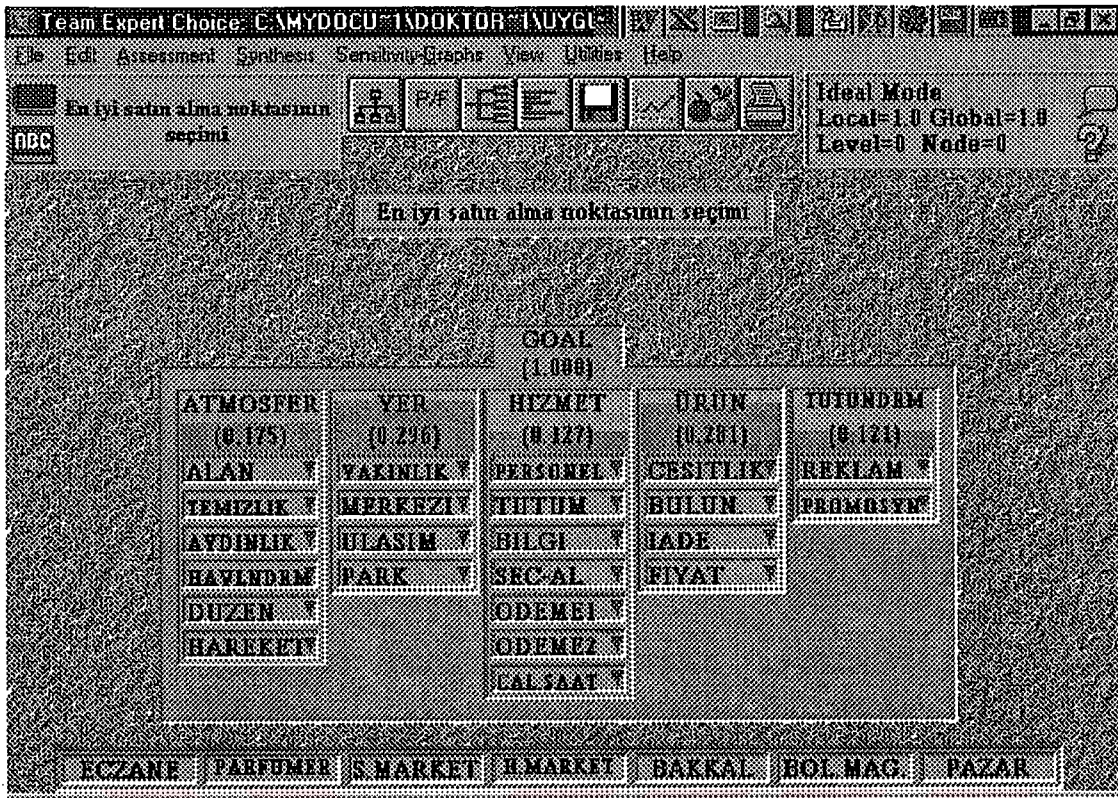
"Bir tüketici, bir temizlik veya bakım ürününü hangi satın alma noktasından almalı?" şeklinde bir seçim sorununa çözüm önermek için konu ile ilgili bir uzmanın KV

olarak kabul edilip ilk olarak KA yardımıyla sorunu yapılandırması sağlanmıştır. Bu bağlamda konu ile ilgili olabilecek aklına gelen her kavramı listeleyen KV'nin belirlediği değişkenler arasında hiç bir ilişki olmaması bilişsel harita oluşturma'nın uygun olmadığı sonucunu ortaya çıkarmıştır.

Sorunun yapısı; "En iyi satın alma noktasının seçimi" ana amacının altında değişkenlerin özellikleri (Tablo 12.9) ile ilgili bir seviye ile bu seviyenin altında değişkenler (Tablo 12.9) seviyesi ve en altta değerlendirilen satın alma noktaları (seçenekler) seviyesinden oluşan bir hiyerarşi (Şekil 12.4) şeklindedir. Söz konusu seçenekler; eczane, parfümeri, süpermarket, hipermarket, bakkal, bölümlü mağaza ve semt pazarıdır.

Tablo 12.9. İkinci Seviyedeki Değişken Grupları ve Üçüncü Seviyedeki Değişkenler

DEĞİŞKEN GRUBU İSMİ	DEĞİŞKEN
Satış noktasının atmosferi	Satış noktasının alanının büyüklüğü Satış noktasının temizliği Satış noktasının aydınlığı Satış noktasının havalandırılması / ısısı Satış noktasında ürünün uygun raf yerleşimi/düzeni Satış noktasında kolay hareket edebilme
Satış noktasının yeri	Eve/İşyerine yakınlık Şehir içinde / merkezde olması Ulaşımın kolay olması Uygun park yeri bulunması
Satış hizmeti	Satış elemanının/satış hizmeti verenin bulunurluğu Satış elemanının tutumu/davranışı Satış elemanının ürünle ilgili bilgisi Self servis (seç al) olması Ödemenin kolay ve hızlı yapılabilmesi Ödeme şeklinin uygunluğu (örn. kredi kartı geçerliliği) Çalışma saatlerinin uygunluğu (uzun süreli çalışma/tatil)
Ürün	Ürün çeşitliliğine sahip olması Belirli markanın bulunabilirliği Ürünün iade edilebilmesi Ürünün fiyatının daha ucuz olması
Tutundurma	Satış noktasının reklamının yapıyor olması Satış noktasına özgü ürünle ilgili promosyonlar

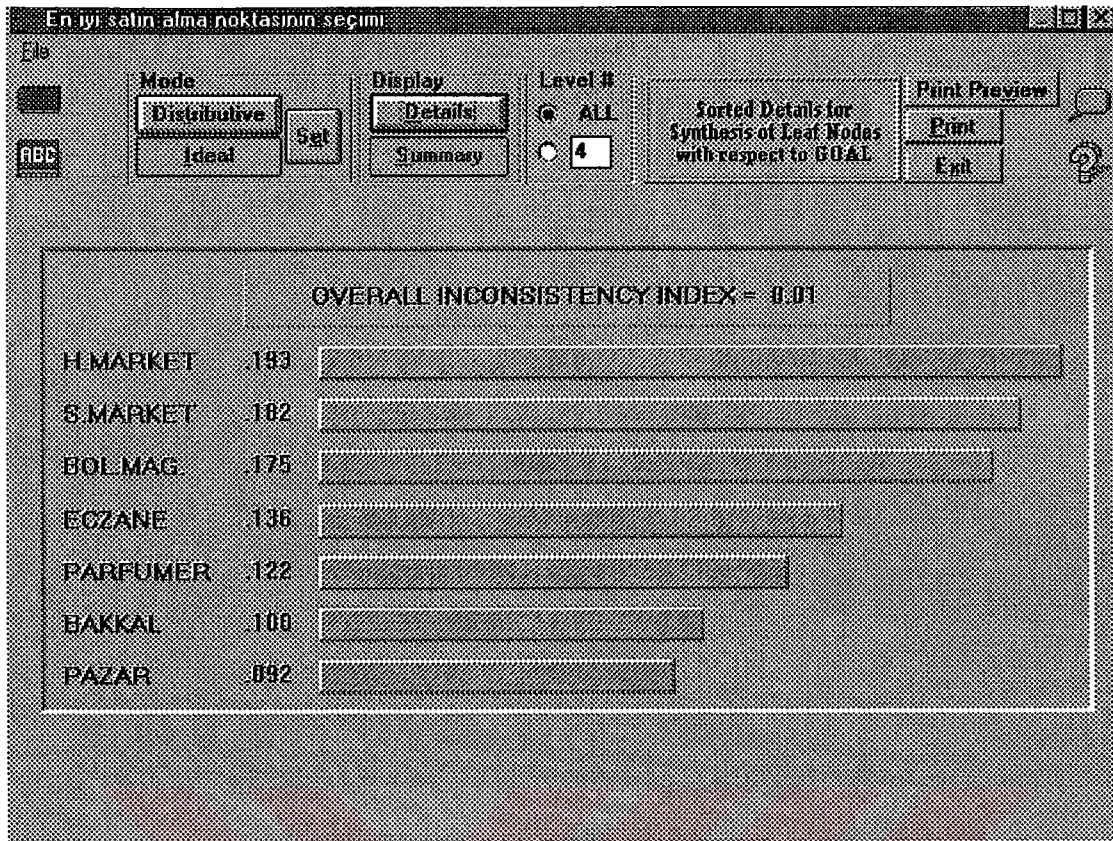


Şekil 12.4. Sorunu Yansıtan Hiyerarşi

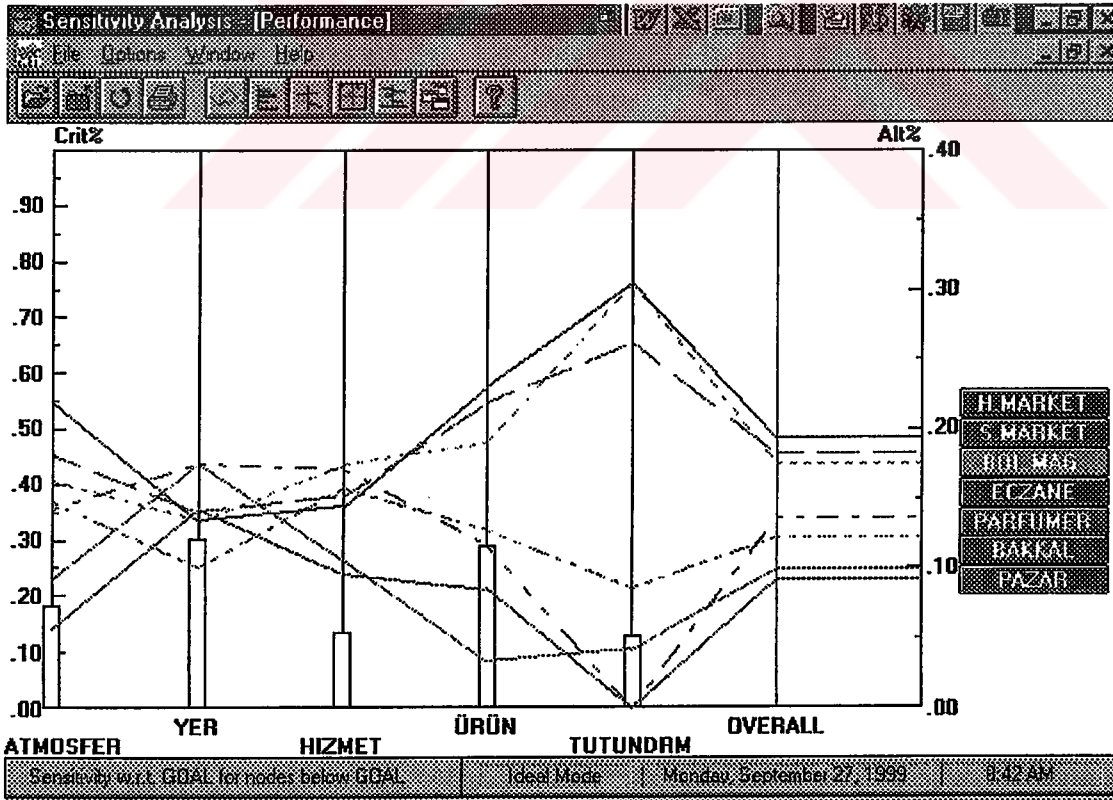
Hiyerarşideki seviye sayısı üçten fazla ve seçenek sayısı dokuzdan az olduğu için, IDEA, "AHS kullanınız" önerisini yapmıştır.

Expert Choice Paketi kullanılarak; KV'nin, değişken gruplarının ana amaca göre göreceli önemlerinin hesaplanmasına veri olacak, ikili karşılaştırma matrisi oluşturması sağlanmıştır. Daha sonra da üçüncü seviyedeki değişkenlerin ikinci seviyedeki gruplara göre önemleri ile dördüncü seviyedeki seçeneklerin her değişkene göre göreceli tercihlerini hesaplamak için KV'nin tercihleri alınmıştır.

Sonuç olarak tüm seçeneklerin global puanları (Şekil 12.5) hesaplanmış ve KV'ye en çok puanı alan Hipermarketten alışveriş yapması önerilmiştir. Sonuçlar üzerinde duyarlılık analizi de yapılabilir (Şekil 12.6). Şekilde de görüldüğü gibi Hizmet ve Yer ile ilgili göreceli önemlerin artması durumunda Hipermarket seçeneği birinciliği diğer seçeneklere kaptırmaktadır. Daha ayrıntılı inceleme için eğitim duyarlılık analizi uygulanabilir.



Şekil 12.5. Seçeneklerin Global Puanları



Şekil 12.6. Performans Duyarlılık Analizi

12.3 Mürekkep Püskürtmeli Yazıcı Seçimi

İşi gereği daha çok renkli baskılar kullanan bir kişi daha pahalı olan lazer yazıcılar yerine mürekkep püskürtmeli bir yazıcı almak istesin. Söz konusu KV'nin IDEA'yı kullanması durumunda öncelikle sorununun bir seçim sorunu olduğunu belirtmesi gerekir (Karar Verme Durumunun birinci boyutu " α " değerini almıştır).

Sorunu yapılandırmak için yardım istediğinde de KA konunun uzmanı olmadığı için PCnet dergisinin Eylül 1999 sayısındaki testten faydalanmıştır. Sonuçta seçenekleri değerlendirmek için dolar cinsinden fiyatı (ϕ_1), kullanım kılavuzu dili (ϕ_2), renkli baskı kalitesi (ϕ_3), baskı (renkli, normal ve hızlı) hızı (ϕ_4), kurulum (ϕ_5), kullanım kolaylığı (ϕ_6), kontrol yazılımı (ϕ_7), kağıt beslemesi (ϕ_8), yer kaplama (ϕ_9), ses düzeyi (ϕ_{10}) ve aksesuar (ϕ_{11}) ölçütlerinin kullanılmasına karar verilmiştir. İlk ölçüt enazlanmak istenen nicel bir veri, ikinci ölçüt ise İngilizce ya da Türkçe değerlerini alan ikili ölçekle tanımlanan nitel bir ölçüt iken; diğer ölçütler PCnet test merkezi tarafından yapılan test koşulları sonucunda onluk bir ölçeğe göre on değerinin en iyi durumu temsil ettiği değerlendirmelerdir.

Değerlendirilecek seçenekler; HP DeskJet 815C (a_1), HP DeskJet 880C (a_2), HP DeskJet 895Cxi (a_3), Olivetti JP190 (a_4), Olivetti JP192 (a_5), Olivetti JP883 (a_6), Lexmark 1100 (a_7), Lexmark 3200 (a_8), Lexmark 5700 (a_9), Xerox XJ8C (a_{10}), Epson Stylus 440 (a_{11}), Epson Stylus 640 (a_{12}) ve Epson Stylus 740 (a_{13}) şeklindedir.

Bir bilişsel harita oluşturmaya uygun olmayan sorunun yapısı karar matrisi şeklindedir. Öncelikle A2 yordamının uygulanmasını ve ölçütlerin ağırlıklandırılması gerekir. KV ölçütlerin ağırlıklarının kendisi için önemi olmadığını ve eşit alınabileceğini belirtmiştir (Karar Verme Durumunun beşinci boyutu "Yok" değerini almıştır).

KV, dergide verilen karar matrisindeki (Tablo 12.10) ilgili performans değerlerini değerlendirme için kabul ettiğini belirtmiştir. Karar matrisini inceleyen KV ön eleme yapmak istemiş ve "kullanım kılavuzu dili" ölçütüne göre İngilizce kullanım kılavuzu olan yazıcıları (Markası Olivetti ve Xerox olanlar - a_4 , a_5 , a_6 ve a_{10}) ve dolayısıyla "kullanım kılavuzu dili" ölçütünü değerlendirme dışı bırakmıştır. Bu durumda geriye kalan tüm seçenekler "kurulum" ölçütüne göre 10 değerini aldıklarından söz konusu ölçüt de değerlendirme dışı bırakılır. Böylece Karar Verme

Durumunun ikinci boyutu "Az-Az" (9 ölçüt ve 9 seçenek) değerini ve tüm performans değerleri nicel olarak kaldığından Karar Verme Durumunun altıncı boyutu da "P1" değerini almıştır.

Tablo 12.10. Karar Matrisi

	$\ddot{o}_1$	$\ddot{o}_2$	$\ddot{o}_3$	$\ddot{o}_4$	$\ddot{o}_5$	$\ddot{o}_6$	$\ddot{o}_7$	$\ddot{o}_8$	$\ddot{o}_9$	$\ddot{o}_{10}$	$\ddot{o}_{11}$
a_1	282	Türk	9	8.7	10	10	8	10	7.5	4	7.5
a_2	341	Türk	9	9.3	10	10	8	10	7.5	4	7
a_3	392	Türk	9	10	10	10	9	10	7.5	6	6
a_4	94	İng	6	4	8	8	6	6	10	3	7
a_5	101	İng	6	4.7	8	8	6	6	10	5	7.5
a_6	137	İng	6.5	6	10	10	8	8	5	6	7.5
a_7	99	Türk	6	3.3	10	8	7	6	10	6	8
a_8	139	Türk	8	5.3	10	10	10	8	7.5	7	8.5
a_9	169	Türk	8	8	10	10	10	8	10	7	8.5
a_{10}	265	İng	8	7.3	10	10	8	8	10	7	6.5
a_{11}	95	Türk	7.5	6.7	10	8	9	8	7.5	8	9
a_{12}	204	Türk	7.5	8.7	10	8	9	8	7.5	8	9
a_{13}	285	Türk	8.5	9.3	10	8	9	8	7.5	8	7.5

KV'nin üçüncü ve dördüncü boyutla ilgili kalan iki soruya verebileceği tüm farklı yanıtlara göre Tablo 12.11'de görülen Karar Verme Durumlarından birine ulaşılır ve IDEA son sütunda görülen çözüm yöntemlerini önerir (Ek C).

Tablo 12.11. Belirlenebilecek Karar Verme Durumları ve Önerilen Yöntemler

B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	KVD	Yöntem
α	Az-Az	DD	M1	Yok	P1	3	Stem
α	Az-Az	DD	M2	Yok	P1	7	Ardışık Y. Sırasal
α	Az-Az	DD	M3	Yok	P1	11	Ardışık Y. Sırasal
α	Az-Az	DT	M1	Yok	P1	27	İkili Değiştirme
α	Az-Az	DT	M2	Yok	P1	31	İkili Değiştirme
α	Az-Az	DT	M3	Yok	P1	35	İkili Değiştirme
α	Az-Az	İK	M1	Yok	P1	51	Dışbükey Koniler
α	Az-Az	İK	M2	Yok	P1	55	Dışbükey Koniler
α	Az-Az	İK	M3	Yok	P1	59	Dışbükey Koniler
α	Az-Az	İK	M4	Yok	P1	63	Electre I
α	Az-Az	İK	M5	Yok	P1	67	Promethee I & II
α	Az-Az	İK	M6	Yok	P1	71	Electre IV

KV'nin son iki yanıtı "doğrudan değerlendirme" ve "tam sıralama - eşik kullanmak istemiyorum" (M1) şeklinde olsun. Bu durumda IDEA, Tablo 12.11'de de görüldüğü gibi, KVD₃ için STEM Yönteminin kullanılmasını önerir.

STEM yöntemini uygulamak için, Bölüm 9.2'de de anlatıldığı gibi, ilk olarak ön elemeler sonrasındaki karar matrisine bakılarak bir ödemeler matrisi oluşturulmuştur (Tablo 12.12).

Tablo 12.12. Ödemeler Matrisi

	$\ddot{o}_1$	$\ddot{o}_3$	$\ddot{o}_4$	$\ddot{o}_6$	$\ddot{o}_7$	$\ddot{o}_8$	$\ddot{o}_9$	$\ddot{o}_{10}$	$\ddot{o}_{11}$
a_1	95	7.5	6.7	8	9	8	7.5	8	9
a_2	282	9	8.7	10	8	10	7.5	4	7.5
a_3	392	9	10	10	9	10	7.5	6	6
a_7	282	9	8.7	10	8	10	7.5	4	7.5
a_8	139	8	5.3	10	10	8	7.5	7	8.5
a_9	282	9	8.7	10	8	10	7.5	4	7.5
a_{11}	99	6	3.3	8	7	6	10	6	8
a_{12}	95	7.5	6.7	8	9	8	7.5	8	9
a_{13}	95	7.5	6.7	8	9	8	7.5	8	9

Ödemeler matrisinin köşegenindeki değerler ve en kötü değerler kullanılarak ideal ve en kötü noktalar elde edilir. Söz konusu noktalar Denklem 9.2 ve 9.3'de kullanılarak α ve λ (normalizasyon katsayıları noktası) hesaplanır (Tablo 12.13).

Tablo 12.13. İdeal, En Kötü ve Normalizasyon Katsayıları Noktası

	$\ddot{o}_1$	$\ddot{o}_3$	$\ddot{o}_4$	$\ddot{o}_6$	$\ddot{o}_7$	$\ddot{o}_8$	$\ddot{o}_9$	$\ddot{o}_{10}$	$\ddot{o}_{11}$
z^*	95	9	10	10	10	10	10	8	9
z^-	392	6	3.3	8	7	6	7.5	4	6
α	3.13	0.33	0.67	0.20	0.30	0.40	0.25	0.50	0.33
λ	0.51	0.05	0.11	0.03	0.05	0.07	0.04	0.08	0.05
λz^*	48.59	0.49	1.10	0.33	0.49	0.65	0.41	0.65	0.49

ρ_j değerleri λ_j değerlerinin %1'i kabul edilip Denklem 9.1 kullanılarak aşağıdaki model oluşturulmuştur.

$$\text{enk. } \varepsilon - 0.0051 Z_1 - 0.0005 Z_3 - 0.0011 Z_4 - 0.0003 Z_6 - 0.0005 Z_7 \\ - 0.0007 Z_8 - 0.0004 Z_9 - 0.0008 Z_{10} - 0.0005 Z_{11}$$

öyle ki

$$\begin{aligned} -\varepsilon + 0.51 Z_1 &\leq 48.59 \\ -\varepsilon - 0.05 Z_3 &\leq -0.49 \\ -\varepsilon - 0.11 Z_4 &\leq -1.1 \\ -\varepsilon - 0.03 Z_6 &\leq -0.33 \\ -\varepsilon - 0.05 Z_7 &\leq -0.49 \end{aligned}$$

$-\epsilon - 0.07 Z8 \leq - 0.65$
 $-\epsilon - 0.04 Z9 \leq - 0.41$
 $-\epsilon - 0.08 Z10 \leq - 0.65$
 $-\epsilon - 0.05 Z11 \leq - 0.49$
 $Z1 \geq 95$
 $Z1 \leq 392$
 $Z3 \leq 9$
 $Z3 \geq 6$
 $Z4 \leq 10$
 $Z4 \geq 3.3$
 $Z6 \leq 10$
 $Z6 \geq 8$
 $Z7 \leq 10$
 $Z7 \geq 7$
 $Z8 \leq 10$
 $Z8 \geq 6$
 $Z9 \leq 10$
 $Z9 \geq 7.5$
 $Z10 \leq 8$
 $Z10 \geq 4$
 $Z11 \leq 9$
 $Z11 \geq 6$

12.1

Söz konusu modelin çözümü sonucunda uzlaşık çözüm

(95.35, 9, 10, 10, 10, 10, 10, 8, 9)

olarak hesaplanmıştır. KV devam etmek istemezse seçeneklerin bu referans noktasına yakınlıklarını hesaplamak gerekir. Denklem 9.4 kullanılarak yakınlıklar hesaplanmış ve Tablo 12.14'deki değerler bulunmuştur. Tablodan da görüldüğü gibi uzlaşık çözüme en yakın olan a_9 (Lexmark 5700) seçeneği KV'ye sunulmuştur.

Tablo 12.14. Uzlaşık Çözüme Uzaklıklar

a_9	a_8	a_7	a_{10}	a_{11}	a_6	a_1	a_4	a_3
0.1994	0.2437	0.2723	0.3032	0.3572	0.3575	0.3958	0.4072	0.4199

12.4 Bir Vakfın Yapmayı Planladığı Projeleri Önceliklendirme

Bir vakfın karar verme pozisyonundaki bir yöneticisi IDEA'yı kullanmak ve gelecekte yapmayı planladıkları 30 adet projeyi önemlerine göre sıralamak istesin.

Projeleri; alanlarına (eğitim, sağlık ve kültür), hedeflediği kitleye (dar kesim ve geniş kesim), stratejilerine (uzun vade ve kısa vade) ve hangi vakıf tipine (işletici, kendi projesini fonlayan, vakıf dışı projeleri destekleyen) uygun olduklarına göre değerlendirmek isteyen KV salt bu değişkenleri kullanmak istesin ve yapılandırma için yardım almasın. Projelerin alanlarla ilgisi çok yüksek, yüksek, orta, düşük ve alakasız değerlerinden oluşan bir beşli ölçek üzerinde değerlendirilsin.

KA tüm bu verileri incedikten sonra sorunun hiyerarşik bir yapıda olacağı sonucuna varmıştır ve KV ile birlikte Şekil 12.7'de görülen kriter hiyerarşisini oluşturmuştur.



Şekil 12.7. Sorunu Yansıtan Hiyerarşi

Hiyerarşideki seviye sayısı dört ve seçenek sayısı dokuzdan fazla olduğundan IDEA "AHS Puanlama Yöntemi Kullanınız" önerisini yapmıştır.

Puanlama Yöntemi kullanılırken, Bölüm 10.3.1'de de belirtildiği gibi, son seviye olan seçenekler hiyerarşiye aktarılmamış; bu seviye yerine eğitim, sağlık ve kültür alanları için yukarıda tanımlanan beşli ölçek kullanılmıştır. Hedef kitle, strateji ve vakıf tipi için de alt seviyelerindeki değişkenler (dar-geniş gibi) ölçek olarak kullanılmıştır. Expert Choice Paketinin "Assessment" menüsünden "Ratings" seçilerek ekrana gelen karar matrisinde seçenekler tanımlanmış ve her seçeneğin her ölçüte göre performans değeri ilgili matris gözlerine girilerek model tamamlanmıştır (Şekil 12.8). Sonuç olarak şekilde de görüldüğü gibi projeler önceliklendirilmişlerdir. Örneğin ilk üç sırayı alan projeler sırasıyla "Güneydoğu Anadolu Bölgesel Gelişim Projesini Uygulamak", "Eğitimci Yetiştirme Projesini Gerçekleştirmek", "Mahallede Özellikle Gecekondu Semtlerinde Yaşam Kalitesini Geliştirmek" şeklindedir.

Alternatives	TOTAL	ALAN EĞİTİM	SAĞLIK	KÜLTÜR	HEDF KİTL	STRATEJİ	TIP
1 Güneydoğu Anadolu Bölgesel Gelişim Projesini Uygulamak	0.865	YÜKSEK	0.745	0.708	GENİS	0.933	0.614
2 Eğitimci Yetiştirme Projesini Gerçekleştirmek	0.851	0.964	0.414	0.500	0.975	0.865	0.575
3 Mahallede Özellikle Gecekondu Semtlerinde Yaşam Kalitesini Geliştirmek	0.800	0.635	0.708	0.672	GENİS	0.865	0.486
4 Çocuk Merkezleri	0.773	0.629	0.628	0.578	0.889	0.933	0.614
5 Kadın ve Kız Çocukların	0.755	0.591	0.521	0.591	0.889	0.933	0.587
6 Çevresel Projeleri	0.733	0.489	0.635	0.395	GENİS	0.933	VAKFDISI
7 Bilimsel Araştırmaları	0.703	0.758	0.818	YÜKSEK	0.445	UZUN V	0.743
8 Burs Programlarını	0.669	0.627	0.264	0.475	0.667	0.865	0.803
9 Kültür Varlıklarını Koruma	0.669	0.375	0.114	0.891	0.778	UZUN V	0.587
10 Üç Sektör	0.658	0.436	0.398	0.448	0.778	0.933	0.546
11 Ülke Çapında Yurtlar (Kız)	0.628	0.578	0.224	0.245	0.667	0.865	0.667
12 Yazılım Eğitimi Veren Meslek	0.628	0.614	0.224	0.338	0.667	0.865	0.486

Şekil 12.8. AHS Puanlama Yöntemi Kullanımı Sonucu Oluşan Model

12.5 Otomobil Satın Alma

Tüm sorun çözüm yöntemlerinin anlatımı sırasında kullanılan "en iyi otomobilin seçimi" örneği için IDEA'nın hangi çözüm yöntemini önerdiği araştırılmıştır.

Ölçütler ve seçenekler belirli olduğundan ve sorun yapısı karar matrisi şeklinde olduğundan IDEA'nın işleyişine göre A2 yordamına geçilmiştir. Göreli önemler de belirli olduğundan doğrudan değerlendirme yapılarak karar matrisi Tablo 6.1'e göre oluşturulmuştur. Bu aşamada Karar Verme Durumunun üçüncü ve dördüncü boyutuyla ilgili son iki soruya geçmeden önce diğer dört boyuta göre sorunla ilgili Karar Verme Durumunun özellikleri saptanmış durumdadır (Tablo 12.15).

Tablo 12.15. Uygulama için Özellikleri Bilinen Karar Verme Durumu Boyutları

Boyut	Açıklama	Özellik
B ₁	Seçim	α
B ₂	4 Ölçüt ve 7 Seçenek	Az-Az
B ₅	Görelî önem gereksinimi var	Var
B ₆	Performans değerleri hem nicel hem nitel	P2

KV'nin iki soruya verebileceği tüm farklı yanıtlara göre Tablo 12.16'da görülen Karar Verme Durumlarından birine ulaşılır ve IDEA son sütunda görülen çözüm yöntemlerini önerir (Ek C).

Tablo 12.16. Belirlenebilecek Karar Verme Durumları ve Önerilen Yöntemler

B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	KVD	Yöntem
α	Az-Az	DD	M1	Var	P2	2	Ardışık Sırasal
α	Az-Az	DD	M2	Var	P2	6	Ardışık Y. Sırasal
α	Az-Az	DD	M3	Var	P2	10	Ardışık Y. Sırasal
α	Az-Az	DT	M1	Var	P2	26	Smarts
α	Az-Az	DT	M2	Var	P2	30	İkili Değiştirme
α	Az-Az	DT	M3	Var	P2	34	İkili Değiştirme
α	Az-Az	İK	M1	Var	P2	50	AHS
α	Az-Az	İK	M2	Var	P2	54	AHS
α	Az-Az	İK	M3	Var	P2	58	AHS
α	Az-Az	İK	M4	Var	P2	62	Electre I
α	Az-Az	İK	M5	Var	P2	66	Promethee I & II
α	Az-Az	İK	M6	Var	P2	70	Promethee I & II

IDEA'nın önerebileceği çözüm yöntemlerine göre ulaşılan çözümler (öneriler) ilgili çözüm yönteminin anlatımı sırasında verilmiştir (Tablo 12.17). Yöntemlerin farklı işleyiş tarzlarında olmaları ve farklı parametreler (Electre, Promethee) kullanmaları, KA-KV etkileşimine gerek duymaları (İkili Değiştirme) sonucu farklı çözümlere ulaşılması doğaldır. Zaten farklı KV'ler ve farklı yöntemler aynı sonucu verseler sokaklarda sadece aynı markanın aynı modeli olan otomobiller görülürdü!

Tablo 12.17. IDEA'nın Karar Verme Durumları için Önerdiği Yöntemlerin
Çözümleri

Yöntem	Çözüm
Ardışık Sırasal	a_7
Ardışık Y. Sırasal	a_7
Smarts	a_1
İkili Değiştirme	a_2 ve a_5
AHS	a_1
Electre I	a_2, a_4 ve a_7 veya a_2, a_5 ve a_7
Promethee I	a_1, a_2 ve a_3
Promethee II	a_1

13. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez kapsamında önerilen IDEA; Çok Ölçütlü Karar Verme gerektiren sorunların yapılandırılması ve değerlendirilmesini bütünleştirerek ve Çok Ölçütlü Sorun Çözüm Yöntemlerini ilgilenilen Karar Verme Durumunun boyutlarına olan uygunluklarına göre seçip önererek Çok Kriterli Karara Yardım sağlama amacıyla tasarlanmıştır.

IDEA'nın özgün ve üstün yönleri ile sağladığı katkılar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- olası her Karar Verme Durumu için uygun çözüm yöntemi önerebilme
- esnek yapıda olma
 - KV'nin istediği zaman geri dönebilmesi, fikir değiştirebilmesi
 - boyutlarda veya boyut özelliklerinde değişiklik yapılabilmesi ve yeni duruma göre IDEA'nın öneri geliştirebilmesi
 - farklı çözüm yöntemlerinin kullanılabilmesi
- KV'nin Karar Verme süreci sırasında her istediği zaman yardım alabilmesi
- duyarlı olma (KV'nin arayüzde sorulan sorulara verdiği yanıtlara göre önerinin nasıl etkilendiğini gösterebilmesi)
- yapılandırma sırasında destek (Bilişsel Harita veya Değere Odaklanan Düşünme Yaklaşımı)
- hiyerarşi oluşturmaya destek (baş veya kuyruk (head/tail) analizi)
- hiyerarşiyi karar matrisine dönüştürebilme (Kural Tabanlı Sistem kullanımı)
- görelî önemlerin Bilişsel Harita Merkezilik Değerleri ile belirlenebilmesi
- yapılandırma ve değerlendirmenin bütünleştirilmesi

Bu bağlamda; tez kapsamında kullanılan altı boyutun farklı özelliklerinin kombinasyonlarına göre üretilen 576 adet olası Karar Verme Durumu için uygun çözüm yöntemleri öneren IDEA modeli, bu eşleştirme yönüyle, incelenen diğer

"herhangi bir Karar Verme Durumu için elemeye dayalı uygun çözüm yöntemi seçimi yaklaşımı" önerilerinden daha üstündür. Diğer yaklaşımlar genel olarak incelenen herhangi bir KVD için hangi yöntemin uygun olacağını eleme yoluyla saptayan genel olmayan yapıdadırlar.

Esnek bir yapısı olan IDEA'nın oluşturulması planlanan arayüzünün KV'ye geri dönüş ve vazgeçme olanağı sağlama özellikleri olacaktır. Ayrıca salt mevcut duruma bağlı olmayan genel amaçlı geliştirilen eşleştirme adımları; Karar Verme Durumu Boyutlarında bir değişiklik yapılması (özelliklerin değiştirilmesi, yeni boyut ekleme veya boyut çıkarma gibi) ya da başka sorun çözüm yöntemlerinin sisteme eklenmesi gibi durumlarda da, Uygulanabilecek Yöntem Dönüşümleri ve Komşuluk Dönüşümlerinin yeniden kullanımı ile, uygulanabilecek yapıdadır. Diğer ÇKKDS'ler gibi bir veya iki farklı çözüm yönteminin kullanımını KV'ye dayatmak yerine farklı çözüm yöntemlerinin kullanılabilir olması da bir diğer esneklik ve üstünlüktür.

Yardım bilgisi daha öncede belirtildiği gibi IDEA ya da yapılandırma veya çözüm yöntemi hakkında kullanıcının aklına gelebilecek soruları, işleyiş sırasında kullanıcıya sorulan sorulardaki ve olası yanıtlardaki karar verme ile ilgili terimleri kapsamaktadır.

KV; verdiği yanıtların değişiminin Karar Verme Durumunu ve dolayısıyla önerilecek çözüm yöntemini nasıl etkilediğini de görebilmektedir.

Sorunun yapılandırılması için Bilişsel Harita Yaklaşımının ve bilişsel harita oluşturmanın uygun olmadığı durumlarda Değere Odaklanan Düşünme Yaklaşımının kullanılması IDEA'nın salt sorun çözümü sırasında KV'nin yanında olmadığını göstermektedir.

IDEA'nın; baş veya kuyruk analizi kullanarak yapılandırma sırasında oluşturulan bilişsel haritayı hiyerarşik hale getirebilmesi, KV'nin değerlendirme için salt ana amaçları kullanmak istemesi durumunda söz konusu hiyerarşide ölçütlere göre tanımlanan başlangıç matrisini Kural Tabanlı Sistem kullanarak karar matrisine dönüştürebilmesi ve KV isterse Bilişsel Harita Merkezilik Değerlerini görece önem olarak kullanması gibi özgün özellikleri de vardır.

Ayrıca yapılandırmanın modelleme ve çözümlemeyi oluşturan değerlendirme ile bütünleştirilmesi ve söz konusu bütünleşimin en yaygın olarak bilinen COPE-VISA ve Expert Choice Paketindeki bütünleşimler gibi değer ağacı (kriter hiyerarşisi) kullanmayı ve çözüm için Çok Ölçütlü Değer Teorisine dayalı bir yöntem veya AHS kullanmayı dayatmaması da üstün bir yöndür.

IDEA'nın zayıf ya da eksik yönlerine yönelik ileride yapılabilecek çalışmalar bağlamında geliştirilen öneriler ise aşağıdaki gibi olabilir:

Her ne kadar bu konu ile ilgilenen araştırmacılar sorunu yapılandıran Bilişsel Harita Paketi ile sorunu değerlendiren çözüm yöntemini barındıran paketin (ya da paketlerin) ayrı ayrı, hatta farklı KA'ların yardımıyla, kullanımını savunsalar da (Belton ve diğ., 1997a; Belton ve diğ., 1997b) önerilen modelin işleyişini ve bütünleştirme bağlantılarını tamamen bir bilgisayar programına aktararak bir ÇKKDS oluşturulmaması tezin eksik yönü olmuştur. Bilgisayar mühendisliği veya programcılığı dalında uzman bir ekiple karar analizi konusunda uzman bir ekip biraraya gelerek yapacakları ortak bir çalışma sonucunda modelin işleyişi ile gerekli bağlantıların yapılabilir bir kısmını yansıtan bir arayüz ve bu arayüzü destekleyen yardım ekranlarının kodlanması yapılabilir.

Çok Kriterli Karara Yardım ve Çok Ölçütlü Karar Verme ile ilgili hemen hemen tüm kavramlardan ve önerilen modelden çok ayrıntılı bir şekilde söz edildiğinden IDEA'nın geçerliliği ve doğruluğu ile ilgili uygulamalar sadece işleyişi temsil eden akışın dallanabileceği farklı durumların incelenmesi ile yapılmıştır. İleride yapılacak bir çalışma salt tespit edilecek çok sayıda karar verme sorununun hangi Karar Verme Durumunu temsil ettiği ve söz konusu Karar Verme Durumu için IDEA'nın önerdiği çözüm yönteminin o sorun için kullanımının uygunluğunun irdelenmesine ayrılabilir. Bu bağlamda; oluşturulan ÇKKDS'yi internet ortamında genel kullanıma açarak farklı kullanıcıların farklı sorunları için kullandırılarak etkileşimli bir anket yolu ile görüşleri alınabilir.

Eşleştirme adımlarındaki Uygulanabilecek Yöntem Dönüşümleri ve Komşuluk Dönüşümlerinin önceliklerinin değişiminin Karar Verme Durumu-Sorun Çözümü Yöntemi eşleştirmesini nasıl etkilediğini gösteren bir simülasyon çalışması da yapılabilir.

Son olarak, řu anki haliyle sorun değerlendirme aşamasında Bireysel Karar Verme Yöntemleri kullanabilen IDEA modeline, Karar Verme Durumlarını tanımlayan boyutlarda ve boyut özelliklerinde gerekli değişiklikler yapılarak, Grup Karar Yöntemleri de eklenip Çok Kriterli Grup Karar Destek Sistemi (Multi Criteria Group Decision Support System) oluşturulabilir. Benzer şekilde tez kapsamı dışında bırakılan ve Bölüm 5.2.2'de söz edilen diğer Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri olan Belirsizlik Altında Karar Verme Yöntemleri, Bulanık Küme Teorisinden faydalanan Yöntemler, Çok Değişkenli Analiz Yöntemleri ile sürekli durum için geliştirilen (Bölüm 5.3) Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemleri de modele eklenebilir.

Her ne kadar gelecek çalışmalar için esin kaynağı olacak söz konusu zayıf yönler ve eksiklikler olsa da tezin oluşturulması için yapılan araştırmalar ve çalışmalar kapsamında; bu denli genel yapıda, ulaşılabilen ve anlaşılabilen tüm çok ölçütlü sorun çözüm yöntemlerini inceleyip kullanan, karar verme sürecinin farklı aşamalarında farklı yöntemlerle karar vericiye destek olan ve bütünleştirici bir modelin oluşturulduğuna veya tasarlandığına rastlanılmamıştır.

KAYNAKLAR

- Abbas, M. and Vincke, Ph., 1993. Preference structures and threshold models, *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, **2**, 171-178.
- Abu-Taleb, M.F. and Mareschal, B., 1995. Water resources planning in the Middle East: Application of the PROMETHEE V multicriteria method, *Eur. J. Oper. Res.*, **81**, 500-511.
- Ackermann, F. and Belton, V., 1994. Managing corporate knowledge experiences with SODA and V.I.S.A., *British Journal of Management*, **5**, 163-176.
- Ackermann, F., Eden, C., and Cropper, S., 1995. Getting started with cognitive mapping, Graphics COPE 2.0 Computer software. The University of Strathclyde and Banxia Software Ltd, Glasgow, UK..
- Ackermann, F., Tait, A.J., Eden, C., and Williams, T.M., 1994. COPE-ing with system dynamics- A story about soft and hard OR., *Working Paper 94/14, Management Science, Theory, Method and Practice Series*: University of Strathclyde, Glasgow.
- Ahn, H. and Dyckhoff, H., 1997. A flexible concept for decision support: evaluation and selection of suitable product development activities, *Eur. J. Oper. Res.*, **100**, 266-276.
- Al-Kloub, B., Al-Shemmeri, T., and Pearman, A., 1997. The role of weights in MCDA, and the ranking of water projects in Jordan, *Eur. J. Oper. Res.*, **99**, 278-288.
- Al-Shemmeri, T., Al-Kloub, B. and Pearman, A., 1997a. Computer aided DSS for water strategic planning in Jordan, *Eur. J. Oper. Res.*, **102**, 455-472.
- Al-Shemmeri, T., Al-Kloub, B. and Pearman, A., 1997b. Model choice in Multicriteria Decision Aid, *Eur. J. Oper. Res.*, **97**, 550-560.
- Angehrn, A.A. and Luthi, H-J., 1990. Intelligent DSS: A visual interactive approach, *Interfaces*, **20/6**, 17-28.
- Angur, M. and Lotfi, V., 1997. A comparison of aspiration level interactive method (AIM) and conjoint analysis in multiple criteria decision making, in *Essays in decision making: A volume in honour of Stanley Zionts*, pp. 60-

- 73, Eds. Karwan, M.H., Spronk, J. & Wallenius, J., Springer-Verlag, Berlin.
- Antunes, C.H., Melo, M.P. and Climaco, J.N.**, 1992. On the integration of an interactive MOLP procedure base and Expert System techniques, *Eur. J. Oper. Res.*, **61**, 135-144.
- Atherton, E. and French, S.**, 1997. Issues in supporting intertemporal choice, in *Essays in decision making: A volume in honour of Stanley Zionts*, pp. 135-156, Eds. Karwan, M.H., Spronk, J. & Wallenius, J., Springer-Verlag, Berlin.
- Axelrod, R.**, 1976. The analysis of cognitive maps, in *Structure of Decision*, pp. 55-73. Ed. Axelrod R., Princeton University Press, New Jersey.
- Balestra, G. and Tsoukias, A.**, 1990. Multicriteria analysis represented by AI techniques, *J. Opl Res. Soc.*, **41/5**, 419-430.
- Ballestro, E., Anton, J.M. and Gasco, G.**, 1998. Optimal alternative in a roads project: A multi-criteria utility approach, *The 8th World Conference on Transport Research*, Antwerp, Belgium, July 12-17.
- Bana E Costa, C.A. and Vincke, Ph.**, 1990. Multiple criteria decision aid: An overview, in *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, pp. 3-11, Ed. Bana E Costa, C.A., Springer-Verlag, Heidelberg.
- Bana E Costa, C.A.**, 1988. A methodology for sensitivity analysis in three criteria problems: A case study in municipal management, *Eur. J. Oper. Res.*, **33**, 159-173.
- Bana E Costa, C.A., Ensslin, L., Correa, E.C. and Vansnick, J-C.**, 1999. Decision support systems in action: Integrated application in a multi criteria decision aid process, *Eur. J. Oper. Res.*, **113**, 315-335.
- Bana E Costa, C.A., Stewart, T.J. and Vansnick, J-C.**, 1997. Multi Criteria Decision Analysis: Some thoughts based on the tutorial and discussion sessions of the ESIGMA meetings, *Eur. J. Oper. Res.*, **99**, 28-37.
- Barzilai, J.**, 1998. A new methodology for dealing with conflicting engineering design criteria, *The 14th International Conference on Multiple Criteria Decision Making*, Charlottesville, Virginia, USA, June 8-12.
- Bell, D.E., Raiffa, H. and Tversky, A.**, (Eds.) 1988. *Decision Making: Descriptive, Normative, and Prescriptive Interactions*. Cambridge University Press, Cambridge.

- Belton, V. and Hodgkin, J.**, 1999. Facilitators, DMs, DIY users: Is intelligent multi-criteria decision support for all feasible or desirable?, *Eur. J. Oper. Res.*, **113**, 247-260.
- Belton, V. and Vickers, S.**, 1990. Use of a simple MA value function incorporating visual interactive sensitivity analysis for MCDM, in *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, pp. 319-334, Ed. Bana E Costa, C.A., Springer-Verlag, Heidelberg.
- Belton, V.**, 1985. The use of simple criteria model to assist in selection from a shortlist, *J. Opl Res. Soc.*, **36**, 265-274.
- Belton, V., Ackermann, F. and Shepherd, I.**, 1997a. COPE-ing with VISA - Integrated support from problem structuring through to alternative evaluation, *Proceedings of the 12th Multiple Criteria Decision Making International Conference*, Hagen, Germany, 1995, 265-274.
- Belton, V., Ackermann, F. and Shepherd, I.**, 1997b. Integrated support from problem structuring through to alternative evaluation using COPE and V.I.S.A., *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, **6**, 115-130.
- Bodily, S.E.**, 1985. *Modern Decision Making: A Guide in Modelling with Decision Support Systems*. Mc-Graw Hill, New York.
- Bood, R.P.**, 1998. Charting organisational learning: a comparison of multiple mapping techniques, in *Managerial and organisational cognition*, pp. 210-230, Eds. Eden, C. & Spender, J-C., Sage Publ., London.
- Bouyssou, D.**, 1986. Some remarks on the notion of compensation in MCDM, *Eur. J. Oper. Res.*, **26**, 150-160.
- Bouyssou, D.**, 1990. Building criteria: a prerequisite for MCDA, in *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, pp. 58-80, Ed. Bana E Costa, C.A., Springer-Verlag, Heidelberg.
- Bouyssou, D.**, 1996. Outranking relations: Do they have special properties?, *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, **5**, 99-111.
- Bouyssou, D., Perny, P., Pirlot, M., Tsoukias, A. and Vincke, Ph.**, 1993. A manifesto for the new MCDA era, *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, **2**, 125-127.
- Bouyssou, D., Pirlot, M. and Vincke, Ph.**, 1997., A general model of preference aggregation, in *Essays in decision making: A volume in honour of Stanley Zionts*, pp. 120-134, Eds. Karwan, M.H., Spronk, J. & Wallenius, J., Springer-Verlag, Berlin.

- Brans, J.P. and Vincke, Ph.**, 1985. A preference ranking organization method, *Management Science*, **31/6**, 647-656.
- Brans, J.P., Vincke, Ph. And Mareschal, B.**, 1986. How to select and how to rank projects: the PROMETHEE method, *Eur. J. Oper. Res.*, **24**, 228-238.
- Brans, J-P. and Mareschal, B.**, 1990. The PROMETHEE methods for MCDM, The PROMCALC, GAIA and Bankadviser software, in *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, pp. 216-252, Ed. Bana E Costa, C.A., Springer-Verlag, Heidelberg.
- Brans, J-P.**, 1996. The space of freedom of the decision maker- Modeling the human brain, *Eur. J. Oper. Res.*, **92**, 593-602.
- Brown, R.V.**, 1992. The state of art of decision analysis: A personal perspective, *Interfaces*, **22/6**, 5-14.
- Brownlow, S.A. and Watson, S.R.**, 1987. Structuring multi-attribute value hierarchies, *J. Opl Res. Soc.*, **38**, 309-317.
- Buchanan J.T.**, 1994. An experimental evaluation of interactive MCDM methods and DM process, *J. Opl Res. Soc.*, **45/9**, 1050-1059.
- Buchanan, J.**, 1991. A two-phase interactive solution method for multiple objective programming problems, *IEEE Transactions on SMC*, **21/4**, 743-749.
- Buede, D.M.**, 1986. Structuring value attributes, *Interfaces*, **16**, 52-62.
- Carter, G.M., Murray, M.P., Walker, R.G. and Walker, W.E.**, 1992. Building Organisational Decision Support Systems. Academic Press, London.
- Checkland, P.**, 1989a. An application of SSM, in *Rational analysis for a problematic world*, pp.101-119, Ed. Rosenhead, J., Wiley, Chichester.
- Checkland, P.**, 1989b. Soft systems methodology, in *Rational analysis for a problematic world*, pp.71-100, Ed. Rosenhead, J., Wiley, Chichester.
- Climaco, J.N. and Antunes, C.H.**, 1994. Man-machine interfacing in MCDA, *Proceedings of the 10th Multiple Criteria Decision Making International Conference*, Taipei, Taiwan, 1992, 239-253.
- Corner, J.L. and Buchanan, J.T.**, 1997. Capturing DM preference: experimental comparison of decision analysis and MCDM techniques, *Eur. J. Oper. Res.*, **98**, 85-97.
- Corner, J.L. and Kirkwood, C.W.**, 1991. Decision analysis applications in the OR literature 1970-89, *Operations Research*, **39/2**, 206-219.

- Daellenbach, H.**, 1997. Multiple Criteria Decision Making within Checkland's Soft Systems Methodology, in *Multicriteria Analysis: Proceedings of the XIth international conference on Multiple Criteria Decision Making*, pp. 51-60, Ed. Climaco J., Springer-Verlag, Berlin.
- Daellenbach, H.G.**, 1994., *Systems and Decision Making: A Management Science Approach*. John Wiley & Sons, Ltd., West Sussex.
- Daellenbach, H.G.**, 1996. Comment on *Solving MCDM problems: Process concepts* by Henig, M.I. & Buchanan, J.T., *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, **5**, 15-16.
- De Bono, E.**, 1985. Altı Şapkalı Düşünme Tekniği. Remzi Kitabevi, İstanbul
- De Brucker, K., Verbeke, A. and Winkelmans, W.**, 1998. The eclectic multicriteria analysis (EMCA) applied to large infrastructure projects, *The 8th World Conference on Transport Research*, Antwerp, Belgium, July 12-17.
- De Keyser, W. and Peeters, P.**, 1996. A note on the use of PROMETHEE MC methods, *Eur. J. Oper. Res.*, **89**, 457-461.
- Decision Explorer**, Version 3.0.4 Analyst, © 1991-1996 Univ. of Strathclyde, Published by Banxia Software Ltd., Glasgow, UK.
- Dias, L.C., Costa, J.P. and Climaco, J.N.**, 1998. A parallel implementation of the PROMETHEE method, *Eur. J. Oper. Res.*, **104**, 521-531.
- Du Bois, Ph., Brans, J.P., Cantraine, F. and Mareschal, B.**, 1989. MEDICIS: An expert system for computer-aided diagnosis using the PROMETHEE Multicriteria method, *Eur. J. Oper. Res.*, **39**, 284-292.
- Dyer, J.S.**, 1990. Remarks on the analytic hierarchy process, *Management Science*, **36/3**, 249-259.
- Dyer, J.S., Fishburn, P.C., Steuer, R.E., Wallenius, J. and Zionts, S.**, 1992. MCDM, MAUT: The next ten years, *Management Science*, **38/5**, 645-655.
- Eden, C. and Ackermann, F.**, 1998. Analysing and comparing idiographic causal maps, in *Managerial and organisational cognition*, pp. 192-209, Eds. Eden, C. & Spender, J-C., Sage Publ., London.
- Eden, C. and Simpson, P.**, 1989. SODA and cognitive mapping in practice, in *Rational analysis for a problematic world*, pp.43-70, Ed. Rosenhead, J., Wiley, Chichester.

- Eden, C.**, 1988. Cognitive mapping: A review, *Eur. J. Oper. Res.*, **36**, 1-13.
- Eden, C.**, 1989. Using cognitive mapping for SODA, in *Rational analysis for a problematic world*, pp.21-42, Ed. Rosenhead, J., Wiley, Chichester.
- Eden, C., Ackermann, F. and Cropper, S.**, 1992. The analysis of cause maps, *Journal of Management Studies*, **29/3**, 309-323.
- Eden, C., Jones, S. and Sims D.**, 1983. *Messing About in Problems*. Pergamon Press, Oxford.
- Eden, C., Williams, H. and Smithin, T.**, 1986. Synthetic wisdom: The design of a mixed mode modelling system for organizational decision making, *J. Opl Res. Soc.*, **37**: 233-241.
- Edwards, J.S.**, 1992. Expert Systems in management and administration - Are they really different form decision support systems?, *Eur. J. Oper. Res.*, **61**, 114-121.
- Edwards, W. and Newsman, J.R.**, 1982. *Multi Attribute Evaluation*. Sage University Paper Series on Quantitative Applications in the Social Sciences, No. 07-026, Sage Pubns., London.
- Eom, S.B.**, 1998. The intellectual development and structure of DSSs (1991-1995), *OMEGA*, **26/5**, 639-657.
- Evans, J.R.**, 1989., A review and synthesis of OR/MS and creative problem solving (parts 1 and 2), *OMEGA*, **17/6**, 499-524.
- Evren, R. ve Ülengin, F.**, 1992a. *Yönetimde Karar Verme*. Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul.
- Evren, R. ve Ülengin, F.**, 1992b. *Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme*. Teknik Üniversite Matbaası, İstanbul.
- Flood, R.L.**, 1995. *Solving Problem Solving*. John Wiley & Sons Ltd., West Sussex.
- Forman, E. H.**, 1990. MCDM and AHP, in *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, pp. 295-318, Ed. Bana E Costa, C.A., Springer-Verlag, Heidelberg.
- Forman, E.H.**, 1996. Decision by Objectives, in *Manuscripts of Expert Choice Software*, Expert Choice Inc., Pittsburgh.
- French, S.**, 1984. Interactive multiobjective programming: its aims, applications and demands, *J. Opl Res. Soc.*, **35**, 827-834.

- French, S.**, 1996. Comment on *Solving MCDM problems: Process concepts* by Henig, M.I. & Buchanan, J.T., *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, 5, 18.
- French, S., Simpson, L., Atherton, E., Belton, V., Dawes, R., Edwards, W., Hamalainen, R.P., Larichev, O., Lootsma, F.A., Pearman, A. and Vlek, C.**, 1998. Problem formulation for multicriteria decision analysis: report from a workshop, *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, 7, 242-262.
- Gregory, R. and Keeney, R.L.**, 1994. Creating policy alternative using stakeholder values, *Management Science*, 40/8, 1035-1048.
- Guitouni, A. and Martel, J-M.**, 1998. Tentative guidelines to help choosing an appropriate MCDA method, *Eur. J. Oper. Res.*, 109, 501-521.
- Hadzinakos, I., Yannacopoulos, D., Faltsetas, C. and Ziourkas, K.**, 1991. Application of the MINORA DSS to the evaluation of landslide favourability in Greece, *Eur. J. Oper. Res.*, 50, 61-75.
- Hammond, J.S., Keeney, R.L. and Raiffa, H.**, 1999. Smart Choices. Harvard Business School Press, Boston.
- Harker, P.T. and Vargas, L.G.**, 1990. Reply to *Remarks on the analytic hierarchy process* by Dyer, J.S., *Management Science*, 36/3, 269-273.
- Harker, P.T.**, 1989. The Art and Science of Decision Making: The Analytic Hierarchy Process, in *The AHP: Applications and Studies*, pp. 3-36, Eds. Golden, B.L., Wasil, E.A. & Harker, P.T., Springer-Verlag, Heidelberg.
- Hemming, T.**, 1978. Multiobjective Decision Making under Certainty. EFI, The Economic Research Institute at the Stockholm School of Economics, EFI, Stockholm.
- Henig, M.I. and Buchanan, J.T.**, 1996. Response to Comments on *Solving MCDM problems: Process concepts*, *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, 5, 19-21.
- Henig, M.I. and Buchanan, J.T.**, 1996. Solving MCDM problems: Process concepts, *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, 5, 3-12.
- Hodgkin, J., Belton, V. and Buchanan, I.**, 1998. Intelligent user support in multicriteria decision support, *The 14th International Conference on Multiple Criteria Decision Making*, Charlottesville, Virginia, USA, June 8-12.

- Holsapple, C.W. and Whinston, A.B.**, 1992. Decision support systems, in *Handbook Industrial Engineering*, pp. 109-141, Ed. Salvendy, G., John Wiley and Sons, New York.
- Howard, R.A.**, 1988. Decision analysis: practice and promise, *Management Science*, **34/6**, 679-695.
- Howard, R.A.**, 1992. Heathens, Heretics, and Cults: The religious spectrum of decision aiding, *Interfaces*, **22/6**, 15-27.
- Huff, A.**, 1990. Mapping Strategic Thought. Wiley, New York
- Hwang, C.L. and Lin, M.J.**, 1987. Group Decision Making under Multiple Criteria. Springer-Verlag, Heidelberg
- Jacquet-Lagrange, E. and Shakun, M.F.**, 1984. Decision support systems for semi-structured buying decisions, *Eur. J. Oper. Res.*, **16**, 48-58.
- Jacquet-Lagrange, E. and Siskos, J.**, 1982. Assessing a set of additive utility functions for multicriteria decision making, the UTA method, *Eur. J. Oper. Res.*, **10**, 151-164.
- Jacquet-Lagrange, E.**, 1990. Interactive assessment of preferences using holistic judgments: The PREFCALC system, in *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, pp. 335-350-11, Ed. Bana E Costa, C.A., Springer-Verlag, Heidelberg.
- Jenkins, M.**, 1998. The theory and practice of comparing causal maps, in *Managerial and organisational cognition*, pp. 231-249, Eds. Eden, C. & Spender, J-C., Sage Publ., London.
- Jog, V. and Michalowski, W.**, 1994. An interactive procedure for learning about preferences: case study of a portfolio manager, *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, **3**, 27-40.
- Kaliszewski, I., Michalowski, W. and Kersten, G.**, 1997. A hybrid interactive technique for the MCDM problems, in *Essays in decision making: A volume in honour of Stanley Zionts*, pp. 48-59, Eds. Karwan, M.H., Spronk, J. & Wallenius, J., Springer-Verlag, Berlin.
- Keen, P.G.W. and Morton, M.S.S.**, 1978. Decision Support systems: An Organizational Perspective. Addison-Wesley, Reading.
- Keeney, R. and Raiffa, H.**, 1976. Decision with Multiple Objectives, Preferences and Value Trade offs. Wiley, New York.

- Keeney, R.L.**, 1996. *Value Focused Thinking: A Path to Creative Decision Making*. Harvard University Press, London.
- Keller, L.R. and Ho, J.L.**, 1988. Decision problem structuring: Generating options, *IEEE Transactions on SMC*, **18/5**, 715-728.
- Kelly, G.A.**, 1970. A brief introduction to personal construct theory, in *Perspectives in Personal Construct Theory*, pp. 1-29, Ed. Bannister, D.D., Academic Press, London.
- Kersten, G.E. and Noronha, S.J.**, 1996. Comment on *Solving MCDM problems: Process concepts* by Henig, M.I. & Buchanan, J.T., *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, **5**, 12-15.
- Kirkwood, C.W.**, 1997. *Strategic Decision Making: Multiobjective Decision Analysis with Spreadsheets*. Duxbury Press, Wadsworth Publ. Co., Belmont.
- Kleindorfer, P.R., Kunreuther, H.C. and Schoemaker, P.J.H.**, 1993. *Decision Sciences: An Integrative Perspective*. Cambridge University Press, Oakleigh.
- Korhonen P.**, 1986. A hierarchical interactive method for ranking alternatives with multiple qualitative criteria, *Eur. J. Oper. Res.*, **24**, 265-276.
- Korhonen, P. and Laakso, J.**, 1986. A visual interactive method for solving the multiple criteria problem, *Eur. J. Oper. Res.*, **24**, 277-287.
- Korhonen, P. and Wallenius, J.**, 1990. Using qualitative data in MOLP, *Eur. J. Oper. Res.*, **48**, 81-87.
- Korhonen, P. and Wallenius, J.**, 1996. Behavioural issues in MCDM: Neglected research questions, Letter to Editor, *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, **5**, 178-182.
- Korhonen, P.**, 1988. A visual reference direction approach to solving discrete multicriteria problems, *Eur. J. Oper. Res.*, **34**, 152-159.
- Korhonen, P., Moskowitz, H. and Wallenius, J.**, 1992. Multiple Criteria Decision Making - A review, *Eur. J. Oper. Res.*, **63**, 361-375.
- Korhonen, P., Wallenius, J. and Zionts, S.**, 1984. Solving the discrete multiple criteria problem using convex cones, *Management Science*, **30/11**, 1336-1345.
- Korhonen, P., Wallenius, J. and Zionts, S.**, 1992. A computer graphics based DSS for MOLP, *Eur. J. Oper. Res.*, **60**, 280-286.

- Köksalan, M.M., Karwan, M.H. and Zionts, S., 1984.** An improved method for solving multiple criteria problems involving discrete alternatives, *IEEE Transactions on SMC*, 14/1, 24-34.
- Köksalan, M.M., Karwan, M.H. and Zionts, S., 1988.** An approach for solving discrete alternative multicriteria problems involving ordinal criteria, *Naval Research Logistics*, 35, 625-641.
- Larichev, O.I., Moskovich, H.M., Mechitov, A.I. and Olson, D.L., 1993.** Experiments comparing qualitative approaches to rank ordering of multiattribute alternatives, *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, 2, 5-26.
- Laukkanen, M., 1998.** Conducting causal mapping research: opportunities and challenges, in *Managerial and organisational cognition*, pp. 168-191, Eds. Eden, C. & Spender, J-C., Sage Publ., London.
- Le Têno, J.F. and Mareschal, B., 1998.** An interval version of PROMETHEE for the comparison of building products design with ill-defined data on environmental quality, *Eur. J. Oper. Res.*, 109, 522-529.
- Lee, S., Courtney, J.F. and O'Keefe, R.M., 1992.** A system for organizational learning using cognitive maps, *OMEGA*, 20, 23-36.
- Lehner, P.E., Probus, M.A. and Donnell, M.L., 1985.** Building decision aids: Exploiting the synergy between decision analysis and AI, *IEEE Transactions on SMC*, 15/4, 469-474.
- Levine, P. and Pomerol, M-J., 1986.** PRIAM- An interactive program for choosing among multiple attribute alternatives, *Eur. J. Oper. Res.*, 25, 272-280.
- Levine, P., Pomerol, M-J. and Saneh, K., 1990.** Rules integrate data in a MCDSS, *IEEE Transactions on SMC*, 20/3, 678-686.
- Liebowitz, J., 1990.** The Dynamics of Decision Support Systems and Expert Systems. Dryden Press, Chicago.
- Loostma, F.A., 1996.** Comment on the European school of MCDA: Emergence, basic features and current works, *JCMDA* 5, 37-38.
- Lootsma, F.A. and Schuijt, H., 1997.** The multiplicative AHP, SMART and ELECTRE in a common context, *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, 6, 185-196.
- Lootsma, F.A., 1993.** Scale sensitivity in the multiplicative AHP and SMART, *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, 2, 87-110.

- Lootsma, F.A.**, 1997. Multicriteria decision analysis in a decision tree, *Eur. J. Oper. Res.*, **101**, 442-451.
- Lotfi, V., Stewart, T.J. and Zionts S.**, 1992. An aspiration level interactive model for multiple criteria decision making, *Computers Ops. Res.*, **19/7**, 671-681.
- Lupton, D. and Brennand, A.**, 1998. Evaluation of transport projects under multiple objectives, *The 8th World Conference on Transport Research*, Antwerp, Belgium, July 12-17.
- Malyon, B.E.**, 1998. Planning for the strategic management of South Africa's west coast rock lobster fishery: an integrated approach to group decision support, *Yüksek Lisans Tezi*, University of Capetown, Department of Statistical Sciences, Capetown.
- Marcotte, G. and Soland, R.M.**, 1986. An interactive branch and bound algorithm for multiple criteria optimization, *Management Science*, **32/1**, 61-75.
- Mareschal, B. and Brans, J-P.**, 1988. Geometrical representation for MCDA, *Eur. J. Oper. Res.*, **34**, 69-77.
- Massey, A.P. and Wallace, W.A.**, 1996. Understanding and facilitating group problem structuring and formulation: mental representations, interaction, and representation aids, *Decision Support Systems*, **17**, 253-274.
- Masud, A.C. and Hwang, C.L.**, 1981. Interactive sequential goal programming, *J. Opl Res. Soc.*, **32**, 391-400.
- Matarazzo, B.**, 1988. Preference ranking global frequencies in multicriterion analysis (PRAGMA), *Eur. J. Oper. Res.*, **36**, 36-49.
- Matarazzo, B.**, 1990. A pairwise criterion comparison approach: The MAPPAC and PRAGMA methods, in *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, pp. 253-273, Ed. Bana E Costa, C.A., Springer-Verlag, Heidelberg.
- Minch, R.P.**, 1986. Computerized information systems supporting multicriteria decision making, *Decision Sciences*, **17**, 395-413.
- Munda, G.**, 1993. Multi-Criteria decision aid: Some epistemological considerations, *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, **2**, 41-55.
- Nakayama, H.**, 1997. Exploration of multi-objective problems in artificial intelligence, in *Essays in decision making: A volume in honour of Stanley Zionts*, pp. 201-214, Eds. Karwan, M.H., Spronk, J. & Wallenius, J., Springer-Verlag, Berlin.

- Newell, A. and Simon, H. A., 1972. Human Problem Solving. Prentice Hall, London.
- Nozicka, G., Bonham, G.M. and Shapiro, M.J., 1976. Simulation Techniques, in *Structure of Decision*, pp. 349-359. Ed. Axelrod R., Princeton University Press, New Jersey.
- O'Keefe, R.M. and Preece, A.D., 1996. The development validation and implementation of KBS, *Eur. J. Oper. Res.*, **92**, 458-473.
- Olson, D.L. and Courtney, J.F.Jr., 1992. Decision Support Models and Expert Systems. Macmillan Publ., New York.
- Ostanello, A., 1990. Action evaluation and action structuring: Different decision aid situations reviewed through two actual cases, in *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, pp. 36-57, Ed. Bana E Costa, C.A., Springer-Verlag, Heidelberg.
- Ozernoy, V.M., 1987. A framework for choosing the most appropriate discrete alternative MCDM method in decision support systems and expert systems, in *Towards Interactive and Intelligent Decision Support Systems*, v. 2, pp. 56-64, Eds. Savaragi, Y., Inoue, K., & Nakayama, H., Springer-Verlag: Berlin.
- Önsel, Ş., 1995. Yeni bir yöneylem araştırması yaklaşımı: Bilişsel haritalar, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Park, K.S. and Kim, S.H., 1997. Tools for interactive MADM with incompletely identified information, *Eur. J. Oper. Res.*, **98**, 111-123.
- Pasche, C., 1991. EXTRA: An expert system for MCDM, *Eur. J. Oper. Res.*, **52**, 224-234.
- Philips, L., 1996. Comment on *Solving MCDM problems: Process concepts* by Henig, M.I. & Buchanan, J.T., *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, **5**, 17.
- Pomerol, J-C., 1997. AI and human decision making, *Eur. J. Oper. Res.*, **99**, 3-25.
- Pomerol, M-J. and Trabelsi, T., 1987. An adaptation of PRIAM to multiobjective linear programming, *Eur. J. Oper. Res.*, **31**, 355-341.
- Raju, K.S. and Pillai, C.R.S., 1999. Multicriterion decision making in river basin planning and development, *Eur. J. Oper. Res.*, **112**, 249-257.

- Roberts, F.S.**, 1976. Strategy for the energy crisis: the case of commuter transportation policy, in *Structure of Decision*, pp. 142-179. Ed. Axelrod R., Princeton University Press, New Jersey.
- Rogers, M. and Bruen, M.**, 1998a. A new system for weighting environmental criteria for use within ELECTRE III, *Eur. J. Oper. Res.*, **107**, 552-563.
- Rogers, M. and Bruen, M.**, 1998b. Choosing realistic values of indifference, preference and veto thresholds for use with environmental criteria within ELECTRE, *Eur. J. Oper. Res.*, **107**, 542-551.
- Rosenhead, J.**, 1989. Introduction: Old and new paradigms of analysis, in *Rational analysis for a problematic world*, pp.1-20, Ed. Rosenhead, J., Wiley, Chichester.
- Roy, B. and Vanderpooten, D.**, 1996. The European school of MCDA: Emergence, basic features and current works, *JCMDA* **5**, 22-37.
- Roy, B. and Vanderpooten, D.**, 1997. An overview on The European school of MCDA: Emergence, basic features and current works, *Eur. J. Oper. Res.*, **99**, 26-27.
- Roy, B.**, 1987. Meaning and validity of interactive procedures as a tool for decision making, *Eur. J. Oper. Res.*, **31**, 297-303.
- Roy, B.**, 1990a. Decision aid and decision making, in *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, pp. 17-35, Ed. Bana E Costa, C.A., Springer-Verlag, Heidelberg.
- Roy, B.**, 1990b. Decision-aid and decision-making, *Eur. J. Oper. Res.*, **45**, 324-331.
- Roy, B.**, 1990c. The outranking approach and the foundations of ELECTRE methods, in *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, pp. 155-183, Ed. Bana E Costa, C.A., Springer-Verlag, Heidelberg.
- Roy, B.**, 1993. Decision science or decision aid science, *Eur. J. Oper. Res.*, **66**, 184-203.
- Saaty, T.L.**, 1989. Multicriteria Decision Making: The Analytic Hierarchy Process. RWS Publ., Pittsburg.
- Saaty, T.L.**, 1990. An exposition of the AHP, Reply to *Remarks on the Analytic Hierarchy Process* by Dyer, J.S., *Management Science*, **36/3**, 259-268.
- Saaty, T.L.**, 1996. Decision Making for Leaders. RWS Publ., Pittsburg.
- Saaty, T.L.**, 1998. The Analytic Network Process: Decision Making With Dependence and Feedback. RWS Publ., Pittsburg.

- Salminen, P., Hokkanen, J. and Lahdelma, R., 1998.** Comparing multiple criteria methods in the context of environmental problems, *Eur. J. Oper. Res.*, **104**, 485-496.
- Sauter, V.L., 1997.** DSS: An Applied Managerial Approach. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Shachter, R.D., 1988.** Probabilistic inference and influence diagrams, *Operations Research*, **36/4**, 589-604.
- Shachter, R.D., 1990.** An ordered examination of influence diagrams, *Networks* **20**, 535-563.
- Sharda, R., Barr, S.H. and McDonnell, J.C., 1988.** DSS Effectiveness: A review and an empirical test, *Management Science*, **34/2**, 139-159.
- Siskos, Y. and Sypridakos, A., 1999.** Intelligent multi criteria decision support: overview and perspectives, *Eur. J. Oper. Res.*, **113**, 236-246.
- Smith, G.F., 1989.** Defining managerial problems: A framework for prescriptive theorizing, *Management Science*, **35/8**, 963-981.
- Solymosi, T. and Dombi, J., 1986.** A method for determining the weights of criteria: the centralized weights, *Eur. J. Oper. Res.*, **26**, 35-41.
- Spence, M.T. and Brucks, M., 1997.** The moderating effects of problem characteristics on experts' and novices', *Journal of Marketing Research*, **34/2**, 233-247.
- Sprague, R.H.Jr. and Carlson, E.D., 1982.** Building Effective Decision Support Systems. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Stewart, T.J., 1987.** Pruning of decision alternatives in multiple criteria decision making, based on the UTA method for estimating utilities, *Eur. J. Oper. Res.*, **28**, 79-88.
- Stewart, T.J., 1992.** A critical survey on the status of MCDM theory and practice, *OMEGA*, **20/5-6**, 569-586.
- Stewart, T.J., 1993.** Use of piecewise linear multicriteria decision support: A Monte Carlo Study, *Management Science*, **39/11**, 1369-1381.
- Stewart, T.J., 1996.** Comment on *Solving MCDM problems: Process concepts* by Henig, M.I. & Buchanan, J.T., *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, **5**, 16-17.
- Stewart, T.J., 1997.** Convergence and validation of interactive methods in MCDM: simulation studies, in *Essays in decision making: A volume in honour of*

- Stanley Zionts*, pp. 7-18, Eds. Karwan, M.H., Spronk, J. & Wallenius, J., Springer-Verlag, Berlin.
- Stewart, T.J.**, 1999. Evaluation and refinement of aspiration based methods in MCDM, *Eur. J. Oper. Res.*, **113**, 643-652.
- Sun, M. and Steuer, R.E.**, 1996. InterQuad: An interactive quadtree based procedure for solving the discrete alternative MC problem, *Eur. J. Oper. Res.*, **89**, 462-472.
- Swan, J. and Newell, S.**, 1998. Making sense of technological innovation: The political and social dynamics of cognition, in *Managerial and organisational cognition*, pp. 108-129, Eds. Eden, C. & Spender, J-C., Sage Publ., London.
- Szidarovszky, F., Gershon, M.E. and Duckstein, L.**, 1986. Techniques for Multiobjective Decision Making in Systems Management, Advances in Industrial Engineering, Series ed.: Salvendy, G., Elsevier, Amsterdam.
- Tamura, H., Takhashi, S., Hatano, I. and Umano, M.**, 1998. On a behavioral model of analytic hierarchy process for modeling the legitimacy of rank reversal, *The 14th International Conference on Multiple Criteria Decision Making*, Charlottesville, Virginia, USA, June 8-12.
- Taner, O.V. and Köksalan, M.M.**, 1991. Experiments and an improved method for solving the discrete alternative MC problem, *J. Opl Res. Soc.*, **42/5**, 383-391.
- Topcu, Y.İ.**, 1995. Ulaştırma yapılarına uygun su geçişlerinin önerilmesinde uzman sistem yaklaşımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tsoukias, A.**, 1991. Preference modeling as a reasoning process: a new way to face uncertainty in MCDSS, *Eur. J. Oper. Res.*, **55**, 309-318.
- Tversky, A. and Kahneman, D.**, 1989. Rational choice and the framing of decisions, in *Multi criteria decision making and risk analysis using microcomputers*, pp. 81-126, Eds. Karpak, B. & Zionts, S., NATO ASI Series, V. F56, Springer-Verlag, Berlin.
- Ülengin, F.**, 1994. Easing the traffic in İstanbul: At what price?, *J Opl Res. Soc.* **45**, 771- 785.
- Ülengin, F. and Topcu, Y.İ.**, 1997. Cognitive map-KBDSS integration in transportation planning, *J. Opl. Res. Soc.*, **48/11**, 1065-1076.

- Ülengin, F., Topcu, Y.İ., and Önsel, S., 1998.** Problem structuring and evaluation integration: A case study in transportation planning, *The 14th International Conference on Multiple Criteria Decision Making*, Charlottesville, Virginia, USA, June 8-12.
- Van Bruggen, G.H., Smidts, A. and Wierenga, B., 1998.** Improving decision making by means of a marketing DSS, *Management Science*, **44/5**, 645-658.
- Van Huylenbroeck, G., 1995.** The conflict analysis method bridging the gap between ELECTRE, PROMETHEE and ORESTE, *Eur. J. Oper. Res.*, **82**, 490-502.
- Vanderpooten, D., 1990.** The construction and prescriptions in outranking methods, in *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, pp. 184-215, Ed. Bana E Costa, C.A., Springer-Verlag, Heidelberg.
- Vansnick, J-C., 1986.** On the problem of weights in MCDM (the noncompensatory approach), *Eur. J. Oper. Res.*, **24**, 288-294.
- Vansnick, J-C., 1990.** Measurement theory and decision aid, in *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, pp. 81-100, Ed. Bana E Costa, C.A., Springer-Verlag, Heidelberg.
- Vincke, Ph., 1986.** Analysis of multi criteria decision aid in Europe, *Eur. J. Oper. Res.*, **25**, 160-168.
- Vincke, Ph., 1990.** Basic concepts of preference modelling, in *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, pp. 101-117, Ed. Bana E Costa, C.A., Springer-Verlag, Heidelberg.
- Vincke, Ph., 1992.** Multi Criteria Decision Aid. John Wiley & Sons, Inc., West Sussex.
- Vincke, Ph., 1999.** Robust and neural methods for aggregating preferences into an outranking relation, *Eur. J. Oper. Res.*, **112**, 405-412.
- Volkema, R., 1983.** Problem foundation in planning and design, *Management Science*, **29/6**, 639-652.
- Von Winterfeldt, D. and Edwards, W., 1986.** Decision Analysis and Behavioral Research. Cambridge Univ. Press, New York.
- Von Winterfeldt, D., 1980.** Structuring decision problems, *Acta Psychologica*, **45**, 71-93.

- Watson, S.R. and Buede, D.M.**, 1987. *Decision Synthesis: The Principles and Practice of Decision Analysis*. Cambridge University Press, Cambridge
- Weber, E.U. and Coskunoglu, O.**, 1990. Descriptive and prescriptive models of decision making: Implications for the development of decision aids, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, **20/2**, 310-317.
- White, C.C.**, 1990. A survey on the integration of decision analysis and expert systems for decision support, *IEEE Transactions on SMC*, **20/2**, 358-364.
- White, C.C., Stewart, B.S. and Carroway, R.L.**, 1992. Multiobjective preference based search in acyclic OR graphs, *Eur. J. Oper. Res.*, **56**, 357-363.
- Wierzbicki, A.P.**, 1997. Convergence of interactive procedures of multiobjective optimization and decision support, in *Essays in decision making: A volume in honour of Stanley Zionts*, pp. 19-47, Eds. Karwan, M.H., Spronk, J. & Wallenius, J., Springer-Verlag, Berlin.
- Yoon, K. and Kim, G.**, 1989. Multiple Attribute Decision Analysis with imprecise information, *IIE Transactions*, **21/1**, 21-25.
- Yoon, K.P. and Hwang C-L.**, 1995. *Multi Attribute Decision Making: An Introduction*. Sage University Papers Series, Quantitative Applications in the Social Sciences, No 07-104, Sage Pubn., London.
- Zachary, W.W.**, 1988. Decision support systems: Designing to extend the cognitive limits, in *Handbook of human-computer interaction*, pp. 997-1013, Ed. Helander, M. North-Holland.
- Zanakis, S.H., Solomon, A., Wishart, N., and Dublish, S.**, 1998. MADM: A simulation comparison of select methods, *Eur. J. Oper. Res.*, **107**, 507-529.
- Zapatero, E.G., Smith, C.H. and Weistroffer, H.R.**, 1997. Evaluating multiple attribute DSS, *Journal of Multicriteria Decision Analysis*, **6**, 201-214.
- Zimbardo, P.G.**, 1992. *Psychology and Life*. Harper Collins, New York.
- Zionts, S.**, 1994. The challenge that lies ahead, *Proceedings of the 10th Multiple Criteria Decision Making International Conference*, Taipei, Taiwan, 1992, 17-27.
- Zionts, S.**, 1997. Decision making: Some experiences, myths and observations, *Proceedings of the 12th Multiple Criteria Decision Making International Conference*, Hagen, Germany, 1995, 233-241.

Tablo A.1. Basit Yöntemlerin KVD Boyutları Açısından İncelenmesi

Basit Yöntemler	Kısaltma	Sorun Tipi	Ölçüt Sayısı	Sorunun Büyüklüğü	Tercih Belirleme	Tercih Yapısı	Görelî Önem Gereksinimi	Performans Değeri
İkili Değiştirme	ID	α	Az	Az	DT	M2	Yok	P2
Ardışık Sırasal	AS	γ	Çok	Çok	DD	M1	Var	P2
Ardışık Yanı Sırasal	AYS	γ	Çok	Çok	DD	M2	Var	P2
Özelliklerine Göre Eleme	ÖGE	α	Çok	Çok	DD	M1	Yok	P2
İyimserlik	İyi	α	Çok	Çok	DD	M1	Yok	P1
Kötümserlik	Kötü	α	Çok	Çok	DD	M1	Yok	P1
Birleştirme	Bir	β	Çok	Çok	DD	M1	Yok	P2
Ayırma	Ayr	β	Çok	Çok	DD	M1	Yok	P2
Ortanca Sıralama	OS	γ	Az	Az	DD	M1	Yok	P2
Uzaklığa Dayalı Atama	UDA	γ	Az	Az	DD	M1	Yok	P2
Çoğunluk	Çoğ	γ	Az	Az	İK	M4	Yok	P2

Tablo A.2. Değer/Fayda Temelli Yöntemlerin KVD Boyutları Açısından İncelenmesi

Basit Yöntemler	Kısaltma	Sorun Tipi	Ölçüt Sayısı	Sorunun Büyüklüğü	Tercih Belirleme	Tercih Yapısı	Görelî Önem Gereksinimi	Performans Değeri
ÇÖDT (SMARTS)	Sm	γ	Az	Çok	DT	M1	Var	P2
Basit Toplamlı Ağırlıklandırma	BTA	γ	Çok	Çok	DD	M1	Var	P1
Ağırlıklı Çarpım	AÇ	γ	Çok	Çok	DD	M1	Var	P1
TOPSIS	Top	γ	Çok	Çok	DD	M1	Var	P1
AHS		γ	Çok	Az	İK	M1	Var	P1
AHS puanlama	AHS-P	γ	Çok	Çok	İK	M1	Var	P2
						M1	Var	P2

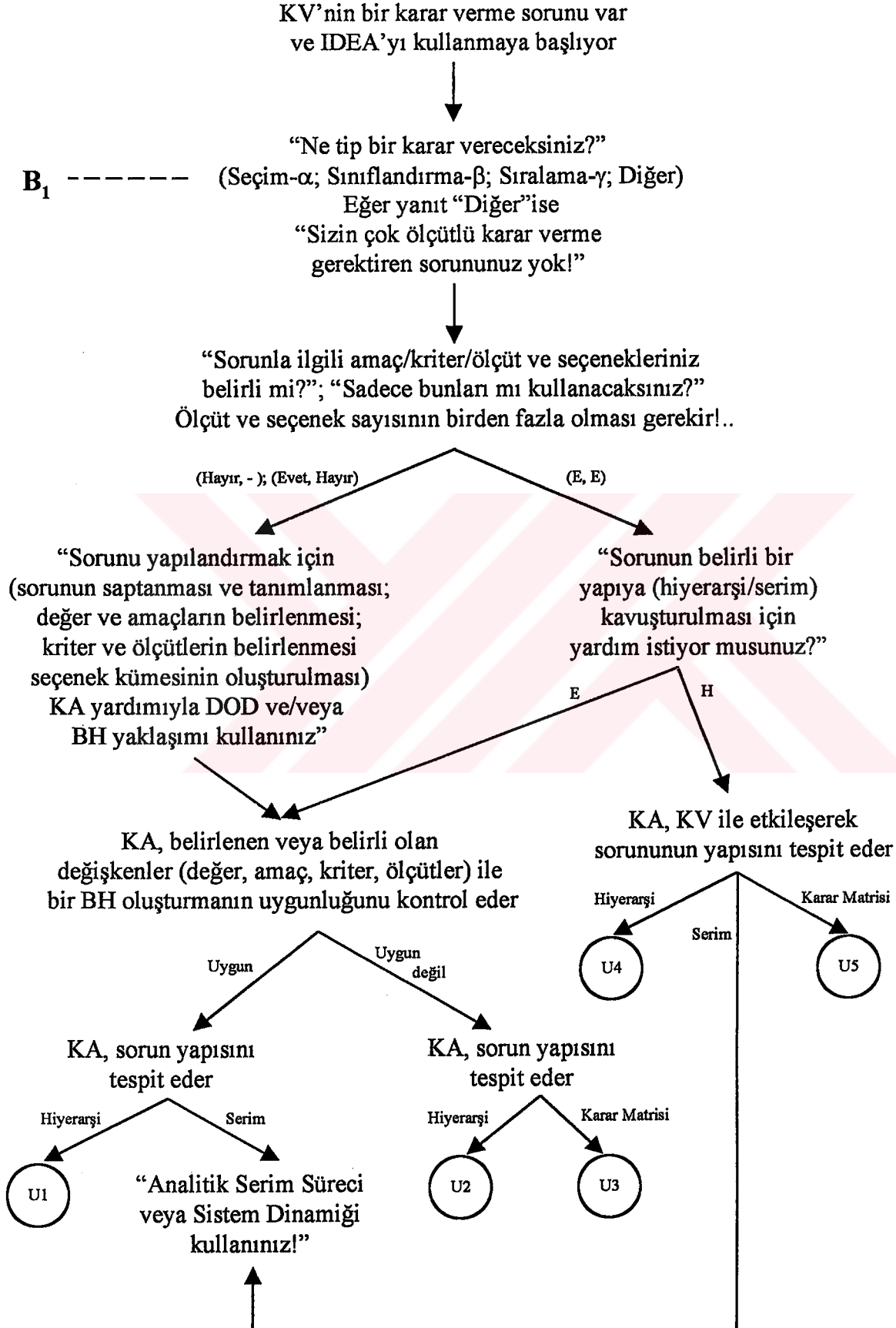
Tablo A.3. Üstünlük Yöntemlerinin KVD Boyutları Açısından İncelenmesi

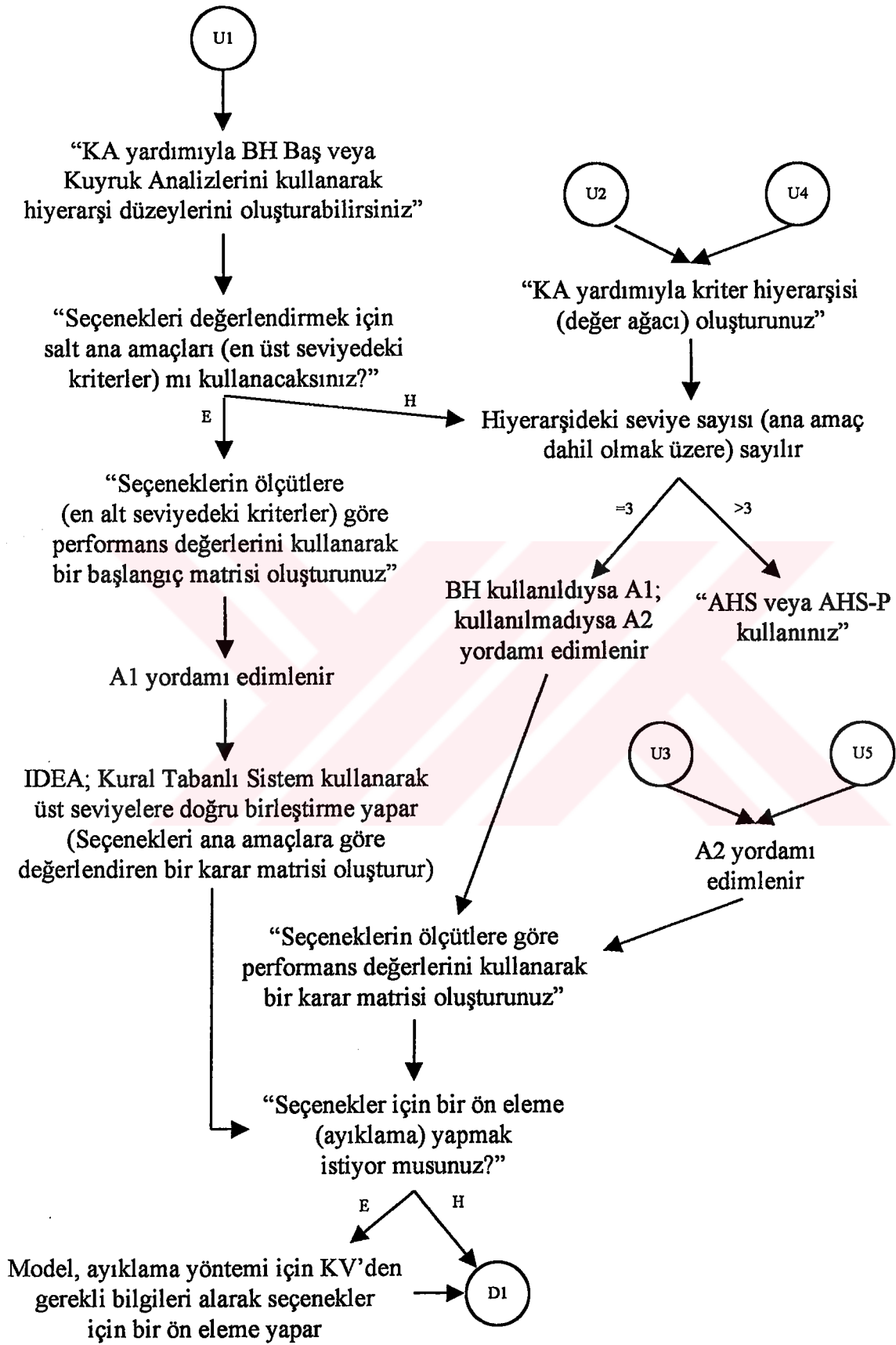
Basit Yöntemler	Kısaltma	Sorun Tipi	Ölçüt Sayısı	Sorunun Büyüklüğü	Tercih Belirleme	Tercih Yapısı	Görelî Önem Gereksinimi	Performans Değeri
ELECTRE I	E1	α/β	Az	Az	İK	M4	Var	P2
ELECTRE II	E2	γ	Az	Az	İK	M4	Var	P2
ELECTRE III	E3	γ	Az	Az	İK	M6	Var	P1
ELECTRE IV	E4	γ	Az	Az	İK	M6	Yok	P1
PROMETHEE I	Pro1	γ	Az	Az	İK	M4/M5/M6	Var	P1
PROMETHEE II	Pro2	γ	Az	Az	İK	M4/M5/M6	Var	P1

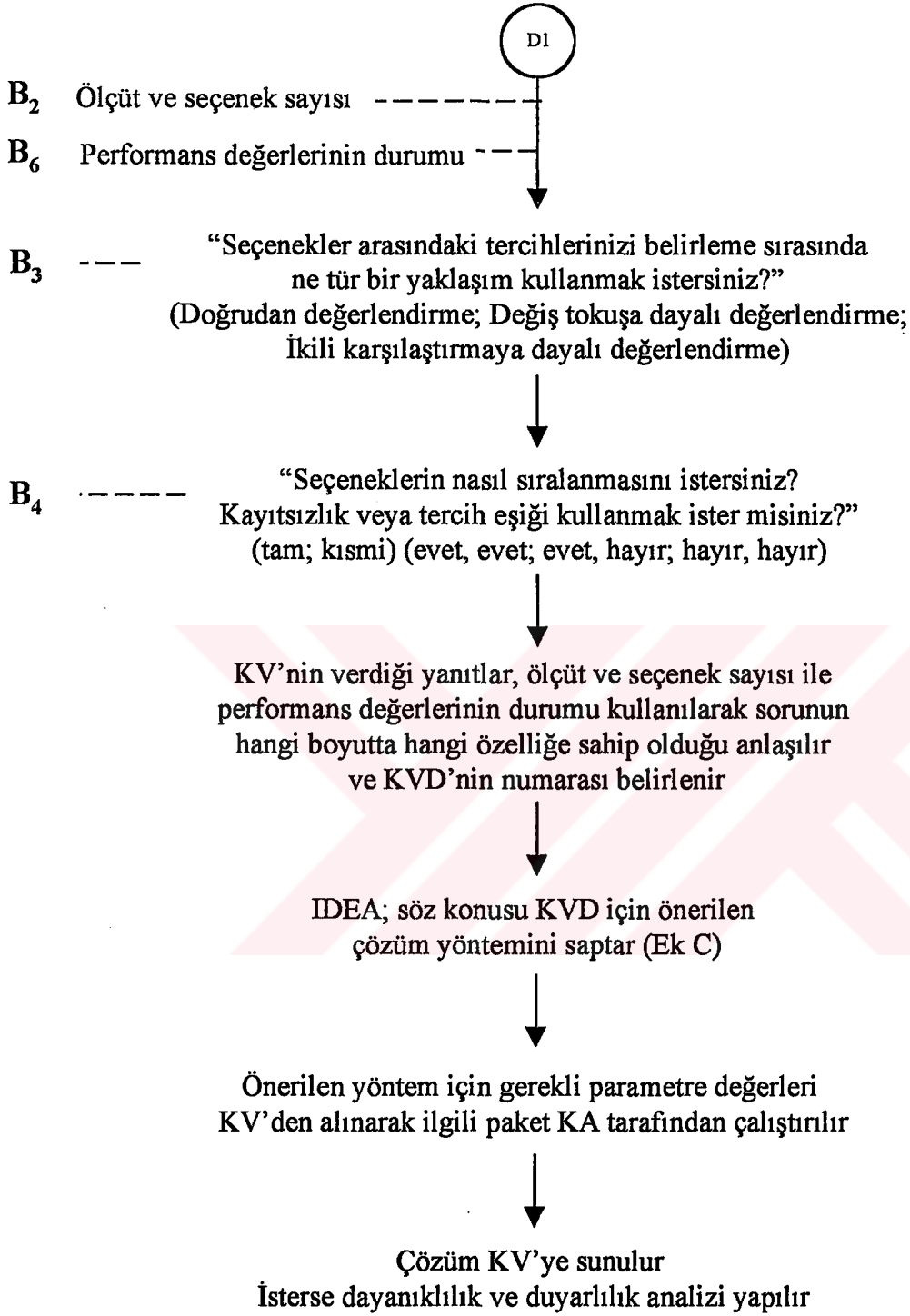
Tablo A.4. Etkileşimli Yöntemlerin KVD Boyutları Açısından İncelenmesi

Basit Yöntemler	Kısaltma	Sorun Tipi	Ölçüt Sayısı	Sorunun Büyüklüğü	Tercih Belirleme	Tercih Yapısı	Görelî Önem Gereksinimi	Performans Değeri
PRIAM		α	Az	Çok	İK/DD	M1	Yok	P2
STEM		α	Çok	Çok	DD	M1	Yok	P1
Değişen Hedef Yöntemi	DHY	α	Çok	Çok	DD	M1	Yok	P1
AIM		α/γ	Az	Çok	DD	M1	Yok	P1
VIG		β/α	Az	Çok	DD	M1	Var	P1
Dışbükey Koniler	DBK	α	Az	Çok	İK	M1	Yok	P1

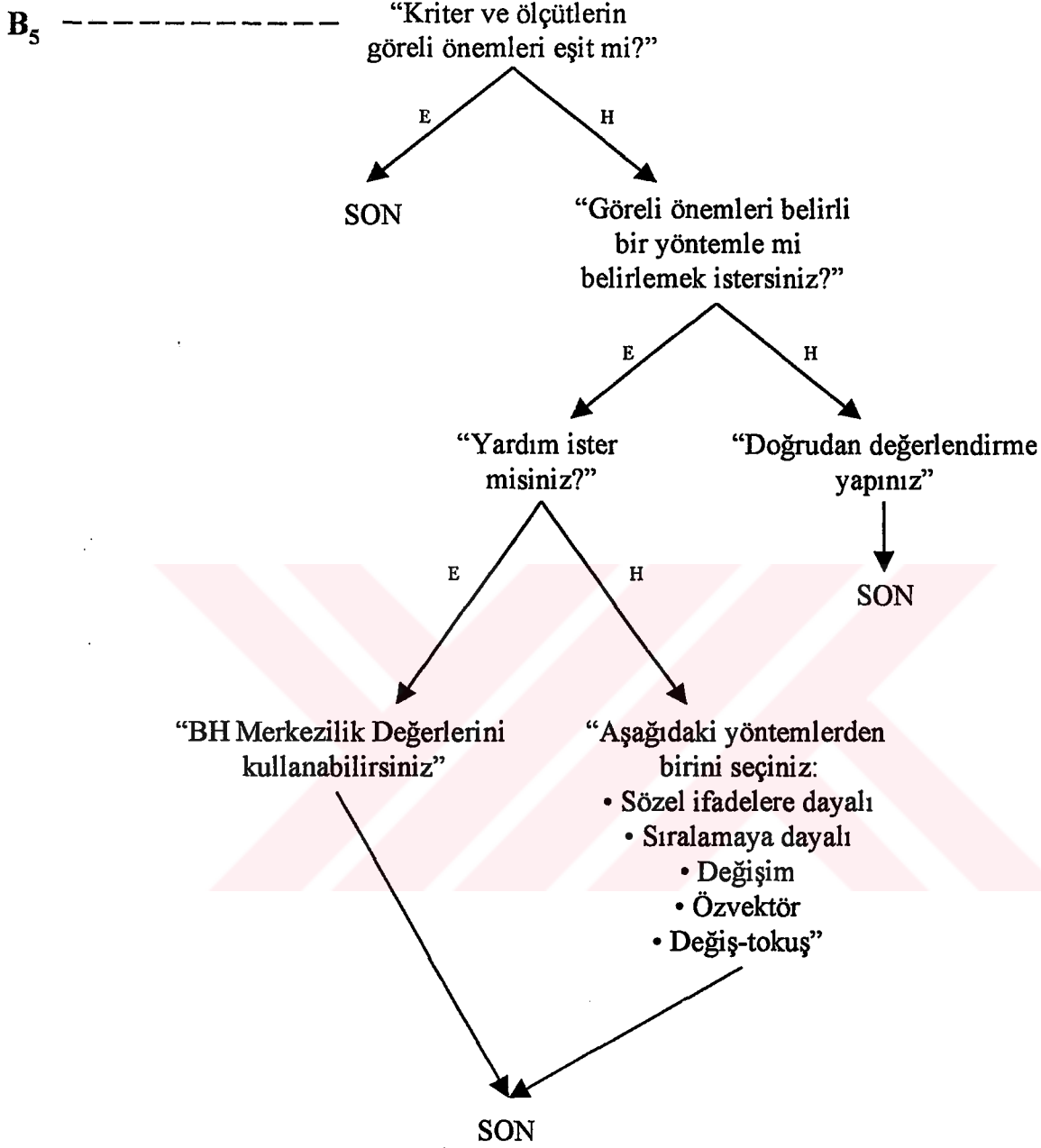
EK B



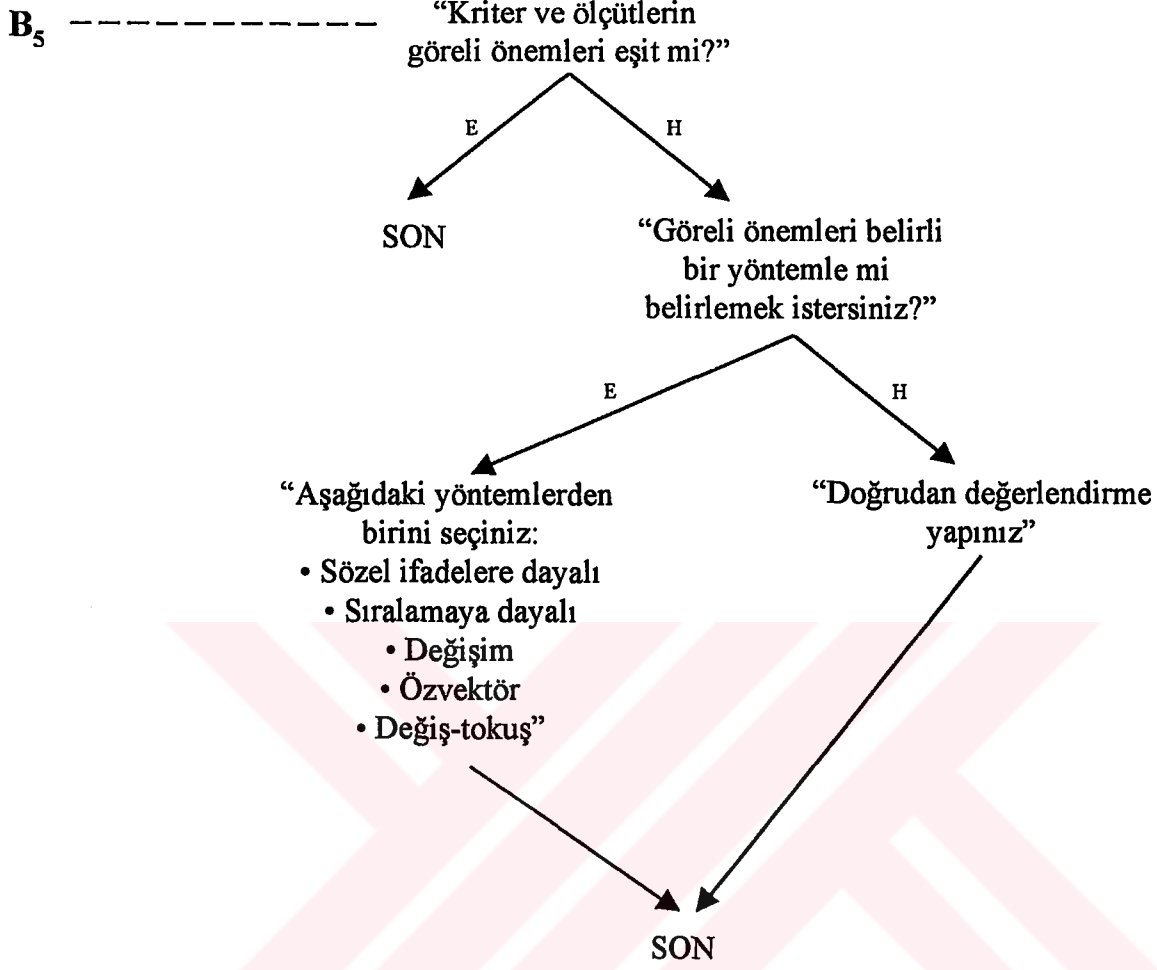




A1 YORDAMI



A2 YORDAMI



EK C

Eşleştirmelerde kullanılan sorun çözüm yöntemleri aşağıdaki gibi kısaltılmışlardır:

Ayr	Ayıran
AÇ	Ağırlıklı Çarpım
AHS-P	AHS puanlama
AS	Ardışık Sırasal
AYS	Ardışık Yarı Sırasal
Bir	Birleştiren
BTA	Basit Toplamlı Ağırlıklandırma
Çoğ	Çoğunluk
DBK	Dışbükey Koniler
DHY	Değişen Hedef Yöntemi
E1	ELECTRE I
E2	ELECTRE II
E3	ELECTRE III
E4	ELECTRE IV
İD	İkili Değiştirme
İyi	İyimserlik
Kötü	Kötümserlik
ÖGE	Özelliklerine Göre Eleme
OS	Ortanca Sıralama
Pro1	PROMETHEE I
Pro2	PROMETHEE II
Sm	SMARTS
Top	TOPSIS
UDA	Uzaklığa Dayalı Atama

KVD	B1	B2	B3	B4	B5	B6	Uygun Yöntem	Uygulanabilecek Yöntem	Komşu	Önerilen Yöntem
001	α	az-az	DD	M1	var	P1		VIG		VIG
002	α	az-az	DD	M1	var	P2			218	AS
003	α	az-az	DD	M1	yok	P1		Stem		Stem
004	α	az-az	DD	M1	yok	P2		ÖGE		ÖGE
005	α	az-az	DD	M2	var	P1			006	AYS
006	α	az-az	DD	M2	var	P2			222	AYS
007	α	az-az	DD	M2	yok	P1			005	AYS
008	α	az-az	DD	M2	yok	P2			006	AYS
009	α	az-az	DD	M3	var	P1			005	AYS
010	α	az-az	DD	M3	var	P2			006	AYS
011	α	az-az	DD	M3	yok	P1			007	AYS
012	α	az-az	DD	M3	yok	P2			008	AYS
025	α	az-az	DT	M1	var	P1			026	Sm.
026	α	az-az	DT	M1	var	P2			098	Sm.
027	α	az-az	DT	M1	yok	P1			028	İD
028	α	az-az	DT	M1	yok	P2		İD		İD
029	α	az-az	DT	M2	var	P1			031	İD
030	α	az-az	DT	M2	var	P2			032	İD
031	α	az-az	DT	M2	yok	P1		İD		İD
032	α	az-az	DT	M2	yok	P2	İD			İD
033	α	az-az	DT	M3	var	P1			029	İD
034	α	az-az	DT	M3	var	P2			030	İD
035	α	az-az	DT	M3	yok	P1			031	İD
036	α	az-az	DT	M3	yok	P2			032	İD
049	α	az-az	İK	M1	var	P1			050	AHS
050	α	az-az	İK	M1	var	P2			194	AHS
051	α	az-az	İK	M1	yok	P1		DBK		DBK
052	α	az-az	İK	M1	yok	P2		Priam		Priam
053	α	az-az	İK	M2	var	P1			049	AHS
054	α	az-az	İK	M2	var	P2			050	AHS
055	α	az-az	İK	M2	yok	P1			051	DBK
056	α	az-az	İK	M2	yok	P2			052	Priam
057	α	az-az	İK	M3	var	P1			053	AHS
058	α	az-az	İK	M3	var	P2			054	AHS
059	α	az-az	İK	M3	yok	P1			055	DBK
060	α	az-az	İK	M3	yok	P2			056	Priam
061	α	az-az	İK	M4	var	P1		E1		E1
062	α	az-az	İK	M4	var	P2	E1			E1
063	α	az-az	İK	M4	yok	P1			064	E1
064	α	az-az	İK	M4	yok	P2		E1		E1
065	α	az-az	İK	M5	var	P1		Pro 1 & 2		Pro 1 & 2
066	α	az-az	İK	M5	var	P2			642	Pro 1 & 2
067	α	az-az	İK	M5	yok	P1			065	Pro 1 & 2
068	α	az-az	İK	M5	yok	P2			066	Pro 1 & 2
069	α	az-az	İK	M6	var	P1		Pro 1 & 2		Pro 1 & 2
070	α	az-az	İK	M6	var	P2			646	Pro 1 & 2
071	α	az-az	İK	M6	yok	P1		E4		E4
072	α	az-az	İK	M6	yok	P2			648	E4

KVD	B1	B2	B3	B4	B5	B6	Uygun Yöntem	Uygulanabilecek Yöntem	Komşu	Önerilen Yöntem
073	α	az-çok	DD	M1	var	P1	VIG			VIG
074	α	az-çok	DD	M1	var	P2		VIG		VIG
075	α	az-çok	DD	M1	yok	P1	AIM			AIM
076	α	az-çok	DD	M1	yok	P2	Priam			Priam
077	α	az-çok	DD	M2	var	P1			078	AYS
078	α	az-çok	DD	M2	var	P2			222	AYS
079	α	az-çok	DD	M2	yok	P1			077	AYS
080	α	az-çok	DD	M2	yok	P2			078	AYS
081	α	az-çok	DD	M3	var	P1			077	AYS
082	α	az-çok	DD	M3	var	P2			078	AYS
083	α	az-çok	DD	M3	yok	P1			079	AYS
084	α	az-çok	DD	M3	yok	P2			080	AYS
097	α	az-çok	DT	M1	var	P1			098	Sm.
098	α	az-çok	DT	M1	var	P2		Sm.		Sm.
099	α	az-çok	DT	M1	yok	P1			100	Sm.
100	α	az-çok	DT	M1	yok	P2			098	Sm.
101	α	az-çok	DT	M2	var	P1			029	İD
102	α	az-çok	DT	M2	var	P2			030	İD
103	α	az-çok	DT	M2	yok	P1			031	İD
104	α	az-çok	DT	M2	yok	P2			032	İD
105	α	az-çok	DT	M3	var	P1			101	İD
106	α	az-çok	DT	M3	var	P2			102	İD
107	α	az-çok	DT	M3	yok	P1			103	İD
108	α	az-çok	DT	M3	yok	P2			104	İD
121	α	az-çok	İK	M1	var	P1			122	AHS-P
122	α	az-çok	İK	M1	var	P2			266	AHS-P
123	α	az-çok	İK	M1	yok	P1	DBK			DBK
124	α	az-çok	İK	M1	yok	P2	Priam			Priam
125	α	az-çok	İK	M2	var	P1			121	AHS-P
126	α	az-çok	İK	M2	var	P2			122	AHS-P
127	α	az-çok	İK	M2	yok	P1			123	DBK
128	α	az-çok	İK	M2	yok	P2			124	Priam
129	α	az-çok	İK	M3	var	P1			125	AHS-P
130	α	az-çok	İK	M3	var	P2			126	AHS-P
131	α	az-çok	İK	M3	yok	P1			127	DBK
132	α	az-çok	İK	M3	yok	P2			128	Priam
133	α	az-çok	İK	M4	var	P1			061	E1
134	α	az-çok	İK	M4	var	P2			062	E1
135	α	az-çok	İK	M4	yok	P1			063	E1
136	α	az-çok	İK	M4	yok	P2			064	E1
137	α	az-çok	İK	M5	var	P1			065	Pro 1 & 2
138	α	az-çok	İK	M5	var	P2			066	Pro 1 & 2
139	α	az-çok	İK	M5	yok	P1			067	Pro 1 & 2
140	α	az-çok	İK	M5	yok	P2			068	Pro 1 & 2
141	α	az-çok	İK	M6	var	P1			069	Pro 1 & 2
142	α	az-çok	İK	M6	var	P2			070	Pro 1 & 2
143	α	az-çok	İK	M6	yok	P1			071	E4
144	α	az-çok	İK	M6	yok	P2			072	E4

KVD	B1	B2	B3	B4	B5	B6	Uygun Yöntem	Uygulanabilecek Yöntem	Komşu	Önerilen Yöntem
145	α	çok-az	DD	M1	var	P1			217	Top.
146	α	çok-az	DD	M1	var	P2			218	AS
147	α	çok-az	DD	M1	yok	P1		Stem		Stem
148	α	çok-az	DD	M1	yok	P2		ÖGE		ÖGE
149	α	çok-az	DD	M2	var	P1			150	AYS
150	α	çok-az	DD	M2	var	P2			222	AYS
151	α	çok-az	DD	M2	yok	P1			149	AYS
152	α	çok-az	DD	M2	yok	P2			150	AYS
153	α	çok-az	DD	M3	var	P1			149	AYS
154	α	çok-az	DD	M3	var	P2			150	AYS
155	α	çok-az	DD	M3	yok	P1			151	AYS
156	α	çok-az	DD	M3	yok	P2			152	AYS
169	α	çok-az	DT	M1	var	P1			025	Sm.
170	α	çok-az	DT	M1	var	P2			026	Sm.
171	α	çok-az	DT	M1	yok	P1			027	İD
172	α	çok-az	DT	M1	yok	P2			028	İD
173	α	çok-az	DT	M2	var	P1			029	İD
174	α	çok-az	DT	M2	var	P2			030	İD
175	α	çok-az	DT	M2	yok	P1			031	İD
176	α	çok-az	DT	M2	yok	P2			032	İD
177	α	çok-az	DT	M3	var	P1			173	İD
178	α	çok-az	DT	M3	var	P2			174	İD
179	α	çok-az	DT	M3	yok	P1			175	İD
180	α	çok-az	DT	M3	yok	P2			176	İD
193	α	çok-az	İK	M1	var	P1			194	AHS
194	α	çok-az	İK	M1	var	P2		AHS		AHS
195	α	çok-az	İK	M1	yok	P1			196	AHS
196	α	çok-az	İK	M1	yok	P2			194	AHS
197	α	çok-az	İK	M2	var	P1			193	AHS
198	α	çok-az	İK	M2	var	P2			194	AHS
199	α	çok-az	İK	M2	yok	P1			195	AHS
200	α	çok-az	İK	M2	yok	P2			196	AHS
201	α	çok-az	İK	M3	var	P1			197	AHS
202	α	çok-az	İK	M3	var	P2			198	AHS
203	α	çok-az	İK	M3	yok	P1			199	AHS
204	α	çok-az	İK	M3	yok	P2			200	AHS
205	α	çok-az	İK	M4	var	P1			061	E1
206	α	çok-az	İK	M4	var	P2			062	E1
207	α	çok-az	İK	M4	yok	P1			063	E1
208	α	çok-az	İK	M4	yok	P2			064	E1
209	α	çok-az	İK	M5	var	P1			065	Pro 1 & 2
210	α	çok-az	İK	M5	var	P2			066	Pro 1 & 2
211	α	çok-az	İK	M5	yok	P1			067	Pro 1 & 2
212	α	çok-az	İK	M5	yok	P2			068	Pro 1 & 2
213	α	çok-az	İK	M6	var	P1			069	Pro 1 & 2
214	α	çok-az	İK	M6	var	P2			070	Pro 1 & 2
215	α	çok-az	İK	M6	yok	P1			071	E4
216	α	çok-az	İK	M6	yok	P2			072	E4

KVD	B1	B2	B3	B4	B5	B6	Uygun Yöntem	Uygulanabilecek Yöntem	Komşu	Önerilen Yöntem
217	α	çok-çok	DD	M1	var	P1		Top.		Top.
218	α	çok-çok	DD	M1	var	P2		AS		AS
219	α	çok-çok	DD	M1	yok	P1	İyi./Kötü./Stem/DHY			Stem
220	α	çok-çok	DD	M1	yok	P2	ÖGE			ÖGE
221	α	çok-çok	DD	M2	var	P1			222	AYS
222	α	çok-çok	DD	M2	var	P2		AYS		AYS
223	α	çok-çok	DD	M2	yok	P1			224	AYS
224	α	çok-çok	DD	M2	yok	P2			222	AYS
225	α	çok-çok	DD	M3	var	P1			221	AYS
226	α	çok-çok	DD	M3	var	P2			222	AYS
227	α	çok-çok	DD	M3	yok	P1			223	AYS
228	α	çok-çok	DD	M3	yok	P2			224	AYS
241	α	çok-çok	DT	M1	var	P1			025	Sm.
242	α	çok-çok	DT	M1	var	P2			098	Sm.
243	α	çok-çok	DT	M1	yok	P1			027	İD
244	α	çok-çok	DT	M1	yok	P2			028	İD
245	α	çok-çok	DT	M2	var	P1			029	İD
246	α	çok-çok	DT	M2	var	P2			030	İD
247	α	çok-çok	DT	M2	yok	P1			031	İD
248	α	çok-çok	DT	M2	yok	P2			032	İD
249	α	çok-çok	DT	M3	var	P1			245	İD
250	α	çok-çok	DT	M3	var	P2			246	İD
251	α	çok-çok	DT	M3	yok	P1			247	İD
252	α	çok-çok	DT	M3	yok	P2			248	İD
265	α	çok-çok	İK	M1	var	P1			266	AHS-P
266	α	çok-çok	İK	M1	var	P2		AHS-P		AHS-P
267	α	çok-çok	İK	M1	yok	P1			268	AHS-P
268	α	çok-çok	İK	M1	yok	P2			266	AHS-P
269	α	çok-çok	İK	M2	var	P1			265	AHS-P
270	α	çok-çok	İK	M2	var	P2			266	AHS-P
271	α	çok-çok	İK	M2	yok	P1			267	AHS-P
272	α	çok-çok	İK	M2	yok	P2			268	AHS-P
273	α	çok-çok	İK	M3	var	P1			269	AHS-P
274	α	çok-çok	İK	M3	var	P2			270	AHS-P
275	α	çok-çok	İK	M3	yok	P1			271	AHS-P
276	α	çok-çok	İK	M3	yok	P2			272	AHS-P
277	α	çok-çok	İK	M4	var	P1			061	E1
278	α	çok-çok	İK	M4	var	P2			062	E1
279	α	çok-çok	İK	M4	yok	P1			063	E1
280	α	çok-çok	İK	M4	yok	P2			064	E1
281	α	çok-çok	İK	M5	var	P1			065	Pro 1 & 2
282	α	çok-çok	İK	M5	var	P2			066	Pro 1 & 2
283	α	çok-çok	İK	M5	yok	P1			067	Pro 1 & 2
284	α	çok-çok	İK	M5	yok	P2			068	Pro 1 & 2
285	α	çok-çok	İK	M6	var	P1			069	Pro 1 & 2
286	α	çok-çok	İK	M6	var	P2			070	Pro 1 & 2
287	α	çok-çok	İK	M6	yok	P1			071	E4
288	α	çok-çok	İK	M6	yok	P2			072	E4

KVD	B1	B2	B3	B4	B5	B6	Uygun Yöntem	Uygulanabilecek Yöntem	Komşu	Önerilen Yöntem
289	β	az-az	DD	M1	var	P1		VIG		VIG
290	β	az-az	DD	M1	var	P2			506	AS
291	β	az-az	DD	M1	yok	P1			292	Bir.
292	β	az-az	DD	M1	yok	P2		Bir.		Bir.
293	β	az-az	DD	M2	var	P1			294	AYS
294	β	az-az	DD	M2	var	P2			510	AYS
295	β	az-az	DD	M2	yok	P1			293	AYS
296	β	az-az	DD	M2	yok	P2			294	AYS
297	β	az-az	DD	M3	var	P1			295	AYS
298	β	az-az	DD	M3	var	P2			296	AYS
299	β	az-az	DD	M3	yok	P1			297	AYS
300	β	az-az	DD	M3	yok	P2			298	AYS
313	β	az-az	DT	M1	var	P1			314	Sm.
314	β	az-az	DT	M1	var	P2			386	Sm.
315	β	az-az	DT	M1	yok	P1			313	Sm.
316	β	az-az	DT	M1	yok	P2			314	Sm.
317	β	az-az	DT	M2	var	P1			313	Sm.
318	β	az-az	DT	M2	var	P2			314	Sm.
319	β	az-az	DT	M2	yok	P1			315	Sm.
320	β	az-az	DT	M2	yok	P2			316	Sm.
321	β	az-az	DT	M3	var	P1			317	Sm.
322	β	az-az	DT	M3	var	P2			318	Sm.
323	β	az-az	DT	M3	yok	P1			319	Sm.
324	β	az-az	DT	M3	yok	P2			320	Sm.
337	β	az-az	İK	M1	var	P1			338	AHS
338	β	az-az	İK	M1	var	P2			482	AHS
339	β	az-az	İK	M1	yok	P1			337	AHS
340	β	az-az	İK	M1	yok	P2			338	AHS
341	β	az-az	İK	M2	var	P1			337	AHS
342	β	az-az	İK	M2	var	P2			338	AHS
343	β	az-az	İK	M2	yok	P1			339	AHS
344	β	az-az	İK	M2	yok	P2			340	AHS
345	β	az-az	İK	M3	var	P1			341	AHS
346	β	az-az	İK	M3	var	P2			342	AHS
347	β	az-az	İK	M3	yok	P1			343	AHS
348	β	az-az	İK	M3	yok	P2			344	AHS
349	β	az-az	İK	M4	var	P1		E1		E1
350	β	az-az	İK	M4	var	P2	E1			E1
351	β	az-az	İK	M4	yok	P1			352	E1
352	β	az-az	İK	M4	yok	P2		E1		E1
353	β	az-az	İK	M5	var	P1		Pro 1 & 2		Pro 1 & 2
354	β	az-az	İK	M5	var	P2			642	Pro 1 & 2
355	β	az-az	İK	M5	yok	P1			353	Pro 1 & 2
356	β	az-az	İK	M5	yok	P2			354	Pro 1 & 2
357	β	az-az	İK	M6	var	P1		Pro 1 & 2		Pro 1 & 2
358	β	az-az	İK	M6	var	P2			646	Pro 1 & 2
359	β	az-az	İK	M6	yok	P1		E4		E4
360	β	az-az	İK	M6	yok	P2			648	E4

KVD	B1	B2	B3	B4	B5	B6	Uygun Yöntem	Uygulanabilecek Yöntem	Komşu	Önerilen Yöntem
361	β	az-çok	DD	M1	var	P1	VIG			VIG
362	β	az-çok	DD	M1	var	P2		VIG		VIG
363	β	az-çok	DD	M1	yok	P1		VIG		VIG
364	β	az-çok	DD	M1	yok	P2		Bir.		Bir.
365	β	az-çok	DD	M2	var	P1			366	AYS
366	β	az-çok	DD	M2	var	P2			510	AYS
367	β	az-çok	DD	M2	yok	P1			365	AYS
368	β	az-çok	DD	M2	yok	P2			366	AYS
369	β	az-çok	DD	M3	var	P1			365	AYS
370	β	az-çok	DD	M3	var	P2			366	AYS
371	β	az-çok	DD	M3	yok	P1			367	AYS
372	β	az-çok	DD	M3	yok	P2			368	AYS
385	β	az-çok	DT	M1	var	P1			386	Sm.
386	β	az-çok	DT	M1	var	P2		Sm.		Sm.
387	β	az-çok	DT	M1	yok	P1			388	Sm.
388	β	az-çok	DT	M1	yok	P2			386	Sm.
389	β	az-çok	DT	M2	var	P1			385	Sm.
390	β	az-çok	DT	M2	var	P2			386	Sm.
391	β	az-çok	DT	M2	yok	P1			387	Sm.
392	β	az-çok	DT	M2	yok	P2			388	Sm.
393	β	az-çok	DT	M3	var	P1			389	Sm.
394	β	az-çok	DT	M3	var	P2			390	Sm.
395	β	az-çok	DT	M3	yok	P1			391	Sm.
396	β	az-çok	DT	M3	yok	P2			392	Sm.
409	β	az-çok	İK	M1	var	P1			410	AHS-P
410	β	az-çok	İK	M1	var	P2			554	AHS-P
411	β	az-çok	İK	M1	yok	P1			409	AHS-P
412	β	az-çok	İK	M1	yok	P2			410	AHS-P
413	β	az-çok	İK	M2	var	P1			409	AHS-P
414	β	az-çok	İK	M2	var	P2			410	AHS-P
415	β	az-çok	İK	M2	yok	P1			411	AHS-P
416	β	az-çok	İK	M2	yok	P2			412	AHS-P
417	β	az-çok	İK	M3	var	P1			413	AHS-P
418	β	az-çok	İK	M3	var	P2			414	AHS-P
419	β	az-çok	İK	M3	yok	P1			415	AHS-P
420	β	az-çok	İK	M3	yok	P2			416	AHS-P
421	β	az-çok	İK	M4	var	P1			349	E1
422	β	az-çok	İK	M4	var	P2			350	E1
423	β	az-çok	İK	M4	yok	P1			351	E1
424	β	az-çok	İK	M4	yok	P2			352	E1
425	β	az-çok	İK	M5	var	P1			353	Pro 1 & 2
426	β	az-çok	İK	M5	var	P2			354	Pro 1 & 2
427	β	az-çok	İK	M5	yok	P1			355	Pro 1 & 2
428	β	az-çok	İK	M5	yok	P2			356	Pro 1 & 2
429	β	az-çok	İK	M6	var	P1			357	Pro 1 & 2
430	β	az-çok	İK	M6	var	P2			358	Pro 1 & 2
431	β	az-çok	İK	M6	yok	P1			359	E4
432	β	az-çok	İK	M6	yok	P2			360	E4

KVD	B1	B2	B3	B4	B5	B6	Uygun Yöntem	Uygulanabilecek Yöntem	Komşu	Önerilen Yöntem
433	β	çok-az	DD	M1	var	P1			505	Top.
434	β	çok-az	DD	M1	var	P2			506	AS
435	β	çok-az	DD	M1	yok	P1			436	Bir.
436	β	çok-az	DD	M1	yok	P2		Bir.		Bir.
437	β	çok-az	DD	M2	var	P1			438	AYS
438	β	çok-az	DD	M2	var	P2			510	AYS
439	β	çok-az	DD	M2	yok	P1			437	AYS
440	β	çok-az	DD	M2	yok	P2			438	AYS
441	β	çok-az	DD	M3	var	P1			437	AYS
442	β	çok-az	DD	M3	var	P2			438	AYS
443	β	çok-az	DD	M3	yok	P1			439	AYS
444	β	çok-az	DD	M3	yok	P2			440	AYS
457	β	çok-az	DT	M1	var	P1			313	Sm.
458	β	çok-az	DT	M1	var	P2			314	Sm.
459	β	çok-az	DT	M1	yok	P1			315	Sm.
460	β	çok-az	DT	M1	yok	P2			316	Sm.
461	β	çok-az	DT	M2	var	P1			457	Sm.
462	β	çok-az	DT	M2	var	P2			458	Sm.
463	β	çok-az	DT	M2	yok	P1			459	Sm.
464	β	çok-az	DT	M2	yok	P2			460	Sm.
465	β	çok-az	DT	M3	var	P1			461	Sm.
466	β	çok-az	DT	M3	var	P2			462	Sm.
467	β	çok-az	DT	M3	yok	P1			463	Sm.
468	β	çok-az	DT	M3	yok	P2			464	Sm.
481	β	çok-az	İK	M1	var	P1			337	AHS
482	β	çok-az	İK	M1	var	P2		AHS		AHS
483	β	çok-az	İK	M1	yok	P1			484	AHS
484	β	çok-az	İK	M1	yok	P2			482	AHS
485	β	çok-az	İK	M2	var	P1			481	AHS
486	β	çok-az	İK	M2	var	P2			482	AHS
487	β	çok-az	İK	M2	yok	P1			483	AHS
488	β	çok-az	İK	M2	yok	P2			484	AHS
489	β	çok-az	İK	M3	var	P1			485	AHS
490	β	çok-az	İK	M3	var	P2			486	AHS
491	β	çok-az	İK	M3	yok	P1			487	AHS
492	β	çok-az	İK	M3	yok	P2			488	AHS
493	β	çok-az	İK	M4	var	P1			349	E1
494	β	çok-az	İK	M4	var	P2			350	E1
495	β	çok-az	İK	M4	yok	P1			351	E1
496	β	çok-az	İK	M4	yok	P2			352	E1
497	β	çok-az	İK	M5	var	P1			353	Pro 1 & 2
498	β	çok-az	İK	M5	var	P2			354	Pro 1 & 2
499	β	çok-az	İK	M5	yok	P1			355	Pro 1 & 2
500	β	çok-az	İK	M5	yok	P2			356	Pro 1 & 2
501	β	çok-az	İK	M6	var	P1			357	Pro 1 & 2
502	β	çok-az	İK	M6	var	P2			358	Pro 1 & 2
503	β	çok-az	İK	M6	yok	P1			359	E4
504	β	çok-az	İK	M6	yok	P2			360	E4

KVD	B1	B2	B3	B4	B5	B6	Uygun Yöntem	Uygulanabilecek Yöntem	Komşu	Önerilen Yöntem
505	β	çok-çok	DD	M1	var	P1		Top.		Top.
506	β	çok-çok	DD	M1	var	P2		AS		AS
507	β	çok-çok	DD	M1	yok	P1		Bir.		Bir.
508	β	çok-çok	DD	M1	yok	P2	Bir./Ayr.			Bir.
509	β	çok-çok	DD	M2	var	P1			510	AYS
510	β	çok-çok	DD	M2	var	P2		AYS		AYS
511	β	çok-çok	DD	M2	yok	P1			512	AYS
512	β	çok-çok	DD	M2	yok	P2			510	AYS
513	β	çok-çok	DD	M3	var	P1			509	AYS
514	β	çok-çok	DD	M3	var	P2			510	AYS
515	β	çok-çok	DD	M3	yok	P1			511	AYS
516	β	çok-çok	DD	M3	yok	P2			512	AYS
529	β	çok-çok	DT	M1	var	P1			313	Sm.
530	β	çok-çok	DT	M1	var	P2			386	Sm.
531	β	çok-çok	DT	M1	yok	P1			315	Sm.
532	β	çok-çok	DT	M1	yok	P2			316	Sm.
533	β	çok-çok	DT	M2	var	P1			529	Sm.
534	β	çok-çok	DT	M2	var	P2			530	Sm.
535	β	çok-çok	DT	M2	yok	P1			531	Sm.
536	β	çok-çok	DT	M2	yok	P2			532	Sm.
537	β	çok-çok	DT	M3	var	P1			533	Sm.
538	β	çok-çok	DT	M3	var	P2			534	Sm.
539	β	çok-çok	DT	M3	yok	P1			535	Sm.
540	β	çok-çok	DT	M3	yok	P2			536	Sm.
553	β	çok-çok	İK	M1	var	P1			554	AHS-P
554	β	çok-çok	İK	M1	var	P2		AHS-P		AHS-P
555	β	çok-çok	İK	M1	yok	P1			556	AHS-P
556	β	çok-çok	İK	M1	yok	P2			554	AHS-P
557	β	çok-çok	İK	M2	var	P1			537	Sm.
558	β	çok-çok	İK	M2	var	P2			554	AHS-P
559	β	çok-çok	İK	M2	yok	P1			555	AHS-P
560	β	çok-çok	İK	M2	yok	P2			556	AHS-P
561	β	çok-çok	İK	M3	var	P1			557	Sm.
562	β	çok-çok	İK	M3	var	P2			558	AHS-P
563	β	çok-çok	İK	M3	yok	P1			559	AHS-P
564	β	çok-çok	İK	M3	yok	P2			560	AHS-P
565	β	çok-çok	İK	M4	var	P1			349	E1
566	β	çok-çok	İK	M4	var	P2			350	E1
567	β	çok-çok	İK	M4	yok	P1			351	E1
568	β	çok-çok	İK	M4	yok	P2			352	E1
569	β	çok-çok	İK	M5	var	P1			353	Pro 1 & 2
570	β	çok-çok	İK	M5	var	P2			354	Pro 1 & 2
571	β	çok-çok	İK	M5	yok	P1			355	Pro 1 & 2
572	β	çok-çok	İK	M5	yok	P2			356	Pro 1 & 2
573	β	çok-çok	İK	M6	var	P1			357	Pro 1 & 2
574	β	çok-çok	İK	M6	var	P2			358	Pro 1 & 2
575	β	çok-çok	İK	M6	yok	P1			359	E4
576	β	çok-çok	İK	M6	yok	P2			360	E4

KVD	B1	B2	B3	B4	B5	B6	Uygun Yöntem	Uygulanabilecek Yöntem	Komşu	Önerilen Yöntem
577	γ	az-az	DD	M1	var	P1		Top.		Top.
578	γ	az-az	DD	M1	var	P2		AS		AS
579	γ	az-az	DD	M1	yok	P1		UDA		UDA
580	γ	az-az	DD	M1	yok	P2	OS/UDA			UDA
581	γ	az-az	DD	M2	var	P1			582	AYS
582	γ	az-az	DD	M2	var	P2		AYS		AYS
583	γ	az-az	DD	M2	yok	P1			584	AYS
584	γ	az-az	DD	M2	yok	P2			582	AYS
585	γ	az-az	DD	M3	var	P1			581	AYS
586	γ	az-az	DD	M3	var	P2			582	AYS
587	γ	az-az	DD	M3	yok	P1			583	AYS
588	γ	az-az	DD	M3	yok	P2			584	AYS
601	γ	az-az	DT	M1	var	P1			602	Sm.
602	γ	az-az	DT	M1	var	P2		Sm.		Sm.
603	γ	az-az	DT	M1	yok	P1			604	Sm.
604	γ	az-az	DT	M1	yok	P2			602	Sm.
605	γ	az-az	DT	M2	var	P1			601	Sm.
606	γ	az-az	DT	M2	var	P2			602	Sm.
607	γ	az-az	DT	M2	yok	P1			603	Sm.
608	γ	az-az	DT	M2	yok	P2			604	Sm.
609	γ	az-az	DT	M3	var	P1			605	Sm.
610	γ	az-az	DT	M3	var	P2			606	Sm.
611	γ	az-az	DT	M3	yok	P1			607	Sm.
612	γ	az-az	DT	M3	yok	P2			608	Sm.
625	γ	az-az	İK	M1	var	P1			626	AHS-P
626	γ	az-az	İK	M1	var	P2		AHS-P		AHS-P
627	γ	az-az	İK	M1	yok	P1			628	AHS-P
628	γ	az-az	İK	M1	yok	P2			626	AHS-P
629	γ	az-az	İK	M2	var	P1			625	AHS-P
630	γ	az-az	İK	M2	var	P2			626	AHS-P
631	γ	az-az	İK	M2	yok	P1			627	AHS-P
632	γ	az-az	İK	M2	yok	P2			628	AHS-P
633	γ	az-az	İK	M3	var	P1			629	AHS-P
634	γ	az-az	İK	M3	var	P2			630	AHS-P
635	γ	az-az	İK	M3	yok	P1			631	AHS-P
636	γ	az-az	İK	M3	yok	P2			632	AHS-P
637	γ	az-az	İK	M4	var	P1	Pro 1/Pro2			Pro 1 & 2
638	γ	az-az	İK	M4	var	P2	E2			E2
639	γ	az-az	İK	M4	yok	P1		Çoğ.		Çoğ.
640	γ	az-az	İK	M4	yok	P2	Çoğ.			Çoğ.
641	γ	az-az	İK	M5	var	P1	Pro 1/Pro2			Pro 1 & 2
642	γ	az-az	İK	M5	var	P2		Pro 1 & 2		Pro 1 & 2
643	γ	az-az	İK	M5	yok	P1		Pro 1 & 2		Pro 1 & 2
644	γ	az-az	İK	M5	yok	P2			642	Pro 1 & 2
645	γ	az-az	İK	M6	var	P1	E3/Pro 1/Pro2			Pro 1 & 2
646	γ	az-az	İK	M6	var	P2		Pro 1 & 2		Pro 1 & 2
647	γ	az-az	İK	M6	yok	P1	E4			E4
648	γ	az-az	İK	M6	yok	P2		E4		E4

KVD	B1	B2	B3	B4	B5	B6	Uygun Yöntem	Uygulanabilecek Yöntem	Komşu	Önerilen Yöntem
649	γ	az-çok	DD	M1	var	P1		Top.		Top.
650	γ	az-çok	DD	M1	var	P2		AS		AS
651	γ	az-çok	DD	M1	yok	P1	AIM			AIM
652	γ	az-çok	DD	M1	yok	P2		AIM		AIM
653	γ	az-çok	DD	M2	var	P1			654	AYS
654	γ	az-çok	DD	M2	var	P2		AYS		AYS
655	γ	az-çok	DD	M2	yok	P1			656	AYS
656	γ	az-çok	DD	M2	yok	P2			654	AYS
657	γ	az-çok	DD	M3	var	P1			653	AYS
658	γ	az-çok	DD	M3	var	P2			654	AYS
659	γ	az-çok	DD	M3	yok	P1			655	AYS
660	γ	az-çok	DD	M3	yok	P2			656	AYS
673	γ	az-çok	DT	M1	var	P1		Sm.		Sm.
674	γ	az-çok	DT	M1	var	P2	Sm.			Sm.
675	γ	az-çok	DT	M1	yok	P1			676	Sm.
676	γ	az-çok	DT	M1	yok	P2		Sm.		Sm.
677	γ	az-çok	DT	M2	var	P1			673	Sm.
678	γ	az-çok	DT	M2	var	P2			674	Sm.
679	γ	az-çok	DT	M2	yok	P1			675	Sm.
680	γ	az-çok	DT	M2	yok	P2			676	Sm.
681	γ	az-çok	DT	M3	var	P1			677	Sm.
682	γ	az-çok	DT	M3	var	P2			678	Sm.
683	γ	az-çok	DT	M3	yok	P1			679	Sm.
684	γ	az-çok	DT	M3	yok	P2			680	Sm.
697	γ	az-çok	İK	M1	var	P1			698	AHS-P
698	γ	az-çok	İK	M1	var	P2		AHS-P		AHS-P
699	γ	az-çok	İK	M1	yok	P1			700	AHS-P
700	γ	az-çok	İK	M1	yok	P2			698	AHS-P
701	γ	az-çok	İK	M2	var	P1			697	AHS-P
702	γ	az-çok	İK	M2	var	P2			698	AHS-P
703	γ	az-çok	İK	M2	yok	P1			699	AHS-P
704	γ	az-çok	İK	M2	yok	P2			700	AHS-P
705	γ	az-çok	İK	M3	var	P1			701	AHS-P
706	γ	az-çok	İK	M3	var	P2			702	AHS-P
707	γ	az-çok	İK	M3	yok	P1			703	AHS-P
708	γ	az-çok	İK	M3	yok	P2			704	AHS-P
709	γ	az-çok	İK	M4	var	P1			637	Pro 1 & 2
710	γ	az-çok	İK	M4	var	P2			638	E2
711	γ	az-çok	İK	M4	yok	P1			639	Çoğ.
712	γ	az-çok	İK	M4	yok	P2			640	Çoğ.
713	γ	az-çok	İK	M5	var	P1			641	Pro 1 & 2
714	γ	az-çok	İK	M5	var	P2			642	Pro 1 & 2
715	γ	az-çok	İK	M5	yok	P1			643	Pro 1 & 2
716	γ	az-çok	İK	M5	yok	P2			644	Pro 1 & 2
717	γ	az-çok	İK	M6	var	P1			645	Pro 1 & 2
718	γ	az-çok	İK	M6	var	P2			646	Pro 1 & 2
719	γ	az-çok	İK	M6	yok	P1			647	E4
720	γ	az-çok	İK	M6	yok	P2			648	E4

KVD	B1	B2	B3	B4	B5	B6	Uygun Yöntem	Uygulanabilecek Yöntem	Komşu	Önerilen Yöntem
721	γ	çok-az	DD	M1	var	P1		Top.		Top.
722	γ	çok-az	DD	M1	var	P2		AS		AS
723	γ	çok-az	DD	M1	yok	P1			721	Top.
724	γ	çok-az	DD	M1	yok	P2			722	AS
725	γ	çok-az	DD	M2	var	P1			726	AYS
726	γ	çok-az	DD	M2	var	P2		AYS		AYS
727	γ	çok-az	DD	M2	yok	P1			728	AYS
728	γ	çok-az	DD	M2	yok	P2			726	AYS
729	γ	çok-az	DD	M3	var	P1			725	AYS
730	γ	çok-az	DD	M3	var	P2			726	AYS
731	γ	çok-az	DD	M3	yok	P1			727	AYS
732	γ	çok-az	DD	M3	yok	P2			728	AYS
745	γ	çok-az	DT	M1	var	P1			601	Sm.
746	γ	çok-az	DT	M1	var	P2			602	Sm.
747	γ	çok-az	DT	M1	yok	P1			675	Sm.
748	γ	çok-az	DT	M1	yok	P2			604	Sm.
749	γ	çok-az	DT	M2	var	P1			745	Sm.
750	γ	çok-az	DT	M2	var	P2			746	Sm.
751	γ	çok-az	DT	M2	yok	P1			747	Sm.
752	γ	çok-az	DT	M2	yok	P2			748	Sm.
753	γ	çok-az	DT	M3	var	P1			749	Sm.
754	γ	çok-az	DT	M3	var	P2			750	Sm.
755	γ	çok-az	DT	M3	yok	P1			751	Sm.
756	γ	çok-az	DT	M3	yok	P2			752	Sm.
769	γ	çok-az	İK	M1	var	P1		AHS		AHS
770	γ	çok-az	İK	M1	var	P2	AHS			AHS
771	γ	çok-az	İK	M1	yok	P1			772	AHS
772	γ	çok-az	İK	M1	yok	P2		AHS		AHS
773	γ	çok-az	İK	M2	var	P1			769	AHS
774	γ	çok-az	İK	M2	var	P2			770	AHS
775	γ	çok-az	İK	M2	yok	P1			771	AHS
776	γ	çok-az	İK	M2	yok	P2			772	AHS
777	γ	çok-az	İK	M3	var	P1			773	AHS
778	γ	çok-az	İK	M3	var	P2			774	AHS
779	γ	çok-az	İK	M3	yok	P1			775	AHS
780	γ	çok-az	İK	M3	yok	P2			776	AHS
781	γ	çok-az	İK	M4	var	P1			637	Pro 1 & 2
782	γ	çok-az	İK	M4	var	P2			638	E2
783	γ	çok-az	İK	M4	yok	P1			639	Çoğ.
784	γ	çok-az	İK	M4	yok	P2			640	Çoğ.
785	γ	çok-az	İK	M5	var	P1			641	Pro 1 & 2
786	γ	çok-az	İK	M5	var	P2			642	Pro 1 & 2
787	γ	çok-az	İK	M5	yok	P1			643	Pro 1 & 2
788	γ	çok-az	İK	M5	yok	P2			644	Pro 1 & 2
789	γ	çok-az	İK	M6	var	P1			645	Pro 1 & 2
790	γ	çok-az	İK	M6	var	P2			646	Pro 1 & 2
791	γ	çok-az	İK	M6	yok	P1			647	E4
792	γ	çok-az	İK	M6	yok	P2			648	E4

KVD	B1	B2	B3	B4	B5	B6	Uygun Yöntem	Uygulanabilecek Yöntem	Komşu	Önerilen Yöntem
793	γ	çok-çok	DD	M1	var	P1	BTA/AÇ/Top.			Top.
794	γ	çok-çok	DD	M1	var	P2	AS			AS
795	γ	çok-çok	DD	M1	yok	P1		Top.		Top.
796	γ	çok-çok	DD	M1	yok	P2		AS		AS
797	γ	çok-çok	DD	M2	var	P1		AYS		AYS
798	γ	çok-çok	DD	M2	var	P2	AYS			AYS
799	γ	çok-çok	DD	M2	yok	P1			800	AYS
800	γ	çok-çok	DD	M2	yok	P2		AYS		AYS
801	γ	çok-çok	DD	M3	var	P1			797	AYS
802	γ	çok-çok	DD	M3	var	P2			798	AYS
803	γ	çok-çok	DD	M3	yok	P1			799	AYS
804	γ	çok-çok	DD	M3	yok	P2			800	AYS
817	γ	çok-çok	DT	M1	var	P1			673	Sm.
818	γ	çok-çok	DT	M1	var	P2			674	Sm.
819	γ	çok-çok	DT	M1	yok	P1			603	Sm.
820	γ	çok-çok	DT	M1	yok	P2			676	Sm.
821	γ	çok-çok	DT	M2	var	P1			817	Sm.
822	γ	çok-çok	DT	M2	var	P2			818	Sm.
823	γ	çok-çok	DT	M2	yok	P1			819	Sm.
824	γ	çok-çok	DT	M2	yok	P2			820	Sm.
825	γ	çok-çok	DT	M3	var	P1			821	Sm.
826	γ	çok-çok	DT	M3	var	P2			822	Sm.
827	γ	çok-çok	DT	M3	yok	P1			823	Sm.
828	γ	çok-çok	DT	M3	yok	P2			824	Sm.
841	γ	çok-çok	İK	M1	var	P1		AHS-P		AHS-P
842	γ	çok-çok	İK	M1	var	P2	AHS-P			AHS-P
843	γ	çok-çok	İK	M1	yok	P1			844	AHS-P
844	γ	çok-çok	İK	M1	yok	P2		AHS-P		AHS-P
845	γ	çok-çok	İK	M2	var	P1			841	AHS-P
846	γ	çok-çok	İK	M2	var	P2			842	AHS-P
847	γ	çok-çok	İK	M2	yok	P1			843	AHS-P
848	γ	çok-çok	İK	M2	yok	P2			844	AHS-P
849	γ	çok-çok	İK	M3	var	P1			845	AHS-P
850	γ	çok-çok	İK	M3	var	P2			846	AHS-P
851	γ	çok-çok	İK	M3	yok	P1			847	AHS-P
852	γ	çok-çok	İK	M3	yok	P2			848	AHS-P
853	γ	çok-çok	İK	M4	var	P1			637	Pro 1 & 2
854	γ	çok-çok	İK	M4	var	P2			638	E2
855	γ	çok-çok	İK	M4	yok	P1			639	Çoğ.
856	γ	çok-çok	İK	M4	yok	P2			640	Çoğ.
857	γ	çok-çok	İK	M5	var	P1			641	Pro 1 & 2
858	γ	çok-çok	İK	M5	var	P2			642	Pro 1 & 2
859	γ	çok-çok	İK	M5	yok	P1			643	Pro 1 & 2
860	γ	çok-çok	İK	M5	yok	P2			644	Pro 1 & 2
861	γ	çok-çok	İK	M6	var	P1			645	Pro 1 & 2
862	γ	çok-çok	İK	M6	var	P2			646	Pro 1 & 2
863	γ	çok-çok	İK	M6	yok	P1			647	E4
864	γ	çok-çok	İK	M6	yok	P2			648	E4

ÖZGEÇMİŞ

Y. İlker Topcu 11 Şubat 1972 tarihinde İstanbul'da doğdu. İlk ve Orta öğrenimini İstanbul'da tamamlayarak 1989 yılında Kadıköy Anadolu Lisesi'nden mezun olan Topcu aynı yıl İTÜ İşletme Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne girdi. Bu öğrenim kurumundan Haziran 1993'de lisans derecesini alan Topcu, aynı üniversitenin Fen Bilimleri Enstitüsü Mühendislik Yönetimi Yüksek Lisans programına başladı. "Ulaştırma yapılarına uygun su geçişlerinin önerilmesinde uzman sistem yaklaşımı" isimli yüksek lisans tezini tamamlayarak mezun oldu ve Şubat 1995'de aynı programda doktora çalışmalarına başladı.

Yönetim Bilimi / Yöneylem Araştırması alanıyla ilgilenen Topcu; karar analizi, çok amaçlı karar verme, karar destek sistemleri, uzman sistemler, yönetim bilişim sistemleri, lojistik, karara yardıma yönelik bilgisayar paketleri gibi konular üzerinde çalışmaktadır.

Kasım 1998- Şubat 1999'da doktora araştırma çalışması için Leeds University Business School'u ziyaret eden Topcu; halen, Ağustos 1994'te girdiği İTÜ İşletme Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü Yöneylem Anabilimdalında, Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.