

127022

**TÜRK SİLAHLI KUVVETLERİ'NDE KULLANILAN MAKİNELİ
TÜFEKLERİN ÇOK ÖLÇÜTLÜ FAYDA MODELİ İLE
KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sis. Müh. Serkan ÜNAL

(514001034)

**TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 2 Ocak 2002

Tezin Savunulduğu Tarih : 16 Ocak 2002

Tez Danışmanı :	Doç.Dr. Cengiz KAHRAMAN		28.01.2002
Diğer Jüri Üyeleri	Prof.Dr. Ethem TOLGA		28.01.2002
	Doç.Dr. Demet BAYRAKTAR		28.01.2002

OCAK 2002

ÖNSÖZ

Bu çalışmada Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemlerinden Çok Ölçütlü Fayda Modeli ile TSK'da kullanılmakta olan dört adet makineli tüfeğin karşılaştırılmasına yer verilmiştir. Karşılaştırılması yapılan makineli tüfeklerin teknik özellikleri dikkate alınmış; değerlendirmeler buna göre yapılmıştır.

Şu ana kadar alternatiflerin karşılaştırılmasına dayalı benzeri çalışmaların çoğu, alternatiflerden elde edilen objektif bulgulardan yola çıkılarak yapılmıştır. Konularında uzman olan kişilerin düşünce ve görüşleriyle yürütülen bu çalışmada temel olarak tecrübeye dayalı değerlendirmeler söz konusudur.

Karar vermenin temelinde matematik ve istatistik gibi yöntemler kullanılarak elde edilen objektif bulguların yanı sıra, sübjektif hükümlerin de geçerliliğini koruduğu bir gerçektir. Çok Ölçütlü Fayda Teorisinin temelinde de işte bu düşünce yatmaktadır.

Bu çalışma sırasında yakın ilgisini ve desteğini esirgemeyen sayın hocam Doç. Dr. Cengiz KAHRAMAN başta olmak üzere, gerekli bilgi ve kaynaklara ulaşmamda bana yardımcı olan Piyade Okulu ve Eğitim Merkezi personeline, yapmış olduğum anketlere katılarak değerli fikir ve düşüncelerini benimle paylaşan tüm silah arkadaşlarıma ve manevi desteklerini sürekli yanımda hissettiğim eşime ve aileme teşekkür ederim.

Şubat 2002

Serkan ÜNAL

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	vi
TABLO LİSTESİ	vii
ŞEKİL LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ	ix
ÖZET	x
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
2. KARAR VERME TEORİSİ	3
2.1. Karar Verme Kavramı	3
2.2. Karar Verme Süreci	4
2.3. Karar Tipleri	6
2.3.1. Belirlilik halinde karar verme	6
2.3.2. Risk halinde karar verme	7
2.3.3. Belirsizlik halinde karar verme	7
2.3.4. Kısmi bilgi halinde karar verme	8
2.3.5. Rekabet halinde karar verme	8
3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME	9
3.1. Genel	9
3.2. Kriterler, Hedefler, Ölçütler ve Amaçlar	9
3.2.1. Kriterler	10
3.2.2. Hedefler	10
3.2.3. Ölçütler	10
3.2.4. Amaçlar	11
3.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	11
3.3.1. Çok amaçlı karar verme	12
3.3.2. Çok ölçütlü karar verme	13
3.3.2.1. Puanlama modelleri	13
3.3.2.2. Analitik hiyerarşi yöntemi	15
3.3.2.3. ELECTRE	17
3.3.2.4. Uzman sistemler	19
3.3.2.5. Bulanık kümeler	23
3.3.2.6. Oyun teorisi	26
3.3.2.7. Fayda teorisi	28

4. ÇOK ÖLÇÜTLÜ FAYDA MODELİ	31
4.1. Fayda Kavramı	31
4.2. Klasik Fayda Yaklaşımı	33
4.2.1. Bernoulli tekniği ve fayda fonksiyonu	33
4.2.2. Cramer tekniği ve fayda fonksiyonu	35
4.3. Modern Fayda Yaklaşımı	36
4.3.1. Riskten kaçan karar verici	37
4.3.2. Riske giren karar verici	39
4.3.3. Risk karşılığında kayıtsız kalan karar verici	40
4.4. Fayda Analizi	42
4.4.1. Değer bağımsızlığı	42
4.4.2. Faydaca bağımsızlık	44
4.4.3. Tercihsel bağımsızlık	45
4.4.4. İki ölçütlü durum	47
4.4.5. Toplamsal ve çarpımsal fayda fonksiyonları	48
4.4.5.1. Toplamsal fayda modeli	48
4.4.5.2. Çarpımsal fayda modeli	49
4.4.6. Ayrı ölçütler için fayda fonksiyonlarının belirlenmesi	50
4.4.7. Ağırlıklandırma faktörlerinin belirlenmesi	51
5. TÜRK SİLAHLI KUVVETLERİ'NDE KULLANILAN MAKİNELİ TÜFEKLERİN KARŞILAŞTIRILMASI	58
5.1. Çok Ölçütlü Fayda Modeli ile Karşılaştırılacak Makineli Tüfekler	58
5.1.1. MG3 Makineli tüfeği	58
5.1.1.1. Tanımı	58
5.1.1.2. Teknik özellikleri	58
5.1.2. M1919 A4 Makineli tüfeği	59
5.1.2.1. Tanımı	59
5.1.2.2. Teknik özellikleri	60
5.1.3. M1919 A6 Makineli tüfeği	60
5.1.3.1. Tanımı	60
5.1.3.2. Teknik özellikleri	61
5.1.4. PMKS (BİXİ) Makineli tüfeği	61
5.1.4.1. Tanımı	61
5.1.4.2. Teknik özellikleri	62
5.2. Makineli Tüfeklerin Karşılaştırılmasında Kullanılacak Ölçütler	63
5.2.1. Etkili menzil	63
5.2.2. Silahın ağırlığı	64
5.2.3. Hedefte yaptığı etki	64
5.2.4. Tutukluluk	64
5.2.5. Basitlik	65
5.2.6. Emniyetlilik	65
5.2.7. Özel cihazlarla birleştirilebilme özelliği	66
5.3. Anket Çalışması	66

5.4. Uygulama	66
5.4.1. Her ölçüt için fayda fonksiyonlarının belirlenmesi	67
5.4.1.1. Etkili menzil ölçütünün fayda fonksiyonunun belirlenmesi	68
5.4.1.2. Silahın ağırlığı ölçütünün fayda fonksiyonunun belirlenmesi	70
5.4.1.3. Hedefte yaptığı etki ölçütünün fayda fonksiyonunun belirlenmesi	72
5.4.1.4. Tutukluk ölçütünün fayda fonksiyonunun belirlenmesi	74
5.4.1.5. Basitlik ölçütünün fayda fonksiyonunun belirlenmesi	77
5.4.1.6. Emniyetlilik ölçütünün fayda fonksiyonunun belirlenmesi	79
5.4.1.7. Özel cihazlarla birleştirilebilme ölçütünün fayda fonksiyonunun belirlenmesi	81
5.4.2. Ağırlıklandırma faktörlerinin belirlenmesi	83
5.4.2.1. Silahın ağırlığı ölçütünün ağırlık faktörünün belirlenmesi	84
5.4.2.2. Hedefte yaptığı etki ölçütünün ağırlık faktörünün belirlenmesi	84
5.4.2.3. Tutukluk ölçütünün ağırlık faktörünün belirlenmesi	85
5.4.2.4. Basitlik ölçütünün ağırlık faktörünün belirlenmesi	85
5.4.2.5. Emniyetlilik ölçütünün ağırlık faktörünün belirlenmesi	86
5.4.2.6. Özel cihazlarla birleştirilebilme özelliği ölçütünün ağırlık faktörünün belirlenmesi	86
5.4.3. Çarpımsal fayda modelinin uygulanması	87
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	93
KAYNAKLAR	95
EKLER	99
ÖZGEÇMİŞ	109

KISALTMALAR

KV	: Karar Verici
ÇÖKV	: Çok Ölçütlü Karar Verme
ÇAKV	: Çok Amaçlı Karar Verme
ÇÖFM	: Çok Ölçütlü Fayda Modeli
US	: Uzman Sistem
ELECTRE	: Elimination et Choix Traduisant la Réalité (Gerçeği Tercüme Eden Eleme ve Seçim)
KKK	: Kara Kuvvetleri Komutanlığı
TSK	: Türk Silahlı Kuvvetleri
PK	: Kaleşnikov'un Otomatik Tüfeği
PKM	: Kaleşnikov'un Modernize Edilmiş Otomatik Tüfeği
PKS	: Kaleşnikov'un Sehpalı Otomatik Tüfeği
AKM	: Kaleşnikov'un Modernize Edilmiş Tüfeği

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 3.1. Ağırlıklandırılmamış 0-1 faktör puanlama modeli	14
Tablo 3.2. Ağırlıklandırılmamış faktör puanlama modeli	15
Tablo 4.1. Örnek problem için ağırlıklandırma faktörleri	55
Tablo 5.1. Makineli tüfeklerin karşılaştırılmasında kullanılan ölçütler ve aralık değerleri	67
Tablo 5.2. Etkili menzil ölçütü için belirlenen fonksiyon değerleri	69
Tablo 5.3. Silahın ağırlığı ölçütü için belirlenen fonksiyon değerleri	71
Tablo 5.4. Hedefte yaptığı etki ölçütü için belirlenen fonksiyon değerleri	74
Tablo 5.5. Tutukluk ölçütü için belirlenen fonksiyon değerleri	76
Tablo 5.6. Basitlik ölçütü için belirlenen fonksiyon değerleri	78
Tablo 5.7. Emniyetlilik ölçütü için belirlenen fonksiyon değerleri	80
Tablo 5.8. Özel cihazlarla birleştirilebilme özelliği ölçütü için belirlenen fonksiyon değerleri	83
Tablo 5.9. Ağırlıklandırma faktörleri	87
Tablo 5.10. Alternatiflerin ölçütleri karşılama dereceleri	88
Tablo 5.11. Alternatiflerin ölçütleri karşılama derecelerinin fayda değerleri	90
Tablo A.1. Ölçütlerin fayda fonksiyonlarının belirlenmesi için anket formu	100
Tablo B.1. Ölçütlerin fayda fonksiyonlarının belirlenmesi için anket formu	101
Tablo C.1. Ölçütlerin fayda fonksiyonlarının belirlenmesi için anket formu	102
Tablo D.1. Ölçütlerin fayda fonksiyonlarının belirlenmesi için anket formu	103
Tablo E.1. Ağırlıklandırma faktörlerinin belirlenmesi için anket formu	104
Tablo E.2. Ağırlıklandırma faktörlerinin belirlenmesi için anket formu	105
Tablo F.1. Alternatif makineli tüfeklerin ölçütlere göre değerlendirilmesi için anket formu	106

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Karar verme süreci	5
Şekil 2.2 : Olasılıkların düzeltilmesi işleminin aşamaları	8
Şekil 3.1 : Çok kriterli karar vermenin sınıflandırılması	11
Şekil 4.1 : Bernoulli tekniğine göre fayda fonksiyonu	35
Şekil 4.2 : Riskten kaçan KV'nin kişisel fayda fonksiyonu	38
Şekil 4.3 : Riskten kaçan KV'nin kişisel fayda fonksiyonu	39
Şekil 4.4 : Risk karşısında kayıtsız olan KV'nin kişisel fayda fonksiyonu	40
Şekil 4.5 : Friedman-Savage'a göre kişisel fayda fonksiyonu	41
Şekil 4.6 : Fayda eğrisi	51
Şekil 4.7 : i. ölçüt için ağırlıklandırma faktörünü bulmak üzere A sorusunun izahı	52
Şekil 4.8 : Örnek problemdeki ölçütler için fayda eğrileri	54
Şekil 5.1 : Etkili menzil ölçütünün fayda eğrisi	69
Şekil 5.2 : Silahın ağırlığı ölçütünün fayda eğrisi	71
Şekil 5.3 : Hedefte yaptığı etki ölçütünün fayda eğrisi	73
Şekil 5.4 : Tutukluk ölçütünün fayda eğrisi	75
Şekil 5.5 : Basitlik ölçütünün fayda eğrisi	78
Şekil 5.6 : Emniyetlilik ölçütünün fayda eğrisi	80
Şekil 5.7 : Özel cihazlarla birleştirilebilme özelliği ölçütünün fayda eğrisi ...	82
Şekil G.1 : MG3 Makineli tüfeği	107
Şekil G.2 : M1919 A4 Makineli tüfeği	107
Şekil H.1 : M1919 A6 Makineli tüfeği	108
Şekil H.2 : B1X1 Makineli tüfeği	108

SEMBOL LİSTESİ

w_i	: i. faktörün ağırlığı
s_i	: i. vektöre verilen puan
W	: Tüm ölçütlerin toplam ağırlığı
w_k	: k. ölçütün ağırlığı
δ	: İki seçeneğin normalize performans değerleri arasındaki en büyük fark
D_k	: k. Ölçüt için uyumsuzluk kümesi
μ_A	: A bulanık kümesine ait üyelik derecesi
X_i	: i. ölçüt
x_i	: i. ölçütün spesifik bir miktarı
x_i^o	: x_i 'nin en kötü sonucu
x_i^*	: x_i 'nin en iyi sonucu
x_i'	: x_i 'nin herhangi bir seviyesi
X_i^-	: Faydaca bağımsız olan X_i
U	: Fayda
$U_i(x_i)$	: i. ölçüt için x_i sonucunun faydası
k_i	: i. ölçüt için ağırlık faktörü

ÖZET

Bu çalışmanın amacı; Türk Silahlı Kuvvetleri'nde kullanılan makineli tüfeklerin Çok Ölçütlü Fayda Modeli ile karşılaştırılması ve en etkin makineli tüfeğin tespit edilmesidir.

Hayatımızın her safhasında karar verme problemiyle karşı karşıya olduğumuz kaçınılmaz bir gerçektir. Bunun da ötesinde günlük yaşantımızda karşılaştığımız çoğu problemi çözmek için birden fazla kriteri değerlendirerek seçim yapmamız gerekmektedir.

Çok Ölçütlü Karar Verme yöntemleri deterministik ve deterministik olmayan yöntemlerden oluşmaktadır. Uzman sistemler, oyun teorisi, bulanık kümeler ve fayda teorisi deterministik olmayan yöntemlerin içinde yer almaktadır. Tezin uygulama bölümünde alternatif makineli tüfeklerin karşılaştırılmasında Çok Ölçütlü Fayda Modeli kullanılmıştır.

Çok Ölçütlü Fayda Teorisi yaklaşımı; insanın doğal yapısı ve karmaşık problemlere karşı geliştirilen stratejilerle uyum gösteren analiz ve tahlil aşamalarını içermektedir. Bu çalışma; karar vericinin ölçütleri değerlendirmesine ve bunu ifade etmesine olanak veren Çok Ölçütlü Fayda Modelinin değer atama özelliğine dayandırılarak yapılmıştır.

Tezin uygulama aşamasında Türk Silahlı Kuvvetleri'nde kullanılan MG3, A4, A6 ve BİXi makineli tüfekleri karşılaştırılmıştır. Farklı özelliklere sahip olan bu makineli tüfeklerin karşılaştırılmasında yedi ölçüt kullanılmıştır. Bu ölçütler; etkili menzil, silahın ağırlığı, hedefte yaptığı etki, tutukluk, basitlik, emniyetlilik ve özel cihazlarla birleştirilebilme özelliğidir.

Uygulama aşamasında kullanılan Çok Ölçütlü Fayda Modeli şu aşamalardan oluşmaktadır:

1. Ölçütler ve Aralık Değerlerinin Belirlenmesi: Ölçütler ve aralık değerlerinin tespiti aşamasında; konularında uzman olan kişilerin görüşlerinden faydalanılmış; özellikle silahların teknik özellikleri ön planda tutulmuştur. Silahların karşılaştırılmasında kullanılacak toplam yedi tane ölçüt tespit edilmiştir.

2. Ölçütler İçin Fayda Fonksiyonlarının Belirlenmesi: Uzmanlarla yapılan görüşmeler ve anket çalışmalarında her bir ölçüt için dört soru sorulmuş; cevaplar değerlendirilerek fayda fonksiyonları elde edilmiştir.

3. Ağırlıklandırma Faktörlerinin Belirlenmesi: Bu aşamada; uzmanlara iki farklı soru sorulmuş ve alınan cevaplara göre ölçütlerin ağırlıkları tespit edilmiştir.

4. Çarpımsal Fayda Modelinin Uygulanması: Üçüncü aşamadan sonra çarpımsal fayda modelinin uygulanması gerektiği belirlenmiştir. Buna göre; yapılan görüşme ve anket çalışmalarıyla alternatiflerin her bir ölçüt için dereceleri ve bu değerlerin faydaları tespit edilmiştir.

5. Alternatiflerin Fayda Değerlerinin Belirlenmesi: Son aşamada ise modelin gerektirdiği adımlar takip edilerek alternatif makineli tüfeklerin fayda değerleri bulunmuştur.

Sonuç olarak; BİXİ Makineli Tüfeği en fazla fayda değerine sahip silah olarak tespit edilmiş; bunu sırayla MG3, A4 ve A6 makineli tüfekleri izlemiştir.



COMPARISON OF THE MACHINE GUNS USED IN TURKISH ARMED FORCES BY MULTI-ATTRIBUTE UTILITY MODEL

SUMMARY

This study aims to compare the machine guns which are used in Turkish Armed Forces by using Multi-Attribute Utility Model and determine the most effective machine gun.

It is an unavoidable reality that we face many decision making problems in many part of our lives. Moreover; we need more than one criterion to decide how to solve many daily problems.

Multi-Attribute Decision Making methods includes deterministic and non-deterministic methods. Non-deterministic methods are expert systems, game theory, fuzzy sets theory and utility theory. In the application part of this thesis, Multi-Attribute Utility Model is used to compare different alternative machine guns.

Multi-Attribute Utility Theory approach includes an analysis procedure, which seems to be in harmony with the nature of human values and the strategies dealing with complexity. This study is based on the value-structuring capabilities of Multi-Attribute Utility Model, which help decision makers to evaluate the attributes and express their ideas.

In the application part of the thesis; a comparison is made of MG3, A4, A6 and BIXI types of machine guns which are still used in Turkish Armed Forces. Seven different attributes are used to compare these machine guns which have different properties. These attributes are effective range, weight, effect at the target, difficulty in working, simplicity, safeness, characteristic of using with special tools.

Multi-Attribute Utility Model used in application part of the study includes the following parts:

1. Determination of Attributes and Ranges: Many experts' ideas helped to clarify this procedure and in this part especially technical properties of the machine guns are considered. In comparing the machine guns, seven different attributes have been determined.

2. Determination of Utility Functions for the Attributes: Four questions for each attribute have been asked to experts during the interviews and surveys. Utility functions have been determined by examining the answers.

3. Determination of Scaling Factors: In this part, two different questions have been asked to each expert to determine the scaling factors.

4. Application of Multiplicative Utility Model: After determination of the scaling factors, it has been decided to apply multiplicative utility model. The surveys and interviews helped to conclude that the values of each alternative for each attribute and the utilities of these values.

5. Determination of the Utilities of Alternatives: In the last step; the utilities of alternative machine guns have been found by following the requirements of the model.

Finally, BIXI type of machine gun has been determined to be the most effective and useful one, followed by MG3, A4 and A6 machine guns.



1. GİRİŞ

Karar, günlük yaşantımızın vazgeçilmez bir parçasıdır ve hayatımızın her aşamasında karar verme problemiyle karşılaşırız. Günlük hayatta karşılaştığımız karar problemlerinin bir kısmı basit iken; bir çoğu üzerinde uzun süre düşünmeyi ve irdelemeyi gerektirecek kadar karmaşıktır.

Karar verme; ulaşılmak istenen bir amaç için eldeki koşulları değerlendirmek ve seçenekler içerisinde en uygun görüneni seçmektir. KV amacına ulaşmak için elindeki tüm bilgileri değerlendirmek ve seçenekleri karşılaştırmak zorundadır.

Günlük hayatta karşılaştığımız problemleri tek bir kriterle değerlendirmemiz neredeyse imkansızdır. İnsanlar belirledikleri seçim kriterlerine bağlı olarak amaçlarına ulaşmaya çalışırlar. Tek bir kriterle dayanarak seçim yapıp, başarıya ulaşmak için; karşılaşılan problemin çok basit, açık ve rutin bir problem olması gerekir. Ama şu da bir gerçektir ki; günlük hayatta karşılaştığımız çoğu problemi çözmek için birden fazla kriteri göz önünde bulundurmamız gerekmektedir.

Bu durum bizi çok kriterli karar verme yöntemlerini uygulamaya zorlamaktadır. Karşımıza çıkan karmaşık problemleri çözmek için başvurduğumuz yöntemleri uygularken; hiç şüphesiz hayatın bize kazandırdığı tecrübe ve deneyimlerimizden faydalanmamız gerekmektedir. Karar vermenin temelinde matematik ve istatistik gibi yöntemler kullanılarak elde edilen objektif bulguların yanı sıra tecrübeye dayalı sübjektif hükümler de çeşitli hallerde geçerliliğini korumaktadır.

Çok Ölçütlü Fayda Teorisinin temelinde de bu düşünce yatmaktadır. KV'nin; kendisi için en uygun alternatifi seçmeye çalışırken ihtiyaç duyacağı bilgiler; sadece seçenekler hakkındaki objektif bulgular değildir. KV, aynı zamanda bu alternatifleri daha önce değerlendirmiş, bir takım tecrübe ve deneyime sahip kişilerin görüşlerine ve düşüncelerine de ihtiyaç duymaktadır.

Bu düşünceden yola çıkılarak hazırlanan bu çalışmada; Türk Silahlı Kuvvetleri'nde kullanılan makineli tüfekler Çok Ölçütlü Fayda Modeli ile karşılaştırılmış ve en uygun makineli tüfek belirlenmeye çalışılmıştır.

İlk bölümde karar verme kavramı, karar verme süreci ve karar verme tipleri üzerinde durulmuş; hayatımızın her safhasına karşımıza çıkan bu problem ayrıntısıyla irdelenmeye çalışılmıştır.

Üçüncü bölümde, Çok Kriterli Karar Verme yöntemleri anlatılmış, ÇÖKV yöntemlerinden Puanlama Modelleri, Analitik Hiyerarşi Yöntemi, ELECTRE, Uzman Sistemler, Oyun Teorisi, Bulanık Kümeler ve Fayda Teorisi hakkında bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde ÇÖFM başlığı altında fayda kavramı, klasik ve modern fayda yaklaşımı, risk karşısındaki KV tipleri ve ayrıntılarıyla fayda analizi konusu üzerinde durulmuştur.

Beşinci bölümde ise, Türk Silahlı Kuvvetleri'nde kullanılan dört makineli tüfeğin ÇÖFM ile karşılaştırılmasına yer verilmiştir. Uygulama aşamasında bir çok uzmanla görüşmeler yapılmış, bu kişilerin tecrübe ve deneyimlerinden faydalanılmış ve çalışmalar, anketlerden alınan bilgiler ışığında yürütülmüştür.

2. KARAR VERME TEORİSİ

2.1. Karar Verme Kavramı

Karar verme, mevcut tüm alternatifler arasından amaç veya amaçlara en uygun, mümkün bir veya birkaçını seçme sürecidir. İnsanın yaşama başlamasıyla birlikte ortaya çıkan bu olgu, bütün ömrü boyunca çok çeşitli şekillerde ve ortamlarda devam eder (Evren ve Ülengin, 1992a).

Bir karar, KV'nin o andaki psikolojik durumuna, kişisel ihtiyaçlarına, çevrenin etkilerine, elindeki imkanlara, ekonomik durumuna, teknolojiye, kaynaklara, bilgiye ve buna benzer bir çok etkene bağlıdır. Karar vermenin temelinde matematik ve istatistik gibi yöntemler kullanılarak elde edilen objektif bulguların yanı sıra sübjektif hükümler de çeşitli hallerde geçerliliğini korumaktadır. Hızla gelişen dünyamızda yoğun rekabet ortamı, sosyal yaşantıdaki değişiklikler ve teknolojiye sahip edilmesi çok güç olan ilerlemeler; karar vermenin bilimselleşmesini ve birden fazla amaç için birden fazla kişiyle karar verilmesini gerekli kılmıştır.

Günlük yaşamda hepimiz her an karar verme sorunu ile karşı karşıyayız. Vermek zorunda olduğumuz kararların bir kısmı oldukça basit iken; büyük bir bölümü üzerinde derinlemesine düşünmeyi ve irdlemeyi gerektirmektedir. Yeni bir iş teklifini değerlendirme, bir ev veya araba satın alma gibi önemli konulara ilişkin kararın verilmesinden önce söz konusu kararın sonuçlarını dikkatlice gözden geçirmek istememiz son derece doğaldır. Genelde bu tür durumlarda izlediğimiz yol ve yaptığımız faaliyetler, aldığımız kararlardan beklediğimiz faydalar doğrultusundadır (Artuç, 2001).

Kararın oluşmasını sağlayan faktörler şunlardır (Evren ve Ülengin, 1992a):

- Karar vermeyi gerektiren sorun
- Karar vermesi gereken kişi(ler) ve sonuçlara katılanlar
- Seçenekler

- Amaç(lar), kriter(ler), ölçüt(ler)
- Yöntem(ler)

2.2. Karar Verme Süreci

Karar verme süreci, bazı problemleri çözerken başka problemleri de ortaya çıkaran dinamik bir süreçtir. Bir organizasyonun belli bir alandaki amaçlarını başarmada yardımcı olan spesifik gelişmeler, başka bir alandaki gelişmeleri engelleyebilmektedir. Fakat buna rağmen süreç genelde artan bir gelişmeyle sonuçlanmaktadır.

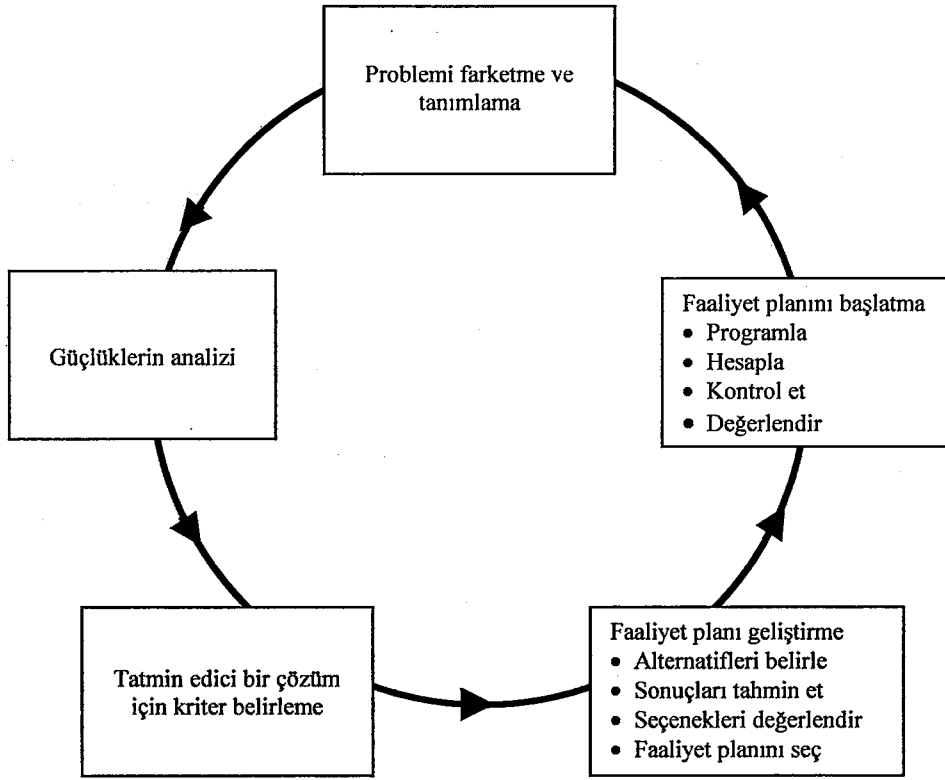
Blau ve Scott (1962)'a göre karar verme sürecinde karşılaşılan problemlerin çözülmesiyle elde edilen deneyim kaybedilmez; hatta ortaya çıkan yeni problemlerin çözümüne katkıda bulunur.

Hoy ve Tarter (1994)'a göre etkili karar verme yapısının tüm problemleri çözeceğini beklemek hayalcilik olur. En iyi ihtimalle akıllıca ve ustaca yürütülen karar verme süreci daha rasyonel kararlar alınmasını sağlar.

Dinamik bir karar verme süreci birbirini takip eden 5 adımdan oluşmaktadır (Hoy ve Tarter, 1994):

1. Problemi fark etme ve tanımlama
2. Varolan durumdaki güçlüklerin analizi
3. Tatmin edici bir çözüm için kriter belirleme
4. Faaliyetler için strateji geliştirme
5. Faaliyet planını başlatma

Bu adımlar geliştirilebilir, üzerinde çalışılabilir ve tartışılabilir. Karar verme süreci; her biri bir sonraki adım için mantıklı bir taban oluşturan ve birbirini takip eden olaylar zincirinin birleşmesiyle oluşur. Bu yüzden karar verme bu adımların herhangi birinde görülebilir. Verilen bu adımlar karar verme sürecinde ve yönetim organizasyonlarında tekrar tekrar ele alınır. Şekil 2.1'de de görüldüğü gibi karar verme sürecini oluşturan bu adımlar birbirlerini sürekli takip eder.



Şekil 2.1 Karar verme süreci (Hoy ve Tarter,1994)

Gordon ve Pressman (1978)'a göre ise karar verme süreci şu adımlardan oluşabilir:

1. Amacın tanımlanması
2. Kontrol edilebilir faaliyetlerin belirlenmesi
3. Kontrol edilemeyen faaliyetlerin tanımlanması ve bunların doğal bir durum veya rekabet stratejisi türünde olup olmadığının belirlenmesi
4. Kısmen kontrol edilebilen değişkenlerin ve bunların kontrol edilebilen değişkenlerle olan ilişkilerinin tanımlanması
5. Amaca yönelik olası her bir kararın etkisinin belirlenmesi ve en iyi kararın bulunması
6. Karar verme
7. Sonuçların gözlemlenmesi
8. Karar prosesinin tekrarı

Karar verme süreci; yukarıda verilen adımlara göre çok kolaymış gibi görülebilir fakat aslında oldukça komplekstir. Özellikle 4. ve 5. adımlar birçok değişken ve faaliyetler arasındaki ilişkileri içeren karmaşık işlemleri gerektirmektedir. Genelde kantitatif teknikler olmadan bu tür işlemlerin doğru bir şekilde yapılabilmesi çok

güçtür. KV'ler de geleneksel olarak tahminlere ve kabaca fikirler yürütmeye başvurumaktadırlar.

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 gereksinim duyma
- Konuyla ilgili bilgi ve düşünce toplamayı teşvik etme ve yol gösterme
- Doğru, güvenilir, kolay kullanılır ve esnek olma.

2.3. Karar Tipleri

Karar verirken içinde bulunulan şartlar, olaylar ve gerçekleşme olasılıkları birbirinden farklılık gösterir. Bu farklılık; birbirinden farklı durum ve şartlarda alınması gereken karar tiplerini ortaya çıkarır. Bir karar probleminin matris formu ile belirlenmesi beş farklı karar problemini oluşturur. Olaylar ve gerçekleşme olasılığı arasındaki ilişkiyi gösteren ayırım şu karar tiplerini gerektirmektedir (Halaç,1991):

2.3.1. Belirlilik halinde karar verme

Ortaya çıkacak olay kesinlikle bilinirse, karar matrisinde bir tek olay söz konusu olan problemler belirlilik halinde karar problemi olarak incelenir.

Bu tip karar vermede her bir seçime ilişkin olarak tam bilgi vardır, karar veren gelecek ve sonucu konusunda güvenceli bilgiye sahiptir. Belirlilik, karar verenin haberdar olma durumunu da yansıtır. Ortaya çıkacağı umulan olayın vuku bulma olasılığı “bir”(1) olarak varsayılmak zorundadır. KV amacına en uygun olan seçeneği kolayca seçebilir.

Dolayısıyla en büyük kazanç değeri amacın en iyi başarıma derecesi olur ve karar kriteri en büyük kazancın seçimidir.

2.3.2. Risk halinde karar verme

Olay sayısı birden fazla ve olayların olasılıkları bilinirse risk halinde karar probleminden söz edilir. Olasılıklar kesikli olarak verilebileceği gibi bir dağılımdan da elde edilebilir.

Belli sayıda olayın söz konusu olduğu bu karar problemlerinde olayların vuku bulma olasılıklarının da bilindiği varsayılır. Olayların dağılımı bilinerek uygulanacak karar kriteri, “optimum beklenen değeri” en iyi olan seçeneğin bulunması problemidir. Beklenen değer sonuçlara ilişkin olasılıkların çarpımı ve bulunan değerlerin toplanması ile elde edilir. Bu tip karar problemlerinde “beklenen değer” kavramı basitliği sağladığı için karar kriteri olarak verilmesine rağmen bir dağılım söz konusu olduğu zaman dağılımın diğer karakteristikleri de kullanılabilir.

2.3.3. Belirsizlik halinde karar verme

Ortaya çıkacağı umulan olaylar, gerçekleşme olasılıkları veya olayların belirlenemediği karar problemleri Belirsizlik Altında Karar Verme kriterleri ile incelenebilir. Olayın kendisi bilinmezse problemi incelemeye başlamadan önce ek araştırma yapılmalıdır. Muhtemel olaylara ilişkin olasılıklar bilinmezse karar verme için mecbur olduğumuz bir seçeneği benimsememize yardımcı olacak olan kriter sayısı çok fazladır. Dolayısıyla kriterler arasından birinin seçimi de karar verene bağlı olduğundan bir seçeneğin benimsenilmesine yardımcı olan en iyi kriter de yoktur.

Günümüzde belirsizlik şartlarını taşıyan karar problemlerinde bir seçeneğin belirlenmesi için karar teorisi henüz en iyi kriteri belirlemiş değildir. Bunun yerine, onu doğrulayacak rasyonel bir yönünün bulunduğu birçok kriter vardır. Bu kriterler arasından seçim yapma, yönetici davranışı ve organizasyon politikasıyla tayin edilir.

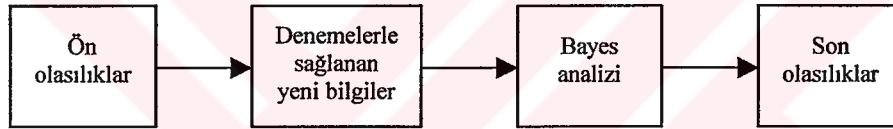
Bu kriterlerden bazıları şunlardır:

1. Eş olasılık (Laplace) kriteri
2. Kötümserlik (Maximin) kriteri
3. Pişmanlık (Minimax) kriteri
4. İyimserlik (Maximax) kriteri
5. Hurwicz kriteri

2.3.4. Kısmi bilgi halinde karar verme

Olasılık dağılımının şekli (Normal, Poisson, Binominal vb.) bilindiği zaman ve dağılımın parametreleri ile karakteristikleri (örneğin ortalama, mod, medyan veya simetrik ölçüleri çarpıklık ve basıklık) hakkında bilgi varsa, karar problemi yalnız kısmi bilgiler ile karar vermeyi gerektirir. Risk halinde karar problemlerinde KV, en iyi tahminin bulunduğu ön olasılıklara sahiptir. En iyi karar için olaylar hakkında ek bilgiler istenebilir. Bu yeni bilgiler düzeltilebilir veya olaylar hakkında daha geçerli olasılık tahminlerine dayalı son kararlar verilebilmesi için ön olasılıklar güncelleştirilir.

Olaylar hakkında en son bilgi, yani ek bilgiler denemelerin tasarımı yolu ile sağlanır. Hammaddelerin örnekleme, mamul testleri ve pazar araştırmaları olayların olasılıklarını güncelleştirme veya düzeltmeye olanak sağlayan deneme örnekleridir. Olasılıkların düzeltilmesi işleminin aşamaları aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 2.2 Olasılıkların düzeltilmesi işleminin aşamaları (Halaç, 1991)

2.3.5. Rekabet halinde karar verme (Oyun teorisi)

Rekabete dayanan problemler bu grupta düşünülür. Karar matrisinin sütunları rakip oyuncunun seçeneklerini gösterir ve matris elemanlarına “ödeme” adı verilir.

Oyun teorisi karar sürecinde matematik yönü ile tarafların seçeneklerini formüle etmeyi amaçlamaktadır. Oyun teorisinin lineer programlama ile sıkı bir ilişkisi vardır.

Oyun teorisinde çok fazla çalışma yapılmış olmasına rağmen işletme problemlerine uygulama, teorik çalışma yanında çok azdır. Etkin uygulama alanı olarak savaş veya askeri problemler gösterilmektedir.

3. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

3.1. Genel

İçinde yaşadığımız dünyayı tek boyutlu olarak görmemiz; günlük hayat içerisinde karşılaştığımız her durumu veya problemi tek bir kriterle değerlendirmemiz neredeyse imkansızdır. İnsanlar belirledikleri seçim kriterlerine bağlı olarak amaçlarına ulaşmaya çalışırlar. Tek bir kritere dayanarak seçim yapıp tam bir başarıya ulaşmak için söz konusu problemin çok basit, açık ve rutin bir problem olması gerekir. Ama şu bir gerçek ki günlük hayatta karşılaştığımız çoğu problemi çözmek için birden fazla kriteri göz önünde bulundurmamız gerekmektedir.

KV genellikle çevrenin, sürecin ve kaynakların oluşturduğu kısıtları tatmin eden bir çözüme ulaşmada birden fazla kriteri göz önünde bulundurmak durumundadır. Klasik optimizasyon teknikleri ile karar verme problemi, tek bir kritere dayanan enbüyüklenecek veya enküçüklenecek bir amaç fonksiyonu ve genellikle birden fazla kısıt denklemi ile temsil edilmektedir. Kısıtları tatmin eden ve amaç fonksiyonunu arzu edilen doğrultuda eniyileyen çözüm “optimum çözüm” dır.

Amaç fonksiyonu sayısının artırılması, dolayısıyla günlük hayattaki problemleri daha gerçekçi ele alma gayretleri “Çok Kriterli Karar Verme” (Multi-Criteria Decision Making) bilimini ortaya çıkarmıştır (Evren ve Ülengin, 1992b).

3.2. Kriterler, Hedefler, Ölçütler ve Amaçlar

Çok Kriterli Karar Verme ile ilgili dört önemli anahtar kelime vardır. Bunlar kriterler, hedefler, ölçütler ve amaçlardır. Keeney ve Raiffa (1976)’nın da belirttiği gibi bu terimlerin evrensel tanımları yoktur. Birçok yazar bu terimleri birbirlerinin yerine kullanırken bazıları da aralarındaki farkları belirtmişlerdir.

Birbirlerinin yerine kullanılan bu dört terim arasındaki farkları açıklamakta fayda vardır.

3.2.1. Kriterler

Kriter etkinlik için bir ölçü, değerlendirme için bir esastır. Kriterler gerçek bir problemin belirlenmesinde ölçütlerin veya amaçların bir şekli olarak görülürler (Loi ve Hwang, 1994).

Kriterler karar verme sürecinde yol gösteren ölçü, kural ve standartlardır. Karar verme; farklı ölçütler, amaçlar ve hedeflerin seçimi ve formülasyonu vasıtasıyla yönlendirildiğinden, bu üç kategori de kriterlerden yola çıkarak tanımlanabilir. Yani kriterler KV'nin verdiği bir kararla ilgili olarak değerlendirdiği tüm ölçütler, amaçlar ve hedeflerin hepsidir (Zeleny, 1982).

3.2.2. Hedefler

Hedefler; varolan isteklerin öncelikli değerleri ve seviyeleridir. Hedefler elde edilir veya edilemez. Genellikle hedefler kısıtlar gibi kabul edilir. Çünkü hedefler limitlere göre planlanırlar ve alternatiflere tahdit getirirler (Loi ve Hwang, 1994).

Hedefler tamamen KV'nin gereksinimlerine ve isteklerine göre saptanır. Hedeflerin bir başka özelliği de net ve açık olmalarıdır.

1970 yılında aya ulaşmak bir hedefti, Everest Tepesinin zirvesine çıkmak bir hedeftir, yatırımlardan %16 oranında kar etmek bir hedeftir. Fakat Everest Tepesinin zirvesine uygun olan en kısa zamanda çıkmak bir amaçtır (Zeleny, 1982).

3.2.3. Ölçütler

Performans parametreleri, bileşenler, faktörler, karakteristikler ve özellikler ölçüt terimiyle eşanlamli kelimelerdir. Ölçüt bir amacın seviyesinin ölçülmesini sağlamalıdır. Her bir alternatif, KV'nin kriter olarak belirlediği bir takım ölçütlerle karakterize edilebilir. Mesela bir arabanın benzin deposunun kapasitesi, satın alma maliyeti, motor gücü vs. (Loi ve Hwang, 1994).

Ölçütler gerçek amacı tarif etmek için kullanılır. Ölçütler objektif olarak değerlendirilen nitelikler olabildiği gibi sübjektif kabul edilen nitelikler de olabilir. Fakat gerçek hayatta maddelerin karakteristikleri olarak kabul edilirler. Bu yüzden ölçütler KV'nin değerlerinden ve gerçek modelinden ayrı olarak kabul edilmemesine rağmen, karar vericinin isteklerinden ve gereksinimlerinden göreceli olarak bağımsız tanımlanabilir ve ölçülebilir (Zeleny, 1982).

3.2.4. Amaçlar

KV ölçütleri belirledikten sonra hangi ölçütlerin hangi seviyede maksimize veya minimize edileceğine karar vermelidir. İşte KV'nin gereksinimlerinin ve isteklerinin söz konusu olduğu yerde amaçlardan bahsedilir (Loi ve Hwang, 1994).

Amaçlar KV'nin gereksinimleri ve istekleri doğrultusunda belirlenir. Bu aşamada KV'nin; enbüyükleme ve enküçükleme olmak üzere iki seçeneği vardır. Yükseklik bir ölçüttür fakat seçenekler arasından en uzununu bulmak veya bu yüksekliği maksimize etmek bir amaçtır. Amaçlar ölçüt değillerdir fakat bir veya daha fazla ölçüt doğrultusunda ortaya çıkarlar (Zeleny, 1982).

3.3. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

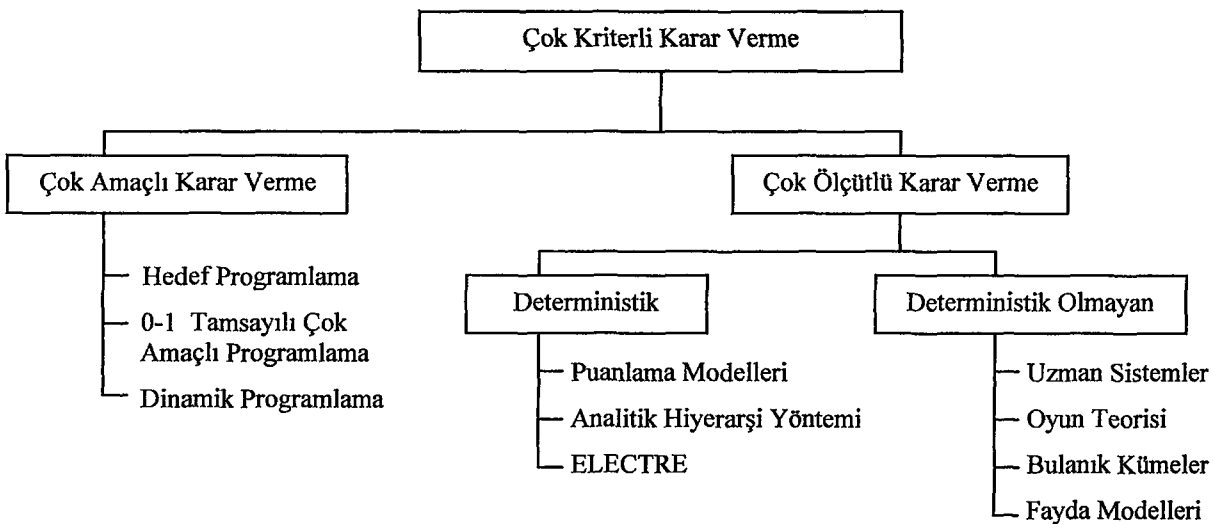
Çok Kriterli Karar Verme; seçenek sayısına göre iki temel başlık altında incelenebilir (Gregory, 1988):

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

Seçeneklerin bir matematiksel programlama yapısı ile dolaylı olarak tanımlandığı ve sonsuz sayıda olduğu sürekli durumda karar vermeye dayanır.

- Çok Ölçütlü Karar Verme (Multi-Attribute Decision Making)

Seçeneklerin açıkça sonlu sayıda bir liste ile tanımlandığı kesikli durumda karar vermeye dayanır.



Şekil 3.1 Çok kriterli karar vermenin sınıflandırılması

Şekil 3.1’de Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri’nin seçenek sayısına göre sınıflandırılması gösterilmektedir.

3.3.1. 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 arttırılması, 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:

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

öyle ki

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

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 enbüyüklemesi söz konusudur.

Genel olarak ÇAKV’yi; seçeneklerin bir matematiksel programlama yapısı ile dolaylı olarak tanımlandığı sonsuz sayıda olduğu durumlarda karar verme olarak tanımlayabiliriz.

Korhonen ve diğ. (1992) ÇAKV 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 büyük / küçük olması
- Değişkenler arası ilişkinin sayısal / sözel olması
- Seçeneklerin önceden bilinmesi / bilinmemesi.

Şekil 3.1’de de görüldüğü gibi ÇAKV Yöntemleri şöyle sıralanabilir:

- Hedef Programlama
- 0-1 Tamsayılı Çok Amaçlı Programlama
- Dinamik Programlama

3.3.2. 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. Genel olarak seçeneklerin ölçütlere göre performans değerlerini yansıtan bir karar matrisi ÇÖKV yöntemleri için kullanılır.

En klasik ÇÖKV 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. Bu yöntemde göre yapıp 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 düşünceyi bulmak ve bunların hepsini elemek ve bu şekilde kağıdın bir tarafındaki tüm düşünceler bitinceye kadar devam etmek gerekir. Kalan fikirlerin kağıdın lehte veya da aleyhte tarafında olmasına göre öneri kabul edilir veya reddedilir (Topçu, 2000).

Şekil 3.1’de de görüldüğü gibi ÇÖKV yöntemlerini deterministik ve deterministik olmayan yöntemler olmak üzere iki ana başlık altında toplayabiliriz. Bu bölümde ÇÖKV yöntemlerinden bahsedilecektir.

3.3.2.1. Puanlama modelleri

Puanlama modellerinin başlıca özelliği, yatırım kararına ait bir analitik yaklaşımda parasal olmayan veya ekonomik yönden sayılaştırılmayan unsurların göz önüne

alınmasına imkan vermesidir. Puanlama modelleri başlıca üç sınıfa ayrılırlar (Parsaei ve Wilhelm, 1989):

- Ağırlıklandırılmamış 0-1 faktör modelleri
- Ağırlıklandırılmamış faktör puanlama modelleri
- Ağırlıklandırılmış puanlama modelleri

Puanlama modellerinde kullanılan giriş verileri, diğer modellerde kullanılanlardan daha sübjektiftir. Bilinen puanlama modelleri arasında, lineer toplamsal model, rekabet halindeki alternatiflerin puanlaması için araştırmacılar tarafından en çok kullanılmaktadır.

En basit puanlama modeli, ağırlıklandırılmamış 0-1 faktör modelidir. Bu model, ilgili faktörler kümesi seçildikten sonra bir veya daha fazla sayıdaki analist, her bir projenin ele alınan faktörü karşılayıp karşılamadığına bağlı olarak puanlama yapar.

Puanların her bir proje için toplamı, projelerin sıralamasında kullanılır. Böyle bir prosesin avantajı, basitliği ve birden fazla ölçütü ele alabilmesidir. Dezavantajları ise, bütün ölçütlere eşit önem vermesi ve çeşitli ölçütleri karşılayan özel bir proje için dereceli puanların kullanılmasına izin vermemesidir. Tablo 3.1.'de bu modele ilişkin bir örnek verilmektedir (Meredith ve Suresh, 1986).

Tablo 3.1. Ağırlıklandırılmamış 0-1 faktör puanlama modeli

Faktör	Proje Numarası			
	1	2	3	4
Verim Oranı	x		x	x
Uyuşma		x	x	
Miktar Esnekliği	x	x		x
Mamul Esnekliği			x	x
Kalite İyileştirme		x	x	
Toplam Puan	2	3	4	3

Tartılanmamış 0-1 faktör puanlama modelinin biraz daha gelişmiş tartılanmamış faktör puanlama modelidir. Bu model, projelerin seçiminde göz önünde bulundurulacak faktörleri 0-1 şeklinde puanlamak yerine, örneğin 1 ile 5 arasındaki sayılardan oluşan

bir puanlama yapılmasını sağlar. Avantajı, projelerin puanlama sonucunda daha kolay sıralanmasını sağlar. Dezavantajı ise, bütün faktörlere eşit önem vermesidir. Tablo 3.2.'de bu modele ilişkin bir örnek verilmektedir.

Tablo 3.2. Ağırlıklandırılmamış faktör puanlama modeli

Faktör	Proje Numarası			
	1	2	3	4
Verim Oranı	2		4	2
Uyuşma		3	5	
Miktar Esnekliği	1	2		4
Mamul Esnekliği			2	3
Kalite İyileştirme		2	1	
Toplam Puan	3	7	12	9

$$T = w_1.s_1 + w_2.s_2 + + w_i.s_i \quad (3.1)$$

w_i : i'nci faktörün ağırlığı

s_i : i'nci faktöre verilen puan

Önemlerini göstermek üzere her bir faktöre ağırlıklar vererek, ağırlıklandırılmamış faktör puanlama modeli bir adım daha geliştirilebilir. Bu model, ağırlıklandırılmış faktör puanlama modelidir. En çok kullanılan puanlama modelidir. Genellikle ağırlıklar normalize edilir. Her projenin puanı, her faktörün ağırlığı ile faktöre ait projenin puanı çarpılarak bulunan ağırlıklı puanların toplanmasıyla elde edilir. Eşitlik (3.1) ile gösterilir.

3.3.2.2. Analitik hiyerarşi yöntemi

Analitik hiyerarşi yöntemi insanoğlunun karmaşık bir problemi nasıl algılayıp biçimlendirdiğini gözler önüne seren bir modeldir ve çeşitli gözlemler sonucunda oluşturulmuştur. Gözlemlerden biri, kişilerin bu tip durumlarda öğeleri gruplandırarak problemi hiyerarşik olarak parçalara ayırdıklarıdır. Söz konusu parçalama kişiden kişiye farklı olabilir. Ancak eğer kişiler sorunu aynı şekilde yargılıyor ise çözüm yaklaşık olarak aynı olacaktır (Evren ve Ülengin, 1992a).

Analitik hiyerarşi yöntemi sayısal ve sayısal olmayan kriterlerin ölçülmesiyle ilgili bir yöntemdir. Karar teorisinde, çatışmaların çözümünde ve beyin modellerinde geniş uygulama alanı bulunur. Analitik hiyerarşi yöntemi karar vermede kullanılan insan bilgi ve tecrübesinin en az kullanılan veriler kadar değerli olduğu prensibine dayanır.

Kişi ve gruplara kendi varsayımlarını denemek suretiyle bunlardan yararlı sonuçlar çıkarma olanağı sağlar. Kişisel yargıları ve nesnel değerleri mantıksal bir şekilde birleştirip problemin hiyerarşisini oluşturma, çözümün duyarlılığını ve bilgidaki değişimleri sınama yeteneğine sahiptir.

Analitik hiyerarşi ve ölçüm süreci, ölçütlerin önemini belirlemede kullanılan diğer yaklaşımlardan farklı olarak; bazı karmaşık, çok ölçütlü, çok elemanlı ve çok aşamalı problemleri hiyerarşik bir şekilde yapılandırır. Hiyerarşinin her bir aşamasındaki öğeler bir üst düzeyde bağlı oldukları öge baz alınarak karşılaştırıldığında çift yönlü ağırlık matrisleri elde edilir. Bu matrislerin normalize edilmiş özvektörleri ise, hiyerarşik yapıyı son düzeyin ağırlıklarına indirgeyerek karmaşık yapıya, çözümlenebilir basitlik sağlar (Wind ve Saaty, 1980).

Analitik hiyerarşi yöntemi, öğeleri arasında karmaşık ilişkiler içeren sistemlere ait karar problemlerinde; sistemi alt sistemleriyle ilişkili hiyerarşik bir yapıda oldukça basitleştirerek ifade edip sezgisel ve mantıksal düşünceyle irdeleyebilen ÇÖKV yöntemidir. Karar vermeye uygulandığında karmaşık bir problemi amaçlar, kriterler, yardımcı kriterler ve seçeneklerden oluşan çok seviyeli bir yapıya ayırmak suretiyle karar verme sürecinin aydınlanmasına yardım eder.

Analitik hiyerarşi yönteminin uygulaması beş temel adımdan oluşur (Canada ve diğ., 1996):

1. Karar hiyerarşisinin yapılandırılması
2. Verilerin birebir karşılaştırmalar ile toplanması
3. Nesnel yargıların tutarlılığının kontrol edilmesi
4. Ağırlıkların hesabı için özvektör metodunun uygulanması
5. Karar alternatiflerinin sıralamasının belirlenmesi için ağırlıkların bir araya getirilmesi.

Genellikle problemin çözümünde belirleyici yöntemlerin çok zaman alacağı ve karar vericiyi karmaşık yollara sürükleyeceği gerekçesiyle, olasılıklara dayalı ve matematiksel olmayan yöntemler tercih edilmektedir. Fakat bu çözümler, problemin basite indirgenmesi ve zamandan kazanılması bakımından karar vericiye kolaylık sağlarken; ölçümlerin yeterince sağlıklı yapılmamasından dolayı, çözüme sınırlı ölçüde ulaşılmasını sağlar. Çünkü sonuçlar, problemin ölçülebilen faktörlerine sıkı sıkıya bağlı olarak çıkacaktır. Bilinen bir takım basit nicel yöntemlere uydurmak için, karmaşık karşılaştırma faktörlerini basite indirgeyerek oluşturulacak problemin sonucu, elbette gerçek sonucundan farklı çıkacaktır. Kullanılan modelin gerçekçi olabilmesi için soyut, somut her şeyin nitel ve nicel olarak probleme katılması ve ölçülmesi gerekmektedir. Analitik hiyerarşi yöntemi buna tam anlamıyla olanak veren bir yöntemdir (Yayan, 2001).

3.3.2.3. ELECTRE

“Elimination et Choix Traduisant la Réalité” (Gerçeği tercüme eden eleme ve seçim) deyiminin kısaltılmış şekli olan ELECTRE yöntemi isminden de anlaşılacağı gibi seçim gerektiren sorunların 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 (Yoon ve Hwang, 1995).

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

1. Üstünlük ilişkilerinin kurulması

- Seçeneklerin ikili karşılaştırmaları sonucu uyumluluk ve gerekirse uyumsuzluk göstergelerinin hesaplanması

- Uyumluluk eşiği ile uyumsuzluk eşiğinin veya kümesinin belirlenmesi
- Seçenek çiftleri arasındaki üstünlüklerin tanımlanması

2. Üstünlük ilişkilerinin kullanılması

- Seçenek çiftleri arasındaki üstünlüklere dayanan bir çizgenin çizilmesi
- Çizgenin çekirdeğinin bulunması

- Çekirdekdeki seçeneklerin KV'ye sunulması

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 ağırlığına bölünür.

$$c(a_i, a_j) = \left(\sum_{k: x_{ik} > x_{jk}} w_k \right) / W \quad (3.2)$$

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:

$$d(a_i, a_j) = \begin{cases} 0 & \text{if } x_{ik} \geq x_{jk}, \forall k \\ \max(r_{jk} - r_{ik}) / \delta & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.3)$$

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.

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

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 da bir diğer dezavantajdır (Topçu, 2000).

3.3.2.4. Uzman sistemler

US; belli bir faaliyet alanına ait uzmanlık bilgilerini kendine ait bir bilgi tabanı kullanarak birleştiren ve bu bilgileri insana benzeyen bir muhakeme yeteneği ile derleyerek problem çözmek için kullanılan bir bilgisayar programıdır. Kısacası US, bir veya birkaç insanın uzmanlık yeteneğini taklit ederek problem çözebilen bir sistemdir (Göktepe, 1995).

Rolston (1988)'a göre ideal bir uzman sistemin temel karakteristikleri şunlardır:

- İlgi alanında geniş ölçekli, belirli bilgilere sahip olma
- Araştırma teknikleri uygulamaları
- Varolan bilgidен yeni bilgiler elde edebilme kapasitesi
- Sembolik süreç
- Nedenleri ve kanıtları açıklama kabiliyeti

US'ler, yapay zeka ile uğraşanlar tarafından 1950'li yıllardan itibaren geliştirilmeye başlandı. Bu dönemde araştırmacılar birkaç muhakeme kuralı ve güçlü bilgisayarlar ile insanüstü performans gösterecek bir uzmanı üretebileceklerine inanıyorlardı. Bu alandaki çalışmalar genel amaçlı problem çözücülerine yönelikti.

Genel amaçlı problem çözücü mantık teorisinden hareketle akıllı bir bilgisayar yaratmaya yönelik bir çabaydı. Bu çaba US'lerin öncüsü sayılır.

Genel amaçlı programlardan özel amaçlı programlara geçiş 1960'ların ortalarından itibaren geliştirilmeye başlandı. Bu dönemin sonunda araştırmacılar, problem çözme mekanizmasının akıllı bir bilgisayar sisteminin küçük bir parçası olduğunun farkına vardılar ve şu sonuçlara ulaştılar (Yavuzer, 1996):

- Genel amaçlı problem çözücüler, yüksek performanslı US'leri kurmak için yeterli değildir.
- İnsan problem çözücüler (insan-uzman) sadece çok dar bir alanda çalışırlarsa başarılı oluyorlar.
- US'ler yeni bilgiler geldikçe sürekli olarak yenilenmesi gerekir. Bu da kuralla dayalı bir sistemin varlığıyla gerçekleşebilmektedir.

1970’li yıllarda pek çok US gerçekleştirildi. Bu sistemlerde bilginin merkezi rolünün farkına varan Yapay Zeka araştırmacıları kapsamlı bir bilgi sunum teorisi üzerinde çalışmaya başladılar. Fakat bu kapsamlı bilgi sunumunda genel amaçlı problem çözme çabalarında olduğu gibi ancak sınırlı başarılı bir sonuçla karşılaşıldı ve US’nin başarısının uzmanın sahip olduğu bilgiden kaynaklandığı sonucuna varıldı.

US’ler 1980’li yılların başından itibaren akademik hayattan ticari hayata geçiş yapmış ve bu dönemde oldukça yoğun içerikli programlar uygulamaya konulmuştur. Tüm US’lerin ortak özellikleri şöyle sıralanabilir (Yapıcıoğlu, 1991):

- Uzmanca inceleme
- Sembol hareketi
- Kesin olmama
- Karmaşıklık
- Sonuç çıkarma ve açıklama

Uzmanca inceleme, bütün sistemin üzerinde kurulduğu temeldir. Daha sonraki iki özellik; sembol hareketi ve kesin olmama karşılıklı etkileşim halindedir.

US’lerin son iki karakteristiği; karmaşıklık ile sonuç çıkarma ve açıklama kapasiteleridir. Bir US’yi çalıştıran sonuç çıkarma mekanizması, bir sonuca ulaşmak için ihtiyaç duyulan stratejiyi planlayan kontrol bilgisini içerir.

US’yi bir bütün olarak ele alırsak, bu sistemin bileşenleri şunlar olacaktır:

- Uzman sistem
- Uzman kişi
- Bilgi mühendisi
- Uzman sistem geliştirme araçları
- Kullanıcı

Uzman sistem (Expert system): Uzman bilgisini kullanarak dar bir alanda problemlerin çözümünde yüksek düzeyde performans gösteren bir bilgisayar programıdır.

Uzman kişi (Domain expert): Bir alanda problem çözüme yeteneğine ve yıllarca o alanda deneyim sahibi olmuş tam bilgili bir kişidir. Uzman kişi US geliştirme sürecinde bilgi mühendisi ile sürekli iletişim halindedir.

Bilgi mühendisi (Knowledge engineer): Yapay Zeka alanında ve bilgisayar bilminde bilgi sahibi olan ve US'lerin nasıl yaratılacağını bilen kişidir.

Uzman sistem geliştirme araçları (Expert system building tools): Yapay zeka alanında araç terimi hem programlama dillerini hem de US yaratmada kullanılan destek çevreyi ifade eder.

Kullanıcı (End user): US'yi kullanan kişidir. Bu kişi bilgi mühendisi, uzman kişi veya herhangi bir kullanıcı olabilir.

Son yıllarda geliştirilen başarılı US'ler esas olarak herhangi bir konuda danışmanlık sağlamak için geliştirilmiştir. Bu danışmanlık çoğunlukla iyi tanımlanmış bir alan, girdi ve çıktılar için özel ihtiyaçlar, iyi incelenmiş örnek olaylar ve üzerinde çalışılabilecek geniş ölçekli literatür ile bilgi mühendisi tarafından sağlanır.

Bir çok uzman sistem, ilk değerlerden sonuç üretmeden çok gerçek bilgiye dayalı olarak problemleri çözmeye yönelmiştir. Uzmanın bilgisi, derlenmiş ifadelerde bulunmaktadır. Böylece çözüme ulaşmak için sadece ilgili faktörlerin gözden geçirilmesi yeterli olacaktır. Çözüme ulaşmak için gerekli sonuç çıkarmalar, daha önce meydana gelmiş aynı tip olaylardan elde edilebilir. Sonuç çıkarma prosesi sırasında alternatif çözümlerin sayısı, olumlu tahminler yapmak ve uygun yaklaşımları kullanmak kaydıyla uzman kişi tarafından azaltılabilir.

US'ler kullanıcılara temel yararlar sağlayabilirler. Bu yararlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Kahraman, 1995):

- **Maliyet düşümü:** Çoğunlukla kullanılan US'lerle karşılaştırıldığında uzman kişiler oldukça pahalıdır.
- **Çıktılarda yükselme:** US'ler insanlardan daha hızlı çalışabilirler. US daha fazla çıktı, daha az insan ve düşürülmüş maliyet anlamına gelir.
- **Artan kalite:** US, yoğun öneriler sağlayarak ve hata oranlarını düşürerek kaliteyi yükseltebilir.

- **Azalan işlem zamanı:** Birçok faaliyet halindeki US yanlış fonksiyonları belirleme (teşhis etme) ve ikame öneriler için kullanılmaktadır. US'leri kullanarak, işletim zamanını önemli ölçüde azaltmak mümkündür.

- **Esneklik:** US'lerin elde edilebilirliği; hizmet sunumunda ve ürün yapımında esnekliği sağlayabilir. Örneğin sistem mümkün olduğu kadar müşteri isteklerine göre ayarlanmalıdır.

- **Donanım operasyonu:** US'ler kompleks donanımları onlarla daha kolay çalışılır yapar.

- **Daha az pahalı teçhizat kullanımı:** Kişinin görüntüleme ve kontrol için pahalı araçlara güvenmesi gerektiği olaylar vardır. US'ler düşük maliyetli araçlarla aynı görevi icra edebilirler.

- **Tehlikeli çevrelerde operasyon:** Kişilerin tehlikeli ortamlarda çalışmasını gerektiren görevler vardır. US'ler kişinin bu tehlikeli ortamın dışında kalmasını sağlar.

- **Güvenilirlik:** US'ler güvenilirdir. Çünkü onlar yorulmazlar, hastalanmazlar. Hatta US'ler, bütün detaylara yoğun bir dikkat gösterecekler ve ilgili enformasyon ve potansiyel çözümleri gözardı etmeyeceklerdir.

- **Cevap zamanı:** US'ler bazı durumlara özellikle de geniş hacimli verilerin incelenmesi gerektiği zaman, uzman kişilerden çok daha hızlı cevap verebileceklerdir.

- **Tam olmayan ve belirsiz enformasyon ile çalışma:** Geleneksel bilgisayar sistemlerine zıt olarak, US'ler uzman kişiler gibi, tam olmayan enformasyon ile çalışabilirler. Danışma sırasında sistemin sorularına genellikle “Bilmiyorum” veya “Emin değilim” cevabı verilebilir. US kesin bir cevap almamasına rağmen bir cevap üretebilecektir. Yani sistem sonuca varacaktır.

Benzer olarak, eğer kullanıcı (veya uzman) bazı enformasyonları belli olasılıklarla girerse (örneğin %80 şans var gibi) US belli bir olasılıkla sonuca varacaktır (kesinlik faktörünü belirterek).

- **Eğitim yararları:** US'ler eğitim de sağlayabilirler. US'ler ile çalışan acemiler, zamanla tecrübe kazanırlar. Açıklama özelliği de öğretim aracı olarak kullanılmaktadır.

• **Kompleks problemleri dar bir alanda çözme:** US'ler insan yeteneğini aşan komplekslikteki problemleri çözmek için kullanılabilir. Bazı uzman sistemler herhangi bir alanda bireyin bilgisini aşan problemleri de çözebilir.

Bazı kompleks uygulamalarda, birçok US'nin genel olarak bilgisayar programlamasını anlamak, hata gidermek, genişletmek ve sürdürmek zordur. US'lerin ticari yayılmasını yavaşlatan diğer problem ve faktörler şunlardır:

- Bilgi her zaman hazır olarak mevcut değildir.
- Uzmanlığı insanlardan temin etmek zordur.
- Durum tayin etmede her bir uzmanın yaklaşımı farklı olabilir.
- Yüksek seviyede deneyimli bir uzman için dahi zaman baskısı altında iken durum hakkında saptamalarda bulunmak zordur.
- Kolay ikna edilemez bir yöneticiye US yaklaşımı satmak zordur.
- Gerçekleri ve ilişkileri sunmak için uzmanların kullandığı sözlük ve terminoloji çoğunlukla sınırlıdır.
- Nadir olarak bulunan ve çoğunlukla pahalı olan bilgi mühendislerine ihtiyaç duyulur ki; bu kişiler US geliştirmeyi oldukça pahalı yapan bir gerçektir.
- Geliştirme maliyeti ve/veya zamanı kısıtlayıcı bir faktör olabilir.

3.3.2.5. Bulanık kümeler

Klasik küme teorisine göre; evrensel kümenin elemanları iki gruba ayrılmaktadır. Birincisi; belirlenen kümeye kesinlikle ait olan üyeler grubu, ikincisi ise kümeye kesinlikle ait olmayan üye olmayanlar grubudur. Klasik mantığın temsil ettiği sınıfa üye olanlarla olmayanlar arasında keskin bir ayırım vardır. Fakat yaygın bir şekilde kullanılan uzun boylu insanlar, pahalı otomobiller, çok bulaşıcı hastalıklar, 1'den çok büyük olan sayılar veya güneşli günler gibi sınıfların birçoğu bu karakteristiği göstermezler. Çünkü bu sınıfların sınırları belirsizdir ve üyeliğe giriş veya çıkış kesin olmaktan ziyade derecelerle belirlenmektedir. Bu yüzden bulanık küme; temsil edilen sınıfa üye olanlarla olmayanlar arasındaki keskin çizgiyi ortadan kaldırarak; karmaşıklığı önlemek için belirsizlik kuramını ortaya koymaktadır.

Bulanık küme, evrensel kümedeki olası her elemana bulanık kümedeki üyelik derecesini temsil edecek şekilde bir değer atayarak sayısal olarak temsil edilmesini sağlamaktadır. Elemanlar bulanık kümeye daha büyük veya daha küçük üyelik dereceleri ile; bir başka deyişle daha fazla veya daha az derecelerle bağlı olabilir.

Bu üyelik dereceleri genellikle 0 ve 1 kapalı aralığında bulunan gerçek sayısal değerlerle temsil edilirler. Böylece “güneşli” kavramını temsil eden bir bulanık kümede %0 bulutlu havaya 1’lik, %20 bulutlu havaya 0,8’lik, %30 bulutlu havaya 0,4’lük ve %75’lik bir havaya 0’lık bir üyelik derecesi atanabilir (Klir ve Folger, 1988).

1965 yılında Lotfi A. ZADEH tarafından ortaya atılmış olan bulanık mantığın temel amacı, insanların tam ve kesin olmayan bilgiler ışığında tutarlı ve doğru kararlar vermelerini düşünme ve karar verme mekanizmalarının modellenmesidir. Günlük konuşmalara dikkat edilecek olursa kesin olmayan ve dinleyicilerin yorumuna açık şu tip cümleler ile sık sık karşılaşılır: “Sağdaki oda oldukça büyük.” Bu cümleyi duyan bir dinleyici odayı daha önceden görmemiş ise, kendi “oldukça büyük” anlayışına, eski deneyimlerine ve eğer tanıyorsa konuşmacı hakkındaki bilgilerine dayanarak gözünün önünde bir oda canlandırır. Görülüyor ki farklı dinleyiciler farklı büyüklüklerde bir oda hayal edebileceklerdir. Dolayısıyla günlük hayatta karşılaşılan bir önermeyi tamamen doğru ya da tamamen yanlış olarak nitelendirmek hatalı bir yaklaşım olacaktır. Halbuki klasik, iki değerli mantık yaklaşımında söz konusu önerme ya doğrudur ya da yanlıştır. Arada bir durum söz konusu olamaz.

Yukarıda değinilen bu durum küme kavramına uyarlanacak olursa, klasik küme teorisinde, söz konusu evrenin elemanları bir A kümesine ait olanlar ve ait olmayanlar şeklinde birbirinden ayrı iki gruba ayrılırlar. Ait olan elemanlara “1”, olmayanlara da “0” değerleri atanarak, A kümesine üye olup olmama durumları gösterilir. Halbuki bulanık mantık yaklaşımında, üye olanlar veya olmayanlar şeklinde kesin bir sınıflandırma mevcut değildir. Bulanık kümelerde söz konusu evrenin elemanlarının bir A kümesine ait olma derecelerini temsil etmek amacıyla üyelik fonksiyonları belirlenir. Bulanık kümeler, üyelik fonksiyonları ile tanımlanabilirler. Bu fonksiyonlar elemanlara $[0,1]$ kapalı aralığında reel değerler atayarak elemanların A bulanık kümesi ile temsil edilen kavrama ne derece uygun

olduklarını veya A bulanık kümesi ile temsil özelliklerini ne derecede taşıdıklarını gösterirler. Bir A bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu şu şekilde gösterilir:

$$\mu_A(x) \longrightarrow [0,1], x \in X$$

Burada x, X evrensel kümesinden alınan elemanları, $\mu_A(x)$ ise x elemanının A bulanık kümesine üyelik derecesini göstermektedir.

Bu tip bir üyelik fonksiyonu ile atanan değerin “1” olması, o x elemanının A bulanık kümesi ile temsil edilen kavrama tamamen uyduğu veya A bulanık kümesi ile temsil edilen özelliği tamamen taşıdığını, “0” olması da bunun tam tersi durumu gösterir. O halde iki değerli klasik küme yaklaşımı, bulanık küme kavramının özel bir hali olarak görülebilir.

İlk önceleri sadece teorik bir araştırma alanı olarak ortaya çıkmış olan bulanık mantık, izleyen yıllarda pek çok farklı alanlarda uygulama alanı bulmuştur. Bu uygulama alanları arasında en belirgin olanları; bilgisayar bilimleri, kontrol, meteoroloji, tıp, sosyal bilimler, psikoloji, yönetim bilimleri, yapay zeka ve uzman sistemler örnek olarak sayılabilir. Ancak 80’li yıllarda endüstriyel bulanık mantık uygulamalarının ortaya çıkması ile endüstri kuruluşlarının da ilgisi bu alana kaymıştır.

Bulanık mantık bir kişinin diğeriyle konuşması veya diğeriye açıklama yapmasına benzer olarak “soğuk”, “sıcak”, “yüksek”, “alçak” gibi dilsel değişkenleri kullanır. İkili durumları kullanan (sıcak-soğuk gibi) ikili mantıktan farklı olarak bulanık mantık, değişkenler için ara durumları da (az sıcak- az soğuk gibi) kullanır.

Bulanık mantığın elemanları şunlardır:

- Bulanık küme dilsel değişkenleri göstermek için kullanılır.
- Üyelik fonksiyonları bir bulanık kümede (sıcak-yüksek hızlı) bir fiziksel değişkenin (ısınma derecesi, basıncı, hızı gibi) üyelik derecesini tanımlamak için kullanılır.
- Bulanık operatörler bulanık ifadeler arasında mantıksal ilişkilere hız verir. Bunlarla EĞER-O HALDE (IF-THEN) türünden üretim kuralları, uzman sistemlerde kullanılan metoda benzer olarak, sembolik yoldan yani dilsel olarak formüle edilebilir.

- Bulanık çıkarım, mevcut olan bilgiden, kurallara dayanarak yeni bilgiler elde etme yoludur (Kahraman, 1995).

3.3.2.6. Oyun teorisi

İktisadi hayatın temel öğelerinden biri de rekabettir. Piyasada faaliyette bulunan her firmanın rakipleri vardır. Bu nedenle bir işletmenin iç bünyesi ile ilgili sorunlara en iyi çözümü bulması, başarılı olmasına yetmeyecektir. İşletmeler işletme dışı faktörlerin de etkilerini göz önünde tutmak, kontrolü dışında olan rakiplerin davranışlarına göre kendini ayarlamak ve rakiplerine rağmen kendisine maksimum geliri sağlayacak stratejiyi saptamak zorundadırlar.

Bireylerin, örgütlerin, devletlerin ve zaman zaman da orduların bir olayda çıkarılarının çelişmesi, aralarında şiddetli çatışmalara neden olur. Bu durumlarda, birbirine rakip iki veya daha fazla taraf vardır ve taraflardan birinin yapacağı herhangi bir hareketin başarılı olup olmaması diğer tarafın hareketine bağlı olacaktır.

Çatışma-rekabet durumlarının analizini yapmak amacı ile “OYUNLAR TEORİSİ” denilen özel matematiksel teknikler geliştirilmiştir. Teorinin amacı, çatışan grup veya şahıslar için rasyonel hareket yollarını incelemek ve bulmaktır.

Oyun teorisi ilk olarak 1921 tarihinde matematikçi Emil BOREL tarafından ortaya atılmıştır. Diğer bir matematikçi John Von Neumann, teorinin esaslarını ortaya koymuştur. Neumann ile Morgenstern’in birlikte yapmış oldukları çalışmalar, teorinin gelişmesini sağlamış, kazanç (ödeme) matrisleri, doğrusal programlama ve simpleks metodu da teorinin sınırlı da olsa uygulanmasını olanaklı kılmıştır (Toraman, 1982).

Oyun teorisi birden fazla KV’yi içeren bir çatışma durumuna çözüm bulmak için kullanılır. Bu teorinin matematiksel formu; genel strateji oyunları olan poker, tic-tac-toe, dama, briç ve satranç oyunlarının temsil ettiği durumlara birçok bakımdan benzerlik gösterir. Çatışma durumları, iki veya daha fazla tarafın elde etmeye çalıştığı hedefler çakıştığında ortaya çıkmaktadır. Oyun teorisini kullanmanın asıl amacı; söz konusu oyuncuların rasyonel davranışlarını belirlemek için faaliyet planları hazırlamaktır. Bu planlar her oyuncu için optimal stratejileri temsil etmektedir (Przemieniecki, 1994).

İşletme ve ekonomi kaynaklarında “Oyun” zamanla ortaya çıkacak olan belli ödemeleri önceden kestirmek için karar verme zorunluluğunda kalan tarafların (veya oyuncuların) menfaat çatışmalarını veya rekabetini yansıtır. Oyun teorisi karar sürecinde matematiksel yönü ile tarafların seçeneklerini formüle etmeyi amaçlamaktadır. Oyun teorisinin lineer programlama ile sıkı bir ilişkisi vardır ve lineer programlama yöntemi ile çözüm ayrıca verilmektedir (Halaç, 1983).

Bir işletmenin rakipleri vardır. Dolayısıyla işletmenin iç problemlerine en iyi çözümleri bulması yetmeyecektir. Üstelik bu defa, umumiyetle kontrolü dışında olan rakiplere göre kendisini ayarlaması ve rakipleri karşısında kendisine mümkün maksimum geliri (ödemeyi) temin edecek bir strateji tayin etmesi gerekecektir (Karayalçın, 1979).

1- Bu şahısların, müesseselerin, devletlerin, devlet gruplarının, orduların bir hadisede menfaatlerinin karşılaşması halinde aralarında bir oyun oynanmaktadır diyeceğiz.

2- Taraflar oynamayı kabul ettikleri veya oynamaya mecbur kaldıkları takdirde oyun başlar.

3- Bir oyuna iştirak edenlerin sayısı muhtelif olabilir. Hatta bir kişi tarafından oynanan oyunlar da vardır.

4- Taraflar oyunu kazanmak için veya oyunun sonunda kazançlarını azami kılmak için oynarlar.

5- Umumiyetle, rakipler birbirlerinin nasıl oynayacaklarından haberdar değildirler. Daha önce taraflar arasında aynı oyun tekrarlanmışsa, tecrübeye dayanan bazı tahminleri olabilir.

6- Oyunların kaideleri vardır. Tarafların bu kaidelere uyacağı kabul edilecektir. Bu kaideler taraflarca bilinecek ve aynı şekilde tefsir edilecektir.

7- Oyunda tarafların yapmaları mümkün hareketlerin hepsine tarafların mümkün hareketleri veya yolları diyeceğiz. Mümkün olan bu yollardan, belirli oyunda seçecekleri yolların (hareketlerin) takımına tarafların stratejisi (veya tabyası) diyeceğiz. Strateji için de, alt stratejiler, alternatif stratejiler tarif edilebilir.

8- Oyunları gerekli hamle sayısına göre de tasnif edebiliriz. Tek hamleli, sonlu n hamleli veya sonsuz hamleli oyunlar tarif edilebilir.

9- Hamlelerin bir kısmında bir oyun (alt strateji) diğesinde diğeri bir oyun tatbik edilirse, karma strateji takip edildiğı söylenebilir.

10- Oyunlarda tarafların, her hamle sonunda birbirine ödedikleri veya ödemeye mecbur kaldıkları miktarlara oyun parası veya ödeme denir. Bir taraf ödese, diğeri taraf alsa dahi alan tarafınki pozitif olmak üzere her iki taraf da ödedi veya ödemedi denir.

+ ödeme

– ödeme

tarifleri kullanılarak oyun modelleri kurulur.

11- Oyunlarda tarafların gayeleri vardır. Bu gayelere yaklaşma miktarını, gayeleri gerçekleştirmedeki tesirliliğı ölçmek için de bir ölçü seçilir ve buna da tesirlilik ölçüsü denilir.

12- Bunlar, mesela işletmeler için, daha çok mal satmak, daha çok sayıda müşteriye mal satmak, daha uzun bir süre satış yapabilmek, daha çok bölgede satış yapabilmek vs. olabilir.

13- Tarafların muhtelif stratejileri için yapacakları ödemelerin bir tablo halinde gösterilmesine, ödemeler matrisi denmektedir. Çok sayıda taraf bulunduğu takdirde, ödemeler matrisi de uzay matrisi haline gelir.

14- Bir oyunun çözümünün bulunması genellikle tarafların her birisi için en iyi stratejilerin tayini demektir.

15- Tarafların yaptığı ödemelerin toplamı bazı hallerde sıfır, bazı hallerde sıfırdan farklı olabilir. Bunlara sırasıyla sıfır toplamı ve sıfırdan farklı toplamı oyunlar denmektedir.

16- Oyuncuların mümkün “seçme” sayısı (strateji sayısı) eşit olan iki taraflı oyunlara kare oyunlar, farklı olan oyunlara ise dikdörtgen oyunlar denmektedir.

17- Oyunlarda taraflar için en iyi bir veya birkaç strateji bulunursa bunlara TEPECİKLİ oyunlar denir.

3.3.2.7. Fayda teorisi

Karar kuramında, modern yaklaşımla incelenen fayda kavramı, genel ekonomide ele alınan faydadan farklıdır. Geleneksel ekonomi biliminde fayda kavramı; psikolojik

kazanç ve kayıplar biçiminde ölçülen ve malın sağladığı doğal doyum olarak tanımlanır. Buna göre fayda kavramı; ekonomide tüketici açısından ele alınarak, tüketilen malın tüketiciye sağladığı doyuma dayanmaktadır.

Karar kuramında söz konusu fayda kavramı; ilk kez John Von Neumann ve Oscar Morgenstern'in 1947 yılında yayınladıkları Theory of Games and Economic Behavior adlı yapıtında açıklanmıştır. Düşünürlere göre modern fayda kavramı; karar verici tarafından strateji seçiminde söz konusu olmakta ve risk karşısında başvuru değeri ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Böylece karar kuramında fayda; malın yerine parasal değerlerin ve psikolojik doyum ölçüsü yerine de risk karşısında beliren değeri ölçüsü biçiminde incelenmektedir. Bununla birlikte gerek ekonomide ve gerekse karar kuramında fayda kavramının ortak özelliği; sübjektif değeri ölçüsü olmasıdır. Karar kuramındaki faydanın sübjektifliği; kişiden kişiye olduğu kadar, kişideki psikolojik ve sosyo-ekonomik durumun değişmesine de bağlıdır.

Neumann ve Morgenstern'e göre karar vericinin risk ortamındaki davranışını açıklayan kurama "kardinal fayda kuramı" (cardinal utility theory) denir. Genel olarak kardinal fayda kuramının özü şudur (Demir ve diğ., 1985):

- Her kişinin fayda olarak belirlenen sonuçların beklenen değerini eniyeleyecek biçimde davranışta bulunacağı,
- Her kişi için parasal değerlerle fayda arasında fonksiyonel bir ilişkinin saptanabileceği gerçeğine dayanmaktadır.

İşte KV açısından parasal değerlerle fayda arasındaki ilişkiyi belirleyen fonksiyona "kişisel fayda fonksiyonu" denir. Bu fonksiyon; KV'nin risk karşısında sübjektif davranışlarını (tercih) belirleyerek, her bir parasal sonuca karşılık olan göreceli fayda değerini verir. KV'nin kişisel fayda fonksiyonunu belirlemede, dikkat edilmesi gereken iki nokta vardır:

- Kişisel fayda fonksiyonu sübjektif tercihlere ilişkin eğilimleri içerdüğinden, bu fonksiyonun doğruluk derecesi tartışılabilir. Bununla birlikte bir karar verme problemi, kişisel fayda fonksiyonundaki önemsiz değişiklikler karşısında yüksek duyarlılık göstermediğinde, kişisel tercihlerin olurlu bir yaklaşımını belirten bir fayda fonksiyonunun elde edilmesi güç değildir.

- Kişisel fayda fonksiyonu zaman içinde sabit kalan bir fonksiyon niteliğinde değildir. Kişinin yaşamında zamanla ortaya çıkan maddesel ve diğer etkenlerdeki değişiklikler, sübjektif tercihlerini belirleyen değer sistemini etkiler. Bu etki ile kişisel fayda fonksiyonunun biçimi değişir. Bir başka deyişle, kişisel fayda fonksiyonunun; konveks durumdan konkavlığa ya da konkavlıktan konveksliğe dönüşümüne neden olur. Böylece karar vericinin risk karşısında değişik tiplerde olabileceği gerçeğiyle karşılaşılır.

KV'nin kişisel fayda fonksiyonu belirlendiğinde;

- Riskten kaçan (risk avoider, risk averse)
- Riske giren (risk taker, risk seeker)
- Riske karşı nötr (risk neutral) ya da risk karşısında kayıtsız (indifferent to risk)

olmak üzere üç farklı KV tipi ortaya çıkmaktadır.

Genel olarak, n ölçüt $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ için gerçekleşen $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ sonuçlarının herhangi bir kombinasyonu olan $U(x) = U(x_1, x_2, \dots, x_n)$ faydası, ayrı ayrı $U_1(x_1)$, $U_2(x_2)$, $\dots, U_n(x_n)$ fayda fonksiyonlarının;

1. Toplamsal veya
2. Çarpımsal

fonksiyonu olarak ifade edilebilir (Kahraman, 1995).

Fayda teorisi hakkında daha ayrıntılı bilgi dördüncü bölümde Çok Ölçütlü Fayda Modeli konusu içerisinde verilecektir.

4. ÇOK ÖLÇÜTLÜ FAYDA MODELİ

4.1. Fayda Kavramı

Günlük hayatta verdiğimiz her kararı, tamamen finansal kazançlar nedeni ile değil, çıktı sonucunda elde ettiğimiz memnuniyet veya tatmin nedeni ile veririz. Mesela evde oturmaya nazaran daha fazla para harcayacağımızı bilmemize rağmen sinemaya, tiyatroya, futbol maçına gider veya tatile çıkarız. Biz bu tür kararları; yaptığımız faaliyet sonucu elde edeceğimiz memnuniyet veya tatmin duygusunun maliyeti karşılayacağı inancıyla veririz. Aynı zamanda hepimiz bu tür kararların net finansal getirisinin sıfır olacağını bilincindeyiz. Bu nedenle, bir faaliyete karar verirken aslında söz konusu seçim sonucunda algıladığımız fayda önem kazanacaktır. Bu tür bir faaliyet sonucunda maliyet ile memnuniyet arasında sübjektif bir karşılaştırma yapıp, bu tatmin değeri için bir çeşit alt sınır koyma söz konusu olacaktır.

Örneğin bir futbol maçına gitmeyi düşündüğümüzde bu maçı seyretmek için ne kadar para verip, maçı tribünün hangi bölümünden seyredeceğimiz konusunda bir karar problemiyle karşılaşırız. Tribünün farklı bölümlerine ait biletlerin fiyatı 5 milyon TL ile 25 milyon TL arasında değişsin. Seçenekler; futbol maçını seyretme zevkimiz, bulunduğumuz yere göre rahatlığımız ve bilet için ayırabileceğimiz para miktarı gibi birçok faktöre bağlıdır. En ucuz olan üstü açık tribünden bilet alırsak maçı ayakta seyretmek zorunda kalırız. Hava yağmurlu ise ıslanabiliriz veya önümüzde duran uzun boylu bir seyircinin görüş alanımızı kapatma riskiyle karşı karşıya kalabiliriz. Eğer daha pahalı olan kapalı tribünden bilet alırsak daha rahat bir ortamda maçı seyretme imkanına sahip oluruz.

Tüm bu açıklamalardan da anlaşıldığı gibi; aslında karar verme durumunda her zaman seçeneklere bir değer veririz ve bu değer kişiden kişiye ve kişinin finansal kaynaklarına da bağlı olarak farklılık gösterir. Fayda kavramının temelinde de işte bu düşünce yatar (Gregory, 1988).

Neumann ve Morgenstern (1964) tarafından ortaya atılan “fayda teorisi”ne göre; KV, her karar seçeneği için bir fayda fonksiyonu tanımlar ve beklenen değer kriterine benzer bir yöntemle seçenekten beklediği faydayı hesaplar. Fayda teorisine göre kullanılacak kriterin beklenen değer kriterinden farkı, çıktının kendisi yerine faydasının dikkate alınmasıdır. Sonuçta beklenen faydası en yüksek olan seçenek tercih edilecektir.

Fayda teorisinin amacı; kişisel öncelikleri ve değerleri incelemek, bu tür önceliklerin ve değerlerin sayısal olarak ifade edilebilmesi için gerekli olan sayısal tahmin değerlerini ortaya koymaktır. Sonuçta fayda teorisi; kişisel öncelik ve tercihler, değerler ve kıymetler ile ilgili bir model oluşturmayı sağlar (Rivett, 1980).

Fayda teorisinin geçerliliğinin sağlanması için bazı temel noktaların gerçekleşmesi gerekecektir (Evren ve Ülengin, 1992b):

- KV çıktıları sıralayabilmelidir. Diğer bir deyişle iki çıktının (V_1 ve V_2) olduğu bir durumda örneğin $V_1 > V_2$ veya $V_2 > V_1$ gibi bir sıralama yapabilmelidir.
- Daha önceki karar kriterlerinde de temel şart olan tutarlılık sağlanmalıdır. Örneğin $V_1 > V_2$ ve $V_2 > V_3$ denmişse mutlaka $V_1 > V_3$ şartı sağlanabilmelidir.
- Olasılıklara dayalı birleşik piyangolar, basit bir piyangoya indirilebilmelidir. Örneğin elimizde aşağıdaki gibi verilen iki piyango olsun:

$$\begin{aligned}
 A & \left\{ \begin{array}{l} p \text{ olasılıkla } x \text{ çıktısı} \\ (1-p) \text{ olasılıkla } y \text{ çıktısı} \end{array} \right. \\
 B & \left\{ \begin{array}{l} q \text{ olasılıkla } x \text{ çıktısı} \\ (1-q) \text{ olasılıkla } A \text{ piyangosu} \end{array} \right.
 \end{aligned}$$

Yukarıda verilen koşula göre B bileşik piyangosu, basit tek bir C piyangosuna indirgenebilmelidir. Diğer bir deyişle B'ye eşdeğer bir piyango olarak aşağıdaki C piyangosu kurulabilmelidir.

$$C \left\{ \begin{array}{l} q + (1-q) \cdot p \text{ olasılıkla } x \text{ çıktısı} \\ (1-q) \cdot (1-p) \text{ olasılıkla } y \text{ çıktısı} \end{array} \right.$$

- KV, kesin çıktılarla olasılıklara dayalı çıktılar arasında tutarlı tercihler yapabilmeli ve “belirlilik eşdeğerini” bulabilmelidir.
- Herhangi bir piyango için her zaman eşdeğer bir piyango mümkün olmalıdır. (Bu koşul aslında C koşulu için ilişkilidir).
- Piyangoların tercihi açısından da tutarlılık olmalıdır. Diğer bir deyişle eğer 1. piyango 2.'ye; 2. de 3.'ye tercih ediliyorsa 1. piyango 3.'ye tercih ediliyor olması gerekir.
- Elimizde L_1 ve L_2 adlı iki piyango olsun. Birincisi p_i olasılıkla C_b , $(1 - p_i)$ olasılıkla C_w çıktılarını, ikinci piyango ise p_j olasılıkla C_b ve $(1 - p_j)$ olasılıkla C_w çıktılarını sağlasın. $C_b > C_w$ ise, bu durumda birinci piyangonun ikinciye tercih edilmesinin ancak ve ancak $p_i > p_j$ olması halinde mümkün olması gereklidir.

4.2. Klasik Fayda Yaklaşımı

Sonuçların fayda birimleri ile ölçümlenmesinde uygulanan bu yaklaşım, ekonomi bilimindeki fayda yasalarının kanıtlanması niteliğindedir. Bu nedenle, karar kuramında yalnızca tarihsel bir değeri vardır. Klasik fayda yaklaşımı ile ilgili iki teknik aşağıda açıklanmıştır (Demir ve diğ., 1985).

4.2.1. Bernoulli tekniği ve fayda fonksiyonu

Bir karar sorununun ödeme matrisi biçimine getirilmesi ile elde edilen tüm olanaklı ödemelerin, yani parasal değerlerin, fayda birimleriyle nasıl ölçümleneceğine ilk olarak 1730 yılında Daniel Bernoulli değinmiştir. Bu tanınmış İsviçre’li matematikçi; paranın faydasının, kişiler arasında nasıl değiştiğini dikkate almamıştır. Bernoulli, yalnızca parasal değerlerin artmasıyla elde edilen toplam faydanın, azalan marjinal fayda yasasına uygunluk gösterdiğini kanıtlamıştır.

Bernoulli parasal değerlerin fayda birimleri cinsinden ölçümlenmesinde, logaritma tekniğinden yararlanmıştır. Başka bir deyişle, belli bir parasal değerın faydası, onun logaritmik değeridir.

Kısaca;

$$U(M) : \log M \text{’dir.}$$

Burada;

M : Parasal değer (moneter değer)

U (M) : Parasal değerın faydasını göstermektedir.

Parasal değerlerin karşılığı olan fayda birimlerini saptamada başvurulın logaritma tekniğinin kullanılmasında hiçbir özel neden yoktur. Yalnızca bu teknik, paranın faydasının azalan marjinal fayda yasasına uygunluk sağladığını göstermektedir. Teknik deyişle elde edilen parasal değerler arttıkça, ek parasal değerın faydası azalacaktır.

Öte yandan parasal değerlerin logaritmik değerlerinin, onların faydası biçiminde benimsenmesi ile St. Petersburg paradoksu çözümlenmektedir. Söz konusu paradoks; ikinci para oyunu için katılma ücreti kişiye göre çok yüksek düzeyde olduğunda, birinci para oyununun beklenen kazancı ∞ TL olması nedeni ile, katılma ücreti ne olursa olsun, ikinci oyunun seçilmesi gerekmektedir. İşte Bernoulli, parasal değerler yerine onların faydasının hesaplanması ile, ikinci oyunun beklenen değerinin parasal değerlemede olduğu gibi sonsuz TL olmayıp belli bir değer aldığı ve bu değerın de 4 TL olduğu kanıtlanmıştır. Böylece, katılma ücreti bu belli değeri aştığında (4 TL den büyük olması), kişinin oyuna katılması düşünülemez.

Öte yandan, parasal değerlerin fayda birimleri cinsine dönüştürülmesinde, Bernoulli tekniği çoğu kez elverişsizlik göstermektedir. Örneğin, 0 TL nin faydasını bulmak için, $\log 0 = -\infty$ değerini alması nedeniyle ortaya çözümlenmesi gereken bir sorun çıkmaktadır. Bu sorunun çözümü için $U(M) = \log (1+M)$ gibi bir logaritmik fonksiyonun kullanılması önerilmiştir. Ancak, ödeme matriksinde yer alan parasal değerlerin pozitif (yani kazançlar) olması yanında negatif (yani zararlar) de olabileceği düşünüldüğünde, önerilen bu tip logaritmik fonksiyonun da yetersiz kalacağı açıktır. Çünkü, negatif değerlerin logaritmik değerleri gerçel değildir (karmaşık, kompleks). Böyle bir sorunun çözümü ancak logaritmik fonksiyonun; $U(M) = \log (A+M)$ biçiminde ele alınması ile yapılabilir.

Burada,

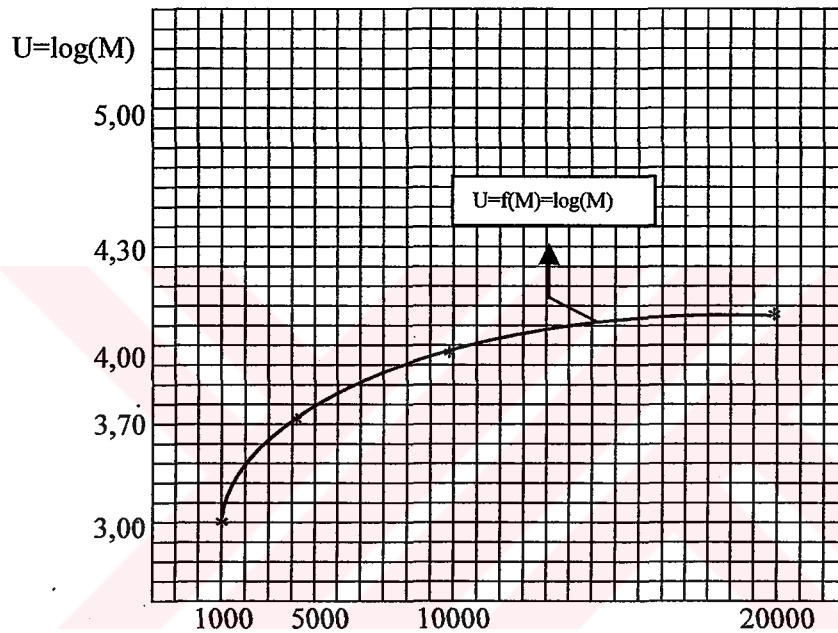
M : Parasal değer,

A : Ödeme matriksindeki negatif parasal değerler içinde en küçük değerin mutlak değerinden büyük bir pozitif parasal değer, yani;

$A > |-M|$ 'dir.

Bernoulli açısından parasal değerlerin fayda fonksiyonu incelendiğinde, iki önemli sonuç elde edilir. Şöyle ki:

- Fayda fonksiyonunun grafiği çizildiğinde elde edilen eğri konkavdır (negatif düşey eksen yönünde içbükey).
- Fayda fonksiyonu sürekli ve artan bir fonksiyondur. Ancak, ekonomide olduğu gibi hiçbir zaman doyuma varmamaktadır. Bu nedenle negatif marjinal fayda durumu söz konusu değildir. Durum, Şekil 4.1’de açıklanmıştır.



Şekil 4.1 Bernoulli tekniğine göre fayda fonksiyonu

4.2.2. Cramer tekniği ve fayda fonksiyonu

İsviçre’li matematikçilerden Cramer ise, parasal değerlerin faydasını karekök değerleri olarak tanımlamıştır. Teknik deyişle, belli bir parasal değerın karekökü onun faydasıdır. Kısaca;

$$U(M) = \sqrt{M} \text{ 'dir.}$$

Görüldüğü üzere Cramer, Bernoulli’ye benzer bir yaklaşımla faydayı tanımlamaktadır. Burada da karekök içindeki parasal değerlerin pozitif, yani kazançlar biçiminde olması gerekmektedir. Bilindiği gibi negatif değerlerin karekökü

gerçel değildir (sanal). Fayda fonksiyonu da Bernoulli fayda fonksiyonu ile benzer özelliktedir.

4.3. Modern Fayda Yaklaşımı

Karar kuramında, modern yaklaşımla incelenen fayda kavramının, genel ekonomide ele alınan faydadan farklı olduğu bilinmelidir. Geleneksel ekonomi biliminde fayda kavramı; psikolojik kazanç ve kayıplar biçiminde ölçülen ve malın sağladığı doğal doyum olarak tanımlanır. Buna göre, fayda kavramı; ekonomide tüketici açısından ele alınarak tüketilen malın tüketiciye sağladığı doyuma dayanmaktadır. Karar kuramında söz konusu fayda kavramı; ilk kez John Von-Neumann ve Oscar Morgenstern'in 1947 yılında yayınladıkları Theory of Games and Economic Behaviour adlı yapıtında açıklanmıştır. Düşünürlere göre, modern fayda kavramı; KV tarafından strateji seçiminde söz konusu olmakta ve risk karşısında başvuru değer ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Böylece, karar kuramında fayda; malın yerine parasal değerlerin ve psikolojik doyum ölçüsü yerine de, risk karşısında beliren değerler ölçüsü biçiminde incelenmektedir. Bununla birlikte gerek ekonomide ve gerekse karar kuramında fayda kavramının ortak özelliği; sübjektif değer ölçüsü olmasıdır. Karar kuramındaki faydanın sübjektifliği, kişiden kişiye olduğu kadar, kişideki psikolojik ve sosyo-ekonomik durumun değişmesine de bağlıdır.

Neumann ve Morgenstern'in sözü edilen ve Swalm'ın deyimi ile anılaşan yapıtında, KV'nin risk ortamındaki davranışını açıklayan kurama; kardinal fayda kuramı (cardinal utility theory) adı verilmiştir. Genel olarak, kardinal fayda kuramının özü şu şekilde açıklanabilir (Grant ve diğ., 1982):

- Her kişinin, fayda olarak belirlenen sonuçların beklenen değerini eniyeleyecek biçimde davranışta bulunacağı,
- Her kişi için parasal değerlerle fayda arasında fonksiyonel bir ilişkinin saptanabileceği gerçeğine dayanmaktadır.

KV açısından parasal değerlerle fayda arasındaki ilişkiyi belirleyen fonksiyona "kişisel fayda fonksiyonu" denir. Bu fonksiyon; KV'nin risk karşısında sübjektif davranışlarını belirleyerek, her bir parasal sonuca karşılık olan göreceli fayda

değerini verir. KV'nin kişisel fayda fonksiyonunu belirlemede, dikkat edilmesi gereken iki nokta vardır (Schroeder, 1981):

- Kişisel fayda fonksiyonu sübjektif tercihlere ilişkin eğilimleri içerdiğinden, bu fonksiyonun doğruluk derecesi tartışılabilir. Bununla birlikte bir karar verme problemi; kişisel fayda fonksiyonundaki önemsiz değişiklikler karşısında yüksek duyarlılık göstermediğinde, kişisel tercihlerin olurlu bir yaklaşımını belirten bir fayda fonksiyonunun elde edilmesi güç değildir.

- Kişisel fayda fonksiyonu zaman içinde sabit kalan bir fonksiyon niteliğinde değildir. Kişinin yaşamında zamanla ortaya çıkan maddesel ve diğer etkenlerdeki değişiklikler, sübjektif tercihlerini belirleyen değer sistemini etkiler. Bu etki ile, kişisel fayda fonksiyonunun biçimi değişir. Bir başka deyişle, kişisel fayda fonksiyonunun; konveks durumundan konkavlığa ya da konkavlıktan konveksliğe dönüşümüne neden olur. Böylece, KV'nin risk karşısında değişik tiplerde olabileceği gerçeği ile karşılaşılır.

KV'nin kişisel fayda fonksiyonu belirlendiğinde;

- Riskten kaçan (risk avoider, risk averse)
- Riske giren (risk taker, risk seeker)
- Riske karşı nötr (risk neutral) ya da risk karşısında kayıtsız (indifferent to risk)

olmak üzere üç farklı KV tipi ortaya çıkmaktadır.

4.3.1. Riskten kaçan karar verici

Genel olarak, kişisel fayda fonksiyonu;

$$U = f(M) \quad (4.1)$$

Biçiminde gösterilir. Burada,

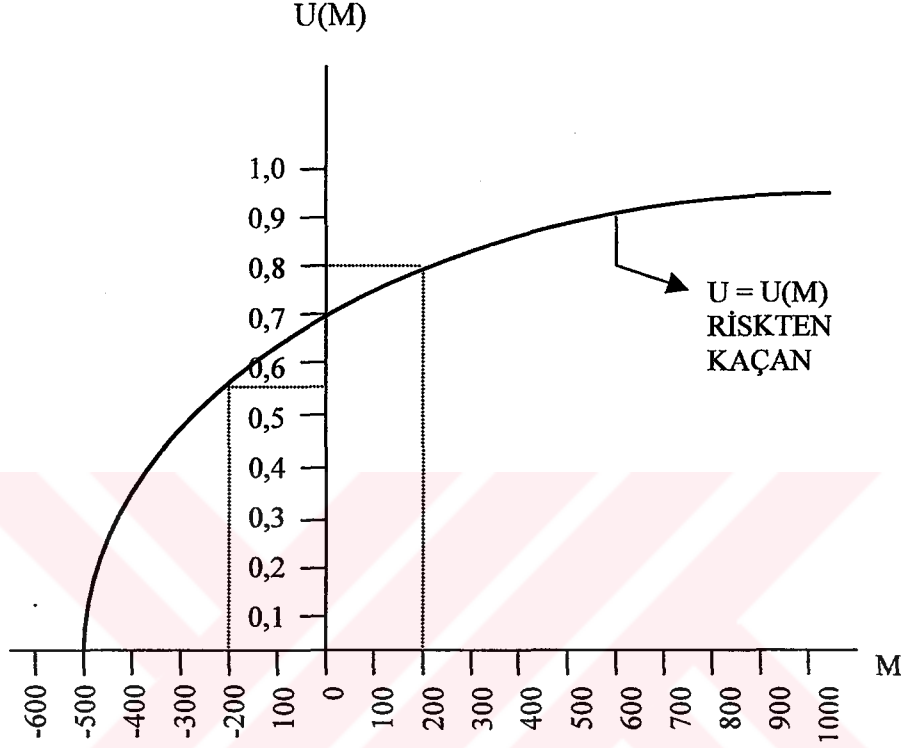
U : faydayı

M : parasal değeri

f : fonksiyonel ilişkiyi

gösteren simgelerdir.

Buna göre, (kişisel) fayda, parasal değerin bir fonksiyonudur. Fayda fonksiyonu monoton olarak artan bir fonksiyondur. Monoton artış; fayda fonksiyonlarının genel özelliğidir. M ; parasal değer olarak tanımlandığında bu özellik, kişilerin normal olarak daha fazla paraya daha çok fayda atadıkları, başka bir kişisel fayda



Şekil 4.2 Riskten kaçan KV'nin kişisel fayda fonksiyonu

fonksiyonunun grafiği belli teknikler yardımıyla belirlendiğinde, bulunan eğri konkav biçimde ise, bu tip KV'ye riskten kaçan KV denir. Durumu açıklamak üzere Şekil 4.2 çizilmiştir.

Bu tip KV, içinde bulunduğu olumsuz finansal koşullar nedeniyle risk karşısında tutucudur. Bir başka deyişle KV; kendisine önerilen para oyunlarından riski içermeyenini, yani kesin olarak kazanacağı birinci oyunu, ikinciye oranla beklenen parasal değeri daha düşük olsa da seçmek eğilimindedir.

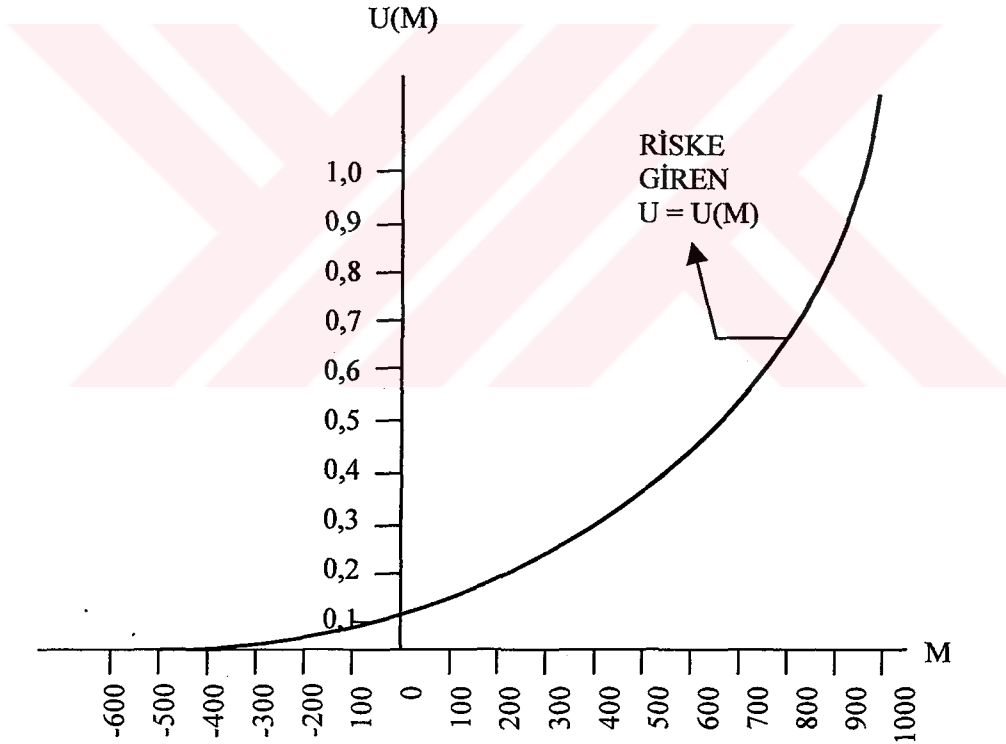
Bu durum Şekil 4.2 incelendiğinde açıkça görülmektedir ki; eğrinin eğimi kazanç arttıkça küçülürken zarar arttıkça büyümektedir. Bunun anlamı, belli bir kazanç artışının sağladığı faydanın, eşit zarar azalmasının sağladığı faydadan az olacağıdır. Şekil 4.2'de görüldüğü üzere zararın 200'den 100'e düşmesi yaklaşık 0,06 birimlik

yarar artışı sağlarken kazancın 100'den 200'e çıkması ancak yaklaşık 0,03 birimlik bir yarar artışı sağlamaktadır. Yani kazanılan parasal değer arttığında, KV artan parasal değere daha küçük subjektif değer vermektedir. KV açısından, kazanılan parasal değer artışının, subjektif olarak daha az değer yaratması, ekonomide azalan marjinal fayda yasası adıyla bilinmektedir (Demir ve diğ., 1985).

4.3.2. Riske giren karar verici

KV'nin kişisel fayda fonksiyonunun grafiği konveks bir eğri biçiminde ise bu tip KV'ye riske giren KV denir.

Riske giren KV, önerilen para oyunlarından riski içerenini, yani ikinciye seçme eğilimindedir. Bir başka deyişle, riski içeren para oyununu, yani birinciye oranla beklenen değeri daha büyük olanı seçmektedir. Şekil 4.3 incelendiğinde, kazanılan parasal değer arttıkça eğrinin eğiminin de büyüdüğü görülmektedir.



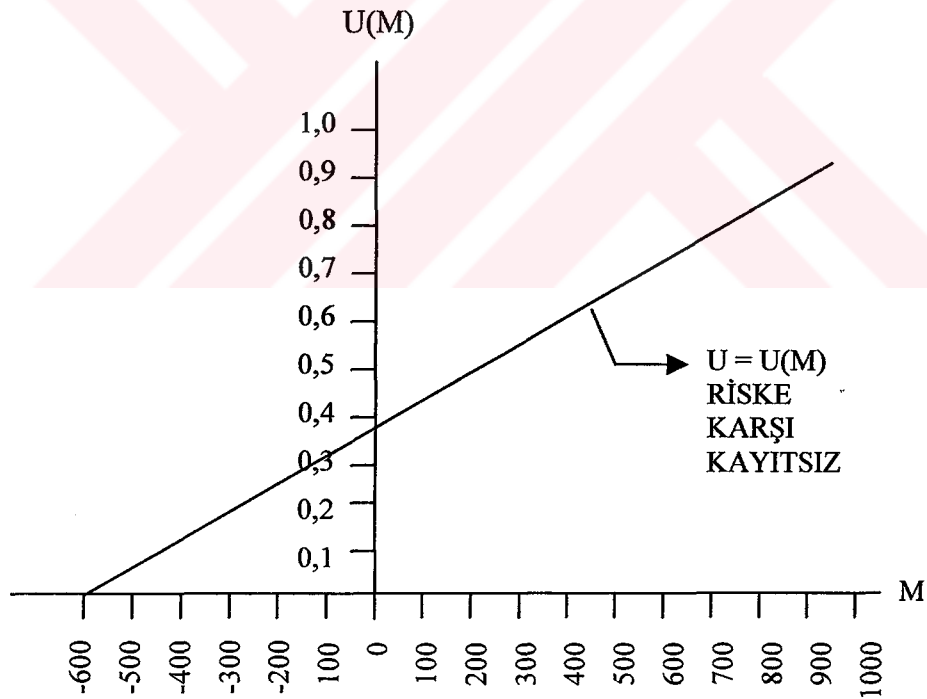
Şekil 4.3 Riske giren KV'nin kişisel fayda fonksiyonu

Bu durum belli bir kazanç artışının faydasının, eşiti olan zarar azalmasının faydasından daha büyük olduğunu açıklamaktadır. Yani kazanılan parasal değer arttığında KV artan her bir para birimine bir öncekinden daha büyük bir subjektif değer verdiği anlamı çıkmaktadır. Kazanılan parasal değer artışının, subjektif olarak

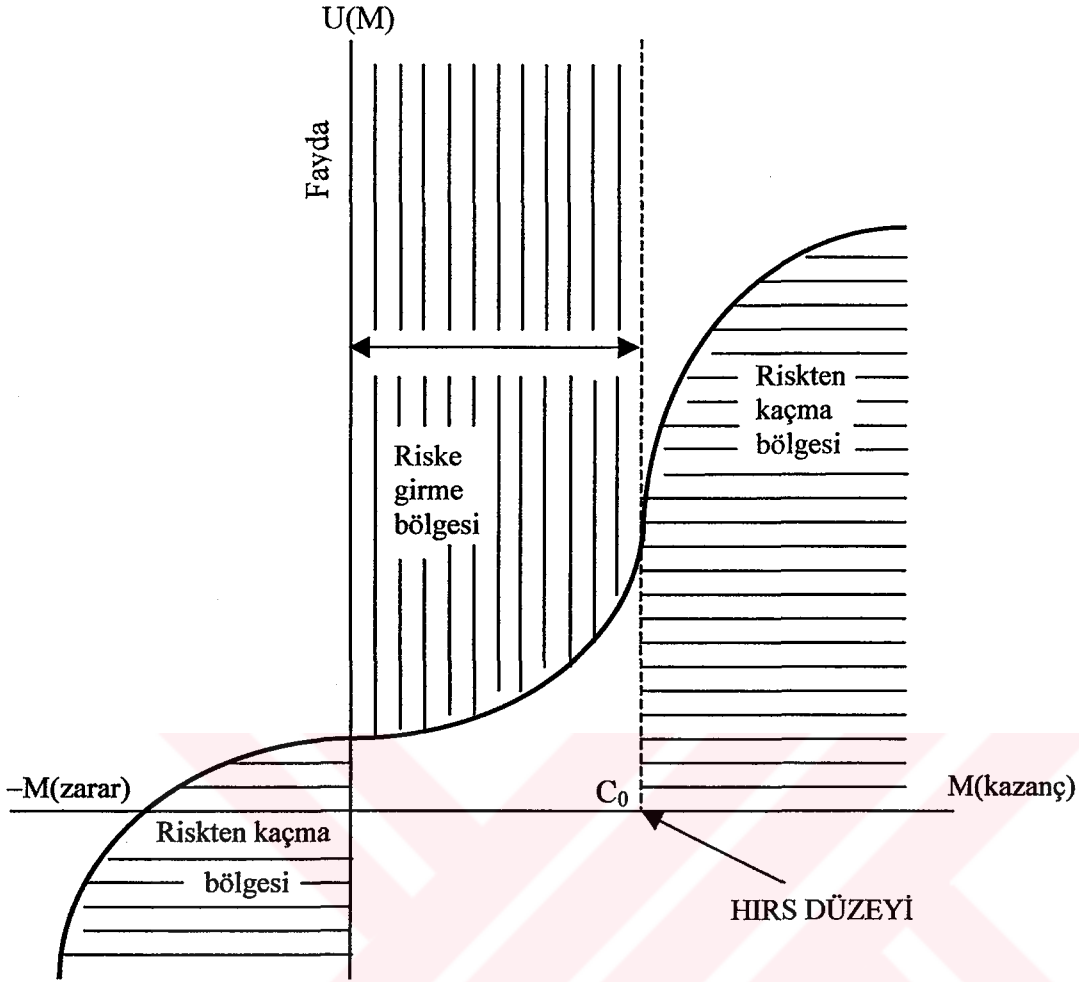
daha büyük bir değer yaratması, artan marjinal fayda yasası biçiminde formüle edilebilir (Demir ve diğ., 1985).

4.3.3. Risk karşılığında kayıtsız kalan karar verici

KV'nin kişisel fayda fonksiyonu doğrusal olduğunda, bu tip KV risk karşısında kayıtsızdır denir. Bu durum KV'nin önerilen her iki para oyunu karşısında seçim yapamaması, yani kayıtsız kalmasıdır. Şekil 4.4 incelendiğinde kazanılan parasal değer arttığında, doğrunun eğimini değişmediği, yani sabit olduğu görülmektedir. Bunun anlamı belli bir kazanç artışının faydasının, eşiti olan zarar azalışının faydasına eşit olduğudur. Kazanılan parasal değer artışlarının eşit sübjektif değerler yaratması, bir bakıma sabit marjinal fayda yasası biçiminde formüle edilebilir. Bu durumda KV; en büyük parasal değer ölçütünü uygulamakla, beklenen faydayı da en büyüklemiş olur. Böylece en büyük beklenen değer ölçütünün parasal ya da fayda birimlerine dayalı olarak uygulanışında, aynı stratejinin seçimi söz konusu olmaktadır.



Şekil 4.4 Risk karşısında kayıtsız kalan KV'nin kişisel fayda fonksiyonu



Şekil 4.5 Friedman-Savage'a göre kişisel fayda fonksiyonu

KV'nin yukarıda açıklanan bu üç tipten hangisine ilişkin olduğunu gösteren kişisel fayda fonksiyonlarından hiç birinin, uygulamada tek başına gerçeği yansıtmadıkları ileri sürülmüştür. Ayrıca kardinal fayda kuramında, konkavlık özelliği gösteren kişisel fayda fonksiyonunun incelenmesinin hiçbir ayrıcalığı olmadığı belirtilmiştir. 1948 yılında Friedman ve Savage, fonksiyonun yalnızca konkav ya da konveks olarak belirlenmesinin yerinde olmadığı düşüncesiyle her ikisini de birlikte içeren bir fayda fonksiyonu önermişlerdir.

Şekil 4.5'den görüldüğü üzere KV; önce risk karşısında tutucu, sonra hırs düzeyi noktasına değin kazancını arttırmak amacı ile riske giren, bu noktadan başlayarak yine riskten kaçan olmaktadır. KV'nin kazancının belli bir noktaya ulaşmasıyla, onun ölçülü davranış tipini benimsediği C noktasına hırs düzeyi (level of aspiration) adı verilmektedir (Demir ve diğ., 1985).

4.4. Fayda Analizi

Bireysel tercihlerin basit temsillerini oluşturmadaki temel önem, farklı ölçütlerin çeşitli miktarlar için KV'nin tercihleri arasında bulunabilen belirli bağımsızlık özelliklerinin gerçekleşmesi ve kullanılabilmesidir. Bağımsızlık durumlarının birçok çeşidi Çok Ölçütlü Fayda Teorisinde ortaya çıkmıştır.

Kwak ve diğ. (2001); Kore'nin Seul kentinde hava kirliliğinin sebep olduğu zararları belirlemek için rasgele seçilmiş bir grup üzerinde ÇÖFM'ni uygulamışlardır.

ÇÖFM; insanın doğal yapısı ve KV'nin karmaşık problemlere karşı geliştirdiği stratejilerle uyum gösteren analiz ve tahlil aşamalarını benimsemektedir. KV'nin çevresel olayları değerlendirmesine ve bunu ifade etmesine olanak veren ÇÖFM'nin değer atama özelliğine dayandırılarak yapılan bu çalışma sonucunda, bu modelin çevresel değerlerle ilgili kullanımı için birçok faaliyet sahası olduğu vurgulanmaktadır.

Bedford ve Cooke (1999) ise belirsizlik ortamında karar vermeyi destekleyen yeni bir ÇÖFM geliştirmişlerdir. Bu modelde kullanılan araçlar; uzman olmasalar dahi ÇÖKV teorisini uygulayabilen mühendis ve yöneticiler için hazırlanmıştır.

Konu hakkında daha spesifik bilgilere sahip olmak için, KV'nin amaçlarının karşılanma derecesinin $X_1, X_2, \dots, X_n$ ölçütlerine dayanarak layıkıyla tarif edildiğini varsayalım. X_i 'nin spesifik bir miktarı x_i ile gösterilirse temel problem; $U(x_1, x_2, \dots, x_n)$ fayda fonksiyonunu belirlemektir. Bunu hemen gerçekleştirmek çok zor olduğundan, fayda fonksiyonunun bir temsili elde edilmeye çalışılır.

$$U(x_1, x_2, \dots, x_n) = f[f_1(x_1), f_2(x_2), \dots, f_n(x_n)] \quad (4.2)$$

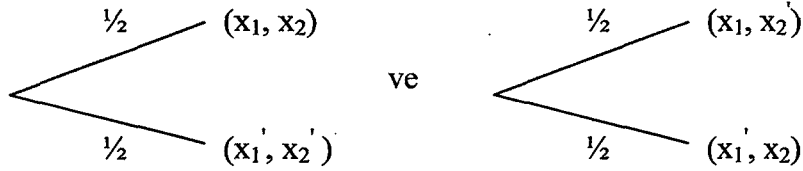
Burada f_i ($i = 1, 2, \dots, n$) sadece X_i ölçütünün fonksiyonlarıdır. Eğer böyle bir temsil f 'nin basit bir forma sahip olduğu durumda elde edilebilirse, U 'nun baştan sona kıymetlendirilmesi büyük oranda basitleştirilebilir. X_i 'nin bir skalar veya bir vektörel nitelik olabileceği unutulmamalıdır (Eppen ve Gould, 1979).

4.4.1. Değer bağımsızlığı

Küme anlamında tanımlanan oyunlar üzerindeki tercihler, sadece kümenin elemanlarının marjinal olasılık yoğunluk fonksiyonlarına bağlıysa ve onların ortak

olasılık yoğunluk fonksiyonuna bağılı değilse, ölçütler kümesi değerce bağımsızdır. Bu özelliğin, diğerlerinden değerce bağımsız olan bir ölçütten çok, birbirinden değerce bağımsız olan ölçütler kümesinin bütün elemanlarını vurguladığına dikkat etmek gerekir.

İki boyut söz konusu olduğunda, X_1 ve X_2 'nin değerce bağımsız olması için eşdeğer bir durum şu şekildedir:



Oyunlar x_1 , x_1' , x_2 ve x_2' 'nün bütün değerleri için eşit şekilde tercih edilebilir olmalıdır. Bu iki oyunun her birinde, x_1 veya x_1' sonucuna sahip olma olasılığı $\frac{1}{2}$ dir. Tek fark, X_1 ve X_2 değerlerinin nasıl birleştirildiğidir. Eğer bir kimse, oyunlar arasında kararsız kalırsa, o kimse değerlerin nasıl birleştirileceğinde kararsız kalmıştır ve bundan ötürü değerlerin derece bağımsızlığında da kararsızdır. Bu iki boyutlu durumdan anlaşılmaktadır ki X_1 'e X_2 'den değerce bağımsız sahip olabilmek anlamlı değildir. X_1 ve X_2 kümelerin elemanları ya birbirlerinden değerce bağımsızdır ya da değildirler. Bu durum bağımsızlık durumlarının diğer çeşitleri için geçerli değildir.

Değer bağımsızlığı ile anlatılmak istenen temel teorem genellikle aşağıdaki formla ifade edilir (Keeney ve Raiffa, 1976):

Sonuç 1. Eğer X_i ($i = 1, 2, \dots, n$) ölçütler kümesinin elemanları değerce bağımsız ise, toplamsal bir fayda fonksiyonu vardır:

$$U(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n k_i \cdot U_i(x_i) \quad (4.3)$$

U ve U_i , 0 dan 1'e kadar değer alan fayda fonksiyonlarıdır ve

$$\sum_{i=1}^n k_i = 1 \text{ 'dir.}$$

4.4.2. Faydaca bağımsızlık

Değerce bağımsızlık miktar olarak aynı zamanda değişen birden fazla ölçütlü oyunlar için söz konusu olan tercihlerle ilgilenirken, faydaca bağımsızlık sadece bir ölçüt üzerindeki oyunlarla ilgilenir (bu ölçüt bir vektör olmasına rağmen). Eğer X_i üzerindeki sabit bir X_{i-} seviyesinde tutulan diğer ölçütlere sahip oyunlar için yapılan tercihler, bu sabit seviyelerin ne olduğuna bağlı değilse, X_i diğer ölçütlerden faydaca bağımsızdır ve X_{i-} olarak gösterilir. X_i, X_{j-} 'den sadece ve sadece,

$$U(x_i, x_{i-}) = g(x_{i-}) + h(x_i) \cdot U(x_i, x_{i-}^0) \quad (\text{bütün } x_{i-}\text{'ler için}) \quad (4.4)$$

ise faydaca bağımsızdır. g ve h skalar değerli fonksiyonlardır ve x_{i-}^0, x_{i-} ölçütlerinin spesifik bir seviyesini temsil eder (Starr ve Zeleny, 1977).

Faydaca bağımsızlık refleksif bir özellik değildir. Eğer X_i, X_{i-} 'den faydaca bağımsız ise, X_{i-} 'nin X_i 'den faydaca bağımsız olması gerekmez. Bundan başka, her bir X_i ($i = 1, 2, \dots, n$) kendisine karşı gelen X_{i-} 'den faydaca bağımsız olmasını gerektirmez. Faydaca bağımsızlığı ilgilendiren önemli teoremlerden biri:

Sonuç 2. Eğer her bir X_{i-}, X_i ($i = 1, 2, \dots, n$)'den faydaca bağımsız ise, fayda fonksiyonu ya toplamsaldır:

$$U(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n k_i \cdot U_i(x_i) \quad (4.5)$$

ya da çarpımsaldır:

$$1 + k \cdot U(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n [1 + k \cdot k_i \cdot U_i(x_i)] \quad (4.6)$$

Burada U ve U_i , 0'dan 1'e ölçülendirilmiş fayda fonksiyonlarıdır ve k ile k_i ölçülendirme sabitleridir. Eğer U , toplamsal ise $\sum_{i=1}^n k_i = 1$ 'dir ve $\sum_{i=1}^n k_i \neq 1$ ise

$1 + k = \prod_{i=1}^n (1 + k \cdot k_i)$ ' dir. (4.4) yeterlilik koşulu kullanılarak, hem (4.5), hem de (4.6) eşitliğinin; X_j 'nin bütün i 'ler için X_{i-} 'den faydaca bağımsız olduğunu ifade ettiği fark edilebilir. Böylece, X_{i-} , bütün i 'ler için X_i 'den bağımsızdır. Tersini doğru olmadığından, eşdeğerlik koşulları gerçekleşmemektedir (Starr ve Zeleny, 1977).

Sonuç 3. Eğer X_i , bütün i 'ler için X_{i-} 'den faydaca bağımsız ise:

$$U(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n k_i \cdot U_i(x_i) + \sum_{i=1}^n \sum_{j>1}^n k_{ij} \cdot U_i(x_i) \cdot U_j(x_j) + \dots + k_{1\dots n} \cdot U_1(x_1) \dots U_n(x_n) \quad (4.7)$$

Burada U ve U_i , 0'dan 1'e ölçülendirilir. k 'lar ölçülendirme sabitleridir.

Sonuç 3 veya Sonuç 2 koşulları verildiğinden; (4.5) ve (4.7)'den açıkça anlaşılmaktadır ki, toplamsal fayda fonksiyonu diğer olanaklar mevcut olmasına rağmen uygun olabilir. Böylece bunları Sonuç 1 ile karşılaştırarak açıkça görülür ki değerce bağımsızlık, faydaca bağımsızlık koşullarının kümelerinin her ikisini de ifade etmektedir. Gerçekten değerce bağımsızlık, X_i 'nin herhangi bir alt kümesinin o alt kümede olmayan diğer ölçütlerden faydaca bağımsız olduğunu ifade eder. Diğer taraftan faydaca bağımsızlık koşulları kendi kendilerine değerce bağımsızlığı ifade etmezler. Böylece, Sonuç 2 ve 3'ün faydaca bağımsızlık koşulları, değerce bağımsızlık için gerekli koşullar değildirler. Sonuç 1'in değerce bağımsızlık koşulu, faydaca bağımsızlık koşullarının kümeleri için yeterli bir koşuldur.

Çoğu durumlarda, ölçütlerin bazı alt kümeleri diğer ölçütlerden faydaca bağımsız olabilir. Fakat 1, 2 veya 3 sonuçları için gerekli koşulların hiçbirinin sağlanması gerekmez. Böyle durumlarda (4.6)'ya benzer bir eşitlik bize $U(x_1, x_2, \dots, x_n)$ için temsili teoremlerin türetilbildiği uygun fayda bağımsızlık koşullarını kolayca ele geçirilebilecek matematiksel ifadelerini verir.

4.4.3. Tercihsel bağımsızlık

Tercihsel bağımsızlık fayda bağımsızlığına bir bakımdan benzer şekilde tanımlanır. Ancak tercihsel bağımsızlık, oyunlardan daha çok sonuçlar için yapılan tercihlerle ilgilenir. Yine de, bu sonuçlar dejenere oyunlar olarak düşünülebilir. Eğer sadece X_i ölçütüne bağlı olarak fark eden sonuçlar için yapılan tercihler, sadece x_i değerine bağlıysa ve X_{i-} 'nin ortak değerine bağlı değilse, X_i diğer X_{i-} ölçütlerinden tercihsel olarak bağımsızdır. Böylece, örneğin X_i , X_{i-} 'den tercihsel olarak bağımsız ise ve (x_i', x_{i-}) sonucu, X_{i-} 'nin bir değeri için (x_i'', x_{i-}) 'ye tercih edilirse, tüm mümkün x_{i-} 'ler için tercih edilmelidir.

X_i skalar bir ölçüt olduğunda, X_i 'nin X_{i-} 'den tercihsel olarak bağımsız olarak bağımsız olduğu gerçeği, basit bir şekilde tercihlerin X_{i-} 'nin değeri ne olursa olsun

X_i 'de monoton olarak artan olduğunu ifade edebilir. X_i bir vektör olduğunda, X_i 'nin X_i 'den tercihsel olarak bağımsız olması koşulu, X_i 'nin elemanlarının çeşitli seviyeleri arasındaki bütün ödünleşmelerin X_i 'nin değeri ne olursa olsun aynı olması gerektiğini ifade eder.

Açıktır ki tercihsel bağımsızlık faydaca bağımsızlıktan daha zayıf bir koşuldur. Tanıma göre, eğer X_i , X_i 'den faydaca bağımsız ise X_i , X_i 'den tercihsel olarak bağımsızdır. Tersinin sağlanması şart değildir.

Tercihsel bağımsızlık koşullarından çıkan aşağıdaki esas sonuç, bütün sonuçlara skalar tayin eden sıralı fayda fonksiyonu $V(x_1, x_2, \dots, x_n)$ ile ilgilidir. Şöyle ki, sadece ve sadece $(x_1, x_2, \dots, x_n)$, $(x_1', x_2', \dots, x_n')$ 'e tercih edilirse $V(x_1, x_2, \dots, x_n)$, $V(x_1', x_2', \dots, x_n')$ 'den daha büyüktür. Yine de, bir kardinal fayda fonksiyonu U 'nun beklenen değeri ile olan durumdaki gibi, oyunlar arasındaki sıralı tercihler için V 'nin beklenen değerini kullanmak muhakkak ki uygun değildir. V fonksiyonu pozitif monoton dönüşümler için eşsizdir.

Bütün X_i 'lerin skalar ölçütler olduğu durumu düşününüz. Bu durumda, eğer sadece X_j ve X_i 'ye göre fark eden sonuçlar için yapılan tercihler, sadece x_i ve x_j 'nin değerlerine bağlıysa ve diğer ölçütlerin ortak miktarı x_{ij} 'ye bağlı değilse $\{X_i, X_j\}$ ölçütler çiftinin diğer ölçütlerden tercihsel olarak bağımsız olduğunu söyleyebiliriz.

Sonuç 4. $n \geq 3$ verildiğinde, eğer $\{X_i, X_j\}$ bütün i ve j 'ler için diğer ölçütlerden tercihsel olarak bağımsız ise sıralı fayda fonksiyonları V_i vardır:

$$V(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n V_i(x_i) \quad (4.8)$$

Bir fayda fonksiyonu $U(x_1, x_2, \dots, x_n)$ elde etmekte Sonuç 4'ün esas önemi, $V(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 'in V değerindeki bir skalar olarak bütün sonuçları sıraya dizmesidir. $V(x_1, x_2, \dots, x_n)$ üzerinde bir fayda fonksiyonu elde edilebilir. Bu, $U[V(x_1, x_2, \dots, x_n)]$ sadece bir ölçütlü fayda olduğundan $U(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 'in doğrudan takdir edilmesinden daha kolaydır.

Tercihsel bağımsızlığı kullanmanın bir başka önemi, çeşitli yüksek dereceli faydaca bağımsızlık koşullarını oluşturmakta yatar. Şimdiye kadar anlatılanlardan çıkarılacak esas sonuç şudur:

Eğer $\{X_i, X_j\}$, diğer X_{ij} - ölçütlerinden tercihsel olarak bağımsız ve eğer X_i, X_i ’den faydaca bağımsız ise, o zaman $\{X_i, X_j\}, X_{ij}$ ’den faydaca bağımsızdır.

Sonuç 5. Eğer X_i, X_i ’den (bir i için) faydaca bağımsız ve eğer $\{X_i, X_j\}$, bütün $j \neq i$ için X_{ij} ’den tercihsel olarak bağımsız ise, $U(x_1, x_2, \dots, x_n)$ Sonuç 2’de belirtildiği gibi ya toplamsal ya da çarpımsaldır (Kahraman, 1990).

4.4.4. İki ölçütlü durum

İki ölçütlü bir problem üzerinde durmak konunun anlaşılması açısından faydalı olacaktır. Bu durumda, Sonuç 2 ve 3 için gerekli koşullar tektir ve fayda fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir (Keeney ve Raiffa, 1976):

$$U(x_1, x_2) = k_1 \cdot U_1(x_1) + k_2 \cdot U_2(x_2) + k \cdot U_1(x_1) \cdot U_2(x_2) \quad (4.9)$$

Burada U, U_1 ve U_2 , 0’den 1’e kadar ölçüleştirilmiştir. (4.9)’dan $k_1 + k_2 + k = 1$ ’dir. $k = 0$ olduğunda toplamsal fayda fonksiyonu için söz konusu olan $k_1 + k_2 = 1$ eşitliği sağlanır. Bu durumda ($k = 0$), örneğin x_1, x_1' ’den daha fazla tercih edilen x_1'' ’ye değiştiği zaman $U(x_1, x_2)$ faydasındaki artış X_2 ’nin seviyesine bağlı değildir. X_2 ’nin değeri tarafından etki edilen X_1 miktarlarının değerinin hiçbir tesiri yoktur. Bundan dolayı, durumu ifade etmek için “değerce bağımsız” kelimelerini seçeriz. $k \neq 0$ olduğu zaman anlamayı kolaylaştırmak için (4.9)’u aşağıdaki gibi yazabiliriz:

$$U(x_1, x_2) = k_2 \cdot U_2(x_2) + [k_1 + k \cdot U_2(x_2)] \cdot U_1(x_1) \quad (4.10)$$

(4.10)’dan açıktır ki k pozitif ise, $U(x_1, x_2)$, x_2 daha fazla tercih edilen değerlere sahip olduğunda ($U_2(x_2)$ daha büyük) x_1', x_1'' ’ye dönüştüğü zaman daha fazla artar. X_1 ’in daha fazla tercih edilen miktarları X_2 ’nin daha fazla tercih edilen miktarlarını tamamlar. Tam tersi, k negatif olduğunda doğrudur. Burada, X_1 ve X_2 ’nin daha fazla tercih edilen miktarları, birbirleri için ikame oluyor gibi düşünülebilir. Böylece, k parametresi, olasılık teorisindeki lineer korelasyon katsayısına biraz benzer olan bir “katsayı değeri” olarak düşünülebilir. $k=0$ olduğunda, X_1 ve X_2 değerce bağımsızdır.

Motavalli ve Islam (1997); birbirini takip eden problemler üzerine çok kriterli optimizasyon formülasyonunun elemanlarını tanımlamışlardır. Kriterler toplam

zaman ve tekrar yönelme öğelerinden oluşmaktadır. Bu iki kriter; tek bir amaç fonksiyonu elde etmek için ÇÖFM kullanılarak birleştirilmiştir.

4.4.5. Toplamsal ve çarpımsal fayda fonksiyonları

Genel olarak n ölçüt $(X_1, X_2, \dots, X_n)$ için gerçekleşen $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ sonuçlarının herhangi bir kombinasyonu olan $U(x) = U(x_1, x_2, \dots, x_n)$ faydası, ayrı ayrı $U_1(x_1), U_2(x_2), \dots, U_n(x_n)$ fayda fonksiyonlarının;

- Toplamsal veya
- Çarpımsal

fonksiyonu olarak ifade edilebilir. Her ölçüt çifti;

1. Diğerlerinden tercihsel olarak bağımsızdır. (Herhangi bir ölçüt çifti için sonuçların tercih kuralı, diğer ölçütlerin kabul edildiği seviyelere bağlı değildir.)
2. Diğerlerinden faydaca bağımsızdır. (Herhangi bir ölçüt çifti için sadece seviyelerdeki değişiklikleri içeren oyunlar için şarta bağlı tercih kuralı diğer bütün ölçütlerin kabul edildiği seviyelere bağlı değildir.) (Canada ve White, 1980).

4.4.5.1. Toplamsal fayda modeli

Ölçütler toplamsal olarak bağımsız olmalıdır. (iki veya daha fazla ölçüt içeren oyunlarda yapılan tercihler, sadece onların marjinal olasılık dağılımlarına bağlıdır ve ortak olasılık dağılımına bağlı değildir). Bu (4.11) eşitliğinde verildiği gibi, modelde $\sum_{i=1}^n k_i = 1$ ise doğrudur. n ölçüt $(X_1, X_2, \dots, X_n)$ için sonuçların herhangi bir kombinasyonunun $U(x)$ faydası (Whittaker ve Sprague, 1986):

$$U(x) = \sum_{i=1}^n U(x_i, x_i^0) = \sum_{i=1}^n k_i \cdot U_i(x_i) \quad (4.11)$$

Burada:

$U(x_i, x_i^0) =$ i . ölçüt X_i için gerçekleşen sonucun ve i . ölçüt X_i^0 'nin tamamlayanları için en kötü olası sonucun faydasıdır. (Not: i . ölçütün tamamlayanları, i . ölçüt dışındaki diğer bütün ölçütler demektir.)

$k_i =$ i . ölçütün ağırlığı

$U_i(x_i) =$ i . ölçüt için x_i sonucunun faydası

Toplamsal fayda modeli için diğer koşullar ve ifadeler aşağıdadır:

1. $U, U(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0) = 0$ ve $U(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) = 1$ ile normalize edilir.
(Not: x_i^0, x_i 'nin en kötü sonucu, x_i^*, x_i 'nin en iyi sonucu demektir.)

2. $U_i, U_i(x_i^0) = 0$ ve $U_i(x_i^*) = 1$ ($i = 1, 2, \dots, n$ ölçüt için) ile normalize edilen x_i 'nin koşullu fayda fonksiyonudur.

3. $k_i = U(x_i^*, x_i^0)$; ($i = 1, 2, \dots, n$ ölçüt için)

Yukarıda bahsedildiği gibi, toplamsal model $\sum k_i = 1,0$ olduğu zaman uygulanır.

Aksi takdirde çarpımsal model uygulanır.

4.4.5.2. Çarpımsal fayda modeli

n ölçütün sonuçlarının herhangi bir kombinasyonunun $U(x)$ faydası aşağıdaki eşitsizliğin çözümünden elde edilir (Canada ve White, 1980):

$$k \cdot U(x) + 1 = \prod_{i=1}^n [k \cdot k_i \cdot U_i(x_i) + 1] \quad (4.12)$$

$U(x)$ çözümlürse:

$$U(x) = \frac{\prod_{i=1}^n [k \cdot k_i \cdot U_i(x_i) + 1]}{k} \quad (4.13)$$

Burada:

1. $U; U(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0) = 0$ ve $U(x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*) = 1$ ile normalize edilir.

2. $U_i(x_i); U_i(x_i^0) = 0$ ve $U_i(x_i^*) = 1$ ($i = 1, 2, \dots, n$ ölçüt için) ile normalize edilen x_i üzerinde koşullu fayda fonksiyonudur.

3. $k_i = U(x_i^*, x_i^0)$

4. k , aşağıdaki eşitlikten hesaplanan bir sabittir:

$$1 + k = \prod_{i=1}^n (1 + k \cdot k_i)$$

iteratif olarak bulunmalıdır. Faydaca bağımsızlık uygulandığı zaman, modele göre $-1 < k < 0$ 'dır.

Dean Ting ve diğ. (1999) imalat endüstrisine mamul mühendisliğinin erken tasarım aşamalarında yeni teknolojilerin maliyetini değerlendirme yeteneği kazandıran etkin modeller önermektedirler. Bulanık ÇÖFM olarak adlandırılan bu model, her mamulün maliyet indeksini değerlendirmek için kullanılabilir.

Raju ve Pillai (1999) ise ÇÖFM'ni sulama sistemi geliştirme stratejileri arasında en iyi seçeneği bulmak için kullanmıştır. Çeşitli faktörlerin sulama sistemi üzerindeki etkilerini belirlemek için bir dizi deney yapan Raju ve Pillai, kriterlerin ağırlıklarını belirlemek için Analitik hiyerarşi yönteminden faydalanmışlardır.

4.4.6. Ayrı ölçütler için fayda fonksiyonlarının belirlenmesi

Yukarıdaki modellerden birini kullanmak için, her ölçüt için $U_i(x_i^0)=0$ ve $U_i(x_i^*)=1,0$ olan bir fayda fonksiyonu belirlenmelidir. Başka bir ifadeyle, her ölçüt için en kötü sonuca 0'lık bir fayda atanmalıdır ve her ölçüt için en iyi sonuca 1,0'lık bir fayda atanmalıdır. Her fayda fonksiyonunun şekli, KV'nin çeşitli sonuçların göreceli istenirliği üzerindeki sübjektif yargısına bağlıdır. Bu, aşağıdaki gibi bir takım sorulara cevaplar vererek yapılabilir.

X_i ölçütü için, hangi belirli x_i sonucu, eşit olarak en yüksek sonucun %P gerçekleşme olasılığı ve en düşük sonucun %(1-P) gerçekleşme olasılığı kadar çekici olacaktır? Bu durum x_i^* ve x_i^0 uç değerlerini $U(x_i = ?) = P \cdot U(x_i^*) + (1-P) \cdot U(x_i^0)$ eşitliğinde kullanarak fayda terimleri ile ifade edilebilir.

Fayda fonksiyonu için noktaları işaretlemek üzere, P istenildiği gibi değiştirilebilir. Alternatif olarak sınırlı değerler arasındaki belirli x_i sonucu tayin edilebilir ve şu şekilde sorular sorulabilir: Hangi P'de belirli bir x_i sonucu, eşit olarak $P \cdot U(x_i^*) + (1-P) \cdot U(x_i^0)$ kadar çekici olacaktır?

Durumu bir örnekle açıklamak yararlı olacaktır (Canada ve White, 1980):

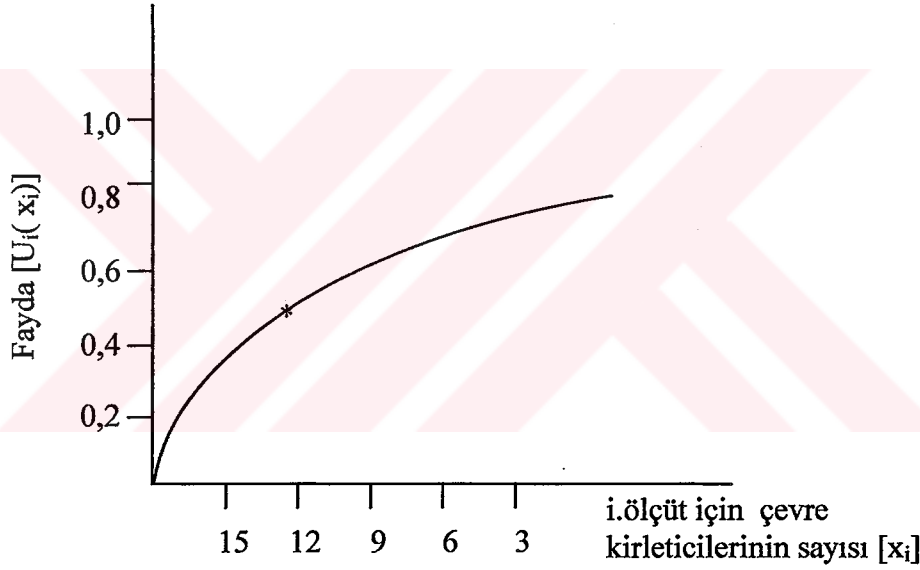
Örnek: Farz ediniz ki bir prosesin sebep olduğu çevre kirleticilerin sayısı için yaklaşık bir fayda fonksiyonu tanımlanmak istensin. Düşünülen en iyi sayı 3 ve en kötü sayı 15 olarak saptanmıştır. Bu sayılara sırasıyla 0 ve 1 fayda değerleri verilecektir. "Ne miktarda belirli çevre kirleticisi, %50 olasılık ile 3 ve %50 olasılıkla 15 kadar çekici olacaktır?" sorusu sorulabilir. Eğer cevap örnek olarak 12 ise, yeni fayda değeri aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$U(x=12) = 0,5 \cdot U(x=3) + 0,5 \cdot U(x=15)$$

$$U(x=12) = 0,5 \cdot 1,0 + 0,5 \cdot 0$$

$$U(x=12) = 0,5$$

Şekil 4.6 buraya kadarki sonuçları noktalarla belirten olası bir eğriyle göstermektedir. Diğer noktalar, fayda fonksiyonunun doğruluğu ile ikna olunana kadar işaretlenebilir ve hesaplanabilir. Alternatif olarak, sezgisel yargı kullanılarak gerçeğe yakın bir tahmin yapılabilir en iyi sonuç sağda ve en kötü sonuç solda olacak şekilde sıraya konulan ölçütler için çizilmiş diyagram tipiktir fakat bu istenirse tersine çevrilebilir. Her nasıl olursa olsun, ölçüt değerleri ve fayda değerleri, grafiksel karşılaştırmanın kolaylaştırılması için lineer diyagramlarında gösterilmelidir.



Şekil 4.6 Fayda eğrisi

4.4.7. Ağırlıklandırma faktörlerinin belirlenmesi

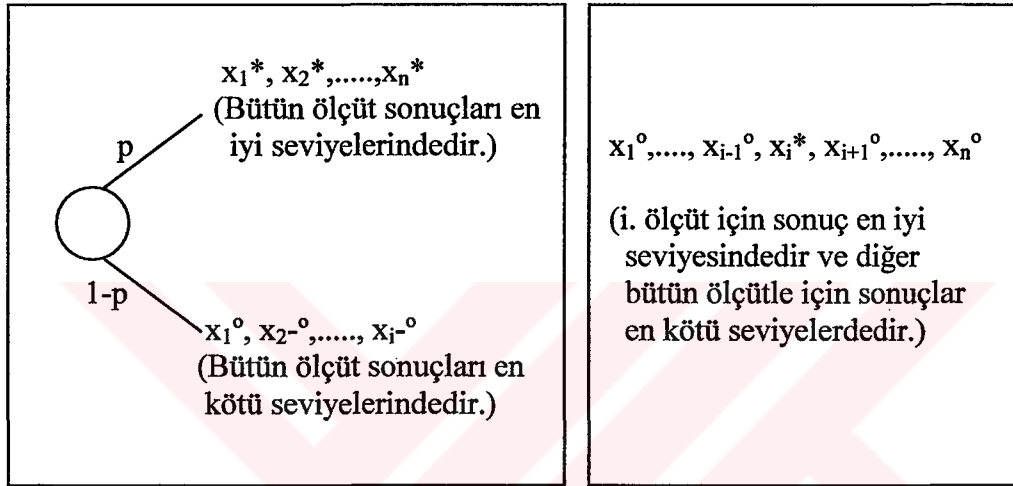
Bütün ölçütler için fayda fonksiyonları belirlendikten sonra, öteki adım her ölçüt için k_i ağırlığını belirlemektir. Hem toplamsal hem de çarpımsal fayda modelleri için yapılan açıklamalardan, $0 \leq k_i \leq 1$ olacak şekilde $k_i = U(x_i^*, x_i^0)$ 'dır. Eğer i. ölçüt için sonuç en iyi değeri (x_i^*)'yi alıyorsa ve i. ölçüt dışındaki tüm ölçütler için sonuçlar, ayrı ayrı en kötü değerlerini (x_i^0)'yi alıyorsa k_i , faydadır. k_i 'leri oluşturmak için kullanılan sorular aşağıda verilmiştir (Canada ve White, 1980):

Soru A. Hangi olasılıkla aşağıdaki iki durum arasında kayıtsız kalmaktasınız?

1. P olasılığı ile $x^*(=x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ ve $(1-P)$ olasılığı ile $x^o(=x_1^o, x_2^o, \dots, x_n^o)$ 'ı veren oyun.

2. $(x_1^o, \dots, x_{i-1}^o, x_{i+1}^o, \dots, x_n^o)$ sonucu.

Yukarıdaki durumlar diyagram şeklinde Şekil 4.7'de gösterilmektedir. Böyle bir değerlendirmenin sonucu $P = k_i$ 'dir.



Şekil 4.7 i. ölçüt için ağırlıklandırma faktörünü bulmak üzere a sorusunun izahı

Soru B. Bir X_i seviyesi (örneğin x_i') ve bir X_j seviyesi seçiniz ki diğer bütün ölçütlerin seviyeleri için aşağıdaki iki durum arasında kayıtsız kalınız:

1. x_i' ve x_j^o 'ı birlikte hasıl eden bir sonuç.
2. x_j' ve x_i^o 'ı birlikte hasıl eden bir sonuç.

Böylece, $k_i.U_i(x_i') = k_j.U_j(x_j')$ bağıntısı, bilinmeyene bağlı olarak k_i veya k_j 'yi çözmek için kullanılabilir. k_j 'leri oluşturmakta önerilen uygulama, onları ilk önce sıralamak, sonra en büyük k_i 'yi değerlendirmek üzere A sorusunu kullanmak, daha sonra en büyük k_i 'ye göre veya önceden hazırlanmış olan herhangi bir diğer k_i 'ye göre diğer k_i 'lerin büyüklüğünü değerlendirmek için başarılı bir şekilde B sorusunu kullanmaktır. k_i 'lerin sıralanması, sezgisel yargı ile veya karar vericiye örnek olarak, (x_1^*, x_1^o) 'ı veya (x_2^*, x_2^o) 'ı tercih edip etmediğini sorarak yapılabilir. Eğer, ilki tercih edilirse, $k_1 > k_2$ 'dir ve eğer ikincisi tercih edilirse $k_2 > k_1$ 'dir.

Aşağıda konuyla ilgili bir örnek verilmiştir (Canada ve White, 1980):

Örnek: Bir karar problemi için ölçütler en kötüden en iyiye doğru önem sırasına göre aşağıda verilmiştir.

Ölçüt	Sıra	Aralık
X_1 kar indeksi	1	0-10
X_2 kirletici sayısı	2	15-3
X_3 kalite seviyesi	3	90-99
X_4 boşta bekleme	4	18-8

Ölçütlerin her biri için fayda fonksiyonları Şekil 4.8’de verilmiştir. Bunların k_i ağırlık faktörlerinin nasıl belirleneceğini göstermesi istenir. İlk önce en yüksek aralık X_1 ölçütü için ağırlık faktörünü bulmak üzere A sorusunu kullanacağız. Soru aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

Hangi olasılıkla en kötü seviyelerinde olan bütün ölçüt sonuçlarına karşı en iyi seviyelerinde olan bütün ölçüt sonuçları, en iyi seviyesinde olan kar ve en kötü seviyelerinde olan diğer bütün ölçütler kadar çekici olacaktır?

Farz edelim ki yukarıdaki soruya verilen cevap 0,4’dür. Böylece kar kriteri için ağırlık faktörü; $k_1 = 0,4$ kabul edilir.

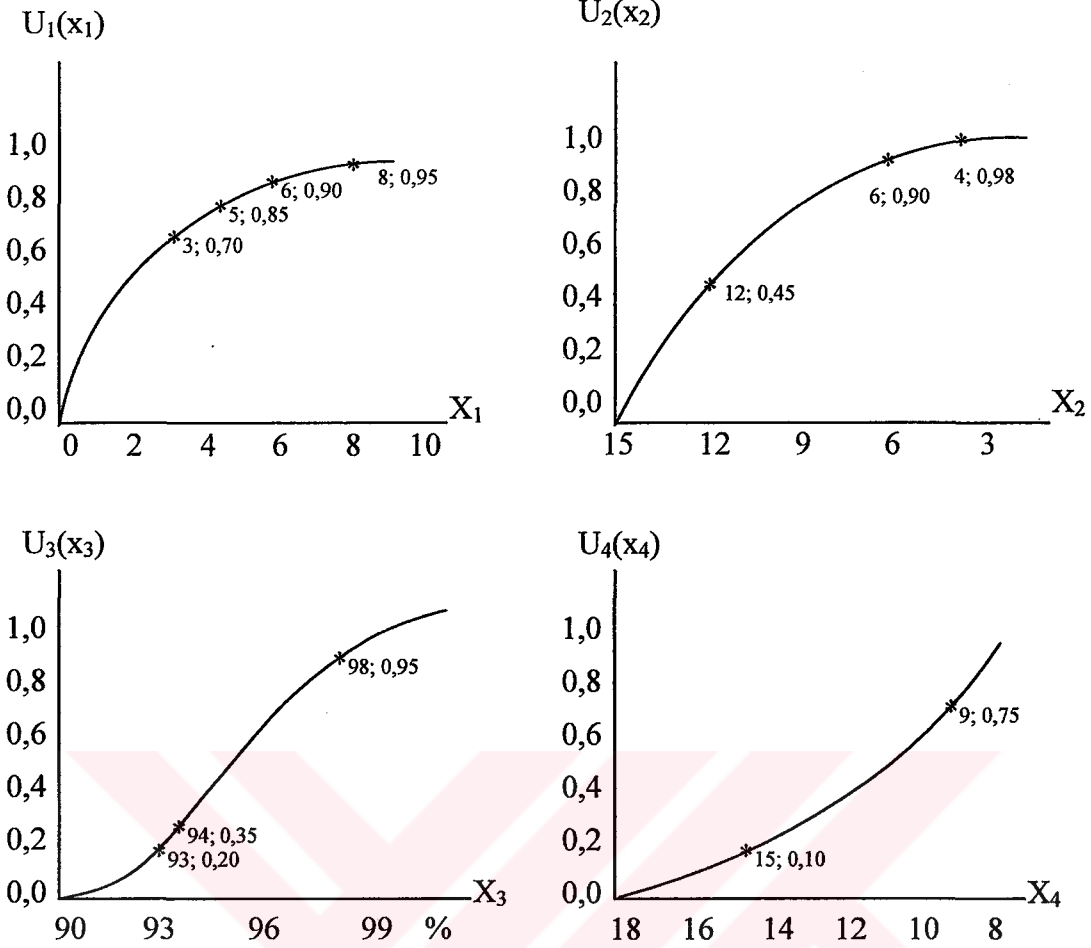
Şimdi B sorusunu kullanarak kalite seviye ölçütü için ağırlık faktörü k_3 ’ün nasıl bulunacağını gösterelim. Soru aşağıdaki gibi sorulabilir:

En kötü kalite seviyesi verilen (örneğin 90) hangi kar indeksi, en kötü kar seviyesi verilen (örneğin 0) hangi kalite seviyesi kadar çekici olacaktır?

Cevabın;

Kar indeksi için $x_1' = 5$;

Kalite seviyesi için $x_3' = 98$ olduğunu varsayalım.



Şekil 4.8 Örnek problemdeki ölçütler için fayda eğrileri

Şimdi aşağıdaki bağıntıyı ve fayda değerlerini bulmak için Şekil 4.8'deki grafikleri kullanabilir ve k_3 için çözebiliriz.

$$k_1 \cdot U_1(x_1') = k_3 \cdot U_3(x_3')$$

$$k_1 \cdot U_1(5) = k_3 \cdot U_3(98)$$

$$k_1 \cdot 0,85 = k_3 \cdot 0,95$$

$$k_3 = 0,894 \cdot k_1$$

$$k_3 = 0,894 \cdot 0,4$$

$$k_3 = 0,357$$

Diğer ölçütler için ağırlık faktörleri, kayıtsızlık eşdeğerlerini bulmak ve sonra bunları istenilen faktörlere çevirmek üzere B sorusunun başarılı bir şekilde kullanılması ile elde edilebilir. Tablo 4.1.'de yukarıdakine benzer şekilde k_2 ve k_4 için elde edilen

sonuçları özetlemektedir. Aşağıdaki hesaplamalar Tablo 4.1.'de ifade edilen kayıtsızlık eşdeğerlerine dayalıdır.

Tablo 4.1.'in sağındaki sütundan, ağırlık faktörlerinin toplamının $k_1 = 1,235$ olduğu görülmektedir. Bu toplam 1,0'a eşit olmadığından toplamsaldan daha çok çarpımsal fayda modeli uygundur. Şimdi modelin seçeneklerinin değerlendirilmesi için nasıl kullanıldığını anlatalım.

k_2 'yi bulmak için ($X_1:3 \sim X_2:6$):

$$k_1 \cdot U_1(x_1) = k_2 \cdot U_2(x_2)$$

$$k_1 \cdot U_1(3) = k_2 \cdot U_2(6)$$

$$k_1 \cdot 0,7 = k_2 \cdot 0,9$$

$$k_2 = 0,778 k_1$$

$$k_2 = 0,311$$

k_4 'yi bulmak için ($X_3:94 \sim X_4:9$):

$$k_3 \cdot U_3(x_3) = k_4 \cdot U_4(x_4)$$

$$k_3 \cdot U_3(94) = k_4 \cdot U_4(9)$$

$$k_3 \cdot 0,35 = k_4 \cdot 0,75$$

$$k_4 = 0,467 \cdot k_3$$

$$k_4 = 0,167$$

Tablo 4.1. Örnek problem için ağırlıklandırma faktörleri

Ölçüt	Aralık	Kayıtsızlık Eşdeğeri	Göreceli Ağırlık Faktörü	Ağırlık Faktörü (k_i)
X_1 Kar	0-10	-	k_1	0,400
X_2 Kirletici sayısı	15-3	$X_1:3 \sim X_2:6$	$k_2 = 0,778 k_1$	0,311
X_3 Kalite seviyesi	90-99	$X_1:5 \sim X_3:98$	$k_3 = 0,894 k_1$	0,357
X_4 Boşta bekleme	18-8	$X_1:94 \sim X_4:9$	$k_4 = 0,467 k_3$	0,167

Farz edelim ki, iki büyük yatırımı değerlendirmek için yukarıdaki ölçütler, fayda fonksiyonları ve ağırlık faktörleri kullanılacaktır. Aşağıdakiler her ölçüt için beklenen sonuçlara ait bilgilerdir.

Ölçüt	Seçeneklere göre X _i sonuçları	
	I	II
X ₁ kar indeksi	8	6
X ₂ kirletici sayısı	12	4
X ₃ kalite seviyesi	94	93
X ₄ boşta bekleme	9	15

Yukarıdaki sonuçlar, Şekil 4.8'deki eğriler kullanılarak fayda değerlerine kolaylıkla çevrilebilir. Sonuçların yaklaşık faydaları aşağıda verilmiştir:

Ölçüt	Seçenekler için Fayda U _i (x _i)	
	I	II
X ₁	0,95	0,90
X ₂	0,45	0,98
X ₃	0,35	0,20
X ₄	0,75	0,10

Çarpımsal fayda fonksiyonu uygulamak için ilk önce $-1 < k < 0$ aralığındaki k değeri bulunmalıdır.

$$k = \prod_{i=1}^n (1 + k \cdot k_i) - 1$$

Tablo 4.1.'deki ağırlık faktörlerini kullanarak:

$$k = (1 + 0,4k) \cdot (1 + 0,311k) \cdot (1 + 0,357k) \cdot (1 + 0,167k) - 1$$

Buradan k, yaklaşık olarak $-0,47$ bulunur. Şimdi, çarpımsal model uygulanabilir.

$$U(x) = \frac{\prod_{i=1}^n [k \cdot k_i \cdot U_i(x_i) + 1] - 1}{k}$$

Seçenek I için;

$$U(x) = \frac{(-0,47 \cdot 0,4 \cdot 0,95 + 1) \dots \dots (-0,47 \cdot 0,75 \cdot 0,167 + 1) - 1}{-0,47}$$

$$= 0,682$$

Seçenek II için;

$$U(x) = \frac{(-0,47 \cdot 0,4 \cdot 0,90 + 1) \dots \dots (-0,47 \cdot 0,167 \cdot 0,10 + 1) - 1}{-0,47}$$

$$= 0,676$$

Seçenek I, Seçenek II'den daha büyük bir faydaya sahip olduğundan tercih edilecektir.

Mussi (1999); ÖFM uygulamasında uzmanların ölçütler için atadıkları ağırlık faktörlerini kolay bir yolla belirlemelerine yardımcı olacak bir faaliyet zinciri tanımlamıştır. Söz konusu faaliyet zinciri; uzmanın problemi çözerken içinde bulunduğu faaliyetlerin kronolojik bir sıralamasıdır.

Ölçütlerin ağırlık faktörlerinin belirlenmesinin bir uzman için çok kolay bir iş olmadığını vurgulayan yazar, bu zor görevin başarılması için göreceli ağırlık faktörlerinin bir dizi faaliyet zinciri yardımıyla kolaylıkla elde edilebilmesini sağlayan bir metot geliştirmiştir.

5. TÜRK SİLAHLI KUVVETLERİ'NDE KULLANILAN MAKİNELİ TÜFEKLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

5.1. Çok Ölçütlü Fayda Modeli İle Karşılaştırılacak Makineli Tüfekler

5.1.1. MG3 Makineli tüfeği

5.1.1.1. Tanımı

Almanya 1938 yılında 7,62 mm. çapında hava ile soğuyan MG 34'leri geliştirdi. MG3 ve MG1 A3'lerin ilk modeli MG 34'lerdir. 1968 yılından itibaren G3 P.Tf'leri ile birlikte MKE kurumunda imal edilen MG3'ler bugün ordumuzda kullanılan M1919 A4 ve M1919 A6'ların yerini almıştır. Piyade mangalarında hafif makineli tüfek (sehpasız), Takım Karargahlarında ise ağır makineli tüfek (sehpalı) olarak kullanılmaktadır. MG3 diğer makineli tüfeklere nazaran atış sürati yüksek bir silahtır.

MG3 Makineli Tüfeği; hava ile soğuyan , şerit ile dolan, barut gazının geri tepmesi, yerine getiren yayın ileri itmesi ile otomatik olarak çalışan, piyade sınıfının destek silahıdır (Piyade Okul Komutanlığı, 1993).

MG3 geri tepmeyle çalışan bir silahtır. Bu silahta mermilerin sürülmesi ve doldurulmasında olduğu gibi boş kovanların çıkarılması ve fırlatılmasında geri tepmeden istifade edilir. Mühimmat çeşitleri; eğitim, normal, izli ve manevra fişegidir (Kara Kuvvetleri Komutanlığı, 2000a).

5.1.1.2. Teknik özellikleri:

Çapı	: 7,62 mm.
Çatal Ayaklı Ağırlığı	: 11,5 kg.
Çatal Ayaksız Ağırlığı	: 10,5 kg.
Namlu Ağırlığı	: 1,8 kg.
Uzunluğu	: 1225 mm.
Namlu Uzunluğu	: 565 mm.

İlk Hızı	: 820 m./sn.
Azami Menzil	: 4000 m.
Etkili Menzil	: 1200 m.
Etkili Menzil (d�rb�n�l�)	: 1600 m.
Yiv-Set Adedi	: 4
Atış Sürati	
(550 tip mekanizma,N tipi tampon):	1150± 150 atım/dk.
(950 tip mekanizma,R tipi tampon):	700-900 atım/dk
Çalışma Sistemi	: Geri Tepme
Ateşleme Sistemi	: Otomatik
Nişangah Taksimatı	: 200-1200
Tetik Düşürme Kuvveti	: 6-8 kg.
Tuzla Tipi MG3 Sehpa Ağırlığı	: 17,5 kg.
Üretici Firma	: Almanya patenti ile MKE kurumu
Kullanan �lkeler	: Türkiye-Almanya

5.1.2. M1919 A4 Makineli tüfeği

5.1.2.1. Tanımı

Genel anlamda ilk makineli tüfek Amerika tarafından üretilen 1904 modeli, su soğutmalı MAXİM olmuştur. MAXİM'den sonra birçok modeller üretilmiştir. John BROWNING, 1917 yılında A6'nın ilk modeli olan 1917 A1'i yapmıştır. 1917 A1'den sonra M1919 A4 ve A6 modelleri üretilmiştir.

A4 makineli tüfeği 7,62 mm çapında barut gazının geri tepmesi, icra yayının ileri itmesi ile çalışan, hava ile soğuyan, şeritle dolan, otomatik olarak çalışan bir silahtır. Sehpa ile kullanıldığı zaman ağır makineli tüfek, sehpa ile kullanılmadığı zaman hafif makineli tüfek sınıfına geçer.

A4 makineli tüfeğin mühimmat eşitleri; eğitim, manevra, normal, elik çekirdekli, izli ve yangın fişekleridir (Kara Kuvvetleri Komutanlığı, 2000a).

5.1.2.2. Teknik özellikleri:

Çapı	: 7,62 mm.
M2 Üç Ayaklı Ağırlığı	: 20,350kg.
M2 Üç Ayaksız Ağırlığı	: 14 kg.
Namlu Ağırlığı	: 3,350 kg.
Namlu Uzunluğu	: 610 mm.
İlk Hız	: 824-854 m./sn.
Azami Menzil	: 3200 m.
Etkili Menzil	: 2000 m.
Yiv-Set Adedi	: 4
Atış Sürati	: 400-500 atım/dk.
Nişangah Taksimatı	: 2400 yarda
Üç Ayak Ağırlığı	
M1919 A1	: 24 kg.
M2(Hf)	: 6,350 kg.
Çalışma Sistemi	: Geri Tepme
Ateşleme Sistemi	: Otomatik
Üretici Firma	: ABD
Kullanan Ülkeler	: Türkiye-ABD

5.1.3. M1919 A6 Makineli tüfeği

5.1.3.1. Tanımı

M1919 A6 ile A4 makineli tüfekleri aynı zamanda üretilmişlerdir. Çalışma sistemleri aynıdır. Yalnız aralarında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz:

- A6'da dipçik tertibatının olması.
- A4'ün namlusunun ağzının olması.

- A6’da çatal ayakların bulunması.
- A6’da taşıma kolunun olması.
- A6’da alev gizleyicinin olması.
- A6’da manevra ve harp cihazlarının olması.
- A6’nın daha kullanışlı olması (Kara Kuvvetleri Komutanlığı, 2000a).

5.1.3.2. Teknik özellikleri

Çapı	: 7,62 mm.
Çatal Ayak ve Dipçikli Ağırlığı	: 14,750 kg.
Namlu Ağırlığı	: 2,100 kg.
Namlu Uzunluğu	: 610 mm.
İlk Hız	: 824-854 m./sn.
Azami Menzil	: 3200 m.
Etkili Menzil	: 1100 m.
Yiv-Set Adedi	: 4
Atış Sürati	: 600-675 atım/dk.
Nişangah Taksimatı	: 2400 yarda
M74 Üç Ayağının Ağırlığı	: 12,500 kg.
Çalışma Sistemi	: Geri Tepme
Ateşleme Sistemi	: Otomatik
Üretici Firma	: ABD
Kullanan Ülkeler	: Türkiye-ABD

5.1.4. PK/PKS (BİXİ) Makineli tüfeği

5.1.4.1. Tanımı

PK, PKM ve PKS makineli tüfekleri Kaleşnikov serisi silahların geliştirilmesi ile dizayn edilmiş olup, otomatik mekanizma ve kilit sistemi (mekanizma başlığı) çalışma prensibi AKM’de olduğu gibidir.

PK, PKM ve PKS Makineli Tüfeği; 7,62 mm. çapında, barut gazının geri tepmesi, yerine getiren yay ve milin ileri itmesi ile otomatik olarak çalışan, şeritle sağdan beslenen ve hava ile soğuyan bir destek silahıdır.

PK çatal ayaklı, uzun ve geniş delikli bir tahta dipçiğe sahiptir. Sağ taraftan doldurulur. Yekpare metal şerit kullanılarak 7,62 mm. kenarlı fişek atar. 100, 200, ve 250'lik şeritle beslenir.

PKM Makineli Tüfeği taşınması kolay, hafif ve atışa hazırlanması basit bir makineli tüfektir. Hafifliği nedeniyle otomatik tüfek olarak kullanılmaya elverişlidir. Mermi kutusunun aynı zamanda tambura olarak kullanılması tek kişi tarafından taşınıp kullanılmasını sağlar. Hava ve arazi şartlarından az etkilendiğinden bakım ihtiyacı da azdır. Bu nedenle Kaleşnikov Piyade Tüfeği gibi gayri nizami harp hareketinde özellikle tercih edilen bir silahtır.

PKS Makineli Tüfeği 4,75 kg. ağırlığında hafif bir sehpa olan Stepanov üç ayak üzerine monte edilebilen bir silahtır.

Bu silah savunma ve taarruzda etkili ateş gücüne sahiptir. Suya ve çamura maruz kaldığında atışa devam etme özelliğine sahiptir. Kolay namlu değiştirme özelliği, az tutukluk yapması , hafif olması ve bir kişi tarafından kullanılabilmesi, hafif makineli tüfek olarak üstün kullanım özelliği sağlar. Çatal ayak ve sehpa ile kullanılabilir. Sehpa ile kullanıldığında ağır makineli tüfek özelliğini kazanır (Kara Kuvvetleri Komutanlığı, 2000b).

5.1.4.2. Teknik özellikleri

Çapı	: 7,62 mm.
Çatal Ayaklı Ağırlığı	: 9,2 kg.
Uzunluğu	: 1200 mm.
Namlu Uzunluğu	: 590 mm.
İlk Hızı	: 825-855 m./sn.
Azami Menzil	: 4000 m.
Etkili Menzil	: 1500 m.
Yiv-Set Adedi	: 4

Atış Sürati	: 600 atım/dk.
Çalışma Sistemi	: Geri Tepme
Ateşleme Sistemi	: Otomatik
Nişangah Taksimatı	: 1500
Üç Ayak Sehpa Ağırlığı	: 8,200 kg.
Üretici Firma	: Doğu bloku ülkeler
Kullanan Ülkeler	: Türkiye ve doğu bloku ülkeler

5.2. Makineli Tüfeklerin Karşılaştırılmasında Kullanılacak Ölçütler

Makineli tüfeklerin karşılaştırılmasında 7 adet ölçüt kullanılacaktır. Amacımız makineli tüfeklerin teknik özelliklerini karşılaştırmak olduğundan; uzmanlarla yapılan görüşmeler neticesinde bu ölçütlerin kullanılmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir.

5.2.1. Etkili menzil

Atışın yapıldığı mesafe uzadıkça, atışlara ilişkin standart sapma da doğal olarak büyür ve atış hattından hedefe doğru genişleyen bir huni yapar. Bu huniye “dağılma konisi” denir. Dağılma konisinin ağız çapının, baş hedefinin çapıyla eşit olduğu mesafeye, dağılma konisini oluşturan silahın “etkili menzili” denir. Diğer bir deyişle etkili menzil, silahın baş hedefini vurabildiği en uzak noktadır (Kahraman, 1999).

Makineli tüfeklerin kullanımı; muharebe sahasında birliğin aldığı göreve göre değişiklik gösterir. Taarruzda; birliğin, gerekirse komşu birliğin ateşlerini desteklemek için kullanılırken, savunmada kendi ateş bölgelerinin büyük kısmını, komşu takımların bölgelerinin bir kısmını ateş altına almak için kullanılabilme; hava hedeflerini ateş baskısı altına alabilmektedir.

Her ne durumda olursa olsun silahın genel amacı hedefi etkisiz hale getirmektir. Muharebe sahasında düşman silahlarının etkili menziline girmeden hedefi etkisiz hale getirebilmek için kullandığımız silahların hedefi mümkün olan en uzak noktadan etki altına alması gerekmektedir. Bu durumda da kullandığımız makineli tüfeğin etkili menzili önem kazanmaktadır.

5.2.2. Silahın ağırlığı

Silahın ağırlığı, kullanıcının silahı kolaylıkla taşıyabileceği ve ustalıkla kullanabileceği ölçüde olmalıdır.

Günümüzün muharebe sahasında; üstün ateş gücü ile birlikte üstün hareket kabiliyetine sahip birliklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bir askerin muharebe sahasında kullanabileceği her türlü silah ve teçhizat da bu düşünceyi destekler niteliklere sahip olmalıdır. Yani kullanılan silah ve teçhizat düşmanı etkisiz hale getirebilecek özelliklere sahip olmakla birlikte; onu kullanan askerin de kolaylıkla hareket etmesini sağlayacak hafiflikte olmalıdır.

Bu noktadan hareketle; kullanılan makineli tüfeğin ağırlığı; etkin ve üstün hareket kabiliyetine sahip birlikleri oluşturma bakımından önem taşımaktadır.

5.2.3. Hedefte yaptığı etki

Bir silahın hedefte yaptığı etkiyi hesaplayabilmek için o silahın isabet olasılığı ve hedefi saf dışı bırakma oranı göz önünde bulundurulmalıdır.

Silahın hedefteki isabet olasılığını hesaplamak için; silahla çeşitli mesafelerden atış yapılarak atışların standart sapmaları bulunur. Bulunan standart sapmanın yardımıyla da atılan bir merminin hedefi vurma olasılığı hesaplanabilir. İisabet olasılığının yüksek olması, o silahın muharebe etkinliğinin yüksek olduğunu gösterir.

Hedefi saf dışı bırakma etkinliği ise hız ve mermi kütlesinin fonksiyonu olan kinetik enerji ile açıklanmaktadır. Değişik çap ve markalardaki silahların hız ve mermi kütleleri farklı olup; hedefi saf dışı bırakma etkinliğine esas olan kinetik enerjileri de farklıdır (Kahraman, 1999).

Bir silahın hedefte yaptığı etki; o silahın etkinliğinin değerlendirilmesi aşamasında önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır.

5.2.4. Tutukluk

Elde olmayan sebeplerle silahın mekanik çalışmasının herhangi bir safhada duraksamaya uğramasına tutukluk denir.

Bir silahın tutukluk yapmaması veya tutukluluk oranının minimum olması, tutukluk görülüyor ise bunun basit, hızlı ve emniyetli bir şekilde giderilmesi tercih nedenlerinden bir tanesidir. Hatta bazen hayati öneme sahiptir.

Muharebe sahasında bir makineli tüfeğin ihtiyaç anında sorunsuz olarak kullanılması için işlevliğinin sürekli olması gerekir. Eğer silah ihtiyaç duyulduğu kritik bir zamanda tutukluk gibi bir sebeple kullanılamazsa bunun bedelinin insan hayatıyla ödenebileceği de unutulmamalıdır.

5.2.5. Basitlik

Silahın çalışma düzeneği, silah hakkında hiç eğitim almamış bir erin dahi söküp, temizleyip, takabileceği şekilde basit olmalıdır. Er, silahın temizlenmesini, parçalarının sökölüp takılmasını, ekstra gayret ve dikkat sarf etmeden, özel aletler kullanmadan yapabilmelidir.

Muharebe sahasında bir erin silahıyla veya mühimmatıyla sorun yaşamaması, o erin muharebe dışı kalmasına, ölmesi veya yaralanmasına ve hatta muharebenin kaybedilmesine kadar uzanan sonuçlar doğurabilir. Dolayısıyla muharebe sahasında; silahla ilgili olası bir sorunun kullanıcı tarafından kolaylıkla giderilmesi gerekmektedir.

5.2.6. Emniyetlilik

Muharebe sahasında “önce emniyet sonra hareket” ilkesi göz önünde bulundurulmaktadır. Her türlü silah ve teçhizatın kullanıcıya zarar vermemesi için gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Bu noktada emniyetlilik hususu önem kazanmaktadır.

Silah, kullanımı esnasında ani geri tepme sonucu kullanıcının omuzuna veya yüzüne zarar vermemelidir.

Bir makineli tüfek, silahın doldurulup emniyete alınarak taşınmasına imkan verecek; aynı zamanda silahın taşınması, kullanılması, temizlenmesi ve bakımı esnasında kazara faaliyete geçmesini önleyecek bir koruma ve emniyet sistemine sahip olmalıdır.

5.2.7. Özel cihazlarla birleştirilebilme özelliği

Makineli tüfek seçilirken özel malzemelerle birlikte kullanılabilme özelliği göz önünde bulundurulmalıdır. Silah, özel tasarım askeri elbiseler, çelik başlık, gaz maskesi, eldiven, güneş veya kar gözlüğü ile birlikte kullanılabilmelidir.

Gece atışlarında da gündüz yapılan atışlardaki başarı isteniyorsa, gece şartlarında görmeyi, nişan almayı ve atış yapmayı kolaylaştıracak tedbirler alınmalıdır. Silah, üzerinde gece görüş cihazının kolayca monte edilmesini ve kullanılmasını sağlayacak montaj tasarımlarına sahip olmalıdır.

5.3. Anket Çalışması

Anket formları Ekler bölümünde verilmiştir. Anketlerin tümü; askeri uzmanlardan oluşan 30 kişilik bir gruba uygulanmıştır.

Uzmanlar tarafından belirlenen aralıkların en küçük değerinin faydası 0 (sıfır), en büyük değerinin faydası 1 (bir) kabul edilmiş ve fonksiyonların oluşturulmasında bu noktalar dahil toplam 6 nokta kullanılmıştır.

Fayda fonksiyonlarının elde edilmesinde, her bir uzmana birbirini izleyen dört farklı soru sorulmuş ve yanıtları alınmıştır. Verilen cevapların aritmetik ortalamaları alınmış ve fayda fonksiyonları elde edilmiştir.

Etkili menzil ölçütünün ağırlık faktörünün belirlenmesi için SORU A, diğer ölçütlerin ağırlık faktörlerinin belirlenmesi için ayrı ayrı SORU B sorulmuştur.

5.4. Uygulama

Makineli tüfeklerin karşılaştırılmasında kullanılacak ölçütlerin açıklaması Bölüm 5.2.'de yapıldı. Öncelikle bu ölçütler için fayda fonksiyonları belirlenecektir. Bir sonraki aşamada her bir ölçüt için ağırlık faktörleri bulunacak ve uygun model belirlenerek alternatif makineli tüfeklerin faydaları hesaplanacaktır.

Tablo 5.1.'de bu ölçütler ve uzmanlarla görüşmeler sonucunda elde edilen; ölçütlerin fayda fonksiyonlarını belirlerken kullanacağımız aralık değerleri verilmektedir.

Tablo 5.1. Makineli tüfeklerin karşılaştırılmasında kullanılan ölçütler ve aralık değerleri

ÖLÇÜTLER	ARALIKLAR
Etkili menzil	600-2000
Silahın ağırlığı	25-9,2
Hedefte yaptığı etki	10-20
Tutukluk	45-20
Basitlik	20-35
Emniyetlilik	5-15
Özel cihazlarla birleştirilebilme özelliği	15-25

5.4.1. Her ölçüt için fayda fonksiyonlarının belirlenmesi

Üçüncü bölümde de ayrıntılı olarak açıklandığı üzere; ölçütlerin fayda fonksiyonunu bulmak için öncelikle sorulara verilen cevaplar doğrultusunda ölçüte ait eğri çizilir. Bu eğrinin konveks veya konkav olma durumuna göre aşağıdaki formüllerden yararlanılarak fayda fonksiyonu belirlenir.

$$y = a \cdot b^x \quad (5.1)$$

$$\ln y = \ln a + x \cdot \ln b \quad (\ln a = c, \ln b = d \text{ olarak kabul edilirse})$$

$$\ln y = c + dx$$

$$\Delta^2 = \sum (\ln y - c - dx)^2 \quad (5.2)$$

$$\frac{\partial \Delta^2}{\partial c} = 0 \quad \sum \ln y = nc + d \sum x \quad (5.3)$$

$$\frac{\partial \Delta^2}{\partial d} = 0 \quad \sum x \ln y = c \sum x + d \sum x^2 \quad (5.4)$$

Burada;

$$x = X_i, y_i,$$

$y = U_i(X_i)$ 'yi temsil etmektedir.

5.4.1.1. Etkili menzil ölçütünün fayda fonksiyonunun belirlenmesi

Karşılaştırmalarını yapacağımız makineli tüfeklerin etkili menzil ölçütü için yaklaşık bir fayda fonksiyonu belirlememiz gereklidir. Etkili menzil için düşünülen en kötü değer 600 ve en iyi değer 2000 olarak belirlenmiştir. Öncelikle aşağıdaki sorulara gereken cevaplar verilerek bulunan değerlerle fayda eğrisi belirlenir:

1. Hangi etkili menzil %50 olasılıkla 600 ve %50 olasılıkla 2000 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 1200

$$\begin{aligned}U(x_1 = 1200) &= 0,50 \cdot U(x_1 = 600) + 0,50 \cdot U(x_1 = 2000) \\&= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 1,000) \\&= 0,500\end{aligned}$$

2. Hangi etkili menzil %50 olasılıkla 600 ve %50 olasılıkla 1200 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 1100

$$\begin{aligned}U(x_1 = 1100) &= 0,50 \cdot U(x_1 = 600) + 0,50 \cdot U(x_1 = 1200) \\&= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 0,500) \\&= 0,250\end{aligned}$$

3. Hangi etkili menzil %50 olasılıkla 600 ve %50 olasılıkla 1100 kadar çekici olacaktır?

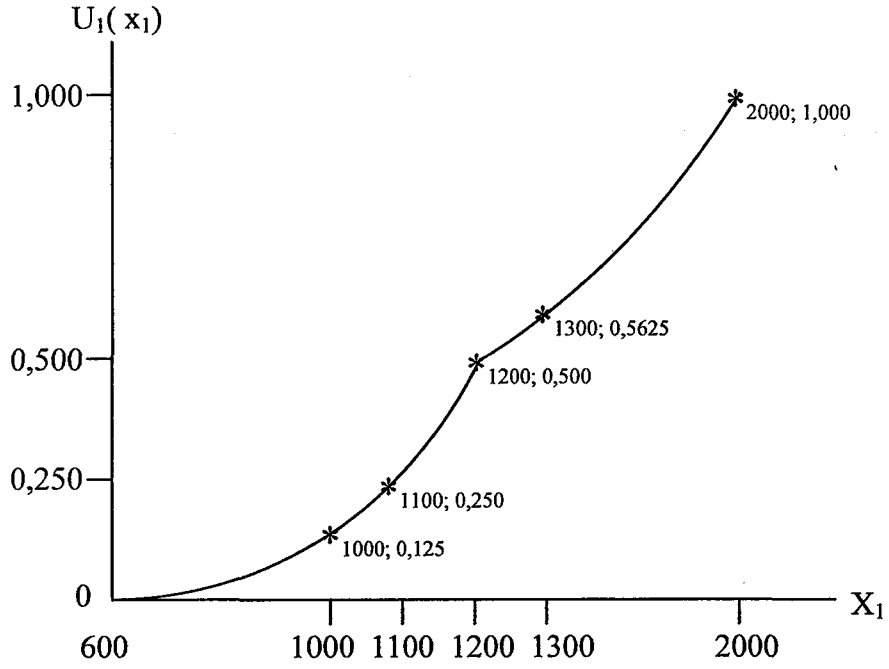
Cevap: 1000

$$\begin{aligned}U(x_1 = 1000) &= 0,50 \cdot U(x_1 = 600) + 0,50 \cdot U(x_1 = 1100) \\&= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 0,250) \\&= 0,125\end{aligned}$$

4. Hangi etkili menzil %50 olasılıkla 1000 ve %50 olasılıkla 2000 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 1300

$$\begin{aligned}U(x_1 = 1300) &= 0,50 \cdot U(x_1 = 1000) + 0,50 \cdot U(x_1 = 2000) \\&= (0,50 \cdot 0,125) + (0,50 \cdot 1,000) \\&= 0,5625\end{aligned}$$



Şekil 5.1 Etkili menzıl ölçütünün fayda eğrisi

Tablo 5.2. Etkili menzıl ölçütü için belirlenen fonksiyon değeri

X_1	$U_1(x_1)$	$\ln(U_1(x_1))$	$X_1 \cdot \ln(U_1(x_1))$
600	0,000	—	—
1000	0,125	– 2,079	– 2079,442
1100	0,250	– 1,386	– 1524,923
1200	0,500	– 0,693	– 831,776
1300	0,5625	– 0,575	– 747,973
2000	1,000	0,000	0,000

$$\sum X_1 = 6600$$

$$\sum \ln(U_1(x_1)) = -4,734 \quad \sum = -5184,114$$

$$\sum (X_1)^2 = 9340000$$

Formül (5.3) ve (5.4)'den;

$$-4,734 = 5c + 6600d$$

$$-5184,114 = 6600c + 9340000d$$

$$c = -3,184728$$

$$d = 0,0016954$$

$$a = e^c \quad a = e^{-3,184728} = 0,0413895$$

$$b = e^d \quad b = e^{0,0016954} = 1,0016968$$

Etkili Menzıl ölçütünün fayda fonksiyonu;

$$U_1(x_1) = a \cdot b^x = 0,0413895 \cdot (1,0016968)^x \text{ 'dir.}$$

5.4.1.2. Silahın ağırlığı ölçütünün fayda fonksiyonunun belirlenmesi

Silahın ağırlığı için düşünülen en kötü değer 25 ve en iyi değer 9,20 olarak belirlenmiştir. Öncelikle aşağıdaki sorulara gereken cevaplar verilerek bulunan değerlerle fayda eğrisi belirlenir:

1. Hangi ağırlık %50 olasılıkla 25 ve %50 olasılıkla 9,20 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 12

$$\begin{aligned} U(x_2 = 12) &= 0,50 \cdot U(x_2 = 25) + 0,50 \cdot U(x_2 = 9,20) \\ &= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 1,000) \\ &= 0,500 \end{aligned}$$

2. Hangi ağırlık %50 olasılıkla 25 ve %50 olasılıkla 12 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 13

$$\begin{aligned} U(x_2 = 13) &= 0,50 \cdot U(x_2 = 25) + 0,50 \cdot U(x_2 = 12) \\ &= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 0,500) \\ &= 0,250 \end{aligned}$$

3. Hangi ağırlık %50 olasılıkla 25 ve %50 olasılıkla 13 kadar çekici olacaktır?

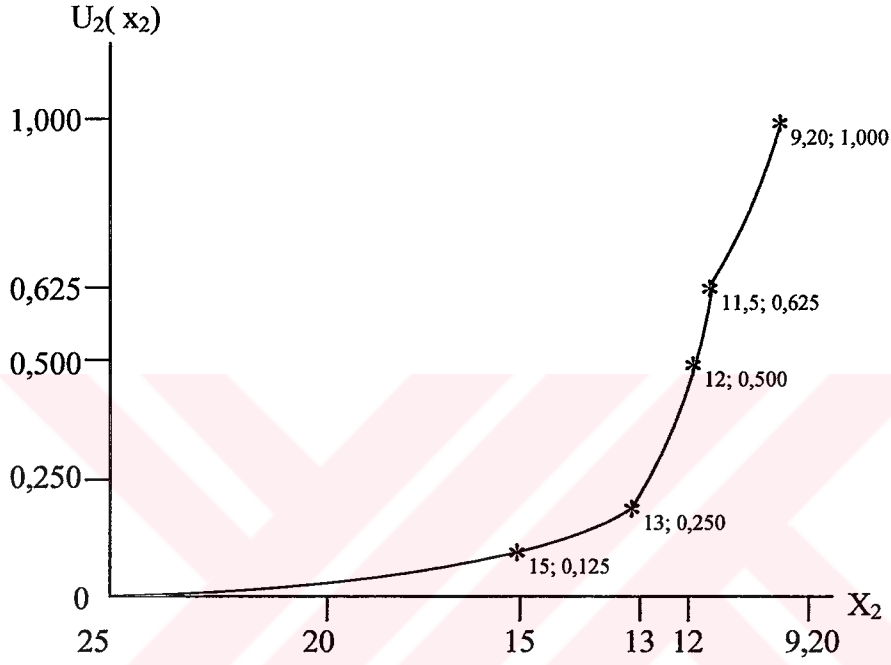
Cevap: 15

$$\begin{aligned} U(x_2 = 15) &= 0,50 \cdot U(x_2 = 25) + 0,50 \cdot U(x_2 = 13) \\ &= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 0,250) \\ &= 0,125 \end{aligned}$$

4. Hangi ağırlık %50 olasılıkla 13 ve %50 olasılıkla 9,20 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 11,50

$$\begin{aligned} U(x_2 = 11,50) &= 0,50 \cdot U(x_2 = 13) + 0,50 \cdot U(x_2 = 9,20) \\ &= (0,50 \cdot 0,250) + (0,50 \cdot 1,000) \\ &= 0,625 \end{aligned}$$



Şekil 5.2 Silahın ağırlığı ölçütünün fayda eğrisi

Tablo 5.3. Silahın ağırlığı ölçütü için belirlenen fonksiyon değerleri

X_2	$U_2(x_2)$	$\ln(U_2(x_2))$	$X_2 \cdot \ln(U_2(x_2))$
25	0,000	—	—
15	0,125	— 2,079	— 31,192
13	0,250	— 1,386	— 18,022
12	0,500	— 0,693	— 8,318
11,5	0,625	— 0,470	— 5,405
9,20	1,000	0,000	0,000

$$\sum X_2 = 60,7$$

$$\sum \ln(U_2(x_2)) = -4,628$$

$$\sum = -62,937$$

$$\sum (X_2)^2 = 754,89$$

Formül (5.3) ve (5.4)'den;

$$-4,628 = 5c + 60,7d$$

$$-62,937 = 60,7c + 754,89d$$

$$c = 3,6310024$$

$$d = -0,3753379$$

$$a = e^c \quad a = e^{3,6310024} = 37,750639$$

$$b = e^d \quad b = e^{-0,3753379} = 0,687057$$

Silahın Ağırlığı ölçütünün fayda fonksiyonu;

$$U_2(x_2) = a \cdot b^x = 37,750639 \cdot (0,687057)^x \text{ 'dir.}$$

5.4.1.3. Hedefte yaptığı etki ölçütünün fayda fonksiyonunun belirlenmesi

Hedefte yaptığı etki ölçütü için düşünülen en kötü değer 10 ve en iyi değer 20 olarak belirlenmiştir. Öncelikle aşağıdaki sorulara gereken cevaplar verilerek bulunan değerlerle fayda eğrisi belirlenir:

1. Hangi hedefte yaptığı etki derecesi %50 olasılıkla 10 ve %50 olasılıkla 20 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 18

$$\begin{aligned} U(x_3 = 18) &= 0,50 \cdot U(x_3 = 10) + 0,50 \cdot U(x_3 = 20) \\ &= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 1,000) \\ &= 0,500 \end{aligned}$$

2. Hangi hedefte yaptığı etki derecesi %50 olasılıkla 10 ve %50 olasılıkla 18 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 17

$$\begin{aligned} U(x_3 = 17) &= 0,50 \cdot U(x_3 = 10) + 0,50 \cdot U(x_3 = 18) \\ &= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 0,500) \\ &= 0,250 \end{aligned}$$

3. Hangi hedefte yaptığı etki derecesi %50 olasılıkla 10 ve %50 olasılıkla 17 kadar çekici olacaktır?

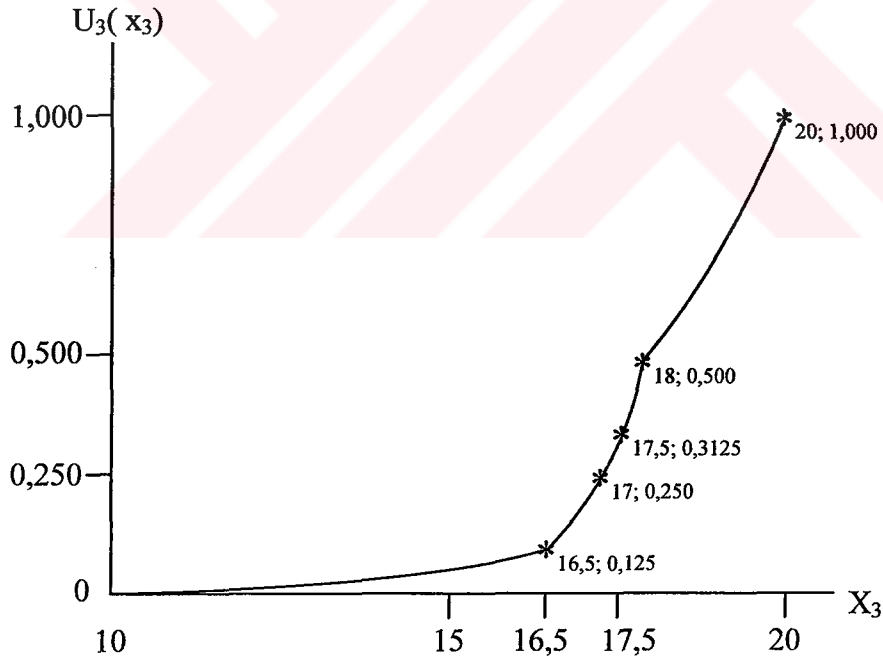
Cevap: 16,5

$$\begin{aligned}U(x_3 = 16,5) &= 0,50 \cdot U(x_3 = 10) + 0,50 \cdot U(x_3 = 17) \\&= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 0,250) \\&= 0,125\end{aligned}$$

4. Hangi hedefte yaptığı etki derecesi %50 olasılıkla 16,5 ve %50 olasılıkla 18 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 17,5

$$\begin{aligned}U(x_3 = 17,5) &= 0,50 \cdot U(x_3 = 16,5) + 0,50 \cdot U(x_3 = 18) \\&= (0,50 \cdot 0,125) + (0,50 \cdot 0,500) \\&= 0,3125\end{aligned}$$



Şekil 5.3 Hedefte yaptığı etki ölçütünün fayda eğrisi

Tablo 5.4. Hedefte yaptığı etki ölçütü için belirlenen fonksiyon değerleri

X_3	$U_3(x_3)$	$\ln(U_3(x_3))$	$X_3 \cdot \ln(U_3(x_3))$
10	0,000	—	—
16,5	0,125	– 2,079	– 34,311
17	0,250	– 1,386	– 23,567
17,5	0,3125	– 1,163	– 20,355
18	0,500	– 0,693	– 12,477
20	1,000	0,000	0,000

$$\sum X_3 = 89$$

$$\sum \ln(U_3(x_3)) = -5,322$$

$$\sum = -90,710$$

$$\sum (X_3)^2 = 1591,5$$

Formül (5.3) ve (5.4)'den;

$$-5,322 = 5c + 89d$$

$$90,71 = 89c + 1591,5d$$

$$c = -10,870493$$

$$d = 0,5509041$$

$$a = e^c \quad a = e^{-10,870493} = 0,000019$$

$$b = e^d \quad b = e^{0,5509041} = 1,7348208$$

Hedefte yaptığı etki ölçütünün fayda fonksiyonu;

$$U_3(x_3) = a \cdot b^x = 0,000019 \cdot (1,7348208)^x \text{ 'dir.}$$

5.4.1.4. Tutukluk ölçütünün fayda fonksiyonunun belirlenmesi

Tutukluk için düşünülen en kötü sayı 45 ve en iyi sayı 20 olarak belirlenmiştir. Öncelikle aşağıdaki sorulara gereken cevaplar verilerek; bulunan değerlerle fayda eğrisi belirlenir:

1. Hangi tutukluk derecesi %50 olasılıkla 45 ve %50 olasılıkla 20 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 25

$$\begin{aligned}
 U(x_4 = 25) &= 0,50 \cdot U(x_4 = 45) + 0,50 \cdot U(x_4 = 20) \\
 &= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 1,000) \\
 &= 0,500
 \end{aligned}$$

2. Hangi tutukluk derecesi %50 olasılıkla 45 ve %50 olasılıkla 25 kadar çekici olacaktır?

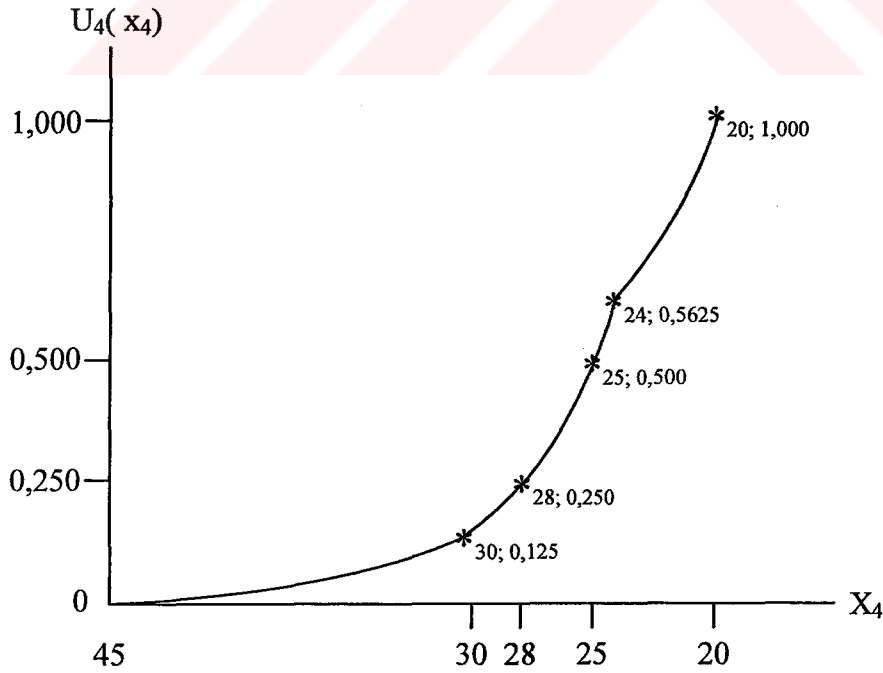
Cevap: 28

$$\begin{aligned}
 U(x_4 = 28) &= 0,50 \cdot U(x_4 = 45) + 0,50 \cdot U(x_4 = 25) \\
 &= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 0,500) \\
 &= 0,250
 \end{aligned}$$

3. Hangi tutukluk derecesi %50 olasılıkla 45 ve %50 olasılıkla 28 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 30

$$\begin{aligned}
 U(x_4 = 30) &= 0,50 \cdot U(x_4 = 45) + 0,50 \cdot U(x_4 = 28) \\
 &= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 0,250) \\
 &= 0,125
 \end{aligned}$$



Şekil 5.4 Tutukluk ölçütünün fayda eğrisi

4. Hangi tutukluk %50 olasılıkla 30 ve %50 olasılıkla 20 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 24

$$\begin{aligned} U(x_4 = 24) &= 0,50 \cdot U(x_4 = 30) + 0,50 \cdot U(x_4 = 20) \\ &= (0,50 \cdot 0,125) + (0,50 \cdot 1,000) \\ &= 0,5625 \end{aligned}$$

Tablo 5.5. Tutukluk ölçütü için belirlenen fonksiyon değerleri

X_4	$U_4(x_4)$	$\ln(U_4(x_4))$	$X_4 \cdot \ln(U_4(x_4))$
45	0,000	—	—
30	0,125	− 2,079	− 62,383
28	0,250	− 1,386	− 38,816
25	0,500	− 0,693	− 17,329
24	0,5625	− 0,575	− 13,809
20	1,000	0,000	0,000

$$\sum X_4 = 127$$

$$\sum \ln(U_4(x_4)) = -4,734$$

$$\sum = -132,337$$

$$\sum (X_4)^2 = 3285$$

Formül (5.3) ve (5.4)'den;

$$-4,734 = 5c + 127d$$

$$-132,337 = 127c + 3285d$$

$$c = 4,2419222$$

$$d = -0,2042804$$

$$a = e^c \quad a = e^{4,2419222} = 69,541393$$

$$b = e^d \quad b = e^{-0,2042804} = 0,8152337$$

Tutukluk ölçütünün fayda fonksiyonu;

$$U_4(x_4) = a \cdot b^x = 69,541393 \cdot (0,8152337)^x \text{ 'dir.}$$

5.4.1.5. Basitlik ölçütünün fayda fonksiyonunun belirlenmesi

Basitlik için düşünülen en kötü değer 20 ve en iyi değer 35 olarak belirlenmiştir. Öncelikle aşağıdaki sorulara gereken cevaplar verilerek bulunan değerlerle fayda eğrisi belirlenir:

1. Hangi basitlik %50 olasılıkla 20 ve %50 olasılıkla 35 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 32

$$\begin{aligned}U(x_5 = 32) &= 0,50 \cdot U(x_5 = 20) + 0,50 \cdot U(x_5 = 35) \\&= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 1) \\&= 0,500\end{aligned}$$

2. Hangi basitlik %50 olasılıkla 20 ve %50 olasılıkla 32 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 30

$$\begin{aligned}U(x_5 = 30) &= 0,50 \cdot U(x_5 = 20) + 0,50 \cdot U(x_5 = 32) \\&= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 0,500) \\&= 0,250\end{aligned}$$

3. Hangi basitlik %50 olasılıkla 20 ve %50 olasılıkla 30 kadar çekici olacaktır?

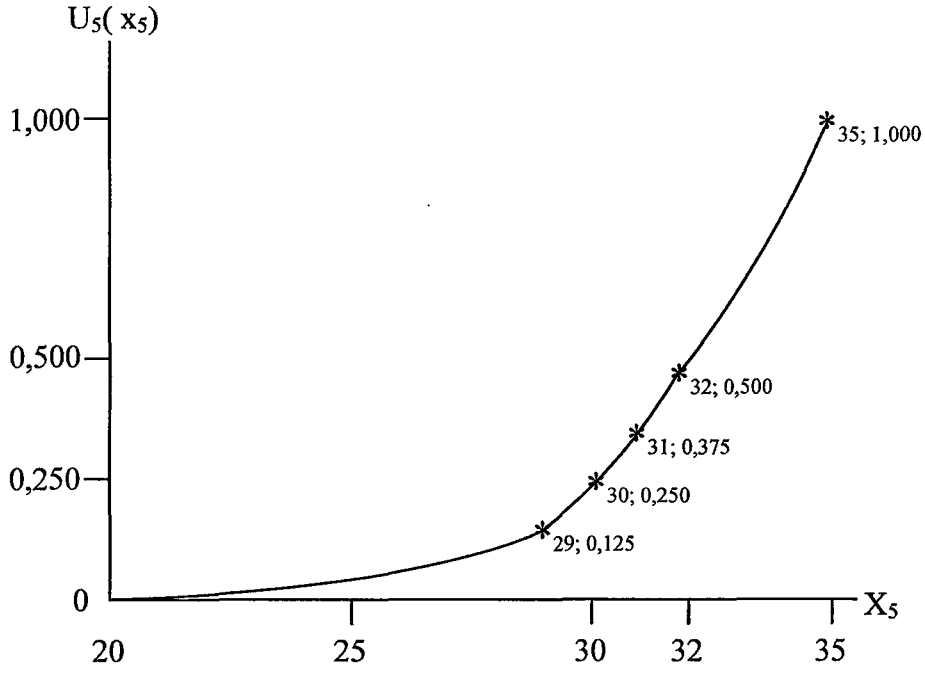
Cevap: 29

$$\begin{aligned}U(x_5 = 29) &= 0,50 \cdot U(x_5 = 20) + 0,50 \cdot U(x_5 = 30) \\&= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 0,25) \\&= 0,125\end{aligned}$$

4. Hangi basitlik %50 olasılıkla 30 ve %50 olasılıkla 32 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 31

$$\begin{aligned}U(x_5 = 31) &= 0,50 \cdot U(x_5 = 30) + 0,50 \cdot U(x_5 = 32) \\&= (0,50 \cdot 0,25) + (0,50 \cdot 0,500) \\&= 0,375\end{aligned}$$



Şekil 5.5 Basitlik ölçütünün fayda eğrisi

Tablo 5.6. Basitlik ölçütü için belirlenen fonksiyon değerleri

X_5	$U_5(x_5)$	$\ln(U_5(x_5))$	$X_5 \cdot \ln(U_5(x_5))$
20	0,000	—	—
29	0,125	– 2,079	– 60,304
30	0,250	– 1,386	– 41,589
31	0,375	– 0,981	– 30,406
32	0,500	– 0,693	– 22,181
35	1,000	0,000	0,000

$$\sum X_5 = 157$$

$$\sum \ln(U_5(x_5)) = -5,140$$

$$\sum = -154,479$$

$$\sum (X_5)^2 = 4951$$

Formül (5.3) ve (5.4)'den;

$$-5,14 = 5c + 157d$$

$$-154,479 = 157c + 4951d$$

$$c = -11,27299$$

$$d = 0,326274$$

$$a = e^c \quad a = e^{-11,27299} = 1,2712 \cdot 10^{-5}$$

$$b = e^d \quad b = e^{0,326274} = 1,385794$$

Basitlik ölçütünün fayda fonksiyonu;

$$U_5(x_5) = a \cdot b^x = 0,0000127 \cdot (1,385795)^x \text{ 'dir.}$$

5.4.1.6. Emniyetlilik ölçütünün fayda fonksiyonunun belirlenmesi

Emniyetlilik için düşünülen en kötü değer 5 ve en iyi değer 15 olarak belirlenmiştir. Öncelikle aşağıdaki sorulara gereken cevaplar verilerek bulunan değerlerle fayda eğrisi belirlenir:

1. Hangi emniyetlilik derecesi %50 olasılıkla 5 ve %50 olasılıkla 15 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 12

$$\begin{aligned} U(x_6 = 12) &= 0,50 \cdot U(x_6 = 5) + 0,50 \cdot U(x_6 = 15) \\ &= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 1) \\ &= 0,500 \end{aligned}$$

2. Hangi emniyetlilik derecesi %50 olasılıkla 5 ve %50 olasılıkla 12 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 10,5

$$\begin{aligned} U(x_6 = 10,5) &= 0,50 \cdot U(x_6 = 5) + 0,50 \cdot U(x_6 = 12) \\ &= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 0,50) \\ &= 0,250 \end{aligned}$$

3. Hangi emniyetlilik derecesi %50 olasılıkla 5 ve %50 olasılıkla 10,5 kadar çekici olacaktır?

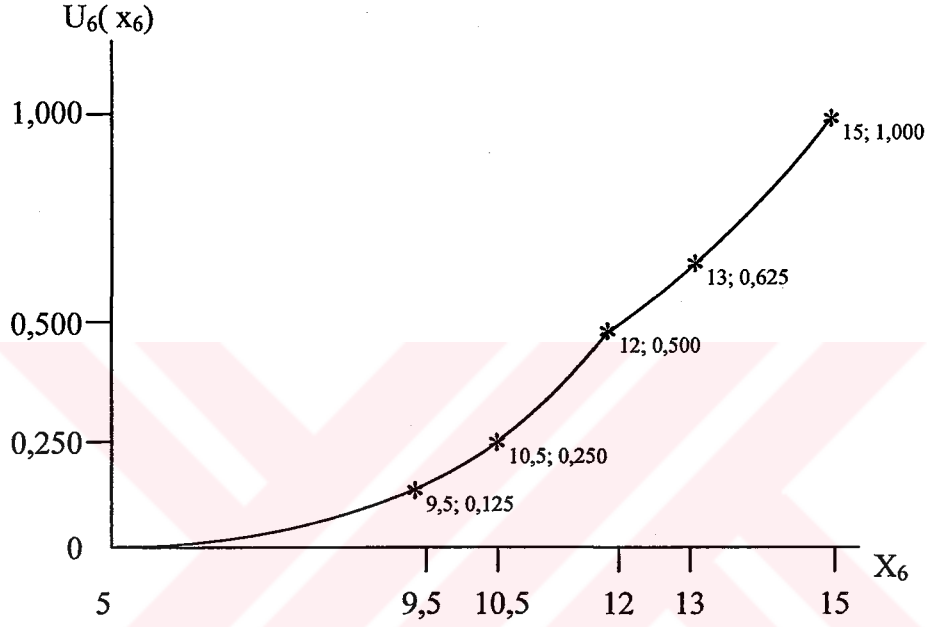
Cevap: 9,5

$$\begin{aligned} U(x_6 = 9,5) &= 0,50 \cdot U(x_6 = 5) + 0,50 \cdot U(x_6 = 10,5) \\ &= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 0,250) \\ &= 0,125 \end{aligned}$$

4. Hangi emniyetlilik derecesi %50 olasılıkla 10,5 ve %50 olasılıkla 15 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 13

$$\begin{aligned} U(x_6 = 13) &= 0,50 \cdot U(x_6 = 10,5) + 0,50 \cdot U(x_6 = 15) \\ &= (0,50 \cdot 0,25) + (0,50 \cdot 1) \\ &= 0,625 \end{aligned}$$



Şekil 5.6 Emniyetlilik ölçütünün fayda eğrisi

Tablo 5.7. Emniyetlilik ölçütü için belirlenen fonksiyon değerleri

X_6	$U_6(x_6)$	$\ln(U_6(x_6))$	$X_6 \cdot \ln(U_6(x_6))$
5	0,000	—	—
9,5	0,125	− 2,079	− 19,755
10,5	0,250	− 1,386	− 14,556
12	0,500	− 0,693	− 8,318
13	0,625	− 0,470	− 6,110
15	1,000	0,000	0,000

$$\sum X_6 = 60$$

$$\sum \ln(U_6(x_6)) = - 4,629$$

$$\sum = - 48,739$$

$$\sum (X_6)^2 = 738,5$$

Formül (5.3) ve (5.4)'den;

$$-4,629 = 5c + 60d$$

$$-48,739 = 60c + 738,5d$$

$$c = -5,342449$$

$$d = 0,368054$$

$$a = e^c \quad a = e^{-5,342449} = 0,0047841$$

$$b = e^d \quad b = e^{0,368054} = 1,4449201$$

Emniyetlilik ölçütünün fayda fonksiyonu;

$$U_6(x_6) = a \cdot b^x = 0,0047841 \cdot (1,4449201)^x \text{ 'dir.}$$

5.4.1.7. Özel cihazlarla birleştirilebilme özelliği ölçütünün fayda fonksiyonunun belirlenmesi

Özel Cihazlarla Birleştirilebilme özelliği için düşünülen en kötü değer 15 ve en iyi değer 25 olarak belirlenmiştir. Öncelikle aşağıdaki sorulara gereken cevaplar verilerek; bulunan değerlerle fayda eğrisi belirlenir:

1. Hangi özel cihazlarla birleştirilebilme özelliği %50 olasılıkla 15 ve %50 olasılıkla 25 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 22

$$\begin{aligned} U(x_7 = 22) &= 0,50 \cdot U(x_7 = 15) + 0,50 \cdot U(x_7 = 25) \\ &= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 1) \\ &= 0,500 \end{aligned}$$

2. Hangi özel cihazlarla birleştirilebilme özelliği %50 olasılıkla 15 ve %50 olasılıkla 22 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 20

$$\begin{aligned} U(x_7 = 20) &= 0,50 \cdot U(x_7 = 15) + 0,50 \cdot U(x_7 = 22) \\ &= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 0,50) \\ &= 0,250 \end{aligned}$$

3. Hangi özel cihazlarla birleştirilebilme özelliği %50 olasılıkla 15 ve %50 olasılıkla 20 kadar çekici olacaktır?

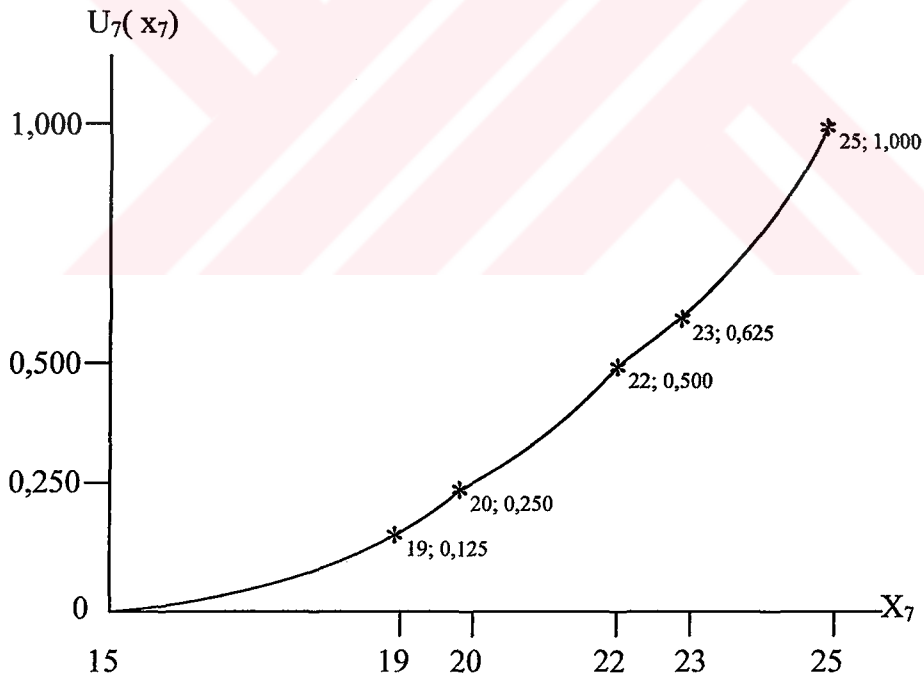
Cevap: 19

$$\begin{aligned}U(x_7 = 19) &= 0,50 \cdot U(x_7 = 15) + 0,50 \cdot U(x_7 = 20) \\&= (0,50 \cdot 0) + (0,50 \cdot 0,25) \\&= 0,125\end{aligned}$$

4. Hangi özel cihazlarla birleştirilebilme özelliği %50 olasılıkla 20 ve %50 olasılıkla 25 kadar çekici olacaktır?

Cevap: 23

$$\begin{aligned}U(x_7 = 23) &= 0,50 \cdot U(x_7 = 20) + 0,50 \cdot U(x_7 = 25) \\&= (0,50 \cdot 0,25) + (0,50 \cdot 1) \\&= 0,625\end{aligned}$$



Şekil 5.7 Özel cihazlarla birleştirilebilme özelliği ölçütünün fayda eğrisi

Tablo 5.8. Özel cihazlarla birleştirilebilme özelliği ölçütü için belirlenen fonksiyon değerleri

X_7	$U_7(x_7)$	$\ln(U_7(x_7))$	$X_7 \cdot \ln(U_7(x_7))$
15	0,000	–	–
19	0,125	– 2,079	– 39,509
20	0,250	– 1,386	– 27,726
22	0,500	– 0,693	– 15,249
23	0,625	– 0,470	– 10,810
25	1,000	0,000	0,000

$$\sum X_7 = 109$$

$$\sum \ln(U_7(x_7)) = -4,629$$

$$\sum = -93,295$$

$$\sum (X_7)^2 = 2399$$

Formül (5.3) ve (5.4)'den;

$$-4,629 = 5c + 109d$$

$$-93,295 = 109c + 2399d$$

$$c = -8,208721$$

$$d = 0,3340789$$

$$a = e^c \quad a = e^{-8,208721} = 0,0002723$$

$$b = e^d \quad b = e^{0,3340789} = 1,3966533$$

Özel cihazlarla birleştirilebilme özelliği ölçütünün fayda fonksiyonu;

$$U_7(x_7) = a \cdot b^x = 0,0002733 \cdot (1,3966533)^x \text{ 'dir.}$$

5.4.2. Ağırlıklandırma faktörlerinin belirlenmesi

Bölüm 5.4.1.'de ölçütlerin her biri için fayda fonksiyonları belirlenmiştir. Bu bölümde ise k_i ağırlık faktörleri bulunacaktır.

Ağırlık faktörlerinin belirlenmesi için EK-E'de verilen anket uygulanmıştır. Öncelikle etkili menzil ölçütü (X_1) için ağırlık faktörünü bulmak üzere A sorusu kullanılmıştır:

Hangi olasılıkla en kötü seviyelerinde olan bütün ölçüt sonuçlarına karşı en iyi seviyelerinde olan bütün ölçüt sonuçları, en iyi seviyesinde olan etkili menzile ve en kötü seviyelerinde olan diğer bütün ölçütler kadar çekici olacaktır?

Yapılan anket sonucunda bu soruya verilen cevaplara göre elde edilen değer 0,200'dür. Böylece etkili menzile ölçütü için ağırlık faktörü $k_1 = 0,200$ olur. Elde edilen bu değer yardımıyla diğer ölçütlerin ağırlık faktörlerinin belirlenmesi için sırayla B sorusu sorulmuştur.

5.4.2.1. Silahın ağırlığı ölçütünün ağırlık faktörünün belirlenmesi

Silahın ağırlığı ölçütünün ağırlık faktörünün bulunması için B sorusu sorulur:

Soru B: En düşük etkili menzile verildiğinde ($X_1=600$) hangi ağırlık, en fazla ağırlık verildiğinde ($X_2=25$) hangi etkili menzile kadar çekici olacaktır?

$$X_1' = 1200$$

$$X_2' = 11,65$$

$$k_1 \cdot U_1(x_1') = k_2 \cdot U_2(x_2')$$

$$k_1 \cdot U_1(1200) = k_2 \cdot U_2(11,65)$$

$$0,200 \cdot 0,317 = k_2 \cdot 0,476$$

$$k_2 = 0,133$$

5.4.2.2. Hedefte yaptığı etki ölçütünün ağırlık faktörünün belirlenmesi

Hedefte yaptığı etki ölçütünün ağırlık faktörünün bulunması için B sorusu sorulur:

Soru B: En düşük etkili menzile verildiğinde ($X_1=600$) hangi hedefte yaptığı etki, en az hedefte yaptığı etki verildiğinde ($X_3=10$) hangi etkili menzile kadar çekici olacaktır?

$$X_1' = 1400$$

$$X_3' = 17,76$$

$$k_1 \cdot U_1(x_1') = k_3 \cdot U_3(x_3')$$

$$k_1 \cdot U_1(1400) = k_3 \cdot U_3(17,76)$$

$$0,200 \cdot 0,444 = k_3 \cdot 0,337$$

$$k_3 = 0,263$$

5.4.2.3. Tutukluk ölçütünün ağırlık faktörünün belirlenmesi

Tutukluk ölçütünün ağırlık faktörünün bulunması için B sorusu sorulur:

Soru B: En düşük etkili menzile verildiğinde ($X_1=600$) hangi tutukluk derecesi, en fazla tutukluk derecesi verildiğinde ($X_4=45$) hangi etkili menzile kadar çekici olacaktır?

$$X_1' = 1550$$

$$X_4' = 24,1$$

$$k_1 \cdot U_1(x_1') = k_4 \cdot U_4(x_4')$$

$$k_1 \cdot U_1(1550) = k_4 \cdot U_4(24,1)$$

$$0,200 \cdot 0,572 = k_4 \cdot 0,506$$

$$k_4 = 0,226$$

5.4.2.4. Basitlik ölçütünün ağırlık faktörünün belirlenmesi

Basitlik ölçütünün ağırlık faktörünün bulunması için B sorusu sorulur:

Soru B: En düşük etkili menzile verildiğinde ($X_1=600$) hangi basitlik derecesi, en az basitlik derecesi verildiğinde ($X_5=20$) hangi etkili menzile kadar çekici olacaktır?

$$X_1' = 1600$$

$$X_5' = 33,4$$

$$k_1 \cdot U_1(x_1') = k_5 \cdot U_5(x_5')$$

$$k_1 \cdot U_1(1750) = k_5 \cdot U_5(33,4)$$

$$0,200 \cdot 0,623 = k_5 \cdot 0,686$$

$$k_5 = 0,182$$

5.4.2.5. Emniyetlilik ölçütünün ağırlık faktörünün belirlenmesi

Emniyetlilik ölçütünün ağırlık faktörünün bulunması için B sorusu sorulur:

Soru B: En düşük etkili menzile verildiğinde ($X_1=600$) hangi emniyetlilik derecesi, en az emniyetlilik derecesi verildiğinde ($X_6=5$) hangi etkili menzile kadar çekici olacaktır?

$$X_1' = 1550$$

$$X_6' = 13,38$$

$$k_1 \cdot U_1(x_1') = k_6 \cdot U_6(x_6')$$

$$k_1 \cdot U_1(1550) = k_6 \cdot U_6(13,38)$$

$$0,200 \cdot 0,572 = k_6 \cdot 0,658$$

$$k_6 = 0,174$$

5.4.2.6. Özel cihazlarla birleştirilebilme özelliği ölçütünün ağırlık faktörünün belirlenmesi

Özel silah ve cihazlarla birleştirilebilme özelliği ölçütünün ağırlık faktörünün bulunması için B sorusu sorulur:

Soru B: En düşük etkili menzile verildiğinde ($X_1=600$) hangi özel silah ve cihazlarla birleştirilebilme özelliği derecesi, en az özel silah ve cihazlarla birleştirilebilme özelliği derecesi verildiğinde ($X_6=15$) hangi etkili menzile kadar çekici olacaktır?

$$X_1' = 1600$$

$$X_7' = 23,88$$

$$k_1 \cdot U_1(x_1') = k_7 \cdot U_7(x_7')$$

$$k_1 \cdot U_1(1600) = k_7 \cdot U_7(23,88)$$

$$0,200 \cdot 0,623 = k_7 \cdot 0,793$$

$$k_7 = 0,157$$

Yukarıda bulunan sonuçlara göre; ölçütlerin kayıtsızlık eşdeğerleri, göreceli ağırlık faktörleri ve ağırlık faktörleri Tablo 5.9.'da verilmiştir.

Tablo 5.9. Ağırlıklandırma faktörleri

Ölçütler	Aralıklar	Kayıtsızlık Eşdeğeri	Göreceli Ağırlık Faktörü	Ağırlık Faktörü
X ₁ : Etkili menzil	600-2000	—	k ₁	0,200
X ₂ : Silahın ağırlığı	25,000-9,200	X ₁ '=1200 ~ X ₂ '=11,65	k ₂ = 0,665 k ₁	0,133
X ₃ : Hedefte yaptığı etki	10,000-20,000	X ₁ '=1400 ~ X ₃ '=12,57	k ₃ = 1,315 k ₁	0,263
X ₄ : Tutukluluk	45,000-20,000	X ₁ '=1550 ~ X ₄ '=24,1	k ₄ = 1,130 k ₁	0,226
X ₅ : Basitlik	20,000-35,000	X ₁ '=1600 ~ X ₅ '=33,4	k ₅ = 0,910 k ₁	0,182
X ₆ : Emniyetlilik	5,000-15,000	X ₁ '=1550 ~ X ₆ '=13,38	k ₆ = 0,870 k ₁	0,174
X ₇ : Özel cihazlarla birl.özellliği	15,000-25,000	X ₁ '=1600 ~ X ₇ '=23,88	k ₇ = 0,785 k ₁	0,157
				1,335

Yukarıdaki tablodan da görüleceği üzere Ağırlık Faktörleri Toplamı 1,335 çıkmıştır. Bu değer 0 (sıfır)'dan büyük bir değer olduğundan çarpımsal fayda modeli uygulanacaktır.

5.4.3. Çarpımsal fayda modelinin uygulanması

Ek E'deki anket sonuçlarına göre, değerlerin aritmetik ortalamaları alınmış; makineli tüfeklerin ölçütleri karşılama dereceleri Tablo 5.10.'da verilmiştir.

Tablo 5.10. Alternatiflerin ölçütleri karşılama dereceleri

ÖLÇÜTLER ve ARALIKLAR	ALTERNATİFLER			
	MG3	A4	A6	BİXİ
Etkili menzil [600;2000]	1200	2000	1100	1500
Silahın ağırlığı [25,000;9,200]	11,500	20,350	14,750	9,200
Hedefte yaptığı etki [10,000;20,000]	19,167	19,533	19,133	18,066
Tutukluluk [45,000;20,000]	29,267	29,200	29,200	21,400
Basitlik [20,000;35,000]	32,267	28,667	30,967	34,200
Emniyetlilik [5,000;15,000]	12,300	10,033	10,467	13,800
Özel cihazlarla birl. özelliği [15,000;25,000]	22,200	18,433	19,333	23,667

Tablo 5.10.'da verilen değerlerin faydalarının bulunması gereklidir:

Makineli tüfeklerin etkili menzil ölçütüne göre faydaları:

$$U_1(1200) = 0,0413895 \cdot (1,0016968)^{1200} = 0,500$$

$$U_1(2000) = 0,0413895 \cdot (1,0016968)^{2000} = 1,000$$

$$U_1(1100) = 0,0413895 \cdot (1,0016968)^{1100} = 0,250$$

$$U_1(1500) = 0,0413895 \cdot (1,0016968)^{1500} = 0,563$$

Makineli tüfeklerin silahın ağırlığı ölçütüne göre faydaları:

$$U_2(11,500) = 37,750639 \cdot (0,687057)^{11,500} = 0,625$$

$$U_2(20,350) = 37,750639 \cdot (0,687057)^{20,350} = 0,018$$

$$U_2(14,750) = 37,750639 \cdot (0,687057)^{14,750} = 0,149$$

$$U_2(9,200) = 37,750639 \cdot (0,687057)^{9,200} = 1,000$$

Makineli tüfeklerin hedefte yaptığı etki ölçütüne göre faydaları:

$$U_3(19,167) = 0,000019 \cdot (1,7348208)^{19,167} = 0,732$$

$$U_3(19,533) = 0,000019 \cdot (1,7348208)^{19,533} = 0,896$$

$$U_3(19,133) = 0,000019 \cdot (1,7348208)^{19,133} = 0,715$$

$$U_3(18,066) = 0,000019 \cdot (1,7348208)^{18,066} = 0,399$$

Makineli tüfeklerin tutukluk ölçütüne göre faydaları:

$$U_4(29,267) = 69,541393 \cdot (0,8152337)^{29,267} = 0,176$$

$$U_4(29,200) = 69,541393 \cdot (0,8152337)^{29,200} = 0,179$$

$$U_4(29,200) = 69,541393 \cdot (0,8152337)^{29,200} = 0,179$$

$$U_4(21,400) = 69,541393 \cdot (0,8152337)^{21,400} = 0,878$$

Makineli tüfeklerin basitlik ölçütüne göre faydaları:

$$U_5(32,267) = 0,0000127 \cdot (1,385795)^{32,267} = 0,474$$

$$U_5(28,667) = 0,0000127 \cdot (1,385795)^{28,667} = 0,147$$

$$U_5(30,967) = 0,0000127 \cdot (1,385795)^{30,967} = 0,310$$

$$U_5(34,200) = 0,0000127 \cdot (1,385795)^{34,200} = 0,891$$

Makineli tüfeklerin emniyetlilik ölçütüne göre faydaları:

$$U_6(12,300) = 0,0047841 \cdot (1,4449201)^{12,300} = 0,443$$

$$U_6(10,033) = 0,0047841 \cdot (1,4449201)^{10,033} = 0,192$$

$$U_6(10,467) = 0,0047841 \cdot (1,4449201)^{10,467} = 0,225$$

$$U_6(13,800) = 0,0047841 \cdot (1,4449201)^{13,800} = 0,769$$

Makineli tüfeklerin özel cihazlarla birleştirilebilme özelliği ölçütüne göre faydaları:

$$U_7(22,200) = 0,0002723 \cdot (1,3966533)^{22,200} = 0,453$$

$$U_7(18,433) = 0,0002723 \cdot (1,3966533)^{18,433} = 0,129$$

$$U_7(19,333) = 0,0002723 \cdot (1,3966533)^{19,333} = 0,174$$

$$U_7(23,667) = 0,0002723 \cdot (1,3966533)^{23,667} = 0,739$$

Tablo 5.11. Alternatiflerin ölçütleri karşılama derecelerinin fayda değerleri

ÖLÇÜTLER ve ARALIKLAR	ALTERNATİFLER			
	MG3	A4	A6	BİXİ
Etkili menzil [600;2000]	$U_1(1200)$ = 0,500	$U_1(2000)$ = 1,000	$U_1(1100)$ = 0,250	$U_1(1500)$ = 0,563
Silahın ağırlığı [25,000;9,200]	$U_2(11,500)$ = 0,625	$U_2(20,350)$ = 0,018	$U_2(14,750)$ = 0,149	$U_2(9,200)$ = 1,000
Hedefte yaptığı etki [10,000;20,000]	$U_3(19,167)$ = 0,732	$U_3(19,533)$ = 0,896	$U_3(19,133)$ = 0,719	$U_3(18,066)$ = 0,399
Tutukluk [45,000;20,000]	$U_4(29,267)$ = 0,176	$U_4(29,200)$ = 0,179	$U_4(29,200)$ = 0,179	$U_4(21,400)$ = 0,878
Basitlik [20,000;35,000]	$U_5(32,267)$ = 0,474	$U_5(28,667)$ = 0,147	$U_5(30,967)$ = 0,310	$U_5(34,200)$ = 0,891
Emniyetlilik [5,000;15,000]	$U_6(12,300)$ = 0,443	$U_6(10,033)$ = 0,192	$U_6(10,467)$ = 0,225	$U_6(13,800)$ = 0,769
Özel cihazlarla birl. özelliği [15,000;25,000]	$U_7(22,200)$ = 0,453	$U_7(18,433)$ = 0,129	$U_7(19,333)$ = 0,174	$U_7(23,667)$ = 0,739

Çarpımsal fayda modelini uygulayabilmek için öncelikle $-1 < k < 0$ aralığındaki k değeri bulunmalıdır.

$$k = \left[\prod_{i=1}^n (1 + k \cdot k_i) \right] - 1$$

Tablo 5.9.'daki ağırlık faktörlerini kullanarak:

$$k = (1+0,200k) \cdot (1+0,133k) \cdot (1+0,263k) \cdot (1+0,226k) \cdot (1+0,182k) \cdot (1+0,174k) \cdot (1+0,157k) - 1$$

$$k = (0,00000787k^7 + 0,000301k^6 + 0,004919k^5 + 0,04427k^4 + 0,23738k^3 + 0,7581k^2 + 1,335k + 1) - 1$$

Buradan k , yaklaşık olarak $-0,518$ bulunur. Şimdi çarpımsal model uygulanabilir.

$$U(x) = \frac{\prod_{i=1}^n [k \cdot k_i \cdot U_i(x_i) + 1] - 1}{k} \quad \text{formülünden;}$$

MG3 Makineli Tüfeği alternatifi için;

$$U(x) = \frac{[(-0,518 \cdot 0,200 \cdot 0,500 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,133 \cdot 0,625 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,263 \cdot 0,732 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,226 \cdot 0,176 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,182 \cdot 0,474 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,174 \cdot 0,443 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,157 \cdot 0,453 + 1)] - 1}{-0,518}$$

$$= 0,566$$

A4 Makineli Tüfeği alternatifi için;

$$U(x) = \frac{[(-0,518 \cdot 0,200 \cdot 1,000 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,133 \cdot 0,018 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,263 \cdot 0,896 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,226 \cdot 0,179 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,182 \cdot 0,147 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,174 \cdot 0,192 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,157 \cdot 0,129 + 1)] - 1}{-0,518}$$

$$= 0,506$$

A6 Makineli Tüfeği alternatifi için;

$$U(x) = \frac{[(-0,518 \cdot 0,200 \cdot 0,250 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,133 \cdot 0,149 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,263 \cdot 0,719 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,226 \cdot 0,179 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,182 \cdot 0,310 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,174 \cdot 0,225 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,157 \cdot 0,174 + 1)] - 1}{-0,518}$$
$$= 0,389$$

BİXİ Makineli Tüfeği alternatifi için;

$$U(x) = \frac{[(-0,518 \cdot 0,200 \cdot 0,563 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,133 \cdot 1,000 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,263 \cdot 0,399 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,226 \cdot 0,878 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,182 \cdot 0,891 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,174 \cdot 0,769 + 1) \cdot (-0,518 \cdot 0,157 \cdot 0,739 + 1)] - 1}{-0,518}$$
$$= 0,780$$

Yukarıdaki sonuçlara göre:

BİXİ Makineli Tüfeğinin faydası	: 0,780
MG3 Makineli Tüfeğinin faydası	: 0,566
A4 Makineli Tüfeğinin faydası	: 0,506
A6 Makineli Tüfeğinin faydası	: 0,389

olarak bulunmuştur. Buna göre fayda değeri en yüksek makineli tüfek BİXİ olurken, bunu sırayla MG3, A4 ve A6 makineli tüfekleri izlemektedir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

İnsanoğlu hayatı boyunca amaçları doğrultusunda hep daha iyi şartlarda yaşamak istemiş ve yaptığı yeniliklerle hayatını sürekli kolaylaştırmaya çalışmıştır. Geçmişten günümüze yeniliklere açık organizasyonlar gibi TSK da amacına uygun en iyi hizmeti verebilmek için; imkanları elverdiği ölçüde bünyesindeki birimleri daha iyi duruma getirmeye çalışmaktadır. Bu düşünceden hareketle; TSK'da etkin ve ateş gücü daha yüksek birlikler oluşturmak için çalışmalar yürütülmektedir.

İhtiyaçlara cevap verebilecek silah sistemlerinin araştırılması, bulunması, incelenmesi, seçimi, üretim teknolojisinin kurulması ve üretilmeye başlanması hem maddi açıdan oldukça külfetli, hem de uzun zaman alan bir süreçtir. Bu süreç içerisinde; mevcut silah sistemlerini kullanan, bu konuda tecrübe edinmiş uzman kişilerin görüş ve düşüncelerinden faydalanılması gerektiği de göz ardı edilmemesi gereken bir husustur.

TSK'da kullanılan makineli tüfeklerin Çok Ölçütlü Fayda Modeli ile karşılaştırıldığı bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlara göre:

BİXİ Makineli tüfeğinin faydası : 0,780

MG3 Makineli tüfeğinin faydası : 0,566

A4 Makineli tüfeğinin faydası : 0,506

A6 Makineli tüfeğinin faydası : 0,389

olarak bulunmuştur.

Buna göre; şu an çoğunlukla MG3, az da olsa A4 ve A6 makineli tüfeklerinin kullanıldığı birliklerde; daha etkin, kullanışlı ve faydalı olması bakımından BİXİ makineli tüfeğinin kullanılmaya başlanması gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır. MG3 makineli tüfeğinin, MKE kurumu tarafından halen üretimine devam edilmesi; bunun yerini alacak yeni bir ürün için gerekli olacak maliyet ve zaman faktörleri de ayrıca değerlendirilmesi ve irdelenmesi gereken hususlar arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada asıl amaç; TSK'da etkin ve ateş gücü daha yüksek birliklerin oluşturulması aşamasında, kullanılan hafif silahların etkinliği ve faydası hakkında bir görüş ortaya koymak; bu veya benzeri diğer çalışmalarda söz konusu modelin kullanılabilirliğini göstermektir.

Tüm bunlarla birlikte; bu çalışmada kullanılan fayda kavramı, genellikle kesin olmayan bir kavrama katı bir kesinlik getirmesi nedeniyle çeşitli eleştirilere uğramaktadır. Uygulamada böylesi bir fayda kavramının var olduğu ve kişiden kişiye değiştiği bir gerçektir. Kişilerin tutumu gerçekten riskten kaçan, risk seven vs. özellikleri gösterir ve karşılamayı kabul ettikleri riski belirlemek veya nitel faydalar için ne ödeyebileceklerini saptamak üzere çeşitli hesaplar yapmasalar da, belirli faydalar ve bunların maliyetleri konusunda oldukça kesin yargılara sahiptirler.

Fayda kavramını gerek savunan, gerekse eleştirenlerin dayandığı temel nokta; uygulama safhasına geçildiğinde teorinin büyük ölçüde ihlal edildiğidir. Kişilerin fayda fonksiyonlarının belirlenmesi oldukça zordur. Çünkü fonksiyonun oluşturulması sırasında kişilerin yanlı veya bilinçsiz cevaplar verebilmeleri mümkündür (Evren ve Ülengin, 1992a).

Fayda teorisinin amacı; kişisel öncelikleri ve değerleri incelemek, bu tür önceliklerin ve değerlerin sayısal olarak ifade edilebilmesi için gerekli olan sayısal tahmin değerlerini ortaya koymaktır. Sonuçta fayda teorisi; kişisel öncelik ve tercihler, değerler ve kıymetler ile ilgili bir model oluşturmayı sağlar (Rivett, 1980).

Karar verme durumunda her zaman seçeneklere bir değer veririz ve bu değer kişiden kişiye ve kişinin finansal kaynaklarına da bağlı olarak farklılık gösterir. Fayda kavramının temelinde de işte bu düşünce yatar (Gregory, 1988).

Bu çalışma hazırlanırken, fayda kavramı hakkında yapılan eleştiriler dikkate alınmış; uygulama bölümündeki fayda fonksiyonlarının belirlenmesi aşamasında, söz konusu silah sistemleri hakkında uzman görüşlere sahip kişilerle yapılan görüşmeler titizlikle yürütülmüştür.

Çok Ölçütlü Fayda Modeli'nin kullanıldığı bu çalışmanın bir sonraki aşamasında, son zamanlarda literatürde sık sık rastlanan Bulanık Çok Ölçütlü Fayda Modeli incelenebilir.

KAYNAKLAR

- Artuç, A., 2001. Askeri Telsiz Sistemlerinin Performanslarının Bulanık Karar Ortamında Değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bedford, T. and Cooke, R., 1999. A New Generic Model for Applying MAUT, *European Journal of Operational Research*, **118**, 589-602.
- Blau, P. and Scott, R., 1962. Formal Organizations: A Comparative Approach, San Francisco: Chandler.
- Canada, J.R. and White J.A., 1980. Capital Investment Decision Analysis for Management and Engineering, Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Canada, J.R., Sullivan, W.G. and White, J.A., 1996. Capital Investment Analysis for Engineering and Management, Prentice Hall, London.
- Dean Ting, P.K., Zhang, C., Wang, B., Deshmukh, A. and Dubrosky, B., 1999. Product and Process Cost Estimation with Fuzzy Multi-Attribute Utility Theory, *The Engineering Economist*, **44**, 303-331.
- Demir, M.H., Bircan, B. ve Tütek, H., 1985. Yönetimsel Karar Verme, Bilgehan Basımevi, İzmir.
- Dündar, M.F., 1996. Bulanık Kümeler ve Endüstri Mühendisliği Uygulamaları, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Eppen, D.G. and Gould, J.F., 1979. Quantitative Concepts for Management, Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Evren, R. ve Ülengin, F., 1992a. Yönetimde Karar Verme, İ.T.Ü. Matbaası, No.1478, İstanbul.
- Evren, R. ve Ülengin, F., 1992b. Yönetimde Çok Amaçlı Karar Verme, İ.T.Ü. Matbaası, No.1490, İstanbul.
- Gordon, G. and Pressman, I., 1978. Quantitative Decision Making for Business, London.
- Göktepe, A.B., 1995. Uzman Sistemler ve Ulaştırma Alanında Kullanımları, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- Grant, E.L., Ireson, W.G. and Leawonworth, R.S., 1982.** Principles of Engineering Economy, Revised Printing, John Wiley&Sons, Seventh Edition, New York.
- Gregory, G., 1988.** Decision Analysis, Plenum Press, New York.
- Halaç, O., 1983.** Kantitatif Karar Verme Teknikleri (Yöneylem Araştırmasına Giriş), Cilt I, İ.Ü. Yayın No:3078, İstanbul.
- Halaç, O., 1991.** Kantitatif Karar Verme Teknikleri, Evrim Dağıtım, İstanbul.
- Hammond, J.S., Keeney, R.L. and Raiffa, H., 1999.** Smart Choices, Harward Business School Press, Boston.
- Hoy, W.K. and Tarter, C.J., 1994.** Administrators Solving the Problems, Boston.
- Kahraman, C., 1990.** Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesinde Çok Ölçütlü Yöntemler, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kahraman, C., 1995.** İleri İmalat Teknolojilerinin Ekonomik Analizi ve Esneklik Faktörünün Sayılaştırılmasına Bulanık Kümeler Yaklaşımı, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kahraman, H., 1999.** Bulanık Analitik Hiyerarşi Metodu İle Türk Silahlı Kuvvetlerinde Piyade Tüfeği Seçimi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kara Kuvvetleri Komutanlığı, 2000a.** Kara Harp Silah ve Araçları Yayını (KKYY 315-1), Kara Kuvvetleri Basımevi, Ankara.
- Kara Kuvvetleri Komutanlığı, 2000b.** Kaleşnikov Serisi Tüfekler ile 7,62 mm. Dragunov (Kanas) Keskin Nişancı Tüfeği Kullanma ve Bakım Talimnamesi (KKT 315-25), Kara Kuvvetleri Basımevi, Ankara.
- Karayalçın, İ., 1979.** Harekat Araştırması, İ.T.Ü.Yayını, No.1132, İstanbul.
- Keeney, R.L. and Raiffa, H., 1976.** Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs, John Wiley&Sons, New York.
- Klir, G.J. and Folger, T.A., 1988.** Fuzzy Sets, Uncertainty and Information, Prentice Hall Inc., New Jersey.
- Korhonen, P., Moskowitz, H. and Wallenius, J., 1992.** Multiple Criteria Decision Making-A Review, *European Journal of Operational Research*, **34**, 152-159.
- Kwak, S.J., Yoo, S.H. and Kim, T.Y., 2001.** A Constructive Approach to Air-Quality Valuation in Korea, *Ecological Economics*, **38**, 327-344.

- Loi, Y.J. and Hwang, C.L.,** 1994. Fuzzy Multiple Objective Decision Making, London.
- Meredith, J.R. and Suresh, N.C.,** 1986. Justification Techniques for Advanced Manufacturing Technologies, *International Journal of Production Research*, **24**, 1043-1057.
- Motavalli, S. and Islam, A.,** 1997. Multi-Criteria Assembly Sequencing, *Computers&Industrial Engineering*, **32**, 743-751.
- Mussi, S.,** 1999. Facilitating the Use of Multi-Attribute Utility Theory in Expert Systems: An Aid for Identifying the Right Relative Importance Weights of Attributes, *Expert Systems*, **16**, 87-102.
- Neumann, J.V. and Morgenstern, O.,** 1964. Theory of Games and Economic Behavior, Princeton University Press.
- Parsaei, H.R. and Wilhelm, M.R.,** 1989. A Justification Methodology for Automated Manufacturing Technologies, *Computers and Industrial Engineering*, **16**, 363-373.
- Piyade Okul Komutanlığı,** 1993. MG3 Makineli Tüfek Ders Notları, Piyade Okul Komutanlığı Basımevi, İstanbul.
- Przemieniecki, J.S.,** 1994. Mathematical Methods in Defence Analysis, Second Edition, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., Washington.
- Raju, K.S. and Pillai, C.R.S.,** 1999. Multicriterion Decision Making in Performance Evaluation of an Irrigation System, *European Journal of Operational Research*, **112**, 479-494.
- Rivett, P.,** 1980. Model Building For Decision Analysis, Chichester [Eng]: J.Wiley, London.
- Rolston, D.W.,** 1988. Principles of Artificial Intelligence and Expert Systems Development, California.
- Schroeder, G.R.,** 1981. Operations Management, McGraw-Hill, Inc.
- Starr, M.K. and Zeleny, M.,** 1977. Multiple Criteria Decision Making Studies in the Management Sciences, North Holland Publishing Company, Amsterdam.
- Topçu, Y.İ.,** 2000. Çok Ölçütlü Sorun Çözümüne Yönelik Bir Bütünleşik Karar Destek Modeli, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Toraman, A.,** 1982. Oyun Teorisine Giriş, İ.T.Ü. Yayını, No.1234, İstanbul.

- Vincke, P.**, 1992. Multi Criteria Decision Aid, John Wiley&Sons, Inc., West Sussex.
- Whittaker, D.J. and Sprauge, C.J.**, 1986. Economic Analysis for Engineers and Managers, Prentice Hall, Inc., New Jersey.
- Wind, Y. and Saaty, T.L.**, 1980. Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process, *Management Science*, **26**, 641-658.
- Yapıcıoğlu, N.**, 1991. Uzman Sistemler ve Uygulamaları, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yavuzer, Y.**, 1996. Uzman Sistemler ve Yapay Zeka, Harp Akademileri Basımevi, İstanbul.
- Yayan, İ.**, 2001. Türk Kara Kuvvetlerinde Taarruz Keşif Helikopteri Etkinlik Değerlendirmesi ve Seçiminde Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yoon, K.P. and Hwang, C.L.**, 1995. Multi Attribute Decision Making: An Introduction, Quantitative Applications in the Social Sciences, Sage Pubn., London.
- Zeleny, M.**, 1982. Multiple Criteria Decision Making, Boston.

EKLER

EK A : Ölçütlerin fayda fonksiyonlarının belirlenmesi için anket formu

EK B : Ölçütlerin fayda fonksiyonlarının belirlenmesi için anket formu

EK C : Ölçütlerin fayda fonksiyonlarının belirlenmesi için anket formu

EK D : Ölçütlerin fayda fonksiyonlarının belirlenmesi için anket formu

EK E : Ağırlıklandırma faktörlerinin belirlenmesi için anket formu

EK F : Alternatif makineli tüfeklerin ölçütlere göre değerlendirilmesi için anket formu

EK G : MG3 ve M1919 A4 Makineli tüfekleri

EK H : M1919 A6 ve BİXİ Makineli tüfekleri

ÖLÇÜTLERİN FAYDA FONKSİYONLARININ BELİRLENMESİ

SORU: Hangi A %50 olasılıkla aralığın en küçük değeri ve %50 olasılıkla aralığın en büyük değeri kadar çekici olacaktır?

Cevap: B

Tablo A.1. Ölçütlerin fayda fonksiyonlarının belirlenmesi için anket formu

A	B									
Etkili menzil	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀
	B ₁₁	B ₁₂	B ₁₃	B ₁₄	B ₁₅	B ₁₆	B ₁₇	B ₁₈	B ₁₉	B ₂₀
	B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃	B ₂₄	B ₂₅	B ₂₆	B ₂₇	B ₂₈	B ₂₉	B ₃₀
Silahın ağırlığı	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀
	B ₁₁	B ₁₂	B ₁₃	B ₁₄	B ₁₅	B ₁₆	B ₁₇	B ₁₈	B ₁₉	B ₂₀
	B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃	B ₂₄	B ₂₅	B ₂₆	B ₂₇	B ₂₈	B ₂₉	B ₃₀
Hedefte yaptığı etki	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀
	B ₁₁	B ₁₂	B ₁₃	B ₁₄	B ₁₅	B ₁₆	B ₁₇	B ₁₈	B ₁₉	B ₂₀
	B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃	B ₂₄	B ₂₅	B ₂₆	B ₂₇	B ₂₈	B ₂₉	B ₃₀
Tutukluk	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀
	B ₁₁	B ₁₂	B ₁₃	B ₁₄	B ₁₅	B ₁₆	B ₁₇	B ₁₈	B ₁₉	B ₂₀
	B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃	B ₂₄	B ₂₅	B ₂₆	B ₂₇	B ₂₈	B ₂₉	B ₃₀
Basitlik	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀
	B ₁₁	B ₁₂	B ₁₃	B ₁₄	B ₁₅	B ₁₆	B ₁₇	B ₁₈	B ₁₉	B ₂₀
	B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃	B ₂₄	B ₂₅	B ₂₆	B ₂₇	B ₂₈	B ₂₉	B ₃₀
Emniyetlilik	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀
	B ₁₁	B ₁₂	B ₁₃	B ₁₄	B ₁₅	B ₁₆	B ₁₇	B ₁₈	B ₁₉	B ₂₀
	B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃	B ₂₄	B ₂₅	B ₂₆	B ₂₇	B ₂₈	B ₂₉	B ₃₀
Özel cihazlarla birl. özelliği	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀
	B ₁₁	B ₁₂	B ₁₃	B ₁₄	B ₁₅	B ₁₆	B ₁₇	B ₁₈	B ₁₉	B ₂₀
	B ₂₁	B ₂₂	B ₂₃	B ₂₄	B ₂₅	B ₂₆	B ₂₇	B ₂₈	B ₂₉	B ₃₀

ÖLÇÜTLERİN FAYDA FONKSİYONLARININ BELİRLENMESİ

SORU: Hangi A %50 olasılıkla aralığın en küçük değeri ve %50 olasılıkla ORTALAMA B değeri kadar çekici olacaktır? ($ORTALAMA B = (\sum_{i=1}^{30} B_i) / 30$)

CEVAP: C

Tablo B.1. Ölçütlerin fayda fonksiyonlarının belirlenmesi için anket formu

A	C									
Etkili menzil	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₀
	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₃₀
Silahın ağırlığı	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₀
	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₃₀
Hedefte yaptığı etki	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₀
	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₃₀
Tutukluk	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₀
	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₃₀
Basitlik	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₀
	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₃₀
Emniyetlilik	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₀
	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₃₀
Özel cihazlarla birl. özelliği	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	C ₁₀
	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	C ₁₄	C ₁₅	C ₁₆	C ₁₇	C ₁₈	C ₁₉	C ₂₀
	C ₂₁	C ₂₂	C ₂₃	C ₂₄	C ₂₅	C ₂₆	C ₂₇	C ₂₈	C ₂₉	C ₃₀

ÖLÇÜTLERİN FAYDA FONKSİYONLARININ BELİRLENMESİ

SORU: Hangi A %50 olasılıkla aralığın en küçük değeri ve %50 olasılıkla

ORTALAMA C değeri kadar çekici olacaktır? (ORTALAMA C = $(\sum_{i=1}^{30} C_i) / 30$)

CEVAP: D

Tablo C.1. Ölçütlerin fayda fonksiyonlarının belirlenmesi için anket formu

A	D									
Etkili menzil	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀
	D ₁₁	D ₁₂	D ₁₃	D ₁₄	D ₁₅	D ₁₆	D ₁₇	D ₁₈	D ₁₉	D ₂₀
	D ₂₁	D ₂₂	D ₂₃	D ₂₄	D ₂₅	D ₂₆	D ₂₇	D ₂₈	D ₂₉	D ₃₀
Silahın ağırlığı	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀
	D ₁₁	D ₁₂	D ₁₃	D ₁₄	D ₁₅	D ₁₆	D ₁₇	D ₁₈	D ₁₉	D ₂₀
	D ₂₁	D ₂₂	D ₂₃	D ₂₄	D ₂₅	D ₂₆	D ₂₇	D ₂₈	D ₂₉	D ₃₀
Hedefte yaptığı etki	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀
	D ₁₁	D ₁₂	D ₁₃	D ₁₄	D ₁₅	D ₁₆	D ₁₇	D ₁₈	D ₁₉	D ₂₀
	D ₂₁	D ₂₂	D ₂₃	D ₂₄	D ₂₅	D ₂₆	D ₂₇	D ₂₈	D ₂₉	D ₃₀
Tutukluluk	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀
	D ₁₁	D ₁₂	D ₁₃	D ₁₄	D ₁₅	D ₁₆	D ₁₇	D ₁₈	D ₁₉	D ₂₀
	D ₂₁	D ₂₂	D ₂₃	D ₂₄	D ₂₅	D ₂₆	D ₂₇	D ₂₈	D ₂₉	D ₃₀
Basitlik	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀
	D ₁₁	D ₁₂	D ₁₃	D ₁₄	D ₁₅	D ₁₆	D ₁₇	D ₁₈	D ₁₉	D ₂₀
	D ₂₁	D ₂₂	D ₂₃	D ₂₄	D ₂₅	D ₂₆	D ₂₇	D ₂₈	D ₂₉	D ₃₀
Emniyetlilik	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀
	D ₁₁	D ₁₂	D ₁₃	D ₁₄	D ₁₅	D ₁₆	D ₁₇	D ₁₈	D ₁₉	D ₂₀
	D ₂₁	D ₂₂	D ₂₃	D ₂₄	D ₂₅	D ₂₆	D ₂₇	D ₂₈	D ₂₉	D ₃₀
Özel cihazlarla birl. özelliği	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉	D ₁₀
	D ₁₁	D ₁₂	D ₁₃	D ₁₄	D ₁₅	D ₁₆	D ₁₇	D ₁₈	D ₁₉	D ₂₀
	D ₂₁	D ₂₂	D ₂₃	D ₂₄	D ₂₅	D ₂₆	D ₂₇	D ₂₈	D ₂₉	D ₃₀

ÖLÇÜTLERİN FAYDA FONKSİYONLARININ BELİRLENMESİ

SORU: Hangi A %50 olasılıkla aralığın X değeri ve %50 olasılıkla Y değeri kadar çekici olacaktır?

CEVAP: E

Tablo D.1. Ölçütlerin fayda fonksiyonlarının belirlenmesi için anket formu

A	X	Y	E									
Etkili menzil	1000	2000	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀
			E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃	E ₁₄	E ₁₅	E ₁₆	E ₁₇	E ₁₈	E ₁₉	E ₂₀
			E ₂₁	E ₂₂	E ₂₃	E ₂₄	E ₂₅	E ₂₆	E ₂₇	E ₂₈	E ₂₉	E ₃₀
Silahın ağırlığı	13	9,20	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀
			E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃	E ₁₄	E ₁₅	E ₁₆	E ₁₇	E ₁₈	E ₁₉	E ₂₀
			E ₂₁	E ₂₂	E ₂₃	E ₂₄	E ₂₅	E ₂₆	E ₂₇	E ₂₈	E ₂₉	E ₃₀
Hedefte yaptığı etki	16,5	18	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀
			E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃	E ₁₄	E ₁₅	E ₁₆	E ₁₇	E ₁₈	E ₁₉	E ₂₀
			E ₂₁	E ₂₂	E ₂₃	E ₂₄	E ₂₅	E ₂₆	E ₂₇	E ₂₈	E ₂₉	E ₃₀
Tutukluk	30	20	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀
			E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃	E ₁₄	E ₁₅	E ₁₆	E ₁₇	E ₁₈	E ₁₉	E ₂₀
			E ₂₁	E ₂₂	E ₂₃	E ₂₄	E ₂₅	E ₂₆	E ₂₇	E ₂₈	E ₂₉	E ₃₀
Basitlik	30	32	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀
			E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃	E ₁₄	E ₁₅	E ₁₆	E ₁₇	E ₁₈	E ₁₉	E ₂₀
			E ₂₁	E ₂₂	E ₂₃	E ₂₄	E ₂₅	E ₂₆	E ₂₇	E ₂₈	E ₂₉	E ₃₀
Emniyetlilik	10,5	15	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀
			E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃	E ₁₄	E ₁₅	E ₁₆	E ₁₇	E ₁₈	E ₁₉	E ₂₀
			E ₂₁	E ₂₂	E ₂₃	E ₂₄	E ₂₅	E ₂₆	E ₂₇	E ₂₈	E ₂₉	E ₃₀
Özel cihazlarla birl. özelliği	20	25	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈	E ₉	E ₁₀
			E ₁₁	E ₁₂	E ₁₃	E ₁₄	E ₁₅	E ₁₆	E ₁₇	E ₁₈	E ₁₉	E ₂₀
			E ₂₁	E ₂₂	E ₂₃	E ₂₄	E ₂₅	E ₂₆	E ₂₇	E ₂₈	E ₂₉	E ₃₀

AĞIRLIKLANDIRMA FAKTÖRLERİNİN BELİRLENMESİ

SORU A: Hangi olasılıkla en kötü seviyelerinde olan bütün ölçüt sonuçlarına karşı en iyi seviyelerinde olan bütün ölçüt sonuçları, en iyi seviyesinde olan **Etkili Menzil** ve en kötü seviyelerinde olan diğer bütün ölçütler kadar çekici olacaktır?

CEVAP: **F**

Tablo E.1. Ağırlıklandırma faktörlerinin belirlenmesi için anket formu

F									
F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	F ₈	F ₉	F ₁₀
F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄	F ₁₅	F ₁₆	F ₁₇	F ₁₈	F ₁₉	F ₂₀
F ₂₁	F ₂₂	F ₂₃	F ₂₄	F ₂₅	F ₂₆	F ₂₇	F ₂₈	F ₂₉	F ₃₀

SORU B: En düşük etkili menzil verildiğinde ($X_1=600$) hangi **A**, en kötü seviyedeki **A** verildiğinde hangi etkili menzil kadar çekici olacaktır?

CEVAP: **G**

Tablo E.2. Ağırlıklandırma faktörlerinin belirlenmesi için anket formu

A	$(X_i'; X_i')$									
	$(X_i' = G : i = 1, \dots, 7)$									
Silahın ağırlığı	$(X_1'; X_2')_1$	$(X_1'; X_2')_2$	$(X_1'; X_2')_3$	$(X_1'; X_2')_4$	$(X_1'; X_2')_5$	$(X_1'; X_2')_6$	$(X_1'; X_2')_7$	$(X_1'; X_2')_8$	$(X_1'; X_2')_9$	$(X_1'; X_2')_{10}$
	$(X_1'; X_2')_{11}$	$(X_1'; X_2')_{12}$	$(X_1'; X_2')_{13}$	$(X_1'; X_2')_{14}$	$(X_1'; X_2')_{15}$	$(X_1'; X_2')_{16}$	$(X_1'; X_2')_{17}$	$(X_1'; X_2')_{18}$	$(X_1'; X_2')_{19}$	$(X_1'; X_2')_{20}$
	$(X_1'; X_2')_{21}$	$(X_1'; X_2')_{22}$	$(X_1'; X_2')_{23}$	$(X_1'; X_2')_{24}$	$(X_1'; X_2')_{25}$	$(X_1'; X_2')_{26}$	$(X_1'; X_2')_{27}$	$(X_1'; X_2')_{28}$	$(X_1'; X_2')_{29}$	$(X_1'; X_2')_{30}$
Hedefte yaptığı etki	$(X_1'; X_3')_1$	$(X_1'; X_3')_2$	$(X_1'; X_3')_3$	$(X_1'; X_3')_4$	$(X_1'; X_3')_5$	$(X_1'; X_3')_6$	$(X_1'; X_3')_7$	$(X_1'; X_3')_8$	$(X_1'; X_3')_9$	$(X_1'; X_3')_{10}$
	$(X_1'; X_3')_{11}$	$(X_1'; X_3')_{12}$	$(X_1'; X_3')_{13}$	$(X_1'; X_3')_{14}$	$(X_1'; X_3')_{15}$	$(X_1'; X_3')_{16}$	$(X_1'; X_3')_{17}$	$(X_1'; X_3')_{18}$	$(X_1'; X_3')_{19}$	$(X_1'; X_3')_{20}$
	$(X_1'; X_3')_{21}$	$(X_1'; X_3')_{22}$	$(X_1'; X_3')_{23}$	$(X_1'; X_3')_{24}$	$(X_1'; X_3')_{25}$	$(X_1'; X_3')_{26}$	$(X_1'; X_3')_{27}$	$(X_1'; X_3')_{28}$	$(X_1'; X_3')_{29}$	$(X_1'; X_3')_{30}$
Tutukluk	$(X_1'; X_4')_1$	$(X_1'; X_4')_2$	$(X_1'; X_4')_3$	$(X_1'; X_4')_4$	$(X_1'; X_4')_5$	$(X_1'; X_4')_6$	$(X_1'; X_4')_7$	$(X_1'; X_4')_8$	$(X_1'; X_4')_9$	$(X_1'; X_4')_{10}$
	$(X_1'; X_4')_{11}$	$(X_1'; X_4')_{12}$	$(X_1'; X_4')_{13}$	$(X_1'; X_4')_{14}$	$(X_1'; X_4')_{15}$	$(X_1'; X_4')_{16}$	$(X_1'; X_4')_{17}$	$(X_1'; X_4')_{18}$	$(X_1'; X_4')_{19}$	$(X_1'; X_4')_{20}$
	$(X_1'; X_4')_{21}$	$(X_1'; X_4')_{22}$	$(X_1'; X_4')_{23}$	$(X_1'; X_4')_{24}$	$(X_1'; X_4')_{25}$	$(X_1'; X_4')_{26}$	$(X_1'; X_4')_{27}$	$(X_1'; X_4')_{28}$	$(X_1'; X_4')_{29}$	$(X_1'; X_4')_{30}$
Basitlik	$(X_1'; X_5')_1$	$(X_1'; X_5')_2$	$(X_1'; X_5')_3$	$(X_1'; X_5')_4$	$(X_1'; X_5')_5$	$(X_1'; X_5')_6$	$(X_1'; X_5')_7$	$(X_1'; X_5')_8$	$(X_1'; X_5')_9$	$(X_1'; X_5')_{10}$
	$(X_1'; X_5')_{11}$	$(X_1'; X_5')_{12}$	$(X_1'; X_5')_{13}$	$(X_1'; X_5')_{14}$	$(X_1'; X_5')_{15}$	$(X_1'; X_5')_{16}$	$(X_1'; X_5')_{17}$	$(X_1'; X_5')_{18}$	$(X_1'; X_5')_{19}$	$(X_1'; X_5')_{20}$
	$(X_1'; X_5')_{21}$	$(X_1'; X_5')_{22}$	$(X_1'; X_5')_{23}$	$(X_1'; X_5')_{24}$	$(X_1'; X_5')_{25}$	$(X_1'; X_5')_{26}$	$(X_1'; X_5')_{27}$	$(X_1'; X_5')_{28}$	$(X_1'; X_5')_{29}$	$(X_1'; X_5')_{30}$
Emniyetlilik	$(X_1'; X_6')_1$	$(X_1'; X_6')_2$	$(X_1'; X_6')_3$	$(X_1'; X_6')_4$	$(X_1'; X_6')_5$	$(X_1'; X_6')_6$	$(X_1'; X_6')_7$	$(X_1'; X_6')_8$	$(X_1'; X_6')_9$	$(X_1'; X_6')_{10}$
	$(X_1'; X_6')_{11}$	$(X_1'; X_6')_{12}$	$(X_1'; X_6')_{13}$	$(X_1'; X_6')_{14}$	$(X_1'; X_6')_{15}$	$(X_1'; X_6')_{16}$	$(X_1'; X_6')_{17}$	$(X_1'; X_6')_{18}$	$(X_1'; X_6')_{19}$	$(X_1'; X_6')_{20}$
	$(X_1'; X_6')_{21}$	$(X_1'; X_6')_{22}$	$(X_1'; X_6')_{23}$	$(X_1'; X_6')_{24}$	$(X_1'; X_6')_{25}$	$(X_1'; X_6')_{26}$	$(X_1'; X_6')_{27}$	$(X_1'; X_6')_{28}$	$(X_1'; X_6')_{29}$	$(X_1'; X_6')_{30}$
Özel cihazlarla birl. özelligi	$(X_1'; X_7')_1$	$(X_1'; X_7')_2$	$(X_1'; X_7')_3$	$(X_1'; X_7')_4$	$(X_1'; X_7')_5$	$(X_1'; X_7')_6$	$(X_1'; X_7')_7$	$(X_1'; X_7')_8$	$(X_1'; X_7')_9$	$(X_1'; X_7')_{10}$
	$(X_1'; X_7')_{11}$	$(X_1'; X_7')_{12}$	$(X_1'; X_7')_{13}$	$(X_1'; X_7')_{14}$	$(X_1'; X_7')_{15}$	$(X_1'; X_7')_{16}$	$(X_1'; X_7')_{17}$	$(X_1'; X_7')_{18}$	$(X_1'; X_7')_{19}$	$(X_1'; X_7')_{20}$
	$(X_1'; X_7')_{21}$	$(X_1'; X_7')_{22}$	$(X_1'; X_7')_{23}$	$(X_1'; X_7')_{24}$	$(X_1'; X_7')_{25}$	$(X_1'; X_7')_{26}$	$(X_1'; X_7')_{27}$	$(X_1'; X_7')_{28}$	$(X_1'; X_7')_{29}$	$(X_1'; X_7')_{30}$

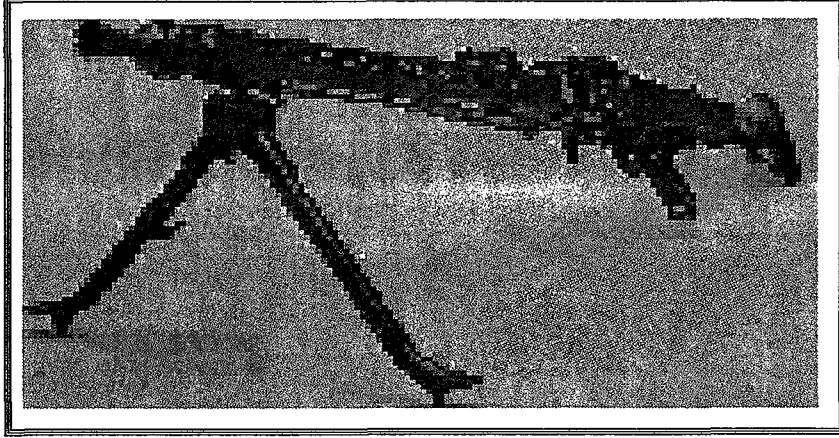
ALTERNATİF MAKİNELİ TÜFEKLERİN ÖLÇÜTLERE GÖRE DEĞERLENDİRİLMESİ

Aşağıdaki tabloda görülen ölçütlere; belirlenen aralıklar içerisinde değer atayınız.

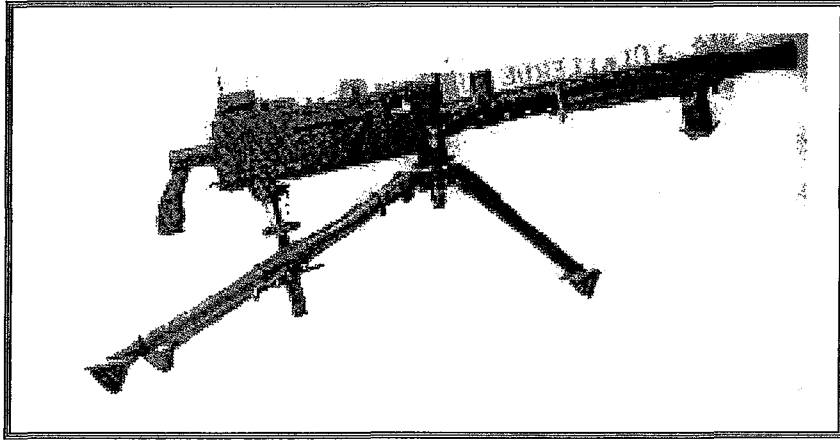
Tablo F.1. Alternatif makineli tüfeklerin ölçütlere göre değerlendirilmesi için anket formu

ÖLÇÜTLER	ALTERNATİF MAKİNELİ TÜFEKLER			
	MG3	A4	A6	BİXi
Etkili Menzil [600;2000]	1200	2000	1100	1500
Silahın Ağırlığı [25,000;9,200]	11,500	20,350	14,750	9,200
Hedefte Yaptığı Etki [10,000;20,000]				
Tutukluk [45,000;20,000]				
Basitlik [20,000;35,000]				
Emniyetlilik [5,000;15,000]				
Özel Cihazlarla Birl. Özelliği [15,000;25,000]				

MG3 VE M1919 A4 MAKİNELİ TÜFEKLERİ

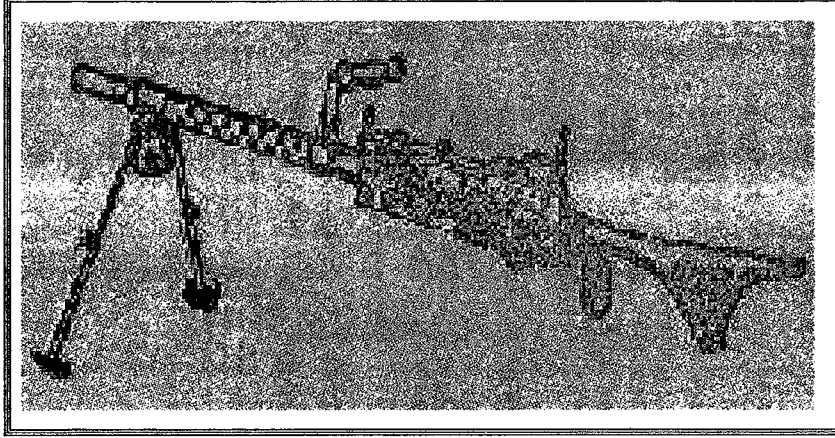


Şekil G.1 MG3 Makineli tüfeği



Şekil G.2 M1919 A4 Makineli tüfeği

M1919 A6 VE BİXİ MAKİNELİ TÜFEKLERİ



Şekil H.1 M1919 A6 Makineli tüfeği



Şekil H.2 BİXİ Makineli tüfeği

TC POLİS GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
DOĞRUKAĞIÇI MERKEZİ

ÖZGEÇMİŞ

Ünal, 1975 yılında Ankara’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini 1989 yılında Ankara’da, lise öğrenimini ise 1993 yılında Kuleli Askeri Lisesi’nde tamamladı. 1997 yılında Kara Harp Okulu’ndan Teğmen rütbesiyle mezun oldu. 1997-1998 yılları arasında bir yıl süreyle Piyade Sınıf Okulu’nda öğrenim gördü. 1998 yılından itibaren KKK’na bağlı çeşitli birliklerde görev yaptı. 2000 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Savunma Teknolojileri Ana Bilim Dalı Strateji Geliştirme Teknolojileri Programında yüksek lisans öğrenimine başlayan Ünal, evlidir.

