

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

113 601

**BULANIK ÇOK AMAÇLI HEDEF PROGRAMLAMA
VE
BİR ÜRETİM SÜRECİ UYGULAMASI**

113601
T.C. YÖKTEKÜÇRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Nurullah UMARUSMAN

Danışman
Doç. Dr. Mustafa GÜNEŞ

2002

Yüksek Lisans / Doktora tezi olarak sunduğum “Bulanık Çok Amaçlı Hedef Programlama ve Bir Üretim Süreci Uygulaması” adlı çalışmanın, tarafımdan, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin bibliyografyada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

09/04/2002



Nurullah UMARUSMAN

TUTANAK

Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü' nün/...../..... tarih vesayılı toplantısında oluşturulan jüri, Lisanüstü Öğretim Yönetmeliği'ninmaddesine göre EKONOMETRİ Anabilim/ Anasanat Dalı Yüksek Lisans / Doktora öğrencisi Nurullah UMARUSMAN ' nın BULANIK ÇOK AMAÇLI HEDEF PROGRAMLAMA VE BİR ÜRETİM SÜRECİ UYGULAMASI konulu tezi incelenmiş ve aday 30.07.2022 tarihinde, saat 9.53 da jüri önünde tez savunmasına alınmıştır.

Adayın kişisel çalışmaya dayanan tezini savunmasından sonra 70. dakikalık süre içinde gerek tez konusu, gerekse tezin dayanağı olan anabilim dallarından jüri üyelerine sorulan sorulara verdiği cevaplar değerlendirilerek tezin Bozuluolduğuna oy birliğiile karar verildi.

Prof.Dr. Serdar KOLUKOĞLU
BAŞKAN

Dos.Dr. Mustafa GÜNEŞ
ÜYE

Yrd. Doç.Dr. Behrettin AYKAN
ÜYE

YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DOKÜMANTASYON MERKEZİ TEZ VERİ FORMU

Tez No:

Konu Kodu:

Üniv. Kodu

Tez Yazarının

Soyadı: UMARUSMAN

Adı : Nurullah

Tezin Türkçe Adı: Bulanık Hedef Programlama ve Bir Üretim Süreci Uygulaması

Tezin Yabancı Dildeki Adı: Fuzzy Multiple Objective Goal Programming and The Case of a Production Process Application

Tezin Yapıldığı

Üniversite : Dokuz Eylül Üniversitesi Enstitü : Sosyal Bilimler Yıl : 2002

Tezin Türü :

Yüksek Lisans:

☒

Dili: Türkçe

Doktora:

☐

Sayfa Sayısı: 85

Tıpta Uzmanlık:

☐

Referans Sayısı: 46

Sanatta Yeterlilik:

☐

Tez Danışmanlarının

Ünvanı: Doç. Dr.

Adı : Mustafa

Soyadı : GÜNEŞ

Türkçe Anahtar Kelimeler:

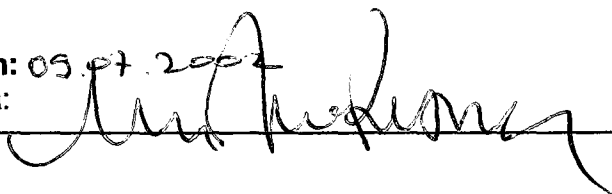
- 1- Çok Kriterli Karar Verme
- 2- Çok Amaçlı Karar Verme
- 3- Hedef Programlama
- 4- Bulanık Mantık
- 5- Bulanık Hedef Programlama

İngilizce Anahtar Kelimeler:

- 1- Multiple Criteria Decision Making
- 2- Multiple Objective Decision Making
- 3- Goal Programming
- 4- Fuzzy Logic
- 5- Fuzzy Goal Programming

Tarih: 05.07.2002

İmza:



ÖZET

Tabiatta yer alan bütün sistemler, başarıya en iyi şekilde ulaşmak amacı ile zaman içerisinde bir değişim sürecinden geçmek sureti ile bünyelerine uygun en iyi yapılaraya sahip olmuşlardır. İnsan yapımı sistemler de benzer amaçlar takip edilerek, çalışmaların hedefleri ve kısıtları baz alınıp, karar verme durumunda olan karar mekanizmalarına yardımcı olurlar.

1950'li yıllarda ortaya çıkan Çok Kriterli Karar Verme alanı içerisinde oluşturulan teknikler yardımı ile bünyesinde birden fazla amacı içeren birçok problem, belirli sayıda oluşturulan amaçlar ve kısıtlar yardımı ile matematiksel olarak tanımlanabilme imkanına sahip olmuşlardır.

1965 yılında Bulanık Küme Teorisinin ortaya çıkması ile birlikte, yapıları gereği, hem birden fazla hedefe sahip hem de bu çoklu hedeflerden dolayı bulanık yapıya sahip olmaları, Bulanık Küme Teorisi'nin Çok Kriterli Karar Verme problemlerinde uygulanabilmesini mümkün kılmıştır.

Çok Kriterli Karar Verme problemleri, Çok Nitelikli Karar Verme ve Çok Amaçlı Karar Verme olarak iki kategori içerisinde sınıflandırılırlar. Çok Nitelikli Karar Verme metotları belirlenen kesin alternatifler içerisinde bir alternatifin seçilmesi için kullanılırken, Çok Amaçlı Karar Verme metotları matematiksel kısıtlar yardımı ile tanımlanan sınırsız sayıdaki alternatifleri içeren amaç problemleri için uygulanır.

Bu çalışmada, Çok Amaçlı Karar Verme alanı içerisinde yer alan Hedef Programlama tekniğinin bir başka modelleme çeşidi olan Bulanık Hedef Programlama kullanılarak, problemin bünyesinde yer alan hedef değerlerdeki bulanıklık sebebi ile meydana gelebilecek sonuçlar, bir üyelik derecesi yardımı ile açıklanmaya çalışılmış ve problemdeki kısıtlar ve hedeflenen değerler ile ilgili öneri ve eleştiriler yapılmıştır.

ABSTRACT

All systems in nature aiming at achieving success have a proper structure by witnessing a changing process. Pursuing same objectives in human made systems, human made systems help decision makers in decision- making process by using objectives and constraints.

Using techniques formed in the Multiple Criteria Decision Making area developed in 1950s, many problems have been determined as a mathematical form by using objectives and constraints.

With Fuzzy Set Theory developed in 1965, it has been made possible to use Fuzzy Set Theory for multiple decision-making problems with multiple objectives and fuzzy structure.

Multiple objective decision problems can be classified as multiple attribute decision-making problems and multiple objective decision-making problems. While multiple attribute methods are used to choose an alternative among certain alternatives, multiple objective decision making methods are used for problems including unlimited alternatives determined by means of mathematical constraints.

This study uses the Fuzzy Goal Programming technique, a type of target programming technique takes a part in the multiple objective decision making area, to explain results stem from fuzzy structure in target values. In addition, critiques and suggestions are made related to values and constraints in problems

ÖNSÖZ

Temeli, Çok Kriterli Karar Verme teknikleri içerisinde kullanılan en eski ve güçlü bir yapıya sahip Hedef Programlama ve Bulanık Mantık'a dayanan Bulanık Hedef Programlama, gerçek hayat problemlerine kolay ve başarılı olarak uygulanmaktadır. Bulanık Mantık alanına girmemi sağlayan ve bu konu hakkında yardımlarını esirgemeyen danışmanım Doç. Dr. Mustafa GÜNEŞ'e, çalışmalarımda bana destek olan bölüm hocalarıma, Araştırma Görevlisi arkadaşlarıma ve desteğini her zaman yanımda hissettiğim eşime sonsuz teşekkür ederim.

2002

Nurullah UMARUSMAN

İÇİNDEKİLER

YEMİN METNİ.....	II
TUTANAK	III
Y.Ö.K. DÖKÜMANTASYON MERKEZİ TEZ VERİ FORMU.....	VI
ÖZET.....	V
ABSTRACT	VI
ÖNSÖZ	VII
İÇİNDEKİLER.....	VIII
KISALTMALAR.....	XI
ŞEKİL LİSTESİ.....	XII
TABLO LİSTESİ	XIII
GİRİŞ	XIV
BİRİNCİ BÖLÜM	1
LİTERATÜR TARAMASI	1
İKİNCİ BÖLÜM	5
2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME	5
2.1.KARAR VERME PROBLEMLERİ.....	5
2.2. TANIMLAR.....	7
2.3. KARAR MATRİSİ	7
2.4. ÇOK NİTELİKLİ KARAR VERME	8
2.5. ÇOK AMAÇLI KARAR VERME	11
2.5.1. Çok Amaçlı Karar Verme Probleminin Formulasyonu	11
2.5.2. Çok Amaçlı Karar Verme Çözümleri	11
2.5.2.1. Optimal Çözüm	12
2.5.2.2. İdeal Çözüm.....	12
2.5.2.3. Üstün Olmayan Çözümler	13
2.5.2.4. Tercih Edilen Çözüm	14
2.5.2.5. Tatminkar Çözümler	14
2.6. ÇOK AMAÇLI KARAR VERME METOTLARI	14

2.7. ÇOK AMAÇLI KARAR VERME'NİN SINIFLANDIRILMASI.....	19
2.7.1. Posibilistik Çok Amaçlı Karar Verme.....	20
2.7.2. Bulanık Çok Amaçlı Karar Verme	20
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM.....	22
3. HEDEF PROGRAMLAMA.....	22
3.1. HEDEF PROGRAMLAMA TERMİNOLOJİLERİ.....	23
3.2. HEDEF PROGRAMLAMA FORMULASYONU.....	24
3.3.1. Ağırlıklandırılmalı Hedef Programlama	27
3.3.2. Öncelikli Goal Programming	28
3.4. HEDEF PROGRAMLAMANIN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI...	30
3.5. HEDEF PROGRAMLAMA ÇEŞİTLERİ.....	30
3.5.1. Doğrusal Hedef Programlama	30
3.5.2. Tamsayılı Hedef Programlama	31
3.5.3. Doğrusal Olmayan Hedef Programlama	31
3.5.4. Diğer HP Metodları	31
3.5.4.1. İnterval HP	31
3.5.4.2. Oransal HP	31
3.5.4.3. Bulanık HP.....	32
3.6. Çözüm Metodları.....	32
3.6.1. Grafik Metodu	32
3.6.2. Modife-Simpleks Metodu	35
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM.....	38
BULANIK KÜME TEORİSİ VE BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA	38
4.1. BULANIK KÜME KAVRAMI.....	38
4.2. BULANIK KÜMELER ve BULANIK NOTASYONLAR.....	38
4.2.1. Bulanık Küme	39
4.2.2. Üyelik Fonksiyonu	39
4.2.3. Destek Küme.....	40
4.3. Bulanık Küme Teorisinde İşlemler	40
4.3.1. Birleşme İşlemi.....	40
4.3.2. Kesişme İşlemi.....	41
4.3.3. Bulanık Kümenin Tümlenyeni.....	41
4.3.4. Konveks Küme.....	41
4.4. Bulanık Kümelerde Cebirsel İşlemler	42

4.4.1. Kartezyen Çarpım.....	42
4.4.2. Bulanık Kümenin Kuvveti.....	43
4.4.3. Cebirsel Toplam	43
4.4.4. Sınırlı Toplam	43
4.4.5. Sınırlı Fark.....	44
4.4.6. İki Bulanık Kümenin Çarpımı	44
4.5. BULANIK ORTAMDA KARAR VERME	45
4.6. BULANIK MATEMATİKSEL PROGRAMLAMA	47
4.6.1. Bulanık Doğrusal Programlama Formülasyonu.....	50
4.7. BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA.....	53
BEŞİNCİ BÖLÜM	59
UYGULAMA	59
5.1. BELEDİYE BÜTÇESİNİN HAZIRLANMASI	59
5.1.1. Bütçe Geliri Tahmini	60
5.2. BELEDİYE GELİR ÇEŞİTLERİ	60
5.3. BELEDİYE VERGİLERİ	61
5.3.1. İlan ve Reklam Vergisi.....	61
5.3.2. Eğlence Vergisi.....	61
5.3.3. Emlak Vergisi.....	61
5.3.3.1. Bina Vergisi.....	61
5.3.3.2. Arazi Vergisi.....	61
5.3.3.3. Arsa Vergisi	62
5.3.4. Haberleşme Vergisi	62
5.3.5. Elektrik ve Havagazı Tüketim Vergisi.....	62
5.3.6. Yangın Sigorta Vergisi	62
5.3.7. Çevre ve Temizlik Vergisi	63
5.3.8. Çeşitli Vergiler	63
5.4. Problemin Tanımı.....	63
5.5. KURULAN MODELLER	65
5.5.1. (4.10) Denkleme Göre Formülasyon	65
5.5.2. (4.20) Denkleme Göre Formülasyon	66
5.6. Sonuç, Öneriler ve Eleştiriler	79
Kaynakça	81

KISALTMALAR

ÇNKV: Çok Nitelikli Karar Verme

ÇAKV: Çok Amaçlı Karar Verme

HP: Hedef Programlama

BÇAKV: Bulanık Çok Amaçlı Karar Verme

DP: Doğrusal Programlama

ÇTV: Çevre ve Temizlik Vergisi



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 : ÇAKV metotlarının bilgi çeşidine göre kullanılan metotlar	18
Şekil 2 : BÇAKV metotlarının bilgi tiplerine göre incelenmesi	21
Şekil 3 : Örneğin Grafik üzerinde incelenmesi	33
Şekil 4 : Tatminkarlık Bölgesinin belirlenmesi	33
Şekil 5 : Birinci, ikinci ve üçüncü öncelikler ve çözüm	34
Şekil 6 : Bir " Bulanık Karar "	47
Şekil 7 : Üç Değerli Bulanık sayı	55
Şekil 8 : Toplam Vergi hedefi için Üç Değerli Bulanık sayı	66
Şekil 9 : İlan ve Reklam Vergi hedefi için Üç Değerli Bulanık sayı	68
Şekil 10 : Eğlence Vergi hedefi için Üç Değerli Bulanık sayı	68
Şekil 11 : Bina Vergisi hedefi için Üç Değerli Bulanık sayı	69
Şekil 12 : Arazi Vergisi hedefi için Üç Değerli Bulanık sayı	70
Şekil 13Arsa Vergisi hedefi için Üç Değerli Bulanık sayı	71
Şekil 14: Haberleşme Vergisi hedefi için Üç Değerli Bulanık sayı	72
Şekil 15: Elk. ve H.gazı Tüketim Vergisi hedefi için Üç Değerli Bulanık sayı	73
Şekil 16: Yangın Sigorta Vergisi hedefi için Üç Değerli Bulanık sayı	74
Şekil 17: Ç.T.V. hedefi için Üç Değerli Bulanık sayı	75
Şekil 18: Çeşitli Vergiler hedefi için Üç Değerli Bulanık sayı	76

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2.1 ÇNKV metotlarının sınıflandırılması	10
Tablo 2.2. ÇAKV Metotlarının sınıflandırılması	16
Tablo 2.3. ÇAKV ve ÇNKV metotlarının karşılaştırılması	19
Tablo 3.1. Orijinal Hedefler ve Amaç Fonksiyonu	27
Tablo 3.2. Başlangıç Modife-Simpleks Tablosu	36
Tablo 4.1. Bulanıklık Çeşitleri	49
Tablo 4.2. Bulanık DP. Yaklaşımları	50
Tablo 5.1. Vergiler İçin Tahmin Edilen Yıllık TL. Üzerinden Gelirler	63
Tablo 5.2. Çözüm Sonuçları	78



GİRİŞ

Kararlar almak günlük hayatımızın vazgeçilmez bir parçasıdır. İnsan düşüncesinde yer alan kararlardaki bulanıklık, kişilerin karşılaşılabileceği her duruma karşı bir alternatif bir yaklaşım ortaya çıkarmasına sebep olmaktadır. İnsanlarda yer alan bu bulanıklık veya çıkması muhtemel olaylara karşı üretilen alternatifler, kişilerin karar vermelerine yardımcı olması ile birlikte, aynı zamanda problem içerisinde en uygun çıkış yolunu bulmaya imkan sağlamaktadır.

1965 yılında Bulanık Küme Teorisi'nin ortaya çıkması ile problemlerde yer alan bulanıklara bir takım tekniklere uygulanmak sureti ile, daha müsbet çözümler aranmaya başlanmış ve çıkabilecek sonuçlar, alternatifleri ile birlikte incelenme imkanına sahip olmuşlardır.

Bu çalışmada, hedeflere ait değerler kabul edilebilir maksimum sapmalar yardımı ile incelenerek model oluşturulmuş, bir üyelik derecesinde her hedef için bulanık hedef değer elde edilmiştir.

Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, konuya ait yapılan literatür taramasına yer verilmiştir.

İkinci bölümde, Çok Kriterli Karar Verme alanında kullanılan temel kavramlar ve tanımlar açıklanmıştır. Bu alan içerisinde yer alan temel iki sınıflandırma incelenerek, Çok Amaçlı Karar Verme üzerinde durulmuş ve bu sınıflandırmaya ait bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde, Çok Amaçlı Karar Verme'nin bir tekniği olan Hedef Programlama yaklaşımına kavramlar ve tanımlar açıklanarak, temel olarak kullanılan Hedef Programlama yaklaşımları incelenmiş ve Hedef Programlama'nın çözümüne ilişkin çözüm teknikleri açıklanmıştır.

Dördüncü bölümde, Bulanık Küme Teorisi'nin genel tanımları yapılmak sureti ile, Bulanık Matematiksel Programlama anlatılmış, bulanık ortamda Çok

Amaçlı Karar Verme incelenerek, Bulanık Hedef Programlama hakkında bilgi verilmiştir.

Beşinci bölümde, Bulanık hedeflerden meydana gelen bir "çok amaçlı" problem, karar vericinin kabul edebileceği maksimum sapmalar yardımı ile bulanık ortamda incelenerek modellenmiş ve içerdiği bu bulanıklık durumuna göre her hedefe ait bulanık değerler elde edilerek, çözüm ile ilgili öneri ve eleştiriler yapılmıştır.



BİRİNCİ BÖLÜM

LİTERATÜR TARAMASI

Çalışmanın bu bölümünde, incelenen makaleleri kapsayan bir literatür taraması yapılmıştır. Literatür taraması Çok Kriterli Karar Verme, Çok Nitelikli Karar Verme, Çok Amaçlı Karar Verme, Hedef Programlama ve adı geçen anahtar kelimelerin Bulanık Ortamda incelenmesini içermektedir.

Liang, Gin-Shuh (1999)'ın makalesinde Bulanık ortamda Çok Amaçlı Karar Verme probleminin çözümünde ideal ve anti-ideal düşüncesine dayanan yeni bir metot hakkında bilgi vermekte ve subjektif kriterlere göre alternatiflerin uygunluğu ve kriterlere linguistik yaklaşım kullanmak sureti ile, tercihler ve insan düşüncesinde yer alan, kullanılan bilginin var olan belirsizliğini incelemiştir.

Tarp ve Helles (1995), Ormancılık planlamasında birbirleri ile çelişen kriterleri kullanarak ürünler, hizmet ve karlılığı incelemiştir.

Chen, Chen-Tung (2000), Çok Kriterli Karar Verme'nin bir sınıflandırması olan Çok Nitelikli Karar Verme metotlarının sahip oldukları karar vericiden elde edilen bilgi çeşidinin, niteliklere ait bilginin sınıfında yer alan ve kardinal bilgi gerektiren Topsis metodu bulanık bir ortamda incelemiştir. Bu çalışmada üç değerli sayı kullanılarak, linguistik yaklaşım yardımı ile her bir kriterin ağırlığı ve her bir alternatifin derecesi tanımlanmıştır.

Triantaphyllou, E., Shu, B. , Sanches, N. ve Ray, T. (1998), çalışmalarında Çok Kriterli Karar Verme'nin bir sınıflandırması olan Çok Nitelikli Karar Verme hakkında genel bir bilgi verilmek sureti ile Analitik Hiyerarşik Süreçler ve Electre (Elimination and Choice Translating Reality) metodunu incelemişler ve Çok Kriterli Karar Verme'nin duyarlılık analizi hakkında bilgi vermişlerdir.

El- Gayar ve Leung (2001), bölgesel aquakültür planlaması için Çok Kriterli Karar Verme çatısı oluşturularak, farklı üç Çok Kriterli Karar Verme çözüm teknikleri olan Hedef Programlama, Uzlaşık (Compromise) Programlama ve Çok Amaçlı Programlama bağdaştırılmak sureti ile, Kuzey Mısır'da uygulamalı bir çalışma yapmışlardır.

Carlson, Christer ve Fuller, Robert (1995), Bir Çok Kriterli problemin kriterinin birisi içerisinde bağımlılığı kullanmak sureti ile belirlilik için yeni bir metot geliştirmişlerdir. Bu metot içerisinde kötü tanımlanmış bir çözüm verilerek, yeni geliştirdikleri metot kullanarak sayısal bir örnek üzerinde açıklamışlardır.

Ribeiro, Rita Almeida (1996), Çok Nitelikli Karar Verme problemlerin çözümü için bir bulanık ortamda karar verme sürecini incelemiş, Bulanık Çok Nitelikli Kararlar alternatiflerin derecelendirilmesi ve sıralanması süreçlerini araştırarak, önemli bazı kavramlar ve yaklaşımları açıklamıştır.

Fuller, Robert ve Carlson, Christer (1996), bu çalışmada Çok Kriterli Karar Verme içerisinde birbirleri ile tamamen farklı dört ; Outranking, Fayda ve Değer, Çok Amaçlı Programlama ve Grup Kararı ve Görüşmesi (group decision and negotiation theory) metotları incelenmiş, bazı metotlar tekrar incelenerek yeni bir yaklaşım (Çok Kriterli Karar Verme'de birbirine bağımlılık) tanıtmışlardır.

Wang, Hsiao-Fan ve Fu, Ching-Chun (1997), Bir Öncelikli Bulanık Hedef Programlama probleminin çözümü için bir alternatif metot geliştirmiş ve penaltı kavramını kullanarak üyelik fonksiyonunun farklı bir çeşidi ile Bulanık Hedef Programlama tanımlamıştır.

El-Wahed, Waiel F. Abd ve Abo-Sinna, Mahmoud A. (2001), Çok Amaçlı Karar Verme problemleri için Hedef Programlama ve bulanık Küme Teorisine dayanan bir çözüm metodu hakkında bilgi vermişlerdir. Bu çözüm metodu, Hybrid Bulanık Hedef Programlama olarak isimlendirilmiştir. Bu metot, Çok Amaçlı Karar verme probleminde aynı önceliğe sahip amaçlar altında ağırlık değerlerinin belirlenmesini amaçlamaktadır. Hybrid Bulanık Hedef Programlama, Hedef Programlama yaklaşımları ve Bulanık Küme Teorisi arasında bir ilişki kurularak önerilmiştir.

Tamiz, Mehrdad., Jones, F. ve Romero, Carlos (1998), ileride yapılacak olan Hedef Programlama modellerinin analizi ve modellenmesi için birkaç sıralama yapmış ve geçmiş yıllardaki Hedef Programlama teorisinde meydana gelen ilerlemeleri anlatmışlardır.

Wise, Kenneth ve Perushek, D.E. (1996), bir Doğrusal Hedef Programlama yardımı ile Akademik bir kurumun kütüphane ödeneği üzerine uygulamasını anlatmışlardır.

Jones, D. ve Tamiz, Mehrdad (1995), Hedef Programlama için geliştirilen dört tane modelleme metodunu kullanarak bir imalathane uygulaması üzerine araştırma yapmışlardır.

Li, Han-Lin ve Yu, Chian-Son (2000), bulanık katsayılı ve quasi-konkav üyelik fonksiyonlu bir Bulanık Çok Amaçlı Doğrusal Programlama problemin çözümü için bir metot teklif etmişler ve Hedef Programlama yardımı ile problemin çözümlemesini gerçekleştirmişlerdir.

Aouni, Belaid ve Kettani, Ossama (2001), son 40 yıl içerisinde , özellikle Çok Amaçlı Programlama ve Çok Kriterli Karar Verme alanları içerisinde yeni metotların gelişimi anlatılmış ve günümüzde yaygın olarak kullanılan Hedef Programlama hakkında yapılmış olan çalışmalar ve gelişimlerini açıklamışlardır.

Tamiz, Mehrdad ve Jones, D.F. (1997), Hedef Programlama modeli içerisinde birden fazla tatminkar olabilecek alternatif çözümlerin ortaya çıkarılması amacı ile metotları gözden geçirmiş ve interaktif metotları ve informal yaklaşımları tartışmışlardır.

Martel, Jean-Marc ve Aouni, Belaid (1998) çalışmalarında Hedef Programlamanın çok amaçlı matematiksel programlama içerisinde en çok kullanılan model olduğundan bahsetmiş, birçok klasik kesin olmayan ve Bulanık Hedef programlama formülasyonlarını, ileri sürdükleri formülasyonun özel bir durumu olduğunu düşünmüşlerdir.

Ogryczak, Wlodzimierz (2000), Hedef Programlama ve Uzlaşık Programlama minmaks modellerinin yardımı ile oluşturulan çözümlerin niteliklerini açıklamıştır.

Mohammed (2000), CCLGP (Chance Constrained Linear Goal Aprogramming) ve Stokastik Doğrusal Hedef Programlama yaklaşımları hakkında

temel görüşleri açıklamış ve sağ taraf sabitleri birer şans değişkeni olduklarında, deterministik Doğrusal Hedef Programlama içerisine Olasılıksal Hedef Programlama dönüşümü yaparak bir metot geliştirmiştir.

Chen, Liang-Hsuan ve Tsai, Feng-Chou (2001), çalışmalarında, bütünü ile bulanık hedeflerin başarı derecelerinin toplamının maksimize edilmesine ek bir model yardımı ile Bulanık Hedef Programlama formülasyonunu yapmışlardır. Bu yaklaşım, karar vericinin beklentileri ile uygun, başarı derecelerinin bir belirlenmesi olarak oluşturulmuştur.

Chang, Ni-Bin ve Wang, S.F. (1996), çalışmalarında, büyük bir şehirde optimal planlama için Bulanık Hedef Programlama yaklaşımını kullanmışlar ve üyelik fonksiyonu yardımı ile karar vericinin bulanık veya kesin olmayan amaçlarını göstermişlerdir.

Kim, Jong Soon ve Whang, Kyu-Seung (1998), bulanık ortamda Hedef Programlamaya tolerans kavramının uygulanmasını araştırmışlar ve ilk olarak, Doğrusal Programlamadaki gibi tolerans kavramını, Bulanık Hedef Programlamaya nasıl uygulanabileceğini göstermişler, daha sonra ise bir örnek yardımı ile bunu sunmuşlardır.

İKİNCİ BÖLÜM

ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

Tabiatta yer alan bütün sistemler, en iyi şekilde başarıya ulaşmak amacı ile zaman içerisinde değişim geçirmişlerdir. İnsan yapımı sistemlerde de benzer amaçlar takip edilir. Yani, çalışmaların hedefleri ve kısıtları baz alınarak dizayn problemlerine ve karar verme durumunda kalan karar mekanizmasına yardımcı olurlar. Bu çeşit dizayn problemleri, belirli sayıda oluşturulan kısıtlar ve uygunluğun tek değerli ölçüsünü ihtiva eden tek amaçlı optimizasyon problemleri olarak modellendirilir.

2. 1. KARAR VERME PROBLEMLERİ

Karar verme problemleri yapı itibarı ile çok amaçlı olup, belirsiz bir çevre içerisinde meydana gelmektedir. Birçok matematiksel programlama problemi, karar verici tarafından kısıtlara bağlı olarak, amaç fonksiyonlarının bir araya getirilmesinden oluşmaktadır. Matematiksel Programlama yapısı, problemin formülasyonu safhasında amaçların açık ve kesin olarak ifade edilmesini gerektirir.

Karar verme süreci içerisinde problemlerin tanımları yapılırken dört farklı durumla karşılaşılabilir: (Zeleny,1982; 23)

- Açıkça tanımlanmış ve belirlenmiş alternatiflerin tek kritere göre değerlendirilmesi
- Tanımı açıkça yapılmamış ve belirsiz alternatiflerin tek kritere göre değerlendirilmesi
- Açıkça tanımlanmış ve belirlenmiş alternatiflerin çoklu kriterlere göre değerlendirilmesi
- Tanımı açıkça yapılmamış ve belirsiz alternatiflerin çoklu kriterlere göre değerlendirilmesi

Anlam olarak Çok Kriterli Karar Verme, birden fazla ve aynı anda uygulanan kriterlerin içerisinde en iyi tercihin seçilmesine imkan sağlayan bir araçtır. Rasyonel bir karar verme çevresinden iyi tercih edilmiş seçim, genellikle kısıtlar ve

yönetimin amacı doğrultusunda sınırlandırılır. Burada adı geçen kısıt, amaçların başarı ile yerine getirilmesi ve seçilmesidir. (Mendoza ve Prabhu, 2000; 108)

Çok Kriterli Karar Verme, genellikle birbiri ile zıt kriterleri yapısında bulunduran planlama ve karar problemlerinin çözümüne imkan sağlamaktadır. Çözüm kelimesinin anlamı, belirlenen alternatifler içerisinde “uygun” alternatifin karar verici tarafından seçilmesidir. Bu sebep ile problemlerin çözülmesi esnasında karar vericinin müdahale yapması gerekmektedir. (Korhonen, 1998; 1)

Pratik uygulamaları olduğu kadar teorik gelişimi açısından Karar Analizi alanında çok hızlı bir gelişme sahip ve güçlü mantık yapısı ile karar tespitlerindeki başarısıyla kendini kabul ettirmiş olan Çok Kriterli Karar Verme geniş uygulama alanı olan bir yapı arz etmektedir. (Tamiz, 1996; 11)

Çok Kriterli Karar Verme problemleri genellikle birbirlerinden farklıdır. Bununla birlikte, bütün problemler içerisinde ortak olarak kullanılan tanımlar aşağıda sıralanmıştır. (Yoon, 1980; 9)

Çoklu Amaçlar/Nitelikler: Her bir problem çoklu amaçlara veya niteliklere sahiptir. Karar verici her bir problem için ilgili amaç veya nitelikleri oluşturmalıdır.

Çatışan Kriterler: Çok Kriterli Karar Vermede birden fazla kriter birbirleri ile çatışan bir yapıya sahip olabilir. Yani, bir kriterin tamamı ile tatmini diğerlerinin tamamı ile tatminini önleyebilir. Mesela, üretilecek yeni bir otomobil için motor hacmini küçük olması, araçtaki yolcu kapasitesini azaltacaktır.

Karşılaştırılamayan Birimler: Her bir amaç/ nitelik farklı bir ölçüm birimine sahiptir. Örneğin, bir arabanın kat ettiği yol km. olarak, fiyatı ise para birimi olarak ölçümlenir.

Dizayn/Seçim: Problemin çözümü, önceden belirlenen sınırlı alternatiflerin içerisinde en iyi birinin seçimi veya en iyi alternatife sahip dizayn seçimi yapılarak sonuçlandırılır.

2.2. TANIMLAR

Çok Kriterli Karar Verme içerisinde nitelikler, amaçlar, hedefler ve kriter olarak adlandırılan dört anahtar kelimeye değinilmektedir. (Zeleny, 1982; 23)

Kriterler: Değerlendirme yapmak için etkinliğin ve esasın ölçüsüdür. Kriter, problemin yapısı içerisinde özellikler veya amaçların bir formu olarak ortaya çıkar.

Hedefler: Hedefler, tam olarak karar vericinin ihtiyaçları ve istekleri olarak tanımlanabilir ve amaçların veya özelliklerin herhangi birisinin özel değerinin veya seviyesinin önceliğini belirtir.

Nitelikler: Performans parametreleri, eleman, etken ve özellikler nitelik ile aynı anlamı taşımaktadır. Nitelik, bir amacın seviyesinin değer olarak anlamını belirtmektedir. Alternatiflerin her biri pek çok özellik yardımı ile tanımlanabilir.

Amaçlar: Niteliklerin belirlenmesinin ardından, nitelikler ölçülüp ve tanımlandıktan sonra karar verici niteliklerin hangi seviyede maksimizasyonunu veya minimizasyonunu yapacağına kendi istek ve ihtiyaçları doğrultusunda kararlaştırır.

2.3. KARAR MATRİSİ

Karar verme problemleri uygun alternatifler içerisinde en iyi seçimi yapma sürecidir. Çok Kriterli Karar Verme problemleri matris notasyonunda kısaca aşağıdaki gibi ifade edilir. (Chen ,2000; 1)

KRİTERLER				
	C_1	C_2	. . .	C_N
ALTERNATİFLER				
A_1	a_{11}	a_{12}	. . .	a_{1N}
A_2	a_{21}	a_{22}	. . .	a_{2N}
.	.	.	. . .	.
.	.	.	. . .	.
.	.	.	. . .	.
A_M	a_{M1}	a_{M2}	. . .	a_{MN}

Burada

A_i : Alternatifler

C_i :Kriterler

X_j :Alternatiflerin performansları

$i = 1, 2, \dots, M \quad j = 1, 2, \dots, N$

Karar vermek günlük hayatımızın değişmez bir parçası olup hemen hemen bütün karar problemleri çoğunlukla birbiri ile zıt ve çatışan birden fazla kriterden oluşmaktadır. Çok Kriterli Karar Verme problemleri, Çok Nitelikli Karar Verme ve Çok Amaçlı Karar Verme olarak iki kategori içerisinde sınıflandırılabilir. (Lai ve Hwang, 1994; 2) Çok Nitelikli Karar Verme metotları belirlenen kesin alternatifler içerisinde bir alternatifin seçilmesi için kullanılırken, Çok Amaçlı Karar Verme metotları matematiksel kısıtlar yardımı ile tanımlanan sınırsız sayıdaki alternatifleri içeren amaç problemleri için kullanılır.

2.4. ÇOK NİTELİKLİ KARAR VERME

Çok Nitelikli Karar Verme, çoklu yapı ortamında çoğunlukla birbiri ile zıt ve çelişen nitelikler içerisinde en uygun seçimin yapılmasına imkan vermektedir. ÇNKV yaklaşımı, niteliklerin özellikleri yardımı ile tanımlanan sınırlı sayıdaki karar

alternatifleri arasından en uygun seçim yapılmasını gerektirir. Örnek olarak, ücrete dayalı bir iş seçimi, fiyata bağlı olarak konfor, yakıt sarfiyatına göre bir araba seçimi yapmak veya bir öğretim elemanı için araştırma yeteneği, iletişim, anlatma yeteneği ve bilimsel olgunluk seçim kriteri olabilir. (Lai ve Hwang, 1994; 401) Seçim süreci iki aşamadan oluşur: İlk olarak bütün hedeflere ve karar alternatiflerine göre verilen hükümler bir araya getirilir. İkinci olarak ise bir araya getirilen hükümler içerisinde karar alternatiflerinin derecelendirilmesi yapılır. (Zimmerman, 1996; 305)

Alternatiflerin ilişkilendirilmesi niteliklerin başarı düzeyine göre yapılarak, final çözüm bu temel üzerinde oluşturulur. Alternatifler arasında seçim işlemi niteliklerin birbirleri arasında ve içerisinde karşılaştırma yapılarak meydana getirilir.

Çok Nitelikli Karar Verme metodların sahip oldukları bilgi çeşitlerine göre sınıflandırılmaları Tablo 2.1. de verilmiştir.



Tablo 2.1 ÇNKV metotlarının sınıflandırılması

	Karar Vericiden Gelen Bilgi	Bilginin Önem Durumu	Metodun Temel Sınıfı
ÇNKV	Bilgi Yok		Dominant Maxmin Minmax
	Niteliklere Ait Bilgi	Standart Seviye	Birleşik Birleşik olmayan
		Ordinal	Permütasyon ile Lexicographic Eliminasyon
		Kardinal	Doğrusal Atama SAW AHP ELECTRE TOPSIS
		İkamenin Marjinal Oranı	Hiyerarşik Değişim
	Alternatiflere Ait Bilgi	Tercihler	LİNMAP İnteraktif SAW
		Yakınlık Sıralaması	MDS

Kaynak: Lai ve Hwang, 1994; 7

2.5. ÇOK AMAÇLI KARAR VERME

Birçok uygulamalı karar problemleri bünyelerinde birden fazla ve birbirleri ile çelişen çoklu amaçları bünyelerinde bulundurlar. Yalnızca bir amacın başarılması için bir veya birden fazla amacın başarısı gözardı edilebilir. Karar problemlerinin bu çok amaçlı durumu dolayısı ile yönetim bilimcileri için cazip bir hale gelmiştir. Bu sebep ile Çok Amaçlı Karar Verme'nin farklı olan bu durumu nedeni ile fazlasıyla ilgilenilmesine yol açmıştır.

Çok Amaçlı Karar Verme problemleri birbirleri ile çatışan çoklu amaçları bünyelerinde bulundurmaları sebebi ile bütün amaçların aynı anda optimal bir çözüme sahip olmaları genellikle mümkün değildir. Bunu yerine problem içerisinde en iyi alternatif araştırılır. Çok Amaçlı Karar Verme metodlarının ortak özelliği amaçların ölçülebilmesi ve iyi tanımlanmış kısıtların olmasıdır.

2.5.1. Çok Amaçlı Karar Verme Probleminin Formülasyonu

Çok Amaçlı optimizasyon problemlerinin en önemli özelliği birden fazla amaç fonksiyonuna sahip olmasıdır. Çok Amaçlı Karar Verme teknikleri matematiksel olarak aşağıdaki biçimde ifade edilir. (Lai ve Hwang, 1994; 28)

$$\begin{aligned} \max/\min \quad & [f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)] \\ \text{kısıtlar} \quad & x \in X = \{x | g_s(x) \{ \geq, =, \leq \} 0 \} \end{aligned} \quad (2.1)$$

Eğer amaç fonksiyonu maksimize yapılmak isteniyor ise $j = 1, 2, \dots, K$

Eğer amaç fonksiyonu minimize yapılmak isteniyor ise $i = 1, 2, \dots, K$, kullanılabilir.

2.5.2. Çok Amaçlı Karar Verme Çözümleri

Çok Amaçlı Karar Verme problemlerinde amaç fonksiyonlarını çözümünde ikna edici veya tek bir çözüm elde edilemez. Bu sebep ile meydana gelen

çözümlerin yapısına göre farklı isimler kullanılır. Bu farklı çözümler aşağıdaki başlıklarda ifade edilmiştir. (Lai ve Hwang. 1994; 28)

2.5.2.1. Optimal Çözüm

ÇAKV probleminde bir optimal çözüm olabilmesi için her bir amaç fonksiyonunun maksimum değerinin aynı olması gerekir. Fakat ÇAKV problemleri yapıları gereği birbirlerinden farklı ve birbirleri ile çatışan amaçları yapısında bulundurmaları sebebi ile optimal bir çözüme ulaşamaz.

Tek amaçlı optimizasyon problemlerinde Kuhn-Tucker şartları optimallik için gerekli şartları sağlar. Şartlar tek amaçlı bir optimizasyon probleminin herhangi bir mümkün çözümünü karakterize etmek için kullanılır. ÇAKV problemleri daha karmaşık bir yapıya sahip olup, belirli bir zamandaki bir amacı optimize etmek yolu ile elde edilen çözüm mümkün olmayan bir çözümü üretecektir. ÇAKV problemlerinin çözümü tek değerli bir sayı yerine, R^N içerisinde bir vektördür.

2.5.2.2. İdeal Çözüm

Pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözüm olarak iki farklı yapıda incelenebilir.

Pozitif İdeal çözüm: Her bir amaç fonksiyonunun aynı anda optimizasyonunda çözüm sonucu aynıdır.

Maksimize edilen amaçlar için

$$f_j^* = \max_{x \in X} f_j(x),$$

Minimize edilen amaçlar için

$$f_i^* = \min_{x \in X} f_i(x)$$

olarak alınsın.

Pozitif ideal çözüm şu şekilde açıklanır:

$$A^* = \{f_1^*, f_2^*, \dots, f_K^*\}$$

burada f_k^* , k-ıncı amaç fonksiyonu için uygun ve optimal değerdir.

Negatif ideal çözüm: Benzer bir düşünce ile,
Minimize edilen amaçlar için

$$f_j^- = \min_{x \in X} f_j(x)$$

Maksimize edilen amaçlar için

$$f_i^- = \max_{x \in X} f_i(x)$$

olarak alınsın. Negatif ideal çözüm şu şekilde açıklanır:

$$A^- = \{f_1^-, f_2^-, \dots, f_K^-\}$$

burada f_k^- , k-ıncı amaç fonksiyonu için uygun ve optimal değerdir.

2.5.2.3. Üstün Olmayan Çözümler

Bu çözüm ÇAKV içerisinde ikincil çözüm, etkili çözüm, olarak da kullanılır. Ekonomide Pareto-Optimal çözüm, İstatistiksel karar teorisinde kabul edilebilir alternatifler olarak adlandırılır. Matematiksel olarak diğer amaçların en az birisinde uygun çözüm mevcut ise ÇAKV'de bu bir uygun çözümdür.

$$\begin{aligned} \exists s \text{ için } f_s(x^{ND}) &< f_s(x) \\ \forall p \text{ için } f_p(x^{ND}) &\leq f_p(x) \end{aligned}$$

her $x \in X$ için mevcut değil ise x^{ND} üstün olmayan çözümdür. Genel anlamda üstün olmayan çözümlerin sayısı bir hayli fazladır. Bu sebep ile karar verici, diğer kriterleri kullanmak sureti ile tatminkar çözümün seçilmesini kendisi yapmalıdır.

2.5.2.4. Tercih edilen çözüm

Bir tercih edilen çözüm, bazı ek kriterler yardımı ile karar verici tarafından üstün olmayan çözümler içerisinde bir tanesinin seçilmesinden ibarettir. Tercih edilen bu çözüm aynı zamanda en iyi çözüm veya final çözüm olarak bilinir.

2.5.2.5. Tatminkar Çözümler

ÇKKV problemlerine tatminkar bir çözüm sağlamak her bir nitelik / amaç için aşmak istenilen bütün arzu edilen seviyeler makul bir kümenin alt kümesine indirgenir.

2.6. ÇOK AMAÇLI KARAR VERME METOTLARI

Karar vericinin tercih bilgi yapılarının kullanıldığı zamana bağlı sınıflandırılması, içerdiği metotlar ve tercihlerin hangi aşamada kullanılmasına göre dört sınıfta incelenir. (Lai ve Hwang, 1994; 6).

a. Tercih Bilgilerinin Kullanılmadığı Metot

Global Kriter metodu olarak da adlandırılan bu sınıflandırmada karar vericiden bilgiye ihtiyaç duyulmaz ve ilk olarak problemin kısıtları ve amaçlar tanımlanır. Karar vericinin tercihleri ve belirlediği çözümler hakkında analizi yapan kişi varsayımlarda bulunur.

b. Tercih Bilgilerinin Öncelikli Kullanıldığı Metotlar

Matematiksel formülasyondan önce analiste başarılmak istenen belirlenen hedefler hakkında bilgi verilir. Bilgilerin kardinal ve ordinal olmasına göre gerekli olan metotlar kullanılarak çözümleme yapılır.

c. Tercih Bilgilerinin Optimizasyon Sırasında Kullanıldığı Metotlar

Aynı zamanda interaktif metotlar olarak da bilinir. Çözüm süreci içerisinde karar verici-bilgisayar veya karar verici-analist arasında her aşamada karşılıklı

diyalog oluşturulur. Her iterasyonda yeni çözümün belirlenmesi amacı ile karar verici tercih bilgilerini kullanır.

d. Tercih Bilgilerinin Optimizasyon Sonrasında Kullanıldığı Metotlar

Karar verici baskın olmayan çözüm kümesinden bir alt küme belirleyerek bu kümenin içerisinde en tatminkar olan çözümü seçer.



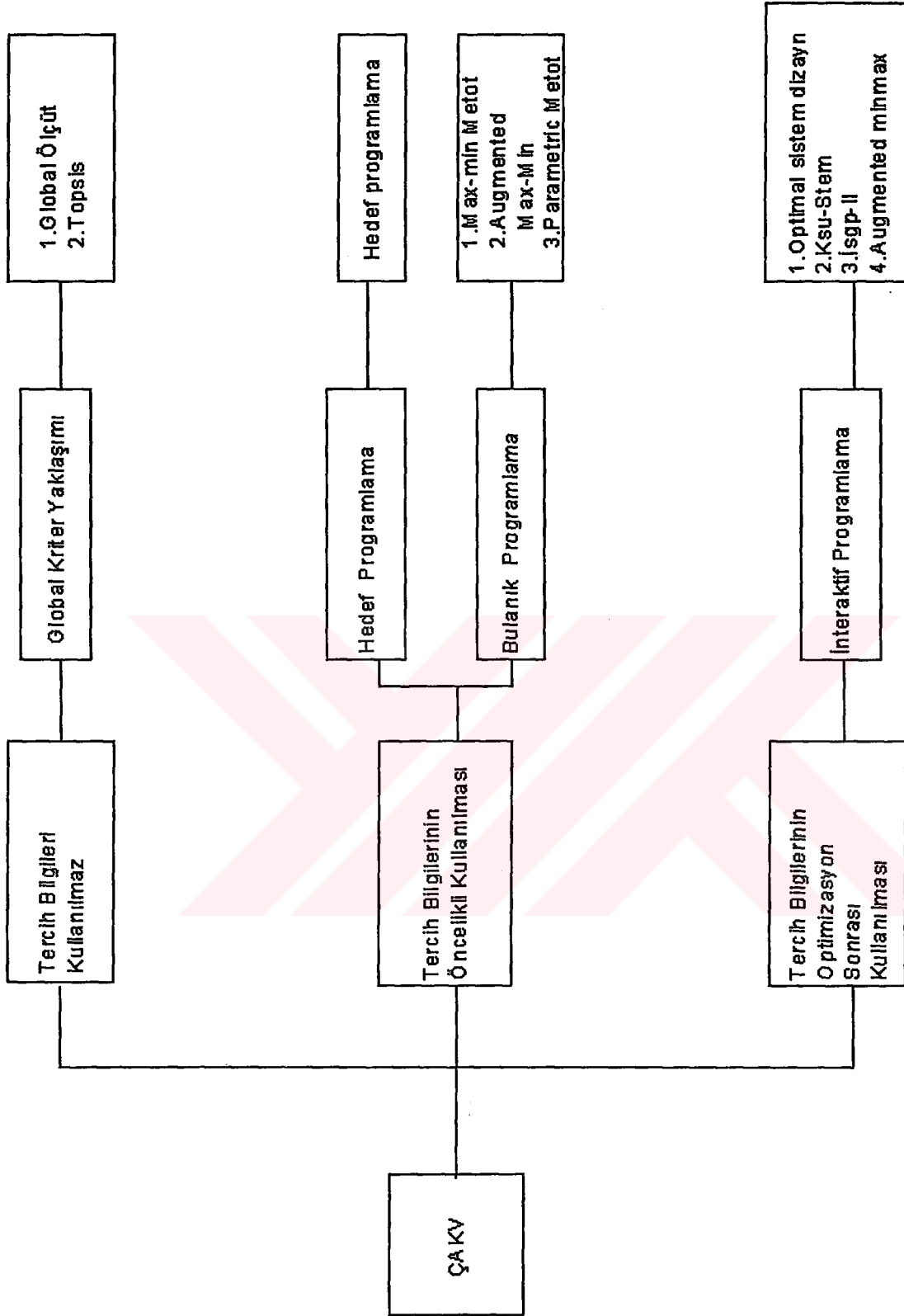
Tablo 2.2. ÇAKV Metotlarının sınıflandırılması

	BİLGİ AŞAMASI	BİLGİ TİPİ	METODUN TEMEL SINIFI
ÇAKV	Tercih Bilgilerinin Kullanılmadığı Metod		Global Kriter Metodu
	Tercih Bilgilerinin Öncelikli Kullanıldığı Metodlar	Kardinal Bilgi	Fayda Fonksiyonu Sınırlandırılmış Amaç Metodu
		Ordinal ve Kardinal Bilgi	Lexicographic Metod Hedef Programlama Hedef Atama Metodu
	Tercih Bilgilerinin Optimizasyon Sırasında Kullanıldığı Metodlar	Belirgin Etkileşim	Geoffrion Metodu ve İnteraktif Hedef Programlama Değer Değişim Metodu Tatminkar Hedefler Metodu Zionts-Wallenius Metodu
		Dolaylı Etkileşim	STEM ve İlgili Metodlar SEMOPS ve SIGMOP Metodları Displaced ideal metodu GPTSEM metodu Steuer Metodu
	Tercih Bilgilerinin Optimizasyon Sonrası Kullanıldığı Metodlar	Dolaylı Etkileşim	Parametrik Metod Kısıtlar Metodu MOLP Metodları Uyarlanmış Araştırma Metodu

Kaynak: Lai ve Hwang, 1994; 31

Yukarıda ifade edilen bilgi tipleri içerisinde ilk üç sınıflandırma “Tercih Bilgilerinin Kullanılmadığı”, “Tercih Bilgilerinin Öncelikli Kullanıldığı”, “Tercih Bilgilerinin Optimizasyon Sonrası Kullanıldığı” ve bunlara ait metotlar günümüzde gerçek dünya problemlerinin çözümünde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çok Amaçlı Karar Verme metotlarının sınıflandırılması Şekil 1’de gösterilmiştir.





Şekil 1. ÇAKV metotlarının bilgi çeşidine göre kullanılan metotlar.

Kaynak: Lai ve Hwang, 1994; 8

(Ayrıntılı bilgi için bkz. Lai ve Hwang, 1994 ve Mollaghasemi, 1998)

Çalışma içerisinde "Tercih Bilgilerinin Öncelikli Kullanıldığı Bilgi " çeşidinin teknikleri olan Hedef Programlama ve Bulanık Hedef Programlama incelenmiştir. Hedef Programlama 3. Bölümde açıklanmıştır.

Çok Amaçlı Karar Verme ve Çok Nitelikli Karar Verme metodolojileri ile ilgili karşılaştırmalar Tablo 2.3.'de özetlenmiştir.

Tablo 2.3. ÇAKV ve ÇNKV metotlarının karşılaştırılması

	ÇNKV	ÇAKV
Kriter	Nitelikler	Amaçlar
Amaç	Kötü Tanımlanmış	İyi Tanımlanmış
Nitelik	Belirgin	Dolaylı
Kısıtlar	Aktif değil	Aktif
Karar verici ile Diyalog	Çok değil	Çok fazla
Kullanım	Seçim	Dizayn

Kaynak: Yoon, 1980; 11

2.7. ÇOK AMAÇLI KARAR VERME'NİN SINIFLANDIRILMASI

Belirsiz ve kesin olmayan bir yapı göstermesinden dolayı gerçek dünya problemlerinde kararlar almak çoğu zaman zordur. Bu sebep ile problemlerin çözümlenmesi için de geliştirilen modeller kesin bir sonuç vermeyebilir. 1960'lı yılların ortalarında Bulanık Küme Teorisinin gelişimi ile birçok alanda özellikle Yöneylem Araştırması alanında üyelik fonksiyonu kullanılmak sureti ile problemlerin

modelleri içerisinde insan düşünce yapısı eklenerek problem ile ilgili sonuçlar alternatifleri ile incelenme imkanı doğmuştur.

Çok Amaçlı Karar Verme teknikleri iki kategori içerisinde Posibilistik Çok Amaçlı Karar Verme ve Bulanık Çok Amaçlı Karar Verme olarak iki kategori içerisinde sınıflandırılır: Posibilistik Çok Amaçlı Karar Verme problemleri olasılık dağılımı yardımı ile kesin olmayan veriler ile ilişki kurmak sureti ile modellenir. Bulanık Çok Amaçlı Karar Verme problemleri ise üyelik fonksiyonu yardımı ile bulanık verileri ilişkilendirerek modellenir. (Lai ve Hwang, 1994; 27)

2.7.1. Posibilistik Çok Amaçlı Karar Verme

Posibilistik karar verme modelleri , uygulamalı karar verme işleminde önemli bir yapıya sahiptir. Posibilistik Çok Amaçlı Karar Verme problemleri olasılık dağılımı yardımı ile belirsiz katsayılı Çok Amaçlı Karar Verme problemlerini sınırlandırmıştır.

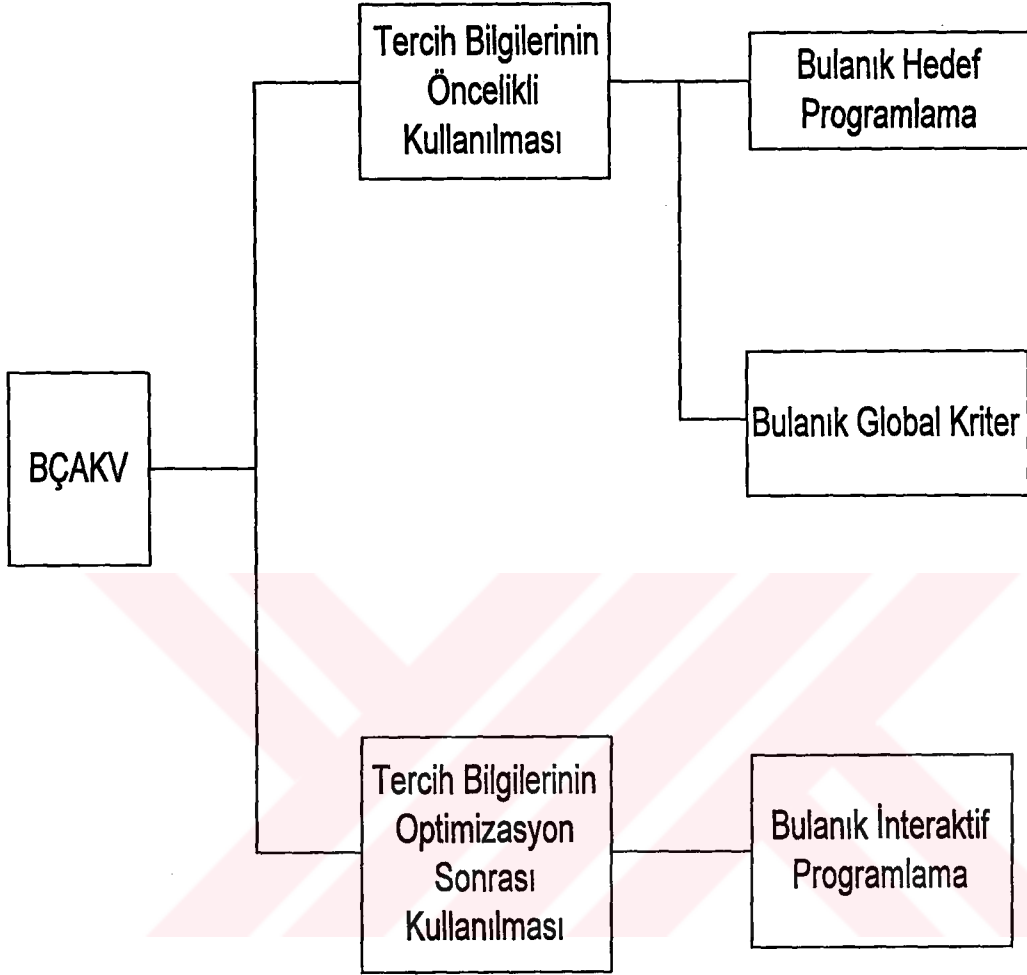
Genel olarak PÇAKV problemi aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\begin{aligned} \max \quad & (f_1(\tilde{C}_1, x), \dots, f_K(\tilde{C}_K, x)) \\ \text{Kısıtlar} \quad & x \in X = \left\{ x : g_i(\tilde{A}_i, x) \leq 0 \right\} \\ & x \geq 0 \end{aligned} \tag{2.2}$$

Burada $\tilde{C}_k$ ve $\tilde{A}_i$ belirsiz girdilerin olasılık dağılımına uygun vektörleridir.

2.7.2. Bulanık Çok Amaçlı Karar Verme

Bulanık Çok Amaçlı Karar Verme problemleri ihtiyaç duyulan bilgi tiplerine göre "Tercih Bilgilerinin Öncelikli Kullanılması" ve "Tercih Bilgilerinin Optimizasyon Sırasında Kullanılması" olarak iki sınıfta incelenebilir.



Şekil 2. BÇAKV metotlarının bilgi tiplerine göre incelenmesi

Kaynak:Lai ve Hwang,1994; 10

Çalışmanın temelini oluşturan ve “ Tercih Bilgilerinin Öncelikli Kullanılması ” sınıflandırması içerisinde yer alan Bulanık Hedef Programlama 4. Bölümde açıklanmıştır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

HEDEF PROGRAMLAMA

Çok Amaçlı Karar Verme teknikleri içerisinde en yaygın olarak kullanılan Hedef Programlamada her bir amaç ,göz önünde bulundurulmuş şartlar altında verilen değer veya hedef değeri başarılmak istenir. (Tamiz, 1996; 199)

Hedef Programlama aslında Doğrusal Programlamanın bir uzantısı olup Çok Kriterli Karar Verme alanı içerisinde belki de en eski bir yaklaşımdır. İlk defa 1950'li yıllarda Charnes, Cooper ve Ferguson tarafından "sınırlandırılmış regresyon" tahmincilerini elde etmek için kullanılmıştır. (Romero, 1992;2) Her ne kadar 50'li yıllarda Charnes, Cooper ve Ferguson tarafından ortaya atılsa da ilk olarak 1960'lı yılların başlarında Charnes ve Cooper tarafından tanımlanmış ve çalışılmıştır. Bu teknik 1960'lı yılların ortasında Ijiri tarafından genişletilmiş, 1970'li yıllarda Ignizio ve Lee ayrıntıları ile birlikte tanımlayarak birçok sayıda uygulama yapmışlardır. (Davis ve McKeown ,1981; 310)

Çoklu hedefli ve çoklu alt hedefli problemlerin çözümünde olduğu kadar tek hedefli ve çoklu alt hedefli karar problemlerini çözümleme yeteneği olan Doğrusal Programlama probleminin özel bir uzantısı olan Hedef programlama, Doğrusal Programlamada olduğu gibi amaç kriterini doğrudan maksimize veya minimize etmek yerine, hedefler arasındaki sapmaları minimize yapmaktadır. Her Doğrusal Programlama probleminin çözümü, ölçülen miktarları ile sınırlı olup, değişkenler arasındaki ilişki kardinal sayılar kullanılarak ölçülür. Hedef Programlamanın en önemli özelliği birbiri ile zıt yönetsel problemleri içeren çoklu hedefleri, hedeflerin önemine göre atama yapabilmesidir. (Lee,1975; 199)

Hedef programlama modeli makul çözümler bulmak amacı ile karar vericinin birden fazla amacı aynı anda göz önünde bulundurması için faydalıdır. Bununla birlikte, yalnızca kısmi bilgi elde edilmesi sebebi ile her amacın hedeflenen değerinin kesin hesaplanması karar verici için zordur. (Zeleny,1981; 355)

3.1. HEDEF PROGRAMLAMA TERMİNOLOJİLERİ

Hedef Programlama içerisinde yaygın olarak kullanılan ifadelerin tanımları aşağıda sıralanmıştır:

Arzu edilen seviyeler

Verilen bir hedef için karar vericinin başarılmasını istediği sayısal değerlerdir

Hedef sapmalar

Hedef sapmalar arzu edilen başarı seviyesi ile gerçek başarı seviyesi arasında minimize edilmek istenen farktır.

Sapan Değişkenler

Sapan değişkenler bir hedeften negatif veya pozitif yönde oluşan sapmalardır. Bu sapan değişkenler Doğrusal Programlama modelindeki aylak değişkenler ile kavramsal olarak benzerdir.

Öncelik Faktörleri

Hedef programlama içerisinde hedeflerin sıralanması planlanmış olmalıdır. Hedefler önemine göre öncelik sıralaması, en önemli hedeften önemi en düşük hedefe doğru sıralanmalıdır.

Ağırlıklar

Matematiksel ağırlıklar rakamsal olarak ifade edilirler. Hedef sapmaların önemini belirten sayısal oranlardır. Ağırlıklar, her bir hedefin diğer hedefler karşısındaki önemini gösteren sayısal değerlerdir.

Hedef kısıtlar

Oluşturulan model içerisinde sağ taraf sabitleri veya kaynak değerler ile ilgili belirlenen kısıtlamalar.

Sağ taraf sabiti

Kaynak değerler olarak ifade edilirler ve b_i ile gösterilirler.

3.2. HEDEF PROGRAMLAMA FORMULASYONU

Doğrusal programlama, bir doğrusal amaç fonksiyonunun doğrusal eşitlik ve doğrusal eşitsizlik kısıtlara ait değişkenlerin maksimize veya minimize yapılması ile ilgilidir. Doğrusal programlama problemi:

- a. Negatif olmayan veya belirli kısıtları sağlayan
- b. Doğrusal kısıtlar sistemini sağlayan
- c. Değişkenlerin yer aldığı ve amaç fonksiyonu olarak adlandırılan doğrusal formun minimizasyonu veya maksimizasyonunu sağlayan sistem değişkenlerinin değerini belirler.

Standart bir Doğrusal Programlamanın matematiksel tanımı aşağıdaki şekilde verilir. (Dantzig ve Thapa, 1997; 128)

$$\text{Min}Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n$$

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n = b_1$$

(3.1)

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n = b_2$$

$$\dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m$$

Vektör-matris notasyonunda

$$\text{Min}Z = c^T x$$

$$\text{s.t} \quad Ax = b, \quad A: m \times n \quad (3.2)$$

$$x \geq 0$$

gösterilir.

Doğrusal programlamanın kanonik formu:

$$\begin{aligned} \text{Min} Z &= \sum_{j=1}^n c_{ij} x_j \\ \text{s.t. } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j &\geq b_i \\ x_j &\geq 0 \\ i &= 1, \dots, m \quad , \quad j = 1, \dots, n \end{aligned} \quad (3.3)$$

şeklinde oluşturulur.

c_j : Amaç fonksiyonu katsayıları

a_j : karar değişkeni katsayıları

x_j : karar değişkenleri

b_i : arzu edilen seviye veya i-inci hedef için hedeflenen değer

n : karar değişkenlerinin toplam sayısı

m : toplam kısıt sayısı

Hedef Programlamada Doğrusal programlamada olduğu gibi amaç kriterinin doğrudan maksimize veya minimize yapılmasının yerine, hedefler arasındaki sapmalar minimize yapılır. Doğrusal programlamanın simpleks algoritmasında yer alan bu gibi sapmalar aylak değişkenler olarak isimlendirilirken, bu sapan değişkenler Hedef Programlamada yeni bir anlam kazanırlar. Sapan değişkenler her bir hedeften hem pozitif yönde hem de negatif yönde sapmalar şeklinde iki boyutta gösterilir. Amaç fonksiyonu yalnızca bu sapan değişkenlerden oluşturulur.

d_i^+ : pozitif sapan değişken

d_i^- : negatif sapan değişken

Genel olarak i-inci hedefin matematiksel gösterimi şu şekilde oluşturulur.

$$\begin{aligned}
MinZ &= \sum_{i \in m} (d_i^+ + d_i^-) \\
\text{s.t. } \sum_{j=1}^n a_{ij}x_j - d_i^+ + d_i^- &= b_i \\
d_i^+, d_i^-, x_j &\geq 0 \\
i &= 1, 2, \dots, m \\
j &= 1, 2, \dots, n
\end{aligned} \tag{3.4}$$

Aynı anda hem pozitif sapma hem de negatif sapma meydana gelemeyeceğinden sapan değişkenlerin en az bir tanesinin veya her ikisinin de sıfır olması gerekmektedir.

İstenmeyen sapan değişkenlerin belirlenmesinden sonra Hedef Programlama formülasyonu yapılır. Bu değişkenler içerisinde yalnızca bir tanesi karar verici tarafından minimize yapılmak istenir. Bu düşüncüyü aşağıdaki üç formda yapmak mümkündür. (Romero, 2001; 64)

$$1. f(x) \leq b_i$$

Eğeri-inci hedef belirlenen başarı düzeyinden küçük veya eşit ise oluşacak pozitif sapan değişken d_i^+ için mümkün olan en küçük pozitif değerin alınması gerekir.

$$2. f(x) \geq b_i$$

Eğer i-inci hedef belirlenen başarı düzeyinden büyük veya eşit ise oluşacak negatif sapan değişken d_i^- için mümkün olan en küçük pozitif değerin alınması gerekir.

$$3. f(x) = b_i$$

i-inci hedef belirlenen başarı düzeyini tam olarak karşılıyor ise hem pozitif sapan değişken d_i^+ hem de negatif sapan değişken d_i^- 'nin toplamalarının aynı anda minimize yapılması gerekir.

Amaç fonksiyonunda hedefler arasındaki ilişkiler özet olarak aşağıdaki Tablo 3.1. düzenlenmiştir.

Tablo 3.1. Orijinal Hedefler ve amaç fonksiyonu

Hedef Tipi	HP Formu	Minimize Yapılacak Sapan Değişken
$f(x) \leq b_i$	$f(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i$	d_i^+
$f(x) \geq b_i$	$f(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i$	d_i^-
$f(x) = b_i$	$f(x) + d_i^- - d_i^+ = b_i$	$d_i^- - d_i^+$

Kaynak: Ignizio ve Cavallier, 1994; 549

Standart bir Hedef Programlamada modele ait bütün kriterler bir amaç ve verilen bir hedef değer çerçevesi dahilinde amacı arzu edilen düzeyine göre karar verici tarafından bir lineer fonksiyon yardımı ile tanımlanarak istenilmeyen sapmaların toplamı bir amaç fonksiyonunda hedef programlamanın kullanılan çeşidine göre minimize yapılır. (Tamiz ve Jones, 1997; 52)

Hedef Programlamanın temel amacı, hedeflerin başarısı ve hedeflere ait arzu edilen seviyeler arasındaki sapmaları minimize etmektir. Minimizasyon süreci farklı metotlar ile uygulanabilir. Hedef Programlamanın temel iki metodu aşağıdaki şekilde ifade edilir. (Romero, 1992; 3)

3.3.1. Ağırlıklandırılmalı Hedef Programlama

Ağırlıklandırılmalı Hedef Programlama aynı zamanda "Archimedian" Hedef Programlama olarak da bilinir. Bu modelde, karar verici hedef sapmalara farklı ağırlıklar verir. Bu ağırlıklar, amaçların göreceli önemlerine sayısal değer verilerek

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

oluşturulur. Ağırlıklandırılmalı Hedef Programlama bütün hedefleri aynı anda göz önünde bulundurarak, hedefler ve hedeflere ait arzu edilen seviyeler arasındaki sapmaların toplamı minimize yapılır. Ağırlıklandırılmalı Hedef Programlamanın matematiksel yapısı:

$$\begin{aligned}
 \text{Min} Z &= \sum_{i \in m} (w_i^+ d_i^+ + w_i^- d_i^-) \\
 \text{s.t. } \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - d_i^- + d_i^+ &= b_i \\
 d_i^+, d_i^-, x_j &\geq 0 \\
 i &= 1, 2, \dots, m \\
 j &= 1, 2, \dots, n
 \end{aligned} \tag{3.5}$$

Burada w_i^+ ve w_i^- pozitif ve negatif sapmalar için reel sayılardan oluşan göreceli ağırlık faktörleridir. Bu modelde, oluşturulan bütün hedeflerin ağırlıklandırılmış sapmaları minimize yapılmak istenir. Arzu edilen başarı düzeyi, belirlenen hedeflerden büyük olduğu takdirde w_i^+ sıfır, benzer bir düşünce ile arzu edilen hedefin başarısı düzeyi belirlenen değerden küçük olduğu takdirde ise w_i^- sıfır olacaktır. Eğer hedefler ve kısıtlar doğrusal ise geleneksel doğrusal programlama problemine benzer ise simpleks algoritması yardımı ile çözümlenebilir.

Ağırlıklandırılmalı hedef programlama, amaçların birbirleri arasında etkileşime imkan tanır ve karar vericinin tercihleri, ağırlıklandırılmış hedeflerin doğrusal bir kombinasyonu şeklinde ifade edilebilir.

3.3.2. Öncelikli Hedef Programlama

Hedef Programlamanın ikinci modeli aynı zamanda "Lexicographic" Hedef programlama olarak bilinir. Bu metod önceliği koruma kullanılarak oluşturulur. Bu yapı, Ağırlıklandırılmalı Hedef Programlamaya göre farklı modelleme sürecine sahiptir. (Gal, Stewart ve Hanne, 1999; 8-1)

Modelleme süreci dört adımdan meydana gelir.

1. Amaçlar tanımlanır
2. Amaçlar için hedeflenen değerler belirlenir
3. Belirlenen amaçlar arasında öncelik sıralaması yapılır
4. Öncelik sıralaması yardımı ile Doğrusal Programlama çözüm sistematığına göre çözümlenir.

$$\begin{aligned}
 \text{Min} Z &= \sum_{i=1}^m P_i (w_{1in} d_i^- + w_{1ip} d_i^+), \dots, \sum_{i=1}^m P_k (w_{2in} d_i^- + w_{2ip} d_i^+) \\
 \text{s.t. } &\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j + d_i^- - d_i^+ = b_i \\
 &x_j, d_i^-, d_i^+ \geq 0 \\
 &i = 1, \dots, m \\
 &P_1 \ggg P_2 \ggg \dots \ggg P_k
 \end{aligned} \tag{3.6}$$

k : Öncelik sırasının sayısı

m : Kısıtların sayısı

n : x_j karar değişkeninin sayısıdır.

İlk olarak P_1 önceliğinde sapan değişkenlerin belirlenen ağırlıkları minimize edilir. Eğer bütün sapan değişkenler bu öncelikte minimize oluyorsa tatminkarlık sağlanmıştır. Tatminkarlığın sağlanmasından sonra bu sapan değişkenler modelden çıkarılır. İkinci olarak P_2 de de uygulanarak sapan değişkenlerin ağırlıkları minimize edilir. Bu süreç, belirlenen öncelik seviyesinde bütün sapan değişkenler minimize yapıncaya kadar devam eder.

Hedef Programlama'da önceliklerin ve ağırlıkların belirlenmesinde Saaty'nin Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), Narasimhan'ın Geometrik Ortalama Süreci, Jaynes'in Entropi Metodu ve Chu'nun Ağırlıklandırılmış En Küçük Kareler Metodu gibi kabul görmüş teknikler bulunmaktadır. Bununla beraber, ağırlıklandırma ve önceliklendirme ancak bazı şartlar altında uygulanabilmektedir. Ağırlıklandırma, amaçları aynı birim cinsinden ifade edilebilmesi durumunda, öncelikler ise, karar

verici, karar verici amaçlar arasında net tercihler yapabiliyor ise kullanılabilir. (Arıkan, 1996; 36)

3.4. HEDEF PROGRAMLAMAMANIN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

Hedef Programlamanın kullanılmasıdaki avantajları ve dezavantajlar aşağıda sıralanmıştır:

HP'nin temel avantajları

Karar değişkenleri, amaçlar ve kısıtlar arasında açık bir ilişki mevcut ise bu ilişki matematiksel olarak bu yaklaşım yardımı ile oluşturulabilir. Her hedef için minimum kabul edilebilir başarı seviyeleri tanımlandığı takdirde kabul edilebilir çözüme ulaşılır. (Mollaghasemi ve Edwards, 1997; 81)

HP'nin temel dezavantajları

Bir çok karar verici için ağırlıklar, sıralama ve arzu edilen seviyelerin belirlenmesi gerekir. Bu durum her ne kadar dezavantaj olsa da bazı durumlarda avantaja da dönüşür. Bu belirleme süreci yukarıda adı geçen metotlar yardımı ile değişik şekillerde elde edilebilir.

3.5. HEDEF PROGRAMLAMA ÇEŞİTLERİ

Hedef Programlama modellerinin çözümleri için oluşturulan birçok farklı metod olup 4 kategori içerisinde incelenebilir. (Schniederjans, 1995; 45)

3.5.1. Doğrusal Hedef Programlama: Temel olarak Ağırlıklandırılmalı Hedef Programlama ve Öncelikli Hedef Programlama kullanılan iki metottur. Bu yaklaşımlar Hedef programlama kısmında açıklanmıştır.

3.5.2. Tamsayılı Hedef Programlama: Hedef Programlama problemlerinin oluşturulmasında karar değişkenleri, tamsayı değerleri ile sınırlandırılmıştır. HP modellerinin bir çoğu tamsayılı HP metoduna dayanmaktadır.

3.5.3. Doğrusal Olmayan Hedef Programlama: Hedef Programlama uygulamaları çoğunluk ile başar fonksiyonu, hedefler ve kısıtları doğrusal bir yapı göstermektedir. Fakat her zaman bu yapıda olması mümkün olmayabilir. Bazı uygulamalarda özellikle mühendislik alanındaki uygulamalarda Doğrusal olmayan HP kullanılır. (Romero, 1991; 61)

Doğrusal olmayan HP'nın özel bir çeşidi de Stokastik HP'dir. Bir Stokastik HP'da modele ait parametreler olasılık dağılımı yardımı ile tanımlanırlar.

Doğrusal olmayan HP'ya interaktif yaklaşım veya İnteraktif HP bir karar durumu yapısı içerisinde, karar vericinin tercihlerinin, optimizasyon aşamasında kullanmasına dayanır. Karar verici, verilen bir çözümün interaktif karşılaştırma yapmak yolu ile en iyi çözüme ulaşmak için interaktif yaklaşımı kullanır. HP'nin bütün tipleri için (Doğrusal HP, Tamsayılı HP ve Doğrusal Olmayan HP) interaktif yaklaşım kullanılabilir.

3.5.4. Diğer HP Metodları

3.5.4.1. İnterval HP: İnterval HP arzu edilen seviyelerin (sts) bir aralıkta meydana gelmesini gerektirir. Bu metodun temeli İnterval Doğrusal Programlamaya dayanır ve arzu edilen seviyeler için bir alt sınır ve bir üst sınır oluşturarak amaç fonksiyonunda oluşabilecek pozitif ve negatif sapmalar minimize yapılır.

3.5.4.2. Oransal HP: Oran kullanılarak yapılan bir modelleme yapısı içerir. Formülasyonu aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\begin{aligned} \text{Min} Z &= \sum_{i=1}^m \left(w_{lin} d_i^- + w_{lip} d_i^+ \right) \\ \frac{f_{1i}(x_j)}{f_{2i}(x_j)} + d_i^- - d_i^+ &= r_i, \quad i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad (3.7)$$

$$x_j, d_i^-, d_i^+ \geq 0$$

3.5.4.3. Bulanık HP: Bulanık Hedef Programlamanın temeli Bulanık mantığa ve Hedef Programlamaya dayanır. Bulanık Hedef Programlama 4. Bölümde anlatılmıştır.

3.6. Çözüm Metodları

Hedef Programlamanın temel yaklaşımları ile ilgili farklı çözüm metotları ve bu metotlara ait çözüm algoritmaları aşağıda ifade edilmiştir:

3.6.1. Grafik Metodu

Grafik metodu 3'ten az karar değişkenine sahip problemler için kullanılır. (Ignizio, 1976; 31) Grafik metodu aşağıdaki gibi oluşturulur.

- 1.Karar değişkeni olarak düşünülen amaçlar koordinat sistemine yerleştirilir.(Bu noktalar bir doğrusal yapı göstereceklerdir.)
- 2.En yüksek önceliğe sahip amaçların çözümü belirlenir.
- 3.Bu adımda, hedefler biraz daha az öncelikli olanlara taşınır ve bu düzeyde amaçları gerçekleştiren en iyi çözümler bulunur veya en yüksek öncelik taşıyan amaçları gerçekleştiren mevcut çözümleri indirgemeyecek en iyi çözümler belirlenir.
- 4.Bütün öncelikli seviyeleri araştırmak amacı ile adım 3 tekrarlanır.

Bu adımlar bir örnek üzerinde incelenecek olursa,

$$MinZ = \sum (d_1^+ + d_2^- + d_3^-)$$

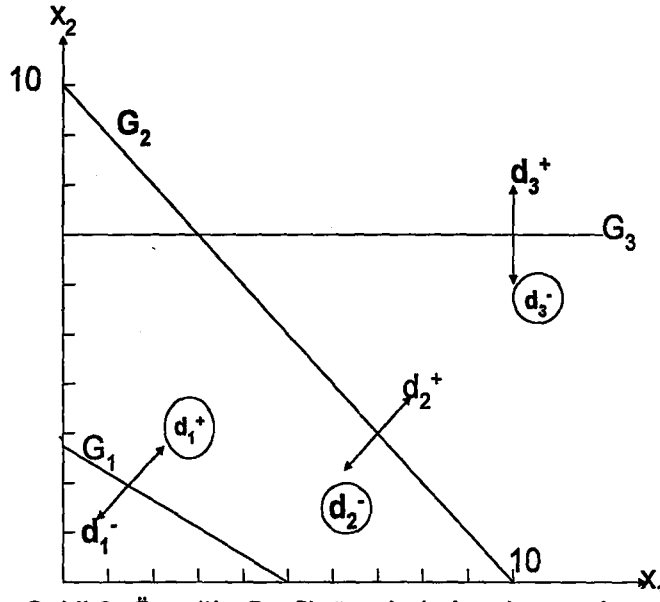
$$G_1 : 10x_1 + 15x_2 + d_1^- - d_1^+ = 40$$

$$G_2 : 100x_1 + 100x_2 + d_2^- - d_2^+ = 1000$$

$$G_3 : x_2 + d_3^- + d_3^+ = 7$$

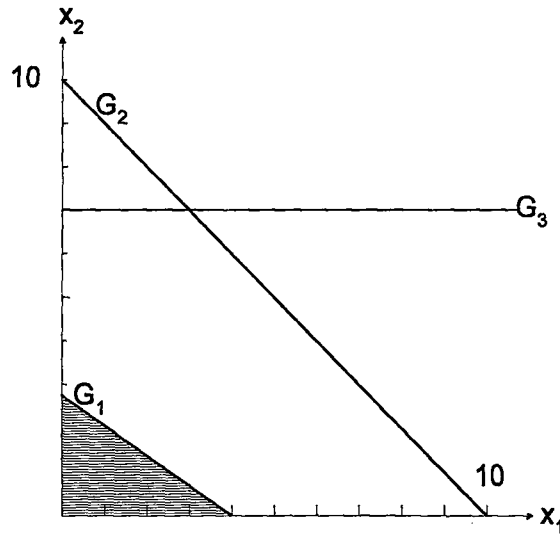
$$x, d^+, d^- \geq 0$$

Amaçlar Şekil 3'de koordinat sistemi üzerine yerleştirilmiş ve her bir amaç doğru üzerinde pozitif ve negatif sapan değişkenlere ait artışlar olarak gösterilmiştir.



Şekil 3. Örneğin Grafik Üzerinde incelenmesi

Daire içerisine alınan sapan değişkenler minimize yapılacak sapan değişkenlerdir. En yüksek öncelikli amaç olan G_1 göz önüne alınır ise, d_1^+ minimize yapıldığı takdirde tatminkarlığı sağlanacaktır. Yani $d_1^+ = 0$ ve $x_1, x_2 \geq 0$ olacaktır. Tatminkarlık bölgesi Şekil 4'de taralı bölge olarak gösterilmiştir. G_2 amacı için ise d_2^- minimize yapılacaktır.



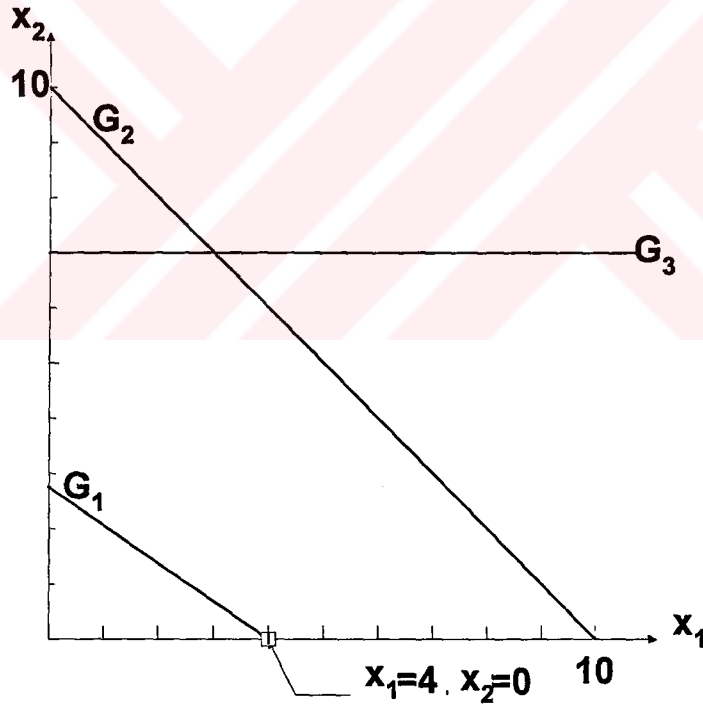
Şekil 4. Tatminkarlık Bölgesinin belirlenmesi

Bununla birlikte, yüksek öncelikli hedefin bir önceki tablodaki çözümün değerini düşüreceği için d_2^- sapan değişkeni sıfır olmamalıdır. Yüksek öncelikli amacın başarılmasının dışında d_2^- sapan değişkeninin minimum değeri $x_1 = 4$ ve $x_2 = 0$ dır. Bu değeri belirten değer Şekil 3.3'te gösterilmiştir.

Son öncelik düzeyi hareket ettirildiğinde d_3^- 'ün herhangi bir minimizasyonunun, daha önce belirlenen çözümün bir hareketini gerektirdiği görülür ve bundan dolayı yüksek öncelikli amaç ile aralarında kuvvetli bir etkileşim meydana gelir. Sonuç olarak çözüm:

$$x_1^* = 4, x_2^* = 0 \text{ ve } Z^* = (0,600,7)$$

elde edilir.



Şekil 5. Birinci, ikinci ve üçüncü öncelikler ve çözüm

$Z^* = (0,600,7)$ vektörü için en yüksek öncelikli amaç tamamen tatmin edilirken ikinci ve üçüncü öncelikli amaçlar için tam bir tatminkarlık sağlanamamıştır.

3.6.2. Modife-Simpleks Metodu

Doğrusal programlama problemlerinin çözümü için kullanılan simpleks algoritmasında yapılan değişiklikler sonucunda oluşturulan bir metod olup, kullanılan adımlar aşağıdaki gibi ifade edilebilir. (Bal, 1995; 184)

P_k : k-ıncı öncelik düzeyi $k = 1, 2, \dots, K$

V : Karar ve sapma değişkenler

$\bar{b}$: Herbir amacın sağ taraf sabitleri

n_i : Simpleks yöntemindeki başlangıç temel değişkenler gibi bir yapıya sahip olup, V 'nin sağındaki ve solundaki değişkenler de temel dışı değişkenler olarak adlandırılırlar.

a_k : k-ıncı öncelik için başarı seviyesini gösterir ve $a_k = \sum_{i=1}^m (b_i \cdot u_{ik})$ kullanılarak hesaplanır

e_{is} : s-inci temel değişkenin i-inci satırdaki elamanıdır.

$I_{k,s}$: k-ıncı öncelikli s-inci temel dışı değişkenin indeks sayısı

$I_{s,k} = \sum_{i=1}^m (e_{i,s} \cdot u_{ik}) - w_{k,s}$ kullanılarak hesaplanır.

$w_{k,s}$: k-ıncı öncelik düzeyli s-inci temel dışı değişkenin ağırlığı

$u_{i,k}$: k-ıncı öncelik düzeyli i-inci temel değişkenin ağırlığı

1. Başlangıç tablosunun oluşturulması: Sapan değişkenler, değişkenlerin katsayıları, sağ taraf sabitleri, öncelik faktörleri ve farklı ağırlıklar tablo içerisine yerleştirilir. v sütununda en yüksek öncelikli seviyeden en düşük öncelik seviyesine doğru sıralama yapılarak $[Z_j - C_j]$ indeks satırı oluşturulur.

Tablo 3.2. Başlangıç Modife-Simpleks Tablosu

	p_k	w_{k1}	w_{k2}	w_{kn}	$\dots$	$w_{k(n+m)}$	
	.	$\dots$		$\dots$			
	.	$\dots$		$\dots$			
	.	$\dots$		$\dots$			
	p_1	w_{11}	w_{12}	w_{1n}		$w_{1(n+m)}$	
$p_k \dots p_1$	V	x_1	x_2	p_1	p_m		b
$u_{1k} \dots u_{11}$	n_1	e_{11}	e_{12}	e_{1n}	$e_{1(n+m)}$		b_1
$\dots$	$\dots$	$\dots$		$\dots$			.
$\dots$	$\dots$	$\dots$		$\dots$			.
$\dots$	$\dots$	$\dots$		$\dots$			.
$u_{mk} \dots u_{m1}$	n_m	e_{m1}	e_{m2}	e_{mn}	$e_{m(n+m)}$		b_m
	p_1	l_{11}	l_{12}	l_{1n}	$l_{1(n+m)}$		a_1
	.	$\dots$		$\dots$			.
	.	$\dots$		$\dots$			.
	.	$\dots$		$\dots$			.
	p_k	l_{k1}	l_{k2}	l_{kn}	$l_{k(n+m)}$		a_k

Kaynak: Bal, 1995; 185

2. Tabloya girecek yeni değişkenin belirlenmesi: Bu adımda a_k değerlerine bakılarak optimalliğin kontrolü yapılır. a_k sıfırdan farklı ise indeks satırındaki $I_{k,s}$ değerleri incelenerek enbüyüğü belirlenir. ($I_{k,s}$ 'nin aynı satırındaki k-ıncı düzeyden daha üstün düzeydeki $I_{k,s}$ negatif olmamalıdır) Bu değere ait sütun s (temel dışı değişken) ile gösterilir. En büyük $I_{k,s}$ değerleri içerisinde bazıları birbirlerine eşit ise herhangi birisi seçilebilir.

3. Temel çözümden çıkacak olan değişkenin belirlenmesi: $\frac{b_i}{e_{i,s}}$ oranları arasında en

küçük oranın olduğu satır belirlenir ve i olarak isimlendirilir. İki tane enküçük oran

eşit olur ise temelden çıkacak değişken daha üstün düzeydeki değişken olur. Yani; i' satırı ile ilgili temel değişken, ayrılacak değişken olarak belirlenir.

4.Yeni tablonun oluşturulması:

$$\min_i \left\{ \frac{b_1}{e_{1,s'}}, \frac{b_2}{e_{2,s'}}, \dots \right\}$$

$I_{k,s}, b_i, a_k$ ve e_{is} elemanlarının bulunduğu bölümler boş bırakılarak yeni tablo kurulur. i' satırındaki değişken ile s' sütunundaki değişkenlerin pozisyonları yer değiştirir.

- Yeni tablonun i' satırındaki elemanlar ($e_{i',s'}$ dışında) $e_{i',s'}$ ile bölünür.
- Yeni tablonun s' sütunundaki elemanlar ise ($e_{i',s'}$ dışında) önceki tabloda yer alan $e_{i',s'}$ 'nin negatif değeri ile bölünür.
- Yeni tablodaki $e_{i',s'}$ elemanı $\frac{1}{e_{i',s'}}$ 'ye eşit olur.
- Diğer elemanlar ise yeni tablonun $\overline{e_{i',s'}}$ ve $\overline{b_i}$ elemanları, $e_{i,s}$ ve b_i bir önceki tablonun elemanları olmak üzere aşağıdaki formüller yardımı ile hesaplanır:

$$e_{i,s} = e_{i,s} - \frac{(\overline{e_{i',s'}} - e_{i,s'})}{e_{i',s'}} \quad \text{ve} \quad \overline{b_i} = b_i - \frac{b_i \cdot e_{i,s'}}{e_{i',s'}}$$

e)Yeni I_{ks} ve a_k değerleri hesaplanır ve 2. Adıma dönülür.

5. Daha düşük düzeydeki öncelik düzeyi incelenir. $k = k + 1$ alınarak $k > K$ ise çözüm optimaldir. Değil ise 2. Adıma gidilir. Problemin çözümündeki en önemli amaç, hedeflerin tatminkarlığını sağlayarak en iyi çözüme ulaşmaktır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK KÜME TEORİSİ VE BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA

4.1. BULANIK KÜME KAVRAMI

Bulanık Küme ve Bulanık Matematik kavramları 1960'lı yılların ortalarında Azerbaycan'lı Matematikçi Loutfi A. ZADEH tarafından geliştirilmiştir. Bu kavramın temel dayanak noktası gerçek dünya problemlerinde kesin olmayan, belirsiz ve bulanık verileri bünyesinde bulundurmasıdır.

Kelime anlamı ile Bulanık, Hayal-Meyal, Puslu mantık anlamına gelen Bulanık Mantık (Fuzzy Logic), ikili mantık sistemine karşı geliştirilen, etrafımızda olup biten olayların meydana geliş olasılıkları ile değil, belirli kümelere üyelik dereceleri ile ilgilenen ve üzerinde çalışılan değişkenlerin hangi oranlarda gerçekleştiğini belirleyen çoklu mantık sistemidir. 1960'lı yılların ortalarında Bulanık Mantığın teorisini geliştiren ve geometrik açıklamalarını yapan Prof. Loutfi A Zadeh, problem çözerken insan düşünüş tarzını esas almıştır: "Büyük", "uzun", "sıcak", "yaşlı" gibi nisbi kavramların derecelendirilmesinde Zadeh'in geliştirdiği "Bulanık Küme Teorisi" ve matematiksel formülasyonu, klasik mantığın aksine çok daha geniş ufuk açmıştır. (Güneş, 1997; 248)

Bulanıklık, çoklu değerlilik demektir. İkili mantığın 0-1 önermelerine karşın, bulanıklık üç veya daha fazla sayıda önermeler yapar. Bulanık mantığın temelinde, insan düşünüş tarzına yakın çalışan makinaların ve sistemlerin geliştirilmesi yatmaktadır.

4.2. BULANIK KÜMELER ve BULANIK NOTASYONLAR

Klasik Mantık teorisinde olduğu gibi Bulanık Mantık Teorisinde de kendine ait matematiği ve küme yapıları ile ilgili tanımları vardır. Bulanık Küme Teorisinde kullanılan bazı temel notasyonlar aşağıda açıklanmıştır.

X : Küme

E : X 'in alt kümesi

$\emptyset$: Boş küme

$\{0,1\}$: Yalnız 0 ve 1'den oluşan küme

$[0,1]$: 0'dan 1'e kadar tüm reel sayılar

M : Üyelik Uzayı

4.2.1. Bulanık Küme

x 'lerden oluşturulan elemanlar X ile gösterilsin. Bulanık bir $\tilde{A}$ kümesinin sıralı ikilileri

$$\tilde{A} = \left\{ ((x, \mu_{\tilde{A}})) : x \in X \right\}$$

şeklinde tanımlanır. Bu ifadenin anlamı şu şekilde ifade edilir: Bulanık bir kümenin, $\tilde{A}$, sıralı ikililerden oluşan elemanlarından birincisi kümenin elemanı ikincisi ise bu elemanın üyelik derecesini belirten değerdir. (Zimmermann, 1996; 12) Örneğin bir Emlakçı, müşterilerine tanıtacağı evleri sınıflandırmak amacı ile yatak odası sayısını konfor göstergesi olarak alıyor. Kiralık evlerin kümesi $X = \{1,2,3,4,...,10\}$ ve x ise evdeki yatak odası sayısını göstermek üzere, $\tilde{A}$ kümesi "dört kişilik bir aile için konforlu ev" şu şekilde tanımlanabilir.

$$\tilde{A} = \{(1,.2), (2,.5), (3,.8), (4,1), (5,.7), (6,.3)\}$$

4.2.2. Üyelik Fonksiyonu

Bulanık küme tanımında yer alan $\mu_{\tilde{A}}(x)$ ifadesine X 'in Üyelik Fonksiyonu adı verilir. $\mu_{\tilde{A}}(x)$ fonksiyonu X kümesini M üyelik uzayına eşler. Üyelik Fonksiyonu $[0,1]$ kapalı aralığında değerler alabilir ve bu değerler x elemanının üyelik derecesini gösterir. (Terano, Asai ve Sugeno, 1987; 53)

$$\mu : X \rightarrow [0,1]$$

4.2.3. Destek Küme

Bir bulanık $\tilde{A}$ kümesinin Destek kümesi aşağıdaki gibi ifade edilir. (Bandemer ve Gottwald, 1995; 56)

$$S(\tilde{A}) = \left\{ x \in X \mid \mu_{\tilde{A}}(x) > 0 \right\}$$

Üyelik fonksiyonunun aralığı "sıfır" üyelik derecesini kapsamamasına karşın, bu dereceye sahip olan eleman ve üyelik derecesi "sıralı ikilisi" şeklinde listeye dahil edilmemektedir.

4.3. BULANIK KÜME TEORİSİNDE İŞLEMLER

Klasik Küme Teorisinden farklı olarak Bulanık Küme Teorisinde küme işlemleri üyelik fonksiyonu yardımı ile aşağıdaki gibi tanımlanır. (Zimmermann, 1987; 17)

4.3.1. Birleşme İşlemi

$\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ bulanık kümelerinin $\tilde{D} = \tilde{A} \cup \tilde{B}$ birleşme işlemi üyelik fonksiyonu yardımı ile aşağıdaki gibi gösterilir.

$$\mu_{\tilde{D}}(x) = \max \left\{ \mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x) \right\}, \quad x \in X$$

veya bir başka gösterim şekli ile;

$$\mu_{\tilde{D}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x) \vee \mu_{\tilde{B}}(x)$$

tanımlanabilir.

4.3.2. Kesişme İşlemi

$\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ bulanık kümelerinin $\tilde{C} = \tilde{A} \cap \tilde{B}$ kesişim işlemi üyelik fonksiyonu yardımı ile aşağıdaki gibi gösterilir:

$$\mu_{\tilde{C}}(x) = \min \left\{ \mu_{\tilde{A}}(x), \mu_{\tilde{B}}(x) \right\}, \quad x \in X$$

veya bir başka gösterim şekli ile;

$$\mu_{\tilde{C}}(x) = \mu_{\tilde{A}} \wedge \mu_{\tilde{B}}$$

tanımlanabilir.

4.3.3. Bulanık Kümenin Tümleneni

Bulanık $\tilde{A}$ kümesinin tümleninin üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{A}^c}$ aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\mu_{\tilde{A}^c}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}}(x), \quad x \in X$$

4.3.4. Konveks Küme

Bir bulanık küme $\tilde{A}$ konveks olabilmesi için aşağıdaki şartı sağlamalıdır:

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

Yukarıda açıklanan Bulanık küme ile ilgili işlemleri yukarıdaki örnek kullanılarak aşağıdaki gibi açıklanabilir.

Örnekte dört kişilik bir aile için Bulanık bir küme şu şekilde oluşturulmuştur:

$$\tilde{A} = \{(1,.2), (2,.5), (3,.8), (4,1), (5,.7), (6,.3)\}$$

Ev tipinin büyüklüğü ile ilgili oluşturulan bir bulanık küme $\tilde{B}$ ile birlikte yukarıda ifade edilen bulanık küme işlemlerini sırası ile aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\tilde{B} = \{(3,.2), (4,.4), (5,.6), (6,.8), (7,1), (8,1)\}$$

Kesişme işlemi $\tilde{C} = \tilde{A} \cap \tilde{B}$

$$\tilde{C} = \{(3,.2), (4,.4), (5,.6), (6,.3)\}$$

Birleşme işlemi $\tilde{D} = \tilde{A} \cup \tilde{B}$

$$\tilde{D} = \{(1,.2), (2,.5), (3,.8), (4,1), (5,.7), (6,.8), (7,1), (8,1)\}$$

Tümleyen $\tilde{A} \setminus \tilde{B}$

$$\tilde{A} \setminus \tilde{B} = \{(1,1), (2,1), (3,.8), (4,.6), (5,.4), (6,.2)\}$$

4.4. BULANIK KÜMELERDE CEBİRSEL İŞLEMLER

Bulanık Küme teorisinde yer alan cebirsel işlemler altı şekilde incelenir. (Zimmermann, 1996; 28)

4.4.1. Kartezyen Çarpım

Bulanık kümelerde kartezyen çarpımı aşağıdaki gibi ifade edilir:

$\tilde{A}_1, \dots, \tilde{A}_n, X_1, \dots, X_n$ de bulanık kümeler olsun. $X_1 \times \dots \times X_n$ çarpım uzayında

üyelik fonksiyonu

$$\mu_{(\tilde{A}_1, \dots, \tilde{A}_n)}(x) = \min_i \left\{ \mu_{\tilde{A}_i}(x) : x = (x_1, \dots, x_n), x_i \in X_i \right\}$$

şeklinde gösterilir.

4.4.2. Bulanık Kümenin Kuvveti

Bulanık bir $\tilde{A}$ kümesinin m-inci kuvveti aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\mu_{\tilde{A}^m}(x) = [\mu_{\tilde{A}}(x)]^m, \quad x \in X$$

4.4.3. Cebirsel Toplam

$\tilde{C} = \tilde{A} + \tilde{B}$ şu şekilde tanımlanır

$$\tilde{C} = \left\{ (x, \mu_{\tilde{A}+\tilde{B}}(x)) : x \in X \right\}$$

Burada

$$\mu_{\tilde{A}+\tilde{B}}(x) = \mu_{\tilde{A}}(x) + \mu_{\tilde{B}}(x) - \mu_{\tilde{A}}(x) \cdot \mu_{\tilde{B}}(x)$$

4.4.4. Sınırlı Toplam

$\tilde{C} = \tilde{A} \oplus \tilde{B}$ şu şekilde tanımlanır

$$\tilde{C} = \left\{ (x, \mu_{\tilde{A} \oplus \tilde{B}}(x)) : x \in X \right\}$$

Burada

$$\mu_{\tilde{A} \oplus \tilde{B}}(x) = \min \left\{ 1, \mu_{\tilde{A}}(x) + \mu_{\tilde{B}}(x) \right\}$$

4.4.5. Sınırlı Fark

$\tilde{C} = \tilde{A} \ominus \tilde{B}$ şu şekilde tanımlanır

$$\tilde{C} = \left\{ (x, \mu_{\tilde{A} \ominus \tilde{B}}(x)) : x \in X \right\}$$

Burada

$$\mu_{\tilde{A} \ominus \tilde{B}}(x) = \max \left\{ 0, \mu_{\tilde{A}}(x) + \mu_{\tilde{B}}(x) - 1 \right\}$$

4.4.6. İki Bulanık Kümenin Çarpımı

İki bulanık kümenin çarpımı $\tilde{C} = \tilde{A} \cdot \tilde{B}$ aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\tilde{C} = \left\{ (x, \mu_{\tilde{A}}(x) \cdot \mu_{\tilde{B}}(x)) : x \in X \right\}$$

Yukarıda ifade edilen cebirsel işlemler aşağıdaki örnek yardımı ile açıklanmıştır.

Örnek: $\tilde{A}(x) = \{(3,.5), (5,1), (7,.6)\}$ ve $\tilde{B}(x) = \{(3,1), (5,.6)\}$ Bulanık kümeleri kullanarak cebirsel işlemler hesaplanmıştır. (Zimmermann, 1996; 29)

$$\tilde{A} \times \tilde{B} = \{[(3;3),.5], [(5;3),1], [(7;3),.6], [(3;5),.5], [(5;5),.6], [(7;5),.6]\}$$

$$\tilde{A}^2 = \{(3,.25), (5,1), (7,.36),\}$$

$$\tilde{A} + \tilde{B} = \{(3,1), (5,1), (7,.6)\}$$

$$\tilde{A} \oplus \tilde{B} = \{(3,1), (5,1), (7,.6)\}$$

$$\tilde{A} \ominus \tilde{B} = \{(3,.5), (5,.6)\}$$

$$\tilde{A} \cdot \tilde{B} = \{(3,5), (5,6)\}$$

4.5. BULANIK ORTAMDA KARAR VERME

Bellman ve Zadeh 1970 yılında klasik karar verme modellerini incelemek sureti ile bulanık ortamda karar verebilmek için model geliştirmişlerdir. Belirsizlik altında bir karar verme durumunda, amaç fonksiyonu ve kısıtlar belirsiz veya bulanıktır. Bu bulanıklık amaç fonksiyonu ve kısıtlar üyelik fonksiyonu yardımı ile karakterize edilebilir. Amaç fonksiyonu ve kısıtların aynı anda bulanık ortamda tatmini, bulanık olamayan ortamdaki gibi yapılarak optimize edilir. (Zimmermann, 1987; 16)

Bulanık ortamda karar verme kavramını aşağıdaki örnek yardımı ile kısaca şu şekilde açıklanabilir. (Zimmerman, 1996; 285)

Alternatiflerin uzayında karar, bulanık kısıtlar ve bulanık hedeflerin kesişimi olarak tanımlanır

$\tilde{C}$: Bulanık kısıtlar

$\tilde{G}$: Bulanık hedefler

$\tilde{D} = \tilde{G} \cap \tilde{C}$: Bulanık karar Kümesi

Bulanık Karar Kümesinin üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\mu_{\tilde{D}} = \min\{\mu_{\tilde{G}}, \mu_{\tilde{C}}\}$$

Genel olarak hedefler $\tilde{G}_1, \dots, \tilde{G}_n$ ve kısıtlar $\tilde{C}_1, \dots, \tilde{C}_m$ şeklinde verilir. Hedeflerin ve kısıtların kesişimleri

$$\tilde{D} = \tilde{G}_1 \cap \tilde{G}_2 \cap \dots \cap \tilde{G}_n \cap \tilde{C}_1 \cap \tilde{C}_2 \cap \dots \cap \tilde{C}_m$$

Açık olarak

$$\begin{aligned}\mu_{\tilde{D}} &= \min \left\{ \mu_{\tilde{G}_1}, \dots, \mu_{\tilde{G}_n}, \mu_{\tilde{C}_1}, \dots, \mu_{\tilde{C}_m} \right\} \\ &= \min \left\{ \mu_{\tilde{G}_i}, \mu_{\tilde{C}_j} \right\} = \min \{ \mu_i \}\end{aligned}$$

ifade edilir.

Bulanık ortamda karar verme kavramı aşağıdaki örnek yardımı ile kısaca şu şekilde açıklanabilir. (Zimmerman, 1996 ; 283)

Örnek: Amaç fonksiyonu " x 10'dan çok büyük " ve üyelik fonksiyonu yardımı ile aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\mu_{\tilde{O}}(x) = \begin{cases} 0 & x \leq 10 \\ (1 + (x-10)^{-2})^{-1} & x > 10 \end{cases}$$

Kısıtlar " x 11'den biraz büyük " ve üyelik fonksiyonu yardımı ile aşağıdaki gibi ifade edilir

$$\mu_{\tilde{C}}(x) = (1 + (x-11)^4)^{-1}$$

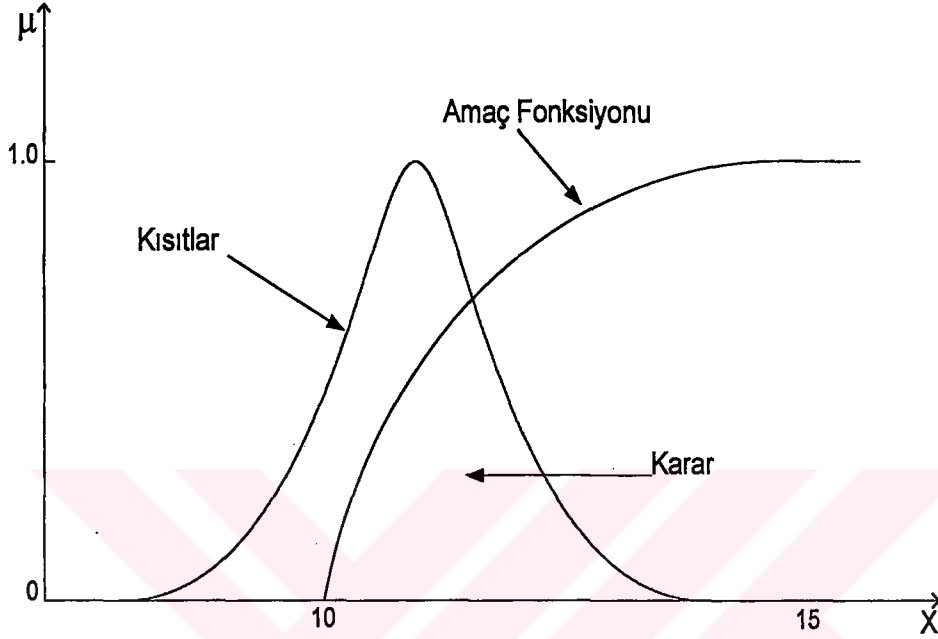
Karar kümesinin üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{D}}(x)$ aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\mu_{\tilde{D}}(x) = \mu_{\tilde{O}}(x) \wedge \mu_{\tilde{C}}(x)$$

$$\mu_{\tilde{D}}(x) = \begin{cases} \min \left\{ (1 + (x-10)^{-2})^{-1}, (1 + (x-11)^4)^{-1} \right\} & x > 10 \\ 0 & x \leq 10 \end{cases}$$

$$\mu_{\tilde{D}}(x) = \begin{cases} (1 + (x-11)^4)^{-1} & x > 11.75 \\ 0 & 10 < x < 11.75, x \leq 10 \end{cases}$$

Amaç fonksiyonu ve kısıtlar tanılanırken, amaç fonksiyonu için x karar değişkeni 10 değerinden oldukça büyük, kısıtlarda ise 11 değerinden çok az büyük olarak alınmıştır. Karar, bu amaç fonksiyonu ve kısıtların kesişim kümesinden meydana gelir. Bu ifade, Şekil 6 da açıklanmıştır.



Şekil 6. Bir "Bulanık Karar"

4.6. BULANIK MATEMATİKSEL PROGRAMLAMA

Gerçek hayat içerisinde karşılaşılan problemlerde, Yöneylem Araştırması Tekniklerinden en çok kullanılanlardan birisi Doğrusal Programlamadır. Doğrusal Programlama problemlerinin modelinin oluşturulabilmesi için yüksek değerlerde bir bilgiye sahip olmak gerekir. Yani problemin iyi tanımlanmış ve kesin bilgileri içermesi gerekmektedir. Gerçek hayat uygulamalarında verilerin kesinliği, güvenilirliği ve belirliliği çoğu zaman bulanık bir yapı göstermektedir. Bu sebep ile bir Doğrusal Programlama probleminin optimal çözümü sadece kısıtların bir kısmı için geçerlidir. Bundan dolayı da eldeki bilgilerin birçoğu, çözüm içerisinde birbirleri ile kuvvetli olmayan bir etkileşim içerisinde girerler. (Rommelfanger ve Slowinski, 1998; 180)

Çok Amaçlı Doğrusal Programlama problemlerinin çözümünün yapılabilmesi için bir çok bulanık programlama teknikleri geliştirilmiştir. Doğrusal Programlama modelleri karar modelinin özel bir çeşidi olarak kabul edilir. Karar uzayı, kısıtlar ve "hedef", amaç fonksiyonu yardımı ile tanımlanır. Karar verme şekli ise belirli (kesin) şartlar altında karar verilmesidir. (Zimmerman, 1996; 287)

Doğrusal Programlama modeli şu şekilde oluşturulur:

$$\begin{aligned} \max f(x) &= c^T x \\ \text{st.} \quad AX &\leq b \\ x &\geq 0 \\ c, x &\in R^n, b \in R^m, A \in R^{m \times n} \end{aligned} \quad (4.1)$$

Doğrusal Programlama modeli bulanık ortamda oluşturuluyor ise doğrusal programlama modelinde bir çok değişiklik yapılır. Bunlar:

1. Karar verici, amaç fonksiyonunu gerçek anlamda maksimize veya minimize yapmak istemeyebilir. Bunun yerine, kesin bir şekilde belirleyemediği, arzu ettiği değerlere (hedef değerlere) ulaşmayı tercih edebilir.
2. Yukarıda ifade edilen modelde kısıtların yönü " $\leq$ " olsa bile kısıtlarda bir belirsizlik söz konusu olabilir. Bunun sebebi, hedef değerdeki belirsizlikten, c ve b vektörlerinin belirsizliğinden veya A matrisinin bulanık yapıya sahip elemanlarından kaynaklanabilir.
3. Kısıtların rolü klasik doğrusal programlamadan farklı olabilir. Herhangi bir kısıtın bozulması çözümün uygun olmayan bir çözüm haline gelerek karar verici tarafından kısıtlardaki bir takım küçük değişikliklere müsaade edilebilir.

Yukarıda ifade edilen belirsizlik yapılarına göre Bulanık Matematiksel Programlama üç kategori içerisinde sınıflandırılabilir: (Inuiguchi ve Ramik, 2000)

1. Bulanık Matematiksel Programlamanın bu tipi, bulanık hedefler ve bulanık kısıtlar altında oluşur. Bulanık hedefler ve bulanık kısıtlar, kısıtların elastikiyetini ve amaç

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

fonksiyonunun hedef değerinin gevsekliğini (exibility=loose) gösterir. Bulanık programlamanın bu tipine Gevşek Programlama adı verilir.

2. Bulanık Matematiksel Programlamanın bu tipinde kısıtlar ve amaç fonksiyonu katsayıları bulanık yapıda olmayıp, sadece bir belirsizlik söz konusudur. Bulanık Matematiksel programlamanın bu tipine Posibilistik Programlama adı verilir.

3. Bulanık Matematiksel Programlamanın bu tipinde karar vericinin bulanık tercihleri bir belirsizlik göstermektedir. Bulanık Doğrusal Programlama probleminin bu tipinin formülasyonunda karar vericinin tercihleri ile bulanık tatminkarlık sağlayan bir alan oluşturulur. Bu alan içinde bulanık bir fonksiyon değeri olmalıdır. Bulanık Matematiksel programlamanın bu tipine Robust Programlama adı verilir.

Bulanık Doğrusal Programlamada yer alan bulanıklık çeşitleri aşağıdaki tabloda özetlenmiştir

Tablo 4.1. Bulanıklık Çeşitleri

$\max/\min Z=cx$	Bulanık Z	Bulanık c
$Ax \{ \leq, =, \geq \} b$	Bulanık b veya $\{ \leq, =, \geq \}$	Bulanık A

Kaynak: Lai ve Hwang, 1994; 397

Bu tabloda yer alan bulanıklık çeşitleri ve bunlara ait yaklaşımlar Tablo 4.2. de özetlenmiştir.

Tablo 4.2. Bulanık DP. Yaklaşımları

	Bulanıklık Çeşidi	Yaklaşımlar
Bulanık Doğrusal Programlama	Bulanık b	Parametrik Programlama Verdegay Werners
	Bulanık b ve Z	Zimmermann Chanas Lai & Hwang
	Bulanık c	Parametrik Programlama Verdegay
	Bulanık A; b & c A & b ; A & c veya A, b & c	Carlson & Korhonen

(Kaynak: Lai ve Hwang, 1994; 397)

Yukarıda açıklanan belirsizlik yapıları sebebi ile Bulanık Doğrusal Programlama farklı pek çok şekilde modellenebilir. Çalışmada Zimmermann'ın Bulanık Doğrusal Programlama yaklaşımı incelenmiştir.

4.6.1. Bulanık Doğrusal Programlama Formulasyonu

Doğrusal Programlama modelinde, Z , karar vericinin arzu edilen seviyeler oluşturulurken izlenilen yol aşağıda açıklanmıştır: (Zimmerman, 1996; 289)

Amaç: şartları sağlayan x değerinin bulunması

$$\begin{aligned} c^T x &\gtrsim z \\ Ax &\lesssim b \\ x &\geq 0 \\ c, x &\in R^n \quad b \in R^m \quad A \in R^{m \times n} \end{aligned} \quad (4.2)$$

$\lesssim$: " $\leq$ " 'in bulanık versiyonu ve esas itibari ile daha küçük veya eşit

$\gtrsim$: " $\geq$ " 'in bulanık versiyonu ve esas itibari ile daha büyük veya eşit

Yukarıda ifade edilen modelde amaç fonksiyonu ve kısıtlar tümüyle simetriktir. Bunun anlamı bulanık ortamda kısıtlar ve amaç fonksiyonu arasında fark olmadığıdır. Bu sebep ile

$$\begin{bmatrix} -c \\ A \end{bmatrix} = B \quad \text{ve} \quad \begin{bmatrix} -z \\ b \end{bmatrix} = d$$

birer matris tanımlamak üzere model şu şekilde ifade edilebilir:

Amaç: Şartları sağlayan x değerinin bulunması

$$\begin{aligned} \text{Kısıtlar} \quad Bx &\lesssim d \\ x &\geq 0 \end{aligned} \quad (4.3)$$

modelin (m+1) satırından her birisi Bulanık Küme Teorisi yardımı ile üyelik fonksiyonu kullanılarak yeniden tanımlanır.

Bulanık karar kümesinin üyelik fonksiyonu:

$$\mu_{\sim D}(x) = \min_i \{\mu_i(x)\} \quad (4.4)$$

şeklinde ifade edilir.

$\mu_i(x) : "B_i x \leq d_i"$ bulanık eşitsizliğini, x değerinin tatminkarlık derecesini gösteren

üyelik derecesi

B_i : B matrisinin i-inci satırı

Bulanık karar kümesinin üyelik fonksiyonu $\mu_{\tilde{D}}(x) = \min_i \{\mu_i(x)\}$ olarak

tanımlanır ve 0'dan 1'e monoton artışı bir fonksiyondur. Buna göre bir çözümün optimal olması için üyelik fonksiyonunun değeri 1 olmalıdır. 1 değeri karar kümesinin alabileceği maksimum değer olup aşağıdaki gibi ifade edilebilir

$$\max_{x \geq 0} \min_i \{\mu_i(x)\} = \max_{x \geq 0} \mu_{\tilde{D}}(x) \quad (4.5)$$

Kısıtların tamamen sağlanmaması durumunda $\mu_i(x)$ üyelik fonksiyonunun değeri "sıfır", aksi taktirde tamamen sağlanmış ise üyelik fonksiyonunun değeri "bir" alınır.

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 1 & B_i x \leq d \\ \in [0,1] & d < B_i x \leq d_i + p_i \\ 0 & B_i x > d_i + p_i \end{cases} \quad l=1,2,...(m+1) \quad (4.6)$$

Burada;

p_i :Subjektif olarak seçilen amaç fonksiyonu ve kısıtlardaki kabul edilebilir bozulmayı gösteren "tolerans aralığı"dır.

Üyelik fonksiyonu doğrusal artışı ise;

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 1 & B_i x \leq d_i \\ 1 - \frac{B_i x - d_i}{p_i} & d_i < B_i x \leq d_i + p_i \\ 0 & B_i x > d_i + p_i \end{cases} \quad (4.7)$$

$l=1,2,...(m+1)$

Yukarıda ifade edilen fonksiyondan anlaşılacağı üzere $1 - \frac{B_i x - d}{p_i}$ üyelik

fonksiyonu değeri büyüdükçe kısıtlar aynı derecede tatmin edilmiş olur.

(4.4) ifadesinden hareket ile $\mu_i(x) = \lambda$ alınarak Bulanık Doğrusal Programlama Modeli aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$\begin{aligned} \max \quad & \lambda \\ \text{kısıtlar} \quad & \lambda p_i + B_i x \leq d_i + p \\ & x \geq 0 \\ & i = 1, 2, \dots, m+1 \end{aligned} \quad (4.8)$$

4.7. BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA

Standart bir Hedef Programlama formülasyonunda hedefler ve kısıtlar açık ve kesin olarak tanımlanarak verilen bir çevre yardımı ile birden fazla amacın optimal gerçekleşmesini araştırılır. Hedefler, kesin ve matematiksel eşitlikler kullanılarak belirlenen hedef değerlere dayanılarak formülasyonu yapılır. Hedef Programlama içerisinde Bulanık Küme Teorisinin uygulanmasındaki en önemli avantaj karar vericinin bulanık hedef değerlerinin belirlenmesidir. Çok Amaçlı Karar Verme'nin bu tekniğindeki bir diğer önemli avantaj, hedefler ve kısıtların tamamen simetrik olarak oluşturulmasıdır.

Hedef Programlamanın sembolik olarak ifadesi şu şekilde verilir. (Lai ve Hwang, 1994, 141)

$$\begin{aligned} \text{Amaç : } & x \text{ değerlerinin bulunması} \\ \text{Kısıtlar} \quad & Ax = b \\ & x \geq 0 \end{aligned} \quad (4.9)$$

b : kullanılabilir kaynak ve hedeflerin vektörü

A : teknik katsayıların matrisi

Karar verici hedeflerin kesin olarak belirlenmesi konusunda bir belirsizliğe düşebilir. Bu sebep ile hedef değer “ b ” nin yerine, bu değer çevresinde hedefini bulanık düşünce ve cümleler yardımı ile açıklayabilir. Bulanık duygular ve cümleler şeklinde ifade edilen bir Hedef Programlama formülasyonu aşağıdaki biçimde ifade edilebilir.

Amaç: x değerlerinin bulunması

$$\begin{aligned} \text{Kısıtlar } (Ax)_i &= \tilde{b}_i \\ x &\geq 0 \end{aligned} \quad (4.10)$$

$\tilde{b}_i$: $\forall i$ için, duygular ve cümleler ile açıklanan hedefler

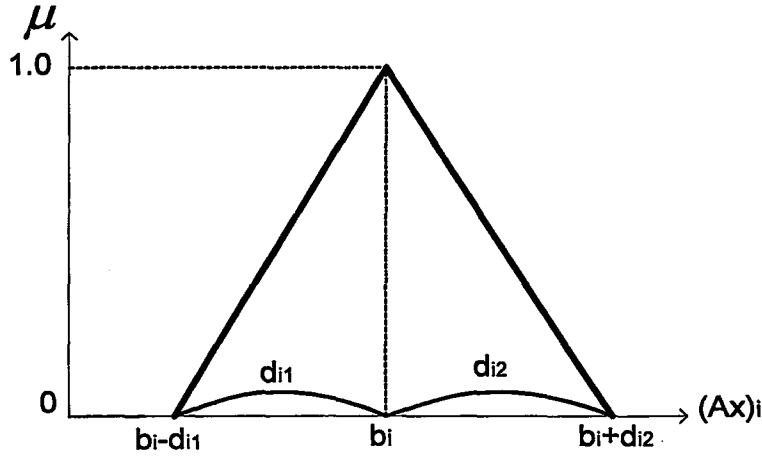
Benzer bir düşünce ile

Amaç: x değerlerinin belirlenmesi

$$\begin{aligned} \text{Kısıtlar } (Ax)_i &\cong b_i \\ x &\geq 0 \end{aligned} \quad (4.11)$$

$\cong$: kısıtların b_i çevresinde olduğunu belirtir.

Karar vericinin “ b_i ” hedef değerini kesin olarak belirleyemediği için bu değer çevresinde kabul edilebilir maksimum miktarda sapmalar oluşabilir. Bu sapmalar “ d_i ” olarak gösterilsin. Kesin olarak belirlenemeyen hedef ve kabul edilebilir maksimum sapma, üçgensel formda Şekil 7. de ifade edilmiştir.



Şekil 7. Üç Değerli Üyelik Fonksiyonu

Kaynak: Lai ve Hwang, 1994; 141

Bulanık eşitsizliğin üyelik fonksiyonu $\mu_i(x)$ aşağıdaki gibi oluşturulur.

$$\mu_i(x) = \begin{cases} [(Ax)_i - (b_i - d_i)] / d_i & b_i - d_i \leq (Ax)_i < b_i \\ [(b_i + d_i) - (Ax)_i] / d_i & b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i \\ 0 & b_i + d_i < (Ax)_i \text{ veya } (Ax)_i < b_i - d_i \end{cases} \quad (4.12)$$

d_i : hedef değerden subjektif olarak belirlenen maksimum kabul edilebilir sapmalar

Üçgensel üyelik fonksiyonunda kullanılan;

b_i : tercih edilen değer

$b_i - d_i$: en kötümser değer

$b_i + d_i$: en iyimser değer

(4.11) eşitliğini (4.12) üyelik fonksiyonu yardımı ile Narasimhan aşağıdaki gibi açıklamıştır.

$$\max \{ \min_i [(Ax)_i - (b_i - d_i)] / d_i \}$$

$$\text{kısıtlar } b_i - d_i \leq (Ax)_i \leq b_i \quad (4.13)$$

$$x \geq 0$$

ve

$$\begin{aligned} & \max \left\{ \min_i [(b_i - d_i) - (Ax)_i] / d_i \right\} \\ & \text{kısıtlar } b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i, \quad (4.14) \\ & x \geq 0 \end{aligned}$$

Bu eşitlikler birlikte düşünüldüğünde:

$$\begin{aligned} & \text{maks } \alpha \\ & \text{kısıtlar } [(Ax)_i - (b_i - d_i)] / d_i \geq \alpha \\ & [(b_i - d_i) - (Ax)_i] / d_i \geq \alpha \quad (4.15) \\ & b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + d_i \\ & \alpha \in [0,1] \\ & x \geq 0 \end{aligned}$$

Ayrıca (4.15) eşitliğinin iki kısıtı aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\alpha \leq 1 + [(Ax)_i - b_i] / d_i \quad (4.16)$$

ve

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

$(Ax)_i / d_i = b_i / d_i - \delta_i^+$ alınarak,

δ_i^+ : tahmin edilenin üzerinde

$$\alpha + \delta_i^+ \leq 1 \text{ ve } (Ax)_i / d_i - \delta_i^+ = b_i / d_i \quad (4.17)$$

Benzer bir düşünce ile (4.15) eşitliğinin üçüncü ve dördüncü kısıtları:

$$\alpha + \delta_i^+ \leq 1 \text{ ve } (Ax)_i/d_i - \delta_i^+ = b_i/d_i \quad (4.18)$$

(4.17) ve (4.18) eşitlikleri bir arada göz önünde bulundurularak Hannen, Bulanık Doğrusal Hedef programlama modelini aşağıdaki gibi açıklamıştır.

$$\begin{aligned} \max \quad & \alpha \\ \text{kısıtlar} \quad & (Ax)_i/d_i + \delta_i^- - \delta_i^+ = b_i/d_i \\ & \alpha + \delta_i^- + \delta_i^+ \leq 1 \\ & \delta_i^-, \delta_i^+ \geq 0 \\ & \delta_i^- \delta_i^+ = 0 \\ & \alpha \in [0,1] \\ & x \geq 0 \end{aligned} \quad (4.19)$$

Diğer yandan Yang, Ignizio ve Kim (4.10) denkleminin üyelik fonksiyonlu (4.12) denkleminin çözümünde Zimmermann'ın bulanık programlama modelini kullanarak aşağıdaki yardımcı modeli elde etmişlerdir.

$$\begin{aligned} \max \quad & \alpha \\ \text{kısıtlar} \quad & [(Ax)_i - (b_i - d_i)]/d_i \geq \alpha \\ & [(b_i + d_i) - (Ax)_i]/d_i \geq \alpha \\ & \alpha \in [0,1] \\ & x \geq 0 \end{aligned} \quad (4.20)$$

Eğer d_i sapmaları b_i den farklı iseler model şu hale dönüşür:

$$\begin{aligned} \max \quad & \alpha \\ \text{kısıtlar} \quad & [(Ax)_i - (b_i - d_{i1})]/d_{i1} \geq \alpha \\ & [(b_i + d_{i2}) - (Ax)_i]/d_{i2} \geq \alpha \\ & \alpha \in [0,1] \\ & x \geq 0 \end{aligned} \quad (4.21)$$

BEŞİNCİ BÖLÜM

UYGULAMA

Bu bölümde, Bornova Belediyesi 2002 Mali Yılı Gelir bütçesi içerisinde yer alan Belediye Vergi gelirleri üzerine Çok Amaçlı Bulanık Hedef Programlama ile ilgili bir uygulama sunulacaktır.

Belediyeler, Kanun ile kurulan, kamu tüzel kişidir. Belediyelerin kuruluş amaçları beldenin ve belde halkının müşterek, mahalli ihtiyaçlarını karşılamak ve belde hizmetlerini yerine getirmektir. Günümüzde beldenin ve belde halkının ihtiyaçlarının artması, bunları yerine getiren belediyelerin fonksiyonel işlevlerinin artması demektir. Belediyeler bu işlevlerini mevzuatın öngördüğü yetki ve sorumluluk içerisinde karar ve icra organları ile yerine getirirler.

5.1. BELEDİYE BÜTÇESİNİN HAZIRLANMASI

Belediye başkanının her yılın mayıs ayının ilk haftasında belediye birimlerine kendi dairelerinin gider bütçelerini hazırlamak üzere çağrıda bulunması üzerine, belediye birimleri kendi dairelerine ait gider bütçesi ile ilgili cetvelleri hazırlayarak gerekçesi ile birlikte her yıl 15 Haziran tarihine kadar belediye saymanlığına verirler. Saymanlık, birimlere ait giderlere ilişkin bütçe önerilerinin ön incelenmesini bitirdikten sonra, kendi birimine ait gider bütçesi ile diğer birimlerden gelen gider önerilerini birleştirerek tek bütçe taslağı haline getirir. Ayrıca, aynı birimler, gelir bütçesini düzenleyerek Temmuz ayı başına kadar, gider bütçesi ile birlikte bir yazı ekinde belediye başkanına verirler.

Belediye başkanı kendisine verilen hazırlık bütçe taslağı ile gider ve gelir cetvellerini inceleyerek belediye encümenine havale eder. Encümen, bütçe taslağını kendisine havale edildiği tarihten itibaren 30 gün içerisinde inceleyerek, inceleme raporu ile birlikte tasarı haline gelen bütçeyi belediye başkanına verir.

Belediye başkanı, bütçe tasarısını 1 Ekim tarihine kadar meclise, Büyükşehir bütçe tasarısı ise 1 Kasım tarihine kadar Büyükşehir belediye meclisine gönderir. Bütçeler mahallin en büyük mülki idare amirinin onaylaması ile kesinleşir.

5.1.1. Bütçe Geliri Tahmini

Gelir bütçesi, vergi gelirleri, vergi dışı gelirler ve özel yardım ve fonlar olmak üzere üç çeşit gelirden oluşur.

Bütçenin gelir tahminlerinde, kesin sonucu alınmış son üç yılın gelir artış oranları esas alınarak yapılır. Ayrıca, bütçenin uygulanacağı mali yıl için, kanunlar ile vergi , resim ve harç oranlarında değişiklik yapılmış ise veya mahalli şartlar değişmiş ise bu hususlar da gelir tahmininde göz önünde tutulur.

5.2. BELEDİYE GELİR ÇEŞİTLERİ

Belediye gelir çeşitleri aşağıda sıralanmıştır:

1. Genel Bütçe ve Vergi Geliri Belediye Payı
2. Belediye Vergileri
3. Belediye Harçları
4. Harcamalara Katılma Payı
5. Belediyeye Ödenen Paylar
6. Kurumlar ve Teşebbüsler Hasılatı
7. Belediye Malları Gelirleri
8. Ücretler
9. Cezalar
10. Çeşitli Gelirler
11. Özel Yardımlar ve Fonlar

Uygulama çalışması içerisinde, belediye gelir çeşitlerinden Belediye Vergileri ve bunlara ait tahmin edilen gelirler kullanılmıştır.

5.3. BELEDİYE VERGİLERİ

Belediye vergileri içerisinde yer alan gelir çeşitleri aşağıda açıklanmaktadır.

5.3.1. İlan ve Reklam Vergisi

Belediye sınırları ve mücavir alanlar içerisinde yapılan her türlü ilan ve reklam, İlan ve Reklam Vergisi'ne tabidir. İlan ve Reklam Vergisi'nin alınabilmesi için hem ilanın hem de reklamın bir arada olması gereklidir. Büyükşehir belediyeleri hudutları içindeki meydan, bulvar, cadde ve anayollar üzerinde belirlenen alanlardaki ilan asma yerine, elektrik direklerine, büfelere, tercihli yollardaki bariyerlere konulacak her türlü ilan ve reklamlar, İlan ve Reklam Vergisi'ne tabidir.

5.3.2. Eğlence Vergisi

Belediye sınırları ve mücavir alanlar içerisinde yer alan eğlence işletmelerinin faaliyetleri Eğlence Vergisi'ne tabidir. Eğlence Vergisi'nin mücavir alanlardan alınabilmesi için, bu alanlara belediye hizmetlerinin götürülmesi şart koşulmamıştır.

5.3.3. Emlak Vergisi

Emlak Vergisi üç başlık altında incelenir

5.3.3.1. Bina Vergisi

Belediye sınırları içerisinde yer alan binalar Bina Vergisi'ne tabidir. Burada kullanılan bina tabiri, yapıldığı madde ne olursa olsun, gerek karada gerekse su üzerindeki sabit inşaatın tamamını kapsar.

5.3.3.2. Arazi Vergisi

Belediye sınırları içerisinde araziler Arazi Vergisi'ne tabidirler

5.3.3.3. Arsa Vergisi

Belediye sınırları içerisinde yer alan arsalar Arsa Vergisi'ne tabidirler. Ayrıca Belediye sınırları içerisinde belediyece parsellenmiş araziler de arsa olarak kabul edilir ve Arsa Vergisi'ne tabi olurlar.

5.3.4. Haberleşme Vergisi

Belediye sınırları ve mücavir alanlar içinde PTT işletmesi tarafından tahsil edilen telefon, teleks, faksimili ve data ücretleri (tesis, devir ve nakil ücretleri hariç) Haberleşme Vergisi'ne tabidir. Mücavir alanlar içerisindeki telefon, teleks, faksimili ve data ücretlerinden Haberleşme Vergisi almak için bu alanlara belediye tarafından bir hizmet götürülmesine gerek yoktur.

5.3.5. Elektrik ve Havagazı Tüketim Vergisi

Belediye sınırları ve mücavir alanlar içinde elektrik ve havagazı tüketimi Elektrik ve Havagazı Tüketim Vergisi'ne tabidir. Elektrik ve Havagazı Tüketim Vergisi alınabilmesi için elektrik ve havagazı, belediyelerce veya bunlara bağlı kuruluşlarca üretilmesine ve dağıtım işleminin yapılması gerekmektedir. Belediyelere bağlı işletmeler tarafından üretilen ve dağıtılan havagazı bedelleri tahsil edilirken, vergi de bu bedel ile birlikte tahsil edilecek ve ilgili belediyeye yatırılması gerekmektedir.

5.3.6. Yangın Sigorta Vergisi

Belediye ve mücavir alanlar içerisindeki menkul ve gayrimenkul mallar için yapılan yangın sigortaları, dolayısı ile alınan primler Yangın Sigortası Vergisi'ne tabidir. Yangın Sigorta Vergisi'nin alınmasındaki amaç, belediyelerin yaptıkları yangından korunma masraflarına sigorta şirketlerinin iştirak etmelerini sağlamaktır.

5.3.7. Çevre ve Temizlik Vergisi

Belediye ve mücavir alanlar içerisinde bulunan ve belediyenin katı atık toplama ile kanalizasyon hizmetlerinden yararlanan konut, işyeri ve diğer şekillerde kullanılan binalar Çevre ve Temizlik Vergisi'ne tabidir.

5.3.8. Çeşitli Vergiler

Yıl içerisinde gelişebilecek olaylara göre hükümetler yeni ek vergiler getirebilirler. Bu sebep ile vergi gelirleri içerisinde bu tip vergilerde yer alır. Deprem vergisi gibi...

5.4. PROBLEMİN TANIMI

Bornova Belediyesi 2002 Mali Yılı gelir bütçesi içerisinde yer alan Belediye Vergi gelirlerini toplam 6.494.480.000 TL. civarında tahmin etmiştir. Bu vergiler içerisinde yer alan İlan ve Reklam Vergisi, Eğlence Vergisi, Emlak (Arazi Vergisi, Bina Vergisi, Arsa Vergisi) Vergisi, Haberleşme Vergisi, Elektrik ve Havagazı Tüketim Vergisi, Yangın ve Sigorta Vergisi, Çevre Temizlik Vergisi ve Çeşitli Vergilere ait tahmin edilen vergi gelirleri ve bunlara ait kabul edilebilir maksimum sapmalar Tablo 5.1. de verilmiştir. Kabul edilebilir maksimum sapmalar geçmiş yıllara ait Mali Yılı gelir bütçeleri baz alınarak karar verici tarafından belirlenmiştir.

Bornova Belediyesi saymanlığı her vergi hedefinde oluşabilecek sapmaları, hedeften simetrik olarak artmasını veya azalmasını benimsemiştir. Toplam vergi gelirleri ve bu vergilere ait her bir vergi çeşidi için belirlenen hedef değerlerdeki bulanıklık, üç değerli bulanık sayı (triangular fuzzy number) olarak ifade edilmiştir.

Tablo 5.1. Vergiler için tahmin edilen yıllık TL. üzerinden gelirler

Vergi Çeşitleri	Tahmin edilen Gelir	Kabuledilebilir Maks. Sapma
İlan ve Reklam Vergisi	12.000.000.000	1.350.000.000
Eğlence Vergisi	40.000.000.000	3.800.000.000
Bina Vergisi	3.450.000.000.000	370.450.000.000
Arazi Vergisi	120.000.000.000	18.000.000.000
Arsa Vergisi	580.000.000.000	62.500.000.000
Haberleşme Vergisi	420.000.000.000	47.000.000.000
Elektirik ve Havagazı Tüketim Vergisi	1.050.000.000.000	107.000.000.000
Yangın Sigorta Vergisi	1.480.000.000	170.000.000
Çevre ve Temizlik Vergisi	820.000.000.000	83.000.000.000
Çeşitli Vergiler	1.000.000.000	98.000.000
Toplam Vergi	6.494.480.000.000	700.000.000.000

Tabloda yer alan vergi çeşitlerinin değişkenler olarak ifadesi aşağıdaki gibidir.

X_1 : İlan ve Reklam Vergisi

X_2 : Eğlence Vergisi

X_3 : Bina Vergisi

X_4 : Arazi Vergisi

X_5 : Arsa Vergisi

X_6 : Haberleşme Vergisi

X_7 : Elektirik ve Havagazı Vergisi

X_8 : Yangın Sigorta Vergisi

X_9 : Çevre ve Temizlik Vergisi

X_{10} : Çeşitli Vergiler

Her bir Hedeften kabul edilebilir maksimum sapma d_i ($i = 1,2,..., 10$) ile gösterilmiştir.

5.5. KURULAN MODELLER

Modelleme süreci içerisinde (4.20) modeli kullanılacaktır. İlk olarak veriler, linguistik yaklaşım yardımı ile formülasyonlar yapılarak modelleme süreci başlayacak ve (4.20) kullanılarak uygulamanın çözümü tamamlanacaktır.

5.5.1. (4.10) Denklemine Göre formülasyon

Eldeki veriler yardımı ile 2002 Mali Yılı gelir bütçesinde yer alan toplam vergiler ve her bir vergiye ait toplanması tahmin edilen yaklaşık vergi miktarı, linguistik yaklaşım yardımı ile formülasyonu aşağıdaki gibi ifade edilir.

Amaç: X değişkenlerinin belirlenmesi

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} = 6.494.480.000.000$$

$$X_1 = 12.000.000.000$$

$$X_2 = 40.000.000.000$$

$$X_3 = 3.450.000.000.000$$

$$X_4 = 120.000.000.000$$

$$X_5 = 580.000.000.000$$

$$X_6 = 420.000.000.000$$

$$X_7 = 1.050.000.000.000$$

$$X_8 = 1.480.000.000$$

$$X_9 = 820.000.000.000$$

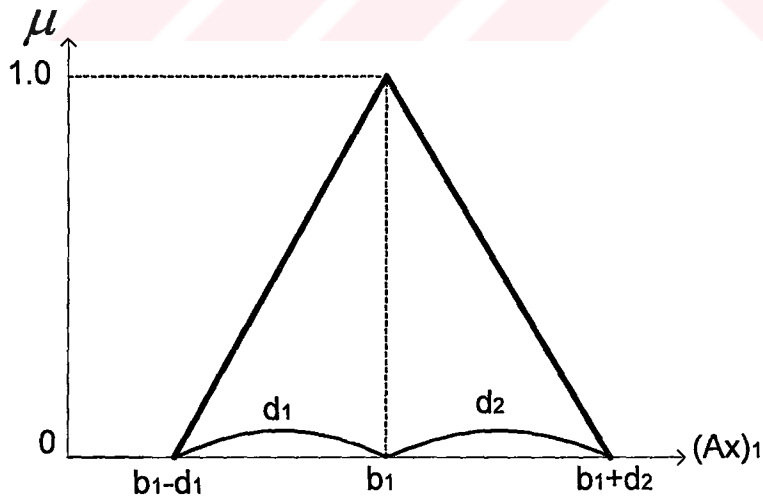
$$X_{10} = 1.000.000.000$$

$$X_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, 10$$

5.5.2. (4.20) Denklemine Göre Formülasyon

Linguistik yaklaşım yardımı ile her bir hedefin formülasyonundan sonra, her bir hedefin üyelik fonksiyonu ve üç değerli bulanık sayı biçiminde ifadeleri aşağıdaki gibidir.

Toplam Vergi Geliri Hedefi için üç değerli bulanık sayı



Şekil 8. Toplam Vergi hedefi için Üç Değerli Üyelik fonksiyonu

Toplam Vergi Geliri için merkezi değer, en kötümser değer ve en iyimser değer aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$b_1 = 6.494.480.000.000$$

$$b_1 - d_1 = 5.794.480.000.000$$

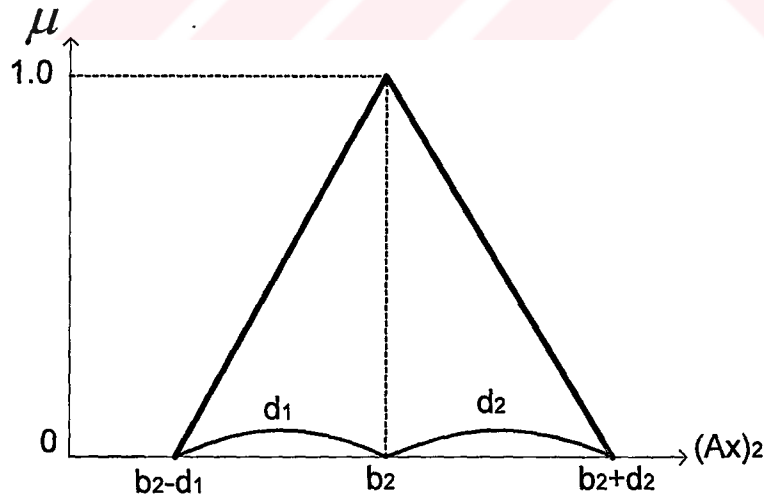
$$b_1 + d_2 = 7.194.480.000.000$$

$$d_1 = d_2 = 700.000.000.00$$

Toplam Vergi Geliri hedefine ait üyelik fonksiyonu

$$\mu_1(g_1(x)) = \begin{cases} \left[\left(\sum_{i=1}^{10} X_i \right) - (5.794.480 \times 10^6) \right] / (700 \times 10^9) , & (5.794.480 \times 10^6) \leq \sum_{i=1}^{10} X_i < (6.494.480 \times 10^6) \\ \left[(7.194.480 \times 10^6) - \left(\sum_{i=1}^{10} X_i \right) \right] / (700 \times 10^9) , & (6.494.480 \times 10^6) < \sum_{i=1}^{10} X_i \leq (7.194.480 \times 10^6) \\ 0 , & (7.194.480 \times 10^6) < \sum_{i=1}^{10} X_i \text{ veya } \sum_{i=1}^{10} X_i < (5.794.480 \times 10^6) \end{cases}$$

İlan ve Reklam Vergi geliri hedefi için simetrik üç değerli bulanık sayının oluşturulması ve üyelik fonksiyon



Şekil 9. İlan ve Reklam Vergi hedefi için Üç Değerli Bulanık Sayı

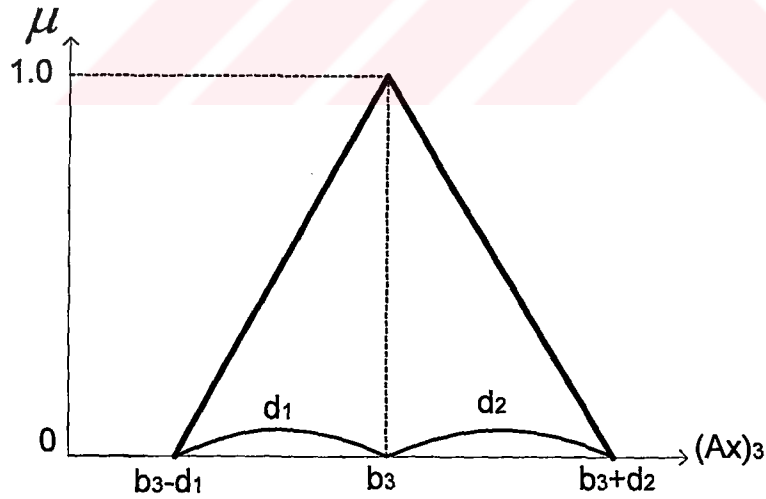
İlan ve Reklam Vergisi için merkezi değer, en kötümser değer ve en iyimser değer aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\begin{aligned}
b_2 &= 12.000.000.000 \\
b_2 - d_1 &= 10.650.000.000 \\
b_2 + d_2 &= 13.350.000.000 \\
d_1 &= d_2 = 1.350.000.000
\end{aligned}$$

İlan ve Reklam Vergi Hedefine ait üyelik fonksiyonu

$$\mu_2(g_2(x)) = \begin{cases} [X_1 - (10.650 \times 10^6)] / (1.350 \times 10^6) & , (10.650 \times 10^6) \leq X_1 < (12.000 \times 10^6) \\ [(13.350 \times 10^6) - X_1] / 1.350 \times 10^6 & , (12.000 \times 10^6) \leq X_1 < (13.350 \times 10^6) \\ 0 & , (13.350 \times 10^6) < X_1 \\ & , veya X_1 < (10.650 \times 10^6) \end{cases}$$

Eğlence Vergisi Hedefi için simetrik üç değerli bulanık sayının oluşturulması ve üyelik fonksiyonu



Şekil 10. Eğlence Vergi hedefi için Üç Değerli Bulanık sayı

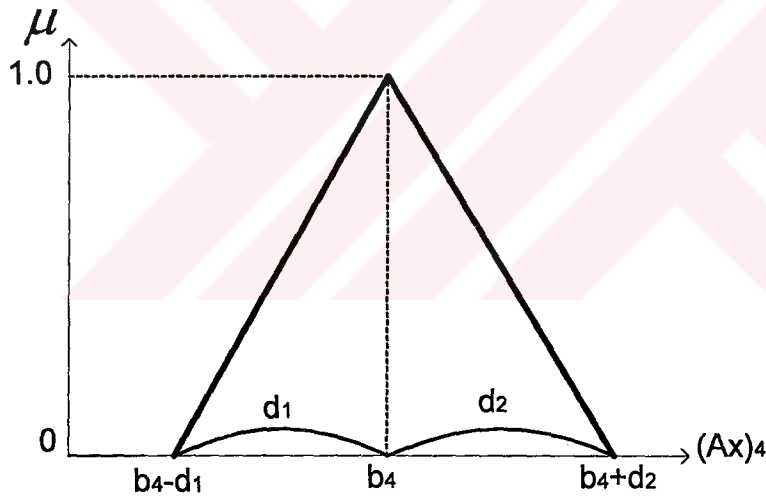
Eğlence Vergisi hedefi için merkezi değer, en kötümser değer ve en iyimser değer aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\begin{aligned}
b_3 &= 40.000.000.000 \\
b_3 - d_1 &= 36.200.000.000 \\
b_3 + d_2 &= 43.800.000.000 \\
d_1 &= d_2 = 3.800.000.000
\end{aligned}$$

Eğlence Vergisi hedefine ait üyelik fonksiyonu

$$\mu_3(g_3(x)) = \begin{cases} [X_2 - (36.200 \times 10^6)] / (3.800 \times 10^6) & , \quad (36.200 \times 10^6) \leq X_2 < (40 \times 10^9) \\ [(43.800 \times 10^6) - X_2] / (3.800 \times 10^6) & , \quad (40 \times 10^9) \leq X_2 < (43.800 \times 10^6) \\ 0 & , \quad (43.800 \times 10^6) < X_2 \text{ veya } X_2 < (36.200 \times 10^6) \end{cases}$$

Bina Vergisi hedefi için simetrik üç değerli bulanık sayının oluşturulması ve üyelik fonksiyonu



Şekil 11. Bina Vergisi hedefi için Üç Değerli Bulanık sayı

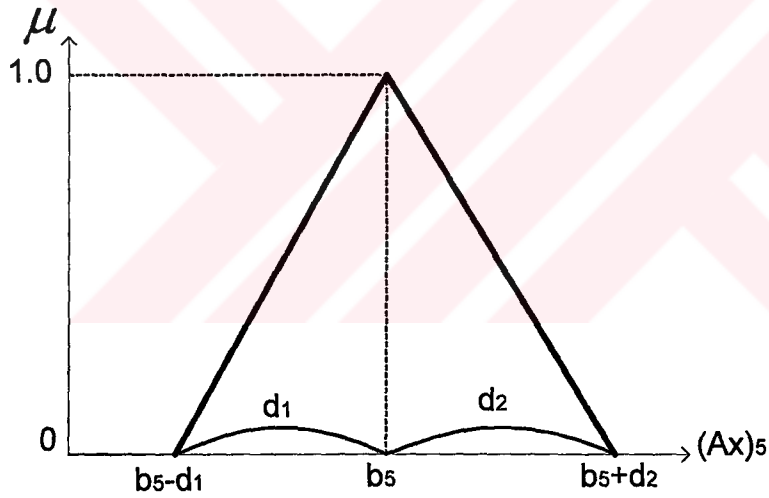
Bina Vergisi hedefi için merkezi değer, en kötümser değer ve en iyimser değer aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\begin{aligned}
b_4 &= 3.450.000.000.000 \\
b_4 - d_1 &= 3.412.550.000.000 \\
b_4 + d_2 &= 3.487.450.000.000 \\
d_1 &= d_2 = 370.000.000.000
\end{aligned}$$

Bina Vergisi hedefine ait üyelik fonksiyonu

$$\mu_4(g_4(x)) = \begin{cases} [X_3 - (3.412.550 \times 10^6)] / (370.450 \times 10^6) & , (3.412.550 \times 10^6) \leq X_3 < (3.450 \times 10^9) \\ [(3.487.450 \times 10^6) - X_3] / (370.450 \times 10^6) & , (3.450 \times 10^9) \leq X_3 < (3.487.450 \times 10^6) \\ 0 & , (3.487.450 \times 10^6) < X_3 \\ & , \text{veya } X_3 < (3.412.550 \times 10^6) \end{cases}$$

Arazi Vergisi hedef için simetrik üç değerli bulanık sayının oluşturulması ve üyelik fonksiyonu



Şekil 12. Arazi Vergisi hedefi için Üç Değerli Bulanık sayı

Arazi Vergisi hedefi için merkezi değer, en kötümser değer ve en iyimser değer aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$b_5 = 120.000.000.000$$

$$b_5 - d_1 = 102.000.000.000$$

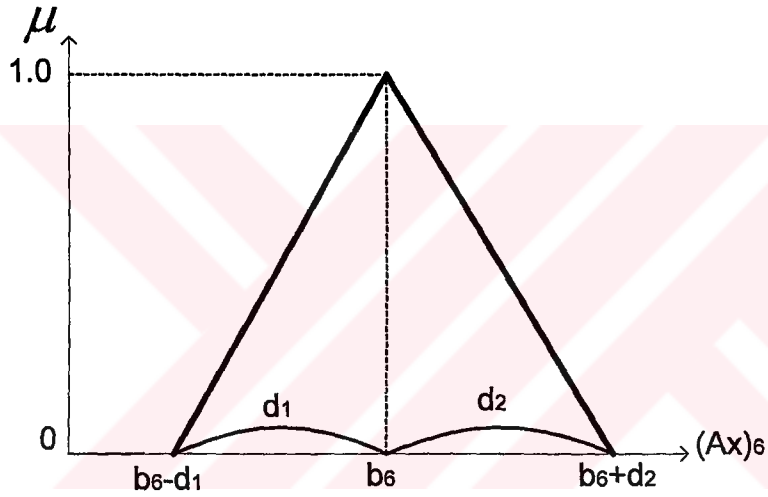
$$b_5 + d_2 = 138.000.000.000$$

$$d_1 = d_2 = 18.000.000.000$$

Arazi Vergisi hedefine ait üyelik fonksiyonu

$$\mu_5(g_5(x)) = \begin{cases} [X_4 - (102 \times 10^9)] / (18 \times 10^9) & , \quad (102 \times 10^9) \leq X_4 < (120 \times 10^9) \\ [(138 \times 10^9) - X_4] / (18 \times 10^9) & , \quad (120 \times 10^9) \leq X_4 < (138 \times 10^9) \\ 0 & , \quad (138 \times 10^9) < X_4 \text{ veya } X_4 < (102 \times 10^9) \end{cases}$$

Arsa Vergisi hedefi için simetrik üç değerli bulanık sayının oluşturulması ve üyelik fonksiyonu



Şekil 13. Arsa Vergisi hedefi için Üç Değerli Bulanık sayı

Arsa Vergisi hedefi için merkezi değer, en kötümser değer ve en iyimser değer aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$b_6 = 580.000.000.000$$

$$b_6 - d_1 = 517.500.000.000$$

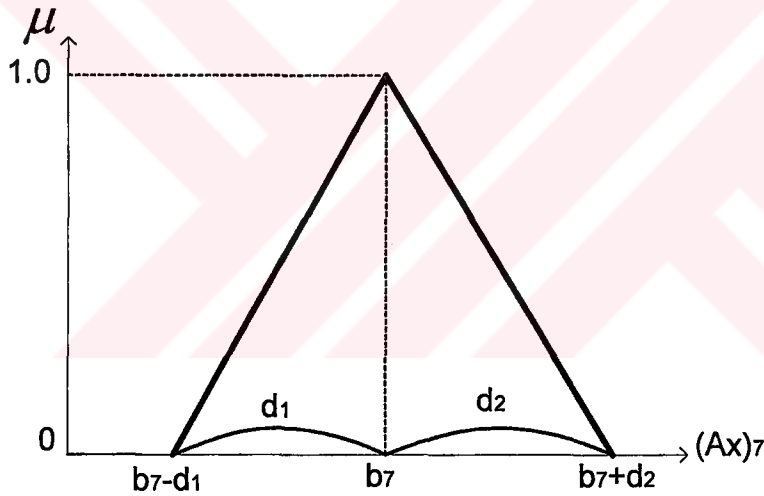
$$b_6 + d_2 = 642.500.000.000$$

$$d_1 = d_2 = 62.500.000.000$$

Arsa Vergisi hedefine ait üyelik fonksiyonu

$$\mu_6(g_6(x)) = \begin{cases} [X_5 - (517.500 \times 10^6)] / (62.500 \times 10^6) & , (517.500 \times 10^6) \leq X_5 < (580 \times 10^9) \\ [(642.500 \times 10^6) - X_5] / (62.500 \times 10^6) & , (580 \times 10^9) \leq X_5 < (642.500 \times 10^6) \\ 0 & , (642.500 \times 10^6) < X_5 \\ & , veya X_5 < (517.500 \times 10^6) \end{cases}$$

Haberleşme Vergisi hedefi için simetrik üç değerli bulanık sayının oluşturulması ve üyelik fonksiyonu



Şekil 14. Haberleşme Vergisi hedefi için Üç Değerli Bulanık sayı

Haberleşme Vergisi hedefi için merkezi değer, en kötümser değer ve en iyimser değer aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$b_7 = 420.000.000.000$$

$$b_7 - d_1 = 373.000.000.000$$

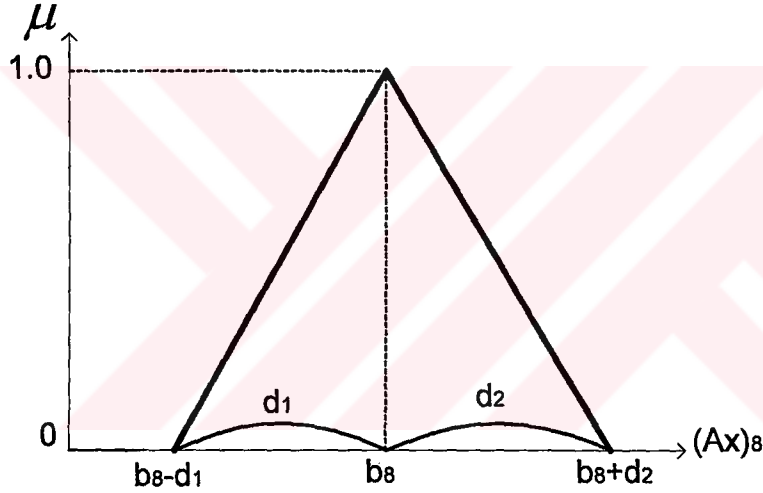
$$b_8 + d_2 = 467.000.000.000$$

$$d_1 = d_2 = 47.000.000.000$$

Haberleşme Vergisi hedefine ait üyelik fonksiyonu

$$\mu_7(g_7(x)) = \begin{cases} [X_6 - (373 \times 10^9)] / (47 \times 10^9) & , \quad (373 \times 10^9) \leq X_6 < (420 \times 10^9) \\ [(467 \times 10^9) - X_6] / (47 \times 10^9) & , \quad (420 \times 10^9) \leq X_6 < (467 \times 10^9) \\ 0 & , \quad (467 \times 10^9) < X_6 \text{ veya } X_6 < (373 \times 10^9) \end{cases}$$

Elektrik ve Havagazı Tüketim Vergi hedefi için simetrik üç değerli bulanık sayının oluşturulması ve üyelik fonksiyonu



Şekil 15 Elektrik ve Havagazı Tüketim Vergisi hedefi için Üç Değerli

Bulanık sayı

Elektrik ve Havagazı Tüketim Vergisi hedefi için merkezi değer, en kötümser değer ve en iyimser değer aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$b_8 = 1.050.000.000.000$$

$$b_8 - d_1 = 943.000.000.000$$

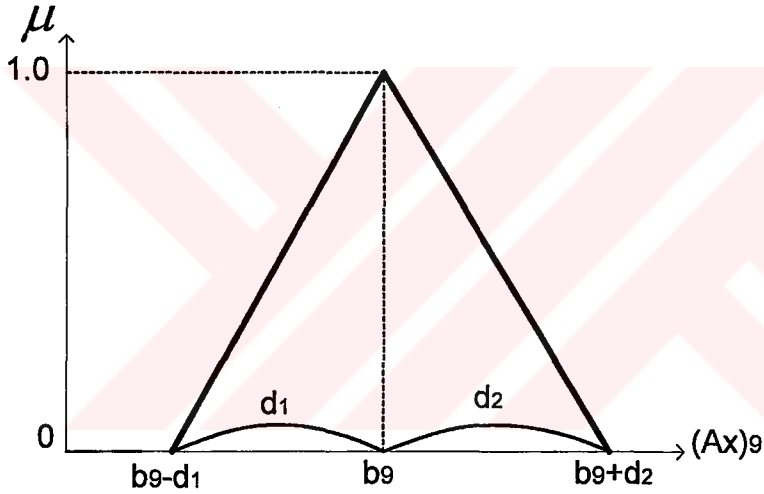
$$b_8 + d_2 = 1.157.000.000.000$$

$$d_1 = d_2 = 107.000.000.000$$

Elektrik ve Havagazı Tüketim Vergisi hedefine ait üyelik fonksiyonu

$$\mu_8(g_8(x)) = \begin{cases} [X_7 - (943 \times 10^9)] / (107 \times 10^9) & , \quad (943 \times 10^9) \leq X_7 < (1.050 \times 10^9) \\ [(1.157 \times 10^9) - X_7] / (107 \times 10^9) & , \quad (1.050 \times 10^9) \leq X_7 < (1.157 \times 10^9) \\ 0 & , \quad (1.157 \times 10^9) < X_7 \text{ veya } X_7 < (943 \times 10^9) \end{cases}$$

Yangın Sigorta Vergisi hedefi için simetrik üç değerli bulanık sayının oluşturulması ve üyelik fonksiyonu



Şekil 16. Yangın Sigorta Vergisi hedefi için Üç Değerli Bulanık sayı

Yangın Sigorta Vergisi hedef için merkezi değer, en kötümser değer ve en iyimser değer aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$b_9 = 1.480.000.000$$

$$b_9 - d_1 = 1.310.000.000$$

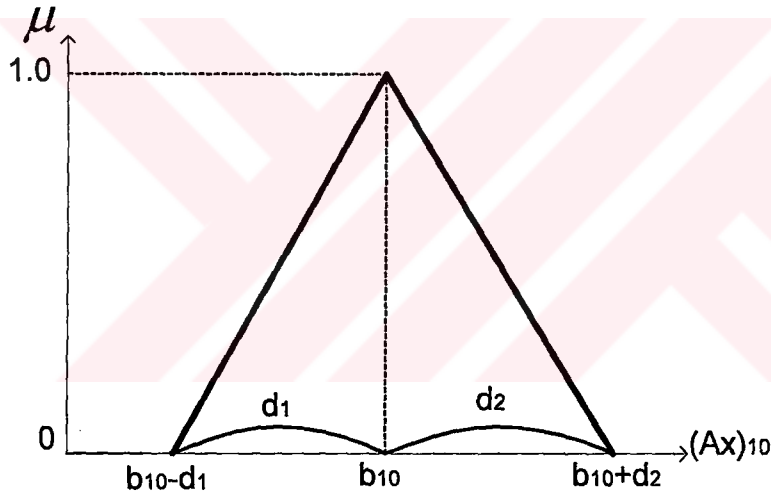
$$b_9 + d_2 = 1.650.000.000$$

$$d_1 = d_2 = 170.000.000$$

Yangın Sigorta Vergisi hedefine ait üyelik fonksiyonu

$$\mu_g(g_s(x)) = \begin{cases} [X_g - (1.310 \times 10^6)] / (170 \times 10^6) & , \quad (1.310 \times 10^6) \leq X_g < (1.480 \times 10^6) \\ [(1.650 \times 10^6) - X_g] / (170 \times 10^6) & , \quad (1.480 \times 10^6) \leq X_g < (1.650 \times 10^6) \\ 0 & , \quad (1.650 \times 10^6) < X_g \text{ veya } X_g < (1.310 \times 10^6) \end{cases}$$

Çevre ve Temizlik Vergisi hedefi için simetrik üç değerli bulanık sayının oluşturulması ve üyelik fonksiyonu



Şekil 17. Çevre ve Temizlik Vergisi İçin Üç Değerli Bulanık sayı

Çevre ve Temizlik Vergisi hedef için merkezi değer, en kötümser değer ve en iyimser değer aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$b_{10} = 820.000.000.000$$

$$b_{10} - d_1 = 737.000.000.000$$

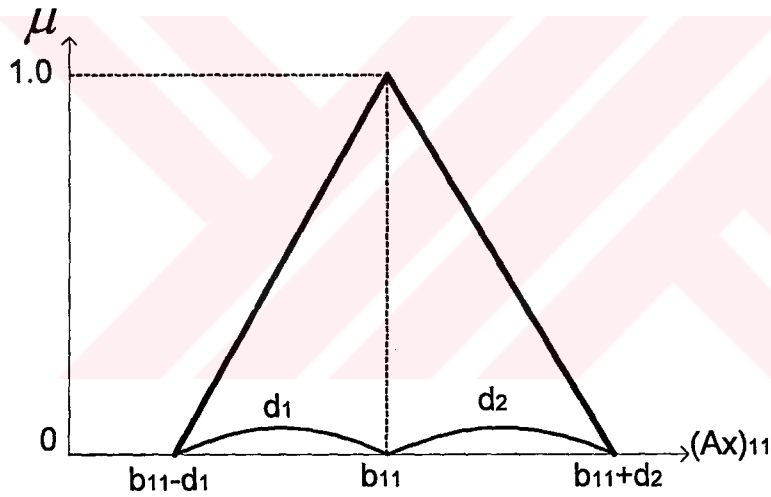
$$b_{10} + d_2 = 903.000.000.000$$

$$d_1 = d_2 = 83.000.000.000$$

Çevre ve Temizlik Vergisi hedefine ait üyelik fonksiyonu

$$\mu_{10}(g_{10}(x)) = \begin{cases} [X_9 - (737 \times 10^9)] / (83 \times 10^9) & , \quad (737 \times 10^9) \leq X_9 < (820 \times 10^9) \\ [(903 \times 10^9) - X_9] / (83 \times 10^9) & , \quad (820 \times 10^9) \leq X_9 < (903 \times 10^9) \\ 0 & , \quad (903 \times 10^9) < X_9 \text{ veya } X_9 < (737 \times 10^9) \end{cases}$$

Çeşitli Vergileri hedefi için simetrik üç değerli bulanık sayının oluşturulması ve üyelik fonksiyonu



Şekil 18.Çeşitli Vergiler hedefi için Üç Değerli Bulanık sayı

Çeşitli Vergiler hedefi için merkezi değer, en kötümser değer ve en iyimser değer aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$b_{11} = 1.000.000.000$$

$$b_{11} - b_1 = 902.000.000$$

$$b_{11} + b_2 = 1.098.000.000$$

$$d_1 = d_2 = 98.000.000$$

Çeşitli Vergiler hedefine ait üyelik fonksiyonu

$$\mu_{11}(g_{11}(x)) = \begin{cases} [X_{10} - (902 \times 10^6)] / (98 \times 10^6) & , \quad (98 \times 10^6) \leq X_{10} < (1 \times 10^9) \\ [(1.050 \times 10^6) - X_{10}] / (98 \times 10^6) & , \quad (1 \times 10^9) \leq X_{10} < (1.098 \times 10^6) \\ 0 & , \quad (1.050 \times 10^6) < X_{10} \text{ veya } X_{10} < (902 \times 10^6) \end{cases}$$

Yukarıda her bir hedef için ifade edilen üyelik fonksiyonları yardımı ile Bulanık Hedef Programlama modeli (4.20) denklemine göre aşağıdaki biçimde oluşturulur

Maks α

Kısıtlar

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} - 700 \times 10^9 \alpha \geq 5.794.480 \times 10^9$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + 700 \times 10^9 \alpha \leq 7.194.480 \times 10^9$$

$$X_1 - 1.350 \times 10^6 \alpha \geq 10.650 \times 10^6$$

$$X_1 + 1.350 \times 10^6 \alpha \leq 13.350 \times 10^6$$

$$X_2 - 3.800 \times 10^6 \alpha \geq 36.200 \times 10^6$$

$$X_2 + 3.800 \times 10^6 \alpha \leq 48.300 \times 10^6$$

$$X_3 - 370.450 \times 10^6 \alpha \geq 3.412.550 \times 10^6$$

$$X_3 + 370.450 \times 10^6 \alpha \leq 3.487.450 \times 10^6$$

$$X_4 - 18 \times 10^9 \alpha \geq 102 \times 10^9$$

$$X_4 + 18 \times 10^9 \alpha \leq 138 \times 10^9$$

$$X_5 - 62.500 \times 10^6 \alpha \geq 517.500 \times 10^6$$

$$X_5 + 62.500 \times 10^6 \alpha \leq 642.500 \times 10^6$$

$$X_6 - 47x10^9 \alpha \geq 373x10^9$$

$$X_6 + 47x10^9 \alpha \leq 467x10^9$$

$$X_7 - 107x10^9 \alpha \geq 943x10^9$$

$$X_7 + 107x10^9 \alpha \leq 1.157x10^9$$

$$X_8 - 170x10^6 \alpha \geq 1.310x10^6$$

$$X_8 + 170x10^6 \alpha \leq 1.650x10^6$$

$$X_9 - 83x10^9 \alpha \geq 737x10^9$$

$$X_9 + 83x10^9 \alpha \leq 903x10^9$$

$$X_{10} - 98x10^6 \alpha \geq 902x10^6$$

$$X_{10} + 98x10^6 \alpha \leq 1.098x10^6$$

$$\alpha \in [0,1] \text{ ve } X > 0$$

(4.20) denkleminde göre elde edilen formülasyonlar Ds paket program yardımı ile Doğrusal Programlama üzerinde bir takım küçük değişiklikler yapılarak, modelde yer alan şartlar bütünü ile sağlanmak sureti ile aynı sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 5.2 de özet olarak verilmiştir.

Tablo 5.2. Çözüm sonuçları

Vergi Çeşitleri	Gelir
İlan ve Reklam Vergisi	11.999.960.000
Eğlence Vergisi	39.999.900.000
Bina Vergisi	3.449.990.000.000
Arazi Vergisi	119.999.500.000
Arsa Vergisi	579.998.300.000
Haberleşme Vergisi	419.998.800.000
Elektirik ve Havagazı Tüketim Vergisi	1.048.997.000.000
Yangın Sigorta Vergisi	1.479.996.000
Çevre ve Temizlik Vergisi	819.997.800.000
Çeşitli Vergiler	999.997.400
Toplam Vergi	6.493.461.253.400

Tablo değerlendirecek olursa;

Bornova Belediyesi'nin 2002 Mali Yılı Gelir Bütçesi içerisinde yer alan tahmin edilen Belediye Vergileri'ne ait veriler ve kabul edilebilir maksimum sapmalar yardımı ile kurulan modeller sonucu Belediye'nin 2002 Mali Yılı Belediye Vergileri için hedeflemiş olduğu gelirler $\alpha = 1.0$ tatminkarlık seviyesinde tamamen karşılanacaktır. Sonuçlarda görüldüğü üzere kabul edilebilir maksimum sapmalar yardımı ile bulandırılan her hedefe ait değerler ve çözüm sonuçları tahmin edilen gerçek değerlerin yaklaşık olarak aynısıdır.

5.6. SONUÇ, ÖNERİLER VE ELEŞTİRİLER

Bu uygulamada kullanılan yöntem, verilerin tahmin edilmiş veya bir anlamda bulanıklığı sayesinde, her bir veri için bulandırma süreci sonucunda yapılan çözümlemede, tahmin edilen değerler ile bulanık hale dönüştürülen verilerin sonuçları arasında fark bulunmadığı gözlemlenmiştir.

Her bir hedefe ait maksimum kabul edilebilir sapmalar incelendiğinde tahmin edilen hedeflerin yaklaşık olarak %10'u civarında alınmıştır. Bu yüzde değeri geçmiş yıllardaki bütçelere göre belirlenmiştir. Kabul edilebilir maksimum sapmalar arttığında sonuçlar ve α tatminkarlık azalacak, kabul edilebilir sapmalar azaldığında ise sonuçlar ve tatminkarlık derecesi α artacaktır.

Bu uygulamada dikkat edilmesi gereken en önemli husus ise kabul edilebilir maksimum sapmaların simetrik olarak alındığıdır. Bu değerlerin simetrik olarak alınması her zaman için iyi sonuçlar vermeyebilir. Bunun yerine, tahmin edilen hedeflerin etrafında olacak sapmalar, simetrik yerine simetrik olmayan bir şekilde oluşturulsa ve sol taraf değeri sağ tarafa göre daha küçük alınır ise sonuçlar daha anlamlı bir hale gelebilir.

Bu uygulamada kullanılan Bulanık Hedef Programlama tekniği göstermektedir ki; belirsiz veya bulanık ortamlarda meydana gelen günlük hayat ile ilgili problemler, içerdikleri bulanıklık sebebi ile problemlerin yapılarına göre gerek simetrik gerekse simetrik olmayan sapmalar kullanılarak kolayca modellenip, karar verici için makul sonuçları vermektedir.

KAYNAKÇA

1. Aouni, B., Kettani, O., (2001), " Goal Programming model: A Glorious history and a promising future", European Journal of Operations Research 133, s.225-231.
2. Arıkan, Feyzan, (1996). "Bulanık Hedef Programlama'nın çok Amaçlı Proje Şebekesi Problemine Uygulanması", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
3. Bal, Hasan, " Optimizasyon Teknikleri", (1995). Gazi Üniversitesi Yayınları Ankara.
4. Bandemer, Hans, Gottwald, Siegfried, John Wiley&Sons Ltd., Chichester, 1995.
5. Carlsson, C., Fuller, R., (1995). " Multiple Criteria Decision Making: The Case for Interdependence," Computers Operations Research 22, s.251-260.
6. Chang, Ni-Bin, Wang, S.F., (1997), "A Fuzzy Goal Programming approach for the optimal planning of metropolitan solid waste management systems", European Journal of Operations Research 99, s. 303-321.
7. Chen, Chen-Tung, (2000). Extension of TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment", Fuzzy Sets and Systems 114, s.1-9.
8. Chen, Liang-Hsuan, Tsai, Feng-Chou, (2001). "Fuzzy Goal Programming with different Importance and priorities", European Journal of Operations Research 133, s.548-556.
9. Davis, K., Roscoe, McKeown, Patrick G., (1981). Quantitative Models for Management, Kent Publishing Company, Boston.
10. Dantzing, George B., Thapa, Mukund N., (1987). Linear Programming, Springer-Verlag, New York.

11. EL-Gayer, Omar F., Leung, PingSun, (2001). "A multiple criteria decision making framework for regional aquaculture development", *European Journal of Operations Research* 133, s.462-482.
12. EL-Wahed, Wael F., Abo Sinna, Mahmoud A.,(2001). "A hybrid fuzzy-goal programming approach to multiple objective decision making problems", *Fuzzy Sets and Systems* 119, s. 71-85
13. Fuller, Robert., Carlsson, Christer.,(1996). " Fuzzy multiple criteria decision making: recent development", *Fuzzy Sets and Systems* 78, s.139-153.
14. Gal, Tomas., Stewart, Theodor J., Hane, Thomas.,(1999). *Multicriteria Decision Making: Advances in MCDM Models, Algorithms, Theory and Applications*, Kluwer Academic Publishers, Boston.
15. Güneş, Mustafa.,(1997). "Klasik Mantığa Alternatif: Bulanık Mantık ve Yöneylem Tekniklerine Uygulanması", 3. Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu, Bildirileri, Bursa, s. 371-383.
16. Ignizio, James P., (1976). *Goal Programming and Extensions*, Lexington Books D.C. Health and Company, Toronto.
17. Inuiguchi, Masahiro., Ramik, Jaroslav.,(2000). "Possibilistics linear programming: a brief review of fuzzy mathematical programming and comparison with stochastic programming in portfolio selection problem", *Fuzzy Sets and Systems* 111, s.3-28.
18. Jones, D.F., Tamiz, M.,(1995). "expanding the Flexibility of Goal Programming via Preference Modelling Techniques", *Omega, International Journal of Management* 23, s.41-48

19. Kim J.S., Whang, Kyu-Seung..(1998). " A Tolerance approach to the fuzzy goal programming problems with unbalanced triangular membership function", European Journal of Operations Research 107, s. 614-624.
20. Korhonen, Pekka.,(1998). International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA), Laxenburg, Austria.
21. Lai, Y., Hwang, C.L.,(1994). Fuzzy Multiple Objective Decision Making- Methods and Applications, Springer-Verlag, New York.
22. Lee, Sang M., Moore Laurence J.,(1975). Introduction to Decision Science, Petrocelli/Charter, New York.
23. Li, Han-Lin, Yu, Chian-Son. (2000). " A fuzzy multiobjective program with quasiconcave membership functions and fuzzy coefficients", Fuzzy Sets and Systems 109, s.59-81.
24. Liang, Gin-Shuh,(1999). "Fuzzy Multiple Criteria Decision Making based on ideal and anti-ideal concepts", European Journal of Operations Research 112, s.682-691.
25. Mendoza G.A., Prabhu,R. (2000). " Multiple criteria decision making approaches to assesing forest sustainability using criteria an indicators : a case study", Forest ecology and Management 131, s. 107-126.
26. Mollaghasemi, Mansooreh.,Pet-Edwards, Julia.(1998). Technical Briefing: Making Multiple-Objective Decisions. IEEE Computers Society Pres , California.
27. Martel, Jean-Marc.,Aouni, Belaid.(1998). " Diverse Imprecise Goal Programming Model Formulations", Journal of Global Optimization 12, s. 127-138

28. Ogryczak, Włodzimierz.(2001). "Comments on properties of the minmax solutions in goal programming", European Journal of Operations Research 132, s.17-21.
29. Riberio R.A.(1996). " Fuzzy Multiple attribute decision making: A review and new preference elicitation techniques", Fuzzy Sets and Systems 78, s.155-181.
30. Romero, Carlos. (1991). Handbook of Critical Issues in Goal Programming,Pergamon Pres, New York.
31. Romero, Carlos.(2001). "Extended lexicographic goal programming: a unifying approach", Omega.
32. Rommelfanger, Heinrich., Slowinski,Roman.(1998).Fuzzy sets in Decision Analysis, operations Research and Statistics, Kluwer Academic Publishers, Boston.
33. Schniederjans, Marc J..(1995). Goal Programming: Methodology and Applications, Kluwer Academic Publishers, Boston.
34. Tamiz, Mehrdad.(1996), Multi-objective Programming and Goal Programming, Springer, Berlin.
35. Tamiz, M.,Jones, D.F., Romero, Carlos.(1998). " Goal Programming for decision making: An overview of the current state-of-the-art", European Journal of Operations Research 111, s. 569-581.
36. Tamiz, M.,Jones, D.F.(1997). " Interactive Framework for Investigation of Goal Programming Models: Theory and Practice", Journal of Multi-Criteria Decision Analysis 6, s.52-60.
37. Terano,T., Asai, K., Sugeno, M., (1987).Fuzzy S systems theory and its Applications, Academic Pres Inc., Boston.

38. Trap, P., Helles, F..(1995).” Multi-Criteria decision MAKing in Forest Management Planning-an overview” journal of Forest Economics 1:3, s. 273-295.
39. Triantaphyllou, E., Shu, E., Sanches, N..(1998).” Multi-criteria Decision Making: An Operations Research Approach”, Encyclopedia of Electronics Engeneering 15, s. 175-186.
40. Yoon, Kwangsun.(1980). “System Selection By Multiple Attribute Decision Making”, wwwlib.umi.com/dissertations, 2001.
41. Wang, Hsiao-Fan., Fu, Ching-Chun.(1997). “A Generalization of Fuzzy Goal Programming with Preemitive Structure”, Computers Operations Research 24, s. 819-829.
42. Wise, Kenneth., Perushek, D.E..(1996). “ Linear Goal Programming for Academic Library Acquisitions Allocations”, Library Acquisitions: Practices & Theory, 20, s. 311-327.
43. Zeleny, Milan..(1982). Multiple Criteria Decision Making, McGraw-Hill, Company,London.
44. Zeleny, Milan..(1981).” The pros and cons of goal Programming”, Computers and Operations research 8, 354-367.
45. Zimmermann, H.J..(1987). Fuzzy Sets, decision Making and Expert System, Kluwer Academic Publishers, Boston.
46. Zimmermann, H.J.. (1996). Fuzzy Sets Theory and its Applications, Kluwer Academic Publishers, Boston.

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
BİLGİ YAKUTLAMA MERKEZİ**