

TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI

BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA VE YEREL YÖNETİMLERDE BİR
BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA UYGULAMASI

Yasemin COŞKUNIRMAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADANA-2010

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI**

**BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA VE YEREL YÖNETİMLERDE BİR
BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA UYGULAMASI**

Yasemin COŞKUNIRMAK

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ersin KIRAL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ADANA-2010

Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Müdürlüğüne,

Bu çalışma, jürimiz tarafından Ekonometri Anabilim Dalında DOKTORA TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Yrd. Doç. Dr. Ersin KIRAL
(Danışman)

Üye: Doç. Dr. Süleyman Bilgin KILIÇ

Üye: Doç. Dr. Fatih CİN

ONAY

Yukarıda imzaların, adı geçen öğretim elemanlarına ait olduklarını onaylarım.
...../...../2010

Prof. Dr. Azmi YALÇIN
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu'ndaki hükümlere tabidir.

ÖZET

BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA VE YEREL YÖNETİMLERDE BİR BULANIK HEDEF PROGRAMLAMA UYGULAMASI

Yasemin COŞKUNIRMAK

Yüksek Lisans Tezi, Ekonometri Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ersin KIRAL

Aralık 2010, 66 sayfa

Her sistem kendi bünyesi için en iyi sonucu hedefler. Belirsizlikler ve çeşitli kısıtlar altında bu hedefi gerçekleştirmeye çalışır. Belediyeler de belirli kısıtlar altında hedeflediği vergi gelirlerini toplamak isterler.

Bu çalışmada İskenderun Belediyesi'ndeki vergi gelirlerinde hedeflenen değerlerdeki bulanıklık nedeniyle oluşacak sonuçlar bir üyelik derecesiyle açıklanmaya çalışılmıştır. Çalışmadaki modellemede Çok Amaçlı Karar Verme alanı içine giren Bulanık Hedef Programlama kullanılmıştır. Problemdeki kısıtların değişmesi durumundaki sonuçlar incelenerek hedef değerler ile ilgili öneri ve yorumlar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık, Hedef, Vergi Gelirleri, Kısıt

ABSTRACT**FUZZY LINEAR PROGRAMMING AND AN APPLICATION OF FUZZY
GOAL PROGRAMMING IN LOCAL GOVERNMENTS****Yasemin COŞKUNIRMAK****Master Thesis, Department of Econometrics****Supervisor: Assistant Prof. Dr. Ersin KIRAL****December 2010, 66 pages**

The best result for each system targets its own constitution. Systems study for achieve this goal under various constraints and uncertainties. Municipalities want to collect the tax revenue target under certain constraints.

In this study the consequences of Iskenderun Municipality in tax revenues due to the targeted values in a blur tried to explain the degree of membership. Entered into the study area of Multiple Criteria Decision Making Fuzzy modeling is used goal programming. Constraints to change the results by examining the state of suggestions and comments were made regarding target values.

Keywords: Fuzzy, Target, Tax Revenues, Congestion

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince yardım ve desteğini esirgemeyen, bana yol gösteren hocam ve tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Ersin Kırıl'a teşekkürlerimi sunarım. Bana yol gösteren ve hazırladığım bu çalışma süresince bilgi ve deneyimi ile çalışmama destek veren değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Nurullah Umarusman' a teşekkürü bir borç bilirim.

İskenderun Belediye Başkanı Sayın Yusuf Civelek'e ve İskenderun Belediyesi Muhasebe Şefi Cihat Tümkaya' ya verilerin teminini sağladıkları için çok teşekkür ediyorum. Hayatımın her döneminde beni maddi manevi destekleyen aileme minnet ve şükranlarımı sunarım. Desteğini ve sevgisini benden hiçbir zaman esirgemeyen Murat Bolat'a sonsuz sevgilerimi sunarım.

Yasemin Coşkunırmak

Adana-2010

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	ii
ABSTRACT.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
TABLolar LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	x
GİRİŞ.....	1

BİRİNCİ BÖLÜM

BULANIK KÜMELER VE ÖZELLİKLERİ

1.1. Üyelik Fonksiyonu.....	6
1.2. Bulanık Küme.....	7
1.2.1. Bulanık Kümelerin Gösterimi.....	7
1.2.2. Bulanık Kümelerle İlgili Kavramlar	9
1.2.2.1. Eşitlik.....	9
1.2.2.2. Kapsama.....	9
1.2.2.3. Tümleyen.....	10
1.2.2.4. Birleşim.....	10
1.2.2.5. Kesişim.....	11
1.2.2.6. Merkez.....	11
1.2.2.7. α -kesimi (α -seviyesi).....	12
1.2.2.8. Dışbükeylik.....	12
1.2.2.9. Kartezyen Çarpım.....	13

II. BÖLÜM

ÜYELİK FONKSİYONLARININ SINIFLANDIRILMASI

2.1. Üyelik Fonksiyonunun Özellikleri.....	15
2.1.1. Normallik.....	15
2.1.2. Monotonluk.....	15

2.1.3. Simetri.....	16
2.2. Üyelik Fonksiyonlarının Sınıflandırılması.....	16
2.2.1. Sezgisel Belirlemeye Dayalı Üyelik Fonksiyonları.....	16
2.2.1.1. Zadeh'in Tek Model Fonksiyonu.....	17
2.2.1.2. Dimitriu ve Luban'ın Güç Fonksiyonları.....	18
2.2.1.3. Svarowski Sinüs Fonksiyonu.....	18
2.2.2. Özel Problemlerle İlgili Güvenirlilik Düşüncesine Dayanan Üyelik Fonksiyonları.....	19
2.2.2.1. Zimmermann'ın Doğrusal Fonksiyonu.....	19
2.2.3. Teorik Temele Dayanan Üyelik Fonksiyonu.....	19
2.2.3.1. Civanlar ve Trussel'in Fonksiyonu.....	19
2.2.3.2. Svarowski'nin Fonksiyonu.....	19
2.2.4. Deneysel Olarak Modellenen Üyelik Fonksiyonları.....	19
2.2.4.1. Hersh ve Caramazza Fonksiyonu.....	19
2.2.4.2. Zimmermann ve Zyso'nun Fonksiyonu.....	20
2.2.4.3. Dambi'nin Fonksiyonu.....	20
2.2.4.4. Tanaka,Ueijma ve Asai'nin Simetrik Üçgensel Fonksiyonu.....	20
2.2.4.5. Hannan'ın Parçalı Doğrusal Fonksiyonu.....	20
2.2.4.6. Lebering'in Hyperbolic Fonksiyonu.....	20
2.2.4.7. Sokawa ve Vumine'nin Üstel ve Ters Hyperbolic Fonksiyonu.....	21
2.2.4.8. Dimitriu ve Luban'ın Fonksiyonu.....	21
2.2.4.9. Dubais ve Prade'nin L-R Fonksiyonu.....	21
2.3. Bulanık Doğrusal Programlamada Üyelik Fonksiyon Biçimleri.....	21
2.3.1. Üçgen Üyelik Fonksiyonu.....	21
2.3.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu.....	22
2.3.3. Gaussian Üyelik Fonksiyonu.....	23
2.3.4. Çan Şekilli Üyelik Fonksiyonu.....	23
2.3.5. π Üyelik Fonksiyonu.....	24
2.3.6. Sigmadial Üyelik Fonksiyonu.....	24
2.3.7. S Üyelik Fonksiyonu.....	25

III. BÖLÜM

ÜYELİK FONKSİYONLARINDA CEBİRSEL İŞLEMLER

3.1. İkili İşlemler.....	26
3.1.1. Cebirsel Çarpma.....	27
3.1.2. Cebirsel Toplama.....	27
3.1.3. Cebirsel Fark.....	27

IV. BÖLÜM

BULANIK SAYILAR

4.1. Üçgensel Bulanık Sayılar.....	32
4.1.1. Üçgensel Bulanık Sayılarda Toplama.....	34
4.1.2. Üçgensel Bulanık Sayılarda Çıkarma.....	34
4.1.3. Üçgensel Bulanık Sayılarda Çarpma.....	34
4.1.4. Üçgensel Bulanık Sayılarda Bölme.....	34
4.2. Yamuksal Bulanık Sayılar.....	39
4.2.1. Yamuksal Bulanık Sayılarda Toplama.....	41
4.2.2. Yamuksal Bulanık Sayılarda Çıkarma.....	41
4.2.3. Yamuksal Bulanık Sayılarda Çarpma.....	41

BEŞİNCİ BÖLÜM

BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ

5.1. Doğrusal Programlama Probleminin Formülasyonu İle İlgili Bazı Kavramlar.....	42
5.1.1. Değişken.....	42
5.1.2. Karar (kontrol) Değişkeni.....	42
5.1.3. Amaç fonksiyonu.....	42
5.2. Doğrusal Programlama Modellerindeki Bazı Varsayımlar.....	44
5.2.1. Doğrusallık:.....	44
5.2.2. Toplanabilirlik:.....	44
5.2.3. Sınırlılık Varsayımı:.....	45
5.2.4. Negatif Olmama:.....	45
5.3. Bulanık Doğrusal Programlama Modellerinde Yaklaşımlar.....	45

5.3.1. Zimmermann Yaklaşımı.....	45
5.3.2. Diğer Yaklaşımlar.....	49
5.3.2.1. Sağ Taraf Sabitleri Bulanık Olanlar.....	49
5.3.2.2. Amaç Fonksiyonunun Katsayısı Bulanık Olanlar.....	50
5.3.2.3. Teknoloji Katsayısı Bulanık Olanlar.....	50
5.4. Chanas Yaklaşımı.....	50
5.5. Werners Yaklaşımı.....	51
5.6. Vergeday Yaklaşımı.....	51
5.7. Wang ve Liang Yaklaşımı.....	51
5.8. Bulanık Hedef Programlama.....	52

ALTINCI BÖLÜM

UYGULAMA

6.1. Problem.....	53
6.2. Sonuç ve Yorumlar.....	55

KAYNAKÇA.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	66

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. Ürünlerde Bulanık Mantığın Rolü	3
Tablo 2: Normal ve Bulanık Küme İşlemlerinin Özellikleri.....	8
Tablo 3: Öğrencilere Ait Üyelik Fonksiyonları.....	31
Tablo 4: Tahmin Edilen Gelir Tablosu.....	54
Tablo 5: Simetrik Durumdaki Sonuçlar.....	56
Tablo 6: Vergilerde Alt Sınırın Artması Durumu	57
Tablo 7: Beklenen Sapmanın % 10 Unun Alt Sınıra Eklendiği Sonuç.....	58
Tablo 8: Vergilerde Üst Sınırın Azalması Durumu.....	59
Tablo 9: Beklenen Sapmanın % 10' Unu Üst Sınırdan Çıkarıldığı Sonuç.....	60

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1: Bulanık Kümelerde Kapsama.....	9
Şekil 2: Bulanık Kümelerde Tümlen.....	10
Şekil 3: Bulanık Kümelerde Birleşim.....	10
Şekil 4: Bulanık Kümelerde Kesişim.....	11
Şekil 5: Bulanık Kümelerde Dışbükeylik.....	12
Şekil 6: A Bulanık Kümesinin Üyelik Dereceleri.....	13
Şekil 7: A Bulanık Kümesinin Üyelik Dereceleri.....	13
Şekil 8: B Bulanık Kümesinin Üyelik Dereceleri.....	18
Şekil 9: Zadeh'in Tek Model Fonksiyonu(Genç).....	18
Şekil 10: Zadeh'in Tek Model Fonksiyonu(Yaşlı).....	22
Şekil 11: Üçgen Üyelik Fonksiyonu.....	22
Şekil 12: Yamuk Üyelik Fonksiyonu.....	23
Şekil 13: Gaussian Üyelik Fonksiyonu.....	23
Şekil 14: Çan Şekilli Üyelik Fonksiyonu.....	24
Şekil15 : π_1 Üyelik Fonksiyonu.....	24
Şekil 16: π_2 Üyelik Fonksiyonu.....	25
Şekil 17: Sigmadial Üyelik Fonksiyonu.....	25
Şekil 18: S Üyelik Fonksiyonu.....	33
Şekil 19: Üçgensel Bulanık Sayı.....	35
Şekil 20: A Üçgensel Bulanık Sayısı.....	35
Şekil 21: B Üçgensel Bulanık Sayısı.....	36
Şekil 22: $A(x)$ in α Kesimi.....	36
Şekil 23: $B(x)$ in α Kesimi.....	37
Şekil 24: $(A+B)$ nin α Kesimi.....	37
Şekil 25: $(A-B)$ nin α Kesimi.....	37
Şekil 26: $(A.B)$ nin α Kesimi.....	38
Şekil 27: $(A:B)$ nin α Kesimi.....	39
Şekil 28: Yamuksal Bulanık Sayı.....	40
Şekil 29: A Yamuksal Bulanık Sayısı.....	40
Şekil 30: B Bulanık Sayısı.....	47

Şekil 31. $cTx \leq b_0$ Eşitsizliğinin Üyelik Fonksiyonu.....	47
---	----

GİRİŞ

Kavramları tanımlayan ifadelerdeki belirsizlik veya kesin olmama durumuna bulanıklık denir. Kavramlar kesin olarak tanımlanıp ölçülemediğinden dolayı çoğu zaman belirsiz (kesin olmayan) ifadeler kullanılır. Bulanık mantığın temelinde basitçe evet-hayır cevabı verilemeyen bazı sorular ve durumlar vardır. Bulanık mantık, klasik mantık sistemlerinden çok insan düşüncesi ve dilsel değişkenlere daha yakındır. Temel olarak, gerçek dünyanın eksik ve yaklaşık özelliğini yakalayan etkili bir araç sağlar.

İnsanoğlunun içinde bulunduğu kesin olmayan koşulları çözmede matematik ve olasılık teorileri yeterli olamamıştır.Çünkü matematikte kesinlik hakimken,olasılık teorisi ise bir olayın gerçekleşip gerçekleşmemesiyle ilgilenmektedir.Fakat bulanıklık 1920’lerde ortaya çıkan iki değerli klasik (Aristo) mantık sisteminin “doğru” ve “yanlış” ile ifade edilen değer kümesine, doğru-yanlış arasına değerler ekleyerek kesin olmayışın bilimsel olarak ifade edilmesine dayanmaktadır.

Bireylerin düşünce sistemindeki farklılıklar, hedeflerindeki belirsizlikler bulanıklık kavramıyla açıklanır. “Bulanık Mantık” kavramı ise ilk kez 1965’te Azeri Prof. Dr. Lütfi Askerzade tarafından Bulanık Kümeler (FuzzySets) başlıklı makalesinde kullanıldı.

Askerzade’ nin makalesi, klasik mantığın kesinlik vurgusundan vazgeçmeyen bilimsel çevreler tarafından kabul görmemiş ve hatta ABD Kongresi’nde ABD Ulusal Bilim Vakfı (NSF – NationalScience Foundation) kaynaklarının boşa harcanmasına neden olduğu ileri sürülmüştü.

Bulanık mantığın genel özellikleri Zadeh tarafından aşağıdaki gibi ifade edilmiştir:

Bulanık mantıkta, kesin değerlere dayanan düşünme yerine, yaklaşık düşünme kullanılır.

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

Bulanık mantıkta bilgi büyük, küçük, çok, az gibi dilsel ifadeler şeklindedir.

Bulanık çıkarım işlemi dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılır.

Her mantıksal sistem bulanık olarak ifade edilebilir.

Bulanık mantık matematiksel modeli çok zor elde edilen sistemler için çok uygundur (Elmas 2003).

Bulanık Mantığın Tarihçesi

1966'da Bulanık Mantık, Dr. Peter Marinos tarafından Bell laboratuvarlarında oluşturuldu. 1970'lerde özellikle Japon bilim adamlarının bulanık mantık kuramını mühendislik uygulamalarında kullanmaya başlamasıyla kurama olan ilgi dünya çapında arttı. 1972 yılında Londra Üniversitesi'nden Prof. E. H. Mamdani bulanık mantık temelli bir uygulama olarak buhar makinesinin hızının ve performansının çok başarılı bir şekilde denetlenebileceğini gösterdi.

1980 yılında bulanık mantığın ilk önemli endüstriyel uygulaması Danimarka'daki bir çimento fabrikasında F. L. Smidth tarafından gerçekleştirilmiş, değirmen içinde değirmen fırınının çok hassas bit denge ile oranlanması gereken sıcaklık ve oksijen ayarı en uygun biçimde yapılmıştır. Başka bir dikkate değer uygulama ise 1987 yılında Hitachi firması tarafından Sendai Metro'sunda (Japonya) trenin istenen konumda durması üç kat daha geliştirilip kullanılan enerji ise yüzde 10 azaltılarak gerçekleştirilmiştir. Hedefe 7 cm kala durabilen trende yolcular bir yere tutunma ihtiyacı hissetmemektedirler.

1988 yılının Ekim ayında 'KARA PAZAR'adı verilen Tokyo Borsası'nda yaşanan krizin sinyallerini on sekiz gün önceden haber veren Bulanık Mantık sistemi YamaichiSecurities tarafından geliştirilmiştir.

Bunlar gibi başarılı uygulamalardan sonra bulanık mantığa olan ilgi artmıştır. 1989 yılında aralarında SGS - Thomson, Omron, Hitachi, NCR, IBM, Toshiba ve Matsuhitagibi dünya çapında şirketlerin de bulunduğu LIFE (Laboratory for Interchange Fuzzy Engineering) laboratuvarları son yıllarda giderek artan yapay zeka ile ilgili çalışmalarda, Bulanık Kontrol'e yeni bir bakış açısı getirmişlerdir.

Bulanık Mantık Uygulamaları

Günümüzde bulanık sistem elektrikli süpürgeler, asansörler, metro, şirket işletimi ve veri tabanlarının sözcükleştirilmesi gibi konularda yaygın olarak kullanılmaya başlanmış ve hatta bu teknoloji fotoğraf makineleri, klimalar, çamaşır makineleri ve otomatik iletim hatları gibi uygulamalarda da kullanılmaktadır. Bunların yanı sıra uzay araştırmaları ve havacılık endüstrisinde de kullanılmaktadır.

Yukarıda bahsettiğimiz gibi son yıllarda oldukça ilgi çeken bulanık mantık; doğrusal ve doğrusal olmayan kontrol mekanizmaları, finansal sistemler, işletme araştırmaları, veri analizleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Yapılan son çalışmalar

bulanık mantığın mühendislik, fizik, biyoloji ya da ekonomi olsun, her türlü konuda sürekli sistemleri modellemek üzere kullanılabileceğini göstermektedir. Fakat en yaygın uygulama alanı ekonomi bilimindedir. Ekonomi bilminde ticari ve finansman modellerinin çıkışı, kalite kontrol tatbikatı, ihracat tercihi problemleri ve kredi değerlendirme analizleri gibi bir çok alanla etkileşim içindedir.

Bu çalışmada bu konuyla ilgili çeşitli uygulamalara yer verilmeye çalışılacaktır. Bu çalışmanın diğer bir amacı da bulanık mantığın ekonomide ne kadar önemli bir çözümleme ve tahmin aracı olduğunu ortaya koymaktır.

Ürünlerde Bulanık Mantığın Rolü:

(İşbilenYücel,2005)

Tablo1. Ürünlerde Bulanık Mantığın Rolü

Ürün	BULANIK MANTIĞIN ROLÜ
Araba motoru	Benzin pompası, oksijen miktarı, su sıcaklığı, devir sayısı, teklemeye ve manifold basıncına göre benzin enjeksiyonu ve patlamayı kontrol etmek
Asansör	Taşınilan insan sayısına göre bekleme süresini azaltmak (En yoğun kullanılan katları öğrenerek)
Avuç içi bilgisayar	Elle yazılan karakterleri tanımak
Buzdolabı	Kullanıcının alışkanlıklarına göre farklı raf soğukluğu ayarlamak
Duş sistemi	Su sıcaklığındaki değişimleri denetlemek
Elektrikli süpürge	Toz miktarı ve zemine göre motorun emme gücünü ayarlamak
Fabrika denetimi	İş bölümü ve seri üretim stratejilerini belirlemek
Fotoğraf makinesi	Görüntünün herhangi bir yerindeki nesneyi bularak oto fokus yapmak
Fotokopi makinesi	Resim yoğunluğuna göre voltaj ayarlamak
Fren sistemi	Arabanın hızlanmasıyla ortaya çıkan tehlikeli durumlarda frenleri kontrol etmek ve sürücüyü uyarmak
Golf teşhis sistemi	Golfçünün fiziği ve ritmine uygun oynayabileceği uygun bir golf klübü seçmek

Tablo1. (Devam)

Hisse senedi alımı ve satımı	Makro ve mikro ekonomik verilere göre Japon hisse senedi piyasasını idare etmek
Kamera	Elin titremesinden kaynaklanan görüntübozukluklarını gidermek ve ışığıayarlamak
Konfeksiyonda beden ölçülerininbelirlenmesi	Bir insanın belli ölçüleri baz alınarak beden ölçülerinin kişiye özel bir şekilde tespit edilmesi
Seyir denetimi	Arabanın hızına ve hızlanmasına göre benzin pompasının ayarlamak
Televizyon	Her bir çerçeve için renk dağılımını ayarlamak ve odanın dolu ya da boş olmasına göre sesi stabilize etmek
Tercüme programı	Kelimeleri tanıyarak tercüme yapmak
Tost makinesi	Her bir ekmek türü için tostun kalınlığını ve sıcaklığını ayarlayarak tost yapmak

Leyla İşbilen Yücel'in 2005 yılında İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ekonometri Anabilim Dalı "Bulanık Regresyon Türkiye'de 1980-2004 Döneminde Kayıt Dışı Ekonominin Bulanık Yöntemlerle Tahminine İlişkin Bir Uygulama" Başlıklı Yüksek Lisans Tezinden alınmıştır.

Bulanık Mantığın Avantajları ve Dezavantajları

Bulanık mantık günlük hayatta olduğu gibi belirsiz, zamanla değişen, karmaşık, iyi tanımlanmamış sistemlerin denetimine basit çözümler getirir. Sistem basit bir matematiksel modelle tanımlanabilen bir sistemse o zaman geleneksel bir denetim yeterli olacaktır. Ama karmaşık bir sisteme geleneksel bir mantık uygulamak hem çok zor hem de yüksek maliyetlidir. Buna karşılık bulanık mantık denetimi geleneksel mantığa göre sistemi daha iyi analiz edebileceği gibi aynı zamanda da ekonomiktir. Bulanık mantıkla işaretlerin bir ön işleme tabi tutulmaları ve oldukça geniş bir alana yayılan değerlerin az sayıda üyelik fonksiyonuna indirgenmeleri nedeniyle bulanık denetim genellikle daha küçük bir yazılımla daha hızlı bir şekilde sonuçlanır. Söz edilen az sayıda değerler üzerinde uygulanacak kural sayısı da az olduğundan sonuca ulaşmak daha da çabuklaşacaktır.

Bulanık mantığın avantajlarının yanısıra bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Örnek olarak bulanık denetimde kullanılan kurallar deneyime çok bağlıdır. Ayrıca üyelik fonksiyonlarının seçiminde belirli bir yöntem yoktur. En uygun fonksiyon deneme ile bulunur. Bu da oldukça uzun bir zaman alabilir. Denetlenen sistemin bir kararlılık analizi yapılamaz. Sistemin nasıl cevap vereceği önceden kestirilemez. Yapılacak tek şey benzetim çalışmasıdır. (Yalaz Ş. ,..., Yapıda Sistem Analizi Bulanık Mantık ppt sunusu)

BİRİNCİ BÖLÜM

BULANIK KÜMELER VE ÖZELLİKLERİ

“Bulanık küme; kesin kümedeki açık/kapalı, soğuk/sıcak gibi ikili denetim değişkenlerinden oluşan keskin dünyayı az açık / az kapalı, serin/ılık, biraz hızlı/biraz yavaş gibi az açık/ az kapalı, serin / ılık, biraz hızlı / biraz yavaş gibi yumuşak niteleyicilerle gerçek dünyaya benzettir.

Klasik kümelerdeki gibi bir değişken verilen kümenin ya elamanı ya da elamanı değildir yaklaşımının tersine her değişken verilen kümede belirli bir üyelik derecesine sahiptir.” (Keleşoğlu Ö. , 2006)

1.1. Üyelik Fonksiyonu

Tanım

Bulanık kümede her bir ögenin, bulanık kümeye ait olma dereceleri vardır. Bu dereceler üyelik fonksiyonu ile belirlenir. Üyelik fonksiyonu $[0, 1]$ aralığında değer alır ve $\mu(x)$ ile gösterilir. Bulanık küme teorisinde herhangi bir x elemanın bulanık kümeye tamamen ait (üyesi) olmak zorunda değildir, her bir elemanın kendine ait bir üyelik derecesi (değeri) vardır.

X boş olmayan bir küme ve her $x \in X$ için $\mu_A(x)$ değerine x in A ya ait olma (üyelik) derecesi denir.

Klasik küme teorisinde

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases}$$

olmak üzere $\mu_A(x)$ in iki değer aldığı görülür. Bu şekilde üyelik fonksiyonu 0 ve 1 değerini alan kümeye adi veya basit küme denir.

Geleneksel kümeler ile bulanık kümeler arasındaki en temel fark üyelik fonksiyonlarıdır. Geleneksel bir küme sadece bir üyelik fonksiyonu ile nitelenebilirken, bulanık bir küme teorik olarak sonsuz sayıda üyelik fonksiyonu ile nitelenebilir. (Zadeh, 1984).

1.2. Bulanık Küme

Tanım

Farklı üyelik derecesinde öğeleri olan topluluğa bulanık küme denir. Klasik küme teorisindeki siyah-beyaz ikili üyelik kavramını kısmi üyelik kavramına genelleştirir. Klasik küme teorisindeki iki değerli küme kavramından, çok değerli küme kavramına geçiştir.

X boş olmayan bir küme ve $I=[0,1] \subset \mathbb{R}$ olsun.

$\mu_A(x) : X \rightarrow [0,1]$ fonksiyonu tarafından karakterize edilen

$A = \{(x, \mu_A(x)) | x \in X \subset X \times I\}$ kümesine X te bir bulanık küme denir.

1.2.1. Bulanık Kümelerin Gösterimi

Bulanık bir küme, bir nesne ve bu nesnenin ilgili kümeye üyelik derecesini gösteren sıralı çiftlerle ifade edilir. $\tilde{A} = (X, \mu_{\tilde{A}}(X))$ biçimindeki her bir çifte, bulanık teklik denir. Bulanık teklikler $\mu_{\tilde{A}}(X) / X$ şeklinde de gösterilebilirler. (M. M. Özkan, 2003, 6-7)

Evrensel kümenin sonlu olduğu durumda $\tilde{A}$ bulanık kümesinin gösterimi aşağıdaki gibidir:

$$\tilde{A} = \sum_i \mu_{\tilde{A}}(X_i) / X_i = \mu_{\tilde{A}}(X_1) / X_1 + \mu_{\tilde{A}}(X_2) / X_2 + \dots + \mu_{\tilde{A}}(X_m) / X_m \text{ 'dir.}$$

Evrensel kümenin sonsuz olduğu durumda ise $\tilde{A}$ bulanık kümesinin gösterimi aşağıdaki gibidir:

$$\tilde{A} = \int \mu_{\tilde{A}}(X_i) / X_i \text{ 'dir.}$$

Yukarıda verilen ifadelerde $\sum$, $\int$, $/$ ve $+$ işaretleri cebirsel anlamda sırasıyla toplam, integral alma, bölme ve toplama işlemlerini göstermez. $\sum$ ve $\int$ işaretleri, bulanık tekliklerin sırasıyla kesikli ve sürekli evrenlerde bir araya getirilmesini ifade eder. $'$ simgesi bulanık teklikleri birbirinden ayırmaya yarayan bir ayıraçtır. $+$ işareti ise bulanık tekliklerin bir araya geldiğini göstermektedir. (Şen, 2001).

Normal ve bulanık küme işlemlerinin özellikleri aşağıdaki tablodaki gibidir.

Tablo2:Normal ve Bulanık Küme İşlemlerinin Özellikleri

	Normal Kümelerin Özellikleri	Bulanık Kümelerin Özellikleri
Çift Tümlleme Özelliği	$(A')' = A$	$(\mu'_A(x))' = \mu_A(x)$
Değişme Özelliği	$A \cup B = B \cup A$ $A \cap B = B \cap A$	$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_{B \cup A}(x)$ $\mu_{A \cap B}(x) = \mu_{B \cap A}(x)$
Birleşme Özelliği	$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap C$ $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup C$	$\mu_{A \cup (B \cap C)}(x)$ $= \mu_{(A \cup B) \cap C}(x)$ $\mu_{A \cap (B \cup C)}(x)$ $= \mu_{(A \cap B) \cup C}(x)$
Dağılma Özelliği	$A \cup (B \cap C) = (A \cup B) \cap (A \cup C)$ $A \cap (B \cup C) = (A \cap B) \cup (A \cap C)$	$\mu_{A \cup (B \cap C)}(x)$ $= \mu_{(A \cup B) \cap (A \cup C)}(x)$ $\mu_{A \cap (B \cup C)}(x)$ $= \mu_{(A \cap B) \cup (A \cap C)}(x)$
Tek Kuvvet Özelliği	$A \cup A = A$ $A \cap A = A$	$\mu_{A \cup A}(x) = \mu_A(x)$ $\mu_{A \cap A}(x) = \mu_A(x)$
Birim Eleman Özelliği	$A \cup \emptyset = A$ $A \cap E = A$	$\mu_{A \cup \emptyset}(x) = \mu_A(x)$ $\mu_{A \cap E}(x) = \mu_A(x)$
Ters Eleman Özelliği	$A \cup A' = E$ $A \cap A' = \emptyset$ $E' = \emptyset, \emptyset' = E$	Geçerli değildir. Geçerli değildir. Geçerli değildir.
De Morgan Kuralları	$(A \cup B)' = A' \cap B'$ $(A \cap B)' = A' \cup B'$	$\mu_{(A \cup B)'}(x)$ $= \mu_{A' \cap B'}(x)$ $\mu_{(A \cap B)'}(x)$ $= \mu_{A' \cup B'}(x)$
Yutma Özelliği	$A \cup (A \cap B) = A$ $A \cap (A \cup B) = A$	Geçerli değildir. Geçerli değildir.
Tümleyenin Yutma Özelliği	$A \cup (A' \cap B) = A \cup B$ $A \cap (A' \cup B) = A \cap B$	Geçerli değildir. Geçerli değildir.
Evrensel ve Boş Kümenin Yutma Özelliği	$A \cup E = E$ $A \cap \emptyset = \emptyset$	$\mu_{A \cup E}(x) = \mu_E(x)$ $\mu_{A \cap \emptyset}(x) = \mu(x)$

Özkan, Mustafa M. , Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama Denemesi Yayınlanmamış Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Bursa 2002, 19

1.2.2. Bulanık Kümelerle İlgili Kavramlar

Bulanık kümelerle ilgili kavramlar aşağıdaki şekildedir.

1.2.2.1. Eşitlik

Tanım

Bir X kümesinin bulanık alt kümeleri A ve B olmak üzere, her $x \in X$ için $\mu_A(x) = \mu_B(x)$ ise A ve B bulanık alt kümeleri eşittir denir.

$A=B \Leftrightarrow \mu_A(x) = \mu_B(x)$ şeklinde yazılır.

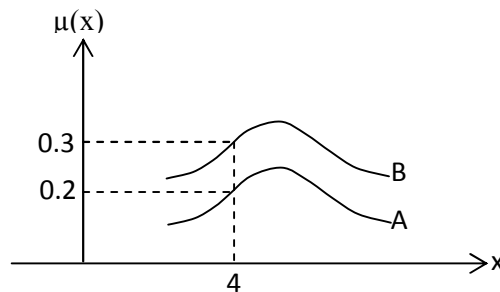
1.2.2.2. Kapsama

Tanım

A ve B bir X kümesinin bulanık alt kümeleri olsun. Eğer her $x \in X$ için $\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$ ise B bulanık kümesi, A bulanık kümesini kapsıyor veya A kümesi B kümesinin alt kümesidir denir.

$A \subset B \Leftrightarrow \mu_A(x) \leq \mu_B(x)$ (her $x \in X$) şeklinde yazılabilir.

Örnek:



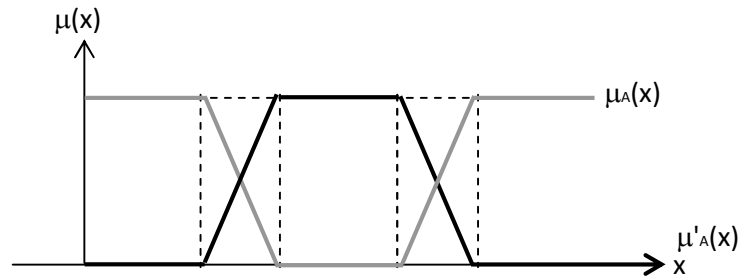
Şekil 1: Bulanık Kümelerde Kapsama

Şekilde de görüldüğü gibi her x değeri için B bulanık kümesinin üyelik dereceleri A bulanık kümesinin üyelik derecelerinden daha büyüktür. O halde $A \subset B$ dir.

1.2.2.3. Tümleyen

Tanım

Bir X kümesinin A bulanık kümesinin A' tümleyeni her $x \in X$ için $\mu'_{A'}(x) = 1 - \mu_A(x)$ şeklinde tanımlanır.



Şekil 2: Bulanık Kümelerde Tümleyen

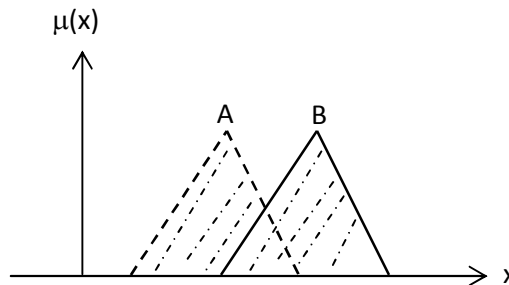
1.2.2.4. Birleşim

Tanım

A ve B , bir X kümesinin iki bulanık alt kümesi olsun. Her $x \in X$ için

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x))$$

şeklinde tanımlı $\mu_{A \cup B}(x)$ bulanık alt kümesine, A ve B bulanık alt kümelerinin bileşimi denir.



Şekil 3: Bulanık Kümlerde Birleşim

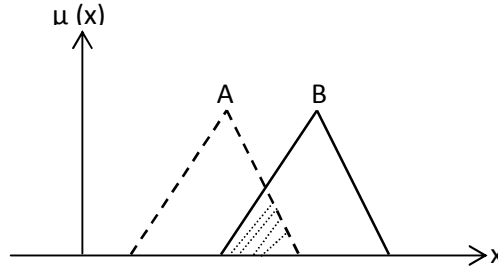
1.2.2.5. Kesişim

Tanım

A ve B bir X kümesinin bulanık alt kümesi olsun. Eğer her $x \in X$ için

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\}$$

şeklinde tanımlı $\mu_{A \cap B}(x)$ kümesine A ve B bulanık alt kümelerinin kesişimi denir.



Şekil4: Bulanık Kümelerde Kesişim

Genel olarak

$\mu_A(x_i) = \{x_i | i \in I, \mu_A(x_i) \in X\}$ bulanık alt kümeleri için,

$$\mu_{A \cup B}(x) = \bigcup_{i \in I} \mu_A(x_i)$$

$$= \sup \{\mu_A(x_i)\}$$

$$\mu_{A \cap B}(x) = \bigcap_{i \in I} \mu_A(x_i)$$

$= \inf \{\mu_A(x_i)\}$ olarak tanımlanır.

1.2.2.6. Merkez

Tanım

$A \subset X$ olmak üzere, A kümesinde yer alan elemanların ortalama değerine A bulanık kümesinin merkezi denir. Ortalama değer ∞ a eşitse üyelik fonksiyonunun maksimum değerine ulaştığı noktalar arasında en büyük / en küçük noktaya merkez denir.

1.2.2.7. α -kesimi (α seviyesi)

Tanım

$A \subset X$ olmak üzere, A bulanık alt kümesinin üyelik dereceleri α ya eşit veya α dan daha büyük elemanlardan oluşan kümeye α -kesim kümesi denir. Seçilen her bir α değeri ile farklı bir α -kesim kümesi oluşturulabilir. $\alpha \in [0,1]$ olmak üzere, A kümesinin α kesimi;

$$\mu_\alpha = \{x | \mu_A(x) \geq \alpha \text{ ve } x \in X\}$$

şeklinde gösterilir.

α kesimi, A bulanık kümesinin destek kümesinin genelleştirilmiş halidir.

1.2.2.8.Dışbükeylik

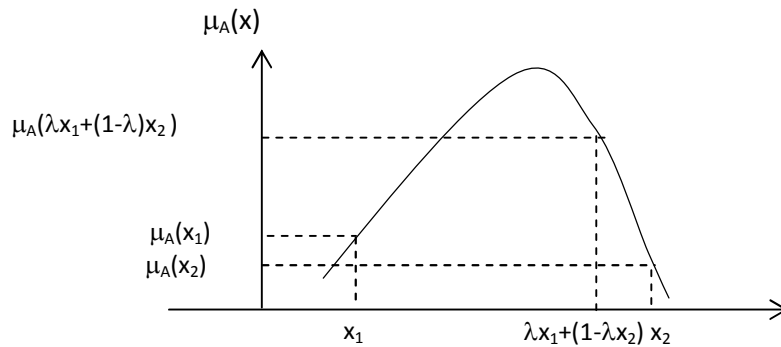
Tanım

Üyelik fonksiyonlarına göre dışbükeylik aşağıdaki gibi tanımlanır.

X evrensel kümesi üzerinde tanımlanan A bulanık kümesi, X 'te her x_1 ve x_2 nokta çiftleri için ancak ve ancak A 'nın üyelik fonksiyonu aşağıdaki eşitsizliği sağlıyorsa dışbükeydir:

$$\mu_A(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \min(\mu_A(x_1), \mu_A(x_2))$$

Burada, $\lambda \in [0,1]$ 'dir. A bulanık kümesinin α -kesim kümelerine göre; α -kesim kümelerinin her biri dışbükey kümeler ise A bulanık kümesi bir dışbükey kümedir. A kümesi dışbükeyse tümleyeni içbükeydir. Eğer A ve B dışbükeyse $A \cap B$ dışbükey, A ve B içbükeyse $A \cup B$ kümesi de içbükeydir.



Şekil5:Bulanık Kümelerde Dışbükeylik

1.2.2.9.Kartezyen Çarpım

Tanım

$A_1, A_2, \dots, A_n$ bulanık kümeleri $X_1, X_2, \dots, X_n$ 'de tanımlı olmak üzere $X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$ çarpım uzayında $A_1, A_2, \dots, A_n$ 'in kartezyen çarpımları da bir bulanık kümedir ve üyelik fonksiyonu aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$\mu_{(A_1, A_2, \dots, A_n)}(X) = \min \{ \mu_{A_i}(x_i) \mid x = (x_1, x_2, \dots, x_n), x_i \in X_i \}$$

Örnek : (Yurduseven S. , 2005,5)

$X = \{1, 2, 3, 4\}$ olmak üzere X in A ve B bulanık alt kümelerine ait üyelik dereceleri aşağıdaki gibi olsun.

$$\mu_A(1) = \mu_B(4) = 0,7$$

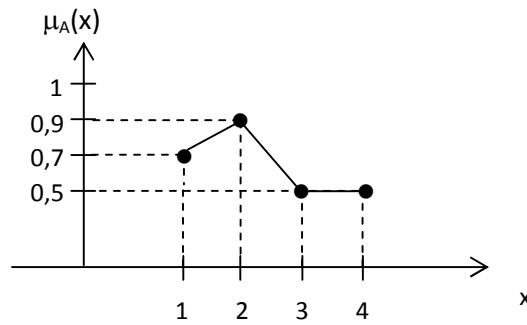
$$\mu_A(2) = 0,9$$

$$\mu_A(3) = \mu_B(1) = \mu_A(4) = 0,5$$

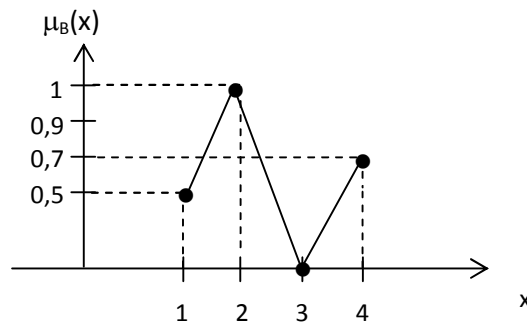
$$\mu_B(2) = 1$$

$$\mu_B(3) = 0$$

Grafik olarak gösterilecek olursa;



Şekil6:A bulanık kümesinin üyelik dereceleri



Şekil 7:B bulanık kümesinin üyelik dereceleri

Bu durumda;

$$A=\{(1,0.7), (2,0.9), (3,0.5), (4,0.5)\}$$

$$B=\{(1,0.5), (2,1), (3,0), (4,0.7)\} \text{ olur.}$$

A ve B bulanık kümelerinin tümleyenleri:

$$A'=\{(1,0.3), (2,0.1), (3,0.5), (4,0.5)\}$$

$$B'=\{(1,0.5), (2,0), (3,1), (4,0.3)\}$$

Birleşim ve kesişimleri:

$$A \cup B = \{(1,0.7), (2,1), (3,0.5), (4,0.7)\}$$

$$A \cap B = \{(1,0.5), (2,0.9), (3,0), (4,0.5)\}$$

Örnek :(Yurduseven S. , 2005)

$X=\{a,b,c\}$ olmak üzere; A X in bir bulanık alt kümesi olsun.

$$\mu_A(a)=0,3$$

$$\mu_A(b)=0,1$$

$$\mu_A(c)=0,4 \text{ şeklinde tanımlansın.}$$

Bu durumda A kümesinin α kesimleri aşağıdaki gibidir.

$$0 \leq \alpha \leq 0,1 \quad \text{için} \quad A_\alpha = \{a,b,c\} = A$$

$$0,1 < \alpha \leq 0,3 \quad \text{için} \quad A_\alpha = \{a,c\}$$

$$0,3 < \alpha \leq 0,4 \quad \text{için} \quad A_\alpha = \{c\}$$

$$0,4 < \alpha \leq 1 \quad \text{için} \quad A_\alpha = \emptyset \text{ olur.}$$

İKİNCİ BÖLÜM

ÜYELİK FONKSİYONLARININ SINIFLANDIRILMASI

Küme üyeliğinin belirlendiği sınır koşulu, bulanık kümelerde esnek bir yapıda ifade edilmektedir. Diğer bir deyişle, bulanık kümelerde, küme üyeliğinin kısmi üyeliğe geçişi sağlanarak, geleneksel küme teorisi geliştirilmektedir. Böylece, bulanık küme teorisinde kümeye tam olarak üye olan nesnelerden, kümeye tamamen üye olmayan nesnelere doğru esnek ve dereceli bir geçişe izin verilmektedir. Geleneksel kümeler ile bulanık kümeler arasındaki en temel fark üyelik fonksiyonlarıdır. Geleneksel bir küme sadece bir üyelik fonksiyonuyla nitelenebilirken, bulanık bir küme teorik olarak sonsuz sayıda üyelik fonksiyonu ile nitelenebilmektedir.

2.1. Üyelik Fonksiyonun Özellikleri

Bulanık kümelere ait bütün üyelik fonksiyonlarının üzerinde taşımaları gereken üç temel özellik bulunmaktadır. Bunlar; normallik, monotonluk ve simetri özellikleridir. Bu özellikler aşağıdaki gibi özetlenmiştir;

2.1.1. Normallik

Bulanık bir kümenin alabileceği en büyük üyelik derecesinin 1 olması durumunda, bulanık küme ‘normal’ olarak adlandırılır. Bütün küme elemanlarının üyelik derecesi 0 olduğunda, A bulanık kümesi boş küme olarak adlandırılır.

Normallik özelliği taşımayan bulanık bir küme normalaltı (subnormal)’dır. Normalaltı bir bulanık küme, boş küme olmaması koşulu ile her bir üyelik derecesinin en büyük üyelik derecesine bölünmesi sonucunda normal bir kümeye dönüştürülebilir.

2.1.2. Monotonluk

Üyelik fonksiyonu, istenen küme kriterlerine yaklaştıkça 1’e yaklaşıyor ve uzaklaştıkça 1’den uzaklaşıyorsa, bu durum üyelik fonksiyonunun monotonluğu olarak adlandırılır.

2.1.3. Simetri

İstenen kriterin sağında veya solunda yer alan, eşit uzaklıktaki değerlerin üyelik dereceleri birbirine eşittir. Bu özellik, üyelik fonksiyonunun simetrikliği olarak adlandırılır.

Simetri özelliği gerekli bir durum olmakla beraber yapılan farklı çalışmalarda birçok üyelik fonksiyonunun bu özelliği göstermiyor olması dikkat çekicidir (BezdekandPall, 1992).

Üyelik fonksiyonlarının uygulama ile örtüşen ve doğru bir şekilde belirlenmesi, bulanık küme teorisinin esasını oluşturmaktadır. Bu nedenle, üyelik fonksiyonları bir kez belirlendikten sonra, bulanık küme teorisinde bulanık olan herhangi bir şey kalmadığı söylenmektedir. (Şen,Cenkçi 2009,4)

2.2. Üyelik Fonksiyonlarının Sınıflandırılması

K.Şanlı' nın (2005) Bulanık Robust Regresyon Çözümlemesi adlı tez çalışmasına göre;

- Sezgisel belirlemeye dayalı üyelik fonksiyonları
- Özel problemlerle ilgili güvenilirlik düşüncesine dayanan üyelik fonksiyonları
- Teorik temele dayanan üyelik fonksiyonları
- Deneysel olarak modellenen üyelik fonksiyonları

Olmak üzere dört başlıkta sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmada tanımlanan üyelik fonksiyonları aşağıda verilmiştir.

2.2.1. Sezgisel Belirlemeye Dayalı Üyelik Fonksiyonları

Bulanık bir kümenin üyelik fonksiyonunu belirleme süreci, kavramların uygulamadaki anlamına dayanarak sezgisel olarak da yapılmaktadır. Bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarındaki çeşitlilik, yöneticilerin karar almadaki belirsizliklerini azaltmaktadır. Karar vericiler genellikle, sabit değer atamalarındansa, aralıklar ile çalışmayı daha güvenilir bulmaktadır.(Şen,Cenkçi 2009,4)

2.2.1.1. Zadeh'in Tek Model Fonksiyonları

U bir evrensel küme ve A , U üzerinde tanımlı bir bulanık küme iken, μ_A üyelik fonksiyonu, A kümesi için yapılacak örnekleme sonucunda elde edilecek bilgilerden yola çıkılarak belirlenebilir.

A kümesi 'genç' olarak nitelenen insanların meydana getirdiği bulanık bir küme olsun. 'Genç' nitelemesi kesin sınırlar taşımadığı için bulanık bir ifadedir. Bu kümeye ait üyelik fonksiyonunu tayin ederken, seçilen kişilere verilen bir " z " yaşı konusundaki düşünceleri sorulur. " z yaşındaki bir insan gençtir" cümlesine verilecek, doğru, biraz doğru, sınırda, biraz yanlış, yanlış yanıtları ve bu ifadelerin karşılıkları sayı düzlemine (1, 0.75, 0.5, 0.25, 0 gibi) yerleştirilir. Aynı işlemin birkaç farklı yaş için tekrarlanması sonucunda μ_A üyelik fonksiyonunun kesikli ifadesine ulaşılmış olur. Zadeh'in bu mantıktan hareket ederek oluşturduğu 'genç' ve 'yaşlı' bulanık kümelerine ilişkin üyelik fonksiyonu tanımlaması aşağıda gösterildiği gibidir. (Zadeh,1972)

$$\mu_{\text{GENÇ}}(x) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \left(\frac{x-25}{5}\right)^2}, & x > 25 \\ 1, & x \leq 25 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{YAŞLI}}(x) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \left(\frac{x-50}{5}\right)^{-2}}, & x \geq 50 \\ 0, & x < 50 \end{cases}$$

Zadeh'in bu fonksiyonunun grafiği aşağıdaki şekilde çizilir:

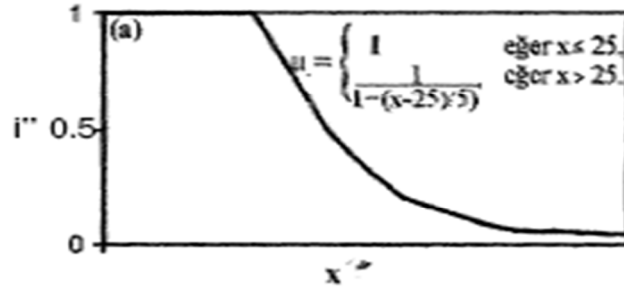
Parçalı fonksiyonu $x > 25$ için düzenlenirse;

$$\mu_{\text{GENÇ}}(x) = 25/(x^2 - 50x + 650) \text{ olur.}$$

Fonksiyon Reel sayılar kümesi üzerinde tanımlıdır.

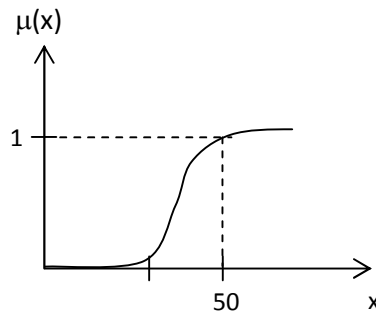
Birinci türev alıp ekstremum değerler incelenirse;

$(25/(-50x+650))' = 0$ olduğunda $x=25$ bulunur.



Şekil8:Zadeh'in Tek Model Fonksiyonu;Genç (Zadeh,1965; Gökçeoğlu C.,.....)

Benzer değerlendirmeler $\mu_{YAŞLI}(x)$ fonksiyonu için yapılırsa aşağıdaki grafik elde edilir.



Şekil 9:Zadeh'in Tek Model Fonksiyonu(Yaşlı)

2.2.1.2. Dimitru ve Luban'ın Güç Fonksiyonları

$$\mu_{(x)} = \frac{x^2}{a^2} + 1, \quad x \in [0, a]$$

$$\mu_{(x)} = \frac{x^2}{a^2} - \frac{2x}{a} + 1, \quad x \in [0, a]$$

2.2.1.3. Svarowski Sinüs Fonksiyonu

$$\mu_{(x)} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sin\left(\frac{\pi}{b-a} \left(x - \frac{a+b}{2}\right)\right), \quad x \in [a, b]$$

2.2.2. Özel Problemlerle İlgili Güvenirlilik Düşüncesine Dayanan Üyelik Fonksiyonları

2.2.2.1. Zimmermann'ın Doğrusal Fonksiyonu

$$\mu_{(x)} = -1 - \frac{x}{a}, x \in [0, a]$$

Zimmerman 1978 yılında yayınlanan çalışmasında çok amaçlı bir BDP problemini çözmek için maxyadamin işlemcisi kullanıldığında ve tüm üyelik fonksiyon biçimleri doğrusal olduğunda, problemin kolaylıkla tek amaçlı kesin doğrusal programlama problemine indirgenebileceğini göstermiştir.

2.2.3. Teorik Temele Dayanan Üyelik Fonksiyonları

2.2.3.1. Civanlar ve Trussel'in Fonksiyonu

$$\mu_{(x)} = \begin{cases} a.p(x), & ap \leq 1 \\ 0, & d.y. \end{cases}$$

$a \in [0, 1]$ parametre ve $p(x)$ olasılık yoğunluk fonksiyonudur.

2.2.3.2. Svarovski'nin Fonksiyonu

$$\mu_{(x)} = \begin{cases} 0, & x < a \\ K(x-a)^2, & a \leq x \leq b \\ K_2 x^2 + K_1 x + K_0, & b < x \leq c \\ 1, & x > c \end{cases}$$

K, K_0, K_1, K_2 parametrelerdir.

2.2.4. Deneyisel Olarak Modellenen Üyelik Fonksiyonları

2.2.4.1. Hersh ve Caramazza Fonksiyonu

$$\mu_{(x)} = \frac{1}{2} + d(r/10)$$

Burada evet cevabı için $d(x)=1$ ve hayır cevabı için $d(x)=-1$ değerini alır. r güven değeridir.

2.2.4.2. Zimmerman ve Zysno'un Fonksiyonu

$$\mu_{(x)} = \frac{1}{2} + \frac{1}{d} \left(\frac{1}{1 + e^{-a(x-b)}} - c \right) \text{dir.}$$

2.2.4.3. Dambi'nin Fonksiyonu

$$\mu_{(x)} = \frac{(1-S)x^2}{(1-S)x^2 + S(1-x)^2}$$

S, $y = \mu_{(x)}$ ve $y = x$ in kesişim değeridir.

2.2.4.4. Tanaka, Uejima ve Asai'nin Simetrik Üçgensel Fonksiyonu

$$\mu_{(x)} = \begin{cases} 1 - \frac{|b-x|}{a} & , \quad b-a \leq x \leq b+a \\ 0 & , \quad \text{diğer yerlerde} \end{cases}$$

2.2.4.5. Hannan'ın Parçalı Doğrusal Fonksiyonu

$$\mu_{(x)} = \sum_J a_J |x - a_J| + \beta x + r, \quad J = 1, 2, \dots, n$$

$$a_3 = (t_{J+1} - t_J) / 2$$

$$\beta = (t_{N+1} + 4) / 2$$

$$r = (S_{N+1} + S_1) / 2$$

Hannan ve Nakamura bulanık doğrusal programlama problemlerinin çözümünde maxyadamin işlemcisi ile birlikte parçalı doğrusal üyelik fonksiyonukullanmışlardır. Burada her bir i parçası için $\mu_{(x)} = t_i x + s_i$, $a_{i-1} \leq x \leq a_i$ dir. t_i eğim, s_i ise a_{i-1} de başlayan ve a_i de biten bir eğrinin y sabitidir.

2.2.4.6. Leberling'in Hyperbolic Fonksiyonu

$$\mu_{(x)} = \frac{1}{2} + \frac{1}{2} \tanh (\alpha(x-b)), \quad -\infty \leq x \leq \infty$$

(α parametre)

Leberling tüm üyelik fonksiyonu biçimleri hiperbolik olduğunda aynı indirgemenin yapılabileceğini iddia etmiştir.

2.2.4.7. Sokawa ve Vumine'nin Üstel ve Ters Hyperbolic Fonksiyonu

$$\mu_{(x)} = c = \left(1 - e^{(b-x)/(b-a)}\right), x \in [a, b]$$

$$\mu_{(x)} = \frac{1}{2} + c \tanh^{-1}(d(x-b))$$

(c ve d parametre)

2.2.4.8. Dimitru ve Luban'ın Fonksiyonu

$$\mu_{(x)} = \frac{1}{1 + \frac{x}{a}} \text{ (a parametre)}$$

2.2.4.9. Dubais vePrade'nin L-R Fonksiyonu

$$\mu_{(x)} = \begin{cases} L((a-x)/a) & , \quad x \leq a_2 \\ 1 & , \quad a_1 \leq x \leq a_4 \\ R((x-a)/\beta) & , \quad x \geq a_4 \end{cases}$$

L () ve R () referans fonksiyonlarıdır.

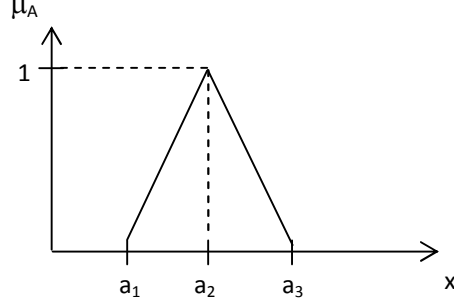
2.3. Bulanık Doğrusal Programlamada Üyelik Fonksiyon Biçimleri

Bulanık doğrusal programlama ile çözülmeye çalışılan bir problemde kullanılacak üyelik fonksiyonunun türünün seçilmesi çok önemlidir. Bunun nedeni ise kullanılacak üyelik fonksiyonun türünün doğruluğunun ve problemin yapısına uygunluğunun çözümü direkt olarak etkileyebilmesidir.

Bulanık doğrusal programlama çözümlerinde kullanılabilecek ve en çok karşılaşılan üyelik fonksiyonları şunlardır:

2.3.1. Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Üçgensel bulanık üyelik fonksiyonu daha çok sistem modellemede kullanılmaktadır. (Kaufmann ve Gupta 1988) Üçgensel fonksiyonlar normal ve konvektirler. Bir üçgen üyelik fonksiyonu a_1 , a_2 ve a_3 olarak üç parametre ile tanımlanır. Üçgen üyelik fonksiyonunun simetrik olması gerekmez. Aşağıdaki şekilde üçgen üyelik fonksiyonunun bileşenleri (a_1 , a_2 ve a_3 ve üyelik derecesi) görülmektedir.



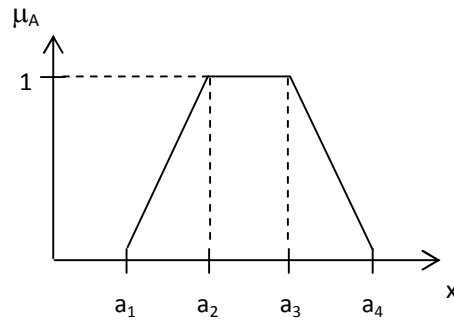
Şekil 10:Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Üyelik fonksiyonu kullanılarak, X değişkeninin a_1 alt ve a_3 üst sınırları arasındaki her noktasına ayrı bir üyelik derecesi atanmış olur. (Z. Şen,2001,29-32.)

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & , \quad a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_2 - x}{a_3 - a_2} & , \quad a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & , \quad x < a_1 \text{ veya } x > a_3 \end{cases}$$

2.3.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu

Bir yamuk üyelik fonksiyonu a_1 , a_2 , a_3 ve a_4 olarak dört parametre ile tanımlanır. Aslında üçgen üyelik fonksiyonu yamuk üyelik fonksiyonunun özel bir durumudur. (Baykal, Beyan, 78)Aşağıdaki şekil, yamuk üyelik fonksiyonunun bileşenlerini (a_1 , a_2 , a_3 ve a_4 üyelik derecesi) göstermektedir.



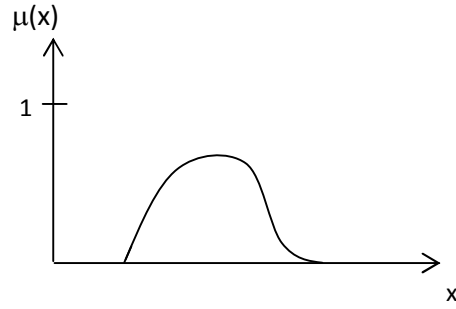
Şekil 11:Yamuk Üyelik Fonksiyonu

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3, a_4) = \begin{cases} \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & , \quad a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1 & , \quad a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4 - x}{a_4 - a_3} & , \quad a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0 & , \quad x > a_4 \text{ veya } x < a_1 \end{cases}$$

2.3.3. Gaussian Üyelik Fonksiyonu

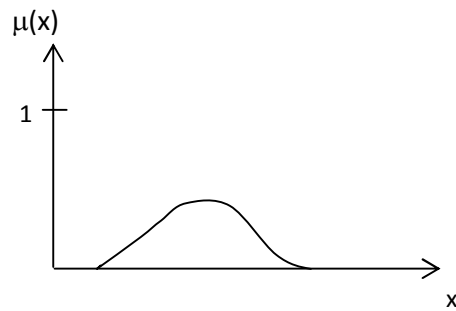
Gaussian üyelik fonksiyonu iki parametreye sahiptir.

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



Şekil 12: Gaussian Üyelik Fonksiyonu

2.3.4. Çan Şekilli Üyelik Fonksiyonu



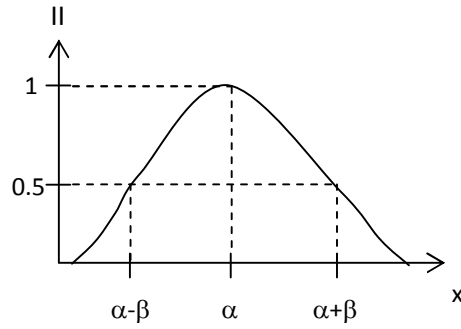
Şekil 13: Çan Şekilli Üyelik Fonksiyonu

$$\mu_A(x; \alpha, \beta) = \left\{ \frac{1}{1 + \left| \frac{x - \beta}{\alpha} \right|^\beta} \right\}$$

2.3.5. π Üyelik Fonksiyonu

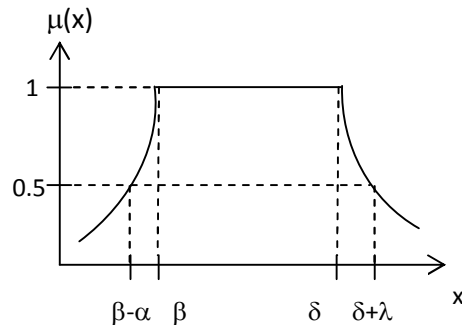
$$\pi_1 = \mu_A(x; \alpha, \beta) = \begin{cases} \frac{1}{1 + \left(\frac{x - \alpha}{\beta}\right)^2} \end{cases}$$

α ve β parametre



Şekil14 : π_1 üyelik fonksiyonu

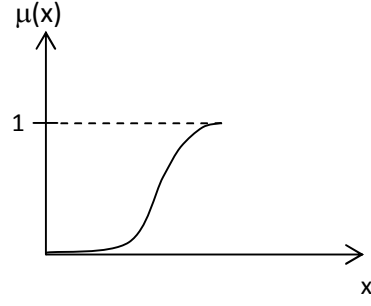
$$\pi_2 = \mu_A(x; \alpha_1\beta, \delta, \lambda) = \begin{cases} \frac{\alpha}{(\beta + \alpha - x)} & , \quad x \leq \beta \\ 1 & , \quad \beta \leq x \leq \delta \\ \frac{\lambda}{x - \delta + x} & , \quad x > \delta \end{cases}$$



Şekil 15: π_2 üyelik fonksiyonu

2.3.6. Sigmadial Üyelik Fonksiyonu

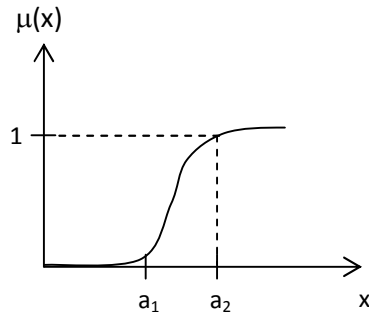
$$\mu_A(x; a_1, a_2) = \left(\frac{1}{1 + e^{-a_1(x - a_2)}} \right)$$



Şekil 16: Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu

2.3.7. S Üyelik Fonksiyonu

$$\mu_A(x, a_1, a_2) = \begin{cases} 0 & , \quad x \leq a_1 \\ 2 \left(\frac{x - a_1}{a_2 - a_1} \right)^2 & , \quad a_1 \leq x \leq \frac{a_1 + a_2}{2} \\ 1 - 2 \left(\frac{x - a_2}{a_2 - a_1} \right)^2 & , \quad \frac{a_1 + a_2}{2} \leq x \leq a_2 \\ 1 & , \quad a_2 \leq x \end{cases}$$



Şekil 17: S Üyelik Fonksiyonu

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ÜYELİK FONKSİYONLARINDA CEBİRSEL İŞLEMLER

3.1. İkili İşlemler

“ . ” bir X kümesi üzerinde tanımlı ikili işlem ve $\mu, \eta \in X$ olsun.
 $\mu\eta$ çarpımı;

$$\mu\eta(x) = \begin{cases} \sup_{x=y.z} \{\min(\mu(y), \eta(z))\}; & y, z \in X \text{ için } x = y.z \text{ ise} \\ 0 & ; \quad \text{her } y, z \in X \text{ için } x \neq y.z \text{ ise} \end{cases}$$

Örnek: (Yurduseven S. , 2008) “ . ” işlemi $X=\{a,b,c,d,e\}$ kümesi üzerinde,
 $a=b.c=e.d$
 $c=a.b=c.b=e.a$
 $d=c.c=d.a=b.a$
 şeklinde tanımlı bir ikili işlem olsun.

X kümesinin μ ve ξ bulanık alt kümeleri,

$$\mu(a)=\mu(c)=\xi(d)=0,3$$

$$\mu(b)=\mu(d)=0,4$$

$$\mu(e)=\xi(a)=0,2$$

$$\xi(b)=\xi(e)=0,8$$

$$\xi(c)=0,5$$

şeklinde tanımlansın.

Bu durumda;

$$\mu\xi(a)=\sup \{\min\{\mu(b), \xi(c)\}, \min\{\mu(e), \xi(d)\}\} \quad (a=b.c=e.d)$$

$$\sup \{\min\{0.4, 0.5\}, \min\{0.2, 0.3\}\}$$

$$= \max \{0.4, 0.2\}$$

$$=0.4$$

$$(\mu\xi)(b)=0 \quad (\forall y, z \in X \text{ için } b \neq y.z)$$

$$(\mu\xi)(c)=\sup \{\min\{\mu(a), \xi(b)\}, \min\{\mu(c), \xi(b)\}, \min\{\mu(e), \xi(a)\}\}=0,3$$

$$(\mu\xi)(d)=0,3$$

$(\mu\xi)(e)=0$ olur.

3.1.1. Cebirsel Çarpma

Tanım

X boş olmayan bir küme, μ ve η , X in bulanık alt kümeleri olsun. μ ve η bulanık kümelerinin $\mu \otimes \eta$ cebirsel çarpımı $\forall x \in X$ için,

$$\mu \otimes \eta (x) = \mu(x) \cdot \eta(x)$$

şeklinde tanımlıdır.

Teorem: X herhangi bir küme olmak üzere $\mu, \eta \in F(X)$ için

$$\mu \otimes \eta \leq \mu \cap \eta \text{ dir.}$$

İspat: $\forall x \in X$ için $\mu(x), \eta(x) \in [0,1]$ olduğundan,

$$\mu \otimes \eta (x) = \mu(x) \cdot \eta(x) \leq \min\{\mu(x), \eta(x)\} = (\mu \cap \eta)(x) \text{ olur.}$$

Böylece $\mu \otimes \eta \leq \mu \cap \eta$ dir.

3.1.2. Cebirsel Toplama

Tanım

X boş olmayan bir küme, μ ve η x in bulanık alt kümeleri olsun. μ ve η bulanık alt kümelerinin $\mu \oplus \eta$ cebirsel toplamı $\forall x \in X$ için,

$$(\mu \oplus \eta)(x) = \mu(x) + \eta(x) - \mu(x) \cdot \eta(x)$$

şeklinde tanımlıdır.

3.1.3. Cebirsel Fark

Tanım

X boş olmayan bir küme, μ ve η x in bulanık alt kümeleri olsun. μ ve η bulanık alt kümelerinin $\mu \ominus \eta$ cebirsel farkı $\forall x \in X$ için,

$$(\mu \ominus \eta)(x) = \min\{\mu(x), 1 - \eta(x)\}$$

şeklinde tanımlıdır.

Örnek: X , ağırlıkları dikkate alınmayan 11 kişilik bir sınıftaki öğrencilerin uzunlukları aşağıdaki evrensel kümede verildiği gibidir.

(Kümenin açılımı: 1, 2,...,11 öğrenci numaralarını, parantez içindeki rakamlar uzunlukları ifade etmektedir. 1 numaralı öğrencinin ağırlığı 155 cm., 2 numaralı öğrencinin ağırlığı 158cm. gibi)

$E = \{1-(155), 2-(158), 3-(160), 4-(165), 5-(166), 6-(172), 7-(175), 8-(176), 9-(178), 10-(182), 11-(185)\}$

155–165 cm. arası kısa,

166–175 cm. arası orta boylu,

176-185 cm. arası uzun olarak kabul edilsin.

Klasik küme anlayışına göre orta boylu kişiler kümesine A kümesi denirse, A kümesi:

$A = \{5-(166), 6-(172), 7-(175)\}$ olur.

E evrensel kümesine ait elemanların A alt kümesine üyelik dereceleri (ait olma dereceleri),

$$\mu_A(1) = 0 \quad \mu_A(2) = 0 \quad \mu_A(3) = 0 \quad \mu_A(4) = 0$$

$$\mu_A(5) = 1 \quad \mu_A(6) = 1 \quad \mu_A(7) = 1 \quad \mu_A(8) = 0$$

$$\mu_A(9) = 0 \quad \mu_A(10) = 0 \quad \mu_A(11) = 0$$

165 cm ve 176 cm olan kişiler normal ağırlıktaki kişiler kümesine sadece 1 cm. fark nedeniyle üye olamamaktadır. Bu farkın gözle ayırd edilebilecek kadar büyük bir fark olmadığı açıktır. Bu gerçek hayat problemleri için çok mantıklı bir yaklaşım değildir. İşte bulanık küme kavramı burada devreye girmekte ve küme elemanlarını kümenin tamamen dışında bırakmak yerine derecelendirmektedir.

Bulanık küme anlayışına göre oluşturulan orta boylu kişiler kümesi aşağıdaki üyelik fonksiyonu ile gösterilir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-155}{166-155} & ; \quad 155 \leq x < 166 \\ 1 & ; \quad 166 \leq x \leq 175 \\ \frac{185-x}{185-175} & ; \quad 175 < x \leq 185 \\ 0 & ; \quad x > 185 \text{ veya } x < 155 \end{cases}$$

E evrensel kümesine ait elemanların A alt kümesine üyelik dereceleri,

$$\mu_A(1) = 0 \quad \mu_A(2) = 0.27 \quad \mu_A(3) = 0.45 \quad \mu_A(4) = 0.9$$

$\mu_A(5) = 1$ $\mu_A(6) = 1$ $\mu_A(7) = 1$
 $\mu_A(8) = 0.9$ $\mu_A(9) = 0.7$ $\mu_A(10) = 0.3$ $\mu_A(11) = 0$
 olsun.

A bulanık kümesi,

$A = \{(1,0), (2, 0.27), (3, 0.45), (4, 0.9), (5, 1), (6, 1), (7, 1), (8, 0.9), (9, 0.7), (10, 0.3), (11, 0)\}$

şeklinde gösterilebilir.

Bu örnek için kısa boylu kişiler kümesinin üyelik fonksiyonu

$$\mu_B(x) = \begin{cases} 1 & , \quad 155 \leq x \leq 165 \\ \frac{175-x}{175-165} & , \quad 165 < x \leq 175 \\ 0 & , \quad x < 155 \text{ veya } x > 175 \end{cases}$$

$B = \{(1,1), (2,1), (3,1), (4,1), (5,0.9), (6,0.3), (7,0)\}$

A ve B bulanık kümeleri için orta boylu veya kısa boylu kişilerin kümesi;

$\mu_{A \cup B}(x) = \{(1,1), (2,1), (3,1), (4,1), (5,1), (6,1), (7,1), (8,0.9), (9,0.7), (10,0.3), (11,0)\}$

Orta boylu ve kısa boylu kişiler kümesi;

$\mu_{A \cap B}(x) = \{(1,0), (2,0.27), (3,0.45), (4,0.9), (5,0.9), (6,0.3), (7,0)\}$

Orta boylu kişiler kümesinin tümleyeni;

$\mu'_A(x) = \{(1,1), (2,0.73), (3,0.55), (4,0.1), (5,0), (6,0), (7,0), (8,0.1), (9,0.3), (10,0.7), (11,1)\}$

Kısa boylu kişiler kümesinin tümleyeni;

$\mu'_B(x) = \{(1,0), (2,0), (3,0), (4,0), (5,0.1), (6,0.7), (7,1)\}$ olur.

A bulanık kümesinin $\alpha=0.7$ için $A_{0.7}$ kesim kümesi;

$A_{0.7} = \{(4,0.9), (5,1), (6,1), (7,1), (8,0.9), (9,0.7)\}$

Destek kümesi;

$$\text{Supp}(A)=\{(2,0.27),(3,0.45),(4,0.9),(5,1),(6,1),(7,1),(8,0.9),(9,0.7),(10,0.3)\}$$

Dışbükeylik:

A bulanık kümesinin $x_3=0.45$ ve $x_8=0.9$ elemanları için ve $\lambda=0.1$ olmak üzere

$$\mu_A(0.1*0.45+(1-0.1)*0.9) \geq \min(0.45,0.9)$$

$$0.855 \geq 0.45$$

sağlandığı için A bulanık kümesi dışbükeydir denir.

Normallik:

$\text{Sup}\mu_A(5)=\text{Sup}\mu_A(6)=\text{Sup}\mu_A(7)=1$ olduğundan A bulanık kümesi normaldir denir.

Toplama işlemi:

$$\mu_{A+B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x)*\mu_B(x) \text{ şeklinde idi.}$$

O halde;

$$\mu_{A+B}(x) = \{(1,1),(2,1),(3,1),(4,1),(5,1),(6,1),(7,1),(8,0.9),(9,0.7), (10,0.3),(11,0)\}$$

Fark işlemi

$$\mu_{A-B}(x) = \text{Min} [\mu_A(x), \mu'_B(x)] \text{ şeklinde idi.}$$

$$\mu_{A-B}(x) = \{(1,0),(2,0),(3,0),(4,0),(5,0.1),(6,0.7),(7,1),(8,0),(9,0),(10,0),(11,0)\}$$

Çarpma işlemi ise

$$\mu_{A*B}(x) = \mu_A(x)*\mu_B(x) \text{ şeklinde idi.}$$

$$\mu_{A*B}(x) = \{(1,0),(2,0.27),(3,0.45),(4,0.9),(5,0.9),(6,0.3),(7,0),(8,0),(9,0),(10,0),(11,0)\}$$

Tablo gösterimi aşağıdaki şekildedir.

Tablo3:Öğrencilere ait üyelik fonksiyonları

Öğrenci No	μ_A	μ_B	$\mu_{B'}$	μ_{A+B}	μ_{A-B}	μ_{A*B}
1	0	1	0	1	0	0
2	0,27	1	0	1	0	0.27
3	0.45	1	0	1	0	0.45
4	0.9	1	0	1	0	0.9
5	1	0.9	0.1	1	0.1	0.9
6	1	0.3	0.7	1	0.7	0.3
7	1	0	1	1	1	0
8	0.9	0	1	0.9	0.9	0
9	0.7	0	1	0.7	0.7	0
10	0.3	0	1	0.3	0.3	0
11	0	0	1	0	0	0

Örnek: (Yurduseven S. ,2008) $B=\{x_1, x_2, x_3, x_4\}$ olmak üzere x kümesinin ω ve ξ bulanık kümeleri,

$$\omega=\{(x_1, 0.3), (x_2, 0.1), (x_3, 0.8), (x_4, 0.5),\}$$

$$\xi=\{(x_1, 0.6), (x_2, 0.4), (x_3, 0.3), (x_4, 0.6),\}$$

şeklinde tanımlansın. Bu durumda

$$(\omega \otimes \xi)(x_1)=\omega(x_1).\xi(x_1)=0.18$$

$$(\omega \otimes \xi)(x_2)=\omega(x_2).\xi(x_2)=0.04$$

$$(\omega \otimes \xi)(x_3)=0.24$$

$$(\omega \otimes \xi)(x_4)=0.3 \text{ olur.}$$

Görüldüğü gibi $\omega \otimes \xi$ cebirsel çarpımı da x in bir bulanık alt kümesi olup,

$$\omega \otimes \xi=\{(x_1,0.18), (x_2,0.04), (x_3,0.24), (x_4,0.3)\}$$

şeklinde. Benzer şekilde,

$$\omega \oplus \xi=\{(x_1,0.72), (x_2,0.46), (x_3,0.86), (x_4,0.8)\}$$

$$\omega \ominus \xi=\{(x_1,0.3), (x_2,0.1), (x_3,0.7), (x_4,0.4)\} \text{ olur.}$$

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

BULANIK SAYILAR

Normal ve dışbükey bir bulanık kümenin bir α kesmesi kapalı bir kümede ise bulanık sayı olarak adlandırılır (Koyuncuğil, 2006).

Bulanık sayılar, bulanık kümelerin özel bir altkümesidir. Bulanık kümelerde uygulanan tüm işlemler bulanık sayılarda da uygulanabilir.

Bulanık bir sayı, bütün gerçel sayıların kümesi olan R 'de tanımlıdır. Gerçel sayılar kümesinin bulanık bir alt kümesidir. Her bulanık sayı bir bulanık küme oluşturabilir fakat her bulanık küme bulanık bir sayı olmaz.

Bulanık bir sayı aşağıdaki özellikleri sağlamalıdır;

- A bulanık kümesi normal bir bulanık küme olmalıdır.

$$\sup \mu_A(x) = 1 \quad (\forall x \in R \text{ olmalıdır})$$

- A bulanık kümesinin A_α , α -kesim kümesi $[0,1]$ aralığındaki gerçel sayılar kümesinde tanımlı olmalıdır.
- A bulanık kümesinin destek kümesi sınırlandırılmış olmalıdır.

$$\text{Destek}(A) = \{x | \mu_A(x) > 0, x \in R\}$$

- A bulanık kümesi dışbükey bir bulanık küme olmalıdır.

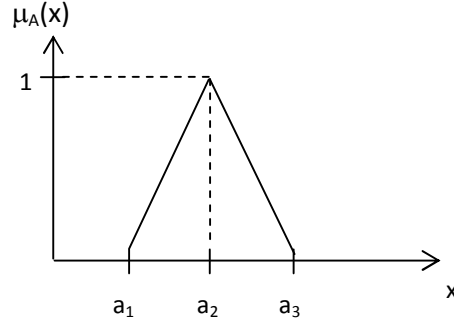
$$\text{Her } x_1, x_2 \in R \text{ ve } \lambda \in [0,1] \text{ için}$$

$$\mu_A(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \min \{\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)\} \text{ sağlanmalıdır.}$$

Bulanık sayılar kümesinin eleman sayısı sonsuzdur. Çeşitli bulanık sayı biçimleri olmasına karşın kullanımı en çok tercih edilen üçgensel ve yamuksal üyelik fonksiyonlarıdır. Özellikle olasılıksal matematiksel programlama problemlerini çözmede bu tip bulanık sayılar kullanılır (Lai ve Hwang, 1992; Tuncel, 1996).

4.1. Üçgensel Bulanık Sayı

Üçgensel bir bulanık sayı aşağıdaki üyelik fonksiyonlarıyla parametrik olarak ifade edilir.



Şekil 18:Üçgensel Bulanık Sayı

Üçgensel bulanık bir sayı (a_1, a_2, a_3) gibi bir üçlüyle tanımlanabilir.

Üçgensel bulanık bir sayının üyelik fonksiyonu,

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} 0 & ; \quad x \leq a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1} & ; \quad a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2} & ; \quad a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0 & ; \quad x \geq a_3 \end{cases}$$

Üçgensel bulanık bir sayı, α -seviyesinde bir güven aralığı ile

$\forall \alpha \in [0,1]$ ve $A = (a_1, a_2, a_3)$

$A_\alpha = [a_1^\alpha, a_3^\alpha]$ a_1 : alt sınır a_3 : üst sınır olmak üzere α kesimi;

$[(a_1 - a_2)\alpha + a_1, -(a_3 - a_2)\alpha + a_3]$

şeklinde tanımlanabilir (Kaufmann ve Gupta 1988, Tuncel 1996).

Üçgensel bulanık sayıların bazı önemli cebirsel özellikleri:

İki üçgensel bulanık sayının toplanması ya da çıkarılması işlemleri sonucunda yine üçgensel bulanık bir sayı elde edilir.

Üçgensel bulanık sayıların çarpılması, bölünmesi yada tersinin alınması işlemleri sonucunda her zaman üçgensel bulanık bir sayı elde edilmeyebilir.

Üçgensel bulanık sayıların maksimum yadamin işlemleri sonucunda her zaman üçgensel bulanık sayı elde edilmeyebilir (Koyuncugil, 2006).

A ve B bulanık sayıların α -kesimleri

$A_\alpha=[a,b]$ ve $B_\alpha=[c,d]$ olmak üzere bu kesimlere uygulanan cebirsel işlemler aşağıdaki şekildedir.

4.1.1. Toplama

$$\begin{aligned}(A+B)_\alpha &= [a,b] + [c,d] \\ &= [a+c, b+d]\end{aligned}$$

4.1.2. Çıkarma

$$\begin{aligned}(A-B)_\alpha &= [a,b] - [c,d] \\ &= [a-d, b-c]\end{aligned}$$

4.1.3. Çarpma

$$\begin{aligned}(A \cdot B)_\alpha &= [a,b] * [c,d] \\ &= [\min(ac, ad, bc, bd), \max(ac, ad, bc, bd)]\end{aligned}$$

4.1.4. Bölme

$$\begin{aligned}(A:B)_\alpha &= [a,b]/[c,d] \\ &= \left[\min\left(\frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d}\right), \max\left(\frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d}\right) \right]\end{aligned}$$

Örnek : $A_\alpha=[4, 6]$ ve $B_\alpha=[1, 2]$ α kesimleri verilen iki kümedir.

Buna göre

$$a) A+B = [4,6] + [1,2]$$

$$= [5,8]$$

$$b) A-B = [4,6] - [1,2]$$

$$= [2,5]$$

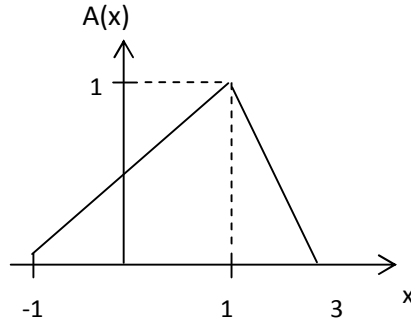
$$c) A.B = [4,6] \cdot [1,2]$$

$$= [4,12]$$

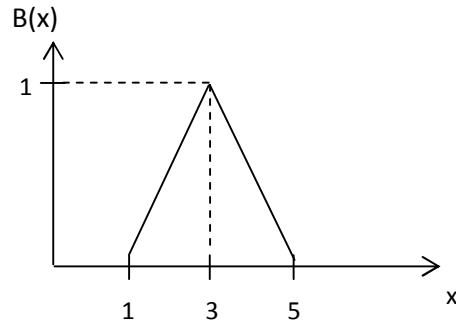
$$d) A:B = [4,6]:[1,2]$$

$$= [2,6] \text{ olur.}$$

Örnek :



Şekil 19: A üçgensel bulanık sayısı



Şekil 20: B üçgensel bulanık sayısı

Yukarıdaki şekillerde A ve B üçgensel bulanık sayılarının üyelik fonksiyon grafikleri verilmiştir. Buna göre;

$$A(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x < -1 \vee x > 3 \\ \frac{x+1}{2} & , \quad -1 \leq x \leq 1 \\ \frac{3-x}{2} & , \quad 1 \leq x \leq 3 \end{cases}$$

$$B(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x < 1 \vee x > 5 \\ \frac{x-1}{2} & , \quad 1 \leq x \leq 3 \\ \frac{5-x}{2} & , \quad 3 \leq x \leq 5 \end{cases}$$

olur. Bu sayıların α -kesimleri aşağıdaki şekildedir.

$$A(a_{1\alpha}) = \frac{a_{1\alpha} + 1}{2} \Rightarrow \frac{a_{1\alpha} + 1}{2} = \alpha$$

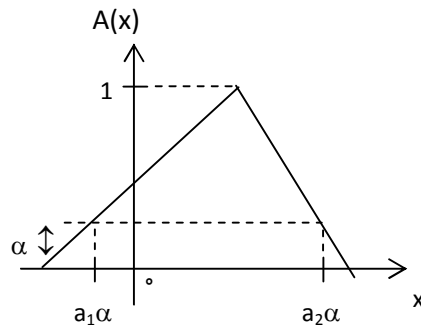
$$A(a_{2\alpha}) = \frac{3 - a_{2\alpha}}{2} \Rightarrow \frac{3 - a_{2\alpha}}{2} = \alpha$$

$$A_\alpha = [a_{1\alpha}, a_{2\alpha}]$$

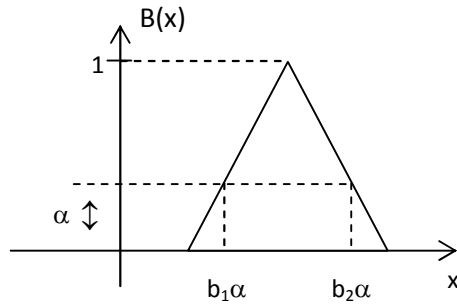
$$= [2\alpha - 1, 3 - 2\alpha]$$

$$B_\alpha = [b_{1\alpha}, b_{2\alpha}]$$

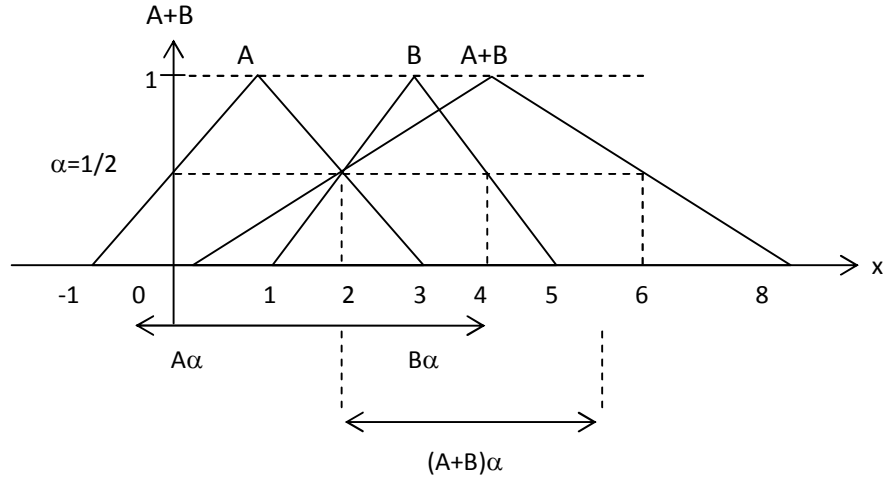
$$= [2\alpha + 1, 5 - 2\alpha]$$



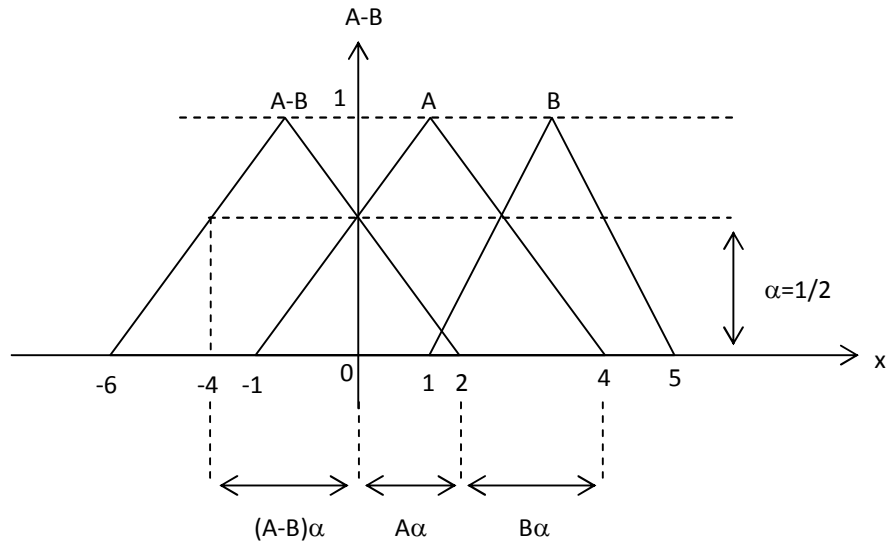
Şekil21: $A(x)$ in α kesimi



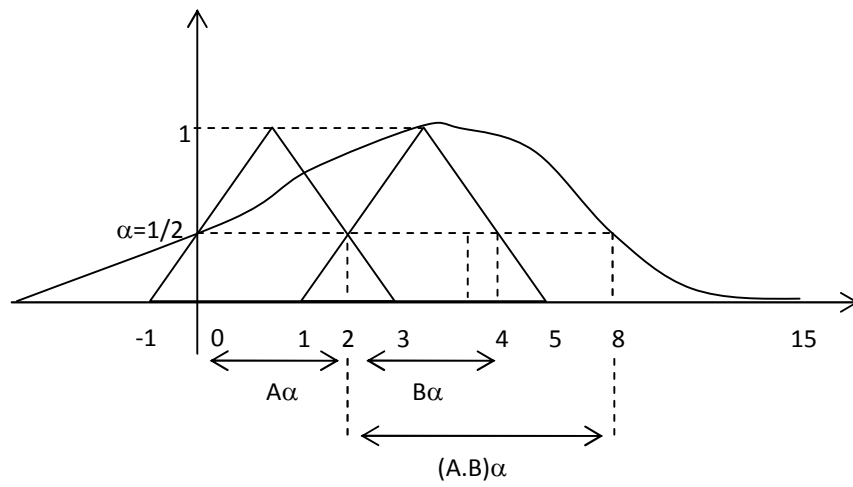
Şekil22: $B(x)$ in α kesimi



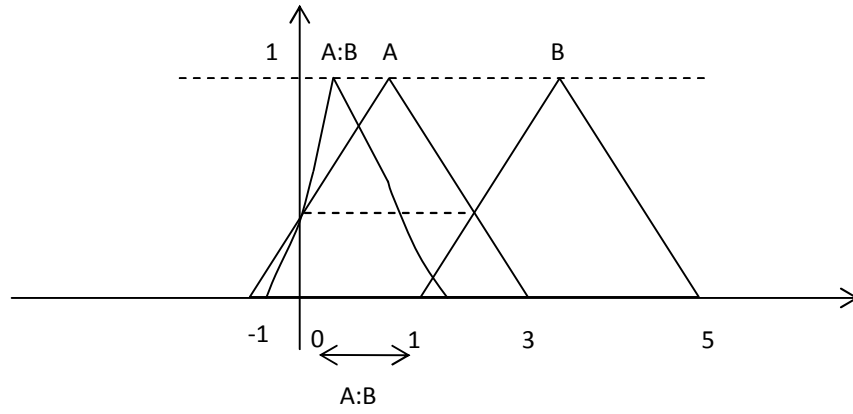
Şekil23: $(A+B)$ nin α kesimi



Şekil24: $A-B$ nin α kesimi



Şekil 25: $(A.B)$ nin α kesimi



Şekil 26: $(A:B)$ nin α kesimi

$$-(A+B)\alpha = [4\alpha, 8-4\alpha]$$

$$-(A-B)\alpha = [4\alpha, 2-4\alpha]$$

$$(A+B)(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x < 0 \vee x > 8 \\ \frac{x}{4} & , \quad 0 \leq x \leq 4 \\ \frac{8-x}{4} & , \quad 4 \leq x \leq 8 \end{cases}$$

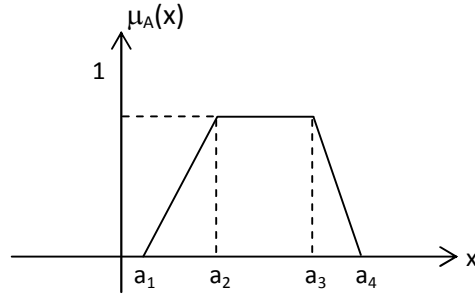
$$(A-B)(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x < -6 \vee x > 2 \\ \frac{x+6}{4} & , \quad -6 \leq x \leq -2 \\ \frac{2-x}{4} & , \quad -2 \leq x \leq 2 \end{cases}$$

$$(A.B)\alpha = \begin{cases} (2\alpha-1)(5-2\alpha), & (3-2\alpha)(5-2\alpha) & ; \alpha \in (0, 0.5) \\ (2\alpha-1)(2\alpha+1), & (3-2\alpha)(2\alpha+1) & ; \alpha \in (0.5, 1) \end{cases}$$

$$(A.B)(x) = \begin{cases} 0 & ; \quad x < -5 \vee x > 15 \\ \frac{3-(4-x)^{1/2}}{2} & ; \quad -5 \leq x < 0 \\ \frac{(1+x)^{1/2}}{2} & ; \quad 0 \leq x < 3 \\ \frac{4-(1+x)^{1/2}}{2} & ; \quad 3 \leq x \leq 15 \end{cases}$$

4.2. Yamuksal Bulanık Sayı

Üçgensel bulanık sayılar, yamuksal bulanık sayıların $a_2=a_3$ olmak üzere özel bir tipidir. $\alpha=1$ durumunda bir nokta değil (a_2, a_3) aralığında tanımlı bir doğru söz konusudur. Yamuksal bulanık sayılar aşağıda verilen üyelik fonksiyonu ile parametrik olarak ifade edilir.



Şekil 27:Yamuksal Bulanık Sayı

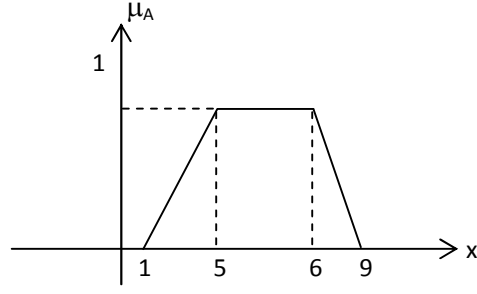
$$\mu_A(x)=\mu_A(x; a_1, a_2, a_3)= \begin{cases} \frac{x-a_1}{a_2-a_1} & ; \quad a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1 & ; \quad a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4-x}{a_4-a_3} & ; \quad a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0 & ; \quad x \geq a_4 \text{ veya } x \leq a_1 \end{cases}$$

Burada a_1 ve a_4 parametreleri yamuksal bulanık sayının üyelik derecesinin sıfır olduğu elemanları gösterir. a_2 ve a_3 parametreleri ise bu sayının kernel kümesini gösterir.

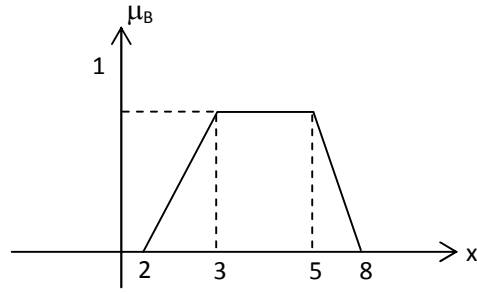
Bu yamuksal bulanık sayısının α -kesmesi

$A_\alpha=[(a_2-a_1)\alpha+a_1, -(a_4-a_3)\alpha+a_4]$ 'tür. (Şanlı, 2005).

Örnek: $A=(1,5,6,9)$, $B=(2,3,5,8)$ iki yamuksal bulanık sayı olmak üzere üyelik fonksiyonunun grafik olarak gösterimi aşağıdadır.



Şekil28: A yamuksal bulanık sayısı



Şekil 29: B bulanık sayısı

Üyelik fonksiyonları ise

$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{x-1}{4} & ; \quad 1 \leq x \leq 5 \\ 1 & ; \quad 5 \leq x \leq 6 \\ \frac{9-x}{3} & ; \quad 6 \leq x \leq 9 \\ 0 & ; \quad x < 1 \text{veya} x > 9 \end{cases}$$

$$\mu_B(x) = \begin{cases} x-2 & , \quad 2 \leq x \leq 3 \\ 1 & , \quad 3 \leq x \leq 5 \\ \frac{8-x}{3} & , \quad 5 \leq x \leq 8 \\ 0 & , \quad x < 2 \text{veya} x > 8 \end{cases}$$

olur.

Bu yamuksal bulanık sayıların α -kesimleri ise

$$A_\alpha = [4\alpha + 1, -3\alpha + 9]$$

$$B_\alpha = [\alpha + 2, -3\alpha + 8] \text{ olur.}$$

Üçgensel bulanık sayılarda olduğu gibi, yamuksal bulanık sayılarda da toplama ve çıkarma işlemleri kolaylıkla tanımlanabilir iken, çarpma ve bölme işlemleri yapılırken üyelik fonksiyonlarına ihtiyaç duyulur.

4.2.1.Yamuksal Bulanık Sayılarda Toplama

$$\begin{aligned} A+B &= (1,5,6,9) + (2,3,5,8) \\ &= (3,8,11,17) \end{aligned}$$

veya

$$\begin{aligned} A_{\alpha}+B_{\alpha} &= [5\alpha+3, -6\alpha+17] \\ \alpha=0 \text{ için, } [A+B]_{\alpha} &= [3,17] \\ \alpha=1 \text{ için, } [A+B]_{\alpha} &= [8,11] \\ \text{Sonuç olarak } (3,8,11,17) \end{aligned}$$

4.2.2.Yamuksal Bulanık Sayılarda Çıkarma

$$\begin{aligned} A-B &= (1,5,6,9)-(2,3,5,8) \\ &= (-7,0,3,7) \end{aligned}$$

veya

$$\begin{aligned} A_{\alpha}-B_{\alpha} &= [7\alpha-7, -4\alpha+7] \\ \alpha=0 \text{ için, } [A-B]_{\alpha} &= [-7,7] \\ \alpha=1 \text{ için, } [A-B]_{\alpha} &= [0,3] \\ \text{Sonuç olarak } (-7,0,3,7) \end{aligned}$$

4.2.3.Yamuksal Bulanık Sayılarda Çarpma

$$\begin{aligned} (A \cdot B)_{\alpha} &= [(4\alpha+1) \cdot (\alpha+2), (-3\alpha+9) \cdot (-3\alpha+8)] \\ &= [4\alpha^2+9\alpha+2, 9\alpha^2-51\alpha+72] \\ \alpha=0 \text{ için, } [A.B]_{\alpha} &= [2,72] \\ \alpha=1 \text{ için, } [A.B]_{\alpha} &= [15,30] \\ A.B &= [2, 15, 30, 72] \end{aligned}$$

BEŞİNCİ BÖLÜM

BULANIK DOĞRUSAL PROGRAMLAMA MODELİ

5.1. Doğrusal Programlama Probleminin Formülasyonu İle İlgili Temel Kavramlar

Doğrusal programlama ile ilgili bazı temel kavramlar aşağıdaki gibi tanımlanır.

5.1.1. Değişken

Problemde değişim gösteren faktörlerdir.

5.1.2. Karar (Kontrol) Değişkeni

Karar verici denetimi altında olan değişkenlerdir. Doğrusal programlama kullanılarak amaç fonksiyonunu en iyileyen karar değişkeni değerleri saptanır.

5.1.3. Amaç Fonksiyonu

Karar değişkenlerinin matematiksel fonksiyonudur ve sistemi tanımlamak için kullanılır. Karar vericinin elindeki olanakları ifade eden ve karar vericiyi belli koşullar altında karar vermeye yönelten matematiksel fonksiyonlardır. Bulunan çözümler problemin kısıtlarını sağlamalıdır (Tuncel, 1997).

Doğrusal programlama modelinin formülasyonunda izlenecek yol şu şekildedir:

- Amacın belirlenmesi,
- Karar değişkenlerinin tanımlanması,
- Amaç fonksiyonu matematiksel olarak belirtilmesi,
- Her bir sınırlayıcı koşulla ilgili olarak açıklayıcı bilgilerin belirtilmesi,
- Birim cinsinden sınırlayıcı koşul olarak sağ taraf değerlerinin belirtilmesi,
- Her bir sınırlayıcı koşula göre denklem katsayılarının belirtilmesi,
- Sol tarafa her sınırlayıcı koşul için karar değişkenlerinin yazılması,
- Her bir sınırlayıcı koşul için karar değişkenleri katsayılarının belirtilmesi.

Doğrusal programlama, sınırlı kaynakların kullanımını optimum kılmak için tasarlanmış bir matematiksel modelleme yöntemidir (Taha, 2002). Genel olarak

doğrusal programlama problemi, sınırlayıcı, koşullar adı verilen doğrusal denklemler veya eşitsizlikler grubu ile birlikte amaç denklemi adı verilen değişkenlerin doğrusal bir fonksiyon optimizasyon etmeyi gerektirir.

Doğrusal programlama modeli üç bileşenden oluşur;

- Belirlenecek karar değişkenleri,
- Optimum kılacağımız amaç (hedef),
- İçinde bulunduğumuz kısıtlar.

Değişkenler sürekli kontrol edilebilir olduğu gibi negatif değerlerde alamazlar. (Taha, 2002) Bu durumda klasik bir maksimizasyon modelini aşağıdaki gibi ifade edebiliriz. (Gasimov, 2002)

Bir doğrusal programlama problemi 3 kısımdan oluşur.

- Amaç fonksiyonu
- Kısıtlar
- İşaret kısıtı

Problem kısaca;

$$\max/\min \quad Z(x) = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \{ \leq, =, \geq \} b_i, \quad i=1,2,\dots,m$$

$$x_j \geq 0 \quad j=1,\dots,n$$

biçiminde formüle edilebilir.

x_j : Karar vericinin denetimi altında olan ve bilinmeyen gösteren karar değişkeni,

$Z(x)$: En iyilenecek amaç fonksiyonu

c_j : J. karar değişkenlerinin amaç fonksiyonundaki katkı katsayısı

a_{ij} : J karar değişkenlerinin i. kısıttaki katkı katsayısı (teknoloji katsayısı)

b_i : i. sınırlı kaynak miktarını yani i. kısıtın sağ taraf değerini göstermektedir.

Tüm kısıtları sağlayan $\lambda_1 \dots \lambda_n$ değişken kümesine uygun alan denir. Tanımlanan terminolojiye göre doğrusal programlama problemi, uygun alanda amaç fonksiyonunu optimize eden çözüm noktasını bulmak olarak ifade edilebilir.

Bir doğrusal programlama problemi matris gösterimiyle;

$$\max / \min Z=Cx$$

$$Ax \{ \leq, =, \geq \} B$$

$$X \geq 0$$

C: 1 x n boyutlu amaç fonksiyonu katsayıları vektörünü

A: mxn boyutlu kısıt (teknolojik) katsayıları matrisi

X: nx1 boyutlu karar değişkenleri vektörünü

B: mx1 boyutlu sağ taraf değerleri vektörüdür.

$$\text{Amaç Fonk. } \max Z = \sum_{j=1}^n c_j \times x_j$$

$$\sum_{j=1}^n c_j \times x_j \leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n$$

(Tuş A. ,2006)

5.2. Doğrusal Programlama Modellerindeki Bazı Varsayımlar

Doğrusal Programlama modellerindeki bazı varsayımları ise şöyle sıralayabiliriz. (Öztürk, 1997)

5.2.1. Doğrusallık

Bu varsayım sistem içerisindeki girdi ve çıktılar arasında doğrusal bir ilişkinin bulunduğunu gösterir.

5.2.2. Toplanabilirlik

Bu varsayım değişik üretim faaliyetlerine kaynak olan üretim girdilerinin toplamının her bir işlem için ayrı ayrı kullanılan girdilerinin toplamına eşit olduğunu gösterir.

5.2.3. Sınırlılık Varsayımı

Kullanılan kaynaklar belli değerlerde sınırlandırılmıştır.

5.2.4. Negatif Olmama

Değişkenlerin değeri sıfır veya sıfırdan başka bir değer almalıdır.

5.3. Bulanık Doğrusal Programlama Modellerinde Yaklaşımlar

5.3.1. Zimmermann Yaklaşımı

Zimmermann, bulanık amaç ve bulanık kısıtlayıcı doğrusal programlama problemleri için simetrik bir yaklaşım önermiştir. Zimmermann'a göre, bulanık amaç fonksiyonu karar vericiden sağlanan bulanık bir erişim düzeyi ile bulanık bir kısıtlayıcı olarak ifade edilebilir. Bu durumda, bulanık karar kümesi belirlenirken bulanık amaç ve bulanık kısıtlayıcılar birbirinden farksız olarak ele alınır. Yukarıdaki denklem ile gösterilen bulanık amaç ve bulanık kısıtlayıcı bir doğrusal programlama problemi, aşağıda verilen kısıtlayıcı kümesinden çözüm vektörü x 'in bulanması şeklinde ifade edilir (Özkan, 2003).

$$\begin{aligned} \text{Min. } z &= c^T x \leq b_0 \\ (Ax)_i &\leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m \\ x_i &\geq 0 \end{aligned}$$

Bulanık amaç fonksiyonunun her iki tarafı da (-1) ile çarpılırsa, bulanık doğrusal programlama problemi aşağıda verildiği gibi tamamen simetrik olarak ifade edilir.

$$\begin{aligned} -c^T x &\geq -b_0 \\ (A_x)_i &\leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m \\ x_i &\geq 0 \end{aligned}$$

Burada $B = \begin{bmatrix} -c^T \\ A_i \end{bmatrix}$ ve $e = \begin{bmatrix} -b_0 \\ b_i \end{bmatrix}$ sütun vektörleri tanımlanırsa, bulanık doğrusal programlama problemi aşağıdaki gibi düzenlenebilir.

$$\left. \begin{aligned} Bx &\leq e \\ x &\geq 0 \end{aligned} \right\}$$

Bulanık amaç ve bulanık kısıtlayıcılar seçenekler kümesindeki bulanık kümeler olarak tanımlandığı için, bunlara ilişkin üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi gerekir. Modelin i 'yinci satır için, üyelik fonksiyonunun tek düze olarak artmayan bir yapıda olması gerekir. Yani, i 'yinci bulanık eşitsizlik tamamen doyuruluyorsa, üyelik derecesi 1 olmalı; i 'yinci bulanık eşitsizlik tamamen doyurulmuyorsa, üyelik derecesi 0 olmalı ve $[b_i, b_i+p_i]$ aralığında üyelik derecesi 1'den 0'a doğru tek düze olarak azalmalıdır. Burada,

$e_i=b_i$ ($i=0,1,2,\dots,m$) terimi i ' yinci bulanık eşitsizlik için karar vericinin ulaşmak istediği erişim düzeyini, p_i terimi ise i ' yinci erişim düzeyi için karar vericinin belirlediği maksimum tolerans miktarı gösterir. Diğer bir ifade ile, p_i 'ler amaç fonksiyonu ve kısıtlayıcılardaki kabul edilebilir toleranstan gösteren ve karar verici tarafından belirlenen sabitlerdir. Bu durumda, i ' yinci bulanık eşitsizliğin üyelik fonksiyonu matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilir.

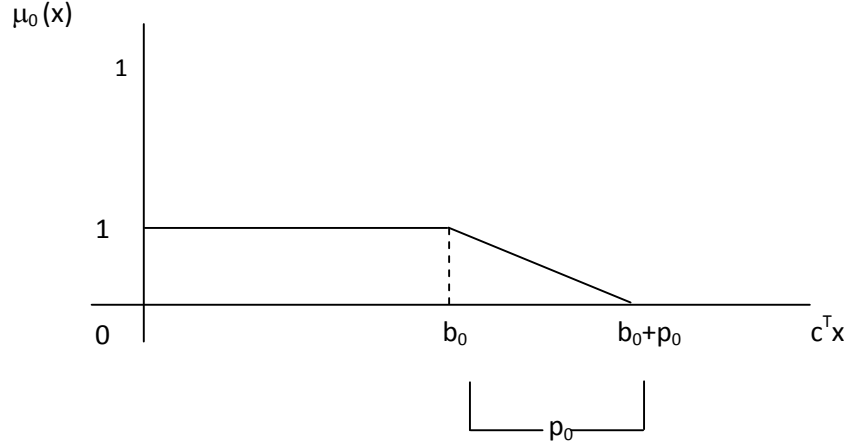
$$\mu_i[(Bx)_i] = \begin{cases} 0 & ; \text{ eger } (Bx)_i \geq b_i + p_i \quad \text{ise} \\ \in [0,1] & ; \text{ eger } b_i \leq (Bx)_i \leq b_i + p_i \quad \text{ise} \\ 1 & ; \text{ eger } (Bx)_i \leq b_i \quad \text{ise} \end{cases}$$

Buradan hareketle, bulanık amaç fonksiyonu ve bulanık kısıtlayıcıların parçalı doğrusal üyelik fonksiyonları aşağıda verildiği gibi tanımlanır.

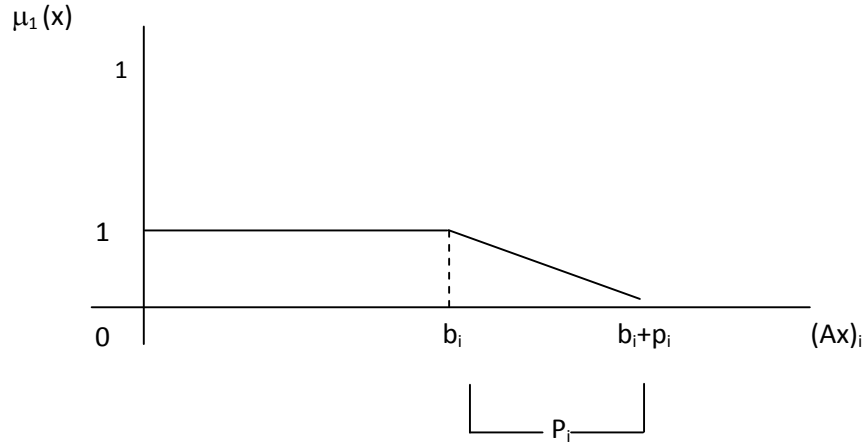
$$\mu_0(x) = \begin{cases} 0 & ; \text{ eger } c^T x \geq b_0 + p_0 \quad \text{ise} \\ 1 - \frac{c^T x - b_0}{p_0} & ; \text{ eger } b_0 \leq c^T x \leq b_0 + p_0 \quad \text{ise} \\ 1 & ; \text{ eger } c^T x \leq b_0 \quad \text{ise} \end{cases}$$

$$\mu_i(x) = \begin{cases} 0 & ; (Ax)_i \geq b_i + p_i \quad \text{ise} \\ 1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{p_i} & ; b_i \leq (Ax)_i \leq b_i + p_i \quad \text{ise} \\ 1 & ; (Ax)_i \leq b_i \quad \text{ise} \end{cases}$$

Burada, örneğin $\mu_0(x)$ üyelik fonksiyonu, çözüm vektörü x 'in bulanık eşitsizlik $c^T x \leq b_0$ doyurma derecesi olarak yorumlanır. Bulanık amaç ve bulanık kısıtlayıcıların üyelik fonksiyonları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir. Bu şekillerde, bulanık amaç fonksiyonu ve bulanık kısıtlayıcılara ilişkin üyelik fonksiyonlarının sırasıyla tek düze olarak artmayan fonksiyonlar olduğu görülebilmektedir.



Şekil 30. $c^T x \leq b_0$ Eşitsizliğinin Üyelik Fonksiyonu



Şekil 31: $(Ax)_i \leq b_i$ Eşitsizliğinin Üyelik Fonksiyonu

Bulanık amaç ve bulanık kısıtlayıcıların üyelik fonksiyonları belirlendiği için, bulanık karar kümesi aşağıda verilen ifadeden oluşturulabilir. Şöyle ki;

$$\mu_D(x) = \min[\mu_0(x), \mu_i(x)] \quad i=1,2,\dots,m$$

Bulanık karar kümesinin en yüksek üyelik dereceli elemanı ise,

$$\mu_D(x^M) = \max(\min[\mu_0(x), \mu_i(x)] \quad i=1,2,\dots,m$$

$$\mu_D(x^M) = \max \left(\min \left[\left(1 - \frac{c^T x - b_0}{p_0} \right), \left(1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{p_i} \right) \right] \right) \quad i=1,2,\dots,m$$

eşitliklerinden belirlenir.

Bulanık amaç ve bulanık kısıtlayıcılar için tolerans betimlemesi kullanıldığı zaman, bir minimizasyon kararı olan $\mu_D(x^M)$, geleneksel bir doğrusal programlama modelinin

kurulması ile belirlenebilir. Diğer bir ifade ile simetrik bulanık doğrusal programlama problemleri, ek bir değişken olan λ 'nın kullanılması ile geleneksel bir doğrusal programlama modeli olarak ifade edilebilir. Bunun için, bulanık karar kümesinin λ değişkeni ile gösterilmesi gerekir.

$$\min[\mu_0(x), \mu_1(x)] = \mu_0(x) \wedge \mu_1(x) \geq \lambda$$

burada λ değişkeni, bulanık amaç ve bulanık kısıtlayıcıların çözüm vektörü x tarafından eşanlı olarak doyurulma derecesini gösterilir. λ değişkeni, $\lambda \in [0,1]$ aralığında tanımlanır. Bu durumda, bulanık karar kümesi aşağıda verilen ifadeye denktir.

$$\left. \begin{array}{l} \mu_0(x) \geq \lambda \\ \mu_i(x) \geq \lambda \end{array} \right\}$$

Buradan, $\mu_D(x^M)$ 'i belirleme problemi geleneksel bir doğrusal programlama problemi olarak aşağıda verildiği gibi ifade edilir.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Max } \lambda \\ \text{Kısıtlayıcılar} \\ \mu_0(x) \geq \lambda \\ \mu_i(x) \geq \lambda \\ \lambda \in [0,1] \end{array} \right\}$$

Bulanık amaç ve bulanık kısıtlayıcıların üyelik fonksiyonları, yukarıdaki modelde yerine konduğu zaman, aşağıdaki doğrusal programlama modeline ulaşılır.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Max } \lambda \\ \text{Kısıtlayıcılar} \\ 1 - \frac{c^T x - b_0}{p_0} \geq \lambda \\ 1 - \frac{(Ax)_i - b_i}{p_i} \geq \lambda; \forall_i \\ \lambda \in [0,1] \\ x \geq 0 \end{array} \right\}$$

Bu model $c^T x$ ve $(Ax)_i$ terimlerine göre düzenlendiğinde,

$$\left. \begin{array}{l}
 \text{Max} \lambda \\
 \text{Kısıtlayıcılar} \\
 c^T x \geq b_0 + (1 - \lambda)p_0 \\
 (Ax)_i b_i + (1 - \lambda)p_i \quad ; \\
 \lambda \in [0,1] \\
 x \geq 0
 \end{array} \right\} \forall_i = \left\{ \begin{array}{l}
 \text{Max} \lambda \\
 \text{Kısıtlayıcılar} \\
 c^T x + \lambda p_0 \geq b_0 + p_0 \\
 (Ax)_i + \lambda p_i \leq b_i + p_i; \quad \forall_i \\
 \lambda \in [0,1] \\
 x \geq 0
 \end{array} \right.$$

modeli elde edilir. Burada c_j , a_j , b_0 , p_0 , b_i ve p_i parametrelerinin problemin çözümünden önce, karar verici tarafından belirlenmesi gerekmektedir.

Bulanık amaç ve bulanık kısıtlayıcıları doğrusal programlama modellerinde bazı kısıtlayıcılar bulanıklık içermeyebilir. Bu durumda, ilgili kısıtlayıcıların maksimum toleransları sıfır olarak kabul edilir. Diğer bir ifade ile bulanık olmayan kısıtlayıcılar herhangi bir dönüşüm işlemi yapılmadan, ilgili modele ilave edilir.

Bu modeli özetleyecek olursak, amaç fonksiyonundaki bulanıklık, karar vericinin ulaşmak istediği erişim düzeyinin bulanık olması ile ifade edilir. Ayrıca bu modelde amaç fonksiyonu parametreleri ve teknoloji katsayıları bulanık olmayan bir şekilde belirlenir. Bulanık amaç ve bulanık kısıtlayıcıları doğrusal programlama problemlerinin çözülebilmesi için, bulanık amaç ve bulanık kısıtlayıcılara ilişkin erişim düzeyleri ile bu erişim düzeylerine tanınan maksimum toleransları belirlenmesi gerekir. (TUŞ A. , 2006)

5.3.2. Diğer Yaklaşımlar

Bulanık doğrusal programlama modellerinin tasarımında göz önüne alınan 3 temel bulanıklılık vardır. (Sadegni, Hosseini, (2005)

Bunlar,

5.3.2.1. Sağ Taraf Sabitleri Bulanık Olanlar

$$\begin{array}{l}
 z = c^T x \\
 \text{Kısıtlayıcılar} \\
 (Ax)_i \leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m \\
 x \geq 0
 \end{array}$$

5.3.2.2. Amaç Fonksiyonunun Katsayısı Bulanık Olanlar

$$Z = c^T x$$

Kısıtlayıcılar

$$(Ax)_i \leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$x \geq 0$$

5.3.2.3. Teknoloji Katsayısı Bulanık Olanlar

$$Z = c^T x$$

Kısıtlayıcılar

$$(Ax)_i \leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$x \geq 0$$

Varolan bu üç farklı tip bulanık durumun kombinasyonu ile bulanık doğrusal programlama problemlerinin farklı tiplerine ulaşabiliriz.

Şimdi bu farklı bulanıklık durumlarının bazılarını inceleyelim.

5.4. Chanas Yaklaşımı

Chanas, bulanık kısıtlayıcıların belirlediği uygun çözüm alanının bilgi eksikliği yüzünden, amaç fonksiyonuna ilişkin erişim düzeyi ile tolerans miktarının karar verici tarafından başlangıçta belirlenemeyeceğini öne sürmüştür. Chanas, bulanık amaç fonksiyonlu ve bulanık kısıtlayıcıli doğrusal programlama problemleri için, parametrik programlama sonrası karar verici tercihini dikkate alan bir çözüm yaklaşımı önermiştir (Chanas, 1983).

Chanas amaç fonksiyonundaki parametrelerin bulanık olabileceği varsayımı altında,

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

Kısıtlayıcılar

$$(Ax)_i \leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$x \geq 0$$

şeklinde gösterilebilir. Bu modelde, amaç fonksiyonundaki katsayıların bulanık sayılarla veya bulanıklığı belirten tolerans aralıkları ile tanımlanır.

5.5. Werners Yaklaşımı

Bir diğer yaklaşım Werners yaklaşımıdır. Werners'e göre, bulanık kısıtlayıcılı doğrusal programlama problemlerinde kısıtlayıcıların bulanık olması, amaç fonksiyonunda bulanık olmasını gerektirir. Werners'in bulanık doğrusal programlama yaklaşımı aşağıdaki gibi modellenir (Özkan, 2003).

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

Kısıtlayıcılar

$$(Ax)_i \leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$x \geq 0$$

5.6. Verdegay Yaklaşımı

Verdegay, bulanık amaç katsayılı doğrusal programlama problemlerinin dualiteden dolayı, bulanık kısıtlayıcılı doğrusal programlama problemi olarak çözülebileceğini öne sürmüştür. Bulanık parametrelili doğrusal programlama problemleri şu şekilde ifade edilir. (Özkan, 2003)

$$\text{Max}Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

Kısıtlar

$$\sum_{j=1}^n a_j x_j \leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$x \geq 0$$

5.7. Wang ve Liang Yaklaşımı

Wang ve Liang da 2004 yılında yayınladıkları makalelerinde amaç, kısıtlar ve tüm katsayıların bulanıklaştırılarak doğrusal programlama probleminin çözüleceği yaklaşımını savunmuşlardır. Buna göre kurulan model şu şekildedir: (Wang, Liang, 2004)

$$\text{Max } Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

Kisitlar

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i \quad i = 1, 2, \dots, m$$

$$x \geq 0$$

5.8. Bulanık Hedef Programlama

Çok amaçlı karar alma yaklaşımlarında en çok kullanılan programlama tekniklerinden biri hedef programlamadır. Hedef programlama ilk olarak Charnes ve diğ. (1955) tarafından önerilmiştir. Bu tür karar alma problemlerinde her bir amaç için hedeflerin oluşturulmasını gerektirir. Hedef programlama çözüm tekniği, hedef sınırlarına ve sistem sınırlarına bağlı olarak her bir hedefteki sapmayı minimize etmeye çalışır. Standart bir hedef programlama formülasyonunda hedefler ve sınırlar eksiksiz tanımlanır. (Karaman, Kale, ..., 113)

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 içerisine 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. (Güneş, Umarusman, ..., 7)

Hedef programlamada bulanık küme tekniği ilk olarak Narasimhan (1980), tarafından kullanılmıştır. Çeşitli yazarlar (Narasimhan ve Rubin 1984, Tiwari ve diğerleri 1986, Ramik 2000, Wang ve Fu 1997, Mohamed 1997, vs.) bulanık hedef programlama tekniğini karar alma problemlerinde kullanmışlardır. (Karaman, Kale, ...,)

Çalışmanın bundan sonraki kısmı Doç. Dr. Mustafa Güneş ve Yrd. Doç. Dr. Nurullah Umarusman' ın "Bir Karar Destek Aracı Bulanık Hedef Programlama ve Yerel Yönetimlerde Vergi Optimizasyonu Uygulaması" adlı makalesinden esinlenerek yazılmıştır.

ALTINCI BÖLÜM

UYGULAMA

6.1. Problem

İl, ilçe, kasaba, belde vb. yerleşim merkezlerinde temizlik, aydınlatma, su, toplu taşıma ve esnafın denetimi gibi kamu hizmetlerine bakan, başkanı ve üyeleri halk tarafından seçilen, tüzel kişiliği olan teşkilata belediye denir.

Belediyelerin 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 gelir tahmini 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. Uygulama çalışması içerisinde, belediye gelir çeşitlerinden Belediye Vergileri ve bunlara ait tahmin edilen gelirler kullanılmıştır. Bu vergi gelir çeşitleri: İlan ve Reklam Vergisi, Eğlence Vergisi, Emlak Vergisi, Bina Vergisi, Arazi Vergisi, Arsa Vergisi, Haberleşme Vergisi, Elektrik ve Havagazı Tüketim Vergisi, Yangın Sigorta Vergisi Çevre ve Temizlik Vergisi, Çeşitli Vergiler'den meydana gelmektedir. (Güneş, Umarusman, ..., 7)

İskenderun Belediyesi 2009 Mali Yılı gelir bütçesi içerisinde yer alan Belediye Vergi gelirlerini toplam 7604000 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 6 da verilmiştir. Kabul edilebilir maksimum sapmalar geçmiş yıllara ait Mali Yılı gelir bütçeleri baz alınarak karar verici tarafından belirlenmiştir.

Her vergi hedefinde oluşabilecek sapmaları, hedeften simetrik olarak artmasını veya azalmasını benimseyen İskenderun Belediyesi Saymanlığı için toplam vergi gelirleri ve bu vergilere ait her bir vergi çeşidi için belirlenen hedef değerlerdeki bulanıklık, üçgensel bulanık sayı biçiminde aşağıdaki gibi simetrik olarak ifade edildiğinde aşağıdaki tabloya ulaşılır.

Tablo4: Tahmin Edilen Gelir Tablosu

Vergi Çeşitleri	Tahmin Edilen Gelir	Alt Sınır	Üst Sınır
İlan ve Reklam Vergisi	700000	621300	778700
Eğlence Vergisi	60000	54300	65700
Arazi Vergisi	175000	148800	201200
Bina Vergisi	1700000	1517500	1882500
Arsa Vergisi	400000	356900	443100
Haberleşme Vergisi	350000	310900	389100
Elektrik ve Havagazı Vergisi	1654000	1485500	1822500
Yangın ve Sigorta Vergisi	115000	101800	128200
Çevre Ve Temizlik Vergisi	1550000	1393100	1706900
Çeşitli Vergiler	900000	811800	988200
Beklenen Toplam Vergi	7604000	6801900	8406100

Model için değişken tanımlamaları aşağıdaki gibi olsun.

x_1 : İlan ve Reklam Vergisi

x_2 : Eğlence Vergisi

x_3 : Arazi Vergisi

x_4 : Bina Vergisi

x_5 : Arsa Vergisi

x_6 : Haberleşme Vergisi

x_7 : Elektrik ve Havagazı Vergisi

x_8 : Yangın ve Sigorta Vergisi

x_9 : Çevre Ve Temizlik Vergisi

x_{10} : Çeşitli Vergiler

x_{11} : Beklenen Toplam Vergi

Model aşağıdaki gibi kurulur.

Amaç: X değişkenlerinin belirlenmesi

Max x_{11}

Subjectto

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} - 802100 \cdot x_{11} \geq 6801900$$

$$x_1+x_2+x_3+x_4+x_5+x_6+x_7+x_8+x_9+x_{10}+802100*x_{11} \leq 8406100$$

$$x_1-78700*x_{11} \geq 621300$$

$$x_1+78700*x_{11} \leq 778700$$

$$x_2-5700*x_{11} \geq 54300$$

$$x_2+5700*x_{11} \leq 65700$$

$$x_3-26200*x_{11} \geq 148800$$

$$x_3+26200*x_{11} \leq 201200$$

$$x_4-182500*x_{11} \geq 1517500$$

$$x_4+182500*x_{11} \leq 1882500$$

$$x_5-43100*x_{11} \geq 356900$$

$$x_5+43100*x_{11} \leq 443100$$

$$x_6-39100*x_{11} \geq 310900$$

$$x_6+39100*x_{11} \leq 389100$$

$$x_7-168500*x_{11} \geq 1485500$$

$$x_7+168500*x_{11} \leq 1822500$$

$$x_8-13200*x_{11} \geq 101800$$

$$x_8+13200*x_{11} \leq 128200$$

$$x_9-156900*x_{11} \geq 1393100$$

$$x_9+156900*x_{11} \leq 1706900$$

$$x_{10}-88200*x_{11} \geq 811800$$

$$x_{10}+88200*x_{11} \leq 988200$$

END

6.2. Sonuç ve Yorumlar

Kurulan modelde herbir vergi hedefindeki artış ve azalışlar simetrik olarak alınmıştır. Bunun sonucu olarak $x_{11} = 1$ bulunur ve dolayısıyla hesaplamalar tahmin edilen değeri verir. Sonuç olarak herbir değişkendeki sapmanın simetrik olması durumunda bulanık hedef programlama ile yapılan çözümler tahmin edilen değeri verecektir.

Tablo 5: Simetrik Durumdaki Sonuçlar

Vergi Çeşitleri	Sonuçlar
İlan ve Reklam Vergisi	700000
Eğlence Vergisi	60000
Arazi Vergisi	175000
Bina Vergisi	1700000
Arsa Vergisi	400000
Haberleşme Vergisi	350000
Elektrik ve Havagazı Vergisi	1654000
Yangın ve Sigorta Vergisi	115000
Çevre Ve Temizlik Vergisi	1550000
Çeşitli Vergiler	900000
Beklenen Toplam Vergi	7604000

Değişkenlerdeki Sapmanın Asimetrik Olması Durumu

Bu bölümde herbir vergi hedefinde oluşabilecek sapmanın asimetrik olması durumunda, bulanık hedef programlama modelinin vereceği sonuçlar hesaplanacaktır.

u_i : Vergi kaleminin alt sınırı ($i= 1,2,..11$)

v_i : Vergi kaleminin üst sınırı ($i= 1,2,..11$)

olmak üzere herbir vergi çeşidinde önce beklenen sapmanın % 10' unu alt sınıra eklenip üst sınır değerleri sabit tutulsun. Yeni alt sınır değeri;

$w_i = u_i + (v_i - u_i) / 10$ olur.

Hedef programlamayı aşağıdaki gibi oluştururuz:

Tablo 6: Vergilerde Alt Sınırın Artması Durumu

Vergi Çeşitleri	Tahmin Edilen Gelir	w_i	v_i
İlan ve Reklam Vergisi	700000	637040	778700
Eğlence Vergisi	60000	55440	65700
Arazi Vergisi	17500	154040	201200
Bina Vergisi	1700000	1554000	1882500
Arsa Vergisi	400000	365520	443100
Haberleşme Vergisi	350000	318720	389100
Elektrik ve Havagazı Vergisi	1654000	1519200	1822500
Yangın ve Sigorta Vergisi	115000	104440	128200
Çevre Ve Temizlik Vergisi	1550000	1424480	1706900
Çeşitli Vergiler	900000	829440	988200
Beklenen Toplam Vergi	7604000	6962320	8406100

Tabloya göre model aşağıdaki gibi kurulur:

Amaç: X değişkenlerinin belirlenmesi

Max x_{11}

Subjectto

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} - 641680 * x_{11} \geq 6962320$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + 802100 * x_{11} \leq 8406100$$

$$x_1 - 62960 * x_{11} \geq 637040$$

$$x_1 + 78700 * x_{11} \leq 778700$$

$$x_2 - 4560 * x_{11} \geq 55440$$

$$x_2 + 5700 * x_{11} \leq 65700$$

$$x_3 - 20960 * x_{11} \geq 154040$$

$$x_3 + 26200 * x_{11} \leq 201200$$

$$x_4 - 146000 * x_{11} \geq 1554000$$

$$x_4 + 182500 * x_{11} \leq 1882500$$

$$x_5 - 34480 * x_{11} \geq 390000$$

$x_5 + 43100 * x_{11} \leq 365520$
 $x_6 - 31280 * x_{11} \geq 318720$
 $x_6 + 39100 * x_{11} \leq 389100$
 $x_7 - 134800 * x_{11} \geq 1519200$
 $x_7 + 168500 * x_{11} \leq 1822500$
 $x_8 - 10560 * x_{11} \geq 104440$
 $x_8 + 13200 * x_{11} \leq 128200$
 $x_9 - 125520 * x_{11} \geq 1424480$
 $x_9 + 156900 * x_{11} \leq 1706900$
 $x_{10} - 70560 * x_{11} \geq 829440$
 $x_{10} + 88200 * x_{11} \leq 988200$
 END

Tablo 7: Beklenen Sapmanın % 10 unun Alt Sınıra Eklendiği Sonuç

Vergi Çeşitleri	Sonuç
İlan ve Reklam Vergisi	700873,4
Eğlence Vergisi	60063,26
Arazi Vergisi	175290,8
Bina Vergisi	1701074
Arsa Vergisi	400478,3
Haberleşme Vergisi	350433,9
Elektrik ve Havagazı Vergisi	1655870
Yangın ve Sigorta Vergisi	115146,5
Çevre Ve Temizlik Vergisi	1551741
Çeşitli Vergiler	900978,8
Beklenen Toplam Vergi	7611949,96

Bu şekilde kurulup incelenen modelde $x_{11} = 0,988902$ bulunur.

u_i : Vergi kaleminin alt sınırı ($i = 1,2,...11$)

v_i : Vergi kaleminin üst sınırı ($i = 1,2,...11$)

olmak üzere her bir vergi çeşidinde önce beklenen sapmanın % 10' unu üst sınırdan çıkarıp alt sınır değerleri sabit tutulsun. Yeni üst sınır değeri;

$$z_i = v_i + (v_i - u_i) / 10 \text{ olur.}$$

Hedef programlamayı aşağıdaki gibi oluştururuz:

Tablo 8: Vergilerde Üst Sınırın Azalması Durumu

Vergi Çeşitleri	Tahmin Edilen Gelir	u_i	z_i
İlan ve Reklam Vergisi	700000	621300	762960
Eğlence Vergisi	60000	54300	64560
Arazi Vergisi	17500	148800	195960
Bina Vergisi	1700000	1517500	1846000
Arsa Vergisi	400000	356900	434480
Haberleşme Vergisi	350000	310900	381280
Elektrik ve Havagazı Vergisi	1654000	1485500	1788800
Yangın Ve Sigorta Vergisi	115000	101800	125560
Çevre Temizlik Vergisi	1550000	1393100	1675520
Çeşitli Vergiler	900000	811800	970560
Beklenen Toplam Vergi	7604000	6801900	8245680

Tabloya göre model aşağıdaki gibi kurulur.

Amaç: X değişkenlerinin belirlenmesi

Max x_{11}

Subject to

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} - 802100 * x_{11} \geq 6801900$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 + x_9 + x_{10} + 641680 * x_{11} \leq 8245680$$

$$x_1 - 78700 * x_{11} \geq 621300$$

$$x_1 + 62960 * x_{11} \leq 762960$$

$$x_2 - 5700 * x_{11} \geq 54300$$

$$x_2 + 4560 * x_{11} \leq 64560$$

$x3-26200 \cdot x11 \geq 148800$
 $x3+20960 \cdot x11 \leq 195960$
 $x4-182500 \cdot x11 \geq 1517500$
 $x4+146000 \cdot x11 \leq 1846000$
 $x5-43100 \cdot x11 \geq 356900$
 $x5+34480 \cdot x11 \leq 434480$
 $x6-39100 \cdot x11 \geq 310900$
 $x6+31280 \cdot x11 \leq 381280$
 $x7-168500 \cdot x11 \geq 1485500$
 $x7+134800 \cdot x11 \leq 1788800$
 $x8-13200 \cdot x11 \geq 101800$
 $x8+10560 \cdot x11 \leq 125560$
 $x9-156900 \cdot x11 \geq 1393100$
 $x9+125520 \cdot x11 \leq 1675520$
 $x10-88200 \cdot x11 \geq 811800$
 $x10+70560 \cdot x11 \leq 970560$
 END

Tablo 9: Beklenen Sapmanın % 10' unu Üst Sınırdan Çıkarıldığı Sonuç

Vergi Çeşitleri	Sonuç
İlan ve Reklam Vergisi	699126,6
Eğlence Vergisi	59936,74
Arazi Vergisi	174709,2
Bina Vergisi	1698926
Arsa Vergisi	399521,7
Haberleşme Vergisi	349566,1
Elektrik ve Havagazı Vergisi	1652130
Yangın Ve Sigorta Vergisi	114853,5
Çevre Temizlik Vergisi	1548259
Çeşitli Vergiler	899021,2
Beklenen Toplam Vergi	7596050,04

İlk modelde beklenen hedefin tamamen karşılandığı görülür. Beklenen sapmanın % 10 unun alt sınıra eklendiği modelde $x_{11} = 0,988902$ bulunup beklenen toplam vergi 7611949,96 TL dir. Son olarak beklenen sapmanın % 10' unu üst sınırdan çıkarıldığı modeldeki x_{11} değeri de 0,988902 bulunur. Beklenen toplam vergi geliri 7604000TL iken 7596050,04TL bulunmuştur.

KAYNAKÇA

- Akman G. (2009), “Bulanık Hedef Programlama Modeli ve Bir Uygulama Denemesi”, *Yüksek Lisans Tezi*, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Nezam Mahdavi-Amiri; Seyed Hadi Nasseri; Alahbakhsh Yazdani, (2009), “Fuzzy Primal Simplex Algorithms for Solving Fuzzy Linear Programming Problems, Iranian”, *Journal of Operations Research*, Vol. 1, No. 2, pp.68-84
- Aydemir O. (2008), “Kentsel Yaşam Kalitesi Değerlendirmesinde Bulanık Küme Modeli Örnek Alan:Zeytinburnu İlçesi”, *Doktora Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bircan H. , Kartal Z.(tarihsiz), “Doğrusal Programlama Tekniği İle Kapasite Planlaması Yaklaşımı ve Çimento İşletmesinde Bir Uygulaması”, *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt 5, Sayı 1
- Elmas Ç., (2003), “*Bulanık Mantık Deneteleyiciler (Kuram,Uygulama,Sinirsel Bulanık Mantık)*”, Seçkin yayınları,Ankara
- Erbay Dalkılıç T. (2005), ”Switching Regresonda Bulanık Sinir Ağları Yaklaşımı İle Parametre Tahmini”, *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ertuğrul İ, Tuş A.(2006), “Comparasion Between Linear and Fuzzy Linear Programming and An Application Sample At A Marble Firm”, *Proceedings of 5th International Symposium on Intelligent Manufacturing Systems,Sakarya University, Department of Industrial Engineering Pamukkale University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Business Administration, Denizli, Turkey*
- Güneş M.;Umarusman N.,(tarihsiz), “Bir Karar Destek Aracı Bulanık Hedef Programlama ve Yerel Yönetimlerde Vergi Optimizasyonu Uygulaması” *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Review of Social, Economic&Busines,, Vol 2, 242-255, İzmir.*
- Güngör Şen C., Cenkçi D. (2009), “An Integrated Approach to Determination and Evalution Of Production Planning Performance Criteria” Yıldız Teknik

Üniversitesi *Journal of Engineering and Natural Sciences Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, Sigma 27,4-7, İstanbul.

- İşbilen Yücel L.(2005), “Bulanık Regresyon: Türkiye’de 1980-2004 Döneminde Kayıt Dışı Ekonominin Bulanık Yöntemlerle Tahminine İlişkin Bir Uygulama”, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Karaman E, Kale S. (2007), “Bulanık Hedef Programlama Yöntemi ile Süre-Maliyet-Kalite Eniyilemesi” Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Balıkesir
- Kaya Ö. (2007), “Bulanık Doğrusal Programlama ve Üretim Planlama Üzerine Bir Uygulama”, *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Keleşoğlu Ö. ; Ülker M. ,(2006) “Düzlem Çerçeve Sistemlerin Bulanık Çok Amaçlı Optimizasyonu”, *İMO Teknik Dergi*,
- Kocatürk Y, (2007) , “Bulanık Değişkenler ve Bulanık Yenileme Süreçleri”, *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Koyuncu A.S., (2006) , “Bulanık Veri Madenciliği ve Sermaye Piyasası Uygulaması” Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Kuruüzüm A. (1999), “Bulanık Amaç Katsayılı Doğrusal Programlama”, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt:14, Sayı:1, ss:27-36.
- Kuşçu D. (2007), “Karar Verme Süreçlerinde Bulanık Mantık Yaklaşımı”, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Lai, Y. ; J. ,Hwang, C. L., (1992), *A New Approach to Some Possibilistic Linear Programming Problem*, Fuzzy Sets and Systems.
- Oruç K.O. (2008), “Veri Zarflama Analizi İle Bulanık Ortamda Etkinlik Ölçümleri Ve Üniversitelerde Bir Uygulama”, *Doktora Tezi*, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Özkan M. M. ,(2002), “Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Tekstil İşletmesinde Uygulama Denemesi”, *Yayınlanmamış Doktora Tezi*, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- Özkan M. M. , (2003) , “Bulanık Hedef Programlama”, Ekin Kitabevi, ss. 6-7,Bursa

- Pelitli D. , (2007) , “Portföy Analizinde Bulanık Mantık Yaklaşımı ve Uygulama Örneği”, *Yüksek Lisans Tezi*, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- S.H. Nasser, and E. Ardil (2005), *Simplex Method for Fuzzy Variable Linear Programming Problems World Academy of Science, Engineering and Technology*.
- Sungur B. , (2008), “Bulanık Vardiya Çizelgeleme Problemleri İçin Tamsayılı Programlama Modeli”, *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Sayı: 30, ss.211-227
- Şanlı K. , (2005), “Bulanık Robust Regresyon Çözümlemesi”, *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Şen Z. , (2001), *Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri*, Bilge Kültür Sanat Kitabevi, İstanbul
- Şen Z. , (2004), *Bulanık (Fuzzy) Mantık ve Modelleme Prensipleri*, Bilge Kültür Sanat Kitabevi, İstanbul
- Taha H.A. , (2000), *Yöneylem Araştırması*, Literatür Yayınları, İstanbul.
- Thakre P.A.; Shelar D.S.; Thakre S.P., (2009), “Solving Fuzzy Linear Programming Problem as Multi Objective Linear Programming Problem”, *Proceedings of the World Congress on Engineering*, Vol II London.
- Tuncel S.Ö. , (1997), “Bulanık Doğrusal Programlama”, *Basılmamış Bilim Uzmanlığı Tezi*, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Tuş A. , (2006), “Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Üretim Planlamasında Uygulama Örneği”, *Yüksek Lisans*, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Türe H. (2006), “Bulanık Doğrusal Programlama ve Bir Uygulama”, *Master Tezi*, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Umarusman N. (2007), “Çok Amaçlı Karar Problemlerinde Duyarlılık Analizi ve Bulanık Mantık İlişkisi: De Novo Programlama Uygulaması”, *Doktora Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Yakupoğlu T. ; Özdemir N; Ekberli İ. , (2008), “Toprak Erozyonu Çalışmalarında Bulanık Mantık Uygulamaları”, *19 Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, Samsun.
- Yalaz, Ş. , (tarihsiz) , “Yapıda Sistem Analizi Bulanık Mantık”, ppt sunusu

- Yalçın N. (2005), “Seçme Klasik Doğrusal Programlama ve Bulanık Doğrusal Programlamanın Karşılaştırmalı Bir Analizi: Üretim Planlama Örneği”, *Yüksek Lisans Tezi*, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Kayseri.
- Yurduseven S. , (2008), “Bazı Fuzzy Cebirsel Sayılar, *Yüksek Lisans Tezi*, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yurtçu Ş. , (2007), “Bulanık Mantık”, *Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Sunusu*, Afyonkarahisar.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Ad Soyadı : Yasemin Coşkunırmak

Doğum Yeri-Yılı : İskenderun – 08.10.1983

Adres : Cumhuriyet mah. 143.sokak No:45 İskenderun-Hatay

E-mail : coskunirmak83@hotmail.com

EĞİTİM DURUMU

Yüksek Lisans : Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri
Anabilim Dalı (2010)

Lisans : Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Matematik Bölümü (2006)

Lise-Ortaokul : İskenderun İbni Sina Anadolu Lisesi (2001)

Yabancı Dil : İngilizce, Almanca