

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
YÖNETİM BİLİMİ PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİST'DE İŞLEM GÖREN BANKALARIN HİSSE SENEDİ
PERFORMANSLARININ BULANIK HEDEF
PROGRAMLAMA VE MARKOWİTZ YÖNTEMLERİ İLE
KARŞILAŞTIRILMASI

Fatma ZEYBEK

Danışman
Doç. Dr. Aslı ÖZDEMİR

İZMİR - 2019

YÜKSEK LİSANS
TEZ ONAY SAYFASI

Üniversite : Dokuz Eylül Üniversitesi
Enstitü : Sosyal Bilimler Enstitüsü
Adı ve Soyadı : FATMA ZEYBEK
Öğrenci No : 2015800153
Tez Başlığı : BİST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Bulanık Hedef Programlama ve Markowitz Yöntemleri İle Karşılaştırılması
Savunma Tarihi : 11/01/2019
Danışmanı : Doc.Dr.Aslı ÖZDEMİR

JÜRİ ÜYELERİ

Ünvanı, Adı, Soyadı

Üniversitesi

İmza

Doc.Dr.Aslı ÖZDEMİR

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

Prof.Dr.Onur ÖZVERİ

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ

Dr.Öğr.Üyesi Pembe GÜÇLÜ

ÇANKIRI KARATEKİN
ÜNİVERSİTESİ

FATMA ZEYBEK tarafından hazırlanmış ve sunulmuş olan bu tez savunmada başarılı bulunarak oy birliği () / oy çokluğu () ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Metin ARIKAN
Müdür

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi / Tezsiz Yüksek Lisans Dönem Projesi olarak sunduğum “BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Bulanık Hedef Programlama ve Markowitz Yöntemleri İle Karşılaştırılması” adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

.../.../.....

Adı SOYADI

İmza

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

**BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Bulanık
Hedef Programlama ve Markowitz Yöntemleri ile Karşılaştırılması
Fatma Zeybek**

Dokuz Eylül Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

İşletme Anabilim Dalı

Yönetim Bilimi Programı

Tez çalışmasında, çok kriterli karar verme tekniklerinden hedef programlama yönteminin türlerinden biri olan bulanık hedef programlama tercih edilmiştir. Bulanık hedef programlama yöntemlerinden Wang-Fu bulanık hedef programlama modeli ile karar vericilerin risk sınıflarına göre riske nötr, riske giren ve riskten kaçan olduğu farklı risk durumları incelenebilmektedir. Aynı zamanda modern portföy yöntemlerinden birisi olan Markowitz yöntemi kullanılarak portföyün içerisinde yer alan hisse senetleri arasındaki ilişkiyi dikkate alan optimum portföy oluşturulması istenmektedir. Bu çalışmada, BIST’de işlem gören 12 banka endeksinin verileri alınarak Wang-Fu bulanık hedef programlama modelinin risk sınıflarına göre riske nötr, riske giren ve riskten kaçan olduğu durumlar ile Markowitz yöntemi karşılaştırılarak optimal portföyün seçilmesi için oluşturulan model, Lingo paket programı yardımıyla çözülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, Hedef Programlama, Bulanık Hedef Programlama, Markowitz Ortalama Varyans Modeli.

ABSTRACT

Master's Thesis

Comparison of BIST-Traded Banks' Stock Performance With Fuzzy Goal

Programming and Markowitz Methods

Fatma Zeybek

Dokuz Eylül University

Graduate School of Social Sciences

Department of Business Administration

Management Science Program

In the thesis study, fuzzy goal programming which is one of the goal programming methods was chosen from multi-criteria decision making techniques. With the Wang-Fu fuzzy goal programming model, one of the fuzzy goal programming methods, different risk situations can be examined in which the decision makers are risk-neutral, risk-taking and risk-based according to the risk classes. Also, it is necessary to create an optimum portfolio by taking into consideration the relationship between the stocks in the portfolio using the Markowitz method, one of the modern portfolio methods. In this study, the model prepared by comparing Wang-Fu fuzzy goal programming method with risk-neutral, risk-taking and risk-based decision makers according to the risk classes, prepared by comparing the Markowitz method and choosing the optimal portfolio by taking the data of 12 bank indexes processed in BIST, is calculated by the Lingo package program.

Keywords: Fuzzy Logic, Goal Programming, Fuzzy Goal Programming, Markowitz Average Variance Model.

**BİST’DE İŞLEM GÖREN BANKALARIN HİSSE SENEDİ
PERFORMANSLARININ BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA VE
MARKOWİTZ YÖNTEMLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI
İÇİNDEKİLER**

TEZ ONAY SAYFASI	ii
YEMİN METNİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR	ix
TABLolar LİSTESİ	x
ŞEKİLLER LİSTESİ	xi
EKLER LİSTESİ	xii
GİRİŞ	1

**BİRİNCİ BÖLÜM
BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA**

1.1. Bulanık Mantık	3
1.1.1. Bulanık Mantığın Gelişimi ve Özellikleri	5
1.1.2. Bulanık Mantığın Uygulama Alanları	6
1.1.3. Bulanık Küme Teorisi	7
1.1.4. Bulanık Küme Teorisinde Üyelik Fonksiyonu ve Üyelik Fonksiyonu Türleri	10
1.1.4.1. Üçgen Üyelik Fonksiyonu	10
1.1.4.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu	11
1.1.4.3. Gaussian Üyelik Fonksiyonu	12
1.1.4.4. Çan Eğrisi Üyelik Fonksiyonu	12
1.1.4.5. Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu	13
1.1.4.6. S Tipi Üyelik Fonksiyonu	13
1.1.4.7. π Üyelik Fonksiyonu Tipi 1	13
1.1.4.8. π Üyelik Fonksiyonu Tipi 2	14

1.1.5. Bulanık Küme Teorisinin Özellikleri	14
1.1.6. Bulanık Küme Teorisi İşlemleri	17
1.1.6.1. Bulanık Kesişim Kümesi	18
1.1.6.2. Bulanık Birleşim Kümesi	21
1.1.6.3. Bulanık Tümlleyen Kümesi	21
1.1.7. Bulanık Sayılar	21
1.1.7.1. Üçgensel Bulanık Sayılar	22
1.1.7.2. Yamuksal Bulanık Sayılar	23
1.1.8. Bulanık Mantık Teorisinin Avantajları ve Dezavantajları	23
1.2. Çok Amaçlı Karar Verme ve Hedef Programlama	24
1.2.1. Hedef Programlamanın Bileşenleri	26
1.2.2. Hedef Programlama Modeli	28
1.2.3. Hedef Programlama Modelleri	31
1.2.3.1. Tek Hedefli Programlama	31
1.2.3.2. Eşit Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama	31
1.2.3.3. Öncelikli Hedef Programlama	31
1.2.3.4. Ağırlıklandırılmış Hedef Programlama	32
1.2.3.5. Ağırlıklı-Öncelikli Hedef Programlama	33
1.2.4. Hedef Programlama Yaklaşımları	34
1.2.5. İşletme Kararlarında Hedef Programlama Uygulanmasına İlişkin Literatür Taraması	39
1.3. Bulanık Hedef Programlama Yöntemi	42
1.3.1. Üçgensel Üyelik Fonksiyonlarıyla Narasimhan Yaklaşımı	44
1.3.2. Üçgensel Üyelik Fonksiyonlarıyla Hannan Yaklaşımı	46
1.3.3. Üçgensel Üyelik Fonksiyonlarıyla Yang, Ignizio ve Kim Yaklaşımı	47
1.3.4. Üçgensel Üyelik Fonksiyonlarıyla Tiwari, Dharmar ve Rao Yaklaşımı	49
1.3.5. Üçgensel Üyelik Fonksiyonlarıyla Chen Yaklaşımı	51
1.3.6. Kim ve Whang Yaklaşımı	52
1.3.7. Tiwari, Dharmar ve Rao'nun Toplamsal Model Yaklaşımı	53
1.3.8. Chen ve Tsai'nin Toplamsal Model Yaklaşımı	54

1.3.9. Wang ve Fu Yaklaşımı	54
1.4. Bulanık Hedef Programlama Literatür Taraması	56

İKİNCİ BÖLÜM

PORTFÖY YÖNETİMİ VE OPTİMİZASYONU

2.1. Temel Kavramlar	59
2.2. Markowitz Ortalama Varyans Modeli	62
2.3. Wang-Fu Bulanık Hedef Programlama ile Portföy Optimizasyonu Modeli	66
2.4. Portföy Optimizasyonu Literatür Taraması	69

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA İLE PORTFÖY OPTİMİZASYONU:

BİST VERİLERİ İLE BİR UYGULAMA

3.1. Araştırmanın Amacı ve Yöntemi	72
3.2. Banka Endekslerinin Artış ve Azalış Dönemlerine Göre Kurulan Bulanık Hedef Programlama Modelleri	74
3.3. Markowitz Modeli	81
3.4. Bulgular	82

SONUÇ	89
-------	----

KAYNAKÇA	92
----------	----

KISALTMALAR

AKBNK	Akbank
ALBRK	Albaraka Türk Katılım Bankası
DENİZ	Denizbank
FINBNK	Finansbank
GARANTİ	Garanti Bankası
HALBNK	Halkbank
ISCTR	İş Bankası
KLNMA	Türkiye Kalkınma Bankası
SKBNK	Şekerbank
TSKB	Türkiye Sınai Kalkınma Bankası
VAKBNK	Vakıfbank
YKBNK	Yapı Kredi Bankası

TABLÖLER LİSTESİ

Tablo 1: Bulanık Mantık Kontrolünün Bilgisayar Uygulamaları.7

Tablo 2: Hedef Programlama Modelinde Hedefler İçin Belirlenen Erişim Seviyelerinde Oluşabilecek Sapmalar s.30

Tablo 3: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senetlerinin Artış ve Azalış Dönemindeki Beklenen Getiri Oranları (%)s.75

Tablo 4: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senetlerinin Artış ve Azalış Dönemindeki Beta Katsayıları s.76

Tablo 5: Üyelik Fonksiyonlarının Tercih Önceliği ve Risk Sınıfları.77

Tablo 6: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Artan Dönemine Ait Üyelik Fonksiyonlarının Risk Sınıflarına Göre Tatmin Dereceleri ($\max \lambda$) s.82

Tablo 7: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Artan Döneminin Risk Sınıflarına Göre Ağırlıkları (w) s.83

Tablo 8: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Artan Döneminin Risk Sınıflarına Göre Getirileri (E_r) s.84

Tablo 9: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Azalan Dönemine Ait Üyelik Fonksiyonlarının Risk Sınıflarına Göre Tatmin Dereceleri ($\max \lambda$)s.85

Tablo 10: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Azalan Döneminin Risk Sınıflarına Göre Ağırlıkları (w) s.85

Tablo 11: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Azalan Döneminin Risk Sınıflarına Göre Elde Edilen Getirileri (E_r) s.86

Tablo 12: Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Artan Dönemi Sonrası İki Modelin Karşılaştırılmasıs.87

Tablo 13: Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Azalan Dönemi Sonrası İki Modelin Karşılaştırılmasıs.88

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Sıcaklık Derecelerinin Tanımlanması s.9

Şekil 2: Sıcaklık Derecelerinin Bulanık Formus.9

Şekil 3: Üçgen Üyelik Fonksiyonu s.11

Şekil 4: Yamuk Üyelik Fonksiyonus.12

Şekil 5:BİST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senetlerinin Artış Dönemi.73

Şekil 6: BİST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senetlerinin Azalış Dönemi s.74



EKLER LİSTESİ

Ek 1: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senetlerinin Aylara Göre

Dağılımı

ek s.1

Ek 2: 04.01.2016–30.12.2016 BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senetlerinin

Kapanış Fiyatları ek s.4

Ek 3:04.01.2016–30.12.2016 BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senetlerinin

Getiri Oranları

ek s.16

Ek 4: 01.03.2016- 31.03.2016 BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senetlerinin

Kovaryans Matrisi

ek s.28

Ek 5 : 01.11.2016-30.11.2016 BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senetlerinin

Kovaryans Matrisi

ek s.29

Ek 6: BIST’de İşlem Gören Bankaların Beta Katsayıları

eks.30

GİRİŞ

Gerçek hayatta planlamadığımız çeşitli durumlar ile karşılaşırız. Bu durumların sayısal tahminler ile ifade edilebilmesi için daha önceden öngörülenmesi gerekmektedir. Sayısal tahminleri sistematik bir şekilde klasik mantık çerçevesinde ele alan Aristo mantığına göre, bir şey ya doğrudur ya da yanlıştır. Örneğin hava durumu dikkate alındığında, hava ya sıcaktır ya da soğuktur. Başka bir durum söz konusu değildir. Bulanık mantıkta ise, klasik mantıkta ifade edildiği gibi belirli ve net bilgi söz konusu değildir. Tam aksine bulanık mantık, belirsiz ve net olmayan çok değerli bilgileri içerdiği için klasik mantıktan ayrılmaktadır. Belirsiz ve net olmayan bilgileri temel alan Bulanık Küme Teorisi 1960'da Prof. Dr. L. Askerzade Zadeh tarafından geliştirilmiştir. İlerleyen yıllarda Zadeh'in tartışmalı görüşü olan "bulanık düşünce" birçok araştırmacı tarafından takip edilmiştir.

Günlük hayatta yaşanan hızlı değişimlerin sonucunda karşılaşılan pek çok sorunun tek bir amaçla ifade edilebilmesi mümkün olmamaktadır. Bu nedenle çok amaçlı karar verme modelleri geliştirilmiştir. Hedef programlama yöntemi, 1960'lı yıllarda Charles ve Cooper tarafından ortaya konulmuş bir karar verme yöntemidir. Hedef programlama yöntemi, amacın optimize edilmesinin yerine uygun çözümler arasından optimal çözümün bulunmasını sağlamaktadır. Bu tez çalışmasında çok kriterli karar verme tekniklerinden hedef programlama yöntemi tercih edilmiştir. Çalışmada kullanılan diğer yöntem olan Markowitz ortalama varyans teorisinde, optimum portföyün oluşturulmasında portföyün içinde yer alan hisse senetlerinin performansları arasındaki ilişki dikkate alınarak, risk seviyelerinin en düşük ve getirilerinin maksimum olması hedeflenmiştir.

Tez çalışmasında, karar vericilerin portföy oluşturmada riske karşı tutumlarını da dikkate alan Wang-Fu bulanık hedef programlama yaklaşımı ve Markowitz'in geliştirdiği ortalama varyans teorisindeki menkul kıymetler arasındaki ilişkiyi dikkate alan optimum portföyün oluşturulması ile model oluşturularak bu iki modelin çözüm sonuçlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla oluşturulan tez çalışması üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde öncelikle klasik mantık, bulanık mantık teorisi, bulanık küme teorisi, bulanık sayılar, bulanık mantığın gelişimi, hedef programlama ve bulanık hedef programlama yaklaşımlarından

bahsedilerek, hedef programlama ve bulanık hedef programlama ile ilgili literatüre yer verilmiştir.İkinci bölümde öncelikle portföy ve portföy yönetimi, risk, getiri ve beta katsayısı kavramlarına yer verilmekte ve daha sonra markowitz ortalama varyans modeli açıklanarak, portföy optimizasyonuna ilişkin literatür ele alınmıştır. Üçüncü bölümde ise, tezin uygulama konusu olan BIST banka endeksinde yer alan bankaların risk sınıflarına göre riske nötr, riske giren ve riskten kaçan olduğu durumlarda Wang-Fu bulanık hedef programlama ve Markowitz yöntemlerine göre oluşturulan model Lingo paket programı ile çözülerek karşılaştırma yapılmıştır.Bu tez çalışması, karar vericilerin analitik kararlar alması durumunda karar vericilere alternatif portföy modellerinin sunulmasını ve böylece alternatif portföyler arasından uygun portföyün seçilmesini sağlayarak, karar vericilerin kazanç elde edilebileceğini göstermektedir.

BİRİNCİ BÖLÜM

BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA

Çalışmanın bu bölümünde öncelikle klasik mantık, bulanık mantık teorisi, bulanık küme teorisi, bulanık sayılar, hedef programlama ve bulanık hedef programlama ve ilgili literatüre yer verilmektedir.

1.1. Bulanık Mantık

Aristo mantığı olarak bilinen klasik mantıkta, bir sözün doğru ya da yanlış olup olmadığının anlaşılması için o sözün, birşeyi onaylaması veya reddetmesi gerekmektedir. Daha doğru bir deyimle önerme, hükmün ifadesidir. Aristo önermeyi "Bir şey hakkında ifade edilen bir şeyi onaylayan veya reddeden sözdür." şeklinde açıklamaktadır (Aristoteles, 1947: 3).

Klasik mantıkta; kavram (terim), önerme ve çıkarım konularının sırası ile izlenmesi gerekmektedir. Kavram oluşturma, önerme kurma ve çıkarım yapma işlemlerinin belirli kuralları vardır. Bu kurallara mantığın ilkeleri denilmektedir. Bu ilkeler;

Özdeşlik ilkesi: "Bir şey ne ise o'dur." biçiminde tanımlanır. Mantıkta özdeşlik önermesi "A, A'dır." şeklinde ifade edilmektedir. Bunun anlamı ise bir şeyin, başka bir şeyle ilişki kurulmaksızın kendisi olduğudur.

Çelişmezlik ilkesi: Bir şeyin hem kendisinin hem de başkasının olduğunu düşünmenin yarattığı çelişkidir. Özdeş iki önerme birbirinin çelişkiği olmaktadır.

Üçüncü halin olmazlığı ilkesi: Çelişik iki önermenin dışında üçüncü bir durumun söz konusu olmadığı durumdur.

Klasik mantıkta düşünülmüş olan veya düşünülebilen her şey bir kavramdır. Sayılan üç ilke bir şeyin düşünülmesini ve kavranmasını mümkün kılan temel dayanaklardır (Özlem, 2004: 47-52).

Diğer yönden bulanık mantık, belirsiz ve net olmayan çok değerli bilgiler ile uğraşan bir yöntemdir. Bulanık mantık teorisi, belirsizliğin olduğu durumların sonuçlarını matematiksel ifadeler ile açıklamaktadır (Özkan, 2003: 126). Bulanık mantık sistemi çok değerli mantık sisteminden oluşmaktadır.

Bulanık mantık kavramı genellikle insanların düşünce tarzını modellemeye çalışmaktadır. Kavram olarak net olmayan bilgi bulanık anlamına gelmektedir, başka bir deyişle belirsizdir. Aynı zamanda bulanık mantık, çeşitli sözel değişkenleri kullanarak, belirlilik yerine belirsizliği ele alan bir yapay zeka tekniği olarak tanımlanmaktadır. Sözel değişkenlerin değerleri, "sıcak" veya "soğuk" kelimeleri ile ifade edilmekte ve bu değerler bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarıyla da ifade edilmektedir (Ertunç ve Çay, 2016: 118).

İnsanlar günlük hayatlarındaki birçok konuda yorum ve çıkarım yapabilmek için belirsiz olan dilsel faktörleri kullanmaktadırlar. Bulanık mantık temeli altında yatan bulanık teori, bu belirsiz faktörlerin matematiksel ifadesidir.

Bulanık teori önerilinceye kadar, belirsizlikle ilgili matematiksel işlemler sadece olasılık teorisi ile verilmiştir. Olasılık teorisindeki belirsizlik, olayın belli bir dağılıma göre meydana gelme olasılığı ile ilgilenmektedir. Bu durum olasılık teorisinde “rastgelelik” kavramı ile ifade edilmiştir. Bulanık teorideki belirsizlik ise, bir kümenin sınırlarının açık bir şekilde açıklanması ile ilgilidir (Ross ve diğerleri, 2002: 90).

Bulanık mantık teorisi, hayatta birçok meselenin derecelendirilme ile değerlendirildiğini ortaya koymaktadır. Çünkü siyah-beyaz bir fotoğrafta bile, renklendirmeler sadece siyah ve beyazdan oluşmamaktadır. Tipik olarak birçok geçiş rengi (griler) bulunmaktadır. Bulanık mantık siyah ile beyaz arasında sonsuz sayıda ve tonda gri rengi ifade etmektedir. Bilgisayar bilimcileri ve mühendisleri, özellikle bu gerçeği kabul etmişlerdir (Palaniappan, 2005: 1; Kosko, 1993: 23).

Zadeh bulanık mantığı, birçok şeyin derecesi olduğu gibi doğrunun da bir derecesinin olduğunu göz önüne alarak akıl yürütmeyi sağlayan bir model olarak tanımlamaktadır. Bu model kelimelerle hesaplama imkanı sunmaktadır (Zadeh, 1996: 309). Belirsiz ve net olmayan bir durumda doğru kararlar almanın önemi üzerinde duran belirsiz düşünme çeşitlerini modellemeyi amaçlamaktadır (Zadeh, 1988: 84).

1.1.1. Bulanık Mantığın Gelişimi ve Özellikleri

Bulanık mantık ilk kez 1965’de Lotfi A. Zadeh tarafından yayınlanan “Bulanık Mantık veya Bulanık Küme Kuramı” adlı makale ile ortaya atılmış ve bu çalışmada insanların düşünce sisteminin genellikle bulanık olduğu dile getirilmiştir (Elmas, 2011: 186).

Zadeh (1965), bulanık mantığın genel özelliklerini aşağıdaki gibi açıklamaktadır (Başkaya, 2011: 17-18);

- Bulanık mantık yaklaşık değerlere dayanan düşünmede kullanılmaktadır.
- Bulanık mantık, matematiksel modelin elde edilmesinin zor olduğu sistemler için kullanılmaya elverişlidir.
- Bulanık mantık, belirsiz veya eksik ifade edilen bilgileri dikkate alarak işlem yapabilmektedir.
- Bulanık mantıkta her şey $[0,1]$ kapalı aralığında belli bir derece ile ifade edilmektedir.
- Bulanık mantıkta bilgi kavramı, bir grup değişken üzerindeki esnek veya bulanık kısıtlayıcılar ile gösterilmektedir.
- Bulanık çıkarım, dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallarla yapılabilir.
- Her mantıksal sistem bulanık bir şekilde ifade edilebilir.
- Bulanık mantık, kavramsal olarak anlaşılması kolay bir kavramdır.

Bulanık mantık ile ilk uygulama 1973’de H. Mamdani tarafından bir buhar makinesinde uygulanmıştır. Mamdani kuramı, bir buhar türbününün hızının kontrolüne uygulamış ve insan davranışlarını göz önüne alarak, “Eğer türbün hızı çok hızlı artış gösteriyorsa ve basınç çok düşükse, buhar vanasını biraz aç” biçiminde kurallardan oluşan bir sistem geliştirmiştir. Mamdani bulanık mantığa dayalı kurduğu bu sistemle türbün hızı ve performansının kontrolünde başarıya ulaşabildiğini dile getirmiştir (King ve Mamdani, 1977: 235-240).

1980’de bir Hollanda şirketi çimento fırınlarının kontrolünde bulanık mantık denetimini uygulamıştır. 1983’te Fuji elektrik şirketi, su arıtma alanları için kimyasal

püskürtme ekipmanı ile ilgili araştırmalar yapmıştır. 1987’de ilk bulanık mantık denetleyicileri gösterime çıkmış ve aynı zamanda Hitachi ekibi tarafından tasarlanan Japon Sendai metro denetleyicisi kullanıma açılmıştır. 1989’da Omron şirketi, Japonya’nın Harumi şehrindeki çalışma merkezinde yaptığı bulanık sonuç panelleriyle bulanık sonuçları elde etmek için kullanılan bilgisayara yönelik olarak yapmış olduğu çalışmalarını tanıtmıştır (Elmas, 2011: 187).

1.1.2. Bulanık Mantığın Uygulama Alanları

Bulanık mantık birçok uygulama alanında kullanılabilmektedir. İnsanlara ait olan deneyim ile öğrenmenin modellenmesi ve net olmayan bilgilerin dahi matematiksel olarak ifade edilebilmesini sağlaması en önemli farklarından birisidir (Ertuğrul, 2006: 158). Bulanık mantık yöntemleri akıllı sistemler, karar verme ve bulanık kontrollerinin çoğunda uygulanmaktadır (Encheva ve Tumin, 2009: 113).

Bulanık mantık ile ilgili çalışmaların artmaya başladığı günümüzde, bu yöntemin gerçek hayatta uygulamalarını görmek mümkündür. Örneğin bulanık mantık kullanan sistemlerle metroların işleyişi kontrol edilmekte; televizyonların alıcıları ayarlanmakta; kameralar görüntüye odaklanmakta; klimalar, çamaşır makineleri, buzdolapları veya robot kolları gibi birçok uygulama alanlarının yanında uzay araştırmaları ve havacılık endüstrisinde de kullanılmaktadır. Geçmişteki yıllar içerisinde Japonya, Amerika Birleşik Devletleri ve Almanya’da yaklaşık 1000’e yakın endüstriyel ve ticari amaç güden bulanık sistemler istenildiği şekilde yerine getirilmiştir (Erdin, 2007: 23).

Günümüzde elektronik pazarında, birçok üretim bulanık mantığa dayandırılmaktadır. Bulanık mantık kontrol sistemleri çoğunlukla SEA/Japonya’da üretilmektedir. Bulanık mantığa dayalı birçok otomotiv ürünleri piyasaya sunulmuştur. Tablo 1’de bulanık mantık teorisinin kullanıldığı birkaç örnek gösterilmiştir (Elmas, 2011: 187):

Tablo 1: Bulanık Mantık Kontrolünün Bilgisayar Uygulamaları

ÜRÜN	ŞİRKET
Çamaşır Makinesi	AEG, Sharp, Goldstar
Pirinç Fırını	Goldstar
Fırın/Kızartıcı	Tefal
Mikrodalga fırın	Sharp
Elektrikli Tıraş Makinesi	Sharp
Buzdolabı	Whirlpool
Batarya Şarj Cihazı	Bosch
Elektrikli Süpürge	Philips, Siemens
Camcorder	Canon, Sanyo, JVC
Klima Denetimi	Ford
Isı Denetimi	NASA Inspace Shuttle
Kredi Kartı	GE Corporation

Kaynak: Elmas, 2011: 88.

1.1.3. Bulanık Küme Teorisi

Bulanık küme kavramı ilk kez 1964 yılında Prof. Dr. L. Askerzade Zadeh tarafından ele alınmıştır. Zadeh'in 1965 yılında yayınlanan "Bulanık Kümeler" isimli makalesinde; bireylerin algısal farklılıkları ve bir sistemdeki karmaşıklığın oluşturduğu belirsizliklerin çeşitli halleri ile ilgilenmiştir. Zadeh'e göre, bir sistemde bulunan karmaşıklık durumu artış gösterdikçe, sistemi tanımlayan ifadelerin anlamı azalmaya başlamakta ve bu anlamlı ifadeler de belirsizliğin oluşmasına neden olmaktadır (Akman, 2009: 3).

Bulanık küme teorisi, esas olarak insanların düşünceleri ve algılarındaki belirsizliklerle ilgilenir ve bu belirsizliği matematiksel olarak ifade etmeye çalışmaktadır. Başka bir deyişle bulanık mantığın temel amacı, insanların belirsiz bilgilere göre doğru kararlar vermelerini sağlayabilmektir (Zhang ve Huang, 1994: 1266-1267).

Belirsiz problemlerin çözümünde insan düşüncesini sayısal ifadelere değil, dilsel ifadelere dayandırarak bulanık küme teorisini geliştiren Zadeh; birçok kavramın dilsel olarak geleneksel matematiğe göre daha iyi saptanabildiğini, bulanık

mantığın ve onun bulanık kümelerdeki ifadelerinin gerçek hayat için modellenebildiğini göstermiştir (Mao, 1999: 95).

Değişkenler sayısal ifadelerle gösterilebildiği gibi, sözel ifadelerle de belirtilmektedir. Değişken değeri olarak bir dildeki kelimeler ile ifade edilebilen değişkenlere “sözel/dilsel değişkenler” denilmektedir (Zadeh, 1994: 509).

Dilsel değişkenler, bulanık mantığın karar aşamasında kullanılabilmekte ve türetilmektedir. Örneğin; bir sözel değişken, birincil terim (örneğin; “yaşlı” ve “genç” sözcükleri yaş ile bağlantılıdır.), farklı eşik değerleri (çok, çok fazla, az, çok az vb.) ve bağlaçlardan (ve/veya gibi) türetilmektedir (Huynh ve diğerleri, 2002: 204).

Genellikle sözcüklerin başlarına eklenen bu sıfatlar ile sözcüklerin anlam dereceleri arttırılmakta veya azaltılmaktadır. Bu ön sözcükler arasında “çok”, “aşağı yukarı”, “yaklaşık”, “oldukça”, “biraz”, “sıklıkla” ve daha birçok sözcük bulunmaktadır. Ön sıfat sözcüklerine “sözel eşikler”denilmektedir (Şen, 2001: 132).

Sözel değişkenlere örnek vermek gerekirse; Ankara’da, sıcaklık farkları -5°C ile $+35^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir. Bu durum Şekil 1’de gösterilmektedir. Bu aralık, Ankara için ayarlanmış sıcaklığın hangi sıcaklık derecesinde olabileceğini bulmamızı sağlamaktadır. Böylece, tüm sıcaklık alanı tanımlanmaktadır. Bu sıcaklık alanının sıklık ölçüsü oluşturulmaktadır. Örneğin, “çok soğuk”, “soğuk”, “ılık”, “sıcak”, “çok sıcak” vb. şeklinde olabilmektedir. Çok soğuk; -5°C ile 0°C arasında, soğuk; 0°C ile $+8^{\circ}\text{C}$ arasında, sıcak; $+8^{\circ}\text{C}$ ile $+15^{\circ}\text{C}$ arasında, sıcak; $+15^{\circ}\text{C}$ ile $+25^{\circ}\text{C}$ arasında, çok sıcak; $+25^{\circ}\text{C}$ ile başlamaktadır. Aralıklar tahmini değerlerden oluşmaktadır. Her bir aralık bittiğinde, diğeri daha düşük bir aralıktan başlamaktadır.

Şekil 1: Sıcaklık Derecelerinin Tanımlanması

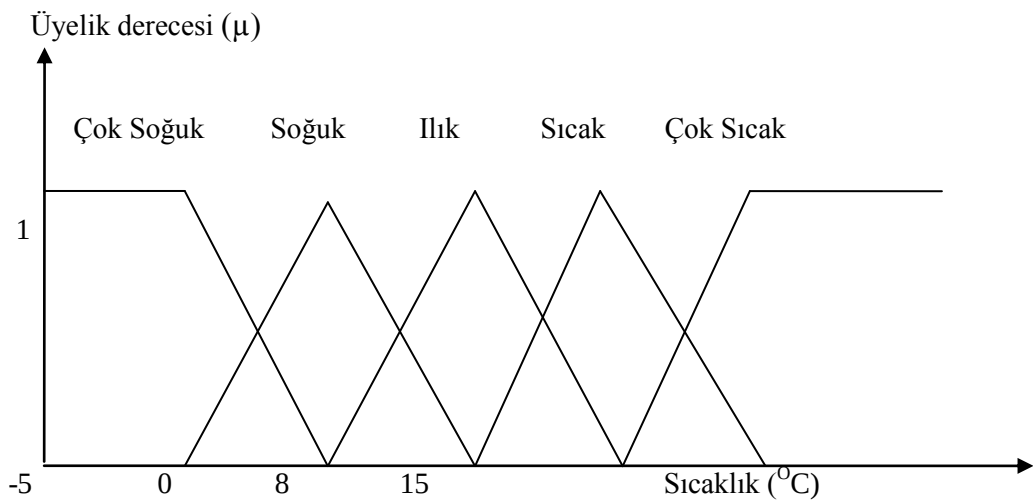


Kaynak: Bölgen, 2010: 26.

Bu aralığın sınırları içerisinde Aristoteles'in mantığına dayanan katı kararlar alınmıştır. Örneğin, $7,9^{\circ}\text{C}$ soğuk ve $8,1^{\circ}\text{C}$ ılık olarak kabul edilmektedir. Bu gösterim açısından önemli olan nokta, her alt aralık sıcaklık derecesinin değerine göre üyeliğinin yalnızca bu aralıkta 1'e eşit ve diğer aralıklarda 0'a eşit olmasıdır. Bu nedenle, herhangi bir sıcaklığın alt kümesinin üyelik işlevi dikdörtgendir ve yüksekliği 1'e eşittir.

Bulanık mantıkta ise farklı kümelerdeki bulanık dilsel değişkenler çakışabilmekte ve farklı derecelerde aynı sıcaklıktaki farklı kümelere ait olabilmektedir. Bu durum Şekil 2'de gösterilmektedir (Bölgen, 2010: 26-27).

Şekil 2: Sıcaklık Derecelerinin Bulanık Formu



Kaynak: Bölgen, 2010: 27.

Şekilde gösterilen sıcaklık derecelerine göre; sıcaklık derecesi -5 ve altına düştüğünde “çok soğuk”, -5 ile 0 aralığında “soğuk”, 0 ile 8 aralığında “ılık”, 8 ile 15 aralığında “sıcak”, 15 ve üstüne çıktığında ise “çok sıcak” olarak ifade edilmektedir.

1.1.4. Bulanık Küme Teorisinde Üyelik Fonksiyonu ve Üyelik Fonksiyonu Türleri

Bir $\tilde{A}$ bulanık kümesine ait üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}}(x) \rightarrow [0,1]$ şeklinde gösterilir. Üyelik derecesi 1’e eşit olan elemanlara “öz” adı verilmekte ve $\mu_{\tilde{A}}(x) = 1$ şeklinde gösterilmektedir (Erdin, 2007: 4). Üyelik dereceleri 1’e veya 0’a eşit olmayan öğelerin oluşturduğu kısımlara üyelik fonksiyonunun “geçiş bölgeleri” denilmektedir. Genel olarak tüm üyelik fonksiyonlarının sağ ve sol kısmında olmak üzere iki geçiş bölgesi bulunmaktadır. Matematiksel tanımı ise; $0 < \mu_{\tilde{A}}(x) < 1$ şeklinde ifade edilmektedir (Zimmermann, 2001: 241).

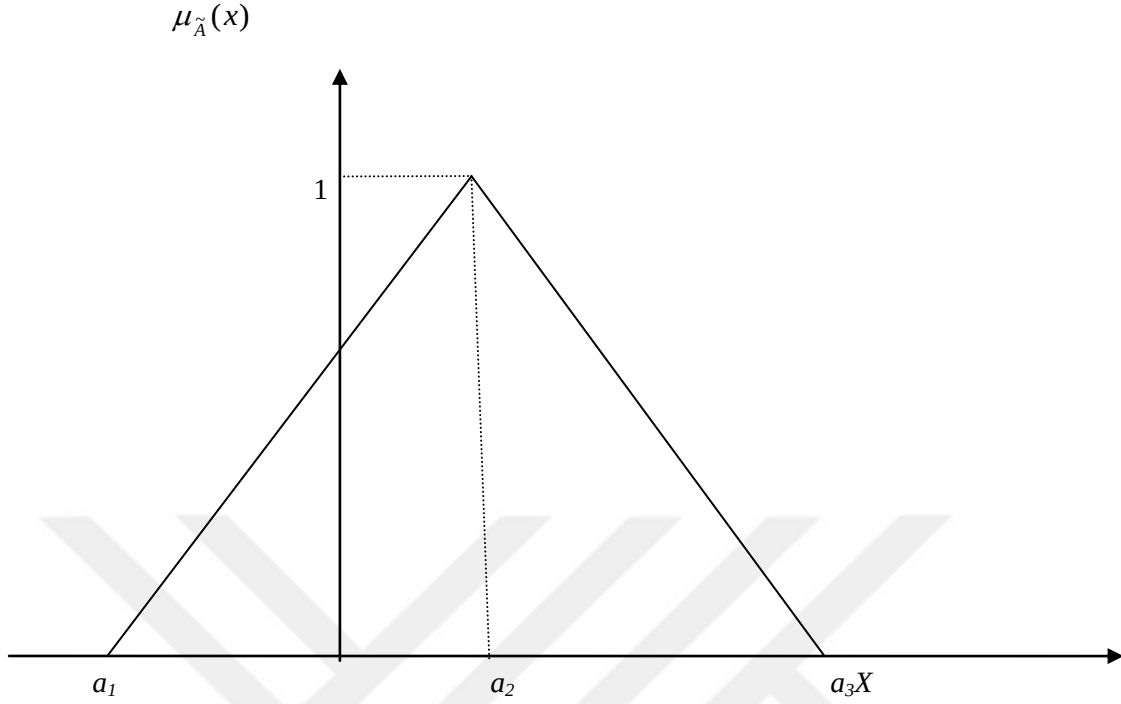
Üyelik fonksiyonlarının genellikle üçgen, yamuk, sigmoid, s-biçimli, z-biçimli, Gaussian (genel çan) ve II tipleri olarak ayrılabilir. En yaygın kullanılan üyelik fonksiyonları; üçgen, yamuk, çan eğrisi, gaussian ve sigmoid tipli üyelik fonksiyonlarıdır (Baykal ve Beyan, 2004: 78-81). Bu üyelik fonksiyonu tipleri alt başlıklarla açıklanmaktadır.

1.1.4.1. Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Üçgen üyelik fonksiyonu, x ve kendisini tanımlayan a , b , c gibi üç farklı parametreler ile tanımlanmaktadır ve matematiksel gösterimi aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Jang ve diğerleri, 1997: 25).

$$\mu_A(x; a, b, c) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a}, & \text{eğer } a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}, & \text{eğer } b \leq x \leq c \\ x < a \rightarrow 0, & \text{eğer } x > c \end{cases} \quad (1)$$

Şekil 3: Üçgen Üyelik Fonksiyonu



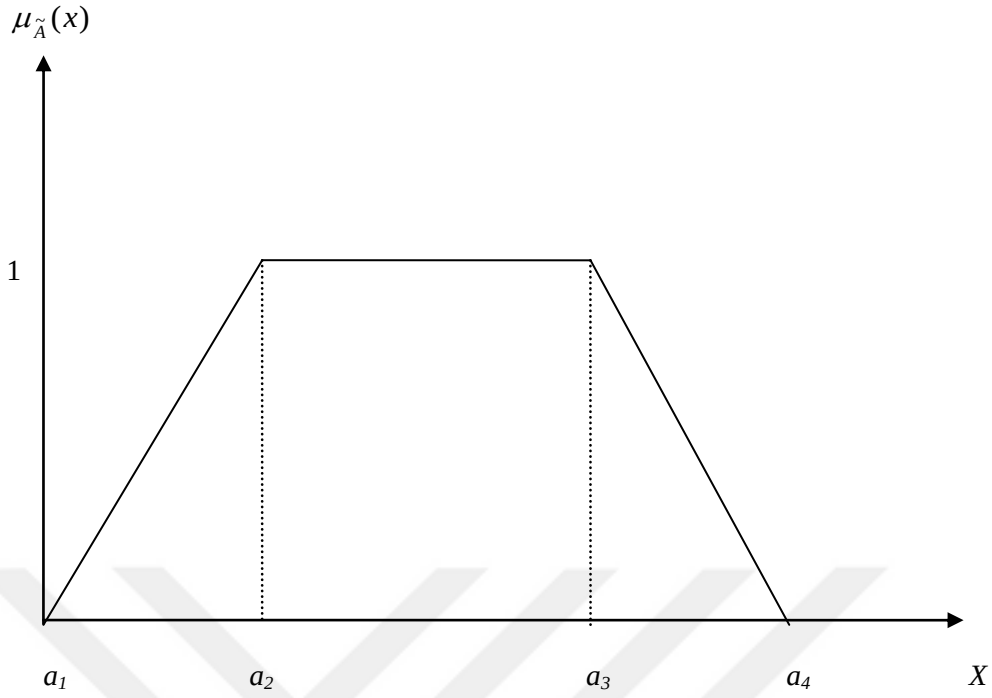
Kaynak: Huang, 2007: 150.

1.1.4.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu

Yamuk üyelik fonksiyonu tipinin a , b , c ve d gibi dört tane parametresi bulunmaktadır. Burada ifade edilen b ve c parametreleri öz kısmını, a ve d parametreleri ise dayanağı tanımlamaktadır. Yamuk üyelik fonksiyonuna ait matematiksel gösterim aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Cheng, 1997: 344).

$$\left. \begin{array}{l} \frac{x-a}{b-a}, \text{ eğer } a \leq x \leq b \\ 1, \text{ eğer } b \leq x \leq c \\ x < a \rightarrow 0, \text{ eğer } x > d \end{array} \right\} (2) \mu_A(x; a, b, c) = \frac{d-x}{d-c}, \text{ eğer } c \leq x \leq d$$

Şekil 4: Yamuk Üyelik Fonksiyonu



Kaynak: Malczewski, 1999: 131.

1.1.4.3. Gaussian Üyelik Fonksiyonu

Gaussian üyelik fonksiyonu m ve σ olarak ifade edilen parametreler ile oluşturulmaktadır (Baykal ve Beyan, 2004: 79). Gaussian üyelik fonksiyonunun matematiksel gösterimi aşağıda gösterilmektedir.

$$\mu_A(x; a, b, c) = \ell^{\left(\frac{-(x-m)^2}{2\sigma^2}\right)} \quad (3)$$

1.1.4.4. Çan Eğrisi Üyelik Fonksiyonu

Çan eğrisi üyelik fonksiyonunda a parametresi eğrinin genişliğini, b parametresi daima pozitif değeri ve c parametresi ise, eğrinin merkezini tanımlamaktadır ve bu üyelik fonksiyonunun matematiksel gösterimi aşağıda oluşturulmuştur (Jang ve diğerleri, 1997: 26).

$$\mu_A(x; a, b, c) = \frac{1}{1 + \left|\frac{x-c}{a}\right|^{2b}} \quad (4)$$

1.1.4.5. Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu

Sigmoidal üyelik fonksiyonu iki farklı parametre ile tanımlanmaktadır. Bu parametrelerden a parametresi geçiş noktasındaki eğimi ve b parametresi de geçiş noktasını belirtmektedir. Sigmoidal üyelik fonksiyonunun matematiksel gösterimi aşağıda ifade edilmektedir (Rutkowski, 2004: 9).

$$\mu_A(x; a, b) = \frac{1}{1 + e^{-a(x-b)}} \quad (5)$$

1.1.4.6. S Tipi Üyelik Fonksiyonu

Bir s tipi üyelik fonksiyonu a ve b parametrelerinin kullanılmasıyla açıklanmaktadır (Bojadziev ve Bojadziev, 1995: 65). S tipi üyelik fonksiyonunun matematiksel gösterimi aşağıda gösterilmektedir.

$$\mu_A(x; a, b) = \begin{cases} 0, & \text{eğer } x \leq a \\ 2 \left[\frac{(x-a)}{(b-a)} \right]^2, & \text{eğer } a \leq x \leq \frac{a+b}{2} \\ 1 - 2 \left[\frac{(x-a)}{(b-a)} \right]^2, & \text{eğer } \frac{a+b}{2} \leq x \leq b \\ 1, & \text{eğer } b \leq x \end{cases} \quad (6)$$

1.1.4.7. π Üyelik Fonksiyonu Tip 1

Bulanık mantıkta π üyelik fonksiyonları iki farklı şekilde oluşturulmaktadır. Birinci tip π üyelik fonksiyonu a ve b olarak tanımlanabilen birbirinden farklı iki parametre ile ifade edilmektedir. π üyelik fonksiyonları iki yönlü olarak 0 'a doğru asimptotik biçimde azalış göstermektedir (Yen ve Langari, 1999: 67).

$$\mu_A(x; a, b) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-a}{b} \right)^2} \quad (7)$$

Birinci tip π üyelik fonksiyonlarında simetri özelliği bulunmaktadır. Bu özelliğe göre birinci tip π üyelik fonksiyonu b parametresi etrafında simetriktir. Birinci tip π üyelik fonksiyonunun grafiği çizildiği takdirde b parametresine eşit olan üyenin olduğu noktada ikiye katlandığında grafik parçaları birebir örtüşmektedir. Simetrik özelliğinin matematiksel gösterimi aşağıdaki gibi belirtilmektedir (Özdağoğlu, 2016: 53).

$$\mu_A(a - n) = \mu_A(a + n) \quad (8)$$

1.1.4.8. π Üyelik Fonksiyonu Tip 2

İkinci tip π üyelik fonksiyonu a, b, c, d olarak tanımlanan dört farklı parametre ile açıklanmaktadır. İkinci tip π üyelik fonksiyonu matematiksel olarak aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Baykal ve Beyan, 2004: 81).

$$\mu_A(x; a, b, c, d) = \begin{cases} \frac{a}{a + b - x}, & \text{eğer } x \leq b \\ 1, & \text{eğer } b \leq x \leq c \\ \frac{d}{x - c + d}, & \text{eğer } x \geq c \end{cases} \quad (9)$$

1.1.5. Bulanık Küme Teorisinin Özellikleri

Bulanık kümeler $\sim$ simgesi ile gösterilmektedir. Bulanık küme teorisinde; bulanık küme “ $\tilde{A}$ ”, $\tilde{A}$ kümesindeki x 'lerin üyelik fonksiyonu “ $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ” biçiminde ifade edilmektedir. Bununla birlikte, örneklerin üyelik uzayı “ M ” ifadesi ile gösterilmektedir (Bellman ve Zadeh, 1970: 143).

Eşitlik Kavramı

$\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ gibi iki bulanık kümenin eşitliğinin oluşması için, ilk olarak bu kümelerin aynı evrensel kümelerde tanımlanması gerekmektedir. Bu durumda $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ kümelerinin üyelik fonksiyonları, evrensel kümede yer alan her bir eleman için aynı üyelik derecesine sahipse, söz konusu iki küme birbirine eşit olarak ifade

edilmektedir. Matematiksel olarak iki bulanık kümenin eşitliği aşağıdaki biçimde oluşturulabilmektedir (Bandemer ve Gottwald, 1995: 7).

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \mu_{\tilde{B}}(x) \quad \forall x \in E \Leftrightarrow \tilde{A} = \tilde{B} \quad (10)$$

Yükseklik ve Normallik Kavramı

Yükseklik kavramı, bulanık bir kümenin üyelik fonksiyonunun en yüksek üyelik derecesini ifade etmekte ve matematiksel gösterimi aşağıdaki gibi oluşturulabilmektedir (Fedrizzi, 1987: 16).

$$yükseklik(\tilde{A}) = \sup[\mu_{\tilde{A}}(x)] \quad \forall x \in E \quad (11)$$

Burada $\tilde{A}$ kümesi sonlu bir evrensel kümede tanımlı olduğunda, en küçük üst sınır maksimum olarak ifade edilebilmektedir.

Yüksekliği 1'e eşit olan bulanık kümelerin bir araya gelmesiyle oluşan kümelere "normal bulanık kümeler" denilmektedir. Normal bulanık küme aşağıdaki gibi oluşturulmaktadır (Zadeh, 1972: 13).

$$yükseklik(\tilde{A}) = \sup[\mu_{\tilde{A}}(x)] = 1 \quad \exists x \in E \quad (12)$$

Yüksekliği 1'den küçük olan bulanık kümeler "normal altı bulanık kümeler" olarak adlandırılmaktadır. Başka bir ifade ile normal altı bulanık kümelerdeki evrensel kümenin herhangi bir elemanı bulanık bir kümenin sadece kısmen üyesidir. Normal altı bulanık kümeler, aşağıda ifade edildiği gibi normal bulanık kümeye dönüştürülebilmektedir (Zadeh, 1972: 13).

$$NORM(\tilde{A}) = yükseklik(\tilde{A}) / \mu_{\tilde{A}}(x) \quad \forall x \in E \quad (13)$$

Destek Kümesi

Bulanık kümenin üyelik fonksiyonunda üyelik derecesi sıfırdan büyük olan elemanların toplanmasıyla oluşan kümeye "destek kümesi" adı verilmektedir. Destek kümesi klasik ve bulanık olmayan bir kümedir. Destek kümesinin matematiksel gösterimi aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Dubois ve Prade, 1980: 10).

$$Destek(\tilde{A}) = \{x \in E \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > 0\} \quad (14)$$

Kernel Kümesi

Kernel kümesi, bulanık bir kümeye üye olan elemanların toplanmasıyla oluşan bir kümedir ve bu kümenin matematiksel gösterimi aşağıdaki gibi oluşturulmaktadır (Lin ve Lee, 1996: 12).

$$Kernel(\tilde{A}) = \{x \in E \mid \mu_{\tilde{A}}(x) = 1\} \quad (15)$$

Sınır Kümesi

Bulanık bir kümeye kısmen üye olan elemanların bir araya toplandığı kümeye “sınır kümesi” denilmektedir. Bu kümenin matematiksel gösterimi aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Ross, 1995: 88).

$$Sınır(\tilde{A}) = \{x \in E \mid 0 < \mu_{\tilde{A}}(x) < 1\} \quad (16)$$

Merkez Kavramı

Bulanık küme $\tilde{A}$ 'nın üyelik fonksiyonunun en yüksek değeri sonlu bir sayı ise kümede yer alan elemanların ortalama değeri $\tilde{A}$ 'nın merkezidir. Ortalama değer pozitif veya negatif sonsuza eşit ise üyelik fonksiyonunun en yüksek değere ulaştığı noktalar arasındaki en küçük veya en büyük olan noktaya merkez denilmektedir (Wang ve Klir, 1992: 27).

Kardinalite (Nicelik Sayısı) Kavramı

Kardinalite, klasik kümelerde yer alan eleman sayısı anlamına gelmekte ve aynı zamanda bulanıklıktan arındırma ve alt küme olma derecesi gibi bazı kuralları tanımlamakta kullanılmaktadır. Sonlu bir evrensel kümede tanımlanan bulanık bir kümenin kardinalitesi, $Card(\tilde{A})$ ile gösterilmekte ve $\tilde{A}$ kümesindeki tüm elemanların üyelik derecelerinin toplanması ile hesaplanmaktadır. Kardinalite kavramının matematiksel gösterimi aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Zimmermann, 2001: 12).

$$Card(\tilde{A}) = \sum_{i=1}^N \mu_{\tilde{A}}(x_i), x_i \in E \quad (17)$$

α - Kesimi Kümesi

Bir $\tilde{A}$ bulanık kümesinin α -kesimi A_α , $\tilde{A}$ bulanık kümesinin α değerinden büyük ($>$) veya büyük ya da eşit ($\geq$) bir üyelik derecesine sahip elemanların yer aldığı, x örnek uzayının bir alt kümesi olarak tanımlanmaktadır (Rocacher ve Bosc, 2005: 319). Diğer bir deyimle, $\tilde{A}$ bulanık kümesindeki en az α derecesinde olan küme elemanlarına α kesimkümesi denilmekte ve kümenin matematiksel gösterimi aşağıda şekilde oluşturulmaktadır (Li ve Yen, 1995: 15).

$$A_\alpha = \{x \in E \mid \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\} \text{ ve } \alpha \in (0,1] \quad (18)$$

α -kesim kümesi, $\alpha = 0$ ise evrensel kümeye, $\alpha = 1$ ise kernel kümeye eşittir ve matematiksel olarak $A_0 = E$ ve $A_1 = \text{Kernel}(\tilde{A})$ şeklinde ifade edilmektedir (Kandel, 1986: 7).

Dış Bükeylik Kavramı

Bulanık kümelerde α -kesimlerine ve üyelik derecelerine göre tanımlanan dış bükeylik kavramı, özellikle optimizasyon ile ilgili uygulamalarda kullanılan bir kavramdır. α -kesim kümelerinin her biri dış bükey kümeler olduğunda, bulanık küme $\tilde{A}$ 'da dış bükey bir küme olarak belirtilmektedir. Dış bükeylik kavramının matematiksel gösterimi aşağıdaki gibi oluşturulmaktadır (Passino ve Yurkovich, 1998: 98).

$$\mu_{\tilde{A}}(\lambda x_1 + (1 - \lambda)x_2) \geq \min [\mu_{\tilde{A}}(x_1), \mu_{\tilde{A}}(x_2)] \quad (19)$$

1.1.6. Bulanık Küme Teorisi İşlemleri

Bulanık küme teorisinde temel kavramlardan olan kartezyen çarpım ve üs alma kavramları aşağıda açıklanmaktadır. Daha sonrasında ise klasik küme teorisinde yer alan kesişim, birleşim ve tümleme işlemleri bulanık küme teorisinde ifade edilmiştir.

Kartezyen Çarpım

$\tilde{A}$, $\tilde{B}$ ve $\tilde{C}$ bulanık kümelerini ve sırasıyla U , V ve W evrensel kümelerinde tanımlanan bu kümelerde yer alan elemanları sırasıyla x , y ve z ile gösterdiğimizizde, $\tilde{A}$, $\tilde{B}$ ve $\tilde{C}$ kümelerinin kartezyen çarpımı, $U \times V \times W$ çarpımı uzayında üyelik

fonksiyonu ile belirtilen bulanık bir küme olarak ifade edilmektedir (Bandemer ve Gottwald, 1995: 32).

$$\mu_{U \times V \times W}(x,y,z) = \min \left[\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(y), \mu_{\tilde{C}}(z) \right] \quad x \in E, y \in V, z \in W \quad (20)$$

Üs Alma

Bulanık bir kümenin β ile gösterilen herhangi bir üssünün alınabilmesi için, β 'nın pozitif gerçel sayı olması gerekir. Bu özellik bulanık kümelerde kesişim, birleşim ve tümlene işlemleri ile bulanık mantıkta sıkça kullanılmaktadır. Bulanık küme $\tilde{A}$ 'nın β kuvveti ile oluşan bulanık küme aşağıda tanımlanmaktadır (Zimmermann, 1983: 294).

$$\mu_{\tilde{A}^{\beta(x)}} = \left[\mu_{\tilde{A}}(x) \right]^{\beta} \quad \forall x \in E \quad (21)$$

Evrensel küme $\cup$ 'da tanımlanan ve kümelerine ait üyelik fonksiyonları $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ve $\mu_{\tilde{B}}(x)$ olmak üzere bulanık küme işlemleri aşağıdaki gibidir.

1.1.6.1. Bulanık Kesişim Kümesi

Evrensel küme $\cup$ 'da tanımlanan $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ kümelerinin üyelik fonksiyonları sırayla $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ve $\mu_{\tilde{B}}(x)$ olarak tanımlandığında, $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ kümelerine ilişkin üyelik fonksiyonlarını $\tilde{A} \cap \tilde{B}$ kesişim kümesinin üyelik fonksiyonuna dönüştüren eşleşme, $t: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ olarak tanımlanmaktadır (Butnariu ve Klement, 1992: 90). Buradaki her bir $[0,1]$ terimi sırasıyla $\tilde{A}$, $\tilde{B}$ ve $\tilde{A} \cap \tilde{B}$ bulanık kümelerinin alabileceği üyelik değerlerini ifade etmektedir. Burada ifade edilen t eşleşmesi,

$$t \left[\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x) \right] = \mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) \quad (22)$$

olarak ifade edilir. Herhangi bir t -eşleşmesinin kesişim kümesi olarak nitelendirilmesi için aşağıda verilen koşulları sağlaması gerekmektedir (Dubois ve Prade, 1980: 18).

1. Sınır Koşulu

$$t(0,0) = 0 \text{ ve } t \left[\mu_{\tilde{A}}(x), 1 \right] = t \left[1, \mu_{\tilde{A}}(x) \right] = \mu_{\tilde{A}}(x) \quad (23)$$

2. Değişme Koşulu

$$t \left[\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x) \right] = t \left[\mu_{\tilde{B}}(x), \mu_{\tilde{A}}(x) \right] \quad (24)$$

3. Artan Olmama Koşulu: $\mu_{\tilde{A}}(x) \leq \mu_{\tilde{C}}(x)$ ve $\mu_{\tilde{B}}(x) \leq \mu_{\tilde{D}}(x)$ ise, aşağıdaki eşitsizlik sağlanmalıdır.

$$t \left[\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x) \right] \leq t \left[\mu_{\tilde{C}}(x), \mu_{\tilde{D}}(x) \right] \quad (25)$$

4. Birleşme Koşulu:

$$t \left[\mu_{\tilde{A}}(x), (\mu_{\tilde{B}}(x), \mu_{\tilde{C}}(x)) \right] \leq t \left[(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)), \mu_{\tilde{C}}(x) \right] \quad (26)$$

Literatürde, cebirsel çarpım, sınırlı çarpım, drastic çarpım, minimum ve Eistein çarpımı gibi parametrik olmayan t -eşleşmeleri ile Hamacher sınıfı, Yager sınıfı, Frank sınıfı, Dombi sınıfı ve Dubois-Prade sınıfı gibi parametrik olan t -eşleşmeleri bulanık kesişim kümesinin hesaplanmasında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Söz konusu t -eşleşmeleri aşağıda ifade edilmektedir (Ovchinnikov, 1987: 93).

1- Cebirsel Çarpım: $\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x) \times \mu_{\tilde{B}}(x)$ (27)

2- Sınırlı Çarpım: $\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \max \left[0, \mu_{\tilde{A}}(x) + \mu_{\tilde{B}}(x) - 1 \right]$ (28)

3- Drastic Çarpım: $\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \begin{cases} \mu_{\tilde{B}}(x) ; & \text{eğer } \mu_{\tilde{A}}(x) = 1 \text{ ise} \\ 0 & ; \text{ eğer } \mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x) < 1 \text{ ise} \end{cases}$ (29)

4- Minimum: $\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \min \left[\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x) \right]$ (30)

5- Einstein Çarpımı: $\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \frac{\mu_{\tilde{A}}(x) \times \mu_{\tilde{B}}(x)}{2 - (\mu_{\tilde{A}}(x) + \mu_{\tilde{B}}(x) - \mu_{\tilde{A}}(x) \times \mu_{\tilde{B}}(x))}$ (31)

6- Yager Sınıfı t -Eşleşmeleri (t_w):

$$\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \left\{ 1 - \min \left[(1 - \mu_{\tilde{A}}(x))^w + (1 - \mu_{\tilde{B}}(x))^w \right]^{1/w} \right\} \quad (32)$$

Burada w parametresi $w \in (0, \infty)$ aralığında tanımlanır. Yager sınıfı t -eşleşmeleri, w parametresi 0'a doğru giderken drastic çarpıma; w parametresi sonsuza giderken ise minimuma yaklaşmaktadır (Zimmermann, 2001: 34).

7- Hamacher Sınıfı t -Eşleşmeleri (t_γ):

$$\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \frac{\mu_{\tilde{A}}(x) \times \mu_{\tilde{B}}(x)}{\gamma + (1 - \gamma)(\mu_{\tilde{A}}(x) + \mu_{\tilde{B}}(x) - \mu_{\tilde{A}}(x) \times \mu_{\tilde{B}}(x))} \quad (33)$$

Burada γ parametresi, $\gamma \in (0, \infty)$ aralığında değerler alabilen bir parametredir (Fodor ve Roubens, 1994: 20).

8- Frank Sınıfı t -Eşleşmeleri (t_s):

$$\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \log \left[1 + \frac{(s^{\mu_{\tilde{A}}(x)} - 1)(s^{\mu_{\tilde{B}}(x)} - 1)}{s - 1} \right] \quad (34)$$

Burada s parametresi, $s > 0$ ve $s \neq 1$ koşullarını sağlayan gerçel bir sayıdır. Frank sınıfı t -eşleşmeleri, s parametresi 0'a doğru giderken minimuma, s parametresi 1'e doğru giderken cebirsel çarpıma ve s parametresi sonsuza doğru giderken sınırlı çarpıma yaklaşmaktadır (Fodor ve Roubens, 1994: 20).

9- Dombi Sınıfı t -Eşleşmeleri (t_λ):

$$\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \frac{1}{1 + \left[\left(\frac{1}{\mu_{\tilde{A}}(x)} - 1 \right)^\lambda + \left(\frac{1}{\mu_{\tilde{B}}(x)} - 1 \right)^\lambda \right]^{1/\lambda}} \quad (35)$$

Burada λ parametresi $\lambda \in (0, \infty)$ aralığında tanımlanır. Dombi sınıfı t -eşleşmeleri ile $\tilde{A}$ ve/veya $\tilde{B}$ bulanık kümelerinde üyelik derecesi sıfır olan elemanların bulanık kesişim kümesindeki üyelik derecesi sıfır olarak kabul edilmektedir.

10- Dubois- Prade Sınıfı t -Eşleşmeleri (t_α):

$$\mu_{\tilde{A} \cap \tilde{B}}(x) = \frac{\mu_{\tilde{A}}(x) \times \mu_{\tilde{B}}(x)}{\max(\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x), \alpha)} \quad (36)$$

Burada α parametresi, $\alpha \in [0, 1]$ aralığında değerler alabilen bir parametredir (Zimmermann, 2001: 34).

1.1.6.2. Bulanık Birleşim Kümesi

$\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ kümelerinin üyelik fonksiyonları sırayla $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ve $\mu_{\tilde{B}}(x)$ olarak tanımlandığında, $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ kümelerinin üyelik fonksiyonlarını, $\mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x)$ birleşim kümesinin üyelik fonksiyonuna dönüştüren bir eşleşme aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Butnariu ve Klement, 1992: 18).

$$s[\mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x)] = \mu_{\tilde{A} \cup \tilde{B}}(x) \quad (37)$$

Burada s-eşleşmeleri $[0,1]$ aralığında üyelik değerleri almaktadır.

1.1.6.3. Bulanık Tümlen Kümesi

$c: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$ eşleşmesi bulanık küme $\tilde{A}$ 'nın üyelik fonksiyonunu, bu kümenin tümlen kümesi $\bar{\tilde{A}}$ 'nın üyelik fonksiyonuna dönüştüren bir eşleşme olarak açıklanmaktadır (Klir ve Folder, 1988: 38).

$$c[\mu_{\tilde{A}}(x)] = \mu_{\bar{\tilde{A}}}(x) \quad (38)$$

1.1.7. Bulanık Sayılar

Bulanık kümelerin özel bir alt kümesi olarak ifade edilen bulanık sayılar, belirsiz olan veya yaklaşık sayısal miktarların derecelendirilmesinde kullanılırlar. Örneğin; “yaklaşık olarak 15”, “0’a yakın”, “60’dan büyük” gibi net olmayan yaklaşık sayısal miktarlar bulanık sayı ile tanımlanmaktadır. Bulanık sayıların tanımlandığı evrensel küme, reel sayılar kümesidir (Triantaphyllou, 2000: 242). Bulanık sayılar, konveks, normal, üyelik fonksiyonu $[0,1]$ kapalı aralığında tanımlanmış bir bulanık küme olarak ifade edilmektedir (Cheng, 2004: 1621).

Her bulanık kümenin bir bulanık sayı olduğundan söz edilemez. Bir bulanık kümenin, bulanık sayı olması için;

- i. Bulanık kümede yer alan elemanlardan en az birisinin üyelik derecesinin 1 olması gerekir.

$$\text{yükseklik}(\tilde{A}) = \sup [\mu_{\tilde{A}}(x)] = 1 ; \forall x \in E \quad (39)$$

ii. Bulanık küme dışbükey bir bulanık küme olmalıdır.

$$\mu_{\tilde{A}}(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \min(\mu_{\tilde{A}}(x_1), \mu_{\tilde{A}}(x_2)) \quad \lambda \in [0,1] \quad (40)$$

Bulanık kümedeki her bir α -kesiminin, reel sayı doğrusunun kapalı aralığında tanımlanması gerekir.

$$\{x \in U \mid \mu_{\tilde{A}}(x) \geq \alpha\} \text{ ve } \alpha \in (0,1] \quad (41)$$

iii. Bulanık kümenin destek kümesinin sınırlı olması gerekir.

$$\{x \in U \mid 0 < \mu_{\tilde{A}}(x) < 1\} \quad (42)$$

Bulanık sayılar adlarını üyelik fonksiyonunun tipine göre almaktadırlar. Bu yüzden ne kadar üyelik fonksiyon çeşidi var ise o kadar bulanık sayı çeşidi söz konusudur. Üçgensel bulanık sayılar ve yamuksal bulanık sayılar çalışmalarda en yaygın kullanılanlardır.

1.1.7.1. Üçgensel Bulanık Sayılar

Gerçel sayı doğrusunda tanımlı olan üçgensel bulanık sayılarda; a parametresi bulanık kümenin merkezini, $\alpha > 0$ ve $\beta > 0$ parametreleri isesağ ve sol açıklığı açıklamaktadır. Üçgensel bulanık sayıların üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Cheng, 2004: 1622).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a - \alpha \\ 1 - \frac{a - x}{\alpha}, & a - \alpha \leq x \leq a \\ 1 - \frac{x - a}{\beta}, & a \leq x \leq a + \beta \\ 0, & x > a + \beta \end{cases} \quad (43)$$

Üçgensel bulanık sayılar, iki doğrusal segmentin bir uç noktada birleşmesiyle meydana gelen üyelik fonksiyonundan oluşmaktadır. Bu durum, üçgensel bulanık sayıların grafiksel gösterimlerinde ve üçgensel bulanık sayılarla işlem yapılabilmesinde kolaylık sağlamaktadır. Aynı zamanda bulanık sayılar, az sayıda bileşene sahip oldukları ve az bilgi içerdikleri için kolaylıkla oluşturulabilirler (Bojadziev ve Bojadziev, 1995: 36-37).

1.1.7.2. Yamuksal Bulanık Sayılar

Bir A bulanık kümesi $[a,b]$ aralığında yer alan, sağ ve sol açıklığı sırasıyla $\alpha > 0$, $\beta > 0$ parametreleri ile ifade edilen üyelik fonksiyonlarına yamuksal bulanık sayılar denilmekte ve matematiksel gösterimi aşağıda ifade edilmektedir. Yamuk bulanık sayılar ifade edilirken, “x” değişkeni $[a,b]$ aralığında değer almaktadır (Abbasbandy ve Asady, 2006: 2409).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x \geq b + \beta \\ 1 - \frac{a-x}{\alpha} & , \quad a - \alpha \leq x < a \\ 1 & , \quad a \leq x \leq b \\ 1 - \frac{x-b}{\beta} & , \quad b \leq x < b + \beta \\ 0 & , \quad x \leq a - \alpha \end{cases} \quad (44)$$

1.1.8. Bulanık Mantık Teorisinin Avantajları ve Dezavantajları

Sınıflandırılmış olan nitelikli bilginin kullanılabilir olması, bulanık mantığın avantajlarından biridir. Bulanık mantık uygulamalarının diğer yöntemlere kıyasla avantajları şöyle açıklanabilmektedir:

- Bulanık mantığın insan düşünüş tarzına, insan davranışlarına yakın olması ve bu durumun formüle edilebilmesi, uygulanabilirliğinin hızlı olması ve yeni olanaklara açık olması gibi çeşitli avantajları vardır (Menteş, 2000: 28).
- Bulanık mantık yaklaşımı matematiksel modeli açık ve net tanımlanamamış, zamanla değişiklik gösteren ve doğrusal olmayan sistemlerin önemli uygulama alanlarıdır (Elmas, 2011: 198).
- Yazılımı kolay olduğu için sistem daha ekonomik kurulabilmektedir.
- Üyelik değerlerinin kullanımı sebebiyle, diğer kontrol yöntemlerine nazarandaha esnek bir yapıdadır (Kıyak ve Kahvecioğlu, 2003: 64).

Bulanık mantık kullanımının dezavantajları ise aşağıda ifade edilmektedir (Elmas, 2011: 198):

- Bulanık mantık uygulamalarında kullanılan kuralların uzmanlık deneyimine sahip bireyler tarafından tanımlanması gerekmektedir. Bu kurallara göre genellikle üyelik işlevlerini ve bulanık mantık kurallarını tanımlamak zordur.

- Üyelik değişkenlerini belirlemede kesin sonuca ulaşan belirli bir yöntem ve öğrenme yeteneği söz konusu değildir. En uygun metotlar deneme yanılma yöntemleridir. Ancak deneme yanılma metodunun sonuçlanması uzun zaman almaktadır.

- Uzun testler yapmadan önce gerçekten ne kadar üyelik derecesi gerektiğini belirlemek zordur.

- Üyelik işlevlerinin düzenlenmesi uzun zaman almaktadır ve öğrenilmesi mümkün değildir.

- Sistemlerin kararlılık, gözlemlenebilirlik ve denetlenebilirlik analizlerinin yapılmasında ispatlanmış kesin bir yöntemin olmaması bulanık mantık'ın ana problemidir.

1.2. Çok Amaçlı Karar Verme ve Hedef Programlama

Çevremizde sürekli hareket halinde olan dünyaya tek yönlü bir bakış açısı ile bakmak ve her şeyi tek kriter ile değerlendirmek mümkün değildir. Birçok karmaşık bakış açısını içinde bulunduran dünyada seçim yapabilmek için seçim kriterlerine göre amaçların karşılaştırılması ve daha sonra sıralanması gerekmektedir. Sadece basit ve belli durumlarda tek bir seçim kriteri yeterlidir. Ancak sistem içerisinde tek amaçtan ziyade birden çok veya birbirleriyle çatışan amaçların ortaya çıktığı durumda tek bir seçim kriteri yeterli olmadığı için zaman içerisinde bu alanda çok sayıda matematiksel yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlere “çok amaçlı karar verme yöntemleri” denilmektedir (Zeleny, 2011: 77-78).

Çok amaçlı karar verme yöntemleri, birden çok ve eş zamanlı uygulanan kriterlerin içerisinden optimal alternatifin seçilmesine olanak sağlamaktadır. Mantıklı bir karar verilmesi için optimal alternatifin seçilmesi, kısıtlar ve yönetimin amacı dikkate alınarak sınırlandırılmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, amaçların başarı ile yerine getirilmesi ve seçilmesi gerekmektedir (Mendoza ve Prabhu, 2000: 108).

Çok değişkenli ve deterministik bir model olan hedef programlama, çok amaçlı karar verme yöntemleri içerisinde en eski yöntemlerden biridir. Hedef

programlamayöntemi, işlevsel araştırmalarıyla bilinen Romero'ya dayandırılmaktadır (Charnes ve diğerleri, 1955: 138-139). Charnes ve Cooper 1952 yılında doğrusal programlamanın geliştirilmiş ve farklı biçimi olan “kısıtlı regresyon” olarak ifade edilen bir yaklaşımın ortaya çıkarılmasını sağlamışlardır. 1961 yılında yayınlanan çalışmalarında “kısıtlı regresyon” un daha kapsamlı halini “hedef programlama” olarak adlandırmışlardır (Ignizio, 1985: 11-12). Son 20 yıldır hemen hemen her yönetim bilimi ya da yöneylem araştırması kitaplarında hedef programlama yer almaktadır (Schniederjans, 1995: 1-2).

Çok etkin ve önemli bir yöntem olan hedef programlama Charnes ve Cooper tarafından 1961 yılında ortaya çıkarılmıştır. 1965’de Ijiri’nin “genelleştirilmiş ters alma tekniği” (generalized inverse technique) ve 1968’de Contini hedef programlamanın belirsizlik durumunda uygulanabileceğini göstermiş ve böylece hedef programlama yöntemi gelişmeye başlamıştır. Bu gelişmeler ile birlikte hedef programlama sosyal, ekonomik vb. birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin; hastane yönetimi, medya çözümleri ve üretim planlaması bu alanlar içerisinde gösterilmektedir (Mızrak, 2003: 4).

Hedef programlama, çeşitli hedeflerden oluşan doğrusal programlama problemlerine uygulanmaktadır. Hedef programlama, hedef değerler ve elde edilen sonuçlar arasındaki sapmaların minimize edilmesi ve çatışan hedeflerin yönetilmesi için kullanılmaktadır (Leung ve diğerleri, 2003: 427). Hedef programlama yöntemi, amacı optimize etmek yerine, alternatif çözümler arasından en iyisinin seçilmesine olanak sağlamaktadır (Maria ve diğerleri, 2003: 22). Farklı bir bakış açısına göre; hedef programlama yönteminde temel amaç, karar verme problemi ile ilgili çeşitli hedeflerin aynı anda tatmin edilmeye çalışılmasıdır (Romero, 1991: 2).

Hedef programlamanın arka planındaki temel mantık, aynı anda birçok amacı birlikte gerçekleştirmeye çalışmasıdır. Çoğu zaman, tüm amaçların birlikte tatmin edilmesi mümkün değildir. Bu amaçlar için belirlenen hedef değerlerinden birini arttırmaya / azaltmaya çalışmak diğeri üzerinde ters etki yapabilir. Bu durumda amaçlara karar verici tarafından öncelik verilmektedir. En yüksek öncelik, yönetici için en önemli amacı temsil etmektedir ve diğer amaçlar buna göre listelenmektedir. Bu programlama ile tüm amaçların önceliklerini dikkate alarak her bir amacın nispi

önemine dayanan kısıtlar altında hedefe ulaşılması istenmektedir (Mızrak, 2003: 4; Tamiz, 1996: 199).

1.2.1. Hedef Programlamanın Bileşenleri

Hedef programlama modelinin bileşenleri yedi başlık altında toplanmaktadır:

1. Amaç: Karar vericinin isteklerini genel olarak dile getiren ifadedir. Örneğin karar vericilerin amaçları arasında personel değişimini minimize etmek, kârı maksimize etmek gibi kararlar yer almaktadır (Schniederjans, 1984: 67-68). Ignizio amacı, “karar vericinin istediği genel bir ifadenin yansıması” şeklinde tanımlamıştır (Ignizio, 1976: 4).

2. Hedef: Ulaşılacak istenilen amacın sayısal olarak gösterilmiş halidir (Schniederjans, 1984: 67-68). Karar vericilerin ihtiyaçları şeklinde de tanımlanmaktadır. Hedef, amaçların tamamen gerçekleştiği durumda ya da amaçlara yaklaşıldığında oluşmaktadır (Zeleny, 1982: 17). Ignizio hedefi, “istenilen bir seviye ile belirlenen amaç” şeklinde tanımlamıştır (Ignizio, 1976: 4).

3. Sapma Değişkenleri: Sapma, beklenen başarı ile gerçekleşen başarı arasındaki fark olarak ifade edilmektedir (Ergün, 2006: 17-18). Her bir hedef değeri için pozitif sapma ve negatif sapma olarak belirtilen iki farklı sapma değişkeni bulunmaktadır. Hedefe tamamen ulaşılıyorsa sapma değişkenleri sıfır değerini, hedefe ulaşamamış ise sapma değişkenleri negatif değer, hedefin üzerinde bir başarı elde edilmişse pozitif değer almaktadır (Cinemre, 2011: 346). Hedeften pozitif yönde sapmalar d_i^+ ve negatif yönde sapmalar ise d_i^- değişkenleri ile ifade edilmektedir (Schniederjans, 1984: 67-68).

4. Karar Değişkenleri: Karar vericiler tarafından değeri belirlenecek olan elemanlara karar değişkeni denilmekte ve x_i ile gösterilmektedir (Öztürk, 2011: 265).

5. Kısıtlar: Kısıtlar sistem kısıtları ve hedef kısıtları olarak iki gruba ayrılmaktadır.

Sistem Kısıtları: Teknoloji kısıtları olarak da bilinen sistem kısıtları, tamamen sağlanması gereken, hiçbir sapmaya izin verilmeyen ve değiştirilmesi olanaksız olan kısıtlardır (Alp, 2008: 76). Elde edilecek hammaddenin miktarı,

makinelerin teknik kapasiteleri, toplam işgücü miktarı gibi birçok faktör bu kısıtları belirlemektedir (Schniederjans, 1984: 67-68).

Hedef Kısıtları: Karar verici tarafından belirlenen hedeflerin oluşturduğu hedef kısıtlarıdır ve sistem kısıtları gibi katı değildir. Sistem kısıtları sağlandıktan sonra hedef kısıtlarının sağlanması gerekir. Hedef tam olarak sağlandığında sapma değeri sıfır olmaktadır. Hedefin üstünde bir başarıya ulaşılmışsa pozitif sapma, hedefe ulaşılammışsa negatif sapma oluşmaktadır (Ergün, 2006: 17-18).

6. Amaç Fonksiyonları: Herhangi bir amaç için belirlenen hedeften oluşan sapmaları minimize eden fonksiyona amaç fonksiyonu denilmektedir. Hedef programlama yönteminde amaç fonksiyonunun en uygun değeri, hedef ve sistem kısıtlayıcılarının belirlediği çözümün içinde yer almaktadır (Öztürk, 2011: 266).

7. Birleşik Erişim Fonksiyonu: Bütün amaç fonksiyonlarının belirli bir öncelik sırasını baz alarak, öncelikler toplamı biçiminde yazılmasıyla oluşturulmaktadır. Erişim fonksiyonunun oluşturulmasındaki amaç; çok amaçlı modeli, tek amaçlı bir modele indirgeyebilmek ve böylece hedeflerden oluşan sapmaların toplamını minimize etmektir (Ergün, 2006: 15).

Hedef programlama yönteminde, iki ve daha fazla amaca sahip olan karar problemlerinin çözümü yapılmaktadır. Hedef programlama kullanıcıya, amacın önceliklerine göre etkin bir çözüm yolu sunmakta ve birbirine zıt olan amaçları da amaç fonksiyonuna dahil edebilmektedir. Hedef programlama modelinde simpleks yöntemi kullanılmaktadır ve bu yöntem sayesinde hesaplamalar hızlı ve sonuçlar etkin olmaktadır (Alp, 2008: 77). Aynı zamanda bu yöntemde farklı hedeflere farklı ağırlıkların atanmasına izin verilmektedir (Nijkamp ve Spronk, 1978: 5).

Hedef programlama yönteminde analiz devam ederken karar vericinin problem hakkındaki bilgileri değiştiği takdirde, ağırlıkları, istek seviyeleri veya öncelik sıralamaları da değiştirilebilmektedir (Farooq, 2013: 26). Bu yöntemde, öncelik düzeyleri dışında, standart bir ölçü birimine gerek duyulmamaktadır (Atlas, 2008: 55).

Hedef programlama yönteminin avantajlarının yanı sıra dezavantajları da bulunmaktadır. Hedef programlamada amaç fonksiyonu, birden fazla başarı

fonksiyonunun bir araya gelmesiyle oluşturulduğu için karmaşık bir yapıya sahiptir. Hedef programlamanın hedef değerlerini karar vericiler belirlediği için özel bir nitelik taşımaktadır ve karar vericilerin tercihleri hakkında olası bilgiye ihtiyaç duymaktadır. Aynı zamanda karar vericiler hedeflerin ağırlık ve öncelik seviyelerini belirlemektedirler. Yapılan işlemlerin çözümünde elde edilen sonucun, karar vericiler tarafından daima tatmin edici olması beklenmemektedir. Karar vericiler yüksek öncelikli bir hedefte çok az sapmaya izin vererek, düşük öncelikli bir hedefe daha çok yaklaşmak isteyebilirler. Ancak hedef programlama böyle bir duruma izin vermemektedir (Taha, 1997: 357-359; Charnes ve Cooper, 1977: 39).

1.2.2. Hedef Programlama Modeli

Çok amaçlı programlama modellerinde, genellikle birbiriyle çatışan amaçları sınırlayıcı kümeler ile eş zamanlı olarak tatmin eden bir çözüm kümesinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Hedef programlama modelinde ise karar vericilerin tatmin edici olarak gördüğü bir çözüm kümesi belirlenmeye çalışılmaktadır (Özkan, 2003: 174).

Hedef programlama modeli oluşturulurken gerekli aşamalar aşağıda belirtilmektedir:

Karar değişkenlerinin belirlenmesi: Hedef programlama yöntemine uygun olarak karar değişkenlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Karar değişkenlerinin açık ve belirgin biçimde belirtilmesi modeli hızlı bir şekilde oluşturmaktadır (Öztürk, 2011: 268).

Hedef kısıtlarının belirlenmesi: Karar vericiyi tatmin edecek hedef kısıtlarının belirlenmesi önemlidir. Hedef kısıtları için ilk olarak sağ taraf sabitleri tanımlanmakta ve daha sonra kısıtlardaki uygun teknoloji katsayıları, karar değişkenleri ve sapma değişkenleri kısıtlara eklenmektedir. Hedef kısıtları için üç farklı durum söz konusudur;

$$f_i(x) \leq a_i \quad (45)$$

$$f_i(x) \geq a_i \quad (46)$$

$$f_i(x) = a_i \quad (47)$$

a_i değerini aşan miktar d^+ ve a_i değerinin altında kalan miktar d^- sapma değişkenleri ile gösterilmektedir.

$f_i(x) \leq a_i$ eşitsizliğinde hedef kısıtındaki i 'nci hedef, belirlenen başarı düzeyinden az veya eşit ise pozitif sapma değişkeni d_i^+ 'nin oluşabilecek en küçük pozitif değeri alması gerekmektedir.

$f_i(x) \geq a_i$ eşitsizliğinde hedef kısıtındaki i 'nci hedef, belirlenen başarı düzeyinden fazla veya eşit ise oluşabilecek negatif sapma değişkeni d_i^- 'nin oluşabilecek en küçük pozitif değeri alması gerekmektedir.

$f_i(x) = a_i$ eşitliğinde hedef kısıtındaki i 'nci hedef, belirlenen başarı düzeyini tamamen karşılıyor ise hem pozitif sapma değişkeni d_i^+ hem de negatif sapma değişkeni d_i^- 'nin toplamalarının aynı zamanda minimize edilmesi gerekmektedir (Ignizio ve Cavalier, 1994: 549).

Hedeflerin önceliklerinin sıralanması: Hedefler arasında bir öncelik sırasının olup olmasına göre hedeflerin sıralanması gerekmektedir. Genellikle karar verici önceliklerin sıralanmasına karar vermektedir (Schniederjans, 1984: 31-32).

Ağırlıkların tanımlanması: Burada belirli bir hedef düzeyine göre seçilen tercihler sıralanmaktadır ve tercihlere uygun ağırlıklar atanmaktadır. Böyle bir durum söz konusu değil ise bu aşama atlanabilmektedir.

Amaç fonksiyonunun belirlenmesi: Bu aşamada önemli olan nokta, amaç fonksiyonunda yer alacak doğru sapma değişkenlerinin seçilmesidir. Sonraki aşamada gerek duyulduğu takdirde, öncelik faktörleri ve ağırlıklar eklenebilmektedir (Schniederjans, 1984: 31-32).

Hedef programlama modelinin matematiksel gösterimi aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Charnes ve Cooper, 1977: 48).

$$\text{Min}Z = \sum_{i \in m} (d_i^+ + d_i^-)$$

Kısıtlar

$$\begin{aligned}
 \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - d_i^+ + d_i^- &= b_i \\
 d_i^+ * d_i^- &= 0 \\
 d_i^+, d_i^-, x_j &\geq 0 \\
 i &= 1, 2, \dots, m \\
 j &= 1, 2, \dots, n
 \end{aligned} \tag{48}$$

Hedef programlama modelinde:

x_j = j . karar değişkenini,

a_{ij} = i . hedefin j . karar değişkeninin katsayısını,

b_i = i . hedef için ulaşılmak istenen değeri,

d_i^+ = i . hedefin pozitif sapma değişkenini,

d_i^- = i . hedefin negatif sapma değişkenini belirtmektedir.

Modelde yer alan $d_i^+ * d_i^- = 0$ kısıtı her bir hedefte yer alan sapma değişkenlerinin aynı anda oluşamayacağını, sapma değişkenlerinden en az birinin ya da ikisinin de 0 olması gerektiğini ifade etmektedir. Hedef programlama modelinde, karar verici hedeflerden oluşabilecek sapmaları minimize etmek istemektedir (Romero, 2001: 66). Buna göre, hedefler için oluşabilecek sapmalar Tablo 2’de gösterilmektedir.

Tablo 2: Hedef Programlama Modelinde Hedefler İçin Belirlenen Erişim Seviyelerinde Oluşabilecek Sapmalar

Hedef Kısıtları	İstenmeyen Sapma	Muhtemel Sapma Türü	İstenen Sapma	Sağ Taraf İçin İstenilen Kullanım
$a_{ij} x_{ij} + d_i^- - d_i^+ = b_i$	d_i^-	Negatif ve Pozitif	Pozitif	$\geq a_i$
$a_{ij} x_{ij} + d_i^- - d_i^+ = b_i$	d_i^+	Negatif ve Pozitif	Negatif	$\leq a_i$
$a_{ij} x_{ij} + d_i^- - d_i^+ = b_i$	d_i^- ve d_i^+	Negatif ve Pozitif	Yok	$= a_i$

Kaynak: Schniederjans, 1984: 70.

1.2.3. Hedef Programlama Modelleri

Hedef Programlama modeli ilk kez Charnes ve Cooper'ın yapmış olduğu çalışma ile ortaya atılmıştır (Charnes ve Cooper, 1977: 40). Hedef programlamanın ana amacı, hedeflerin başarısını etkileyen sapmaları minimize etmektir (Romero, 1991: 3).

1.2.3.1 Tek Hedefli Programlama

İlgilenilen modelde problemin çözülmesi için tek bir hedefin söz konusu olduğu duruma tek hedefli hedef programlama denilmektedir. Söz konusu problem için modelin kurulması ve çözümü açısından en basit hedef programlama modelidir. Tek hedefli hedef programlama aşağıdaki biçimde formüle edilmektedir (Öztürk, 2011: 270; Bilgin, 2013: 41):

$$\text{Min } Z = d_i^- \quad (49)$$

1.2.3.2. Eşit Ağırlıklı Çok Hedefli Programlama

İlgilenilen modelde belirlenen hedeflerin önem düzeyleri dikkate alınmaksızın, tüm hedeflerin eşit önemde kabul edildiği programlamadır. n hedefli bir hedef programlama modelinin öncelik yöntemine göre oluşturulmuş amaç fonksiyonu aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Taha, 1997: 358).

$$\text{Min } Z = d_1^- + d_2^+ + \dots + d_n^+ \quad (50)$$

Modele ilişkin hedeflerin eşit önemli olduğu durumda, yukarıda belirtilen amaç fonksiyonunun minimize edilmesi istenilmektedir (Öztürk, 2011: 274).

1.2.3.3. Öncelikli Hedef Programlama

“Preemptive” olarak da bilinen öncelikli hedef programlama, karar vericilerin kararını dikkate alarak herhangi bir hedef değerinin önem derecesinin, diğer hedeflere göre daha önemli olduğu durumlarda tercih edilen programlamadır (Levin ve diğerleri, 1992: 698).

Öncelikli hedef programlama, farklı öncelik düzeylerinde olan hedefler arasındaki değişimin belirsizliğini açıklamaktadır. Bu model, sadece daha yüksek öncelikli hedefler için yüksek başarıyı elde eden çözümlere ulaşmaktadır (Aköz ve Petroviç, 2007: 1428).

Hedefler arasında öncelikler oluşturulmakta ve $P_1 > > > P_2 > > > \dots > > > P_n$ şeklinde gösterilmektedir. Örneğin kâr pazar payından daha önemli ise, kâr hedefinin pazar payının hedefinden önce karşılanması gerekir (Cinemre, 2004: 326).

Öncelikli hedef programlama ile ilgili ilk formülasyon Lee tarafından 1972 yılında uygulanmıştır (Schniederjans, 1995: 6). Charnes ve Cooper ağırlıkları kapsamayan, sadece hedefler arasındaki önceliklerin sıralandığı modeli önermişlerdir. Bu modelin matematiksel gösterimi aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Charnes ve Cooper, 1977: 41):

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m P_i (d_i^- + d_i^+) \quad (51)$$

$$\text{Kısıtlar: } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + d_i^- - d_i^+ = b_i \quad (52)$$

$$x_j, d_i^-, d_i^+ \geq 0 \quad i=1,2,\dots,n \quad (53)$$

$$P_1 > > > P_2 > > > \dots > > > P_k$$

Birinci öncelikli hedef olan P_1 'den başlayarak daha düşük öncelikli hedefler olan $P_2, P_3, \dots, P_n$ 'e doğru gidilerek çözüm yapılmaktadır. Çözüm yapılırken daha düşük öncelikli hedefler, yüksek öncelikli hedeflerin en uygun değerini etkilememelidir.

1.2.3.4. Ağırlıklandırılmış Hedef Programlama

“Archimedean” olarak da bilinen ağırlıklandırılmış hedef programlamada oluşan her sapmaya belli bir ağırlık verilmektedir. Bu ağırlıklar, karar vericinin karar almadaki önem derecesini göstermektedir. Oluşan modelin amaç fonksiyonu, problemin hedeflerini gösteren fonksiyonların ağırlıklandırılmış toplamıdır. Bu

yöntemin amacı, modelde oluşan sapmaların ağırlıklandırılmış toplamalarının minimize edilmesidir (Öztürk, 2011: 279).

Charnes ve Cooper (1961) ağırlıklandırılmış model ile ilgili olarak çalışmalar gerçekleştirmişler ve 1977 yılında ağırlıklandırılmış hedef programlama modelini önermişlerdir. Bu modelin matematiksel gösterimi aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Taha, 1997: 355):

$$\text{Min } Z = \sum_{i \in m} (w_i^+ d_i^+ + w_i^- d_i^-) \quad (54)$$

$$\text{Kısıtlar: } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_{ij} - d_i^- + d_i^+ = b_i \quad (55)$$

$$d_i^+, d_i^-, x_j \geq 0 \quad (56)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, n$$

Modelde ifade edilen w_i^+ , pozitif sapma değişkenine ait olan göreceli ağırlık ve w_i^- ise negatif sapma değişkenine ait olan göreceli ağırlık değeridir (Taha, 1997: 355).

1.2.3.5. Ağırlıklı Öncelikli Hedef Programlama

Ağırlıklı öncelikli hedef programlama modelinde hedefler, önceliklerine göre gruplandırılmaktadır. Hedefler en yüksekten, yani birinci öncelikli düzeyden başlayarak sırasıyla ikinci öncelikli düzeydeki hedefler, üçüncü öncelikli düzeydeki hedefler ve tüm öncelik düzeylerindeki hedefler sağlanmaya çalışılmaktadır (Steuer, 1986: 292).

Ağırlıklı öncelikli hedef programlama yönteminde aynı öncelikte ama farklı ağırlıkta olan hedefe ait iki veya daha fazla sapma değişkeni, aynı öncelik seviyesinde amaç fonksiyonunda bulunmaktadır (Öztürk, 2011: 285). Böyle bir durum söz konusu olduğunda, sapma değişkenlerinin öncelik değeri aynı P_i değeri ise, bu sapma değişkenlerinde ağırlıkların kullanılmasıyla sapma değerlerinin önem derecesi belirlenmektedir. Örneğin, amaç fonksiyonu;

$$\text{Min } Z = P_1 d_1^+ + P_2 d_2^- + P_3 2 d_3^- + P_3 d_3^+ + P_4 d_4^- \quad (57)$$

biçiminde ifade edildiğinde belirlenen ağırlıklar üçüncü hedefin negatif sapma değişkeninin pozitif sapma değişkeninden iki kat daha fazla öneme sahip olduğunu göstermektedir ve bu durum birden fazla hedefin aynı öncelik seviyesinde bulunduğu durumda oluşmaktadır (Öztürk, 2011: 285).

1.2.4. Hedef Programlama Yaklaşımları

Bu bölümde doğrusal, doğrusal olmayan, tam sayılı ve bulanık hedef programlama olmak üzere dört temel hedef programlama yaklaşımı ele alınmaktadır.

Doğrusal Hedef Programlama

Amaç fonksiyonu, sistem ve hedef kısıtlayıcıları eşitliklerinin tamamı doğrusal olan hedef programlama yaklaşımıdır. Doğrusal hedef programlamanın kullanımının açık, anlaşılır olması ve birçok uygulama alanında uygulanabilir olması bakımından çok amaçlı doğrusal programlama içerisinde en çok tercih edilen yöntemlerdendir (Taha, 1997: 349; Ignizio, 1982: 506).

Doğrusal Olmayan Hedef Programlama

Hedef programlama modelinde kullanılan amaç fonksiyonu, sistem ve hedef kısıtlarından herhangi birisinin veya hepsinin doğrusal olmayan yapıda bulunduğu hedef programlama yaklaşımıdır.

İlk kez 1963 yılında Ignizio tarafından uygulanmıştır. Doğrusal olmayan hedef programlamanın, hali hazırda var olan ve birçok modele uygulanan hedef programlama tekniklerinin birden fazla amaca sahip olan doğrusal olmayan modellere uygulanması ile çözüme ulaşılmaktadır (Duman, 2002: 23).

Tamsayılı Hedef Programlama

Doğrusal hedef programlama yönteminin bölünebilirlik varsayımının görmezden gelindiği durumda ortaya çıkan hedef programlama modelidir. Tamsayılı hedef programlama yaklaşımları üç farklı yapıda olabilmektedirler.

Arı (Saf) tamsayılı hedef programlama, model içerisindeki bütün karar değişkenlerinin tam sayılı değerler aldığı durumda oluşan yaklaşımdır (Öztürk, 2011: 304).

0-1 Tamsayılı hedef programlama modeli, karar vericinin iki karar seçeneğinin bulunduğu ve bunlardan birisinin tercih edildiği yaklaşımdır. “1” tamsayı değeri faaliyetin yerine getirildiğini, “0” tamsayı değeri ise faaliyetin yerine getirilmediğini belirtmektedir (Alp, 2008: 62).

Karma tamsayılı hedef programlama, karar değişkenlerinin bir kısmının tamsayı ve diğer kısmının tamsayı olmayan değerler aldığı durumda uygun olan hedef programlama yaklaşımıdır (Trivedi, 1981: 1020).

Bulanık Hedef Programlama

Günümüzde birçok çeşitli durumda, karar vericiler kesin olarak belli olmayan hedeflerle karşılaşmaktadırlar. Bu tür durumlarla karşılaşıldığı takdirde karar verme sürecinde bulanık küme teorisine ihtiyaç duyulmaktadır. Bulanık hedef programlama yaklaşımı, belirsiz olan hedeflerin bulunduğu durumlarda kullanılmaktadır. Amaca ulaşma seviyesini göstermek amacı ile kullanılan hedeflerde “kesin” yerine, “yaklaşık” gibi belirsizlik içeren ifadelerin yer aldığı durumda bulanık hedef olarak isimlendirilen bulanık hedef programlama yaklaşımından yararlanılmaktadır (Martel ve Aouni, 1998: 130).

Bulanık ortamda belirsiz hedef değerlerinin belirlenmesi için Zimmermann (1978) tarafından tanıtılan bulanık hedef programlama ilk olarak 1980 yılında Narasimhan tarafından ileri sürülmüştür. Hannan (1981); ve Tiwari, Dharmar ve Rao (1986, 1987) Ohta ve Yamaguchi (1996); Mohamed (1997); Mohammed (2000); Chen ve Tsai (2001) gibi bazı araştırmacılar bulanık hedef programlama yaklaşımını kullanarak karar problemleri üzerinde yoğunlaşmışlardır. Bu araştırmacılar aynı zamanda problemlerin formüle edilmesini ve bulanık hedeflerin bulanık öncelikleri

için çalışmalar yapmışlar ve çözüm yöntemleri bulmuşlardır (Balaman, 2014: 83; Akman, 2009: 34).

Bulanık kümelerin, optimizasyon problemlerine uygulanmasıyla bulanık hedef programlamaya ulaşılmaktadır. Bulanık hedef programlama yönteminin en belirgin özelliği, hedef değerlerinin belirsiz olmasıdır. Bulanık hedef programlamanın ana hatlarını bulanık karar, optimal çözüm ve bulanık hedef oluşturmaktadır (Lai ve Hwang, 1994: 139).

Bulanık bir karar, bulanık kısıtların ve bulanık amaçların kesişimi şeklinde tanımlanmakta ve üyelik fonksiyonu ile ifade edilmektedir. Elde edilen alternatif çözümler üyelik fonksiyonu ile bulanık kısıtları ve hedeflerin sağlanmasındaki başarılarına göre sıralanmaktadır (Bellman ve Zadeh, 1970: 150; Zimmermann, 1987: 19).

Optimal çözüm, alternatifler içinden en iyisinin seçilmesi ile belirlenmektedir. Bulanık karar kümesi için en iyi çözüm, bulanık kısıt ve hedeflere en çok yaklaşan çözüm olarak kabul edilmektedir. Bulanık karar kümesi içindeki üyelik derecesini maksimize eden çözüm “optimal çözüm” olarak kabul edilmektedir. Buradaki açıklamadan da anlaşılacağı gibi optimizasyon düşüncesinden çok, bir tatmin etme düşüncesi hakimdir (Lai ve Hwang, 1994: 139).

Karar verici tarafından belirlenen ve aralıklar halinde ifade edilen hedeflere bulanık hedef denilmektedir. “A” bir hedef değerini ifade ediyorsa, “A’nın değeri yaklaşık 400 olmalıdır.” ifadesi, “A” hedefinin bulanık bir hedef olduğunu belirtmektedir. Bulanık küme yönteminde her bulanık küme bir alt ve üst sınıra sahip olduğu için bu örnekte “A” değerine bir alt ve üst sınır eklenmektedir. “A” bir aralık şeklinde ifade edilmektedir. Bulanık küme teorisi, karar vericilerin öznel yargılarına göre belirlenen hedef değerleri için “.....’e eşit” ve “.....’den oldukça küçük” şeklinde ifade edilen erişim düzeylerinin tanımlanmasına izin vermektedir (Lai ve Hwang, 1994: 139).

Bulanık hedef, seçenekler kümesi olarak da bilinen evrensel kümenin bir alt kümesi olan $\tilde{G}$ bulanık kümesi veya $\mu_{\tilde{G}}(x)$ üyelik fonksiyonu ile tanımlanmaktadır. $\mu_{\tilde{G}}(x)$ üyelik fonksiyonu, $\mu_{\tilde{G}}(x) \in [0,1]$ aralığında bulunma koşulu belli bir x vektörünün bulanık hedefe olan üyelik derecesini ifade etmektedir. $\mu_{\tilde{G}}(x) = 1$ olduğu

durumda hedefe tam anlamıyla ulaşıldığı, $\mu_{\tilde{C}}(x) = 0$ olduğu durumda hedefe tam ulaşılmadığı ve $0 < \mu_{\tilde{C}}(x) < 1$ olduğunda ise hedefe kısmen ulaşıldığı kanısına varılabilmektedir (Zimmermann, 2001: 248).

Bulanık ortamdaki olaylar bütününe “bulanık kısıtlayıcılar” adı verilmektedir. Bulanık kısıtlayıcılar evrensel kümede yer alan $\tilde{C}$ bulanık kümesi veya $\mu_{\tilde{C}}(x)$ üyelik fonksiyonuyla tanımlanmaktadır. Bulanık kısıtlayıcılar kümesinin üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{C}}(x) \in [0,1]$ aralığında bulunma koşulu ile belirli bir x vektörünün bulanık kısıtlayıcısının üyelik derecesini ifade etmektedir. $\mu_{\tilde{C}}(x) = 1$ olduğu durumda, ilgilenilen kısıtlayıcının tam anlamıyla tatmin edildiği, $\mu_{\tilde{C}}(x) = 0$ olduğu durumda, kısıtlayıcının tam anlamıyla tatmin edilmediği ve $0 < \mu_{\tilde{C}}(x) < 1$ olduğunda ise kısıtlayıcının kısmen tatmin edildiği gösterilmektedir (Zimmermann, 2001: 248).

Bulanık karar kümesi, $\tilde{D}$ kümesi veya $\mu_{\tilde{D}}(x)$ üyelik fonksiyonuyla gösterilmektedir. Bulanık karar kümesi genellikle “ $\tilde{G}$ hedefine ulaşmak ve $\tilde{C}$ kısıtlayıcısını tatmin etmek” biçimindeki kurala göre belirlenmektedir (Kacprzyk ve Orlovski, 1987: 69). Bulanık karar kümesi, $\tilde{D} = \tilde{G} \cap \tilde{C}$ şeklinde gösterilmektedir (Zimmermann, 2001: 248).

Bulanık kümeler sonsuz sayıdaki üyelik fonksiyonu ile tanımlanmaktadır. Bulanık hedef literatürde üçgensel, ikizkenar, yamuk, gaussian, çan eğrisi, sigmoidal, s tipi, π üyelik fonksiyonu tipi 1 ve π üyelik fonksiyonu tipi 2 olmak üzere farklı özelliklerdeki üyelik fonksiyonları ile belirtilmektedir. Hangi üyelik fonksiyonunun seçileceğini karar verici belirlemektedir. Bulanık hedef programlama için geliştirilen çözüm tekniklerinin çoğunluğunda hesaplama ve işlemsel kolaylık sağladığı için Zimmermann’ın üyelik fonksiyonları tercih edilmektedir.

Zimmermann’a göre, bulanık eşitsizlik tam anlamıyla tatmin ediliyorsa üyelik derecesi “1” olmalı, bulanık eşitsizlik tam anlamıyla tatmin edilmiyorsa üyelik derecesi “0” olmalı ve üyelik derecesi 0’dan 1’e doğru tek düze olarak artmalıdır. Bu durum matematiksel olarak aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Zimmermann, 2001: 340).

$(A_x)_i$: hedef kısıtını,

b_i : karar vericinin belirlediği erişim değerini,

d_i : karar vericinin belirlediği erişim değerinde oluşan sapmalar için kabul edilen tolerans miktarı olarak tanımlanmaktadır.

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 1, & \text{Eğer } (A_x)_i \leq b_i \\ \in [0,1], & \text{Eğer } b_i \leq (A_x)_i \leq b_i + d_i \quad (i=1,2,\dots,m+1) \\ 0, & \text{Eğer } (A_x)_i \geq b_i + d_i \end{cases} \quad (58)$$

Zimmermann'a ait üyelik fonksiyonlarının gösterimi aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır (Zimmermann, 2001: 340; Özkan, 2003: 182).

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 0 & : (A_x)_i \leq b_i - d_i \\ 1 - \frac{b_i - (A_x)_i}{d_i} & : b_i - d_i \leq (A_x)_i \leq b_i \\ 1 - \frac{(A_x)_i - b_i}{d_i} & : b_i \leq (A_x)_i \leq b_i + d_i \\ 0 & : (A_x)_i \geq b_i + d_i \end{cases} \quad (59)$$

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 0 & : (A_x)_i \geq b_i - d_i \\ 1 - \frac{b_i - (A_x)_i}{d_i} & : b_i \leq (A_x)_i \leq b_i + d_i \\ 1 & : (A_x)_i \geq b_i \end{cases} \quad (60)$$

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 0 & : (A_x)_i \leq b_i - d_i \\ 1 - \frac{(A_x)_i - b_i}{d_i} & : b_i - d_i \leq (A_x)_i \leq b_i \\ 1 & : (A_x)_i \geq b_i \end{cases} \quad (61)$$

1.2.5. İşletme Kararlarında Hedef Programlama Uygulanmasına İlişkin Literatür Taraması

Hedef programlama yöntemi ilk kez Charnes ve Cooper (1955) tarafından ortaya atılmıştır. Charnes ve Cooper'ın hedef programlama ile ilgili yaptıkları araştırmalar sonucunda hedef programlama yönteminin genel matematiksel hali tanımlanmıştır. Charnes ve Cooper tarafından 1961 yılında yapılan diğer bir çalışma ile de hedef programlama yönteminin belirli ve kısıtlı denklemler altında, hedeflere ulaşılması mümkün olan amaç fonksiyonunun optimizasyonunda kullanılan bir yöntem olarak belirtilmiştir. Hedef programlama yöntemi ile her bir amaç fonksiyonunda oluşan sapmalar ortaya konulmuştur. Bu sapma değişkenlerinin başarıya ulaşması ile fonksiyonların minimize edildiği ve çözümlenemeyen doğrusal programlama problemlerinin çözüme ulaştırıldığı açıklanmıştır.

Ijiri (1965) çalışmasında, hedef programlama yönteminin prosedür ve prensiplerini ayrıntılı olarak ele almıştır. Ijiri bu çalışmasında hedef programlama yönteminin çözümünü daha işlevsel hale getirmiştir. Çalışmada, ana yönetim amaçlarını birbiri ile ilgili alt amaçlara bölerek ve bu alt amaçları daha açık biçimde saptamayı, ölçmeyi, ağırlıklandırmayı ve önceliklendirmeyi amaçlamaktadır. Daha sonra hedef programlama yönteminin ağırlıklandırma ve önceliklendirme yöntemlerini bir araya getirerek bir veya daha çok alt amaçlara sahip bir veya birden çok amaçlara yönelik formülasyonlarını tanımlamıştır.

Lee ve Clayton (1972) çalışmasında, amaçları karşılaştırmanın söz konusu olmadığı durumlarda karar vericinin bu amaçları önceliklendirmesi üzerinde durmuştur.

Ignizio (1976) çalışmasında, doğrusal, doğrusal olmayan, doğrusal tamsayılı ve doğrusal 0-1 hedef programlama yöntemlerine yönelik yaklaşımlar ve çözümlemeler konusunu ele alarak örnek problemlere yer vermiştir. Bunun yanı sıra, doğrusal hedef programlama yöntemine yönelik Fortran bilgisayar dilinde yazılmış bilgisayar programı da geliştirmiştir.

Zanakis ve Smith (1980) çalışmalarında, çeşitli yan ürünleri ve son ürünleri olan nükleer fabrikada üretim planlaması için hedef programlama modelini

kullanmışlardır. Yönetimin hedeflerine optimal şekilde erişmesi için her bir ürünün üretim seviyelerini belirlendiği bir model geliştirmişlerdir.

Walker (1985) çalışmasında, hedef programlama yöntemine alternatif bir yaklaşım tanımlamıştır. Bu yaklaşım sapma değişkenlerinin ağırlıklandırılmasını ve önceliklendirilmesini bir araya getirerek, amaçlara göre hedef düzeylerinin önceden belirlenmesine gerek duyulmaksızın hedef programlama yöntemine yenilik getirmiştir. Uygulanabilen ve optimal olan çözüm takımlarını ortaya atmak için öncelik sıralamasını kullanmıştır. Daha sonra da karar vericinin ağırlıklandırılmaksızın tatmin edilmesi ve uyumlu çözüme ulaşmasına kadar etkileşimli bir biçimde ağırlıklandırmalar yapmıştır. Karar vericinin uygulama yönünde alternatif optimal çözümlerden birisini seçinceye kadar bu alternatifleri elemekten geçirerek, amaçların önceliklendirilmesini ve amaçların ağırlıklandırılmasını birlikte kullanmıştır.

Romero (1986) çalışmasında, 1970-1982 yılları arasındaki hedef programlama yöntemi konusundaki literatürü incelemiştir. Bu çalışmada, hedef programlama yöntemi konusundaki metodolojik ve uygulamalı olarak yaklaşık üç yüz kaynağı, on sekiz uygulama alanı ve on iki farklı hedef programlama türüne göre sınıflara ayırmıştır.

Schniederjans ve Kim (1987) çalışmalarında, öğretim görevlilerini departman gereksinimlerine ve eğitim verenlerin kişisel tercihlerine göre özel kurslara atamak için 0-1 hedef programlama modelini uygulamışlardır. Ders sunumları ve öğretim yükü kısıtlamalarının yanı sıra, bu model fakülte ve derslerin öğretim tercihlerini de belirtmektedir. Modelin formüle ettiği problem, seksen yedi karar değişkenini ve otuz altı hedef kısıtlamasını kapsamaktadır. Bu model ile birinci ve ikinci öncelik olan tüm derslerin ve öğretim yüklerinin sunulmasını tamamen sağlamışlardır. Üçüncü öncelik olan fakültenin öğretim tercihlerine ise kısmen ulaşabilmişlerdir.

Mendoza (1987) çalışmasında, hedef programlama yönteminin birden çok sayıda amaç içeren karar problemlerinin çözümü için en kapsamlı şekilde kabul gören araçlardan birisi olduğunu ifade etmiştir.

Mukherjee ve Bera (1995) çalışmalarında, Hindistan'da kömür madeni endüstrisinde bir uygulama yapmışlardır. Bu çalışma, proje seçiminde önceliklendirilmiş hedef programlama yönteminin kullanılmasını kapsamaktadır.

Reifman ve Feldman (2002) çalışmalarında, fiziksel kapasite sebebiyle bazı kısıtların sınırlandırılmış üretim planlama problemlerinin çözümlerinin grafik yöntemiyle yapıldığı ve sonuçların uygun bölgenin sınırlarında olduğu durumda, uygun olmayan çözümlerin kabul edilmesi mümkün değil ve bazı özel varsayımlardan dolayı problemin formüle edilmesi karmaşıklıyor ise ceza fonksiyonu yönteminin hedef programlama problemlerinin çözümünde etkili olduğunu ortaya atmışlardır.

Azaiez ve Sharif (2005) çalışmalarında, hemşirelerin izin günlerini, gece ve gündüz vardiyalarını belirlemek için 0-1 ağırlıklandırılmış hedef programlama modelini uygulamışlardır. Modelde hemşirelerin seçimlerini dikkate almışlardır. Çalışma günleri arasındaki boşlukları azaltmaya çalışmış ve adaletli bir iş yükü dağılımı için gece ve gündüz vardiyalarının belirlenmesine katkıda bulunmuşlardır.

Ergün (2006) çalışmasında, MAN şirketi için bir üretim planlaması uygulamıştır. Hedef programlama yöntemi kullanılarak her bir ürün için üretim düzeyi, normal ve fazla mesai ihtiyacı ve her bir bölümde çalışması gereken işçi sayısı belirlenmiştir.

Calvete ve diğerleri (2007) çalışmalarında, klasik araç rotalama probleminin modellenmesinde hedef programlama yöntemini uygulamışlardır. Modelin çözümü için öncelikli uyarlanabilir yolları hesaplayan ve optimal olanları seçen bir sıralı takip optimizasyonu yöntemini önermişlerdir. Sıralı takip optimizasyonu yönteminden elde edilen sonuçlar, bu yöntemin orta ölçekli teslimat sorunları için yeterli olduğunu göstermektedir.

Bilgin (2013) çalışmasında, bir bankanın şube yeri seçiminde bölgelerin demografik yapıları, coğrafi özellikleri, sosyo-ekonomik özellikleri, ticari faaliyetleri ve diğer bankaların bölgedeki konumlanması kriterlerini dikkate alarak en doğru lokasyona karar verebilmek için Türkiye’de faaliyet gösteren bir bankanın mevcut şubelerini demografik yapılarına göre sınıflandırmış ve hedef programlama yöntemini uygulamıştır.

Memiş (2015) çalışmasında, sermaye varlık fiyatlama modeli’nden yararlanılarak oluşturduğu çok amaçlı optimum portföy seçimi modellerini, öncelikli hedef programlama yönteminden yararlanarak çözmüştür. Bu çözümden elde edilen portföylerin dört yıllık performansları, Treynor performans ölçüsü ile ölçülmektedir.

Elde edilen performans sonuç değerlerinin BIST 100 endeksinin performansı ile karşılaştırılması sonucunda portföylerin piyasanın üzerinde getiri sağladığı ifade edilmektedir.

İmamoğlu (2016) çalışmasında, Türkiye’de kurulması planlanan lojistik merkezler için bir yer seçimi modeli önermiştir. Bu modelde lojistik merkezlerin kuruluş amaçlarına yönelik sekiz hedef belirlenmiş ve hedef programlama yönteminden yararlanılarak Türkiye’de lojistik merkez kurulumu için uygun bulunan iller saptanmıştır.

1.3. Bulanık Hedef Programlama Yöntemi

Hedef programlama yönteminin içerisinde bulanık küme teorisinin uygulanmasıyla oluşan bulanık hedef programlama yöntemi, hedeflerin belirsiz olduğu durumlarda kullanılan bir yöntemdir. Hedefler, klasik mantıkta olduğu gibi “kesin” ifadeler yerine, bulanık mantıkta “civarında” ya da “yaklaşık” gibi belirsiz ifadeler içermektedir (Martel ve Aouni, 1998: 129-130).

Bulanık küme teorisinin klasik küme teorisinden en önemli farkı, üyelik fonksiyonlarıdır. Klasik küme teorisinde sadece bir üyelik fonksiyonu bulunurken, bulanık küme teorisinde sonsuz sayıda üyelik fonksiyonu bulunmaktadır.

Bulanık küme teorisinin temel yapısı olan üyelik fonksiyonları belirlendikten sonra bulanık küme teorisinde bulanıklığın yok olacağı söylenebilmektedir (Özkan, 2003: 182).

Hedeflerin önceliklerine göre bulanık hedef programlama modeli, tüm hedeflerin aynı tercih önceliğinde bulunduğu bulanık hedef programlama modeli ve hedeflerin farklı tercih önceliklerinde bulunduğu tercih öncelikli bulanık hedef programlama modeli olmak üzere iki biçimde incelenmektedir.

Genelleştirilmiş bulanık hedef programlama modeli, matematiksel olarak şekilde gösterilmektedir (Lai ve Hwang, 1994: 140-141).

$$\text{Bulanık Hedefler } \left\{ \begin{array}{l} (A_x)_i = b_i; i = 1, 2, \dots, m_1 \\ (A_x)_i \leq b_i; i = 1, 2, \dots, m_2 \\ (A_x)_i \geq b_i; i = 1, 2, \dots, m_3 \end{array} \right. \quad (62)$$

$$\text{Bulanık Olmayan Hedefler} \begin{cases} (A_x)_i \{=, \leq, \geq\} b_i; i=1,2,\dots,p \quad (63) \\ x_j \geq 0; j=1,2,\dots,n \end{cases}$$

Bulanık hedef programlama için geliştirilmiş olan çözüm yöntemlerinin çoğunda, bulanık hedeflerde işlem kolaylığı sağladığı için Zimmermann'ın geliştirdiği üyelik fonksiyonu kullanılmakta ve aşağıda tanımlanmaktadır (Özkan, 2003: 182-183).

$$(A_x)_i \approx b_i \rightarrow \mu_i(x) = \begin{cases} 0, & \text{Eğer } (A_x)_i \leq b_i - d_i \text{ ise} \\ 1 - \frac{b_i - (A_x)_i}{d_i}, & \text{Eğer } b_i - d_i \leq (A_x)_i \leq b_i \text{ ise} \\ 1 - \frac{(A_x)_i - b_i}{d_i}, & \text{Eğer } b_i \leq (A_x)_i \leq b_i + d_i \text{ ise} \\ 0, & \text{Eğer } (A_x)_i \geq b_i + d_i \text{ ise} \end{cases} \quad (64)$$

(i=1,2,...,m₁)

$$(A_x)_i \leq b_i \rightarrow \mu_i(x) = \begin{cases} 0, & \text{Eğer } (A_x)_i \geq b_i + d_i \text{ ise} \\ 1 - \frac{b_i - (A_x)_i}{d_i}, & \text{Eğer } b_i \leq (A_x)_i \leq b_i + d_i \text{ ise} \\ 1, & \text{Eğer } (A_x)_i \leq b_i \text{ ise} \end{cases} \quad (65)$$

(i=1,2,...,m₂)

$$(A_x)_i \geq b_i \rightarrow \mu_i(x) = \begin{cases} 0, & \text{Eğer } (A_x)_i \leq b_i - d_i \text{ ise} \\ \frac{(A_x)_i - b_i}{d_i}, & \text{Eğer } b_i - d_i \leq (A_x)_i \leq b_i \text{ ise} \\ 1, & \text{Eğer } (A_x)_i \geq b_i \text{ ise} \end{cases} \quad (66)$$

(i=1,2,...,m₃)

Burada “b_i”, i. bulanık hedef için karar vericinin belirlediği erişim değerini ve “d_i”, erişim değerinden oluşan sapmanın tolerans miktarını belirtmektedir.

Bulanık hedef programlama yöntemleri ile ilgili geliştirilen birçok çözüm yaklaşımları bulunmaktadır. Bu yaklaşımlar; üçgensel üyelik fonksiyonları ile Narasimhan yaklaşımı (Özkan, 2003: 183), üçgensel üyelik fonksiyonları ile Hannan

yaklaşımı (Hannan, 1981: 524), üçgensel üyelik fonksiyonları ile Yang, Ignizio ve Kim yaklaşımı (Yang ve diğerleri, 1991: 48), üçgensel üyelik fonksiyonları ile Tiwari, Dharmar ve Rao yaklaşımı (Tiwari ve diğerleri, 1986: 252-254), üçgensel üyelik fonksiyonları ile Chen yaklaşımı (Chen, 1994: 287-289), Kim ve Whang yaklaşımı (Özkan, 2003: 204-209), Tiwari, Dharmar ve Rao'nun toplamsal model yaklaşımı ((Tiwari ve diğerleri, 1987: 28), Chen ve Tsai'nin toplamsal model yaklaşımı (Özkan, 2003: 215-219) , Wang ve Fu yaklaşımı (Wang ve Fu, 1997: 819-821) olarak sıralanmaktadır. Bu yaklaşımların temelini Bellmann ve Zadeh'in bulanık karar yaklaşımı oluşturmaktadır (Bellmann ve Zadeh, 1970: 141-143).

1.3.1. Üçgensel Üyelik Fonksiyonları ile Narasimhan Yaklaşımı

Bulanık hedef programlama modellerinde hedeflerin göreceli önemini iyileştirmek için çeşitli yaklaşımlar geliştirilmiştir. Bu yaklaşımlardan ilk ele alınan Narasimhan yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda, bulanık hedeflerin bulanık eşitlikler olduğu varsayılarak üçgensel üyelik fonksiyonları ile belirtilmiştir. Bu yaklaşımın amacı, bulanık karar kümesinin en yüksek üyelik derecesine sahip elemanın bulunması ve böylece bulanık hedeflerin üyelik derecelerini arttırmaktır (Narasimhan, 1980: 327; Aköz ve Petrovic, 2007: 1428).

Narasimhan (1980) dilsel olarak “çok önemli, “orta derecede önemli” gibi ifadelerle hedeflerin ağırlıklarının önem derecelerini belirten bir kombinasyon kullanmıştır. Narasimhan yaklaşımında, ağırlıkların önem dereceleri için her dilsel ağırlığa göre bir üyelik fonksiyonu tanımlanmıştır. İstenilen önem dereceleri hedefin etkisini temsil edecek şekilde ifade edilmiştir (Aköz ve Petrovic, 2007: 1428).

Narasimhan, bulanık hedefler arasında tercih önceliğinin bulunmadığını ve bütün hedeflerin aynı önem derecesinde olduğunu kabul etmektedir (Kim ve Whang, 1998: 616). Kısıtların ve alt problemlerin sayısı Narasimhan'a göre daha az olmasından dolayı uygulanması daha hızlı ve kolay bir yöntemdir (Martel ve Aouni, 1998: 130).Narasimhan'ın geliştirdiği yaklaşımdaki kısıtlayıcı kümesinin çözüm vektörü olan x 'in belirlenmesi aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$(A_x)_i \approx b_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, m_1) \quad (67)$$

$$x_j \geq 0 \quad (j = 1, 2, 3, \dots, n)$$

Problemin çözülebilmesi için bulanık hedefleri niteleyen üyelik fonksiyonlarının aşağıdaki eşitlikte yerine konması gerekmektedir (Kim ve Whang, 1998: 614).

$$\mu_{\tilde{D}}(x^M) = \max(\min[\mu_i(x)]) \quad (68)$$

$$x \geq 0$$

Narasimhan, üyelik fonksiyonlarını, üyelik derecesinin 0'dan başlayarak 1'e doğru arttığında artan kısım ve 1'den başlayarak 0'a doğru azaldığında ise azalan kısım şeklinde açıklamıştır. Bulanık karar kümesinin en yüksek üyelik derecesine sahip elemanının belirlenmesi için problem iki alt probleme dönüştürülmüştür. *i.* bulanık hedefin alt problemleri aşağıda tanımlanmıştır (Narasimhan, 1980: 327):

$$\mu_{\tilde{D}}(x^M) = \max(\min[\mu_i(x)]) = \left\{ \begin{array}{c} \text{1. Problem} \\ \max_{x \geq 0} \left\{ \min \left[1 - \frac{b_i - (A_x)_i}{d_i} \right] \right\} \\ \text{Kısıtlayıcılar} \\ b_i - d_i \leq (A_x)_i \leq b_i \quad b_i \leq (A_x)_i \leq b_i + d_i \\ i = 1, 2, \dots, m_1 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{c} \text{2. Problem} \\ \max_{x \geq 0} \left\{ \min \left[1 - \frac{(A_x)_i - b_i}{d_i} \right] \right\} \\ \text{Kısıtlayıcılar} \\ i = 1, 2, \dots, m_1 \end{array} \right\} \quad (69)$$

Bulanık hedeflere erişme derecesini gösteren λ değişkeninin tanımlanmasıyla alt problemler doğrusal problemler şeklinde aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\begin{array}{l} \max \lambda \quad \max \lambda \\ \mu_{\tilde{D}}(x^M) = \max(\min[\mu_i(x)]) = \left\{ \begin{array}{c} \text{1. Problem} \\ \text{Kısıtlayıcılar} \\ 1 - \frac{b_i - (A_x)_i}{d_i} \geq \lambda \\ b_i - d_i \leq (A_x)_i \leq b_i \quad b_i \leq (A_x)_i \leq b_i + d_i \\ x \geq 0 \quad x \geq 0 \\ \lambda \in [0,1] \quad \lambda \in [0,1] \\ i = 1, 2, \dots, m_1 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{c} \text{2. problem} \\ \text{Kısıtlayıcılar} \\ 1 - \frac{(A_x)_i - b_i}{d_i} \geq \lambda \\ b_i - d_i \leq (A_x)_i \leq b_i \quad b_i \leq (A_x)_i \leq b_i + d_i \\ x \geq 0 \quad x \geq 0 \\ \lambda \in [0,1] \quad \lambda \in [0,1] \\ i = 1, 2, \dots, m_1 \end{array} \right\} \quad (70) \end{array}$$

x^M vektörü herhangi bir bulanık hedef için $b_i \leq (A_x)_i \leq b_i + d_i$ ya da $b_i - d_i \leq (A_x)_i \leq b_i$ eşitsizliğini tatmin edebilmektedir. Bu nedenle alt problemler aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Lai ve Hwang, 1994: 142).

Max λ

Kısıtlayıcılar

$$\text{Bazı } i \text{ değerleri için } \begin{cases} 1 - \frac{b_i - (A_x)_i}{d_i} \geq \lambda \\ b_i - d_i \leq (A_x)_i \leq b_i \end{cases}$$

(71)

$$\text{Diğer } i \text{ değerleri için } \begin{cases} 1 - \frac{(A_x)_i - b_i}{d_i} \geq \lambda \\ b_i \leq (A_x)_i \leq b_i + d_i \end{cases}$$

$\lambda \in [0,1]$

$$x \geq 0$$

Narasimhan yaklaşımının bulanık hedef programlama probleminde, optimal çözümü maksimum λ değeri vermektedir.

1.3.2. Üçgensel Üyelik Fonksiyonları ile Hannan Yaklaşımı

Narasimhan yaklaşımını benimseyerek ona katkıda bulunan Hannan yaklaşımı bulanık hedefleri, bulanık olmayan ve kesin hedeflere dönüştürmektedir. Daha sonra elde edilen problemin hedef programlama yöntemi ile çözülebileceğini ifade etmiştir. Hannan'ın geliştirdiği çözüm yöntemi, Narasimhan'ın yöntemi ile benzerdir ve aynı en iyi sonuçları elde etmektedir (Yaghoobi ve Tamiz, 2007: 1582).

Hannan, yaklaşımında bulanık hedef programlama modelini tek doğrusal programlama modeline indirgeyerek matematiksel hale getirmeyi başarmıştır (Özkan, 2003: 189).

Hannan'ın bulanık hedef programlama modeli, doğrusal programlama modeline dönüştürülerek aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır (Hannan, 1981: 524):

$$\text{Max } \lambda$$

Kısıtlayıcılar

$$\begin{aligned}
 \frac{(A_x)_i}{d_i} + n_i - p_i &= \frac{b_i}{d_i} \\
 \lambda + n_i + p_i &\leq 1 \\
 n_i \times p_i &= 0 \\
 x_j, \lambda, n_i, p_i &\geq 0 \\
 i &= 1, 2, \dots, m \\
 j &= 1, 2, \dots, n
 \end{aligned} \tag{72}$$

Modelde yer alan λ değeri bulanık hedeflere ulaşma derecesini ifade etmektedir. $\lambda = 1$ veya $n_i = p_i = 0$ şartı sağlandığı takdirde bulanık hedef tam olarak tatmin edilmektedir (Özkan, 2003: 191).

1.3.3. Üçgensel Üyelik Fonksiyonları ile Yang, Ignizio ve Kim Yaklaşımı

Yang, Ignizio ve Kim yaklaşımında, herhangi bir eşitliği iki eşitsizlik olarak ifade etmiştir. Bu yaklaşımda, üçgensel üyelik fonksiyonlarının tanımlı olduğu $[b_i - d_i, b_i]$ ve $[b_i, b_i + d_i]$ aralıklarının birbirine eşit büyüklükte olması gerekmektedir (Yang ve diğerleri, 1991: 48).

Yang ve diğerleri çalışmalarında, Zimmermann'ın simetrik bulanık doğrusal programlama probleminde λ 'yı kullanarak, klasik bir doğrusal programlama modeline dönüştürmektedirler. λ değişkeninin bulanık amaç ve bulanık kısıtlayıcıları, x tarafından aynı zamanda tatmin edilme seviyesini göstermektedir ve λ değişkeni $[0,1]$ kapalı aralığında yer almaktadır (Yang ve diğerleri, 1991: 48).

Bulanık karar kümesinin en yüksek üyelik derecesine sahip elemanı doğrusal programlama probleminin çözülmesi ile belirlenmektedir.

Max λ

Kısıtlayıcılar

$$\left. \begin{aligned}
 1 - \frac{b_i - (A_x)_i}{d_i} &\geq \lambda \\
 1 - \frac{(A_x)_i - b_i}{d_i} &\geq \lambda
 \end{aligned} \right\} \tag{73}$$

$$\lambda \in [0,1]$$

$$x_j \geq 0$$

$$i=1,2,\dots,m_1$$

$$j=1,2,\dots,n$$

Yang ve diğerleri, $(A_x)_i = b_i$ ifadesini $(A_x)_i \leq b_i$ ve $(A_x)_i \geq b_i$ biçiminde iki bulanık eşitsizliğe dönüştürmüşlerdir. $(A_x)_i = b_i$ ifadesi simetrik olmayan üçgensel bir üyelik fonksiyonu biçiminde gösterilmektedir (Güneş ve Umarosman, 2005: 214):

$$(A_x)_i = b_i \rightarrow \mu_i(x) = \begin{cases} 0, & \text{Eğer } (A_x)_i \leq b_i - d_{i_1} \text{ ise} \\ 1 - \frac{b_i - (A_x)_i}{d_{i_1}}, & \text{Eğer } b_i - d_{i_1} \leq (A_x)_i \leq b_i \text{ ise} \\ 1 - \frac{(A_x)_i - b_i}{d_{i_2}}, & \text{Eğer } b_i \leq (A_x)_i \leq b_i + d_{i_2} \text{ ise} \\ 0, & \text{Eğer } (A_x)_i \geq b_i + d_{i_2} \text{ ise} \end{cases} \quad (i=1,2,\dots,m_1) \quad (74)$$

En yüksek üyelik derecesine sahip elemanın bulunması için çözülmesi gereken doğrusal programlama problemi ise aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır (Chen ve Tsai, 2001: 550):

$$\text{Max } \lambda$$

$$\text{Kısıtlayıcılar}$$

$$\left. \begin{aligned} 1 - \frac{b_i - (A_x)_i}{d_{i_1}} &\geq \lambda \\ 1 - \frac{(A_x)_i - b_i}{d_{i_2}} &\geq \lambda \end{aligned} \right\} \quad (75)$$

$$\lambda \in [0,1]$$

$$x_j \geq 0$$

$$i=1,2,\dots,m_1$$

$$j=1,2,\dots,n$$

1.3.4.Üçgensel Üyelik Fonksiyonları ile Tiwari, Dharmar ve Rao Yaklaşımı

Tiwari, Dharmar ve Rao çalışmalarında; bulanık hedef programlama problemlerinde, hedeflerin hedef programlama problemlerindeki gibi kesin olarak belirtilmediğini, belirsiz birçok hedefin aynı anda oluşturulması gerektiğini ifade etmişlerdir. Fakat aynı anda oluşturulması istenilen hedeflerden bazıları birbirleriyle çelişen hedefler olabilmektedir. Bu şekilde oluşabilecek benzer durumlarda karar vericiler hedeflere öncelikler vermektedirler (Tiwari ve diğerleri, 1986: 252).

Tiwari, Dharmar ve Rao hedefleri; önem derecesine göre yüksek dereceliden düşük dereceye doğru sıralamış ve hedeflerin oluşturulmasına önem derecesi en yüksek olandan başlamışlardır (Filiz, 2014: 62).

Bu yaklaşımda T_i tercih önceliği, en yüksek λ değerini veren alt problemin çözümünde T_{i+1} tercih önceliğinde bir kısıtlayıcı olarak yer almaktadır. Minimum tercih önceliğinde yer alan hedefler tatmin edilene kadar süreçte tekrarlanarak devam etmektedir. Minimum tercih önceliğinde maksimum λ değerini veren alt problemin sonucu, tercih öncelikli bulanık hedef programlama probleminin optimal çözüm değeridir (Özkan, 2003: 196).

m tane bulanık hedefe sahip bir bulanık hedef programlamanın matematiksel gösterimi ile ifade edilmektedir (Tiwari ve diğerleri, 1986: 253):

$$\begin{aligned} G_1 &= a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \cong B_1 \\ G_2 &= a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \cong B_2 \\ &\cdot \\ &\cdot \\ &\cdot \\ G_m &= a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \cong B_m \\ x_j &\geq 0 \\ j &= 1, 2, \dots, n \end{aligned} \tag{76}$$

B_{iL} ve B_{iG} i . hedefin negatif ve pozitif sapmalarını göstermektedir. $B_i - B_{iL} = B_{iG} - B_i = \Delta_i$ olduğunda kullanılan üçgensel üyelik fonksiyonları aşağıda yer almaktadır (Tiwari ve diğerleri, 1986: 253);

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 1, & (A_X)_i = B_i \\ 0 & (A_X)_i \leq B_i - \Delta_i = B_{iL} \\ \frac{(A_X)_i - B_{iL}}{\Delta_i}, & B_{iL} \leq (A_X)_i \leq B_i \\ \frac{B_{iG} - (A_X)_i}{\Delta_i}, & B_i \leq (A_X)_i \leq B_i + \Delta_i = B_{iG} \\ 0, & B_{iG} \leq (A_X)_i \end{cases} \quad (77)$$

Üyelik fonksiyonu tanımlandıktan sonra çözülmesi gerekli olan problem ifade edilmiştir (Tiwari ve diğerleri, 1986: 254);

$$\max_{x \geq 0} \left[\min_i \left\{ \frac{(A_X)_i - B_i}{\Delta_i} \right\} = \lambda \right] \quad (78)$$

$$B_{iL} \leq (A_X)_i \leq B_i \\ i = 1, 2, \dots, m$$

ya da

$$\max \lambda \quad (79)$$

$$\lambda = \frac{(A_X)_i - B_i}{\Delta_i}$$

$$B_{iL} \leq (A_X)_i \leq B_i$$

$$\lambda, x \geq 0$$

ve

$$\max_{x \geq 0} \left[\min_i \left\{ \frac{B_{iG} - (A_X)_i}{\Delta_i} \right\} = \lambda \right] \quad (80)$$

$$B_i \leq (A_X)_i \leq B_{iG}$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

ya da

$$\max \lambda$$

$$\lambda \leq \frac{B_{iG} - (A_X)_i}{\Delta_i}$$

$$B_i \leq (A_X)_i \leq B_{iG}$$

$$\lambda, x \geq 0$$

1.3.5. Üçgensel Üyelik Fonksiyonları ile Chen Yaklaşımı

Chen'e göre en iyi sonuca ulaşmak için; bulanık hedeflerin üyelik derecelerinin maksimizasyonunun yerine, bulanık hedeflerin en fazla 1'e eşit olabilen üyelik derecelerinden sapmaların minimize edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, bulanık hedefin üyelik derecesinin maksimum olması, bulanık hedefe üye olmama derecesinin minimum olduğunu göstermektedir.

Chen yaklaşımında, Tiwari, Dharmar ve Rao(1986)'nın oluşturmuş olduğu yaklaşımın sonucunda ortaya çıkan işlemsel yükü azaltmayı hedeflemektedir. Chen T_i tercih önceliğinde bulunan bulanık hedef programlama problemini tek doğrusal programlama problemine dönüştürmüştür (Chen, 1994: 287-288).

Bulanık hedeflere üye olmama derecesi λ' değişkeni ile ifade edilmekte ve $\lambda' = 1 - \lambda$ olarak tanımlanmaktadır. Buna göre Chen'in tercih öncelikli bulanık hedef programlama yaklaşımının optimal çözümüne ulaşması için problemin çözülmesi gerekmektedir (Chen, 1994: 289).

$$\min \lambda' = \left[\max_i \{1 - \mu_i(A_x)\} \right] \quad (82)$$

Kısıtlayıcılar

$$\begin{aligned} b_i - d_i &\leq (A_x)_i \leq b_i + d_i \\ x &\geq 0 \end{aligned} \quad (83)$$

Üyelik fonksiyonunun artan parçası $1 - \frac{b_i - (A_x)_i}{d_{i_1}}$ fonksiyonu ile üyelik

fonksiyonunun azalan parçası ise $1 - \frac{(A_x)_i - b_i}{d_{i_2}}$ fonksiyonu ile belirtilmektedir. Buna

göre çözülmesi gereken model gösterilmektedir:

$$\max \lambda' = 1 - \lambda'$$

Kısıtlayıcılar

$$\begin{aligned} \lambda' &\geq \left(1 - \frac{b_i - (A_x)_i}{d_i} \right) - 1 & \lambda' &\geq \frac{(A_x)_i - b_i}{d_i} \\ \lambda' &\geq 1 - \left(1 - \frac{(A_x)_i - b_i}{d_i} \right) & \lambda' &\geq \frac{b_i - (A_x)_i}{d_i} \end{aligned} \quad i=1,2,\dots,m_1 \quad (84)$$

$$\begin{aligned}
b_i - d_i &\leq (A_x)_i \leq b_i + d_i \\
\lambda' &\in [0,1] \\
x_1, x_2 &\geq 0
\end{aligned} \tag{85}$$

1.3.6. Kim ve Whang Yaklaşımı

Kim ve Whang yaklaşımı, karar vericinin bulanık hedeflerine ilişkin toleransları ifade etmesine dayandırılmaktadır (Negoita ve Sularia, 1976: 3-14). Bulanık hedefler $(A_x)_i \approx b_i$, $(A_x)_i \gtrsim b_i$ ve $(A_x)_i \lesssim b_i$ biçiminde ifade edilmektedir. Bu ifadelerden $(A_x)_i \gtrsim b_i$ ve $(A_x)_i \lesssim b_i$ bulanık hedefleri için karar vericinin kabul edebileceği en yüksek tolerans miktarları sırasıyla t_i^- ve t_i^+ ile gösterilmektedir. Buradaki t_i^- değeri, $(A_x)_i \gtrsim b_i$ bulanık hedefin erişim düzeyi b_i 'den daha küçük değerler alabileceğini ve t_i^+ değeri ise, $(A_x)_i \lesssim b_i$ bulanık hedefin erişim düzeyi b_i 'den daha büyük değerler alabileceğini göstermektedir. $(A_x)_i \approx b_i$ hedefinin $[b_i, b_i + t_i^+]$ aralığında değerler alması, $(A_x)_i \gtrsim b_i$ hedefinin $[b_i - t_i^-, b_i]$ ve $(A_x)_i \lesssim b_i$ hedefinin de $[b_i - t_i^-, b_i + t_i^+]$ aralığında değerler alması gerekmektedir. Bulanık hedef programlama probleminin doğrusal programlama problemi ile ifade edilmesi için $\mu_i \geq \lambda$ ilişkisi dikkate alınmaktadır. Kim ve Whang yaklaşımının matematiksel formülasyonu ifade edilmiştir (Özkan, 2003: 204 - 205):

$$(A_x)_i \approx b_i \rightarrow \mu_i(x) = 1 - \begin{cases} 0, & \text{Eğer } (A_x)_i \leq b_i - t_i^- \text{ ise} \\ \frac{b_i - (A_x)_i}{t_i^-}, & \text{Eğer } b_i - t_i^- \leq (A_x)_i \leq b_i \text{ ise} \\ 1 - \frac{(A_x)_i - b_i}{t_i^+}, & \text{Eğer } b_i \leq (A_x)_i \leq b_i + t_i^+ \text{ ise} \\ 0, & \text{Eğer } (A_x)_i \geq b_i + t_i^+ \text{ ise} \end{cases} \tag{86}$$

($i=1,2,...,m_1$)

$$\begin{aligned}
&0, & \text{Eğer } (A_x)_i \geq b_i + t_i^+ \text{ ise} \\
(A_x)_i \leq b_i \rightarrow \mu_i(x) = 1 - \frac{b_i - (A_x)_i}{t_i^+}, & \text{Eğer } b_i \leq (A_x)_i \leq b_i + t_i^+ \text{ ise} \\
(i=1,2,\dots,m_2) & \left\{ \begin{array}{l} 1, \quad \text{Eğer } (A_x)_i \leq b_i \text{ ise} \end{array} \right. \quad (87)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&0, & \text{Eğer } (A_x)_i \leq b_i - t_i^- \text{ ise} \\
(A_x)_i \geq b_i \rightarrow \mu_i(x) = 1 - \frac{(A_x)_i - b_i}{t_i^-}, & \text{Eğer } b_i - t_i^- \leq (A_x)_i \leq b_i \text{ ise} \\
(i=1,2,\dots,m_3) & \left\{ \begin{array}{l} 1, \quad \text{Eğer } (A_x)_i \geq b_i \text{ ise} \end{array} \right. \quad (88)
\end{aligned}$$

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

Toplamsal model yaklaşımında, bulanık hedeflerin ortak tatmin derecesinin belirlenmesinin yerine, bireysel hedeflerin ayrı ayrı tatmin derecelerinin toplamını maksimum yapmaya çalışan bir çözüm yöntemi geliştirilmiştir (Özkan, 2003: 210). Zimmermann tipi üyelik fonksiyonlarından hareketle Tiwari ve diğerlerinin toplamsal modeli bulanık hedeflerin üyelik fonksiyonlarının toplamından oluşmakta ve matematiksel olarak ifade edilmektedir (Tiwari ve diğerleri, 1987: 28).

$$\text{Maksimum } V(\mu) \sum_{i=m_2+1}^{m_3} \mu_i$$

Kısıtlayıcılar

$$\mu_i = 1 - \frac{(A_x)_i - b_i}{d_i} \quad (i = m_1+1, \dots, m_2) \quad (89)$$

$$\mu_i = 1 - \frac{b_i - (A_x)_i}{d_i} \quad (i = m_2+1, \dots, m_3)$$

$$\mu_i \leq 1 \quad (i = m_1+1, \dots, m_3)$$

$$x, \mu_i \geq 0$$

Bulanık hedeflerde ağırlıklar dikkate alınırsa ağırlıklı toplamsal model oluşmaktadır ve amaç fonksiyonu aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$\text{Maksimum } V(\mu) \sum_{i=m_2+1}^{m_3} w_i \mu_i \quad (90)$$

Burada ifade edilen “w” hedeflerin ağırlık değerlerini göstermektedir. Bu ağırlık değerlerinin $0 \leq w_i \leq 1$ ve $\sum w_i = 1$ şartlarını karşılaması gerekmektedir.

1.3.8. Chen ve Tsai’nin Toplamsal Model Yaklaşımı

Chen ve Tsai’nin geliştirdiği yaklaşım, Tiwari ve diğerlerinin yaklaşımına $\mu_i \geq \alpha_i$ kısıtlayıcılarının ilave edilmesiyle oluşmaktadır. Burada ifade edilen α_i değeri i ’nci bulanık hedef için karar vericinin varmak istediği en düşük üyelik derecesini ve μ_i değeri ise i ’nci bulanık hedefin üyelik fonksiyonunu göstermektedir. Chen ve Tsai’nin toplamsal modelinin matematiksel gösterimi tanımlanmıştır (Dhingra ve diğerleri, 1990: 705):

$$\text{Maksimum } V(\mu) \sum_{i=m_2+1}^{m_3} \mu_i$$

Kısıtlayıcılar

$$\mu_i = 1 - \frac{(A_x)_i - b_i}{d_i} \quad (i = m_1+1, \dots, m_2) \quad (91)$$

$$\mu_i = 1 - \frac{b_i - (A_x)_i}{d_i} \quad (i = m_2+1, \dots, m_3)$$

$$\mu_i \leq 1$$

$$\mu_i \geq \alpha_i \quad (i = m_1+1, \dots, m_3)$$

$$x, \mu_i \geq 0$$

1.3.9. Wang ve Fu Yaklaşımı

Klasik karar teorisinde riskten kaçan, riske giren ve riske karşı nötr olmak üzere üç farklı karar verici bulunmaktadır. Bu durumda belirli hedef değerleri için farklı risk gruplarındaki karar vericilerin farklı seviyelerde tatmin edilmesi

mümkündür. Karar vericilerin göze aldıkları risk miktarları artış gösterdikçe, tatmin derecesi azalış göstermektedir. Bulanık hedefin tatmin derecesi, üyelik fonksiyonlarının üyelik dereceleri ile tanımlanmaktadır. Riske giren karar vericinin bulanık hedefleri dışbükey bir üyelik fonksiyonuyla, riskten kaçan karar vericinin bulanık hedefleri içbükey bir üyelik fonksiyonuyla ve riske karşı nötr bir karar vericinin bulanık hedefleri parçalı doğrusal üyelik fonksiyonu ile ifade edilmektedir (Wang ve Fu, 1997: 821).

Wang ve Fu'nun geliştirdiği yaklaşımın matematiksel formülasyonu ifade edilmektedir (Wang ve Fu, 1997: 819-821):

$$(A_x)_i \approx b_i \rightarrow \mu_i(x) = 1, \quad \begin{cases} 0, & \text{Eğer } (A_x)_i \leq b_{i_1} - d_{i_1} \text{ ise} \\ \left(1 - \frac{b_{i_1} - (A_x)_i}{d_{i_1}}\right)^\psi, & \text{Eğer } b_{i_1} - d_{i_1} \leq (A_x)_i \leq b_{i_1} \text{ ise} \\ \text{Eğer } b_{i_1} = (A_x)_i = b_{i_2} \text{ ise} \\ \left(1 - \frac{(A_x)_i - b_{i_2}}{d_{i_2}}\right)^\psi, & \text{Eğer } b_{i_2} \leq (A_x)_i \leq b_{i_2} + d_{i_2} \text{ ise} \\ 0, & \text{Eğer } (A_x)_i \geq b_{i_2} + d_{i_2} \text{ ise} \end{cases} \quad (92)$$

$$\begin{cases} 0, & \text{Eğer } (A_x)_i \leq b_{i_1} - d_{i_1} \text{ ise} \\ \left(1 - \frac{b_{i_1} - (A_x)_i}{d_{i_1}}\right)^\psi, & \text{Eğer } b_{i_1} - d_{i_1} \leq (A_x)_i \leq b_{i_1} \text{ ise} \\ \text{Eğer } b_{i_1} \leq (A_x)_i \leq b_{i_2} \text{ ise} \\ \left(1 - \frac{(A_x)_i - b_{i_2}}{d_{i_2}}\right)^\psi, & \text{Eğer } b_{i_2} \leq (A_x)_i \leq b_{i_2} + d_{i_2} \text{ ise} \\ 0, & \text{Eğer } (A_x)_i \geq b_{i_2} + d_{i_2} \text{ ise} \end{cases} \quad (93) \quad (i = m_3 + 1, \dots, m_4)$$

Modelde ifade edilen ψ parametresi üyelik fonksiyonunun herhangi bir kısmı için 0.5, 1 ve 2 değerlerini almaktadır. $\psi = 0.5$ olduğu durumda, düzenlenen

kısım için $\sqrt{\mu_i(x)}$ üyelik fonksiyonuna, $\psi=2$ olduğu durumda, düzenlenen kısım için $[\mu_i(x)]^2$ üyelik fonksiyonuna ulaşılmaktadır. $\psi=1$ olduğu durumda ise, şekil 3’de gösterilen üçgensel üyelik fonksiyonunu ve şekil 4’de gösterilen yamuksal üyelik fonksiyonunu ifade etmektedir (Özkan, 2003: 221).

Bulanık hedef programlama yaklaşımlarının birbirlerine göre farklılıkları ve benzerlikleri bulunmaktadır. Örneğin; Narasimhan, bulanık hedefleri doğrusal programlama yönteminde olduğu gibi eşit kabul ederek bulanık hedef programlama modelinin kurulmasını sağlamaktadır (Lee ve Wen, 1997: 182). Hannan, Narasimhan’ın oluşturmuş olduğu modelden faydalanarak bulanık hedef programlama modelinin doğrusal programlama modeline dönüştürülmesini sağlamak ve böylece Narasimhan’ın modeline göre daha az kısıt kullandığı için uygulama kolaylığı açısından tercih edilebilmektedir (Martel ve Aouni, 1998: 130).

Hannan’ın modelinden farklı olarak, Yang ve diğerleri oluşturulan bulanık hedef programlama modelindeki üyelik fonksiyonlarını artan ve azalan olmak üzere iki farklı eşitsizlik biçiminde ayırarak model kurmakta ve böylece her bulanık hedef için oluşan sapmaların belirlenmesinde rol oynamaktadır (Shankar ve diğerleri, 2004: 71-72). Narasimhan’ın modelinde bulanık hedefler eşit kabul edilirken, Tiwari ve diğerleri’nin modelinde bulanık hedeflere farklı tercih öncelikleri verilerek daha hızlı ve tutarlı işlem yapabilme imkanı sağlanmaktadır (Filiz, 2014: 62; Erdin, 2007: 132). Chen, diğer yaklaşımlardan farklı olarak bulanık modelin dışında oluşan sapmaların da minimize edilmesini sağlamaya çalışmaktadır (Aka, 2015: 45). Bu yaklaşımların ortak özelliği ise, yukarıda anlatılan modellerin çözülmesi ile birbirleriyle özdeş sonuçlar elde etmiş olmalarıdır.

1.4. Bulanık Hedef Programlama Literatür Taraması

Bulanık hedef programlama ile ilgili çalışmalar aşağıda özetlenmektedir.

Narasimhan (1980) çalışmasında, bulanık mantık çerçevesinde kullanılan üyelik fonksiyonları ile hedef programlama yaklaşımının birlikte kullanılabileceğini belirterek, m adet bulanık hedef içeren hedef programlama ile 2^m adet alt problem oluşturulmasında üçgensel üyelik fonksiyonlarından yararlanarak bulanık hedef programlama modeli geliştirmiştir.

Hannan (1981) çalışmasında, simetrik üçgensel üyelik fonksiyonunu kullanarak maksimum üyelik derecesine sahip elemanı belirlemeyi hedefleyen bulanık hedef programlama modeli kurarak bulanık hedef programlama modeli geliştirmiştir.

Tiwari ve diğerleri (1986) çalışmalarında, öncelikleri birbirlerinden farklı olan hedef programlama modelleri için daha etkili kullanıma olanak sağlayan toplamsal modeli geliştirmişlerdir.

Yang ve diğerleri (1991) çalışmalarında, Narasimhan ve Hannan'ın çalışmalarına ek olarak eşit öncelikli hedef programlama problemleri için çözüm yönteminde daha az zaman ve değişkenler kullanılarak aynı sonuçların elde edildiği yeni bir yöntem geliştirmişlerdir.

Chen (1994) çalışmasında, Tiwari, Dharmar ve Roa'nun geliştirdiği yöntemdeki işlem yükünü azaltmak için farklı bir yaklaşım tanımlamıştır.

Wang ve Fu (1997) çalışmalarında, riske karşı nötr, riske giren ve riskten kaçan şeklinde ifade edilen üç farklı risk gruplarındaki karar vericilerin bulanık hedefleri için üyelik fonksiyonları tanımlamışlardır.

Lee ve Wen (1997) çalışmalarında, bir akarsu havzasındaki su kalitesinin yönetimi için bulanık hedef programlama yaklaşımını uygulamışlardır. Bu yaklaşımda, birbiriyle uyumlu hedefleri içeren su kalitesinin yönetimi için eşit ve eşit olmayan ağırlıklı, öncelik sıralamalı ve öncelik sıralamasız bulanık hedef programlama modellerini içeren birçok model önermişlerdir.

Parra ve diğerleri (2001) çalışmalarında, yüz otuz iki yatırım aracının verilerini kullanarak en uygun portföyün seçilmesi için bulanık hedef programlama modelini kullanarak yatırımcılara öneriler sunmuşlardır.

Famuyiwa ve diğerleri (2008) çalışmalarında, stratejik ortaklık şeklinde tedarikçi seçimi için bulanık mantık ve hedef programlamayı birleştiren bir metot önermişlerdir. Geliştirdikleri modeli açıklamak için bir örnek olay kullanmışlardır.

Keskin (2013) çalışmasında, IMKB 30 endeksinin Ocak 2011-Kasım 2011 verileri ile Wang-Fu bulanık hedef programlama yöntemini kullanarak en uygun portföy modellerini analiz etmektedir. Çalışmada, Wang-Fu bulanık hedef programlama modeli ile Chen-Tsai modeli karşılaştırılmakta ve çalışmanın

sonucunda karar vericilerin Wang-Fu modelini kullanması ve portföyünü riske karşı nötr biçimde oluşturmaları önerilmektedir.

Aka (2015) çalışmasında, iki amaca hizmet edecek bulanık hedef programlama tabanlı bir yerleşim ve rotalama modeli kurmuştur. Bu model ile aday yerleşim noktaları arasından seçilen uygun yerleşim noktalarını maksimum sayıda haneye hizmet etmesini ve noktalar arasında minimum mesafeli bir rotanın oluşmasını amaçlamaktadır.



İKİNCİ BÖLÜM

PORTFÖY YÖNETİMİ VE OPTİMİZASYONU

Çalışmanın bu bölümünde öncelikle portföy ve portföy yönetimi, risk, getiri ve beta katsayısı kavramları ifade edilmekte ve daha sonra Markowitz ortalama varyans modeli açıklanarak, portföy optimizasyonuna ilişkin literatüre yer verilmektedir.

2.1. Temel Kavramlar

Portföy, riski azaltmak ve en yüksek getiriyi elde etmek amacı ile oluşturulan menkul kıymetlerin toplamından ziyade, kendine has ölçülebilir bir varlık olarak tanımlanmaktadır (Ercan ve Ban, 2005: 188; Ceylan ve Korkmaz, 2004: 423). Bir yatırımcının var olan menkul kıymetlerinden oluşan bir portföye yatırım yapmasının temel nedeni, portföyünde oluşabilecek riskleri minimize ederek ve elde edilen getiriyi maksimize ederek optimum portföyü oluşturmak istemesidir (Markowitz, 1952: 77).

Portföy yönetimi ise; bir yatırımcının çeşitli menkul kıymetlerinden oluşan portföyünün beklenen getiri ve risk düzeylerine göre, ulaşmak istediği hedefler için portföyün planlanması, yatırımın analiz edilmesi, portföyün seçimi, değerlendirilmesi ve revizyonu süreçlerinden oluşmaktadır (Smith, 1971: 42). Portföy yönetiminde portföyün optimize edilmesi için dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, yatırımcıların getiri ve risk düzeylerine göre portföyünde bulunan finansal varlıklara hangi oranda yatırım yapması gerektiğidir. Yatırımcılar portföylerindeki finansal varlıklara yatırım yaparken risk düzeyi düşük ve getirisi yüksek olan finansal varlıkları tercih etmektedirler (Fisher ve Jordan, 1979: 78).

Portföy yönetimi, belirli bir dönemde yapılan yatırımlar karşılığında veya menkul kıymetlerden elde edilen geliri ifade eden getiri ve bu getiriden oluşabilecek sapmayı temsil eden risk arasındaki ilişkiyi kurmakta ve menkul kıymetlerin yönetilmesini sağlamaktadır. Yatırımcıların portföyünde yer alan her bir menkul kıymetin birbirleriyle olan ilişkisine portföyün riski denilmektedir. Menkul kıymetler

arasındaki ilişkiler pozitif yönlü olduğunda risk artış gösterirken, negatif yönlü olduğunda ise risk azalış göstermektedir (Cevizci, 2016: 19).

Günümüzde oluşan siyasi ve ekonomik dalgalanmalar piyasalarda belirsizlik artışına neden olmaktadır. Bu belirsizliğin artması ile birlikte yatırımcılar, yatırım yapılacak varlık sayısını arttırarak riski minimize edebilmektedirler. Burada ifade edilen risk kavramı, herhangi bir durumda oluşan beklenen değer ile gerçekleşen değer arasındaki fark olarak açıklanabilmektedir (Usta, 2005: 231).

Portföyü oluşturan menkul kıymetlerin risk değerleri birbiriyle ilişkidir. Menkul kıymetler arasındaki bu ilişki korelasyon katsayısı ile ifade edilmektedir. Korelasyon katsayısı -1 ile 1 arasında değerler almaktadır. Korelasyon katsayısının $+1$ olması durumunda, iki menkul kıymet arasında doğru orantılı ilişki olduğu için iki menkul kıymetin fiyatı da aynı yönde değişmektedir. Korelasyon katsayısının 0 olması durumunda, iki menkul kıymet arasında herhangi bir ilişki olmadığı için menkul kıymetler birbirinden bağımsız hareket edebilmektedirler. Korelasyon katsayısının -1 olması durumunda ise, iki menkul kıymet arasında ters orantılı ilişki olduğu için iki menkul kıymetin fiyatları da farklı yönlerde değişmektedir ve matematiksel ifadesi gösterilmektedir (Ceylan ve Korkmaz, 1998: 482; Chambers, 2000: 46-47).

$$\text{Korelasyon Değeri: } p_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i \sigma_j} \quad (94)$$

$$\text{Standart sapma } \sigma_i = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (95)$$

p_{ij} : i. menkul kıymet ile j. menkul kıymetin arasındaki korelasyonu,

σ_{ij} : i. menkul kıymet ile j. menkul kıymet arasındaki kovaryansı,

σ_i : i. menkul kıymetin standart sapmasını,

σ_j : j. menkul kıymetin standart sapmasını,

x_i : i. menkul kıymetin karar değişkenini,

x_j : j. menkul kıymetin karar değişkenini,

$\bar{x}$: menkul kıymetlerin aritmetik ortalamasını,

N: menkul kıymet sayısını belirtmektedir.

İkiden fazla menkul kıymetten oluşan portföyün riskinin hesaplanmasında kovaryans değerinin bilinmesi gerekmektedir (Markowitz, 1952: 80). Kovaryans, herhangi iki menkul kıymetin zaman içerisindeki hareketliliği ile oluşan ilişkidir. Kovaryans değeri $-\infty$ ile $+\infty$ arasında değerler almaktadır. Kovaryans değerinin pozitif olması, iki varlık arasındaki ilişkinin aynı yönde olduğunu gösterirken, kovaryans değerinin negatif olması ise iki varlık arasındaki ilişkinin yönünün ters olduğunu göstermektedir (Reilly ve Brown, 2002: 211). Kovaryans değerinin korelasyon değerine göre düzenlenmiş hali aşağıdaki gibidir (Markowitz, 1952: 80):

$$\text{Kovaryans Değeri (Cov): } \sigma_{ij} = \rho_{ij} \sigma_i \sigma_j \quad (96)$$

$$\sigma_{ij} = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{N - 1}$$

Portföy riski, genellikle portföyün varyansı ile ifade edilmekte ve aşağıda belirtilmektedir (Markowitz, 1952: 78).

$$\text{Portföyün Varyansı: } \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sigma_{ij} w_i w_j \quad (i=1,2,\dots,n) \\ (j=1,2,\dots,n) \quad (97)$$

w_i : i . menkul kıymetin portföydeki ağırlığını,

w_j : j . menkul kıymetin portföydeki ağırlığını,

n : portföydeki menkul kıymet sayısını ifade etmektedir.

Getiri kavramı ise, bir yatırım için belirli bir dönemde yapılan yatırım karşılığında elde edilen gelir olarak ifade edilmektedir (Karan, 2001: 135).

Portföyün beklenen getirisinin matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir (Markowitz, 1952: 78):

$$\mu_p = \sum_{i=1}^n w_i \mu_i \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (98)$$

μ_p : portföyün beklenen getirisini,

- μ_i : i. menkul kıymetin beklenen getirisini,
 w_i : i. menkul kıymetin portföydeki ağırlığını,
 n : portföydeki menkul kıymet sayısını belirtmektedir.

Beta katsayısı

Piyasalardaki dalgalanmalar, menkul kıymetlerin getiri değerlerinin etkilenmesine neden olmaktadır. Bir menkul kıymetin getirisinin piyasa getirisi üzerindeki duyarlılığına “beta katsayısı” denilmektedir (Kolb ve Rodriguez, 1996: 241). Beta katsayısının değerinin 1 olması, menkul kıymetlerin getirisinin piyasanın getirisi ile aynı yönde değişeceği, beta katsayısının değerinin -1 olması, menkul kıymetlerin getirisinin piyasanın getirisi ile ters yönde değişeceği, beta katsayısının 1’den büyük olması ise menkul kıymetlerin getirisinin piyasanın getirisinden daha fazla düşeceği veya yükseleceği anlamına gelmektedir (Çetindemir, 2006: 36).

Beta katsayısı aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Born ve Moser, 1988: 287):

$$\beta = \frac{\text{Menkul kıymetlerin getirilerindeki değişim}}{\text{Piyasa getirilerindeki değişim}} = \frac{\text{Cov}(\mu_i, \mu_m)}{\sigma_m^2} \quad (99)$$

Modeldeki değişkenler;

μ_i : menkul kıymetin beklenen getirisini,

μ_m : piyasanın beklenen getirisini,

σ_m^2 : piyasanın varyans değerini ifade eder.

2.2. Markowitz Ortalama Varyans Modeli

Yatırımcılar, gelecek yıllar için menkul kıymetlerinden ne kadar getiri elde edeceklerini ve oluşacak riskleri tahminlemek istemektedirler. Portföy oluşturulmasının temel nedeni, oluşan riskleri menkul kıymetler arasında paylaşmaktır.

Portföy teorisinde geleneksel portföy teorisi ve modern portföy teorisi olmak üzere iki farklı teoriden söz edilmektedir. Geleneksel portföy teorisinde, portföyün içinde yer alan menkul kıymetlerin sayısı artırılarak risk minimize edilmek istenmektedir (Fisher ve Jordan, 1979: 496). Klasik portföy teorisinin aksine modern portföy teorisinde ise, portföylerin çeşitlendirilmesi ile riskin minimize edilmesinin yanısıra menkul kıymetler arasındaki ilişkinin dikkate alınarak da riskin minimize edilebileceği ortaya konmaktadır (Markowitz, 1952: 79).

Modern portföy teorisinin, geleneksel portföy teorisine sağladığı katkılar aşağıdaki gibi özetlenmektedir (Markowitz, 1959: 5-6) :

- Harry Markowitz 1952 yılında yayınlanan “Portfolio Selection” adlı çalışmasında, portföylerin çeşitlendirmesi ile riskin azaltılabileceğini ve portföyün riskinin, portföyü meydana getiren varlıkların riskinden daha az olabileceğini belirtmiştir.
- Markowitz, portföye katılan finansal varlıkların seçilmesinde üstünlük ilkesini dikkate almaktadır. Getiri değerleri aynı olan iki finansal varlık arasından riski az olanı, risk seviyeleri aynı olan iki finansal varlıktan getiri değeri yüksek olanı portföye eklemektedir. Bu durum portföyde bir etkin sınır olduğunu göstermektedir.
- Etkin sınır quadratik programlama ile hesaplanmaktadır.

Modern portföy teorisinde yatırım yapılırken yatırımcılar için bazı varsayımlar söz konusudur. Bu varsayımlar şunlardır (Reilly ve Brown, 2002: 212) :

- Yatırım yapmak isteyen yatırımcıların portföy riski ve getirisi hakkındaki beklentileri homojen olmalıdır.
- Yatırımcılar benzer zaman ufkuna sahip olmalıdırlar.
- Yatırımcılar, yalnızca beklenen risk ve getiri değerine göre yatırım kararlarını almaktadırlar.
- Elde edilen bilgiler doğru, hızlı ve tarafsız bir şekilde menkul kıymet fiyatlarına yansıtılmaktadır.
- Yatırımcıların temel amacı, faydayı maksimize etmektir.

Modern portföy teorisinin kurucusu olan Markowitz'in geliştirdiği ortalama varyans teorisinde, portföyün içerisinde yer alan menkul kıymetler arasındaki ilişkiyi dikkate alan optimum portföy oluşturulması hedeflenmektedir (Markowitz, 1959: 5).

Markowitz'in ortalama varyans teorisinin dayandırıldığı varsayımlar aşağıda açıklanmaktadır (Farrell, 1997: 55) :

- Yatırım yapmak isteyen yatırımcılar rasyoneldirler ve beklenen faydayı maksimize etmek isterler.
- Yatırımların getiri değerlerinin normal dağılım gösterdiği varsayılmaktadır.
- Yatırım yapmak isteyen yatırımcıların tümü, aynı ve tek dönemlik yatırım düşüncesine sahip olmalıdırlar.

Markowitz'in ortalama varyans teorisinin matematiksel formülasyonu ifade edilmiştir (Markowitz, 1952: 81-83):

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \sigma_{ij} \quad (i=1,2,...,n) \quad (j=1,2,...,n) \quad (100)$$

σ_{ij} : i . menkul kıymet ile j . menkul kıymet arasındaki kovaryansı,

x_i : i . menkul kıymetin karar değişkenini,

x_j : j . menkul kıymetin karar değişkenini belirtmektedir.

Amaç fonksiyonu, menkul kıymetlerin varyansını ifade etmekte ve varyansın minimum olması istenmektedir (Ulucan, 2004: 16).

Kısıtlar:

Birinci temel kısıt, hedeflenen getirinin beklenen getiri değerini karşılamasını sağlamaktadır ve matematiksel olarak gösterilmektedir.

$$R = \sum_{i=1}^n x_i \mu_i \quad (101)$$

İkinci temel kısıt ise, portföydeki menkul kıymetlerin ağırlıkları toplamının 1 olduğunu belirtmektedir:

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1 \quad (102)$$

Bu kısıtların yanı sıra, portföydeki menkul kıymetlerin her birinin ağırlıklarının pozitif olması kısıtının da eklenmesi gerekmektedir:

$$w_i \geq 0 \quad (103)$$

Modeldeki değişken ve parametreler;

x_i : i . menkul kıymetin karar değişkenini,

x_j : j . menkul kıymetin karar değişkenini,

μ_i : i . menkul kıymetin beklenen getirisini,

w_i : i . menkul kıymetin portföydeki ağırlığını,

σ_{ij} : i . ve j . menkul kıymetler arasındaki kovaryans değerini,

σ_i^2 : i . menkul kıymetin varyansını,

n : menkul kıymet sayısını,

R : hedeflenen getiriye ifade etmektedir.

Markowitz'in geliştirdiği modern portföy teorisinden sonra ilerleyen yıllarda portföy optimizasyonunda birçok farklı yöntem ve modeller geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Bu modellerden en önemlileri; yarı varyans modeli (Markowitz,1991: 476), alt kısmi moment modeli (Bawa, 1977: 194), maruz değer yaklaşımı ve beklenen kayıp yaklaşımı (Akay ve Ayan, 2014: 121), Konno ve Yamazaki modeli (Konno ve Yamazaki, 1991: 522), tekli indeks modeli (Sharpe, 1964: 428), çoklu indeks modeli (Elton ve Gruber, 1995: 130-131), finansal varlıkları fiyatlama modeli (Ünvan, 1989: 4) ve arbitraj fiyatlama modeli(Fabozzi, 1990: 132) gibi farklı tabanlı doğrusal programlama, quadratik programlama, çok amaçlı programlama, stokastik programlama modelleridir. Bu tez çalışmasında karar vericilerin riske karşı tutumlarını dikkate alan Wang ve Fu'nun 1997 yılındaki "A Generalization of Fuzzy Goal Programming with Preemptive Structure" başlıklı çalışmalarında ortaya koydukları bulanık hedef programlama modeli ile uygulama gerçekleştirileceğinden model ayrıntılı olarak ele alınacaktır.Uygulamada bulanık hedef programlama

yönteminin tercih edilmesinin en önemli nedeni ise, hedef değerlerinin bulanık yapıda olmasıdır.

2.3. Wang-Fu Bulanık Hedef Programlama İle Portföy Optimizasyonu Modeli

Çalışmada hisse senetlerinin risk, getiri oranı ve beta katsayılarına göre Wang-Fu bulanık hedef programlama ile portföy optimizasyonu modeli kurulmuştur. Model;riske ait hedef kısıtı, getiriye ait hedef kısıtı, beta katsayısına ait hedef kısıtı ve portföyde yer alan ağırlıklar toplamının kısıtı olmak üzere dört kısıttan oluşmakta ve aşağıda verilmektedir.

Wang-Fu Modeli

$$\text{Riske ait hedef :} \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \text{Cov}_{ij} \lesssim Z_0 \quad (104)$$

$$\text{Getiri oranına ait hedef:} \quad \sum_{i=1}^n x_i \mu_i \gtrsim E(R_{\max}) \quad (105)$$

$$\text{Beta katsayısını ait hedef:} \quad \sum_{i=1}^n \beta_i x_i \cong \beta^* \quad (106)$$

$$\text{Portföydeki ağırlıklar toplamı hedefi:} \quad \sum_{i=1}^n x_i = 1 \quad (107)$$

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

Wang-Fu modeli'nde portföyün risk, getiri oranı ve beta katsayısına ait hedef değerleri verilmiş ve üyelik fonksiyonları aşağıda sırasıyla gösterilmektedir. Modelde yer alan β^* değeri, beta katsayısının belirlenen dönemlere göre hedef değerlerini göstermektedir.

Portföy riskinin üyelik fonksiyonu gösterilmektedir (Keskin ve Kocadağlı, 2015: 633-645).

$$\mu_z(x) = 1 \begin{cases} 1, & Z < Z_0 \text{ ise} \\ \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \text{Cov}_{ij} - Z_0}{Z_1 - Z_0}, & Z_0 \leq Z \leq Z_1 \text{ ise} \\ 0, & Z > Z_1 \text{ ise} \end{cases} \quad (108)$$

Portföy riskinin ortalama değeri Z_0 , portföy riskinin maksimum değeri ise Z_1 ile gösterilmektedir. Z_0 ve Z_1 değerleri portföyün varyansının hesaplanmasıyla bulunmaktadır.

Portföyün getirisinin üyelik fonksiyonu ifade edilmektedir.

$$\mu_R(x) = 1 \begin{cases} 0, & \sum_{i=1}^n x_i \mu_i < E(R_{ort}) \text{ ise} \\ \frac{E(R_{max}) - \sum_{i=1}^n x_i \mu_i}{(E(R_{max}) - E(R_{ort}))}, & E(R_{ort}) \leq \sum_{i=1}^n x_i \mu_i \leq E(R_{max}) \text{ ise} \\ 1, & \sum_{i=1}^n x_i \mu_i > E(R_{max}) \text{ ise} \end{cases} \quad (109)$$

$E(R_{ort})$ değeri portföyün getirisinin ortalama değerini, $E(R_{max})$ değeri ise, portföyün getirisinin maksimum değerini ifade etmektedir.

Beta katsayısının üyelik fonksiyonu, azalış ve artış dönemleri olmak üzere iki şekilde ele alınmakta ve aşağıda belirtilmektedir (Keskin ve Kocadağlı, 2015: 6902).

Beta katsayısının üyelik fonksiyonunun azalış dönemi verilmektedir.

$$\mu_\beta(x) = \beta_{min} \begin{cases} \sum_{i=1}^n \beta_i x_i < \beta_{min} & ; & 1 \\ \sum_{i=1}^n \beta_i x_i \leq \beta_{max} ; & 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i x_i - \beta_{min}}{\beta_{max} - \beta_{min}} & (110) \\ \sum_{i=1}^n \beta_i x_i > \beta_{max} & ; & 0 \end{cases}$$

β_i : i . menkul kıymete ait beta katsayısı,

$\beta_{\min}$: menkul kıymete ait beta katsayısının minimum değeri,

$\beta_{\max}$: menkul kıymete ait beta katsayısının maksimum değeri olarak tanımlanmaktadır.

Beta katsayısının üyelik fonksiyonunun artış dönemi belirtilmektedir.

$$\mu_{\beta}(x) = \begin{cases} \sum_{i=1}^n \beta_i x_i < \beta_{\min} & ; & 0 \\ \beta_{\min} \leq \sum_{i=1}^n \beta_i x_i \leq \beta_{\max} & ; & 1 - \frac{\beta_{\max} - \sum_{i=1}^n \beta_i x_i}{\beta_{\max} - \beta_{\min}} \\ \sum_{i=1}^n \beta_i x_i > \beta_{\max} & ; & 1 \end{cases} \quad (111)$$

Bu durumda tercih önceliklerine ve üyelik fonksiyonlarına göre oluşturulan Wang-Fu modeli eşitlik 112-115 'te gösterilmiştir.

Tercih Önceliklerine Göre Wang-Fu Modeli

$$P_1 \text{ tercih önceliği} \quad [\mu_Z(x)]^{c_1} \geq \lambda_k \quad (112)$$

$$P_2 \text{ tercih önceliği} \quad [\mu_R(x)]^{c_1} \geq \lambda_k \quad (113)$$

$$P_3 \text{ tercih önceliği} \quad [\mu_B(x)]^{c_1} \geq \lambda_k \quad (114)$$

$$\begin{aligned} M_k \lambda' + \lambda_k &\geq 1 \\ M_k \lambda' + \lambda &\leq 1 \\ \lambda, \lambda', \lambda_k &\leq 1 \\ x_i, x_j, \lambda, \lambda', \lambda_k &\geq 0 \\ k &= 1, 2, \dots, K \end{aligned} \quad (115)$$

Wang-Fu bulanık hedef programlama modeli'nde karar vericinin riske karşı nötr olduğu durumda $C_i=1$ değeri alınarak doğrusal programlama modeline, karar vericinin riske giren olduğu durumda $C_i=0,5$ değeri ve karar vericinin riskten kaçtığı

durumda $C_i=2$ değeri alınarak doğrusal programlama modeli doğrusal olmayan programlama modeline dönüşmektedir. Aşağıdaki eşitlikte verilen P_k parametreleri karar vericilerinin tercih önceliğini, λ_k değişkeni karar vericilerin tatmin derecesini belirtmektedir.

Wang-Fu bulanık hedef programlama yaklaşımındaki öncelikli hedeften tatmin derecesini ifade eden λ değişkeninin maksimum olması amaçlanmaktadır. Buradaki M_k parametresi tercih önceliklerine ilişkin ceza maliyetini, λ değişkeni tercih önceliklerinin tatmin derecesini belirtmektedir.

2.4. Portföy Optimizasyonu Literatür Taraması

Portföy optimizasyonu ile ilgili çalışmalar aşağıda sırasıyla özetlenmektedir.

Markowitz (1952), beklenen getiri, risk ve kovaryans değerleri kullanılarak oluşturulan ortalama varyans teorisi ile etkin portföylerin oluşumu üzerine çalışma yapmıştır. Yapılan bu çalışmanın sonucunda etkin portföylerin oluşturduğu küme, grafik ile çizilerek etkin sınır gösterilmektedir.

Sharpe (1966) çalışmasında, fonların sahip olduğu bir birim riske karşılık gelen getirinin hesaplanabildiği performans ölçütü geliştirmiş ve bu ölçüt halen yaygın olarak kullanılmaktadır.

Tarım ve Ulucan (2000) çalışmalarında, Markowitz'in ortalama varyans modelini geçerli olup olmadığını test etmektedirler. Çalışmanın sonucunda portföylerin ideal elde tutma süresi on sekiz ay olarak belirlenmiş ve IMKB'de büyük ölçekli ve uzun dönemli fonların yönetilmesinde Markowitz ortalama varyans modelinin geçerli bir yöntem olduğu belirlenmiştir.

Ermek (2004) çalışmasında, muhtemel yatırımcıların portföy çeşitlendirmesi ile optimal risk düzeyinde yatırım yapması durumunda elde edecekleri getiri durumunu incelemiştir. Yapılan analizler sonucunda farklı ağırlıklarla oluşturulan ve açığa satışın olmadığı durumdaki on üç adet hisse senedinden oluşan portföy, en iyi portföy olarak kabul görmektedir.

Çetindemir (2006) çalışmasında, portföyün optimize edilmesi ve çeşitlendirilmesi üzerine IMKB verilerinden yararlanmıştır. Çalışmanın

sonucunda risk ile getiri arasında aynı yönlü güçlü bir ilişki olduğu kanısına varmıştır.

Kale (2009) çalışmasında, Markowitz ortalama varyans yöntemini öğrencilere tanıtmak için piyasa verilerine göre quadratik bazlı QOS ve MS Office 2007 programlarını kullanmış ve yöntemin kullanışlı olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Bilgili ve Tuna (2010) çalışmalarında, IMKB 30 endeksinin yirmi sekiz adet hisse senedi verilerini kullanarak Tek Endeks ve Markowitz modellerini karşılaştırmışlar ve Tek Endeks Modeli'nin Markowitz modeline göre daha etkin olduğunu belirlemişlerdir.

Ravipati (2012) çalışmasında, markowitz ortalama varyans modelini kullanmış ve uygulanan çalışmadaki örneklerin değiştirilmesi halinde istikrarsızlığın oluşacağını belirtmiştir. Çalışmada, markowitz ortalama varyans modeli diğer modellerle karşılaştırılmış ve en uygun portföyün seçimi formüle edilmiştir.

Demir (2013) çalışmasında, IMKB 100 endeksi'nde yer alan şirketler üzerinde markowitz ortalama varyans modelini kullanarak portföyler arasında çeşitlendirme işlemi yapmıştır. Çalışma sonucunda, farklı ağırlığa sahip açığa satışın yapılmadığı durumdaki portföy, yatırım portföyü olarak kabul edilmiş ve on altı adet hisse senedi seçilmiştir.

Keskin ve Kocadağlı (2015) çalışmalarında, araştırmacıların hedeflerini belirli bir öncelik ve önem derecesine göre bulanık hedef programlama yöntemi kullanarak yeni bir portföy seçim modeli oluşturmaya çalışmışlardır. Çalışmanın sonucunda, bulanık hedeflerin arasındaki farklı önem ve öncelikler dikkate alındığında, yatırımcıların davranışları ve piyasadaki hareket eğilimine uygun olarak yeni bir portföy seçim modeli geliştirilmiştir.

Lin ve diğerleri (2016) çalışmalarında, birden fazla varlığa sahip opsiyon portföyleri için revize edilmiş bir doğrusal programlama modelini oluşturmaya çalışmışlardır. Çalışmalarında, minimum işlem lotlarını dikkate alarak doğrusal programlama modeli ile bulanık hedef programlama modelini birleştirerek yeni bir model geliştirmişlerdir.

Akdağ (2017) çalışmasında, markowitz ortalama varyans modeline alternatif olarak geliştirilen Konno-Yamazaki doğrusal programlama ve bulanık Konno-Yamazaki doğrusal programlama modellerini kullanarak, boğa ve ayı piyasalarında portföy optimizasyonunun benzerlik gösterip göstermediğini belirlemeye çalışmaktadır. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, portföy optimizasyonunun boğa ve ayı piyasalarında benzerlik göstermediği tespit edilmiştir.



ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA İLE PORTFÖY OPTİMİZASYONU: BİST VERİLERİ İLE BİR UYGULAMA

Çalışmanın bu bölümünde araştırmanın amacı ve yöntemi açıklanmakta ve daha önce ifade edilen formülasyonlar yardımıyla riskin, getiri oranının ve beta katsayısının üyelik fonksiyonları ortaya konmakta, Wang-Fu bulanık hedef programlama ve markowitz modeli kurularak uygulama sonuçları yorumlanmaktadır.

3.1. Araştırmanın Amacı ve Veri Seti

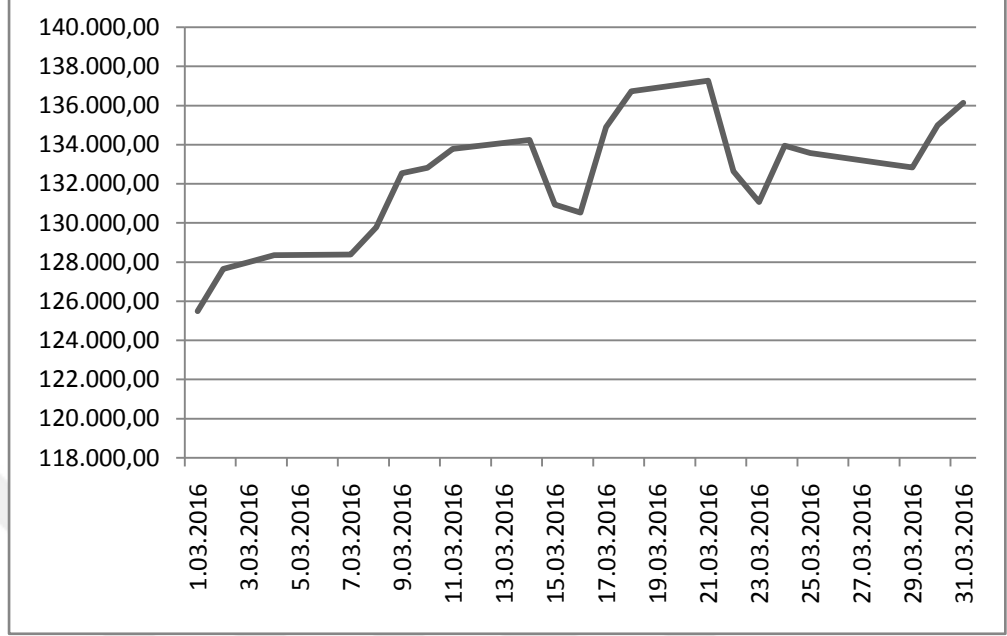
Bu tez uygulamasında, Markowitz'in geliştirdiği ortalama varyans teorisindeki menkul kıymet performansları arasındaki ilişkiyi dikkate alan optimal portföyün oluşturulması ve karar vericilerin portföy oluşturmada riske karşı tutumlarını da dikkate alan Wang-Fu bulanık hedef programlama yaklaşımı ile model oluşturularak bu iki modelin çözüm sonuçlarının karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

Uygulamada kullanılan veri seti, Ocak 2016-Aralık 2016 dönemine ait BİST'de işlem gören bankaların hisse senetlerinin 04.01.2016-31.12.2016 tarihleri arasında günlük kapanış fiyatlarından oluşmaktadır. 01-31 Mart 2016 ve 01-30 Kasım 2016 dönemlerinde BİST'de işlem gören bankaların hisse senetlerinin günlük kapanış fiyatları kullanılarak günlük getiri oranları, günlük getiri oranlarının ortalaması, varyans-kovaryans matrisi ve beta katsayıları hesaplanmıştır. Bu değerler Ek 3'den Ek 7'ye kadar gösterilmektedir.

BİST'de işlem gören 13 banka olmasına rağmen, bir bankanın verilerine ulaşamadığı için 12 bankanın hisse senetleri işleme alınmıştır. 04.01.2016-31.12.2016 tarihleri arasındaki veriler BİST'de işlem gören bankaların hisse senedi performanslarının aylar itibarıyla, artan ve azalan dönemlerini gösteren grafikler Şekil 5 ve 6'da gösterilmektedir. Bu grafiklere göre; 01-31 Mart dönemi BİST'de işlem gören bankaların hisse senedi performanslarının artışa geçtiği dönem, 01-30 Kasım dönemi BİST'de işlem gören bankaların hisse senedi performanslarının azalışa geçtiği dönem olarak belirlenmiştir. Bu iki ay dikkate alınarak bulanık hedef programlama modeli oluşturulmuştur. Tez çalışmasının daha anlaşılır olması

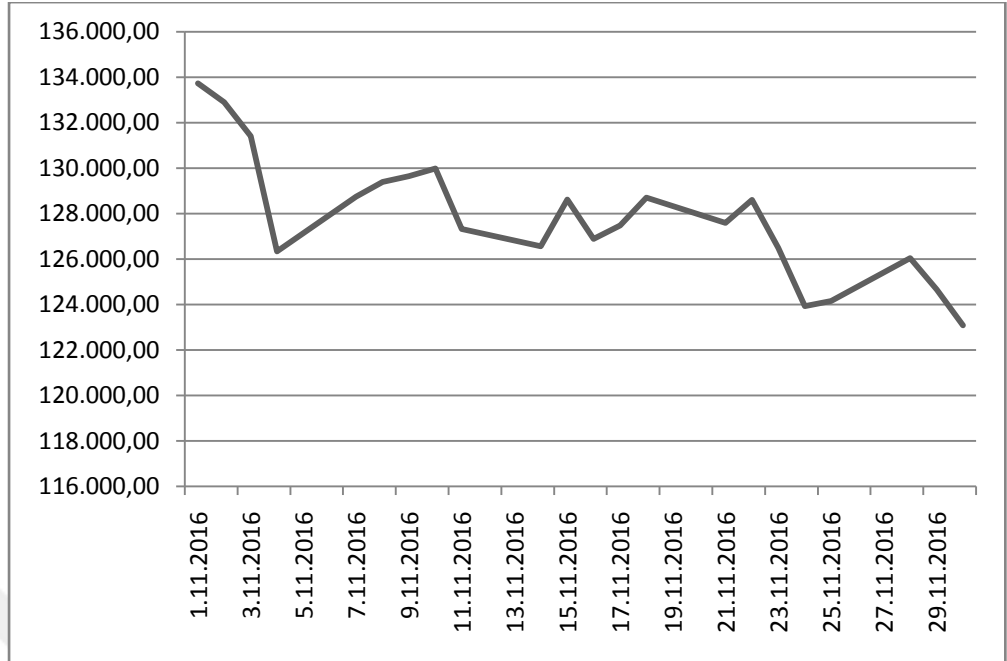
amacıyla sözü edilen artış ve azalış aylarına ait grafikler aşağıda gösterilerek açıklanmaktadır.

Şekil 5 :BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senetlerinin Artış Dönemi



Şekil 5 incelendiğinde, Mart ayının başlarında hisse senedi fiyatlarının düşük olduğu, 07.03.2016 tarihinde sonra artışa geçtiği, 15.03.2016 ve 23.03.2016 tarihinde tekrar düştüğü görülmektedir. Hisse senedi fiyatının en fazla 136.000,00-138.000,00 aralığına kadar yükseldiği görülmektedir.

Şekil 6: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senetlerinin Azalış Dönemi



Şekil 6 incelendiğinde, Kasım ayının başlarında hisse senedi fiyatlarının yüksek olduğu, 02.11.2016-04.11.2016 tarihleri arasında düşüşe geçtiği ve daha sonraki günlerde hisse senedi fiyatlarındaki artış ve azalışların düzensiz bir şekilde devam ettiği görülmektedir.

3.2. Banka Endekslerinin Artış ve Azalış Dönemlerine Göre Kurulan Bulanık Hedef Programlama Modelleri

Uygulamada 01-31 Mart 2016 artış dönemi ve 01-30 Kasım 2016 azalış dönemi olarak belirlenmiş ve hisse senedi performanslarının getiri oranlarına ait bilgiler Tablo 3’de verilmiştir. Bu sayısal bilgiler eşitlik 100’den yararlanılarak hesaplanmıştır.

Tablo 3: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Artış ve Azalış Dönemindeki Beklenen Getiri Oranları (E_r)

DÖNEMLER	BEKLENEN GETİRİ ORANLARI (%)		
	Minimum	Ortalama	Maksimum
Mart 2016	1,5	7,272	46,712
Kasım 2016	-0,7	4,059	48,609

Eşitlik 102’de 1 birim olarak gösterilen hisse senetlerinin portföy içindeki ağırlıkları toplamı yorumlama kolaylığı sağlaması için 100 birim olarak alınmıştır. Tablo 3’deki veriler kullanılarak, riskin üyelik fonksiyonu ve getiri oranının üyelik fonksiyonları elde edilmiş ve aşağıda gösterilmektedir.

Artan döneme ait riskin üyelik fonksiyonu (Mart 2016 dönemi):

$$\mu_z(x) = \begin{cases} 1, & Z < 340,902 \text{ ise} \\ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \text{Cov}_{ij} - 340,902}{2189,493 - 340,902}, & 340,902 \leq Z \leq 2189,493 \text{ ise} \\ 0, & Z > 2189,493 \text{ ise} \end{cases} \quad (116)$$

Azalan döneme ait riskin üyelik fonksiyonu (Kasım 2016 dönemi):

$$\mu_z(x) = \begin{cases} 1, & Z < 186,006 \text{ ise} \\ 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \text{Cov}_{ij} - 186,006}{2227,001 - 186,006}, & 186,006 \leq Z \leq 2227,001 \text{ ise} \\ 0, & Z > 2227,001 \text{ ise} \end{cases} \quad (117)$$

Tablo 3’deki verilerin eşitlik 109’da yerine yazılması ile elde edilen getiri oranının üyelik fonksiyonu aşağıda verilmektedir.

Artan döneme ait getiri oranının üyelik fonksiyonu (Mart 2016 dönemi):

$$\mu_R(x) = 1 - \begin{cases} 0, & \sum_{i=1}^n x_i \mu_i < 7,272 \text{ ise} \\ \frac{46,712 - \sum_{i=1}^n x_i \mu_i}{46,712 - 7,272}, & 7,272 \leq \sum_{i=1}^n x_i \mu_i \leq 46,712 \text{ ise} \\ 1, & \sum_{i=1}^n x_i \mu_i > 46,712 \text{ ise} \end{cases} \quad (118)$$

Azalan döneme ait getiri oranının üyelik fonksiyonu (Kasım 2016 dönemi):

$$\mu_R(x) = 1 - \begin{cases} 0, & \sum_{i=1}^n x_i \mu_i < 4,059 \text{ ise} \\ \frac{48,609 - \sum_{i=1}^n x_i \mu_i}{48,609 - 4,059}, & 4,059 \leq \sum_{i=1}^n x_i \mu_i \leq 48,609 \text{ ise} \\ 1, & \sum_{i=1}^n x_i \mu_i > 48,609 \text{ ise} \end{cases} \quad (119)$$

Tablo 4: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Artış ve Azalış Dönemindeki Beta Katsayıları

DÖNEMLER	BETA KATSAYILARI	
	Minimum	Maksimum
Mart 2016	-4,046	18,207
Kasım 2016	-32,123	8,337

Tablo 4’deki verilerin eşitlik 110 ve eşitlik 111’de yerine yazılması ile elde edilen beta katsayısının üyelik fonksiyonları aşağıdaki gibidir.

Artan döneme ait beta katsayısının üyelik fonksiyonu (Mart 2016 dönemi):

$$\mu_{\beta}(x) = 1 - \begin{cases} 0, & \sum_{i=1}^n \beta_i x_i < -4,046 \text{ ise} \\ \frac{18,207 - \sum_{i=1}^n \beta_i x_i}{18,207 - (-4,046)}, & -4,046 \leq \sum_{i=1}^n \beta_i x_i \leq 18,207 \text{ ise} \\ 1, & \sum_{i=1}^n \beta_i x_i > 18,207 \text{ ise} \end{cases} \quad (120)$$

Azalan döneme ait beta katsayısının üyelik fonksiyonu (Kasım 2016 dönemi):

$$\mu_{\beta}(x) = 1 - \begin{cases} 1, & \sum_{i=1}^n \beta_i x_i < -32,123 \text{ ise} \\ \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i x_i - (-32,123)}{8,337 - (-32,123)}, & -32,123 \leq \sum_{i=1}^n \beta_i x_i \leq 8,337 \text{ ise} \\ 0, & \sum_{i=1}^n \beta_i x_i > 8,337 \text{ ise} \end{cases} \quad (121)$$

Bulanık hedef programlama yaklaşımı olan Wang-Fu yaklaşımı iki temel özelliğe sahiptir. Bu özelliklerden birincisi, karar vericinin hedeflerinin tercih önceliklerinin belirlenmesi, ikincisi ise riskin sınıflandırılmasıdır.

Tablo 5: 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’de ifade edilen λ_1 birinci tercih önceliğindeki hedefin, λ_2 ikinci tercih önceliğindeki hedefin, λ_3 üçüncü tercih önceliğindeki hedefin ve λ_k k. tercih önceliğindeki hedefin tatmin derecesini belirtmektedir. C_1 riskin üyelik

fonksiyonunun, C_2 getiri oranının üyelik fonksiyonunun ve C_3 beta katsayısının üyelik fonksiyonunun risk sınıfını ifade etmektedir. “ K ” hedef sayısını, “ k ” tercih önceliğini göstermek üzere, Tercih Önceliklerine Göre Model’deki üç hedef ($K = 3$) ve üç tane tercih önceliği ($k = 1,2,3$) vardır. Tercih önceliklerine ilişkin ceza maliyetleri $M_k = (10^K)^{k-1}$ eşitliği ile hesaplanmaktadır (Özkan, 2003: 223). Buna göre ceza maliyetleri aşağıdaki gibi bulunmaktadır.

$$k=1 \text{ için } M_1 = (10^3)^{1-1} = 1$$

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

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

Tablo 5’deki veriler ve ceza maliyetleri dikkate alınarak, riskin birinci tercih önceliği (λ_1), getiri oranını ikinci tercih önceliği (λ_2), beta katsayısının üçüncü tercih önceliği (λ_3) ve $C_i=1$ alınarak Tercih Önceliklerine Göre Wang-Fu modeli’nde yerine yazılması ile BIST’de işlem gören bankaların artış ve azalış dönemine ait modelleri; Mart 2016 Dönemine Ait Model ve Kasım 2016 Dönemine Ait Model ile bulunmakta ve bu modeller aşağıda verilmektedir. Karar vericinin riske giren olduğu durumda $C_i=0,5$ değeri ve karar vericinin riskten kaçtığı durumda $C_i=2$ değeri alınarak model oluşturulabilmektedir. Burada örnek belirtmek amacıyla karar vericinin riske karşı nötr olduğu durumun modeli oluşturulmuştur.

Mart 2016 Dönemine Ait Model aşağıda ifade edilmektedir.

$\max \lambda$

$$1. \text{Tercih önceliği} \quad \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \text{Cov}_{ij} - 340,902}{2189,493 - 340,902} \right] \geq \lambda_1 \quad (122)$$

$$2. \text{Tercih önceliği} \quad \left[1 - \frac{46,712 - \sum_{i=1}^n x_i \mu_i}{46,712 - 7,272} \right] \geq \lambda_2 \quad (123)$$

$$3. \text{ Tercih önceliği} \quad \left[1 - \frac{18,207 - \sum_{i=1}^n \beta_i x_i}{18,207 - (-4,046)} \right] \geq \lambda_3 \quad (124)$$

$$\begin{aligned} 1. \text{ Tercih önceliği} \quad & \lambda' + \lambda_1 \geq 1 \\ 2. \text{ Tercih önceliği} \quad & 1000\lambda' + \lambda_2 \geq 1 \\ 3. \text{ Tercih önceliği} \quad & 1000000\lambda' + \lambda_3 \geq 1 \end{aligned} \quad (125)$$

$$\begin{aligned} 1. \text{ Tercih önceliği} \quad & \lambda' + \lambda \leq 1 \\ 2. \text{ Tercih önceliği} \quad & 1000\lambda' + \lambda \leq 1 \\ 3. \text{ Tercih önceliği} \quad & 1000000\lambda' + \lambda \leq 1 \end{aligned}$$

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

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

Kasım 2016 Dönemine Ait Model aşağıda gösterilmektedir.

max λ

$$1. \text{ Tercih önceliği} \quad \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n x_i x_j \text{Cov}_{ij} - 186,006}{2227,001 - 186,006} \right] \geq \lambda_1 \quad (126)$$

$$2. \text{ Tercih önceliği} \quad \left[1 - \frac{48,609 - \sum_{i=1}^n x_i \mu_i}{48,609 - 4,059} \right] \geq \lambda_2 \quad (127)$$

$$3. \text{ Tercih önceliği} \quad \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^n \beta_i x_i - (-32,123)}{8,337 - (-32,123)} \right] \geq \lambda_3 \quad (128)$$

$$\begin{aligned} 1. \text{ Tercih önceliği} \quad & \lambda' + \lambda_1 \geq 1 \\ 2. \text{ Tercih önceliği} \quad & 1000\lambda' + \lambda_2 \geq 1 \\ 3. \text{ Tercih önceliği} \quad & 1000000\lambda' + \lambda_3 \geq 1 \\ 1. \text{ Tercih önceliği} \quad & \lambda' + \lambda \leq 1 \\ 2. \text{ Tercih önceliği} \quad & 1000\lambda' + \lambda \leq 1 \\ 3. \text{ Tercih önceliği} \quad & 1000000\lambda' + \lambda \leq 1 \end{aligned} \quad (129)$$

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

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

Uygulamada yer alan karar değişkenleri ve parametreler aşağıda gösterilmektedir.

Karar değişkenleri;

x_i : i . menkul kıymetin karar değişkenini,

x_j : j . menkul kıymetin karar değişkenini belirtmektedir.

Parametreler;

p_{ij} : i . menkul kıymet ile j . menkul kıymetin arasındaki korelasyonu,

σ_{ij} : i . menkul kıymet ile j . menkul kıymet arasındaki kovaryansı,

σ_i : i . menkul kıymetin standart sapmasını,

σ_j : j . menkul kıymetin standart sapmasını,

$\bar{x}$: menkul kıymetlerin aritmetik ortalamasını,

w_i : i . menkul kıymetin portföydeki ağırlığını,

w_j : j . menkul kıymetin portföydeki ağırlığını,

n : portföydeki menkul kıymet sayısını,

μ_p : portföyün beklenen getirisini, μ_z, μ_r, μ_b

μ_i : i . menkul kıymetin beklenen getirisini,

μ_m : piyasanın beklenen getirisini,

σ_m^2 : piyasanın varyans değerini,

$E(R_{ort})$: portföyün getirisinin ortalama değerini,

$E(R_{max})$: portföyün getirisinin maksimum değerini,

Z_0 : portföy riskinin ortalama değerini,

Z_1 : portföy riskinin maksimum değerini,

β_i : i . menkul kıymete ait beta katsayısını,

β_{min} : menkul kıymete ait beta katsayısının minimum değerini,

β_{max} : menkul kıymete ait beta katsayısının maksimum değerini,

β^* : beta katsayısının belirlenen dönemlere göre hedef değerlerini,

λ : tercih önceliklerinin tatmin derecesini,
 Z : hedeflenen risk değerini,
 R : hedeflenen getiri değerini,
 B : hedeflenen beta katsayısını,
 P_k : karar vericilerinin tercih önceliğini,
 M_k : tercih önceliklerine ilişkin ceza maliyetini ifade etmektedir.

3.3.Markowitz Modeli

Uygulamada banka endekslerinin ortalama getiri değerlerinin hesaplanmasıyla diğer yöntem ile karşılaştırma yapılmaktadır. Markowitz modelindeki ortalama getirinin matematiksel gösterimi aşağıdaki gibidir (Reilly ve Brown, 2002: 287).

$$E(R_{ort}) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i(130)$$

n : portföydeki menkul kıymet sayısını,

x_i : i . menkul kıymetin karar değişkeninin tanımlanmasıdır.

Markowitz modelindeki banka endekslerinin artış ve azalış dönemlerine ait ortalama getirilerine örnek olarak oluşturulan modeller aşağıda yer almaktadır.

Mart 2016 Dönemi ile Markowitz Ortalama Getiri Modeli:

$$1,96887 + (-0,54377) + 1,19343 + (-0,55261) + (-0,01908) + 0,29128 + 0,31578 + 0,09142 + 0,22797 + (-0,3306) + (-0,06368) + 0,59215 + 0,03897 + (-0,04935) + (-0,24298) + 0,34309 + (-0,00349) + (-0,18452) + (-0,02092) + (-0,99976) + 5345,75$$

23

Kasım 2016 Dönemi İle Markowitz Ortalama Getiri Modeli:

$$(-0,0277) + 0,11374 + (-0,10213) + 2,5594 + 0,00798 + 0,00792 + (-0,73132) + (-0,02924) + (-0,06034) + 0,19256 + 0,29598 + 0,14528 + (-0,0725) + 0,13682 + 1,01317 + (-0,44348) + 0,21481 + 0,2021 + 0,23047 + (-0,9999) + 10691,5$$

22

3.4. Bulgular

BIST’de işlem gören bankaların hisse senetleri riske nötr, riske giren ve riskten kaçan olmak üzere üç farklı portföyden oluşmaktadır. Hisse senetlerinin portföy içindeki ağırlıkları hesaplanırken, LINGO paket programı sonucunda bulunan beta değerleri ile karar değişkenleri ilişkilendirilerek bir sonraki ayın hisse senedinin açılış fiyatı üzerinden işlem yapılmaktadır (Keskin, 2013: 99).

Tablo 6: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Artan Dönemine Ait Üyelik Fonksiyonlarının Risk Sınıflarına Göre Tatmin Dereceleri ($\max \lambda$)

Mart 2016		Riske Nötr	Riske Giren	Riskten Kaçan
Risk	λ_1	1,0000	1,0000	1,0000
Getiri Oranı	λ_2	1,0000	1,0000	1,0000
Beta Katsayısı	λ_3	0,1073	0,2964	0,9900

Tablo 6’da risk, getiri oranı ve beta katsayısının tatmin dereceleri sırasıyla λ_1 , λ_2 ve λ_3 ile ifade edilmiştir. Banka endekslerinin artan döneminin risk sınıflarına göre riskin tatmin derecesi ve getiri oranının tatmin derecesi “1” olarak bulunmuştur. Beta katsayısının tatmin dereceleri risk sınıflarına göre sırasıyla %10, %29 ve %99 olarak bulunmuştur.

Uygulanan işlem sonucunda elde edilen bankaların hisse senetlerinin portföy içindeki ağırlık değerleri Tablo 7’de gösterilmektedir.

Tablo 7: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Artan Döneminin Risk Sınıflarına Göre Ağırlıkları (w)

Karar Değişkenleri	Riske Nötr	Riske Giren	Riskten Kaçan
	Yatırım Oranları (%)	Yatırım Oranları (%)	Yatırım Oranları (%)
AKBNK	5,8739	4,1615	6,9499
ALBRK	1,0750	1,2710	1,0587
GARANTİ	2,4282	6,6910	5,5731
HALKBNK	1,4717	1,7401	1,4494
ISCTR	6,6620	1,2661	1,0546
SKBNK	3,6147	6,8700	5,7222
TSKB	6,5849	8,8540	1,0424
VAKBNK	6,1973	4,1158	5,7179
YKBNK	2,6069	4,3068	1,8843
DENİZ	2,4306	4,1217	6,9499
FINBNK	5,8636	3,8942	2,0928
KLNMA	7,4711	1,43861	5,74192

Tablo 7’de karar vericilerin riske karşı nötr olduğu durumda oluşan hisse senetlerinin portföy içindeki ağırlıkları AKBNK %5,87; ALBRK %1,07; GARANTİ %2,42; HALKBNK %1,47; ISCTR %6,66; SKBNK %3,61; TSKB %6,58; VAKIFBNK %6,19; YKBNK %2,60; DENİZ %2,43; FINBNK %5,86; KLNMA %7,47’dir. Karar vericilerin riske giren ve riskten kaçan olduğu durumlarda oluşan hisse senetleri de yukarıdaki gibi ifade edilebilmektedir.

Portföyü oluşturan hisse senetlerinde, Mart ayı için 01.04.2016 kapanış fiyatı baz alınmıştır. Bu kapanış fiyatları hisse senetlerinin portföy içindeki yatırım oranları ile ilişkilendirilerek karar vericilerin olası yatırımları durumunda hisse senetlerinin risk sınıflarına göre ağırlıkları elde edilmiştir (Tuominen, 2005:50).

Tablo 8: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Artan Döneminin Risk Sınıflarına Göre Elde Edilen Getirileri (E_r)

Mart 2016	Riske Nötr	Riske Giren	Riskten Kaçan
AKBNK	104,3829	103,1051	105,1857
ALBRK	101,2941	101,5300	101,2744
GARANTİ	108,2716	122,7925	118,9845
HALKBNK	101,5383	101,8188	101,5149
ISCTR	106,4211	101,2204	101,0165
SKBNK	101,8178	103,4548	102,8776
TSKB	106,6910	108,9967	101,0592
VAKBNK	103,8852	102,5803	103,5846
YKBNK	104,1365	106,8337	102,9899
DENİZ	102,4324	104,1248	106,9551
FINBNK	107,8201	105,1936	102,7912
KLNMA	109,0906	101,7505	106,9866

Tablo 8’e göre portföydeki hisse senetlerinin 01.04.2016 alış tarihinden sonra satılması durumunda elde edilen getiriler gösterilmektedir. Artan dönem olan Mart ayında risk sınıflarına göre oluşturulan portföyler, hisse senetlerinin 01.04.2016 tarihinde 100TL yatırım yapılması ve bir sonraki gün olan 04.04.2016 tarihinde satılması durumunda elde edilmiştir. Karar vericilerin riske karşı nötr olduğu ve portföyü bir sonraki gün elden çıkarması durumunda sırasıyla AKBNK 4,38; ALBRK 1,29; GARANTİ 8,27; HALKBNK 1,53; ISCTR 6,42; SKBNK 1,81; TSKB 6,69; VAKIFBNK 3,88; YKBNK 4,13; DENİZ 2,43; FINBNK 7,82; KLNMA 9,09TL’lik kazanç elde edilmektedir. Karar vericilerin riske giren olduğu durumda, AKBNK 3,10; ALBRK 1,53; GARANTİ 22,79; HALKBNK 1,81; ISCTR 1,22; SKBNK 3,45; TSKB 8,99; VAKIFBNK 2,58; YKBNK 6,83; DENİZ 4,12; FINBNK 5,19; KLNMA 1,75TL’lik kazanç elde edilmektedir. Karar vericilerin riskten kaçan olduğu durumda ise AKBNK 5,18; ALBRK 1,27; GARANTİ 18,98; HALKBNK 1,51; ISCTR 1,01; SKBNK 2,87; TSKB 1,05; VAKIFBNK 3,58; YKBNK 2,98; DENİZ 6,95; FINBNK 2,79; KLNMA 6,9TL’lik kazanç elde edildiği görülmektedir.

Tablo 9: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Azalan Dönemine Ait Üyelik Fonksiyonlarının Risk Sınıflarına Göre Tatmin Dereceleri ($max\lambda$)

Kasım 2016		Riske Nötr	Riske Giren	Riskten Kaçan
Risk	λ_1	1,0000	1,0000	1,0000
Getiri	λ_2	1,0000	1,0000	1,0000
Beta Katsayısı	λ_3	0,1000	0,2000	0,2192

Banka endekslerinin azalan döneminin risk sınıflarına göre riskin tatmin derecesi ve getiri oranının tatmin derecesi “1” olarak bulunmuştur. Beta katsayısının tatmin dereceleri risk sınıflarına göre sırasıyla %10, %20 ve %21 olarak bulunmuş ve azalan döneme ait yatırım oranları aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Tablo 10: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Azalan Döneminin Risk Sınıflarına Göre Ağırlıkları (w)

Karar Değişkenleri	Riske Nötr	Riske Giren	Riskten Kaçan
	Yatırım Oranları (%)	Yatırım Oranları (%)	Yatırım Oranları (%)
AKBNK	7,2236	4,7614	2,6099
ALBRK	5,4806	4,6915	1,2826
GARANTİ	2,1247	4,2389	1,1588
HALKBANK	7,5811	6,4897	1,7742
ISCTR	4,7919	6,5938	1,8027
SKBNK	3,3616	4,6257	1,2646
TSKB	3,1913	3,1067	1,2005
VAKBNK	5,8375	2,8069	1,2799
YKBNK	2,4314	2,9082	4,1764
DENİZ	2,2653	2,7810	1,2681
FINBNK	5,7756	2,7810	4,8989
KLNMA	1,4916	2,0794	2,7242

Tablo 10’da karar vericilerin riske karşı nötr olduğu durumda oluşan hisse senetlerinin portföy içindeki ağırlıkları sırasıyla AKBNK %7,22; ALBRK %5,48; GARANTİ %2,12; HALKBANK %7,58; ISCTR %4,79; SKBNK %3,36; TSKB %3,19; VAKIFBNK %5,83; YKBNK %2,43; DENİZ %2,26; FINBNK %5,77;

KLNMA %1,49'dur. Karar vericilerin riske giren ve riskten kaçan olduğu durumlarda oluşan hisse senetleri Tablo 10'da ifade edilmektedir.

Tablo 11: BIST'de İşlem Gören Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Azalan Döneminin Risk Sınıflarına Göre Elde Edilen Getirileri (E_r)

Kasım 2016	Riske Nötr	Riske Giren	Riskten Kaçan
AKBNK	102,9314	101,9322	101,0592
ALBRK	105,1183	104,3814	101,1978
GARANTİ	101,9972	103,9844	101,0893
HALKBNK	107,5973	106,5035	101,7780
ISCTR	103,1050	104,2726	101,1681
SKBNK	103,4648	104,7676	101,3034
TSKB	111,7318	111,4209	104,4134
VAKBNK	114,2942	106,8732	103,1341
YKBNK	104,3150	105,1613	107,4119
DENİZ	105,8728	107,2100	103,2877
FINBNK	104,2174	102,0308	103,5772
KLNMA	100,5361	100,7474	100,9791

Tablo 11'e göre portföydeki hisse senetlerinin 01.12.2016 alış tarihinden sonra satılması durumunda elde edilen getiriler gösterilmektedir. Azalan dönem olan Kasım ayındaki risk sınıflarına göre oluşturulan portföyler, hisse senetlerinin 01.12.2016 tarihinde 100TL yatırım yapılması ve bir sonraki gün olan 02.12.2016 tarihinde satılması durumunda elde edilmiştir. Karar vericilerin riske karşı nötr olduğu ve portföyü bir sonraki gün elden çıkarması durumunda sırasıyla AKBNK 2,93; ALBRK 5,11; GARANTİ 1,99; HALKBNK 7,59; ISCTR 3,10; SKBNK 3,46; TSKB 11,73; VAKIFBNK 14,29; YKBNK 4,31; DENİZ 5,87; FINBNK 4,21; KLNMA 0,53 TL'lik kazanç elde edilmektedir. Karar vericilerin riske giren olduğu durumda, AKBNK 1,93; ALBRK 4,38; GARANTİ 3,98; HALKBNK 6,50; ISCTR 4,27; SKBNK 4,76; TSKB 11,42; VAKIFBNK 6,87; YKBNK 5,16; DENİZ 7,20; FINBNK 2,03; KLNMA 0,74TL'lik kazanç elde edilmektedir. Karar vericilerin riskten kaçan olduğu durumda ise AKBNK 1,05; ALBRK 1,19; GARANTİ 1,08; HALKBNK 1,77; ISCTR 1,16; SKBNK 1,30; TSKB 4,41; VAKIFBNK 3,13;

YKBNK 7,41; DENİZ 3,28; FINBNK 3,57; KLNMA 0,97TL’lik kazanç elde edildiği görülmektedir.

Wang-Fu bulanık hedef programlama yöntemiyle oluşturulan portföyler ile Markowitz portföy teorisine göre oluşturulan portföylerin elden çıkarılması durumunda elde edilen getiriler Tablo 12’de ifade edilmektedir.

Tablo 12: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senedi Performanslarının Artan Dönemi Sonrası İki Modelin Getirilerinin Karşılaştırılması

Portföy Oluşturulurken Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması				
Mart 2016	Wang-Fu Modeli			Markowitz Modeli
	Riske Nötr	Riske Giren	Riskten Kaçan	Ortalama Gelir
AKBNK	104,3828	103,1051	105,1856	102,3251
ALBRK	101,2940	101,5300	101,2743	100,0004
GARANTİ	108,2716	122,7925	118,9844	100,0010
HALKBNK	101,5382	101,8187	101,5149	101,6881
ISCTR	106,4210	101,2203	101,0164	100,0003
SKBNK	101,8177	103,4547	102,8775	100,0010
TSKB	106,6910	108,9967	101,0592	100,0004
VAKBNK	103,8851	102,5802	103,5846	100,0001
YKBNK	104,1364	106,8336	102,9898	100,0383
DENİZ	102,4324	104,1247	106,9550	100,0004
FINBNK	107,8200	105,1935	102,7911	100,0001
KLNMA	109,0906	101,7504	106,9865	104,6712

Tablo12’ye göre, Wang-Fu bulanık hedef programlama yöntemine göre, karar vericilerin riske karşı nötr olduğu ve portföyü bir sonraki gün elden çıkarması durumunda diğer bankalara göre en yüksek kazancın 9,09TL ile Kalkınma Bankasına, karar vericilerin riske giren olduğu durumda en yüksek kazancın 22,79TL ile Garanti Bankasına ve karar vericilerin riskten kaçan olduğu durumda ise en yüksek kazancın 18,98TL ile Garanti Bankasına ait olduğu görülmektedir. Markowitz modelindeki ortalama gelire göre kazancın en yüksek olduğu banka 4,67TL ile

Kalkınma bankasına, en düşük kazancın ise 0,0001TL ile Vakıfbank ve Finansbank ait olduğu görülmektedir.

Tablo 13: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senetlerinin Azalan Dönemi Sonrası İki Modelin Getirilerinin Karşılaştırılması

Portföy Oluşturulurken Kullanılan Yöntemlerin Karşılaştırılması				
Kasım 2016	Wang-Fu Modeli			Markowitz Modeli
	Riske Nötr	Riske Giren	Riskten Kaçan	Ortalama Gelir
AKBNK	102,9314	101,9322	101,0591	99,9997
ALBRK	105,1182	104,3814	101,1978	99,9999
GARANTİ	101,9971	103,9844	101,0893	100,0019
HALKBNK	107,5973	106,5035	101,7780	100,0032
ISCTR	103,1050	104,2726	101,1681	99,9999
SKBNK	103,4647	104,7676	101,3034	100,0000
TSKB	111,7317	111,4209	104,4134	100,0013
VAKBNK	114,2941	106,8731	103,1341	100,0016
YKBNK	104,3150	105,1612	107,4119	100,0014
DENİZ	105,8727	107,2099	103,2876	104,8609
FINBNK	104,2174	102,0307	103,5772	100,0001
KLNMA	100,5361	100,7474	100,9791	100,0014

Tablo13’e göre, Wang-Fu bulanık hedef programlama yöntemine göre, karar vericilerin riske karşı nötr olduğu ve portföyü bir sonraki gün elden çıkarması durumunda diğer bankalara göre en yüksek kazancın 14,29TL ile Vakıfbank’a, karar vericilerin riske giren olduğu durumda en yüksek kazancın 11,42TL ile Türkiye Sınai Bankasına ve karar vericilerin riskten kaçan olduğu durumda ise en yüksek kazancın 7,41TL ile Yapı Kredi Bankasına ait olduğu görülmektedir. Markowitz modelindeki ortalama gelire göre kazancın en yüksek olduğu banka 4,86TL ile Denizbank’tır. Markowitz modelindeki ortalama gelire göre Akbank 0,0001TL’lik kayıp, Albaraka 0,0003TL’lik kayıp, İş Bankası 0,0001TL’lik kaybının olduğu görülmektedir. Tabloda gösterilen diğer değerler de aynı şekilde yorumlanabilmektedir.

SONUÇ

Bulanık mantık, belirsizliğe neden olan işlemsel problemlere çözüm yolu sunması, algısal ifade ve önyargıların sebep olduğu karmaşayı basitleştirerek esneklik sağlayabilmesi açısından karar vericiler tarafından tercih edilmektedir. Tez çalışmasında bulanık mantığın tercih edilmesinin en önemli nedeni ise, hedef değerlerinin bulanık yapıda olmasıdır. Bulanık mantığın ifade edilen avantajlarının yanısıra çalışmada kullanılacak olan üyelik fonksiyonlarının belirli bir kurala göre belirlenmeyerek deneme yanılma yönteminin tercih edilmesi ve aynı zamanda çalışmada kullanılacak olan kuralların uzman tarafından belirlenmesi gerekliliği gibi dezavantajları da bulunmaktadır.

Bulanık hedef programlama yöntemi, hedeflerin belirsiz olduğu durumlarda kullanılan bir yöntemdir. Bulanık küme teorisinin hedef programlamaya entegre edilmesi ve üyelik fonksiyonları sayesinde hedeflere ulaşma düzeyleri derecelendirilmektedir. Bu derecelendirme ile birlikte karar vericileri tatmin eden bir çözüm yöntemi belirlenebilmektedir.

Finansal piyasalardaki belirsizlik ve bu piyasaların ekonomik, sosyal ve politik olaylardan etkilenmesi sebebiyle klasik mantık yetersiz kalmaktadır. Nitekim, portföy seçiminde etkili olan risk ve getiri faktörlerinin geleceğe yönelik olarak ifade edilmesinden dolayı belirsizlik ön plana çıkmaktadır. Bu yüzden belirsiz olan durumların modellenmesinde bulanık mantığın tercih edilmesi daha anlamlı olacaktır.

Portföy sahibi, portföyü oluştururken portföyüne müdahale edebilme hakkına sahip olduğu için modelde kullanılan bazı parametreleri bireysel kararlarına göre belirleyebilmekte ve portföyünü yatırımcıların içinde bulunduğu duruma göre veya yatırımcıların türüne göre (riske nötr, riske giren, riskten kaçan) şekillendirebilmektedir. Böylece, bulanık hedef programlama yöntemi farklı yatırımcı tiplerine göre farklı öneriler sunabilmektedir.

Bu tez çalışmasında, portföy optimizasyonunun sağlanmasında bulanık mantık içeren bulanık hedef programlama yöntemi tercih edilmektedir. Markowitz'in geliştirdiği ortalama varyans teorisindeki menkul kıymetler arasındaki ilişkiyi dikkate alan optimum portföyün oluşturulması ve karar vericilerin portföy

oluşturmada riske karşı tutumlarını da dikkate alan Wang-Fu bulanık hedef programlama yaklaşımı ile model oluşturularak bu iki modelin çözüm sonuçlarının karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla, BIST’de işlem gören bankaların hisse senetlerinin riske karşı performansları incelenmiştir. Farklı risk seviyelerini dikkate alan Wang-Fu bulanık hedef programlama modeli kullanılarak farklı hedefler optimize edilmek istenmektedir. Wang-Fu bulanık hedef programlama yönteminde, karar vericilerin riske karşı nötr, riske giren ve riskten kaçtığı durum olmak üzere üç farklı risk seviyesine göre bulanık hedef modeli oluşturulmuştur.

Çalışmada kullanılan ikinci yöntem olan Markowitz ortalama varyans teorisinde ise optimum portföyün oluşturulmasında portföyün içinde yer alan hisse senetlerinin performansları arasındaki ilişki dikkate alınarak, risk seviyelerinin en düşük ve getirilerinin maksimum olması hedeflenmiştir.

04.01.2016-31.12.2016 dönemindeki BIST’de işlem gören bankaların hisse senetlerinin kapanış fiyatları incelenmiştir. BIST’de 13 bankanın hisse senedi işlem görmesine rağmen 1 bankanın verilerine ulaşamadığı için 12 bankanın kapanış fiyatları uygulamaya alınmıştır. 04.01.2016-31.12.2016 dönemindeki aylarda BIST’de işlem gören bankaların hisse senedi performansları incelenerek, bankaların hisse senetlerinin artan dönemi Mart 2016, azalan dönemi Kasım 2016 olarak belirlenmiştir. 04.01.2016-31.12.2016 dönemindeki 12 hisse senedinin kapanış fiyatları dikkate alınarak hisse senetlerinin getiri oranları, kovaryans değerleri ve beta katsayıları hesaplanmıştır ve bu verilere göre bulanık hedef kısıtları oluşturulmuştur. Bulanık hedef kısıtları; riske ait hedef kısıtı, getiriye ait hedef kısıtı, beta katsayısına ait hedef kısıtı ve portföyde yer alan ağırlıklar toplamı kısıtı olmak üzere temelde dört kısıttan oluşmaktadır.

Gerçekleştirilen uygulamanın sonucunda; Mart ayında karar vericilerin Akbank ve Denizbank’ın portföylerini seçerken Wang-Fu modelini kullanması ve portföylerinde riskten kaçan olduğu durumu seçmesi; Albaraka, Garanti, Halkbank, Şekerbank, Türkiye Sınai ve Yapı Kredi Bankaları’nın portföylerini seçerken Wang-Fu modelini kullanması ve portföylerini riske giren davranış ile oluşturması; İş Bankası, Vakıfbank, Finansbank ve Kalkınma Bankaları’nın portföylerini seçerken Wang-Fu modelini kullanması ve portföylerini riske nötr davranarak oluşturması önerilmektedir.

Kasım ayında karar vericilerin Akbank, Albaraka, Halkbank, Finansbank, Vakıfbank, Türkiye Sınai Bankaları'nın portföylerini seçerken Wang-Fu modelini kullanması ve portföylerini riske nötr davranarak oluşturması; Garanti, Denizbank, Şekerbank ve İş Bankaları'nın portföylerini seçerken Wang-Fu modelini kullanması ve portföylerini riske giren davranış ile oluşturması; Yapı Kredi ve Kalkınma Bankaları'nın portföylerini seçerken Wang-Fu modelini kullanması ve portföylerinde riskten kaçan olduğu durumu tercih etmesi önerilmektedir.

Bu tezin karar vericilere katkısı ise karar vericilerin analitik kararlar alması durumunda alternatif portföy modellerinin sunulmasıdır. Böylece alternatif portföyler arasından uygun portföyün seçilmesi ve borsa hareketlerinin takibiyle kazanç elde edilebileceğinin gösterilmesidir. Tez çalışmasında kullanılan veri seti ve hisse senetlerinin performanslarının farklı yöntemler ile karşılaştırılması bakımından diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

Bundan sonraki çalışmalarda değerlendirme kriterleri ve/veya kullanılan uygulama alanı değiştirilerek, hisse senedi sayısı arttırılarak veya farklı yöntemlerin tercih edilmesiyle daha farklı sonuçlar elde etmek mümkündür.

KAYNAKÇA

Abbasbandy, S. ve Asady, B. (2006). Ranking of Fuzzy Numbers by Sign Distance. *Information Sciences*. 176 (16): 2405-2416.

Aka, S. (2015). *Yer Seçimi Problemlerine Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımı: Atık Kutuların Yerleşimi Üzerine Bir Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi). Antalya: Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı.

Akay, A. ve Ayan, T.Y. (2014). Tahmine Dayalı Portföy Optimizasyonu: Modern Portföy Teorisinde Risk ve Beklenen Getiri Kavramlarına Alternatif Bir Yaklaşım. *XIV. Ekonometri Yöneylem Araştırması ve İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı* (ss. 119-131), Düzenleyen Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi.

Akdağ, S. (2017). *Bulanık Mantık ile Gerçekleştirilen Portföy Optimizasyonunun Boğa ve Ayı Piyasalarında Karşılaştırılması: BIST Örneği*. (Doktora Tezi). Niğde: Niğde Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bilim Dalı Muhasebe Finansman Bilim Dalı.

Akman, G. (2009). *Bulanık Hedef Programlama Modeli ve Bir Uygulama Denemesi*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Aköz, O. ve Petroviç, D. (2007). Fuzzy Goal Programming Method with Imprecise Goal Hierarchy. *European Journal of Operational Research*. 181: 1427-1433.

Alp, S. (2008). Doğrusal Hedef Programlama Yönteminin Otobüsle Kent İçi Toplu Taşıma Sisteminde Kullanılması. *İstanbul Ticaret Bilimleri Dergisi*. 13: 73-91.

Aristoteles, O. (1947). *Organon II.Önermeler*. Çev. Hamdi Ragıp Atademir. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.

Atlas, M. (2008). Çok Amaçlı Programlama Çözüm Tekniklerinin Sınıflandırılması. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 8(1): 47-68.

Azaiez, M. ve Sharif, S. (2005). A 0-1 Goal Programming Model for Nurse Scheduling. *Computers and Operation Research*. 32: 491-507.

Balaman, Y. Ş. (2014). *A Fuzzy Goal Programming Based Decision Support System for Design and Management of Biomass to Energy Supply Chain*. (Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Dokuz Eylül University Graduate School of Natural and Applied Sciences.

Bandemer, H. ve Gottwald, S. (1995). *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, Fuzzy Methods with Applications*. Chichester: John Wiley & Sons.

Başkaya, Z. (2011). *Bulanık Doğrusal Programlama*. Bursa: Ekin Kitabevi.

Bawa, V. S. ve Lindenberg, E. B. (1977). Capital Market Equilibrium in a Meanlower Partial Moment Framework. *Journal of Financial Economics*. 5(2):189-200.

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

Bellman, R. E. ve Zadeh, L. A. (1970). Decision Making In A Fuzzy Environment. *Management Science*. 17(4): 141-164.

Bilgili, E. ve Tuna, G. (2010). Markowitz ve Tek Endeks Modellerinin Uygulanması: IMKB 30 Endeksi Üzerinde Karşılaştırmalı Analiz. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 15(3):1-18.

Bilgin, H. Ö. (2013). *Bir Bankada Şube Yeri Seçiminde Hedef Programlama Uygulaması*.(Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Bojadziev, G. ve Bojadziev, M. (1995). *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, Applications*, London: World Scientific Publishing Co Pte Ltd.

Born, J. A. ve Moser, J. T. (1988). An Investigation Into The Role of The Market Portfolio In The Arbitrage Pricing Theory. *The Financial Review*. 23 (3): 287-299.

Bölgen, M. (2010). *Fuzzy Logic and Data Mining Techniques In Evaluating of Credit Risks of Companies*. (Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Dokuz Eylül University Graduate School of Natural and Applied Sciences.

Butnariu, D. ve Klement, P. E. (1992). Triangular Norms and Some Applications to Measure And Game Theory. *Fuzzy Approach to Reasoning and Decision-Making* (ss. 89-105).Prague: Springer-Science Business Media Dordrecht.

Calvete, H. I., Gale', C., Oliveros, M. J. ve Valverde, B. S. (2007). A Goal Programming Approach to Vehicle Routing Problems with Soft Time Windows. *European Journal of Operational Research*. 177: 1720-1733.

Cevizci, A. (2016). *Portföy Yönetiminde Risk Analizi* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Ticaret Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.

Ceylan, A. ve Korkmaz, T. (1998). *Borsa'da Uygulamalı Portföy Yönetimi*. Bursa: Ekin Kitabevi.

Ceylan, A. ve Korkmaz, T. (2004). *Sermaye Piyasası ve Menkul Değer Analizi*. Bursa: Ekin Kitabevi.

Chambers, N. (2000). Finansal Varlıkların ve Portföyün Risk ve Getirisi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*. 6: 40-48.

Charnes, A. ve Cooper, W. (1955). *Management Models and Industrial Applications of Linear Programming*. New York: Management Science.

Charnes, A., Cooper, W. ve Ferguson, R. (1955). Optimal Estimation of Executive Compensation by Linear Programming. *Management Science*. 1(2):138-151.

Charnes, A. ve Cooper, W. (1977). Goal Programming and Multiple Objective Optimization. *European Journal of Operational Research*. 1(1) : 39-54.

Chen, H. K. (1994). A Note On A Fuzzy Goal Programming Algorithm by Tiwari, Dharmar and Rao. *Fuzzy Sets and Systems*. 62 (3): 287-290.

Chen, L. H. ve Tsai, F. C. (2001). Fuzzy Goal Programming with Different Importance And Priorities. *European Journal of Operational Research*. 133: 548-556.

Cheng, C. H. (1997).Evaluating Naval Tactical Missile Systems by Fuzzy Ahp Based on The Grade Value of Membership Function, *European Journal of Operational Research*. 96(2): 343-350.

Cheng, C. B. (2004). Group Opinion Aggregation Based on a Grading Process: A Method for Constructing Triangular Fuzzy Numbers. *Computers and Mathematics with Applications*. 48 (10-11): 1619-1632.

Cinemre, N. (2004). *Yöneylem Araştırması*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım.

Cinemre, N. (2011). *Yöneylem Araştırması*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım.

Çetindemir, A. E. (2006). *Optimum Portföy Seçimi ve IMKB-30 Endeksi Üzerine Bir Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü Sermaye Piyasası ve Borsa Anabilim Dalı.

Demir, T. (2013). *Modern Portföy Kuramına Göre Optimum Portföyün Oluşturulması ve IMKB 100 Üzerine Uygulanması* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Finansal Piyasalar ve Yönetimi Bilim Dalı.

Dhingra, A. K., Miura, H. ve Rao, S. (1990) . Multiobjective Decision Making In A Fuzzy Environment with Applications to Helicopter Design. *AIAA Journal*. 28(4): 703-710.

Dubois, D. ve Prade, H. (1980). *Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications*, Boston: Academic Press.

Duman, S. (2002). *Doğrusal Olmayan Hedef Programlama İle Portföy Seçimi*. (Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Elmas, Ç. (2011). *Yapay Zeka Uygulamaları*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.

Elton, E. J. ve Gruber, M. (1995). *Modern Portfolio Theory and Investment Analysis*. New York: John Wiley& Sons Inc.

Encheva, S. ve Tumin, S. (2009). Problem Identification Based on Fuzzy Functions. *WSEAS Transactions on Advances in Engineering Education*. 4(6): 111-120.

Ercan, M. K ve Ban, Ü. (2005). *Finansal Yönetim*. Ankara: Gazi Kitabevi.

Erdin, C. (2007). *Bulanık Hedef Programlama ve İşletme Yönetiminde Bir Uygulama*. (Doktora Tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı Sayısal Yöntemler Bilim Dalı.

Ergün, D. (2006). *Hedef Programlama ile Üretim Planlaması*. (Yüksek Lisans Tezi). Ankara: Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Ermek, Ö. (2004). *Optimal Portföyün Seçimi ve IMKB Gıda Sektörü Üzerinde Bir Uygulama* (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Marmara Üniversitesi Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü.

Ertuğrul, İ. (2006). *Toplam Kalite Kontrol ve Teknikleri*. Bursa: Ekin Kitabevi.

Ertunç, E. ve Çay, T. (2016). Application of Fuzzy Logic In Land Consolidation-Classification Studies. *International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering*. 4: 118-123.

Fabozzi, J. F. (1990). *Current Topics in Investment Management*. New York: Harper C. Row. Publishers.

Fador, J. ve Roubens, M. (1994). *Fuzzy Preference Modelling and Multicriteria Decision Support*. Kluwer Academic Publishers.

Famuyiwa, O., Monplaisir, L. ve Nepal, B. (2008). An Integrated Fuzzy-Goal-Programmingbased Framework For Selecting Suppliers In Strategic Alliance Formation. *International Journal of Production Economics*. 113 (2): 862-875.

Farrell, J. L. (1997). *Portfolio Management: Theory and Application*. Singapore: The McGraw-Hill Companies Inc.

Farooq, M. U. (2013). *A Case Study on Reverse Supply Chain by Using Goal Programming by*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: Fatih Üniversitesi.

Fedrizzi, M. (1987). Introduction to Fuzzy Sets and Possibility Theory. *Optimization Models Using Fuzzy Sets and Possibility Theory* (ss.13-26). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Filiz, Ç. S. (2014). *Bulanık Hedef Programlama Yaklaşımının Araç Rotalama Problemine Uygulanması*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Fisher, D. E. ve Jordan, R. J. (1979). *Security Analysis and Portfolio Analysis*. New Jersey: Prentice-Hall.

Güneş, M. ve Umarosman, N. (2005). Fuzzy Goal Programming Approach on Computation of The Fuzzy Arithmetic Mean. *Mathematical and Computation Applications*. 10 (2): 211-220.

Hannan, E. L. (1981). On Fuzzy Goal Programming. *Decision Sciences*. 12 (3): 522-531.

Huang, X. (2007). Chance-Constrained Programming Models for Capital Budgeting with NPV as Fuzzy Parameters, *Journal of Computational and Applied Mathematics*. 198: 149-159.

Huynh, V. N., Ho, T.B. ve Nakamori, Y. (2002). A Parametric Representation of Linguistic Hedges In Zadeh's Fuzzy Logic. *International Journal of Approximate Reasoning*. 30(3): 203-223.

Ignizio, J. P. (1976). *Goal Programming and Extensions*. London: Lexington Books.

Ignizio, J. P. (1982). *Linear Programming in Single and Multiple Objective Systems*. New Jersey: Prentice-Hall.

Ignizio, J. P. (1985). *Introduction to Linear Goal Programming*. California: Sage Publications.

Ignizio, J. P. ve Cavalier, T. M. (1994). *Linear Programming*. New Jersey: Prentice-Hall.

Ijiri, Y. (1965). *Management Goals And Accounting For Control*. Chicago: Rand MC Nally.

İmamoğlu, G. (2016). *Hedef Programlama Tekniği ile Lojistik Merkez Yer Seçimi Modeli Önerisi*. (Yüksek Lisans Tezi). Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.

Jang, J.S.R., Sun, C.T. ve Mizutani, E. (1997). *Neuro-Fuzzy and Soft Computing*. Upper Saddle River. USA: Prentice Hall.

Kacprzyk, J. ve Orlovski, S. A. (1987). *Optimization Models Using Fuzzy Sets and Possibility Theory*. Canada: D. Reidel Publishing Company.

Kale, J. K. (2009). Portfolio Optimization Using The Quadratic Optimization System and Publicly Available Information on The WWW. *USA Managerial Finance*. California: St Mary's College of California. 35(5): 439-450.

Kandel, A. (1986). *Fuzzy Mathematical Techniques with Applications*. Massachusetts: Addison Wesley.

Karan, M. B. (2001). *Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi*. Ankara: Gazi Kitabevi.

Keskin, R. (2013). *Bulanık Hedef Programlama ve Portföy Analizi Uygulaması*. (Doktora Tezi). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi: Fen Bilimleri Enstitüsü İstatistik Anabilim Dalı.

Keskin, R. ve Kocadağlı, O. (2015). A Novel Portfolio Selection Model Based on Fuzzy Goal Programming with Different Importance and Priorities. *Expert Systems with Applications*. 42: 6898- 6912.

Kıyak, E. ve Kahvecioğlu, A. (2003). Bulanık Mantık ve Uçuş Kontrol Problemine Uygulanması. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*. 1(2): 63-72.

King, P. J. ve Mamdani, E. H. (1977). The Applications of Fuzzy Control Systems to Industrial Processes. *Automatica*. 13 (3): 235-242.

Kim, J. S. ve Whang, K. S. (1998). A Tolerance Approach to The Fuzzy Goal Programming Problems with Unbalance Triangular Membership Function. *European Journal of Operation Research*. 107: 614 -624.

Klir, G. C. ve Folder, T. A. (1988). *Fuzzy Sets, Uncertainty and Information*, Englewood Cliffs. New Jersey: Prentice Hall.

Kolb, R. W. ve Rodriguez, R. J. (1996). *Finansal Yönetim*. Çev. Ali İhsan Karacan. İstanbul: SPK Yayınları.

Konno H. ve Yamazaki, H.(1991). Mean-Absolute Deviation Portfolio Optimization Model and Its Application to Tokyo Stock Market. *Management Science*. 37(5): 519-531.

Kosko, B. (1993). *Fuzzy Thinking: The New Science of Fuzzy Logic*. New York: Hyperion.

Lai, Y. J. ve Hwang, C. L. (1994). *Fuzzy Multiple Objective Decision Making Methods and Applications*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Lee, S. M. ve Clayton, E. (1972). A Goal Programming Model for Academic Resource Allocation. *Management Science*. 18 (8) : 395-408.

Lee, C.S. ve Wen, C. G. (1997). Fuzzy Goal Programming Approach for Water Quality Management In A River Basin. *Fuzzy Sets and Systems*. 89 (2): 181-192.

Leung, S. C. H., Wu, Y. ve Lai, K. K. (2003). Multi-Site Aggregate Production Planning with Multiple Objectives: A Goal Programming Approach. *Production Planning & Control*. 14 (5): 425-436.

Levin, R. I., Rubin, D. S., Stinson J. P. ve Jr. Gardner, E. S. (1992). *Quantitative Approaches to Management*. New York: Mcgraw-Hill College.

Li, H. X. ve Yen, V. C. (1995). *FuzzySets and Fuzzy Decision Making*. Boca Raton: CRC Press.

Lin, C. T. ve Lee, G. C. S. (1996). *Neural Fuzzy Systems: A Neuro-Fuzzy Synergism to Intelligent Systems*. New Jersey: Prentice Hall.

Lin, C. C., Liu, Y. T. ve Chen, A. P. (2016). Hedging An Option Portfolio With Minimum Transaction Lots: A Fuzzy Goal Programming Problem. *Applied Soft Computing*. 47: 295-303.

Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*. Canada: John Wiley&Sons.

Mao, H. (1999). *Estimating Labour Productivity Using Fuzzy Set Theory*. University of Alberta Master of Science Thesis.

Maria, A., Mattson, A. C., Yahaya, A. S. ve Messac, A. (2003). Linear Physical Programming for Production Planning Optimization. *Engineering Optimization*. 35(1): 19-37.

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

Markowitz, H. M. (1959). *Portfolio Selection, Efficient Diversification of Investments*. USA: John Wiley&Sons.

Markowitz, H. M. (1991). Foundations of Portfolio Theory. *The Journal of Finance* 46 (2): 469-477.

Martel, J. M. ve Aouni, B. (1998). Diverse Imprecise Goal Programming Model Formulations. *Journal of Global Optimization*.12 (2): 127-138.

Memiş, N. (2015). *Hedef Programlama İle Portföy Seçimi: Borsa İstanbul'da Bir Uygulama*. (Yüksek Lisans Tezi). Bursa: Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Ana Bili Dalı Sayısal Yöntemler Ana Bilim Dalı.

Mendoza, G. A. (1987). Goal Programming Formulations and Extensions: An Overview and Analysis. *Canadian Journal of Forest Research*. 17(7): 575-581.

Mendoza, G. A. ve Prabhu, R. (2000). Multiple Criteria Decision Making to Asseing Forest Sustainability Using Criteria and Indicators: A Case Study. *Forest Ecology and Management*. 131(1-3): 107-126.

Menteş, A. (2000). *Manevra ve Sevk Sistemi Seçiminde Bulanık Çok Kriterli Karar Verme*. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Mızrak, P. (2003). *Supplier Selection Problem an Application of Goal Programming In a Firm*. (Yüksek Lisans Tezi). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.

Mohamed, R. H. (1997). The Relationship Between Goal Programming and Fuzzy Programming. *Fuzzy Sets and Systems*. 89 (2): 215-222.

Mohammed, W. (2000). Chance Constrained Fuzzy Goal Programming With Right-Hand Side Uniform Random Variable Coefficients. *Fuzzy Sets And Systems*. 109 (1): 107-110.

Mukherjee, K. ve Bera, A. (1995). Application of Goal Programming In Project Selection Decision-A Case Study From The Indian Coal Mining Industry. *European Journal of Operational Research*. 82: 18-25.

Narasimhan, R. (1980). Goal Programming In A Fuzzy Environment. *Decision Sciences*. 11 (2): 325-336.

Negoita, C.V. ve Sularia, M. (1976). On Fuzzy Mathematical Programming and Tolerances In Planing. *Economic Computurion and Economic Cybernetics Studies and Research*. 1: 3-14.

Nijkamp, P. ve Spronk, J. (1978). Interactive Multiple Goal Programming. *Rotterdam Preliminary and Confidential Research Memorandum*.(ss.1-50). Düzenleyen Free University ve Erasmus University. New York.

Ohta, H. ve Yamaguchi, T. (1996). Linear Fractional Goal Programming in Consideration of Fuzzy Solution. *European Journal of Operational Research*. 92 (1): 157-165.

Ovchinnikov, S. (1987). Preference and Choice in A Fuzzy Environment. *Optimization Models Using Fuzzy Sets and Possibility Theory*(ss. 91-98). Dordecht: Kluwer Academic Publishers.

Özdağoğlu, A. (2016). *Bulanık İşlemler Durulaştırma ve Sözel Eşikler Bilgisayar Uygulamalı Örneklerle*. Ankara: Detay Yayıncılık.

Özlem, D. (2004). *Mantık (Klasik/Sembolik Mantık, Mantık Felsefesi)*. İstanbul: İnkılap Yayınları.

Özkan, M. (2003). *Bulanık Hedef Programlama*.Bursa: Ekin Kitabevi.

Öztürk, A. (2011). *Yöneylem Araştırması*. Bursa: Ekin Kitabevi.

Palaniappan, N. (2005). *Fuzzy Topology (Second Edition)*. Horrow: Alpha Science International Ltd.

Parra, M. A., Terol, A. B. ve Uria, M. V. R. (2001). A Fuzzy Goal Programming Approach to Portfolio Selection. *European Journal of Operational Research*. 133: 287-297.

Passino, K. M. ve Yurkovich, S. (1998). *Fuzzy Control*. California: Addison-Wesley.

Ravipati, A. (2012). *Markowitz Portfolia Selection Model and Related Problems*. New Jersey: Degree of Master of Science Graduate Program in Operations Research New Brunswick.

Reifman, J. ve Feldman, E. E. (2002). Multilayer Perceptron for Nonlinear Programming. *Computers and Operations Research*. 29: 1237-1250.

Reilly, F. ve Brown, K. (2002). *Investment Analysis and Portfolio Management*. South-Western: International Thomson Publishing.

Rocacher, D. ve Bosc, P. (2005). The Set of Fuzzy Rational Numbers and Flexible Querying. *Fuzzy Sets and Systems*. 155: 317-339.

Romero, C. (1986). A Survey of Generalized Goal Programming. *European Journal of Operational Research*. 25 (2): 183-191.

Romero, C. (1991). *Handbook of Critical Issues In Goal Programming*. University of Córdoba. Spain: Pergamon Press.

Romero, C. (2001). Extended Lexicographic Goal Programming: A Unifying Approach, *Omega The International Journal of Management Science*. 29: 63-71.

Ross, T. J. (1995). *FuzzyLogic with Engineering Applications*. USA: A John Wiley & Sons.

Ross, T. J., Booker, J. M. ve Parkinson, W.J. (2002). *Fuzzy Logic and Probability Applications Bridging the Gap*. USA: ASA-SIAM.

Rutkowski, L. (2004). *Flexible Neuro-Fuzzy Systems Structures, Learning and Performance Evaluation*. Boston: Kluwer Academic Publishers.

Schniederjans, M. J. (1984). *Linear Goal Programming*. New Jersey: Petrocelli Books.

Schniederjans, M. J. ve Kim, G. Y. (1987). A Goal Programming Model to Optimize Departmental Preference In Course Assignments. *Computers and Operations Research*. 14(2): 87-96.

Schniederjans, M. J. (1995). *Goal Programming Methodology and Applications*. Boston/Dordrecht/London: Kluwer Academic Publishers.

Shankar, R., Kumar ve M., Vrat, P. (2004). A Fuzzy Goal Programming Approach for Vendor Selection Problem in A Supply Chain. *Computers and Industrial Engineering*. 46 (1): 69-85.

Sharpe, W.F.(1964). Capital Asset Prices: A Theory of Market Equilibrium Under Conditions of Risk.*The Journal of Finance*. 19(3): 425-442.

Sharpe, W. F. (1966). Mutual Fund Performance. *Journal of Business*. 39(1): 119-138.

Smith, K. V. (1971). *Portfolio Management*. USA: Holt, Rinehart and Winston.

Steuer, R. E. (1986). *Multiple Criteria Optimization: Theory, Computation and*

Application, Canada: John Wiley & Sons.

Şen, Z. (2001). *Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri*. İstanbul: Bilge Sanat Yapım.

Taha, A. H. (1997). *Operation Research An Introduction*. New York: Prentice-Hall.

Tamiz, M. (1996). *Multi-Objective Programming and Goal Programming*. Berlin: Springer.

Tarım, A. ve Ulucan, A. (2000). Markowitz Kuadratik Programlama Portföy Seçim Modeli için Planlama Ufkunun Ampirik Olarak Belirlenmesi: IMKB Uygulaması. *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, s. 143-160.

Tiwari, R. N., Dharmar, S. ve Rao, J. R. (1986). Priority Structure In Fuzzy Goal Programming. *Fuzzy Sets and Systems*. 19 (3): 251-259.

Tiwari, R. N., Dharmar, S. ve Rao, J. R. (1987). Fuzzy Goal Programming: An Additive Model. *Fuzzy Sets and Systems*. 24 (1): 27-34.

Tuominen, Tero (2005). *Corporate Layoff Announcements and Shareholder Value: Empirical Evidence from Finland*. (Yüksek Lisans Tezi). Finlandiya: Lappeenranta University of Technology Department of Business Administration Section of Accounting and Finance.

Triantaphyllou, E. (2000). Fuzzy Multi-Criteria Decision Making. *Multi-Criteria Decision Making Methods: A Comparative Study* (ss. 241-262). Dordrecht: Springer-Science Business Media.

Trivedi, V. M. (1981). A Mixed Integer Goal Programming Model for Nursing Service Budgeting. *Operations Research*. 29 (5): 1019-1034.

Ulucan, A. (2004). *Portföy Optimizasyonu Kuadratik Programlama Tabanlı Modelleme*. Ankara: Siyasal Kitabevi.

Usta, Öcal. (2005). *İşletme Finansı ve Finansal Yönetim*. Ankara: Detay Yayıncılık.

Ünvan, H. (1989). *Finansal Varlıkları Fiyatlandırma Modeli ve Türkiye Üzerine Bir Deneme 1978-1986*. Sermaye Piyasası Kurulu Yayınları.

Walker, H. D. (1985). An Alternative Approach to Goal Programming. *Canadian Journal of Forest Research*. 15 (2) : 319-325.

Wang, H. F. ve Fu, C. C. (1997). A Generalization of Fuzzy Goal Programming with Preemptive Structure. *Computers and Operations Research*. 24(9): 819-828.

Wang, Z. ve Klir, G.J. (1992). *Fuzzy Measure Theory*. New York: Springer Science Business Media.

Yaghoobi, M. A. ve Tamiz, M. (2007). A Method for Solving Fuzzy Goal Programming Problems Based on Minmax Approach. *European Journal of Operation Research*. 177: 1580-1590.

Yang, T., Ignizio, J. P. ve Kim, H. J. (1991). Fuzzy Programming with Nonlinear Membership Functions: Piecewise Linear Approximation. *Fuzzy Sets and Systems*. 4(1): 39-53.

Yen, J. ve Langari, R. (1999). *Fuzzy Logic, Intelligence, Control and Information*. New Jersey: Prentice Hall.

Zadeh, L. A. (1972). A Fuzzy-Set-Theoretic Interpretation of Linguistic Hedges. *Journal of Cybernetics*. 2 (3): 4-34.

Zadeh, L. A. (1988). *Fuzzy Logic*. California: IEEE.

Zadeh, L. A. (1994). *Soft Computing and Fuzzy Logic*. California: IEEE Software.

Zadeh, L. A. (1996). *Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Systems: Selected Papers*. Singapore: World Scientific Publishing Co Pte Ltd.

Zanakis, S. H. ve Smith, J. S. (1980). Chemical Production Planning Via Goal Programming. *International Journal of Production Research*. 18: 687-697.

Zeleny, M. (1982). *Multiple Criteria Decision Making*. New York/USA: McGraw-Hill.

Zeleny, M. (2011). Multiple Criteria Decision Making (MCDM): From Paradigm Lost to Paradigm Regained. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 18: 77-89.

Zhang, H.C. ve Huang, S.H. (1994). A Fuzzy Approach To Process Plan Selection. *International Journal of Production Research*. 32 (6): 1265-1279.

Zimmermann, H. J. (1983). Fuzzy Mathematical Programming. *Computers and Operations Research*. 10(4): 291-298.

Zimmermann, H. J. (1987). *Fuzzy Sets, Decision Making and Expert Systems*. USA: Kluwer Academic Publishers.

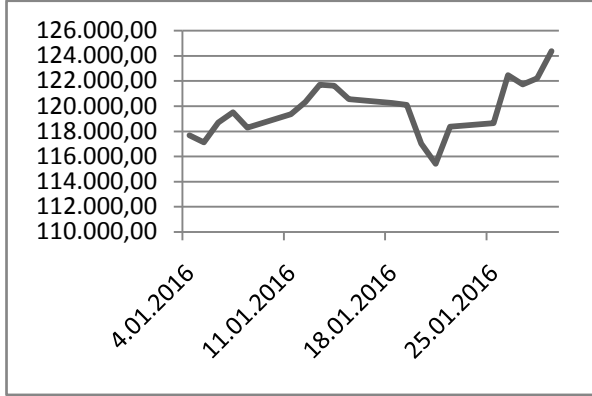
Zimmermann, H. J. (2001). *Fuzzy Set Theory and Its Applications*. Boston: Kluwer Academic Publishers.



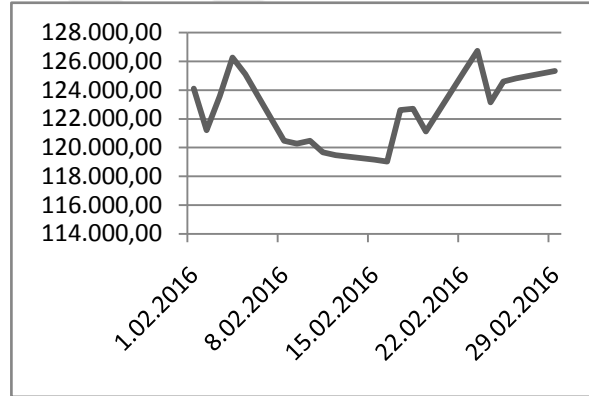
EKLER

Ek 1: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senetlerinin Aylara Göre Dağılımı

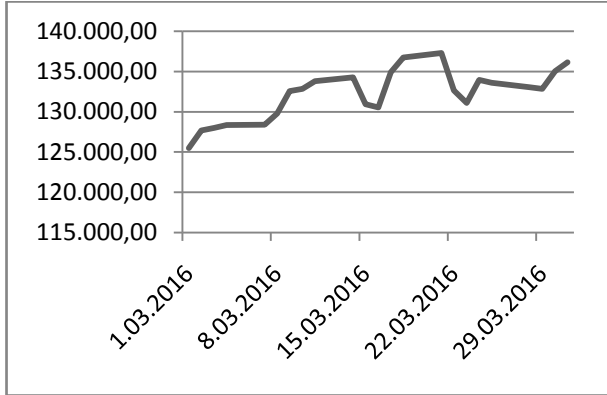
OCAK 2016



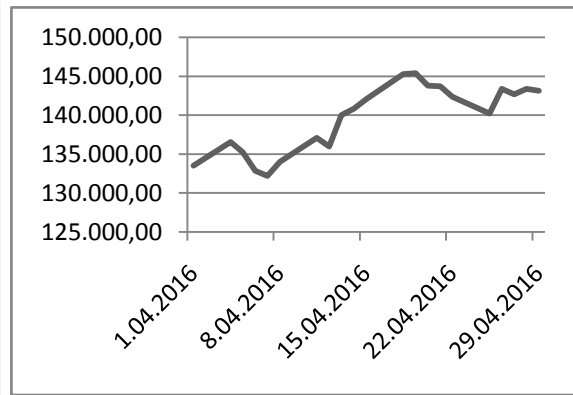
ŞUBAT 2016



MART 2016

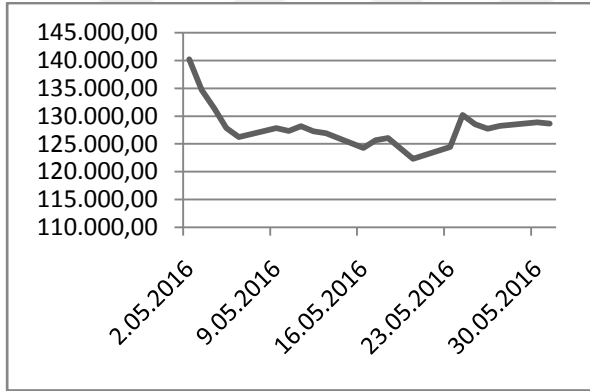


NİSAN 2016

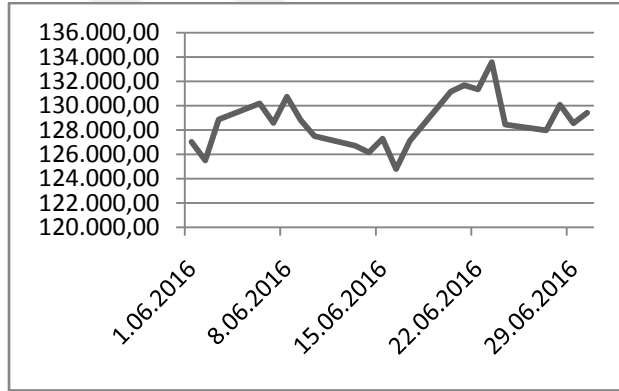


Ek 1.Devamı: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senetlerinin Aylara Göre Dağılımı

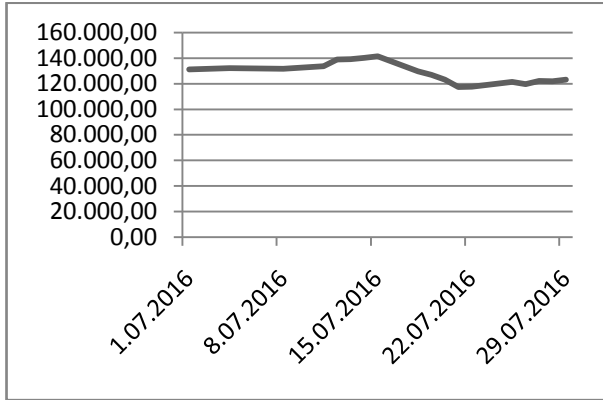
MAYIS 2016



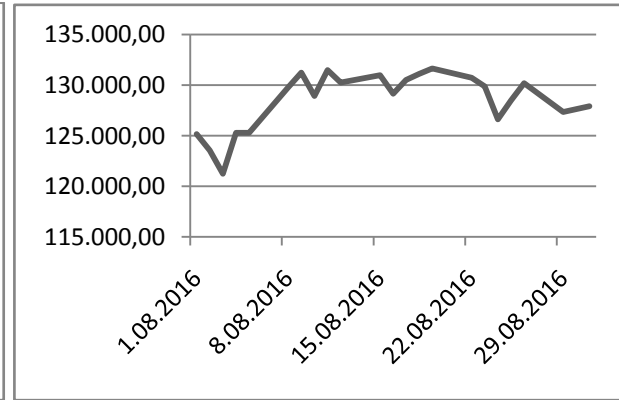
HAZİRAN 2016



TEMMUZ 2016

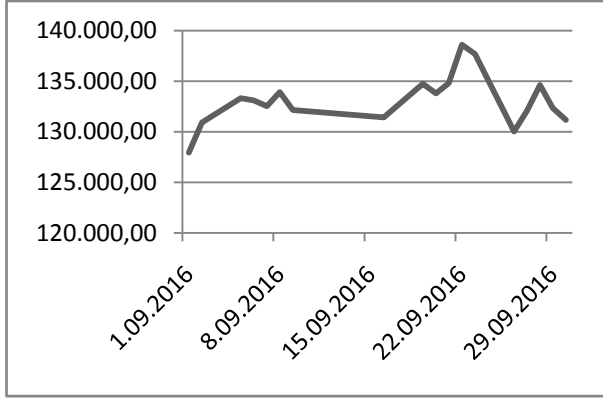


AĞUSTOS 2016

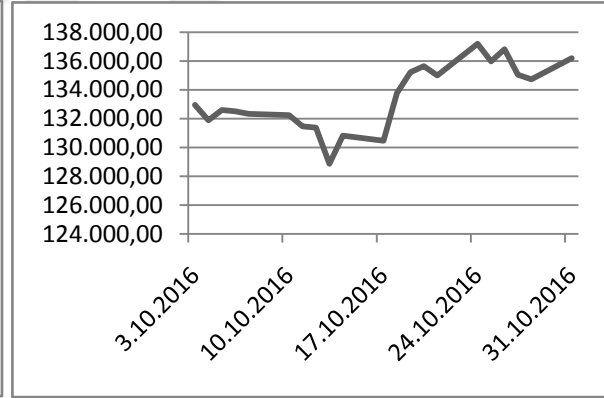


Ek 1.Devamı: BİST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senetlerinin Aylara Göre Dağılımı

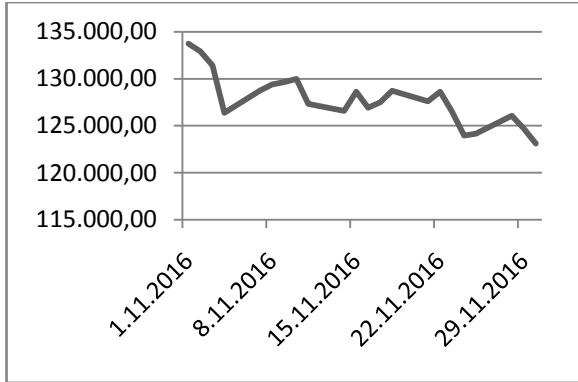
EYLÜL 2016



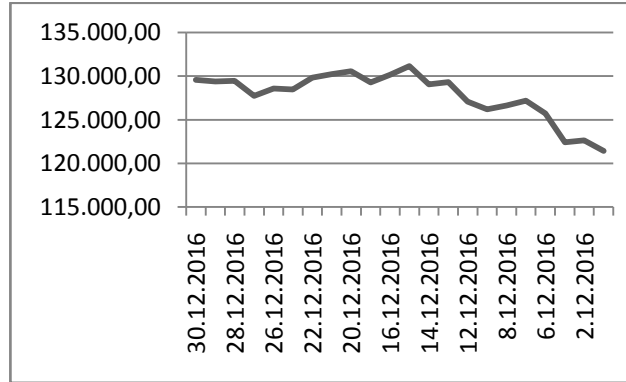
EKİM 2016



KASIM 2016



ARALIK 2016



Ek 2: BIST’de İşlem Gören Bankaların Kapanış Fiyatları

04.01.2016- 30.01.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENİZ	FINBNK	KLNMA
4.01.2016	21337,00	11324,00	35947,00	43739,00	19450,00	42917,00	16803,00	27454,00	44621,00	3,00	18749,00	4,00
5.01.2016	19876,00	42795,00	34851,00	42644,00	18719,00	42917,00	15707,00	26724,00	44256,00	34366,00	13636,00	4,00
6.01.2016	23529,00	11324,00	42742,00	44835,00	19450,00	25204,00	16072,00	27089,00	46082,00	33635,00	46508,00	42859,00
7.01.2016	24990,00	42795,00	41456,00	45566,00	23468,00	24473,00	15342,00	27820,00	42797,00	35462,00	42771,00	30011,00
8.01.2016	26085,00	11324,00	42742,00	42865,00	20546,00	24108,00	14977,00	42919,00	45717,00	34731,00	42740,00	4,00
11.01.2016	28277,00	47119,00	42742,00	43049,00	21276,00	23377,00	14977,00	27089,00	42797,00	34731,00	5,00	42798,00
12.01.2016	30834,00	11324,00	41456,00	43374,00	22737,00	23743,00	14977,00	27454,00	14305,00	34366,00	42799,00	42095,00
13.01.2016	36312,00	42826,00	42917,00	11963,00	23102,00	23012,00	14977,00	28185,00	15766,00	34366,00	42891,00	42770,00
14.01.2016	42773,00	16072,00	42773,00	43739,00	22372,00	42887,00	42826,00	27454,00	42828,00	42980,00	42740,00	42859,00
15.01.2016	33390,00	14246,00	44743,00	10,00	20911,00	19360,00	13516,00	25993,00	15036,00	42980,00	35156,00	36220,00
18.01.2016	33390,00	13150,00	43282,00	36039,00	19815,00	20090,00	13516,00	25993,00	16132,00	32174,00	27120,00	43043,00
19.01.2016	31929,00	13881,00	42917,00	36404,00	19450,00	19725,00	13516,00	26359,00	17958,00	31809,00	28581,00	42982,00
20.01.2016	23894,00	12785,00	42773,00	27638,00	12875,00	18994,00	12785,00	24167,00	17227,00	29618,00	25294,00	42798,00
21.01.2016	20241,00	12420,00	34121,00	21794,00	47209,00	17533,00	12785,00	42889,00	16497,00	29618,00	22737,00	4,00
22.01.2016	28642,00	13516,00	42893,00	42956,00	42829,00	17899,00	14977,00	24898,00	19419,00	31079,00	25294,00	42890,00
25.01.2016	42953,00	13150,00	43046,00	29099,00	15432,00	17533,00	42826,00	24167,00	17958,00	31444,00	24198,00	42739,00
26.01.2016	42862,00	13881,00	15158,00	10,00	19085,00	17899,00	14977,00	28185,00	20149,00	34731,00	23102,00	4,00
27.01.2016	7,00	42826,00	42801,00	42988,00	19085,00	42856,00	15707,00	27820,00	42858,00	34001,00	25294,00	4,00
28.01.2016	35947,00	15342,00	13332,00	41913,00	19450,00	18994,00	17168,00	26724,00	20880,00	31809,00	23468,00	42890,00
29.01.2016	43647,00	16072,00	15888,00	43374,00	22737,00	19360,00	17168,00	28185,00	25993,00	42980,00	20546,00	42829,00
30.01.2016	30133,00	43466,00	22828,00	12663,00	43221,00	43101,00	14977,00	12875,00	15766,00	28216,00	28946,00	30348,00

01.02.2016- 29.02.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
1.02.2016	43647,00	15707,00	42832,00	42988,00	21276,00	20090,00	18629,00	29646,00	26359,00	32540,00	19815,00	42829,00
2.02.2016	42801,00	16072,00	45108,00	42956,00	16528,00	19725,00	17533,00	27454,00	23437,00	30348,00	16893,00	42859,00
3.02.2016	45474,00	16438,00	11871,00	33482,00	42859,00	19725,00	42856,00	31107,00	28550,00	30348,00	42859,00	42859,00
4.02.2016	16619,00	17168,00	16619,00	43049,00	20546,00	20455,00	42856,00	35855,00	32568,00	31079,00	16528,00	42739,00
5.02.2016	12601,00	16803,00	42832,00	43049,00	19450,00	20455,00	18994,00	35125,00	28185,00	32540,00	13971,00	42739,00
8.02.2016	43076,00	15342,00	42862,00	25447,00	15067,00	18629,00	17533,00	28550,00	23437,00	31809,00	43191,00	42951,00
9.02.2016	42773,00	16072,00	42832,00	21064,00	13241,00	18629,00	16072,00	27454,00	21610,00	42949,00	42890,00	0,00
10.02.2016	42552,00	15707,00	42985,00	42864,00	13971,00	42856,00	16803,00	28915,00	23437,00	42949,00	42890,00	42859,00
11.02.2016	41456,00	15707,00	42862,00	14489,00	11780,00	17533,00	16072,00	42950,00	23071,00	28522,00	4,00	35855,00
12.02.2016	42552,00	42826,00	36312,00	19238,00	42798,00	17533,00	15342,00	28550,00	21245,00	29618,00	35490,00	35490,00
15.02.2016	43076,00	14246,00	35582,00	15585,00	42798,00	17168,00	15342,00	30742,00	22341,00	27426,00	34029,00	36220,00
16.02.2016	42832,00	15707,00	7,00	15220,00	11414,00	16803,00	15707,00	31472,00	23437,00	27426,00	33298,00	42859,00
17.02.2016	44743,00	17168,00	43647,00	27638,00	16163,00	18629,00	17533,00	42859,00	28915,00	28522,00	42981,00	42798,00
18.02.2016	45474,00	42856,00	44378,00	28734,00	15067,00	17899,00	18994,00	42798,00	27089,00	28522,00	32568,00	35855,00
19.02.2016	41821,00	18629,00	43076,00	42895,00	13606,00	17899,00	20455,00	35125,00	24167,00	28522,00	32568,00	34759,00
22.02.2016	13697,00	19725,00	15523,00	34213,00	19085,00	42856,00	21186,00	43043,00	27820,00	42949,00	34394,00	28915,00
23.02.2016	18810,00	20090,00	18810,00	42776,00	19815,00	18629,00	22647,00	43073,00	25993,00	42949,00	35125,00	34759,00
24.02.2016	11871,00	42856,00	47300,00	26908,00	14336,00	42856,00	20821,00	35855,00	22341,00	42949,00	33298,00	4,00
25.02.2016	15158,00	19725,00	13332,00	31656,00	16528,00	18994,00	21186,00	42859,00	23802,00	28522,00	34759,00	42770,00
26.02.2016	16619,00	19360,00	12601,00	32387,00	16528,00	42856,00	21186,00	42859,00	42919,00	28522,00	34029,00	42770,00
29.02.2016	14427,00	20090,00	13332,00	10,00	19085,00	18629,00	22282,00	41365,00	27454,00	28522,00	33664,00	42739,00

01.03.2016- 31.03.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
1.03.2016	42832,00	19725,00	12601,00	42896,00	20180,00	42856,00	22647,00	42095,00	27089,00	42949,00	34029,00	35125,00
2.03.2016	19541,00	20455,00	17715,00	42776,00	23468,00	18629,00	23377,00	45017,00	28550,00	29983,00	42859,00	42739,00
3.03.2016	42862,00	20821,00	17349,00	13424,00	24198,00	19725,00	23012,00	46478,00	31472,00	42949,00	42798,00	42859,00
4.03.2016	19176,00	21186,00	17715,00	42835,00	42920,00	19725,00	23012,00	46844,00	31107,00	42949,00	42770,00	42798,00
7.03.2016	18810,00	20455,00	18080,00	15615,00	26390,00	19725,00	23377,00	45383,00	31107,00	42949,00	36220,00	42739,00
8.03.2016	24289,00	20090,00	42862,00	24016,00	27120,00	20090,00	23377,00	46844,00	32203,00	28887,00	42920,00	4,00
9.03.2016	31959,00	21551,00	23924,00	26207,00	31138,00	20090,00	24108,00	14336,00	36220,00	42949,00	42951,00	35125,00
10.03.2016	34881,00	42887,00	22463,00	27303,00	30773,00	20090,00	24838,00	13971,00	4,00	42949,00	42982,00	35490,00
11.03.2016	34881,00	22282,00	42923,00	34973,00	31868,00	20821,00	42917,00	16163,00	35490,00	29983,00	42920,00	36220,00
14.03.2016	42833,00	23743,00	25385,00	33878,00	31868,00	21551,00	25934,00	17624,00	35125,00	29618,00	42982,00	35125,00
15.03.2016	28672,00	22647,00	20271,00	21824,00	27120,00	21551,00	42917,00	13971,00	33298,00	42949,00	41730,00	34759,00
16.03.2016	26846,00	42887,00	20637,00	21094,00	27120,00	21186,00	23743,00	14336,00	31837,00	29618,00	41730,00	35125,00
17.03.2016	42743,00	23377,00	27211,00	11,00	30773,00	21551,00	24108,00	19450,00	36220,00	29983,00	42826,00	42981,00
18.03.2016	44409,00	24108,00	31959,00	42675,00	32234,00	21551,00	42917,00	20911,00	42798,00	30713,00	42770,00	42770,00
21.03.2016	42217,00	24108,00	31594,00	42866,00	35156,00	42887,00	42917,00	23468,00	42798,00	32174,00	44652,00	42829,00
22.03.2016	31959,00	23012,00	27211,00	42865,00	42951,00	27760,00	23012,00	16163,00	35125,00	35462,00	42095,00	42798,00
23.03.2016	31959,00	22647,00	28307,00	42865,00	23468,00	42917,00	23012,00	12145,00	30376,00	35096,00	42826,00	42770,00
24.03.2016	42924,00	23012,00	35977,00	47027,00	24563,00	21551,00	23377,00	17258,00	33298,00	34731,00	42826,00	4,00
25.03.2016	42774,00	22647,00	35247,00	47027,00	24563,00	20455,00	24108,00	16528,00	33664,00	34731,00	42770,00	4,00
28.03.2016	34881,00	22647,00	35977,00	43374,00	23468,00	22647,00	23377,00	16163,00	42981,00	42858,00	42770,00	4,00
29.03.2016	34151,00	23012,00	42985,00	43374,00	26024,00	42887,00	22647,00	17258,00	34394,00	42889,00	44287,00	42951,00
30.03.2016	8,00	23377,00	43047,00	13424,00	22737,00	42887,00	23743,00	24563,00	42095,00	42858,00	44652,00	42798,00
31.03.2016	42774,00	23743,00	45505,00	17441,00	24198,00	42887,00	23743,00	26024,00	42095,00	42919,00	45383,00	42890,00

01.04.2016- 29.04.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
1.04.2016	31959,00	23743,00	42924,00	44835,00	19450,00	21551,00	23012,00	26390,00	42982,00	42981,00	45383,00	42739,00
4.04.2016	42924,00	24108,00	14093,00	44470,00	21641,00	21551,00	24108,00	28581,00	42095,00	42795,00	45748,00	42890,00
5.04.2016	35977,00	22282,00	42802,00	42745,00	21276,00	21551,00	23377,00	26024,00	43043,00	42769,00	46113,00	42829,00
6.04.2016	30864,00	21551,00	43077,00	33482,00	20180,00	20821,00	22647,00	20546,00	42951,00	44621,00	45383,00	35125,00
7.04.2016	31229,00	21551,00	42863,00	31291,00	19085,00	21551,00	42887,00	19450,00	42798,00	44986,00	45748,00	35125,00
8.04.2016	35247,00	22647,00	42774,00	33848,00	20180,00	22282,00	23012,00	23102,00	42859,00	43160,00	42740,00	4,00
11.04.2016	43077,00	23377,00	42802,00	16346,00	26024,00	22282,00	23377,00	42920,00	42461,00	42769,00	42952,00	42770,00
12.04.2016	43077,00	23012,00	42948,00	12328,00	24563,00	23012,00	23743,00	24563,00	42739,00	43525,00	15462,00	4,00
13.04.2016	15919,00	23012,00	12632,00	20363,00	31503,00	22647,00	42917,00	31138,00	42770,00	45717,00	42771,00	4,00
14.04.2016	17015,00	23012,00	12632,00	23285,00	32234,00	22647,00	27030,00	42740,00	42770,00	45717,00	42921,00	4,00
15.04.2016	18111,00	23377,00	18841,00	25112,00	34790,00	22647,00	27030,00	42891,00	43191,00	44256,00	28611,00	36220,00
18.04.2016	26146,00	24473,00	27242,00	34243,00	5,00	22647,00	28491,00	42125,00	45383,00	44256,00	24228,00	36220,00
19.04.2016	25416,00	24838,00	29799,00	30590,00	35521,00	22282,00	27395,00	41760,00	12510,00	42769,00	16923,00	4,00
20.04.2016	18841,00	23377,00	27242,00	35339,00	34425,00	42887,00	26665,00	42799,00	46113,00	43525,00	16193,00	35855,00
21.04.2016	19937,00	42887,00	23955,00	34608,00	34790,00	21551,00	26299,00	41395,00	42798,00	42981,00	16923,00	4,00
22.04.2016	18111,00	42887,00	16650,00	35704,00	34425,00	21186,00	26665,00	42740,00	46844,00	3,00	18019,00	42739,00
25.04.2016	12997,00	21551,00	11536,00	28764,00	32599,00	42887,00	26299,00	35886,00	46113,00	36192,00	16923,00	42770,00
26.04.2016	21033,00	22282,00	18841,00	36069,00	35521,00	21186,00	27395,00	42125,00	11414,00	42981,00	18749,00	42739,00
27.04.2016	20668,00	21551,00	18841,00	32417,00	34790,00	21186,00	27030,00	35886,00	45383,00	43525,00	15827,00	42798,00
28.04.2016	22859,00	21186,00	22859,00	32417,00	33329,00	42887,00	27030,00	34425,00	45748,00	43160,00	42799,00	42798,00
29.04.2016	42894,00	21186,00	22859,00	27668,00	33329,00	21551,00	27395,00	34425,00	46844,00	42795,00	46508,00	42859,00

	02.05.2016-					31.05.2016						
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
2.05.2016	42833,00	20090,00	17746,00	19633,00	42951,00	20090,00	42917,00	29677,00	45017,00	42769,00	45778,00	42920,00
3.05.2016	42894,00	19725,00	41852,00	42865,00	21276,00	17899,00	42917,00	23468,00	41365,00	42769,00	41760,00	42920,00
4.05.2016	28672,00	18629,00	34151,00	33482,00	19085,00	16803,00	22282,00	42890,00	42920,00	35462,00	42952,00	36220,00
5.05.2016	23559,00	42856,00	42893,00	24351,00	15432,00	16072,00	21551,00	20180,00	42981,00	3,00	42771,00	35125,00
6.05.2016	23193,00	18994,00	16984,00	15950,00	12145,00	15707,00	22282,00	16528,00	31837,00	3,00	5,00	42739,00
9.05.2016	27576,00	19360,00	20637,00	19603,00	42829,00	16072,00	42887,00	15432,00	34394,00	42738,00	42891,00	36220,00
10.05.2016	24289,00	17533,00	20271,00	18142,00	14336,00	15342,00	21186,00	18719,00	34759,00	42858,00	34060,00	4,00
11.05.2016	26846,00	17168,00	21367,00	20333,00	42829,00	16072,00	21551,00	42890,00	4,00	42797,00	31868,00	42770,00
12.05.2016	42923,00	17533,00	18810,00	18142,00	13971,00	15342,00	20821,00	18719,00	35125,00	42797,00	31868,00	42739,00
13.05.2016	25385,00	17533,00	18810,00	14489,00	13606,00	14977,00	20090,00	16528,00	35490,00	43042,00	34425,00	4,00
16.05.2016	42862,00	17168,00	12601,00	42614,00	11414,00	42826,00	20090,00	13241,00	34029,00	42858,00	30773,00	0,00
17.05.2016	22463,00	17533,00	17349,00	42614,00	12145,00	42826,00	19360,00	15067,00	34394,00	42797,00	28216,00	42981,00
18.05.2016	26115,00	17533,00	16619,00	42744,00	13971,00	42826,00	18994,00	12875,00	34394,00	36192,00	27851,00	30011,00
20.05.2016	42862,00	17168,00	45839,00	31625,00	46478,00	42826,00	18629,00	42951,00	26359,00	42950,00	23833,00	30742,00
23.05.2016	24289,00	17168,00	14427,00	36008,00	11414,00	42826,00	19360,00	42095,00	28550,00	42828,00	26390,00	31837,00
24.05.2016	42863,00	17899,00	26115,00	13394,00	42859,00	15707,00	20821,00	16893,00	33664,00	41334,00	34060,00	31837,00
25.05.2016	34151,00	16438,00	21002,00	47362,00	17258,00	14977,00	20455,00	42829,00	34759,00	41699,00	31138,00	34029,00
26.05.2016	32690,00	16438,00	20271,00	42775,00	42859,00	42826,00	18994,00	12510,00	34394,00	24898,00	31138,00	42829,00
27.05.2016	34881,00	15707,00	19906,00	36008,00	17624,00	14977,00	19725,00	14336,00	42890,00	13181,00	31868,00	42829,00
30.05.2016	8,00	16072,00	21002,00	35643,00	17989,00	15342,00	20455,00	16163,00	43073,00	43132,00	30407,00	42798,00
31.05.2016	35612,00	15342,00	20637,00	32721,00	18719,00	13516,00	20090,00	16893,00	41365,00	44228,00	28216,00	42981,00

01.06.2016- 30.06.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
1.06.2016	42985,00	13881,00	42832,00	33451,00	16163,00	13516,00	19725,00	15797,00	42920,00	42036,00	26755,00	30742,00
2.06.2016	29037,00	14246,00	12236,00	31260,00	13606,00	13150,00	19725,00	13971,00	35855,00	43497,00	42920,00	42950,00
3.06.2016	8,00	14246,00	21367,00	42925,00	16893,00	13516,00	20090,00	17989,00	42859,00	42796,00	27485,00	30011,00
6.06.2016	42924,00	14246,00	24289,00	42987,00	17989,00	14246,00	22282,00	21276,00	41730,00	42796,00	42951,00	30011,00
7.06.2016	32690,00	13881,00	21367,00	42925,00	17989,00	13516,00	22282,00	19085,00	42951,00	46419,00	27120,00	33298,00
8.06.2016	42863,00	14246,00	26846,00	42614,00	19450,00	13881,00	42887,00	22737,00	41730,00	47150,00	28946,00	33664,00
9.06.2016	33786,00	13516,00	22463,00	42956,00	16893,00	13516,00	20821,00	20546,00	42982,00	13547,00	27120,00	42981,00
10.06.2016	31229,00	13881,00	19541,00	34182,00	15067,00	13150,00	20821,00	17989,00	42951,00	20121,00	27120,00	33664,00
13.06.2016	30498,00	13516,00	17715,00	42924,00	13971,00	12785,00	19360,00	20180,00	42951,00	16469,00	26755,00	42981,00
14.06.2016	29037,00	13516,00	16984,00	25051,00	13606,00	12420,00	18994,00	17989,00	42890,00	12816,00	26755,00	34029,00
15.06.2016	31229,00	13881,00	19176,00	25416,00	16893,00	12420,00	20090,00	19085,00	42739,00	12816,00	26024,00	33664,00
16.06.2016	25385,00	13150,00	15523,00	17015,00	12145,00	12055,00	42795,00	15432,00	42798,00	12086,00	26390,00	42859,00
17.06.2016	34151,00	13516,00	18080,00	20668,00	13971,00	12420,00	11689,00	42859,00	41365,00	12816,00	26390,00	34759,00
20.06.2016	42774,00	13150,00	27942,00	29068,00	17989,00	12785,00	12785,00	24198,00	45748,00	42827,00	27485,00	33664,00
21.06.2016	45139,00	13150,00	26846,00	42248,00	19085,00	12785,00	13150,00	23102,00	42770,00	17199,00	26390,00	32203,00
22.06.2016	43313,00	12785,00	28672,00	42925,00	19450,00	12420,00	12785,00	20911,00	41730,00	16469,00	28946,00	42981,00
23.06.2016	14093,00	13150,00	32690,00	42775,00	42890,00	12785,00	12785,00	24929,00	41730,00	12816,00	28581,00	0,00
24.06.2016	42948,00	12420,00	19541,00	25416,00	15432,00	42795,00	46753,00	19450,00	34394,00	11720,00	28581,00	31837,00
27.06.2016	43047,00	12055,00	19541,00	21033,00	15067,00	42795,00	47119,00	20911,00	34029,00	14277,00	28581,00	42981,00
28.06.2016	44409,00	12420,00	26481,00	26512,00	17624,00	42795,00	11324,00	22372,00	35125,00	12086,00	28581,00	42981,00
29.06.2016	41852,00	12420,00	42893,00	42894,00	15432,00	11689,00	11324,00	19815,00	34029,00	12086,00	28581,00	42981,00
30.06.2016	45139,00	12055,00	21367,00	19937,00	20546,00	11324,00	12055,00	18719,00	35855,00	12816,00	42951,00	42981,00

04.07.2016- 29.07.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
4.07.2016	15919,00	13516,00	28672,00	20302,00	22737,00	11689,00	16438,00	20546,00	4,00	44958,00	42951,00	0,00
8.07.2016	11902,00	14246,00	30133,00	42863,00	22372,00	11689,00	16072,00	23102,00	35855,00	44228,00	28581,00	32203,00
11.07.2016	14458,00	13881,00	36342,00	23955,00	27851,00	12055,00	16072,00	27120,00	36220,00	45323,00	42951,00	12875,00
12.07.2016	30529,00	42826,00	45505,00	36008,00	32234,00	13150,00	17168,00	36251,00	42739,00	46784,00	29677,00	43043,00
13.07.2016	30529,00	42826,00	44409,00	44440,00	42982,00	13516,00	16803,00	34425,00	41365,00	46784,00	42951,00	41365,00
14.07.2016	30895,00	14977,00	13363,00	46997,00	34060,00	13881,00	17168,00	34790,00	42461,00	42796,00	29677,00	43043,00
15.07.2016	33817,00	42826,00	15554,00	12298,00	42771,00	13881,00	17533,00	35156,00	42461,00	42796,00	42951,00	42095,00
18.07.2016	44774,00	11324,00	25020,00	42833,00	24563,00	45658,00	12785,00	16893,00	29646,00	42737,00	28946,00	42739,00
19.07.2016	35612,00	11324,00	42862,00	17746,00	21641,00	44927,00	11324,00	17258,00	26359,00	41671,00	28946,00	42859,00
20.07.2016	26115,00	46753,00	42801,00	42774,00	17258,00	42767,00	46023,00	47209,00	22341,00	42401,00	28946,00	42739,00
21.07.2016	15523,00	42005,00	42773,00	19176,00	44287,00	42005,00	44927,00	41730,00	12479,00	42737,00	28946,00	33298,00
22.07.2016	16254,00	43101,00	42923,00	18080,00	46478,00	42005,00	44197,00	42798,00	12114,00	42980,00	42951,00	33298,00
25.07.2016	23924,00	44197,00	47300,00	27211,00	15432,00	43466,00	46753,00	42770,00	16132,00	44593,00	42951,00	35490,00
26.07.2016	17349,00	43466,00	42552,00	23924,00	16893,00	43466,00	46023,00	42095,00	13575,00	46054,00	29677,00	4,00
27.07.2016	23924,00	44197,00	42801,00	42954,00	21276,00	42767,00	46388,00	44652,00	15401,00	13547,00	45778,00	35125,00
28.07.2016	42893,00	44927,00	47300,00	29768,00	20911,00	42767,00	46388,00	11414,00	42828,00	13912,00	12905,00	4,00
29.07.2016	42923,00	44562,00	12236,00	31594,00	42890,00	44562,00	11324,00	15432,00	16497,00	13547,00	46874,00	35125,00

01.08.2016- 31.08.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
1.08.2016	29768,00	45658,00	42862,00	35977,00	24929,00	44927,00	11324,00	42829,00	18688,00	13547,00	42830,00	34759,00
2.08.2016	23924,00	46023,00	14427,00	41852,00	21641,00	44562,00	11689,00	11414,00	17958,00	46419,00	44682,00	34759,00
3.08.2016	19176,00	46023,00	46935,00	31594,00	20546,00	43466,00	46388,00	42461,00	14305,00	46419,00	42740,00	0,00
4.08.2016	27942,00	11689,00	19176,00	42774,00	26390,00	44197,00	42795,00	46478,00	19054,00	46054,00	42125,00	34759,00
5.08.2016	26481,00	42795,00	22463,00	44409,00	24929,00	42767,00	11324,00	45017,00	17593,00	12816,00	42921,00	34759,00
8.08.2016	42774,00	11689,00	31959,00	19937,00	31503,00	44562,00	12420,00	13971,00	20880,00	15008,00	41395,00	34759,00
9.08.2016	42743,00	11689,00	42985,00	30164,00	31868,00	45292,00	13881,00	16893,00	24532,00	42827,00	44317,00	35855,00
10.08.2016	42863,00	42795,00	24654,00	22494,00	28216,00	44562,00	15342,00	12510,00	22706,00	13912,00	42983,00	42770,00
11.08.2016	43313,00	11689,00	32690,00	27973,00	31503,00	45292,00	15342,00	14336,00	25263,00	13912,00	42983,00	42095,00
12.08.2016	43077,00	11689,00	29768,00	25051,00	42951,00	44927,00	15342,00	12145,00	24167,00	14277,00	42860,00	42982,00
15.08.2016	42583,00	11689,00	32325,00	27973,00	30407,00	45658,00	15707,00	12510,00	42889,00	13912,00	34060,00	4,00
16.08.2016	36342,00	11689,00	28672,00	23590,00	28946,00	45292,00	15342,00	11414,00	21245,00	13912,00	31503,00	4,00
17.08.2016	42955,00	11324,00	30864,00	27242,00	42982,00	45292,00	42826,00	12510,00	42889,00	14277,00	30773,00	4,00
18.08.2016	41487,00	46753,00	32325,00	29799,00	32234,00	44927,00	15342,00	13606,00	22706,00	13912,00	30407,00	4,00
19.08.2016	42774,00	46753,00	42985,00	30895,00	32599,00	44562,00	14977,00	13606,00	23071,00	15008,00	30773,00	42859,00
22.08.2016	41487,00	46753,00	30498,00	29799,00	31503,00	44562,00	14977,00	12875,00	22706,00	15738,00	30407,00	0,00
23.08.2016	42802,00	46753,00	28307,00	33817,00	30407,00	44197,00	15342,00	12145,00	21610,00	42827,00	29677,00	42770,00
24.08.2016	27942,00	46388,00	20271,00	30529,00	26390,00	43466,00	14977,00	46844,00	19054,00	42827,00	29677,00	36220,00
25.08.2016	30498,00	47119,00	24289,00	42803,00	31138,00	42767,00	15707,00	12145,00	20515,00	15373,00	30773,00	42770,00
26.08.2016	36342,00	42795,00	28672,00	42895,00	32234,00	43101,00	15342,00	13241,00	22341,00	15373,00	42951,00	4,00
29.08.2016	30864,00	46388,00	21367,00	30164,00	27485,00	43101,00	42826,00	11414,00	20515,00	15373,00	42951,00	34029,00
31.08.2016	30133,00	46023,00	23193,00	32356,00	29677,00	42370,00	13150,00	12875,00	23437,00	15008,00	42951,00	4,00

01.09.2016- 30.09.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
1.09.2016	32690,00	46753,00	23193,00	32721,00	27851,00	42736,00	12420,00	11414,00	42889,00	42827,00	42951,00	4,00
2.09.2016	42774,00	42795,00	33786,00	42925,00	30407,00	43101,00	13516,00	13971,00	24167,00	15008,00	42951,00	42859,00
5.09.2016	43678,00	42795,00	42743,00	46631,00	31868,00	42767,00	13881,00	16163,00	24898,00	17199,00	42951,00	43556,00
6.09.2016	44774,00	46753,00	42743,00	42979,00	30407,00	43466,00	13150,00	16163,00	24532,00	42918,00	29677,00	41730,00
7.09.2016	42948,00	46388,00	43047,00	43078,00	28581,00	43101,00	13516,00	42829,00	23802,00	34731,00	42951,00	43073,00
8.09.2016	45505,00	46753,00	43678,00	45901,00	31503,00	43466,00	13516,00	15797,00	25263,00	42949,00	28216,00	43556,00
9.09.2016	42863,00	46388,00	42955,00	45170,00	30407,00	43466,00	13516,00	15067,00	24167,00	28522,00	27851,00	45748,00
16.09.2016	42802,00	46753,00	42924,00	42614,00	42951,00	43101,00	42795,00	12145,00	22706,00	34731,00	27485,00	42740,00
19.09.2016	46966,00	46388,00	11536,00	12663,00	31503,00	43101,00	12420,00	42829,00	42919,00	35827,00	27851,00	43075,00
20.09.2016	42774,00	46023,00	45139,00	11567,00	30773,00	43101,00	12420,00	42829,00	24898,00	43525,00	27485,00	12601,00
21.09.2016	45870,00	46753,00	45870,00	42864,00	32234,00	43466,00	13516,00	16163,00	26724,00	42828,00	28946,00	14427,00
22.09.2016	15554,00	11324,00	18111,00	30926,00	35521,00	44197,00	14977,00	27120,00	31837,00	14305,00	42982,00	42984,00
23.09.2016	42833,00	47119,00	14458,00	28004,00	34425,00	42767,00	15342,00	25294,00	31472,00	41699,00	31503,00	20972,00
26.09.2016	35247,00	45292,00	33786,00	36008,00	42920,00	42736,00	13516,00	15797,00	24167,00	42738,00	27120,00	20972,00
27.09.2016	41487,00	44927,00	42863,00	42864,00	27485,00	42736,00	12785,00	19815,00	42919,00	41699,00	27485,00	42984,00
28.09.2016	11536,00	44927,00	43313,00	42248,00	32234,00	42736,00	12785,00	42920,00	27820,00	41334,00	27120,00	24259,00
29.09.2016	41487,00	44927,00	42833,00	42895,00	29677,00	42370,00	12420,00	22737,00	42919,00	42738,00	26024,00	24259,00
30.09.2016	42833,00	44197,00	34881,00	43078,00	27485,00	42370,00	12055,00	21641,00	24532,00	35827,00	27120,00	17319,00

03.10.2016- 31.10.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
3.10.2016	43313,00	44562,00	42924,00	43344,00	30407,00	42736,00	12420,00	23468,00	24167,00	42797,00	29677,00	7,00
4.10.2016	42986,00	44927,00	42802,00	42987,00	28946,00	42370,00	12785,00	22372,00	22341,00	45717,00	27485,00	18780,00
5.10.2016	41487,00	44562,00	42924,00	42895,00	31868,00	43101,00	12785,00	22737,00	23071,00	46813,00	42951,00	42831,00
6.10.2016	41487,00	44927,00	42894,00	43048,00	30407,00	43101,00	12785,00	23102,00	23437,00	46813,00	29677,00	42953,00
7.10.2016	42743,00	45292,00	42894,00	41518,00	30773,00	42736,00	13516,00	20911,00	22706,00	46813,00	33329,00	42953,00
10.10.2016	43077,00	45292,00	42924,00	42925,00	30042,00	42736,00	12785,00	19815,00	22706,00	13210,00	34790,00	23894,00
11.10.2016	41487,00	44927,00	42833,00	33817,00	28216,00	42370,00	12055,00	16528,00	21245,00	42858,00	42982,00	42861,00
12.10.2016	43047,00	44562,00	42802,00	35278,00	28216,00	42370,00	12785,00	16528,00	20880,00	12844,00	33695,00	42861,00
13.10.2016	34516,00	43466,00	31594,00	28338,00	26024,00	42005,00	12420,00	12875,00	19419,00	42797,00	31503,00	13302,00
14.10.2016	42863,00	42767,00	42743,00	42986,00	28216,00	42736,00	12785,00	16528,00	19784,00	11749,00	32599,00	42772,00
17.10.2016	42863,00	44197,00	34881,00	33451,00	27851,00	42005,00	12420,00	16893,00	19419,00	12114,00	42982,00	43045,00
18.10.2016	11536,00	44927,00	42217,00	41518,00	31138,00	42736,00	12785,00	20180,00	21245,00	13575,00	34790,00	42772,00
19.10.2016	42833,00	45658,00	44409,00	46997,00	32599,00	43101,00	14246,00	22372,00	23437,00	13575,00	35521,00	42772,00
20.10.2016	15554,00	45658,00	45505,00	47362,00	32599,00	43101,00	13881,00	23102,00	25993,00	13575,00	34425,00	44713,00
21.10.2016	13728,00	45292,00	44774,00	45536,00	32234,00	42736,00	13516,00	21276,00	24898,00	13210,00	33329,00	45809,00
24.10.2016	16285,00	46023,00	12997,00	16681,00	36251,00	43466,00	42826,00	42920,00	28550,00	47178,00	33695,00	12936,00
25.10.2016	42802,00	45658,00	11902,00	15220,00	35156,00	42736,00	14246,00	24198,00	27089,00	42795,00	32599,00	42772,00
26.10.2016	12267,00	45658,00	15554,00	15220,00	36251,00	43101,00	14246,00	24563,00	28185,00	42769,00	42982,00	46539,00
27.10.2016	43678,00	46023,00	11536,00	11567,00	34790,00	43101,00	14246,00	22372,00	26359,00	47178,00	33329,00	17319,00
28.10.2016	43678,00	45658,00	46966,00	44805,00	5,00	42370,00	13516,00	20180,00	42919,00	46447,00	31868,00	42861,00
31.10.2016	46600,00	45292,00	15189,00	42834,00	42771,00	42736,00	13516,00	21276,00	42919,00	13210,00	31138,00	12936,00

03.11.2016- 30.11.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
1.11.2016	41852,00	44197,00	45505,00	42803,00	42982,00	41640,00	12420,00	16893,00	24167,00	12844,00	31138,00	42772,00
2.11.2016	42986,00	44562,00	41852,00	11933,00	32234,00	42005,00	13516,00	16893,00	22341,00	14305,00	31138,00	43617,00
3.11.2016	35247,00	43466,00	42863,00	14489,00	31503,00	41275,00	12785,00	15432,00	17227,00	12844,00	30407,00	42156,00
4.11.2016	42923,00	42005,00	24289,00	42803,00	26390,00	43040,00	11324,00	45383,00	11749,00	45717,00	26024,00	36281,00
7.11.2016	30498,00	42736,00	28307,00	11933,00	30042,00	43070,00	11689,00	14336,00	13575,00	46082,00	42951,00	34820,00
8.11.2016	42985,00	42370,00	28307,00	12663,00	31503,00	43070,00	12055,00	15432,00	42828,00	46082,00	28581,00	34820,00
9.11.2016	33420,00	42370,00	27942,00	42834,00	42982,00	43040,00	11689,00	17989,00	13575,00	46447,00	27851,00	45078,00
10.11.2016	34516,00	42736,00	27942,00	20699,00	33329,00	43070,00	11324,00	15797,00	13575,00	12479,00	28216,00	42800,00
11.11.2016	27211,00	42370,00	23193,00	46997,00	30407,00	43040,00	46388,00	13241,00	12479,00	12114,00	27485,00	34820,00
14.11.2016	26846,00	42005,00	21732,00	42987,00	29677,00	42736,00	46388,00	11414,00	11749,00	11383,00	20911,00	35186,00
15.11.2016	32690,00	42370,00	25385,00	46631,00	31138,00	43040,00	46753,00	14336,00	13575,00	13575,00	23102,00	42892,00
16.11.2016	28672,00	41640,00	22463,00	41518,00	28581,00	43070,00	45658,00	12145,00	11383,00	17593,00	23102,00	42892,00
17.11.2016	28672,00	41640,00	23559,00	11933,00	29677,00	43040,00	45658,00	12510,00	11749,00	20149,00	27120,00	42741,00
18.11.2016	32325,00	41640,00	42923,00	13028,00	32234,00	43040,00	46023,00	13971,00	12479,00	18688,00	42920,00	41791,00
21.11.2016	30133,00	41640,00	22828,00	47362,00	30407,00	42736,00	45658,00	12510,00	11749,00	21245,00	25294,00	42772,00
22.11.2016	35612,00	42005,00	22828,00	12663,00	31503,00	43040,00	46388,00	12510,00	11749,00	42770,00	28216,00	18780,00
23.11.2016	29037,00	41275,00	17349,00	42979,00	31138,00	43040,00	46023,00	46844,00	11749,00	23802,00	27851,00	42773,00
24.11.2016	23559,00	43040,00	11871,00	42986,00	28946,00	42736,00	44927,00	42826,00	45352,00	28915,00	24563,00	34851,00
25.11.2016	24654,00	43070,00	12236,00	36008,00	28216,00	42736,00	44927,00	42461,00	44986,00	34759,00	23468,00	42186,00
28.11.2016	27942,00	42005,00	15523,00	42925,00	34425,00	43040,00	45658,00	45748,00	45717,00	42770,00	24563,00	42949,00
29.11.2016	23924,00	42005,00	12601,00	35643,00	33695,00	42736,00	45658,00	45748,00	42430,00	4,00	24563,00	42888,00
30.11.2016	20271,00	43101,00	47300,00	29068,00	30042,00	42736,00	45658,00	42826,00	43072,00	42770,00	24563,00	42857,00

01.12.2016- 30.12.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
1.12.2016	16984,00	41275,00	42773,00	42894,00	27851,00	42917,00	45658,00	41365,00	42889,00	33298,00	22737,00	15373,00
2.12.2016	15888,00	42370,00	12601,00	27973,00	28946,00	42948,00	46023,00	43556,00	42064,00	36220,00	23102,00	15373,00
5.12.2016	13697,00	42736,00	11871,00	42955,00	28946,00	42948,00	47119,00	43556,00	43160,00	42890,00	24563,00	19391,00
6.12.2016	21367,00	43101,00	19541,00	34912,00	34425,00	42948,00	12055,00	46478,00	46813,00	42095,00	26755,00	42888,00
7.12.2016	25385,00	42767,00	20637,00	42864,00	42740,00	42736,00	13516,00	47209,00	13940,00	12510,00	26390,00	23043,00
8.12.2016	23559,00	43466,00	18810,00	42803,00	42860,00	43040,00	12785,00	46113,00	13210,00	11780,00	25294,00	21217,00
9.12.2016	21367,00	43466,00	17715,00	42987,00	42771,00	41275,00	12420,00	47209,00	12844,00	42798,00	24563,00	19756,00
12.12.2016	23193,00	43466,00	17715,00	45536,00	42921,00	42005,00	12420,00	13241,00	14305,00	46478,00	23468,00	20121,00
13.12.2016	29768,00	42736,00	23559,00	46631,00	41395,00	42005,00	13881,00	15067,00	15766,00	11414,00	26024,00	21582,00
14.12.2016	32325,00	42736,00	42893,00	43078,00	42983,00	42370,00	13150,00	14336,00	16497,00	11780,00	42920,00	42949,00
15.12.2016	35247,00	42767,00	26846,00	13028,00	43221,00	42736,00	14246,00	16528,00	19419,00	20911,00	42951,00	31079,00
16.12.2016	31229,00	43466,00	26481,00	11567,00	41760,00	42370,00	13881,00	42829,00	42858,00	20180,00	28581,00	42918,00
19.12.2016	29037,00	42767,00	23193,00	13394,00	41760,00	43101,00	13516,00	14336,00	15401,00	42890,00	27851,00	24504,00
20.12.2016	31229,00	44197,00	26481,00	15950,00	42771,00	44197,00	14246,00	15797,00	16497,00	20546,00	28946,00	23408,00
21.12.2016	29768,00	42767,00	27942,00	13759,00	42125,00	43466,00	42826,00	15432,00	15766,00	42859,00	27851,00	24139,00
22.12.2016	28672,00	42767,00	27211,00	42834,00	43074,00	43101,00	14246,00	14336,00	15036,00	42859,00	27851,00	24139,00
23.12.2016	26481,00	43466,00	22463,00	11567,00	43044,00	42736,00	14246,00	12145,00	13575,00	42859,00	27851,00	20121,00
26.12.2016	26846,00	43101,00	22463,00	42803,00	43074,00	43101,00	14246,00	12145,00	13940,00	17989,00	21276,00	23774,00
27.12.2016	24654,00	43466,00	20271,00	47362,00	42740,00	42370,00	14246,00	47209,00	12844,00	17258,00	19450,00	42888,00
28.12.2016	29037,00	42767,00	23559,00	13028,00	43221,00	42736,00	42826,00	13241,00	15401,00	16528,00	20911,00	42888,00
29.12.2016	28307,00	44197,00	22828,00	12663,00	44317,00	42736,00	42826,00	13241,00	15401,00	17258,00	36251,00	23043,00
30.12.2016	30133,00	43466,00	22828,00	12663,00	43221,00	43101,00	14977,00	12875,00	15766,00	28216,00	28946,00	30348,00

Ek 3: BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senetlerinin Getiri Oranları

	04.01.2016- 30.01.2016											
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENİZ	FINBNK	KLNMA
4.01.2016	-0,50288	-0,03122	-0,16549	2,01253	-0,54651	0,72787	-0,11535	-0,09619	-0,05419	0	-0,2021	-0,9999
5.01.2016	-0,06847	2,77914	-0,03048	-0,02503	-0,03758	0	-0,06522	-0,02658	-0,00818	11,45433	-0,2727	0
6.01.2016	0,18378	-0,73538	0,22642	0,05137	0,03905	-0,41272	0,02323	0,01365	0,04125	-0,02127	2,41067	10,71375
7.01.2016	0,06209	2,77914	-0,03008	0,0163	0,20658	-0,029	-0,04542	0,02698	-0,07128	0,05431	-0,08035	-0,29977
8.01.2016	0,04381	-0,73538	0,03102	-0,05927	-0,1245	-0,01491	-0,02379	0,54273	0,06822	-0,02061	-0,00072	-0,99986
11.01.2016	0,08403	3,16098	0	0,00429	0,03553	-0,03032	0	-0,36883	-0,06387	0	-0,99988	10,6985
12.01.2016	0,09042	-0,75967	-0,03008	0,00754	0,06866	0,01565	0	0,01347	-0,66574	-0,0105	8,5588	-0,01642
13.01.2016	0,17766	2,78187	0,03524	-0,72418	0,01605	-0,03078	0	0,02662	0,10213	0	0,00214	0,01603
14.01.2016	0,17793	-0,62471	-0,00335	2,65618	-0,03159	0,86367	1,85945	-0,02593	1,71647	0,25065	-0,00352	0,00208
15.01.2016	-0,21936	-0,11361	0,04605	-0,99977	-0,0653	-0,54858	-0,68439	-0,05321	-0,64892	0	-0,17744	-0,1549
18.01.2016	0	-0,07693	-0,03265	3,6029	-0,05241	0,0377	0	0	0,07289	-0,25141	-0,22858	0,18837
19.01.2016	-0,04375	0,05558	-0,00843	0,01012	-0,01842	-0,01816	0	0,01408	0,11319	-0,01134	0,05387	-0,00141
20.01.2016	-0,25165	-0,07895	-0,00335	-0,24079	-0,33804	-0,03705	-0,05408	-0,08315	-0,0407	-0,06887	-0,115	-0,00428
21.01.2016	-0,15288	-0,02854	-0,20227	-0,21144	2,66671	-0,07691	0	0,77469	-0,04237	0	-0,10109	-0,9999
22.01.2016	0,41504	0,08824	0,25708	0,971	-0,09277	0,02087	0,17145	-0,41947	0,17712	0,04932	0,11245	10,7215
25.01.2016	0,49965	-0,02707	0,00356	-0,32258	-0,63968	-0,02044	1,85945	-0,02935	-0,07523	0,01174	-0,04333	-0,00352
26.01.2016	-0,00211	0,05558	-0,64786	-0,99965	0,23671	0,02087	-0,65028	0,16625	0,122	0,10453	-0,04529	-0,9999
27.01.2016	-0,99983	2,08522	1,82365	4,2978	0	1,39432	0,04874	-0,01295	1,12705	-0,02101	0,09488	0
28.01.2016	5,13428	-0,64175	-0,68851	-0,025	0,01912	-0,55679	0,09301	-0,03939	-0,5128	-0,06446	-0,07219	10,7215
29.01.2016	0,2142	0,04758	0,19171	0,03485	0,16899	0,01926	0	0,05466	0,244875	0,35118	-0,12451	-0,00142
30.01.2016	-0,30962	1,70445	0,4368	-0,70805	0,90091	1,22629	-0,12762	-0,54319	-0,39345	-0,3435	0,40883	-0,29141

01.02.2016 - 29.02.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
1.02.2016	0,44847	-0,63863	0,87629	2,39477	-0,50773	-0,53388	0,24384	1,3026	0,67188	0,15324	-0,31544	0,41126
2.02.2016	-0,01938	0,02323	0,05313	-0,00074	-0,22316	-0,01816	-0,05883	-0,07393	-0,11085	-0,06736	-0,14746	0,0007
3.02.2016	0,06245	0,02277	-0,73683	-0,22055	1,59311	0	1,4443	0,13305	0,21815	0	1,53708	0
4.02.2016	-0,63453	0,0444	0,39996	0,28573	-0,52061	0,037	0	0,15263	0,14073	0,02408	-0,61436	-0,00279
5.02.2016	-0,24177	-0,02126	1,57729	0	-0,05334	0	-0,55679	-0,02035	-0,13457	0,047	-0,1547	0
8.02.2016	2,41845	-0,08694	0,0007	-0,40888	-0,22534	-0,08926	-0,07691	-0,18718	-0,16845	-0,02246	2,09147	0,00496
9.02.2016	-0,00703	0,04758	-0,00069	-0,17224	-0,12119	0	-0,08332	-0,03838	-0,07795	0,35021	-0,00696	-1
10.02.2016	-0,00516	-0,02271	0,00357	1,03494	0,05513	1,30049	0,04548	0,05321	0,08454	0	0	0
11.02.2016	-0,02575	0	-0,00286	-0,66197	-0,15682	-0,59088	-0,0435	0,48538	-0,01561	-0,33591	-0,9999	-0,16341
12.02.2016	0,02643	1,72655	-0,15281	0,32776	2,6331	0	-0,04542	-0,33527	-0,07914	0,03842	8,8715	-0,01017
15.02.2016	0,01231	-0,66735	-0,0201	-0,18988	0	-0,02081	0	0,07677	0,05158	-0,074	-0,04116	0,02056
16.02.2016	-0,00566	0,10255	-0,9998	-0,02341	-0,7333	-0,02126	0,02379	0,02374	0,04905	0	-0,02148	0,18329
17.02.2016	0,04461	0,09301	6,23428	0,8159	0,41606	0,10867	0,11625	0,36181	0,23373	0,03996	0,29079	-0,00142
18.02.2016	0,01633	1,49627	0,01674	0,03965	-0,0678	-0,03918	0,08332	-0,00142	-0,06315	0	-0,24226	-0,16222
19.02.2016	-0,08033	-0,56531	-0,02933	0,49283	-0,09696	0	0,07691	-0,17928	-0,10786	0	0	-0,03056
22.02.2016	-0,67248	0,05883	-0,63963	-0,2024	0,40268	1,39432	0,03573	0,22542	0,15115	0,50582	0,05606	-0,16812
23.02.2016	0,37329	0,0185	0,21175	0,25028	0,03824	-0,56531	0,06896	0,00069	-0,06567	0	0,02125	0,2021
24.02.2016	-0,36889	1,1332	1,51461	-0,37095	-0,2765	1,30049	-0,08062	-0,16757	-0,14049	0	-0,05201	-0,99988
25.02.2016	0,27689	-0,53973	-0,71813	0,17645	0,1529	-0,55679	0,01753	0,19534	0,06539	-0,33591	0,04387	10,6915
26.02.2016	0,09638	-0,0185	-0,05483	0,02309	0	1,25629	0	0	0,80316	0	-0,021	0
29.02.2016	-0,13189	0,0377	0,05801	-0,99969	0,1547	-0,56531	0,05173	-0,03485	-0,36032	0	-0,01072	-0,00072

01.03.2016- 31.03.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
1.03.2016	1,96887	-0,01816	-0,05483	4,2886	0,05737	1,30049	0,01638	0,01764	-0,01329	0,50582	0,01084	-0,17815
2.03.2016	-0,54377	0,037	0,40584	-0,00279	0,16293	-0,56531	0,03223	0,06941	0,05393	-0,30189	0,25948	0,21676
3.03.2016	1,19343	0,01789	-0,02066	-0,68617	0,0311	0,05883	-0,01561	0,03245	0,10234	0,43244	-0,00142	0,0028
4.03.2016	-0,55261	0,01753	0,02109	2,19092	0,7737	0	0	0,00787	-0,01159	0	-0,00065	-0,00142
7.03.2016	-0,01908	-0,0345	0,0206	-0,63546	-0,38513	0	0,01586	-0,03118	0	0	-0,15314	-0,00137
8.03.2016	0,29128	-0,01784	1,37068	0,538	0,02766	0,0185	0	0,03219	0,03523	-0,32741	0,18498	-0,9999
9.03.2016	0,31578	0,07272	-0,44183	0,09123	0,14815	0	0,03127	-0,69396	0,12473	0,48679	0,00072	8,78025
10.03.2016	0,09142	0,99002	-0,06106	0,04182	-0,01172	0	0,03028	-0,02546	-0,99988	0	0,00072	0,01039
11.03.2016	0	-0,48044	0,91083	0,28092	0,03558	0,03638	0,72787	0,15689	8,8715	-0,30189	-0,00144	0,02056
14.03.2016	0,22797	0,06556	-0,40859	-0,0313	0	0,03506	-0,39571	0,09039	-0,01028	-0,01217	0,00144	-0,03023
15.03.2016	-0,3306	-0,04616	-0,20145	-0,3558	-0,14898	0	0,65485	-0,20727	-0,05201	0,45009	-0,02912	-0,01041
16.03.2016	-0,06368	0,89371	0,01805	-0,03344	0	-0,01693	-0,44676	0,02612	-0,04387	-0,31039	0	0,01052
17.03.2016	0,59215	-0,45491	0,31855	-0,99947	0,13469	0,01722	0,01537	0,35672	0,13767	0,01232	0,02626	0,22365
18.03.2016	0,03897	0,03127	0,17448	3,87854	0,04747	0	0,78019	0,07511	0,18161	0,02434	-0,0013	-0,0049
21.03.2016	-0,04935	0	-0,01142	0,00447	0,09064	0,99002	0	0,12228	0	0,04756	0,044	0,00137
22.03.2016	-0,24298	-0,04546	-0,13872	-0,00002	0,22172	-0,35271	-0,4638	-0,31127	-0,17928	0,10219	-0,05726	-0,00072
23.03.2016	0	-0,01586	0,04027	0	-0,4536	0,546	0	-0,24859	-0,1352	-0,01032	0,01736	-0,00065
24.03.2016	0,34309	0,01611	0,27095	0,09709	0,04665	-0,49784	0,01586	0,42099	0,09619	-0,0104	0	-0,9999
25.03.2016	-0,00349	-0,01586	-0,02029	0	0	-0,05085	0,03127	-0,04229	0,01099	0	-0,0013	0
28.03.2016	-0,18452	0	0,02071	-0,07767	-0,04457	0,10716	-0,03032	-0,02208	0,27676	0,23399	0	0
29.03.2016	-0,02092	0,01611	0,19479	0	0,10891	0,89371	-0,03122	0,06774	-0,19978	0,00072	0,03546	10,7367
30.03.2016	-0,99976	0,01586	0,00144	-0,6905	-0,1263	0	0,04839	0,42328	0,2239	-0,00072	0,00824	-0,00356
31.03.2016	5,34575	0,01565	0,0571	0,29924	0,06425	0	0	0,05947	0	0,00142	0,01637	0,00214

01.04. 2016 – 29.04.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
1.04.2016	-0,25284	0	-0,05671	1,57066	-0,19621	-0,49749	-0,03078	0,01406	0,02107	0,00144	0	-0,00352
4.04.2016	0,34309	0,01537	-0,67167	-0,00814	0,11264	0	0,04762	0,08302	-0,02063	-0,00432	0,00804	0,00353
5.04.2016	-0,16184	-0,07574	2,03711	-0,03879	-0,01686	0	-0,03032	-0,08946	0,02252	-0,0006	0,00797	-0,00142
6.04.2016	-0,14211	-0,0328	0,00642	-0,2167	-0,05151	-0,03387	-0,03122	-0,21049	-0,00213	0,0433	-0,01583	-0,17987
7.04.2016	0,01182	0	-0,00496	-0,06543	-0,05426	0,03506	0,89371	-0,05334	-0,00356	0,00818	0,00804	0
8.04.2016	0,12866	0,05085	-0,00207	0,08171	0,05737	0,03391	-0,46342	0,18776	0,00142	-0,04059	-0,06575	-0,99988
11.04.2016	0,22214	0,03223	0,00065	-0,51707	0,28959	0	0,01586	0,85784	-0,00928	-0,00905	0,00496	10,6915
12.04.2016	0	-0,01561	0,00341	-0,2458	-0,05614	0,03276	0,01565	-0,4277	0,00654	0,01767	-0,64001	-0,9999
13.04.2016	-0,63045	0	-0,70587	0,65176	0,28253	-0,01586	0,80756	0,26767	0,00072	0,05036	1,7662	0
14.04.2016	0,06884	0	0	0,14349	0,0232	0	-0,37017	0,37259	0	0	0,0035	0
15.04.2016	0,06441	0,01586	0,49152	0,07846	0,07929	0	0	0,00353	0,00984	-0,03195	-0,3334	9,054
18.04.2016	0,44365	0,04688	0,44588	0,36361	-0,99985	0	0,05405	-0,01785	0,05075	0	-0,15319	0
19.04.2016	-0,02792	0,01491	0,09386	-0,10667	7,1032	-0,01611	-0,03846	-0,00866	-0,72434	-0,03359	-0,30151	-0,99988
20.04.2016	-0,25869	-0,05882	-0,0858	0,15524	-0,03085	0,92473	-0,02664	0,02488	2,68609	0,01767	-0,04313	8,96275
21.04.2016	0,05817	0,83458	-0,12065	-0,02068	0,0106	-0,49749	-0,01372	-0,0328	-0,07188	-0,01249	0,04508	-0,99988
22.04.2016	-0,09158	0	-0,30494	0,03166	-0,01049	-0,01693	0,01391	0,03249	0,09453	-0,99993	0,06476	10,68375
25.04.2016	-0,28236	-0,49749	-0,30714	-0,19437	-0,05304	1,0243	-0,01372	-0,16036	-0,0156	12,063	-0,06082	0,00072
26.04.2016	0,61829	0,03391	0,63323	0,25396	0,08963	-0,506	0,04167	0,17385	-0,75247	0,18758	0,1079	-0,00072
27.04.2016	-0,01735	-0,0328	0	-0,10125	-0,02057	0	-0,01332	-0,1481	2,97608	0,01265	-0,15584	0,00138
28.04.2016	0,106	-0,01693	0,21325	0	-0,04199	1,0243	0	-0,04071	0,00804	-0,00838	1,70417	0
29.04.2016	0,87646	0	0	-0,14649	0	-0,49749	0,0135	0	0,02395	-0,00845	0,08666	0,00142

02.05.2016 – 31.05.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
2.05.2016	-0,00142	-0,05173	-0,22367	-0,2904	0,28869	-0,06779	0,56659	-0,13792	-0,039	-0,0006	-0,01569	0,00142
3.05.2016	0,00142	-0,01816	1,35839	1,18331	-0,50464	-0,10905	0	-0,20921	-0,08112	0	-0,08777	0
4.05.2016	-0,33156	-0,05556	-0,184	-0,21889	-0,10297	-0,06123	-0,48081	0,82759	0,03759	-0,17084	0,02854	-0,1561
5.05.2016	-0,17832	1,30049	0,25598	-0,27271	-0,1914	-0,0435	-0,0328	-0,52949	0,00142	-0,99991	-0,00421	-0,03023
6.05.2016	-0,01553	-0,55679	-0,60403	-0,34499	-0,21299	-0,02271	0,03391	-0,18097	-0,25927	0	-0,99988	0,21676
9.05.2016	0,18897	0,01926	0,21508	0,22902	2,52647	0,02323	0,92473	-0,06631	0,08031	14,245	8,5772	-0,15253
10.05.2016	-0,11919	-0,09436	-0,01773	-0,07452	-0,66527	-0,04542	-0,506	0,21299	0,01061	0,0028	-0,20589	-0,99988
11.05.2016	0,10527	-0,02081	0,05406	0,12076	1,98751	0,04758	0,01722	1,29125	-0,99988	-0,00142	-0,06435	10,6915
12.05.2016	0,59886	0,02126	-0,11967	-0,10775	-0,67379	-0,04542	-0,03387	-0,56355	8,78025	0	0	-0,00072
13.05.2016	-0,40859	0	0	-0,20135	-0,02612	-0,02379	-0,0351	-0,11704	0,01039	0,00572	0,08023	-0,9999
16.05.2016	0,68847	-0,02081	-0,33009	1,94112	-0,1611	1,85945	0	-0,19887	-0,04116	-0,00427	-0,10608	-1
17.05.2016	-0,47592	0,02126	0,37679	0	0,06404	0	-0,03633	0,1379	0,01072	-0,00142	-0,08309	42,981
18.05.2016	0,16257	0	-0,04207	0,00305	0,15034	0	-0,0189	-0,14548	0	-0,15433	-0,01293	-0,30176
20.05.2016	0,64127	-0,02081	1,75822	-0,26013	2,32674	0	-0,01921	2,336	-0,23361	0,18672	-0,14426	0,02435
23.05.2016	-0,43332	0	-0,68526	0,13859	-0,75442	0	0,03923	-0,01992	0,08312	-0,00284	0,10728	0,03561
24.05.2016	0,7647	0,04257	0,81014	-0,62802	2,75495	-0,63323	0,07546	-0,59869	0,17912	-0,03488	0,29064	0
25.05.2016	-0,20325	-0,08162	-0,19578	2,53606	-0,59733	-0,04647	-0,01757	1,53531	0,03252	0,00883	-0,08578	0,06885
26.05.2016	-0,04278	0	-0,0348	-0,09684	1,48342	1,85945	-0,07142	-0,7079	-0,0105	-0,40291	0	0,2586
27.05.2016	0,06702	-0,04447	-0,018	-0,15819	-0,58879	-0,65028	0,03848	0,14596	0,24701	-0,4706	0,02344	0
30.05.2016	-0,99977	0,02323	0,05505	-0,01013	0,02071	0,02437	0,037	0,12744	0,00426	2,27228	-0,04584	-0,00072
31.05.2016	4,4505	-0,04542	-0,01737	-0,08197	0,04058	-0,11901	-0,01784	0,04516	-0,03965	0,02541	-0,07205	0,00427

01.06.2016 – 30.06.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
1.06.2016	0,20703	-0,09522	1,07549	0,0223	-0,13654	0	-0,01816	-0,06487	0,03759	-0,04956	-0,05177	-0,28475
2.06.2016	-0,32448	0,02629	-0,71432	-0,06549	-0,1582	-0,02707	0	-0,11559	-0,1646	0,03475	0,60418	0,39711
3.06.2016	-0,99972	0	0,74624	0,37316	0,24158	0,02783	0,0185	0,28759	0,19534	-0,01611	-0,35962	-0,30125
6.06.2016	5,3645	0	0,13675	0,00144	0,06487	0,05401	0,1091	0,18272	-0,02634	0	0,5627	0
7.06.2016	-0,23842	-0,02562	-0,1203	-0,00144	0	-0,05124	0	-0,10297	0,02925	0,08465	-0,36858	0,10952
8.06.2016	0,31119	0,02629	0,25642	-0,00724	0,08121	0,027	0,92473	0,19135	-0,02842	0,01574	0,06733	0,01099
9.06.2016	-0,21176	-0,05124	-0,16326	0,00802	-0,13146	-0,02629	-0,51451	-0,09636	0,03	-0,71268	-0,06308	0,27676
10.06.2016	-0,07568	0,027	-0,13008	-0,20425	-0,10809	-0,02707	0	-0,12445	-0,00072	0,48527	0	-0,21677
13.06.2016	-0,0234	-0,02629	-0,09344	0,25574	-0,07274	-0,02775	-0,07016	0,12179	0	-0,1815	-0,01345	0,27676
14.06.2016	-0,0479	0	-0,04126	-0,41638	-0,02612	-0,02854	-0,0189	-0,10857	-0,00142	-0,22181	0	-0,20827
15.06.2016	0,07548	0,027	0,12906	0,01457	0,24158	0	0,0577	0,06092	-0,00352	0	-0,02732	-0,01072
16.06.2016	-0,18713	-0,05266	-0,19049	-0,33053	-0,28106	-0,02938	1,13016	-0,1914	0,00138	-0,05696	0,01406	0,27314
17.06.2016	0,34532	0,02783	0,16472	0,21469	0,15034	0,03027	-0,72686	1,77728	-0,03348	0,0604	0	-0,18899
20.06.2016	0,25249	-0,02707	0,54546	0,40642	0,28759	0,02938	0,09376	-0,4354	0,10595	2,34168	0,04149	-0,0315
21.06.2016	0,05529	0	-0,03922	0,45341	0,06092	0	0,02854	-0,04529	-0,06509	-0,5984	-0,03983	-0,04339
22.06.2016	-0,04045	-0,02775	0,06801	0,01602	0,01912	-0,02854	-0,02775	-0,09484	-0,02431	-0,04244	0,09685	0,33468
23.06.2016	-0,67462	0,02854	0,14013	-0,00349	1,20514	0,02938	0	0,19214	0	-0,22181	-0,0126	-1
24.06.2016	2,04747	-0,05551	-0,40223	-0,40582	-0,64019	2,34728	2,65686	-0,21978	-0,17579	-0,08551	0	31,837
27.06.2016	0,0023	-0,02938	0	-0,17245	-0,02365	0	0,00782	0,07511	-0,01061	0,21817	0	0,35003
28.06.2016	0,03163	0,03027	0,35515	0,26049	0,1697	0	-0,75967	0,06986	0,0322	-0,15346	0	0
29.06.2016	-0,05757	0	0,61976	0,6179	-0,12437	-0,72686	0	-0,11429	-0,0312	0	0	0
30.06.2016	0,07853	-0,02938	-0,50185	-0,5352	0,33138	-0,03122	0,06455	-0,05531	0,05366	0,0604	0,50278	0

04.07.2016- 29.07.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
4.07.2016	-0,64733	0,12119	0,34188	0,0183	0,10663	0,03223	0,36358	0,0976	-0,99988	2,50795	0	-1
8.07.2016	-0,25233	0,05401	0,05095	1,11126	-0,01605	0	-0,02226	0,1244	8,96275	-0,01623	-0,33456	32,203
11.07.2016	0,21475	-0,02562	0,20605	-0,44112	0,2449	0,03131	0	0,17392	0,01017	0,02475	0,50278	-0,60019
12.07.2016	1,11156	2,08522	0,25213	0,50315	0,15737	0,09083	0,06819	0,33668	0,17998	0,03223	-0,30904	2,34314
13.07.2016	0	0	-0,02408	0,23417	0,33343	0,02783	-0,02126	-0,05037	-0,03214	0	0,44728	-0,03898
14.07.2016	0,01198	-0,65028	-0,69909	0,05753	-0,20757	0,027	0,02172	0,0106	0,02649	-0,08524	-0,30904	0,04056
15.07.2016	0,09457	1,85945	0,16396	-0,73832	0,25575	0	0,02126	0,01052	0	0	0,44728	-0,02202
18.07.2016	0,324	-0,73558	0,60858	2,48292	-0,4257	2,28924	-0,2708	-0,51948	-0,3018	-0,00137	-0,32606	0,01529
19.07.2016	-0,20462	0	0,7131	-0,58569	-0,11895	-0,01601	-0,11427	0,0216	-0,11087	-0,02494	0	0,0028
20.07.2016	-0,26667	3,12866	-0,00142	1,41034	-0,20253	-0,04807	3,06419	1,73548	-0,15243	0,01751	0	-0,00279
21.07.2016	-0,40559	-0,10155	-0,00065	-0,55169	1,56617	-0,01781	-0,02381	-0,11605	-0,44143	0,00792	0	-0,22089
22.07.2016	0,04709	0,02609	0,0035	-0,05715	0,04947	0	-0,01624	0,02559	-0,02924	0,00568	0,48383	0
25.07.2016	0,47188	0,02542	0,10197	0,50503	-0,66797	0,03478	0,05783	-0,00065	0,33168	0,03752	0	0,06582
26.07.2016	-0,27482	-0,01653	-0,10038	-0,12079	0,09467	0	-0,01561	-0,01578	-0,1585	0,03276	-0,30904	-0,99988
27.07.2016	0,37898	0,01681	0,00585	0,79543	0,25945	-0,01608	0,00793	0,06074	0,13451	-0,70584	0,54254	8,78025
28.07.2016	0,79288	0,01651	0,10511	-0,30697	-0,01715	0	0	-0,74437	1,78085	0,02694	-0,71809	-0,99988
29.07.2016	0,00069	-0,00812	-0,74131	0,06134	1,05107	0,04197	-0,75588	0,35202	-0,6148	-0,02623	2,63223	8,78025

01.08.2016 - 31.08.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
1.08.2016	-0,30647	0,02459	2,50294	0,13872	-0,41876	0,00819	0	1,77533	0,13281	0	-0,08627	-0,01041
2.08.2016	-0,19631	0,00799	-0,6634	0,16329	-0,13189	-0,00812	0,03223	-0,73349	-0,03906	2,42651	0,04324	0
3.08.2016	-0,19846	0	2,25327	-0,2451	-0,05059	-0,02459	2,96851	2,72008	-0,20341	0	-0,04346	-1
4.08.2016	0,45713	-0,74601	-0,59143	0,35386	0,28443	0,01681	-0,07745	0,0946	0,33198	-0,00786	-0,01438	34,759
5.08.2016	-0,05228	2,66113	0,17141	0,03822	-0,05536	-0,03235	-0,73538	-0,03143	-0,07667	-0,72171	0,01889	0
8.08.2016	0,61527	-0,72686	0,42273	-0,55105	0,2637	0,04197	0,09678	-0,68965	0,18683	0,17103	-0,03555	0
9.08.2016	-0,00072	0	0,345	0,51296	0,01158	0,01638	0,11763	0,20914	0,1749	1,85361	0,07058	0,03153
10.08.2016	0,0028	2,66113	-0,42645	-0,25427	-0,11459	-0,01611	0,10525	-0,25945	-0,07443	-0,67515	-0,0301	0,19286
11.08.2016	0,01049	-0,72686	0,32595	0,24357	0,11649	0,01638	0	0,14596	0,11261	0	0	-0,01578
12.08.2016	-0,00544	0	-0,08938	-0,10445	0,36339	-0,00805	0	-0,15283	-0,04338	0,02623	-0,00286	0,02107
15.08.2016	-0,01146	0	0,08589	0,11664	-0,29205	0,01627	0,02379	0,03005	0,77469	-0,02556	-0,20531	-0,9999
16.08.2016	-0,14656	0	-0,113	-0,15668	-0,04804	-0,00801	-0,02323	-0,0876	-0,50465	0	-0,07507	0
17.08.2016	0,18196	-0,02968	0,07645	0,15481	0,4849	0	1,79142	0,09602	1,01878	0,02623	-0,02317	0
18.08.2016	-0,03417	3,12866	0,04733	0,09386	-0,25005	-0,00805	-0,64175	0,0876	-0,47058	-0,02556	-0,01189	0
19.08.2016	0,03102	0	0,32977	0,03677	0,01132	-0,00812	-0,02379	0	0,01607	0,07878	0,01203	10,71375
22.08.2016	-0,03008	0	-0,29049	-0,03547	-0,03362	0	0	-0,05372	-0,01582	0,04864	-0,01189	-1
23.08.2016	0,03169	0	-0,07184	0,13483	-0,03479	-0,00819	0,02437	-0,05669	-0,04826	1,72124	-0,024	42,77
24.08.2016	-0,34718	-0,0078	-0,28388	-0,09722	-0,1321	-0,01653	-0,02379	2,85706	-0,11827	0	0	-0,15314
25.08.2016	0,09147	0,01575	0,19821	0,40204	0,17991	-0,01608	0,04874	-0,74073	0,07667	-0,64104	0,03693	0,18083
26.08.2016	0,19161	-0,09176	0,18045	0,00214	0,03519	0,0078	-0,02323	0,09024	0,089	0	0,39573	-0,9999
29.08.2016	-0,15073	0,08395	-0,25477	-0,29679	-0,14732	0	1,79142	-0,13798	-0,08173	0	0	8,50625
31.08.2016	-0,02368	-0,00786	0,08545	0,07266	0,07975	-0,01696	-0,69294	0,128	0,14243	-0,02374	0	-0,99988

01.09.2016 – 30.09.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
1.09.2016	0,08485	0,01586	0	0,01128	-0,06152	0,00014	-0,05551	-0,11347	0,82996	1,85361	0	0
2.09.2016	0,30847	-0,08465	0,45673	0,31184	0,09177	0,00854	0,08824	0,22402	-0,43652	-0,64956	0	10,71375
5.09.2016	0,02113	0	0,2651	0,08633	0,04804	-0,00774	0,027	0,15689	0,03024	0,14598	0	0,01626
6.09.2016	0,02509	0,09248	0	-0,07831	-0,04584	0,01634	-0,05266	0	-0,01469	1,49537	-0,30904	-0,04192
7.09.2016	-0,04078	-0,0078	0,00711	0,0023	-0,06005	-0,00839	0,02783	1,64981	-0,02975	-0,19075	0,44728	0,03218
8.09.2016	0,05953	0,00786	0,01465	0,06553	0,10223	0,00846	0	-0,63116	0,06138	0,23661	-0,34306	0,01121
9.09.2016	-0,05805	-0,0078	-0,01655	-0,01592	-0,03479	0	0	-0,04621	-0,04338	-0,33591	-0,01293	0,05032
16.09.2016	-0,00142	0,00786	-0,00072	-0,05658	0,41253	-0,00839	2,16624	-0,19393	-0,06045	0,21769	-0,01314	-0,06575
19.09.2016	0,09728	-0,0078	-0,73124	-0,70284	-0,26653	0	-0,70977	2,52647	0,8902	0,03155	0,01331	0,00783
20.09.2016	-0,08925	-0,00786	2,91288	-0,08655	-0,02317	0	0	0	-0,41988	0,21486	-0,01314	-0,70746
21.09.2016	0,07238	0,01586	0,01619	2,70571	0,04747	0,00846	0,08824	-0,62261	0,07333	-0,01601	0,05315	0,1449
22.09.2016	-0,66091	-0,75779	-0,60516	-0,2785	0,10197	0,01681	0,10809	0,6779	0,19132	-0,66598	0,4849	1,97941
23.09.2016	1,75382	3,16098	-0,2017	-0,09448	-0,03085	-0,03235	0,02437	-0,06733	-0,01146	1,91499	-0,26706	-0,51209
26.09.2016	-0,1771	-0,03877	1,33683	0,28581	0,24676	-0,00072	-0,11901	-0,37546	-0,23211	0,02491	-0,13912	0
27.09.2016	0,17703	-0,00805	0,26866	0,1904	-0,35962	0	-0,05408	0,25435	0,77593	-0,02431	0,01345	1,04958
28.09.2016	-0,72193	0	0,01049	-0,01437	0,17278	0	0	1,16603	-0,3518	-0,00875	-0,01327	-0,43562
29.09.2016	2,5963	0	-0,01108	0,01531	-0,07932	-0,00856	-0,02854	-0,47024	0,54273	0,03396	-0,04041	0
30.09.2016	0,03244	-0,01624	-0,18565	0,00426	-0,07386	0	-0,02938	-0,0482	-0,42841	-0,1617	0,04211	-0,28607

03.10.2016 – 31.10.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
3.10.2016	0,0112	0,00825	0,23058	0,00617	0,10631	0,00863	0,03027	0,08442	-0,01487	0,19454	0,09428	-0,99959
4.10.2016	-0,00754	0,00819	-0,00284	-0,00823	-0,04804	-0,00856	0,02938	-0,0467	-0,07555	0,06822	-0,07386	2,68185
5.10.2016	-0,03487	-0,00812	0,00285	-0,00214	0,10094	0,01725	0	0,01631	0,03267	0,02397	0,5627	1,28067
6.10.2016	0	0,00819	-0,00069	0,00356	-0,04584	0	0	0,01605	0,01586	0	-0,30904	0,00284
7.10.2016	0,03027	0,00812	0	-0,03554	0,01203	-0,00846	0,02901	-0,09484	-0,03118	0	0,12305	0
10.10.2016	0,00781	0	0,00069	0,03388	-0,02375	0	-0,05408	-0,05241	0	-0,71781	0,04383	-0,44371
11.10.2016	-0,03691	-0,00805	-0,00212	-0,21218	-0,06078	-0,00856	-0,05709	-0,16588	-0,06434	2,24436	0,23546	0,79379
12.10.2016	0,0376	-0,00812	-0,00072	0,0432	0	0	0,06055	0	-0,01718	-0,70031	-0,21606	0
13.10.2016	-0,19817	-0,02459	-0,26185	-0,19672	-0,07768	-0,00861	-0,02854	-0,22101	-0,06997	2,33206	-0,06505	-0,68964
14.10.2016	0,24182	-0,01608	0,35288	0,5169	0,08422	0,0174	0,02938	0,28372	0,01879	-0,72547	0,03479	2,21545
17.10.2016	0	0,03343	-0,18393	-0,22181	-0,01293	-0,0171	-0,02854	0,02208	-0,01844	0,03106	0,3185	0,00638
18.10.2016	-0,73086	0,01651	0,21031	0,24115	0,11802	0,0174	0,02938	0,19457	0,09403	0,1206	-0,19059	-0,00634
19.10.2016	2,71298	0,01627	0,05192	0,13196	0,04692	0,00854	0,11427	0,10862	0,10317	0	0,02101	0
20.10.2016	-0,63686	0	0,02467	0,00776	0	0	-0,02562	0,03263	0,10905	0	-0,03085	0,04538
21.10.2016	-0,11739	-0,00801	-0,01606	-0,03855	-0,01119	-0,00846	-0,02629	-0,07904	-0,04212	-0,02688	-0,03183	0,02451
24.10.2016	0,18626	0,01613	-0,70971	-0,63367	0,12461	0,01708	2,16854	1,01729	0,14667	2,57138	0,01098	-0,71761
25.10.2016	1,6283	-0,00793	-0,08425	-0,08758	-0,0302	-0,01679	-0,66735	-0,4362	-0,05117	-0,0929	-0,03252	2,30643
26.10.2016	-0,7134	0	0,30683	0	0,03114	0,00854	0	0,01508	0,04045	-0,0006	0,3185	0,08807
27.10.2016	2,5606	0,00799	-0,25832	-0,24001	-0,0403	0	0	-0,08919	-0,06478	0,10308	-0,22458	-0,62786
28.10.2016	0	-0,00793	3,07125	2,87351	-0,99985	-0,01696	-0,05124	-0,09797	0,62824	-0,01549	-0,04383	1,47479
31.10.2016	0,06689	-0,00801	-0,67659	-0,04399	8,5532	0,00863	0	0,05431	0	-0,71558	-0,0229	-0,69818

01.11.2016 - 30.11.2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
1.11.2016	-0,10188	-0,02417	1,99591	-0,00072	0,00493	-0,02564	-0,08108	-0,206	-0,43691	-0,0277	0	2,30643
2.11.2016	0,02709	0,00825	-0,08027	-0,72121	-0,25005	0,00876	0,08824	0	-0,07555	0,11374	0	0,01975
3.11.2016	-0,18003	-0,02459	0,02415	0,21419	-0,02267	-0,01737	-0,05408	-0,08648	-0,2289	-0,10213	-0,02347	-0,03349
4.11.2016	0,21777	-0,03361	-0,43333	1,95417	-0,1623	0,04276	-0,11427	1,94083	-0,31798	2,5594	-0,14414	-0,13936
7.11.2016	-0,28947	0,0174	0,16542	-0,72121	0,13838	0,00069	0,03223	-0,68411	0,15541	0,00798	0,65043	-0,04026
8.11.2016	0,40943	-0,00856	0	0,06117	0,04863	0	0,03131	0,07645	2,15491	0	-0,33456	0
9.11.2016	-0,22251	0	-0,01289	2,38261	0,36437	-0,00069	-0,03036	0,16569	-0,68303	0,00792	-0,02554	0,2946
10.11.2016	0,03279	0,00863	0	-0,51676	-0,22458	0,00069	-0,03122	-0,12185	0	-0,73132	0,0131	-0,05053
11.11.2016	-0,21164	-0,00856	-0,16995	1,27049	-0,08767	-0,00069	3,09643	-0,1618	-0,08073	-0,02924	-0,0259	-0,18644
14.11.2016	-0,01341	-0,00861	-0,06299	-0,08532	-0,024	-0,00706	0	-0,13798	-0,05849	-0,06034	-0,23918	0,01051
15.11.2016	0,21768	0,00868	0,16809	0,08476	0,04923	0,00711	0,00786	0,256	0,15541	0,19256	0,10477	0,219
16.11.2016	-0,12291	-0,01722	-0,1151	-0,10964	-0,08211	0,00069	-0,02342	-0,15283	-0,16147	0,29598	0	0
17.11.2016	0	0	0,04879	-0,71258	0,03834	-0,00069	0	0,03005	0,03215	0,14528	0,17392	-0,00352
18.11.2016	0,1274	0	0,82193	0,09176	0,08616	0	0,00799	0,11678	0,06213	-0,0725	0,58259	-0,02222
21.11.2016	-0,06781	0	-0,46816	2,6354	-0,05667	-0,00706	-0,00793	-0,10457	-0,05849	0,13682	-0,41067	0,02347
22.11.2016	0,18182	0,00876	0	-0,73263	0,03604	0,00711	0,01598	0	0	1,01317	0,11552	-0,56092
23.11.2016	-0,18462	-0,01737	-0,24001	2,39406	-0,01158	0	-0,00786	2,74452	0	-0,44348	-0,01293	1,27758
24.11.2016	-0,18865	0,04276	-0,31575	0,00016	-0,07039	-0,00706	-0,02381	-0,08577	2,86007	0,21481	-0,11805	-0,18521
25.11.2016	0,04647	0,00069	0,03074	-0,16233	-0,02521	0	0	-0,00852	-0,00807	0,2021	-0,04457	0,21046
28.11.2016	0,13336	-0,02472	0,26863	0,19209	0,22005	0,00711	0,01627	0,07741	0,01624	0,23047	0,04665	0,01808
29.11.2016	-0,14379	0	-0,18823	-0,16964	-0,0212	-0,00706	0	0	-0,07189	-0,9999	0	-0,00142
30.11.2016	-0,15269	0,02609	2,75367	-0,18446	-0,10841	0	0	-0,06387	0,01513	10,6915	0	-0,00072

01.12.2016 – 30.12..2016												
	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENIZ	FINBNK	KLNMA
1.12.2016	-0,16215	-0,04236	-0,0957	0,47564	-0,07293	0,00423	0	-0,03411	-0,00424	-0,22146	-0,07433	-0,64129
2.12.2016	-0,06453	0,02652	-0,70539	-0,34785	0,03931	0,00072	0,00799	0,05296	-0,01923	0,08775	0,01605	0
5.12.2016	-0,1379	0,00863	-0,05793	0,53558	0	0	0,02381	0	0,02605	0,18415	0,06324	0,26136
6.12.2016	0,55997	0,00854	0,64611	-0,18724	0,18928	0	-0,74415	0,06708	0,08463	-0,01853	0,08923	1,21174
7.12.2016	0,18804	-0,00774	0,05608	0,22777	0,24153	-0,00493	0,12119	0,01572	-0,70221	-0,70281	-0,01364	-0,46271
8.12.2016	-0,07193	0,01634	-0,08853	-0,00142	0,0028	0,00711	-0,05408	-0,02321	-0,05236	-0,05835	-0,04153	-0,07924
9.12.2016	-0,09304	0	-0,05821	0,00429	-0,00207	-0,041	-0,02854	0,02376	-0,0277	2,6331	-0,0289	-0,06885
12.12.2016	0,08545	0	0	0,05929	0,0035	0,01768	0	-0,71952	0,11374	0,08598	-0,04457	0,01847
13.12.2016	0,28349	-0,01679	0,32988	0,02404	-0,03555	0	0,11763	0,1379	0,10213	-0,75442	0,10891	0,07261
14.12.2016	0,08589	0	0,82066	-0,07619	0,03836	0,00868	-0,05266	-0,04851	0,04636	0,03206	0,64924	0,99003
15.12.2016	0,09039	0,00072	-0,37411	-0,69757	0,00553	0,00863	0,08334	0,1529	0,17712	0,77512	0,00072	-0,27637
16.12.2016	-0,11399	0,01634	-0,01359	-0,11214	-0,0338	-0,00856	-0,02562	1,59129	1,20701	-0,03495	-0,33456	0,38093
19.12.2016	-0,07019	-0,01608	-0,12416	0,15794	0	0,01725	-0,02629	-0,66527	-0,64065	1,12537	-0,02554	-0,42905
20.12.2016	0,07548	0,03343	0,14176	0,19083	0,0242	0,02542	0,05401	0,10191	0,07116	-0,52096	0,03931	-0,04472
21.12.2016	-0,04678	-0,03235	0,05517	-0,13736	-0,0151	-0,01653	2,00617	-0,0231	-0,04431	1,086	-0,03782	0,03122
22.12.2016	-0,03681	0	-0,02616	2,11316	0,02252	-0,00839	-0,66735	-0,07102	-0,0463	0	0	0
23.12.2016	-0,07641	0,01634	-0,17448	-0,72995	-0,00069	-0,00846	0	-0,15283	-0,09716	0	0	-0,16645
26.12.2016	0,01378	-0,00839	0	2,70044	0,00069	0,00854	0	0	0,02688	-0,58027	-0,23607	0,18155
27.12.2016	-0,08165	0,00846	-0,09758	0,10651	-0,00775	-0,01696	0	2,88711	-0,07862	-0,04063	-0,08582	0,80398
28.12.2016	0,17778	-0,01608	0,1622	-0,72492	0,01125	0,00863	2,00617	-0,71952	0,19908	-0,04229	0,07511	0
29.12.2016	-0,02514	0,03343	-0,03102	-0,02801	0,02535	0	0	0	0	0,04416	0,73358	-0,46271
30.12.2016	0,0645	-0,01653	0	0	-0,02473	0,00854	-0,65028	-0,02764	0,02369	0,63495	-0,20151	0,31701

Ek 4 : 01.03.2016- 31.03.2016 BIST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senetlerinin Kovaryans Matrisi

	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENİZ	FINBNK	KLNMA
AKBNK	1188418	-7,0908	-11,6558	-39176,4	7,039089	-25,3513	-10,2818	10,01293	-892,784	-9,93973	0,161462	-108621
ALBRK	-7,0908	0,095124	-0,03389	-2,49564	-0,00332	-0,00798	-0,03396	-0,01095	-2,07623	-0,00791	-0,00048	-13,9884
GARAN	-11,6558	-0,03389	0,142958	11,34329	0,002615	-0,01829	0,033705	0,033754	3,109124	-0,05668	0,014967	40,60536
HALKB	-39176,4	-2,49564	11,34329	625547,6	2,373136	-18,2562	124,106	9,8841	-616,529	-3,33635	-2,85359	-78860,3
ISCTR	7,039089	-0,00332	0,002615	2,373136	0,048574	-0,01147	-0,00754	0,001665	0,008327	-0,00141	0,003886	35,04461
SKBNK	-25,3513	-0,00798	-0,01829	-18,2562	-0,01147	0,182828	0,001487	-0,00411	-0,29104	0,033313	-0,00275	366,0283
TSKB	-10,2818	-0,03396	0,033705	124,106	-0,00754	0,001487	0,091439	0,005491	2,646564	0,006296	-0,00023	-35,2046
VAKBNK	10,01293	-0,01095	0,033754	9,8841	0,001665	-0,00411	0,005491	0,053655	0,551993	-0,02347	0,00276	23,69594
YKBNK	-892,784	-2,07623	3,109124	-616,529	0,008327	-0,29104	2,646564	0,551993	327,503	-1,33021	-0,06451	-1886,74
DENİZ	-9,93973	-0,00791	-0,05668	-3,33635	-0,00141	0,033313	0,006296	-0,02347	-1,33021	0,056145	-0,00722	-20,237
FINBNK	0,161462	-0,00048	0,014967	-2,85359	0,003886	-0,00275	-0,00023	0,00276	-0,06451	-0,00722	0,005571	9,231805
KLNMA	-108621	-13,9884	40,60536	-78860,3	35,04461	366,0283	-35,2046	23,69594	-1886,74	-20,237	9,231805	4793880

Ek 5: 01.11.2016-30.11.2016 BİST’de İşlem Gören Bankaların Hisse Senetlerinin Kovaryans Matrisi

	AKBNK	ALBRK	GARAN	HALKB	ISCTR	SKBNK	TSKB	VAKBNK	YKBNK	DENİZ	FINBNK	KLNMA
AKBNK	0,030782	-0,00064	-0,01295	-0,03159	-0,0012	0,001003	-0,02586	0,01767	0,028617	-63,4309	-0,0071	-0,02057
ALBRK	-0,00064	0,000307	0,00173	-0,00657	-0,0002	-2,7E-05	-0,0006	-0,00508	0,00659	13,69564	0,000844	-0,00348
GARAN	-0,01295	0,00173	0,555807	-0,21276	0,003212	-0,00275	-0,05317	-0,11809	-0,09199	1245,582	0,039971	0,174987
HALKB	-0,03159	-0,00657	-0,21276	1,091634	0,024951	0,002273	0,116455	0,441669	-0,15963	-247,767	-0,1	0,123467
ISCTR	-0,0012	-0,0002	0,003212	0,024951	0,017733	-0,00026	-0,01098	-0,01058	-0,00834	-49,1429	0,009317	0,007558
SKBNK	0,001003	-2,7E-05	-0,00275	0,002273	-0,00026	0,000146	-0,00013	0,004251	-0,00075	-0,02955	8,7E-05	-0,003
TSKB	-0,02586	-0,0006	-0,05317	0,116455	-0,01098	-0,00013	0,419812	-0,05503	-0,02616	-64,5839	-0,00356	-0,05389
VAKBNK	0,01767	-0,00508	-0,11809	0,441669	-0,01058	0,004251	-0,05503	0,520693	-0,05642	-110,274	-0,02934	0,110263
YKBNK	0,028617	0,00659	-0,09199	-0,15963	-0,00834	-0,00075	-0,02616	-0,05642	0,602391	-64,9032	-0,03797	-0,09633
DENİZ	-63,4309	13,69564	1245,582	-247,767	-49,1429	-0,02955	-64,5839	-110,274	-64,9032	4959535	-6,81879	-70,1442
FINBNK	-0,0071	0,000844	0,039971	-0,1	0,009317	8,7E-05	-0,00356	-0,02934	-0,03797	-6,81879	0,054164	-0,00562
KLNMA	-0,02057	-0,00348	0,174987	0,123467	0,007558	-0,003	-0,05389	0,110263	-0,09633	-70,1442	-0,00562	0,322204

Ek 6: BIST’de İşlem Gören Bankaların Beta Katsayıları

BETA KATSAYILARI	
Mart	Kasım
11,08702	3,44252
-3,62153	0,33750
7,75867	1,10014
2,40259	-32,1234
2,64853	5,24865
-4,04606	-0,09668
3,11942	-9,88995
7,57479	-22,3338
11,97178	0,263451
-3,47128	-20364,6
1,87602	8,33790
18,20773	-8,56236