

YATIRIM PROJELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE
ÇOK ÖLÇÜTLÜ YÖNTEMLER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

End.Müh. Cengiz KAHRAMAN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 4 Haziran 1990

Tezin Savunulduğu Tarih : 18 Haziran 1990

Tez Danışmanı : Doç.Dr. Ethem TOLGA

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Coşkun KÜLÜR

Y.Doç.Dr. Mehmet TANYAŞ

Haziran 1990

T. G.

**Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi**

ÖNSÖZ

Yatırım projelerini değerlendirirken ve karar verirken kârın maksimizasyonu veya maliyetin minimizasyonu gibi tek ölçüt ile yetinmek yerine, projeyi etkileyecek, projenin yerine getirmesi istenilen hususları ifade edecek ölçütler kullanmak daha doğru olacaktır.

Ayrıca, gelecek risk ve belirsizlik içermektedir. Kullanılan tek ölçütlü yöntemlerin çoğu projenin maliyet ve kazançları hakkında belirlilik olduğunu varsayar. Bu açıdan çok ölçütlü değerlendirme yöntemleri risk ve belirsizlik koşullarını da içermelidir.

Bu çalışma, yatırım projelerinin değerlendirilmesinde kullanılan tek ölçütlü ve çok ölçütlü yöntemleri örneklerle vermek üzere hazırlanmıştır.

Bu tezin hazırlanmasında yardımlarını esirgemen Sayın hocam Doç.Dr.Ethem TOLGA'ya ve çalışmalarım sırasında kendilerinden kaynak edindiğim Sayın hocalarım Prof.Dr.Ramazan EVREN ve Yrd.Doç.Dr.Mehmet TANYAŞ'a teşekkürlerimi borç bilirim.

Cengiz KAHRAMAN

Haziran, 1990

İÇİNDEKİLER

ÖZET	
SUMMARY	
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. YATIRIM KAVRAMI	6
2.1. Yatırım Nedir?	6
2.2. Yatırımların Sınıflandırılması	7
2.3. Yatırımların Değerlendirilmesi	8
2.4. Yatırım Projelerinin Unsurları	10
2.5. Belirsizlik ve Yatırım Kararları Verilmesi	11
2.5.1. Belirsizlik Durumunda Değerlendirme	12
2.5.2. Riske Karşı Davranışlar	12
2.6. Proje Düzenleme ve Uygulamasıyla İlgili Yöntemi Çalışmaları	13
2.6.1. Proje Düzenlemesinin Yönetimi	13
2.6.2. Proje Uygulamasının Yönetimi	15
BÖLÜM 3. YATIRIM PROJELERİNİN DEĞERLENDİRMESİNDE TEK ÖLÇÜTLÜ YÖNTEMLER	21
3.1. Yıllık Net Kârın Yatırım Tutarına Oranı Yöntemi ...	21
3.2. Geri Ödeme Devresi Yöntemi	23
3.3. Net Bugünkü Değer Yöntemi (Şimdiki Değer Yöntemi)..	26
3.4. Bugünkü Değer İndeksi Yöntemi	29
3.5. İç Verim Oranı Yöntemi	30
3.6. Yıllık Eşdeğer Nakit Akışı Yöntemi	33
3.7. Yöntemlerin Karşılaştırılması	34
3.8. Risk ve Belirsizlik Karar Kriterleri	37
3.8.1. Baskınlık Kriteri Veya Eliminasyon Kontrolü ...	39
3.8.2. Çekicilik Seviyesi Kriteri	39
3.8.3. En Olası Gelecek Kriteri	40
3.8.4. Beklenen Değer Kriteri	40
3.8.5. Beklenti-Varyans Kriteri	41
3.8.6. Mutlak Parasal Denklik Kriteri	45
3.8.7. Beklenen Fayda Kriteri	46

3.9. Matematik Programlama	49
3.10. Enflasyonun Yatırım Projelerine Etkileri	52
3.10.1. Enflasyon-Faiz İlişkisi	52
3.10.2. Enflasyonist Ortamda Paranın Zaman Değerinin Belirlenmesi	55
3.10.3. Enflasyon Ortamında Sermaye Yatırımlarının Planlanması	57
3.10.4. Enflasyonist Ortamda Proje Değerlendirilmesi ..	58
3.10.5. Enflasyonun Yatırımlar Üzerindeki Etkileri ..	59
3.10.6. Enflasyonun Nakit Akışlarına Etkisi	60
BÖLÜM 4. YATIRIM PROJELERİNİN ÇOK ÖLÇÜTLÜ DEĞERLENDİRİLMESİ ...	63
4.1. Seçenekler-Ölçütler Puan Kartı Yöntemi	63
4.2. Farksızlık Eğrileri	64
4.3. Sıralı Ölçülendirme Yöntemi	64
4.4. Ağırlıklandırılan Faktörler Yöntemi	67
4.5. Seçeneklerin Ağırlıklandırılmış Değerlendirilmesi	71
4.6. Çok Ölçütlü Fayda Modelleri	72
4.6.1. Fayda Nedir ?	72
4.6.2. Klasik Fayda Yaklaşımı	73
4.6.3. Modern Fayda Yaklaşımı	74
4.6.3.1. Riskten Kaçan Karar Verici	76
4.6.3.2. Riske Giren Karar Verici	77
4.6.3.3. Risk Karşısında Kayıtsız Olan Karar Verici	78
4.6.4. Fayda Analizi	79
4.6.4.1. Değer Bağımsızlığı	80
4.6.4.2. Faydacı Bağımsızlık	82
4.6.4.3. Tercihsel Bağımsızlık	84
4.6.4.4. İki Ölçütlü Durum	85
4.6.4.5. Toplumsal veya Çarpımsal Fayda Fonksiyonları	86
4.6.4.5.1. Toplumsal Fayda Modeli	87
4.6.4.5.2. Çarpımsal Fayda Modeli	88
4.6.4.6. Ayrı Ölçütler İçin Fayda Fonksiyonlarının Belirlenmesi	88
4.6.4.7. Ağırlıklandırma Faktörlerinin Belirlenmesi	90
4.6.4.8. Fayda Fonksiyonlarının Kurulması	90

4.7. ELECTRE Yöntemi	107
4.7.1. Değerlendirme Tablosu	110
4.7.2. Uyum Göstergesi	112
4.7.3. Uyumsuzluk Göstergesi	113
4.7.4. Uyum Matrisinin Oluşturulması	114
4.7.5. Uyumsuzluk Matrisinin Oluşturulması	115
4.7.6. Uygun Seçeneklerin Belirlenmesi	116
BÖLÜM 5. YATIRIM PROJELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN YENİ BİR ÇOK ÖLÇÜTLÜ YAKLAŞIM	119
5.1. Algoritma	120
5.2. Algoritmanın Uygulanması.....	121
5.3. Maksimum Entropi Yöntemini Kullanarak Yeni Bir Çok Ölçütlü Model Yaklaşımı	124
5.3.1. Algoritma	124
5.3.2. Algoritmanın Uygulanması.....	128
SONUÇ	133
KAYNAKÇA	136
ÖZGEÇMİŞ	140

ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 3.1. Tek Bir Proje İçin N.Ş.D. ve Y/M Yöntemi Farkları
Şekil 3.2. Tek Bir Proje İçin N.Ş.D. ve İ.V.D. Yöntemi Farkları
Şekil 3.3. Normal Dağıldığı Varsayılan Aday Projeler İçin Sonuç Bilgileri
Şekil 3.4. Beş Yatırım Fırsatlı Bir Lineer Programlama Probleminde Kombinasyonların Ağaç Diyagramı İle Gösterimi
Şekil 4.1. Farksızlık Eğrilerine Örnek
Şekil 4.2. Bernoulli Tekniğine Göre Fayda Fonksiyonu
Şekil 4.3. Riskten Kaçan Karar Vericinin Kişisel Fayda Fonksiyonu
Şekil 4.4. Riske Giren Karar Vericinin Kişisel Fayda Fonksiyonu
Şekil 4.5. Risk Karşısında Kayıtsız Olan Karar Vericinin Kişisel Fayda Fonksiyonu
Şekil 4.6. Friedman-Savage'a Göre Kişisel Fayda Fonksiyonu
Şekil 4.7. Fayda Eğrisi
Şekil 4.8. i. Ölçüt İçin Ağırlıklandırma Faktörünü Bulmak Üzere A sorusunun İzahı
Şekil 4.9. Dört Ölçüt İçin Fayda Eğrileri
Şekil 4.10. Örneğin Baskın Olunmayan Çözüm Kümesi
Şekil 4.11.a. Kâr İçin Şarta Bağlı Fayda Fonksiyonu
Şekil 4.11.b. A Malının Üretimi İçin Şarta Bağlı Fayda Fonksiyonu
Şekil 4.12. Aynı Faydayı Veren y ve z Ödünleşmeleri
Şekil 4.13. $U=0,8004$ Faydasını Veren x-y Ödünleşmeleri

TABLO LİSTESİ

- Tablo 3.1. Risk ve Belirsizlik Problemleri İçin Genel Model
Tablo 3.2. Olasılıkların Belli Olduğu Bir Örnek Problem
Tablo 3.3. Baskın Olunan Seçenekler Elendikten Sonra Örnek Problem
Tablo 4.1. Seçenekler-Ölçütler Puan Kartı Örneği
Tablo 4.2. Normalize Edilmiş Faktör Ağırlıkları
Tablo 4.3. Her Seçeneğin Her Faktörü Ne Derece Sağladığını Gösteren Değerlendirme
Tablo 4.4. Seçeneklerin Ağırlıklandırılmış Değerlendirilmelerine Ait Hesaplamalar
Tablo 4.5. Örnek Problem İçin Ağırlık Faktörünün Belirlenmesi
Tablo 4.6. Örnek İçin Baskın Olunmayan Çözümler Kümesi
Tablo 4.7. Genel Değerlendirme Tablosu
Tablo 4.8. Önem Ölçülerine Göre Verimlilik Ölçülerinin ve Verimliliklerin Saptanması
Tablo 4.9. Dört Ölçüt, Dört Seçenek İçin Değerlendirme Tablosu
Tablo 5.1. Ölçütler - Olasılık Sınırları
Tablo 5.2. Örnek Ölçütler - Olasılık Sınırları

ÖZET

Bu çalışmada yatırım projelerinin değerlendirilmesi ve seçenekler içinde en uygununu saptamada kullanılan tek ve çok ölçütlü yöntemler incelenmiştir.

İkinci bölümde, yatırım kavramına ilişkin açıklamalar yapılmış, değerlendirme probleminin nitelikleri ortaya konmuştur. Yatırımları çeşitli sınıflandırma biçimleri, proje düzenlemesi ve uygulaması ile ilgili yönetim çalışmaları, risk ve belirsizlik durumunda değerlendirme bu bölümde açıklanmıştır.

Üçüncü bölümde, yatırım projelerinin değerlendirilmesinde kullanılan tek ölçütlü deterministik yöntemler ve risk ve belirsizlik altında değerlendirme kriterleri üzerinde durulmuş ve örneklerle konuya açıklık kazandırılmaya çalışılmıştır. Bu bölümde yöntemlerin birbirlerine göre üstün veya zayıf yönleri anlatılmaya çalışılmıştır.

Kâr ve maliyeti bir ölçüt olarak kullanan tek ölçütlü yöntemler, değerlendirmede önemli olan diğer birçok faktörü gözönüne almamaktadır. Örneğin, bir otomobil satınalma kararında "emniyet" ölçütü, ağırlık, maksimum hız v.b. gibi sayısallaştırılabilir ölçütlerle ifade edilebilir.

Dördüncü bölümde ise, çalışmanın esas konusu olan çok ölçütlü değerlendirme yöntemleri üzerinde durulmuştur. Bu yöntemlerden bugün en çok kullanılanı çok ölçütlü fayda modelleri olmaktadır. Fayda modelleri risk ve belirsizlik altında projelerin değerlendirilmesinde kullanılırken, daha sonra anlatılan ELECTRE yöntemi ise deterministik bir yaklaşım olarak değerlendirmede kullanılabilmektedir.

Geleceğin belirsizlik içermesi ve projelerin değerlendirilmesinde kullanılması gereken ölçütlerin birden fazla olması gereği dördüncü bölümde vurgulanmıştır. Bu bölümde verilen yöntemler örneklerle ifade edilmişlerdir.

Beşinci bölümde maksimum entropi yöntemi tanıtılmış, daha sonra bu yöntem ile çok ölçütlü bir model kurulmaya çalışılmıştır.

SUMMARY MULTI-CRITERIA METHODS IN EVALUATING INVESTMENT PROJECTS

Capital budgeting decisions focus on choosing the best combination of investment projects. The large sums of money involved and the time dimension frequently make these decisions critical to a business's financial picture.

Risk in capital budgeting deals with the fact that it is impossible to predict future cash flows exactly. Further, risk is a key concept in financial management, and it is generally compared to expected return. Several techniques are available to handle risk in capital budgeting. They include:

1. Informal approach
2. High, low and expected technique
3. Sensitivity analysis
4. Risk-adjusted discount rates
5. Use of probability

Risk in capital budgeting is a difficult and controversial area. While opinions vary about measuring risk and the best method that could be used to deal with it, it is usually agreed that it should be considered in evaluating capital investment projects.

Financial managers and managerial accountants are usually deeply involved in operational budgeting, both in developing the budget and in reporting subsequent performance. They are also involved in capital budgeting and must be aware of factors that significantly affect both capital budgeting and decision making. Decisions involving capital budgeting are made as the need arises and involve relatively large sums of money, long periods of funds commitment, and uncertainty caused by the length of time involved. A faulty capital budgeting decision may result in bankruptcy, difficult cash flow problems or, at the very least, a failure to optimize the operations of the firm. Most firms approach these decisions with gravity and constantly seek ways of improving the capital budgeting process.

The return on investment used by most companies as the standard for evaluating capital projects is their cost of capital. A company's cost of capital represents the lowest amount it expects to earn on a project to be able to pay the cost of funds used to finance the project. The cost of capital is usually the composite cost of the sources of funds used by the company:

1. Long-term debt
2. Preferred stock
3. New stock offerings
4. Retained earnings

This basic rate is the lowest acceptable return to be used on projects having lower risk. When project cash flows involve higher degrees of business risk, company management normally requires higher rates of return for capital investments. Where cash flows or cost savings fall into certain risk categories, many companies have a schedule of threshold limits for approval of projects some projects have cash flows showing a mixture of low, moderate, and high risks. When decisions are made for optimal investments, the two most common techniques used are:

1. The net present value
2. The internal rate of return

When we say "Capital Rationing", it refers to the selection process which is used whenever the capital funds available for a projected budgeting period are less than the sum of the initial costs of all acceptable projects. There is a correct way to choose the preferred project, and there are several widely-used investment-ranking techniques that are in appropriate in this situation.

The financial manager must consider each possible new project not only in combination with the firm's current activities, but also to incorporate the diversification implications into the analysis. Two projects may be equal in regard to present value and standard deviation, but when combined with other existing projects, the diversification provided by one of the projects will help to lower the overall risk factor. Quantification of the factors is desirable, but the financial manager should recognize the implications and at least make a qualitative analysis.

Many organizations face the problem of selecting an optimal portfolio of investment projects/proposals. Available models do not take into account the risk inherent in an uncertain investment project. A new strategy is proposed in which the information obtained by applying different criteria for ranking independent investment proposals is used to find a set of numbers, one for each of the investment proposals. The criteria can be both qualitative and quantitative.

In the first part of this study, the concept of investment has been mentioned. In this part, the classification of investments, investment decisions under risk and uncertainty conditions, management of project arranging and applying have been mentioned.

In the second part, single criterion methods for evaluating investment projects have been mentioned. Net present value, annual equivalent benefit-cost rate, internal rate of return methods have been explained with examples. The comparisons among these methods have been mentioned in this part. And some criteria which are used under risk and uncertainty have been explained shortly. Besides, how mathematical programming can be used for evaluation of investment projects has been explained. In this part, inflation, the relation of inflation-interest, the effect of inflation on investments etc. have been mentioned.

In the third part, multiple criteria (attributes) evaluation of projects has been explained. The necessity of evaluating projects by considering multiple criteria can be explained in that way:

Although it is very useful to use cost or profit as a measure of desirability, many decisions between alternatives cannot be measured only in these terms. Most firms have other objectives such as customer service, good will, community reputation, job satisfaction safety, employment stability, etc. These factors, which cannot be expressed directly in cost or profit terms, often are called intangibles or irreducibles.

Even though a decision maker may have readily definable objectives, he might still have a significant problem defining the criteria (attributes or decision factors) by which the attainment of objectives can be measured. For example, the attainment of "safety" objective in an automobile purchase decision might be measured by such criteria as weight, maximum possible speed, and interior padding.

The ultimate aim of the analyst, or decision-maker, with respect to multiple objectives and criteria, should be to use rational methods of evaluating them so that a single measure of value may be associated with each alternative in a decision problem. Techniques to achieve this ultimate aim now far short of full development and widespread use in practice. This means that in most instances multiple objectives/criteria must be evaluated by some process of judgment exercised by the decision-maker. Indeed, if his personal objectives differ from those of the firm, there may be little to prevent their inclusion in the decisions he makes.

There are numerous methods which have been developed to facilitate analysis. Some of these in approximate order of increasing complexity and power:

1. Alternatives-objectives score card
2. Indifference curves
3. Ordinal scaling
4. Weighting factors

5. Weiphted evaluation of alternatives
6. Multi-criteria utility models

Another multiple criteria (attributes) evaluation method is ELECTRE. This method is deterministic.

Analyzing risky decisions by the use of measures which represent the degree of importance of various profits or losses can be performed by the use of utility functions.

Multiple-Criteria Utility Models have been mentioned in the third part. Significant developments in the theory and practice of using multi-criteria (e.g., multiple objectives, attributes, or factors) utility models have been summarized.

When the analyst and the decision-maker are enough for the process, multi-criteria utility models are better than the other multi-criteria methods. Under risk and uncertainty conditions, utility models are preferred more than the others which are deterministic. This method has particular usefulness for analyzing projects in which the potential gain or loss is of significant size compared to the total funds available to the firm. More specifically, if the marginal utility or desirability of each unit of money potentially to be gained or lost is not a constant, then the utility of money rather than just amount of dollars is relevant, and then it may be worthwhile to use utility method rather than others.

Utility method consists of determining the cardinal utility- e.g., relative degree of usefulness or desirability to the decision-maker- of each of the possible outcomes of a project or group of projects on some numerical scale and then calculating the value of utility to use as the measure of merit.

The application of Utility method is based on the premise that it is possible to measure the attitudes of an individual or decision-maker toward risk. If the decision-maker is consistent with himself, then a relation between monetary gain or loss and the utility or relative desirability of that gain or loss can be obtained through the decision-maker's answers to a series of questions.

In the third part, another method has been explained. ELECTRE is a deterministic approach. This approach has been explained with an example.

This study has outlined some approaches to resolving the multiple objective, criterion, attribute, and/or factor problem by having the decision-maker compare his alternatives on the basis of one factor at a time. Most such simple comparisons, judgments, or

ratings generally are relatively easy to make. Then the decision-maker or his analyst can combine these into an overall evaluation for each alternative. This should make the decision-maker more confident and ultimately make his job easier.

We must use analysis to accept as inputs simple judgment decisions well with in a decision-maker's experience and to logically extend the consequences of these inputs to situations not within his experience and easy intuition.

The determination of what model(s) to use depends on the nature of the decision problem and the preferences of the decision-maker(s). While this determination is a very inexact science, it can be shown that the use of widely differing models will often have less effect on the probable quality of the solution than does the unintended deletion of possible outcomes, alternatives, or important criteria.



BÖLÜM 1. GİRİŞ

Yatırım projelerini değerlendirmede kullanılacak bir yöntem, gerçeklere uygunluğu oranında başarılıdır. Bugüne kadar geliştirilmiş tek ölçütlü yöntemlerin tam anlamıyla başarılı olamamalarının nedeni, değerlendirmenin tek bir göstergeye dayandırılması ve çeşitli yönleri olan sorunun bu niteliklerinin tek bir ölçüt ile ifadeye çalışılmasıdır.

Maliyet veya kârı birer ölçü olarak kullanmak çok yararlı olmasına rağmen, seçenekler arasındaki çoğu kararlar sadece bu terimlerle verilemezler. Birçok firma, bir yatırım projesinde müşteri servisi, iş tatmini, güvenlik, istihdam stabilitesi gibi başka ölçütlere de sahiptir. Bu ölçütler, direkt olarak maliyet veya kâr terimleriyle ifade edilemezler.

Bir sermaye yatırımı, genellikle yatırımın ekonomik ömrü boyunca sağlanan nakit akışından ilk yatırım maliyetini ve istenen kârları karşılamak için büyük miktarlardaki paraların tahsisinden oluşur. Fonların bu tahsisleriyle ilgili kararlar firmanın üst düzey yöneticilerinin sorumluluklarına dahildir. Bu kararlar bir teşebbüsün stratejik eylemlerini yerine getirmesi için kullanılan önemli araçları oluştururlar. Sermaye yatırımları, bir firmanın kaynaklarını yenilemesini ve kuvvetlendirmesini gerektirir

Yatırımlar yapıldığında, kararlardan organizasyona ekonomik açıdan önemli zararlar vermeden ve hedeflerine ulaşma gücünden taviz vermeden, geri dönmek çok zordur. Bunun için, sermaye yatırım kararları dikkatli bir analiz gerektirir ve bunlar yöneticilerin yapmak zorunda oldukları önemli ve en zor kararlar arasındadır.

İşte bu sebeple, yatırım projelerinin tek ölçütlü yöntemler yerine birden fazla ölçüt içeren değerlendirme yöntemleri ile analiz

edilmesi gerekir. Bu çalışmada yatırım projelerinin değerlendirilmesinde kullanılan belli başlı çok ölçütlü yöntemler verilmeye çalışıldı.

İkinci bölümde yatırım kavramı üzerinde durulmuştur. Yatırımların sınıflandırılması, değerlendirilmesinde kullanılan tek ölçütlü, çok ölçütlü yöntemler ve kriterler kısa başlıklar ile verilmiştir.

Üçüncü bölümde tek ölçütlü yöntemler ve kriterler örnekleriyle birlikte açıklanmaya çalışılmıştır. Burada bu yöntemlerin kuvvetli ve zayıf yönleri, birbirleri ile karşılaştırılması üzerinde durulmuştur. Bu bölümde şimdiki değer yöntemi, iç verim yöntemi, yıllık eş-değer nakit akışı yöntemi, bugünkü değer indeksi yöntemi, yıllık net kârın yatırım tutarına oranı yöntemi, geri ödeme devresi yöntemi örneklerle ele alınmıştır. Bu yöntemler, nakit akışlarının belirli olduğu varsayımıyla, bu nakitlerin zaman değerlerinin analizini içermektedir. Dysa yatırım kararı gelecekle ilgilidir ve en önemli boyutlarından biri belirsizliktir. Bu nedenle, bu bölümde kısaca risk ve belirsizlik altında yatırım projelerinin değerlendirilemesine ait bazı kriterlere de değinilmiştir.

Baskınlık kriteri, gecikilik seviyesi kriteri, en olası gelecek kriteri, beklenen değer kriteri, beklenti-varyans kriteri, mutlak parasal denklik kriteri ve beklenen fayda kriteri risk ve belirsizlik altında yatırım projelerinin değerlendirilmesi için kullanılan kriterlerdendir. Bu kriterler, birer örnekle açıklanmıştır. Daha sonra matematiksel programlama ile yatırım projelerinin değerlendirilmesi kısaca anlatılacaktır.

Belirlilik altında yatırım projelerinin değerlendirilmesi için kullanılan şimdiki değer yöntemi, iç verim oranı yöntemi gibi yöntemleri paranın zaman değerini enflasyonu gözönüne almadan analiz etmek için kullandık. Enflasyonist ortamda paranın zaman değerinin belirlenmesi, proje değerlendirme bu bölümde üzerinde durulan konulardandır. Ayrıca enflasyonun yatırımlar üzerindeki etkileri de ele alınmıştır. Bu açıklamalardan sonra sözkonusu yöntemlere enflasyon da dahil edilebilecektir.

Dördüncü bölümde yatırım projelerinin çok ölçütlü değerlendirilmesine ait yöntemler en basitinden en karmaşığına doğru sıralanmıştır. Bunlar seçenekler-ölçütler puan kartı, kayıtsızlık eğrileri, sıralı ölçülendirme yöntemi, ağırlıklandırılan faktörler yöntemi, seçeneklerin ağırlıklandırılmış değerlendirilmesi yöntemi ve çok ölçütlü fayda modelleri olarak sıralandı.

Çok ölçütlü değerlendirme yöntemlerinden en karmaşık olanı ve en fazla kullanılanı fayda modelleridir. Fayda modelleri ile yapılan karar çözümlemesi, karar vericinin nasıl seçim yaptığını gözlemler. Bu yaklaşım, sistematik çözümleme kullanarak ve biraz da karar vericiyi zorlayarak karar vericinin hangi davranış biçimini seçeceği hakkında zihnini açıklığa kavuşturmasına yardım eder. Böylelikle, karar vericinin yarar işlevi belirlenerek, en yüksek yararı sağlayan seçenek seçilir

Yatırım kararı gelecekle ilgilidir ve en önemli boyutlarından biri belirsizliktir. Bu açıdan, yatırım kararlarında fayda kuramının kullanışlı olmasının en önemli nedeni, diğer yöntemlerin, bu kararlar da kaçınılmaz olan belirsizliği gerektiği biçimde ele alamayışlarıdır. Net bugünkü değer yöntemi ve iç verim oranı yöntemi gibi yöntemler belirsizliği gözönüne almamaktadırlar. Belirsizlik altında sermaye bütçelemesi yöntemleri ise beklenen değere dayanır. Beklenen değer ölçütü ise tek bir değerdir, gerçekte ne olabileceği hakkında bilgi vermez. Ayrıca, bazı sonuçlar gerçekleşirse karar vericiyi ve kurumu derinden etkileyebilir. Beklenen değer bunu gözönüne almaz.

Yatırım kararını verecek olan kişi, otomatik olarak kendi fayda işlevini o andaki duruma uygulayacaktır. Bunu çoğu kez gerçekte böyle bir işlevin varlığını bilmeden yapar. Karar çözümlemesinin etkin kullanımı karar vericinin bilinç altı veya üstü birden fazla ölçütü olduğunda ortaya çıkar. Bugünün karmaşık organizasyonlarında yatırım kararları çok ölçütlü kararlar olarak ortaya çıkmaktadırlar. Karar vericinin genellikle birden fazla ve birbirleriyle gelişen ölçütleri vardır. Çok seyrek olarak, bir seçenek bütün ölçütler açısından diğer seçeneklerden üstün veya baskındır. Bazı seçenekler bir ölçüt, bazı seçeneklerde bir diğer ölçüt açısından tercih edilir. Bu durumda herbir ölçüt için saptanabilen fayda işlevleri belli bağımsızlık

koşulları sağlandığında tek bir fayda işlevi olarak birleştirilerek bu fayda işlevini (fonksiyonunu) maksimum kılan seçenek seçilebilir.

Çok ölçütlü karar vermenin gereği şu şekilde ifade edilebilir: Psikologların ve diğer sosyal bilimcilerin çalışmalarıyla kanıtlanan, bireylerin ve grupların bir değil, birden fazla ölçütleri olduğu gerçeği kabul edilmesine karşılık, geleneksel olarak soruna değişmeyen tek bir ölçütle yaklaşım yapılmaktadır. Bu ölçüt, genellikle kazanç enbüyükleme veya maliyet enküçüklemesidir. Böyle tek ölçütlü karar süreçleri kullanmanın pratik sonuçları ile ilgili hoşnutsuzluk giderek artmaktadır.

Çoğu işletme kararlarında kullanılan "kazanç" kavramı aslında hisse başına kazanç, hisse senedi fiyatı, borç-özsermaye oranı, pazar payı, yapım kalitesi v.b. birçok karmaşık değişkenin toplamıdır. Bazıları birbirleriyle gelişen tüm bu değişkenlerin tek değişken biçiminde ele alınması, herbiri hakkında edinilen bilgiyi azaltacaktır.

Parasal ölçütlerin yanı sıra, yaşam düzeyi, ekolojik kirlenme, eğitim düzeyi, kişisel sağlık, estetik değer, iş çeşitliliği, güvenlik gibi ölçütlerin de önem kazandığı durumlarda çok boyutlu çözümleme daha mantıklıdır.

Bu çalışmada çok ölçütlü fayda modelleri hakkında önce teorik bilgiler verilmiş, daha sonra örneklerle konunun daha iyi anlaşılması amaçlanmıştır. Fayda modellerinin kullanılabilmesi için gerekli bağımsızlık koşullarının gerçekleşmesi, çarpımsal veya toplamsal fayda modellerinden hangisinin kullanılacağına karar verilmesi ve birden fazla yatırım projesinin olduğu durumlarda fayda modelinin nasıl kullanılacağı ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Daha sonra her ölçüt için fayda fonksiyonunun nasıl oluşturulduğu, bu fonksiyonların nasıl tek bir fonksiyon haline getirildiği bir örnek ile açıklanmıştır. Fayda fonksiyonlarının oluşturulması süreci oldukça karmaşıktır. Ölçüt sayısı arttıkça bu proses daha da güçleşecektir. Belirli kısıtlar altında bu fonksiyonun maksimum değeri verecek şekilde çözümü ile optimum ölçüt değerleri bulunabilecektir.

Fayda kuramında karar vericinin yeri büyüktür. Karar vericinin sorun hakkında derinlemesine görüş sahibi olması gerekir. Sistem analistinin de nitelikleri iyi olmalıdır. Sistem analisti beceriksizlik nedeniyle, karar vericiyi yanlış yönlendirebilecek sonuçlara vardırabilir. Fayda fonksiyonlarının doğruluğu karar verici ve sistem analistinin bilgi ve becerisine bağlıdır.



BÖLÜM 2. YATIRIM KAVRAMI

2.1. Yatırım Nedir?

"Yatırım" kavramı, mevcut fonların (veya daha geniş anlamıyla kaynakların) gelecekteki devre (veya devrelere) yeterli nakit akışı (veya yarar) sağlama ümidi ile mevcut projeye veya projelere tahsis edilmesi şeklinde tanımlanabilir. Burada projeden amaç, "mevcut mal ve hizmetlerin üretimini arttırmak için, olanak sağlama arttırma veya geliştirmeye yönelik, proje sahibinin belirli bir zaman süresi içindeki önerisi" dir [1].

Geniş anlamı ile yatırım, ülkede bir dönem içinde üretilen ve dışalım yapılan mallardan tüketilmeyerek ve dışatımı yapılmayarak sonraki döneme aktarılan bölümdür. Aynı açıdan yatırımın ülkenin üretim gücüne yapılan eklemeler olarak tanımlandığı da görülmektedir. İşletme seviyesinde ise, işletmelerin üretim güçlerinde -kapasite- artış ya da süreklilik sağlanması yatırım olarak belirlenmektedir [2].

İşletme açısından yatırım, ülke açısından her zaman yatırım sayılabılır. Örneğin, bir üretim gücünün işletmeler arasında el değiştirmesi bu üretim gücünü elde eden kuruluş açısından bir yatırımdır. Ülkenin üretim gücüne bir ekleme yapılmadığından bu el değiştirme bir yatırım niteliği taşımayacaktır. Bu husus yatırım projelerinin ülke düzeyinde iktisadi yönden değerlendirilmesinde önem taşımaktadır. Çünkü, varolan kapasitenin el değiştirmesi, arz açısından ülkede bir değişikliğe yol açmamakta, piyasada bir artış sağlamamaktadır. Öte yandan yapılacak iktisadi değerlendirme, kuruluşun pazar payı, satışlardaki gelişmeler gibi işletme seviyesinde ele alındığında konu önemli olmaktadır [2].

2.2. Yatırımların Sınıflandırılması

İşletmelerde sermaye yatırımları çeşitli amaçlarla yapılmaktadır. Bu amaçları gözönünde tutmak yoluyla yatırımları çeşitli gruplara ayırmak olasıdır. Buna göre çeşitli sınıflandırmalar yapılabilmektedir. Bazıları burada sıralanırsa gerekli bakış açısı elde edilmiş olur.

Hatipoğlu, işletme açısından sınıflandırmayı şu şekilde yapmaktadır [3]:

- Eskiyen veya işe yaramayan tesisleri değiştirmek için yapılan yatırımlar.
- Üretimi artıran yatırımlar.
- Ürün çeşitlerini ve yeni ürünlerin üretimini sağlayan yatırımlar.
- Üretilmekte olan ürünleri şu veya bu şekilde geliştiren yatırımlar.
- Çalışma yöntemlerini geliştiren yatırımlar.
- Maliyeti azaltan yatırımlar.
- İşin riskini azaltan yatırımlar.
- İşçilerin yaşam düzeyini artıran yatırımlar.

Bierman ve Smidt'e göre ise şu şekildedir [4]:

- Kullandığı kıt kaynakların türlerine göre.
- Gerekli kaynakların herbirinin miktarına göre.
- Yatırımlardan sağlanan yararların diğer olası yatırımlarca ne şekilde etkilendiğine göre.
- Sağlanan yararların şekillerine göre.
- Sağlanan ek yararların düşük maliyet ve artan satış hacminden ya da satış hacminde veya pazar payındaki azalmanın önlenmesinden ileri gelip gelmediğine göre.
- Yakından ilgili bulundukları etkinlik alanına göre.

Diğer yandan Üretken yatırım üç sınıfa ayrılmaktadır [5]:

- Üretkenlik yatırımı ile yatırımların, parça başı maliyetlerde düşmeye ayrılan, insan/saat, kullanılan hammadde, yatırılan para, harcanan enerji birimine göre üretkenliği yükselten bölümü anlatılmak istenir.
- Yenileme yatırımları, yatırımın, eskiyen üretim mallarının yerine yenilerinin geçirilmesi için harcanan bölümdür.
- Maddi olmayan yatırım (ya da teknik ilerleme), yatırımın, be-rat (ayrıcalık) ve lisans satın alımına, geliştirme araştırmalarına, mesleki eğitime, daha genel olarak da emeğin üretkenliğini artıracak eğitim çalışmalarına ayrılan bölümdür.

2.3. Yatırımların Değerlendirilmesi

Bir yatırım projesinin uygulamaya elverişli olup olmadığını, eksik, yetersiz veya hatalı noktalarının bulunup bulunmadığını, ekonomik ve fiziksel ömrü içinde kendisini ödeyip ödeyemeyeceğini veya kârlılık oranını saptamak için yapılan çalışmalara yatırım projesinin değerlendirilmesi denir. Yatırım projesinin değerlendirilmesi, projenin teknik, mali ve ekonomik yönlerinin tutarlılığının ve sağlamlılığının saptanması amacıyla yapılan çalışmaları kapsar [2], [6], [7].

Yatırım projeleri çeşitli kişi ve kuruluşlar tarafından değişik amaçlarla değerlendirilirler. Projenin sahibi olan kuruluş kendi kontrol ve karar organlarını tatmin etmek amacıyla değerlendirme yapar. Yatırım ve kalkınma bankaları, diğer finansman kuruluşları, veya yatırımcı kuruluş ve şahıslar ise bu çalışmaları, bir projeye kredi verip vermeyeceklerini, vereceklerse şartlarını; işbirliği yapıp yapmayacaklarını, yapacaklarsa şartlarını saptamak amacıyla yaparlar [8].

Yatırım projesinin değerlendirilmesi, proje ile kıt kaynakların kullanımının söz konusu olması açısından kullanılacak kaynaklarla sağlanacak kaynakların karşılaştırılarak kullanımlara göre yeteri yarar sağlanıp sağlanamayacağının araştırılması, bu kaynakların başka kullanım yerinde daha fazla yarar sağlama olanağının incelenmesi olarak ortaya çıkmaktadır. Bu inceleme sonucunda projenin çekiciliği belirlenmeğe çalışılacaktır. Değerlendirmeye bu açıdan yaklaşım yapmanın daha

çok iktisadi ve mali açıdan olabileceğini belirtmek gerekmektedir [2].

Projenin oluşturulacağı işletme ile ilişkili kişi ve kurum sayısı oldukça fazladır. Bunlar, yönetim, ortaklar, çalışanlar, borç verenler, alıcılar, tüketiciler, sosyal çevre, kamu ve yan kamu kuruluşları olabilirler. Az ya da çok proje ile ilgilenebilecek olan bu kişi ve kurumların değerlemeden bekledikleri yarar ve amaçlar farklılık gösterecektir [2].

Örneğin, işletme seviyesinde ekonomik açıdan, pazarlama olanakları ve kanalları elverişli talebi sürekli artan yarışmacı sayısı fazla olmayan bir iş kolunda çalışan işletmenin yönetimi, kuşkusuz daha çekici olacaktır. Teknoloji, üretim, kalite, maloluş v.b. konularda sorun yaratmayacak, yarışma koşullarını işletme açısından uygun durumda bulunduracak teknik yapıya sahip bir işletmenin yönetiminde daha az sorunla karşılaşılır [2].

Uygulamada kullanılan başlıca yatırım önerilerini tek ölçütlü değerlendirme yöntemleri şunlardır [9].

- Yıllık net kârın yatırım tutarına oranı yöntemi.
- Geri ödeme devresi yöntemi.
- Net bugünkü değer yöntemi veya şimdiki değer yöntemi.
- Bugünkü değer indeksi yöntemi.
- İç verim oranı yöntemi.
- Yıllık eşdeğer nakit akışı yöntemi.

Bunların dışında, risk ve belirsizlik koşulları altında yatırım önerilerini değerlendirme kriterleri de vardır [6]:

- Baskınlık kriteri veya eliminasyon kontrolü.
- Çekicilik seviyesi kriteri.
- En olası gelecek kriteri.
- Beklenen değer kriteri.
- Beklenti-varyans kriteri.
- Belirli parasal denklik kriteri.
- Beklenen fayda kriteri.

Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde istatistiksel karar teknikleri, karar ağacı analizi de kullanılmaktadır. Bunlardan başka, yatırım kararlarının ekonomik değerlendirilmesinde matematik programlama da kullanılmaktadır [10].

Yatırım projelerinin çok ölçütlü değerlendirilmesi için bellibaşlı geliştirilmiş yöntemler ise [6]:

- Seçenekler-ölçütler puan kartı.
- Kayıtsızlık eğrileri.
- Sıralı ölçülendirme yöntemi.
- Ağırlıklandırılan faktörler yöntemi.
- Seçeneklerin ağırlıklandırılmış değerlendirilmesi yöntemi.
- Çok ölçütlü fayda modelleri.

olarak sıralanabilir.

2.4. Yatırım Projelerinin Unsurları

Bir yatırım kararı modelinde veya yatırım projesinde çeşitli unsurlar yer alır:

i) İlk yatırım tutarı

Kavram olarak işletmenin sözkonusu projeye ayırdığı fonlar olup, projeden para girişi elde edilmeye başlanıncaya kadar birikecek tüm para çıkışlarını kapsar. Kısaca nakit harcamasına yol açan giderlerdir. Projenin ihtiyaç duyduğu makina ve teçhizata ödenen paralar, makina ve parçaların montesi ve işler hale getirilmesine kadar ki ödemeler, yatırım dolayısıyla çalışma sermayesindeki artışlar ilk yatırım tutarına girer. İkame yatırımlarda eski makinanın yerinin boşaltılması için yapılan ödemeler yeni makinanın ilk yatırımına eklenir, eski makinanın hurda değeri çıkarılır [2] [11].

ii) Net nakit girişleri

Projenin yıllar boyunca sağlayacağı nakit girişinden ömrü boyunca yapılacak harcamalar çıkarılarak hesaplanır. Hurda değer projenin

sonunda fon girişidir. Diğer nakit girişleri amortismanı da içeren vergi sonrası değerlerdir. Gerek nakit girişlerinin, gerekse çıkışlarının yıla eşit dağıldığı varsayılır. Nakit girişleri projenin ömrü boyunca sabit veya değişken, birbiriyle bağıntılı ya da bağımsız olabilirler [2].

iii) İskonto oranı

Literatürde marjinal tercih oranı olarak da geçen iskonto oranı işletmenin fon kaynaklarının maliyetinin ağırlıklı ortalamasını gösterir. Uygulamada iskonto oranı olarak çok değişik kavramlar kullanılır: Firmanın kaynak maliyeti, benzer yatırımların kârlılık oranı, sermayenin fırsat maliyeti, yatırım riski, beklenen minimum kr oranı v.b. [2], [11].

iv) Yatırımın mr

Sabit sermaye yatırımlarında ekonomik ömür en az bir yıldır. Genelde en çok 10 yıldır. Bir projenin ömrünü belirleyen faktörler:

- Fiziki aşınma ve yıpranma
- Demode olma
- Malın pazarlama imknının kalmaması

Bunlardan birinin gerçekleşmesi projenin verimliliğini sona erdirir. Birinci etken fiziki, diğer ikisi ise ekonomik ömür ile ilgilidir. Ekonomik mrn sona ermesine rağmen fiziki ömür sona ermemiş olabilir. Teknolojik gelişmeler veya yeni ikame mal ve hizmetlerin söz konusu olması nedeniyle böyle bir durum ortaya çıkar [2].

Yatırım projelerini etkileyen ek faktörler ise amortisman, hurda değer, vergi, çalışma sermayesi ihtiyaı, enflasyon olarak sayılabilir [12].

2.5. Belirsizlik ve Yatırım Kararları Verilmesi

Eğer, her zaman bir yatırım için tek bir seri nakit akım, bulunduğunu kabul edebilseydik, sermaye kısıtlamasının bulunmadığı durumlarda, az çok basit ve doğru kuralları, işletme sahiplerinin refahlarını

maksimuma çıkaracak yatırım kararları verme işleminde, kullanmak olanağı bulunacaktı. Risk veya belirsizlik terimlerini belli bir yatırım projesi için tek bir nakit akımı bulunduğunu varsayamadığımız durumları betimlemek için kullanacağız. Bu bir yatırımın değişik olasılı sonuçlarının bulunması durumudur. Uygulamada iş adamları, belli bir yatırımın yaratacağı nakit akımından, pek ender emin olabilirler. Belirsizliğin bulunması yatırım kararı veren kimsenin görevini zorlaştırır ve bizim ona basit karar verme kurallarını önermemizi güçleştirir.

2.5.1. Belirsizlik Durumunda Değerlendirme

Yatırım kararları almak için gelecek hakkında bilgi gerektiği zaman, değerlendiricinin geleceğe ilişkin olarak tüm bilgilere sahip olmadığı durumlar da, mevcuttur. Uygulamada, daima gelecek ile ilgili belirsizliklerle karşılaşırız. Hemen hemen tüm yatırım kararları, bazı belirsizliklere yol açan koşullar altında alınmıştır. Karar alıcı, bir projenin geçerliliğini değerlendirirken, projeye ilişkin belirsizlikleri inceler ve bu belirsizlikleri risklere dönüştürmek suretiyle, bu risklerin gerçekleşme olasılığının projenin kabul edilebilirliğini ne ölçüde etkilediğine karar verir [13].

Ticari veya ulusal kârlılık hesaplamalarına giren her temel değişken, bir belirsizlik nedeni olabilir. Bununla birlikte bazı değişkenlerin yarattığı belirsizlik diğerlerinden daha etkili olabilir.

Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde, değişkenlerin bazıları genellikle bilinen belirsizlik kaynağıdır. Yatırım hacmi, işletme masrafları ve satış gelirleri bu tür değişkenlerdir.

2.5.2. Riske Karşı Davranışlar

Belirsizliği bulunan yatırım fırsatlarını incelerken gözönünde tutulması gereken bir faktör, riske karşı davranışlardır. Bir risk söz konusu olduğunda, herkes farklı şekilde davranabilir.

Belirsizlik koşulları altında bir karar verebilme yeteneği bir çok karşılaştırmalara dayanır ve risk seçimi veya riske karşı davranışları hakkında bilgi sahibi olmayı gerektirir. Buna benzer soruları

yatırım yapanlar değişik şekilde cevaplandırdıkları için başka başka, risk seçimine sahip olduklarını söyleyebiliriz. Şurası da açıktır ki, aynı kimse hayatının çeşitli dönemlerinde veya değişik koşullar altında, değişik risk seçimine sahiptir. Önceden girişilmiş yatırımlar, kendi sağlık durumu, bakmağa zorunlu olduğu kimselerin sayısı gelecek yıl işsiz kalma olasılığı gibi faktörler vereceği kararda açıkça gözönünde tutması gereken noktalardır [14].

Yatırımı yapan bir kimse için nesnel olarak kendi risk seçimini belirtmesi olanağı bulunabilir. Bu şekildeki bir belirtmeye yarar fonksiyonu ismi verilir. Nasıl ki, öznel olasılıklar herhangi bir olayın ortaya çıkması olasılığı karşısında, bir kimsenin davranışını belirtmekte kullanılırsa, yarar fonksiyonu da, o kimsenin risk seçimini göstermekte kullanılabilir. Eğer fayda fonksiyonu yatırımı yapanın risk seçimlerini iyi bir şekilde belirtirse, bu kimse beklenen en büyük yararı sağlayan seçeneği seçecektir [15].

Bu noktada bir kimsenin riske karşı davranışını gösteren fayda fonksiyonunun her zaman bulunup bulunmayacağını sorulması çok akla yakındır. Prensip olarak riske karşı davranışların bazısı söz konusu yarar fonksiyonu ile belirtilebilir. Eğer bir kimsenin seçeneklere karşı davranışı belirli koşulları getiriyorsa, biz o kimsenin risk seçiminin bir yarar fonksiyonu ile belirtilebileceğini biliyoruz demektir.

Risk seçiminin uygun olarak yarar fonksiyonu ile gösterilebileceğini varsaymak, sorunu açıklamak bakımından kolaylık sağlar. Karar verme bakımından, bu özel varsayımın iş hayatında geçerli olup olmaması, belirsizlik koşulları altında yatırım kararları verme işleminde riske karşı davranışların kritik bir rol oynadığını takdir etmek kadar önemli değildir.

2.6. Proje Düzenleme ve Uygulanmasıyla İlgili Yönetim Çalışmaları

2.6.1. Proje Düzenlenmesinin Yönetimi

Devlet ve borç verenler açısından proje düzenlenmesi ve değerlendirilmesi çalışmaları, çeşitli Bakanlıklar ve Devlet Yatırım

Bankası vbg. kamu kuruluşları tarafından ya da özel kesim kurumları tarafından çeşitli amaçlara yönelik olarak kendi örgütlerine kimi kez de bağımsız örgütlere yaptırılmaktadır. Girişimci açısından proje düzenleme ve değerlendirme çalışmalarının ise, girişimci, bir örgüte sahipse ve bu örgütte gerekli niteliklere sahip uzmanlar varsa bunlar tarafından, yoksa bağımsız bürolardaki işgücünden yararlanılarak yaptırılma olanağı vardır [2].

Projenin sahibi genellikle ister özel kesimde olsun, ister kamu kesiminde olsun girişimcidir. Bu, çoğunlukla sermayeyi koyacak kişi ya da kurum olarak ortaya çıkar. Proje bu kişi ya da kurumların yönetimi altında belirli niteliklere sahip uzmanlar tarafından hazırlanacaktır. Gerek sermaye tutarı, paylara bölümü ve hukuki yapı gibi konularda ve gerekse kuruluş yeri, teknoloji, kapasite vb. temel teknik konularla, ürün nitelikleri, fiyatı, pazar payı, pazarlama kanalları vb. iktisadi konularda ve belli başlı finansman konularında projeyi düzenleyen uzmanlar girişimci ile sürekli ilişki halinde olacaklardır. Girişimcinin aynı zamanda yönetici olması halinde bu ilişki daha ayrıntılı bilgilere doğru yönelecek ve uzmanlarla girişimci arasında geniş bir işbirliği söz konusu olacaktır. Girişimci dışında, çeşitli açılardan projeye ilgili özel ve kamu kuruluşlarının çalışmalarında da, sözü edilen ilişki, uzmanlarla kuruluşların yönetimi arasındadır [2].

Yatırım projesi düzenlenmesinin gerektirdiği teknik, iktisadi ve mali uzmanlık çalışmalarından hangi uzmanlık dalının emeğini daha fazla gerekseme duyulduğu konusu çoğu kez tartışma konusu olmaktadır. Proje konusu yatırımın özelliği, kimi kez bunlardan belirli birisinin ağırlığının gerekliliğini tartışmasız biçimde ortaya koyabilir. Ancak genel olarak her üç uzmanlık dalının emeğinin de kaçınılmaz olduğu bir gerçektir. Söz konusu edilebilecek hususlar, proje çalışmalarının düzenlenmesi (koordinasyon), proje yapımcılığı, sözcülük (raportör) ve proje sorumlusu konularıdır.

Proje düzenleme evresi sonrasında yatırımların gerçekleştirilmesi ve tesisin çalıştırılması aşamalarında teknik çalışmaların yoğunluğu, projelerin düzenlenmesinde teknik uzmanın iş kolundaki

uzlanımının mali ve iktisadi incelemeyi yapacak uzmanlara göre daha fazla önem taşıması kimi kez proje çalışmalarında yukarıda belirtilen konu ve sorumlulukların teknik uzmanları ilgilendirdiği görüşünün öne sürülmesine yol açmaktadır. Ancak ileri sürülen bu hususlar, daha çok teknik çalışmanın önemine ilişkindir, yoksa projenin, içindeki bilgiler ve proje düzenleme ve değerlendirme amacını tüm olarak kapsayacak nitelikte değildir.

Konuya projenin içeriği açısından yaklaşıldığında görülmektedir ki, projenin büyük bölümü mali uzmanlık çalışmasını gerektirmekte, proje, teknik ve iktisadi çalışma verilerini kullanarak mali çalışma ile tamamlanmaktadır.

Ayrıca içinde bulunulan iktisadi sistem ve koşullar açısından yatırım projesi daha çok finansman ve kârlılık sorunlarına çözüm getirir. Bu durum işletme seviyesinde projenin değerlendirilmesinde de açık olarak görülmektedir. Dolayısıyla genelleme dışı kalanlar bir yana bırakılırsa, projenin düzenlenmesi, sözcülük ve proje sorumlusu konularının mali uzmanca üstlenilmesi gereği ortaya çıkmaktadır [2].

Projeyi mali yönden düzenleyen kişi, teknik ve iktisadi yönden bu uzmanlardan gerektirdiği ölçüde hazırlık, çalışma ve yardım görecektir, onlarda böylece kendi uzman dallarıyla ilgili proje bölümlerinin sorumluluğunu almış olacaklardır. Proje sorumluluğunun bu biçimde paylaşılması çalışmaya katılan uzmanların uygunluk görüşünü projeyi imzalayarak belirtmeleri suretiyle yerine getirebilir [10].

Bir başka yöntem de, teknik ve iktisadi çalışmaların ayrı ayrı raporlar halinde düzenlenmesi ve projenin bir bütün olarak, mali yönde çalışmayı yapan uzmanca, bu raporlardan yararlanılarak düzenlenmesidir.

2.6.2. Proje Uygulanmasının Yönetimi

Bilindiği gibi yönetim çalışmaları aşağıda belirtilen beş temel kavramdan oluşmaktadır.

1. Plânlama,
2. Örgütleme,
3. Kadrolama,
4. Yöneltilme,
5. Denetleme.

Yatırım evrelerinde belirtildiği üzere, yönetim önce gerekli incelemelerde bulunarak ve yatırım projesi düzenleyerek plânlama çalışmalarını yapmış olacaktır. Sonra uygulamaya hazırlık evresinde örgütlenmeye yönelecektir. Çalışmalar için görevlendirilecek kişilerin belirlenmesi, bunların yetki ve sorumluluklarının saptanmasıyla kadrolama çalışmaları sürdürülecek ve projenin uygulanması, gözden geçirilmesi işleri, plânlama, örgütleme ve kadrolama arasında uyum sağlanarak, başka bir deyişle yöneltilme çalışmaları ile gerçekleştirilecektir. Daha sonra denetleme çalışmaları ve sürekli çalışmaya geçme evresinde kuruluşun projeye göre uygunluğunun saptanması denetleme çalışmalarının kapsamı içinde yer alacaktır [16].

Projeler uygulansınlar diye düzenlenirler, bu nedenle projenin gerçekleştirilebilme olanaklarıyla bağımlı olarak ele alınmak zorunluluğu vardır. Örneğin, yatırım için gerekli beşeri ve mali olanakları bir araya getiremeyecek ya da bunları tedarik edemeyecek bir girişimci için proje düzenlemenin fazla bir anlamı olmayacaktır.

Proje uygulanmasında yukarda belirtilen çalışmalar açısından yönetimin kendisinin ve yeterli insan gücünün varlığının önem taşıdığı anlaşılmaktadır. Bunların dışında gerek yatırım ve gerekse sürekli çalışma dönemlerinde gerekli girdilerin bulunma olanaklarının gözönünde bulundurulması gereğini de belirtmek uygun olacaktır. Bu üç konu üzerinde aşağıda kısaca durulmuştur.

a. Yönetim

Projeyi uygulayacak ve işletmenin kuruluşunu, sonra da sürekli çalışmasını sağlayacak kişi ya da kişiler yönetimi oluşturacaktır. Bu çoğunlukla projenin düzenlenmesinde uzmanların işbirliği yaptığı sermaye sahibi kişiler olmaktadır. Bununla beraber, büyük sermaye gruplarında yönetim, sermaye sahipleri dışında ücretli yöneticilerden

de olabilir. Bunların yukarıda belirtilen örgütlenme, kadrolama yöneltme ve denetleme çalışmalarını yapabilecek niteliklere sahip olması önem taşımaktadır. Bu çalışmaların önemi, projenin boyutlarına göre değişeceğinden, yönetimin değerlendirilmesi de projenin boyutlarına uygun oranda yapılacaktır.

Yönetimin değerlendirilmesi, özellikle projeye borç verecekler açısından önemlidir. Bunların tahsilleri, geçirdikleri deneyler, beşeri ve mali olanakları ve üretim araçlarını bir araya getirebilme ve işi kurma ve işletme yetenekleri, yönetici nitelikleri, dürüstlükleri, saygınlıkları, çalışkanlıkları, ortaklık varlık durumları, değilse adına çalıştığı ortakların varlıkları, finansman olanaklarını tedarik yeteneği vb. konular geniş biçimde değerlendirilmeye çalışılacaktır [2], [7].

Yönetim genellikle yatırımın tüm evrelerinde değişmekte, gerek projenin düzenlenmesi, gerekse yatırımın yapılarak sürekli çalışmaya geçilmesinden sonrada aynı yönetimle çalışmalar sürdürülmektedir. Bununla beraber, proje düzenlemede, yatırım aşamasında ve sürekli çalışmaya başladıktan sonra yönetimin değişmesinin söz konusu olabileceğini belirtmek gerekmektedir.

b. Çalışmaları Yürütecek Kadro

Kuruluş ve üretim çalışması dönemlerinde yeterli sayıda ve nitelikte çalışanlara gerekseme vardır. Projenin yatırım maloluşu ve üretim maloluşu hesaplama bölümlerinde bu kişilerin sayısı ve nitelik olarak saptanmasına çalışılacağını belirtmek uygun olacaktır.

Proje uygulamasının gerek fiziki ve gerekse harcama bakımından projeye uygun olarak aksamadan yürütülebilmesi, görevli kadrolardaki herkesin yapacağı işi iyi bilmesi ve sevmesiyle mümkün olabilecektir. Çalışmalar sırasında ortaya çıkacak aksamalar ve beklenmedik olayların zamanında giderilmesini mümkün kılacak bir örgütlenme düzeninin başarıda büyük payı olacağı kuşkusuzdur [7], [10].

Projenin boyutu büyüdükçe bu örgütlenmenin de önemi artmaktadır. Bu konudaki önerilerden biri üzerinde aşağıda durulmuştur.

Kuruluş dönemi yönetim ve organizasyon bölümleri ve her bölümün görevleri [2].

1. İnceleme-Proje ve Ismarlama Bölümü Görevleri

- Hazırlanmış proje ve belgelerin tasnif ve arşivlenmesi ve arşivin yönetimi,
- Uygulama ve ayrıntı programlarının ve bu arada arsa düzeltimi ve yapılarla makine ve donatımın ve yardımcı tesislerin özellik ve yerleştirilmeleriyle ilgili belgelerin, işyeri düzenlenmesi ve akım şemalarının, üretim yöntemleri, iş akışı, kalite denetleme ve programlarının hazırlanması, değişikliklerin yapılması,
- Proje danışmanı kuruluşlarla ilişkilerin yürütülmesi, gerekli düzenleme ve onaylama işlerinin yapılması,
- Kuruluş çalışmaları sırasında gerekli inceleme, sondaj, araştırma işlerini yapmak ya da yaptırmak,
- Bilgi işlem bölümünü kurarak, proje uygulama programlarını, stoklama ve denetleme işlerini, bordroları vb. ödemeleri hazırlatmak, iş programlarının düzenlenmesini sağlamak,
- İş programının izlenmesi ve değerlendirilmesi,
- Ismarlama-ihale-işlerinin yapılması, sözleşmelerinin hazırlanması,
- Kesin hesap işleri.

2. Uygulama Bölümü ve Bölümün Görevleri

Bölüm, genellikle uygulama ve yapılan işlerin denetlenmesi işlerinin yürütülmesiyle görevlidir. Bu arada aşağıdaki işlerin yürütülmesini üstlenebilirler.

- Ambarların kurulması gelen malların kalitelerinin, giriş ve çıkışlarının denetlenmesi, malların sarfında israfın önlenmeğe çalışılması,

- Kuruluş sırasında gerekli kimya ve fizik laboratuvarlarının kurulmasının ve çalıştırılmasının sağlanması,

- İş emniyetinin sağlanması.

3. Satınalma, Mali ve İdari Bölüm ve Bu Bölümün Görevleri

- Satınalma işlerini yürütmek,
- Kuruluş yerinde çalışanların sosyal gereksemelerini karşılamak,
- Çalışanların özlük işlerini yürütmek,
- Kayıt düzenini ve ödeme işlerini yürütmek,
- Kuruluşun hukuki yapısı ve kuruluş yeriyle ilgili hukuki işleri istimlâk vb. yerine getirmek,
- Kuruluş alanının güvenliğini sağlamak, sağlık hizmetlerini, yangın emniyetini, sivil savunma ve eğitim işlerini yürütmek,

4. Çalışma Dönemiyle İlgili İşler Bölümü

Kuruluş dönemiyle ilgili olarak bu bölümün görevlerini aşağıdaki biçimde sıralamak mümkündür:

- Kuruluş işlerinde kullanılan iş makinelerinin montajı, sökülmesi, bakım ve onarımı işlerini yapmak,
- Yapımı tamamlanan bölümlerin makine ve donatımını teslim almak, bunların ayar ve denetlemesini yaparak çalışmaya hazır hale getirmek,
- Deneme ve sürekli çalışma dönemleri için gerekli çalışanların tedarikini yapmak, eğitim ve yetiştirilmesiyle uğraşmak,
- Deneme ve sürekli çalışmaya başlayan bölümlerin bakım ve onarımını yapmak ve yaptırmak,
- Makine-donatım ve yardımcı tesislerin çalışmalarıyla ilgili belgeleri temin etmek ve yararlanmaya hazır hale getirmek,
- Hammadde, yardımcı madde ve işletme malzemelerinin gereğine uygun olarak tedarikini sağlamak ve stok denetleme hizmetlerini kurmak.

c. Yatırım Maloluşu ve Üretim Maloluşu Unsurlarının Tedarik Olanakları

Yatırım maloluşu unsurlarının düşük bedelle tedariki, bunlar için belgelere dayanan önerilerin derlenmesi, inceleme ve araştırmaların yapılması yeterli bilgiye sahip uzman kadrolarca yerine getirilebilir. Bunun için ücretli uzman çalıştırmanın pahalı olması, çoğu kez yöneticilerin danışman mühendislik kuruluşlarının hizmetinden yararlanmalarına neden olmaktadır. Girişimcinin teknik elemanının denetleme görevini üstlenmesi uygun olabilir.

Yatırımlar için gerekli makine ve donatımın tedarik olanakları, gelişmekte olan ülkelerde dış alım dolayısıyla güçleştikçe, yatırımın maloluşunun yükselme ve tamamlanma süresinin uzama sakıncası ortaya çıkar. Bu nedenle yatırım hazırlıkları başlangıcında bu olanakların en uygun koşullarla elverişli hale getirilmesi büyük önem taşıyacaktır. Dış ülkelerde gerekli incelemelerin yapılması, önerilerin derlenmesi, döviz olanaklarının hazır hale getirilmesi bu çalışmalar arasında sayılabilir.

Üretim maloluşu unsurlarının da en düşük bedelle zamanında temin olanaklarının hazır hale getirilmesi üzerinde de durulabilir. Girdilerin satıcı kuruluşlar yanında gerekli kalite, fiyat denetimlerini yaparak sürekli satın alma koşullarının hazır hale getirilmesi, sonra da deneme çalışmalarına başlayınca bunların satın alınmaya başlanması gerekli ticari ve teknik bilgilere sahip kişilerin çalışmalarını gerektirir.

Gerek yatırım ve gerekse maloluş unsurlarının yukarıda belirtildiği biçimde tedarik olanakları esasen projede inceleme konusu yapılacaktır. Bu konular ve bu konularda çalışacak yetenekli kadro sorunu projenin değerlendirilmesinde de inceleme konusu yapılabilecek önemde görülmektedir.

BÖLÜM 3. YATIRIM PROJELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE TEK ÖLÇÜTLÜ YÖNTEMLER

Bu bölümde aşağıdaki tek ölçütlü değerlendirme yöntemleri üzerinde durulacaktır:

- Yıllık net kârın yatırım tutarına oranı yöntemi.
- Geri ödeme devresi yöntemi.
- Net bugünkü değer yöntemi veya şimdiki değer yöntemi.
- Bugünkü değer indeksi yöntemi.
- İç verim oranı yöntemi.
- Yıllık eşdeğer nakit akışı yöntemi.

Ayrıca bu bölümde kısaca, risk ve belirsizlik altında yatırım projelerinin değerlendirilmesinde kullanılan kriterlere de değinilecektir. Enflasyonun yatırım projelerine etkileri bu bölümde işlenecek bir başka konu olacak. Daha sonra yatırım projelerinin değerlendirilmesinde matematik programlamanın kullanılışına da değinilecektir.

3.1. Yıllık Net Kârın Yatırım Tutarına Oranı Yöntemi

Basit kârlılık oranı yöntemi de denilen bu yöntem, normal bir yıl içinde meydana gelen net kârın ilk yatırıma oranıdır. Bu oran ya toplam yatırım ya da özsermaye üzerinden hesaplanır; bu da yatırımcının toplam yatırımın kârlılığını mı, yoksa özsermayenin kârlılığını mı istediğine bağlıdır. Bu nedenle basit kârlılık oranı ya:

$$R = \frac{F+Y}{I} \quad (3.1)$$

ya da

$$R_e = \frac{F}{C_e} \quad (3.2)$$

olarak ifade edilir. Burada,

- R : Toplam yatırım üzerinden basit kârlılık oranı
R_e : Özsermaye üzerinden basit kârlılık oranı
F : Amortisman, faiz ve kârdan alınan vergiler düşüldükten sonra, normal bir yıl içindeki net kâr
Y : Normal bir yıl içindeki borçlar için yıllık faiz ödentileri
I : Özsermaye ve borçları kapsayan toplam yatırım
C_e : Yatırılmış özsermaye

Bu hesaplar yapıldıktan sonra, alternatifler arasında basit kârlılık oranı en yüksek olan proje seçilir. Tek bir projenin kârlılığı için bu oran sermayenin fırsat maliyeti ile karşılaştırılır [9],[17].

Bu oran bazen projenin yararlı ömrü boyunca sağladığı ortalama net kârın, ortalama yatırım tutarına oranı olarak da hesaplanabilir ve bu oran ortalama sermaye dönüş oranı olarak adlandırılır:

$$\text{Ortalama sermaye dönüş oranı} = \frac{(\sum_{t=1}^n F_t)/n}{I_i + (I_s + H)/2} \quad (3.3)$$

Burada,

- I_i : İşletme sermayesi
I_s : Sabit sermaye yatırımı
H : Hurda değer
n : Ekonomik ömür
F_t : t. yıldaki net kâr

Bu yöntemin olumlu yönleri:

1. Basit, açık ve hızlı hesaplanabilen bir yöntemdir. Bu nedenle özellikle geniş kapsamlı analizler için veri bulunmadığı hallerde ve ön değerlendirme çalışmalarında çok kullanılır.

Olumsuz yönleri ise:

1. Yöntem yalnız bir yılın bilgilerine dayanmakta olup, proje ömrünün öteki yıllarını gözönüne almamaktadır. Bu nedenle, farklı

ekonomik ömre sahip projeler arasındaki seçimde yanıltıcı olabilir.

2. Gerçek anlamda projenin tüm ömrünü karakterize edebilecek normal bir yılı seçmek oldukça zordur.

3. Yöntem paranın zaman değerini gözönüne almamaktadır.

3.2. Geri Ödeme Devresi Yöntemi

Bu yöntem bir projenin net kâr olarak ölçülmüş olan faydaları yoluyla toplam yatırımın tamamen ödenmesi için gerekli olan süreyi hesaplar. Bu nedenle geri ödeme süresi, projenin kendi yatırım tutarını ödemesi için kaç yıllık bir süre boyunca net kârını biriktirmesi gerektiğini, bir başka deyişle sermayenin geri ödeme hızını ifade eder.

Projenin sağlayacağı yıllık net nakit akışları yıllar itibarıyla büyük dalgalanmalar göstermiyorsa:

$$\text{Geri ödeme devresi} = \frac{\text{Yatırım tutarı}}{\text{Yıllık net nakit akışı}} = \frac{I}{F} \quad (3.4)$$

Projenin sağlayacağı net nakit akışları yıllar itibarıyla dalgalanmalar gösteriyorsa:

$$I = \sum_{t=0}^p F_t \quad (3.5)$$

Formülde p yıl olarak geri ödeme süresini göstermektedir. Yalnızca bir tek proje değerlendirildiğinde p' karar verici tarafından kabul edilen sınır geri ödeme süresi olmak üzere, p', (3.5) formülüyle hesaplanan p değerinden büyük ya da eşitse, proje kabul edilir. p', geçmişteki tecrübeler ve yatırımcının diğer yatırım olanakları çerçevesinde saptanır ve şartlara göre farklılık gösterir. Alternatif projeler durumunda ise geri ödeme süresi en kısa olan proje kabul edilir. Genel olarak yöntemin amacı, kendini hızla amorti eden, en az riskli projeyi seçmektir [9], [18].

Yöntemin olumlu yönleri:

1. Anlaşılması kolay ve uygulaması basittir.
2. Teşebbüsün likidite sorununu dikkate almaktadır.
3. Geleceğin belirsizliği, ekonomik ve teknolojik gelişmelerin önceden tahmininin olanaksızlığı nedeniyle en az riskli projenin seçilmesini sağlar.
4. Uygulanan amortisman yöntemi öncelik sırasını etkilememektedir.

Yöntemin olumsuz yönleri:

1. Projelerin ekonomik ömürlerini dikkate almamaktadır. Bu nedenle farklı ömürlere sahip projeler arasındaki seçimde yanıltıcı olabilir.
2. Uzun vadeli başarı açısından yanlış sonuçlar doğurur; çünkü stratejik öneme sahip yatırımlara öncelik vermez.
3. Paranın zaman değerini dikkate almamaktadır. Bu sakıncayı ortadan kaldırmak amacıyla, belli bir iskonto oranı seçip yatırım tutarı ve yıllık nakit akışları bu oran ile indirgenebilir. Bu indirgenmiş orana şimdiki değer indeksi denir.

$$\text{Şimdiki Değer İndeksi} = \frac{\sum_{t=0}^n F_t \cdot (1+i)^{-t}}{I - H \cdot (1+i)^{-n}} \quad (3.6)$$

Burada,

- F_t : t. yıldaki nakit akışı
 I : Yatırım tutarı
 H : Hurda değer
 i : Efektif faiz oranı

Sürekli iskontolama durumunda ise:

$$\text{Şimdiki Değer İndeksi} = \frac{\sum_{t=0}^n F_t \cdot e^{-rt}}{I - H \cdot e^{-rn}} \quad (3.7)$$

Burada, r yıllık nominal faiz oranını göstermektedir. Şimdiki değer indeksi yatırımın kazanç göstergesidir.

Ş.D.İ. > 1 ise yatırım kazançlıdır.

Ş.D.İ. $= 1$ ise yatırım başabaştır.

Ş.D.İ. < 1 ise yatırım zarara neden olacaktır.

Bu yöntemin kullanılmasında en büyük güçlük iskonto oranlarının uygun seçilmesinin kolay olmayışdır.

Örnekler;

Örnek [8]: Bir şirket, yararlı ömürleri 6 yıl olan, değerleri aşağıda verilen iki makinadan hangisini geri ödeme devresine göre seçmelidir? İskonto oranı % 8 varsayılmaktadır [9].

Seçenek	Maliyet (TL)	Yıllık Düzgün Kazanç (TL)	Hurda Değer
A Makinası	200.000	45.000	10.000
B Makinası	300.000	60.000	70.000

A Makinası:

$$\text{Geri ödeme devresi} = \frac{\text{Maliyet}}{\text{Yıllık Düzgün Kazanç}} = \frac{200.000}{45.000} = 4,4 \text{ yıl}$$

B Makinası:

$$\text{Geri ödeme devresi} = \frac{\text{Maliyet}}{\text{Yıllık Düzgün kazanç}} = \frac{300.000}{60.000} = 5 \text{ yıl}$$

Geri ödeme devresinde ölçüt, bu devreyi en küçükleme olduğundan A makinası seçilir.

3.3. Net Bugünkü Değer Yöntemi (Şimdiki Değer Yöntemi)

Bir projenin NBD'si, o projenin gelecekteki nakit giriş ve çıkışlarının bugünkü değerleri arasındaki fark olarak tanımlanabilir. Buna göre projenin ömrü boyunca sağlayacağı tahmini nakit akışı önceden saptanmış bir iskonto oranı üzerinden şimdiki zamana indirgenir. İndirgenmiş kazanç toplamı yatırım tutarı ile karşılaştırılır. Aralarındaki farkın sıfırdan büyük olması halinde, proje kabul edilir. Alternatif projeler söz konusu ise, NBD'si en büyük olan proje seçilir [9], [19].

Süreksiz iskontolama durumunda:

$$N.B.D. = -I + \sum_{t=0}^n F_t (1+i)^{-t} + H.(1+i)^{-n} \quad (3.6)$$

Sürekli iskontolama durumunda:

$$N.B.D. = -I + \sum_{t=0}^n F_t \cdot e^{-r \cdot t} + H \cdot e^{-rn} \quad (3.7)$$

şeklinde hesaplanabilir.

Eğer yatırım dönemi ayrı olarak belirtilmişse:

$$N.B.D. = - \sum_{t=0}^m I_t \cdot (1+i)^{-t} + \sum_{t=m+1}^n F_t \cdot (1+i)^{-t} \quad (3.8)$$

şeklinde hesaplanabilir. Burada m, yıl olarak yatırım dönemini göstermektedir.

Bu yöntemde uygulanacak olan iskonto oranı, sermaye piyasasında uzun vadeli borçların gerçek faiz yüzdesine ya da borçlunun ödediği faiz yüzdesine eşit olmalıdır. Çoğu kez sermaye piyasası olmadığından, bu oran alternatif maliyeti, yani başka bir alana yatırılacak aynı miktardaki sermayenin sağlayabileceği kârı yansıtmalıdır. Diğer bir deyişle, bu oran yatırımdan beklenen en düşük verim oranıdır.

Bu yöntemin uygulanmasında sermaye maliyetinin projenin ömrü boyunca sabit kaldığı varsayılmaktadır. Bu varsayım gerçekçi olmakla

beraber, değişen sermaye maliyeti esasına göre nakit akışlarının indirgenmesi pratik bakımdan olanak dışıdır.

Projenin iskonto oranı (i) ile iç verim oranı (i_r) arasında bir ilişki vardır. Projenin net bugünkü değerini sıfıra eşitleyen iskonto oranı, (i_r) iç verim oranıdır:

$$N.B.D.(i_r) = 0 \quad (3.9)$$

Bu durumda yatırım kriteri iç verim oranının iskonto oranından daha büyük olması gerektiğidir. Genel olarak, tek bir proje için aşağıdaki bağıntılar verilebilir:

$$\begin{array}{ll} N.B.D. = 0 & i = i_r \\ N.B.D. < 0 & i > i_r \\ N.B.D. > 0 & i < i_r \end{array}$$

Yöntemin olumlu noktaları:

1. Yöntem proje ömrünün tümünü ve parasının zaman değerini gözönüne aldığından daha iyi ayırım yapabilen bir yöntemdir.
2. İskonto oranı sağlıklı bir şekilde saptandığında uygulaması çok kolaydır.
3. İskonto oranındaki küçük değişmeler projenin bugünkü değerinin değişmesine yol açabilmesi nedeniyle, enflasyon oranlarının düşük olduğu ve faiz oranlarının fazla değişme göstermediğı hallerde, bu yöntem ile gerçekçi değerlendirmeler yapılabilir.

Yöntemin olumsuz noktaları:

1. İskonto oranının saptanması objektifliğı tartışılabilir bir konudur. Teoride çok hassas bir şekilde hesaplanabilen (i) iskonto oranı, pratikte bazı belli göstergeler dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Bu hesap tarzı subjektif değerlendirmelere açıktır ve oranın değiştirilmesi öncelik sırasını da etkileyecektir.
2. Yöntem, sermaye maliyetinin ekonomik ömür boyunca değişmeyeceğini varsaymaktadır. Teorik açıdan zaman içinde sermaye maliyeti

değişebilir olmakla birlikte, pratik açıdan bu bir önem taşımaz. Eğer sermayenin marjinal verimliliği sağlıklı bir şekilde saptanabiliyorsa, görülecektir ki uzun bir zaman aralığında sermaye maliyeti değişme eğilimi göstermez.

3. Projenin gerçek iç verim oranı bu yöntemle gösterilmemektedir. Yöntem sadece projenin iç verim oranının istenen en düşük verim oranından daha yüksek olup olmadığını gösterir.

4. Söz konusu yöntemle hesaplanan N.B.D. her zaman firma kârlılığını maksimum düzeye çıkarmaz.

Örnek: Aşağıda aynı görevi yapabilecek iki torna tezgahına ait bilgiler verilmiştir. Hangisinin seçileceğine şimdiki değer analizi ile karar veriniz [6].

	Torna Tezgahı	
	A	B
İlk satınalma maliyeti	10.000 ₺	15.000 ₺
Ekonomik Ömür (Yıl)	5	10
Hurda Değer	2.000 ₺	0
Yıllık Kazanç	5.000 ₺	7.000 ₺
Yıllık Masraflar	2.200 ₺	4.300 ₺
Minimum çekici verim oranı : %8		

Analiz dönemi 10 yıl alınarak;

	Torna Tezgahı	
	A	B
Yıllık kazançların B.D. = $5000(P/A;\%8;10)$:	33.550 ₺	
$7000(P/A;\%8;10)$:		46.970 ₺
Hurda değerlerin B.D. = $2000(P/F;\%8;10)$:	926 ₺	
Net girdilerin bugünkü değeri :	34.476 ₺	46.970 ₺

Yıllık masrafların B.D. = $2200(P/A;\%8;10)$:	-14.762 ₺	
4300(P/A;\%8,10):		-28.853 ₺
Satınalma Maliyeti :	-10.000 ₺	-15.000 ₺
Değiştirme = $(10.000-2.000)(P/F;\%8;5)$:	- 5.445 ₺	
Nakit çıktıların bugünkü değeri :	-30.207 ₺	-43.853 ₺
Net bugünkü değer :	4.269 ₺	3.117 ₺

Bu durumda A projesi, daha yüksek net şimdiki değere sahip olduğundan seçilecektir.

3.4. Bugünkü Değer İndeksi Yöntemi

Daha önce (3.2)'de açıklandığı gibi nakit girişlerinin bugünkü değerinin, maliyetlerin bugünkü değerine oranı alınan bu yöntemde kazanç-maliyet oranı 1'den büyük ise proje uygundur. Bu orana rantabilite oranı da denmektedir [9].

Örnek: Aşağıda değerleri verilen iki makinadan hangisi satın alınmalıdır? İskonto oranı % 10 esas alınacaktır. 6 .

	A Makinası (₺)	B Makinası (₺)
Satınalma maliyeti	20.000	70.000
Yıllık düzgün kazanç	9.500	12.000
Hurda değer	5.000	15.000
Ekonomik ömür (yıl)	6	12

Analiz dönemi 12 yıl esas alındığında, nakit akış tablosu aşağıdaki gibidir:

Yıl	A Makinası (₺)	B Makinası (₺)
0	20.000	70.000
1-5	9.500	12.000
6	20.000	12.000
7-11	9.500	12.000
12	5.000	15.000

Buradan, şimdiki değer kazançlar ve maliyetler:

$$\text{Ş.D.K.}_A = 9.500(P/A;\%10;12) + 5.000(P/F;\%10;6) + 5.000(P/F;\%10;12)$$

$$\text{Ş.D.M.}_A = 20.000 + 20.000(P/F;\%10;6)$$

$$\text{Ş.D.K.}_B = 12.000(P/A;\%10;12) + 15.000(P/F;\%10;12)$$

$$\text{Ş.D.M.}_B = 70.000$$

$$\text{Ş.D.K.}_A = 69.148,5 \text{ ₺} \quad \text{Ş.D.M.}_A = 31.290 \text{ ₺}$$

$$\text{Ş.D.K.}_B = 86.547 \text{ ₺} \quad \text{Ş.D.M.}_B = 70.000 \text{ ₺} \quad \text{olarak bulunur.}$$

$$A \text{ için : } K/M = 69.148,5/31.290 = 2,21$$

$$B \text{ için : } K/M = 86.547 / 70.000 = 1.24$$

Kazanç Maliyet oranı maksimum yapılacağından A Makinası seçilir.

3.5. İç Verim Oranı Yöntemi

İç verim oranı yöntemi N.B.D. yöntemine çok benzemekle beraber uygulamada en büyük farkı iskontolama işlemidir. N.B.D. yönteminde verim iskonto oranı üzerinden fonların tekrar yatırılacağı varsayılırken, iç verim oranı yönteminde işletmeye dönen fonların iç verim oranı üzerinden yatırılacağı varsayılmaktadır. Bu durumda akla ilk gelen soru, bu iki yöntemden hangisinin kullanılmasının daha sağlıklı sonuç vereceğidir. Burada teorik tercih genel olarak N.B.D. yöntemi yönündedir. Çünkü iç verim oranı yöntemi kullanıldığında, her projenin iç verimi farklı olduğundan her proje için işletmeye dönen fonlar farklı oranlar üzerinden tekrar yatırılmış gibi işlem görecektir. N.B.D. yönteminde işletmeye gelen nakit daima aynı oran üzerinden işlem görecektir [9], [20].

Tanım olarak iç verim oranı, projenin nakit çıkışları ile nakit girişlerini eşitleyen iskonto oranıdır. Bir başka tanım da şöyledir: İç verim oranı, yatırımın geri ödenmeyen kısmı üzerinden

hesaplanarak yatırımın ömrü sonunda geri ödenmeyen kısmı sifıra eşitleyen bir iskonto oranıdır. Bir proje için bu oran deneme-yanılma yöntemiyle hesaplanır ve en yakın değeri elde etmek için, bulunan en küçük pozitif N.B.D. ile değer olarak en küçük N.B.D. arasında enterpolasyon yapılır [8].

Hesaplanan iç verim oranı, projeden beklenen minimum verim oranı olan sermaye maliyeti (SM) ile karşılaştırılır. İç verim oranının daha yüksek olması durumunda proje kabul edilir. İç verim oranı, aynı zamanda projenin finansmanı için en çok hangi faiz oranına kadar borç alınabileceğini de gösterir.

İç verim oranı yöntemi ile iki proje arasında seçim yapmak sözkonusu olduğunda, yöntem biraz değişiklikle uygulanır. Öncelikle projelerin iç verim oranları sermaye maliyeti ya da beklenen minimum verim oranı ile karşılaştırılır. Eğer her ikisinin iç verim oranıda beklenen minimum verim oranından daha büyükse, seçeneklerin nakit akışları arasındaki fark üzerinden artımı iç verim oranı (ΔIVO) hesaplanır [6],[9].

$\Delta IVO \geq S.M.$ Büyük maliyetli seçenek

$\Delta IVO < S.M.$ Küçük maliyetli seçenek

seçilir.

Yöntemin olumlu yönleri:

1. Yöntem paranın zaman değerini ve projenin faydalı ömrünü gözönüne almaktadır.

2. İç verim oranı projenin verilerine göre hesaplandığından, diğer projeler arasında yapılacak bir sıralamada dışarıdan objektifliği tartışılabilir bir unsura gerek kalmamaktadır.

3. Ekonomideki gerçek iskonto oranının hesaplanması gerekmediğinden, yöntem pratik olarak kolaydır.

Yöntemin olumsuz yönleri:

1. Projenin işletme döneminde oldukça önemli negatif nakit akışları varsa, projenin N.B.D.'si bir defadan fazla işaret değiştirir. Bu durumda birden fazla iç verim oranı ortaya çıkar ve hangisinin değerlendirmeye esas alınacağı sorun yaratır.

2. Seçenekler arası değerlendirme iç verim oranlarına göre yapıldığından, projelerin büyüklük dereceleri, gözönüne alınmaz. Böyle bir sıralama bazı durumlarda sakıncalı olabilir. Örneğin az bir yatırımla yüksek kârlılık oranı sağlamak yerine, kârlılık oranı düşük bir yatırım projesinden daha fazla gelir sağlama olanağı vardır. Bu durumda yöntem hatalı kaynak dağılımına sebep olurken, gelirlerin maksimizasyonunu da önler.

3. Yöntemin uygulanması için sıralaması yapılacak projelerin tümünün aynı anda karar organına gelmesi gerekir. Ancak uygulamada projeler tek tek veya gruplar halinde karar vericiye gelmektedirler.

4. İskonto oranı projenin dışından gelmediği, tam aksine kendi bilgilerinden faydalanarak hesaplandığı için yöntem karar vericinin zamanla ilgili tercihlerini direkt olarak yansıtmaz. Ayrıca yöntem ekonomideki gerçek faiz oranını da dikkate almamaktadır.

5. Yatırım dönemi ve ekonomik ömürün uzun olması durumunda iç verim oranını hesaplamak zaman almaktadır.

Örnek: Aşağıda aynı görevi yapabilecek iki torna tezgahına ait bilgiler verilmiştir. Hangisinin seçileceğine verim oranı artış analizi ile karar veriniz [6].

	Torna Tezgahı	
	A	B
Satınalma maliyeti	10.000 ₺	15.000 ₺
Ekonomik ömür (yıl)	5	10
Hurda değer	2.000 ₺	0
Yıllık düzgün kazanç	5.000 ₺	7.000 ₺
Yıllık düzgün masraf	2.200 ₺	4.300 ₺
Minimum çekici verim oranı=% 8		

Yıllık nakit akışları ve bunların farkları aşağıda verilmiştir:

Yıl	A Tornası	B Tornası	Fark B Tornası-A Tornası
0	-10.000	-15.000	-5.000
1	2.800	2.700	- 100
2	2.800	2.700	- 100
3	2.800	2.700	- 100
4	2.800	2.700	- 100
5	2.800 -8.000	2.700	- 100 +8.000
6	2.800	2.700	- 100
7	2.800	2.700	- 100
8	2.800	2.700	- 100
9	2.800	2.700	- 100
10	2.800 2.000	2.700	- 100 -2.000

Buradan,

$$-5.000-100(P/A;\%i;10)+8.000(P/F;\%i;5)-2.000(P/F;\%i;10) = 0 \quad \text{yazılır}$$

ve $i = \% 0$ olarak bulunur. Burada $i = \Delta \dot{I} \cdot V \cdot 0$.'dur.

$\Delta \dot{I} \cdot V \cdot 0 = \% 0 < SM = \% 8$ olduğundan yatırım artışı istenmez ve A Tornası seçilir.

3.6. Yıllık Eşdeğer Nakit Akışı Yöntemi

Bu yöntemde projenin gelecekteki yarar ve maliyetlerinin bugünkü değerleri bulunarak, bu değerler, projenin yarar ve maliyetleri açısından ilgili yıllara eşdeğer olarak yayılmaktadır. Projenin net şimdiki değeri aşağıdaki katsayı ile çarpılarak yıllık eşdeğer maliyetler veya kazançlar bulunmaktadır[1], [20].

$$\text{EDYN İçin Katsayı} = \frac{(1+i)^n \cdot i}{(1+i)^n - 1} = (P/A;\%i;n) \quad (3.10)$$

Birden fazla projenin olduğu durumda, eşdeğer yıllık maliyeti daha küçük veya eşdeğer yıllık kazancı daha büyük olan proje seçilir.

Örnek: Montaj bandında bir işlemi geliştirmek için 3 seçenek düşünülmektedir. Gerekli aletlerin fiyatları ve diğer bilgiler aşağıda verilmiştir. Her seçeneğin hizmet ömrü 10 yıldır. Faiz oranı %8 düşünüldüğünde hangi seçenek tercih edilmelidir[6]?

	A	B	C
Yatırım maliyeti	1.500.000	2.500.000	3.300.000
Yıllık tasarruf	1.400.000	900.000	1.400.000
Yıllık işletme masrafı	800.000	600.000	600.000
Hurda değer	150.000	250.000	330.000

Burada EDYK ve EDYM farklarının maksimizasyonu yolu ile çözüm yapılacaktır.

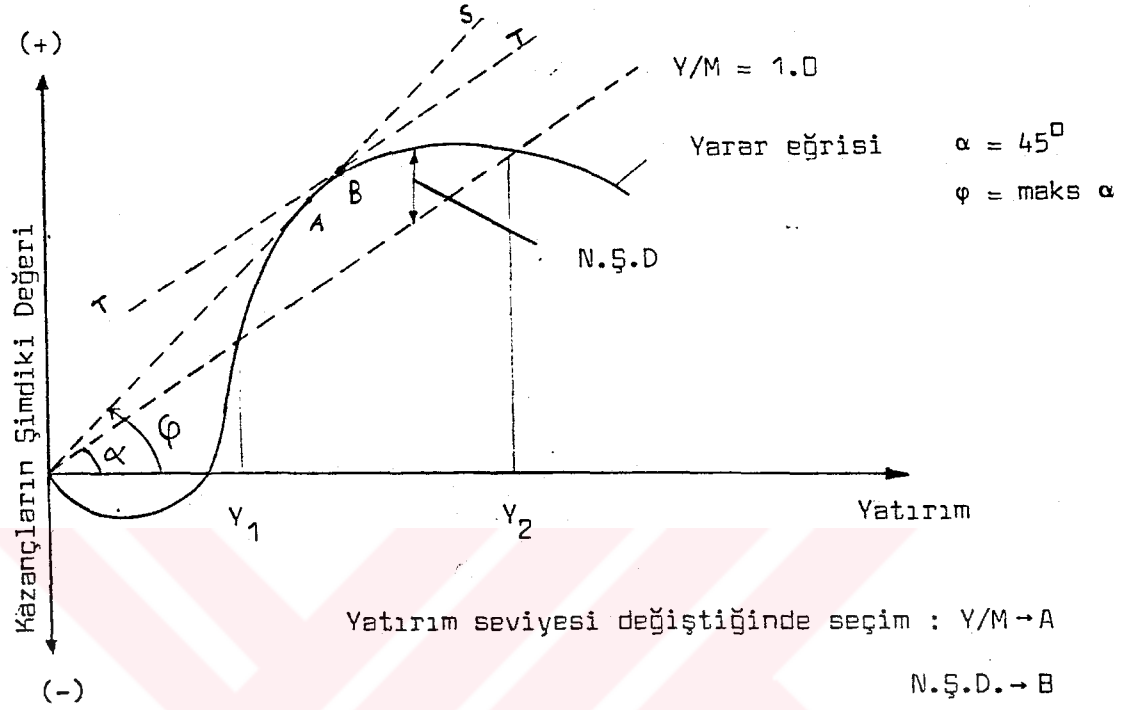
	A	B	C
Yıllık tasarruf	1.400.000	900.000	1.400.000
Hurda değer (A/F;%8;10)	10.400	17.200	22.800
EDYK =	1.410.400	917.200	1.422.800
Yatırım maliyeti (A/P;%8;10)	223.500	372.500	491.700
Yıllık işletme masrafı	800.000	600.000	600.000
EDYM :	1.023.500	972.500	1.091.700
EDYK - EDYM =	386.900 TL	-55.300 TL	331.100

Bu durumda A seçeneği tercih edilecektir.

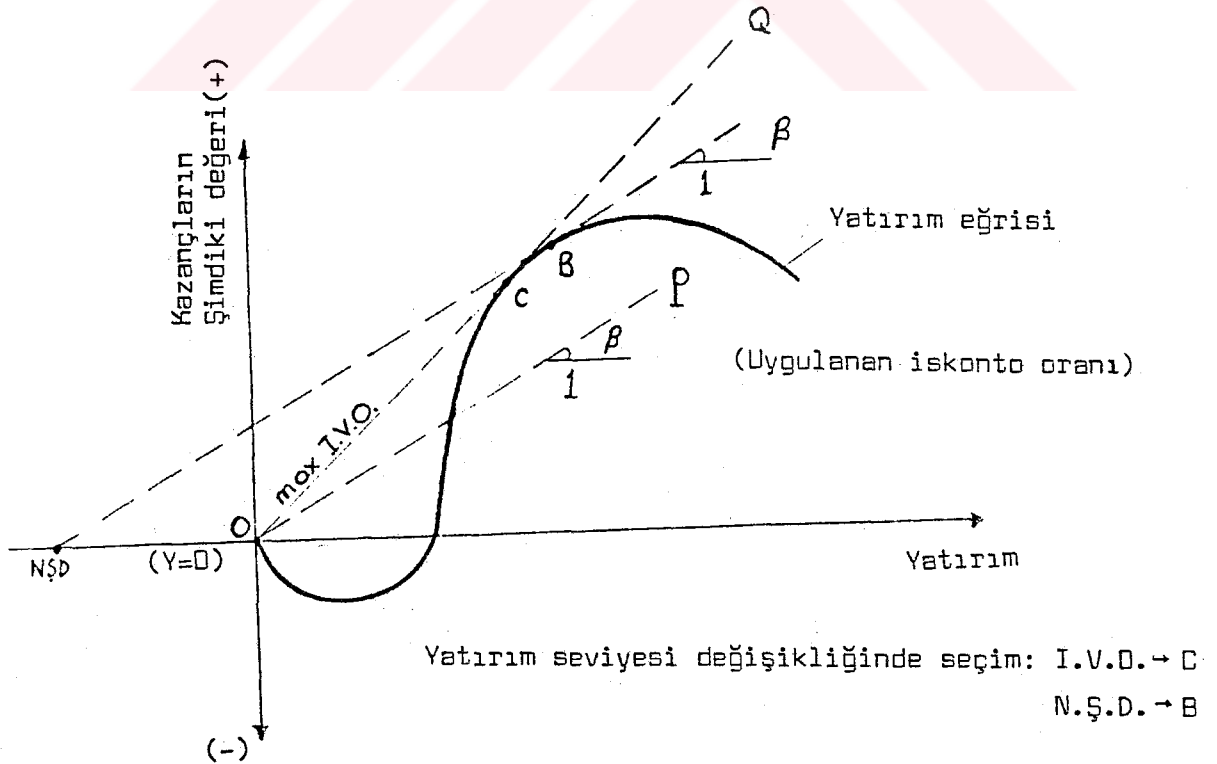
3.7. Yöntemlerin Karşılaştırılması

Yatırımların gerçekleştirilmesinde gerekli olan kullanılabilir kaynakların sınırlılığı nedeni ile, projeler arasında bir sıralama yapmak her zaman zorunlu olmaktadır. Sıralama sorunu, aynı anda yapılmaları olanaksız projelerde de ortaya çıkmaktadır. Kararda ayrıca, proje ölçeği ve inşaa tarihinin de dikkate alınması gerekmektedir [1],[20].

Net şimdiki değer yöntemi, şimdiki değer indeksi yöntemi ve iç verim oranı yöntemi Şekil 3.1 ve Şekil 3.2'de karşılaştırılmıştır [1].



Sekil 3.1 : Tek Bir Proje için N.S.D. ve Y/M Yöntemi Farkları



Şekil 3.2 : Tek Bir Proje için N.Ş.D. ve İ.V.O. Yöntemi Farkları

Şekil 3.1'deki yarar eğrisi, değişik yatırım seviyelerine karşılık gelen proje yararlarının şimdiki değerleri bulunarak elde edilmiştir. Burada, Y/M yöntemi ile net şimdiki değer yönteminin farklı çözümler verdiği görülmektedir. $\alpha=45$ doğrusu, Y/M = 1 (yararlar maliyetlere eşit) doğrusudur. Bu doğrunun en büyük eğim değerleri OS doğrusu ile ($Q \rightarrow \max \alpha$) elde edilir. O halde Y/M yöntemine göre çözüm A noktasıdır (Y/M durumu, $\alpha > 45$ konumu ile sağlanabilir).

Net şimdiki değer yöntemine göre ise, $\alpha=45$ doğrusunun üzerinde kalan yarar eğrisi ordinatları Y_t 'nin M_t 'den büyük olduğu çözümlerdir (Y_1-Y_2). Söz konusu aralıkta en büyük yarar değeri TT doğrusunun yarar eğrisine teğet olduğu B noktasında elde edilebilir. O halde şimdiki değer yöntemine göre ise çözüm B noktası olacaktır. Gerçeten, Y/M yöntemi, yüksek yıllık maliyetli büyük projelerde, projeyi olduğundan az verimli (olumsuz) gösterirken, N.Ş.D. yöntemi, proje lehine bir sonuca ulaşmaktadır [20].

Şekil 3.2.'de de N.Ş.D. ve İ.V.O. yöntemlerinin projenin seçiminde farklı sonuçlar verdikleri görülmektedir. Tanım gereği OP doğrusunun eğimi (β) sözkonusu projede uygulanan iskonto oranıdır. İ.V.O. yöntemi, projenin en büyük yararlılık değerini aradığı için yarar eğrisine teğet doğrunun (OQ) teğet noktası (C) çözümü verecektir. Daha önce görüldüğü gibi N.Ş.D. yöntemine göre ise çözüm (B) noktası olacaktır [1], [20].

Yöntemlerin değişik sonuçlara ulaşmalarının nedenlerini en sistematik biçimde Mishan açıklamıştır. Ona göre üç neden sözkonusudur. Bunlar, projeler arasında [1], [20].

- 1) İlk yatırım giderleri,
- 2) Proje ömürlerinin (karşılaştırma döneminin) projeler arasında farklı oluşu,
- 3) Projelerin sağladığı yararların yeniden yatırıma yönetilmesi konusunun açıkça belirtilmesi.

Bu tutarsızlıkları ortadan kaldırmak için bir düzenleme işlemi gereklidir. İşlem üç adımdan oluşmaktadır:

1) Tüm projeler için ilk yatırım tarihlerini aynı kılacak düzenlemeyi yapmak (ilk yatırımdan sonraki net yararların her yıl pozitif olduğu kabul edilerek). Düzenleme, ya (küçük ölçeklinin bölünmezlik engeli olmadığı) ölçeğinin birkaç misli büyütülmesi veya büyük proje ile küçük proje arasındaki tutarın alternatif kullanımının analize katılması.

2) Karşılaştırma dönemi, tüm projeler için aynı olmalı ve projeler en uzun süreli projenin son yılına göre değerlendirilmelidir.

3) Her projenin yararından yeniden yatırıma aktarılacak bölümü üzerinde açık bilgi verilmelidir.

3.8. Risk ve Belirsizlik İçin Karar Kriterleri

Burada risk ve belirsizlik altında karar kriterleri ele alınacaktır. Bunları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz [6]

1. Baskınlık
2. Çekicilik seviyesi
3. En olası gelecek
4. Beklenen değer
5. Beklenti-varyans
6. Mutlak parasal denklik
7. Beklenen fayda

Tablo 3.1.'de risk problemleri için genel bir model verilmiştir: Burada olasılıkların tahmin edilebildiği mümkün olası sonuçların (doğa durumları) mevcut olduğu karar problemleri için genel bir formülasyon gösterilmektedir [6]:

Tablo 3.2'de olasılıkları ile birlikte dört doğa durumu ve beş seçenek içeren tipik bir problem gösterilmektedir. Tablodaki rakamların net şimdiki değerleri milyon dolar olarak kazançları veya maliyetler olarak gösterdiğini varsayınız. Negatif rakamlar maliyetlerdir.

Tablo 3.1 : Risk ve Belirsizlik Problemleri İçin Genel Model

	Doğa Durumu (Olasılıklar)					
	S_1	S_2	.....	S_j	.....	S_k
Seçenekler	$P(S_1)$	$P(S_2)$		$P(S_j)$		$P(S_k)$
A_1	R_{11}	R_{12}	.....	R_{1j}	.....	R_{1k}
A_2	R_{21}	R_{22}	.....	R_{2j}	.....	R_{2k}
.	.	.		.		.
.	.	.		.		.
A_3	R_{31}	R_{32}	.....	R_{3j}	.....	R_{3k}
.	.	.		.		.
.	.	.		.		.
A_m	R_{m1}	R_{m2}	.....	R_{mj}	.....	R_{mk}

Tablo 3.2 : Olasılıkların Belli Olduğu Bir Örnek Problem ($\times 10^6 \$$)

Seçenekler	Doğanın Durumu (Olasılıklar)			
	S_1 (0,5)	S_2 (0,1)	S_3 (0,1)	S_4 (0,3)
I	3	-1	1	1
II	4	0	-4	6
III	5	-2	0	2
IV	2	-2	0	0
V	5	-4	-1	0

Aşağıdaki bölümlerde yukarıdaki örnek problemi kullanarak karar vermek için birçok kriter açıklanacaktır. Kriterlerin çoğu, çeşitli sonuçların olasılıklarının tahmin edilebildiği klasik risk problemlerine uygulanmaktadır. Bununla birlikte, ilk iki kriter veya prensip olasılıkların bilinmediği durumlarda da karar problemlerine uygulanabilir [21].

3.8.1. Baskınlık Kriteri veya Eliminasyon Kontrolü

Bütün seçenekler ve doğa durumları için sonuçlar sayısallaştırılabilirdiği zaman, karar vermenin ilk adımı, meydana gelen doğa durumu ne olursa olsun, açık bir şekilde tercih edilmeyeceği belli olan seçenekleri incelemekten kurtulmaktır. Herhangi bir seçenek için X sonucu, bir diğer seçeneğin Y sonucundan daha iyi ise (bütün olası doğa durumları için), X seçeneği Y seçeneğine baskındır denir ve Y, artık göz-önüne alınmaz [6]:

Tablo 3.2'de verilen problemi, baskınlık kriteri ile kontrol edelim [22] [23]:

Tablo 3.3 : Baskın Olunan Seçenekler Elendikten Sonra
Tablo 3.2'deki Örnek Problem

Seçenekler	Doğa Durumu (Olasılıklar)			
	S_1 (0,5)	S_2 (0,1)	S_3 (0,1)	S_4 (0,3)
I	3	-1	1	1
II	4	0	-4	6
III	5	-2	0	2

3.8.2. Çekicilik Seviyesi Kriteri

Çekicilik seviyesi kriteri, karar vericinin istediği seviyeye erişme olasılığını maksimize (veya minimize) etmekten ibarettir.

Çekicilik seviyesi, karar vericinin ulaşmak istediği (kâr gibi) veya negatif sonuçlardan kurtulmak (maliyet gibi) istediği bir seviye olarak basit bir şekilde tarif edilebilir. Bu kriteri yukarıdaki problem üzerinde açıklayalım [6]:

Tablo 3.3'deki karar problemi için, karar verici aşağıdaki çekicilik seviyelerinden herbirini değerlendirecektir.

- a) Olası sonuç : en az 5.
- b) -1'den daha kötü olmayacak olası negatif sonuç.

Çözüm:

a) Seçenek II ve III, 5 veya daha büyük olası sonuçlara sahiptir. Bu sonuçların olasılıkları sırasıyla 0,3 ve 0,5 tir. Bundan dolayı, seçenek III seçilecektir.

b) Sadece Seçenek I, -1'den daha negatif olmayan olası sonuca sahiptir.

3.8.3. En Olası Gelecek Kriteri

En olası gelecek kriteri, karar vericinin bir karardaki çeşitli olası sonuçları gözönüne alırken, en olası olanın dışındaki sonuçlara önem vermediğini ve seçiminden eminmiş gibi hareket ettiğini anlatan bir kriterdir [6].

Tablo 3.3'deki karar problemi için, karar verici, en olası gelecek kriterini kullanarak en iyi seçeneği belirleyecektir.

En olası gelecek, S_1 doğasının durumudur (olasılık=0,5). S_1 için sonuçlar, Seçenek I için 3'ten Seçenek III için 5'e kadardır. Bunlardan Seçenek III, en iyi sonuca sahiptir ve bu seçenek seçilecektir [23].

3.8.4. Beklenen Değer Kriteri

Beklenen değer kriteri, beklenen ödemeleri veya maliyeti optimize etmeyi ihtiva eder. Bütün ödemeler veya maliyetler, olasılıkları ile ağırlıklandırılarak beklenen değerler bulunur [24].

k adet farklı sonuca sahip olan herhangi bir A_i seçeneği için x değişkeninin beklenen değerini veren genel formül [25]:

$$E(x) = \sum_{j=1}^k x_j \cdot P(x_j) \quad (3.11)$$

Burada:

$E(x)$ = x 'in beklenen değeri

x_j = x 'in j . sonucu

$P(x_j)$ = x_j 'nin gerçekleşme olasılığı

Tablo 3.1'deki genel model için notasyon kullanıldığında;

$$E(A_i) = \sum_{j=1}^k R_{ij} \cdot P(S_j) \quad (3.12)$$

Tablo 3.3'deki karar problemi için, beklenen değer kriterine göre en iyi seçeneğin hangisi olacağını bulalım:

Seçenek A_i	$E(A_i)$
I	$3 \cdot (0,5) - 1 \cdot (0,1) + 1 \cdot (0,1) + 1 \cdot (0,3) = 1,8$
II	$4 \cdot (0,5) + 0 \cdot (0,1) - 4 \cdot (0,1) + 6 \cdot (0,3) = 3,4$
III	$5 \cdot (0,5) - 2 \cdot (0,1) + 0 \cdot (0,1) + 2 \cdot (0,3) = 2,9$

Böylece, Seçenek II en yüksek beklenen değere sahip olduğundan tercih edilecektir.

3.8.5. Beklenti-Varyans Kriteri

Bu kriter, bir projenin beklenen sonucunu ve varyansını gözönüne alan basit bir ölçüye göre ekonomik çekiciliği ölçer.

$$Q = E[x] - A \cdot \sigma[x] \quad (3.13)$$

Burada,

Q : Beklenti-varyans ölçüsü

$E[x]$: Ortalama veya beklenen parasal sonuç

$\sigma[x]$: Parasal sonucun standart sapması

A : Riske karşılık katsayısı

Azalan bir marjinal fayda sözkonusu ise, bir firmanın riske karşılık katsayısı ve parasal sonucun fayda fonksiyonu arasındaki bağıntı [6]:

$$A = - \frac{U''(E[x])}{2} \quad (3.14)$$

olarak verilmektedir [6], [13].

k adet farklı sonuca sahip olan herhangi bir seçenek için x değişkeninin varyansı [26]:

$$V[x] = \sum_{j=1}^k (x_j - E[x])^2 \cdot P(x_j) \quad (3.15)$$

Burada, $V[x]$, x'in varyansıdır ve diğer bütün semboller (3.11) eşitliği ile daha önce verilmiştir. $V[x]$ 'i hesaplamamızın daha uygun bir formu [6], [24]:

$$V[x] = \sum_{j=1}^k x_j^2 \cdot P(x_j) - (E[x])^2 \quad (3.16)$$

Tablo 3.3'deki karar problemi için (3.13) eşitliğini kullanarak $A=0,7$ iken hangi seçeneğin en iyi olduğuna karar verelim. Aynı zamanda, en yüksek beklenen sonuçlara sahip olan iki seçeneğin eşit şekilde çekici olduğu riske karşılık katsayısını (A) hesaplayalım:

(3.15) eşitliğini kullanarak,

Seçenek, A_i	$V[(A_i)]$
I	$(3)^2 \cdot (0,5) + (-1)^2 \cdot (0,1) + (1)^2 \cdot (0,1) + (1)^2 \cdot (0,3) - (1,2)^2 = 3,56$
II	$(4)^2 \cdot (0,5) + (0)^2 \cdot (0,1) + (4)^2 \cdot (0,1) + (6)^2 \cdot (0,3) - (3,3)^2 = 9,51$
III	$(5)^2 \cdot (0,5) + (-2)^2 \cdot (0,1) + (0)^2 \cdot (0,1) + (2)^2 \cdot (0,3) - (3,0)^2 = 5,10$

(3.13) eşitliğini ve beklenen değer kriterinin yukarıdaki örneğinden $E[x]$ için hesaplanmış sonuçları kullanarak:

Seçenek	$Q = E[x] - 0,7 \cdot \sqrt{V[x]}$
I	$1,2 - 0,7 \cdot \sqrt{3,56} = -0,12$
II	$3,3 - 0,7 \cdot \sqrt{9,51} = 1,14$
III	$3,0 - 0,7 \cdot \sqrt{5,10} = 1,42$

Böylece, Seçenek III en büyük değere sahiptir; beklenti-varyans kriterine göre en iyi seçenektir.

En yüksek beklenen sonuçları veren Seçenek II ve III, aşağıdaki gibi hesaplanan bir A katsayısı için beklenti-varyans kriterine göre eşit derecede çekici olacaktır.

$$3,3 - A \cdot \sqrt{9,51} = 3,0 - A \cdot \sqrt{5,10}$$

$$A = \frac{3,3 - 3,0}{\sqrt{9,51} - \sqrt{5,10}} = 0,36$$

Karar verici ve sistem analistinin risk tercihlerine bağlı olarak uygulanabilen başka birçok beklenti-varyans kriteri vardır. Örneğin, Cramer ve Smith'e göre, bir yatırım projesinin çekiciliği, sadece beklenen değer ve varyansının değil aynı zamanda, projedeki yatırım miktarının bir fonksiyonudur. Cramer ve Smith'in geliştirdikleri değerlendirme modeli şu şekildedir[6] :

$$Q = E[x] - A \cdot \sigma[x]^a \cdot I^b \quad (3.17)$$

Burada:

Q : Belirlilik eşdeğeri veya beklenti-varyans kriteri

$E[x]$: Beklenen parasal sonuç

A : Riske karşılık katsayısı

$\sigma[x]$: Parasal sonucun standart sapması

I : Projenin yatırım miktarı

a ve b sabitler

Cramer ve Smith Modeli'ni bir örnekle açıklayalım:

Aşağıda iki proje için gerekli yatırım miktarları ve sonuçları tahmini olarak verilmiştir.

Seçenek	Net Şimdiki Değer olarak sonuçlar E[Y.D.] σ [Y.D.]		Yatırım Miktarı
A	10.000 \$	25.000 \$	22.500 \$
B	8.000 \$	4.000 \$	40.000 \$

Aşağıdaki kriterlerin her biri kullanıldığında hangi seçeneğin seçileceğini saptayalım:

- a) Beklenen değer kriteri.
- b) (3.13) Eşitliğini kullanarak ve her iki proje için riske karşılık katsayısını yüksek tutarak beklenti-varyans kriteri.
- c) (3.17) Eşitliğini kullanarak ve A projesi için $A=0,40$, B projesi için $A=0,75$, $a=b=0,50$ alarak beklenti-varyans kriteri.

Çözüm:

a) A Projesi en iyisidir; $E(Y.D.)_A > E(Y.D.)_B$

b) B Projesi en iyisi olacaktır. (Bu, riske karşılık katsayısı her iki proje için 0,095'den daha büyük ise geçerlidir.)

$$A = \frac{10.000 \$ - 8.000 \$}{25.000 \$ - 4.000 \$} = 0,095$$

c) A projesi:

$$Q = 10.000 \$ - 0,4(25.000 \$)^{0,5} \cdot (22.500 \$)^{0,5} = 520 \$$$

B Projesi:

$$Q = 8.000 \$ - 0,75.(4.000 \$)^{0,5}.(40.000 \$)^{0,5} = 5.000 \$$$

Böylece B Projesinin en iyisi olduğuna karar verilir.

3.8.6. Mutlak Parasal Denklik Kriteri

Beklenti-varyans kriterinin bir dalı da, herhangi bir seçenek için herhangi bir sonuçlar setinin mutlak parasal denliğini subjektif olarak belirlemektir. Mutlak parasal denklik, karar vericinin çeşitli olası parasal sonuçlar ve parasal miktar arasında kayıtsız olacağı mutlak parasal miktardır. Bu kavram uygulamada çok yararlı olmaktadır; kazançları veya kayıpları içeren durumlara uygulanabilmektedir. Mutlak parasal denklik kriteri, en anlamlı şekilde kazançların veya kayıpların ve bunlara karşı gelen olasılıkların bilindiği risk durumlarına uygulanabilirken, aynı zamanda kazançlar/kayıplar veya olasılıklar veya her ikisi hususunda belirsizlik içerdiği durumlarda da kullanılabilir [6].

Tablo 3.3'deki örnek problemi tekrar ele alalım. Karar verici her seçenek için mutlak parasal denklik ölçüsünü tayin etmek istemektedir:

Mutlak parasal denklik ölçüsünün tayin edilmesi, karar vericinin çeşitli olası kazanç ve kayıpların sonuçlarının göreceli ağırlığını yansıtan subjektif bir işlemdir. Bir başlangıç noktası olarak, herhangi biri, sırasıyla 1,2; 3,3; 3,0 olarak daha önce hesaplanan Seçenek I, II ve III için beklenen parasal değerleri gözönüne alabilir. Bunu ve kapsama giren olası sonuçların sınırını gözönüne aldıktan sonra, dikkatli bir karar verici, mutlak parasal denklik ölçülerini örnek olarak sırasıyla 1,0; 2,0; 2,5 seçebilir. Bu durumda, Seçenek III en yüksek mutlak parasal denliğe sahip olduğundan seçilecektir. Bu kriteri başka bir örnek ile daha açıklayalım [6], [17]:

Mutlak parasal denklik kriteri, olasılıkların ne bilindiği ne de tahmin edilebildiği durumlar için de kullanılabilir. Böyle durumlarda belirlenen mutlak parasal denklikler diğerlerine göre daha

subjektiftir. Farzediniz ki bir karar verici, aşağıdaki olası eşdeğer geri dönüşleri temin edeceği tasarlanan bir proje ile ilgilenmektedir.

Milyon \$ olarak geri dönüşler: -50 veya 150 veya 250. Proje için mutlak parasal denklik ölçüsünün belirlenmesi istenmektedir.

Bu işlem, olası kazanç veya kayıpların çekiciliği ve bunların olasılıklarına dayalı çok subjektif bir yargı gerektirir. Eğer karar verici 50 M\$'lık olası kaybı çok görürse, riskten kurtulmak için 10 M\$ veya 25 M\$ veya daha fazla ödemeye razı olabilir (M.P.D. = -10 M\$ veya -25 M\$). Diğer taraftan, eğer 150 M\$ veya 250 M\$'lık olası kazanç çok çekici gelirse ve bunların olasılıklarını oldukça yüksek buluyorsa, 250 M\$'a yaklaşan bir mutlak parasal denklik ölçüsü belirleyebilir.

3.8.7. Beklenen Fayda Kriteri

Beklenen fayda yöntemi, bir sayısal ölçeğe dayalı bir grup veya bir tek projenin olası sonuçlarının herbirinin kardinal faydasını (karar vericiye göre çekicilik veya yararlılığın göreceli derecesi) belirlemekten ve sonra da fayda ölçüsü olarak kullanmak için beklenen fayda değerini hesaplamaktan ibarettir [4], [6].

Bu yöntemin uygulanışı, bir kimsenin veya karar vericinin risk karşısındaki davranışlarını ölçmenin mümkün olduğu varsayımına dayanır. Parasal fayda fonksiyonunu oluşturmakta izlenecek adımlar:

1. İlgi sınırları içinde iki olası parasal sonuç seçiniz: Örneğin 0\$ ve 10.000 \$

2. Bu parasal sonuçlara keyfi fayda indeksleri atayınız. Daha büyük parasal sonuca daha büyük indeks atayınız. Örneğin, 0\$'a 1 indeksini ve 10.000 \$'a 20 indeksini atayabilirsiniz.

3. Diğer parasal sonuçların fayda değeri, aşağıdaki bağıntıya dayalı olarak karar vericiden soru-cevap şeklinde alınabilir: Verilen herhangi üç parasal miktar ($X\$ < Y\$ < Z\$$) ve bu miktarların herhangi ikisinin fayda değerleri bilindiğinde üçüncünün fayda değeri şu eşitlikle bulunabilir [18]:

$$U[Y\$] = P \times U[X\$] + (1-P) \times U[Z\$] \quad (3.18)$$

Burada,

P : Olasılık

U[X]: X \$'ın faydası

Şimdi herhangi iki miktar arasındaki parasal miktarlar için fayda değerlerinin bulunmasına örnek verelim:

Karar verici, 3.000 \$'ı kesin olarak %50 olasılıkla 0 \$ sonucu ve %50 olasılıkla 10.000 \$ sonucu kadar arzu etmektedir. 3.000 \$'ın faydası şu şekilde hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} U[3.000 \$] &= 0,5 \times U[0 \$] + 0,5 \times U[10.000 \$] \\ &= 0,5 \times 1 + 0,5 \times 20 \\ &= 10,5 \end{aligned}$$

Fayda fonksiyonları tayin edilen veya hesaplananlardan daha büyük veya daha küçük olan parasal sonuçlar için fayda değerlerini bulmak için şu örneği verebiliriz:

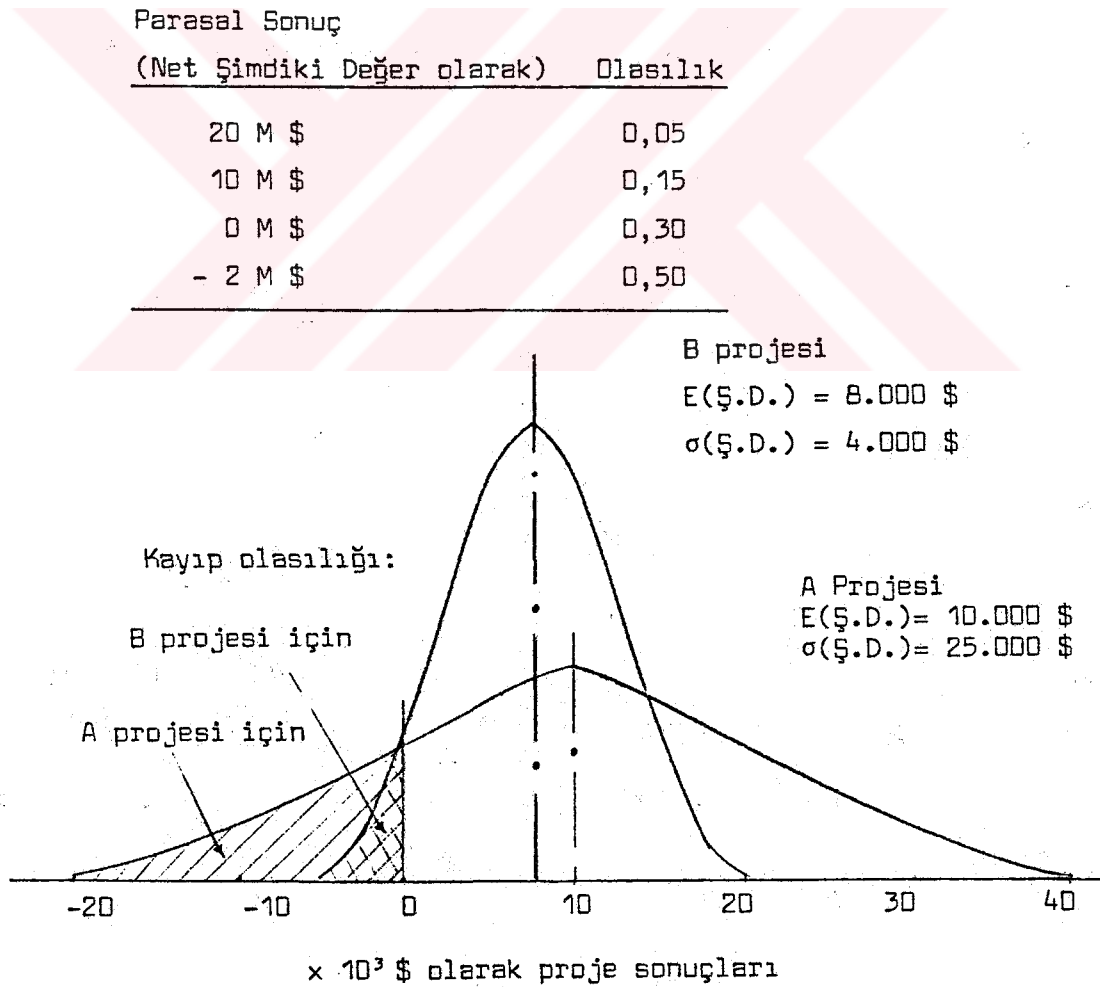
Daha önce hesaplanan 0 \$, 3.000 \$ ve 10.000 \$'nın fayda değerlerinden yararlanarak 20.000 \$'nın faydası bulunmak istenmektedir. Karar vericiye sorulacak soru "3.000 \$ ve 20.000 \$ parasal sonuçlarının hangi göreceli olasılıkları 10.000 \$'lık kesin bir sonuç kadar çekici olacaktır?". Farzediniz ki karar vericinin cevabı % 40 olasılıkla, 3.000 \$ ve % 60 olasılıkla 20.000 \$ olsun. 20.000 \$'ın fayda değeri aşağıdaki gibi hesaplanabilir:

$$\begin{aligned} 0,4 \times U[3.000 \$] + 0,6 \times U[20.000 \$] &= U[10.000 \$] \\ 0,4 \times 10,5 + 0,6 \times U[20.000 \$] &= 20 \\ U[20.000 \$] &= 26,3 \end{aligned}$$

Bir karar kriteri olarak beklenen fayda değerinin kullanılması, beklenen yıllık değer veya beklenen şimdiki değer gibi beklenen parasal değerler üzerinde açık bir üstünlüğe sahiptir. Beklenen parasal değerlere dayalı prosedürler, gerçekte geniş bir sahada değişen olası sonuçları ihmal etmektedirler ve yalnızca tüm sonuçların ağırlıklı

bir ortalamasını almaktadırlar. Beklenen fayda prosedürü bu eksikliği hesaplamalarda varyans etkilerini de ihtiva ederek giderir. Büyük bir kayıba, birey tarafından büyük bir negatif fayda veya büyük bir kazanç çok büyük bir pozitif fayda tayin edilebilir. Böylece hesaplara otomatik olarak varyans etkileri dahil edilmektedir. Bunun daha iyi anlaşılması için aşağıda bir örnek verilmiştir [27].

Farzediniz ki Şekil 3.3'deki parasal fayda fonksiyonuna sahip bir karar verici, aşağıdaki olasılıklara göre verilen parasal sonuçlara sahip olacağı beklenen bir proje ile karşı karşıyadır. Beklenen fayda ve beklenen parasal değer veya sonucu kullanarak hesaplanan sonuçların karşılaştırılması istenmektedir.



Şekil 3.3 : Normal Dağıldığı Varsayılan Aday Projeler İçin Sonuç Bilgileri

Gerekli hesaplamalar Tablo 3.4'de gösterilmektedir. Beklenen fayda yöntemi elverişsiz bir proje olduğunu göstermektedir (Beklenen fayda, 0 \$'lık parasal sonucun faydası 1.0 olduğu zaman, 1.0'den daha küçüktür). Oysaki, beklenen parasal sonuç, projenin uygun olduğunu göstermektedir (Beklenen net şimdiki değer 0 \$'dan büyüktür).

Tablo 3.4 : Beklenen Parasal Sonucun ve Beklenen Faydanın Hesaplanması

Parasal sonuç (Net Şimdiki Değer)	Parasal sonucun olasılığı	Parasal sonuç $\times$ Olasılık	Sonucun Faydası	Fayda $\times$ Olasılık
20 M \$	0,05	1,0 M \$	26,3	1,31
10 M \$	0,15	1,5 M \$	20,0	3,00
0 M \$	0,30	0 M \$	1,0	0,30
- 2 M \$	0,50	- 1,0 M \$	-10,0	-5,00
Beklenen net şimdiki değer: $\Sigma = 1,5$ M \$ Beklenen Fayda: $\Sigma = -0,39$				

3.9. Matematik Programlama

Sermaye yatırımı karar analizinde matematiksel programlamanın kullanılmasını göstermek üzere, m adet yeni, bağımsız, bölünmez yatırım fırsatının mevcut olduğunu farz edelim. i . yatırım fırsatının şimdiki değeri P_i , ilk yatırım maliyeti c_i ve yıllık bakım ve tamir masrafı a_i olsun. Yeni yatırımlar için C \$'lık bir sermaye kısıtı mevcut olsun. Benzer şekilde, yeni yatırımların toplam yıllık bakım ve tamir masrafları A \$ olarak kısıtlanmış olsun. Bu kısıtlara bağlı olarak şimdiki değeri maksimize eden yatırım fırsatlarının seçilmesi istenilir [6], [28].

x_i , i . fırsat yatırım için tercih edilmezse 0'ı temsil etsin. Yine, x_i , i . fırsat yatırım için tercih edilirse 1'i temsil etsin. Yatırım karar probleminin aşağıdaki matematiksel programlama formülasyonu elde edilir [29], [30].

$$\text{Maks. } p_1x_1 + p_2x_2 + \dots + p_mx_m$$

$$c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_mx_m \leq C$$

$$a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_mx_m \leq A$$

$$x_i = (0,1) \quad i = 1,2,\dots,m$$

Yukarıdaki modelin çözümü dal ve sınır yöntemi, dinamik programlama gibi yöntemlerle elde edilebilir. m adet yatırım fırsatı ile, m adet ikili karar değişkeninin 2^m adet kombinasyonu mevcuttur. Şekil 3.4'de $m=5$ için 32 adet kombinasyon görülmektedir. Sistematiik ve objektif bir seçim için matematiksel programlama kullanılması gerekir. Yukarıdaki formülasyon bağımsız yatırım fırsatları için geçerli idi. Eğer j . ve k . fırsatlar karşılıklı olarak farklı yatırımlar ise matematiksel programlama formülasyonuna $x_j + x_k \leq 1$ kısıtı eklenebilir. Benzer şekilde, eğer e . yatırım fırsatı, f . ve g . yatırım fırsatlarından birinin seçimine bağılıysa $x_e \leq x_f + x_g$ veya $x_e - x_f - x_g \leq 0$ kısıtı eklenebilir [6], [31].

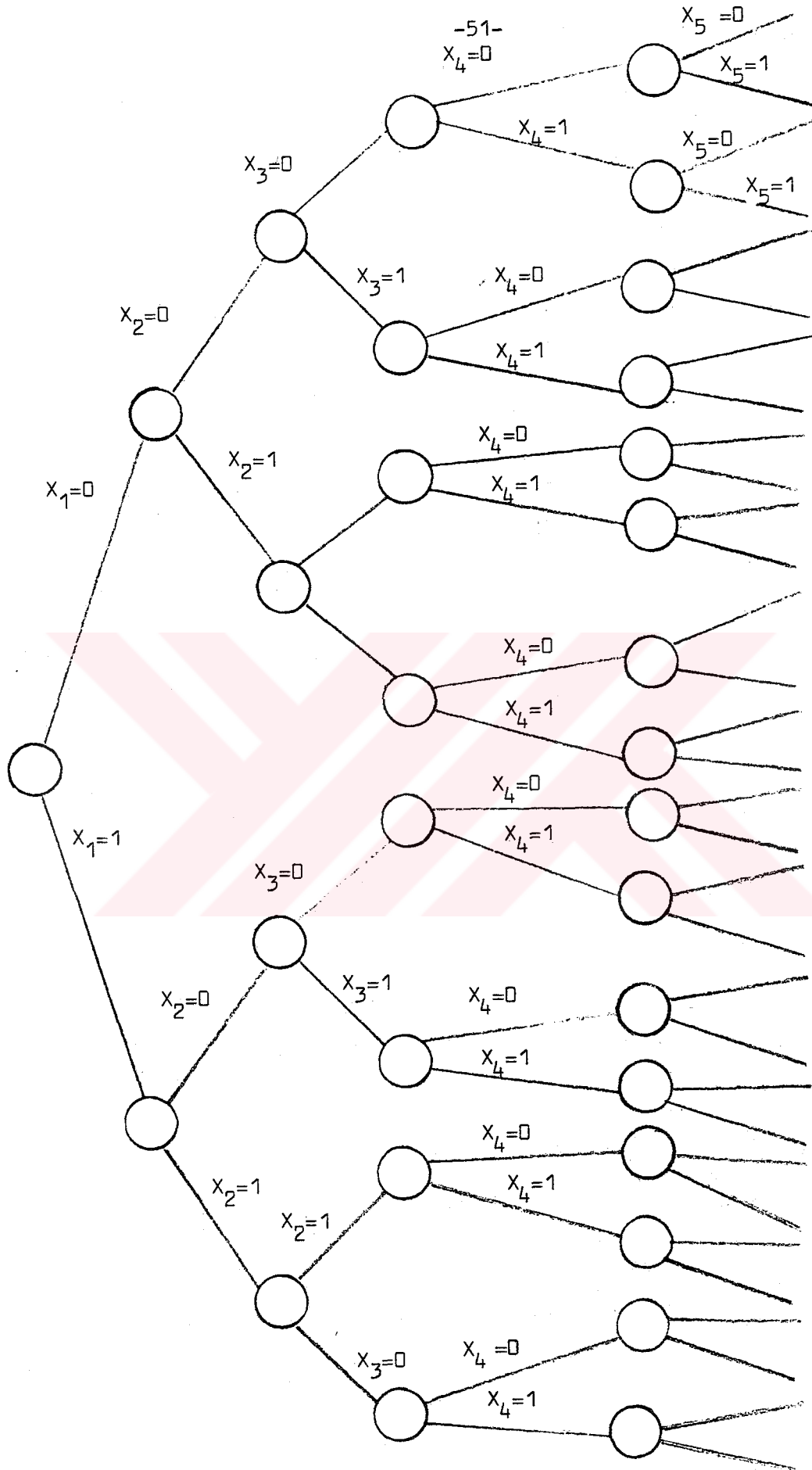
Örnek: Bir firma iki farklı bilgisayar sistemi (1 ve 2) ve üç farklı yazılım paketini (1,2 ve 3) incelemektedir. 1. ve 2. yazılım paketleri sadece 1. bilgisayar sisteminde, 3. yazılım paketi her iki bilgisayar sisteminde de kullanılabilmektedir. Bunlara alternatif olarak, firma kendi yazılımını geliştirebilir. Bunun için aşağıdaki yatırım fırsatları tanımlanmaktadır:

- 1- 1.Bilgisayar sistemini satın al.
- 2- 2.Bilgisayar sistemini satın al.
- 3- 1.Yazılım paketini satın al.
- 4- 2.Yazılım paketini satın al.
- 5- 3.Yazılım paketini satın al.
- 6- Kendi yazılım paketini hazırla.

Bu durum için aşağıdaki kısıtlar geçerli olacaktır;

$$x_1 + x_2 \leq 1$$

$$x_3 + x_4 + x_5 + x_6 \leq 1$$



Şekil 3.4 : Beş Yatırım Fırsatlı İkili Bir Lineer Programlama Problemi Kombinasyonlarının Ağaç Diyagramı .

$$-x_1 + x_3 + x_4 \leq 0$$

$$-x_1 - x_2 + x_5 + x_6 \leq 0$$

3.10. Enflasyonun Yatırım Projelerine Etkileri

Enflasyon, para değerinin düşmesine ve fiyatların yükselmesine yol açan bir olaydır. Bu durum, yatırım projelerinden beklenen nakit akımlarında ve bu nakit akımlarını bugünkü değere indirgemede kullanılan iskonto oranında değişikliklere yol açarak, yatırım kararı üzerinde etkili olabilecektir. Enflasyon sonucu olarak mamul, hammadde ve işçi ücreti gibi çeşitli mal ve hizmetlerin fiyat düzeyi arasındaki oranların değişmesi, yatırımlardan beklenen nakit girişlerinin nakit çıkışlarına nazaran daha fazla veya daha az artmasına yol açarak projenin karlılık derecelerini etkileyebilecektir [6], [12].

Enflasyonun yatırım kararları üzerindeki etkilerini şu şekilde özetleyebiliriz:

- Enflasyon optimal yatırım miktarının küçülmesine neden olmaktadır. Bir başka deyişle enflasyon oranı büyüdükçe yatırımların optimal miktarı küçülecektir.

- Enflasyon işletmenin üretim teknolojisi seçimini etkileyerek sermaye/işgücü oranı düşük projelere yönelmesine neden olacaktır.

- Enflasyon projelerin tercih sıralamasını etkileyecektir. Genel olarak bir projenin net bugünkü değeri enflasyon oranı yüksek ya da amortisman oranının düşük olması halinde azalacağına göre, yüksek enflasyon dönemlerinde işletmeler kısa ömürlü projeleri tercih edeceklerdir.

3.10.1. Enflasyon - Faiz İlişkisi

Aradaki ilişkinin belirlenmesinden önce sorulacak ilk soru enflasyon oranının nasıl hesaplanacağıdır.

Bunun için bir ürünün şu andaki değeri A olsun. Eğer bir dönem sonra değeri B'ye ulaşıyor ise, bu ürünün enflasyon değeri;

$$E = B - A \quad (3.19)$$

olacaktır. Enflasyon oranı ise,

$$e = \frac{B - A}{A} \quad (3.20)$$

eşitliğinden bulunur. Diğer yandan bir indeksten ülkenin enflasyon değeri bulunacak ise x_1 bir önceki ayın sonudaki indeks değeri, x_2 ay sonundaki indeks değeri ise (3.20) ifadesinden hareketle,

$$e = \frac{x_2 - x_1}{x_1} \quad (3.21)$$

olacaktır. Bir ürün için, aylık enflasyon oranı ve bugünkü piyasa değeri,

$$A = \frac{B}{1 + e} \quad (3.22)$$

dir. Hesaplamalarda ele alınan geleceğe yönelik değerlerde, enflasyonun önümüzdeki dönemde beklenen değeri e ise, ürünün beklenen değeri,

$$B = A(1 + e) \quad (3.23)$$

olacaktır.

Bu açıklamalardan sonra enflasyon ile faiz arasında nasıl bir ilişki olduğu incelenebilir.

t_0 zamanında A değerine satın alınan bir mal, t_1 zamanında A 'dan büyük bir B değeri ile satılırsa, bir kâr elde edilir. Ancak eğer burada, yani t_0 ile t_1 zamanları arasında bir enflasyon söz konusu ise, bu kara görüntü kâr G denilir. Çünkü, malın satın alındığı t_0 zaman, ile malın satıldığı t_1 zamanı arasında meydana gelen enflasyon bu malı satın almak için kullanılan sermayeyi de, şişirmiştir. Sermayenin şişmesiyle meydana gelen kâr, gerçek kâr olarak kabul edilemez. Yukarıda sözü edilen malın satın alınması için kullanılmış olan sermaye enflasyonla şiştiğinde, enflasyona karşı kendi

değerini korumuş olabilecektir. Gerçek kârı bulmak için enflasyon yoluyla meydana gelen artışı, satış değerinden çıkarmak gerekir. Bu durumda enflasyonla şişen sermayenin şişme değerini görüntü kârdan çıkararak bir kâr elde edilir [32]:

$$Kâr = G - A \cdot e \quad (3.24)$$

Ancak (3.24) eşitliğiyle gösterilen kar da, şişmiş bir değerdir. Bu kârın şişmemiş değeri, gerçek kârı gösterir. Bu kâr t_1 anında elde edilmiş kârdır. Gerçek kâr ise t_1 anında elde edilen (3.24) ile gösterilen kârın t_0 anındaki değeridir. Bu değeri, yani gerçek kâr değerini bulmak için (3.24) ifadesinde belirtilen kârın, enflasyon oranını hesaba katarak t_0 zamanına indirgemek gerekir.

Bu durumda gerçek kâr K_g ,

$$K_g = \frac{G - A \cdot e}{1 + e} \quad (3.25)$$

olarak gösterilebilir. Gerçek kâr oranı k ise,

$$k = \frac{G - A \cdot e}{A \cdot (1 + e)} \quad (3.26)$$

olarak belirtilir.

Ayrıca görüntü kâr oranı g , görüntü kâr G 'nin, malın t_0 anındaki değeri A 'ya oranı (G/A) olarak ele alınırsa, gerçek kâr oranı k değeri,

$$k = \frac{g - e}{1 + e} \quad (3.27)$$

olarak gösterilebilir. (3.27) eşitliğinden görüntü kâr oranı g ,

$$g = k + e + k \cdot e \quad (3.28)$$

olarak bulunur.

Enflasyonsuz ortamda görüntü kâr ile gerçek kâr birbirine eşittir. Bu kâr ise en az pür faiz haddi i 'ye eşit olmak zorundadır. Yani enflasyon oranı e 'nin sıfır değeri (3.28) ifadesine yerleştirilirse,

$$g = k = i \quad (3.29)$$

eşitliği elde edilecektir [6], [11], [12]

Ancak gerçek kâr oranı k enflasyonsuz ortamda da, enflasyonlu ortamda da en az pür faiz haddi " i " ye eşit olmak zorundadır. Bu durumda paranın zaman değerlendirmesi söz konusu olduğunda, paranın zaman değeri,

$$g = i + e + i \cdot e \quad (3.30)$$

olarak iskonto edilmelidir.

Buradan iskontolama faktörünü bulmak üzere eşitliğin her iki tarafına da, 1 eklenirse,

$$1+g = 1 + i + e + i \cdot e \quad (3.31)$$

ve (3.31) eşitliği düzenlenirse, iskontalama faktörü,

$$(1+g) = (1+i) \cdot (1+e) \quad (3.32)$$

olarak bulunur.

3.10.2. Enflasyonist Ortamda Paranın Zaman Değerinin Belirlenmesi

Enflasyonun sıfır olduğu bir ekonomide paranın zaman değeri, faiz oranı üzerinden iskonto edilerek hesaplanır [6]:

$$P_n = P_0 (1+i)^n \quad (3.33)$$

Burada,

P_0 : Sıfır zamanında paranın değeri

P_n : n periyot sonra paranın değeridir.

Enflasyonun var olduğu bir ekonomide bu değerler değişecektir. Paranın zaman değerini hesaplarırken, enflasyonlu ekonomide pür faiz oranı i yerine, iskonto oranı olarak görüntü faiz oranı olan ve geçen bölümde irdelenen faiz oranı g kullanılmalıdır. Zira paranın zaman değerinde faiz ile enflasyon oranları birlikte yeni iskonto oranını oluşturacaklardır. Bu durumda,

$$P_0 = P_n (1+g)^{-n} \quad (3.34)$$

$(1+g)$ yerine, (3.32) ifadesi kullanılırsa,

$$P_0 = P_n [(1+i)(1+e)]^{-n} \quad (3.35)$$

ifadesi elde edilir. Bu değer, süreksiz iskontolama halinde elde edilecektir. Aynı değeri, sürekli iskontolama yöntemiyle hesaplamak için, nominal faiz oranı r yanında, bir de nominal enflasyon oranı tanımlamak gerekir.

g_r , nominal görüntü iskonto oranını göstermek üzere,

$$P_0 = P_n e^{-g_r n} \quad (3.36)$$

g_r , nominal görüntü iskonto oranı şu şekilde ifade edilebilir:

$$g_r = r + s \quad (3.37)$$

Burada r nominal faiz oranı, s ise nominal enflasyon oranıdır. Bu oranlar şu şekilde hesaplanabilir:

$$r = \ln(1+i) \quad (3.38)$$

$$s = \ln(1+e) \quad (3.39)$$

Böylece enflasyonist ortamda paranın zaman değeri sürekli iskonto lama yöntemiyle şu şekilde hesaplanabilir:

$$P_0 = P_n e^{-(r+s)n} \quad (3.40)$$

3.10.3. Enflasyon Ortamında Sermaye Yatırımlarının Planlanması

Hiç kuşkusuz, enflasyonist bir ortamda, özellikle sermaye yatırımlarında nakit akışlarının gelecek değerleri farklı boyutlara ulaşmaktadır. Finans literatüründe sermaye yatırımlarının planlanması konusu enflasyon olmadığı veya enflasyonun ihmal edilebilir oranlarda olduğu varsayımından hareket edilerek ele alınmaktadır. Çoğu kez bu varsayım enflasyonun, sermaye yatırımlarının planlanması üzerindeki etkisi hiç düşünülmeden ortaya konmakta ve projelerin sağlayacakları gelecekteki nakit akışları, câri fiyat düzeyi esas alınmak suretiyle tahmin olunmaktadır [33].

Literatürde fiyatlar genel düzeyinin sabit kalacağı varsayımından hareket edilerek, ortaya konulan prensiblerin tamamının enflasyon oranının yüksek olduğu ortamlarda aynen geçerli olması beklenemez. Örneğin, enflasyon oranının yüksek olduğu ortamlarda yatırım projelerinin nakit akışları, parasal ve reel değerler olarak farklılıklar arz ederler. Hal böyle olunca, alternatif yatırım projeleri içinden seçim yaparken, bu projelerin sağladıkları nakit akışlarının reel değerlerine göre mi, yoksa parasal değerlerine göre mi, karar verilmesi gerektiği konusu önem kazanır. Ayrıca sermaye yatırımlarının planlanması konusunda projelerin sağladıkları nakit akışlarının iskonto edilmesinde kullanılan sermaye maliyetinin enflasyondan etkilendiği de unutulmamalıdır [34].

Daha önceki kısımlarda, enflasyon-faiz ilişkileri ve enflasyon ortamında paranın zaman değerinin belirlenmesi irdelenmişti, buna paralel olarak, hemen belirtelim ki, sermaye yatırımlarının planlanmasında kullanılan çeşitli tekniklerde yer alan sermaye maliyeti veya iskonto haddi, gelecekte beklenen enflasyonun etkilerini de, içerir. Sermaye maliyetinin, enflasyonun etkilerini içermesi, buna karşılık nakit akışlarının cari fiyat düzeyi esas alınmak suretiyle

tahmin edilmeleri nedeniyle ortaya bir hata çıkmaktadır. İlimli bir enflasyonun süregeldiği ortamlarda bu hata ihmal edilebilir niteliktedir. Ancak sermaye yatırımlarının planlanması yapılırken, gelecekte beklenen yüksek oranlardaki enflasyon, nakit akışlarının tahmininde dikkate alınmazsa, sermayenin mevcut yatırım projeleri arasında optimal dağılımı sağlanamamış olur.

3.10.4. Enflasyonist Ortamda Proje Değerlendirilmesi

Enflasyonun çeşitli masraf kalemleri ve hasılat üzerinde yapacağı etki farklı olabilmektedir. Bu farklılık, ayrıca ele alınan projenin niteliğine göre de, değişebilmektedir. Bu nedenle, konu ele alınırken, bazı varsayımların ortaya konması zorunlu olmaktadır. Bu başlık altında sadece bu varsayımlar belirtilecek, fazla ayrıntıya girilmeyecektir. Adı geçen varsayımlar, aşağıda sıralanmıştır:

1- Belli bir dönemde yapılacak olan sermaye yatırımlarının toplam miktarına herhangi bir sınırlama konulmamıştır ve sermaye maliyeti, kabul kriteri olarak kullanılmaktadır.

2- Sermaye kısıtlaması olmadığına göre, eğer herhangi bir proje kabul kriteri sınırları içinde kalıyorsa, bu projenin sermaye maliyeti ile finansmanı mümkündür.

3- Herhangi bir proje veya proje grubunun kabulü ve gerçekleştirilmesi halinde işletmenin riskinin değişmediği varsayılmıştır.

4- Meseleyi basitleştirmek için işletmenin sermaye yapısı içinde yabancı sermaye bulunmadığını, diğer bir deyişle gerek geçmiş ve gerekse gelecekte yapılacak tüm sermaye yatırımlarının öz kaynaklarla finanse edileceği varsayılacaktır.

5- Enflasyon nedeniyle nisbi fiyatların değişmeyeceği, diğer bir deyişle enflasyonun hem nakit girişlerini, hem de nakit çıkışlarını aynı oranda artıracak varsayılacaktır.

Kısaca, enflasyonist ortamda proje değerlendirilirken, bu varsayımlar ışığı altında çalışılmaktadır.

3.10.5. Enflasyonun Yatırımlar Üzerindeki Etkileri

Uygulanan ekonomi politikalarından, ekonominin yapısal niteliğinden ve dış ekonomik ilişkilerden kaynaklanan enflasyon, özellikle gelişmekte olan ülkelerde belirli bir hıza eriştikten sonra, kendi kendini emzirerek, ilerlemekte ve onu durdurmak bir yana, hızını azaltmak bile çok zor hale gelmektedir.

Enflasyonun, ekonomide bozucu etkileri olmasa idi, başka bir deyişle eğer nispi değerleri bozmasa idi, paranın değer saklama görevi dışında hiç bir şey, ondan etkilenmezdi. Ancak ne var ki, enflasyon türleri, nispi değerleri bozucu nitelikler taşımaktadır.

Türkiye'de, öteden beri devam eden son zamanlarda endişe verici düzeye ulaşan enflasyonun ekonomik değerler üzerinde, sözkonusu olumsuz etkileri göstermekte olduğu doğal olarak beklenir. Bununla beraber, tasarruf eğiliminde görülen düşmenin, normal olarak yatırımları da, aynı yönde etkilemesi beklenir. Bu durumda, enflasyonun, bu kısırdöngünün duvarlarını adeta pekiştirici etkide bulunduğu söylenebilir. Bu aşamada, enflasyonun ve etkilerinin önüne geçebilmek için, büyük ekonomik maliyetler ve sosyal fedekarlıklar gerekmektedir [34].

Yatırımlar üzerindeki enflasyonist etkiyi belirlemek için, yalnızca yatırım miktarlarının ve oranlarının azalıp, azalmadığına bakmak, yanıltıcı olabilir. Bu nedenle, enflasyon döneminde toplam olarak yatırımlar artıyor olsa bile, bu yatırımların kompozisyonunda istenmeyen değişmelerin olup olmadığına bakmak gerekir. Enflasyonun etkisi, yatırımların kompozisyonu üzerinde de, negatif olabilir, yani yatırımlar daha az ekonomik alanlara kayabilir. Çünkü, enflasyonist dönemlerde, uzun dönemli yatırımların getirisi, kısa dönemli spekülative yatırımların getirisinden düşük olduğu için, yatırım kaynakları genellikle verimli alanlardan, spekülative alanlara kaymaya başlar. Yatırımların, ağır sanayi dallarından, hafif sanayi dallarına

ve spekülâtif alanlara kaymasının bir başka nedeni de, birinci grupta zamanla sermayenin net faizinin negatif, ikinci grupta ise pozitif olmasıdır, çünkü diğer gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi, Türkiye'de de, enflasyon hızına uygun düzeyde faiz oranları yükselişleri (faiz hadleri devamlı olarak kontrol altında tutulduğundan) sözkonusu değildir. Ayrıca bazı alanlarda da (ev, apartman..vb.) fiyatların enflasyon hızından fazla artmakta oluşu, finans kaynaklarının, bu alanlara kaymasına neden olabilir.

Kaynakların daha az ekonomik alanlara kaymakta oluşunda başka bir gösterge de, stoklardaki değişme olabilir. Bu, firmaların gelecek fiyat artışları hakkındaki beklentileri ile ilgilidir. Fiyatlar genel düzeyinin artacağı tahmin edilen dönemlerde, envanter mevcutlarının arttığı görülür.

Enflasyon dönemlerinde yatırım yapma isteminin artışı, toplam talep ve kâr oranlardaki büyümenin temel sonucu olarak ortaya çıkacaktır. Yatırım yapma olanakları ise, esas olarak toplam tasarruflara bağlı olacaktır.

Enflasyon, menkul kıymet yatırımlarının gelirlerini olumsuz yönde etkilediğinden, menkul kıymetlere olan talebi azaltır ve sermaye piyasasının gelişmesini engeller.

Sonuçta, enflasyon lehinde ileri sürülen bazı görüşlerin tümü, temelde girişimcilerin tasarruf yapma isteminin, ücretlilerden daha büyük olması koşuluna dayalıdır.

3.10.6. Enflasyonun Nakit Akışlarına Etkisi

Sermaye yatırımlarının planlanmasında projelerin analizi, asgari iki kademede gerçekleştirilebilmektedir. Bu kademelerden birincisinde ele alınan proje nedeniyle katlanılması gerekli maliyetler ve projenin sağlayacağı nakit girişlerinin tahmini yer almaktadır. İkinci kademede ise, proje nedeniyle ortaya çıkacak nakit giriş ve çıkışlarının karar verici organın amaçlarına göre değerlendirilmesi gerekmektedir. Her iki kademede de, karar verici, reel veya parasal nakit akışlarının seçimi konusunda serbesttir.

Bilindiği gibi, projelerin ilk maliyetleri yanında, ileriki yıllarda neden olacakları nakit çıkışları ile sağlayacakları nakit girişleri de, karar verici için önemlidir. Katlanılan ilk maliyet ile nakit giriş ve çıkışları da, projenin ekonomik ömrü boyunca, farklı zamanlarda meydana gelirler. Finans teorisi, fiyatlar genel düzeyinin sabit kalacağı varsayımından hareket ederek, sermaye yatırımlarının planlanmasında sadece paranın zaman değeri üzerinde durmaktadır. Bu nedenle de, yatırım projesinden beklenen nakit akışları, enflasyon olmadığı varsayımından hareketle tahmin edilmekte, yani yatırım projesini gerçekleştirmek için, gerekli olan harcamanın yapılacağı andaki fiyatlar esas alınmak suretiyle, gelecekteki nakit akışlarının bu fiyatlarla tahmini yapılmaktadır.

Ancak enflasyon, bu süreci geçersiz kılmaktadır. Şöyle ki, yukarıda açıklanan şekilde saptanan enflasyonla birlikte, paranın satın alma gücü azaldığından, farklılıklar oluşmaktadır.

Yatırımcıların sermaye maliyetinde yaptıkları bu ayarlamaya paralel olarak sermaye yatırımlarına girerek işletmelerin de, projelerinden sağlayacakları nakit akışları parasal değerlere çevirmeleri gerekmektedir. Bu ise, ancak nakit giriş ve çıkışlarının enflasyon oranında artırılması ile mümkün olur. Projelerin neden olacakları nakit ve çıkışlarının gelecekteki enflasyon gözönüne alınarak bu şekilde artırılması, gerçek durumu ortaya koymada yardımcı olacaktır.

Birçok hallerde, nispi fiyatlarda değişimler gözlenmektedir. Bu gibi durumlarda, enflasyonun nakit akışları üzerindeki etkisi farklı olabilir. Şöyle ki, eğer nakit akışları, firmanın ürettiği malın satışından doğuyorsa, bu akışlar mal fiyatlarının gelecekteki düzeyine bağlı olarak belirlenirler. Aynı şekilde enflasyon, nakit çıkışına sebep olan işçi ücretleri ve hammadde maliyetlerini de etkiler [12].

Enflasyonun nakit giriş ve çıkışlarına etkisi, ele alınan projenin içeriğine göre de değişir. Bazı hallerde satılan malların fiyatlarında meydana gelen artışlar, aynı malları üretebilmek için

satın alınan faktörlerin fiyatlarındaki yükselişlerinden hızlı olduğu için, sonuçta işletmenin net nakit girişinde bir artma meydana gelir. Bazı hallerde ise, bu olgunun tam tersi gerçekleşir. Yani faktör fiyatlarındaki artış hızı, bu faktörleri kullanarak üretilen ve satılan malın fiyatında oluşan artışlardan daha fazla olduğundan, sonuçta işletmenin net nakit girişlerinde bir azalma meydana gelir.



BÖLÜM 4. YATIRIM PROJELERİNİN ÇOK ÖLÇÜTLÜ DEĞERLENDİRİLMESİ

Son yıllarda yatırım analizini kolaylaştırmak için birçok yöntem geliştirilmiştir. Maliyet veya kârı bir ölçü olarak kullanmak çok kullanışlı olmasına rağmen, seçenekler arasındaki birçok karar, sadece bu terimlerle verilememektedir. Birçok firma, müşteri servisi, iş tatmini, güvenlik, istihdam durgunluğu gibi diğer ölçütlere sahiptir. Bu faktörler doğrudan maliyet veya kâr terimleri ile ifade edilemezler. Bu amaçla geliştirilen yeni yöntemler karmaşıklık ve tesir bakımından artan sırada aşağıdaki gibi sıralanabilir [6]:

1. Seçenekler-ölçütler puan kartı yöntemi
2. Farksızlık eğrileri yöntemi
3. Sıralı ölçülendirme yöntemi
4. Ağırlıklandırılan faktörler yöntemi
5. Seçeneklerin ağırlıklandırılmış değerlendirilmesi yöntemi
6. Çok ölçütlü fayda modelleri

4.1. Seçenekler-Ölçütler Puan Kartı Yöntemi

Çoklu faktörlerin ağırlıklarının veya sıraya diziliminin belirlenmesinin kısmi olarak zor olduğu çok ölçütlü problemleri ele almanın en yararlı yollarından biri, ölçütlere karşı gelen seçenekler matrisini oluşturmaktır. Bu matriste rakamlar ve/veya diğer semboller her seçeneğin her ölçütü ne derece karşıladığını temsil etmektedirler. Tablo 4.1'de basit bir örnek verilmiştir. Rakamlar sadece konunun açıklanması için verilmiştir. Böyle bir gösterim kullanılarak, karar vericiye amaçlara verdiği subjektif ağırlıklara bağlı olarak seçiminde yardım edilebilir. Bu örnekte, karar verici maliyetler ve yakıt ekonomisi ile ilgiliyse muhtemelen Honda seçilecektir.

Tablo 4.1 : Seçenekler-Ölçütler Puan Kartı Örneği

Marka				
Faktörler	Toyota	Buick	Olds	Honda
İlk Maliyet	4.500 \$	6.500 \$	5.500 \$	3.000 \$
Ortalama Mil/ galon	20	13	17	30
Toplam Eşdeğer Yıllık Maliyet	2.000 \$	3.000 \$	2.700 \$	1.500 \$
Servis (Mil)	10	5	5	30
Konfor (Sıra)	3	2	1	4
Hacim Esnekliği (Yolcu sayısı)	4	9	5	3

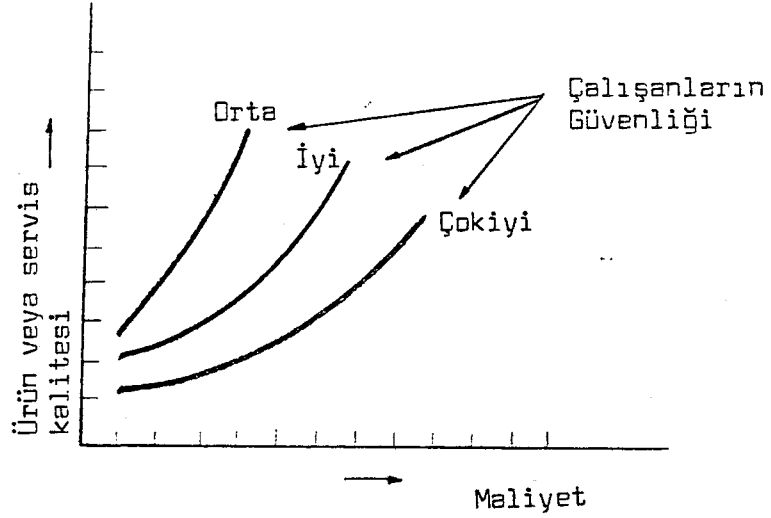
Not: ☐ Faktör için en iyi seçenek
☐ Faktör için en kötü seçenek

4.2. Farksızlık Eğrileri

İki veya üç faktörün veya karar ölçütlerinin göreceli ağırlıklarını ifade etmenin basit bir yolu, farksızlık eğrilerini oluşturmaktır. Çizerek gösterme yöntemi basit olmasına rağmen, geniş bir alanda göreceli ağırlıkların belirlenmesi o kadar basit olmayabilir. Şekil 4.1, üç faktör için tipik bir örnek göstermektedir[6][15].

4.3. Sıralı Ölçülendirme Yöntemi

Sıralı ölçülendirme, basitçe faktörlerin tercih sırasına göre sıraya dizilmesi olarak tarif edilebilir. Bu ölçülendirme karar vericiye sadece bir faktörler listesi sunarak ve bunları tercih sırasına göre sıraya dizmesini isteyerek yapılabilir. Bununla birlikte, bu



Şekil 4.1 : Farksızlık Eğrilerine Örnek

işi daha kolay yapmanın yolu vardır ve elde edilen değer yargılarının iç uyumu üzerinde bir kontrol temin eder. Bu yöntem, ikili karşılaştırma yöntemi denir. Aşağıda bir örnekle açıklanmıştır.

Farzediniz ki önemli olarak görülen beş faktör vardır:

- A- Kâr (Maliyet minimizasyonu)
- B- İstihdam durgunluğu
- C- Ürün kalitesi
- D- Görünüm
- E- Çalışanların güvenliği

İkili karşılaştırmalar yöntemi, faktörlerin karar vericiye bir tercih yargısı için aynı anda ikişer ikişer sunulmasını gerektirir. Genellikle, n faktör varsa $n(n-1)(1/2)$ çift incelenmelidir. Sonuçların aşağıdaki gibi belirlendiğini varsayınız ($>$ sembolü, "tercih edilir" olarak okunmalıdır):

- | | |
|------------|-------------|
| 1. $A > B$ | 6. $B > D$ |
| 2. $A > C$ | 7. $B < E$ |
| 3. $A > D$ | 8. $C > D$ |
| 4. $A > E$ | 9. $C < E$ |
| 5. $B < C$ | 10. $D < E$ |

Bu sonuçlardan sıralanmış durumu elde etmek için ilk adım, "tercih edilir" işaretleri aynı tarafı gösterecek şekilde listeyi yeniden sıraya dizmektir.

- | | |
|------------|-------------|
| 1. $A > B$ | 6. $B > D$ |
| 2. $A > C$ | 7. $E > B$ |
| 3. $A > D$ | 8. $C > D$ |
| 4. $A > E$ | 9. $E > C$ |
| 5. $C > B$ | 10. $E > D$ |

Faktör sıralamada bir faktör, diğer dört faktöre tercih edilmelidir ve böylece listenin sol tarafında dört defa görünmelidir. A faktörü, sol tarafta dört defa görülmektedir ve sıra cetvelinin üzerinde sıralanmaktadır. Benzer şekilde, ikinci olarak sıralanan faktör, diğer üçüne tercih edilmelidir ve listenin sol tarafında üç kez görülmelidir. Genellikle, n adet faktör varsa sonuçta bulunan sıra cetvelinde sırası r olan faktör, n-r defa listenin sol tarafında görülecektir [6].

Bu problemde sonuçta bulunan sıra cetveli:

Rank	Faktör	n-r
1	A	4
2	E	3
3	C	2
4	B	1
5	D	0

Böylece sonuç;

$A > E > C > B > D$

olarak bulunur.

İkili karşılaştırmaların sonuçlarından sıra cetvelinin çıkartılması, yukarıda anlatıldığı gibi gerçekleştirilemeyebilir. Örneğin, karar verici, 8. karşılaştırmada $C > D$ yerine $D > C$ yargısında bulunmuş olsun. Bu durumda, ikinci listede C, B ve D listenin sol tarafında bir defa görülecektir. Böylece, sıra cetveli oluşturma yöntemi başarısızlığa uğrayacaktır. Bu üç seçeneğin göreceli sıralanmalarına ait karar verici tarafından yapılan yargılarda açık bir tutarsızlık olacaktır. Bu üç seçenek üzerindeki bütün kombinasyonları içeren karşılaştırma durumları kontrol edilmelidir.

$C > B$ (5. karşılaştırma)

$B > D$ (6. karşılaştırma)

$D > C$ (8. karşılaştırma)

İlk iki karşılaştırma C, D'ye tercih edilir anlamında $C > B > D$ anlamına gelir. Fakat, 8. karşılaştırma bunun tersini söylemektedir. Karar verici yargılarında mantıksal tutarlılığa sahip olacak şekilde bu seçeneklerin sıralanması konusunda yeniden düşünülmelidir.

4.4. Ağırlıklandırılan Faktörler Yöntemi

k adet faktör gözönüne alınsın: A, B, C,, J, K veya $F_1, F_2, \dots, F_k$ (Analizde gözönüne alınacak bir firmanın amaçları veya parasal olmayan faktörler gibi). Aşağıdaki ağırlıklandırılan faktörler yöntemi iki varsayım gerektirir[6].

i) Karar vericinin herhangi bir faktörler kombinasyonunun göreceli ağırlığını ele alması ve değerlendirmesi mümkün olmalıdır. Yani, sadece F_1 'in ağırlığını değil, aynı zamanda hem F_1 hem de F_2 'nin ağırlığını mütalaa etmek mümkün olmalıdır.

ii) Ağırlıkların toplamsal olduğu varsayılır. Yani F_1 ve F_2 ağırlığı verildiği zaman hem F_1 hem de F_2 'nin ağırlığı, bunların ayrı ayrı ağırlıklarının toplamıdır.

Karar verici, faktörleri ağırlandırmakta ilkönce aşağıdakileri gözönüne almalıdır:

i) Faktörler herhangi bir yöntemle (yukarıda açıklanan sıra cetveli gibi bir yöntem) azalan tercih veya önem sırasına göre sıralanmalıdır.

ii) F_1 'in ağırlığı 100'e eşit olsun ($w(F_1) = 100$). Diğer faktörleri F_1 'in ağırlığına göre ağırlıklandırılmalıdır. Böylece, $F_2, \dots, F_k$ 'nin ağırlıkları, olası yüksek değer 100'den olası düşük değer 0'a kadar sıralanacaktır. Diğer bütün adımlar (3'den 6'ya kadar), bu ilk ağırlıklandırma değerlerini hassaslaştırmaya ve içsel olarak birbirlerine uygun olmalarını garantilemeye hizmet eder.

iii) F_1 'i, F_2+F_3 kombinasyonu ile karşılaştırmalıdır (+ işareti "ve" demektir). Eğer F_1 , F_2+F_3 'den daha az ağırlığa sahip olarak mütalaa edilirse adım 2'de belirlenen ağırlıklar $w(F_1) < w(F_2) + w(F_3)$ bağıntısını sağlamalıdır. Belirlenen ağırlıklar bu bağıntıyı sağlamaz ise, $w(F_1)$, yukarıdaki bağıntı göreceli ağırlıklar üzerindeki yargıya benzeyene kadar düzeltilmelidir. Öte taraftan, eğer F_1 , F_2+F_3 'den daha büyük ağırlığa sahip olarak mütalaa edilirse, yukarıdaki bağıntının eşitsizlik işareti tersine çevrilecektir ve gerekliyse F_1 'in ağırlığı düzeltilmelidir.

iv) F_1 'i, $F_2+F_3+F_4$ kombinasyonu ile karşılaştırınız ve eğer gerekliyse $w(F_1)$ 'in değerinin düzeltilmesi prosesi tekrarlanmalıdır.

v) Karşılaştırma ve düzeltme işlemine aşağıdaki örneğe göre devam edilir (Verilen bir problem için, bu karşılaştırmaların çoğuna ihtiyaç duyulmaması beklenir, böylece proses kısaltılır):

F_1 'i $F_2+F_3+F_4+F_5$ ile karşılaştırınız.

F_1 'i $F_2+F_3+F_4+F_5+F_6$ ile karşılaştırınız.

: : : :

F_1 'i $F_2+F_3+F_4+F_5+F_6+\dots+F_k$ ile karşılaştırınız.

F_2 'yi F_3+F_4 ile karşılaştırınız.

F_2 'yi $F_3+F_4+F_5$ ile karşılaştırınız.

: : : :
: : : :

F_2 'yi $F_3+F_4+F_5+.....+F_k$ ile karşılaştırınız.

$\vdots$ $\vdots$ $\vdots$ $\vdots$

F_{k-2} 'yi $F_{k-1} + F_k$ ile karşılaştırınız.

v1) $[W(F_1)+W(F_2)+..... +W(F_k)]$ ağırlıkları düzeltildikten ve karar vericiyi tatmin edecek şekilde tutarlılığı için kontrol edildikten sonra, her bir ağırlığı $(100/\sum_{i=1}^k W(F_i))$ ile çarparak toplamı 100 puan yapacak şekilde normalize etmelidir.

Örnek: Farzediniz ki yönetim, yukarıda bölümde sıra cetvelinde belirtilen en önemli dört faktör veya amaç için ağırlıkları belirlemek istemektedir. Aşağıda başlangıç ağırlıkları verilmiştir.

Faktör	Sıra Cetveli	Yeni Cetvel	Başlangıç Ağırlıkları
Kâr	A	F_1	$W(F_1) = 100$
Emniyet	E	F_2	$W(F_2) = 65$
Kalite	C	F_3	$W(F_3) = 40$
İstihdam	B	F_4	$W(F_4) = 30$

İlk tutarlılık kontrolü, F_1 'i, F_2+F_3 ile karşılaştırmaktır. Farz ediniz ki karar verici F_1 'i F_2 ve F_3 'ün birleşiminden daha az önemli bulmuştur. Bu yargı, başlangıç ağırlıkları ile kontrol edilir.

$$W(F_1) = 100 < W(F_2) + W(F_3) = 65 + 40 = 105$$

Öteki karşılaştırma, F_1 ve $F_2+F_3+F_4$ arasındadır. F_1 'in $F_2+F_3+F_4$ birleşiminden daha az önemli olarak mütalaa edilmesi mantıklıdır. Bu da başlangıç ağırlıkları ile kontrol edilir.

$$W(F_1) = 100 < W(F_2)+W(F_3)+W(F_4) = 65+40+30 = 135$$

Bir sonraki karşılaştırma F_2 ve F_3+F_4 arasındadır. Farzediniz ki karar verici F_2 'yi F_3+F_4 'ün birleşiminden daha fazla önemli bulmuştur. Kontrol yapılır ise:

$$W(F_2) = 65 < W(F_3) + W(F_4) = 40 + 30 = 70$$

Bu durumda, çözümlenmesi gereken bir tutarsızlık vardır. Bu, $W(F_2)$ 'yi 5 puandan fazla artırarak veya $W(F_3)$ 'ü ve/veya $W(F_4)$ 'ü 5 puandan fazla azaltarak veya bunların tutarsızlığı giderecek bir kombinasyonu ile yapılabilir. Farzediniz ki, $W(F_2)$ 'yi 5 puan artırıma ve $W(F_4)$ 'ü 10 puan azaltmaya karar verilmiştir. Bu değişiklikler ile:

$$W(F_2) = 70 > W(F_3) + W(F_4) = 40 + 20 = 60$$

Böylece F_2 , F_3 ve F_4 'ün birleşiminden daha önemli hale getirilmiş oldu.

Tablo 4.2., tutarlılık için kontrol edilen faktör ağırlıklarının normalizasyonunu göstermektedir.

Tablo 4.2 : Normalize Edilmiş Faktör Ağırlıkları

Faktör	Ağırlık	Normalize Edilmiş Faktör Ağırlığı
	[= $W(F_i)$]	[= $\frac{W(F_i)}{\sum_{i=1}^4 W(F_i)} \times 100$]
F_1	100	44
F_2	70	30
F_3	40	17
F_4	20	9
	$\sum_{i=1}^4 W(F_i) = 230$	$\Sigma = 100$

4.5. Seçeneklerin Ağırlıklandırılmış Değerlendirilmesi

Faktörlere ağırlıklar tayin edildikten sonra diğer adım, her seçeneğin her faktörü sağlama derecesini gösteren sayısal değerleri kararlaştırmaktır. Bu genellikle keyfi ölçü kullanılarak her seçenek ve her faktör için göreceli değerlendirilmelerini yansıtmak üzere yapılan zor bir değerlendirmedir [6].

Örneğin, 0 ve 10 arasında veya 0 ve 100 arasında yapılabilir.

Örneğin: Farzediniz ki yukarıdaki örnekte belirtilen ağırlıklara sahip dört faktörün ne derece tatmin edici olduğuna dair iki seçenek karşılaştırılmaktadır. Faktörler, her seçeneğin herbirini ne derece karşıladığına ait subjektif değerlendirme ile birlikte, 0'dan 10'a kadar ölçülendirilmiş sistemde Tablo 4.3'de verilmiştir:

Tablo 4.3 : Her Seçeneğin Her Faktörü Ne Derece Sağladığını Gösteren Değerlendirme

Faktör	Seçenek	
	A	B
Kâr	10	9
Çalışanların güvenliği	6	7
Ürün kalitesi	5	10
İstihdam durgunluğu (stabilitesi)	7	7

Değerlendirmeler yapıldıktan sonra sonuçlar, her seçenek için faktörlerin ağırlıklandırılmış değerlendirmelerini belirlemek üzere Tablo 4.4'deki gibi hesaplanabilir. Böylece, toplam ağırlıklandırılmış değerlendirme, A seçeneği için 76,8 ve B seçeneği için ise 83,9'dur. Tablo 4.3'de daha düşük bir kâr göstermesine rağmen, B seçeneğinin daha iyi olduğu görülmektedir.

Tablo 4.4. : Seçeneklerin Ağırlıklandırılmış Değerlendirilmelerine Ait Hesaplamalar

Faktör	Normalize edilmiş faktör ağır.	Seçenek A		Seçenek B	
		Takdiri Değer.	Ağırlıklı Değer.	Takdiri Değer.	Ağırlıklı Değer.
Kâr	44	10	44,0	9	39,6
Çalışanların güvenliği	30	6	18,0	7	21,0
Ürün kalitesi	17	5	8,5	10	17,0
İstihdam stabilitesi	9	7	6,3	7	6,3
			$\Sigma = 76,8$		$\Sigma = 83,9$

$$\text{Ağırlıklandırılmış Değerlendirme} = \text{Normalize edilmiş faktör ağırlığı} \times \frac{\text{Takdiri Değer}}{10}$$

4.6. Çok Ölçütlü Fayda Modelleri

4.6.1. Fayda Nedir ?

Kişilerin geçmişten gelen bilgi, görgü, öğrenim gibi özellikleri ile doğuştan kazanılmış zevklerinden kaynaklanan değişiklikler, piyasa fiyatının istenirlik ölçüsü olarak benimsenmesini yetersiz kılmaktadır. Bu durumda, çoğunluğun üzerinde görüş birliğine varacağı bir başka değer sisteminin kurulabileceği önem kazanmıştır [15].

Ortaya çıkan yeni değerlendirme ölçüsünün adı faydadır. Fayda kavramı, piyasa değerlerinin bir açıklaması niteliğindedir. Bununla birlikte, fayda ölçeği herkesin üzerinde görüş birliğine vardığı bir ölçek olmaktan çok, bireyin değer ölçeği'dir [15] [35].

Örneğin, bir çocuğun sezgisel değer sisteminin bilinmesi istenildiğinde, onun en çok nelerden hoşlandığı araştırılır. Çocuğun en çok çikolata sevdiği varsayılın. Buna göre, bir başka maddenin örneğin bisküvinin göreceli değerinin saptanması istenildiğinde, şöyle bir yola başvurulur: Önce, çocuğa bir paket bisküvi ile bir çikolata arasında seçim yapması önerilir. Eğer çikolatayı seçerse,

ikinci olarak bir çikolataya karşı iki paket bisküvi önerisinde bulunulur. Yine çikolatayı seçtiği varsayılırsa, bisküvi sayısı artırılarak öneriler sürdürülür. Sonunda, çocuğun her ikisini de seçebileceği bir noktaya gelinecektir. Bu nokta bir denge noktası olup, kayıtsızlık noktası olarak adlandırılır. Çünkü, çocuğa bu noktada önerilen bisküvi sayısı arttırılırsa, onun bisküvileri seçeceği bilinir. Örneğin, kayıtsızlık noktasındaki durum; beş bisküvi ise, bir çikolata beş bisküvi değerindedir denir. Teknik deyişle, iki önerinin de faydası birbirine eşit demektir [15].

4.6.2. Klasik Fayda Yaklaşımı

Sonuçların fayda birimleri ile ölçülmesinde uygulanan bu yaklaşım, ekonomi bilimindeki fayda yasalarının kanıtlanması niteliğindedir. Bu konuya dahil tekniklerden Bernoulli ve Cramer Teknikleri aşağıda açıklanmıştır:

İsviçre'li matematikçi Daniel Bernoulli (1730), paranın faydasının, kişiler arasında nasıl değiştiğini dikkate almamıştır. Yalnızca parasal değerlerin artması ile elde edilen toplam faydanın azalan marjinal fayda yasasına uygunluk gösterdiğini kanıtlamıştır.

Bernoulli, parasal değerlerin fayda birimleri cinsinden ölçülmesinde logaritma tekniğinden faydalanmıştır. Başka bir deyişle, belli bir parasal değerın faydası, onun logaritmik değeridir: [15].

$$U(M) = \log M$$

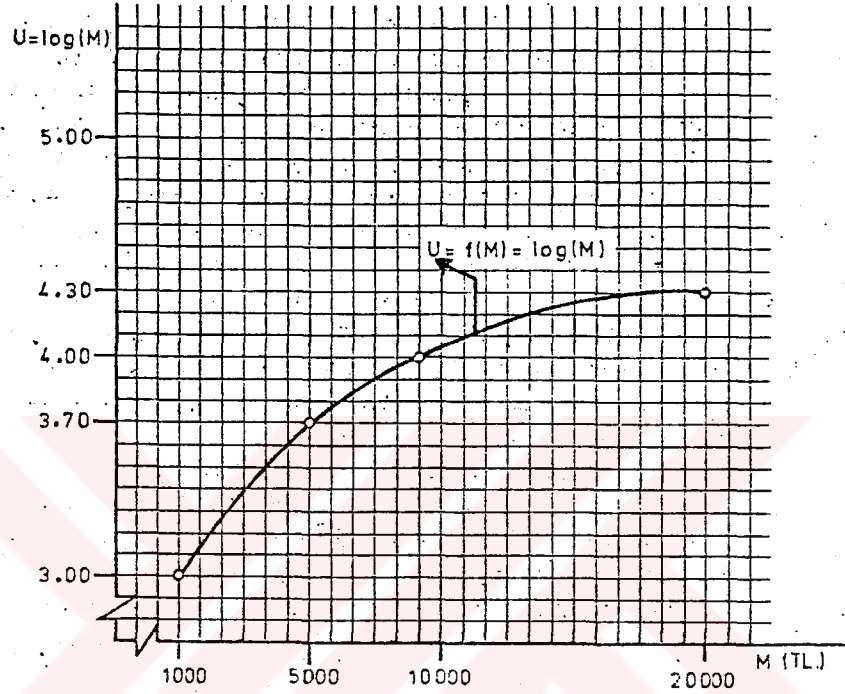
M : parasal değer

U(M) : parasal değerın faydası

Bu teknik, paranın faydasının azalan marjinal fayda yasasına uygunluk sağladığını göstermektedir. Elde edilen parasal değerler arttıkça, ek parasal değerın faydası azalacaktır. Bernoulli açısından parasal değerlerin fayda fonksiyonu incelendiğinde iki önemli sonuç elde edilir:

- i) Fayda fonksiyonu grafiği çizildiğinde, elde edilen eğri kon-
kavdır.
- ii) Fayda fonksiyonu sürekli ve artan bir fonksiyondur.

Şekil 4.2'de bu durumlar gösterilmiştir:



Şekil 4.2 : Bernoulli Tekniğine Göre Fayda Fonksiyonu

Yine İsviçre'li matematikçilerden Cramer ise, parasal değerle-
rin faydasını karekök değeri olarak tanımlamıştır. Teknik deyişle,
belli bir parasal değerin karekökü, onun faydasıdır:

$$U(M) = \sqrt{M}$$

M : parasal değeri

U(M) : parasal değerin faydası

4.6.3. Modern Fayda Yaklaşımı

Modern fayda yaklaşımında fayda kavramı, genel ekonomide ele
alınan faydadan farklıdır. Genel ekonomide fayda kavramı, tüketici
ağısından ele alınarak, tüketilen malın tüketiciye sağladığı doyuma

dayanmaktadır. Karar kuramında ise fayda kavramı, ilk kez John von Neumann ve Oscar Morgenstern'nin 1947 yılında yayınladıkları "Theory of Games and Economic Behavior" adlı yapıtlarında açıklanmıştır. Bu düşünörlere göre, modern fayda kavramı, karar verici tarafından strateji seçiminde söz konusu olmakta ve risk karşısında başvurulanan değer ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Böylece, karar kuramında fayda, malın yerine parasal değerlerin ve psikolojik doyum ölçüsü yerine de, risk karşısında beliren değer ölçüsü biçiminde incelenmektedir. Ortak özellik ise, subjektif değer ölçüsü olmasıdır. Karar kuramındaki faydanın subjektifliği, kişiden kişiye olduğu kadar, kişideki psikolojik ve sosyo-ekonomik durumun değişmesine de bağlıdır. Neumann-Morgenstern'in sözü edilen yapıtlarında, karar vericinin risk ortamındaki davranışını açıklayan kurama "kardinal fayda kuramı" adı verilmiştir. Kardinal fayda kuramının özü [15][35]:

- i) Her kişinin fayda olarak belirlenen sonuçların beklenen değerini eniyileyecek biçimde davranışta bulunacağı,
- ii) Her kişi için parasal değerlerle fayda arasında fonksiyonel bir ilişkinin saptanabileceğı

gerçeğıne dayanmaktadır.

İşte, karar verici açısından parasal değerlerle fayda arasındaki ilişkiyi belirleyen fonksiyona, kişisel fayda fonksiyonu denir. Bu fonksiyon, karar vericinin risk karşısında subjektif davranışlarını (tercih) belirleyerek herbir parasal sonuca karşılık olan görelî fayda değerini verir. Karar vericinin kişisel fayda fonksiyonunu belirlemede dikkat edilmesi gereken iki nokta vardır [36]:

- i) Kişisel fayda fonksiyonu subjektif 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.

ii) Kişisel fayda fonksiyonu zaman içinde sabit kalan bir fonksiyon niteliğinde değildir. Kişinin yaşamında zamanla ortaya çıkan maddesel ve diğer etkenlerdeki değişiklikler, subjektif 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 karar vericinin risk karşısında değişik tiplerde olabileceği gerçeğiyle karşılaşılır.

Karar vericinin 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 karar verici tipi ortaya çıkmaktadır.

4.6.3.1. Riskten Kaçan Karar Verici

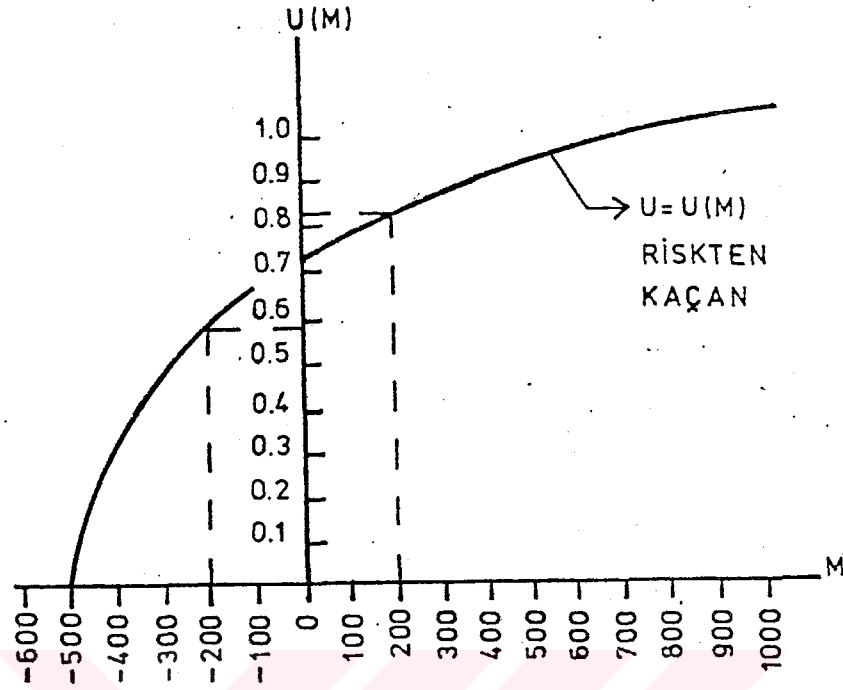
Genel olarak, kişisel fayda fonksiyonu

$$U = f(M) \quad (4.3)$$

biçiminde gösterilir. Burda U, faydayı; M, parasal değeri ve f de fonksiyonel ilişkiyi göstermektedir. Buna göre, fayda parasal değer bir fonksiyonudur. Fayda fonksiyonu monoton olarak artan bir fonksiyondur. M, parasal değer olarak tanımlandığında bu özellik, kişilerin normal olarak daha fazla paraya daha çok fayda atadıkları, başka bir deyişle çok parayı az paraya tercih ettikleri anlamına gelmektedir. Fayda eğrisi konkav biçiminde ise, riskten kaçan karar verici söz konusudur. Karar verici risk karşısında tutucudur [15] [37] .

Durumu açıklamak üzere Şekil 4.3 çizilmiştir.

Şekil 4.3'den de görüldüğü gibi eğrinin eğimi arttıkça büyümektedir. Bunun anlamı, belli bir kazanç artışının sağladığı faydanın eşit zarar azalmasının sağladığı faydadan az olacağıdır. Kazanılan

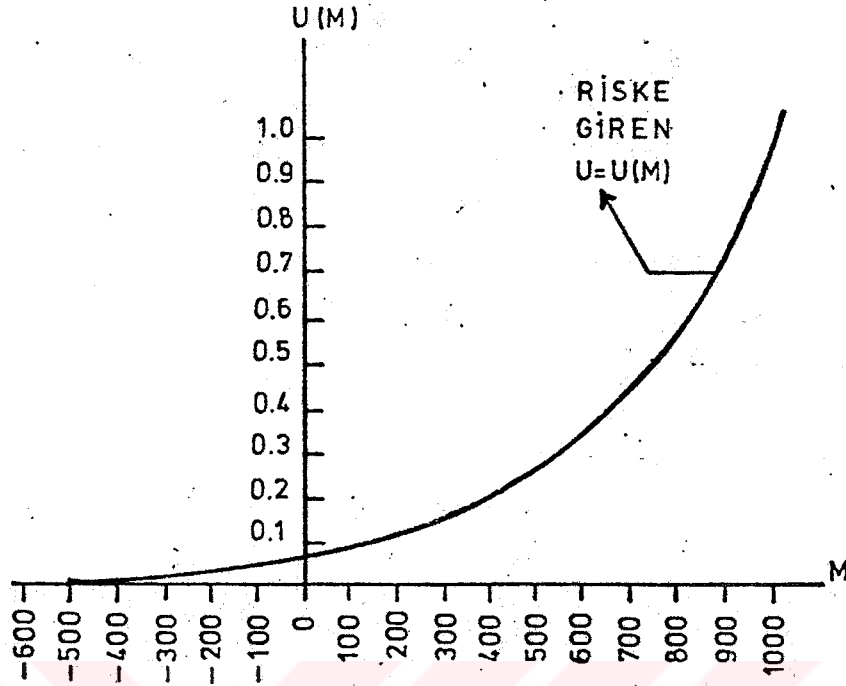


Şekil 4.3 Riskten Kaçan Karar Vericinin Kişisel Fayda Fonksiyonu

parasal değer arttığında, karar verici artan parasal değere daha küçük subjektif değer vermektedir. Karar verici açısından, kazanılan parasal değer artışının, subjektif olarak daha az değer yaratması, ekonomide azalan marjinal fayda yasası adıyla bilinmektedir.

4.6.3.2. Riske Giren Karar Verici

Karar vericinin kişisel fayda fonksiyonunun grafiği konveks bir eğri biçimindedir. Şekil 4.4'de kazanılan parasal değer arttıkça, eğrinin eğiminin de büyüdüğü görülmektedir. Belli bir kazanç artışının faydasının, eşiti zarar azalmasının faydasından daha büyük olduğunu açıklamaktadır. Yani, kazanılan parasal değer arttığında, karar vericinin artan her bir para birimine bir öncekinden daha büyük bir subjektif değer verdiği anlaşılmaktadır. Kazanılan parasal değer artışının, subjektif olarak daha büyük bir değer yaratması, artan marjinal fayda yasası biçiminde formüle edilebilir[15] [37].

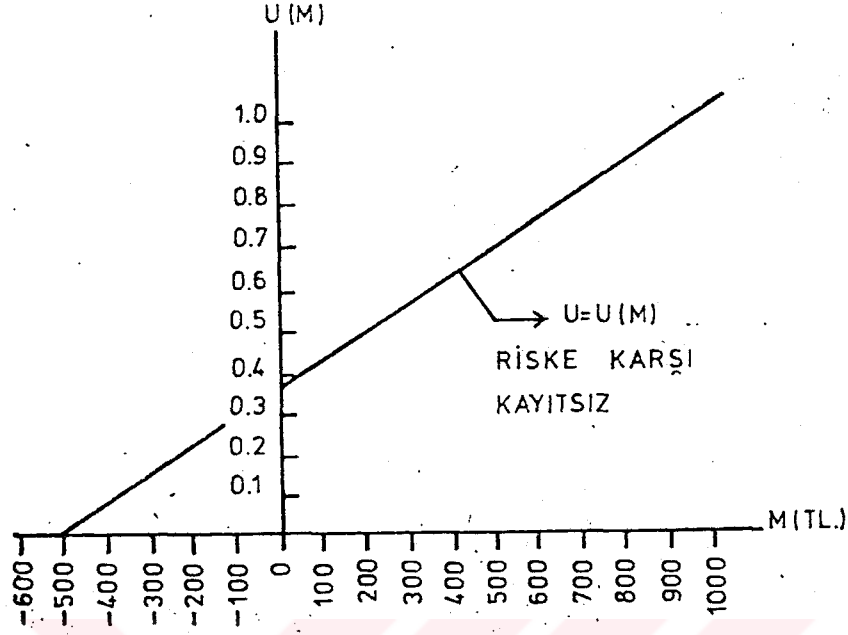


Şekil 4.4 : Riske Giren Karar Vericinin Kişisel Fayda Fonksiyonu

4.6.3.3. Risk Karşısında Kayıtsız Olan Karar Verici

Karar vericinin kişisel fayda fonksiyonu doğrusal ise, risk karşısında kayıtsızlık söz konusudur. Bu doğrunun eğiminin sabit olmasının anlamı, belli bir kazanç artışının faydasının eşiti olan zarar azalışının faydasına eşit olduğudur. Kazanılan parasal değer artışlarının eşit subjektif değerler yaratması bir bakıma, sabit marjinal fayda yasası biçiminde formüle edilebilir. Bu durumda, karar verici en büyük beklenen parasal değer ölçütünü uygulamakla, beklenen faydayı da enbüyüklemiş olur. Enbüyük beklenen değer ölçütünün parasal ya da fayda birimlerine dayalı olarak uygulanışında, aynı stratejinin seçimi söz konusu olmaktadır. Şekil 4.5'de bu tip bir fayda fonksiyonu gösterilmektedir [15] [38].

Karar vericinin yukarıda açıklanan bu üç tipten hangisine ilişkin olduğunu gösteren kişisel fayda fonksiyonlarından hiç birinin



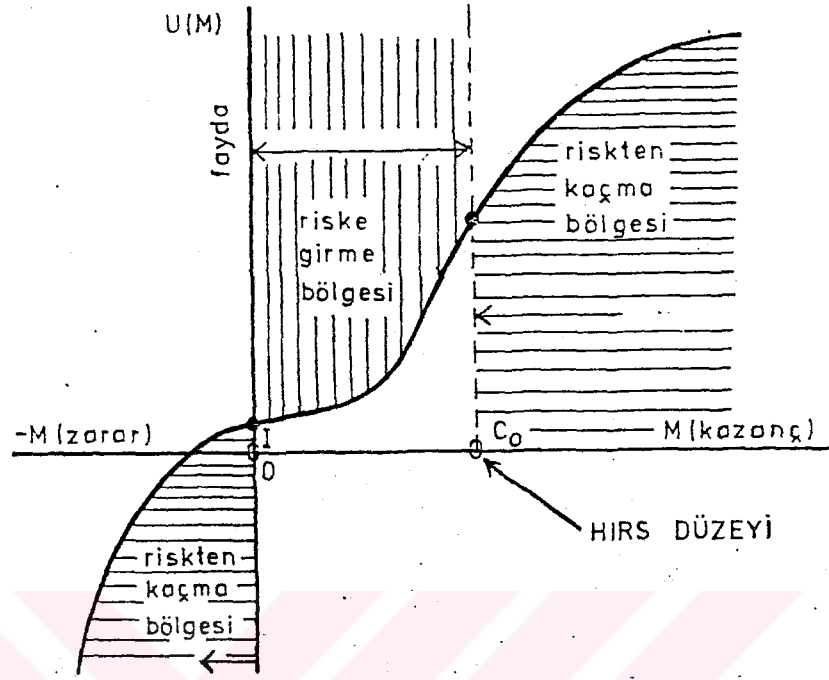
Şekil 4.5 : Risk Karşısında Kayıtsız Olan Karar Vericinin Kişisel Fayda Fonksiyonu

uygulamada tek başına gerçeği yansıtmadıkları ileri sürülmüştür. 1948 yılında Friedman ve Savage, fonksiyonun yalnızca konkav ya da konveks olarak belirlenmesinin yerinde olmadığı düşüncesiyle, her ikisinin de birlikte içerildiği bir fayda fonksiyonu önermişlerdir. Şekil 4.6'da bu tip bir fayda fonksiyonu gösterilmektedir.

4.6.4. Fayda Analizi

Bireysel tercihlerin basit temsillerini oluşturmaktaki temel önem, farklı ölçütlerin çeşitli miktarları için karar vericinin tercihleri arasında bulunabilen belirli bağımsızlık özelliklerinin gerçekleşmesi ve kullanılabilmesidir. Bağımsızlık durumlarının birçok çeşiti, çok ölçütlü fayda teorisinde ortaya çıkmıştır [39].

Konu hakkında daha spesifik bilgilere sahip olmak için, karar vericinin amaçlarının karşılanma derecesinin $X_1, X_2, \dots, X_n$ ölçütlerine dayanarak layıkıyla tarif edilebileceğini varsayınız. X_1 'nin



Şekil 4.6 : Friedman-Savage'a Göre Kişisel Fayda Fonksiyonu

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:

$$U(x_1, x_2, \dots, x_n) = f[f_1(x_1), f_2(x_2), \dots, f_n(x_n)] \quad (4.4)$$

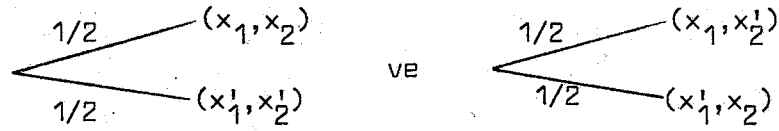
Burada $f_i (i=1, 2, \dots, n)$, sadece X_i ölçütünün fonksiyonlarıdır. Eğer böyle bir temsil f 'nin basit bir forma sahip olduğu durumda elde edilebilirse (örneğin, toplamlı form), U 'nun baştan sona kıymetlendirilmesi büyük oranda basitleştirilebilir. X_i 'nin bir skalar veya bir vektörel nitelik olabileceği unutulmamalıdır [39].

4.6.4.1. Değer Bağımsızlığı

Eğer küme anlamında tanımlanan oyunlar üzerindeki tercihler, sadece kümenin elemanlarının marjinal olasılık yoğunluk fonksiyonlarına

bağılysa ve onların ortak olasılık yoğunluk fonksiyonuna bağıly değilse, ölçütler kümesi değerce bağımsızdır. Bu özelliğın, diğerlerinden değerce bağımsız olan bir ölçütten çok, birbirlerinden 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 herbirinde, x_1 veya x_1' sonucuna sahip olma olasılığı 1/2 ve yine x_2 veya x_2' sonucuna sahip olma olasılığı 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 değerce 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 kümelerinin elemanları ya birbirlerinden değerce bağımsızdır ya da değildirler. Bu durum bağımsızlık durumlarının diğer çeşitleri için geçerli değildir [40].

Değer bağımsızlığı ile anlatılmak istenen temel teorem genellikle aşağıdaki formda ifade edilir [40]:

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

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

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

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

4.6.4.2. Faydaca Bağımsızlık

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

$$U(x_i, x_{\bar{i}}) = g(x_{\bar{i}}) + h(x_{\bar{i}}) \cdot U(x_i, x_{\bar{i}}^0), \text{ bütün } x_{\bar{i}}\text{'ler için} \quad (4.6)$$

ise faydaca bağımsızdır. g ve h , skalar değerli fonksiyonlardır ve $x_{\bar{i}}^0$, $X_{\bar{i}}$ ölçütlerinin spesifik bir seviyesini temsil eder [41].

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

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

$$U(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n k_i \cdot U_i(x_i) \quad (4.7)$$

ya da çarpımsaldır;

$$1+k \cdot U(x_1, x_2, \dots, x_n) = \prod_{i=1}^n [1+k \cdot k_i U_i(x_i)] \quad (4.8)$$

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. (4.6) yeterlilik koşulu kullanılarak, hem (4.7) hem de (4.8)'in X_i 'nin bütün i 'ler için $X_{\bar{i}}$ 'den

faydaca bağımsız olduğunu ifade ettiği farkedilebilir. Böylece, X_i , bütün i 'ler için X_i 'den faydaca bağımsızdır. Tersisi doğru olmadığından, eşdeğerlik koşulları gerçekleşmemektedir [41].

Sonuç 3. Eğer X_i , bütün i 'ler için X_i 'den faydaca bağımsız ise;

$$u(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n k_i \cdot u_i(x_i) + \sum_{i=1}^n \sum_{j>i}^n k_{ij} \cdot u_i(x_i) \cdot u_j(x_j) + \dots + k_{1\dots n} \cdot u_1(x_1) \dots u_n(x_n) \quad (4.9)$$

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

Sonuç 3 veya Sonuç 2 koşulları verildiğinden (4.7)-(4.9)'dan 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 altkümede 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 (4.8)'e benzer bir eşitlik bize $u(x_1, x_2, \dots, x_n)$ için temsili teoremlerin türetilbildiği uygun fayda bağımsızlık koşullarının kolayca ele geçebilecek matematiksel ifadelerini verir.

4.6.4.3. 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 farkedilen sonuçlar için yapılan tercihler, sadece x_i değerine bağlıysa ve x_i 'nin ortak değerine bağlı değilse, x_i diğer x_j ölçütlerinden tercihsel olarak bağımsızdır. Böylece, örneğin, eğer x_i, x_j 'den tercihsel olarak bağımsız ise ve (x_i', x_j') sonucu, x_j 'nin bir değeri için (x_i'', x_j'') 'ye tercih edilirse, tüm mümkün x_j 'ler için tercih edilmelidir.

x_i , skalar bir ölçüt olduğunda, x_i 'nin x_j 'den tercihsel olarak bağımsızlık olduğu gerçeği, basit bir şekilde tercihlerin x_j 'nin değeri ne olursa olsun x_i 'de monoton olarak artan olduğunu ifade edebilir. x_i bir vektör olduğunda, x_i 'nin x_j 'den tercihsel olarak bağımsız olması koşulu, x_i 'nin elemanlarının çeşitli seviyeleri arasındaki bütün eşleşmelerin x_j '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_j 'den faydaca bağımsız ise x_i, x_j 'den tercihsel olarak bağımsızdır. Tersinin sağlanması şart değildir.

Tercihsel bağımsızlık koşullarından çıkan aşağıdaki esas sonuç, bütün sonuçlara bir 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, $n \geq 3$, skalar ölçütler olduğu durumu düşünelim. 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:

$$V(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^n V_i(x_i) \quad (4.10)$$

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 fonksiyonu 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 asıl sonuç şudur:

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

Sonuç 5. Eğer X_i, X_j '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.

4.6.4.4. 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 [40].

$$U(x_1, x_2) = k_1 U_1(x_1) + k_2 U_2(x_2) + k U_1(x_1) U_2(x_2) \quad (4.11)$$

Burada u , u_1 ve u_2 , 0'dan 1'e kadar ölçülendirilmiştir. (4.11)'den $k_1+k_2+k = 1$ '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 değeri hiçbir tesiri yoktur. Bundan dolayı, durumu ifade etmek için "değerce bağımsız" kelimelerini seçeriz. $k \neq 0$ olduğu zaman anlamayı kolaylaştırmak için (4.11)'i aşağıdaki gibi yazabiliriz:

$$U(x_1, x_2) = k_2 \cdot u_2(x_2) + [k_1 + k \cdot u_2(x_2)] \cdot u_1(x_1) \quad (4.12)$$

(4.12)'den, 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.

4.6.4.5. Toplamsal veya 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 $U_1(x_1)$, $U_2(x_2)$, ..., $U_n(x_n)$ fayda fonksiyonlarının;

- i) Toplamsal veya
- ii) Çarpımsal

fonksiyonu olarak ifade edilebilir. Her ölçüt çifti:

1. Diğerlerinden tercihsel olarak bağımsızdır (Herhangi bir ölçüt çifti için sonuçların tercih kuralı, diğer bütün ölçütlerin kabul edildiği seviyelere bağlı değildir.) [6], [40].

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.)

4.6.4.5.1. Toplamsal Fayda Modeli

Ölçütler toplamsal olarak bağımsız olmalıdır. (İki veya daha fazla ölçüt içeren oyunlarda yapılan tercihler, sadece onların marjinal olasılık dağılımlarına bağlıdır ve ortak olasılık dağılımına bağlı değildir.) Bu, (4.13) 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 [42]:

$$U(x) = \sum_{i=1}^n U(x_i, \bar{x}_i^0) = \sum_{i=1}^n k_i \cdot U_i(x_i) \quad (4.13)$$

Burada:

$U(x_i, \bar{x}_i^0) = i.$ ölçüt x_i için gerçekleşen sonucun ve $i.$ ölçüt $\bar{x}_i^0$ '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

Toplamlı 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. $k_i = U(x_i^*, \bar{x}_i^0)$, $i= 1,2,\dots, n$ ölçüt için

Yukarıda bahsedildiği gibi, toplamsal model $\sum k_i = 1.0$ olduğu zaman uygulanır. Aksi halde çarpımsal model uygulanır.

4.6.4.5.2. Çarpımsal Fayda Modeli

n ölçütün sonuçlarının herhangi bir kombinasyonunun $U(x)$ faydası aşağıdaki eşitliğin çözümünden elde edilir [6], [43]:

$$k \cdot U(x) + 1 = \prod_{i=1}^n [k \cdot k_i \cdot U_i(x_i) + 1] \quad (4.14)$$

$U(x)$ çözülürse:

$$U(x) = \frac{\prod_{i=1}^n [k \cdot k_i \cdot U_i(x_i) + 1] - 1}{k} \quad (4.15)$$

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

3. $k_i = U(x_i^*, \bar{x}_i^0)$

4. k , aşağıdaki eşitlikten hesaplanan bir sabittir:

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

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

4.6.4.6. Ayrı Ölçütler İçin 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'lik bir fayda atanmalıdır. Her fayda fonksiyonunun şekli, karar vericinin çeşitli sonuçların göreceli istenirliği üzerindeki subjektif yargısına bağlıdır. Bu, aşağıdaki gibi bir takım sorulara cevaplar vererek yapılabilir.

x_1 ölçütü için, hangi belirli x_1 sonucu, eşit olarak en yüksek sonucun %p gerçekleşme olasılığı ve en düşük sonucun $\%(1-P)$ gerçekleşme olasılığı kadar çekici olacaktır? Bu durum, x_1^* ve x_1^0 uç değerlerini $U(x_1=?)=P.U(x_1^*)+(1-P).U(x_1^0)$ eşitliğinde kullanarak fayda terimleri ile ifade edilebilir.

Fayda fonksiyonu için noktaları işaretlemek üzere, P istenildiği gibi değiştirilebilir. Alternatif olarak, sınırlı değerler arasındaki belirli x_1 sonucu tayin edilebilir ve şu şekilde sorular sorulabilir: Hangi P'de belirli x_1 sonucu, eşit olarak $P.U(x_1^*)+((1-P).U(x_1^0))$ kadar çekici olacaktır? Durumu bir örnekle açıklamak yararlı olacaktır [6], [43].

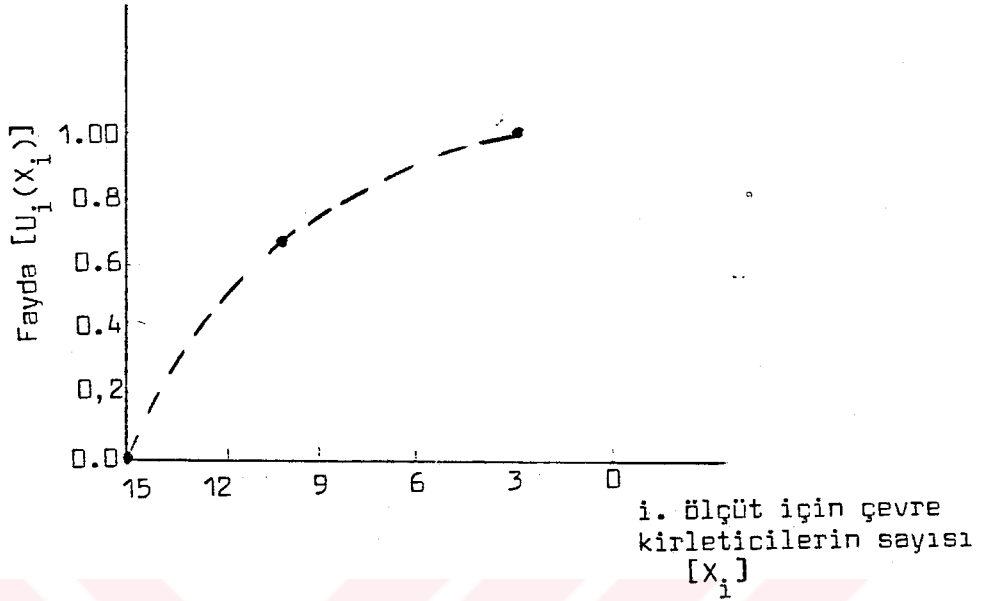
Örnek: Farzediniz ki bir prosesin sebep olduğu çevre kirleticilerin sayısı için yaklaşık bir fayda fonksiyonu tanımlanmak istensin. Düşünülen en iyi sayı 3 ve en kötü sayı 15 olarak saptanmıştır. Bu sayılara, sırasıyla 0 ve 1 fayda değerleri verilecektir. "Ne miktarda belirli çevre kirleticisi, % 50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

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

$$U(x=12) = 0,5.1+0,5.0$$

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

Şekil 4.7. 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 istenirse bu tersine çevrilebilir. Her nasıl olursa olsun, ölçüt değerleri ve fayda değerleri, grafiksel karşılaştırmanın kolaylaştırılması için lineer diyagramlarında gösterilmelidir.



Şekil 4.7 : Fayda Eğrisi

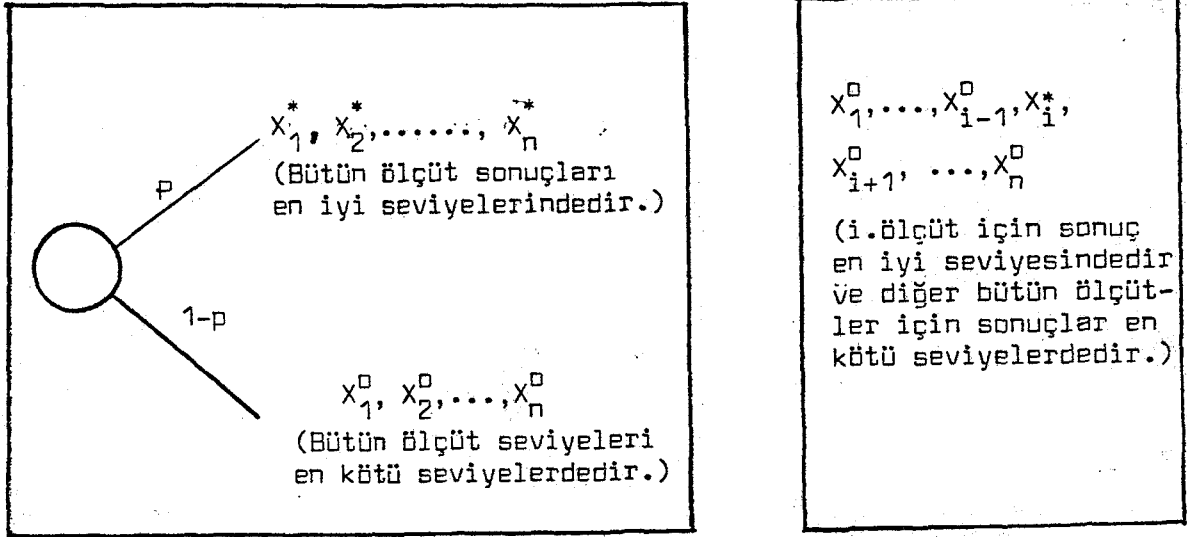
4.6.4.7. Ağırlıklandırma Faktörlerinin Belirlenmesi

Bütün ölçütler için fayda fonksiyonları belirlendikten sonra, öteki adım her ölçüt için k_i ağırlığını belirlemektir. Hem toplam-sal hem de çarpımsal fayda modelleri için yapılan açıklamalardan, $0 \leq k_i \leq 1$ olacak şekilde $k_i = U(x_i^*, \bar{x}_i^0)$ 'dır. Eğer, i . ölçüt için sonuç en iyi değeri x_i^* 'yi alıyorsa ve i . ölçüt dışındaki bütün ölçütler için sonuçlar, ayrı ayrı en kötü değerlerini ($\bar{x}_i^0$ 'yi) alıyorsa k_i , faydadır. k_i 'leri oluşturmak için yardımcı olan iki soru aşağıda verilmiştir [6], [44].

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 $x^0=(x_1^0, x_2^0, \dots, x_n^0)$ 'ı veren oyun.
2. $(x_1^0, \dots, x_{i-1}^0, x_i^*, x_{i+1}^0, \dots, x_n^0)$ sonucu.

Yukarıdaki durumlar diyagram şeklinde Şekil 4.8.'de gösterilmektedir. Böyle bir değerlendirmenin sonucu $P=k_i$ 'dir.



Şekil 4.8 : i.Ölçüt için Ağırlıklandırma Faktörünü Bulmak Üzere A Sorusunun İzahı

Soru B. Bir X_i seviyesi (örneğin x_i^1) ve bir X_j seviyesi seçiniz ki diğer bütün ölçütlerin seviyeleri için aşağıdaki iki durum arasında kayıtsız kalınız:

1. x_i^1 ve x_j^0 'i birlikte hasıl eden bir sonuç.
2. x_i^1 ve x_j^1 'i birlikte hasıl eden bir sonuç.

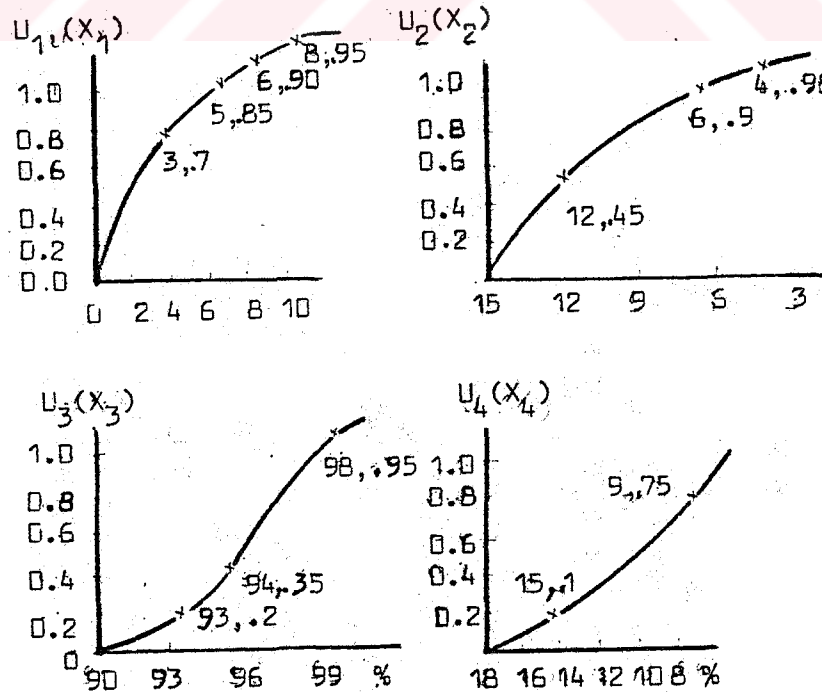
Böylece, $k_i \cdot U_i(x_i^1) = k_j \cdot U_j(x_j^1)$ bağıntısı, bilinmeyene bağlı olarak k_i veya k_j 'yi çözmek için kullanılabilir. k_j 'leri oluşturmakta önerilen uygulama, onları ilk önce sıralamak, sonra enbüyük k_i 'yi değerlendirmek üzere A sorusunu kullanmak, daha sonra enbüyük k_i 'ye göre veya önceden belirlenmiş 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, $(x_1^*, \bar{x}_1^0)$ 'i veya $(x_2^*, \bar{x}_2^0)$ 'i tercih edip etmediğini sorarak yapılabilir. Eğer, önceki tercih edilirse, $k_1 > k_2$ dir ve eğer sonraki tercih edilirse $k_2 > k_1$ 'dir. Konunun daha iyi anlaşılması için aşağıda açıklayıcı bir örnek verilmiştir [6].

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

Ölçüt	Sıra	Aralık
X_1 kâr 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 herbiri için fayda fonksiyonları Şekil 4.9'da verilmektedir. 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 kâr ve en kötü seviyelerinde olan diğer bütün ölçütler kadar çekici olacaktır?



Şekil 4.9: Dört Ölçüt İçin Fayda Eğrileri

Farzediniz ki yukarıdaki soruya verilen cevap 0,4'dür. Böylece, kâr kriteri için ağırlık faktörü $k_1=0,4$ 'dür.

Şimdi, B sorusunu kullanarak kalite seviye ölçütü için ağırlık faktörü k_3 'ün nasıl bulunacağı gösterilecektir. Soru aşağıdaki gibi sorulabilir.

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

Cevabın,

Kâr indeksi, $x_1' = 5$

Kalite seviyesi, $x_3' = 98$

olduğunu varsayınız.

Şimdi aşağıdaki bağıntıyı (ve fayda değerlerini bulmak için Şekil 4.9'daki grafikleri) kullanabilir ve k_3 için çözebiliriz:

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

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

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

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

$$= 0,894 \cdot (0,4) = 0,357$$

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 4.5'de yukarıdakine benzer şekilde k_2 ve k_4 için elde edilen sonuçları özetlemektedir. Aşağıdaki hesaplamalar Tablo 4.5'de ifade edilen kayıtsızlık eşdeğerlerine dayalıdır.

Tablo 4.5'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 seçeneklerin değerlendirilmesi için nasıl kullanıldığı anlatılacaktır.

Tablo 4.5 : Örnek Problem İçin Ağırlık Faktörünün Belirlenmesi

Ölçüt	Sıra	Aralık	Kayıtsızlık Eşdeğeri	Göreceli Ağırlık Faktörü	Ağırlık Faktörü k_i
X_1 kâr	1	0-10		k_1	0,4
X_2 Kirletici Sayısı	2	15-3	$X_1:3 \sim X_2:6$	$k_2=0,778 k_1$	0,311
X_3 Kalite	3	90-99	$X_1:5 \sim X_3:98$	$k_3=0,894 k_1$	0,357
X_4 Boşta bekleme	4	18-8	$X_1:94 \sim X_4:9$	$k_4=0,467 k_3$	0,167
					$\Sigma = 1,235$

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

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

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

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

$$k_2 = 0,778 k_1$$

$$= 0,778 \cdot (0,4) = 0,311$$

k_4 'ü bulmak için ($X_3:94 ; X_4:9$)

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

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

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

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

$$k_4 = 0,467 \cdot (0,357) = 0,167$$

Farzediniz 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 Kâr İndeksi	8	6
X_2 Kirletici sayısı	12	4
X_3 Kalite seviyesi(%)	94	93
X_4 Boşta bekleme (%)	9	15

Yukarıdaki sonuçlar, Şekil 4.9'daki 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 fonksiyonunu uygulamak için ilk önce $-1 < k < 0$ aralığındaki k değeri bulunmalıdır.

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

Tablo 4.5'deki ağırlık faktörlerini kullanarak:

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

Buradan k , yaklaşık olarak $-0,47$ bulunur. Şimdi, çarpımsal model uygulanabilir [45].

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

Seçenek I için,

$$U(x) = \frac{(-0,47.0,4.0,95+1) \dots\dots (-0,47.0,75.0,167+1)-1}{-0,47}$$
$$= 0,682$$

Seçenek II için,

$$U(x) = \frac{(-0,47.0,4.0,90+1) \dots\dots (-0,47.0,167.0,10+1)-1}{-0,47}$$
$$= 0,676$$

Seçenek I, Seçenek II'den daha büyük bir faydaya sahip olduğun-
dan tercih edilecektir.

4.6.4.8. Fayda Fonksiyonlarının Kurulması

$$\text{Maks } U(f_1, f_2, \dots, f_k) = U(\underline{f})$$
$$g_j(\underline{x}) \leq 0, \quad j=1,2,\dots,m \quad (4.16)$$

$U(\underline{f})$, çok ltl fayda fonksiyonudur. Fayda fonksiyonu, ka-
rar vericinin tercihlerini gözönüne alacaktır. Fakat, basit bir prob-
lem için bile $U(\underline{f})$ 'nin belirlenmesi zordur. Çok ltl karmaşıık bir
problem için $U(\underline{f})$ 'yi belirleme prosesi çok zordur. Fayda fonksiyonu
yöntemleri ve $U(\underline{f})$ 'yi belirleme üzerine yapılmışı yayınlar tartişılmak-
ta ve yeniden gözden geçirilmektedir.

Fayda fonksiyonu yöntemlerinin büyük avantajı, eğer $U(\underline{f})$ doğru
şekilde oluşturulur ve kullanılırsa karar vericiye en tatmin edici
zm sağlamasıdır. zm, karar vericinin farksızlık eğrilerinin
ve zmlerinin baskın olunmadığı setin birbirine teğet olduğu bir
nokta olacaktır. Böylece, zm karar verici için en yüksek faydaya
sahip olacaktır. Fayda yöntemlerinin zorluğu, karar vericinin bilgi
yokluğunda tercih yargısını ifade etmek zorunda kalmasıdır [45], [46].

Fayda fonksiyonu $U(\underline{f})$, birçok formda olabilir. Yaygın olan
form, karar vericinin fayda fonksiyonunun amaçlar açısından toplamsal
şekilde ayrılabilir olduğunu varsayar. Toplamsal fayda fonksiyonu
yönteminin dayandığı varsayımlar:

Ölçüt	Seçeneklere göre x_i sonuçları	
	I	II
X_1 Kâr İndeksi	8	6
X_2 Kirletici sayısı	12	4
X_3 Kalite seviyesi(%)	94	93
X_4 Boşta bekleme (%)	9	15

Yukarıdaki sonuçlar, Şekil 4.9'daki 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 fonksiyonunu uygulamak için ilk önce $-1 < k < 0$ aralığındaki k değeri bulunmalıdır.

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

Tablo 4.5'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 [45].

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

i) Eğer $\underline{f}^1 = (f_1^1, f_2^1, \dots, f_k^1)$ ve $\underline{f}^2 = (f_1^2, f_2^2, \dots, f_k^2)$, $\underline{f}$ 'nin iki vektörü ise, $\underline{f}^1, \underline{f}^2$ 'ye $U(\underline{f}^1) > U(\underline{f}^2)$ olduğu takdirde tercih edilir.

ii) $U(\underline{f}) = U_1(f_1) + U_2(f_2) + \dots + U_k(f_k)$
 U_i 'ler her bir f_i ($i=1,2,\dots,k$) için fayda fonksiyonlarıdır.

Bu toplamsal fayda fonksiyonu yöntemi için:

$$\text{Maks } U = \sum_{i=1}^k U_i(f_i)$$

$$g_i(\underline{x}) \leq 0, \quad i=1,2,\dots,m \quad (4.17)$$

(4.17)'nin özel bir formu, her ölçütün önemini göstermek için w_i ağırlıklarını kullanmaktır. Bu durumda problem şu şekilde verilir:

$$\text{Maks } \sum_{i=1}^k w_i \cdot f_i(\underline{x})$$

$$g_i(\underline{x}) \leq 0, \quad i=1,2,\dots,m \quad (4.18)$$

Farksızlık eğrisinin teğet noktasından geçen doğru ve baskın olunmayan çözüm kümesi, w_i ağırlıkları için optimal değerlerin kaynağıdır (Teğetin eğimi, w_i 'lerin optimal değerlerinin oranı ile orantılıdır). Böylece, eğer optimal w_i 'ler belirlenebilirseler, (4.18) en tatmin edici çözümü sağlayacaktır. Bununla beraber, uygulamada w_i ağırlıkları çoğu kez karar vericinin farklı ölçütlerin önemine göre subjektif tahminleri ile belirlenirler. Bunlar, ister istemez optimal değerler olmamaktadır. (4.17) veya (4.18)'i kullanmanın avantajı basitliktir. k adet bir boyutlu U_i 'leri oluşturmak $U(\underline{f})$ 'yi direkt olarak oluşturmaktan daha kolaydır. Benzer şekilde, w_i değerlerinin gerçek çözümden önce doğru olarak bilindiğine inanabilen karar vericiden w_i 'leri elde etmek daha kolaydır. Bu yaklaşımın dezavantajları:

i) Fayda fonksiyonlarının gerçekten toplamsal olarak ayrılabilir olduğu çok az durum vardır.

ii) w 'ler hem $f_i(\underline{x})$ 'nin kendi başarı seviyesine hem de diğer ölçüt fonksiyonlarının başarı seviyeleriyle karşılaştırılan $f_i(\underline{x})$ 'nin göreceli başarısına bağlıdır.

$U(\underline{f})$ 'nin bazı diğer formları da kullanılabilir. Örneğin, $U(\underline{f}) = \prod_{i=1}^k U_i(f_i)$. Yine de diğer bütün formlar fayda fonksiyonu yöntemlerinin temel zayıflığını hafifletmez: Fonksiyonun kurulmasındaki zorluk ve fayda fonksiyonlarının geçişsizliği [45].

Fayda fonksiyonlarının kurulmasına ait nümerik bir örnek aşağıda verilmiştir:

Örnek:

$$\text{maks } f_1(\underline{x}) = 0,4x_1 + 0,3x_2$$

$$\text{maks } f_2(\underline{x}) = x_1$$

$$g_1(\underline{x}) = x_1 + x_2 \leq 400$$

$$g_2(\underline{x}) = 2x_1 + x_2 \leq 500$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

$\underline{x} \in X$ kısıtlar kümesini temsil etsin.

Farzediniz ki karar verici, $\underline{w} = (w_1; w_2) = (0,6; 0,4)$ ağırlıklılarını her amacın önemini göstermek üzere versin. Şimdi (4.18) formundaki problem:

$$\text{maks } 0,6.f_1(\underline{x}) + 0,4.f_2(\underline{x})$$

$$\underline{x} \in X$$

veya

$$\text{maks } 0,64x_1 + 0,18x_2$$

$$\underline{x} \in X$$

Bu problemin çözümü:

$$\underline{x} = (250, 0) \quad , \quad f = (100, 250)' \text{dir.}$$

Bu çözüm, aşağıdaki ifadeyi çözen $f_2(\underline{x})$ 'nin ideal çözümünün aynıdır:

$$\text{maks } f_2(\underline{x}) = x_1$$

$$\underline{x} \in X$$

$\underline{w}=(0,6;0,4)$ ve $\underline{w}=(0;1,0)$ ağırlıkları için bulunan çözümler aynıdır. Bundan dolayı, ağırlıklar oransal anlamda her amacın göreceli önemini yansıtmamaktadır.

Amaçların ağırlıklarını tahmin etmenin zorluğunu ortadan kaldırmamanın bir yolu, $\underline{w}$ 'yi değiştirerek baskın olunmayan bir çözüm kümesini oluşturmak için parametrik yöntemi kullanmaktır. Bu kümeden karar verici tercih edilen çözümü seçer. Parametrik model ile elde edilen baskın olunmayan çözüm kümesi Tablo 4.6'da verilmektedir. Bütün çözümler, Şekil 4.10'daki BC parçası üzerindedir.

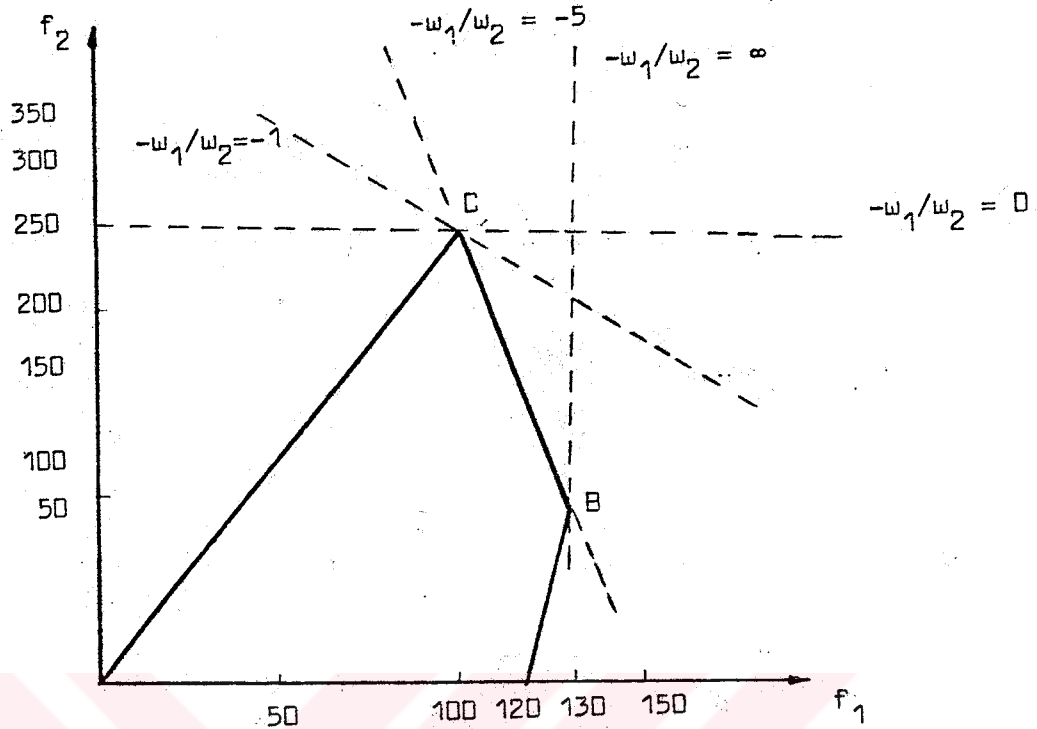
Tablo 4.6 : Örnek İçin Baskın Olunmayan Çözümler Kümesi

w_1	w_2	$-w_1/w_2$	x_1	x_2	f_1	f_2	$\underline{f}$ 'nin yeri*
0,0	1,0	0,0	250	0	100	250	C
0,2	0,8	-0,25	250	0	100	250	C
0,4	0,6	-0,67	250	0	100	250	C
0,6	0,4	-1,5	250	0	100	250	C
0,8	0,2	-4,0	250	0	100	250	C
0,833	0,167	-5,0	-	-	-	-	BC Parçası
1,0	0,0	∞	100	300	130	100	B

* Şekil 4.10'daki bölgeler

(4.18)'deki toplamsal olarak ayrılabilir fayda fonksiyonu, fayda fonksiyonları arasında en basitidir. Bununla birlikte, örneğin gösterdiği gibi, çözümler karar vericinin her amacın göreceli önemini subjektif tahminini ister istemez yansıtmamaktadır [47].

Yöneticinin amaçları kârı maksimum yapmak ve bir A malında mümkün olduğu kadar çok üreterek en iyi müşteri ile ilişkiyi ilerletmektir. Bu durumda, yöneticinin ayrıntılı tercihi, iki ölçüt ile temsil edilebilir: "Kâr Y" ve "A malından üretim miktarı Z" olsun. Çok ölçütlü fayda fonksiyonu $U(y,z)$, yöneticinin tercihini ölçmek için ortaya konur. Yöneticinin tercihinin oluşturmada önce Y'nin 130 \$'ı aşamayacağına ve Z'nin de 250 adeti aşamayacağına dikkat ediniz. Bu



Şekil 4.10 : Örneğin Baskın Olunmayan Çözüm Kümesi

değerler $\max_{x \in X} Y = \max_{x \in X} f_1(x)$ ve $\max_{x \in X} Z = \max_{x \in X} f_2(x)$ 'ı optimum yaparak elde edilir. Böylece sonuç uzayı, $\{(y,z) \mid 0 \leq y \leq 130, 0 \leq z \leq 250\}$ ile sınırlanır.

Y'nin Z'den faydaca bağımsız olup olmadığını kontrol etmek gerekir. $U(y,z)$ verildiğinde, eğer karar vericinin Z'deki sabit bir z_0 için Y'de herhangi bir oyun üzerindeki tercihi, z_0 'ın miktarına bağlı olmaksızın aynı kalıyorsa Y,Z'den faydaca bağımsızdır. Böylece, eğer Z, bütün mümkün sonuçlar için aynıysa, karar vericinin bu sonuçları kapsayan oyunlar için yaptığı göreceli tercihler sadece Y'ye bağlıdır. Prosesi basitleştirmek için, Y'nin Z'den faydaca bağımsız olduğu varsayılır. Örneğin, yöneticinin oyunu $[(130,0):(0,0)] \sim (55,0)$, aynı zamanda $[(130,100):(0,100)] \sim (55,100)$ 'ün aynısıdır. $[P:Q]$ notasyonu, eşit olasılık ile ya P ya da Q'yu hasıl eden bir oyun demektir. Aynı zamanda Z'nin Y'den faydaca bağımsız olduğu varsayılır. Böylece ölçütler, karşılıklı olarak faydaca bağımsızdırlar. Eğer Y ve Z karşılıklı bağımsız iseler;

$$U(y,z) = U(y,z_0) + U(y_0,z) + k \cdot U(y,z_0) \cdot U(y_0,z) \text{ 'dir.}$$

k, aşağıdaki ifade ile deneysel olarak değerlendirilen bir sabittir:

$$k = \frac{U(y_1,z_1) - U(y_1,z_0) - U(y_0,z_1)}{U(y_1,z_0) \cdot U(y_0,z_1)}$$

Burada bütün indisler y ve z'nin spesifik bir değerini göstermektedirler.

Bundan sonraki adım, (y,o) için şarta bağlı bir fayda fonksiyonunun kurulmasıdır. Karar vericinin tercihinin Y'de monoton olarak artan olduğu açıktır. Öncelikle, [(130,0):(0,0)] oyununun (55,0)'a eşdeğer olduğu gösterilir. Aynı şekilde, [(55,0):(0,0)], (25,0)'a ve [(130,0):(55,0)]'da (90,0)'a eşdeğerdir. Böylece, $U_1(y,o)$ ile gösterilecek (y,o) için şarta bağlı fayda fonksiyonu riske karşı olmaktadır ($U_1(.)$ konkavdır.) [46].

$U_1(y,o)$ 'ın ölçü birimi ve orijini keyfi olarak belirlenebilir:

$$U_1(0,0) = 0 \quad \text{ve} \quad U_1(130,0) = 1 \quad (4.19)$$

Basitlik sağlamak için, Şekil 4.11.a'da görülen bilgilere uydurmak üzere $a \cdot (1 - e^{-by})$ formunda bir fayda fonksiyonu kullanılır. Spesifik değerlerin faydası aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$U_1(55,0) = 1/2 U_1(130,0) + 1/2 U_1(0,0) = 0,5$$

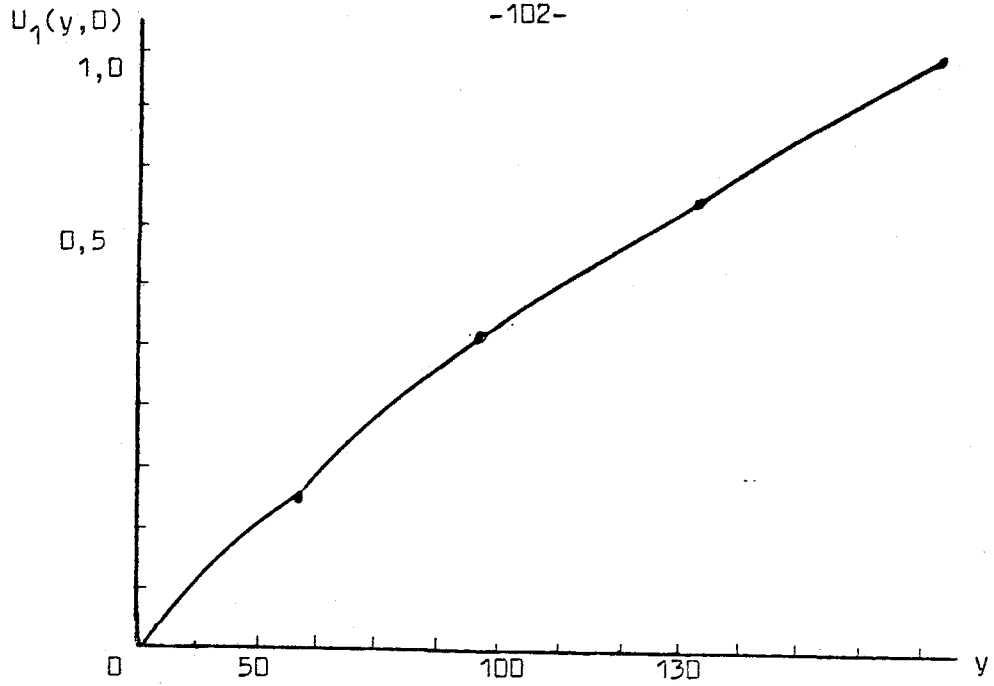
$$U_1(25,0) = 1/2 U_1(55,0) + 1/2 U_1(0,0) = 0,25$$

$$U_1(90,0) = 1/2 U_1(130,0) + 1/2 U_1(55,0) = 0,75$$

Eğrileri uydurarak sonuçta bulunan fayda fonksiyonu:

$$U_1(y,0) = 2,1545 \cdot (1 - e^{-0,0048 \cdot y}) \quad (4.20)$$

Fayda fonksiyonu, monoton olarak artan ve riske karşıdır.



Şekil 4.11.a : Kâr İçin Şarta Bağlı Fayda Fonksiyonu

Benzel şekilde, Z için şarta bağlı fayda fonksiyonu $U_2(0, z)$ 'yi oluşturmakta, $[(0, 250):(0, 0)]$, yönetici tarafından $(0, 75)$ 'e eşdeğer olarak verilir. $[(0, 75):(0, 0)]$, $(0, 35)$ 'e eşdeğerdir ve $[(0, 250):(0, 75)]$, $(0, 135)$ 'e, $[(0, 250):(0, 75)]$ 'de $(0, 135)$ 'e eşdeğerdir.

Böylece hesaplama yaparak:

$$U_2(0, 0) = 0 \quad \text{ve} \quad U_2(0, 250) = 1 \quad (4.21)$$

bulunur.

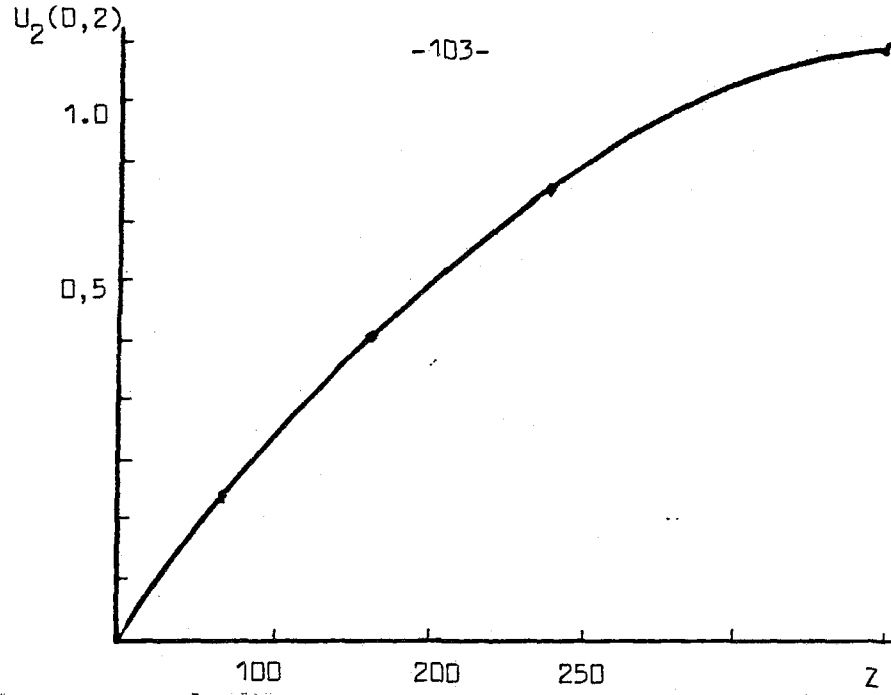
Bilgiler Şekil 4.11.b'de gösterildiği gibi çizilebilir. Tekrar eğrileri uydurarak, bu fayda fonksiyonu:

$$U_2(0, z) = 1,1982(1 - e^{-0,0072z}) \quad (4.22)$$

olur.

Diğer adım, $U_1(y, 0)$ ve $U_2(0, z)$ 'nin birbirine uygun hesaplanmasıdır. $(100, 0)$ ın $(0, 250)$ 'ye eşdeğer olduğu belirlenir. Şimdi, $U(y, z)$ ile gösterilecek (y, z) için fayda fonksiyonunu hesaplamak mümkündür. İlk önce:

$$U(0, 0) = 0 \quad (4.23)$$



Şekil 4.11.b : A Malının Üretimi İçin Şarta Bağlı Fayda Fonksiyonu

ve

$$U(130,250) = 1 \quad (4.24)$$

ve a_1 ve a_2 tanımlanır:

$$U(130,0) = a_1 \quad (4.25)$$

ve

$$U(0,250) = a_2 \quad (4.26)$$

(4.19), (4.22) ve (4.24) eşitliklerinden

$$U(y,0) = a_1 \cdot U_1(y,0) \quad (4.27)$$

Aynı şekilde, (4.21), (4.23) ve (4.26) eşitliklerinden

$$U(0,z) = a_2 \cdot U_2(0,z) \quad (4.28)$$

yazılır. Aynı zamanda $U(100,0) = U(0,250)$ olduğundan veya (4.19), (4.27) ve (4.28) eşitliklerinden çıkarım yaparak:

$$a_1 \cdot U_1(100,0) = a_2 \cdot U_2(0,250) = a_2 \cdot 1 = a_2 \quad (4.29)$$

bulunur. (4.20) eşitliğini kullanarak,

$$U_1(100,0) = 2,1545(1 - e^{-0,0048 \cdot 100}) = 0,8213 \text{ bulunur.}$$

(4.29) eşitliğinden:

$$a_2 = 0,8213 \cdot a_1 \quad (4.30)$$

yazılır.

Y ve Z arasındaki karşılıklı fayda bağımsızlıktan dolayı,

$$U(y,z) = U(y,0) + U(0,z) \quad (4.31)$$

$$+ \left\{ \frac{U(130,250) - U(130,0) - U(0,250)}{U(130,0) \cdot U(0,250)} \right\} \cdot U(y,0) \cdot U(0,z)$$

$$= a_1 \cdot U_1(y,0) + a_2 \cdot U_2(0,z)$$

$$+ \left\{ \frac{1 - a_1 - a_2}{a_1 \cdot a_2} \right\} \cdot a_1 \cdot U_1(y,0) \cdot a_2 \cdot U_2(0,z)$$

$$= 2,1545 \cdot a_1 (1 - e^{-0,0048y}) + 1,1982 \cdot a_2 (1 - e^{-0,0072z})$$

$$+ 2,1545 \cdot 1,1982 (1 - a_1 - a_2) (1 - e^{-0,0048y}) (1 - e^{-0,0072z})$$

(4.31) eşitliğinde $U(y,z)$ 'yi tamamen spesifik hale getirmek için ihtiyaç duyulan tek parametre, a_1 'dir. a_1 'i hesaplamak için, karar vericinin $[(130,250):(0,0)]$ ve $(80,150)$ arasında fark olmadığını düşündüğü görülür. 0 zaman (4.23) ve (4.24) eşitliklerini kullanarak:

$$U(80,150) = 1/1 \cdot U(130,250) + 1/2 \cdot U(0,0) = 0,5 \quad (4.32)$$

yazılır. (4.31) eşitliği şimdi $(80,150)$ ile değerlendirilebilir. a_1 'i bulmak için 0,5'e eşitlenir.

$$a_1 = -0,1257 \quad (4.33)$$

(4.30) ve (4.31) eşitliklerinden (4.33)'ü kullanarak istenen fayda fonksiyonu elde edilir:

$$U(y,z) = -0,2708 (1 - e^{-0,0048y}) - 0,1237 (1 - e^{-0,0072z})$$

$$+ 3,1725 (1 - e^{-0,0048y}) (1 - e^{-0,0072z}) \quad (4.34)$$

Elde edilen (4.34) fayda fonksiyonunun, gerekli uyum için tatmin edici olduğu varsayılır.

Ölçütler ve onların birleştirilmiş karar değişkenleri arasındaki ilişki biliniyordu:

$$y = f_1(\underline{x}) = 0,4x_1 + 0,3x_2$$

$$z = f_2(\underline{x}) = x_1$$

(4.34) eşitliğinde bu ilişkileri yerine koyarak:

$$\begin{aligned} U(f_1, f_2) = & -0,2708[1 - e^{-0,0048(0,4x_1 + 0,3x_2)}] \\ & - 0,1237[1 - e^{-0,0072x_1}] \\ & + 3,1725[1 - e^{-0,0048(0,4x_1 + 0,3x_2)}][1 - e^{-0,0072x_1}] \end{aligned} \quad (4.35)$$

Fayda fonksiyonunu kurduktan sonra, problem aşağıdaki forma dönüşür:

(4.16) formatında:

$$\text{maks } U(f_1, f_2)$$

$$x_1 + x_2 \leq 400$$

$$2x_1 + x_2 \leq 500$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

Bu, bir nonlinear programlama problemidir. Çünkü (4.35) ile verilen $U(f_1, f_2)$ nonlinear bir fonksiyondur.

Problemi çözmek için SUMT (Sıralı kısıtsız minimizasyon tekniği) kullanılmıştır.

Çözüm :

$$U(f_1, f_2) = 0,8004$$

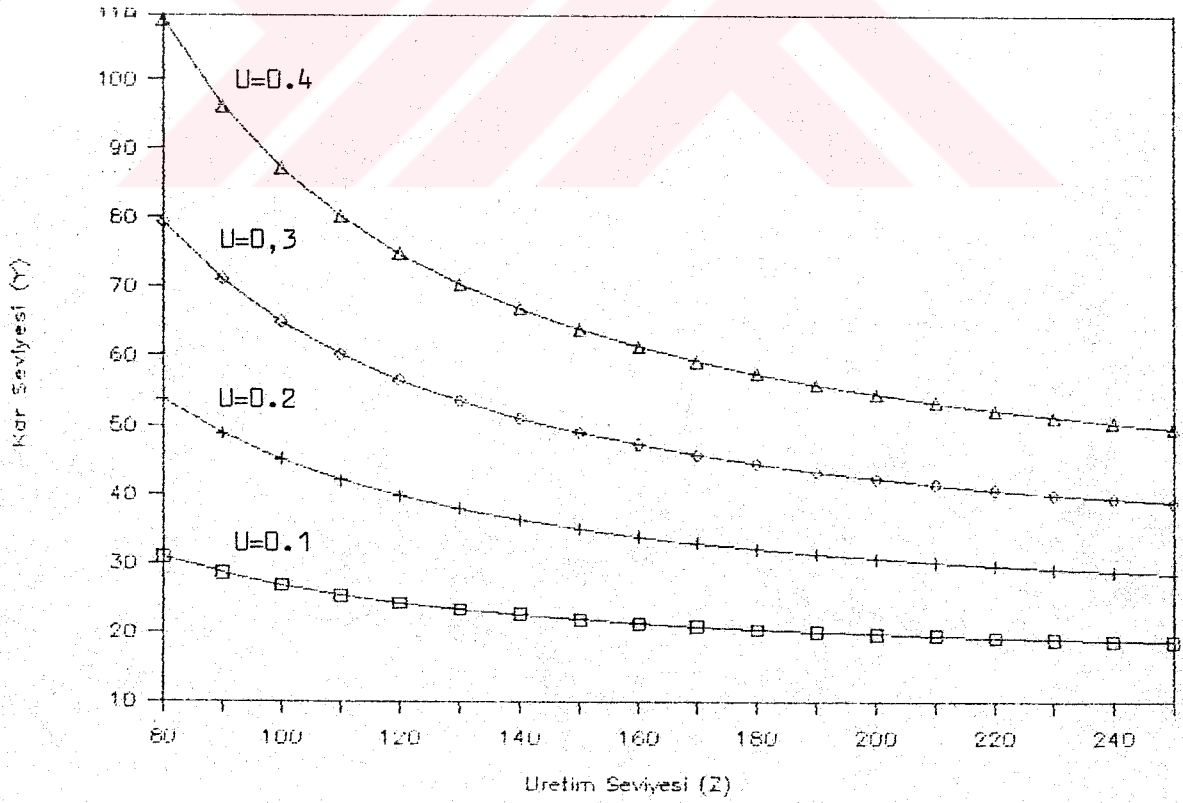
$$\underline{x} = (223, 53)$$

$$\underline{f} = (105, 223)$$

Çözümün Şekil 4.10'daki BC parçasında baskın olunmayan çözümlerden biri olduğuna dikkat edilmelidir.

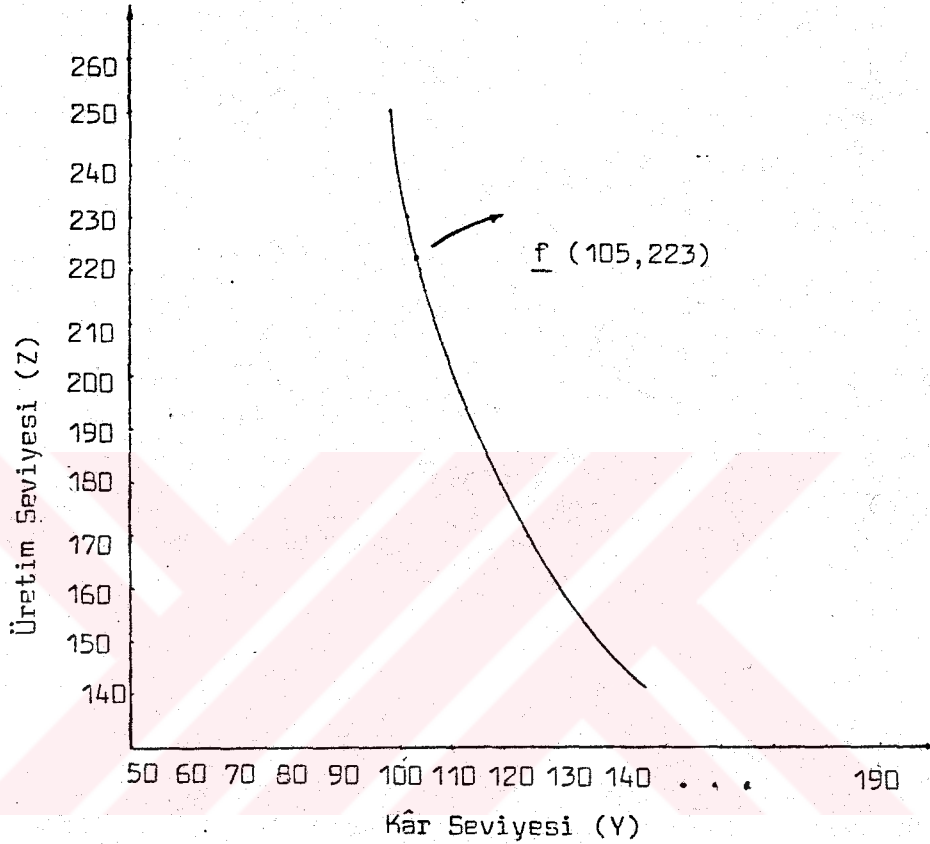
Yukarıda elde edilen fayda fonksiyonundan hareketle belirli fayda değerleri için kâr ve üretim seviyelerinin ödünleşmelerini içeren grafikler çizdirildi (Şekil 4.12). Örneğin, bu grafiklerden $U=0,4$ faydasını veren çeşitli y ve z kombinasyonları okunabilir:

<u>Y Değeri</u>	<u>z Değeri</u>	<u>U Değeri</u>
63,87001	150	0,4
61,37447	160	0,4
59,24646	170	0,4
57,41471	180	0,4
55,82514	190	0,4
54,43606	200	0,4



Şekil 4.12 : Aynı Faydayı Veren y ve z Ödünleşmeleri

$U = 0,8004$ faydasını veren, y ve z ödünleşmelerini gösteren noktalar ise Şekil 4.13'de gösterilmektedir. Buradaki $f(105,223)$ noktası Şekil 4.10'daki BC parçası üzerinde yer almaktadır.



Şekil 4.13 : $U=0,8004$ Faydasını Veren x - y Ödünleşmeleri

Burada çok ölçütlü fayda modelleri ile yatırım projelerinin nasıl değerlendirileceği örneklerle anlatıldı. Probabilistik çok ölçütlü karar verme yöntemleri arasında yer alan fayda modellerinden sonra, şimdi deterministik çok ölçütlü karar verme yöntemlerinden ELECTRE yöntemi anlatılacaktır.

4.7. "ELECTRE" Yöntemi

"ELECTRE" kelimesi Fransızca, "Elimination et Choix Trodusant la Realite" ifadesinden kısaltılmıştır [20].

Bu yöntemde her bir ölçüt için bir verimlilik bir de önem ölçüsü tesbit edilir. Verimlilik ölçüsü esas alınarak her bir seçeneğin verimliliği hesaplanır. Diğer bir deyimle tayin edilen verimlilik ölçüleri üzerinden her bir seçeneğe not verilir. Bu notlar, verimlilik ölçüleri ve önem ölçüleri birlikte gözönüne alınıp daha sonra anlatılacak yol izlenerek seçeneklerde gözönüne alınan ölçütlere göre daha uygun olanı seçilir. Bu arada çizge kuramından faydalanılır.

Yukarıda bahsedilen verimliliğin tanımı şu şekilde yapılabilir: Bir seçeneğin, belirli bir ölçüt ve bunun verimlilik ölçüsü dikkate alınarak hesaplanan değerine verimlilik denmektedir [48], [49].

Verimlilik ölçüsü ise şu şekilde açıklanabilir: Karar vericinin saptayacağı ölçütlere göre, her bir seçenek değerlendirilerek uygun olanlar seçilir. Burada önemli olan, değerlendirmede hangi esasların gözönüne alınacağıdır. Örneğin, i seçeneğinin j ölçütüne göre değerlendirilmesinde, belirli bir referans değerine göre, i seçeneğine bir not verilecektir. Bu, i seçeneğinin j ölçütü açısından verimliliğidir [48].

Önem ölçüsü, ağırlık olarak da isimlendirilebilir. Ölçütlerin, karar verici açısından önem (öncelik) dereceleri aynı değildir. Kararda ölçütlerin önemleri oranında etkinliğe kavuşturulmaları gerekmektedir. Ölçütlerin tümü aynı anda ve tam olarak gerçekleşmeyeceğine göre, en çok istenenden başlanarak her ölçüte bir önem derecesi verilecektir. İşte, ölçütlerin karşılıklı önem derecelerini belirleyen sayısal değerleri, ölçütlerin önem ölçütlerini, diğer bir deyimle ağırlıklarını vermektedir. Ölçütlerin önem dereceleri, geçmişteki deneylerden ve kişisel yargılardan yararlanarak, karar verici durumunda olan kişi veya kişilerce saptanır [20].

Verimlilik ölçüsü ile önem ölçüsü kavramlarının fonksiyonu ise etkinlik kavramını oluşturur. Bir seçeneğin her bir ölçüt açısından verimlilikleriyle, ilgili ölçütlerin önem ölçüleri belirli bir disiplin içinde birleştirilmelidir. Buradan hareketle, seçenekler kümesinde i seçeneğinin j ölçütüne göre verimliliği $v_{j,i}$; j ölçütünün önem ölçüsü $\bar{o}_j$ olursa, $(v_{j,i}, \bar{o}_j)$ birleşimi i seçeneğinin j ölçütü açısından etkinliği biçiminde tanımlanır.

En genel halde, j. ölçüt için verimlilik ölçüsü $\bar{v}_j^V$ ile gösterilmektedir. Burada $\bar{v}_j^V$,

$$\bar{v}_j^V = (\text{çok kötü, kötü, orta, iyi, çok iyi})$$

biçimde ifade edilirse, her değer kavramına bir sayı tekabül ettirilerek;

$$\bar{v}_j^V = (-2, -1, 0, 1, 2)$$

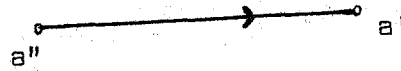
yazılabilir. Böylece, $\bar{v}_j^V$ ölçeği açısından çeşitli seçeneklere verilen notlar $v_{j,i}$ ($j=1, \dots, m$) çizge tanımıyla U^a seçenek kümesi üzerinde,

$$\zeta_j = (U^a, U_j^y)$$

biçiminde gösterilebilir. Burada U_j sembolü, j. ölçütün yaylar (ilişkiler) kümesini; U^a sembolü, düğümler (seçenekler) kümesini göstermektedir. U^a kümesinin herhangi iki elemanı a'' ve a' ele alındığında, a'' seçeneği, j. ölçüte göre en azından a' kadar iyi ise, ikili ilişki sözkonusu kurama göre;

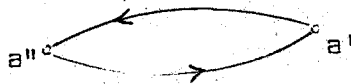
$$(a', a'') \in U_j^y \leftrightarrow v_{j,a''} \geq v_{j,a'} \quad (4.36)$$

biçiminde yazılır ve;



çizgesi ile gösterilir.

Burada a'' ve a' uçlarıyla düğümler, iki ucu birleştiren çizgi ile de yay gösterilmektedir. Okun yönü daha yüksek not verilene doğrudur. Birbirlerine üstünlükleri bulunmayan ve aynı notu alan iki seçenek aşağıdaki gibi, ters yönde giden iki ayrı okla gösterilir.



Böylece, çizgeler yardımıyla seçeneklerin belli bir ölçüte göre ikili üstünlük ilişkileri saptanmış olur. Her ölçüt için saptanan ikili ilişkilerin oluşturdukları bütün çerçevesindeki düzeni aşağıda gösterilmiştir:

Tablo 4.7 : Genel Değerlendirme Tablosu

i	j	Seçenekler					Verimlilik	Önem		
		1	.....	a	.....	a'	.....	n	Ölçüsü	Ölçüsü
							(Ölçek) $\bar{O}_j^V$	(Ağırlık) $\bar{O}_j$		
1		$V_{1,1}$	...	$V_{1,a}$	...	$V_{1,a'}$	...	$V_{1,n}$	$\bar{O}_1^V$	$\bar{O}_1$
:		:		:		:		:	:	:
j		$V_{j,1}$	...	$V_{j,a}$	...	$V_{j,a'}$	...	$V_{j,n}$	$\bar{O}_j^V$	$\bar{O}_j$
:		:		:		:		:	:	:
m		$V_{m,1}$	...	$V_{m,a}$	...	$V_{m,a'}$	...	$V_{m,n}$	$\bar{O}_m^V$	$\bar{O}_m$

Değerlendirme tablosu hazırlamadan amaç, olası seçenekleri çeşitli ölçütlere göre, bu ölçütlerin önem ölçülerini de gözönünde tutarak değerlendirmektir. Bu çerçevede, her ölçütün verimlilik ve önem ölçüleri saptanarak, bu tabloya yerleştirilmektedir. Burada kullanılan yöntemin üstünlüğü, ölçüt verimlilik ölçülerinin aynı cinsten olması zorunluluğunun bulunmaması ve her ölçütün önem ölçüsüne göre verimlilik ölçüsünün saptanabilmesindedir. Bununla ilgili bir örnek Tablo 4.8' de verilmiştir. Böylece saptanacak ölçütlere, ölçütlerin önem ve verimlilik ölçülerine göre, belirli bir sektör için değerlendirme tablosu, örneğin Tablo 4.9'de görüldüğü gibi hazırlanabilmektedir.

Tablo 4.8 : Önem Ölçülerine Göre Verimlilik Ölçülerinin ve Verimliliklerin Saptanması

Önem Ölçüsü	Verimlilik Ölçüsü	Verimlilikler				
		Çok	Kötü	Kötü	Orta	İyi
4	20	0	5	10	15	20
2	16	0	4	8	12	16
3	12	0	3	6	9	14
1	8	0	2	4	6	8

Değerlendirme tablosundaki değerlerden hareket ederek uygun seçeneğin saptanması amacıyla uyum ve uyumsuzluk göstergeleri tanımlanmıştır.

4.7.2. Uyum Göstergesi

$a'', a' \in U^a$ olduğuna göre, (a'', a') çifti, ölçütlerin iki ayrı kümede toplanması olanağını verir. Diğer bir deyimle, a' en azından a'' kadar iyidir varsayımı, ölçütleri iki ayrı kümede toplama olanağını sağlar. Bu ayrı kümelerden biri $F(a'', a')$ elemanlarınca gerçekleştiren ilişkiyle uyumlu bulunan ölçütleri içerir. Böylece küme;

$$F(a'', a') = \{j / (a'', a') \in U_j^y\} \quad (4.40)$$

biçiminde gösterilebilir. Böyle bir ilişkiyle uyumsuzluk içinde olan diğer ölçütler ise;

$$\bar{F}(a'', a') = \{j / (a'', a') \notin U_j^y\} \quad (4.41)$$

kümesini oluştururlar. Bu tanımlardan hareketle ölçütlerin ağırlıklarının da hesaba katıldığı bir uyum göstergesi aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$f(a'', a') = \frac{1}{\bar{O}} \sum_{j \in F(a'', a')} \bar{O}_j ; \bar{O} = \sum_{j=1}^m \bar{O}_j \quad (4.42)$$

Bu uyum göstergesinin üç özelliği vardır:

- $F(a'', a')$ kümesi, elemanlarının artması sonucu büyüdükçe değeri, sıfırdan bire doğru artarak değişir.
- Bu değer, yalnız $(a'', a') \in U_O^y$ olması halinde bire ulaşır (tam uyum hali)
- Çelişkisizdir (varsayımı gerçekliyen j ölçütü yerine j 'nin alt ölçütleri alınması halinde hiçbir zaman çelişki doğmaz.)

Tablo 4.9 : Dört Ölçüt, Dört Seçenek İçin Değerlendirme Tablosu

Seçenekler i Ölçütler j	Verimlilikler				Verimlilik Ölçütü	Önem Ölçüleri
	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	$\bar{v}_j$	$\bar{o}_j$
1	20	7	10	12	20	4
2	4	9	16	10	16	2
3	14	12	9	5	12	3
4	0	5	8	2	8	1

4.7.3. Uyumsuzluk Göstergesi

(a'', a') için geçerli olan bir ilişkiyle uyumsuz olan ölçütleri dikkate almamak olanaksızdır. Gerçekten, uyum göstergesi bire çok yakın olsa dahi, $\bar{o}_j, j \in F(a'', a')$ ölçütleri ve $V_{j, a''}, V_{j, a'}$ noktalarının durumunda gözönüne alınmalıdır. Çünkü $V_{j, a''} > V_{j, a'}$ gerçekleşirse, bu değerler, not ölçeğinin iki ucunda bulunabileceği gibi birbirlerine çok yakın da olabilirler. O halde $(V_{j, a''}, V_{j, a'}) \in F(a'', a')$ çiftlerine dayalı uyumsuzluğun büyüklük veya küçüklüğünü belirlemek için, $\bar{o}_j^V$ ölçeğinde alınan bir not çiftinin, $\bar{o}_j^V$ ölçeğinde alınan bir başka not çifti ile karşılaştırılmasını sağlayan bir ilişkinin aranması halinde, aşağıdaki uyumsuzluk göstergesi kurulur.

$$f(a'', a') = \begin{cases} 0 & \text{eğer } F(a'', a') = \emptyset \\ \frac{1}{\bar{o}^V} \max_j |V_{j, a'} - V_{j, a''}| & \text{eğer } F(a'', a') \neq \emptyset \end{cases} \quad (4.43)$$

Burada $\bar{o}^V$, ölçütler için saptanan verimlilik ölçüsünden en büyüğünü, $\emptyset$ sözkonusu elemanlar matrisinin bulunmadığını gösteren ve çizge kuramında "boş cümle" olarak bilinen bir semboldür. Uyumsuzluk göstergesi de öncekine benzer özellikler taşır:

- $F(a'', a')$ kümesi küçüldükçe sıfırdan bire doğru azalarak değişir.

- Bu değer, yalnız $(a'', a') \in U_{\emptyset}^Y$ olması halinde sıfıra ulaşır (tam uyum hali)
- Çelişkisizdir (varsayımı gerçekleyen j ölçütü yerine j 'nin ait ölçütleri alınması halinde hiçbir ilişkiye yol açmaz.)

4.7.4. Uyum Matrisinin Oluşturulması

$(a'', a') \in U^a$ çerçevesinde " a' , en azından a'' kadar iyidir" varsayımını gerçekleştiren, diğer bir deyimle (a'', a') ikili ilişkisiyle uyumlu ölçütler

$$F(a'', a') = (j / (a'', a') \in U_j^Y) \quad (4.44)$$

biçiminde belirtilen bir kümede, uyumsuz ölçütler ise

$$\bar{F}(a'', a') = (j / (a'', a') \in U_j^Y) \quad (4.45)$$

biçiminde belirtilen ayrı bir kümede toplanabilecektir. Her ölçütün önem derecesi oranında gözönüne alınmasıyla uyum göstergesi

$$f(a'', a') = \frac{1}{\bar{O}} \sum_{j \in F(a'', a')} \bar{O}_j$$

biçiminde yazılmalıdır. Bu göstergeye göre seçeneklerin tüm ikili ilişkileri hesaplanarak ve Tablo 4.9'dan yararlanarak uyum matrisi $(F(a'', a'))$ bulunmuştur.

	a_1	a_2	a_3	a_4	
	0	0,3	0,3	0,3	a_1
	0,7	0	0,7	0,6	a_2
	0,7	0,3	0	0,4	a_3
	0,7	0,4	0,6	0	a_4
$F(a'', a') =$					

Örneğin, uyum matrisi elemanlarından $F(2,1)$ elemanı (1.seçenek en az 2.seçenek kadar iyidir) aşağıdaki gibi bulunmuştur.

$$\begin{aligned}
 f(a_2, a_1) &= \frac{1}{\bar{\theta}} (\bar{\theta}_1 + \bar{\theta}_2 + \bar{\theta}_3 + \bar{\theta}_4) \\
 &= \frac{1}{10} (4+3) \\
 &= 0,7
 \end{aligned}$$

4.7.5. Uyumsuzluk Matrisinin Oluşturulması

Seçeneklerin ikili üstünlük ilişkilerini incelerken yapılan varsayımı gerçekleştiren ölçütler olduğu gibi, gerçekleştirmeyenler de bulunmaktadır. Bunların da bilinmesi, gerçekleştirenlerin bilinmesi kadar önemlidir. Varsayımla uyumsuz olan ölçütlerin verimlilikleri ikili ilişkiler biçiminde incelenirken en büyük uyumsuzluğu gösteren ilişki aranır. Uyumsuzluk göstergesi,

$$f(a'', a') = \begin{cases} 0 & \text{eğer } \nabla(a'', a') = \emptyset \\ \frac{1}{\bar{\theta}^V} \max_{j \in \nabla(a'', a')} |v_{j, a'} - v_{j, a''}| & \text{eğer } \nabla(a'', a') \neq \emptyset \end{cases}$$

biçiminde yazılır. Burada $\bar{\theta}^V$, en büyük verimlilik ölçüsüdür. Yukarıdaki ifadeye göre hesaplanan uyumsuzluk matrisi ($\nabla(a'', a')$):

$$\nabla(a'', a') = \begin{matrix} & \begin{matrix} a_1 & a_2 & a_3 & a_4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0 & 13/20 & 10/20 & 9/20 \\ 5/20 & 0 & 3/20 & 7/20 \\ 12/20 & 7/20 & 0 & 6/20 \\ 6/20 & 5/20 & 2/20 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

bulunur. Uyumsuzluk matrisinin elemanlarından örneğin $\nabla(3, 1)$, aşağıdaki biçimde hesaplanmıştır.

" a_1 seçeneği, en azından a_3 seçeneği kadar iyidir" varsayımını gerçekleştirmeyen ölçütler (Tablo 4.9'dan görüleceği gibi) ikinci ve

dördüncü ölçütlerdir. Uyumsuz olan bu ölçütlere göre a_1 , a_3 seçeneklerinin verimlilikleri dikkate alınarak, formülden uyumsuzluk göstergesi;

$$\begin{aligned} f(a_3, a_1) &= \frac{1}{\bar{v}} \text{Max } \{|a_{2,1} - a_{2,3}|, |a_{4,1} - a_{4,3}|\} \\ &= 1/20 \text{Max } [12, 8] = 12/20 = 0,6 \end{aligned}$$

bulunur. Böylece belirlenen uyum ve uyumsuzluk matrisleri birlikte ele alınarak sözkonusu seçeneklerin uygunları saptanır.

4.7.6. Uygun Seçeneklerin Belirlenmesi

Uyum ve uyumsuzluk matrisleri belirlendikten ve her iki matrisin elemanları belirli bir yöntemle denetlendikten sonra uygun olmayan seçenekler elenmektedir. Örneklerden de anlaşılacağı gibi, bir seçeneğin tüm ölçütler açısından diğer seçeneklerle olan ikili ilişkilerinde, bunlardan herhangi birine göre tam olarak daha iyi olması beklenemez. Beklenmeyen gerçekleştirilmesi halinde ikili ilişkiye ait uyum göstergesinin bir, uyumsuzluk göstergesinin sıfır olması gerekir. Bu durum tam uyum halidir [29].

Gerçekte böyle özel (ekstrem) durumlar pek sözkonusu olmamakta ve bir seçenek diğer bir seçenektan ancak bazı ölçütler açısından daha iyi bir durumda bulunmaktadır. Bazı ölçütler açısından ise, bu varsayımın aksi gerçekleşmektedir. Bu durumda, uyum göstergesi $f(a'', a') < 1$, uyumsuzluk göstergesi $f(a'', a') > 0$ dır.

Saptanan bu göstergeleri kullanabilmek için ilke olarak 1'e yakın bir referans değer ile sıfıra yakın diğer bir referans değeri seçmek ve bu baz değerlere göre uygun seçeneği belirlemek gerekmektedir. Bu referans değerlere, $f(a'', a')$ için ρ ; $f(a'', a')$ için μ olmak üzere sırasıyle "uyum ve uyumsuzluk baz değerleri" adı verilmektedir. m adet ölçüt ve ρ, μ bazı değerleri gözönünde tutulursa, seçenek a' nün a'' den daha iyi olması için, (a'', a') ikili ilişkisinin aşağıdaki özellikleri gerçekleştirmesi gerekmektedir [46] :

- $f(a'', a')$, uyum göstergesi en azından uyum baz değerine eşit olmalıdır. Diğer bir deyimle, $f(a'', a') \geq \rho$ olmalıdır.
- $f(a'', a')$ uyumsuzluk göstergesi en fazla μ uyumsuzluk baz değerine eşit olmalıdır. Diğer bir deyimle $f(a'', a') \leq \mu$ olmalıdır. Böyle tanımlanan ilişkiler bir $\zeta(\rho, \mu)$ çizelgesiyle;

$$\zeta(\rho, \mu) = (U^a, U^y(\rho, \mu)) \quad (4.46)$$

gösterilebilir. Burada;

$$(a'', a') \in U^y(\rho, \mu) \leftrightarrow \begin{aligned} f(a'', a') &\geq \rho \\ f(a'', a') &\leq \mu \end{aligned}$$

olmaktadır. Bu özellikteki bir çizgede, üç önemli husus belirtilmektedir. Eğer;

- $\rho \leq \rho'$ ve $\mu \geq \mu'$ ise $\zeta(\rho, \mu)$ çizgesi $\zeta(\rho', \mu')$ yü alt çizge olarak içerir.
- ρ ve μ ne olursa olsun $\zeta(1, \mu) = \zeta(\rho, 0) = \zeta_0$ ve ζ_0 çizgesi $\zeta(\rho, \mu)$ nün alt çizgesidir.
- $\rho < 1$ ve $\mu > 0$ olduğu andan itibaren $\zeta(\rho, \mu)$ sürekli değişir.

Özet olarak, bu yöntemde ancak aşağıdakilerin gerçekleşmesi halinde a'' seçeneği a' seçeneğini geçebilir.

- a'' seçeneğinin en azından a' kadar iyi olabilmesi, ölçütler arasında yeterli bir çoğunluk (ρ eşiği) gerekmektedir.
- Bu çoğunlukla uyumsuz ölçütlerin hiçbirisi, a' nün a'' ye göre çok kuvvetli bir üstünlüğünü (μ eşiği) ortaya koymamalıdır.

Karar vericinin takdir edeceği (uygun) ρ, μ çiftleri için çizilen $\zeta(\rho, \mu)$ çizgelerinde hiçbir okun gitmediği düğüm veya düğümler uygun seçenekleri belirlemektedirler. Bunlar, açıklanan yöntemde, çekirdek adını almaktadırlar [20].

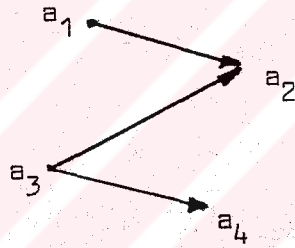
Yukarıdaki örnek, $\rho=0,60$; $\mu=0,25$ baz değerleri için uygulanırsa, uyum ve uyumsuzluk matrislerin bu baz değerlere göre değerlendirilmesi sonunda aşağıdaki sonuç matrisi bulunur.

$$R(0,60;0,25) = \begin{matrix} & a_1 & a_2 & a_3 & a_4 \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} & a_1 \\ & a_2 \\ & a_3 \\ & a_4 \end{matrix}$$

Matris teşkil edilirken $\rho = 0,60$, $\mu = 0,25$ değerlerini gerçekleştirenler için 1, gerçekleştirilmeyenler için sıfır kullanılırsa, bunun sonuç matrisi

$$\zeta(0,60 ; 0,25) = (U^a, U^y (0,60; 0,25))$$

çizgesi ile Şekil 4.14'deki gibi gösterilir.



Şekil 4.14 : $\zeta(0,60; 0,25)$ Çizgesi

Şekil 4.14'den görüleceği gibi hiçbir okun ulaşmadığı a_1 ve a_3 seçenekleri diğerlerinden, bu baz değerlerine göre daha iyi durumdadırlar.

BÖLÜM 5. YATIRIM PROJELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN YENİ BİR ÇOK ÖLÇÜTLÜ YAKLAŞIM

Yatırımlara ait kesin kararlar gerektiren projeler için en iyi seçeneğin seçimi, belirlilik, risk ve belirsizlik koşullarına dayandırılabilir.

Gerçek sonuçların bilindiği fakat, sonuçların olasılıklarının bilinmediği problemler belirsizlik problemleri olarak sınıflandırılırlar. Dikkat edilmelidir ki sonuçların olasılıkları bilinmediğinde, değişkenlerin olasılık fonksiyonu da bilinmemektedir.

Bu bölümde değişkenlerin, olasılık fonksiyonunu kurmak için kullanılacak Maksimum Entropi Yöntemi tanıtılacaktır. Bu yöntemde, olasılık dağılımı, sonuçlar hakkındaki bilgiyi yansıtan kısıtlara bağlı entropiyi maksimize ederek elde edilir. Farklı tesadüfi değişkenler için entropi (E) aşağıdaki gibi tarif edilir :

$$E = \sum_{i=1}^n p_i \cdot \ln(p_i) \quad (5.1)$$

p_i = i. sonucun olasılığı

Genelde, p_i 'ler bir olasılık dağılım fonksiyonu teşkil ederler. Aşağıdaki kısıtın yerine getirilmesi gerekir:

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad (5.2)$$

Diğer kısıtlar, eğer varsa, değişkenlerin sonucu hakkında sahip olunan bilgiyi kullanarak oluşturulabilir. Değişkenler hakkında daha fazla bilgi elde edilebilirse, olasılık dağılımının tarifi daha iyi yapılabilecektir. Maksimum entropi prensibinin kullanılması, çözümü genellikle güç olan lineer olmayan matematik programlama probleminin

çözümünü gerektirir. Bilinen parametrelerle nihai olasılık fonksiyonlarının ayrıntılı olarak tanımlanması birçok araştırmacı tarafından yapılmaktadır. Örneğin, eğer ortalama ve standart sapmaları kesinlikle biliniyorsa, maksimum entropi dağılımı normaldir.

Değişkenlerin olası değerleri hakkındaki bilgileri temin edebilmek kolay değildir. Çoğu durumlarda farklı değerlerin olasılık sınırlarını elde etmek, dağılımın parametrelerini elde etmekten daha kolaydır. Bu algoritma lineer olmayan matematik programlama tekniklerinin kullanılmasını gerektirmez. Bundan dolayı, kullanılması çok basittir.

5.1. Algoritma

Bir değişkenin farklı sonuçları için olasılık sınırları bilindiği zaman entropiyi maksimize etme problemi, aşağıdaki şekilde formüle edilebilir:

$$\text{Maks } E = \sum_{i=1}^n p_i \ln(p_i) \quad (5.3)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1 \quad (5.4)$$

ve

$$a_i \leq p_i \leq b_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (5.5)$$

Burada a_i ve b_i , p_i olasılığının alt ve üst sınırlarıdır.

Yukarıdaki maksimizasyon problemi için tam bir çözüm, yardımcı bir fonksiyon tanımlayarak elde edilir:

$$\phi(x) = \begin{cases} x \cdot \ln x, & x > 0 \\ 0, & x = 0 \end{cases} \quad (5.6)$$

Çözüm, aşağıda verilen basit, sonlu bir algorithmada elde edilir. Algoritma p_i değerlerini, entropiyi maksimize ederek hesap eder.

Adım I. T kümesini oluşturunuz.

$$T = \{0, a_i, b_i, 1\} \text{ , bütün } i\text{'ler için} \quad (5.7)$$

Adım II. $V(x)$, lineer bir fonksiyon olsun.

$$V(x) = \sum_{i=1}^n V_i(x) \text{ , } x \in [0, 1] \quad (5.8)$$

$$V_i(x) = \begin{cases} a_i & , 0 \leq x \leq a_i \text{ ise} \\ x & , a_i \leq x \leq b_i \text{ ise} \\ b_i & , b_i \leq x \leq 1 \text{ ise} \end{cases} \text{ bütün } i\text{'ler için} \quad (5.9)$$

$V(x)$, T üzerinde, 1 değerini alana kadar değerlendirilecektir.

Adım III. Farzediniz ki, Adım II'nin sonucu şöyledir:

$[t_1, t_2]$ aralığında bazı noktalarda $V(x)=1$ 'dir. Burada t_1 ve t_2 , T'nin iki ardışık elemanlarıdır. Daha sonra aşağıdaki eşitlik β değeri için çözülecektir.

$$V(\beta) = 1 \quad (5.10)$$

β aşağıdaki ifadeyle verilmektedir:

$$\beta = t_1 + (1 - V(t_1))(t_2 - t_1) / (V(t_2) - V(t_1)) \quad (5.11)$$

Adım IV.

Olasılık Dağılımı,

$$p_i = V(\beta) \quad (5.12)$$

yazılarak bulunur.

5.2. Algoritmanın Uygulanması

100.000 \$'lık bir yatırımın ekonomik ömrü 5 yıldır. Beklenen hurda değeri 20.000 \$'dır. Yıllık düzgün nakit akışları belirli değildir. Bununla birlikte aşağıdaki olasılık sınırları bilinmektedir:

Yıllık Net düzgün Nakit Akışı	Olasılık Sınırı
25.000 \$	$0,10 \leq p_1 \leq 0,50$
35.000 \$	$0,50 \leq p_2 \leq 0,80$
45.000 \$	$0,0 \leq p_3 \leq 0,40$

Eğer minimum çekici verim oranı, %15 ise (vergiden önce) net şimdi-
deki değerin(NŞD) ortalama ve varyansını bulunuz.

Çözüm;

Dikkat edilmelidir ki net düzgün yıllık nakit akışları tam be-
lirsiz olarak sınıflanamazlar, çünkü sonuçların gerçekleşme olasılığı
hakkında biraz fikir vardır. Algoritma, net düzgün yıllık nakit akış-
ları için maksimum entropi dağılımını (entropiyi maksimize ederek
olasılık dağılımı) elde etmek için kullanılacaktır.[21].

(i) T kümesi; $T = \{ 0,0 ; 0,10; 0,40; 0,50; 0,80; 1,0 \}$

$$(ii) V(x=0) = \sum_{i=1}^3 V_i(x=0)$$

Burada,

$$V_1(x) = \begin{cases} 0,10 & , \quad 0 \leq x \leq 0,10 \text{ ise} \\ x & , \quad 0,10 \leq x \leq 0,5 \text{ ise} \\ 0,50 & , \quad 0,50 \leq x \leq 1,0 \text{ ise} \end{cases}$$

$$V_2(x) = \begin{cases} 0,50 & , \quad 0 \leq x \leq 0,50 \text{ ise} \\ x & , \quad 0,50 \leq x \leq 0,80 \text{ ise} \\ 0,8 & , \quad 0,80 \leq x \leq 1,0 \text{ ise} \end{cases}$$

$$\text{ve } V_3(x) = \begin{cases} 0 & , \quad 0,0 \leq x \leq 0,0 \text{ ise} \\ x & , \quad 0,0 \leq x \leq 0,40 \text{ ise} \\ 0,4 & , \quad 0,40 \leq x \leq 1,0 \text{ ise} \end{cases}$$

Yukarıdaki $V_i(x)$ tanımlarını kullanarak,

$$\begin{aligned} V(x=0) &= \sum_{i=1}^3 V_i(x=0) \\ &= V_1(x=0) + V_2(x=0) + V_3(x=0) \\ &= 0,10 + 0,50 + 0,0 \\ &= 0,60 \end{aligned}$$

Aynı şekilde, $V(x=0,10)=0,70$ ve $V(x=0,40)=1,30$. Böylece, $V(x)$ 'in 1 olduğunu ardışık elemanlar 0,10 ve 0,40'tır.

$$(iii) \quad t_1 = 0,10$$

$$t_2 = 0,40$$

(5.11) eşitliğini kullanarak β değerini bulalım:

$$\begin{aligned} \beta &= t_1 + (1 - V(t_1))(t_2 - t_1) / (V(t_2) - V(t_1)) \\ &= 0,10 + (1 - 0,70)(0,40 - 0,10) / (1,30 - 0,70) \\ &= 0,25 \end{aligned}$$

(iv) Olasılık dağılımı veya maksimum entropi dağılımı

$p_i = V_i(\beta)$ yazılarak elde edilir. Böylece,

$$p_1 = V_1(0,25) = 0,25$$

$$p_2 = V_2(0,25) = 0,50$$

$$p_3 = V_3(0,25) = 0,25$$

(v) Kesinlikle bilinmeyen değişkenin olasılık dağılımı kurulduktan sonra, net şimdiki değer beklenen değeri ve varyansı kolayca elde edilebilir.

$$E(NSD) = \sum_{i=1}^3 (NPV)_i \cdot p_i$$

$$\begin{aligned} (NSD)_1 &= -100.000 + 25.000(P/A; \%15; 5) + 20.000(P/F; \%15; 5) \\ &= -6.251 \end{aligned}$$

Benzer şekilde,

$$(N\mathcal{S}D)_2 = 7.383$$

ve

$$(N\mathcal{S}D)_3 = 40.405$$

$$\begin{aligned} E(N\mathcal{S}D) &= (-6.251)(0,25) + (7.383)(0,50) + (40.405)(0,25) \\ &= 10.509 \end{aligned}$$

Net şimdiki değerin varyansı aşağıdaki şekilde belirlenir:

$$\begin{aligned} V(N\mathcal{S}D) &= \sum_{i=1}^3 (N\mathcal{S}D)_i^2 p_i - [E(N\mathcal{S}D)]^2 \\ &= (-6.251)^2(0,25) + (7.383)^2(0,50) + (40.405)^2(0,25) - (10.509)^2 \\ &= 345.(10)^6 \end{aligned}$$

ve standart sapma: $\sqrt{V(N\mathcal{S}D)} = 18.570$

5.3. Maksimum Entropi Yönetimini Kullanarak Yeni Bir Çok Ölçütlü Model Yaklaşımı

Burada daha önce açıklanan maksimum entropi yöntemi ile risk ve belirsizlik koşulları altında çok ölçütlü bir değerlendirme yöntemi geliştirilmeye çalışılmıştır.

Modelde üçüncü bölümde bahsedilen beklenti-varyans kriteri bir ölçü olarak kullanılmıştır. Bu ölçüler, yatırım fırsatlarının herbir ölçütünün birbirleri ile karşılaştırılmasında kullanılmıştır.

Algoritma aşağıda açıklanmıştır.

5.3.1. Algoritma

Algoritmanın adımlarına geçmeden önce yatırım fırsatlarının değerlendirilmesinde gözönüne alınacak ölçütler, bu ölçütlerin alabileceği değerler ve bu değerlerin gerçekleştirmelerine ait olasılık sınırları ile her ölçütün önem ağırlığı belirlenmelidir.

Bu amaçla aşağıdaki tablo hazırlanmıştır:

Tablo 5.1 : Ölçütler - Olasılık Sınırları Tablosu

Ölçütler	Ölçüt Değerleri	Ölçüt Olasılık Sınırları	Ölçüt Önem Ağırlığı
1	a_1	$p_{1aa} \leq p_1 \leq p_{1aü}$	w_1
	a_2	$p_{2aa} \leq p_2 \leq p_{2aü}$	
	$\vdots$	$\vdots \quad \vdots \quad \vdots$	
	a_n	$p_{naa} \leq p_n \leq p_{naü}$	
2	b_1	$p_{1ba} \leq p'_1 \leq p_{1bü}$	w_2
	b_2	$p_{2ba} \leq p'_2 \leq p_{2bü}$	
	$\vdots$	$\vdots \quad \vdots \quad \vdots$	
	b_k	$p_{kba} \leq p'_k \leq p_{kbü}$	
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots \quad \vdots \quad \vdots$	$\vdots$
j	t_1	$p_{1ta} \leq p_1^{(j-1)} \leq p_{1tü}$	w_j
	t_2	$p_{2ta} \leq p_2^{(j-1)} \leq p_{2tü}$	
	$\vdots$	$\vdots \quad \vdots \quad \vdots$	
	t_l	$p_{lta} \leq p_l^{(j-1)} \leq p_{ltü}$	

Adım 1.

Belirlenen sınırların büyüklük sırasının ifade açısından kolaylık sağlamak üzere j. ölçüt için

$$p_{1ta} < p_{1tü} < p_{2ta} < p_{2tü} < \dots < p_{lta} < p_{ltü}$$

şeklinde olduğunu varsayalım. Bu durumda T_j kümesi

$$T_j = \{0, p_{1ta}, p_{1tü}, p_{2ta}, \dots, p_{lta}, p_{ltü}, 1\} \quad (5.13)$$

olacaktır.

Adım 2.

$V(x)$, lineer bir fonksiyon olmak üzere

$$V_a(x) = \sum_{i=1}^n V_i(x) , V_b(x) = \sum_{i=1}^k V_i(x), \dots, V_t(x) = \sum_{i=1}^1 V_i(x) \quad (5.14)$$

j adet $V(x)$ fonksiyonu hesaplanacaktır. Buradan $x \in [0,1]$ 'dir ve j . ölçütün t_i değeri için

$$V_{it_i}(x) = \begin{cases} P_{ita} & , 0.0 \leq x \leq P_{ita} \text{ ise} \\ x & , P_{ita} \leq x \leq P_{itü} \text{ ise, bütün } i\text{'ler için} \\ P_{itü} & , P_{itü} \leq x \leq 1,0 \text{ ise} \end{cases} \quad (5.15)$$

$V_j(x)$, T_j üzerinde 1 değerini alana kadar değerlendirilecektir.

Adım 3.

Farzedinizki, Adım 2'nin sonucu şöyledir: $[t_1, t_2]$ aralığında bazı noktalarda $V_j(x) = 1$ 'dir. Burada t_1 ve t_2 , T_j 'nin iki ardışık elemanlarıdır. Daha sonra aşağıdaki eşitlik β değeri için çözülecektir:

$$V(\beta) = 1$$

β aşağıdaki ifadeyle verilmektedir :

$$\beta = t_1 + (1 - V_j(t_1))(t_2 - t_1) / (V_j(t_2) - V_j(t_1))$$

Adım 4.

Olasılık dağılımı,

$$p_i^{(j-1)} = V_j(\beta) , i = 1, 2, \dots, 1 \quad (5.16)$$

yazılarak bulunur.

Adım 5.

j . ölçüt için beklenen değer:

$$E_j = p_1^{(j-1)} \cdot t_1 + p_2^{(j-1)} \cdot t_2 + \dots + p_1^{(j-1)} \cdot t_1 \quad (5.17)$$

olarak bulunur.

Adım 6.

Sıra her ölçütün varyansını bulmaya geldi:

$$\sigma_j^2 = \sum_{i=1}^j t_i^2 \cdot p_i^{(j-1)} - [E_j]^2 \quad (5.18)$$

Adım 7.

Üçüncü bölümde bahsedilen beklenti-varyans kriterini kullanarak her ölçüt için beklenti-varyans ölçüsünü hesaplayalım:

$$Q_j = E_j - A \cdot \sigma_j \quad (5.19)$$

Burada A, riske karşılık katsayısıdır.

Adım 8.

Burada bir D puanını ölçüt önem ağırlıklarına göre dağıtalım:

j.ölçütün puanı,

$$D_j = D \cdot w_j \quad (5.20)$$

$$\sum_{i=1}^j w_i = 1 \quad (5.21)$$

Birden fazla alternatif (yatırım fırsatı) olması halinde Q_j değerleri her yatırım fırsatı için karşılaştırılacaktır. Bu karşılaştırmayı yapmak üzere:

$$\begin{array}{ll} Q_{jv} & : v \text{ yatırımının } j.\text{ölçütünün beklenti-varyans ölçüsü} \\ Q_{jz} & : z \text{ yatırımının } j.\text{ölçütünün beklenti-varyans ölçüsü} \\ : & : \\ : & : \\ Q_{jy} & : y \text{ yatırımının } j.\text{ölçütünün beklenti-varyans ölçüsü} \end{array}$$

olarak tanımlansın.

Bu durumda z yatırımının j.ölçütünün D_j puanından alacağı miktar:

$$D_{jz} = (Q_{jz} / (Q_{jz} + Q_{jv} + \dots + Q_{jy})) \cdot D_j \quad (5.22)$$

olacaktır.

Adım 9.

Bu aşamada her yatırım fırsatı için hesaplanan D_i değerleri ($i=1,2, \dots, j$) toplanacaktır.

$$\begin{aligned} D_{1v} + D_{2v} + \dots + D_{jv} &= \sum_{i=1}^j D_{iv} \\ D_{1z} + D_{2z} + \dots + D_{jz} &= \sum_{i=1}^j D_{iz} \\ \vdots & \\ D_{1y} + D_{2y} + \dots + D_{jy} &= \sum_{i=1}^j D_{iy} \end{aligned} \quad (5.23)$$

Adım 10.

Burada toplamların en büyüğü seçilecektir.

$$\text{Maks} \left(\sum_{i=1}^j D_{iv}, \sum_{i=1}^j D_{iz}, \dots, \sum_{i=1}^j D_{iy} \right) \quad (5.24)$$

En büyük toplamı veren yatırım fırsatı tercih edilecektir.

5.3.2. Algoritmanın Uygulanması

Tablo 5.2'de iki ölçütlü iki yatırım fırsatı ve bunlara ait değerler, olasılık sınırları ile önem ağırlıkları verilmiştir.

Adım 1.

$$T_{11} = \{0,00; 0,10; 0,30; 0,40; 0,60; 0,70; 1,00\}$$

$$T_{12} = \{0,00; 0,10; 0,20; 0,30; 0,50; 0,70; 0,90; 1,00\}$$

$$T_{21} = \{0,00; 0,20; 0,30; 0,60; 0,70; 1,00\}$$

$$T_{22} = \{0,00; 0,10; 0,20; 0,30; 0,60; 0,80; 1,00\}$$

Tablo 5.2 : Örnek Ölçütler - Olasılık Sınırları Tablosu

Ölçütler	Ölçüt Değerleri	Ölçüt Olasılık Sınırları		Ölçüt Önem Ağırlığı
		Yatırım I	Yatırım II	
Üretim Seviyesi	500	$0,10 \leq p_{11} \leq 0,60$	$0,20 \leq p_{12} \leq 0,70$	0,40
	1000	$0,30 \leq p_{21} \leq 0,70$	$0,30 \leq p_{22} \leq 0,60$	
	1500	$0,10 \leq p_{31} \leq 0,40$	$0,20 \leq p_{32} \leq 0,30$	
Kâr Seviyesi	2500	$0,10 \leq p'_{11} \leq 0,50$	$0,10 \leq p'_{12} \leq 0,80$	0,60
	3000	$0,30 \leq p'_{21} \leq 0,90$	$0,20 \leq p'_{22} \leq 0,60$	
	3500	$0,20 \leq p'_{31} \leq 0,70$	$0,30 \leq p'_{32} \leq 0,60$	

Adım 2. Şimdi V_{jt_i} dağılımları hesaplanacaktır. Örnek olarak 12 tane V_{jt_i} neden 4 tanesi gösterilmiştir:

$$V_{üs11}(x) = \begin{cases} 0,10 & , & 0,00 \leq x \leq 0,10 & \text{ise} \\ x & , & 0,10 \leq x \leq 0,60 & \text{ise} \\ 0,60 & , & 0,60 \leq x \leq 1,00 & \text{ise} \end{cases}$$

$$V_{ks11}(x) = \begin{cases} 0,10 & , & 0,00 \leq x \leq 0,10 & \text{ise} \\ x & , & 0,10 \leq x \leq 0,50 & \text{ise} \\ 0,50 & , & 0,50 \leq x \leq 1,00 & \text{ise} \end{cases}$$

$$V_{üs12}(x) = \begin{cases} 0,20 & , & 0,00 \leq x \leq 0,20 & \text{ise} \\ x & , & 0,20 \leq x \leq 0,70 & \text{ise} \\ 0,70 & , & 0,70 \leq x \leq 1,00 & \text{ise} \end{cases}$$

$$V_{ks12}(x) = \begin{cases} 0,10 & , & 0,00 \leq x \leq 0,10 & \text{ise} \\ x & , & 0,10 \leq x \leq 0,80 & \text{ise} \\ 0,80 & , & 0,80 \leq x \leq 1,00 & \text{ise} \end{cases}$$

Adım 3. $V_j(x)$ fonksiyonları hesaplanacaktır:

$$\begin{aligned} V_{üs1}(x=0) &= \sum_{i=1}^3 V_{üs1i}(x=0) \\ &= V_{üs11}(x=0) + V_{üs21}(x=0) + V_{üs31}(x=0) \\ &= 0,10 + 0,30 + 0,10 \\ &= 0,50 \end{aligned}$$

Benzer şekilde,

$$V_{üs1}(x=0,30) = 0,30 + 0,30 + 0,30 = 0,90$$

$$V_{üs1}(x=0,40) = 0,40 + 0,40 + 0,40 = 1,20$$

$$t_1 = 0,30 \quad t_2 = 0,40$$

$$V_{ks1}(x=0,3) = 0,30 + 0,30 + 0,30 = 0,90$$

$$V_{ks1}(x=0,4) = 0,40 + 0,40 + 0,40 = 1,20$$

$$t_1 = 0,30 \quad t_2 = 0,40$$

$$V_{üs2}(x=0,30) = 0,30 + 0,30 + 0,30 = 0,90$$

$$V_{üs2}(x=0,40) = 0,40 + 0,40 + 0,40 = 1,20$$

$$t_1 = 0,30 \quad t_2 = 0,40$$

$$V_{ks2}(x=0,30) = 0,30 + 0,30 + 0,30 = 0,90$$

$$V_{ks2}(x=0,40) = 0,40 + 0,40 + 0,40 = 1,20$$

$$t_1 = 0,30 \quad t_2 = 0,40$$

$$\begin{aligned} V_{üs1} \text{ için } \beta_{üs1} &= 0,30(1+0,90)(0,10)/0,30 \\ &= 0,30 + \frac{0,10 \cdot 0,10}{0,30} = 0,33 \end{aligned}$$

$$V_{ks1} \text{ için } \beta_{ks1} = 0,33$$

$$\begin{aligned} V_{üs2} \text{ için } \beta_{üs2} &= 0,30 + (1-0,90)(0,10)/0,20 \\ &= 0,35 \end{aligned}$$

$$V_{ks2} \text{ için } \beta_{ks2} = 0,33$$

Adım 4. Her olasılık sınırlarına ait tek bir olasılık değeri bulunacaktır.

$$P_{11} = V_{üs11}(0,33) = 0,33$$

$$P_{21} = 0,33$$

$$P_{31} = 0,33$$

$$P'_{11} = V_{ks11}(0,33) = 0,33$$

$$P'_{21} = 0,33$$

$$P'_{31} = 0,33$$

$$P_{12} = V_{üs12}(0,35) = 0,35$$

$$P_{22} = 0,35$$

$$P_{32} = 0,30$$

$$P'_{12} = V_{ks12}(0,35) = 0,33$$

$$P'_{22} = 0,33$$

$$P'_{32} = 0,33$$

Adım 5.

Beklenen değerler:

$$E_{üs1} = (500+1000+1500) \cdot 0,33 = 990$$

$$E_{ks1} = (2500+3000+3500) \cdot 0,33 = 2970$$

$$E_{üs2} = (500+100) \cdot 0,35 + 1500 \cdot 0,30 = 975$$

$$E_{ks2} = (2500+3000+3500) \cdot 0,33 = 2970$$

Adım 6.

Ölçütlerin varyansları:

$$\sigma_{üs1}^2 = (500^2+1000^2+1500^2) \cdot 0,33 - 990^2 = 174.900$$

$$\sigma_{ks1}^2 = (2500^2+3000^2+3500^2) \cdot 0,33 - 2970^2 = 254.100$$

$$\sigma_{üs2}^2 = (500^2+100^2) \cdot 0,35 + 1500^2 \cdot 0,30 - 975^2 = 161.875$$

$$\sigma_{ks2}^2 = 254.100$$

olarak bulunur.

Adım 7. Her ölçüt için beklenti-varyans ölçüsü;
(A=0,7 alınmıştır.)

$$Q_{üs1} = 990 - 0,7 \cdot \sqrt{174900} = 697,25$$

$$Q_{ks1} = 2970 - 0,7 \cdot \sqrt{254100} = 2617,14$$

$$Q_{üs2} = 975 - 0,7 \cdot \sqrt{161875} = 693,36$$

$$Q_{ks2} = 2970 - 0,7 \cdot \sqrt{254100} = 2617,14$$

Adım 8.

D = 100 olmak üzere,

$$D_{üs} = 100 \cdot 0,40 = 40 \text{ puan}$$

$$D_{ks} = 100 \cdot 0,60 = 60 \text{ puan}$$

$$D_{üs1} = (697,25 / (697,25 + 693,36)) \cdot 40 = 20,06$$

$$D_{üs2} = 40 - 20,06 = 19,94$$

$$D_{ks1} = (2617,14 / (2617,14 + 2617,14)) \cdot 60 = 30$$

$$D_{ks2} = 60 - 30 = 30$$

Adım 9.

$$\text{Maks } (D_{üs1} + D_{ks1}, D_{üs2} + D_{ks2})$$

$$\text{Maks } (50,06 ; 49,94)$$

En büyük değer 50,06 olduğundan birinci yatırım fırsatı daha uygundur.

Burada başlangıçta belirlenen ölçüt olasılık sınırlarının sonuçtane denli önemli olduğu görülmektedir. Sınırların dar aralıklarla belirlenebilmesi daha hassas sonuçlar verecektir. Aksi durumda (sınırlar geniş tutulursa), yatırım fırsatlarının alacağı puanlar birbirine çok yakın olacaktır.

SONUÇ

İskonto tekniğine dayanan tek ölçütlü değerlendirme yöntemleri yardımıyla seçeneklerin sıralanması daima aynı sonucu vermemektedir. Bu nedenlerle kullanılacak yöntemin yarar ve sakıncalarıyla çok iyi bilinmesi zorunlu olmaktadır.

Tek ölçütlü yöntemler, değerlendirmenin tek bir göstergeye dayandırılması ve birçok yönleri olan problemin sadece bu tek ölçütle ifadeye çalışılması ile yetersiz kalmaktadırlar. Aynı zamanda, yatırımların gerçekçi bir şekilde değerlendirilmesi için problemin risk ve belirsizlik durumlarında ele alınması gerekmektedir.

Bunlardan dolayı, yatırım projelerini değerlendirmek için kullanılacak bir model :

- 1- Risk ve belirsizlik halini ele almalıdır.
- 2- Çok ölçütlü olmalıdır.

Kişiler ve yöneticiler geçmişteki kararlarını anımsadıklarında, kuşkusuz gerçek karar problemlerinin tek değil çok ölçütlü olduğunu kabul edecektir. Öyleyse, eldeki karar probleminin çözümlemesini çok ölçütlü olarak yapmak daha gerçekçi olacaktır. Çözümlemede kullanılacak çok ölçütlü model, tek ölçütlü karar vermede olduğu gibi, kararın amacına, karar ortamına, problemin yapısına, verilerin türüne ve elde edilebilirliklerine, karar vericiye göre değişecektir. Karar vericinin problem hakkında derinlemesine görüş sahibi olması gerekmektedir.

Projelerin değerlendirilmesinde ele alınacak ölçütlerde bazı özelliklerin olması gerekmektedir:

- i) Problemin önemli yanlarını kapsamalıdır. Buna tamlik özelliği denilebilir. Ölçütler seti, amacın erişilme derecesini belirtmede yeterli ise tamdır.

- ii) Ölçütler, en etkin kararın seçilmesi için yapılan çözümlemede anlamlı bir biçimde kullanılabilmelidir. Yani, karar verici için anlamlı olmalı ve başkalarına açıklama yapmayı kolaylaştırmalıdır.
- iii) Ölçütler, çözümülemeyi yalınlaştırmak için bölünebilir olmalıdır. Buna ayrıştırılabilirlik özelliği denilebilir.
- iv) Belirlenen ölçütler setinde gerekmeven ölçütler bulunmamalıdır.
- v) Çözümlemenin etkin biçimde yapılabilmesi için ölçüt sayısı en azda tutulmalıdır.

Risk ve belirsizlik halinde çok ölçütlü değerlendirme yöntemlerinden karmaşıklık ve tesir bakımından en ileri olan model, çok ölçütlü fayda modelidir. Bu yöntemde karar vericiye yöneltilen sorulara alınan cevaplar doğrultusunda ölçütlerin birbirlerine göre ağırlıkları saptanmalı ve birden fazla sayıdaki yatırım projelerinin herbirinin faydaları hesaplanmalı, en büyük faydaya sahip olan proje seçilmelidir.

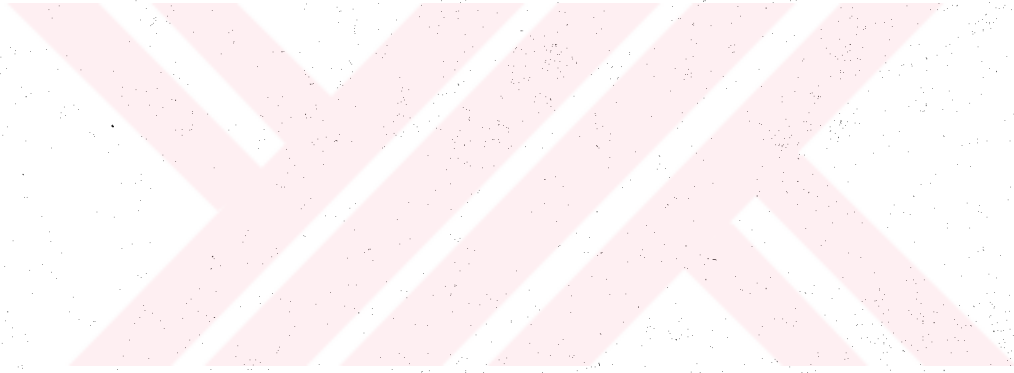
Her ölçütün, Fayda fonksiyonunu oluşturarak, sonra bunları birleştirerek fayda değerlerini hesaplamak kolaylık sağlamaktadır. Ancak ölçüt sayısı fazla olduğunda bu proses güçleşmektedir.

Fayda Fonksiyonu oluşturulduğunda ölçütler arasında ödenleşmeler yaparak Fayda fonksiyonunun alacağı değerler gözlenebilmektedir. Kısıtların olduğu durumda ise Fayda fonksiyonunun değerini maksimum yapacak ölçüt değerleri bulunabilmektedir.

Yatırım projelerinin değerlendirilmesinde kullanılabilecek deterministik, çok ölçütlü yöntemlerden biri de ELECTRE yöntemidir. ELECTRE yöntemi verilmiş seçenekleri, ölçütlerin tanımlanmış ağırlık, ölçek ve puanlarını kullanarak bir dizi işleme tabi tutar. Sonuç olarak da bu seçenekler arasından en uygununu ya da uygunlarını bulmaktadır. ELECTRE yönteminin adımlarından birinde yapılacak yanlış, ELECTRE yönteminin ana felsefesinde ve çözüm yönteminde bir yanlışlık

doğurmaz; fakat nasıl ki nitelik olarak bozuk ya da uygun olmayan bir parçayı tornada işlemeye çalışırken çatlamasına neden olursak bu yöntemin girdilerinde de yapılacak bir hata yanlış sonuç almamıza neden olacaktır.

Gerçekte risk ve belirsizlik ortamı bulunduğundan çok ölçütlü fayda yöntemleri, ELECTRE yöntemine göre üstünlük kazanmaktadır. Karar vericinin konu hakkında derinlemesine bilgi sahibi olması, fayda yöntemi ile alınacak sonuca doğruluk kazandıracaktır.



KAYNAKLAR

- [1] Birleşmiş Milletler Sınai Kalkınma Teşkilatı, Endüstri Projeleri Değerlendirme Elkitabı, UNDP/UNIDO, P.K.407, Ankara, Aralık 1977.
- [2] GÜVEMLİ, O., Yatırım Projelerinin Düzenlenmesi ve Değerlendirilmesi, Yapılabilirlik Raporu Esasları, Proje Danış Yayınları No:1, Grafik Sanatlar Matbaacılık ve Ambalaj Sanayi A.Ş., İstanbul, 1988.
- [3] HATİPOĞLU, Z., Yatırım Kararları ve Sermaye Maliyeti, İ.T.Ü. Yayınları, Yayın No: 10941, 1977.
- [4] BIERMAN, H., SMIDT, S., Yatırım Projelerinin İktisadi Analizi ve Finansmanı, Çeviren: Turgut Var, Güzel İstanbul Matbaası, 1976.
- [5] BREMOND, Janine, Geleden, Alain, İktisadi ve Toplumsal Kavramlar Sözlüğü, Remzi Kitabevi Yayınları, 1984.
- [6] CANADA, J.R., WHITE J.A., Capital Investment Decision Analysis For Management and Engineering, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1980
- [7] AKGÜÇ, Ö., Finansal Yönetim, Aktif Büro Basım Organizasyon Yayınları, 1976.
- [8] HATİPOĞLU, Z., İşletme Yöneticiliğinin Temelleri, Aktif Büro Basım Organizasyon Yayınları, 1977.
- [9] TOLGA, E., Tesis Tasarımında Mühendislik Ekonomisi, İ.T.Ü. Ofset Atölyesi, Sayı: 1297, 1984.
- [10] ÇELEBİ, E., Yatırım Projelerinin Hazırlanması, Ankara, 1973.
- [11] TOLGA, E., Yatırım ve Yenileme Modellerinin Para Değerindeki Değişmeler Karşısında Yeniden Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Makina Fakültesi Ofset Atölyesi, 1979.
- [12] Milliyet Yayınları, Genel Ekonomi Anksiklopedisi, 1988.
- [13] FARRAR, D.E., The Investment Decision Under Uncertainty, Markham Publishing Company, Chicago, 1967.
- [14] HILLIER, F.S., Studies In Mathematical and Managerial Economics, The Evaluation Of Risky Interrelated Investments, Stanford University, London, 1969.

- [15] DEMİR, M.H., BİRCAN, B., TÜTEK, H., Yönetmel Karar Verme, Bilgehan Basımevi, İzmir, 1985.
- [16] AKGÜÇ, Ö., Finansal Yönetim, Aktif, Aktif Büro Basım Organizasyon Yayınları, 1976.
- [17] AU, T., AU, T.P., Engineering Economics For Capital Investment Analysis, Allyn and Bacon, Inc., 1983.
- [18] CHANDRA, P., Projects, Preparation, Appraisal, Implementation, Mc Graw-Hill Book Company, 1980
- [19] BUSSEY, L.E., Economic Analysis of Industrial Projects, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1978.
- [20] MANİSALI, E., Yatırım Projelerinin Değerlendirilmesinde Çok Ölçütlü Model Yaklaşımı, Doktora Tezi, İ.T.Ü., MİM.Fak. Matbaası, 1981.
- [21] SAXENA, U., Engineering Economics, Investment Analysis Under Uncertainty, University of Wisconsin-Milwaukee, Vol.29, N1, 1983.
- [22] ROSS, S.M., Applied Probability Models With Optimization Applications, Holden Day Series, 1970.
- [23] ERKMENOL, A., Endüstriyel Sistemlerin Analizi ve Değerlendirilmesi Ders Notları, 1988.
- [24] AKÜN, F., İstatistik ve Kalite Kontrolü, İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı: 706, İskender Matbaası, İstanbul, 1967.
- [25] KARAYALÇIN, İ.İ., KÜLÜR, C., Mühendisler, İşletmeciler ve Araştırmacılar İçin Matematik İstatistik, Makina Mühendisleri Odası Neşriyat No:33, Arkadaşlar Matbaası, İstanbul, 1968.
- [26] SANDERS, D.H., MURPH, A.F., ENG, R.J., Statistic: A Fresh Approach, McGraw-Hill Book Company, 1976.
- [27] LASKEY, K.B., FISCHER, G.W., Estimating Utility Functions In The Presence Of Response Error, Management Sci., Vol.33, No.8, Sh.965-980, August 1987.
- [28] KARAYALÇIN, İ.İ., Harekat Araştırması, İşletme Faaliyetlerinin Yönetimi ve Kontrolü İçin Kantitatif Yöntemler, İ.T.Ü. Kütüphanesi, Sayı:1132, Fatih Yayınevi Matbaası, İstanbul, 1979.
- [29] DAĞLI, C., Yatırımların Rantabilite Hesaplarının Yapılmasında Türkiye'deki Uymalar ve Yöneylem Araştırması Tekniği Yaklaşımı, Makina Mühendisleri Oddası Sanayi Kongresi, İstanbul, 1974.

- [30] DAVIS, Mc Keown, Rakes, Management Science, Kent Publishing Company, Boston, 1986.
- [31] RENDER, Barry, Stair, M.R., Quantitative Analysis for Management, Second Edition, 1985.
- [32] TOLGA, E., Yatırım Modellerinin Enflasyon Karşısında Yeniden Değerlendirilmesi, Finansal Yönetim ve Yatırım Planlaması, Yıl:1, Sayı:3, Eylül 1989.
- [33] ÖZ, E., Enflasyon Koşullarında Yatırımlara İlişkin Nakit Akışlarının Markov Sürecinde İncelenmesi ve Yeni Bir Modelin Kurulması, Doktora Tezi, İ.T.Ü. İşletme Fakültesi, 1989.
- [34] ŞİŞİK, Ü., Enflasyon Kuramında Gelişmeler ve Türkiye'de Enflasyon 1962-1977, Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü, Yayınları, No: 197, 1982.
- [35] GRANT, E.L., IRESON, W.G., LEAVENWORTH, R.S., Principles Of Engineering Economy, Revised Printing, John Wiley and Sons, 1982. Seventh Edition.
- [36] SCHROEDER, G.R., Operations Management, McGraw-Hill, Inc., 1981.
- [37] ANDERSON, Q.M., Quantitative Management Decision Making, Brooks/Cole Publishing Company, California, 1982.
- [38] LAWRENCE, J.A., Pasternack, A.B., Quantitative Methods For Business Second Edition, West Publishing Company, 1983.
- [39] EPPEN, D.G., GOULD, J.F., Quantitative Concepts For Management, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1979.
- [40] KEENEY, R.L., RAIFFA, H., Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs, John Wiley and Sons, 1976.
- [41] STARR, M.K., ZELENY, M., Multiple Criteria Decision Making Studies in the Management Sciences, Vol.6, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 1977.
- [42] WHITTAKER, D.J., SPRAGUE, C.J., Economic Analysis For Engineers and Managers, Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 1986.
- [43] BARISH, N.N., Koplan Seymour, Economic Analysis: For Engineering and Managerial Decision Making, McGraw-Hill, Inc., 1978.
- [44] SHORE, B., Operations Management, McGraw-Hill, Inc., 1973.
- [45] HWANG, C., MASUD, A.S.M., Multiple Objective Decision Making Methods and Applications, A State Of the Art Survey.
- [46] EVREN, R., Çok Amaçlı Karar Verme Yöntemleri Üzerine Bir İnceleme, Mayıs 1989.

- [47] TÜTEK, H., Çok Amaçlı Yatırım Kararlarında Karar Çözümlemesinin Uygulanması, Dokuz Eylül Üniversitesi, İktisadi ve Ticari İlimler Fakültesi, Yöneylem Araştırması IX.Ulusal Kongresi, İstanbul, 1984.
- [48] MANİSALI, E., Yatırım Projelerini Değerlendirmede Karşılaşılan Sorunlar ve Bir Çözüm Önerisi, Finan. Yön. ve Yat. Plan., Yıl:2, Sayı: 8, Aralık 1980.
- [49] EVREN, R., Çok Amaçlı Karar Verme Ders Notları, İ.T.Ü., 1989.



ÖZGEÇMİŞ

Cengiz Kahraman, 1965 yılında İstanbul'da doğdu. 1983 yılında Kuleli Askeri Lisesi'nden mezun oldu. 1984 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü'ne girdi ve 1988 yılında mezun oldu. Aynı yıl İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü'nde, yüksek lisans öğrenimine başladı.

Cengiz Kahraman, 1988 yılından beri İ.T.Ü. İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır.

