T.C.

MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA VE PORTFÖY ANALİZİ UYGULAMASI

DOKTORA TEZİ

Rıdvan KESKİN

İstatistik Anabilim Dalı

İstatistik Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nalan CİNEMRE

Mart 2013

Rıdvan KESKİN tarafından hazırlanan BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA VE PORTFÖY ANALİZİ UYGULAMASI adlı bu tezin DOKTORA tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Nalan CİNEMRE

Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından İSTATİSTİK Anabilim Dalında DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan:	: Prof. Dr. Nalan CİNEMRE
Üye	: Prof. Dr. Gülay BAŞARIR KIROĞLU
Üye	: Doç. Dr. Ünal H. ÖZDEN
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Funda SEZGİN
Üye	: Yrd. Doç. Dr. Semra ERPOLAT

Bu tez, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA

VE

PORTFÖY ANALİZİ UYGULAMASI

(Doktora Tezi)

Rıdvan KESKİN

MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENTİTÜSÜ

Mart 2013

ÖZET

Bu çalışmanın amacı finansal piyasalardaki belirsizlikler karşısında yatırım yapmayı planlayan karar vericilere en doğru yatırımı yapma konusunda yardımcı olmak ve bu bağlamda bir portföy seçim modeli geliştirmektir. Tez çalışmasının giriş bölümünde; tez konusu, amaç ve bölümler hakkında genel bir tanıtım yapılmıştır. Bulanık mantık başlıklı birinci bölümde; mantık, klasik ve sembolik mantığın tanımları, bulanıklık ve bulanık mantık kavramlarına dair ayrıntılı bilgi yer almaktadır. Kümeler, bulanık kümeler ve bulanık sayılar başlıklı ikinci bölümde; küme, bulanık küme ve bulanık sayı kavramlarına yer verilmiş ve üyelik fonksiyonu ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır. Bulanık hedef programlama başlıklı üçüncü bölümde; çok amaçlı karar alma yöntemlerinden biri olan hedef programlama açıklanmış ve matematiksel alt yapısı ortaya konulmuştur. Bu bölümde ayrıca tezin uygulama kısmında kullanılan bulanık hedef programlama ve çözüm yaklaşımları ayrıntılı olarak incelenmiştir. Portföy analizi başlıklı dördüncü bölümde; portföy analizi, portföy analizinin temeli olan Harry Markowitz’in “ortalama – varyans modeli” varsayımları detaylı olarak anlatılmıştır. Bu bölümde ayrıca tezin uygulama kısmında kullanılan üyelik fonksiyonlarının nasıl kurulduğu ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Beşinci bölümde; çalışmanın uygulama kısmı yer almaktadır. Uygulamada, İMKB 30 endeksinin, Ocak 2011 - Ekim 2011 tarihleri arasındaki artış ve azalış gösterdiği dönemler dikkate alınarak bulanık hedef programlama modelleri kurulmuştur. Üyelik fonksiyonları yardımıyla kurulan modeller, bulanık hedef programlama çözüm yöntemlerinden biri olan Wang-Fu yaklaşımı ile Microsoft Excel programında çözülmüş ve modellerin geçerliliği test edilmiştir. Ayrıca önerilen model, Markowitz ve Chein – Tsai’nin modelleriylede karşılaştırılmıştır. Sonuç bölümde ise, optimum portföy modelleri analiz edilip yorumlanmış, modellerin geçerliliği test verileriyle analiz edilmiştir.

Bilim Kodu :

Anahtar Kelimeler : Bulanık Mantık, Bulanık Hedef Programlama, Portföy Analizi.

Sayfa Adedi : 145

Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Nalan CİNEMRE

FUZZY GOAL PROGRAMMING

and

APPLICATION of PORTFOLIO ANALYSIS

(PhDThesis)

KESKIN, Rıdvan

MIMAR SINAN FINE ARTS UNIVERSITY

INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

March 2013

ABSTRACT

The aim of this research is to help participants for their decision making processes in the market investment regarding the financial uncertainties, and improve a portfolio selection model in terms of the best investment decison. In the introduction part of this research, a general information about the research's purpose is given. In the first chapter titled as Fuzzy Logic, there is the detailed formation about logic, definition of classic and modern logics, fuzzy and fuzzy-logic sets. In the second chapter titled as sets, fuzzy sets and fuzzy numbers, there is a detailed information about definitions of sets, fuzzy sets and fuzzy number functions, as well as thorough explanations of membership functions. In the third Fuzzy Goal Programming chapter of the research, one of the "Multi-Criteria Decision Making" methods is described as "Fuzzy Goal Programming" and its mathematical methodology is thoroughly presented in this section. Moreover, this section of the research critically examines the "fuzzy programming" and its solution approaches which are used in the application part of the research. In the fourth chapter titled as Portfolio Analysis, the Harry Markowitz's Mean-Variance Model which is the basis of the portfolio analysis is presented in details. This section also described in detail how to set the membership functions used in the application part of the thesis. In Chapter five, application part of the research can be seen. In the application part of this chapter, the fuzzy goal programming models were constructed by taking in to account of increase and decrease period in Istanbul Stock Exchange 30 (ISE 30) index data from January 2011 to October 2011. The established models by means of membership models were solved by Wang-Fu approach which is one of the methods of fuzzy goal programming using Microsoft Excel program, and then the validity of these approaches wastested. In addition, the proposed model was compared with the Markowitz and Chein–Tsai's models. In the conclusion chapter, the optimal portfolio models are suggested to investors, and the validity of these models are analyzed using test data.

Science Code :

Key Words : Fuzzy Logic, Fuzzy Goal Programming, Portfolio Analysis.

Number of Pages : 145

Thesis Supervisor : Prof. Dr. Nalan CİNEMRE

ÖNSÖZ

Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi İstatistik Bölümü öğrenciliğimden bu yana her yönüyle kendime örnek aldığım, doktora tez danışmanlığımı kabul ederek beni onurlandıran, gerek üniversite öğrenim hayatımda gerekse doktora çalışmalarımda maddi-manevi desteklerini esirgemeyen, bir ömür boyu minnettar olacağım Sayın Prof. Dr. Nalan CİNEMRE'ye sonsuz teşekkür etmeyi bir borç bilirim. Tez çalışmamın uygulama kısmınında bana yol gösteren, uygulamanın güncel, özgün olması konusunda destek veren ve zaman ayıran Sayın Dr. Ozan KOCADAĞLI'ya saygılarımı sunarım.

Rıdvan KESKİN 08.03.2013

İÇİNDEKİLER

TABLOLAR LİSTESİ

ŞEKİLER LİSTESİ

SEMBOLLER LİSTESİ

μ_i : i'inci hisse senedinin beklenen getirisi.

Cov_{ij} : i'inci ve j'inci hisse senedi arasındaki kovaryans değeri.

x_i : i'inci hisse senedinin portföy içindeki oranı (karar değişkenleri).

$E(R_i)$: i'inci hisse senedinin beklenen getirisi.

$\sigma^2_{R_i}$: i'inci hisse senedinin beklenen getirisinin varyansı.

R_{kt} : t zamanındaki k'ıncı hisse senedinin getirisi.

$E(R_k)$: k'ıncı hisse senedinin beklenen getirisi.

$Cov_{i,k}$: i'inci ve k'ıncı hisse senetlerinin kovaryansı.

α_i : i'inci hisse senedine ait regresyon sabiti.

β_i : i'inci hisse senedine ait eğim katsayısı (beta katsayısı).

$R_{m,t}$: İMKB 30 endeksinin t zamanındaki getirisi.

λ : Doyum derecesi.

C_i : i'inci risk sınıfı.

₺ : Türk Lirası.

KK_i : i'inci hisse senedinden elde edilen "Kazanç/Kayıp" miktarı (₺).

P_{i1} : i'inci hisse senedinin ait olduğu ayın ilk gün fiyatı.

P_{it} : i'inci hisse senedinin t zamanındaki fiyatı.

YO_i : i'inci hisse senedine ait Yatırım Oranı.

KISALTMALAR LİSTESİ

İMKB : İstanbul Menkul Kıymetler Borsası.

XU030 : İstanbul Menkul Kıymetler Borsası 30 Endeksi.

R : Risk.

G : Getiri Oranı.

B : Beta katsayısı.

GİRİŞ

Sosyo-Ekonomik olaylardaki belirsizlikler, finansal piyasaları olumlu veya olumsuz daima etkilemektedir. Sosyo-ekonomik belirsizliklerin finansal piyasalar üzerindeki etkilerinin olumsuz olması finansal piyasalarda faaliyet gösteren işletmeleri, dolayısıyla da bu piyasalarda yatırım yapan bireyleri zor durumda bırakabilir. Gerek sosyal, gerekse ekonomik açıdan zor durumda kalmak istemeyen işletmeler/bireyler, finansal yönetim bilgisi ve deneyimlerini kullanarak ekonomik krizleri aşabilirler.

Kesinlik ifade eden, bir problemi doğru veya yanlış kabul eden klasik mantık yaklaşımları, günümüz problemlerinin çözümünde yeterli olmamaktadır. Zira özellikle günümüz problemleri çok sayıda faktör bakımından çok fazla belirsizlik içermekte bu tip problemler de belirlilik koşullarında uygulanan tekniklerle çözülememektedir. Belirsizlik içeren problemlerin çözümü için 1965 yılında L. Askerzade ZADEH bulanık küme teoremini ortaya çıkararak bilim dünyasını şaşırtmıştır. Bulanık mantık teoremi, kesinlik ifade eden klasik mantık üzerine kurulmuş olan matematik bilimini farklı bir boyuta taşımış ve belirsizlik içeren problemlerin de matematiksel fonksiyonlarla ifade edilebileceğini göstermiştir. Bulanık mantık teoremi yardımıyla, karar verici gelecek için aldığı kararlarda, sosyo-ekonomik olaylardaki belirsizlikleri çözümlemeye başlamıştır.

II. Dünya Savaşı yıllarında temelleri atılan ve sosyo-ekonomik bir çok alanda kullanılan "Yöneylem Araştırması Yöntemleri" ile çözümsüz ya da çözümü çok zor olarak görülen problemler çözülebilmektedir. Özellikle finansal piyasalarda karar vericinin genellikle birden fazla hedefinin olması, çok amaçlı karar verme modellerinin geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Çok amaçlı karar alma yöntemlerinden biri olan "Hedef Programlama" ile karar vericinin çok sayıdaki hedefleri modelleştirilmiştir. Hedef programlama modelinin kısıtlarında belirsizliğin ya da bulanıklığın olması durumunda, bulanık mantık teorisine ihtiyaç duyulmaktadır. Hedef programlamanın, bulanık mantıkla birleşmesi sonucunda "Bulanık Hedef Programlama Modeli" ortaya çıkmıştır. Bellman ve Zadeh 1970 yılında optimizasyon problemlerine, Zeleny ise 1973 yılında çok amaçlı problemlere bulanık mantık teoremini uygulamışlardır. Zimmermann (1973) ve Hannan (1981) tarafında geliştirilen "üyelik fonksiyonları" yardımıyla, bulanık ortamda hedef programlama modeli formülleştirilmiştir.

Bulanık hedef programlama, finansal alanda faaliyet gösteren işletmelerin hedeflerine ulaşılmasında izlenecek yolun belirlenmesinde oldukça önemli bir role sahiptir. Finansal karar vermede, portföy oluşturma önemli bir yer tutmaktadır. Karar verici, en azından elindeki nakdin değerini korumak genellikle de onu artırmak için yatırım yapar ve bunun için portföy analizini kullanır. Portföy analizi yaparken, finansal varlıkların geçmiş dönem verileri kullanılarak gelecek dönem için portföy oluşturulur. Geçmiş dönem verilerinin düzensiz olması, döneme ait sosyo-ekonomik belirsizliklerin gelecek dönemde de var olup olmayacağının önceden bilinmemesi ve bu belirsizliklerin kurulacak modellere yansıtılamaması önemli sorunlara yol açmaktadır. Portföy oluşturulurken, bu problemleri ortadan kaldırmak için bulanık mantık teoremini ve karar vericinin portföy hedeflerine ulaşmak için de bulanık hedef programlama yöntemlerini kullanması uygundur.

Optimal portföy oluşturmak için yapılan çalışmalarda doğrusal ve doğrusal olmayan programlama, çok amaçlı karar alma yöntemleri oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Bu yöntemlere bulanık mantık teoreminin uyarlanmasıyla optimum portföy oluşturma çalışmaları bir adım daha ileriye gitmiştir. Bulanık mantık yaklaşımı kullanılarak yapılan portföy optimizasyon çalışmalarına; Bekçi, Eroğlu ve Usul (2001), Watada (2001), Fang, Lai ve Wang (2005 - 2008), Kocadağlı (2006, 2008, 2010), Bozdağ ve Türe (2007), Ertuğrul ve Pelitli (2008), Fazel ve Yazdi (2008) örnek gösterilebilir. Bu çalışmalarda doğrusal ve doğrusal olmayan üyelik fonksiyonları kullanılarak bulanıklaştırma yapılmıştır. Bulanık hedef programlama ile yapılan çalışmalara da, Wang ve Fu (1997), Chen ve Tsai (2001), Yaghoobi ve Tamiz (2007), Hu, Teng ve Li (2007), Mirnoori ve Shariati'nin (2012) çalışmaları örnek gösterilebilir.

Tez konusu üç temel amaç kapsamında belirlenmiştir. Birincisi, son yıllarda yapılan optimum portföy oluşturma çalışmalarında yaygın bir biçimde kullanılan bulanık mantık teoremini, çoklu karar alma yöntemi olarak bilinen hedef programlama yöntemiyle birleştirilmesidir. İkincisi, optimum portföy oluşturan karar vericinin hedeflerinin dikkate alındığı uygun bir modelin kurulmasıdır. Üçüncü amaç ise karar vericinin hedefleri doğrultusunda kurulan modelin çözülmesi ve çözüm sonuçlarının yorumlanmasıdır.

Tez çalışmasının giriş bölümünde tez konusu, amaç ve bölümler hakkında genel bir tanıtım yapılmıştır.

Bulanık mantık başlıklı birinci bölümde; mantık, klasik ve sembolik mantığın tanımları, bulanıklık ve bulanık mantık kavramlarına dair ayrıntılı bilgi yer almaktadır.

Kümeler, bulanık kümeler ve bulanık sayılar başlıklı ikinci bölümde; küme, bulanık küme ve bulanık sayı kavramlarına yer verilmiş ve üyelik fonksiyonu ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır.

Bulanık hedef programlama başlıklı üçüncü bölümde; çok amaçlı karar alma yöntemlerinden biri olan hedef programlama açıklanmış ve matematiksel alt yapısı ortaya konulmuştur. Bu bölümde ayrıca tezin uygulama kısmında kullanılan bulanık hedef programlama ve çözüm yaklaşımları ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Portföy analizi başlıklı dördüncü bölümde; portföy analizi, portföy analizinin temeli olan Harry Markowitz'in "ortalama – varyans modeli" varsayımları ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Bu bölümde ayrıca tezin uygulama kısmında kullanılan üyelik fonksiyonlarının nasıl kurulduğu ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Beşinci bölümde; çalışmanın uygulama kısmı yer almaktadır. Uygulamada, İMKB 30 endeksinin, Ocak 2011 - Ekim 2011 tarihleri arasındaki artış ve azalış gösterdiği dönemler dikkate alınarak bulanık hedef programlama modelleri kurulmuştur. Üyelik fonksiyonları yardımıyla kurulan modeller, bulanık hedef programlama çözüm yöntemlerinden biri olan Wang-Fu yaklaşımı ile Microsoft Excel programında çözülmüş ve modellerin geçerliliği test edilmiştir. Ayrıca önerilen modeller, Markowitz ve Chein – Tsai'nin modelleriyle de karşılaştırılmıştır.

Altıncı bölümde ise İMKB 30 endeksinin Ocak 2011 - Ekim 2011 verileri kullanılarak oluşturulan optimum portföy modelleri analiz edilip yorumlanmış, modellerin geçerliliği test verileri kullanılarak açıklanmış ve optimum portföy oluşturmak isteyen karar vericilere önerilerde bulunulmuştur.

Tezin temel amacı, optimum portföy oluşturmak isteyen karar vericilere yardımcı olmak, yön göstermektir. Bu nedenle, sosyo-ekonomik olaylardaki belirsizliklerin çözümünde "Bulanık Hedef Programlama Yöntemleri" kullanılmıştır. Tezin amacı kapsamında belirlenen konular aşağıdaki bölümlerde ayrıntılı olarak incelenmiştir.

BİRİNCİ BÖLÜM

BULANIK MANTIK

1.1. MANTIK KAVRAMININ TANIMI

Mantık Arapça "nutk" kelimesinden köken alır ve Yunanca "Logos" kelimesine karşılık gelir. "Logos" ve "nutk", akıl, akıl yürütme, düzen, ilke ve düşünme anlamlarına gelir. Bu anlamlarıyla mantık hem düşünmeye hem de bu düşünmelerin dilsel ifadesine, yani doğru söze ya da konuşmaya karşılık gelir (Öner, 1970). Terim olarak mantık uygulamada iki anlamlıdır. İlk anlamı; etimolojik kökenine uygun olarak, "düzgün düşünme", "mantıksal düşünme" adları verilen bir düşünme tarzının adıdır. İkinci anlamıyla mantık; "düzgün düşünme", "mantıksal düşünme" denilen bu düşünme tür ve tarzını konu edinen felsefe disiplininin adıdır (Özlem, 2004).

Zihinde kurgulanan düşüncelerin dil aracılığıyla ifade edilmesinde kullanılan cümlelerin doğruluğu mantık ile anlaşılır. Dil bilgisi kurallarına uygun, anlamlı sözler makul yani mantıklı, kurallara uymayan anlamsız sözler ise tutarsız, yani mantıksız cümleler olarak algılanır. Mantık, cümleler arasında ayrımsal bir işlem yapar. Yapılan bu işleme ise mantıklı düşünme veya mantıklı akıl yürütme işlemi denir. Mantıklı düşünme sonucunda çıkarımlar elde edilir.

Aristo mantığı olarak bilinen klasik mantık, doğru-yanlış kavramlarını kesinlikle birbirinden ayıran varsayımlara dayanır. Klasik düşünceye sahip kişiler, çevreden edindikleri bilgileri, önceden denenmiş olduğu varsayımı ile hiç yargılamadan kabullenirler. Bu kişiler, bilginin sadece nerelerde ve nasıl kullanılacağına önem vererek, durağan olduğuna kanaat getirir ve eleştirilmemesi gerektiğini düşünürler

(Şen, 2003). Aynı zamanda klasik mantıkta; kavram (terim), önerme ve çıkarım konularının sırası ile izlenmesi gerekir.

Kavram oluşturma, önerme kurma ve çıkarım yapma işlemlerinin belirli kuralları vardır. Bu kurallara mantığın ilkeleri denir. Bu ilkeler;

1. Özdeşlik ilkesi: "Bir şey ne ise odur" biçiminde tanımlanır. Mantıkta özdeşlik önermesi "A, A'dır" şeklinde ifade edilir. Bunun anlamı bir şey, başka bir şeyle ilişkisi kurulmaksızın kendisi olduğudur.

2. Çelişmezlik ilkesi: Bir şeyin hem kendisi hem de başkası olduğunu düşünmek çelişkidir. Özdeş iki önerme birbirinin çelişiğidir.

3. Üçüncü halin olmazlığı ilkesi: Çelişik iki önermenin dışında üçüncü bir durum düşünülemez.

Klasik mantıkta düşünülmüş olan veya düşünülebilen her şey bir kavramdır. Yukarıdaki üç ilke bir şeyin düşünülmesini, yani onun kavranmasını mümkün kılan temel dayanaklardır (Özlem, 2004).

1.2. MODERN (SEMBOLİK) MANTIK

Klasik mantıkta günlük dil kullanılmamakla birlikte günlük konuşma dilinden çok fazla etkilenmektedir. Günlük dilde belirsizlikler her zaman vardır, oysa klasik mantıkta belirsizliklere yer yoktur. Belirsizlikleri ortadan kaldırmak ve mantığı daha kesin kurallara yerleştirmek için 19. yüzyıl başlarında başlayan arayışlar da amaç, önermelerden geçerli çıkarımlara ulaşırken içeriksel değil biçimsel (sembolik) doğruluk çıkarmaktır. Modern mantık, çok anlamlılığa ve belirsizliğe yer vermeyen, matematik diline benzeyen semboller yardımıyla geçerli çıkarımları geçersiz çıkarımlardan ayıran kesin bir denetlemeyi sağlar. Bu doğrultuda yapılan çalışmalarla klasik Aristoteles mantığının alanı aşılmış, önermeler mantığı yeniden keşfedilmiş ve geliştirip genişletilmiştir.

Modern mantığın kurucuları mantıkçı ve filozoflar değil, matematikçilerdir. George Boole (1815 - 1864) sembolik mantığın kurucusu olarak bilinir. Mantıktaki ilk büyük birleştirme teorisi Boole tarafından 1847'de "Mantığın Matematiksel Analizi" ve 1854'te "Düşüncenin Kanunları" adlı kitaplarında gerçek fonksiyonel mantık ile aritmetiği birleştirerek gerçekleştirdi. Böylece Boole Cebiri denilen, gerçeklik değerini temsil etmek üzere sayıların kullanıldığı bir aritmetik ortaya çıktı (Baykal ve Beyan, 2004).

Modern mantığa özellikle De Morgan (1806 - 1876), John Venn (1834 - 1923), Charles Dodgson (1832 - 1898), Gottlob Frege (1848 - 1925) ve Bertand Russel (1872 - 1970) ve Jevons (1835 - 1882)'un önemli katkıları olmuştur.

Modern mantık, klasik mantık gibi özdeşlik, çelişmezlik ve üçüncü halin olmazlığı ilkelerine dayanır. Modern mantıkta özdeşlik ilkesi, $"A \rightarrow A' dır"$ (A, A'dır), çelişmezlik ilkesi, $"\sim (A \wedge A \sim)"$ (A, A-olmayan değildir) ve üçüncü halin olmazlığı ilkesi, $"A \vee \sim A"$ (X, ya A ya da A-olmayan olmak zorundadır) şeklinde gösterilir.

Modern mantık, iki değerli mantık, çok değerli mantık, kiplik mantığı, özdeşlik mantığı ve varlık mantığı olmak üzere beşe ayrılır.

İki değerli mantıkta bir önermenin doğru ve yanlış olmak üzere iki değeri vardır. Bunlara sayı değer karşılığı "1" ve "0" olan sayılar karşılık gelir. Başka ara değerler yoktur yani başka bir üçüncü olasılık kabul edilmez. İki değerli mantık önermeler ve niceleme mantığı olmak üzere ikiye ayrılır.

Önermeler mantığndaı, klasik mantıktaki basit ve bileşik önermelerden, basit önermeleri bileşik önerme haline getiren önerme eklemlerini kullanır. Önerme eklemi aynı zamanda önermelerin tutarlı, geçerlilik ve eş değerliliğinin ve çıkarımların geçerliliğinin denetlenmesini sağlamaktır. Önerme eklemlerinin sembolik mantıktaki karşılıkları Tablo 1.1'de açıklanmıştır.

Tablo 1.1. Önerme Eklemi

Önerme Eklemi	**Kullanımı**	**Sembolik Mantık Karşılığı**
Değilleme Eklemi	"değil"	$\sim$
Tümel Evetleme Eklemi	"ve, ne…ne de, hem…hem de"	$\wedge$
Tikel Evetleme Eklemi	"veya, ya da"	$\vee$
Koşul Eklemi	"ise"	$\Rightarrow$
Karşılıklı Koşul Eklemi	"ancak ve ancak"	$\Leftrightarrow$

Bileşik önermelerin doğruluğu doğruluk tablosu ile kontrol edilir. Sembolik mantıkta önermenin doğru ya da yanlışlığı bilinmediğinden bir önerme için doğru ve yanlış olmak üzere iki değeri söz konusudur. İki önermeden oluşan doğruluk tablosu aşağıdaki gibidir.

Tablo 1.2. Doğruluk Tablosu

Birinci Önerme		İkinci Önerme		Birinci Önermenin Değili		İkinci önermenin Değili		Tümel Evetleme Önermesi		Tikel Evetleme Önermesi		Koşul Önermesi		Karşılıklı Koşul Önermesi	
p		q		$\sim p$		$\sim q$		$p \wedge q$		$p \vee q$		$p \Rightarrow q$		$p \Leftrightarrow q$	
D	1	D	1	Y	0	Y	0	D	1	D	1	D	1	D	0
D	1	Y	0	Y	0	D	1	Y	0	D	1	Y	0	Y	0
Y	0	D	1	D	1	Y	0	Y	0	D	1	D	1	Y	0
Y	0	Y	0	D	1	D	1	Y	0	Y	0	D	1	D	1

Kaynak: Doğan ÖZLEM, “Mantık, Klasik/Sembolik Mantık, Mantık Felsefesi”, Anka Basım, 7. Baskı, 2004, s.238.

Tablo1.2’de gösterildiği gibi birinci önerme “p”, ikinci önerme “q” harfleriyle gösterilir. Aynı tabloda iki önermenin alabileceği doğru (D) ve yanlış (Y) sonuçların kombinasyonları, önerme ekleri sütunlarında doğruluk değerleri olarak gösterilmektedir.

1917’de Matematikçi Jan Lukasiewicz iki değerli Aristo mantığına karşı bir öneride bulunmuştur. Lukasiewicz tarafından ortaya atılan üç değerli mantık en uygun olarak “ belki” tanımı ile tercüme edilebilir ve doğru ile yanlış arasında bir değere sahiptir (Baykal ve Beyan, 2004). Üç değerli mantıkta, önermeler doğru “1”, belki (belirsiz) “1/2”, yanlış “0” olmak üzere üç farklı değerdedir. Lukasiewicz, N değerli mantığın savunucusudur. [0, 1] aralığındaki mantık, standart Lukasiewicz mantığı adını alır (Kocadağlı, 2006).

1.3. BULANIKLIK KAVRAMININ TANIMI

Günlük hayatta her olay, bir başka olay/olayların sebebi sonucunda ortaya çıkar. Bu sebeplere bakılarak ortaya çıkan olay/olayların durumu hakkında çıkarsamalar yapılır. Yapılan bu çıkarsamaların bir kesinlik ifade edebilmesi bir takım kabul ve varsayımlarla mümkündür. Ancak şu da bir gerçektir ki, kabul ve varsayımlar zaman içinde değişebilir ve bu değişmeler sonucunda kesinlik ifade eden çıkarsamalar kesinlik arz etmeyebilir.

Bazı kavramları daha iyi anlayabilmek için, bu kavramları karşıt kavramları ile anlatmak daha kolay ve mantıklıdır. Bulanıklık denildiği zaman, “kesin olmayan”, “belirsizlik arz eden” durumlar akla gelmektedir. Bulanıklık kavramı karşıtı olan “kesin” kelimesinin anlamından yola çıkarak tanımlanabilir. Kesin, şüphe ve duraksamaya yer bırakmayan veya geri dönülmeyen, değişmez, mutlak, kati, maktu (Türkçe Sözlük, 2005), net anlamlarını taşır. Kesinlik denildiği zaman, kesin olma durumu veya kesin davranış katiyet, bir bilginin, bir kanaatin şüpheye düşmeden onaylanması durumu (Türkçe Sözlük, 2005) akla gelir.

Bulanık kelimesi, duru olmayan, açık seçik görünmeyen, net olmayan, niteliği tam anlaşılmayan (Türkçe Sözlük, 2005) olarak tanımlanırken; bulanıklık kavramı, kesinlik ifadesinin zıttı olan; kesin, mutlak, kati olmayan, şüphe ve duraksamaya yer bırakan, değişebilen, belirsiz durumlar olarak tanımlanabilir.

1.4. BULANIK MANTIK

Bulanık mantık iki anlamda kullanılmaktadır. Dar anlamda bulanık mantık; klasik iki değerli mantığın genişletilmiş hali, geniş anlamda ise bulanık kümeleri kullanan bütün teorileri ve teknolojileri ifade eder (Baykal ve Beyan, 2004). İngilizcede “fuzzy logic” kelimelerinin sözlük anlamı olan “bulanık mantık”, doğruluk ölçütünün kesin bir şekilde tanımlanmasından kaynaklanan durumlardaki problemlerle uğraşmak için ideal bir yöntemdir. İlk defa 1956 yılında Amerika Birleşik Devletleri’nde düzenlenen bir konferansta duyurulmuştur. Ancak bu konudaki ilk ciddi adım California Berkley Üniversitesinden Prof. Lotfi A. Zadeh’in 1965 tarihli “Fuzzy Sets (bulanık kümeler)” adlı makalesini yayınlaması ile atılmıştır. Zadeh, bu çalışmasında insan düşüncesinin büyük çoğunluğunun kesin değil bulanık olduğunu belirtmiştir (Zadeh, 1965).

Yukarıda açıklandığı gibi klasik ve sembolik mantık, kesinlikler üzerine kurulmuştur. Özellikle “üçüncü halin olanaksızlığı” ilkesi belirsizliklere yer bırakmamaktadır. Bu ilkeye göre; bir önerme ya “doğru” ya da “yanlış” tır, yani “üçüncü bir durum söz konusu değildir” denilerek kesinlik ifade edilir. Bulanık mantıkta kesinlik kavramı diye bir şey yoktur. Bir önerme ya doğrudur ya da yanlıştır şeklinde ifade edilen kesinlik kavramının, günlük yaşantıda birebir karşılığının olmadığı durumlarda bulanık mantık devreye girer ve önermeyi bulanıklaştırır. Klasik mantıkta bir önerme {0, 1} doğruluk değerlerini alırken, bulanık mantıkta bir önerme [0, 1] gerçel sayı aralığında sonsuz doğruluk değeri alır. Önermenin sonsuz doğruluk değeri alması durumu, çok değerli mantık olarak bilinen "sonsuz değerli mantığın", "bulanık mantık" olduğu ifade edilir.

Matematiksel olarak bulanıklık, "çok değerlilik" anlamına gelir, kökenleri ise kuantum mekaniğindeki "Heinsenberg'in konum-momentum belirsizliği ilkesi" ne dayanır. Belirsizlik ilkesi; koordinat – ilgili momentum, enerji-zaman ve açısal yer değiştirme-ilgili açısal momentum gibi kavramlar çiftlerinin eş zamanlı olarak istenen duyarlılıkla belirlenemeyeceğini ifade eder. Örneğin, atom çevresinde hareket eden bir elektronunun konumundaki belirsizlik azalırsa, momentumundaki belirsizlik artar. Kısaca belirsizlik ilkesi, bir elektronu gözlerken, konumunun ve hızının aynı anda doğru olarak belirlenmesinin mümkün olmadığını açıklar. Genel bir ifadeyle birbirine bağlı iki büyüklük aynı anda yüksek duyarlılıkta ölçülemez. Birinin ölçülmesindeki duyarlılık arttıkça, diğerinin ölçülmesindeki duyarlılık azalır. Bu iki niceliği aynı anda ölçerken yapılacak hatalar, kabul edilebilir sınırlara çekilemez (Heinsenberg, 1949).

Belirsizlik ilkesinden sonra doğru-yanlış arasında kalan belirlenemezlik derecelendirilerek bulanık mantığa çok değerlilik kazandırılmıştır. Belirsizliklerin derecelendirme işlemine, bulanık mantıkta bulanıklaştırma denir. Bir konu hakkında bilgimiz ne kadar çok olursa, o konu hakkındaki belirsizlik o kadar az olurken, bilginin az olması durumunda da konunun belirsizliği artar. Bulanık mantık hem sözel belirsizliklere hem de sayısal belirsizliklere uygulanabilir.

Zadeh, bulanık mantığın genel özelliklerini şu şekilde ifade etmiştir (Baykal ve Beyan, 2004):

1. Bulanık mantıkta kesin nedenlere dayalı düşünme yerine yaklaşık değerlere dayanan düşünme kullanılır.

2. Bulanık mantıkta her şey [0, 1] aralığında belirli bir derece ile gösterilir.

3. Bulanık mantıkta bilgi; büyük, küçük, çok az gibi sözel ifadeler şeklindedir.

4. Bulanık çıkarım işlemi sözel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılır.

5. Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilir.

6. Bulanık mantık, matematiksel modeli çok zor elde edilen sistemler için çok uygundur.

Bulanık mantığın kullanıldığı her alanda enerji, zaman ve işgücünden tasarruf sağlaması ve birçok alana kolaylıkla uygulanabilmesi tüm dikkatlerin bu konu üzerine odaklanmasına ve sürekli bir gelişim içine itmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

KÜMELER, BULANIK KÜMELER VE BULANIK SAYILAR

2.1. KÜME TANIMI

Modern mantık ve matematiğin temelini oluşturan küme kuramı küme kuramının kurucusu kabul edilen, Alman matematikçi George Cantor 1874 yılında yayınladığı makalesi ile ortaya atmıştır. Contor'un tanımına göre bir küme, sezgilerin veya zihnin belirli ayırt edilebilir nesnelerinin bir bütün olarak kavranabilecek şekilde bir araya toplanmış halidir. Cantor'un kuramı; sezgisel küme kuramı olarak da adlandırılır. Çünkü kuramda hangi nesnelerin bir kümenin elemanı olup, hangilerinin olmadıklarına karar verirken kişiyi sezgilerinin yönlendirildiği savunulmaktadır (Stoll, 1963).

Bir küme oluşturulurken, küme elemanlarının iyi tanımlanmış olması zorunluluğu vardır. Yani bir nesne bir kümenin ya elemanıdır ya da değildir. Cantor'un küme teorisi, sonsuzluk ve sonsuz küme kavramlarını tanımlarken, sezgilerin devreye girmesi çelişkilere neden olmuştur.

Her topluluğun küme olmayacağını belirten Paul Isaac Beynays ve Kurt Gödel çelişkilerden korunmak için yeni bir küme modeli ortaya koymuşlardır. Küme tanımı açıkça yapılmadan "sınıf" kavramı ve sınıflar arasında $\in$ işareti ile gösterilen bir ikili bağıntıyla, çeşitli mantıksal işaretler ve $\forall$ ile $\exists$ gibi niteleyiciler aracılığı ile çalışılır (Nambiar, 1996). Tüm x, X, A gibi değişkenler bu modelde bir sınıftır, onlara sınıf değişkenleri denir. Bu modelde, ancak ve yalnız, uygun bir A sınıfı aracılığı ile $X \in A$ koşulunu gerçekleyen X sınıflarına "küme" denir (Lutz, 2003).

Kümeye ait bazı tanımlar aşağıda veilmiştir.

1.Bir küme elemanları sayılabiliyorsa yani sonlu sayıda ise “sınırlı (sonlu) küme”, sayılamıyorsa yani sonsuz sayıda ise “sınırsız (sonsuz) küme” denir.

2. İncelenen olay/olayların tüm özelliklerini içine alan kümeye “evrensel küme” denir. Evrensel küme “E” sembolü ile gösterilir. İncelenen her olay/olaylar için evrensel küme farklıdır.

3. Bir x elemanı A kümesinin elemanı olup olmadığı üyelik fonksiyonu (karakteristik fonksiyon, diskriminasyon fonksiyonu) kullanılarak ifade edilir. Üyelik fonksiyonu $\mu_A(x)$ şeklinde gösterilir. A kümesinin elemanları, yalnızca “0” ve “1” değeri alan $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu ile gösterilebilir. x’in A kümesinin elemanı olup olmadığını belirleyen fonksiyon;

$$\mu_A : E \to \{0,1\} \tag{2.1}$$

şeklinde tanımlanır (Baykal ve Beyan, 2004).

4. Bir kümeye ait eleman bulunmuyorsa bu kümeye boş küme denir. Boş küme $A = \varnothing$ veya $A = \{\ \}$ şeklinde gösterilir. Boş kümenin üyelik fonksiyonu;

$$\forall x \in A \, için \, \mu_A(x) = 0 \tag{2.2}$$

olarak tanımlanır.

2.2. BULANIK KÜMELER

Çok değerli mantığa kadar olaylar için ya “kesin doğru” ya da “kesin yanlıştır” yargısı geçerli olmuştur. Klasik kümelerde bu yargılar üzerine kurulmuştur. Bir nesne veya olgu bir kümenin ya elemanıdır ya da değildir. Dolayısıyla klasik küme işlemleri nesne/olgu kümenin elemanı ise “1”, kümeye ait değilse “0” olarak gösterilerek oluşturulmuştur.

Gerçek hayatta olay/olaylar için kesinlik belirten ifadeler kullanılamaz. Olay/olaylar için “kesin doğrudur” ya da “kesin yanlıştır” yargıları arasında kalan, “az”, “biraz”, “çok”, v.b. anlamlara karşılık gelen yargılarda vardır. İkili mantık üzerine kurulan klasik küme teoremi, olay/olayların sonuçları karşısında yetersiz kalması sonucunda, [0, 1] aralığında sonsuz değerler alabilen, bulanık mantık üzerine kurulmuş olan bulanık küme teorisini ortaya çıkarmıştır.

Bulanık mantığı bilim dünyası ile tanıştıran önemli temsilcilerden olan L. A. Zadeh 1965’te yayımlanan “Fuzzy Sets” (Bulanık Kümeler) makalesi ile kesin olmayan olaylar karşısında nesnelerin durumunu ortaya koyan “bulanık küme teorisini” ortaya koymuştur.

Bulanık küme teorisi, bir bulanık küme, [0, 1] aralığında olan üyelik derecelerinin sürekliliği ile bir sınıf oluşturur (Zadeh, 1965). Böylelikle kesin olmayan, belirsizlik içeren problemlere ait üyeler, derecelendirilerek belirli (bilinen) duruma, üyelik dereceleri şeklinde dönüştürülür.

Bulanık üyelik kavramı ile sözel terimler tanımlanabilir. Zadeh 1973 yılında yayınladığı makalesinde sözel verilerin kullanılmasını; “Aşırı karmaşıklıktan kaçınmak için sözel değişkenler kullanılır. Sözel değişkenlerin doğal veya yapay dillerdeki karşılığı sayı değil kelimeler veya cümlelerdir. Kelimeler veya cümlelere sözel karakter atamak, sayılar atamaktan daha kolaydır.” şeklinde açıklamaktadır (Zadeh, 2002). Bir bulanık kelime veya ifadenin temsil ettiği sayısal aralık o ifade hakkında bilgi sahibi kişiler tarafından belirlenir. Bu aralıkların sınırlarında Aristo mantığına göre katı kararlar alınmalıdır. Bu aralıkları arasındaki geçiş kısımlarının birbirinin devamı olması zorunlu değildir ve örtüşme söz konusu olabilir (Baykal ve Beyan, 2004).

2.2.1. Bulanık Küme Tanımı

Bulanık kümelerde, kümeye ait olan elemanlar üyelik dereceleri ile gösterilir. Üyelik derecesi “sıfır” olan nesne, bulanık küme üzerinde bir üyelik derecesine sahip olmadığı anlamını taşırken, üyelik derecesi “bir” olan nesne ise bulanık kümeye tam üye olduğu anlamını taşır. Diğer küme elemanları ise [0, 1] aralığında bir sayıya karşılık gelen üyelik dereceleriyle gösterilir.

Bulanık bir küme, bir nesne ve bu nesnenin ilgili kümeye üyelik derecesini gösteren sıralı çiftlerle ifade edilir (Zimmermann, 1993). Bu tanıma göre bulanık küme;

$$\underset{\sim}{A} = \{(x, \mu_{\underset{\sim}{A}}(x)), \forall x \in U\} \tag{2.3}$$

şeklindedir. Tanımda yer alan;

$\underset{\sim}{A}$: Bulanık küme,

x : U kümesine ait bir eleman,

$\mu_{\underset{\sim}{A}}(x)$: x'e karşılık gelen üyelik derecesini gösterir.

Her bir $(x, \mu_{\underset{\sim}{A}}(x))$ çiftine bir "bulanık teklik" denir. Bir bulanık teklik, $\mu_{\underset{\sim}{A}}(x)/x$ olarak da tanımlanabilir (Tsoukalas ve Uhring, 1997).

Bulanık kümelerde, üyelik derecesi 0 olan bulanık teklikler gösterilmez. Buna göre, evrensel kümenin sonlu olması halinde bir bulanık küme aşağıda verildiği gibi ifade edilir (Zadeh, 1987).

$$\underset{\sim}{A} = \sum_{i=1}^{n} \frac{\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_i)}{x_i} \tag{2.4}$$

Evrensel kümenin sonsuz olması durumunda bir bulanık küme aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\underset{\sim}{A} = \int \frac{\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_i)}{x_i} \quad , \quad \forall x_i \in U \tag{2.5}$$

Yukarıdaki ifadelerde; $\sum$, $\int$, / ve + işaretleri cebirsel anlamda sırasıyla toplama, integral, bölme ve toplama işlemlerini göstermez. "$\sum$, $\int$" işaretleri bulanık tekliklerin sırasıyla kesikli ve sürekli evrenlerde bir araya getirilmesini ifade eder. "/" simgesi, matematiksel olarak $(x, \mu_{\underset{\sim}{A}}(x))$ tekliğini ifade etmek için kullanılan bir araçtır. “+” işareti ise, bulanık tekliklerin birleşimini gösteren bir simgedir (Özkan, 2003).

2.2.2. Üyelik Fonksiyonu ve Üyelik Derecesi

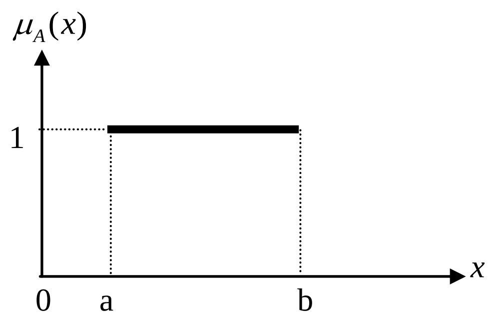
Bir nesnenin, bir kümenin elemanı olup olmadığını gösteren fonksiyona, o kümenin “üyelik fonksiyonu” denir. Klasik kümelerde bu işlem kesindir, yani belirsizlik söz konusu değildir. Örneğin, “a” ve “b” gerçel sayıları dahil olmak üzere, bu sayılar arasında kalan reel sayıları gösteren A kümesi; $A = \{x \mid \mathrm{a} \le x \le \mathrm{b},\ x \in R\}$ şeklinde gösterilir. Bu durum reel sayı doğrusunda aşağıdaki şekilde gösterilir.

Şekil 2.1. A Kümesi Elemanları

A kümesinin üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibidir;

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1\ , & eğer \quad \mathrm{a} \le x \le \mathrm{b} \\ 0\ , & diğer\ durumlarda \end{cases} \tag{2.6}$$

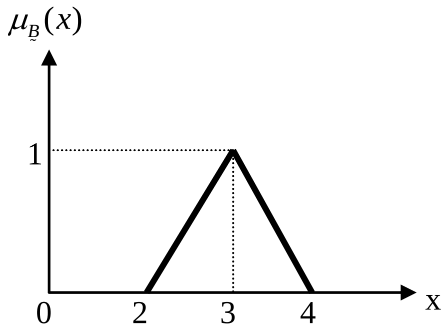
A kümesi elemanlarının üyelik fonksiyonu Şekil 2.2’deki gibidir.



Şekil 2.2. A Kümesi Üyelik Fonksiyonu

Yukarıda açıklandığı gibi bulanık kümelerde bir nesnenin bir kümenin elemanı olup olmadığı hakkında belirsizlik söz konusudur. Bu durumda bulanık küme elemanlarının, kümeye ait olma derecelerini gösteren, üyelik dereceleri gündeme gelir. Her küme elemanının üyelik dereceleri, 0 ile 1 arasında değerler alır ve ait olduğu bulanık kümenin üyelik fonksiyonu kullanılarak elde edilir. Örneğin, 2 ile 4 sayıları arasında, 3 sayısına yakın değerler alan bir B kümesi tanımlarsak, "yakın" kelimesi kesin olmama durumunu ifade ettiği için B kümesi bulanık küme olma özelliği taşır.

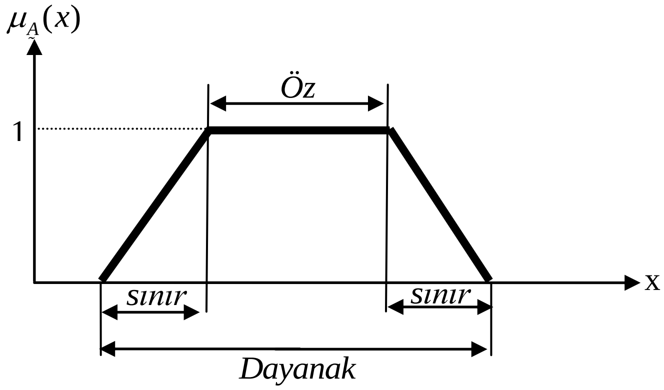
B bulanık kümesine ait üyelik fonksiyonu $\mu_{\underset{\sim}{B}}(x) \rightarrow [0, 1]$ şeklinde gösterilir. Üyelik fonksiyonuna ait grafik Şekil 2.3'de verilmiştir.



Şekil 2.3. $\mu_{\underset{\sim}{B}}(x)$ Üyelik Fonksiyonu

2.2.2.1. Üyelik Fonksiyonu Kısımları

Bulanık kümeye ait üyelik fonksiyonu, üyelik derecelerinin aldığı değerlere göre kısımlara ayrılır. A bulanık küme ve bu kümeye ait "x" elemanının üyelik derecesi $\mu_{\underset{\sim}{A}}(x)$ olmak üzere üyelik fonksiyonların kısımlarını gösteren grafik Şekil 2.4'de olduğu gibidir (Şen, 2001).



Şekil 2.4. Üyelik Fonksiyonu Kısımları

Şekil 2.4’e göre;

1. Öz: $\mu_{\underset{\sim}{A}}(x)$ = 1, x’in A bulanık kümesine tam üye olduğunu göstermektedir. Bu tür elemanlara “öz” adı verilir. Şekil 2.4’de birden fazla “öz” bulunduğu görülmektedir.

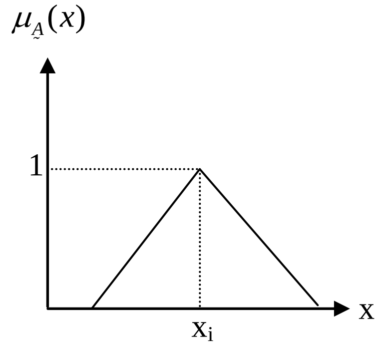
2. Sınır (Geçiş Bölgesi): Üyelik dereceleri 1’e veya 0’a eşit olmayan öğelerin oluşturduğu kısımlara sınır veya geçiş bölgeleri denir (Zimmermann, 2001). Geçiş bölgeleri $0 < \mu_{\underset{\sim}{A}}(x) < 1$aralığındadır. Şekil 2.4’de görüldüğü gibi, “öz” ün biri sağında diğeri solunda olmak üzere iki geçiş bölgesi vardır.

3. Dayanak: A bulanık kümesinde 0’dan farklı üyelik derecesine sahip öğeleri içerir. Matematiksel olarak gösterilişi $\mu_{\underset{\sim}{A}}(x) > 0$ şeklindedir (Sakawa,1993).

2.2.2.2. Üyelik Fonksiyonunun Özellikleri

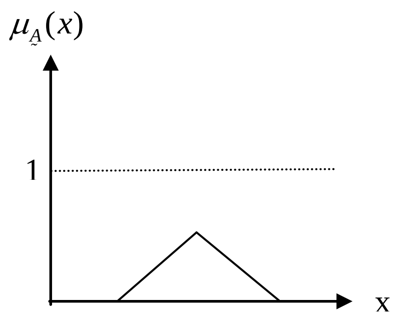
Bulanık kümelere ait üyelik fonksiyonlarında; normallik, monotonluk ve simetri olmak üzere üç özellik vardır. Bu özellikleri gerçekleştiremeyen bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları bulunamaz. Bu özelliklerin genel hatları aşağıdaki gibidir;

i) Normallik: En az bir üyelik derecesi değerinin 1 olması durumunda, bulanık küme “normal” olarak adlandırılır. Normal olan bulanık kümenin üyelik derecesinin şekli aşağıdaki gibidir.



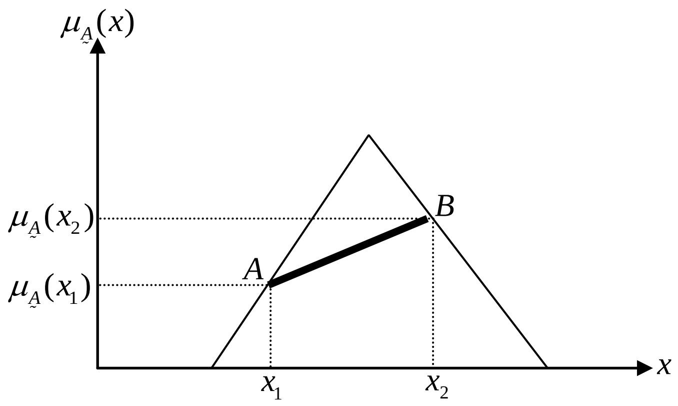
Şekil 2.5. Bulanık Kümenin Normal Olma Durumu

Normal olma özelliğinin taşımayan bulanık kümeler ya boş küme ya da "normalaltı" kümedir. Bulanık kümelerin üyelik derecelerinin tamamının "sıfır" olması durumuna "boş küme", boş küme olmamak koşulu ile tüm üyelik derecelerinin 1'in altında olması durumuna, yani üyelik derecelerinin (0, 1) aralığında değerler alması durumuna "normalaltı" denir. Normalaltı bulanık kümeler, normal bulanık kümeye dönüştürülebilirler. Bu dönüşüm için, her bir üyelik derecesi en büyük üyelik derecesine bölünür. Bulanık kümelerde normalaltı durumu Şekil 2.6'da gösterilmektedir.



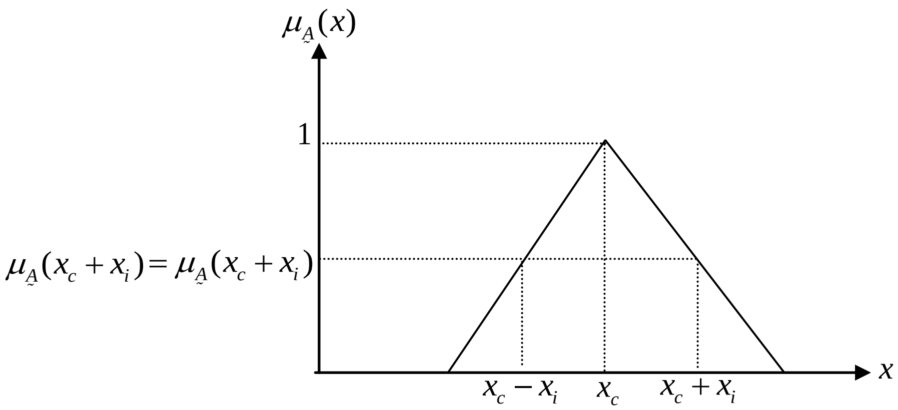
Şekil 2.6. Bulanık Kümelerde Normalaltı Durum

ii) Monotonluk: Üyelik fonksiyonunun monoton olması durumu; üyelik derecesi 1'e yaklaştıkça üyelik fonksiyonunun, bulanık küme kriterlerinde artış, 1'den uzaklaştıkça azalış olması durumudur. Monotonluk, bulanık kümenin dışbükey (konveks) olması durumu ile de açıklanır. Şekil 2.7'de gösterildiği gibi A ve B noktalarını birleştiren doğru üzerindeki her noktanın üçgen bölgenin içerisinde olması durumu dışbükeylik olarak adlandırılır.



Şekil 2.7. Dışbükey Küme Üyelik derecesi

iii) Simetri: Geçiş bölgesinde bulunan eşit uzaklıktaki üyelik derecelerinin birbirine eşit olması durumuna üyelik fonksiyonunun "simetri" özelliği denir. Bulanık kümenin üyelik fonksiyonu $\mu_{\underset{\sim}{A}}(x)$ simetrik ise, $\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_c + x_i) = \mu_{\underset{\sim}{A}}(x_c - x_i)$ şeklinde gösterilir. Bu durum Şekil 2.8'de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Simetrik Bulanık Küme Gösterimi

2.2.2.3. Üyelik Fonksiyonu Tipleri

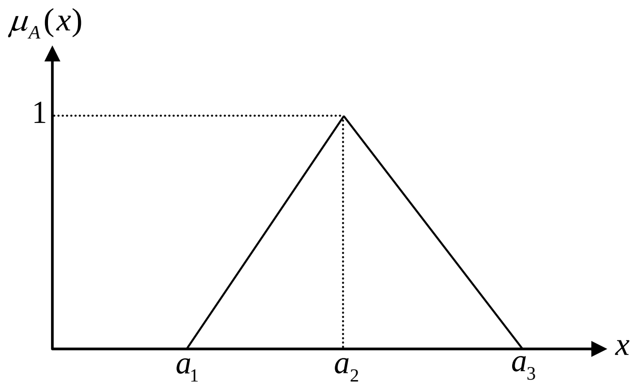
Bulanık kümeye ait üyelik fonksiyonunun grafiğine bakarak fonksiyonun tipi belirlenir. Çok sayıda üyelik fonksiyonu tipi olmakla beraber pratikte en fazla kullanılanlar üçgen, yamuk, çan eğrisi, Gaussian, Sigmoidal, S ve Π üyelik fonksiyonlarıdır.

2.2.2.3.1. Üçgensel Üyelik Fonksiyonu

Üçgensel üyelik fonksiyonu a_1, a_2 ve a_3 olmak üzere üç parametre ile tanımlanır ve $\mu_A(x)$ üçgensel üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılır (Li vd, 2004).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x < a_1 \\ \dfrac{x - a_1}{a_2 - a_1} & , \quad a_1 \le x \le a_2 \\ \dfrac{a_3 - x}{a_3 - a_2} & , \quad a_2 \le x \le a_3 \\ 0 & , \quad x > a_3 \end{cases} \tag{2.7}$$

Üçgensel üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 2.9'daki gibidir.



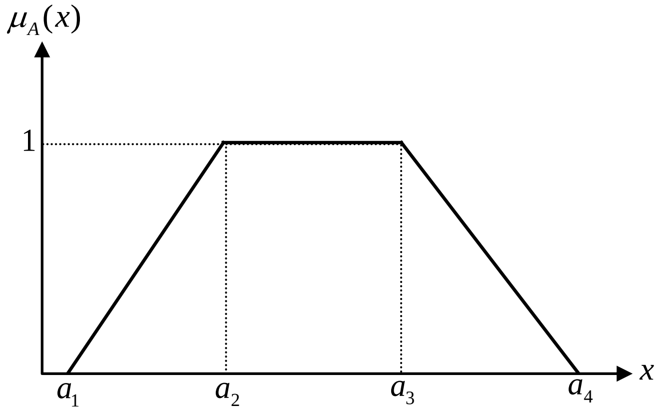
Şekil 2.9. Üçgensel Üyelik Fonksiyonu

2.2.2.3.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu

Üçgensel üyelik fonksiyonunun özel bir durumu olan yamuk üyelik fonksiyonu a_1, a_2, a_3 ve a_4 olmak üzere dört parametre ile tanımlanır. $\mu_A(x)$ yamuk üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılır;

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x < a_1 \\ \dfrac{x - a_1}{a_2 - a_1} & , \quad a_1 \le x \le a_2 \\ 1 & , \quad a_2 \le x \le a_3 \\ \dfrac{a_4 - x}{a_4 - a_3} & , \quad a_3 \le x \le a_4 \\ 0 & , \quad x > a_4 \end{cases} \tag{2.8}$$

Yamuk üyelik fonksiyonu grafiği aşağıda gösterilmiştir.



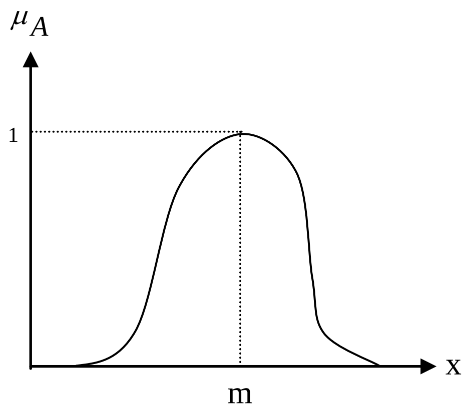
Şekil 2.10. Yamuk Üyelik Fonksiyonu

2.2.2.3.3. Gaussian Üyelik Fonksiyonu

Bu tip üyelik fonksiyonu “m” ve “σ” parametreleri ile tanımlanır. “m” fonksiyonun merkezini, “σ” fonksiyonun genişliğini ifade etmektedir. Gaussian üyelik fonksiyonu aşağıdaki şekilde tanımlanır;

$$\mu_A(x;m,\sigma) = \exp\left\{\frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2}\right\} \tag{2.9}$$

Gaussian üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 2.11’deki gibidir.



Şekil 2.11. Gaussian Üyelik Fonksiyonu

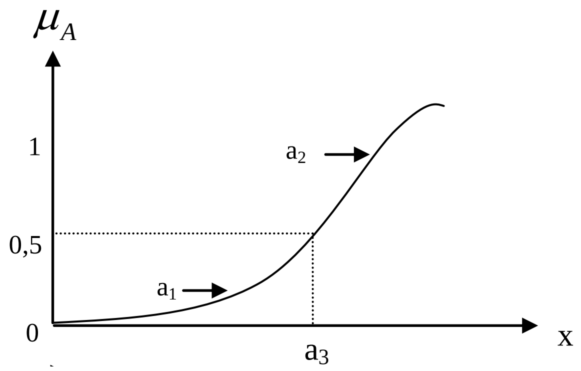
Eğer “σ” küçük olursa üyelik fonksiyonu daha ince olurken, bu değer büyüdükçe üyelik fonksiyonu gittikçe yayvanlaşmaktadır.

2.2.2.3.4. Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu

Bu tip üyelik fonksiyonu a_1 ve a_2 parametreleri ile aşağıdaki üyelik fonksiyonuna sahiptir.

$$\mu_A(x;a_1,a_2)=\left\{\frac{1}{1+e^{-a_1(x-a_2)}}\right\} \tag{2.10}$$

Sigmoidal üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 2.12'deki gibidir.



Şekil 2.12. Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu

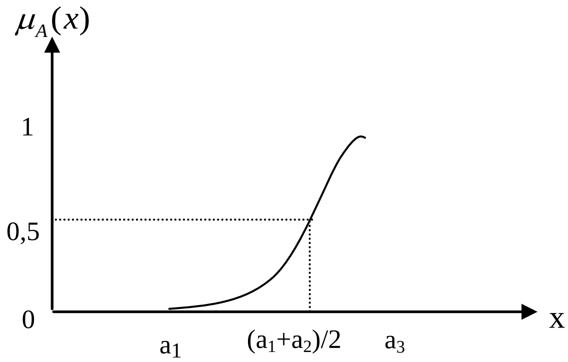
Şekil 2.12.'de gösterildiği gibi "a_3" değeri tüm sigmoidal üyelik fonksiyonlarında üye olma ile üye olmama arasında bir kırılma noktası olup $\mu_A(a_3)$ değeri 0,5'dir.

2.2.4.3.5. S Üyelik Fonksiyonu

Bu tip üyelik fonksiyonu a_1 ve a_2 parametreleri ile aşağıdaki üyelik fonksiyonuna sahiptir.

$$\mu_A(x;a_1,a_2)=\begin{cases} 0 & , \quad x<a_1 \\ 2\left[\dfrac{x-a_1}{a_2-a_1}\right]^2 & , \; a_1\le x<(a_1+a_2)/2 \\ 1-2\left[\dfrac{x-a_2}{a_2-a_1}\right]^2 & , \; (a_1+a_2)/2\le x<a_2 \\ 1 & , \; a_2\le x \end{cases} \tag{2.11}$$

S üyelik fonksiyonu grafiği Şekil 2.13'deki gibidir.



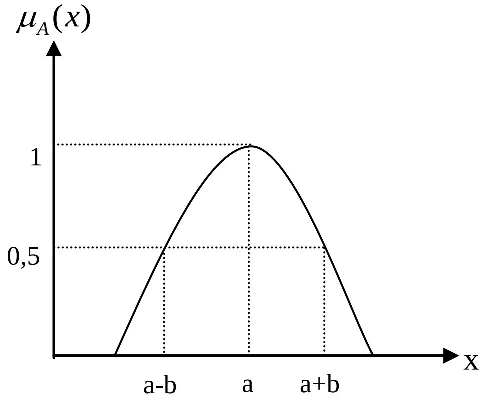
Şekil 2.13. S üyelik Fonksiyonunun Gösterimi

2.2.2.3.6. Π Üyelik Fonksiyonu

İki tip Π üyelik fonksiyonu vardır. Birinci tip Π_1 üyelik fonksiyonunda iki, diğer üyelik fonksiyonunda dört parametre vardır. Birinci tip Π_1 üyelik fonksiyonu aşağıdaki ifade ile tanımlanır.

$$\Pi_1 = \mu_{A_1}(x; a_1, a_2) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x - a_1}{a_2}\right)^2} \tag{2.12}$$

Söz konusu üyelik fonksiyonunun grafiği aşağıdaki gibidir.

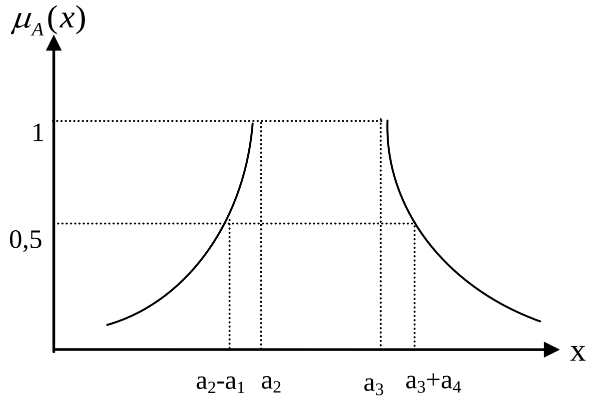


Şekil 2.14. Π_1 Üyelik Fonksiyonlarının Gösterimleri

İkinci tip Π_2 üyelik fonksiyonu şöyledir.

$$\Pi_2 = \mu_{A_2}(x; a_1, a_2, a_3, a_4) = \begin{cases} a_1 / (a_2 + a_1 - x) & , x < a_2 \\ 1 & , a_2 \le x \le a_3 \\ a_4 / (x - a_3 + a_4) & , a_3 < x \end{cases} \tag{2.13}$$

Söz konusu üyelik fonksiyonunun grafiği aşağıdaki gibidir.



Şekil 2.15. Π_2 Üyelik Fonksiyonlarının Gösterimleri

2.2.3. Üyelik Fonksiyonun Oluşturulması

Bulanık kümelere ait üyelik fonksiyonları oluşturulurken, ilgilenilen konu hakkında deneyime sahip kişilerin sezgileri, çıkarımları, tercihlerine kadar bazı algoritmalar ve mantıksal işlemler de kullanılmaktadır. Üyelik fonksiyonu oluşturulurken, olasılık hesaplarında olduğu gibi, rassal değişkenlere olasılık yoğunluk fonksiyonu atanması teknikleri de kullanılmaktadır. Dolayısıyla üyelik fonksiyonu oluşturma işlemlerini bir sisteme oturtmak mümkün değildir. Araştırılan konulara ait üyelik fonksiyonları araştırmacı tarafından belirlenen bağımsız yöntemlerle oluşturulmaktadır.

Zadeh 1972 yılında yayınladığı makalesinde örnekleme yöntemini kullanarak üyelik fonksiyonu oluşturmayı göstermiştir. Zadeh, örnekleme yöntemini, "U bir evrensel küme ve $\underset{\sim}{A}$, U üzerinde tanımlı bir bulanık küme iken, $\mu_{\underset{\sim}{A}}$ üyelik fonksiyonu, $\underset{\sim}{A}$ kümesi için yapılacak örnekleme sonucunda elde edilecek bilgilerden yola çıkılarak belirlenebilir" şeklinde tanımlamaktadır. Örnekleme yöntemi ile elde edilen üyelik fonksiyonunu oluşturmayı Zadeh; $\underset{\sim}{A}$ bulanık kümesi "genç" olarak tanımlanan insanlardan meydana gelen bir örnek yardımı ile açıklamıştır. Bu örnekte, "genç" kelimesi kişiden kişiye değişen bir kavram olduğu için bulanık bir ifadedir. $\underset{\sim}{A}$ bulanık kümeye ait üyelik fonksiyonu oluşturulurken, bir grup seçilir ve bu gruba "t yaşındaki bir insan gençtir" yargısı hakkındaki düşünceleri sorulur. Bu sorunun cevabı "doğru", "biraz doğru", "sınırda", "biraz yanlış" ve "yanlış" şeklinde olup, verilen cevaplara göre sırasıyla, "1", "0,75", "0,50", "0,25" ve "0" sayıları yerleştirilir. Bu işlem birkaç farklı yaş grupları için tekrarlanarak $\underset{\sim}{A}$ bulanık kümesinin $\mu_{\underset{\sim}{A}}$ kesikli üyelik fonksiyonu elde edilir.

2.2.4. Bulanık Küme İşlemleri

Klasik kümelerde yer alan; birleşim, kesişim ve tümleme şeklinde üç temel işlem bulanık kümelerde de en sık karşılaşılan küme işlemleridir. Bu işlemler bulanık kümelerde aşağıdaki gibi tanımlanır (Langari ve Yen, 1995).

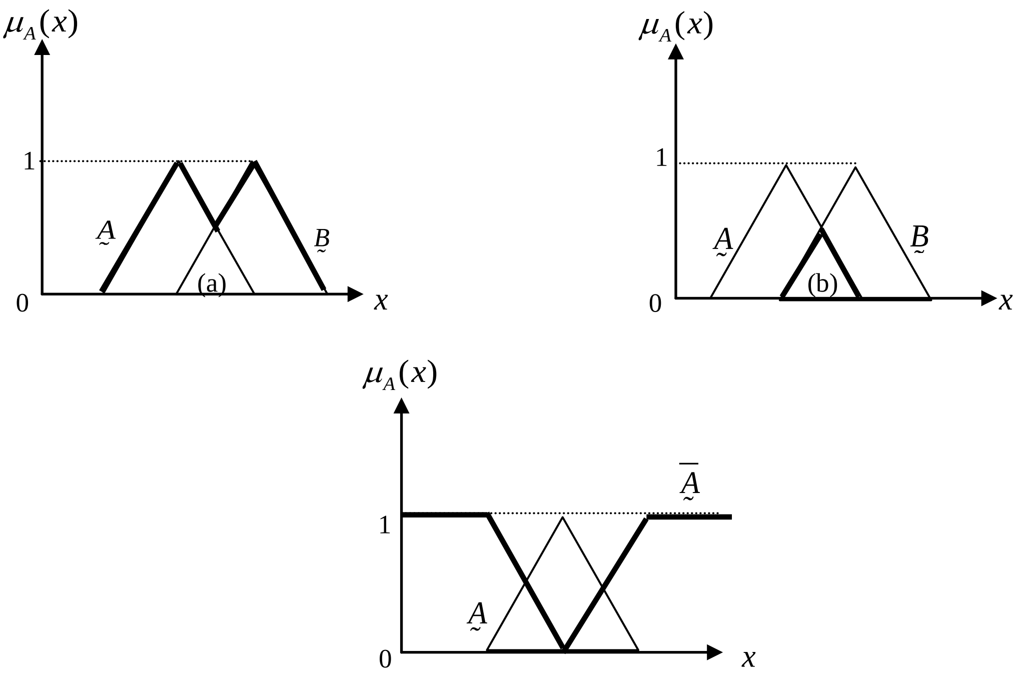
Evrensel küme U'da tanımlı $\underset{\sim}{A}$ ve $\underset{\sim}{B}$ kümelerine ait üyelik fonksiyonları $\mu_{\underset{\sim}{A}}(x)$ ve $\mu_{\underset{\sim}{B}}(x)$ olmak üzere bulanık küme işlemleri aşağıdaki gibidir.

Bulanık Kesişim Kümesi : $\mu_{\underset{\sim}{A}\cap\underset{\sim}{B}}(x) = \min(\mu_{\underset{\sim}{A}}(x), \mu_{\underset{\sim}{B}}(x))$ (2.14)

Bulanık Birleşim Kümesi: $\mu_{\underset{\sim}{A}\cup\underset{\sim}{B}}(x) = \max(\mu_{\underset{\sim}{A}}(x), \mu_{\underset{\sim}{B}}(x))$ (2.15)

Bulanık Tümleme Kümesi: $\mu_{\bar{\underset{\sim}{A}}}(x) = 1 - \mu_{\underset{\sim}{A}}(x)$ (2.16)

Bulanık küme işlemlerinin grafiksel gösterimleri Şekil 2.16'da açıklanmıştır.



(c)

Şekil 2.16. Bulanık Küme İşlemlerinin Gösterimi

Şekil 2.16 (a)'da koyu çizginin altında kalan bölge bulanık kümelerde birleşimi, (b)'de koyu çizginin altında kalan bölge bulanık kümelerde kesişimi ve (c)'de koyu çizginin altında kalan bölge A bulanık kümesinin tümleyenini göstermektedir.

Bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları arasında $\mu_{\underset{\sim}{A}}(x) \leq \mu_{\underset{\sim}{B}}(x) \ \forall x \in U$ ilişkisi varsa, $\underset{\sim}{A}$ kümesi $\underset{\sim}{B}$ kümesinin bir alt kümesidir (Kosko, 1992). Matematiksel olarak bu durum $\underset{\sim}{A} \subseteq \underset{\sim}{B}$ şeklinde gösterilir.

Bulanık kümelerde kesişim, birleşim ve tümleme işlemlerinin özellikleri aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Kaufmann, 1975).

1. Bulanık kümelerde değişme:

$$\left.\begin{aligned} \mu_{\underset{\sim}{A}\cap\underset{\sim}{B}}(X) &= \mu_{\underset{\sim}{B}\cap\underset{\sim}{A}}(X) \\ \mu_{\underset{\sim}{A}\cup\underset{\sim}{B}}(X) &= \mu_{\underset{\sim}{B}\cup\underset{\sim}{A}}(X) \end{aligned}\right\} \tag{2.17}$$

2. Bulanık kümelerde birleşme:

$$\left.\begin{aligned} \mu_{\underset{\sim}{A}\cap(\underset{\sim}{B}\cap\underset{\sim}{C})}(X) &= \mu_{(\underset{\sim}{A}\cap\underset{\sim}{B})\cap\underset{\sim}{C}}(X) \\ \mu_{\underset{\sim}{A}\cup(\underset{\sim}{B}\cup\underset{\sim}{C})}(X) &= \mu_{(\underset{\sim}{A}\cup\underset{\sim}{B})\cup\underset{\sim}{C}}(X) \end{aligned}\right\} \tag{2.18}$$

3. Bulanık kümelerde dağılma:

$$\left.\begin{aligned} \mu_{\underset{\sim}{A}\cap(\underset{\sim}{B}\cup\underset{\sim}{C})}(X) &= \mu_{(\underset{\sim}{A}\cap\underset{\sim}{B})\cup(\underset{\sim}{A}\cap\underset{\sim}{C})}(X) \\ \mu_{\underset{\sim}{A}\cup(\underset{\sim}{B}\cap\underset{\sim}{C})}(X) &= \mu_{(\underset{\sim}{A}\cup\underset{\sim}{B})\cup(\underset{\sim}{A}\cup\underset{\sim}{C})}(X) \end{aligned}\right\} \tag{2.19}$$

4. Bulanık kümelerde yansıma:

$$\left.\begin{aligned} \mu_{\underset{\sim}{A}\cap\underset{\sim}{A}}(x) &= \mu_{\underset{\sim}{A}}(x) \\ \mu_{\underset{\sim}{A}\cup\underset{\sim}{A}}(x) &= \mu_{\underset{\sim}{A}}(x) \end{aligned}\right\} \tag{2.20}$$

5. Bulanık kümelerde özdeşlik:

$$\left.\begin{aligned} \mu_{\underset{\sim}{A}\cap\varnothing}(x) &= \mu_{\varnothing}(x) \\ \mu_{\underset{\sim}{A}\cup\varnothing}(x) &= \mu_{\underset{\sim}{A}}(x) \\ \mu_{\underset{\sim}{A}\cap U}(x) &= \mu_{\underset{\sim}{A}}(x) \\ \mu_{\underset{\sim}{A}\cup U}(x) &= \mu_{U}(x) \end{aligned}\right\} \tag{2.21}$$

6. Bulanık kümelerde çift değilleme:

$$\mu_{\bar{\bar{A}}}(x) = \mu_{A}(x) \tag{2.22}$$

7. De Morgan Kuralları:

$$\left.\begin{aligned} \mu_{\overline{A \cap B}}(x) &= \mu_{\bar{A} \cup \bar{B}}(x) \\ \mu_{\overline{A \cup B}}(x) &= \mu_{\bar{A} \cap \bar{B}}(x) \end{aligned}\right\} \tag{2.23}$$

Yukarıda verilen temel özellikler ile geleneksel küme durumundaki temel özellikler karşılaştırıldığında, orta terimin yokluğu kuralı $(A \cup \bar{A} = U)$ ile çelişme kuralının $(A \cap \bar{A} = \varnothing)$ bulanık kümelerde geçerli olmadığı görülebilir. Geleneksel kümelerde bir kümenin elemanı olan nesne, doğal olarak ilgili kümenin tümleyen kümesinin elemanı değildir. Halbuki, bulanık kümenin kısmi olarak üyesi olan bir nesne, aynı zamanda ilgili kümenin tümleyen kümesinin de kısmi olarak üyesidir. Evrensel kümeyi, küme elemanlarının üyelik derecelerinin 1, boş kümeyi de üyelik derecesi 0 olarak kabul eden kümeler olarak tanımlanırsa, bu durum bulanık kümelerde aşağıdaki gibi gösterilir (Özkan, 2003).

$$\left.\begin{aligned} \mu_{A \cap \bar{A}}(X) &\neq \mu_{\varnothing}(X) \\ \mu_{A \cup \bar{A}}(X) &= \mu_{U}(X) \end{aligned}\right\} \tag{2.24}$$

Orta terimin yokluğu ve çelişme kurallarının bulanık kümelerde de geçerli olması isteniyorsa, dağılma ve yansıma kuralları göz ardı edilmelidir (Lin ve Lee, 1996).

2.2.5. Bulanık Küme Özellikleri

Bulanık kümelerde üyelik fonksiyonlarına göre tanımlanan "eşitlik", "kapsama", "üs alma", "kartezyen çarpımı", "yükseklik", "normallik", "destek kümesi", "sınır kümesi", "Kernel kümesi", "merkez", "α- kesimleri" ve "dışbükeylik" gibi temel kavramlar vardır (Özkan, 2003). Bu kavramlar klasik küme kavramlarının bir uzantısıdır.

U, V, W evrensel kümelerde tanımlı $\underset{\sim}{A}$, $\underset{\sim}{B}$ ve $\underset{\sim}{C}$ bulanık kümeler, sırsıyla $\mu_{\underset{\sim}{A}}$, $\mu_{\underset{\sim}{B}}$ ve $\mu_{\underset{\sim}{C}}$ bu bulanık kümelere ait üyelik fonksiyonları olmak üzere;

a) Bulanık kümelerde "eşitlik" kavramının matematiksel gösterimi (Bandemer ve Gottwald, 1996) şöyledir:

$$\mu_{\underset{\sim}{A}}(x) = \mu_{\underset{\sim}{B}}(x) \;\; \forall x \in U \Leftrightarrow \underset{\sim}{A} \equiv \underset{\sim}{B} \tag{2.25}$$

Diğer taraftan, iki bulanık kümenin üyelik fonksiyonları arasında,

$$\mu_{\underset{\sim}{A}}(x) \neq \mu_{\underset{\sim}{B}}(x) \;\; \exists x \in U \Leftrightarrow \underset{\sim}{A} \neq \underset{\sim}{B} \tag{2.26}$$

ilişki varsa, bu bulanık kümelerin eşit olmadığı söylenir.

b) Bulanık kümelerde "üs alma" işleminin matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir (Zimmerman, 1983).

$$\mu_{\underset{\sim}{A}^{\beta}}(x) = (\mu_{\underset{\sim}{A}}(x))^{\beta} \;\; \forall x \in U \,, \beta > 0 \tag{2.27}$$

c) Bulanık kümelerde "kartezyen çarpım kümesi" (2.28)'deki gibidir (Bandemer ve Gottwald, 1996).

$$\mu_{U \times V \times W}(x, y, z) = \min(\mu_{\underset{\sim}{A}}(x), \mu_{\underset{\sim}{B}}(y), \mu_{\underset{\sim}{C}}(z)) \;,\; x \in U, y \in V, z \in W \tag{2.28}$$

d) Bulanık kümelerde "yükseklik ve normallik" kavramlarının matematiksel gösterimi şöyledir (Fedrizzi, 1987):

$$\text{yükseklik}(\underset{\sim}{A}) = \sup[\mu_{\underset{\sim}{A}}(x)] \;,\; \forall x \in U \tag{2.29}$$

Formüldeki "sup(supremum)", en küçük üst sınır anlamına gelmektedir.

e) Yüksekliği "1" e eşit olan bulanık kümelere normal bulanık kümeler denir. Normal bulanık küme matematiksel olarak aşağıdaki gibi açıklanır.

$$\text{yükseklik}(\underset{\sim}{A}) = \sup[\mu_{\underset{\sim}{A}}(x)] = 1 \ , \ \exists x \in U \tag{2.30}$$

Normalaltı bulanık kümenin gösterimi (Zadeh, 1965);

$$\text{Norm}(\underset{\sim}{A}) = \frac{\text{yükseklik}\ (\underset{\sim}{A})}{\mu_{\underset{\sim}{A}}(x)} \ , \ \forall x \in U \tag{2.31}$$

şeklindedir.

f) Destek Kümesi: Bulanık bir kümenin üyelik fonksiyonunda, üyelik derecesi sıfırdan büyük olan elemanların bir araya getirdiği kümeye "Destek Kümesi" denir (Dubois ve Prade, 1980). Destek kümesinin matematiksel gösterimi aşağıda verilmiştir:

$$\text{Destek}\ (\underset{\sim}{A}) = \left\{ x\ \hat{I}\ U \middle|\ \mu_{\underset{\sim}{A}}(x) > 0 \right\} \tag{2.32}$$

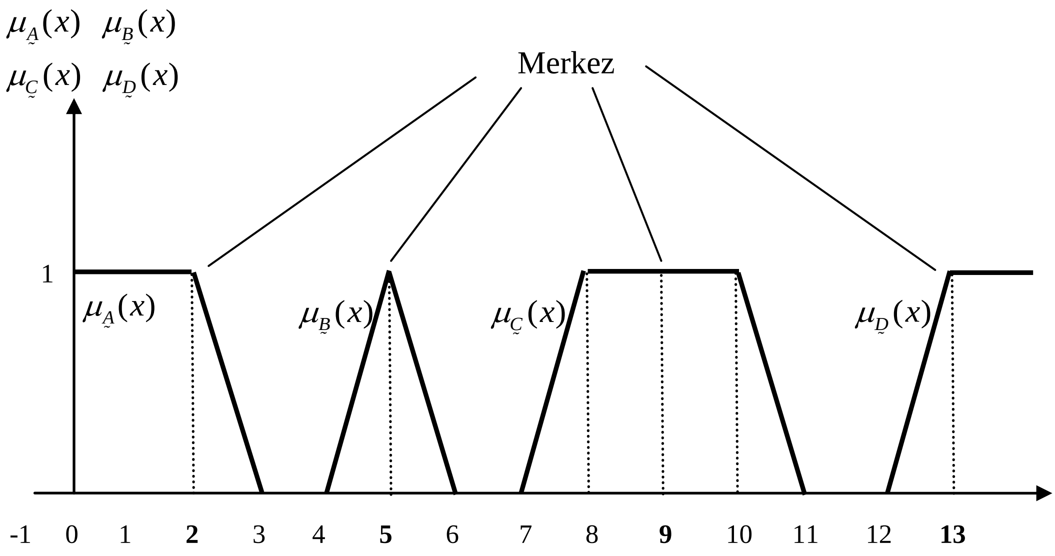
g) Öz Kümesi: Bulanık bir kümenin üyelik fonksiyonunda, üyelik derecesi "1" olan elemanların bir araya getirdiği kümeye "Öz Kümesi" denir (Lin ve Lee, 1996). Öz kümesinin matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir:

$$\text{Öz}(\underset{\sim}{A}) = \left\{ x\ \hat{I}\ U \mid \mu_{\underset{\sim}{A}}(x) = 1 \right\} \tag{2.33}$$

h) Sınır Kümesi: Bulanık bir kümeye üye olan elemanların bir araya getirdiği klasik kümeye "Sınır Kümesi" denir (Ross, 1995). Sınır kümesinin matematiksel gösterimi şöyledir:

$$\text{Sınır}\ (\underset{\sim}{A}) = \left\{ x\ \hat{I}\ U \middle|\ 0 < \mu_{\underset{\sim}{A}}(x) < 1 \right\} \tag{2.34}$$

ı) Bulanık kümelerde “merkez” kavramı: Bulanık bir kümeye ilişkin üyelik fonksiyonunun maksimum değeri sonlu bir sayı olduğunda, kümedeki elemanların üyelik dereceleri dikkate alınarak yapılan ağırlıklı ortalama değeri bulanık kümenin merkezini verir. Şekil 2.17’de A, B, C ve D kümeleri için merkez noktaları grafik olarak gösterilmiştir. A, B, C ve D kümlerine ilişkin merkez noktalarının sırasıyla x = 2, x = 5, x = 9 ve x = 13 olduğu görülmektedir (Özkan, 2003).



Şekil 2.17. Değişik Bulanık Kümeler İçin Merkez Noktalar

i) Kardinalite (Nicelik sayısı) kavramı: Bulanıklıktan arındırma, alt küme olma derecesi gibi diğer bazı özellik ve kuralları tanımlamak için gerekli olan bir kavramdır. Bu kavram bulanık kümelerde, normalaltı bulanık kümeler için bir normalizasyon faktörü olarak da kullanılır (Özkan, 2003). Normalizasyon, normalaltı bulanık kümenin normal bulanık kümeye dönüştürmesi işlemidir. Sonlu bir evrensel kümede tanımlı olan bulanık bir kümenin kardinalitesi Card($\underset{\sim}{A}$) ile gösterilir ve A kümesindeki her bir elemanın üyelik derecelerinin toplanması ile bulunur (Zimmermann, 1993). Kardinalite kavramının matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir:

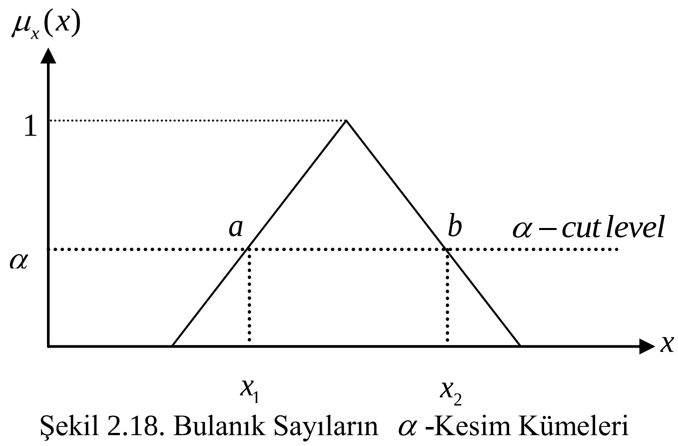
$$\mathrm{Card}\,(\underset{\sim}{A}) = \sum_{i=1}^{n} \mu_{\underset{\sim}{A}}(x_i) \qquad (2.35)$$

j) α- Kesimleri kavramı: Bulanık bir küme olan $\underset{\sim}{A}$ kümesinin α-kesim kümesi, üyelik fonksiyon değeri α'ya eşit veya daha büyük olan elemanların yer aldığı bulanık olmayan bir kümedir. α değeri, $\alpha \in (0,1]$ koşuluyla tanımlı gerçel bir sayıdır. α-kesim kümesi, matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir (Rocacher ve Patric, 2005).

$$\underset{\sim}{A}_{\alpha} = \left\{ x \in U \middle| \mu_{\underset{\sim}{A}}(x) \geq \alpha \ \ ve \alpha \in (0,1] \right\} \tag{2.36}$$

α-kesim kümesi α = 0 iken evrensel kümeye, α = 1 iken Öz kümesine denktir. Bu durum, matematiksel olarak sırasıyla $\underset{\sim}{A}_0$ = U ve $\underset{\sim}{A}_1$ = Öz ($\underset{\sim}{A}$) şeklinde ifade edilir (Özkan, 2003).

Evrensel kümede tanımlı olan bulanık sayıları α-kesim kümeleri, bulanık olmayan nitelikteki bulanık olmayan aralıkları ifade eder. Bu nedenle, bulanık sayıların reel sayı doğrusu üzerindeki bulanık olmayan aralıkları α-kesimlerine göre belirlenebilir. Bulanık sayılara α-kesimi ile yaklaşım, bilinen en eski ve en basit bulanıklıktan kurtarma yöntemidir. α-kesim kümeleri kapalı aralıklar olarak, $A_{\alpha} = [a^{\alpha}, b^{\alpha}]$ şeklinde gösterilir. "a^{α}" nın kesiştiği x_1, α-kesim kümesinin alt sınırını, "b^{α}" nın kesiştiği x_2, α-kesim kümesinin üst sınırını gösterir. A_{α} kümesi x_1 ve x_2 değişkenlerinin arasında bulunan ve aynı zamanda x_1 ve x_2'yi de içeren tüm olası değerleri içermektedir. Bu durum Şekil 2.18.'de gösterilmektedir (Maskey vd., 2006);



Şekil 2.18. Bulanık Sayıların α-Kesim Kümeleri

Bulanık sayılarda matematiksel işlemler, reel sayılarla yapılan temel matematiksel işlemler (toplama, çıkarma, çarpma ve bölme) gibi yapılabilmektedir. Bulanık sayılarla bu temel matematiksel işlemler, α-kesim yöntemi ve genişleme kuralları kullanılarak yapılmaktadır. Her iki yöntemle yapılan matematiksel işlemler özdeş sonuçlar verdiği için, aşağıda α-kesim yöntemi ile yapılan matematiksel işlemler açıklanmaktadır. α-kesim yöntemiyle yapılan matematiksel işlemlerde, $\underset{\sim}{A}$ ve $\underset{\sim}{B}$ bulanık sayıların α-kesimleri, ($\underset{\sim}{A} = \left[a_1^\alpha, b_1^\alpha \right]$ ve $\underset{\sim}{B} = \left[a_2^\alpha, b_2^\alpha \right]$) belirlendiği zaman, bu sayıların α-kesimleri arasında aşağıda verilen ilişkilerle oluşturulabilir (Wang, 1997).

$$\left.\begin{aligned} (A+B)_\alpha &= A_\alpha + B_\alpha = C_\alpha \\ (A-B)_\alpha &= A_\alpha - B_\alpha = D_\alpha \\ (A\times B)_\alpha &= A_\alpha \times B_\alpha = E_\alpha \\ (A\div B)_\alpha &= A_\alpha \div B_\alpha = F_\alpha \end{aligned}\right\} \tag{2.37}$$

$\underset{\sim}{A}$ ve $\underset{\sim}{B}$ bulanık sayılarla elde edilen $C_\alpha, D_\alpha, E_\alpha$ ve F_α bulanık sayılarının α-kesimleri aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Lai ve Hwang, 1992).

$$\left.\begin{aligned} C_\alpha &= \left[a_1^\alpha + b_1^\alpha ,\, a_2^\alpha + b_2^\alpha \right] = \left[c_1^\alpha , c_2^\alpha \right] \\ D_\alpha &= \left[a_1^\alpha - b_2^\alpha ,\, a_2^\alpha - b_1^\alpha \right] = \left[d_1^\alpha , d_2^\alpha \right] \\ E_\alpha &= \left[a_1^\alpha \times b_1^\alpha ,\, a_2^\alpha \times b_2^\alpha \right] = \left[e_1^\alpha , e_2^\alpha \right] \\ F_\alpha &= \left[a_1^\alpha \div b_2^\alpha ,\, a_2^\alpha \div b_1^\alpha \right] = \left[f_1^\alpha , f_2^\alpha \right] \end{aligned}\right\} \tag{2.38}$$

k) Dışbükeylik kavramı: Dışbükeylik kavramı, bulanık kümelerde üyelik fonksiyonlarına veya α-kesimlerine göre tanımlanan ve özellikle optimizasyon ile ilgili uygulamalarda yararlanılan bir kavramdır. α-kesim kümelerinin her biri dışbükey kümeler ise, $\underset{\sim}{A}$ bulanık kümesi de dışbükey bir kümedir. Üyelik fonksiyonlarına göre dışbükeylik kavramı $x_1, x_2 \in U$ ve $\lambda \in [0,1]$ koşulları ile aşağıdaki gibi tanımlanır (Özkan, 2003).

$$\mu_{\underset{\sim}{A}}[\lambda x_1 + (1-\lambda) x_2] \geq \min[\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_1), \mu_{\underset{\sim}{A}}(x_2)] \tag{2.39}$$

$\bar{\underset{\sim}{A}}$ tümleyen kümesi dışbükey bir küme ise, bulanık küme $\underset{\sim}{A}$ içbükey bir kümedir. $\underset{\sim}{A}$ ve $\underset{\sim}{B}$ dışbükey kümeler ise, $\underset{\sim}{A} \cap \underset{\sim}{B}$ kesişimi de dışbükey bir kümedir. Benzer olarak, $\underset{\sim}{A}$ ve $\underset{\sim}{B}$ içbükey kümeler ise, $\underset{\sim}{A} \cup \underset{\sim}{B}$ birleşimi de içbükey bir kümedir (Zadeh, 1972). Üyelik fonksiyonlarına göre içbükeylik kavramı $x_1, x_2 \in U$ ve $\lambda \in [0,1]$ koşulları ile aşağıdaki gibi tanımlanır (Özkan, 2003).

$$\mu_{\underset{\sim}{A}}[\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2] \leq \max[\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_1), \mu_{\underset{\sim}{A}}(x_2)] \tag{2.40}$$

2.2.6. Bileşenlere Ayırma Kuralı ve Betimleme Teoremi

Bulanık bir küme farklı α değerlerini kullanarak bulanık olmayan kümeler halinde ifade edilebilir. Dolayısıyla, bulanık bir küme, α -kesim kümelerinin bir dizisi olarak kısımlara ayrıştırılabilir. Evrensel küme U'da tanımlı olan bulanık bir kümenin α -kesimlerine göre açıklanmasını sağlayan kurala, "bileşenlere ayırma kuralı" denir. Matematiksel olarak bileşenlere ayırma kuralı,

$$\mu_{\underset{\sim}{A}}(x) = \max[\min(\alpha, \mu_{A_\alpha})] \;, \qquad \forall x \in U \; ve \; \alpha \in (0,1) \tag{2.41}$$

ifadesiyle tanımlanır (Lin ve Lee, 1996). Burada, α -kesim kümesi olan A_α 'nın üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibidir (Pedrycz, 1989).

$$\mu_{A_\alpha} = \begin{cases} 1 \,, & eğer\, x \in A_\alpha \; ise \\ 0 \,, & eğer\, x \notin A_\alpha \; ise \end{cases} \tag{2.42}$$

"Betimleme teoremi", bulanık bir kümenin α -kesim kümelerine ayrıştırılması ve $\alpha \times A_\alpha$ kümelerinin birleşimi olarak düzenlenebilmesini sağlayan bir teoremdir. Bu teorem, α -kesim kümelerinin yeterince büyük bir ailesinden hareketle, bulanık kümelerin diğer bir gösterimini sağlar. Bazı uygulamalarda, üyelik fonksiyonu tam olarak bilinmez. Bu belirsizliği gidermek için betimleme teoremi, üyelik fonksiyonuna yaklaşmayı olası kılan bir çözüm aracı sağlamaktadır (Tsoukalas ve Uhring, 1997).

$\underset{\sim}{A}$ kümesinin üyelik fonksiyonu $\mu_{\underset{\sim}{A}}(x)$ ile, α -kesim kümelerini de A_α ile gösterilsin. Bu durumda α değerinin A_α kesim kümesi ile çarpılmasıyla bulanık bir küme olan $\alpha \times A_\alpha$ kümesi oluşturulabilir. $\alpha \times A_\alpha$ kümesinin,

$$\mu_{\alpha \times A_\alpha}(x) = \min[\alpha, \mu_{A_\alpha}] \ , \ \forall x \in U \tag{2.43}$$

üyelik fonksiyonuyla nitelendirilmesi halinde, $\underset{\sim}{A}$ kümesi betimleme teoremine göre aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Wang ve Klir, 1992).

$$\mu_{\underset{\sim}{A}}(x) = \bigcup_{\alpha \in (0,1)} \mu_{\alpha \times A_\alpha}(x) \tag{2.44}$$

2.2.7. Genişleme Kuralı

Bulanık bağıntı ve bulanık aritmetiğin temelini oluşturan "genişleme kuralı"; U, V evrensel kümelerde tanımlı $\underset{\sim}{A}$ ve $\underset{\sim}{B}$ bulanık kümeler, $\mu_{\underset{\sim}{A}}$ ve $\mu_{\underset{\sim}{B}}$ sırasıyla bu bulanık kümelerin üyelik fonksiyonları ve $x \in \underset{\sim}{A}$, $y \in \underset{\sim}{B}$ olmak üzere; $\underset{\sim}{A}$ kümesinin,

$$\underset{\sim}{A} = \frac{\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_2)}{x_2} + \ldots + \frac{\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_n)}{x_n} \tag{2.45}$$

üyelik fonksiyonuyla nitelendiği bir durumda, x ve y değişkenleri arasında $y = f(x)$ şeklinde fonksiyonel bir ilişki varsa veya değişkenlerin tanımlı olduğu evrensel kümeler arasında $f : U \to V$ şeklinde bir eşleşme söz konusu ise, $\underset{\sim}{B}$ kümesinin üyelik fonksiyonu genişleme kuralı ile aşağıdaki gibi bulunur (Jamshidi, 1997):

$$\underset{\sim}{B} = f(\underset{\sim}{A}) = f\left(\frac{\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_2)}{x_2} + \ldots + \frac{\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_n)}{x_n}\right) = \frac{\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_1)}{f(x)_1} + \frac{\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_2)}{f(x_2)} + \ldots + \frac{\mu_{\underset{\sim}{A}}(x_n)}{f(x_n)} \tag{3.46}$$

Genişleme kuralı, bulanık bir küme ve fonksiyonel bir ilişkinin yeni bir bulanık küme ortaya çıkaracağını göstermektedir (Tsoukalas ve Uhring, 1997).

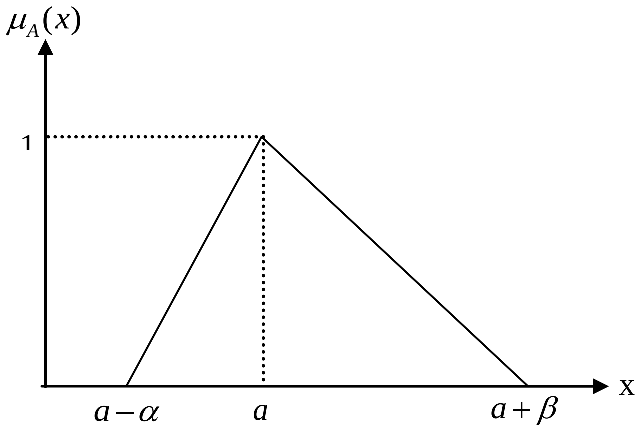
2.3. BULANIK SAYILAR

Bulanık sayılar dışbükey, normalleştirirmiş, sınırlı-sürekli üyelik fonksiyonu olan ve gerçel sayılarda tanımlanmış bir bulanık küme olarak ifade edilir. Bulanık sayı normal ve dışbükey olmalıdır (Baykal ve Beyan,2004). Bulanık sayılar kesin olmayan sayılardır. Kesin olmama durumu "yaklaşık", " hemen hemen", "büyüktür", "küçüktür" gibi kelimelerle sayıların nitelendirilmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Örneğin, "yaklaşık 5 olan sayılar", "15'ten büyük sayılar" denildiğinde bulanık sayılar akla gelmektedir. Bulanık sayılar üyelik fonksiyonunun tipine göre adlandırılırlar, dolayısıyla üyelik fonksiyon çeşidi kadar bulanık sayı çeşidi vardır. Uygulamalarda en çok kullanılan bulanık sayılar; üçgensel bulanık sayılar ve yamuksal bulanık sayılardır.

Gerçel sayı doğrusunda tanımlı olan üçgensel bir bulanık sayı, $\underset{\sim}{A}$ bulanık kümesinin merkezi "a", sağ ve sol açıklığı sırasıyla $\alpha > 0$ ve $\beta > 0$ parametreleri ile tanımlanır. Üçgensel bulanık sayıların üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılır (Cheng, 2004).

$$\mu_{\underset{\sim}{A}}(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x < a - \alpha \\ 1 - \dfrac{a - x}{\alpha} & , \quad a - \alpha \le x \le a \\ 1 - \dfrac{x - a}{\beta} & , \quad a \le x \le a + \beta \\ 0 & , \quad x > a + \beta \end{cases} \tag{2.47}$$

Üçgensel bulanık sayının grafiği Şekil 2.19’daki gibidir.



Şekil 2.19. Üçgensel Bulanık Sayı

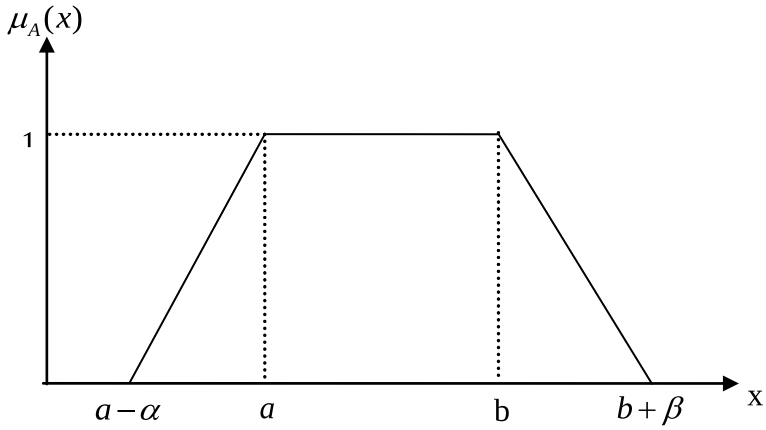
Bulanık sayıların üyelik fonksiyonunun üçgensel bulanık sayı olması halinde, üyelik fonksiyonu artan ve azalan parça olmak üzere iki kısıma ayrılır. Bu durum Şekil 2.19’da görülmektedir. Şekil 2.19’da üyelik fonksiyonunun “$a-\alpha$” ile “a” arası artan parça, “a” ile “$a+\beta$” azalan parçadan oluştuğu yani, üyelik derecesinin 0’dan 1’e çıktığı kısım “artan parça”, üyelik derecesi 1’den 0’a düştüğü kısım ise azalan parça olarak adlandırılır (Asady ve Zadehnam, 2007).

Bir $\underset{\sim}{A}$ bulanık kümesinin tolerans aralığı [a, b], sağ ve sol açıklığı sırasıyla $\alpha > 0$ ve $\beta > 0$ ve aşağıdaki üyelik fonksiyonu ile ifade ediliyorsa, $\underset{\sim}{A}$ bulanık kümesine yamuk bulanık sayı denir (Abbasbandny ve Asady, 2006).

Yamuk bulanık sayıların üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılır

$$\mu_{\underset{\sim}{A}}(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x \geq b+\beta \\ 1-\dfrac{a-x}{\alpha} & , \quad a-\alpha \leq x < a \\ 1 & , \quad a \leq x \leq b \\ 1-\dfrac{x-b}{\beta} & , \quad b \leq x \leq b+\beta \\ 0 & , \quad x < a-\alpha \end{cases} \tag{2.48}$$

Yamuk bulanık sayının grafiği Şekil 2.20’deki gibidir.



Şekil 2.20. Yamuk Bulanık Sayı

Bulanık sayılarda hesap yapmanın kökleri aralık analizine dayanır. Aralık analizi, bulanık sayılarda bir tür tolerans güven aralığı olarak algılanır (Özkan, 2003). Güven aralığı kapalı aralık olarak ifade edilmektedir. Örneğin, x $\in [10,\ 80]$ ifadesi x'in en küçük değerinin "10", en büyük değerinin "80" olduğu aralıktaki tüm değerleri alabileceği anlaşılmaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA

3.1. ÇOK AMAÇLI KARAR VERME

Teknolojinin sürekli değişmesi ve gelişmesi ile gerek bireylerin, gerekse işletmelerin istemleri de değişmektedir. Değişen gereksinimlere ulaşabilmek için bireyler ve işletmeler kendi çıkarları doğrultusunda kararlar verirler. Karar verme, hedefe ulaşmak ve amacı gerçekleştirmek için alternatif davranış biçimleri arasından seçim yapma eylemidir (Forman ve Selly, 2001). Saaty'e göre karar verme "sezgisel" ve "analitik" olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Sezgisel karar vermede, karar verici içgüdüsüne, deneyimine ve tecrübesine dayanarak karar verirken, analitik karar vermede ise karar verici sayısal verilerden elde ettiği analiz sonuçlarına göre karar verir.

Bilindiği gibi organizasyonlar, performanslarını değerlendirirken genellikle birden fazla gösterge dikkate alırlar. Performans göstergesi kâr, maliyet, pazar payı, satış hacmi, sermaye artışı, hisse başına kazanç ve benzeri olabilir. Üretimini programlamak isteyen kâr amaçlı bir işletme düşünelim. Kâr elde etmek istemesinin yanında işletme; büyümek, ürünlerini ve çalışanlarını geliştirmek, çalışanlarına iş güvenliği sağlamak, topluma hizmet etmek, çevreyi korumak isteyebilir. Bu amaçlardan bazılarının birbirlerini tamamladığı, bazılarının ise birbirleri ile çeliştiği açıktır (Cinemre, 2011). Genellikle birbiriyle çatışan birden çok amacın öncelik sıralmalarının da dikkate alınarak eşanlı olarak dikkate alınma zorunluluğu çok amaçlı karar verme progblemlerinin ortaya çıkmasının en önemli gerekçesidir.

Çok amaçlı karar verme problemlerinin analizi de zor olmaktadır. Cinemre (2011) analizlerdeki zorlukların nedenlerini aşağıdaki gibi açıklamıştır:

“1. Amaçları kesin ve anlaşılabilir bir şekilde açıklamak genellikle zordur.

2. Amaçların öncelikleri konusunda fikir ayrılığı olabilir.

3. Zaman içinde farklı durumların ortaya çıkması sonucunda amaçların öncelikleri değişebilir.”

Analizlerdeki zorlukların aşılabilmesi için geliştirilen çok amaçlı karar verme problemleri çözüm yöntemleri arasında “Analitik Hiyerarşi Yöntemi”, “TOPSIS Yöntemi (**T**ecnique for **O**rder **P**reference by **S**imilarity)”, “ ELECTRE Yöntemi (**E**limination et **C**hoix **T**raduisant la **R**ealite)” ve “Hedef Programlama Yöntemi” sayılabilir.

Çok amaçlı karar verme yöntemleri arasında en yaygın olarak kullanılan hedef programlama yöntemidir. Hedef programlama yöntemine ait ayrıntılı bilgiler aşağıda verilmiştir.

3.1.1. Hedef Programlamanın Tanımı ve Gelişimi

Bilindiği gibi doğrusal programlama karar vericinin tek bir amacının bulunduğu durumlarda kullanılan matematiksel programlama tekniğidir. Ayrıca, karar vericinin hedefini açıklayan amaç fonksiyonunun birim açısından tek bir boyutta ölçeklendirilmesi gerektiği bilinmektedir. Tüm hedefler aynı birim ile ölçülmedikçe doğrusal programlamanın çok amaçlı problemlere uygulanması söz konusu olamaz. Farklı birimlerle ölçülmüş farklı hedeflerin olması durumunda, bir anlamda doğrusal programlamanın uzantısı sayılabilecek hedef programlama kullanılabilir (Cinemre, 2011).

Optimizasyon düşüncesine dayanan çok amaçlı programlama modellerinde, birbiri ile çelişen amaçları kısıtlayıcı kümesine göre eşanlı olarak doyuran bir çözüm vektörünün belirlenmesi amaçlanır. Hedef programlama modelinde ise karar vericinin doyurucu bulduğu bir çözüm belirlenmeye çalışılır. Bu nedenle, hedef programlama modelinin optimizasyon düşüncesinden daha çok bir doyum düşüncesine dayandığı söylenebilir (Özkan, 2003).

Hedef programlama tekniği 1960'lı yılların başında Charnes ve Cooper tarafından, karar problemlerinin modellenmesine yeni bir boyut getirmiş, amacın optimizasyonu yerine, en iyi hedeflerin bulunmasına destek vermiştir.

1965'de Ijiri'nin "genelleştirilmiş ters alma tekniği", 1968'de Contini'nin hedef programlanın belirsizlik durumlarında da uygulanabilirliğini göstermesi ile hedef programlama çözüm tekniği gelişim göstermiştir. Bu gelişimler sayesinde hedef programlama sosyal-ekonomik birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Bu alanlardaki uygulamalar; Sang Lee'nin "Goal Programming for Decision Analysis" isimli kitabı ve Lee-Jaaskelainen'in geliştirdiği bilgisayar programları sayesinde gerçekleştirilmiştir (Wu ve Coppins, 1981). Jones ve arkadaşlarının 115 makaleyi inceleyerek yaptığı çalışmada, kullanılan çok amaçlı karar verme tekniklerinin %7'sini hedef programlamanın oluşturduğu gösterilmiştir (Jones vd, 2002).

3.1.2. Hedef Programlama ile İlgili Kavramlar

Hedef programlamanın iskeletini oluşturan beş temel kavram aşağıda açıklanmıştır (Cinemre, 2011).

a. Hedef kısıtlayıcıları: Hedef programlamada iki tip kısıtlayıcı vardır. Bunlar sistem kısıtlayıcıları (doğrusal programlamada olduğu gibi) ile ulaşılmak istenen hedef değerlerini gösteren hedef kısıtlayıcılarıdır. Sistem kısıtlayıcıları kesin, katı yani değişmez kısıtlayıcılardır. Hedef kısıtlayıcıları ise katı olmayıp hedeflenen değerlerden sapmaların açıklanmasıyla ortaya çıkan fonksiyonlardır. Bunların gerçekleştirilmesi sistem kısıtlayıcılarının gerçekleştirilmesinden sonra gelir.

b. Sapmalar: Sapmalar hedeflenen başarı ile gerçekleşen başarı arasındaki farklara karşılık gelir. Hedef tam olarak gerçekleşmiş ise sapma değeri sıfır olur. Hedefe ulaşılamamışsa negatif sapma, hedefin üzerinde bir başarı sağlanmış ise pozitif sapma söz konusudur. Pozitif sapma S_i^+, negatif sapma S_i^- sembolüyle gösterilir. Sapma değişkenleri (S_i^-, S_i^+) negatif olamaz. Diğer taraftan sapmalar ya istenirler yada istenmezler. İstenen ve istenmeyen sapmalar hakkında karar vermede dikkatli olunmalıdır. Aşağıdaki tabloda yer alan ilişkiler pek çok durumda geçerli olan ilişkilerdir.

Tablo 3.1. Hedef Kısıtlayıcıları ile Sapmalar Arasındaki İlişki

Hedef Kısıtlayıcı Tipi	**İstenmeyen Sapmalar**
$\geq$	S_i^-
$\leq$	S_i^+
$=$	S_i^-, S_i^+

Tanıma göre "$\geq$" durumunda hedefi yakalayamamak, "$\leq$" durumunda ise hedefi aşmak istenmeyen durumlardır. "=" durumunda ise hem hedefi aşma hem de hedefi yakalamama istenmez.

c. Hedefin Önceliklendirilmesi: Karar verici hedefleri arasında yapacağı tercih şekline göre hedeflerini önceliklendirebilir. Hedef önceliklerinin belirlenmesinde kullanılan üç yaklaşım vardır. Bu yaklaşımlar aşağıda verilmiştir.

1. Ordinal sıralama: Bu yöntemde hedefler önemlerine göre listelenir. İlk sırada en önemli hedef yer alırken, son sırada en az önemi olan hedef yer alır. Hedeflerin önem öncelik dereceleri P_i sembolü ile gösterilir. Hedefler arasında en önemli öncelik, P_1, sonraki P_2, …, P_n olacak şeklinde "n" tane hedef önem derecesine göre derecelendirilir. Birinci hedef önceliği P_1 gerçekleştirilmeden sonraki hedeflere geçilmez.

2. Kardinal sıralama: Bu yöntemde istenmeyen her bir sapmaya belirli bir ağırlık verilir. Bu ağırlıklar her bir sapmanın nisbi önemini gösterir. Bu yaklaşım, özellikle sapmaların boyutları birbirinden farklı olduğunda önem kazanır. Bu yaklaşımda hedeflerin ağırlıklandırılmasının zor olmasının yanı sıra, hedeflerin nisbi önemleri ve sapmalar arasındaki boyut ilişkisinin açıklaması gibi zorluklarıda bulunmaktadır. Hedefler karar vericinin tercihlerini yansıtacak şekilde ağırllıklandırılır. Bu nedenle ağırlıklandırmalarda farklılıklar söz konusu olabilir. Hedeflere ait ağırlıklar "w_i" sembolü ile gösterilir. Karar vericinin tercihini yansıtan w_i pozitif değerler alır.

3. Yukarıdaki Sıralamaların Karması: Ordinal ve kardinal sıralamanın birlikte kullanılması, belirli bir hedef için kullanılan sapmaların ikisinin birden istenmemeleri durumunda ordinal sıralamanın genişletilmiş bir biçimi olarak düşünülebilir.

d. Hedeflerin Boyutları: Hedef programlamanın amaç fonksiyonu, önemleri ölçüsünde ağırlıklandırılmış istenmeyen sapmalar toplamının en küçüklenmesi olarak tanımlanabilir. Sapmaların boyutları farklı olduğunda amaç fonksiyonunu oluşturan toplam anlamlı bulunmaz. Boyut problemini çözebilmek için ağırlık kullanılması uygundur.

e. Hedef Oluşturma: Karar verici, gerçek hayatta belirlediği her hedefe aynı önemi vermeyebilir. Başka bir ifadeyle, bir hedefe ulaşmak diğer bir hedefe ulaşmaktan daha önemli olabilir. Böyle bir durumda karar verici her bir hedef için öncelik ve/veya ağırlık belirleyebilir. Doğrusal hedef programlama çözüm sürecinde belirlenen öncelikleri ve/veya ağırlıkları dikkate alarak bir uzlaşık çözüm elde eder. Bu koşullarda hedeflerin tamamını içeren başka bir amaç fonksiyonunun araştırılması uygun olur.

3.1.3. Hedef Programlamanın Yapısı

Hedef programlama probleminin dört elemanı vardır (Cinemre, 2011). Bu elemanlar,

1. Karar değişkenleri: Doğrusal programlamada kullanılan karar değişkenleri gibidir. İşletmenin ürettiği ürün miktarı, yatırımları için kullanılan para miktarı, istihdam edilecek işçi sayısı gibi değişkenlerdir. Karar değişkenleri X_i sembolü ile gösterilir ve kesinlikle negatif değer almazlar.

2. Sistem kısıtlayıcıları: Kesin ve mutlak olan, değişmesine izin verilmeyen kısıtlayıcılardır. Doğrusal programlamadaki kısıtlara karşılık gelir ve aynı şekilde formüle edilirler. Problem çözümünde, çözüm önceliği olan kısıtlardır.

3. Hedef kısıtlayıcıları: Ulaşılmak istenen hedef değerlerini gösteren fonksiyonlardır. Hedef kısıtlayıcılarının gerçekleştirilmesi sistem kısıtlayıcılarının gerçekleştirilmesinden sonra gelir. Bu kısıtlayıcılar Tablo 3.1'de yer alan istenilen ve istenilmeyen sapmaların birlikte yer aldığı kısıtlayıcı fonksiyonlardan oluşur.

4. Amaç fonksiyonu: Hedef programlamanın amaç fonksiyonu istenmeyen sapmalar toplamının en küçük olması şeklinde kurulur. Amaç fonksiyonunun yapısı ağırlıklandırma sistemine bağlıdır. Hedef sayısına, önceliğine ve ağırlıklandırma şekline bağlı olarak; tek hedef varsa, istenmeyen sapma sayısı 1'e eşitse amaç fonksiyonu tek bir sapma değişkeninden (tek hedefli problemler), çok sayıda hedef

varsa ve ordinal sıralama gerçekleştirilmişse amaç fonksiyonu hedef sayısı kadar sapma değişkeninden (çok hedefli problem) oluşur. Hedefler aynı derecede önemli olduklarında, amaç fonksiyonu çok basit olarak istenmeyen sapmalar toplamının en küçüklenmesi olarak kurulur. Aynı zamanda, amaç fonksiyonunda "kardinal sıralama", "Ordinal ve kardinal sıralama" dikkate alınarak da oluşturulabilir.

3.1.4. Hedef Programlamanın Matematiksel Modeli

Bir hedef programlama probleminin formülasyonunun temel adımları aşağıdaki gibidir (Cinemre, 2011);

1. Karar değişkenlerinin tanımlanması ve bunların uygun sembollerle gösterilmesi,

2. Sistem kısıtlayıcıların formüllenmesi,

3. Sapma değişkenleriyle beraber hedeflerin belirlenmesi ve hedef kısıtlayıcılarının formüllenmesi,

4. Hedeflerin önem derecesine göre sıralanması,

5. İstenmeyen sapma değişkenleri ve hedeflerin önem sırasını dikkate alarak amaç fonksiyonunun oluşturulması.

Yukarıdaki adımlar dikkate alındığında, "Doğrusal Hedef Programlama Modeli" nin genel matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir (Kwak vd., 1991);

$$
\begin{aligned}
&MinZ = \sum_{i=1}^{m} w_i P_i (d_i^+ + d_i^-) && \text{(Amaç Fonksiyonu)} \\
&\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_{ij} + d_i^- - d_i^+ = b_i && \text{(Hedef Kısıtları)} \\
&CX_{ij} \leq c && \text{(Sistem Kısıtları)} \\
&X_{ij}, d_i^-, d_i^+ \geq 0 && \text{(Negatif olmama Şartı)}
\end{aligned}
\tag{3.1}
$$

Model 3.1'de

X_{ij}: Karar değişkenleri,

b_i: i'inci hedef düzeyi,

d_i^- : Hedeflenen negatif sapma değeri (S_i^-),

d_i^+ : Hedeflenen pozitif sapma değeri (S_i^+),

w_i: i'inci hedefin sapma değişkenlerine verilmiş olan matematiksel ağırlıklar (diferansiyel ağırlık),

c: Eldeki kaynak,

C: Sistem kısıtı ile ilgili matris katsayısı,

a_{ij}: Karar değişkeni katsayısı,

P_i : i'inci hedefin öncelik (önem) düzeyidir.

Birden fazla hedefin bulunduğu, hedef programlama problemlerinde hedefin tamamının karşılanması yerine hedeflere alt ve üst sınır verilebilir. Bu durumda sistem kısıtları aşağıdaki gibi ifade edilir (Budnick vd., 1988);

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^{n} a_{jk} X_j &\geq G_k \\ \sum_{j=1}^{n} a_{jk} X_j &\leq G_k \end{aligned} \tag{3.2}$$

Eşitsizlik 3.2'deki G_k alt sınır veya üst sınır hedefi olarak tanımlanabilir. Eşitsizlik "≥" şeklinde iken G_k , k'ıncı hedef değerin alt sınırını ifade eder ve bu kısıtta sapma değişkenler (pozitif ve negatif sapma değişkenler) yer almaktadır. Bu sapma değişkenlerden sadece negatif sapmalı olan (istenmeyen) değişkenler amaç fonksiyonunda yer alır. Bunun nedeni k'ıncı hedef değerinden küçük olan tüm sapma değişkenlerin en küçük olmasının istenmesidir. Eğer eşitsizlik "≤" şeklinde ise G_k , k'ıncı hedef değerin üst sınırını ifade eder ve bu kısıtta da sapma değişkenler yer almaktadır. Amaç fonksiyonunda da sadece pozitif sapma değişkenler yer alır.

Bunun nedeni de, k'ıncı hedef değerinden büyük olan tüm sapma değişkenlerin en küçük olmasının istenmesidir.

3.2. BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA

Karar verici, amacına yönelik birçok hedefler belirler. Ancak belirlenen bu hedeflere aynı anda ulaşılması çoğu zaman imkansız olup, hedeflerden sapmaların olması kaçınılmazdır. Bu doğrultuda karar verici amaçlarına yönelik hedeflerinde kesinlik yerine, aşağı-yukarı, yaklaşık olarak hedeflere ulaşılması da karar vericiyi memnun eder. Bulanıklığı ifade eden "aşağı-yukarı", "yaklaşık olarak" kelimelerini içeren problemlerin çözümünde, bulanık küme teorisini kullanmak oldukça uygundur. Karar vericinin hedeflerinin bulanık olması, bulanık bir ortamda karar verme problemi olarak adlandırılır.

Bulanık ortamda belirsiz olan hedefleri belirli duruma getirebilmek için Zimmermann (1973) tarafından ortaya atılan hedef programlama yaklaşımından etkilenen Narasimhan (1980), üyelik fonksiyonlarını kullanarak "Bulanık Hedef Programlama" yöntemini önermiştir. Bulanık hedef programlama yaklaşımı sosya-ekonomik bir çok alana uygulanmaktadır. Ignizio (1976), Hannan (1981), Chen (1985), Tiwari (1987), Rao (1987), Yang (1991) bulanık hedef programlama ile ilgili problemlerin formülasyonu, karar vericinin belirsizlik şeklindeki hedeflerine göre göreceli önem derecesi ve bunlara ait bulanık hedeflerin bulanık önceliklerine dair çalışmalar yapmışlar ve bunlara ait çözüm önerileri geliştirmişlerdir. Bu araştırmacılara ait bulanık hedef programlama model yaklaşımları bulunmaktadır.

3.2.1. Bulanık Hedef Programlama Modeli

Hedeflerin öncelik yapısına göre, bulanık hedef programlama modeli iki şekilde ele alınabilir. Bunlardan ilki, bütün hedeflerin aynı tercih önceliğinde yer aldığı bulanık hedef programlama modelidir. İkincisi ise, hedeflerin farklı tercih önceliklerinde yer alabildiği tercih öncelikli bulanık hedef programlama modelidir (Özkan, 2003).

Hedef programlama modelindeki kısıtlarda yer alan "$=$", "$\leq$" ve "$\geq$" eşitlik/eşitsizlikler bulanık hedef programlamada "$\underset{\sim}{=}$", "$\underset{\sim}{<}$" ve "$\underset{\sim}{>}$" şeklinde gösterilir. Genelleştirilmiş bir bulanık hedef programlama modeline ait bulanık kısıtlar,

$$
\begin{aligned}
(Ax)_i &\underset{\sim}{=} b_i && i = 1, 2, 3, \ldots, m_1 \\
(Ax)_i &\underset{\sim}{\leq} b_i && i = 1, 2, 3, \ldots, m_2 \qquad (3.3) \\
(Ax)_i &\underset{\sim}{\geq} b_i && i = 1, 2, 3, \ldots, m_3
\end{aligned}
$$

şeklinde gösterilir.

Belirsizlikleri çözmek amacıyla oluşturulan bulanık hedef programlamada hedef değerlerinin bir kesinlik taşımaması nedeniyle, "bulanık karar", "optimal karar" ve "bulanık hedef" ten oluşan üç temel unsurdan oluşmaktadır.

Bulanık karar: Bulanık hedefler ve/veya bulanık kısıtlayıcılarla verilen bir kararın (sonuç bileşeninin) bulanık olması kaçınılmazdır. Bulanık bir karar, verilen hedefler ve kısıtlayıcıların uzlaştırılmasından belirlenen bulanık bir küme olarak tanımlanır (Özkan, 2003).

Optimal karar: Alternatif çözümler içerisinden en iyi olanının seçilmesine "optimal çözüm" denir. Bulanık karar küme elemanlarına ait üyelik derecesini en büyükleyen çözüm optimal kabul edilir. Optimal karar, optimizasyon düşüncesinden daha çok, bir doyum düşüncesine dayanma özelliğini ortaya çıkarır (Lai ve Hwang, 1996).

Bulanık hedefler: Karar verici tarafından belirlenen ve aralık halinde ifade edilen hedeflerdir. A bir hedef değerinin ifade ediyorken, "A'nın değeri yaklaşık 100 olmalıdır" ifadesinin bulanık bir hedef olduğunu gösterir. Bulanık küme teoremi gereği her bulanık küme bir alt ve üst sınıra sahip olduğundan, burada da A değerine bir alt ve üst sınır verilir ve A aralık şeklinde ifade edilir. Bulanık küme teorisi, karar vericinin sübjektif yargılara dayanan hedefleri için "…'e eşit" ve "…'den oldukça küçük" gibi ifade edilebilen erişim düzeylerinin tamamlanmasına izin verir. Hedeflere ilişkin bu tür tanımlamalar, bulanık kümelerde üyelik fonksiyonları ile ele alınır. Hedefler için belirlenecek üyelik fonksiyonları, klasik hedef programlama tekniğinde kullanılan d_i^+, d_i^- sapma değişkenlerinin bir fonksiyonu olarak ifade edilebilir. Böylelikle çözüm $F(d_i^+, d_i^- \ldots d_m^+, d_m^-)$ sapmalar fonksiyonunun minimize edilmesine indirgenmiş olur. Bulanık hedef programlama tekniğinde kullanılan çözüm amacının, hedef programlama tekniğinde kullanılan çözüm amacı ile uyumlu olduğunun göstergesidir (Erdin, 2007).

3.2.2. Bulanık Hedef Programlama Modelleri İçin Geliştirilen Çözüm Yaklaşımları

Bulanık küme teoremine göre bulanık bir küme için sonsuz sayıda üyelik fonksiyonu bulunmaktadır. Sonsuz sayıdaki üyelik fonksiyonundan hangisinin uygun olduğunun belirlenmesinde karar vericinin görüşü önemlidir. Belirsizlikleri çözmek amacıyla oluşturulan bulanık hedef programlamada hedef değerlerinin bir kesinlik taşımaması nedeniyle, karar vericiye ait "bulanık karar", "optimal karar" ve "bulanık hedef" ten oluşan üç temel unsurun çözülmesine yönelik yaklaşımlar bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar, bulanık hedef programlama model yapılarına göre çözüm tekniklerini içermektedir. Hedefler arasında tercih önceliği olmayan bulanık hedef programları modellerinin çözümü için "Üçgensel Üyelik Fonksiyonlarıyla Narasimhan Yaklaşımı", "Üçgensel Üyelik Fonksiyonlarıyla Hannan Yaklaşımı" ve "Üçgensel Üyelik Fonksiyonlarıyla Yang, Ignizio, Kim Yaklaşımı" kullanılırken, hedeflerin farklı öncelikli bulanık hedef programlama modellerinin çözümü için "Üçgensel Üyelik Fonksiyonlarıyla Tiwari, Dharmar ve Rao Yaklaşımı" ve "Üçgensel Üyelik Fonksiyonlarıyla Chen Yaklaşımı" kullanılmaktadır.

Bulanık hedef programlama için geliştirilen çözüm yaklaşımlarının bir çoğunda, bulanık hedefler işlemsel kolaylık sağlaması nedeniyle Zimmermann tipi üyelik fonksiyonları ile nitelendirilmiştir. Bulanık hedefler için Zimmermann tipi üyelik fonksiyonları aşağıdaki gibi ifade edilir (Özkan, 2003).

$$\begin{array}{l}(Ax)_i \cong b_i \\ (i=1,\,2,\,...,\,m_1)\end{array} \Rightarrow \mu_i(x)=\begin{cases}0 & ;\ eğer\quad (Ax)_i \le b_i-d_i\ \ ise\\ 1-\dfrac{b_i-(Ax)_i}{d_i} & ;\ eğer\quad b_i-d_i \le (Ax)_i \le b_i\ \ ise\\ 1-\dfrac{(Ax)_i-b_i}{d_i} & ;\ eğer\quad b_i \le (Ax)_i \le b_i+d_i\ \ ise\\ 0 & ;\ eğer\quad (Ax)_i \ge b_i+d_i\ \ ise\end{cases} \tag{3.4}$$

$$\begin{array}{l}(Ax)_i \lesssim b_i \\ (i=m_1+1,...,m_2)\end{array} \Rightarrow \mu_i(x)=\begin{cases}0 & ;\ eğer\quad (Ax)_i \ge b_i+d_i\ \ ise\\ 1-\dfrac{(Ax)_i-b_i}{d_i} & ;\ eğer\quad b_i \le (Ax)_i \le b_i+d_i\ \ ise\\ 1 & ;\ eğer\quad (Ax)_i \le b_i\ ise\end{cases} \tag{3.5}$$

$$
\begin{array}{c} (Ax)_i \gtrsim b_i \\ (i = m_2+1,...,m_3) \end{array} \Rightarrow \mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ; \; eğer \quad (Ax)_i \le b_i - d_i \;\; ise \\ 1 - \dfrac{b_i - (Ax)_i}{d_i} & ; \; eğer \quad b_i - d_i \le (Ax)_i \le b_i \;\; ise \\ 1 & ; \; eğer \quad (Ax)_i \ge b_i \;\; ise \end{cases} \qquad (3.6)
$$

Yukarıdaki fonksiyonlarda kullanılan,

$(Ax)_i$: Hedef kısıtını,

b_i : Karar vericinin belirlediği erişim değerini,

d_i : Karar verici tarafından belirlenen erişim değerinden sapmalar için kabul edilebilir tolerans miktarını göstermektedir.

Zimmermenn'a göre bulanık eşitsizlik tamamen doyuruluyorsa üyelik derecesi 1 olmalı, bulanık eşitsizlik tamamen doyurulamıyorsa üyelik derecesi 0 olmalı ve üyelik derecesi 0'dan 1'e doğru tek düze artmalıdır (Zimmermann, 2001). Bu durum aşağıda gösterilmektedir.

$$
\mu_i(x) = \begin{cases} 1 & ; \; eğer \quad (Ax)_i \le b_i \\ \in [0,1] & ; \; eğer \quad b_i \le (Ax)_i \le b_i + d_i, \;\; i = 1,2,...,m+1 \\ 0 & ; \; eğer \quad (Ax)_i \ge b_i + d_i \end{cases} \qquad (3.7)
$$

3.2.2.1. Üçgensel Üyelik Fonksiyonlarıyla Narasimhan Yaklaşımı

Bulanık erişim değerli hedef programlama modeli ilk olarak Narasimhan tarafından ele alınmıştır. Narasimhan yaklaşımında, bulanık hedefler arasında tercih önceliği olmadığı ve bütün hedeflerin aynı önem derecesi olduğu kabul edilir.

Narasimhan yaklaşımında bulanık kısıtlarda aranılan değişken değerlerine ait çözüm vektörün belirlenmesi amaçlanır. Bu durum aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$
\begin{array}{ll} (Ax)_i \mathrel{\tilde{=}} b_i & i = 1,2,3,...,m_1 \\ x_j \ge 0 & j = 1,2,3,...,n \end{array} \qquad (3.8)
$$

Narasimhan yaklaşımında Zimmermann'ın bulanık doğrusal programlama modeli için geliştirdiği çözüm tekniklerinden hareketle bulanık hedef programlama modelinde bulanık kümeleri de kullanarak çözüm vektörüne ulaşmaya çalışmaktadır (Kim ve Whang, 1998).

Bu yaklaşım, bulanık karar kümesinin en yüksek üyelik dereceli elemanının belirlenmesini, bir anlamda da bulanık hedeflerin üyelik derecelerinin arttırılmasını amaçlar. Bunun için, aşağıda verilen problemin çözümü gerekir (Özkan, 2003).

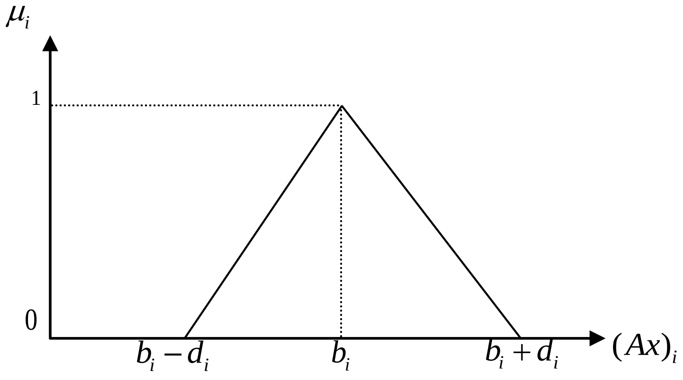
$$\mu_{\tilde{D}}(x^M) = \max_{x^30}(\min[\mu_i(x)]) \tag{3.9}$$

Eşitlik (3.9) kullanılarak üçgensel üyelik fonksiyonu elde edilir. Bu fonksiyonun özelliği; üyelik derecesini 0'dan 1'e doğru artan parça ve 1'den 0'a doğru azalan parça olarak iki kısma ayırmasıdır. Bu iki kısım iki problem şeklinde düşünülerek, bulanık karar kümesinin en yüksek üyelik dereceli elemanı belirlenmeye çalışılır. Bu durum eşitlik (3.10)'da ifade edilmektedir.

$$\mu_{\tilde{D}}(x^M) = \max_{x\geq 0}(\min[\mu_\iota(x)]) = \begin{cases} \begin{array}{cc} \text{1. problem} & \text{2. problem} \\ \max\limits_{x\geq 0}(\min\left[1-\dfrac{b_i-(Ax_i)}{d_i}\right]) & \max\limits_{x\geq 0}(\min\left[1-\dfrac{(Ax_i)-b_i}{d_i}\right]) \\ \text{kısıtlayıcılar} & \text{kısıtlayıcılar} \\ b_i-d_i \leq (Ax_i) \leq b_i & b_i \leq (Ax_i) \leq b_i+d_i \\ i=1,2,\ldots,m_1 & i=1,2,\ldots,m_1 \end{array} \end{cases} \tag{3.10}$$

Bulanık karar kümesinin en yüksek üyelik derecesinin belirlenmesi için eşitlik (3.10)'un çözülmesi gerekmektedir. Bu problemin çözülmesi sonucunda, üçgensel üyelik fonksiyonundaki kısıtlayıcı fonksiyonlara ait alt sınır olan "b_i - d_i" karar verici için en kötümser değer, b_i karar vericinin en çok tercih ettiği değer ve üst sınır olan

“b_i + d_i” karar vericinin en iyimser değerini gösterir. Bu durumu Şekil 3.1’de açıklanmıştır.



Şekil 3.1. Bulanık Hedefler İçin Üçgensel Üyelik Fonksiyonu

Şekil 3.1’de gösterildiği gibi bulanık hedefler için üçgensel üyelik fonksiyonu “b_i” etrafında simetriktir. Simetrik bulanık doğrusal programlama problemleri, bulanık hedeflere erişme derecesini gösteren λ değişkeni ile doğrusal programlama modeli olarak da ifade edilir. [0, 1] aralığında tanımlanan λ değişkeni, bulanık amaç ve bulanık kısıtlayıcıların çözüm vektörü x tarafından eşanlı olarak doyurulma derecesini gösterir. λ, [0, 1] aralığında pek çok değer alır ve bu değerlerden en büyük olanı en iyi kararı verir (Keleşoğlu, 2006).

Bulanık karar kümesinin λ değişkeni ile gösterilmesi sonucunda, k adet bulanık bir hedef programlama için 2^k tane doğrusal alt problem oluşturulur (Yaghoobi ve Tamiz, 2007). Bu durum eşitlik (3.11)’de gösterilmektedir.

$$\mu_{\underset{\sim}{D}}(x^M) = \max_{x\geq 0}(\min\left[\mu_1(x)\right]) = \left\{\begin{array}{cc} 1.\,\text{problem} & 2.\,\text{problem} \\ & \\ \max\lambda & \max\lambda \\ \text{kısıtlayıcılar} & \text{kısıtlayıcılar} \\ 1-\dfrac{b_i-(Ax_i)}{d_i}\geq\lambda & 1-\dfrac{(Ax_i)-b_i}{d_i}\geq\lambda \\ & \\ b_i-d_i\leq(Ax_i)\leq b_i & b_i\leq(Ax_i)\leq b_i+d_i \\ x\geq 0 & x\geq 0 \\ \lambda\in\left[0,1\right] & \lambda\in\left[0,1\right] \\ i=1,2,...,m_1 & i=1,2,...,m_1 \end{array}\right. \qquad (3.11)$$

Burada, x^M vektörü herhangi bir bulanık hedef için $b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i$ eşitsizliğini doyururken, diğer bir bulanık hedef için $b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i$ eşitsizliğini doyurabilir. Bu nedenle, söz konusu alt problemler aşağıdaki şekilde bir araya getirilir (Özkan, 2003).

$$\begin{array}{l} \max\lambda \\ \left.\begin{array}{l} 1-\dfrac{b_i-(Ax)_i}{d_i}\geq\lambda \\ b_i-d_i\leq(Ax)_i\leq b_i \end{array}\right\}\ \text{bazı i'ler için} \\ \left.\begin{array}{l} 1-\dfrac{(Ax)_i-b_i}{d_i}\geq\lambda \\ b_i\leq(Ax)_i\leq b_i+d_i \end{array}\right\}\ \text{diğer i'ler için} \\ x\geq 0 \\ \lambda\in\left[0,1\right] \\ i=1,2,...,m_1 \end{array} \qquad (3.12)$$

Bir doğrusal programlama dizisinin çözümünden oluşan Narasimhan yaklaşımında, oluşturulan alt problemlerden en yüksek λ değerini veren problemin çözümü, bulanık hedef programlama modelinin çözümü olarak kabul edilir.

3.2.2.2. Üçgensel Üyelik Fonksiyonlarıyla Hannan Yaklaşımı

Hannan 1981 yılında yaptığı çalışmada, bulanık hedefleri bulanık olmayan (kesin) hedeflere dönüştürdükten sonra, eldeki problemin hedef programlama tekniği ile çözümünün mümkün olabileceğini söylemiştir. Hannan tarafından geliştirilen çözüm yöntemi, Narasimhan'ın yaklaşımına özdeş ve aynı optimal sonuçlar vermektedir (Yaghoobi, 2007). Hannan, $\lambda^* = \max \lambda_j;\ j = 1, 2, ..., 2^{m_1}$ şeklindeki bir teoremle, bulanık hedef programlama modelini tek bir doğrusal programlama modeli olarak formüle etmeyi başarmıştır. Burada λ_j, Narasimhan yaklaşımında oluşturulan alt problemlerin çözüm değerlerini, λ^* ise bulanık karar kümesinin en yüksek dereceli elemanını göstermektedir (Özkan, 2003).

Hannan yaklaşımında da Narasimhan yaklaşımındaki gibi üçgensel üyelik fonksiyonu kullanılmıştır. Fakat Hannan yaklaşımında kısıtların ve alt problemlerin sayısı Narasimhan'a göre daha az olduğu için uygulaması daha hızlı ve kolaydır (Martel, 1998).

Hannan yaklaşımında üyelik fonksiyonunun [b_i - d_i, b_i] aralığında artan bir fonksiyon, [b_i, b_i - d_i] aralığında ise azalan bir fonksiyon olarak Narasimhan yaklaşımında oluşturulan eşitlik,

$$
\begin{aligned}
& \max \lambda \\
& \left.\begin{aligned} & 1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{d_i} \geq \lambda \\ & b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i \end{aligned}\right\} \text{artan parça} \\
& \left.\begin{aligned} & 1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{d_i} \geq \lambda \\ & b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i \end{aligned}\right\} \text{azalan parça} \\
& x \geq 0 \\
& \lambda \in [0,1] \\
& i = 1, 2, ..., m_1
\end{aligned}
\tag{3.13}
$$

şeklinde ifade edilir.

Hannan, öncelikle Narasimhan yaklaşımında oluşturulan alt problemlerdeki artan parça olarak nitelendirilen kısıtlayıcıları ele almış, $(Ax)_i \leq b_i$ ifadesini tolerans miktarı olan d_i'ye bölerek $\frac{(Ax)_i}{d_i} \leq \frac{b_i}{d_i}$ ifadesini elde etmiştir. Bu eşitsizlikten fazla tahmin gösteren, pozitif sapma (S_i^+) çıkarılarak eşitsizlik eşitlik şekline dönüştürülür (Lia ve Hwang, 1996).

$$\frac{(Ax)_i}{d_i} = \frac{b_i}{d_i} - S_i^+ \tag{3.14a}$$

$$\frac{(Ax)_i}{d_i} + S_i^+ = \frac{b_i}{d_i} \tag{3.14b}$$

Eşitlik (3.14b)'deki pozitif sapma yalnız bırakılıp, $1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{d_i} \geq \lambda$ eşitsizliğinde yerine yazıldığında $\lambda + S_i^+ \leq 1$ kısıtı elde edilir. Benzer işlem azalan parça olarak nitelendirilen kısıtlayıcılar için de yapılır. Yani $(Ax)_i \geq b_i$ kısıtlayıcısının her iki yanı tolerans miktarı olan d_i'ye bölünerek $\frac{(Ax)_i}{d_i} \geq \frac{b_i}{d_i}$ ifadesi elde edilir. Elde edilen eşitsizliğin sağ tarafına negatif sapmayı gösteren S_i^- eklenerek eşitsizlik eşitlik şekline dönüştürülür.

$$\frac{(Ax)_i}{d_i} = \frac{b_i}{d_i} + S_i^- \tag{3.15a}$$

$$\frac{(Ax)_i}{d_i} - S_i^- = \frac{b_i}{d_i} \tag{3.15b}$$

Yukarıda yer alan negatif sapma yalnız bırakılıp, $1 - \frac{b_i - (Ax)_i}{d_i} \geq \lambda$ eşitsizliğinde yerine yazıldığında $\lambda + S_i^- \leq 1$ kısıtı elde edilir.

$(Ax)_i \lesssim b_i$ ve $(Ax)_i \gtrsim b_i$ eşitsizlikleri için yapılan bu analizin $(Ax)_i \approx b_i$ durumuna genişletilmesi gerekir. Hannan, bulanık bir eşitlik için belirlenen erişim düzeyine ne oranda ulaşıldığını belirlemek için, $\lambda + S_i^+ \leq 1$ ve $\lambda + S_i^- \leq 1$ kısıtlayıcılarını

$\lambda + S_i^+ + S_i^- \leq 1$şeklinde bir araya getirmiştir. (3.13)'de verilen bulanık hedef programlama modeli tek bir doğrusal programlama problemi olarak aşağıda verildiği gibidir (Hannan, 1981).

$$\begin{aligned} \frac{(Ax)_i}{d_i} + S_i^- - S_i^+ &= \frac{b_i}{d_i} \\ \lambda + S_i^- + S_i^+ &\leq 1 \\ S_i^- \times S_i^+ &= 0 \end{aligned} \tag{3.16}$$

$$x_j,\ \lambda,\ S_i^-,\ S_i^+ \geq 0 \qquad i = 1, 2, ..., m \ ve \ j = 1, 2, ..., n$$

Burada λ değişkeni, bulanık hedeflere ulaşma derecesini göstermektedir. Bulanık bir hedefin tamamen doyurulması için ya λ = 0 olmalı ya da $S_i^- = S_i^+ = 0$ koşulunu sağlanmalıdır.

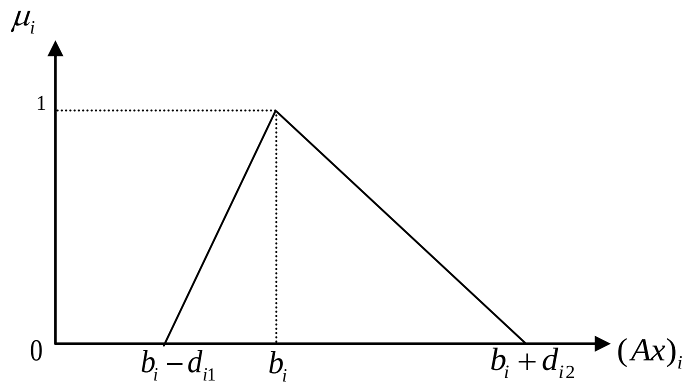
3.2.2.3. Üçgensel Üyelik Fonksiyonlarıyla Yang, Ignizio ve Kim Yaklaşımı

Bulanık hedef programlama modellerinin çözüm tekniklerinin bir çoğunda işlemsel kolaylık sağladığı için Zimmermann tipi üyelik fonksiyonu temel oluşturmuştur. Yang, Ignizo ve Kim 1991 yılında yaptıkları çalışmada, Zimmermann tipi üyelik fonksiyonundan yola çıkarak, bulanık eşitliklerin üçgensel üyelik fonksiyonları olarak gösterildiğinde, bulanık hedef programlama problemlerini, bulanık doğrusal programlama problemleri olarak çözülebileceğini kanıtlamışlardır.

Yang, Ignizo ve Kim (1991) makalelerinde, eşitlik şeklindeki bulanık hedeflerin, doğrusal programlama problemlerinin çözümünde olduğu gibi aşağıdaki eşitsizlikler şeklinde kullanılabileceğini göstermişlerdir.

$$\left\{ \begin{aligned} (Ax)_i &\underset{\sim}{=} b_i \\ x_j &\geq 0 \end{aligned} \right\} \equiv \left\{ \begin{aligned} (Ax)_i &\underset{\sim}{\leq} b_i \\ (Ax)_i &\underset{\sim}{\geq} b_i \\ x_j &\geq 0 \end{aligned} \right\} \quad i = 1, 2, ..., m \ ve \ \ j = 1, 2, ..., n \tag{3.17}$$

Eşitlik (3.17), simetrik üçgensel üyelik fonksiyonlarının, simetrik olmaması durumunda da çözümün var olduğunu göstermektedir. Simetrik olmayan üçgensel üyelik fonksiyonunun şekli aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.2. Simetrik Olmayan Üçgensel Üyelik Fonksiyonu

Şekil 3.2'de $[b_i - d_{i1}]$ aralığının $[b_i + d_{i2}]$ aralığına eşit olmadığı, yani üçgenin simetrik olmadığı açıkça gösterilmektedir.

Simetrik olmayan üçgensel üyelik fonksiyonu eşitlik (3.18)'de olduğu gibidir;

$$\begin{array}{l} (Ax)_i \approx b_i \\ (i = 1,\ 2,\ ...,\ m_1) \end{array} \Rightarrow \mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ;\ eğer\quad (Ax)_i \le b_i - d_{i1}\ \ ise \\ 1 - \dfrac{b_i - (Ax)_i}{d_{i1}} & ;\ eğer\quad b_i - d_{i1} \le (Ax)_i \le b_i\ \ ise \\ 1 - \dfrac{(Ax)_i - b_i}{d_{i2}} & ;\ eğer\quad b_i \le (Ax)_i \le b_i + d_{i2}\ \ ise \\ 0 & ;eğer\quad (Ax)_i \ge b_i + d_{i2}\ \ ise \end{cases} \tag{3.18}$$

Eşitlik (3.18)'deki simetrik olmayan üçgensel üyelik fonksiyonu, doğrusal programlama modeli olarak aşağıdaki gibi gösterilir.

$$\max \lambda$$

$$1-\frac{b_i-(Ax)_i}{d_{i1}} \geq \lambda$$

$$1-\frac{(Ax)_i-b_i}{d_{i2}} \geq \lambda \tag{3.19}$$

$$x_j \geq 0$$

$$\lambda \in [0,1], \quad i=1,2,\ldots,m \ ve \ j=1,2,\ldots,n$$

3.2.2.4. Üçgensel Üyelik Fonksiyonlarıyla Tiwari, Dharmar ve Rao Yaklaşımı

Tiwari, Dharmar ve Rao'da Zimmerman'ın yaklaşımı geliştirerek, farklı öncelikli hedeflerin olabileceğinden söz etmişler ve farklı öncelikli bulanık hedef programlama problemlerini çözümlemeyi amaçlamışlardır.

Tiwari, Dharmar ve Rao (1986), bulanık hedef programlama problemlerinde, hedeflerin geleneksel hedef programlama problemlerinde olduğu gibi kesin olarak ifade edilmediğini, tam olarak belirtilmeyen bir çok sayıdaki hedefin aynı anda gerçekleştirilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Ancak aynı anda gerçekleştirilmesi istenen hedeflerden bazıları birbirleriyle çelişen, zıt hedefler olabilmektedir. Bu gibi durumlarda karar verici hedeflere öncelikler verir (Tiwari vd., 1986). Özetlemek gerekirse; Tiwari, Dharmar ve Rao yaklaşımı, karar vericinin belirlediği her bir tercih önceliği için Narasimhan yaklaşımının ardışık programlamayla birleştirilmesine dayanır (Özkan, 2003).

Tiwari, Dharmar ve Rao yaklaşımında, hedefler önem derecesine göre en önemliden daha az önemi olanlara doğru sıralanır ve hedeflerin gerçekleştirilmesine en önemli hedeften başlanır. Bu şu şekilde açılanabilir; "elimizde K tane öncelik seviyesi olduğunu varsayalım. Önceliklerin K tane seviyesi olması problemin K tane alt probleme bölündüğünü ya da standart hedef programlamaya dönüştürülmesi gereken K tane bulanık hedef programlama denklemi olduğunu ifade eder (Lai ve Hwang, 1996). Hedefler şöyle sıraya konulabilir; eğer $r < s$ ise, hedef $G_r(x)$'in önceliği hedef $G_s(x)$'in önceliğinden daha yüksektir. Hedeflerin öncelikleri belirlendikten sonra, çözüme K öncelik seviyesine bölünen hedeflerden birinci önceliğe sahip olan hedef

$[G_i]^{1}$'den başlanır ve ilk önce bu hedef çözülür. Birinci hedefe ulaşıldıktan sonra, ikinci öncelikli hedefin hangisi olduğuna karar verilip ikinci hedefe ulaşılır. Bu işleme bütün öncelik seviyeleri bitinceye kadar devam edilir (Tiwari vd., 1986).

Bulanık hedeflerin karar vericinin uygun gördüğü önceliklere göre sıralandığı "m" tane bulanık hedefe sahip, bulanık hedef programlama problemi aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Tiwari vd, 1986).

$$
\begin{aligned}
&G_1 : \; a_{11}x_1 + a_{12}x_1 + \ldots + a_{1n}x_n = B_1 \\
&G_2 : \; a_{21}x_1 + a_{22}x_1 + \ldots + a_{2n}x_n = B_2 \\
&. \\
&. \\
&. \\
&G_m : \; a_{m1}x_1 + a_{m2}x_1 + \ldots + a_{mn}x_n = B_m \\
&\\
&x_j \geq 0 \qquad i = 1,\, 2,\, \ldots,\, m \;\; ve \;\; j = 1,\, 2,\, \ldots,\, n
\end{aligned}
\tag{3.20}
$$

$(Ax)_i \,\tilde{=}\, B_i$ anlamlı ise; $(Ax)_i$, B_i'den küçük bir değere sahip olabileceği gibi büyük bir değere de sahip olabilir ki bu negatif sapma veya pozitif sapma söz konusu olabileceği anlamını taşır. B_{iL} ve B_{iG} i'inci hedefin negatif ve pozitif sapmalarını göstersin ve $B_i - B_{iL} = B_{iG} - B_i = \Delta_i$ olsun. Bu durumda yukarıda tanımlanan bulanık hedefler için kullanılacak üçgensel üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi olacaktır:

$$
\mu_i(Ax) = \begin{cases}
1 & , \quad (Ax)_i = B_i \\
0 & , \quad (Ax)_i \leq B_i - \Delta_i \\
\dfrac{(Ax)_i - B_{iL}}{\Delta_i} & , \quad B_{iL} \leq (Ax)_i \leq B_i \\
\dfrac{B_{iG} - (Ax)_i}{\Delta_i} & , \quad B_i \leq (Ax)_i \leq B_i + \Delta_i = B_{iG} \\
0 & , \quad B_{iG} \leq (Ax)_i
\end{cases}
\tag{3.21}
$$

Üyelik fonksiyonları tanımlandıktan sonra, çözülmesi gereken problem aşağıdaki şekli alır.

$$\max_{x\geq 0}\left[\min_i\left\{\frac{(Ax)_i - B_i}{\Delta_i}\right\} = \lambda\right] \tag{3.22.a}$$
$$B_{iL} \leq (Ax)_i \leq B_i \qquad i = 1, 2, \ldots, m$$

ya,

$$\begin{aligned} &max\,\lambda \\ &\lambda = \frac{(Ax)_i - B_i}{\Delta_i} \\ &B_i \leq (Ax)_i \leq B_{iG} \\ &\lambda, x \geq 0 \end{aligned} \tag{3.22.b}$$

veya,

$$\max_{x\geq 0}\left[\min_i\left\{\frac{B_{iG} - (Ax)_i}{\Delta_i}\right\} = \lambda\right] \tag{3.23.a}$$
$$B_i \leq (Ax)_i \leq B_{iG} \qquad i = 1, 2, \ldots, m$$

ya da

$$\begin{aligned} &max\,\lambda \\ &\lambda = \frac{(Ax)_i - B_i}{\Delta_i} \\ &B_i \leq (Ax)_i \leq B_{iG} \\ &\lambda, x \geq 0 \end{aligned} \tag{3.23.b}$$

Tiwari, Dharmar ve Rao yaklaşımında, “i = 1, 2, …, m” tane üyelik fonksiyonu bulunmakta, bu nedenle 2^m tane alt problem oluşmaktadır. Bu alt problemlere ait üyelik fonksiyonu, yani çözüm sayısı (λ) “m elemanlı bir kümenin alt küme sayısını veren 2^m kombinasyonu” kadardır. Çözüm sonuçlarından elde edilen üyelik fonksiyonlarından en büyük değeri veren λ değeri bulunarak sonuca ulaşılmış olunur. Her bir üyelik fonksiyonunun önemi vardır. Çünkü birinci öncelik seviyesine sahip olan G_1’in çözümünde en yüksek λ değerini veren alt problem, ikinci öncelik sırasında bulunan G_2’nin çözümünde bir kısıtlayıcı olarak yer alacaktır (Tiwari vd., 1986).

3.2.2.5. Üçgensel Üyelik Fonksiyonlarıyla Chen Yaklaşımı

Chen 1994 yılında yazdığı makalesinde, Tiwari, Dharmar ve Rao tarafından ortaya atılan yöntemle, bulanık hedef programlama problem çözümüne, alternatif bir çözüm yöntemi önermiştir.

Tiwari, Dharmar ve Rao yaklaşımında kullanılan simetrik ve tercih önceliği bulunan üçgensel üyelik fonksiyonunun çözümündeki işlem yükü, hedeflerin ve hedeflere ait önceliklerin sayılarıyla doğru orantılı olarak artmaktadır. Chen işlem yükünü azaltmak amacıyla, bulanık hedeflere ait üyelik fonksiyonlarının maksimize edilmesi yerine, bulanık hedeflerin en fazla 1'e eşit olabilen üyelik derecelerinden sapmaların minimize edilmesi gerektiğini belirlemiş ve "bulanık bir hedefin üyelik derecesinin minimize edilmesi gerektiği" görüşünü savunmuştur. Bunu yapmasındaki amaç, bulanık bir hedefin üyelik derecesinin maksimize edilmesi ile bulanık bir hedefin üye olmama derecesinin minimum olması durumunun özdeş olmasıdır.

Chen yaklaşımında, tercih öncelikli bulanık hedef programlama problemlerinin en iyi çözümü;

$$\begin{aligned} &\min \lambda' = [\max_i \{|1-\mu_i(Ax)|\}] \\ &\text{Kısıtlayıcılar} \\ &b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i \\ &x \geq 0 \end{aligned} \tag{3.24}$$

şeklindeki problemi çözerek belirlenir (Chen, 1994). Burada, λ' bulanık hedeflere üye olmama derecesini gösterir ve $\lambda' = 1 - \lambda$ eşitliği ile tanımlanır. Eşitlik (3.24)'de mutlak değerin kullanılması, bulanık hedef programlamaya ait üyelik fonksiyonunun simetrik olduğunu göstermektir.

Chen yaklaşımında bulanık hedef programlama problemlerinin simetrik üçgensel üyelik fonksiyonları şeklinde olması ve üyelik fonksiyonunun azalan parçasının $1-\frac{(Ax)_i - b_i}{d_i}$ fonksiyonu, artan parçasının da $1-\frac{b_i-(Ax)_i}{d_i}$ fonksiyonu ile nitelendirilmesi sonucunda, çözülmesi gereken model aşağıda gösterilen tek bir doğrusal programlama problemi ile formüle edilir (Özkan, 2003):

$$\max \lambda = 1 - \lambda^{'}$$

kısıtlayıcılar

$$\left.\begin{array}{l} \lambda^{'} \geq (1 - \dfrac{(Ax)_i - b_i}{d_i}) - 1 \\ \lambda^{'} \geq 1 - (1 - \dfrac{(Ax)_i - b_i}{d_i}) \end{array}\right\} = \left\{\begin{array}{l} \lambda^{'} \geq \dfrac{(Ax)_i - b_i}{d_i} \\ \lambda^{'} \geq \dfrac{(Ax)_i - b_i}{d_i} \end{array}\right. \qquad i = 1, 2, ..., m_1 \tag{3.25}$$

$$b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i$$

$$\lambda^{'} \in [0,1], \; x \geq 0$$

3.2.2.6. Kim ve Whang Yaklaşımı

Kim ve Whang 1998 yılında yayımlanan makalelerinde, bulanık eşitsizlikleri de içeren tercih öncelikli hedef programlama problemlerinin, karar vericinin bulanık hedeflerine ilişkin toleranslarının tanımlanması sonucunda Hannan yaklaşımıyla da çözülebileceğini göstermişlerdir. Bunun için $(Ax)_i \cong b_i$, $(Ax)_i \lesssim b_i$ ve $(Ax)_i \gtrsim b_i$ şeklindeki bulanık hedef kısıtlarında, karar verici tarafından belirlenen maksimum tolerans miktarları t_i^+ ve t_i^- sembolleri ile gösterilir. t_i^+ sembolü, $(Ax)_i \lesssim b_i$ bulanık hedefin erişim düzeyi b_i'den daha büyük değerler alabileceği anlamına gelir ve bu bulanık hedefin $[b_i, b_i + t_i^+]$ aralığında bulunacağını gösterir. Aynı mantıkla t_i^- sembolü, $(Ax)_i \gtrsim b_i$ bulanık hedefin erişim düzeyi b_i'den daha küçük değerler alabileceği anlamına gelir ve bu bulanık hedefin $[b_i - t_i^-, b_i]$ aralığından değer alacağını gösterir. Bulanık hedef $(Ax)_i \cong b_i$ eşitliği şeklinde ise bu bulanık hedefin $[b_i - t_i^-, b_i + t_i^+]$ aralığında değerler alabileceği anlaşılır. Kim ve Whang yaklaşımında, söz konusu bulanık hedefler Zimmermann tipi üyelik fonksiyonlarıyla aşağıdaki gibi gösterilir (Özkan, 2003):

$$\begin{array}{l} (Ax)_i \cong b_i \\ (i = 1, 2, ..., m_1) \end{array} \Rightarrow \mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ; \; eğer \quad (Ax)_i \leq b_i - t_i^- \; ise \\ 1 - \dfrac{b_i - (Ax)_i}{t_i^-} & ; \; eğer \quad b_i - t_i^- \leq (Ax)_i \leq b_i \; ise \\ 1 - \dfrac{(Ax)_i - b_i}{t_i^+} & ; \; eğer \quad b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + t_i^+ \; ise \\ 0 & ; \; eğer \quad (Ax)_i \geq b_i + t_i^+ \; ise \end{cases} \tag{3.26}$$

$$\begin{array}{l} (Ax)_i \lesssim b_i \\ (i = m_1 + 1, ..., m_2) \end{array} \Rightarrow \mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ;\ eğer \quad (Ax)_i \geq b_i + t_i^+ \ ise \\ 1 - \dfrac{(Ax)_i - b_i}{t_i^+} & ;\ eğer \quad b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + t_i^+ \ ise \\ 1 & ;\ eğer \quad (Ax)_i \leq b_i \ ise \end{cases} \tag{3.27}$$

$$\begin{array}{l} (Ax)_i \gtrsim b_i \\ (i = m_2 + 1, ..., m_3) \end{array} \Rightarrow \mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ;\ eğer \quad (Ax)_i \leq b_i - t_i^- \ ise \\ 1 - \dfrac{b_i - (Ax)_i}{t_i^-} & ;\ eğer \quad b_i - t_i^- \leq (Ax)_i \leq b_i \ ise \\ 1 & ;\ eğer \quad (Ax)_i \geq b_i \ ise \end{cases} \tag{3.28}$$

Bulanık hedef programlama probleminin doğrusal programlama problemi olarak ifade edilmek istenmesi durumunda $\mu_i(x) \geq \lambda$ eşitsizliği kullanılır. Yukarıdaki eşitlik ve eşitsizlik şeklindeki bulanık hedefler için aşağıdaki işlemler yapılır. Önce,

$$(Ax)_i \lesssim b_i \ \text{için} \quad \Rightarrow \left. \begin{array}{r} \mu_i(x) \geq \lambda \\ 1 - \dfrac{(Ax)_i - b_i}{t_i^+} \geq \lambda \end{array} \right\} \Rightarrow (Ax)_i - t_i^+(1-\lambda) \leq b_i \tag{3.29}$$

eşitsizliği bulunur. Burada, "λ" değişkeni bulanık hedeflere ulaşma derecesini, "(1 - λ)" ise bulanık hedeflere ulaşmama derecesini göstermektedir. (3.29)'uncu eşitsizlikte (1 - λ) yerine β_i^+ değişkeni kullanılarak, söz konusu eşitsizlik (3.30)'da verildiği gibi daha sade bir şekilde ifade edilebilir.

$$(Ax)_i - t_i^+ \beta_i^+ \leq b_i \tag{3.30}$$

Eşitsizlik (3.30)'daki β_i^+ değişkeni "0" değerini aldığı zaman $(Ax)_i \lesssim b_i$ bulanık hedefin tam doyuma ulaştığı ve tolerans aralığının tanımlanmasına gerek olmadığı söylenir. β_i^+ değişkeni "1" değerini aldığı zaman ise $(Ax)_i \lesssim b_i$ bulanık hedefin tam doyuma ulaşmadığı söylenir.

Aynı mantıksal adımlar izlenerek $(Ax)_i \underset{\sim}{\geq} b_i$ için,

$$\left.\begin{array}{r} \mu_i(x) \geq \lambda \\ 1-\dfrac{b_i-(Ax)_i}{t_i^-} \geq \lambda \end{array}\right\} \Rightarrow (Ax)_i - t_i^-(1-\lambda) \geq b_i \tag{3.31}$$

eşitsizliği bulunur. Önceden olduğu gibi "λ" değişkeni bulanık hedeflere ulaşma derecesini, "(1 - λ)" ise bulanık hedeflere ulaşmama derecesini göstermektedir. (3.31)'inci eşitsizlikte (1 - λ) yerine β_i^- değişkeni kullanıldığında eşitsizlik aşağıda gösterilen daha sade bir form alır.

$$(Ax)_i + t_i^-\beta_i^- \geq b_i \tag{3.32}$$

Eşitsizlik (3.30)'da olduğu gibi eşitsizlik (3.32)'de de β_i^- değişkeni "0" değerini aldığı zaman $(Ax)_i \underset{\sim}{\geq} b_i$ bulanık hedefin tam doyuma ulaştığı ve tolerans aralığının tanımlanmasına gerek olmadığı söylenir. β_i^- değişkeni "1" değerini aldığı zaman ise $(Ax)_i \underset{\sim}{\geq} b_i$ bulanık hedefin tam doyuma ulaşmadığı söylenir.

Bulanık hedef programlama üçgensel üyelik fonksiyonunun simetrik, β_i^+ ve β_i^- değişken değerleri de sıfır olması durumunda $(Ax)_i \underset{\sim}{=} b_i$ bulanık hedefin tam doyurulduğu görülür. Bu durum Hannan yaklaşımına benzer bir şekil alır.

Kim ve Whang yaklaşımında amaç fonksiyonu, bulanık hedeflere üye olmama derecesini gösteren β_i^+ ve β_i^- değişkenlerinin minimum yapılması şeklinde kurulur. Bu durum aşağıdaki ifadeyle formüle edilir.

$$\min\left[\sum_{i=1}^{m_1}(\beta_i^+ + \beta_i^-) + \sum_{i=m_1+1}^{m_2}\beta_i^+ + \sum_{i=m_2+1}^{m}\beta_i^-\right] \tag{3.33}$$

Bu durumda, Kim ve Whang yaklaşımı ile (3.26), (3.27) ve (3.28)'de gösterilen bulanık hedef programlama modeli, doğrusal programlama modeli olarak aşağıdaki şekilde gösterilir.

$$\left.\begin{array}{ll}
\text{Amaç fonksiyonu :} & \\
\min[\sum_{i=1}^{m_1}(\beta_i^+ + \beta_i^-) + \sum_{i=m_1+1}^{m_2}\beta_i^+ + \sum_{i=m_2+1}^{m}\beta_i^-] & \\
\text{kısıtlayıcılar :} & \\
(Ax)_i + t_i^-\beta_i^- - t_i^+\beta_i^+ = b_i & i = 1,\, 2,\, ...,\, m_1 \\
(Ax)_i - t_i^+\beta_i^+ \le b_i & i = m_1 + 1, ...,\, m_2 \\
(Ax)_i + t_i^-\beta_i^- \ge b_i & i = m_2 + 1, ...,\, m \\
\beta_i^-, \beta_i^+ \ge 0 & i = 1,\, 2,\, ...,\, m \\
\quad x \ge 0 &
\end{array}\right\} \tag{3.34}$$

Karar vericinin bulanık hedefler arasında tercih önceliğinin önemli olduğunu düşünmesi durumunda, bulanık hedef programlama modeline ilişkin amaç fonksiyonunun aşağıdaki gibi düzenlenmesi gerekir (Özkan, 2003).

$$\min \sum_{l=0}^{L} T_l [\sum_{i=1}^{m_1} w_i(\beta_i^+ + \beta_i^-) + \sum_{i=m_1+1}^{m_2} w_i\beta_i^+ + \sum_{i=m_2+1}^{m} w_i\beta_i^-] \tag{3.35}$$

Burada, "T_l" bulanık hedefler arasında tercih önceliğini, "w_i" ise her bir tercih önceliğinde yer alan bulanık hedefler için karar vericinin belirlediği ağırlık katsayısını göstermektedir.

3.2.2.7. Tiwari, Dharmar ve Rao'nun Toplamsal Model Yaklaşımı

Tiwari, Dharmar ve Rao 1987 yılında yayımladıkları makalelerinde her bir hedefin doyum derecelerinin toplamının maksimum olması gerektiğini belirtmişler ve Zimmermann tipi üyelik fonksiyonundan yola çıkarak aşağıdaki formülü elde etmişlerdir (Özkan 2003).

$$\left.\begin{array}{ll}
\text{Amaç fonksiyonu:} & \\
\max V(\mu) \sum_{i=m_2+1}^{m} \mu_i & \\
\text{kısıtlayıcılar:} & \\
\mu_i = 1 - \dfrac{(Ax)_i - b_i}{d_i} & (i = m_1 + 1, ..., m_2) \\
\mu_i = 1 - \dfrac{b_i - (Ax)_i}{d_i} & (i = m_2 + 1, ..., m) \\
\mu_i \le 1 & (i = m_1 + 1, ..., m)
\end{array}\right\} \quad (3.36)$$

Eşitlik (3.36)'da bulanık hedeflere ait üyelik fonksiyonlarının toplandığı görülmektedir. Eşitlik (3.36)'daki modele "Toplamsal Model" adı verilmesi bu yüzdendir. Bir toplamsal modelde bulanık hedeflere önem derecelerine göre bir ağırlık verilirse eşitlik (3.36) ağırlıklı toplamsal bir model şeklini alır. Eşitlik (3.37)'de bu durum gösterilmektedir.

$$\left.\begin{array}{ll}
\text{Amaç fonksiyonu:} & \\
\max V(\mu) \sum_{i=m_2+1}^{m} w_i \mu_i & \\
\text{kısıtlayıcılar:} & \\
\mu_i = 1 - \dfrac{(Ax)_i - b_i}{d_i} & (i = m_1 + 1, ..., m_2) \\
\mu_i = 1 - \dfrac{b_i - (Ax)_i}{d_i} & (i = m_2 + 1, ..., m) \\
\mu_i \le 1 & (i = m_1 + 1, ..., m)
\end{array}\right\} \quad (3.37)$$

Eşitlik (3.37)'deki "w_i" hedeflere ait ağırlıkları göstermektedir. Bu ağırlıklar aşağıdaki özellikleri taşır;

i) $0 \le w_i \le 1$

ii) $\sum w_i = 1$

Hedefler arasındaki tercih önceliği sözel olarak ifade edildiğinde, toplamsal model yaklaşımı ardışık programlama ile birleştirilebilir. Bu durumda tercih önceliğini gösteren T_i hedef(ler) doyurulmadan T_{i+1} önceliğinde yer alan hedef(ler)in doyurulmasının mümkün olamayacağını gösterir. Ayrıca, T_i önceliğinde ulaşılan hedef değerinin bir sonraki öncelikte bir kısıtlayıcı olarak modele eklenmesi gerekir. Tercih öncelikli bir bulanık hedef programlama problemi toplamsal model yaklaşımı ile aşağıda verildiği gibi ifade edilebilir (Özkan, 2003).

$$\left.\begin{array}{l}
\text{Amaç fonksiyonu:} \\
\max V(\mu)\sum_{s}(\mu_s)_{T_i} \\
\text{kısıtlayıcılar:} \\
\mu_s = 1 - \dfrac{(Ax)_s - b_s}{d_s} \\
\mu_s = 1 - \dfrac{b_s - (Ax)_s}{d_s} \\
(\mu)_{T_r} = (\mu^*)_{T_r} \qquad (r \le i-1) \\
\mu_s \le 1 \\
x, \mu_s \ge 0
\end{array}\right\} \tag{3.38}$$

Eşitlik (3.38)'de, i'inci tercih önceliğinde yer alan hedeflerin üyelik fonksiyonu $(\mu_s)_{T_i}$ ile, $r \le i-1$ koşuluyla r'inci tercih önceliğinde yer alan hedeflerin üyelik fonksiyonu $(\mu)_{T_r}$ ile, r'inci tercih önceliğinde ulaşılan hedef değerleri ise $(\mu^*)_{T_r}$ ile gösterilmiştir (Özkan, 2003).

3.2.2.8. Chen ve Tsai'nin Toplamsal Model Yaklaşımı

Bulanık hedef programlama problemlerinde tercih öncelik sayısnın artması, hem problem çözümünü zorlaştırır hemde çözümün etkinliğinin azalmasına yol açar. Çünkü her tercih önceliği bir sonraki tercih önceliğini etkilemektedir. Bu durum da bulanık hedef programlama problemlerinin çözüm işlemlerinin artmasına neden olur. Bu sorunu aşmak için Twiari, Dharmar ve Rao'nun toplamsal model yaklaşımıyla tercih önceliklerinin önem derecelerine göre ağırlıklandırılması gerektiğini öne sürmüşlerdir.

Chen ve Tsai'nin 2001 yılında yayınladıkları makalelerinde; tercih önceliklerinin önem derecelerine göre ağırlıklandırma işleminin göreceli olması durumunu ortadan kaldırmak amacıyla, Twiari, Dharmar ve Rao'nun toplamsal modeline en önemli hedefin en yüksek üyelik derecesine ulaşmasını sağlayan $\mu_i \ge \alpha_i$ kısıtlayıcılarını eklemişlerdir. Chen ve Tsai tarafından geliştirilen toplamsal model aşağıdaki gibi ifade edilir (Özkan, 2003).

$$\left.\begin{array}{ll}
\text{Amaç fonksiyonu :} & \\
\max V(\mu) \sum_{i=m_2+1}^{m_3} \mu_i & \\
\text{kısıtlayıcılar :} & \\
\mu_i = 1 - \dfrac{(Ax)_i - b_i}{d_i} & (i = m_1 + 1, ..., m_2) \\
\mu_i = 1 - \dfrac{b_i - (Ax)_i}{d_i} & (i = m_2 + 1, ..., m_3) \\
\mu_i \leq 1 & (i = m_1 + 1, ..., m_3) \\
\mu_i \geq \alpha_i & \\
x, \mu_i \geq 0 &
\end{array}\right\} \quad (3.39)$$

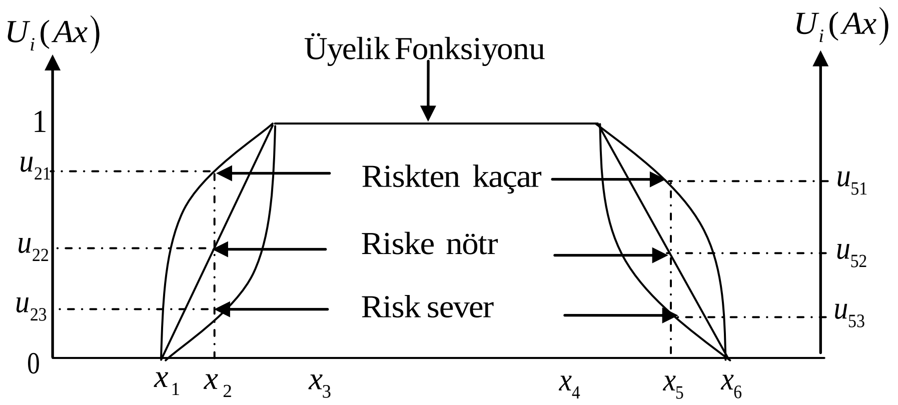
Model 3.39'da i'inci bulanık hedefin üyelik fonksiyonu μ_i, i'inci bulanık hedef için karar vericinin ulaşmak istediği minimum üyelik derecesi α_i ile gösterilmiştir.

3.2.2.9. Wang ve Fu Yaklaşımı

Hedef programlama karar vericilerin karar vermede kullandıkları ortak bir araç olmakla birlikte karar vericilerin amaçlarına ulaşmak için kendilerine kesin hedefler belirlemesi bir soruna yol açabilir. Bu tip sorunları engellemek için Zadeh tarafından ortaya konulan bulanık kümeler, Narasimhan (1980), Hannan (1981), Tiwari ve arkadaşları (1986), Chen (1994) ve diğer araştırmacılar tarafından kullanılarak, kesinlik ifade etmeyen hedefler için bulanık hedef programla problemleri geliştirilerek yeni çözüm yöntemleri ortaya çıkmıştır.

Hsiao-Fan Wang ve Ching-Chung Fu'nun 1997 yılında yayınladıkları makalelerinde; sonsuz önceliğe sahip bulanık hedef programlama problemlerinin, farklı karar davranışlarını yansıtacak şekilde, farklı üyelik fonksiyonlarının olacağı gösterilmiştir.

Klasik karar teorisinde karar vericiler verdikleri kararlar karşında bir risk alırlar. Karar vericiler aldıkları risklere göre; riskten kaçan, riski seven ve riske karşı duyarsız olan kişiler olarak gruplandırılırlar. Karar verici aldığı risk grubuna göre belirli bir doyuma ulaşır. Bu durum Şekil 3.3'de gösterilmektedir.



Şekil 3.3. Farklı Risk Grupları ve Üyelik Fonksiyonları

Kaynak : Hsio-Fan Wang and Ching-Chun Fu, "A Generalizition of Fuzzy Goal Programing with Preemptive Structure", Computer and Operations Research, 1997, Vol. 24, No: 9, p.882.

Şekil 3.3'de karar vericinin aldığı risk grubuna göre bulanık hedeflerine ait doyum derecesi $U_i(Ax)$ fayda fonksiyonu olarak gösterilmiştir. $U_i(Ax)$ fayda fonksiyonunun ikinci türevinin sıfırdan küçük ($U_i^{//}(Ax) < 0$) olduğu noktada içbükey (bir maksimum değer vardır), ikinci türevinin sıfırdan büyük ($U_i^{//}(Ax) > 0$) olduğu noktada da dışbükeydir (bir minimum değer vardır).

Wang ve Fu, fayda fonksiyonunun "içbükey" ve "dışbükey" durumlarına göre, karar vericiye ait risk gruplarını bulanık hedeflere ait üyelik fonksiyonları ile eşleştirmişlerdir. Riske karşı duyarsız, nötr olan karar vericilerin bulanık hedefleri $\mu_i(Ax)$ üyelik fonksiyonu ile gösterilmiştir. Bu durumdaki bir karar verici riskten kaçar davranmaya başladığında $\mu_i(Ax)$ üyelik fonksiyonu $\left[\mu_i(Ax)\right]^2$ üyelik fonksiyonuna, risk sever davranmaya başladığında ise $\mu_i(Ax)$ üyelik fonksiyonu $\sqrt{\mu_i(Ax)}$ üyelik fonksiyonuna yaklaştığını göstermişlerdir. Bulanık hedef programlamada kullanılan "$\lessapprox$", "$\gtrapprox$" ve "$\eqsim$" sembollerine karşılık gelen "çoğunlukla (at most)", "en azından (at least)" ve "civarında (around)" bulanık sözcüklerinin kullanıldığı bulanık hedef programlama modellerine ait üyelik fonksiyonları ve söz konusu üyelik fonksiyonlarının şekilleri aşağıda sırasıyla verilmiştir (Wang ve Fu, 1997).

Sonsuz önceliğe sahip bulanık hedef programlama modelleri aşağıdaki gibidir:

$$G_{i_1}^{k} : g_{i_1}^{K}(x_1, x_2, ..., x_n) \equiv \left(Ax\right)_{i_1}^{k} \cong B_{i_1}^{k} \qquad i_1 \in I_1,\ k \in I_4 \tag{3.40}$$

$$G_{i_2}^{k} : g_{i_2}^{K}(x_1, x_2, ..., x_n) \equiv \left(Ax\right)_{i_2}^{k} \lesssim B_{i_2}^{k} \qquad i_2 \in I_2,\ k \in I_4 \tag{3.41}$$

$$G_{i_3}^{k} : g_{i_3}^{K}(x_1, x_2, ..., x_n) \equiv \left(Ax\right)_{i_3}^{k} \gtrsim B_{i_3}^{k} \qquad i_3 \in I_3,\ k \in I_4 \tag{3.42}$$

$$P_k = \left\{ G_{i_j}^{k} \middle| i_j \in I_j,\ j = 1, 2, 3, \quad k \in I_4 \right\} \tag{3.43}$$

$$x_i \geq 0,\ i = 1, 2, ..., n \tag{3.44}$$

$$I_1 = \{1, 2, ..., l_1\},\ \ I_2 = \{1, 2, ..., l_2\},\ I_3 = \{1, 2, ..., m\},\ I_4 = \{1, 2, ..., K\}$$

Yukarıdaki eşitliklerde kullanılan sembollerin anlamları aşağıda verilmiştir:

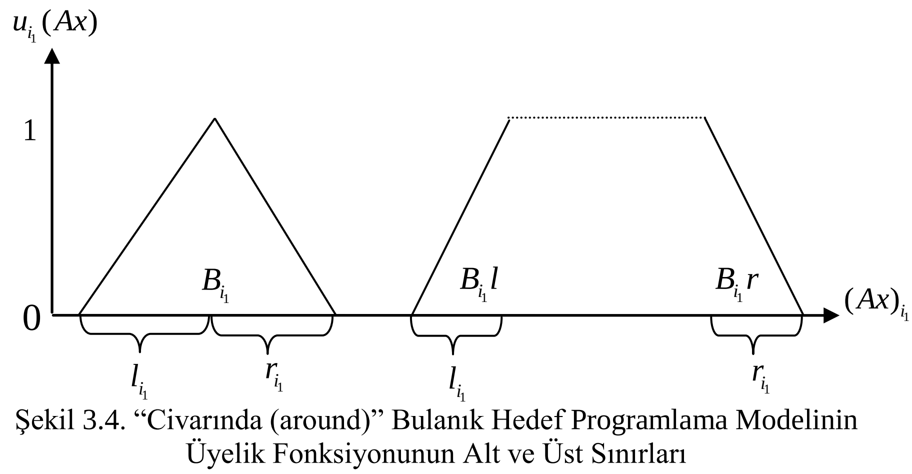
$G_{i_j}^{k}$: j'inci problemde kullanılan i'inci hedef.

$B_{i_j}^{k}$: k'ıncı önceliğe sahip, j'inci probleme ait ulaşılmak istenen i'inci hedef değer.

$g_{i_j}^{K}$: $B_{i_j}^{k}$ 'ya ait doğrusal veya doğrusal olmayan fonksiyon.

P_k : Hedeflere ait öncelik dereceleri; $P_1 > P_2 > ... > P_k$.

Eşitlik (3.40)'a ait şekil aşağıdaki gibidir.



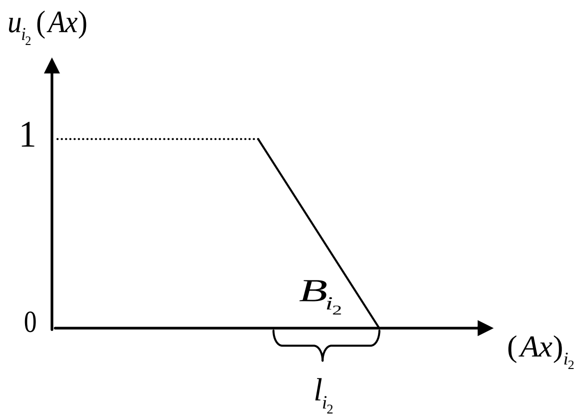
Şekil 3.4. "Civarında (around)" Bulanık Hedef Programlama Modelinin Üyelik Fonksiyonunun Alt ve Üst Sınırları

Eşitlik (3.40)'a ait üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibidir:

$$\mu_{i_1}(Ax)=\begin{cases}0 & ;\ eğer\quad (Ax)_{i_1}\le B_{i_1l}-l_{i_1}\ \ ise\\ (1-\dfrac{B_{i_1l}-(Ax)_{i_1}}{l_{i_1}})^{c_{i_1}} & ;\ eğer\quad B_{i_1l}-l_{i_1}\le (Ax)_{i_1}\le B_{i_1l}\ \ ise\\ 1 & ;\ eğer\quad B_{i_1l}\le (Ax)_{i_1}\le B_{i_1r}\ \ ise\\ (1-\dfrac{(Ax)_{i_1}-B_{i_1r}}{r_{i_1}})^{d_{i_1}} & ;\ eğer\quad B_{i_1r}\le (Ax)_{i_1}\le B_{i_1r}+r_{i_1}\ \ ise\\ 0 & ;\ eğer\quad (Ax)_{i_1}\ge B_{i_1r}+r_{i_1}\ \ ise\end{cases}\tag{3.45}$$

Eşitlik (3.45)'de $c_{i_1}, d_{i_1}\in\{0.5,\ 1,\ 2\},\ i_1\in I_1$'dir. Burada $c_{i_1}=2,\ d_{i_1}=2$ olması durumunda üyelik fonksiyonu $\left[\mu_{i_1}\left(Ax\right)\right]^2$ şeklini, $c_{i_1}=0.5,\ d_{i_1}=0.5$ olması durumunda da üyelik fonksiyonu $\sqrt{\mu_{i_1}\left(Ax\right)}$ şeklini alır. Wang ve Fu bu durumları sırasıyla, "daralma" ve "genleşme" olarak nitelendirirler.

Bulanık eşitsizlik (3.41)'a ait şekil aşağıdaki gibidir.



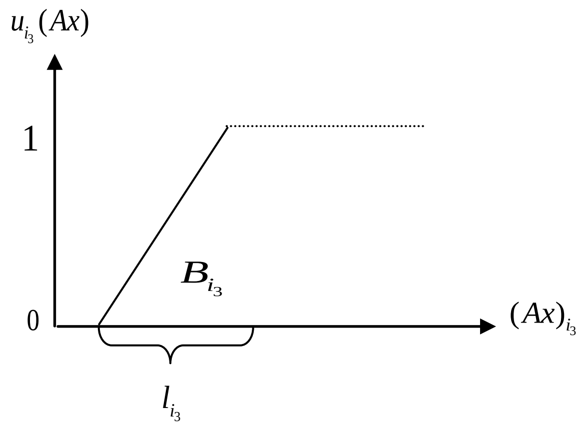
Şekil 3.5. "Çoğunlukla (at most)" Bulanık Hedef Programlama Modelinin Üyelik Fonksiyonunun Alt ve Üst Sınırları

Bulanık eşitsizlik (3.41)'a ait üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$\mu_{i_2}(Ax)=\begin{cases}1 & ;\ eğer\quad (Ax)_{i_2}\le B_{i_2}\ \ ise\\ (1-\dfrac{(Ax)_{i_2}-B_{i_2}}{r_{i_2}})^{d_{i_2}} & ;\ eğer\quad B_{i_2}\le (Ax)_{i_2}\le B_{i_2}+r_{i_2}\ \ ise\\ 0 & ;\ eğer\quad (Ax)_{i_2}\ge B_{i_2}+r_{i_2}\ ise\end{cases} \qquad (3.46)$$

Burada $d_{i_2}\in\{0.5,1,2\}$, $i_2\in I_2$ olarak tanımlanmıştır. $d_{i_2}=1$ olduğu durumda Şekil 3.5'in sağ parçası doğrusal üyelik fonksiyonu, $d_{i_2}=2$ "daralma" veya $d_{i_2}=0.5$ "genleşme" olduğu durumlarda ise doğrusal olmayan üyelik fonksiyonu elde edilir.

Bulanık eşitsizlik (3.42)'e ait şekil aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.6. "En azından (at least)" Bulanık Hedef Programlama Modelinin Üyelik Fonksiyonunun Alt ve Üst Sınırları

Bulanık eşitsizlik (3.42)'e ait üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$\mu_{i_3}(Ax)=\begin{cases}0 & ;\ eğer\quad (Ax)_{i_3}\le B_{i_3}-l_{i_3}\ \ ise\\ (1-\dfrac{B_{i_3}-(Ax)_{i_3}}{l_{i_3}})^{c_{i_2}} & ;\ eğer\quad B_{i_3}-l_{i_3}\le (Ax)_{i_3}\le B_{i_3}\ \ ise\\ 1 & ;\ eğer\quad (Ax)_{i_3}\ge B_{i_3}\ ise\end{cases} \qquad (3.47)$$

Burada $c_{i_2} \in \{0.5, 1, 2\}, i_3 \in I_3$ olarak tanımlanmıştır. $c_{i_3} = 1$ olduğu durumda Şekil 3.6'nın sol parçası doğrusal üyelik fonksiyonu, $c_{i_3} = 2$ "daralma" veya $c_{i_3} = 0,5$ "genleşme" olduğu durumlarda ise doğrusal olmayan üyelik fonksiyonu elde edilir.

Karar vericinin bulanık hedefler arasındaki tercih önceliği $P_1 > P_2 > ... > P_K$ eşitsizliği $1 > \lambda_1 > \lambda_2 > ... > \lambda_K > \lambda > 0$ şeklinde de ele alınabilir. Burada, λ_K değişkeni P_K tercih önceliğinde yer alan bulanık hedefe ait doyum derecesini, λ değişkeni ise bulanık hedeflerin tümünden elde edilen minimum ortak doyum derecesini gösterir. Bulanık hedef programlama problemlerinde P_i önceliğindeki hedef(ler) doyurulmadan P_{i+1} önceliğinde yer alan hedef(ler)in doyurulması ile ilgilenilmez. Aynı zamanda karar vericinin tercih önceliklerinin karşılanması, P_i önceliğindeki hedef(ler)in doyum derecesinin, P_{i+1} önceliğindeki yer alan hedef(ler)in doyum derecesinden daha yüksek olmasına bağlıdır. Bu durum, her bir öncelik düzeyi için bir ceza maliyetine neden olur. Bu ceza maliyeti M_k ($k \in \{1, 2, ..., K\}$) ile gösterilir ve bulanık hedefler arasındaki tercih önceliğinin $P_1 > P_2 > ... > P_K$ iken, bu tercih önceliklerine karşılık gelen ceza maliyetleri $0 < M_1 < M_2 < ... < M_K$ şeklinde oluşur.

K'ıncı tercih önceliğine ilişkin ceza maliyeti $M_k = \left(10^K\right)^{k-1}$ ifadesi ile belirlenebilir. Burada, K hedef sayısını göstermektedir. Hedefler arasındaki tercih önceliği, doyum düzeyleri ve ceza maliyetlerine göre aşağıdaki kısıtlayıcılarla ifade edilir (Wang ve Fu, 1997).

$$
\begin{aligned}
M_k \lambda' + \lambda_k &\geq 1 \\
M_K \lambda' + \lambda &\leq 1
\end{aligned}
\tag{3.48}
$$

Bu veriler altında bulanık hedef programlama modeli aşağıdaki gibi ifade edilir (Wang ve Fu, 1997).

$$\max \lambda \tag{3.49}$$

$$\lambda_k \le \left[\left\{ \left(1 - \frac{\left[B_{i_j}^k - (Ax)_{i_j}^k \right]}{l_{i_j}} \right)^{c_{i_j}} \right\} \right]_k \qquad j \in \{1, 3\},\ i_j \in I_1 \cup I_3,\ k \in I_4 \tag{3.50}$$

$$\lambda_k \le \left[\left\{ \left(1 - \frac{\left[(Ax)_{i_j}^k - B_{i_j}^k \right]}{r_{i_j}} \right)^{d_{i_j}} \right\} \right]_k \qquad j \in \{1, 2\},\ i_j \in I_1 \cup I_2,\ k \in I_4 \tag{3.51}$$

$$M_k \lambda^{/} + \lambda_k \ge 1, \qquad k \in I_4 \tag{3.52}$$

$$\lambda + M_k \lambda^{/} \le 1 \tag{3.53}$$

$$k = 1, 2, ..., K$$

Bulanık hedef programlama, tüm öncelikli hedeflerin doyum derecesini gösteren λ'nın toplam üyelik derecesini maksimum yapmak için doğrusal programlamaya veya doğrusal olmayan programlamaya dönüşür. Eşitsizlik (3.50) ve (3.51) λ_k'nın derecesi, k'ıncı öncelik seviyesini sınıflandırmada kullanılmaktadır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

PORTFÖY ANALİZİ

4.1. PORTFÖY ANALİZİ

Hedefleri olan insanlarda gelecekte, içinde bulunacağı durumun ne olacağı düşüncesi daima vardır. Bu düşüncelere sahip olan bireyler hedeflerine ulaşmak, geleceğe güvenle bakmak için, içinde bulundukları anı en iyi şekilde değerlendirmek ister ve bunun için planlar, programlar ve yatırımlar yaparlar.

Bireylere ve işletmelere yardımcı olmak amacı ile kurulan aracı kuruluşlar, belli bir plan çerçevesinde bireylerin/işletmelerin ellerinde bulundurduğu nakdi değerleri, hisse senedi, tahvil ve diğer değerli varlıklara çevirerek, gelecek için bir getiri sağlamaya çalışırlar. Gelecekte elde edilmesi düşünülen getiriler bir risk, belirsizlik içerir.

Hisse senedi, tahvil ve türevlerinden oluşan birden fazla menkul kıymetin bir araya getirilmesi, birey veya grubun bu materyalleri ellerinde bulundurması portföy olarak adlandırılır. Kelime olarak "cüzdan" anlamına gelen portföyü, Eroğlu (2006) şöyle tanımlamaktadır:*"belirli amaçları gerçekleştirmek isteyen yatırımcıların sahip olduğu, birbirleriyle ilişkisi olan ve kendine öz ölçülebilir nitelikleri olan bir varlıktır".* Aynı zamanda portföy, riski azaltmak ve üstlenilen riske göre en yüksek getiriyi sağlamak amacı ile en az iki çeşit menkul kıymetten oluşan bir havuzdur (Ercan ve Ban, 2005). Bu havuzu oluşturma aşamasında yapılan işlemler bütünü "portföy analizi" olarak ifade edilir.

Portföy analizi, birden fazla menkul kıymetin bir araya getirilmesiyle riskin dağıtılması esasına dayanarak yüksek getiri elde etmeyi hedefleyen, ülkemizde de gün geçtikçe önem kazanan "Portföy Yönetim" sürecinin temelidir (Üstünel, 2000).

Portföy yönetiminde, portföyü oluşturacak menkul kıymetlere ait risk-getiri dengesi çok iyi ayarlanmalıdır. Karar verici hangi menkul kıymeti hangi oranda portföyünde bulundurması gerektiğini bilmek ve değişen sosyo-ekonomik olaylar karşısında da hangi menkul kıymeti portföyünden çıkarıp yerine hangi menkul kıymeti portföyüne dahil etmesi gerektiğini de önceden belirlemek ister. Portföy yönetiminde temel amacın, yatırımcının maddi çıkarlarını maksimum yapmak olduğu akıldan çıkartılmaması gereken önemli bir husustur. Portföy yönetim konusunun duayenlerinden olan Sharpe, portföy yönetimini "Paranın yönetilme süreci" olarak tanımlamıştır.

Optimal portföy oluşturulurken, portföyü oluşturan varlıkların etkin olması istenir. Etkin portföy, belirli bir risk seviyesinde en yüksek getiriyi veya belirli bir getiri seviyesinde en düşük riskten oluşur. Harry Markowitz 1952 yılında "Portfolio Selection" adlı makalesi ile etkin portföy oluşturulmasında matematiksel bir model kullanmıştır. Markowitz etkin portföy oluştururken bazı varsayımlar ileri sürmüştür. Bu varsayımla şöyledir:

1. Karar verici, portföyü oluşturduğu dönem için portföyün faydasını maksimum yapmak ister.

2. Karar verici portföy riskine göre hareket eder; getirisi aynı olan portföylerden riski düşük olanını, riski aynı olan portföyler içerisinden de getirisi fazla olanı tercih eder.

3. Karar verici portföyünü çeşitlendirerek portföy riskini en düşük seviyeye getirebilir, hatta riski ortadan kaldırabilir.

Roy (1952), Markowitz'in çalışmasına benzer bir çalışma ile portföyü oluşturan menkul kıymetlerin getirilerinin varyansı ile portföyün getirilerinin varyansı arasında ilişkiyi göstererek etkin portföy oluşturulmasına katkıda bulunmuştur. Bu çalışmaları temel alan Sharpe (1964) ve Linter (1965) yatırımcıların karşılaşacağı problemleri (portföyü oluşturan menkul kıymetlerin finansal durumunu gösteren oranlar, portföyü oluşturan menkul kıymet sayısı) dikkate alarak model kurmuşlardır. Sharpe (1963) geliştirdiği "Tek İndeks Modeller" ile portföyü oluşturan menkul kıymet sayısının belirlenmesinde karşılaşılan zorlukları gidermeye çalışılmıştır. Portföyü oluşturan menkul kıymet sayısı ile ilgili çalışmalara, Evans ve Archer (1968), Latane ve Young (1969) çalışmaları örnek gösterilebilir. Evans ve Archer 8 - 15 hisse senedi, Latane ve Young 8 - 16 hisse senedi ile oluşturulacak portföyün optimal olacağını saptamışlardır. Perold'ın (1984) geliştirdiği "Çok Endeks Modeller" ile portföyü oluşturan menkul kıymet sayısının belirlenmesinde karşılaşılan zorluklar aşılmıştır.

4.2. PORTFÖY ANALİZİ METODOLOJİSİ

Bulanık hedef programlama yöntemiyle portföy analizi yapılırken hisse senetlerinin risk, getiri oranı ve beta katsayı değerlerinin hesaplanmasında aşağıdaki formüller kullanılır.

Hisse senetlerinin günlük getiri oranlarına ait değerler hesaplanırken eşitlik (4.1)'den yararlanılır.

$$R_i = \frac{P_{it} - P_{it-1}}{P_{it-1}} \tag{4.1}$$

Eşitlik (4.1)'de

R_i : i'inci hisse senedinin getirisi,

P_{it} : i'inci hisse senedinin t zamanındaki fiyatını,

P_{it-1}: i'inci hisse senedinin t - 1 zamanındaki fiyatını göstermektedir.

Hisse senetlerinin günlük getiri oranları kullanılarak hesaplanan hisse senetlerinin beklenen getirisi, varyansı, kovaryansı ve beta katsayılarına ait formüller sırasıyla eşitlik (4.2), (4.3), (4.4) ve (4.5)'de gösterilmektedir.

Ortalama getiri; $$E(R_i) = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} R_{it} \tag{4.2}$$

Varyans; $$\sigma^2_{R_{it}} = \frac{1}{n}\sum_{t=1}^{n} (R_{it} - E(R_i))^2 \tag{4.3}$$

Kovaryans; $$Cov_{i,k} = \frac{1}{n-1}\sum_{t=1}^{n} (R_{it} - E(R_i))(R_{kt} - E(R_k)) \tag{4.4}$$

Beta katsayısı; $$R_{i,t} = \alpha_i + \beta_i R_{m,t} \tag{4.5}$$

Yukarıdaki eşitliklerde kullanılan;

$E(R_i)$: i'inci hisse senedinin beklenen getirisini,

$\sigma^2_{R_i}$: i'inci hisse senedinin beklenen getirisinin varyansını,

R_{kt} : t zamanında k'ıncı hisse senedinin getirisini,

$E(R_k)$: k'ıncı hisse senedinin beklenen getirisini,

$Cov_{i,k}$: i'inci ve k'ıncı hisse senetlerinin kovaryansını,

α_i : i'inci hisse senedine ait regresyon sabitini,

β_i : i'inci hisse senedine ait eğim katsayısını (beta katsayısını),

$R_{m,t}$: İMKB 30 endeksinin t zamanındaki getirisini göstermektedir.

Bulanık hedef programlamada kullanılacak riske ait üyelik fonksiyonunun sınırlarını oluşturulmasında için Harry Markowitz'in ortalama-varyans modeli temel alınmıştır. Ortalama-varyans modeli, hedeflenen beklenen getiri düzeyini karşılayacak minimum varyansı bulmak için kullanılır. Bu amaçla Markowitz'in ortalama-varyans modeli (4.6)'da verilmiştir.

Amaç Fonksiyonu : $$Min \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} x_i x_j Cov_{ij}$$

Kısıtlayıcı Fonksiyonlar :
$$\sum_{i=1}^{n-1} x_i \mu_i = R \tag{4.6}$$
$$\sum_{i=1}^{n-1} x_i = 1$$
$$0 \le x_i \le 1$$

Model (4.6)'da kullanılan;

n : Mevcut hisse senedi sayısını,

μ_i : i'inci hisse senedinin beklenen getirisini (i = 1, 2, …, n),

Cov_{ij} : i'inci ve j'inci hisse senedi arasındaki kovaryans değeri (i = 1, 2, …, n), (j = 1, 2, …, n), i = j için i'inci hisse senedinin varyans değerini, R : Beklenen getiri düzeyini,

x_i : i'inci hisse senedinin portföy içindeki oranını (karar değişkenlerini) (i = 1, 2, …, n) göstermektedir.

Karar vericinin hedeflerine göre kurulan bulanık hedef programlama modeli çözümlerinde amaç karar vericinin doyurucu bulduğu bir çözümün bulunması şeklindedir. Bilindiği gibi sermaye piyasasında karar vericiler (yatırımcılar) riskten kaçar, riske karşı duyarsız (nötr) ve riski sever şeklinde sınıflandırılır. Bu sınıflandırma ile doyum derecelendirilebilir, yani karar vericinin göze aldığı risk miktarı azaldıkça doyum derecesinin artması, karar vericinin göze aldığı risk miktarı arttıkça da doyum derecesinin azalması beklenir.

Portföyü oluşturan hisse senetlerine ait risk, getiri oranı ve beta katsayısındaki belirsizlikler dikkate alınarak kurulan bulanık hedef programlama modeli aşağıdaki gibidir;

Model 1 :

$$G_1: \quad \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_i x_j Cov_{ij} \lessapprox Z_0 \tag{4.7}$$

$$G_2: \quad \sum_{i=1}^{n} x_i \mu_i \gtrapprox E(R_{\max}) \tag{4.8}$$

$$G_3: \quad \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i \approxeq \beta^* \tag{4.9}$$

$$\begin{gathered} \sum_{i=1}^{n} x_i = 1 \\ 0 \le x_i \le 1 \,, \quad (i = 1, 2, ..., n) \end{gathered} \tag{4.10}$$

Model 1'de kullanılan G_k (k = 1, 2, 3) sırasıyla portföyü oluşturan hisse senetlerine ait risk, getiri oranı ve beta katsayısına ait hedeflerdir. β^*, beta katsayısının belirlenen dönemlere göre belirlenen hedef değerleridir.

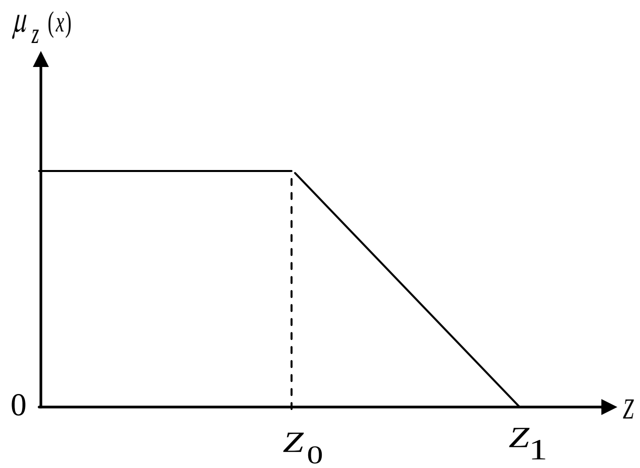
Piyasalardaki ekonomik belirsizlikler doğal olarak hisse senedi fiyatlarını da etkilemektedir. Bu belirsizlikler hisse senedinin getiri oranını, riskini ve bir hisse senedi getirisinin piyasa portföy getirisine olan duyarlılığını gösteren beta katsayısını da belirsizleştirmektedir. Belirsizlikler üzerine kurulmuş olan bulanık mantık aracılığıyla, risk, getiri oranı ve beta katsayısının ekonomik piyasalara verdiği tepkiler dikkate alınarak, üyelik fonksiyonları oluşturulmuştur.

Bir hisse senedine ait beklenen getiri oranındaki artışın, o hisse senedinin riskini de arttıracağı aşikardır. Karar verici riske karşı duyarlı olduğundan risk arttığında memnuniyeti azalacaktır. Bu durumda riske ait üyelik fonksiyonu azalan fonksiyon olacak şeklinde tanımlanabilir. Model 4.6 kullanılarak hesaplanan Z_0 ve Z_1 değerlerinin dikkate alınmasıyla oluşturulan "risk üyelik fonksiyonu" parçalı doğrusal monoton azalan fonksiyon şeklinde elde edilebilir (Kocadağlı, 2006, 2010).

Riskin üyelik fonksiyonu;

$$\mu_Z(x) = \begin{cases} 1 & , \ Z < Z_0 \\ 1 - \dfrac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_i x_j Cov_{ij} - Z_0}{Z_1 - Z_0} & , \ Z_0 \le Z \le Z_1 \\ 0 & , \ Z > Z_1 \end{cases} \tag{4.11}$$

şeklinde olup söz konusu üyelik fonksiyonunun grafiği aşağıdaki gibidir.

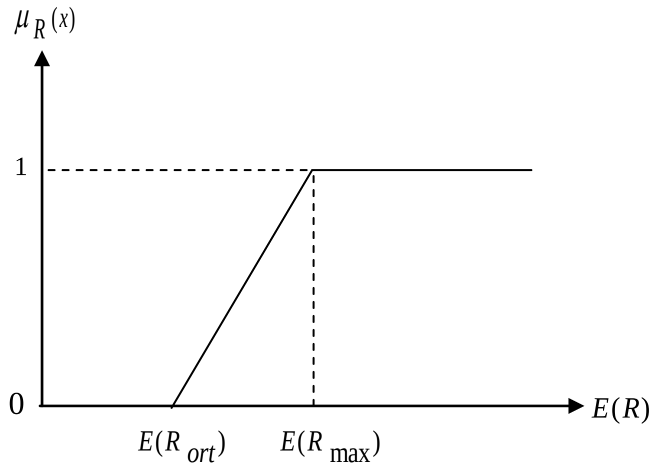


Şekil 4.1. Risk Üyelik Fonksiyonu

Bir hisse senedine ait beklenen getiri oranındaki artışla birlikte, karar vericinin memnuniyeti de artar. Bu durumda getiriye ait "getiri oranı üyelik fonksiyonu" artan fonksiyon şeklinde belirlenir. Şekil 4.2'de görüldüğü gibi ortalama getiri oranından maksimum getiri oranına doğru bir artış olup, maksimum getiri düzeyinden sonra ise üyelik fonksiyonu değerinin "1" olduğu görülmektedir. Buradan getiri oranı üyelik fonksiyonun parçalı doğrusal monoton artan fonksiyonu Kocadağlı (2006)'nın kullandığı üyelik fonksiyonuna benzer olarak aşağıdaki gibi kurulur.

$$\mu_R(x) = \begin{cases} 0 & , \sum_{i=1}^{n} x_i \mu_i < E(R_{ort}) \\ 1 - \dfrac{E(R_{\max}) - \sum_{i=1}^{n} x_i \mu_i}{(E(R_{\max}) - E(R_{ort}))} & , E(R_{ort}) \leq \sum_{i=1}^{n} x_i \mu_i \leq E(R_{\max}) \\ 1 & , \sum_{i=1}^{n} x_i \mu_i > E(R_{\max}) \end{cases} \tag{4.12}$$

şeklinde olup söz konusu üyelik fonksiyonunun grafiği ise aşağıdaki gibidir.



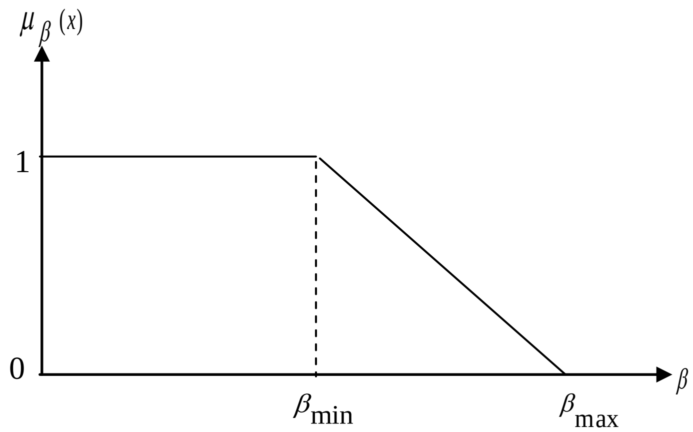
Şekil 4.2. Getiri Oranı Üyelik Fonksiyonu

Beta katsayısı, hisse senedi getirisinin piyasa portföy getirisine olan duyarlılığını göstermektedir. Beta katsayısının pozitif değer alması hisse senedinin endeks ile aynı yönde hareket ettiğini, negatif değer alması ise hisse senedinin endeksiyle ters yönde hareket ettiğini gösterir. Bu nedenle beta katsayısı endeksin artan veya azalan olduğu dönemlere göre farklı anlamlar ifade etmektedir, yani beta katsayısı 1'den büyükse endeksin artan olduğu dönemde hisse senedinden elde edilen kazancın, endeks artışından daha fazla artışın olacağını, endeksin azalan olduğu dönemde ise hisse senedi kayıbının endeks azalışından daha fazla azalacağı anlamına gelir. Beta katsayısının 1'den küçük olması durumunda ise endeksin artan olduğu dönemde hisse senedinden elde edilen kazancın, endeks artışından daha az artış olacağı, endeksin azalan olduğu dönemde ise hisse senedi kaybının endekse göre daha az kayıp olacağı anlamını taşır. Karar verici için endeksin artan olduğu dönemlerde beta katsayısının 1'den büyük olmasını, endeksin azalan olduğu dönemlerde ise beta katsayısının 1'den küçük olması lehine bir durumdur (Kocadağlı, 2010). Bu nedenle "beta katsayısı üyelik fonksiyonu" endeksin azalan ve artan olduğu dönemleri için farklı iki şekilde oluşturulur.. Bu durumlar aşağıdaki gibidir.

Beta katsayısı üyelik fonksiyonu (azalış dönemi için),

$$\mu_\beta(x) = \begin{cases} 1 & , \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i < \beta_{\min} \\ 1 - \dfrac{\sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i - \beta_{\min}}{\beta_{\max} - \beta_{\min}} & , \beta_{\min} \le \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i \le \beta_{\max} \\ 0 & , \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i > \beta_{\max} \end{cases} \tag{4.13}$$

şeklinde olup söz konusu üyelik fonksiyonunun grafiği aşağıda gösterilmiştir.

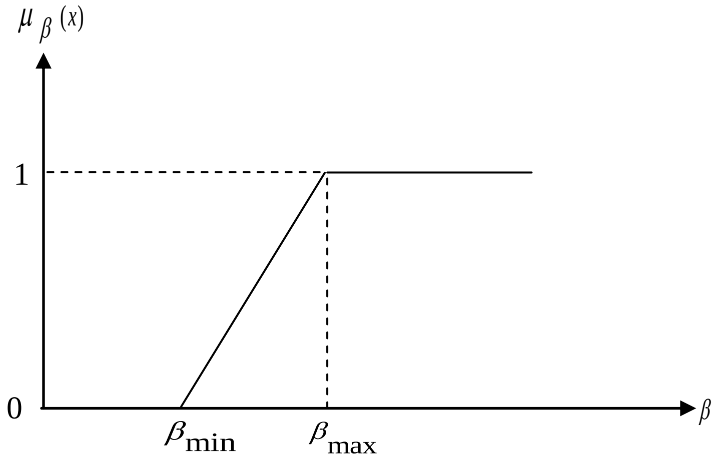


Şekil 4.3. Azalış Dönemi Beta Katsayısı Üyelik Fonksiyonu

Beta katsayısı üyelik fonksiyonu (artış dönemi için),

$$\mu_\beta(x) = \begin{cases} 0 & , \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i < \beta_{\min} \\ 1 - \dfrac{\beta_{\max} - \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i}{\beta_{\max} - \beta_{\min}} & , \beta_{\min} \le \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i \le \beta_{\max} \\ 1 & , \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i > \beta_{\max} \end{cases} \tag{4.14}$$

şeklinde olup söz konusu üyelik fonksiyonunun grafiği aşağıda gösterilmiştir.

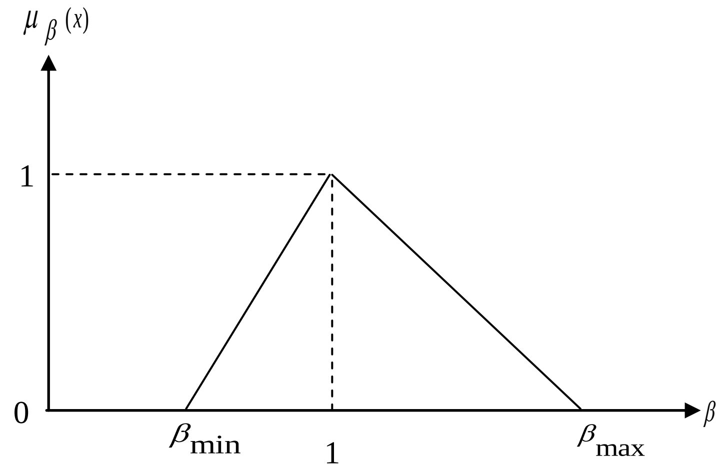


Şekil 4.4. Artış Dönemi Beta Katsayısı Üyelik Fonksiyonu

Ayrıca verilerin durağan olması durumunda beta katsayısının üyelik fonksiyonu simetrik olmayan üçgen üyelik fonksiyonu şeklinde tanımlanabilir. Beta katsayıının üçgen üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$\mu_\beta(x) = \begin{cases} 0 & , \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i < \beta_{\min} \\ 1 - \dfrac{1 - \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i}{1 - \beta_{\min}} & , \beta_{\min} \le \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i \le 1 \\ 1 - \dfrac{\sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i - 1}{\beta_{\max} - 1} & , 1 \le \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i \le \beta_{\max} \\ 0 & , \sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i > \beta_{\max} \end{cases} \tag{4.15}$$

Söz konusu üyelik fonksiyonunun grafiği aşağıda gösterildiği gibidir:



Şekil 4.5. Durağan Dönemde Beta Katsayısı Üyelik Fonksiyonu

Bulanık hedef programlama modeli olan "Model 1", karar vericinin risk sınıfının C_i (i = 1, 2, 3), tercih önceliği P_k parametreleri ve doyum derecesini gösteren λ_k değişkenin yer aldığı üyelik fonksiyonunun $\left[\mu_i(x)\right]^{c_i} \geq \lambda_k$ şeklinde gösterildiği "Model 2" 'ye dönüşür. "Model 2" aşağıdaki gibidir.

$$\max \lambda$$

$$\left[1-\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_i x_j Cov_{ij} - Z_0}{Z_1 - Z_0}\right]^{C_1} \geq \lambda_k \qquad P_1 \text{ tercih önceliği} \qquad (4.15)$$

$$\left[1-\frac{E(R_{\max}) - \sum_{i=1}^{n} x_i \mu_i}{(E(R_{\max}) - E(R_{ort}))}\right]^{C_2} \geq \lambda_k \qquad P_2 \text{ tercih önceliği} \qquad (4.16)$$

$$\left[1-\frac{\sum_{i=1}^{n} \beta_i x_i - \beta_{\min}}{\beta_{\max} - \beta_{\min}}\right]^{C_3} \geq \lambda_k \qquad P_3 \text{ tercih önceliği} \qquad (4.17)$$

$$
\begin{aligned}
M_k \lambda^{/} + \lambda_k &\geq 1 \\
M_k \lambda^{/} + \lambda \ &\leq 1 \\
\lambda,\ \lambda^{/},\ \lambda_k &\leq 1 \\
x_i,\ x_j,\ \lambda,\ \lambda^{/},\ \lambda_k &\geq 0 \\
k = 1,\ 2,\ ...,\ K &
\end{aligned}
\tag{4.18}
$$

Karar vericinin tercih önceliğini gösteren $P_1 > P_2 > \ldots > P_k$, Wang-Fu'ya göre, $0 > \lambda_1 > \lambda_2 > \ldots > \lambda_k > \lambda > 0$ şeklinde ele alınabilmektedir. Wang-Fu yaklaşımında, tüm öncelikli hedeflerin doyum derecesini gösteren λ'nın maksimum olması istenmektedir. Ayrıca sözü edilen yaklaşımda karar vericinin hedefleri doğrultusunda tercih öncelikleri değiştirilebilmektedir.

Karar vericinin riske nötr olduğu kabul edildiğinde Model 2, $C_i = 1$ değeri alınarak doğrusal programlama modeline, karar vericinin riski sever olması halinde $C_i = 0,5$ değeri ve riskten kaçar olduğu kabul edildiğinde $C_i = 2$ değeri alınarak aynı model doğrusal olmayan programlama modeline dönüşür.

BEŞİNCİ BÖLÜM

BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA VE PORTFÖY ANALİZİ UYGULAMASI

5.1. UYGULAMANIN AMACI

Uygulamanın amacı, modern portföy analizinin temeli olan Harry Markowitz'in ortaya koyduğu ortalama-varyans modeli ve varsayımlarından yola çıkarak, bir hisse senedi getirisinin piyasa portföy getirisine olan duyarlılığını gösteren beta katsayısını da kullanarak, karar vericinin hedef önceliklerini ve risk seviyesini dikkate alan bulanık hedef programlama modeli kurmak ve bu modelin geçerliliğini göstermektir.

5.2. UYGULAMANIN KAPSAMI

Bulanık hedef programlama ile portföy analizi uygulamasında kullanılacak olan veri seti, Ocak 2011- Ekim 2011 dönemine ait İMKB 30 endeksini oluşturan firmalardan ve bu firmaların hisse senetlerinin 03.01.2011 – 31.10.2011 tarihleri arası günlük kapanış fiyatlarından oluşmaktadır. İMKB 30 endeksinde yer alan firma adları Ek 1'de, bu firmaların hisse senetlerinin 03.01.2011 – 31.10.2011 tarihleri arası günlük kapanış fiyatları Ek 2'de yer almaktadır.

03.01.2011 – 31.10.2011 tarihleri arasında veriler İMKB 30 endeksinin aylar itibariyle, azalan ve artan dönemlerini gösteren grafikler Ek 3'de verilmiştir. Ek 3'de yer alan grafikler arasından da 03 – 31 Ocak 2011 döneminde İMKB 30'un azalışa geçtiği dönem, 01 - 31 Mart 2011döneminde İMKB 30'un artışa geçtiği dönem olarak belirlenmiştir. Bu iki ay dikkate alınarak bulanık hedef programlama modeli kurulmuş ve çözülmüştür.

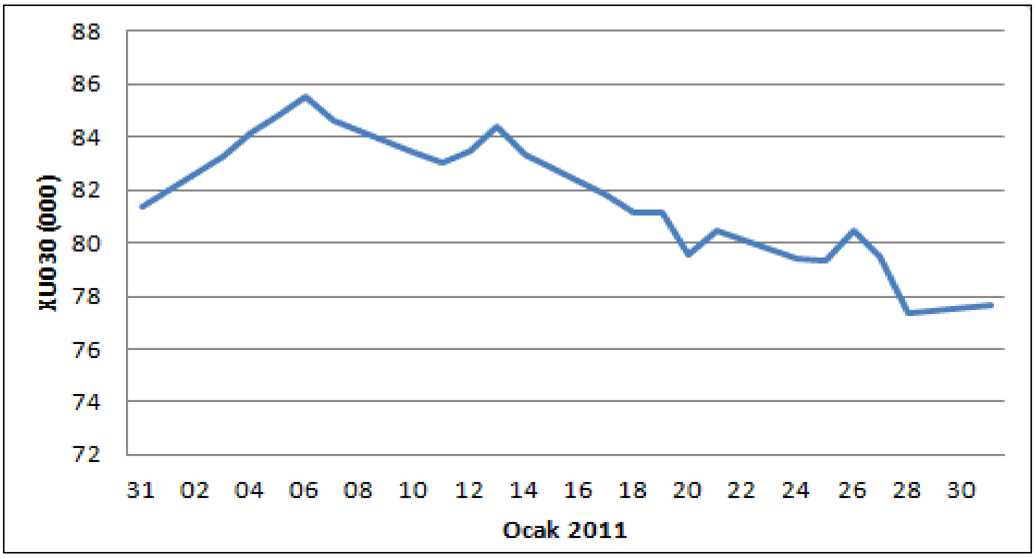
03 – 31 Ocak 2011 ve 01 - 31 Mart 2011 dönemlerinde İMKB 30'da yer alan hisse senetlerin günlük kapanış fiyatları kullanılarak endekste işlem gören 30 hisse senedinin "günlük getiri oranları, günlük getiri oranlarının ortalamaları, beta katsayıları" ve "varyans-kovaryans matrisi" bulunmuştur. Bulunan bu değerlere ait veriler sırasıyla Ek 4 ve Ek 5'te verilmiştir.

Yukarıda sözü edilen hesaplamalar kullanılarak çalışmada, bulanık hedef programlama yaklaşımlarından biri olan "Wang-Fu Yaklaşımı" kullanılarak optimal portföyü oluşturan "bulanık hedef programlama modeli" kurulmuş ve modelin geçerliliği test edilmiştir.

5.3. UYGULAMANIN ÇÖZÜMÜ

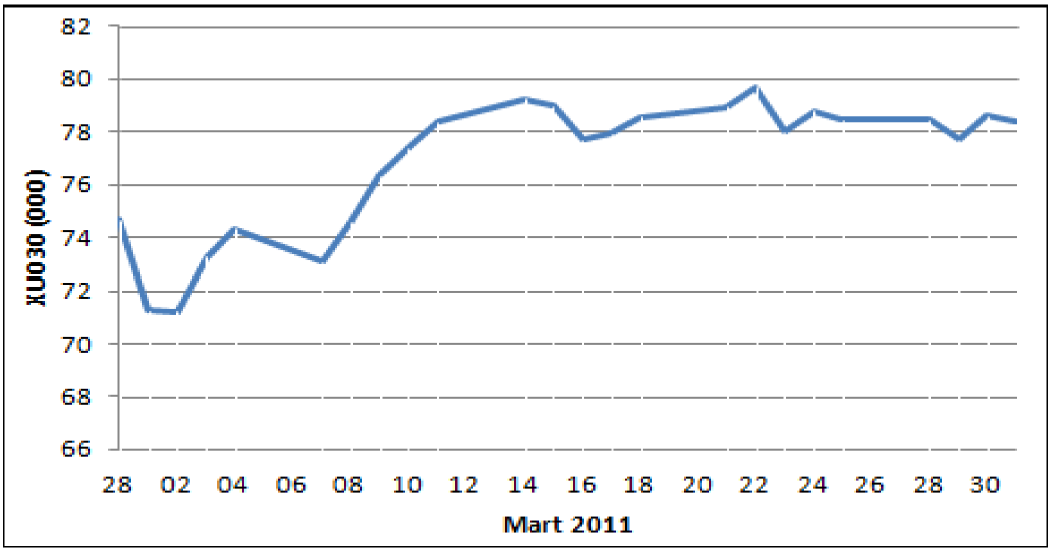
Bu çalışmada, İMKB 30 endeksi azalış ve artış dönemleri dikkate alınarak bulanık hedef programlama yöntemi olan Wang-Fu yaklaşımı kullanılarak model "bulanık hedef programlama modeli" kurulmuş ve çözülmüştür. İMKB 30'un azalış ve artış dönemlerini belirlemek için İMKB 30 endeksinin Ocak 2011 - Ekim 2011 dönemi aylık grafikleri incelenmiştir. Grafiklerin incelemesi sonucunda 03 – 31 Ocak 2011 dönemi İMKB 30 endeksin azalışa, 01 - 31 Mart 2011döneminin ise artışa geçtiği dönemler olarak tespit edilmiştir.

İMKB 30 endeksinin azalışa geçtiği dönemin grafiği aşağıdaki gibidir.



Şekil 5.1. İMKB 30 Endeksi Azalış Dönemi

İMKB 30 endeksinin artışa geçtiği döneme ait grafik Şekil 5.2'deki gibidir.



Şekil 5.2. İMKB 30 Endeksi Artış Dönemi

Bulanık hedef programlama yöntemi olan Wang-Fu yaklaşımı ile kurulan model ve bu modelin çözümü için gerekli olan sayısal değerler bölüm 4.2'de verilen formüller ve üyelik fonksiyonları kullanılarak hesaplanmıştır.

03 – 31 Ocak 2011 azalış dönemi ve 01 - 31 Mart 2011 artış dönemi hisse senetlerinin beklenen getiri oranlarına ait bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5.1. İMKB 30 Endeksi Artış ve Azalış Dönemi Hisse Senetlerinin Beklenen Getiri Oranları (%)

Dönemler	**Beklenen Getiri Oranları (%)**		
	Minimum	**Ortalama**	**Maksimum**
Ocak 2011	-0,94	-0,02	1,13
Mart 2011	-0,85	0,30	1,15

Model (4.6)'da 1 birim olarak gösterilen, karar değişkenlerinin oluşturulacak optimal portföy içindeki oranı, yorumların daha kolay, anlaşılır olabilmesi amacıyla 100 birim olarak alınmıştır. Tablo 5.1'deki veriler kullanılarak, riskin üyelik fonksiyonu için gerekli olan amaç fonksiyon değerleri Z_0 ve Z_1 Model (4.6)'dan elde edilmiştir. Bu değerler eşitlik (4.11)'de yazılarak riskin üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi elde edilir.

Azalan döneme ait riskin üyelik fonksiyonu (Ocak 2011 dönemi),

$$\mu_Z(x) = \begin{cases} 1 & , \quad Z < 0,6833 \\ 1 - \dfrac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_i x_j Cov_{ij} - 0,6833}{29,1679 - 0,4237} & , \quad 0,6833 \le Z \le 29,1679 \\ 0 & , \quad Z > 29,1679 \end{cases} \tag{5.1}$$

şeklindedir.

Artan döneme ait riskin üyelik fonksiyonu (Mart 2011 dönemi) aşağıdaki gibidir.

$$\mu_Z(x)=\begin{cases}1 & , \quad Z<0,5212\\ 1-\dfrac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}x_ix_jCov_{ij}-0,5212}{19,5145-0,5212} & , 0,5212\le Z\le 19,5145\\ 0 & , \quad Z>19,5145\end{cases} \tag{5.2}$$

Tablo 5.1'deki veriler eşitlik (4.12)'de yerine yazılarak getiri oranının üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi elde edilir.

Azalan döneme ait getiri oranının üyelik fonksiyonu (Ocak 2011 dönemi),

$$\mu_R(x)=\begin{cases}0 & , \sum_{i=1}^{n}x_i\mu_i<0\\ 1-\dfrac{1,13-\sum_{i=1}^{n}x_i\mu_i}{(1,13)} & , 0\le\sum_{i=1}^{n}x_i\mu_i\le 1,13\\ 1 & , \sum_{i=1}^{n}x_i\mu_i>1,13\end{cases} \tag{5.3}$$

şeklindedir.

Artan döneme ait riskin üyelik fonksiyonu (Mart 2011 dönemi) şöyledir:

$$\mu_R(x)=\begin{cases}0 & , \sum_{i=1}^{n}x_i\mu_i<0,30\\ 1-\dfrac{1,15-\sum_{i=1}^{n}x_i\mu_i}{1,15-0,30} & , 0,30\le\sum_{i=1}^{n}x_i\mu_i\le 1,15\\ 1 & , \sum_{i=1}^{n}x_i\mu_i>1,15\end{cases} \tag{5.4}$$

03 – 31 Ocak 2011 ve 01 - 31 Mart 2011dönemi hisse senetlerinin beta katsayılarına ait bilgiler aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5.2. İMKB 30 Endeksi Artış ve Azalış Dönemi
Hisse Senetlerinin Beta Katsayıları

Dönemler	Beta Katsayıları	
	Minimum	**Maksimum**
Ocak 2011	-0,2666	2,0670
Mart 2011	0,1456	1,4981

Tablo 5.2'deki veriler eşitlik (4.13) ve eşitlik (4.14)'de yerine yazılarak beta katsayısının üyelik fonksiyonları aşağıdaki gibi elde edilir.

Azalan döneme ait beta katsayısının üyelik fonksiyonu (Ocak 2011 dönemi),

$$\mu_{\beta}(x)=\begin{cases}1 & , \sum_{i=1}^{n}\beta_i x_i < -0,2666 \\ 1-\dfrac{\sum_{i=1}^{n}\beta_i x_i-(-0,2666)}{2,0670-(-0,2666)} & , -0,2666 \le \sum_{i=1}^{n}\beta_i x_i \le 2,0670 \\ 0 & , \sum_{i=1}^{n}\beta_i x_i > 2,0670\end{cases} \tag{5.5}$$

şeklindedir.

Artan döneme ait beta katsayısının üyelik fonksiyonu (Mart 2011 dönemi),

$$\mu_{\beta}(x)=\begin{cases}0 & , \sum_{i=1}^{n}\beta_i x_i < 0,1456 \\ 1-\dfrac{1,4981-\sum_{i=1}^{n}\beta_i x_i}{1,4981-0,1456} & , 0,1456 \le \sum_{i=1}^{n}\beta_i x_i \le 1,4981 \\ 1 & , \sum_{i=1}^{n}\beta_i x_i > 1,4981\end{cases} \tag{5.6}$$

şeklindedir.

Bulanık hedef programlama yaklaşımlarından olan Wang-Fu yaklaşımının iki önemli özelliği vardır. Bunlardan birincisi karar vericinin hedeflerinin tercih öncelikleri şeklinde yazılabilmesi, ikincisi ise riskin sınıflandırılabilmesidir. Bu özellikleri dikkate alan tablo aşağıdaki gibidir.

Tablo 5.3. Üyelik Fonksiyonlarının Tercih Önceliği ve Risk sınıfları

Üyelik Fonksiyonları	**Risk**	**Getiri Oranı**	**Beta Katsayısı**
Tercih Önceliği	λ_1	λ_2	λ_3
Risk Sınıfları	$C_1 = 1$	$C_2 = 1$	$C_3 = 1$
	$C_1 = 0,5$	$C_2 = 0,5$	$C_3 = 0,5$
	$C_1 = 2$	$C_2 = 2$	$C_3 = 2$

Tablo 5.3'de birinci tercih önceliği λ_1, ikinci terci önceliği λ_2 ve üçüncü tercih önceliği λ_3'tür. λ_k'lar üyelik fonksiyonlarının doyum derecesini de göstermektedir. C_1 riskin üyelik fonksiyonunun, C_2 getiri oranının üyelik fonksiyonunun ve C_3 beta katsayısının üyelik fonksiyonunun risk sınıfını göstermektedir. "K" hedef sayısını, "k" tercih önceliğinin göstermek üzere, Model 2'de üç hedef (K = 3) ve üç tane tercih önceliği (k = 1, 2, 3) bulunmaktadır. Tercih önceliklerine ilişkin ceza maliyetleri $M_k = (10^K)^{k-1}$ eşitliği ile bulunur.

Buna göre ceza maliyetleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

k = 1 için, $M_1 = (10^3)^{1-1} = 1$

k = 2 için, $M_2 = (10^3)^{2-1} = 1000$

k = 3 için, $M_3 = (10^3)^{3-1} = 1000000$

Tablo 5.3'teki bilgiler ve ceza maliyetleri dikkate alınarak, riskin (R) birinci tercih önceliği (λ_1), getiri oranının (G) ikinci tercih önceliği (λ_2) ve beta katsayısının (B) üçüncü tercih önceliği (λ_3) ve C_i değerlerinin "1" olarak alınıp Model 2'de yerine yazılması sonucu, İMKB 30 endeksin azalış ve artış dönemine ait model 2.a ve model 2.b elde edilir. Bu modeller aşağıdaki gibidir.

Ocak 2011 Dönemine ait Model 2.a aşağıdaki gibidir.

$$\max \lambda$$

$$\left[1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} x_i x_j Cov_{ij} - 0,6833}{29,1679 - 0,4237} \right] \geq \lambda_1 \qquad \text{1. Tercih Önceliği} \qquad (5.7)$$

$$\left[1-\frac{1{,}13-\sum_{i=1}^{n}x_i\mu_i}{(1{,}13)}\right]\geq\lambda_2 \qquad \text{2. Tercih Önceliği} \qquad (5.8)$$

$$\left[1-\frac{\sum_{i=1}^{n}\beta_i x_i-(-0{,}2666)}{2{,}0670-(-0{,}2666)}\right]\geq\lambda_3 \qquad \text{3. Tercih Önceliği} \qquad (5.9)$$

$$\begin{aligned}
&\lambda^{/}+\lambda_1\geq 1 && \text{1.Tercih Önceliği}\\
&1000\lambda^{/}+\lambda_2\geq 1 && \text{2. Tercih Önceliği}\\
&1000000\lambda^{/}+\lambda_3\geq 1 && \text{3. Tercih Önceliği}\\
&\lambda^{/}+\lambda\ \geq 1 && \text{1. Tercih Önceliği}\\
&1000\lambda^{/}+\lambda\ \geq 1 && \text{2. Tercih Önceliği}\\
&1000000\lambda^{/}+\lambda\ \geq 1 && \text{3. Tercih Önceliği}
\end{aligned} \qquad (5.10)$$

$$\lambda,\lambda^{/},\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3\leq 1$$
$$\lambda,\lambda^{/},\lambda_1,\lambda_2,\lambda_3\geq 0$$

01 - 31 Mart 2011 Dönemine ait Model 2.b aşağıdaki gibidir.

$$\max\lambda$$

$$\left[1-\frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}x_i x_j Cov_{ij}-0{,}5212}{19{,}5145-0{,}5212}\right]\geq\lambda_1 \qquad \text{1. Tercih Önceliği} \qquad (5.11)$$

$$\left[1-\frac{1{,}15-\sum_{i=1}^{n}x_i\mu_i}{1{,}15-0{,}30}\right]\geq\lambda_2 \qquad \text{2. Tercih Önceliği} \qquad (5.12)$$

$$\left[1-\frac{1,4981-\sum_{i=1}^{n}\beta_i x_i}{1,4981-0,1456}\right] \geq \lambda_3 \qquad \text{3. Tercih Önceliği} \qquad (5.13)$$

$$\begin{aligned}
&\lambda' + \lambda_1 \geq 1 && \text{1. Tercih Önceliği} \\
&1000\lambda' + \lambda_2 \geq 1 && \text{2. Tercih Önceliği} \\
&1000000\lambda' + \lambda_3 \geq 1 && \text{3. Tercih Önceliği} \\
&\lambda' + \lambda \ \geq 1 && \text{1. Tercih Önceliği} \qquad (5.14) \\
&1000\lambda' + \lambda \ \geq 1 && \text{2. Tercih Önceliği} \\
&1000000\lambda' + \lambda \ \geq 1 && \text{3. Tercih Önceliği}
\end{aligned}$$

$$\lambda,\ \lambda',\ \lambda_1,\ \lambda_2,\ \lambda_3 \leq 1$$
$$\lambda,\ \lambda',\ \lambda_1,\ \lambda_2,\ \lambda_3 \geq 0$$

şeklindedir.

İMKB 30'un azalışa geçtiği 03 - 31 Ocak 2011 dönemine ait model 2.a'nın çözüm sonuçlarını gösteren tablolar aşağıdaki gibidir.

Tablo 5.4. Azalış Dönemi Üyelik Fonksiyonlarının
Risk Sınıflarına Göre Doyum Dereceleri

Ocak 2011		**Riske Nötr**	**Risk Sever**	**Riskten Kaçar**
λ		0,6600	0,8351	0,4322
R	**λ_1**	1,0000	1,0000	1,0000
G	**λ_2**	1,0000	1,0000	1,0000
B	**λ_3**	0,6600	0,8351	0,4322

Tablo 5.4'te risk, getiri oranı ve beta katsayısı üyelik fonksiyonları sırasıyla R, G ve B harfleri ile gösterilmiştir. Tablonun birinci sütununda Model 2.a'nın amaç fonksiyonunun doyum derecesini gösteren λ yer almaktadır. Karar vericinin memnuniyet derecesi olarak da bilinen λ, karar verici riske nötr olduğunda % 66, risk

sever olduğunda % 83,51 ve riskten kaçar olması durumunda ise % 43,22 oranında doyurulmuş olduğunu göstermektedir. Risk, getiri oranı ve beta katsayısı üyelik fonksiyonlarının tercih öncelikleri ve doyum derecelerini sırasıyla λ_1, λ_2 ve λ_3 sembolleri ile gösterilmiştir. Doyum dereceleri arasında $0 > \lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \lambda_3 \geq \lambda > 1$ sıralaması vardır. Tablo 5.4'te λ_1, λ_2 ve λ_3'e ait satırlarda risk, getiri oranı ve beta katsayısının üyelik fonksiyonlarının riske nötr, risk sever ve riskten kaçar olduğu durumlardaki doyum derecelerini göstermektedir. Tablo 5.4'te risk sınıflarına göre riskin doyum derecesi "1", getiri oranının doyum derecesinin "1" olduğu görülmektedir. Beta katsayısının doyum dereceleri risk sınıflarına göre sırasıyla % 66, % 84 ve % 43 olarak bulunmuştur.

Standart Markowitz modelinin ikinci temel kısıtı olarak yer alan ve karar değişkenlerinin, oluşturulan portföy içindeki ağırlıklar toplamını gösteren $\sum_{i=1}^{n} x_i = 1$ kısıtı, çalışmada yorum kolaylığı sağlaması bakımından $\sum_{i=1}^{n} x_i = 100$ olarak alınmıştır. Azalan dönemde oluşturulacak portföyün risk sınıflarına göre hisse senedi yatırım oranları aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Tablo 5.5. Azalış Dönemi Hisse Senetlerinin
Risk Sınıflarına Göre Yatırım Oranları (%) (03 - 31 Ocak 2011)

Karar Değişkenleri	Riske Nötr	Risk Sever	Riskten Kaçar
	Yatırım Oranı (%)	Yatırım Oranı (%)	Yatırım Oranı (%)
ARCLK	09,1144	10,0334	10,0940
BIMAS	00,4555	-	00,4806
DOHOL	12,9213	12,0660	12,9114
ECILC	12,2747	14,7995	12,2580
ENKAI	00,7954	-	00,8111
EREGL	00,1849	-	00,1960
KCHOL	00,6813	-	00,6930
KRDMD	07,1299	10,1381	06,9348
SAHOL	07,5812	00,5418	07,5970
SKBNK	14,2709	13,4328	14,2591
TAVHL	01,2332	00,0000	01,2404
TCELL	19,6597	32,9430	18,7975
TTKOM	08,6547	06,0454	08,6677
TURPS	05,0430	-	05,0593

Tablo 5.5'te karar vericinin İMKB 30 endeksinin azalan döneminde riske nötr, risk sever ve riskten kaçar olduğu durumlara göre üç farklı portföy oluşturabileceği ve portföylerdeki hisse senetlerinin portföy içindeki ağırlıkları verilmiştir. Riske nötr karar vericinin portföyü 14 hisse senedinden oluşmaktadır. Bu hisse senetlerinin portföy içindeki ağırlıkları ARCLK % 9,11; BIMAS % 0,46; DOHOL % 12,92; ECILC % 12,28; ENKAI % 0,8; EREGL % 0,19; KCHOL % 0,68; KRDMD % 7,13; SAHOL % 7,58; SKBNK % 14,27; TAVHL % 1,23; TCELL % 19,66, TTKOM % 8,66 ve TURPS % 5,04'tür. Risk sever karar vericinin olduğunda portföyünde 9 hisse senedi, riskten kaçar karar vericinin portföyünde ise 14 hisse senedi olduğu

görülebilir. Tablo 5.5’teki sütunlarda sayısal değer bulunmayan gözeler, hisse senetlerine yatırım yapılamadığı göstermektedir.

Karar vericinin hisse senetlerinin Tablo 5.5’te verilen yatırım oranlarını kullanılarak yatırım yapması durumunda oluşturulan portföyden elde edeceği kazanç/kayıp miktarı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır.

$$KK_i = \sum_{t=1}^{n} \left[\frac{\left[P_{it} - P_{i1} \right]}{P_{i1}} * YO_i + YO_i \right] \tag{5.15}$$

Burada,

KK_i : i’inci hisse senedinden elde edilen “Kazanç/Kayıp” miktarı (₺),

P_{i1} : i’inci hisse senedinin ait olduğu ayın ilk gün fiyatı,

P_{it} : i’inci hisse senedinin t zamanındaki fiyatı (satış fiyatı olarak kullanılacaktır),

YO_i : i’inci hisse senedine ait “Yatırım Oranı”,

anlamına gelmektedir.

Tablo 5.5’te yer alan yatırım oranları bir sonraki ayın verileri kullanılarak test edilmiştir. Ocak 2011 dönemi için Şubat 2011 dönemi test ayı olarak belirlenmiştir. Portföyü oluşturan hisse senetleri, yatırım oranları dikkate alınarak, ilgili test ayının ilk günden itibaren kapanış fiyatları kullanılarak alım yapıldığını varsaydığımız, sonra da ileri bir tarihte hisse senetlerinin satılması ile portföyden elde edilecek kazanç/kayıp miktarları bulunmuştur. Kazanç/Kayıp miktarları eşitlik (5.15) kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları Tablo 5.6’da verilmiştir.

Tablo 5.6. Azalış Dönemi Sonrası Hisse Senetlerinin Kazanç/Kayıp Durumu (₺)

Portföy Satış Tarihi (Şubat 2011)	Karar Vericinin Riske Göre Durumu		
	Riske Nötr	Risk Sever	Riskten Kaçar
02	100,2933	100,4881	100,2713
03.	93,6147	98,8023	93,5639
04	95,3819	100,4873	95,3301
07	95,2832	100,3641	95,2114
08	95,4283	100,6118	95,3724
09	95,7535	100,8803	95,6673
10	95,1999	100,3030	95,1065
11	95,9458	101,0634	95,8575
14	95,5259	100,5880	95,4370
15	96,2806	101,4685	96,1956
16	96,0480	101,1210	95,9713
17	96,2323	101,4704	96,1240
18	96,2976	101,6844	96,1348
21	94,3687	99,5899	94,2083
22	93,9137	98,9956	93,7546
23	91,6615	96,8063	91,4957
24	87,3468	91,2374	87,2800
25	88,4432	92,3079	88,4007
28	88,9453	92,6978	88,9141

Tablo 5.5'in dikkate alınmasıyla oluşturulan Tablo 5.6 portföydeki hisse senetlerinin 01.02.2011 alış tarihi sonrasını takip eden günlerde satılması durumundaki kazanç/kayıp miktarlarını göstermektedir. Tablo 5.6'da risk sınıflarına göre oluşturulan portföyler, hisse senetlerinin portföy içindeki yatırım oranları dikkate

alınarak 01.02.2011 tarihinde 100 ₺'lik yatırım yapılması sonucunda elde edilmiştir. Oluşturulan bu portföyler Tablo 5.6'nın ilk sütununda yer alan tarihlerde satılması durumunda kazanç/kayıp miktarları ₺ cinsinden diğer sütunlarda verilmiştir. Örneğin Tablo 5.6'ya göre karar vericinin risk nötr davrandığında oluşturduğu portföyünü bir gün sonra elinden çıkarması sonucunda 0.29 ₺ kazanç, ertesi gün elinden çıkarması durumunda ise 6.38 ₺'lik kaybının olduğu görülmektedir.

İMKB 30'un artışa geçtiği 01 - 31 Mart 2011 dönemine ait model 2.b'nin çözüm sonuçlarını gösteren tablolar aşağıdaki gibidir.

Tablo 5.7. Artış Dönemi Üyelik Fonksiyonlarının
Risk Sınıflarına Göre Doyum Dereceleri

01 - 31 Mart 2011		**Riske Nötr**	**Risk Sever***	**Riskten Kaçar**
λ		0,1510	0,0500	0,0216
R	λ_1	1,0000	1,0000	1,0000
G	λ_2	1,0000	1,0000	1,0000
B	λ_3	0,1510	0,0500	0,0216

***Beta Katsayısına ait risk sınıfı C_3 = 1 olarak alınmıştır**

Tablonun birinci sütununda model 2.b'nin amaç fonksiyonunun doyum derecesini gösteren λ yer almaktadır. Karar vericinin memnuniyet derecesi olarak da bilinen λ, karar verici riske nötr olduğunda % 15, risk sever olduğunda % 5 ve riskten kaçar olduğunda ise % 2,2 oranında doyurulmuş olduğunu göstermektedir. Tablo 5.7'de λ_1, λ_2 ve λ_3'e ait satırlarda risk, getiri oranı ve beta katsayısı üyelik fonksiyonlarının, riske nötr, risk sever ve riskten kaçar olduğu durumlardaki doyum dereceleri gösterilmektedir. Tablo 5.7'de risk sınıflarına göre riskin doyum ve getiri oranının doyum derecesinin "1" olduğu görülmektedir. Beta katsayısının doyum dereceleri risk sınıflarına göre sırasıyla % 15, % 5 ve % 2 olarak bulunmuştur.

Tablo 5.8'de karar vericinin İMKB 30 endeksin artan döneminde riske nötr, risk sever ve riskten kaçar olduğu durumlara göre üç farklı portföy oluşturabileceği ve her portföyde yer alan hisse senetlerin portföy içindeki ağırlıkları bulunmaktadır. Karar verici riske nötr olduğu durumda portföyü 12 hisse senedinden oluşmaktadır. Bu hisse senetlerinin portföy içindeki ağırlıkları BIMAS % 0,08; DOHOL % 23,72;

DYHOL % 0,25; ECILC % 5,98; ENKAI % 4,88; KOZAA % 8,09; PETKM % 24,66; SAHOL % 2,35; TCELL % 6,99; TOASO % 1,5; TTKOM % 12,21 ve TURPS % 9,30'tür. Karar verici risk sever olduğunda portföyü 1 hisse senedinden, riskten kaçar olduğunda ise portföyü 12 hisse senedinden oluşmaktadır. Tablo 5.8'deki sütunlarda sayısal değer bulunmayan gözeler, hisse senetlerine yatırım yapılamadığı göstermektedir

Tablo 5.8. Artış Dönemi Hisse Senetlerinin
Risk Sınıflarına Göre Yatırım Oranları (%) (01 - 31 Mart 2011)

Karar Değişkenleri	**Riske Nötr**	**Risk Sever**	**Riskten Kaçar**
	Yatırım Oranı (%)	**Yatırım Oranı (%)**	**Yatırım Oranı (%)**
AKBNK	-	100,0000	-
BIMAS	00,0808	-	01,4243
DOHOL	23,7244	-	23,6963
DYHOL	00,2513	-	00,1018
ECILC	05,9779	-	05,6584
ENKAI	04,8764	-	05,3897
KOZAA	08,0876	-	07,8200
PETKM	24,6629	-	24,7636
SAHOL	02,3484	-	02,1430
TCELL	06,9855	-	06,6481
TOASO	01,4972	-	01,0642
TTKOM	12,2065	-	12,1595
TURPS	09,3011	-	09,1311

Tablo 5.8'de yer alan yatırım oranları bir sonraki ayın verileri kullanılarak test edilmiştir. Mart 2011 dönemi için Nisan 2011 dönemi test ayı olarak belirlenmiştir. Portföyü oluşturan hisse senetleri, yatırım oranları dikkate alınarak, ilgili test ayının ilk gününün kapanış fiyatları kullanılarak alım yapılmış, sonra da ileri bir tarihte hisse senetlerinin satılması ile portföyden elde edilecek kazanç/kayıp miktarları

bulunmuştur. Kazanç/Kayıp miktarları eşitlik (4.32) kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplama sonuçları Tablo 5.9'da verilmiştir.

Tablo 5.9. Artış Dönemi Sonrası Hisse Senetlerinin Kazanç/Kayıp Durumu (₺)

Portföy Satış Tarihi (Nisan 2011)	Karar Vericinin Riske Göre Durumu		
	R. Nötr	**R. Sever**	**R. Kaçar**
04	101,2193	104,9096	101,2233
05	100,9757	105,4264	100,9921
06	101,8318	108,7855	101,8198
07	102,6060	111,6279	102,5940
08	100,3512	108,0103	100,3145
11	100,3118	108,0103	100,2960
12	99,8999	108,5271	99,88015
13	100,0928	108,0103	100,0696
14	100,0523	108,0103	100,0363
15	101,2382	108,0103	101,2024
18	98,8930	104,1344	98,88843
19	101,0079	105,4264	100,9934
20	101,5374	104,9096	101,5129
21	102,4979	104,6512	102,4518
22	96,4451	104,1344	96,7172
25	103,6097	104,6512	103,5439
26	103,8167	103,876	103,7694
27	103,4964	100,7752	103,4580
28	104,7093	100,7752	104,6978
29	105,0015	102,0672	104,9710

Tablo 5.8 dikkate alınarak oluşturulan Tablo 5.9 portföydeki hisse senetlerinin 01.04.2011 alış tarihi sonrası satılması durumundaki kazanç/kayıp miktarlarını göstermektedir. Azalan dönemde olduğu gibi artan dönemde de risk sınıflarına göre oluşturulan portföyler, hisse senetlerinin portföy içindeki yatırım oranları dikkate alınarak 01.04.2011 tarihinde 100 ₺'lik yatırım yapılması sonucunda elde edilmiştir. Oluşturulan bu portföyler Tablo 5.9'un ilk sütununda yer alan tarihlerde satılması durumunda, kazanç/kayıp miktarları ₺ cinsinden diğer sütunlarda verilmiştir. Örneğin Tablo 5.9'a göre karar vericinin risk nötr davrandığında oluşturduğu portföyü bir gün sonra elinden çıkarması sonucunda 1.22 ₺ kazanç, ertesi gün elinden çıkarması durumundaysa 0.98 ₺'lik kazancı olduğu görülmektedir.

Wang-Fu yöntemiyle oluşturulan portföylerlerden elde edilen kazanç/kayıp durumuyla, modern portföy analizinin temeli olan "Markowitz modeli" ve bulanık hedef programlama yöntemlerinden biri olan "Chen-Tsai Modeli" kullanılarak oluşturulan portföylerden elde edilen kazanç/kayıp durumu karşılaştırılmıştır. Bu üç temel modelin sayısal karşılaştırma sonuçları Tablo 5.10 ve Tablo 5.11 verilmiştir.

Tablo 5.10 azalış dönemi sonrası, Tablo 5.11 ise artış dönemi sonrası üç temel modelin test aylarına ait günlük kazanç/kayıp durumlarını göstermektedir. Örneğin Tablo 5.10'un 02.02.2011 tarihli satırı, Ocak 2011'de üç temel model kullanılarak oluşturulan portföylerin satılması durumunda karar vericinin kazanç/kayıp durumunu göstermektedir. İlgili tarihte karar verici Wang-Fu modelinden risk sınıflarına göre yaklaşık olarak sırasıyla 0.29 ₺, 0.49 ₺, 0,27 ₺ kazanç elde ederken, Markowitz modelinden ortalama gelir ve maksimum gelire göre sırasıyla 0.35 ₺ kazanç, 1.89 ₺ kayıp, Chen-Tsai modelinde ise 0.58 ₺ kazanç elde edeceği görülmektedir. Tablo 5.11'de yukarıdaki açıklamalar şeklinde okunur.

Tablo 5.10. Azalış Dönemi Sonrası Üç Temel Modelin Sayısal Karşılaştırılması

Portföy Satış Tarihi (Şubat 2011)	Portföy Oluşturulurken Kullanılan Yöntem					
	Wang-Fu Modeli			Markowitz Modeli*		Chen-Tsai Modeli**
	R. Nötr	R. Sever	R. Kaçar	Ort.Gelir	Mak.Gelir	
02	100,2933	100,4881	100,2713	100,3513	98,1061	100,5821
03	93,6147	98,8023	93,5639	97,7070	95,8333	99,0128
04	95,3819	100,4873	95,3301	99,3968	96,9697	100,4201
07	95,2832	100,3641	95,2114	99,3965	96,9697	100,1480
08	95,4283	100,6118	95,3724	99,9074	96,5909	100,4452
09	95,7535	100,8803	95,6673	99,9666	98,4848	100,6468
10	95,1999	100,3030	95,1065	99,2539	97,3485	99,9676
11	95,9458	101,0634	95,8575	99,9006	99,6212	100,6572
14	95,5259	100,5880	95,4370	99,3103	97,3485	100,0785
15	96,2806	101,4685	96,1956	99,9567	95,8333	100,9940
16	96,0480	101,1210	95,9713	99,7375	96,2121	100,6339
17	96,2323	101,4704	96,1240	99,9384	95,8333	101,3062
18	96,2976	101,6844	96,1348	99,7729	95,8333	101,5024
21	94,3687	99,5899	94,2083	97,3167	92,0455	99,2511
22	93,9137	98,9956	93,7546	96,5478	89,0152	98,4066
23	91,6615	96,8063	91,4957	94,3607	84,0909	96,3512
24	87,3468	91,2374	87,2800	89,1566	82,0076	90,1643
25	88,4432	92,3079	88,4007	89,9359	87,3106	90,9575
28	88,9453	92,6978	88,9141	90,2759	84,8485	91,3031

* Ayrıntılı bilgi için bkz: Harry Markowitz**,** 1952. Portfolio Selection, *The Journal of Finance*, 7, 1, 77-91.

** Ayrıntılı bilgi için bkz**:** Liang Hsuan Chen and Feng Chou Tsai, 2001**.** Fuzzy Goal Programming with Different Importance and Prioties, *European Journal of Operational Research*, 133, p.p. 548-556.

Tablo 5.11. Artış Dönemi Sonrası Üç Temel Modelin Sayısal Karşılaştırılması

Portföy Satış Tarihi (Nisan 2011)	Portföy Oluşturulurken Kullanılan Yöntem					
	Wang-Fu Modeli			Markowitz Modeli*		Chen-Tsai Modeli**
	R. Nötr	R. Sever	R. Kaçar	Ort.Gelir	Mak.Gelir	
04	101,2193	104,9096	101,2233	100,4651	101,1771	101,3077
05	100,9757	105,4264	100,9921	100,4651	100,8559	100,9979
06	101,8318	108,7855	101,8198	100,4651	101,6549	101,7126
07	102,6060	111,6279	102,594	100,4651	102,5546	102,9854
08	100,3512	108,0103	100,3145	100,0000	100,6186	100,3520
11	100,3118	108,0103	100,296	100,4651	100,7475	100,3818
12	99,8999	108,5271	99,88015	100,4651	100,2786	99,8996
13	100,0928	108,0103	100,0696	100,4651	100,4568	100,0865
14	100,0523	108,0103	100,0363	100,4651	100,4092	100,1223
15	101,2382	108,0103	101,2024	100,4651	101,6212	101,1501
18	98,8930	104,1344	98,88843	100,0000	99,3715	98,5610
19	101,0079	105,4264	100,9934	100,4651	101,0787	100,3240
20	101,5374	104,9096	101,5129	100,4651	101,6773	100,7137
21	102,4979	104,6512	102,4518	100,4651	102,6061	101,3764
22	96,4451	104,1344	96,7172	100,4651	103,4169	101,0933
25	103,6097	104,6512	103,5439	99,5349	104,0271	103,2350
26	103,8167	103,876	103,7694	100,0000	104,5123	104,0730
27	103,4964	100,7752	103,458	100,4651	104,4525	104,2865
28	104,7093	100,7752	104,6978	101,3953	106,2471	106,2358

* Ayrıntılı bilgi için bkz: Harry Markowitz, 1952. Portfolio Selection, *The Journal of Finance*, 7, 1, 77-91.
** Ayrıntılı bilgi için bkz: Liang Hsuan Chen and Feng Chou Tsai, 2001. Fuzzy Goal Programming with Different Importance and Prioties, *European Journal of Operational Research*, 133, p.p. 548-556.

SONUÇ

Farklı ve çelişen amaçların optimizasyonunda çok amaçlı karar alma yöntemleri kullanılmaktadır. Son yıllarda sosyo-ekonomik olaylardaki belirsizlikler karşısında deterministik (belirlilik) çok amaçlı karar alma yöntemlerinin yetersiz kaldığı görülmüş ve çok amaçlı karar alma yöntemlerine bulanık mantık teoreminin entegrasyonu ile belirsizlik içeren problemlere çözümler getirilmiştir.

Tez çalışmasında " Bulanık Hedef Programlama" ile farklı ve çelişen amaçların optimizasyonunun nasıl sağlanacağı araştırılmıştır. Finansal piyasadaki belirsizlikler farklı ve çelişen amaçların optimizasyonu için uygun veriler içerdiğinden araştırmada bulanık hedef programlama yöntemlerinden biri olan Wang-Fu yaklaşımıyla optimum portföy analizi yapılmıştır. Wang-Fu yaklaşımı, karar vericinin hedef tercih önceliğini ve risk sınıfını dikkate alarak model kurma özelliklerinden dolayı tercih edilmiştir.

Ocak 2011 – Ekim 2011 döneminin aylar itibariyle İMKB 30 endeksinin, Ek 3'de verilen grafikleri incelenerek, negatif eğime sahip grafikler arasından ilk ay azalış dönemi, pozitif eğime sahip grafikler arasından da ilk ay artış dönemi olarak seçilmiştir. Böylelikle Ocak 2011 azalış dönemi, Mart 2011 artış dönemi olarak belirlenmiştir.

Üyelik fonksiyonları oluşturulurken karar vericinin memnuniyet durumu göz önünde bulundurulmuştur. Bir hisse senedine ait beklenen getiri oranındaki artış, o hisse senedinin riskinin de arttırır. Artan risk karşısında karar vericinin memnuniyeti azalırken, beklenen getiri oranındaki artışın memnuniyeti artıracağı aşikardır. Bununla bağlantılı olarak Şekil 4.1'de riskin üyelik fonksiyonu azalan fonksiyon şeklinde görülürken, Şekil 4.2'de getiri oranının üyelik fonksiyonu artan fonksiyon şeklinde olduğu görülmektedir. Hisse senedi getirisinin piyasa getirisine olan duyarlılığını gösteren beta katsayının borsanın artışa geçtiği dönemlerinde 1'den büyük olması, azalışa geçtiği dönemler de ise 1'den küçük olması, yine karar verici lehinde bir durumdur. Borsanın azalışa geçtiği dönemde beta katsayısının 1'den küçük olması karar vericinin daha az kaybının olacağı, borsanın artışa geçtiği dönemde beta katsayısının 1'den büyük olması ise karar vericinin daha fazla kazanacağı anlamına gelir. Bu durum göz önünde bulundurularak beta katsayısına ait iki farklı üyelik fonksiyonu kurulmuştur. Şekil 4.3'de borsanın azalışa geçtiği dönemde beta katsayısının üyelik fonksiyonunun azalan fonksiyon şeklinde olduğu, Şekil 4.4'de ise borsanın artışa geçtiği dönemde beta katsayısının üyelik fonksiyonunun artan fonksiyon şeklinde olduğu görülmektedir.

Azalan döneme ait Model 2.a'da risk, getiri oranı ve beta katsayılarının üyelik fonksiyonları modeldeki yerlerine yazılarak Wang-Fu modeli adı altında çalışmanın birinci temel modeli oluşturulmuştur. Modele ait çözüm sonuçları Tablo 5.5'te verilmiştir. Tablo 5.5'te Wang-Fu modeliyle azalan dönemde risk sınıflarına göre üç farklı portföy oluşturulabileceği anlaşılmaktadır. Tablonun ilk sütunu riske nötr, ikinci sütunu risk sever ve son sütununda ise riskten kaçar davranış sergileyen karar vericiler için oluşturulan portföyler, portföylerde yer alan hisse senetleri ve portföydeki hisse senetlerinin yatırım miktarları verilmiştir. Tablo 5.5'te "portföyü oluşturan hisse senedi sayısı" probleminin olmadığı da anlaşılmaktadır. Risk nötr yatırımcının portföyünde 14 hisse senedi, risk sever yatırımcının portföyünde 9 hisse senedi ve riskten kaçar yatırımcının portföyünde ise 14 hisse senedi olduğu görülmektedir.

Tablo 5.5'teki hisse senetleri yatırım oranları kullanılarak oluşturulan portföylerin bir sonraki dönemde elden çıkarılması sonucunda portföylerden elde edilecek kazanç/kayıp durumları Tablo 5.6'da gösterilmiştir. Bu tabloyu kullanarak yatırımcı oluşturduğu portföyü Şubat 2011'in herhangi bir gününde elinden çıkarması durumunda kazanç veya kaybının ne olacağını görebilmektedir. Borsanın azalışa geçtiği bir dönemde yatırım yapan bir karar verici Tablo 5.6'yı inceleyerek kendine en uygun davranış biçiminin risk sever şeklinde davranması gerektiğini belirleyebilir. Örneğin, Ocak 2011'de risk sever davranarak 100 ₺'lik bir portföy oluşturan bir kişi oluşturduğu portföyü Şubat 2011'de hisse senetlerin işlem gördüğü günlerden birinde elden çıkarması sonucunda sırasıyla kazanç/kayıp durumu tablodaki tarih sırasına göre; 0,488 ₺ kazanç, 1,198 ₺ kayıp, 0,487 ₺ kazanç, … , 7,30 ₺ kayıp şeklinde olur.

Artan döneme ait Model 2.b'de, Model 2.a'da olduğu gibi risk, getiri oranı ve beta katsayılarının üyelik fonksiyonları dikkate alınarak kurulmuştur. Model 2.b tez çalışmasının ikinci temel modelidir. Modele ait çözüm sonuçları Tablo 5.8'de verilmiştir. Tablo 5.8'de Wang-Fu modeliyle artan dönemde risk sınıflarına göre üç farklı portföy oluşturulabileceği anlaşılmaktadır. Tablonun ilk sütunu riske nötr, ikinci sütunu risk sever ve son sütununda ise riskten kaçar davranış sergileyen karar vericiler için oluşturulan portföyler, portföylerde yer alan hisse senetleri ve portföydeki hisse senetlerinin yatırım miktarları verilmiştir. Markowitz'in etkin portföy oluştururken ileri sürdüğü "karar verici portföyünü çeşitlendirerek portföy riskini en düşük seviyeye getirebilir, hatta riski ortadan kaldırabilir" varsayımından dolayı portföylerdeki hisse senet sayısı önemlidir. Tablo 5.8'de risk sınıflarına göre oluşturulan portföylerin, portföydeki hisse senet sayısı incelendiğinde, risk sever portföyünde tek bir hisse senedi olduğu görülmektedir. Bunun anlamı "portföyü oluşturan hisse senet sayısı" probleminin varlığına işaret eder.

Tablo 5.8'deki hisse senetleri yatırım oranları kullanılarak oluşturulan portföylerin bir sonraki dönemde elden çıkarılması sonucunda portföylerden elde edilecek kazanç/kayıp durumları Tablo 5.9'da gösterilmiştir. Azalan dönemde olduğu gibi artan dönemde de karar verici bu tabloyu kullanarak oluşturduğu portföyü Nisan ayının herhangi bir gününde elinden çıkarması durumunda kazanç veya kaybının ne olacağını görebilir. Borsanın artışa geçtiği dönemde yatırım yapan karar verici Tablo 5.9'u inceleyerek kendine en uygun davranış biçiminin risk sever olduğunu belirleyebilir. Ancak karar verici risk sever portföyünde hisse senedi sayısı sorunu olduğunu unutmamalıdır. Bu sorunun çözümü için yatırımcı portföyünde çeşitlendirmeye gitmelidir. Tablo 5.9 incelendiğinde risk nötr'e göre oluşturulan portföyün Nisan ayı sonunda en çok kazandırdığı görülmektedir. Tablo 5.9'a göre karar verici risk sınıflarını dikkate alarak 100 ₺'lik portföy oluşturup 29.04.2011 tarihinde portföyünü elinde çıkarması sonucunda risk nötr davrandığında 5 ₺, risk sever davrandığında 2,07 ₺ ve riskten kaçar davrandığında 4,97 ₺ kazancı olmaktadır.

Çalışmada kullanılan Wang-Fu modelinin geçerliliğini kanıtlamak için iki ayrı model daha kullanılmıştır. Bu modellerden birincisi riski minimize eden Markowitz'in ortalama-varyans modeli", ikincisi bulanık hedef programlama yöntemlerinden biri olan ve karar vericinin tercih önceliğini dikkate alan Chen-Tsai modelidir. Wang-Fu modeli ile oluşturulan portföylerin kazanç/kayıp durumları ile diğer modellere ait kazanç/kayıp durumları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları azalan dönem için Tablo 5.10'da, artan dönem için Tablo 5.11'de verilmiştir. Bu tabloların özelliği her bir modele ait verilerin uygulamalı karşılaştırmasının satırlar boyunca takip edilebilmesidir.

Azalış dönemi sonrası üç temel modelin sayısal karşılaştırmasının verildiği Tablo 5.10 satırlar boyunca takip edildiğinde karar vericinin Wang-Fu modelini kullanmasını veportföyünü risk nötr davranarak oluşturmasının lehine olacağını göstermektedir. Aynı şekilde artış dönemi sonrası üç temel modelin sayısal karşılaştırmasının verildiği Tablo 5.11 satırlar boyunca takip edildiğinde ise karar vericinin 25.04.2011 tarihine kadar Wang-Fu modelini kullanmasını ve portföyünü risk sever davranarak oluşturmasının, 26-28.04.2011 tarihleri arasında ise Markowitz modelinde maksimum gelir kullanılarak elde ettiği portföyün kullanılmasının lehine olacağını göstermektedir.

Bu tez çalışmasının karar vericilere katkısı, portföy oluştururken analitik karar vermeleri durumunda alternatif portföy modellerinin varlığı gösterilmiştir. Sunulan alternatif portföy modelleri arasından uygun portföylerin seçimiyle borsanın artışa geçtiği dönemlerde daha fazla kazanılabileceğini hatta borsanın azalışa geçtiği dönemlerde de kazanmanın mümkün olabileceği gösterilmiştir.

KAYNAKÇA

Abbasbandy, S. and Asady, B., 2006. Ranking Of Fuzzy Numbers by Sign Distance, *Information Sciences,* 176, 2409.

Asady, B. and Zehdehnam A., 2007. Ranking Fuzzy Numbers by Distance Minimization, *Applied Mathematical Modelling,* 31, 2590.

Atan, M., 2005. Karesel Programlama ile Portföy Optimizasyonu, *VII. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu, İstanbul Üniversitesi,* İstanbul, 26-27 Mayıs.

Azar, F. S., 2000. Multiattribute Decision-Making: Use of Three Scoring Methods to Compare the Performance of Techniques for Breast Cancer Detection, University of Pennsylvania Departmant of Computer and Information Science Technical Report No: MS-CIS-00-10, Pennsylvania.

Bakırhan, C., 1989. Portföy Analizi ve Markowitz ve Sharpe Yöntemlerinin İMKB Uygulaması, *Yüksek Lisans Tezi,* Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara

Baştürk, F., 2004. F/K Oranı ve Firma Büyüklüğü Anomalilerinin Bir Arada Ele Alınarak Portföy Oluşturulması ve Bir Uygulama Örneği, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.

Baykal, N. ve Beyan, T., 2004. Bulanık Mantık İlke ve Temelleri, Bıçaklar Kitabevi Yayınları, Ankara.

Bekçi İ., Usul, H. ve Eroğlu, A., 2001. Portföy Seçimi Problemine Bulanık Mantık Yaklaşımı, *Süleyman Demirel Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi,* 6, 2, 89-107.

Boole, G., 1848. The Calculus of Logic, Cambridge and Dublin Mathematical Journal, Vol. III, p.183-198.

Budnick, F. S., Mcleavy, D. and Mojeno, R., 1988. Principles of Operations Research for Management, Second Edition, Illinois, Irwin.

Chanas, S. and Zielinski, P., 2000. On the Equivalance of Two Optimization Methods for the Fuzzy Linear Programming Problems, *Europan Journal of Operational Research,* 121(1), 56-63

Chen, G. and Pham, T. T., 2001. Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Control Systems, FL: CRC Press, Boca Raton.

Chen, H. K., 1994. A Note on A Fuzzy Goal Programming Algorithm by Tiwari, Dharmar and Rao, *Fuzzy Sets and Systems,* 62, 287-290.

Chen, L. H. and Huang, L., 2009. Portfolio Optimization of Eqquity Mutual Funds with Fuzzy Return Rates and Risk, *Expert Systems with Applications,* 36, 3720-3727.

Chen, L. H. and Tsai, F.C., 2001. Fuzzy Goal Programming with Different İmportance and Prioties, *European Journal of Operational Research,* 133, 548-556.

Cheng, C. B., 2004. Group Opinion Aggregation Based on Agrading Process: A Method for Constructing Triangular Fuzzy Numbers, *Computer and Mathematical with Applications*, 48, 1619-1632.

Cinemre, N. ve Kocadağlı, O., 2006. Bulanık Matematiksel Programlama Yaklaşımıyla Portföy Oluşturulması, Yöneylem Araştırması- Endüstri Mühendisliği, *XXVI. Ulusal Kongresi*, Kocaeli.

Cinemre, N., 2011. Doğrusal programlama, İkinci Baskı, Evrim Yayınevi, İstanbul.

Çetin, C., 2007. Markowitz Kuadratik Programlama İle Optimal Portföy Seçimi, *Süleyman Demirel Üniversitesi İ.İ.B.F. Yayınları,*12, 1, 63-81.

Çüçen, K., 2004. Klasik Mantık, Asa Kitabevi, Bursa.

Dubois, D. and Prade, H., 1980. Fuzzy Sets and Systems: Theory and Aplications, Academic Press, Boston.

Elmas, Ç., 2003. Bulanık Mantık Denetleyiciler (Kuram, Uygulama, Sinirsel Bulanık Mantık), Seçkin Yayıncılık, Ankara.

Ercan, M. K. ve Ban, Ü., 2005. Finansal Yönetim, İkinci Baskı, Gazi Kitabevi Yayınları, Ankara.

Erdin, C., 2007. Bulanık Hedef Programlama ve İşletme Yönetiminde Bir Uygulama, *Doktora Tezi,* İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Eroğlu, G., 2006. Portföy Analizinde Bulanık Programlama, *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

Ertuğrul, İ. ve Pelitli, D., 2008. Portföy Analizinde Bulanık Mantık Yaklaşımı, *İktisat, İşletme ve Finans Dergisi,* 23, 265, s. 91-113.

Fedrizzi, M., 1987. Introduction to Fuzzy Sets and Possibility Theory, Optimization Models Using Fuzy Sets and Possibility

Fedrizzi, M., Kacprykz, J. and Roubens, M., 1991. Interactive Fuzzy Optimization, Springer-Verlag, Heidelberg.

Fischer, D. E. and Jordon, R. J., 1987. Security Analysis and Portfolio Management, Englewood Clifts, New Jersey.

Forman, E. and Selly, M.A., 2001. Decisions by Objectives, World Scientific Publishing Co., Singapore.

Hannan, E. L., 1981. On Fuzzy Goal Programming, *Decision Sciences*,12,523-531.

1982. Contrasting Fuzzy Goal Programming and Fuzzy Multicriteria Programming, *Decision Sciences*,13, 337-339.

Heinsenberg, W., 1949. The Physical Princeples of the Quantum Theory, Trans. Carl Eckart, Frank Hoyt, New York Dover Publications.

Hu, C. F., Teng, C. J. and Li, S. Y., 2007. A Fuzzy Goal Programming Approach to Multi-Objective Optimization Problem with Priorities, *European Journal of Operational Research,* 176, 1319-1333.

Huang, X., 2008. Risk Cruve and Fuzzy Portfolio Selection, *Computer and Mathematics with Applications,* 55, 1102-1112.

Ignizio, J. P. 1976. Goal Programming and Extentions, Second Printing, Lexington Books, London.

Inuiguchi, M. and Ramik, J., 2000. Possibilistic Linear Programming Problems: A Brief of Mathematical Programming and a Comparison with Stochastic Programming in Portfolio Selection Problem, *Fuzzy Sets and Systems,* 111, 3-28.

Inuiguchi, M. and Sakawa, M., 1998. Robust Optimization under Softness in a Fuzzy Linear Programming Problem, International Journal of Approximate Reasoning, 18, 21-34.

Jamshidi, M., 1997. Large Scale Systems: Modeling, Control and Fuzzy Logic, Prentice Hall, New Jersey.

Jones, D. F., Mirrazavi, S. K. and Tamiz, M., 2002. Multi-Objective Meta-Heuristics: An Overwiew of the Current State of the Art, European Journal of Operation Research,137, 1-9.

Kandel, A., 1986. Fuzzy Mathematical Techniques with Applications, MA: Addison-Wesley Publishing Company, Boston.

Kaufmann, A. and Gupta, M.M., 1988. Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science, Elsevier Science Publishers B.V., North Holland.

Keleşoğlu, Ö., 2006. Bulanık Çok Amaçlı Eniyileme Problemlerinin Genetik Algoritma Kullanılarak Çözümü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Sigma, 2, s.102-108.

Kim, J. S. and Whang, K. S., 1998. A Tolerance Approach to The Fuzzy Goal Programming Problems with Unbalanced Triangular Membership Funtion, *European Journal of Operational Research,* 107, 614-624.

Kocadağlı, O., 2006. Bulanık Matematiksel Programlama ve Portföy Analizi Uygulaması, *Yüksek Lisans Tezi,* Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kocadağlı, O. ve Cinemre N., 2008. Optimal Hisse Senetlerinin Belirlenmesinde Bulanık Doğrusal Olmayan Portföy Modeli, Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Bildiriler Kitabı ve CD'si, s. 144.

Kocadağlı, O. ve Cinemre N., 2010. Portföy Optimizasyonunda SVFM ile Doğrusal Olmayan Model Yaklaşımı, *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 39, 2, 359-369.

Konno, H. and Yamazaki, H., 1991. Mean-Absolute Deviation Portfolio Optimization Model and Its Application to Tokio Stock Market, *Management Science,* 37, 519-531.

Kosko, B., 1992. Neural Network and Fuzzy Systems: A Dynamical Systems Approach to Machine Intelligence, Prentice Hall, New Jersey.

Kwak, N. K. et al., 1991. An Application of Linear Goal Programming to the Marketing Distribution Decision, European Journal of Operation Research, 52, 334-344.

Lai, Y. J. and Hwang, C.L., 1994. Fuzzy Multiple objective Decision Making Methods and Applications, Springer-Verlag, Heidelberg.

1992. Fuzzy Mathematical Programming: Methods and Applications, Springer-Verlag, Heidelberg.

Langari, R. and Yen, J., 1995. İntroduction to Fuzzy Logic Control, Industrial

Li, X. et al, 2009. A Hybrid Intelligent Algorithm for Portfolio Selection Problem With Fuzzy Returns, *Journal of Computational and Applied Mathematics,2009. 233, 264-278.*

Lin, C. C., 2004. A Weighted Max-Min Model For Fuzzy Goal Programming, *Fuzzy Sets and Systems*, 142, 407-420.

Lin, C. T. and Lee, C. S. G., 1996. Neural Fuzzy Systems: A Neural Fuzzy Synergism to Intelligent Systems,, Prentice Hall, New Jersey.

Lutz, C., 2003. Bernays-Gödel Type Theory, Journal of Pure and Algebra, Vol: 178, No. 1, p. 1-23.

Markowitz, H., 1952. Portfolio Selection, *The Journal of Finance,* 7, 1, 77-91.

1959. Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments, John Wiley and Sons Inc., New York.

Martel, J. M. and Aouni, B., 1998. Diverse Imprecise Goal Programming Model Formulationns, Journal of Global optimization, 12, p. 127-138.

Maskey, S., Guinot, V. and Roland, K., 2004. Treatment Of Precipitation Uncertainty in Rainfall-Runoff Modelling: A Fuzzy Set Approach, *Advances in Water Resources,* 27, 889-898.

Nambiar, K. K., 1996. Sentinent Aritmetic an Gödel'

Narasimhan, R., 1980.Goal Programming In A Fuzzy Environment, *Decision Sciences*, 11, 325-336.

1981. On Fuzzy Goal Programming-Some Comments, *Decision Sciences*, 12, 532-538.

Öner, N., 1998. Klasik Mantık, Sekizinci Baskı, Bilim Yayınları, Ankara.

Özkan, M. M., 2002. Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama Denemesi, *Doktora Tezi,* Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.

2003. Bulanık Hedef programlama, Ekin Kitabevi, Bursa.

Özlem, D., 2004. Mantık (Klasik/Sembolik Mantık, Mantık Felsefesi), Yedinci Baskı, İnkılap Yayınları, İstanbul.

Öztürk, A., 2005. Yöneylem Araştırması, Onuncu Baskı, Ekin Kitabevi, Bursa.

Parra, M. A. et al, 2001. A Fuzzy Goal Programming Approach to Portfolio Selection, *European Journal Of Operational Research,* 133, 287-297.

Pedrycz, W. and Gomide F., 1998. An Introduction to Fuzzy Sets, Aanalysis and Design, Mit Press Cambridge, Massachustte.

Pedrycz, W., 1989. Fuzzy Control And Fızzy Systems, Research Studies Press, Taunton.

Rocacher, D. and Patrick B., 2005. The set of Fuzzy Rational Numbers and Flexible Querying, Fuzzy Sets and Systems Vol: 155, 1, 317-339.

Ross, T. J., 1995. Fuzzy Logic with Engineering Applications, John Wiley and Sons Inc., New York.

Ross, T. J., et al, 2002. Fuzzy Logic and Probability Applications: Bridging The Gap, SIAM Publishers, Philadephia.

Saaty, T. L., 1999. Decision Making for Leaders, Third Edition, RWS Publication, Pittsburg.

2000. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory, Second Edition, RWS Publication, Pittsburg.

Sakawa, M. and Kato, K., 2002. An Interactive Fuzzy Satisficing Method for Multiobjective Stochastic Linear Programming Problems Using Chance Constrained Conditions, *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 11, 125-137.

Sakawa, M., 1993. Fuzzy sets and Interactive Multiobjective Optimization, Plenum Press, New York.

Sharpe W. F., 1963. A Simplified Model for Portfolio Analysis, *Management Science,* 9, 277-293.

1967. A Linear Programming Approximation for A Mutural Portfolio Selection, *Management Science,* 13, 499-510.

1971. A Linear Programming Approximation for The General Portfolio Analysis problem, *Management Science,* 6, 1263-1275.

Stoll, R. R., 1963. Set Theory and Logic, CA., W.H. Freeman, San Francisco.

Stone, B. K., 1973. A Linear Programming Formulation of the General Portfolio Selection Problem, *Journal of Financial and Quantitative Analysis,* 8, 621-636.

Şen, Z., 2001. Bulanık Mantık ve modelleme İlkeleri, Bilge Kültür Sanat Yayıncılık**,** İstanbul.

2003. Mühendislikte Bulanık Mantık ile Modelleme Prensipleri, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.

2004. Mühendislikte Bulanık(Fuzzy) Mantık ve Modelleme Prensipleri, Su Vakfı yayınları, İstanbul.

Tamiz, M., 1996. Multi-Objective programming and Goal Programming, Spinger, Berlin.

Terol, A. B. et al, 2006. Fuzzy Compromise Progrmming for Portfolio Selection, *Applied Mathematics and Computation,* 173, 251-264.

Tetik, N. ve Uğur, A., 2010. Beta Katsayısının Tahmininde Getiri Aralığının Sektörler İtibariyle Analizi: İMKB'de Bir Araştırma, *Atatürk Üniversitesi İ.İ.B. Dergisi,* 24, 1, 15-24.

Tiwari, R. N., Dharmar, S. And Rao, J. R., 1987. Fuzzy Goal Programming: An Additive Model, *Fuzzy Sets and Systems,* 24, 27-34.

Tsoukalas, L. H. and Uhring, R. E., 1997. Fuzzy and Neural Approaches In Engineering, John Wiley and Sons Inc., New York.

Türkçe Sözlük, 2005. Türk Dil Kurumu, Onuncu Bakı, Türk Dil Kurumu Yayın No: 549, Ankara.

Ulucan, A., 2007. Yöneylem Araştırması, İkinci Baskı, Siyasal Kitabevi, Ankara.

Üstünel, İ. E., 2000. Durağan Portföy Analizi ve İKB Verilerine Uygulanması, İMKB Yayın, Emir Ofset Matbaası, İstanbul.

Wang, D. W., 1997. An İnexact Approach for Linear Programming Problems with Fuzzy Objective and Resources, *Fuzzy Sets and Systems,* 89(1), 61-68.

Wang, H. F. and Fu, C. C., 1997. A Generalization Of Fuzzy Goal Programming With Preemptive Structure, *Fuzzy Sets and Systems,* 9, 819-828.

Wang, R. C. and Fang, H. H., 2001. Theory and Methodology Aggregate Production Planning with Multiple Objectives in a Fuzzy Enviroment, *European Journal of Operational Research,* 133, 521-536.

Wang, Z. and Klir, G. J., 1992. Fuzzy Measure Theory, Plenum Press, New York.

Wang, R. C. and Liang, T. F., 2004. Application of Fuzzy Multi-Objective Linear Programming to Aggregate Production Planning, *Computers and İndustrial Engineering,* 46, 17-41.

Werners, B., 1987. An İnteractive Fuzzy Programming Systems, *Fuzzy sets and Systems,* 23, 131-147.

Wu, N. and Coppins, R., 1981. Linear Programing and Extensions, McGraw-Hill Inc., New York.

Yaghoobi, M. A. and Tamiz, M., 2007. A Method for Solving Fuzzy Goal Programming Problems Based on MİNMAX Approach, *European Journal Of Operational Research,* 177, 1580-1590.

Yang, T., Ignizio, J. P. and Kim, H. J., 1991. Fuzzy Programming With Nonlinear Membership Functions: Piecewise Linear Approximation, *Fuzzy Sets and Systems,* 41, 39-53.

Yoshida, Y., et al, 2006. A New Evaluation Of Mean Value For Fuzzy Numbers and Its Application to American put Option Under Uncertainty, *Fuzzy Seta and Systems,* 157, 2614-2626.

Zadeh, L. A., 1975. The Concept of a Linguistic Variable and ıts Application to Approximate Reasoning-I, *Information Sciences*, 8, 199-249.

1962. From Circuit Theory of System Theory, *Proceeding of Institute of Radio Engineering,* 50, 856-865.

1978. Fuzzy Sets As A Basis For a Theory and Applications, Academi Press, New York.

Zeleny, M., 1981. Pros and Cons of Goal Programming, Computer and Operations Research, Vol: 8, No. 4, p. 357-359.

Zhang, G. et al, 2003. Formulation of Fuzzy Linear Programming Problems as Four-Objective Constrained Optimization Problems, *Applied Mathematics and Computation,* 139, 383-399.

Zimmermann H. J., 1973. Issue Area and Foreign-Policy Process: A Research Note in Search ot a General Theory, The American political Science Review, Vol: 67, No. 4, p. 1204-1212.

1993. Fuzzy Sets, Decision Making and Expert Systems, Kluwer Academic Publishers, Boston.

2001**.** Fuzzy Set Theory and Its Applications, Fourth Edition, Kluwer Academic Publishers, Boston.

EKLER

Ek 1. İMKB 30 Endeksini Oluşturan Hisse Senetleri ve Kısaltmaları

HİSSE SENETİ	KISALTMA
AKBANK	AKBNK
ARÇELİK	ARCLK
BANK ASYA	ASYAB
BİM BİRLEŞİK MAĞZA	BIMAS
DOĞAN HOLDİNG	DOHOL
DOĞAN YAYIN HOLDİNG	DYHOL
ECZACIBAŞI İLAÇ	ECILC
ENKA İNŞAAT	ENKAI
EREĞLİ DEMİR ÇELİK	EREGL
GARANTİ BANKASI	GARAN
TÜRKİYE HALK BANKASI	HALKB
İŞ BANKASI (C)	ISCTR
KOÇ HOLDİNG	KCHOL
KOZA ANADOLU METAL	KOZAA
KARADEMİR (B)	KRDMD
PETKİM PETROKİMYA	PETKM
SABANCI HOLDİNG	SAHOL
ŞİŞE CAM	SİSE
ŞEKERBANK	SKBNK
TAV HAVALİMANLLARI	TAVHL
TURKCELL İLETİŞİM	TCELL
TÜRKİYE EKONOMİ BANKASI	TEBNK
TÜRK HAVA YOLLARI	THYAO
TEKFEN HOLDİNG	TKFEN
TOFAŞ OTOMOTİV	TOASO
TÜRK TELEKOM	TTKOM
TÜPRAŞ	TURPS
VAKIFBANK	VAKBN
VESTEL	VESTL
YAPI VE KREDİ BANKASI	YKBNK

Ek 2*. 03.01.2011 - 28.02.2011 İMKB 30 Hisse Senetleri Günlük Kapanış Fiyatları

	XU030	AKBNK	ARCLK	ASYAB	BIMAS	DOHOL	DYHOL	ECILC	ENKAI	EREGL	GARAN	HALKB	ISCTR	KCHOL	KOZAA	KRDMD	PETKM	SAHOL	SİSE	SKBNK	TAVHL	TCELL	TEBNK	THYAO	TKFEN	TOASO	TTKOM	TURPS	VAKBN	VESTL	YKBNK
04.01.2011	84172,88	8,74	8,1	2,92	54	1,13	1,99	2,54	6	5,36	8,12	13,95	5,74	7,62	4,83	0,77	2,55	7,34	2,83	1,8	7,68	10,8	2,29	6,86	6,86	8,48	6,76	40,2	4,12	2,53	5,1
05.01.2011	84854,92	8,62	8,28	2,97	54,75	1,16	2,03	2,54	6,02	5,36	8,2	14,2	5,8	7,52	4,84	0,77	2,59	7,3	2,89	1,82	7,68	10,95	2,3	7,12	7,12	8,7	6,84	41,2	4,22	2,54	5,26
06.01.2011	85505,87	8,64	8,46	3,05	54,75	1,18	2,14	2,56	6,08	5,34	8,26	14,3	5,82	7,66	5,03	0,8	2,55	7,34	3	1,81	7,76	10,85	2,32	7,22	7,22	8,96	6,84	42,2	4,28	2,56	5,34
07.01.2011	84627,85	8,52	8,44	3,07	55	1,16	2,09	2,54	6,04	5,28	8,18	13,9	5,68	7,64	4,98	0,8	2,54	7,26	2,99	1,81	7,68	10,85	2,32	7,24	7,24	9,08	6,84	42,1	4,2	2,63	5,22
10.01.2011	83391	8,34	8,32	3,03	54,75	1,15	2,07	2,5	6,04	5,1	8,02	13,4	5,6	7,36	4,98	0,82	2,53	7,08	3,01	1,78	7,66	10,85	2,26	7,44	7,44	9,02	6,96	43,2	4,12	2,56	5,1
11.01.2011	83060,17	8,38	8,44	3,07	54	1,15	2,04	2,51	6,24	5,04	7,92	13,25	5,56	7,38	5,02	0,79	2,5	7,06	3	1,78	7,54	10,85	2,16	7,4	7,4	8,9	7,04	43,2	4,1	2,53	5,06
12.01.2011	83472,09	8,42	8,64	3,06	53,5	1,14	2,03	2,54	6,28	5,1	7,92	13,2	5,54	7,36	5,12	0,81	2,53	7,2	3,09	1,8	7,56	10,9	2,18	7,3	7,3	9,04	7,02	43	4,21	2,56	5,1
13.01.2011	84357,68	8,64	8,76	3,03	53,75	1,14	2,04	2,54	6,26	5,12	7,98	13,2	5,56	7,5	5,12	0,8	2,46	7,32	3,2	1,8	7,68	10,9	2,2	7,3	7,3	9,08	7,2	44,2	4,3	2,59	5,14
14.01.2011	83320,87	8,46	8,88	3	53	1,14	2,05	2,53	6,22	5,1	7,98	12,85	5,42	7,54	5,08	0,82	2,44	7,18	3,29	1,78	7,6	10,55	2,17	7,38	7,38	9,2	7,06	43,1	4,18	2,57	5,12
17.01.2011	81843,53	8,34	8,6	2,93	52	1,14	2,08	2,52	6,08	5,1	7,68	12,4	5,3	7,54	5,02	0,88	2,47	7,22	3,32	1,77	7,46	10,55	2,15	7,42	7,42	9,22	6,82	42,1	4,08	2,57	4,9
18.01.2011	81104,71	8,24	8,86	2,87	52,5	1,12	2,08	2,52	6,14	5,08	7,56	12,1	5,22	7,4	4,94	0,88	2,46	7,22	3,49	1,73	7,44	10,35	2,12	7,52	7,52	9,22	6,84	43,2	3,98	2,58	4,71
19.01.2011	81135,16	8,14	8,8	2,82	53	1,11	2,04	2,51	6,3	5,1	7,6	12,45	5,2	7,4	4,87	0,88	2,43	7,18	3,44	1,71	7,64	10,3	2,06	7,54	7,54	9	6,88	43,5	3,99	2,56	4,75
20.01.2011	79545,37	7,86	8,7	2,73	53,25	1,08	1,97	2,48	6,12	5,02	7,42	11,9	5,06	7,26	4,7	0,93	2,38	7,14	3,4	1,67	7,68	10,35	1,99	7,32	7,32	8,8	6,98	43,3	3,82	2,5	4,61
21.01.2011	80462,32	8,06	8,76	2,8	53,75	1,12	2,05	2,53	6,24	5,08	7,56	12,35	5,18	7,22	4,74	0,9	2,42	7,12	3,35	1,69	7,6	10,05	2	7,3	7,3	8,64	6,92	42,9	3,92	2,52	4,75
24.01.2011	79379,18	7,76	8,6	2,84	54,25	1,12	2,07	2,53	6,26	5,16	7,46	12	5,1	7,1	4,57	0,91	2,4	7,04	3,37	1,66	7,46	10	1,95	7,4	7,4	8,82	6,92	42,2	3,81	2,52	4,67
25.01.2011	79341,31	7,68	8,48	2,79	54	1,14	2,08	2,52	6,42	5,3	7,36	12,1	5,08	7,02	4,55	0,93	2,45	7,08	3,36	1,64	7,54	10,15	1,94	7,34	7,34	9,2	6,86	42,2	3,83	2,51	4,64
26.01.2011	80490,08	7,84	8,5	2,85	53,75	1,13	2,08	2,53	6,4	5,18	7,48	12,7	5,18	7,16	4,56	0,92	2,46	7,12	3,37	1,65	7,6	10,05	1,96	7,4	7,4	9,26	6,88	42,5	3,92	2,53	4,8
27.01.2011	79484,07	7,66	8,5	2,82	53,25	1,1	2,02	2,52	6,46	5,12	7,36	12,5	5,08	7,12	4,43	0,89	2,4	7,08	3,4	1,64	7,46	10,1	1,93	7,3	7,3	9,2	6,84	42,3	3,89	2,47	4,76
28.01.2011	77389,18	7,48	8,46	2,74	50,75	1,08	1,95	2,44	6,26	5,02	7,06	12,2	4,94	6,86	4,28	0,84	2,33	6,9	3,29	1,6	7,24	9,94	1,82	7,06	7,06	9,04	6,64	42,1	3,86	2,39	4,64
31.01.2011	77640,95	7,52	8,34	2,8	51,6	1,1	1,98	2,41	6,06	5,04	7,14	12,65	5,04	6,54	4,33	0,81	2,31	6,82	3,31	1,65	7,56	9,82	1,82	6,66	6,66	8,66	6,58	41,6	3,95	2,42	4,69
01.02.2011	79570,96	7,78	8,48	2,87	52,5	1,12	2,07	2,44	6,14	5,12	7,3	13,05	5,26	6,7	4,39	0,83	2,35	6,94	3,31	1,71	7,4	10	1,9	5,28	6,72	8,8	6,78	42,5	4,1	2,48	4,89
02.02.2011	80164,7	7,96	8,4	2,85	53	1,15	2,04	2,43	6,16	5,06	7,38	13,3	5,32	7,06	4,38	0,85	2,34	6,94	3,28	1,68	7,24	10,1	1,93	5,18	6,96	8,88	6,76	42,3	4,04	2,49	4,94
03.02.2011	78169,28	7,64	8,18	2,78	51,75	1,13	1,98	2,39	6,16	4,92	7,16	12,9	5,16	6,98	4,27	0,82	2,32	6,84	3,28	1,63	7,04	10,05	1,86	5,06	6,78	8,84	6,72	41,1	3,92	2,44	4,77
04.02.2011	80449,13	7,92	8,16	2,86	50,25	1,23	2,06	2,42	6,26	4,99	7,58	13,25	5,46	7,16	4,32	0,85	2,32	6,9	3,3	1,67	7,08	10	1,92	5,12	6,84	8,86	6,64	41,8	4,05	2,45	4,92
07.02.2011	79720,33	7,88	8	2,81	50,6	1,26	2,11	2,4	6,16	4,98	7,44	13,1	5,34	7,28	4,29	0,86	2,34	6,84	3,35	1,65	7,08	9,96	1,91	5,12	6,82	9	6,68	41,2	4,01	2,48	4,82
08.02.2011	80153,49	7,94	8,16	2,83	50	1,24	2,09	2,4	6,12	5,1	7,46	12,95	5,36	7,46	4,36	0,86	2,35	6,74	3,41	1,66	7,3	10	1,91	5,1	7	8,9	6,76	41,9	4,03	2,53	4,89
09.02.2011	80500,27	7,96	8,02	2,88	50,75	1,23	2,08	2,4	6,1	5,04	7,46	12,75	5,38	7,52	4,44	0,85	2,35	6,86	3,4	1,66	7,38	10,15	2	5,2	6,88	8,8	6,94	41,6	4,03	2,5	4,94
10.02.2011	78906,95	7,86	7,86	2,83	50	1,26	2,05	2,38	5,94	5,06	7,28	12,35	5,18	7,12	4,38	0,84	2,32	6,78	3,33	1,65	7,2	10,05	2,02	5,14	6,7	8,7	6,88	40,9	3,96	2,52	4,86
11.02.2011	79294,6	7,84	7,96	2,83	50	1,28	2,07	2,39	5,84	5,14	7,32	12,45	5,22	7,22	4,39	0,84	2,33	6,78	3,27	1,64	7,18	10,12	1,97	5,26	6,7	8,52	7,12	40,3	4	2,48	4,9
14.02.2011	79036,11	7,76	7,94	2,82	50,25	1,25	2,07	2,38	5,84	5,12	7,32	12,5	5,2	7,24	4,39	0,83	2,32	6,72	3,27	1,64	7,22	10,1	1,9	5,14	6,78	8,5	7,26	39,9	4	2,48	4,91
15.02.2011	79284,35	7,84	8,06	2,82	51,25	1,27	2,08	2,37	5,8	5,16	7,34	12,55	5,24	7,12	4,46	0,84	2,3	6,72	3,15	1,65	7,28	10,2	1,92	5,06	6,7	8,38	7,32	39,7	4,03	2,47	4,94
16.02.2011	79929,96	7,88	8,1	2,84	52,75	1,25	2,1	2,36	5,8	5,18	7,44	12,6	5,36	7,06	4,62	0,84	2,34	6,76	3,19	1,66	7,4	10,15	1,9	5,08	6,58	8,38	7,28	40,5	4,08	2,5	4,98
17.02.2011	80954,53	8,14	8	2,83	52	1,25	2,09	2,34	5,84	5,18	7,72	12,65	5,38	7,08	4,61	0,83	2,38	6,92	3,16	1,66	7,34	10,4	1,9	5,06	6,34	8,26	7,14	40,3	4,11	2,48	4,99
18.02.2011	80938,17	8,04	7,64	2,86	52,75	1,27	2,19	2,33	5,84	5,2	7,74	12,85	5,38	7,1	4,58	0,83	2,37	6,94	3,14	1,67	7,28	10,55	1,89	5,06	6,36	8,16	7,04	40,2	4,14	2,51	4,94
21.02.2011	79718,91	8	7,48	2,79	52,5	1,21	2,16	2,3	5,68	5,06	7,62	12,8	5,28	7,02	4,61	0,81	2,35	6,82	3,05	1,64	7,08	10,35	1,82	4,86	5,86	8,04	7,12	39,9	4,12	2,5	4,89
22.02.2011	79266,42	7,94	7,36	2,76	51	1,24	2,14	2,25	5,62	5,01	7,62	12,7	5,24	6,9	4,55	0,8	2,35	6,74	3,1	1,62	6,76	10,25	1,79	4,7	5,8	8,42	7,28	40,3	4,1	2,47	4,85
23.02.2011	77455,77	7,76	7,16	2,68	49,75	1,2	2,03	2,2	5,44	4,94	7,38	12,4	5,14	6,74	4,41	0,77	2,34	6,54	3,05	1,56	6,48	10,15	1,78	4,44	5,72	8	7,24	40,4	3,98	2,4	4,71
24.02.2011	74813,97	7,58	7,2	2,49	47	1,14	1,9	2,05	5,4	4,84	7,1	11,7	5	6,6	4,29	0,74	2,31	6,4	2,97	1,52	6,36	9,16	1,69	4,33	5,6	7,42	7,12	40,4	3,87	2,27	4,47
25.02.2011	75152,27	7,6	7,32	2,52	48,4	1,15	1,92	2,16	5,48	4,95	7,18	11,6	5,06	6,52	4,36	0,77	2,31	6,4	2,91	1,56	6,38	9	1,68	4,61	5,54	7,64	7,12	40,1	3,88	2,32	4,47
28.02.2011	74652,14	7,48	7,42	2,58	50,3	1,18	1,92	2,16	5,28	4,94	7,08	11,6	4,98	6,7	4,36	0,77	2,31	6,42	2,77	1,57	6,46	8,96	1,68	4,48	5,36	7,72	7,12	39,8	3,87	2,34	4,46

* Tabloda yer alan veriler İMKB'den elde edilmiştir.

Ek 2a. 01.03.2011 - 29.04.2011 İMKB 30 Hisse Senetleri Günlük Kapanış Fiyatları

	XU030	AKBNK	ARCLK	ASYAB	BIMAS	DOHOL	DYHOL	ECILC	ENKAI	EREGL	GARAN	HALKB	ISCTR	KCHOL	KOZAA
01.03.2011	71278,92	7	7	2,46	51	1,17	1,84	2,1	5,14	4,69	6,68	10,9	4,69	6,44	4,18
02.03.2011	71232,18	6,86	6,84	2,55	50,2	1,17	1,82	2,11	5,18	4,7	6,86	10,75	4,67	6,16	4,2
03.03.2011	73276,46	7,04	7,02	2,65	51	1,18	1,86	2,16	5,38	4,87	7,06	11,2	4,83	6,3	4,33
04.03.2011	74328,62	7,1	6,96	2,64	51,25	1,18	1,87	2,16	5,42	4,85	7,12	11,3	4,84	6,46	4,33
07.03.2011	73077,37	6,96	6,8	2,6	51	1,16	1,82	2,11	5,36	4,74	6,92	11,05	4,74	6,36	4,53
08.03.2011	74571,59	7,1	6,72	2,62	51,5	1,16	1,85	2,12	5,5	4,73	7,2	11,35	4,82	6,46	4,58
09.03.2011	76337,63	7,42	6,92	2,86	50,25	1,16	1,89	2,17	5,52	4,79	7,46	11,8	4,97	6,7	4,56
10.03.2011	77405,05	7,74	7,06	2,88	50	1,18	1,9	2,17	5,54	4,85	7,56	12,15	5,02	6,9	4,44
11.03.2011	78391,38	7,84	7,08	2,96	49,5	1,19	1,91	2,2	5,58	4,9	7,58	12,4	5	7,08	4,43
14.03.2011	79250,62	7,78	7,22	2,93	49,9	1,2	1,95	2,23	5,72	4,95	7,66	12,55	5,08	7,2	4,47
15.03.2011	78989,99	7,8	7,16	2,87	48,7	1,18	1,94	2,2	5,66	3,65	7,64	12,6	5,04	7,24	4,36
16.03.2011	77709,27	7,56	7,14	2,84	47	1,19	1,99	2,16	5,52	3,69	7,56	12,15	4,94	6,98	4,47
17.03.2011	77930,73	7,5	7,14	2,86	46,9	1,2	2,02	2,18	5,6	3,78	7,44	12,25	5,01	7,02	4,5
18.03.2011	78568,32	7,58	7,12	2,88	45,9	1,21	2,02	2,19	5,54	3,82	7,54	12,3	5,02	7,08	4,59
21.03.2011	78928,3	7,6	7,22	2,84	47,2	1,19	1,99	2,21	5,6	3,86	7,52	12,2	5	7,12	4,65
22.03.2011	79687,58	7,78	7,22	2,86	49	1,2	1,99	2,22	5,72	3,82	7,6	12,2	5,06	7,16	4,75
23.03.2011	77986,02	7,38	7,16	2,83	48,9	1,19	1,97	2,25	5,68	3,84	7,38	11,85	4,92	7,18	4,7
24.03.2011	78780,76	7,58	7,3	2,87	50,1	1,19	2	2,3	5,66	3,94	7,46	12,1	4,96	7,2	4,83
25.03.2011	78453,18	7,48	7,4	2,92	51,25	1,2	2	2,32	5,76	3,88	7,5	12,1	4,95	7,22	4,71
28.03.2011	78465,03	7,52	7,56	2,99	50,25	1,2	2	2,28	5,88	3,85	7,46	12	4,98	7,14	4,71
29.03.2011	77693,08	7,44	7,2	2,98	49,75	1,19	1,98	2,28	6,02	3,86	7,3	11,7	4,94	7,08	4,72
30.03.2011	78605,59	7,64	7,24	3,01	51,75	1,2	1,98	2,3	6,02	3,87	7,32	11,9	4,97	7,12	4,74
31.03.2011	78368,18	7,5	7,14	3,01	52	1,2	1,98	2,36	5,96	3,88	7,22	11,95	4,94	7,18	4,75
01.04.2011	80111,66	7,74	7,3	3,12	53,75	1,22	2,03	2,36	6,14	3,94	7,34	12,25	4,94	7,44	4,74
04.04.2011	82763,16	8,12	7,54	3,2	55	1,24	2,03	2,39	6,18	3,96	7,72	12,7	5,16	7,8	4,84
05.04.2011	82958,44	8,16	7,54	3,14	55	1,24	2,01	2,4	6,2	4,02	7,84	12,65	5,18	7,72	4,82
06.04.2011	84356,62	8,42	7,64	3,17	54,75	1,25	2,03	2,41	6,18	4	8	12,85	5,3	7,88	4,92
07.04.2011	85566,78	8,64	7,84	3,15	54,25	1,26	2,04	2,44	6,14	4,02	8,18	13,1	5,4	8,08	4,93
08.04.2011	83611,44	8,36	7,8	3,08	52,25	1,21	1,9	2,39	6,1	4,01	7,86	12,9	5,18	7,94	4,87
11.04.2011	83546,25	8,36	7,82	3,03	53,25	1,2	1,87	2,41	6,16	4,11	7,78	13	5,22	8	4,98
12.04.2011	83286,22	8,4	7,88	3	52,75	1,2	1,83	2,45	6,2	4,07	7,74	13,05	5,18	8,18	5
13.04.2011	83486,22	8,36	7,86	3,05	53	1,19	1,82	2,49	6,24	4,03	7,84	13,15	5,26	8,04	4,98
14.04.2011	83203,02	8,36	7,88	3,05	52,75	1,19	1,78	2,52	6,24	4,03	7,8	13,35	5,3	7,76	4,96
15.04.2011	83865,35	8,36	7,8	3,04	52,75	1,21	1,81	2,53	6,28	4,02	7,86	13,35	5,34	7,92	5
18.04.2011	81542,92	8,06	7,64	2,9	52,25	1,18	1,74	2,44	6,24	3,96	7,62	12,9	5,18	7,68	4,84
19.04.2011	82858,46	8,16	7,9	3	53,25	1,21	1,79	2,6	6,38	4,05	7,68	13,1	5,28	7,86	5
20.04.2011	83255,44	8,12	8,12	2,99	53	1,21	1,81	2,57	6,46	4,09	7,7	13,15	5,32	7,78	5,02
21.04.2011	83925,88	8,1	8,28	3,01	53	1,21	1,78	2,6	6,46	4,12	7,78	13,25	5,34	7,8	5,22
22.04.2011	84064,88	8,06	8,28	3	53	1,21	1,8	2,61	6,5	4,16	7,82	13,25	5,34	7,8	5,42
25.04.2011	84186,23	8,1	8,26	3,03	52,5	1,22	1,82	2,67	6,42	4,21	7,84	13,25	5,32	7,8	5,28
26.04.2011	83702,73	8,04	8,42	3,02	53	1,22	1,82	2,62	6,3	4,21	7,82	13,2	5,3	7,76	5,28
27.04.2011	82593,27	7,8	8,52	2,95	53	1,23	1,8	2,56	6,2	4,2	7,68	13	5,28	7,78	5,3
28.04.2011	83315,24	7,8	8,6	2,98	54	1,23	1,8	2,6	6,36	4,27	7,78	13,05	5,32	7,86	5,4
29.04.2011	84576,28	7,9	8,64	3,01	53	1,21	1,81	2,6	6,66	4,34	7,88	13,15	5,38	8,18	5,42

	KRDMD	PETKM	SAHOL	SİSE	SKBNK	TAVHL	TEBNK	THYAO	TKFEN	TOASO	TTKOM	TURPS	VAKBN	VESTL	YKBNK
01.03.2011	0,75	2,3	6,26	2,62	1,45	6,24	1,63	4,21	5,18	7,38	7,16	39,6	3,6	2,25	4,12
02.03.2011	0,75	2,29	6,28	2,62	1,47	6,38	1,57	4,2	5,18	7,46	6,98	39,8	3,59	2,2	4,15
03.03.2011	0,77	2,3	6,44	2,75	1,53	6,6	1,62	4,46	5,42	7,88	6,98	39,9	3,69	2,27	4,34
04.03.2011	0,78	2,29	7,08	2,85	1,6	6,62	1,62	4,43	5,56	8,34	6,86	39,7	3,74	2,27	4,35
07.03.2011	0,75	2,27	7	2,8	1,59	6,4	1,57	4,36	5,3	8,3	6,84	39,3	3,65	2,26	4,26
08.03.2011	0,79	2,29	6,94	2,98	1,63	6,58	1,6	4,47	5,4	8,2	6,9	39,6	3,74	2,3	4,38
09.03.2011	0,82	2,3	6,96	3,01	1,74	6,74	1,72	4,5	5,48	8,12	6,78	40,2	3,86	2,36	4,5
10.03.2011	0,81	2,3	7,2	3,04	1,74	6,96	1,72	4,5	5,56	8,1	6,74	39,4	3,91	2,34	4,56
11.03.2011	0,82	2,3	7,52	3,1	1,73	7,12	1,71	4,59	5,58	8,06	6,88	41,6	3,9	2,34	4,53
14.03.2011	0,83	2,31	7,6	3,2	1,73	7,06	1,72	4,67	5,66	8,34	6,94	42,9	3,96	2,46	4,59
15.03.2011	0,81	2,31	7,44	3,31	1,68	6,92	1,69	4,61	5,52	8,22	6,9	43,2	3,94	2,44	4,63
16.03.2011	0,8	2,29	7,44	3,21	1,64	7	1,68	4,47	5,44	8,26	6,82	41,7	3,93	2,39	4,55
17.03.2011	0,82	2,32	7,48	3,19	1,7	7,08	1,7	4,56	5,58	8,2	6,94	41,5	3,94	2,39	4,63
18.03.2011	0,82	2,31	7,44	3,15	1,66	7,24	1,6	4,59	5,68	8,12	7,02	43	3,95	2,44	4,62
21.03.2011	0,83	2,32	7,44	3,22	1,65	7,2	1,68	4,56	5,64	8,2	7,18	44,7	3,98	2,46	4,61
22.03.2011	0,83	2,35	7,46	3,41	1,67	7,26	1,69	4,56	5,68	8,24	7,32	44,2	3,99	2,52	4,62
23.03.2011	0,83	2,34	7,38	3,38	1,66	7,1	1,73	4,51	5,6	8,2	7,14	44,1	3,86	2,62	4,44
24.03.2011	0,84	2,36	7,24	3,38	1,68	7,22	1,77	4,35	5,7	8,24	7,38	44,2	3,92	2,6	4,48
25.03.2011	0,83	2,35	7,18	3,38	1,68	7,12	1,83	4,25	5,66	8,28	7,34	43,6	3,87	2,62	4,48
28.03.2011	0,84	2,35	7,16	3,37	1,69	7,28	1,83	4,27	5,82	8,46	7,46	43,6	3,84	2,61	4,45
29.03.2011	0,86	2,34	7,06	3,38	1,68	7,3	1,81	4,24	5,84	8,58	7,54	43,5	3,78	2,56	4,42
30.03.2011	0,86	2,36	7,24	3,46	1,69	7,3	1,83	4,33	5,94	8,62	7,6	44,5	3,84	2,59	4,48
31.03.2011	0,87	2,35	7,18	3,48	1,73	7,36	2,14	4,3	6,06	8,72	7,76	45,4	3,86	2,65	4,43
01.04.2011	0,88	2,39	7,46	3,52	1,79	7,42	2,15	4,36	6,32	8,76	7,94	46,1	3,94	2,7	4,53
04.04.2011	0,89	2,42	8	3,5	1,8	7,54	2,16	4,43	6,32	8,9	8,08	44,9	4,11	2,7	4,73
05.04.2011	0,88	2,41	7,88	3,49	1,8	7,5	2,16	4,47	6,26	8,78	8,02	45	4,1	2,67	4,77
06.04.2011	0,88	2,41	7,98	3,52	1,82	7,56	2,16	4,52	6,24	8,94	8,24	45,7	4,14	2,68	4,84
07.04.2011	0,9	2,46	8,16	3,5	1,84	7,82	2,16	4,5	6,26	8,42	8,18	46,4	4,16	2,67	4,88
08.04.2011	0,88	2,39	8,14	3,5	1,76	7,6	2,15	4,4	6,18	8,4	8,06	47	4,07	2,62	4,72
11.04.2011	0,88	2,4	8,22	3,57	1,78	7,48	2,16	4,43	6,12	8,52	8	46,3	4,05	2,59	4,72
12.04.2011	0,88	2,38	8,04	3,54	1,78	7,48	2,16	4,5	6,14	8,56	7,9	46	4,04	2,59	4,73
13.04.2011	0,89	2,39	7,92	3,57	1,8	7,52	2,16	4,46	6,14	8,82	8	46,2	4,1	2,62	4,77
14.04.2011	0,89	2,41	7,8	3,53	1,79	7,52	2,16	4,45	6,1	8,62	7,86	46	4,08	2,63	4,78
15.04.2011	0,89	2,42	7,96	3,62	1,8	7,62	2,16	4,43	6,14	8,82	8,04	47,3	4,09	2,64	4,8
18.04.2011	0,87	2,36	7,84	3,61	1,71	7,26	2,15	4,33	5,98	8,72	7,98	46	3,96	2,53	4,64
19.04.2011	0,88	2,4	7,98	3,73	1,76	7,6	2,16	4,45	6,2	8,74	8,04	46,1	4,02	2,6	4,71
20.04.2011	0,9	2,41	8,04	3,7	1,76	7,6	2,16	4,45	6,24	8,78	8,1	47	4,04	2,62	4,73
21.04.2011	0,91	2,42	8,14	3,71	1,79	7,58	2,16	4,45	6,28	8,72	8,16	48,2	4,03	2,63	4,75
22.04.2011	0,92	2,45	8,14	3,7	1,79	7,6	2,16	4,46	6,36	8,7	8,18	48	4,02	2,63	4,75
25.04.2011	0,92	2,5	8,18	3,7	1,79	7,72	2,14	4,51	6,44	8,66	8,12	48,5	4,03	2,65	4,77
26.04.2011	0,9	2,55	7,86	3,78	1,78	7,64	2,15	4,48	6,38	8,68	8,1	48,7	4,02	2,66	4,79
27.04.2011	0,91	2,57	7,74	3,71	1,74	7,6	2,16	4,42	6,32	8,68	7,9	47,9	3,97	2,72	4,68
28.04.2011	0,92	2,65	7,94	3,7	1,76	7,7	2,18	4,48	6,4	8,7	7,84	48,4	3,99	2,75	4,71
29.04.2011	0,92	2,64	8,14	3,74	1,76	7,68	2,18	4,49	6,54	8,74	7,92	49,4	4,04	2,72	4,79

Ek 2b. 02.05.2011 - 30.06.2011 İMKB 30 Hisse Senetleri Günlük Kapanış Fiyatları

	XU030	AKBNK	ARCLK	ASYAB	BIMAS	DOHOL	DYHOL	ECILC	ENKAI	EREGL	GARAN	HALKB	ISCTR	KCHOL	KOZAA	KRDMD	PETKM	SAHOL	SİSE	SKBNK	TAVHL	TCELL	TEBNK	THYAO	TKFEN	TOASO	TTKOM	TURPS	VAKBN	VESTL	YKBNK
02.05.2011	85016,81	7,98	8,5	2,98	52,5	1,21	1,81	2,62	6,66	4,38	7,98	13,1	5,4	8,16	5,38	0,96	2,71	8,08	3,78	1,76	7,82	9	2,18	4,5	6,6	8,66	8	51	4,04	2,72	4,76
03.05.2011	85943,5	8,02	8,36	3	52,25	1,21	1,81	2,64	6,64	4,36	8,18	13,55	5,48	8,18	5,36	0,98	2,7	8,14	3,77	1,76	7,82	9,02	2,18	4,51	6,68	8,48	8,08	51,5	4,1	2,73	4,87
04.05.2011	85250,98	7,96	8,18	2,97	51,75	1,21	1,8	2,62	6,56	4,35	8,02	13,25	5,42	8,12	5,22	0,96	2,68	8,06	3,82	1,76	7,8	8,94	2,18	4,64	6,66	8,22	8	52,5	4,08	2,71	4,84
05.05.2011	85117,44	8,06	8,04	2,94	51,75	1,21	1,79	2,62	6,5	4,33	8,08	13,25	5,44	8,12	5,2	0,98	2,75	8,04	3,93	1,75	7,84	8,86	2,19	4,68	6,6	8,04	7,94	50	4,04	2,69	4,83
06.05.2011	83583,97	7,86	7,98	2,9	51	1,19	1,74	2,57	6,4	4,29	7,92	13,05	5,34	7,86	5,12	0,96	2,7	7,92	3,9	1,74	7,84	8,82	2,18	4,69	6,56	7,78	8	47,7	4	2,68	4,73
09.05.2011	83055,84	7,76	8,06	2,85	51	1,17	1,72	2,56	6,4	4,24	7,76	13	5,42	7,78	5,14	0,96	2,65	7,86	3,93	1,74	7,82	8,84	2,17	4,63	6,58	8	8,04	47,4	3,92	2,65	4,77
10.05.2011	82181,84	7,62	8,02	2,81	50,5	1,15	1,66	2,57	6,2	4,1	7,7	12,85	5,3	7,86	5,2	0,96	2,66	7,8	3,99	1,71	7,74	8,84	2,18	4,57	6,44	7,88	7,96	46,6	3,88	2,62	4,64
11.05.2011	79973,08	7,3	7,88	2,68	51	1,13	1,57	2,48	6,08	4,05	7,4	12,45	5,14	7,64	5,28	0,93	2,65	7,56	3,97	1,67	7,5	8,88	2,18	4,49	6,22	7,6	8	45,4	3,86	2,52	4,39
12.05.2011	81209,72	7,52	7,96	2,66	51,25	1,17	1,61	2,46	6,16	4,14	7,46	12,55	5,3	7,88	5,24	0,93	2,72	7,62	4,08	1,73	7,42	8,96	2,18	4,58	6,26	7,68	7,94	46,4	3,94	2,55	4,46
13.05.2011	78589,9	7,44	7,84	2,57	52,25	1,14	1,5	2,39	6,04	4,07	7,2	12,1	5,14	7,52	5,08	0,88	2,69	7,16	3,98	1,68	7,3	8,86	2,17	4,41	5,92	7,44	7,92	43,7	3,82	2,51	4,23
16.05.2011	80128,47	7,76	7,96	2,6	52	1,13	1,48	2,36	6,14	4,11	7,34	12,5	5,2	7,76	4,93	0,9	2,7	7,3	4,09	1,6	7,42	9,16	2,16	4,43	5,92	7,68	7,92	44,8	3,9	2,52	4,3
17.05.2011	79970,34	7,58	8,06	2,59	51,5	1,12	1,47	2,47	6,18	4,1	7,34	12,4	5,18	7,86	4,91	0,89	2,64	7,42	4,36	1,56	7,6	9,12	2,17	4,51	5,94	7,76	7,9	44,5	3,83	2,55	4,26
18.05.2011	77633,13	7,28	7,92	2,54	52	1,12	1,42	2,4	5,96	3,97	7,04	11,95	5,06	7,58	4,8	0,88	2,54	7,22	4,28	1,52	7,54	8,9	2,17	4,3	5,86	7,62	7,88	43,8	3,71	2,51	4,15
20.05.2011	77133,86	7,38	7,84	2,58	51,5	1,09	1,4	2,39	5,98	4,03	6,9	11,65	4,96	7,52	4,76	0,87	2,51	7,3	4,46	1,49	7,62	8,92	2,16	4,3	5,84	7,62	7,88	43,1	3,64	2,56	4,08
23.05.2011	77115,65	7,4	7,98	2,57	52	1,11	1,34	2,37	5,92	3,99	6,9	11,6	4,93	7,44	4,69	0,87	2,5	7,32	4,37	1,49	7,48	8,94	2,14	4,3	5,9	7,54	7,9	43,9	3,62	2,6	4,03
24.05.2011	78875,92	7,62	8,32	2,66	52,25	1,11	1,36	2,39	6	4,02	7,18	11,95	5,07	7,54	4,9	0,89	2,53	7,44	4,31	1,54	7,6	8,98	2,16	4,35	5,98	7,6	8,14	43,8	3,76	2,68	4,09
25.05.2011	77334,02	7,38	8	2,59	52	1,1	1,32	2,34	5,84	4	7,06	11,8	4,98	7,28	4,83	0,89	2,54	7,24	4,38	1,51	7,74	9	2,17	4,27	6,04	7,68	8,06	42,3	3,68	2,67	3,98
26.05.2011	77348,58	7,38	8,1	2,6	53	1,1	1,31	2,33	5,88	4,02	7,06	11,75	4,98	7,18	4,8	0,89	2,52	7,22	4,44	1,52	7,94	9	2,18	4,27	6,02	7,78	8,06	42,8	3,7	2,65	3,99
27.05.2011	75748,61	7,14	7,9	2,56	52	1,09	1,11	2,25	5,64	3,97	6,92	11,25	4,9	7,02	4,69	0,87	2,46	7,04	4,76	1,43	7,9	8,96	2,17	4,17	5,8	7,64	7,96	41,8	3,6	2,6	3,83
30.05.2011	74518,92	7,1	7,84	2,55	51	1,08	1,09	2,2	5,72	3,92	6,84	11,15	4,85	7,02	4,51	0,85	2,46	6,88	4,36	1,42	8,04	8,74	2,2	4,14	5,72	7,52	7,04	41,3	3,63	2,59	3,89
31.05.2011	76628,83	7,4	8,3	2,64	50,5	1,07	1,07	2,25	5,78	4,04	7,12	11,65	4,99	7,24	4,52	0,89	2,49	7,04	4,27	1,47	8,48	8,88	2,19	4,25	5,8	7,72	7,22	41,9	3,7	2,78	4,04
01.06.2011	76793,79	7,42	8,34	2,61	51	1,06	1,05	2,27	5,9	4,07	7,14	11,6	4,98	7,36	4,57	0,88	2,54	7,02	4,19	1,47	8,26	8,94	2,19	4,28	5,8	7,86	7,36	41,8	3,7	2,85	4,02
02.06.2011	76764,44	7,42	8,34	2,6	51,25	0,98	1,05	2,26	5,2	4,05	7,2	11,65	4,99	7,2	4,53	0,87	2,59	6,96	4,01	1,48	8,18	8,96	2,21	4,26	5,82	7,7	7,5	41,8	3,68	2,85	4,05
03.06.2011	76234,99	7,14	8,32	2,59	51,5	0,98	1,05	2,24	5,12	4,02	7,16	11,8	4,94	7,3	4,5	0,89	2,55	6,82	4,03	1,47	8,22	8,96	2,21	4,24	5,8	7,48	7,58	42	3,64	2,85	4,04
06.06.2011	77226,28	7,26	8,3	2,6	51,75	0,98	1,04	2,26	5,12	4,05	7,24	12,2	5	7,32	4,54	0,9	2,59	6,8	4,17	1,52	8,6	8,96	2,2	4,27	5,82	7,24	7,78	43,5	3,69	2,83	4,15
07.06.2011	78561,28	7,58	8,32	2,64	51,75	0,99	1,05	2,31	5,18	4,12	7,38	12,4	5,1	7,42	4,66	0,92	2,6	6,98	4,18	1,53	8,64	8,9	2,22	4,33	5,88	7,4	7,9	43,6	3,75	2,78	4,21
08.06.2011	78068,45	7,54	8,16	2,61	51,75	0,96	1,05	2,28	5,18	4,1	7,36	12,05	5,04	7,36	4,62	0,92	2,58	7,04	4,16	1,51	8,66	8,9	2,22	4,26	5,86	7,34	7,94	42,8	3,7	2,83	4,1
09.06.2011	77692,52	7,56	8,06	2,58	51,25	0,94	1,05	2,25	5,2	4,05	7,34	11,95	5,06	7,2	4,66	0,92	2,55	7	4,09	1,51	8,56	8,78	2,21	4,22	5,86	7,2	7,92	42,6	3,68	2,77	4,07
10.06.2011	77777,43	7,6	7,94	2,65	51	0,94	1,1	2,24	5,16	4,06	7,4	11,85	5,1	7,18	4,67	0,92	2,54	6,94	3,96	1,5	8,48	8,68	2,21	4,23	5,84	7,22	8,08	42,6	3,67	2,72	4,05
13.06.2011	77439,12	7,58	8,06	2,6	51,25	0,92	1,08	2,23	5,14	4,05	7,34	11,9	5,12	7,14	4,7	0,91	2,54	6,86	3,97	1,49	8,28	8,38	2,21	4,24	5,84	7,24	8,04	42,9	3,69	2,75	4,05
14.06.2011	75498,5	7,32	7,96	2,56	51,5	0,89	1,04	2,15	5,06	3,92	7,1	11,55	4,92	7,1	4,66	0,89	2,43	6,66	3,82	1,45	8,2	8,48	2,21	4,17	5,78	7,24	8,1	41,7	3,56	2,71	3,93
15.06.2011	73871,85	7,14	7,9	2,47	51,25	0,9	1,02	2,07	5	3,92	6,88	11,3	4,82	6,9	4,69	0,87	2,39	6,62	3,77	1,42	8,14	8,42	2,21	4,09	5,76	7,22	7,88	40,2	3,47	2,73	3,82
16.06.2011	74401,19	7,32	7,96	2,5	50,5	0,91	1,04	2,1	5,02	3,91	6,96	11,45	4,76	6,92	4,68	0,86	2,37	6,52	3,91	1,43	8,14	8,66	2,21	4,12	5,78	7,12	7,78	40	3,51	2,75	3,95
17.06.2011	75023,34	7,48	8,02	2,53	54,9	0,88	1,06	2,09	4,96	4,06	7,1	11,5	4,76	6,86	4,7	0,88	2,4	6,54	4,06	1,4	8,16	8,66	2,2	4,14	5,78	6,94	7,9	39,9	3,57	2,71	3,92
20.06.2011	74094,82	7,26	8	2,47	51,25	0,86	1,05	2,06	4,95	3,98	6,96	11,25	4,71	6,72	4,67	0,86	2,39	6,42	3,62	1,39	8,28	8,8	2,13	4,15	5,66	6,9	7,88	40,2	3,53	2,67	3,88
21.06.2011	75451,53	7,46	8,1	2,51	52	0,87	1,05	2,1	5,03	3,99	7,02	11,45	4,84	6,9	4,68	0,87	2,41	6,8	3,63	1,41	8,5	9	2,01	4,22	5,66	7,18	8	40,5	3,56	2,68	3,92
22.06.2011	74392,8	7,3	7,94	2,46	51,75	0,85	1,01	2,08	4,97	3,94	7,04	11,25	4,74	6,74	4,79	0,88	2,37	6,6	3,43	1,39	8,22	9,04	2,1	4,16	5,62	7,18	8,02	39,9	3,41	2,63	3,84
23.06.2011	75064,29	7,4	7,86	2,48	51,5	0,85	1	2,13	4,88	3,89	7,26	11,35	4,81	6,62	4,66	0,88	2,38	6,62	3,39	1,39	8,18	9,08	2,1	4,24	5,54	7,38	8,14	39,7	3,48	2,6	3,89
24.06.2011	75680,86	7,54	7,88	2,5	51,25	0,87	1,01	2,18	4,89	3,94	7,34	11,65	4,84	6,74	4,68	0,89	2,38	6,74	3,37	1,44	8,22	9	2,08	4,28	5,58	7,5	8,08	39,2	3,53	2,62	3,96
27.06.2011	75466,75	7,46	7,92	2,48	51	0,87	1,02	2,19	4,97	3,97	7,22	11,8	4,77	6,7	4,7	0,88	2,36	6,86	3,46	1,42	8,34	9,08	2,05	4,3	5,58	7,56	8,26	37,9	3,53	2,59	3,98
28.06.2011	76567,62	7,5	8,1	2,51	51,5	0,87	1,03	2,24	5	4,1	7,4	11,95	4,85	6,82	4,69	0,93	2,43	6,9	3,48	1,44	8,16	8,94	2,07	4,28	5,62	7,5	8,56	38,5	3,67	2,65	4,08
29.06.2011	76700,59	7,52	8,18	2,51	52,5	0,89	1,07	2,24	4,91	4,09	7,34	12	4,87	6,94	4,77	0,92	2,45	6,86	3,52	1,46	8,1	8,92	2,09	4,23	5,6	7,32	8,64	39,5	3,66	2,65	4,04
30.06.2011	76930,43	7,5	8,3	2,53	52,75	0,9	1,06	2,2	4,95	4,14	7,36	12,15	4,98	6,98	4,83	0,94	2,45	6,82	3,55	1,12	8,14	8,72	1,93	4,25	5,6	7,4	8,58	39,8	3,67	2,68	4,08

Ek 2c. 01.07.2011 - 26.08.2011 İMKB 30 Hisse Senetleri Günlük Kapanış Fiyatları

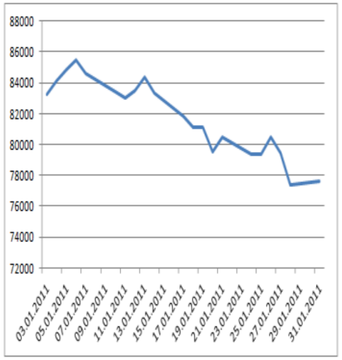
	XU030	AKBNK	ARCLK	ASYAB	BIMAS	DOHOL	DYHOL	ECILC	ENKAI	EREGL	GARAN	HALKB	ISCTR	KCHOL	KOZAA	KRDMD	PETKM	SAHOL	SİSE	SKBNK	TAVHL	TCELL	TEBNK	THYAO	TKFEN	TOASO	TTKOM	TURPS	VAKBN	VESTL	YKBNK
01.07.2011	76921,96	7,46	8,5	2,53	53	0,91	1,06	2,22	4,95	4,18	7,38	11,9	4,96	7,14	4,77	0,95	2,43	6,84	3,57	1,1	8,16	8,7	2,04	4,27	5,52	7,4	8,52	39,7	3,69	2,68	4,07
04.07.2011	78310,77	7,56	8,48	2,56	53	0,91	1,07	2,22	4,95	4,19	7,52	12,2	5,06	7,22	4,8	0,97	2,47	6,88	3,66	1,11	8,12	8,74	2,06	4,25	5,56	7,46	9,38	39,9	3,78	2,66	4,19
05.07.2011	77867,88	7,5	8,3	2,55	52,5	0,9	1,05	2,29	5,04	4,17	7,5	12,1	5,04	7,2	4,8	0,96	2,51	6,84	3,68	1,11	8,18	8,76	2,06	4,16	5,72	7,58	8,66	41	3,76	2,65	4,19
06.07.2011	76972,11	7,4	8,08	2,5	52,25	0,89	1,04	2,33	5	4,16	7,32	11,9	4,94	7,14	4,76	0,96	2,48	6,84	3,74	1,1	8,18	8,82	2,03	4,16	5,68	7,38	8,54	40,6	3,7	2,66	4,13
07.07.2011	78141,15	7,52	8,2	2,56	53	0,89	1,06	2,35	5,03	4,19	7,6	12,15	5,08	7,12	4,82	0,98	2,52	6,8	3,74	1,1	8,18	8,9	2,04	4,17	5,76	7,36	8,36	41,4	3,74	2,66	4,21
08.07.2011	77409,66	7,44	8,34	2,53	53,75	0,88	1,04	2,32	4,93	4,14	7,54	11,8	4,98	7,12	4,76	0,97	2,49	6,84	3,65	1,09	8,1	8,8	2,05	4,14	5,74	7,36	8,5	41,1	3,71	2,62	4,09
11.07.2011	76513,4	7,26	8,18	2,49	53	0,86	1,05	2,27	4,82	4,08	7,38	11,75	4,92	7,06	4,76	0,96	2,47	6,82	3,64	1,07	8,06	8,64	2,03	3,48	5,6	7,16	8,48	41,3	3,7	2,59	4,06
12.07.2011	76253,78	7,36	8,14	2,5	52,5	0,88	1,06	2,28	4,77	4,09	7,28	11,7	4,93	6,94	4,74	0,95	2,5	6,78	3,8	1,06	8,08	8,68	2,04	3,43	5,68	7,34	8,42	40,9	3,66	2,57	4
13.07.2011	76842,1	7,4	8,16	2,53	54,5	0,87	1,05	2,28	4,81	4,13	7,38	11,8	4,99	7,08	4,9	0,96	2,56	6,76	3,78	1,06	8,04	8,64	2,04	3,45	5,8	7,32	8,22	41,7	3,72	2,58	4,04
14.07.2011	76189,12	7,3	8,04	2,51	54,5	0,91	1,09	2,24	4,68	4,1	7,32	11,45	4,95	7,02	4,95	0,96	2,55	6,66	3,85	1,05	7,98	8,64	2,03	3,41	5,88	7,26	7,96	42,3	3,67	2,56	3,99
15.07.2011	76061,75	7,28	8,2	2,51	54,25	0,92	1,07	2,26	4,76	4,17	7,3	11,35	4,99	7,02	4,92	0,97	2,55	6,68	3,76	1,06	7,88	8,5	1,96	3,35	5,82	7,42	8	42,4	3,66	2,54	3,98
18.07.2011	75234,62	7,2	8,12	2,5	54	0,93	1,05	2,21	4,75	4,16	7,22	11,2	4,9	7,02	4,99	0,99	2,55	6,62	3,82	1,05	7,74	8,4	1,94	3,26	5,74	7,26	8	41	3,56	2,5	3,93
19.07.2011	75035,15	7,24	8	2,49	54	0,93	1,05	2,24	4,7	4,13	7,24	11,1	4,87	7	4,98	1,01	2,58	6,56	3,84	1,03	7,82	8,34	1,91	3,2	5,76	7,16	7,96	40,9	3,52	2,45	3,91
20.07.2011	74763,51	7,26	7,94	2,44	55,75	0,92	1,03	2,23	4,62	4,08	7,26	11,2	4,86	7,04	4,9	0,98	2,54	6,52	3,79	1,02	7,96	8,34	1,9	3,16	5,8	7,08	7,72	40,6	3,5	2,45	3,92
21.07.2011	74024,32	7,18	7,8	2,38	55	0,87	0,95	2,24	4,61	4,05	7,24	11,05	4,81	6,9	4,87	0,96	2,51	6,38	3,65	0,98	7,92	8,34	1,82	3,09	5,72	6,76	7,86	39,9	3,5	2,33	3,91
22.07.2011	72601	6,98	7,58	2,32	55,75	0,86	0,92	2,14	4,5	4,05	7	11	4,69	6,8	4,82	0,95	2,42	6,4	3,54	0,95	7,88	8,46	1,87	3,1	5,64	6,38	7,84	38,7	3,38	2,31	3,8
25.07.2011	74254,39	7,24	7,78	2,35	56	0,86	0,92	2,19	4,52	4,1	7,22	11,2	4,8	7	4,86	0,96	2,47	6,6	3,67	0,96	8	8,6	1,88	3,13	5,66	6,46	7,8	39,4	3,44	2,35	3,9
26.07.2011	74550,13	7,22	7,82	2,39	56,5	0,87	0,92	2,22	4,58	4,11	7,28	11,3	4,82	6,94	4,92	0,98	2,49	6,54	3,84	0,98	8,16	8,66	1,88	3,16	5,76	6,7	7,68	39,7	3,46	2,41	3,91
27.07.2011	74218,41	7,18	7,82	2,37	56,75	0,86	0,92	2,21	4,56	4,04	7,26	11,3	4,8	6,94	5	0,99	2,49	6,46	3,68	0,99	8,14	8,58	1,9	3,12	5,82	6,8	7,54	39,9	3,45	2,41	3,89
28.07.2011	76022,32	7,38	7,84	2,42	57	0,88	0,94	2,24	4,65	4,05	7,46	11,7	4,9	7,1	5,04	1	2,54	6,7	3,77	1,02	8,16	8,7	1,92	3,18	5,94	7,2	7,42	41,4	3,55	2,46	4,06
29.07.2011	75614,55	7,38	7,72	2,39	57,5	0,87	0,94	2,26	4,63	3,99	7,46	11,85	4,85	7,08	4,97	1	2,52	6,62	3,69	1	8,26	8,76	1,93	3,15	5,88	7	7,2	41,1	3,54	2,51	4,03
01.08.2011	74962,13	7,28	7,66	2,38	58	0,85	0,92	2,25	4,6	3,91	7,4	11,75	4,84	7,06	4,97	1	2,51	6,52	3,65	0,99	8,1	8,52	1,92	3,12	5,78	7,04	7,24	41	3,56	2,5	3,98
02.08.2011	74766,85	7,22	7,48	2,35	57,75	0,79	0,87	2,25	4,62	3,88	7,4	11,75	4,83	7,06	4,98	0,98	2,49	6,52	3,6	1	7,94	8,56	1,91	3,11	5,7	6,76	7,42	40,4	3,61	2,49	4,03
03.08.2011	74488,48	7,34	7,26	2,42	57	0,75	0,84	2,2	4,57	3,72	7,52	11,85	4,97	6,84	4,94	0,98	2,43	6,4	3,52	0,98	7,96	8,3	1,91	3,07	5,68	6,58	7,36	38,5	3,58	2,44	4,08
04.08.2011	72016,57	6,94	7	2,32	56	0,73	0,79	2,16	4,4	3,72	7,16	11,5	4,82	6,64	4,97	0,96	2,32	6,3	3,54	0,95	7,98	8,26	1,86	2,96	5,52	6,4	7,2	36,9	3,49	2,33	3,93
05.08.2011	68160,56	6,54	6,7	2,15	55,25	0,62	0,71	2,12	4,35	3,58	6,7	10,6	4,49	6,38	4,73	0,93	2,19	6,08	3,4	0,88	7,58	8,38	1,75	2,74	5,04	6,04	6,88	34	3,39	2,32	3,6
08.08.2011	63476,95	6	6,14	1,94	54,5	0,54	0,61	1,99	4,13	3,21	6,2	9,7	4,13	5,9	4,37	0,87	1,99	5,88	3,12	0,84	7,08	8,06	1,63	2,63	4,57	5,64	6,7	32,1	3,17	2,09	3,28
09.08.2011	64539,48	6,16	6,08	1,91	54	0,58	0,64	1,99	4,08	3,27	6,46	10,04	4,24	5,8	4,45	0,85	2,02	5,74	3,25	0,84	7,14	8,94	1,72	2,64	4,62	5,68	6,42	31,1	3,17	2,04	3,34
10.08.2011	60685,9	5,6	5,92	1,72	52,5	0,56	0,61	1,87	4	3,16	6,08	9,3	3,92	5,92	4,35	0,78	2,01	5,26	3,1	0,82	6,9	7,94	1,8	2,48	4,58	5,4	6,66	30,1	2,9	1,93	3,01
11.08.2011	62968,22	5,98	5,98	1,75	52,25	0,64	0,65	2,05	3,95	3,27	6,04	9,68	4,13	5,88	4,46	0,82	2,22	5,84	3,2	0,83	6,84	8,04	1,84	2,55	4,7	5,74	7,16	32,5	2,94	2,04	3,08
12.08.2011	62960,07	6,14	5,88	1,76	53	0,69	0,68	2,1	3,88	3,37	6,02	10	4,24	5,8	4,33	0,83	2,22	5,54	3,18	0,85	6,66	7,66	1,84	2,55	4,7	6,1	7,1	33,2	2,97	2,08	3,11
15.08.2011	64542,44	6,22	6,1	1,84	52,5	0,7	0,69	2,12	3,9	3,5	6,2	10,3	4,35	5,92	4,35	0,86	2,41	5,66	3,2	0,87	7,02	7,84	1,86	2,54	4,83	6,14	7,06	34,4	3,05	2,14	3,23
16.08.2011	65498,63	6,28	6,3	1,85	53,25	0,7	0,68	2,1	3,9	3,52	6,3	10,3	4,45	6,16	4,4	0,86	2,41	5,78	3,32	0,86	7,02	7,86	1,86	2,49	4,85	6,24	7,02	35,2	3,2	2,15	3,33
17.08.2011	65578,86	6,26	6,3	1,88	54	0,69	0,68	2,08	3,89	3,49	6,24	10,15	4,44	6,28	4,41	0,88	2,37	5,74	3,31	0,86	7,02	7,78	1,86	2,54	4,95	6,18	7,38	36,1	3,18	2,12	3,28
18.08.2011	62702,18	6,02	6,06	1,8	53,75	0,62	0,61	1,99	3,66	3,34	5,88	9,65	4,24	6,04	4,29	0,85	2,27	5,4	3,13	0,83	6,88	7,62	1,74	2,42	4,87	5,9	7,46	34,5	2,99	2,05	3,15
19.08.2011	64430,58	6,22	6,2	1,88	52,25	0,65	0,64	2,04	3,75	3,35	6,12	9,9	4,38	6,2	4,4	0,86	2,34	5,52	3,17	0,84	6,66	7,62	1,77	2,41	4,95	5,7	7,56	35,6	3,05	2,09	3,35
22.08.2011	64801,73	6,32	6,22	1,93	53	0,66	0,65	2,07	3,86	3,36	6,2	10,24	4,44	6,12	4,49	0,87	2,3	5,56	3,14	0,85	6,62	7,48	1,75	2,44	4,93	5,78	7,36	35	3,09	2,07	3,37
23.08.2011	63422,45	6,2	6,04	1,94	53,25	0,66	0,65	2,04	3,85	3,29	6,04	10,3	4,33	5,9	4,37	0,84	2,26	5,5	3,11	0,85	6,62	7,36	1,73	2,4	4,8	5,72	7,12	33,7	3,01	2,02	3,26
24.08.2011	64411,17	6,44	5,98	1,94	53	0,66	0,66	2,04	3,85	3,28	6,2	10,4	4,42	5,94	4,28	0,85	2,29	5,66	3,21	0,85	6,72	7,46	1,74	2,41	4,76	5,52	7,16	32,9	3,08	2,04	3,33
25.08.2011	64227,58	6,38	5,9	1,9	54,5	0,66	0,63	2,03	3,84	3,24	6,16	10,45	4,32	5,8	4,24	0,84	2,26	5,78	3,12	0,84	6,74	7,56	1,72	2,39	4,88	5,54	7,4	33	3,04	2,05	3,29
26.08.2011	65328,01	6,38	6,02	1,93	55,25	0,66	0,64	2,03	3,88	3,3	6,2	10,6	4,39	6,04	4,26	0,83	2,26	6,12	3,13	0,85	6,8	7,68	1,71	2,41	5,11	5,46	7,96	32,6	3,08	2,05	3,35

Ek 2d. 02.09.2011 - 31.10.2011 İMKB 30 Hisse Senetleri Günlük Kapanış Fiyatları

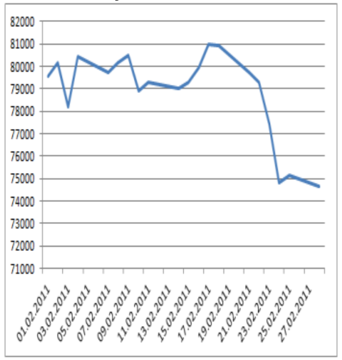
	XU030	AKBNK	ARCLK	ASYAB	BIMAS	DOHOL	DYHOL	ECILC	ENKAI	EREGL	GARAN	HALKB	ISCTR	KCHOL	KOZAA	KRDMD	PETKM	SAHOL	SİSE	SKBNK	TAVHL	TCELL	TEBNK	THYAO	TKFEN	TOASO	TTKOM	TURPS	VAKBN	VESTL	YKBNK
02.09.2011	67364,31	6,44	6,22	1,93	56	0,66	0,65	2,06	4,01	3,44	6,5	11	4,48	6,48	4,37	0,85	2,3	6,24	3,25	0,87	7,28	7,72	1,76	2,45	5,26	6,2	8,12	33,5	3,24	2,09	3,53
05.09.2011	65624,54	6,32	6,14	1,9	54,5	0,66	0,64	2,03	3,88	3,36	6,26	10,65	4,34	6,34	4,38	0,85	2,19	5,9	3,14	0,85	7,24	7,56	1,71	2,41	5,04	6,1	8,16	32,9	3,21	2,14	3,45
06.09.2011	66875,09	6,48	6,3	1,93	54,75	0,67	0,65	2,04	3,91	3,35	6,4	11,15	4,41	6,3	4,37	0,85	2,24	5,88	3,18	0,85	7,18	7,66	1,73	2,44	5,08	6,12	8,5	34	3,32	2,14	3,57
07.09.2011	66939,22	6,5	6,32	1,94	54,5	0,67	0,66	2,05	3,9	3,35	6,44	11,05	4,4	6,44	4,3	0,87	2,26	5,94	3,14	0,85	7,32	7,6	1,73	2,54	5,1	6,16	8,32	33,8	3,32	2,14	3,57
08.09.2011	68982	6,82	6,44	1,99	54,25	0,68	0,67	2,07	3,97	3,39	6,68	11,2	4,55	6,58	4,3	0,89	2,32	6,14	3,19	0,88	7,48	8,02	1,78	2,62	5,14	6,24	8,16	35,4	3,39	2,19	3,7
09.09.2011	67967,1	6,68	6,3	1,94	54	0,67	0,66	2,06	3,93	3,28	6,6	11,15	4,46	6,58	4,25	0,87	2,26	5,98	3,11	0,87	7,32	8,12	1,77	2,64	5,02	6,24	8,1	34,6	3,31	2,14	3,62
12.09.2011	67692,75	6,58	6,26	1,93	52,5	0,67	0,65	2,04	3,87	3,24	6,6	11,15	4,43	6,48	4,14	0,86	2,27	5,98	3,18	0,87	7,28	8,14	1,75	2,75	4,91	6,16	8,02	34,1	3,34	2,16	3,59
13.09.2011	68997,8	6,68	6,54	1,95	53,5	0,67	0,66	2,05	3,97	3,25	6,68	11,3	4,48	6,7	4,19	0,87	2,32	6,1	3,19	0,87	7,14	8,7	1,73	2,82	4,97	6,18	8,28	34,1	3,41	2,2	3,7
14.09.2011	68232,83	6,62	6,36	1,94	53,75	0,67	0,68	2,04	3,92	3,23	6,66	11,35	4,45	6,62	4,14	0,84	2,29	5,98	3,16	0,87	7,08	8,4	1,74	2,75	4,93	6,28	8,1	33,8	3,41	2,18	3,64
15.09.2011	69503,96	6,74	6,46	1,96	54,25	0,68	0,68	2,08	3,94	3,28	6,8	11,8	4,51	6,74	4,16	0,86	2,3	6,14	3,2	0,88	7,1	8,5	1,74	2,78	5,03	6,52	8,14	34,9	3,49	2,18	3,7
16.09.2011	70421,68	6,86	6,56	1,96	55,25	0,68	0,69	2,11	3,91	3,28	6,96	11,8	4,54	6,88	4,11	0,87	2,33	6,32	3,18	0,89	7,16	8,48	1,75	2,81	5,18	6,58	8,1	35,7	3,53	2,19	3,8
19.09.2011	70470,91	6,9	6,8	1,94	55,25	0,67	0,68	2,1	3,92	3,26	7	11,6	4,52	6,9	4,08	0,86	2,31	6,46	3,24	0,88	7,1	8,5	1,73	2,81	5,16	6,74	8,12	35,1	3,48	2,19	3,74
20.09.2011	74646,79	7,4	7,14	2,03	56	0,68	0,7	2,18	4,06	3,39	7,54	12,3	4,84	7,3	4,18	0,89	2,37	6,92	3,41	0,93	7,2	8,82	1,8	2,9	5,34	7,14	8,22	37,1	3,72	2,28	4,03
21.09.2011	74383,47	7,46	7,18	2,13	56	0,68	0,7	2,22	4,12	3,37	7,44	12,3	4,83	7,28	4,21	0,88	2,37	6,8	3,48	0,94	7,12	8,68	1,77	2,87	5,48	7,2	8,28	36,9	3,71	2,29	4,04
22.09.2011	70562,16	7	6,88	1,99	55	0,65	0,67	2,13	3,92	3,22	6,96	11,9	4,57	6,86	4,07	0,83	2,33	6,36	3,36	0,9	6,92	8,56	1,7	2,77	5,44	6,7	7,86	35,3	3,5	2,23	3,78
23.09.2011	68582,45	6,78	6,68	1,92	54,5	0,64	0,65	2,06	3,91	3,07	6,8	11,7	4,41	6,62	3,97	0,83	2,3	6,08	3,27	0,88	7	8,62	1,63	2,63	5,38	6,3	7,68	34	3,4	2,16	3,63
26.09.2011	69031,39	6,72	6,66	1,91	54,75	0,64	0,65	2,08	4	3,1	6,84	11,95	4,5	6,6	3,91	0,82	2,35	6,06	3,29	0,88	6,96	8,8	1,66	2,6	5,24	6,3	7,66	34,7	3,55	2,18	3,64
27.09.2011	71042,27	6,88	6,86	1,95	54,75	0,65	0,66	2,14	4,1	3,24	7,06	12,25	4,64	6,82	3,94	0,83	2,37	6,26	3,31	0,9	7,1	8,98	1,69	2,65	5,46	6,62	7,98	36,1	3,66	2,23	3,78
28.09.2011	72236,53	7,04	7,2	1,97	54,25	0,64	0,65	2,14	4,3	3,29	7,24	12,6	4,69	6,98	3,92	0,83	2,41	6,48	3,38	0,93	7,1	8,86	1,7	2,73	5,7	6,68	7,8	36,8	3,65	2,18	3,88
29.09.2011	73347,33	7,34	7,26	1,99	54	0,66	0,66	2,16	4,24	3,31	7,36	12,75	4,77	7,04	3,95	0,84	2,41	6,52	3,47	0,94	7,32	8,74	1,7	2,76	5,82	6,74	7,8	37,9	3,67	2,19	4,04
30.09.2011	73498,05	7,34	7,32	1,94	51,5	0,64	0,65	2,15	4,5	3,25	7,24	13,4	4,81	6,92	3,99	0,84	2,4	6,5	3,56	0,94	7,36	8,56	1,67	2,72	5,7	6,64	7,98	38,5	3,73	2,15	4,13
03.10.2011	73258,82	7,2	7,24	1,94	53,25	0,65	0,71	2,13	4,27	3,25	7,12	13	4,75	6,9	4,08	0,83	2,38	6,62	3,57	0,94	7,36	8,64	1,67	2,74	5,72	6,46	8	39,3	3,67	2,14	4,09
04.10.2011	70235,26	6,76	6,94	1,89	51,5	0,63	0,66	2,06	4,12	3,12	6,76	12,15	4,55	6,66	4,03	0,81	2,31	6,4	3,6	0,93	7,24	8,54	1,62	2,59	5,48	6,34	7,94	36,8	3,46	2,07	3,88
05.10.2011	70243,12	6,82	6,8	1,9	51,75	0,63	0,66	2,08	4,16	3,13	6,76	12,15	4,53	6,7	3,98	0,82	2,32	6,34	3,67	0,94	7,38	8,26	1,61	2,64	5,58	6,54	8,02	37,3	3,37	2,12	3,91
06.10.2011	70030,25	6,82	6,74	1,87	52,75	0,61	0,65	2,08	4,16	3,13	6,66	12,25	4,55	6,62	4,03	0,83	2,31	6,3	3,53	0,93	7,34	8,32	1,6	2,6	5,68	6,72	8,18	37	3,4	2,11	3,79
07.10.2011	70108	6,74	6,84	1,89	52,75	0,62	0,66	2,1	4,25	3,16	6,52	12,1	4,63	6,72	4,08	0,82	2,32	6,38	3,64	0,94	7,38	8,24	1,6	2,61	5,78	6,7	8,18	37,9	3,5	2,12	3,75
10.10.2011	71498,12	7	6,94	1,92	53,5	0,62	0,66	2,14	4,31	3,22	6,68	12,35	4,75	6,92	4,13	0,81	2,36	6,52	3,66	0,96	7,36	8,24	1,65	2,6	5,88	6,68	8,08	38,8	3,55	2,13	3,87
11.10.2011	71939,98	7,04	7	1,91	53	0,62	0,66	2,14	4,34	3,29	6,78	12,55	4,74	7	4,11	0,81	2,34	6,56	3,61	0,97	7,4	8,22	1,64	2,62	5,84	6,74	7,88	39,6	3,56	2,12	3,94
12.10.2011	72849,29	7,12	7,1	1,91	54	0,63	0,67	2,17	4,44	3,32	6,9	12,55	4,8	7	4,13	0,81	2,36	6,64	3,65	0,97	7,64	8,6	1,72	2,63	5,86	7,08	7,94	39,9	3,61	2,14	3,96
13.10.2011	71618,07	7,02	6,96	1,93	53,25	0,63	0,67	2,13	4,47	3,32	6,78	12,4	4,71	6,94	4,08	0,81	2,36	6,38	3,54	1,02	7,5	8,6	1,75	2,62	5,8	7,02	7,74	38,6	3,54	2,14	3,92
14.10.2011	72632,89	7,16	6,96	1,94	54,25	0,64	0,71	2,16	4,51	3,35	6,94	12,6	4,76	6,98	4,15	0,83	2,37	6,48	3,55	1,02	7,82	8,86	1,77	2,63	5,9	6,94	7,66	38,3	3,56	2,14	4,02
17.10.2011	71480,73	7	6,88	1,92	54,5	0,64	0,71	2,16	4,36	3,35	6,82	12,5	4,7	6,74	4,12	0,83	2,34	6,32	3,43	0,97	7,7	8,82	1,71	2,59	5,92	6,9	7,56	37,8	3,44	2,13	3,91
18.10.2011	71904,54	7,08	6,82	1,92	54,5	0,63	0,68	2,17	4,44	3,49	6,86	12,55	4,73	6,82	4,09	0,82	2,35	6,4	3,51	1,01	7,84	8,96	1,7	2,59	5,88	6,82	7,52	38,1	3,43	2,12	3,88
19.10.2011	70390,56	6,86	6,66	1,9	53,75	0,62	0,65	2,11	4,38	3,46	6,68	12,2	4,6	6,66	4,07	0,82	2,32	6,2	3,37	1,03	7,8	8,88	1,67	2,54	5,76	6,72	7,32	38,6	3,39	2,1	3,8
20.10.2011	67738,78	6,48	6,54	1,86	52,75	0,6	0,64	2,06	4,27	3,45	6,28	11,35	4,32	6,5	3,96	0,8	2,28	5,98	3,21	1,01	7,74	8,76	1,66	2,47	5,84	6,74	7,16	38,7	3,26	2,06	3,65
21.10.2011	68864,14	6,62	6,56	1,88	53,5	0,62	0,65	2,09	4,32	3,57	6,44	11,75	4,38	6,64	3,99	0,8	2,32	6,14	3,24	1,01	8	8,76	1,69	2,53	6,06	7	7,2	38,3	3,3	2,08	3,65
24.10.2011	68013,3	6,58	6,66	1,9	52,75	0,61	0,64	2,08	4,41	3,61	6,34	11,35	4,27	6,5	3,96	0,8	2,35	6,04	3,2	1,02	8,14	8,7	1,66	2,54	6,1	7,04	7,02	38,6	3,19	2,09	3,54
25.10.2011	68070,83	6,62	6,72	1,94	54,5	0,6	0,61	2,11	4,5	3,66	6,34	11,15	4,22	6,54	3,94	0,82	2,34	6,06	3,21	1,01	8,16	8,66	1,66	2,53	6,2	7,14	7,06	38,6	3,16	2,1	3,44
26.10.2011	67013,87	6,34	6,88	1,9	55,25	0,59	0,61	2,08	4,5	3,65	6,14	10,85	4,07	6,56	3,94	0,81	2,3	6	3,27	0,99	8,22	8,58	1,63	2,5	6,28	7,04	7,16	39,3	3,04	2,07	3,27
27.10.2011	68637,9	6,52	6,9	1,95	55	0,61	0,63	2,14	4,55	3,81	6,36	11,25	4,21	6,56	4,16	0,82	2,35	6,1	3,34	1	8,38	8,76	1,66	2,59	6,16	7,08	7,26	39,6	3,11	2,11	3,42
31.10.2011	67797,16	6,46	6,8	1,9	54	0,65	0,66	2,17	4,58	3,66	6,24	10,9	4,13	6,32	4,08	0,82	2,42	6,06	3,39	1	8,56	8,72	1,63	2,56	6,08	6,84	7,5	40	3,02	2,09	3,32

Ek 3. 01.09.2011 - 31.10.2011 İMKB 30 Endeksinin Aylık Grafikleri

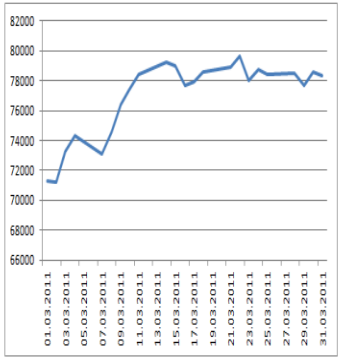
Ocak 2011



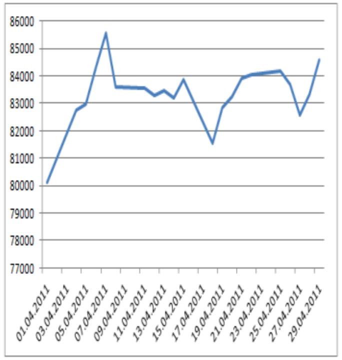
Şubat 2011



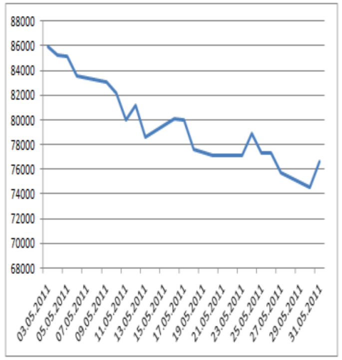
Mart 2011



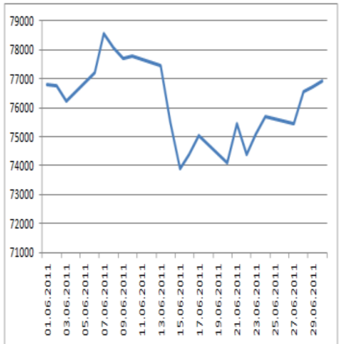
Nisan 2011



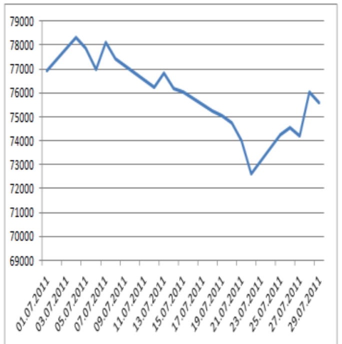
Mayıs 2011



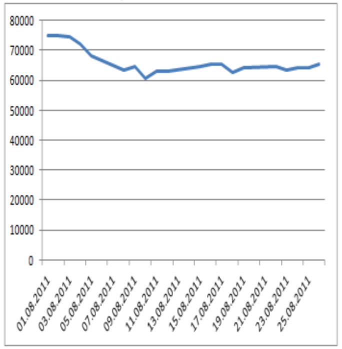
Haziran 2011



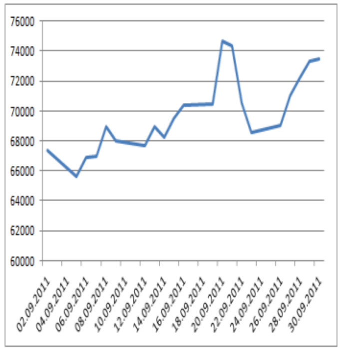
Temmuz 2011



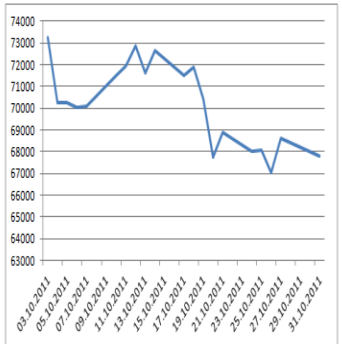
Ağustos 2011



Eylül 2011



Ekim 2011



Ek 4. 03 – 31.01.2011 Dönemi Hisse Senetlerinin Günlük Getiri Oranları, Getiri Oranlarının Ortalaması* ve Beta Katsayıları*

Getiri Oranlar	XU030	AKBNK	ARCLK	ASYAB	BIMAS	DOHOL	DYHOL	ECILC	ENKAI	EREGL	GARAN	HALKB	ISCTR	KCHOL
03.01.2011	0,023379	0,011655	0,025641	0,03169	0,02381	0	0,005102	0,012	0,017361	0,031373	0,02046	0,045802	0,029091	0,013298
04.01.2011	0,011211	0,006912	0,0125	-0,00341	0,004651	0,008929	0,010152	0,003953	0,023891	0,019011	0,017544	0,018248	0,014134	0
05.01.2011	0,008103	-0,01373	0,022222	0,017123	0,013889	0,026549	0,020101	0	0,003333	0	0,009852	0,017921	0,010453	-0,01312
06.01.2011	0,007671	0,00232	0,021739	0,026936	0	0,017241	0,054187	0,007874	0,009967	-0,00373	0,007317	0,007042	0,003448	0,018617
07.01.2011	-0,01027	-0,01389	-0,00236	0,006557	0,004566	-0,01695	-0,02336	-0,00781	-0,00658	-0,01124	-0,00969	-0,02797	-0,02405	-0,00261
10.01.2011	-0,01462	-0,02113	-0,01422	-0,01303	-0,00455	-0,00862	-0,00957	-0,01575	0	-0,03409	-0,01956	-0,03597	-0,01408	-0,03665
11.01.2011	-0,00397	0,004796	0,014423	0,013201	-0,0137	0	-0,01449	0,004	0,033113	-0,01176	-0,01247	-0,01119	-0,00714	0,002717
12.01.2011	0,004959	0,004773	0,023697	-0,00326	-0,00926	-0,0087	-0,0049	0,011952	0,00641	0,011905	0	-0,00377	-0,0036	-0,00271
13.01.2011	0,010609	0,026128	0,013889	-0,0098	0,004673	0	0,004926	0	-0,00318	0,003922	0,007576	0	0,00361	0,019022
14.01.2011	-0,01229	-0,02083	0,013699	-0,0099	-0,01395	0	0,004902	-0,00394	-0,00639	-0,00391	0	-0,02652	-0,02518	0,005333
17.01.2011	-0,01773	-0,01418	-0,03153	-0,02333	-0,01887	0	0,014634	-0,00395	-0,02251	0	-0,03759	-0,03502	-0,02214	0
18.01.2011	-0,00903	-0,01199	0,030233	-0,02048	0,009615	-0,01754	0	0	0,009868	-0,00392	-0,01563	-0,02419	-0,01509	-0,01857
19.01.2011	0,000375	-0,01214	-0,00677	-0,01742	0,009524	-0,00893	-0,01923	-0,00397	0,026059	0,003937	0,005291	0,028926	-0,00383	0
20.01.2011	-0,01959	-0,0344	-0,01136	-0,03191	0,004717	-0,02703	-0,03431	-0,01195	-0,02857	-0,01569	-0,02368	-0,04418	-0,02692	-0,01892
21.01.2011	0,011527	0,025445	0,006897	0,025641	0,00939	0,037037	0,040609	0,020161	0,019608	0,011952	0,018868	0,037815	0,023715	-0,00551
24.01.2011	-0,01346	-0,03722	-0,01826	0,014286	0,009302	0	0,009756	0	0,003205	0,015748	-0,01323	-0,02834	-0,01544	-0,01662
25.01.2011	-0,00048	-0,01031	-0,01395	-0,01761	-0,00461	0,017857	0,004831	-0,00395	0,025559	0,027132	-0,0134	0,008333	-0,00392	-0,01127
26.01.2011	0,014479	0,020833	0,002358	0,021505	-0,00463	-0,00877	0	0,003968	-0,00312	-0,02264	0,016304	0,049587	0,019685	0,019943
27.01.2011	-0,0125	-0,02296	0	-0,01053	-0,0093	-0,02655	-0,02885	-0,00395	0,009375	-0,01158	-0,01604	-0,01575	-0,01931	-0,00559
28.01.2011	-0,02636	-0,0235	-0,00471	-0,02837	-0,04695	-0,01818	-0,03465	-0,03175	-0,03096	-0,01953	-0,04076	-0,024	-0,02756	-0,03652
31.01.2011	0,003253	0,005348	-0,01418	0,021898	0,016749	0,018519	0,015385	-0,0123	-0,03195	0,003984	0,011331	0,036885	0,020243	-0,04665
Ortalama	-0,00213	-0,0061	0,00333	-0,00049	-0,00071	-0,00072	0,000724	-0,00169	0,002595	-0,00043	-0,00417	-0,00125	-0,004	-0,00647
Beta Katsayısı	1	1,153886	0,704056	1,057177	0,69452	0,72193	0,949345	0,616836	0,718085	0,661695	1,250241	1,942652	1,271902	0,74669

Getiri Oranlar	KOZAA	KRDMD	PETKM	SAHOL	SİSE	SKBNK	TAVHL	TCELL	TEBNK	THYAO	TKFEN	TOASO	TTKOM	TURPS	VAKBN	VESTL	YKBNK
03.01.2011	0,034632	0,026316	0,016807	0,016667	0,025735	0,011299	0,02139	0,018957	0,008969	0,233333	0,03096	0,027638	0,021538	0,033679	0,043478	0,016393	0,024691
04.01.2011	0,01046	-0,01282	0,053719	0,002732	0,014337	0,005587	0,005236	0,004651	0,017778	0,03003	0,03003	0,036675	0,018072	0,007519	0,009804	0,020161	0,024096
05.01.2011	0,00207	0	0,015686	-0,00545	0,021201	0,011111	0	0,013889	0,004367	0,037901	0,037901	0,025943	0,011834	0,024876	0,024272	0,003953	0,031373
06.01.2011	0,039256	0,038961	-0,01544	0,005479	0,038062	-0,00549	0,010417	-0,00913	0,008696	0,014045	0,014045	0,029885	0	0,024272	0,014218	0,007874	0,015209
07.01.2011	-0,00994	0	-0,00392	-0,0109	-0,00333	0	-0,01031	0	0	0,00277	0,00277	0,013393	0	-0,00237	-0,01869	0,027344	-0,02247
10.01.2011	0	0,025	-0,00394	-0,02479	0,006689	-0,01657	-0,0026	0	-0,02586	0,027624	0,027624	-0,00661	0,017544	0,026128	-0,01905	-0,02662	-0,02299
11.01.2011	0,008032	-0,03659	-0,01186	-0,00282	-0,00332	0	-0,01567	0	-0,04425	-0,00538	-0,00538	-0,0133	0,011494	0	-0,00485	-0,01172	-0,00784
12.01.2011	0,01992	0,025316	0,012	0,01983	0,03	0,011236	0,002653	0,004608	0,009259	-0,01351	-0,01351	0,01573	-0,00284	-0,00463	0,026829	0,011858	0,007905
13.01.2011	0	-0,01235	-0,02767	0,016667	0,035599	0	0,015873	0	0,009174	0	0	0,004425	0,025641	0,027907	0,021378	0,011719	0,007843
14.01.2011	-0,00781	0,025	-0,00813	-0,01913	0,028125	-0,01111	-0,01042	-0,03211	-0,01364	0,010959	0,010959	0,013216	-0,01944	-0,02489	-0,02791	-0,00772	-0,00389
17.01.2011	-0,01181	0,073171	0,012295	0,005571	0,009119	-0,00562	-0,01842	0	-0,00922	0,00542	0,00542	0,002174	-0,03399	-0,0232	-0,02392	0	-0,04297
18.01.2011	-0,01594	0	-0,00405	0	0,051205	-0,0226	-0,00268	-0,01896	-0,01395	0,013477	0,013477	0	0,002933	0,026128	-0,02451	0,003891	-0,03878
19.01.2011	-0,01417	0	-0,0122	-0,00554	-0,01433	-0,01156	0,026882	-0,00483	-0,0283	0,00266	0,00266	-0,02386	0,005848	0,006944	0,002513	-0,00775	0,008493
20.01.2011	-0,03491	0,056818	-0,02058	-0,00557	-0,01163	-0,02339	0,005236	0,004854	-0,03398	-0,02918	-0,02918	-0,02222	0,014535	-0,0046	-0,04261	-0,02344	-0,02947
21.01.2011	0,008511	-0,03226	0,016807	-0,0028	-0,01471	0,011976	-0,01042	-0,02899	0,005025	-0,00273	-0,00273	-0,01818	-0,0086	-0,00924	0,026178	0,008	0,030369
24.01.2011	-0,03586	0,011111	-0,00826	-0,01124	0,00597	-0,01775	-0,01842	-0,00498	-0,025	0,013699	0,013699	0,020833	0	-0,01632	-0,02806	0	-0,01684
25.01.2011	-0,00438	0,021978	0,020833	0,005682	-0,00297	-0,01205	0,010724	0,015	-0,00513	-0,00811	-0,00811	0,043084	-0,00867	0	0,005249	-0,00397	-0,00642
26.01.2011	0,002198	-0,01075	0,004082	0,00565	0,002976	0,006098	0,007958	-0,00985	0,010309	0,008174	0,008174	0,006522	0,002915	0,007109	0,023499	0,007968	0,034483
27.01.2011	-0,02851	-0,03261	-0,02439	-0,00562	0,008902	-0,00606	-0,01842	0,004975	-0,01531	-0,01351	-0,01351	-0,00648	-0,00581	-0,00471	-0,00765	-0,02372	-0,00833
28.01.2011	-0,03386	-0,05618	-0,02917	-0,02542	-0,03235	-0,02439	-0,02949	-0,01584	-0,05699	-0,03288	-0,03288	-0,01739	-0,02924	-0,00473	-0,00771	-0,03239	-0,02521
31.01.2011	0,011682	-0,03571	-0,00858	-0,01159	0,006079	0,03125	0,044199	-0,01207	0	-0,05666	-0,05666	-0,04204	-0,00904	-0,01188	0,023316	0,012552	0,010776
Ortalama	-0,00288	0,003543	-0,00124	-0,0025	0,009589	-0,00324	0,000653	-0,00332	-0,00943	0,01134	0,001703	0,004259	0,000701	0,003715	0,000751	-0,00027	-0,00143
Beta Katsayısı	1,236349	-0,26658	0,738188	0,633487	0,555834	0,777457	0,811254	0,22349	1,185693	2,066973	0,587777	0,583386	0,596913	0,652204	1,584978	0,843614	1,57539

*Tablonun son iki satırında yer almaktadır.

Ek 4a. 01 – 31.03.2011 Dönemi Hisse Senetlerinin Günlük Getiri Oranları, Getiri Oranlarının Ortalaması* ve Beta Katsayıları*

Getiri Oranı	XU030	AKBNK	ARCLK	ASYAB	BIMAS	DOHOL	DYHOL	ECILC	ENKAI	EREGL	GARAN	HALKB	ISCTR	KCHOL	KOZAA	KRDMD	PETKM	SAHOL	SİSE	SKBNK	TAVHL	TCELL	TEBNK	THYAO	TKFEN	TOASO	TTKOM	TURPS	VAKBN	VESTL	YKBNK
01.03.2011	-0,04519	-0,06417	-0,0566	-0,04651	0,013917	-0,00847	-0,04167	-0,02778	-0,02652	-0,05061	-0,0565	-0,06034	-0,05823	-0,03881	-0,04128	-0,02597	-0,00433	-0,02492	-0,05415	-0,07643	-0,03406	-0,02679	-0,02976	-0,06027	-0,03358	-0,04404	0,005618	-0,00503	-0,06977	-0,03846	-0,07623
02.03.2011	-0,00066	-0,02	-0,02286	0,036585	-0,01569	0	-0,01087	0,004762	0,007782	0,002132	0,026946	-0,01376	-0,00426	-0,04348	0,004785	0	-0,00435	0,003195	0	0,013793	0,022436	-0,01606	-0,03681	-0,00238	0	0,01084	-0,02514	0,005051	-0,00278	-0,02222	0,007282
03.03.2011	0,028699	0,026239	0,026316	0,039216	0,015936	0,008547	0,021978	0,023697	0,03861	0,03617	0,029155	0,04186	0,034261	0,022727	0,030952	0,026667	0,004367	0,025478	0,049618	0,040816	0,034483	0,016317	0,031847	0,061905	0,046332	0,0563	0	0,002513	0,027855	0,031818	0,045783
04.03.2011	0,014359	0,008523	-0,00855	-0,00377	0,004902	0	0,005376	0	0,007435	-0,00411	0,008499	0,008929	0,00207	0,025397	0	0,012987	-0,00435	0,099379	0,036364	0,045752	0,00303	0,025229	0	-0,00673	0,02583	0,058376	-0,01719	-0,00501	0,01355	0	0,002304
07.03.2011	-0,01683	-0,01972	-0,02299	-0,01515	-0,00488	-0,01695	-0,02674	-0,02315	-0,01107	-0,02268	-0,02809	-0,02212	-0,02066	-0,01548	0,046189	-0,03846	-0,00873	-0,0113	-0,01754	-0,00625	-0,03323	-0,00447	-0,03086	-0,0158	-0,04676	-0,0048	-0,00292	-0,01008	-0,02406	-0,00441	-0,02069
08.03.2011	0,020447	0,020115	-0,01176	0,007692	0,009804	0	0,016484	0,004739	0,026119	-0,00211	0,040462	0,027149	0,016878	0,015723	0,011038	0,053333	0,008811	-0,00857	0,064286	0,025157	0,028125	0,020225	0,019108	0,025229	0,018868	-0,01205	0,008772	0,007634	0,024658	0,017699	0,028169
09.03.2011	0,023682	0,04507	0,029762	0,091603	-0,02427	0	0,021622	0,023585	0,003636	0,012685	0,036111	0,039648	0,03112	0,037152	-0,00437	0,037975	0,004367	0,002882	0,010067	0,067485	0,024316	0,004405	0,075	0,006711	0,014815	-0,00976	-0,01739	0,015152	0,032086	0,026087	0,027397
10.03.2011	0,013983	0,043127	0,020231	0,006993	-0,00498	0,017241	0,005291	0	0,003623	0,012526	0,013405	0,029661	0,01006	0,029851	-0,02632	-0,0122	0	0,034483	0,009967	0	0,032641	-0,00439	0	0	0,014599	-0,00246	-0,0059	-0,0199	0,012953	-0,00847	0,013333
11.03.2011	0,012742	0,01292	0,002833	0,027778	-0,01	0,008475	0,005263	0,013825	0,00722	0,010309	0,002646	0,020576	-0,00398	0,026087	-0,00225	0,012346	0	0,044444	0,019737	-0,00575	0,022989	-0,01322	-0,00581	0,02	0,003597	-0,00494	0,020772	0,055838	-0,00256	0	-0,00658
14.03.2011	0,010961	-0,00765	0,019774	-0,01014	0,008081	0,008403	0,020942	0,013636	0,02509	0,010204	0,010554	0,012097	0,016	0,016949	0,009029	0,012195	0,004348	0,010638	0,032258	0	-0,00843	0,011161	0,005848	0,017429	0,014337	0,034739	0,008721	0,03125	0,015385	0,051282	0,013245
15.03.2011	-0,00329	0,002571	-0,00831	-0,02048	-0,02405	-0,01667	-0,00513	-0,01345	-0,01049	-0,26263	-0,00261	0,003984	-0,00787	0,005556	-0,02461	-0,0241	0	-0,02105	0,034375	-0,0289	-0,01983	-0,00221	-0,01744	-0,01285	-0,02473	-0,01439	-0,00576	0,006993	-0,00505	-0,00813	0,008715
16.03.2011	-0,01621	-0,03077	-0,00279	-0,01045	-0,03491	0,008475	0,025773	-0,01818	-0,02473	0,010959	-0,01047	-0,03571	-0,01984	-0,03591	0,025229	-0,01235	-0,00866	0	-0,03021	-0,02381	0,011561	-0,00221	-0,00592	-0,03037	-0,01449	0,004866	-0,01159	-0,03472	-0,00254	-0,02049	-0,01728
17.03.2011	0,00285	-0,00794	0	0,007042	-0,00213	0,008403	0,015075	0,009259	0,014493	0,02439	-0,01587	0,00823	0,01417	0,005731	0,006711	0,025	0,0131	0,005376	-0,00623	0,036585	0,011429	0,002217	0,011905	0,020134	0,025735	-0,00726	0,017595	-0,0048	0,002545	0	0,017582
18.03.2011	0,008181	0,010667	-0,0028	0,006993	-0,02132	0,008333	0	0,004587	-0,01071	0,010582	0,013441	0,004082	0,001996	0,008547	0,02	0	-0,00431	-0,00535	-0,01254	-0,02353	0,022599	0,002212	-0,05882	0,006579	0,017921	-0,00976	0,011527	0,036145	0,002538	0,020921	-0,00216
21.03.2011	0,004582	0,002639	0,014045	-0,01389	0,028322	-0,01653	-0,01485	0,009132	0,01083	0,010471	-0,00265	-0,00813	-0,00398	0,00565	0,013072	0,012195	0,004329	0	0,022222	-0,00602	-0,00552	0,006623	0,05	-0,00654	-0,00704	0,009852	0,022792	0,039535	0,007595	0,008197	-0,00216
22.03.2011	0,00962	0,023684	0	0,007042	0,038136	0,008403	0	0,004525	0,021429	-0,01036	0,010638	0	0,012	0,005618	0,021505	0	0,012931	0,002688	0,059006	0,012121	0,008333	0,037281	0,005952	0	0,007092	0,004878	0,019499	-0,01119	0,002513	0,02439	0,002169
23.03.2011	-0,02135	-0,05141	-0,00831	-0,01049	-0,00204	-0,00833	-0,01005	0,013514	-0,00699	0,005236	-0,02895	-0,02869	-0,02767	0,002793	-0,01053	0	-0,00426	-0,01072	-0,0088	-0,00599	-0,02204	-0,00423	0,023669	-0,01096	-0,01408	-0,00485	-0,02459	-0,00226	-0,03258	0,039683	-0,03896
24.03.2011	0,010191	0,0271	0,019553	0,014134	0,02454	0	0,015228	0,022222	-0,00352	0,026042	0,01084	0,021097	0,00813	0,002786	0,02766	0,012048	0,008547	-0,01897	0	0,012048	0,016901	0,021231	0,023121	-0,03548	0,017857	0,004878	0,033613	0,002268	0,015544	-0,00763	0,009009
25.03.2011	-0,00416	-0,01319	0,013699	0,017422	0,022954	0,008403	0	0,008696	0,017668	-0,01523	0,005362	0	-0,00202	0,002778	-0,02484	-0,0119	-0,00424	-0,00829	0	0	-0,01385	-0,00624	0,033898	-0,02299	-0,00702	0,004854	-0,00542	-0,01357	-0,01276	0,007692	0
28.03.2011	0,000151	0,005348	0,021622	0,023973	-0,01951	0	0	-0,01724	0,020833	-0,00773	-0,00533	-0,00826	0,006061	-0,01108	0	0,012048	0	-0,00279	-0,00296	0,005952	0,022472	-0,00418	0	0,004706	0,028269	0,021739	0,016349	0	-0,00775	-0,00382	-0,0067
29.03.2011	-0,00984	-0,01064	-0,04762	-0,00334	-0,00995	-0,00833	-0,01	0	0,02381	0,002597	-0,02145	-0,025	-0,00803	-0,0084	0,002123	0,02381	-0,00426	-0,01397	0,002967	-0,00592	0,002747	-0,02311	-0,01093	-0,00703	0,003436	0,014184	0,010724	-0,00229	-0,01563	-0,01916	-0,00674
30.03.2011	0,011745	0,026882	0,005556	0,010067	0,040201	0,008403	0	0,008772	0	0,002591	0,00274	0,017094	0,006073	0,00565	0,004237	0	0,008547	0,025496	0,023669	0,005952	0	-0,00215	0,01105	0,021226	0,017123	0,004662	0,007958	0,022989	0,015873	0,011719	0,013575
31.03.2011	-0,00302	-0,01832	-0,01381	0	0,004831	0	0	0,026087	-0,00997	0,002584	-0,01366	0,004202	-0,00604	0,008427	0,00211	0,011628	-0,00424	-0,00829	0,00578	0,023669	0,008219	-0,01509	0,169399	-0,00693	0,020202	0,011601	0,021053	0,020225	0,005208	0,023166	-0,01116
Ortalama	0,002245	0,000481	-0,00144	0,007057	0,001648	0,000774	0,001466	0,003967	0,005416	-0,00852	0,001096	0,00159	-0,00016	0,003229	0,003932	0,005533	0,000767	0,005211	0,010343	0,00464	0,005884	0,000981	0,011497	-0,0015	0,005578	0,005542	0,003873	0,005945	0,000123	0,005646	-4,4E-06
Beta	1	1,498101	0,949696	1,08291	0,189868	0,27645	0,708061	0,586943	0,64155	0,964122	1,212908	1,422348	1,1211	0,976471	0,392735	0,820909	0,223644	0,812695	1,30378	1,332507	0,906876	0,589108	0,614231	1,136003	1,012701	0,671282	0,145574	0,440166	1,254822	0,6643	1,352101

*Tablonun son iki satırında yer almaktadır.

Ek 5. 03 – 31.01.2011 Dönemi Hisse Senetlerinin Kovaryans Matrisi

	AKBNK	ARCLK	ASYAB	BIMAS	DOHOL	DYHOL	ECILC	ENKAI	EREGL	GARAN	HALKB	ISCTR	KCHOL	KOZAA	KRDMD	PETKM	SAHOL	SİSE	SKBNK	TAVHL	TCELL	TEBNK	THYAO	TKFEN	TOASO	TTKOM	TURPS	VAKBN	VESTL	YKBNK
AKBNK	0,000322	0,000133	0,000188	7,09E-05	0,000142	0,000187	0,000119	0,000108	8,31E-05	0,000224	0,000378	0,000252	0,00016	0,000261	-0,00016	0,000108	0,000134	8,17E-05	0,000172	0,000132	-1,4E-05	0,000224	0,000197	2,6E-05	2,14E-05	7,76E-05	0,0001	0,000332	0,000169	0,000284
ARCLK	0,000133	0,000276	0,000115	5,89E-05	3,47E-05	8,91E-05	9,48E-05	0,000135	4,99E-05	0,000153	0,000145	0,000107	0,000129	0,00018	-9,2E-05	4,46E-05	8,29E-05	0,000206	5,53E-05	3,21E-05	-6,4E-06	0,000123	0,000354	0,000139	0,00012	0,000106	0,000158	0,000176	9,39E-05	0,000176
ASYAB	0,000188	0,000115	0,000378	0,000147	0,000187	0,000259	0,000126	0,000104	8,78E-05	0,000247	0,000364	0,000253	0,000105	0,000261	-0,00013	9,36E-05	5,63E-05	7,22E-05	0,000191	9,26E-05	2,63E-07	0,000197	0,000415	0,000105	8,31E-05	7,43E-05	6,81E-05	0,000289	0,000177	0,000316
BIMAS	7,09E-05	5,89E-05	0,000147	0,000222	8,46E-05	0,000123	8,07E-05	8,17E-05	0,00011	0,000175	0,0002	0,000154	3,17E-05	0,000105	6,41E-05	8,66E-05	5,92E-05	0,000105	9,02E-05	0,000165	4,62E-05	0,000157	0,000336	9,99E-05	3,86E-05	0,000141	0,000103	0,000117	0,000136	0,000146
DOHOL	0,000142	3,47E-05	0,000187	8,46E-05	0,000275	0,000308	8,4E-05	8,89E-05	0,000133	0,000161	0,000265	0,000191	2,21E-05	0,000187	-4E-05	0,000158	3,37E-05	2,93E-05	0,00013	7,88E-05	-1,8E-05	0,000157	7,8E-05	7,11E-05	8,82E-05	-5,6E-06	1,18E-05	0,000211	0,00011	0,000228
DYHOL	0,000187	8,91E-05	0,000259	0,000123	0,000308	0,000485	0,000143	9,08E-05	0,000151	0,000207	0,000278	0,000226	0,000111	0,000282	0,000126	0,000171	8,62E-05	0,000193	0,000135	9,24E-05	-5,8E-05	0,00027	0,000209	0,000167	0,000172	-1,1E-05	5,32E-05	0,00023	0,000181	0,000249
ECILC	0,000119	9,48E-05	0,000126	8,07E-05	8,4E-05	0,000143	0,000116	0,000129	9,4E-05	0,000128	0,000156	0,000116	0,000125	0,000134	4,59E-05	0,000101	9,16E-05	9,35E-05	7,21E-05	3,15E-05	7,04E-06	0,000138	0,000232	9,99E-05	8,95E-05	4,95E-05	3,25E-05	0,00013	0,000102	0,000145
ENKAI	0,000108	0,000135	0,000104	8,17E-05	8,89E-05	9,08E-05	0,000129	0,000347	0,000128	0,000139	0,000194	0,000118	0,000149	0,000143	-7,2E-05	0,000148	8,25E-05	6,3E-05	2,16E-05	1,91E-05	5,3E-05	7,75E-05	0,000354	0,000212	0,000169	0,000118	0,000108	0,000138	6,23E-05	0,000169
EREGL	8,31E-05	4,99E-05	8,78E-05	0,00011	0,000133	0,000151	9,4E-05	0,000128	0,000257	0,000125	0,000204	0,000135	6,83E-05	0,000112	6,06E-05	0,000173	0,00011	7,19E-05	7,97E-05	9,32E-05	5,98E-05	0,000151	0,000362	5,52E-05	0,000167	1,99E-05	-7,1E-08	0,000168	0,000138	0,000136
GARAN	0,000224	0,000153	0,000247	0,000175	0,000161	0,000207	0,000128	0,000139	0,000125	0,000308	0,00042	0,000268	0,00014	0,000242	-0,0001	0,000143	9,09E-05	0,000112	0,000174	0,000186	-4,5E-07	0,000255	0,000356	0,000119	8,67E-05	0,000131	0,000104	0,000306	0,000185	0,000369
HALKB	0,000378	0,000145	0,000364	0,0002	0,000265	0,000278	0,000156	0,000194	0,000204	0,00042	0,000821	0,000469	0,000155	0,000351	-0,0003	0,000223	0,000145	8,14E-06	0,000285	0,000309	2,51E-05	0,000319	0,000508	5,46E-05	4,35E-05	0,000103	0,000143	0,00058	0,000225	0,000582
ISCTR	0,000252	0,000107	0,000253	0,000154	0,000191	0,000226	0,000116	0,000118	0,000135	0,000268	0,000469	0,000311	8,56E-05	0,000258	-0,00013	0,00017	0,000105	6,17E-05	0,00019	0,000186	3,1E-05	0,000231	0,000398	7,89E-05	5,47E-05	0,000107	0,000121	0,000361	0,000161	0,000352
KCHOL	0,00016	0,000129	0,000105	3,17E-05	2,21E-05	0,000111	0,000125	0,000149	6,83E-05	0,00014	0,000155	8,56E-05	0,000317	0,000151	0,00013	4,95E-05	0,000143	0,000132	3,79E-05	1,7E-05	2,45E-05	0,00017	0,000368	0,000178	0,000186	6,68E-05	6,46E-05	0,000132	0,000122	0,000172
KOZAA	0,000261	0,00018	0,000261	0,000105	0,000187	0,000282	0,000134	0,000143	0,000112	0,000242	0,000351	0,000258	0,000151	0,000409	6,24E-05	0,000166	0,000131	0,000182	0,000188	0,000173	3,89E-05	0,000261	0,000493	0,000132	0,000147	9,41E-05	0,000152	0,000347	0,000186	0,000298
KRDMD	-0,00016	-9,2E-05	-0,00013	6,41E-05	-4E-05	0,000126	4,59E-05	-7,2E-05	6,06E-05	-0,0001	-0,0003	-0,00013	0,00013	6,24E-05	0,001016	0,000108	0,000107	0,000206	-0,00011	4,2E-05	0,000114	0,000106	0,000443	0,000224	0,000256	-1,2E-06	-2,2E-06	-0,00022	2,89E-05	-0,00021
PETKM	0,000108	4,46E-05	9,36E-05	8,66E-05	0,000158	0,000171	0,000101	0,000148	0,000173	0,000143	0,000223	0,00017	4,95E-05	0,000166	0,000108	0,000373	8,16E-05	4,84E-05	0,00011	4,39E-05	6,97E-05	0,000221	0,000379	0,000205	0,00023	3,36E-05	1,64E-05	0,000159	0,00016	0,000178
SAHOL	0,000134	8,29E-05	5,63E-05	5,92E-05	3,37E-05	8,62E-05	9,16E-05	8,25E-05	0,00011	9,09E-05	0,000145	0,000105	0,000143	0,000131	0,000107	8,16E-05	0,000147	0,000117	6,55E-05	7,63E-05	6,74E-05	0,000153	0,000231	4,67E-05	0,000111	5,84E-05	6,64E-05	0,000158	0,000109	0,000106
SİSE	8,17E-05	0,000206	7,22E-05	0,000105	2,93E-05	0,000193	9,35E-05	6,3E-05	7,19E-05	0,000112	8,14E-06	6,17E-05	0,000132	0,000182	0,000206	4,84E-05	0,000117	0,000397	4,24E-05	7,88E-05	1,21E-05	0,000216	0,000352	0,000197	0,000199	8,91E-05	0,000152	8,13E-05	0,000137	5,2E-05
SKBNK	0,000172	5,53E-05	0,000191	9,02E-05	0,00013	0,000135	7,21E-05	2,16E-05	7,97E-05	0,000174	0,000285	0,00019	3,79E-05	0,000188	-0,00011	0,00011	6,55E-05	4,24E-05	0,000195	0,00012	2,27E-05	0,000183	0,000119	-2,2E-05	-3E-06	2,95E-05	8,19E-06	0,000249	0,000143	0,000226
TAVHL	0,000132	3,21E-05	9,26E-05	0,000165	7,88E-05	9,24E-05	3,15E-05	1,91E-05	9,32E-05	0,000186	0,000309	0,000186	1,7E-05	0,000173	4,2E-05	4,39E-05	7,63E-05	7,88E-05	0,00012	0,000295	4,72E-05	0,000154	0,000154	-4,6E-05	-2,9E-05	0,000113	0,000109	0,000208	0,000112	0,000189
TCELL	-1,4E-05	-6,4E-06	2,63E-07	4,62E-05	-1,8E-05	-5,8E-05	7,04E-06	5,3E-05	5,98E-05	-4,5E-07	2,51E-05	3,1E-05	2,45E-05	3,89E-05	0,000114	6,97E-05	6,74E-05	1,21E-05	2,27E-05	4,72E-05	0,000166	4,38E-05	0,00028	6,5E-05	0,000119	9,23E-05	8,37E-05	6,79E-05	1,88E-05	2,31E-05
TEBNK	0,000224	0,000123	0,000197	0,000157	0,000157	0,00027	0,000138	7,75E-05	0,000151	0,000255	0,000319	0,000231	0,00017	0,000261	0,000106	0,000221	0,000153	0,000216	0,000183	0,000154	4,38E-05	0,000386	0,00033	0,000153	0,00022	7,7E-05	9,3E-05	0,000287	0,000256	0,000286
THYAO	0,000197	0,000354	0,000415	0,000336	7,8E-05	0,000209	0,000232	0,000354	0,000362	0,000356	0,000508	0,000398	0,000368	0,000493	0,000443	0,000379	0,000231	0,000352	0,000119	0,000154	0,00028	0,00033	0,002917	0,000777	0,000546	0,000344	0,000482	0,000461	0,000256	0,000376
TKFEN	2,6E-05	0,000139	0,000105	9,99E-05	7,11E-05	0,000167	9,99E-05	0,000212	5,52E-05	0,000119	5,46E-05	7,89E-05	0,000178	0,000132	0,000224	0,000205	4,67E-05	0,000197	-2,2E-05	-4,6E-05	6,5E-05	0,000153	0,000777	0,000496	0,000321	0,000143	0,000193	4,92E-05	9,56E-05	0,000125
TOASO	2,14E-05	0,00012	8,31E-05	3,86E-05	8,82E-05	0,000172	8,95E-05	0,000169	0,000167	8,67E-05	4,35E-05	5,47E-05	0,000186	0,000147	0,000256	0,00023	0,000111	0,000199	-3E-06	-2,9E-05	0,000119	0,00022	0,000546	0,000321	0,000475	5,89E-05	0,000102	9,49E-05	0,000144	0,000118
TTKOM	7,76E-05	0,000106	7,43E-05	0,000141	-5,6E-06	-1,1E-05	4,95E-05	0,000118	1,99E-05	0,000131	0,000103	0,000107	6,68E-05	9,41E-05	-1,2E-06	3,36E-05	5,84E-05	8,91E-05	2,95E-05	0,000113	9,23E-05	7,7E-05	0,000344	0,000143	5,89E-05	0,000235	0,00019	9,56E-05	5,57E-05	0,000127
TURPS	0,0001	0,000158	6,81E-05	0,000103	1,18E-05	5,32E-05	3,25E-05	0,000108	-7,1E-08	0,000104	0,000143	0,000121	6,46E-05	0,000152	-2,2E-06	1,64E-05	6,64E-05	0,000152	8,19E-06	0,000109	8,37E-05	9,3E-05	0,000482	0,000193	0,000102	0,00019	0,00029	0,000164	4,63E-05	0,000117
VAKBN	0,000332	0,000176	0,000289	0,000117	0,000211	0,00023	0,00013	0,000138	0,000168	0,000306	0,00058	0,000361	0,000132	0,000347	-0,00022	0,000159	0,000158	8,13E-05	0,000249	0,000208	6,79E-05	0,000287	0,000461	4,92E-05	9,49E-05	9,56E-05	0,000164	0,000532	0,000188	0,000453
VESTL	0,000169	9,39E-05	0,000177	0,000136	0,00011	0,000181	0,000102	6,23E-05	0,000138	0,000185	0,000225	0,000161	0,000122	0,000186	2,89E-05	0,00016	0,000109	0,000137	0,000143	0,000112	1,88E-05	0,000256	0,000256	9,56E-05	0,000144	5,57E-05	4,63E-05	0,000188	0,000249	0,000171
YKBNK	0,000284	0,000176	0,000316	0,000146	0,000228	0,000249	0,000145	0,000169	0,000136	0,000369	0,000582	0,000352	0,000172	0,000298	-0,00021	0,000178	0,000106	5,2E-05	0,000226	0,000189	2,31E-05	0,000286	0,000376	0,000125	0,000118	0,000127	0,000117	0,000453	0,000171	0,000531

Ek 5a. 01 – 31.03.2011 Dönemi Hisse Senetlerinin Kovaryans Matrisi

	AKBNK	ARCLK	ASYAB	BIMAS	DOHOL	DYHOL	ECILC	ENKAI	EREGL	GARAN	HALKB	ISCTR	KCHOL	KOZAA	KRDMD	PETKM	SAHOL	SİSE	SKBNK	TAVHL	TCELL	TEBNK	THYAO	TKFEN	TOASO	TTKOM	TURPS	VAKBN	VESTL	YKBNK
AKBNK	0,000723	0,000387	0,000436	8,25E-05	0,000104	0,000241	0,000176	0,000202	0,00022	0,000457	0,000576	0,000434	0,000398	0,000119	0,000249	9,74E-05	0,000269	0,000471	0,000456	0,000362	0,000226	0,000155	0,000358	0,000352	0,000157	9,76E-05	0,000122	0,000481	0,000161	0,000515
ARCLK	0,000387	0,000464	0,000323	4,71E-05	9,33E-05	0,000235	0,000163	0,000136	0,000311	0,000289	0,000379	0,000306	0,000271	8,4E-05	0,000135	6,02E-05	0,000151	0,000231	0,000321	0,000207	0,00017	0,000285	0,000243	0,000248	0,00018	3,66E-05	7,69E-05	0,000328	0,000244	0,000333
ASYAB	0,000436	0,000323	0,000682	-8,9E-05	9,29E-05	0,000223	0,000218	0,000176	0,00053	0,00041	0,000419	0,000358	0,000226	7,91E-05	0,000292	4,51E-05	0,000138	0,000194	0,000548	0,000353	7,05E-05	0,000302	0,000316	0,000299	0,000124	-6,3E-05	9,28E-05	0,000346	0,000157	0,000396
BIMAS	8,25E-05	4,71E-05	-8,9E-05	0,000405	1,57E-05	-4,2E-05	9,26E-05	0,000103	0,000257	9,61E-06	7,36E-05	4,3E-05	6,76E-05	2,87E-05	2,83E-05	6,76E-05	4,02E-05	0,000205	4,18E-05	-7,2E-05	0,000122	0,000218	3,19E-05	6,47E-05	6,34E-05	0,000133	4,18E-05	3,61E-05	0,000109	3,47E-05
DOHOL	0,000104	9,33E-05	9,29E-05	1,57E-05	8,57E-05	9,23E-05	4,78E-05	4,29E-05	0,000261	9,05E-05	0,000107	8,74E-05	6,09E-05	3,18E-06	4,37E-05	1,7E-05	0,000101	4,33E-05	7,45E-05	0,000115	3,25E-05	8,19E-06	9,02E-05	0,000121	4,62E-05	1,07E-05	-1,1E-05	8,67E-05	4,59E-05	8,96E-05
DYHOL	0,000241	0,000235	0,000223	-4,2E-05	9,23E-05	0,000254	0,000125	0,000103	0,000282	0,000236	0,000268	0,000235	0,000169	9,98E-05	0,000195	4,19E-05	0,000127	0,000194	0,000283	0,000211	0,000127	0,000191	0,000204	0,000229	0,000148	1,01E-05	1,66E-06	0,000276	0,000149	0,00028
ECILC	0,000176	0,000163	0,000218	9,26E-05	4,78E-05	0,000125	0,000218	0,000102	0,000371	0,000173	0,000243	0,000178	0,000189	4,82E-05	0,00019	4,16E-05	7,05E-05	0,00018	0,000275	0,000133	6,9E-05	0,000402	0,000178	0,000196	0,000108	4,27E-05	0,000135	0,000201	0,000203	0,000198
ENKAI	0,000202	0,000136	0,000176	0,000103	4,29E-05	0,000103	0,000102	0,000272	0,000282	0,000195	0,000208	0,000224	0,000144	6,08E-05	0,000215	5,28E-05	0,000108	0,000312	0,000262	0,00014	0,000103	7,49E-05	0,000277	0,000215	0,000205	4,69E-05	4,36E-05	0,000176	0,000145	0,000259
EREGL	0,00022	0,000311	0,00053	0,000257	0,000261	0,000282	0,000371	0,000282	0,003231	0,000246	0,000245	0,000317	0,000146	0,000465	0,000525	5,09E-05	0,000404	-0,00011	0,000655	0,000514	0,000126	0,00051	0,000377	0,00058	0,00039	0,000145	6,65E-05	0,000332	0,0003	0,000194
GARAN	0,000457	0,000289	0,00041	9,61E-06	9,05E-05	0,000236	0,000173	0,000195	0,000246	0,000486	0,000433	0,000355	0,000235	0,000111	0,000257	5,74E-05	0,000183	0,000411	0,00041	0,000321	0,000188	0,000108	0,000317	0,000285	0,000176	-3,2E-05	9,51E-05	0,000408	0,000186	0,00045
HALKB	0,000576	0,000379	0,000419	7,36E-05	0,000107	0,000268	0,000243	0,000208	0,000245	0,000433	0,00059	0,000418	0,000418	8,3E-05	0,000283	8,68E-05	0,000263	0,000456	0,000498	0,000318	0,000191	0,000344	0,000413	0,000366	0,000185	5,72E-05	0,000163	0,00046	0,000259	0,000508
ISCTR	0,000434	0,000306	0,000358	4,3E-05	8,74E-05	0,000235	0,000178	0,000224	0,000317	0,000355	0,000418	0,000368	0,000271	0,000132	0,000263	7,58E-05	0,000164	0,000366	0,000442	0,00027	0,000177	0,000227	0,000353	0,000322	0,000208	4,41E-05	7,59E-05	0,000378	0,000219	0,000434
KCHOL	0,000398	0,000271	0,000226	6,76E-05	6,09E-05	0,000169	0,000189	0,000144	0,000146	0,000235	0,000418	0,000271	0,000428	-9,8E-06	0,00021	5,62E-05	0,000263	0,000355	0,000345	0,000155	0,000149	0,000345	0,000284	0,000241	0,000129	4,28E-05	0,000161	0,000294	0,000275	0,000294
KOZAA	0,000119	8,4E-05	7,91E-05	2,87E-05	3,18E-06	9,98E-05	4,82E-05	6,08E-05	0,000465	0,000111	8,3E-05	0,000132	-9,8E-06	0,000401	7,65E-05	2E-05	7,87E-06	0,000111	0,000187	9,62E-05	0,000145	-2,5E-05	0,000159	7,87E-05	0,000165	8,1E-05	2,1E-05	0,000172	0,000108	0,000163
KRDMD	0,000249	0,000135	0,000292	2,83E-05	4,37E-05	0,000195	0,00019	0,000215	0,000525	0,000257	0,000283	0,000263	0,00021	7,65E-05	0,000422	6,91E-05	0,000102	0,000289	0,000406	0,000258	0,000111	0,000356	0,000293	0,000323	0,00014	7,21E-05	0,000133	0,000279	0,000178	0,000289
PETKM	9,74E-05	6,02E-05	4,51E-05	6,76E-05	1,7E-05	4,19E-05	4,16E-05	5,28E-05	5,09E-05	5,74E-05	8,68E-05	7,58E-05	5,62E-05	2E-05	6,91E-05	4,01E-05	5,33E-06	0,0001	7,66E-05	4,25E-05	5,8E-05	4,99E-05	7,02E-05	6,84E-05	2,81E-06	4,94E-05	2,61E-05	7,06E-05	4,73E-05	8,42E-05
SAHOL	0,000269	0,000151	0,000138	4,02E-05	0,000101	0,000127	7,05E-05	0,000108	0,000404	0,000183	0,000263	0,000164	0,000263	7,87E-06	0,000102	5,33E-06	0,000695	0,000274	0,00033	0,00017	0,000128	-4E-05	0,000246	0,000249	0,000344	-8,5E-05	5,92E-05	0,00023	6,15E-05	0,000192
SİSE	0,000471	0,000231	0,000194	0,000205	4,33E-05	0,000194	0,00018	0,000312	-0,00011	0,000411	0,000456	0,000366	0,000355	0,000111	0,000289	0,0001	0,000274	0,000751	0,000421	0,000199	0,000285	0,00025	0,000436	0,000288	0,000279	5,59E-05	0,000143	0,000407	0,000308	0,000469
SKBNK	0,000456	0,000321	0,000548	4,18E-05	7,45E-05	0,000283	0,000275	0,000262	0,000655	0,00041	0,000498	0,000442	0,000345	0,000187	0,000406	7,66E-05	0,00033	0,000421	0,000821	0,000314	0,000219	0,000614	0,000409	0,000414	0,000334	-4,3E-05	2,36E-05	0,000472	0,000279	0,000508
TAVHL	0,000362	0,000207	0,000353	-7,2E-05	0,000115	0,000211	0,000133	0,00014	0,000514	0,000321	0,000318	0,00027	0,000155	9,62E-05	0,000258	4,25E-05	0,00017	0,000199	0,000314	0,000393	8,55E-05	0,000111	0,000275	0,00033	0,000129	4,5E-05	5,16E-05	0,000301	5,27E-05	0,000314
TCELL	0,000226	0,00017	7,05E-05	0,000122	3,25E-05	0,000127	6,9E-05	0,000103	0,000126	0,000188	0,000191	0,000177	0,000149	0,000145	0,000111	5,8E-05	0,000128	0,000285	0,000219	8,55E-05	0,000233	4,34E-05	0,000122	0,00014	0,000139	3,81E-05	-1,7E-05	0,0002	0,000159	0,000195
TEBNK	0,000155	0,000285	0,000302	0,000218	8,19E-06	0,000191	0,000402	7,49E-05	0,00051	0,000108	0,000344	0,000227	0,000345	-2,5E-05	0,000356	4,99E-05	-4E-05	0,00025	0,000614	0,000111	4,34E-05	0,001951	0,000127	0,000298	0,00017	0,000136	0,000129	0,000327	0,000395	0,000201
THYAO	0,000358	0,000243	0,000316	3,19E-05	9,02E-05	0,000204	0,000178	0,000277	0,000377	0,000317	0,000413	0,000353	0,000284	0,000159	0,000293	7,02E-05	0,000246	0,000436	0,000409	0,000275	0,000122	0,000127	0,000572	0,000348	0,000247	2,7E-05	0,000186	0,000344	0,000295	0,000434
TKFEN	0,000352	0,000248	0,000299	6,47E-05	0,000121	0,000229	0,000196	0,000215	0,00058	0,000285	0,000366	0,000322	0,000241	7,87E-05	0,000323	6,84E-05	0,000249	0,000288	0,000414	0,00033	0,00014	0,000298	0,000348	0,000452	0,000268	8,79E-05	8,91E-05	0,00033	0,000188	0,000347
TOASO	0,000157	0,00018	0,000124	6,34E-05	4,62E-05	0,000148	0,000108	0,000205	0,00039	0,000176	0,000185	0,000208	0,000129	0,000165	0,00014	2,81E-06	0,000344	0,000279	0,000334	0,000129	0,000139	0,00017	0,000247	0,000268	0,000471	-2,5E-05	2,07E-06	0,000236	0,00016	0,000248
TTKOM	9,76E-05	3,66E-05	-6,3E-05	0,000133	1,07E-05	1,01E-05	4,27E-05	4,69E-05	0,000145	-3,2E-05	5,72E-05	4,41E-05	4,28E-05	8,1E-05	7,21E-05	4,94E-05	-8,5E-05	5,59E-05	-4,3E-05	4,5E-05	3,81E-05	0,000136	2,7E-05	8,79E-05	-2,5E-05	0,000248	0,000128	3,72E-05	1,21E-05	2E-05
TURPS	0,000122	7,69E-05	9,28E-05	4,18E-05	-1,1E-05	1,66E-06	0,000135	4,36E-05	6,65E-05	9,51E-05	0,000163	7,59E-05	0,000161	2,1E-05	0,000133	2,61E-05	5,92E-05	0,000143	2,36E-05	5,16E-05	-1,7E-05	0,000129	0,000186	8,91E-05	2,07E-06	0,000128	0,000416	0,000109	0,000164	7,58E-05
VAKBN	0,000481	0,000328	0,000346	3,61E-05	8,67E-05	0,000276	0,000201	0,000176	0,000332	0,000408	0,00046	0,000378	0,000294	0,000172	0,000279	7,06E-05	0,00023	0,000407	0,000472	0,000301	0,0002	0,000327	0,000344	0,00033	0,000236	3,72E-05	0,000109	0,000462	0,00022	0,000471
VESTL	0,000161	0,000244	0,000157	0,000109	4,59E-05	0,000149	0,000203	0,000145	0,0003	0,000186	0,000259	0,000219	0,000275	0,000108	0,000178	4,73E-05	6,15E-05	0,000308	0,000279	5,27E-05	0,000159	0,000395	0,000295	0,000188	0,00016	1,21E-05	0,000164	0,00022	0,000448	0,000209
YKBNK	0,000515	0,000333	0,000396	3,47E-05	8,96E-05	0,00028	0,000198	0,000259	0,000194	0,00045	0,000508	0,000434	0,000294	0,000163	0,000289	8,42E-05	0,000192	0,000469	0,000508	0,000314	0,000195	0,000201	0,000434	0,000347	0,000248	2E-05	7,58E-05	0,000471	0,000209	0,000567

ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Ankara'da doğdu. İlk, orta ve liseyi Ankara'da okudu. 1995 yılında Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi İstatistik Bölümünü bitirdi. Aynı yıl Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi'nden pedogojik formasyon belgesi alıp matematik öğretmenliği yapmaya başladı. 1999 yılında Gazi Üniversitesi Çorum İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi'nde öğretim görevlisi olarak göreve başladı. 2001 yılında Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalında yüksek lisansını tamamladı. Halen Hitit Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi'nde öğretim görevlisi olarak görevine devam etmektedir. Evli ve iki çoçuk babasıdır.