

**T.C.
SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TOPRAK GÜBRELEMEDE ORGANİK MADDE, FOSFOR VE
POTASYUM PARAMETRE KONTROL SİSTEMLERİNİN
BULANIK MANTIK İLE TASARIMI VE MODELLENMESİ**

Mustafa Bilal KAYA

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Gültekin ÖZDEMİR

**YÜKSEKLİSANS TEZİ
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ISPARTA – 2010**

TEZ ONAYI

Mustafa Bilal KAYA tarafından hazırlanan “**Toprak Gübrelemede Organik Madde, Fosfor ve Potasyum Parametre Kontrol Sistemlerinin Bulanık Mantık ile Tasarımı ve Modellenmesi**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Süleyman Demirel Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Gültekin ÖZDEMİR

Süleyman Demirel Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı



Jüri Üyeleri :

Doç. Dr. Abdullah EROĞLU

Süleyman Demirel Üniversitesi İşletme Anabilim Dalı



Doç. Dr. Tuncay YİĞİT

Süleyman Demirel Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı



Prof. Dr. Mustafa KUŞCU
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 Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER.....	i
ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER DİZİNİ.....	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	8
3.1. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic).....	8
3.1.1. Bulanıklaştırma.....	10
3.1.2. Kural işleme birimi.....	15
3.1.3. Durulaştırma.....	17
3.2. Bulanık Mantıkta Girişim Yöntemleri.....	19
3.2.1. Mamdani yöntemi.....	20
3.2.2. Takagi-Sugeno yöntemi.....	21
3.2.3. Tsukamoto yöntemi.....	22
3.3. Türkiye Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	23
3.3.1. Saturasyon yüzdesi, toprak yüzdesi (Tekstür).....	23
3.3.2. Toprak reaksiyonu (pH).....	24
3.3.3. Kireç.....	25
3.3.4. Organik madde.....	26
3.3.5. Fosfor.....	27
3.3.6. Potasyum.....	28
3.3.7. Mikro elementler.....	29
3.3.8. Toprak analizi.....	30
3.4. Gübre Ve Gübreleme.....	32
3.4.1. Gübre nedir?.....	33
3.4.2. Gübreleme nedir?.....	33
3.4.3. Gübrelemenin yararları nelerdir?.....	34
3.4.4. Uygulanan gübrenin gelecek yıllara etkisi kalır mı?.....	35

3.4.5. Gübrenin olumsuz etkileri var mıdır?.....	36
3.4.6. 20.20.0 kompoze gübresi.....	36
3.4.7. Buğday bitkisinin gübrenmesi.....	37
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	39
4.1. Organik Madde, Azot, Fosfor Ve Potasyum Parametrelerinin Bulanık Kontrolü.....	39
5. SONUÇ.....	49
6. KAYNAKLAR.....	50
ÖZGEÇMİŞ	53

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

TOPRAK GÜBRELEMEDE ORGANİK MADDE, FOSFOR VE POTASYUM PARAMETRE KONTROL SİSTEMLERİNİN BULANIK MANTIK İLE TASARIMI VE MODELLENMESİ

Mustafa Bilal KAYA

Süleyman Demirel Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Gültekin ÖZDEMİR

Sayısı her gün artmakta olan insanoğlu, yaşamını sürdürebilmek için beslenmek zorundadır. Dünya nüfusunun temel gıda gereksinimini karşılamamanın ancak tarımsal üretimi arttırmak ile mümkün olduğu hepimizin malumudur. Tarımsal üretimi arttırmak için ise üzerinde tarımsal faaliyetlerin yapıldığı toprakların, alan olarak arttırılması veya birim alandan alınan ürün miktarının arttırılması gerekmektedir.

Bulanık Mantık Yaklaşımı, makinelerle insanların özel verilerini işleyebilme ve onların deneyimlerinden ve önsezilerinden yararlanarak çalışabilme yeteneği verir. Bu yeteneği kazandırırken sayısal ifadeler yerine sembolik ifadeler kullanır. Bulanık mantık kullanan sistemlerle artık metroların işleyişi kontrol etmekte, televizyonların alıcıları ayarlamakta, kameralar görüntüye odaklanmakta, klimalar, çamaşır makineleri, elektrikli süpürgeleri ayarlanmakta, buzdolaplarının buzlanması azaltılmakta, trafik lambaları programlanmakta ve hatta çiçek düzenlemeleri bile yapılmaktadır.

Bu tez çalışması ile yıllardır süre gelen klasik ve tahmini gübreleme yöntemleri ile yapılan gübrelemenin; organik madde, fosfor ve potasyum parametreleri baz alınarak bulanık mantık (fuzzy logic) kontrollü modellenmesi yapılmıştır. Toprağın ihtiyaç duyduğu besin ihtiyacının karşılanabilmesi için ekim esnasında toprağa atılan 20.20.0 kompoze gübresi miktarı bulanık mantık yöntemiyle modellenerek ekim yapılmış ve klasik yöntemle yapılan gübreleme miktarı ile karşılaştırılmıştır. Toprağa atılan birim gübre başına alınan verimin bulanık mantık ile yapılan modellemelerde klasik yöntemle yapılan gübrelemeye göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Sistemin modellenmesi MATLAB 7.0 programı ile yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık mantık, matlab, gübreleme, benzetim

2010, 54 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DESIGNING AND MODELLING THE ORGANIC MATTER, PHOSPHORUS AND POTASSIUM PARAMETER CONTROL SYSTEMS BY FUZZY LOGIC FOR FERTILIZING THE SOIL

Mustafa Bilal KAYA

**Süleyman Demirel University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Industrial Engineering**

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Gültekin ÖZDEMİR

The growing number of human being has to be fed for sustaining their existence. We know that satisfying basic food needs of the world population is only possible by increasing the agricultural output. It is required to increase the number of fields or the amount of product per unit area for increasing agricultural output.

The approach of fuzzy logic gives the ability of processing the personal data of people to the machines and makes machines working by the experience and intuition of the people. It uses symbolic expressions instead of numerical expressions when giving this ability. The systems that using fuzzy logic can control the operation of subways, set the receiver of televisions, make cameras focus on images, air conditioners, washing machines, vacuum cleaners being set, decrease the frost of refrigerators, program traffic lights and even make the arrangements of flowers.

With this thesis, a fertilization method has been obtained by using fuzz logic modeling to determine the amounts of organic matter, phosphorus and potassium for fertilization. The amount of 20.20.0 compound fertilizer to meet nutritional needs of the soil during plantation has been determined by using fuzz logic and the land has been planted. Then, the cultivation results of classical methods and fuzzy logic are compared. It was obtained that the yield per unit of fertilizer used with fuzzy logic was higher than classical methods. The system has been modeled by using MATLAB 7.0.

Key Words: Fuzzy logic, matlab, fertilization, simulation

2010, 53 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmalarım sırasında değerli fikirleri ile bana yol gösteren, benimle birlikte çaba sarf eden ve her türlü yardım ve destekte bulunan danışmanım Yrd. Doç. Dr. Gültekin ÖZDEMİR'e, yardımlarını esirgemeyip çalışmalarım esnasında verdiğim sıkıntılara katlanan Müdürüm Sayın Süleyman YILMAZ ve Gönen çiftçilerine, araştırmam sırasında faydalandığım her türlü kaynağın yazarlarına ve desteklerini hep arkamda hissettiğim aileme ve ev arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Mustafa Bilal KAYA

ISPARTA, 2010

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Genel bir bulanık kontrol sistemi yapısı.....	2
Şekil 1.2. Bulanık kural tabanlı çıkarım sistem yapısı.....	3
Şekil 3.1. Bulanık sistem yapısının genel gösterimi	9
Şekil 3.2. Üçgen üyelik fonksiyonu.....	11
Şekil 3.3. Yamuk üyelik fonksiyonu.....	12
Şekil 3.4. Çan eğrisi üyelik fonksiyonu.....	12
Şekil 3.5. ‘Genç’, ‘orta yaşlı’ ve ‘yaşlı’ kavramlarını temsil eden üyelik Fonksiyonları.....	14
Şekil 3.6. Kesme metodu ile kuralın uygulanması.....	17
Şekil 3.7. Ölçekleme metodu ile kuralın uygulanması.....	17
Şekil 3.8. Yükseklik metodunun gösterimi.....	18
Şekil 3.9. Ağırlık merkezi yönteminin gösterimi.....	19
Şekil 3.10. Mamdani yöntemiyle kural sonuçlarının bulunması.....	20
Şekil 3.11. Berraklaştırma yöntemleri.....	21
Şekil 3.12. Takagi-Sugeno yöntemiyle kural sonuçlarının bulunması	22
Şekil 3.13. Tsukamoto yöntemiyle kural sonuçların bulunması	22
Şekil 4.1. Kontrol sisteminin matlab simulasyonunda durum ve kontrol değişkenlerinin gösterilmesi.....	39
Şekil 4.2. Organik madde durum değişkeni	40
Şekil 4.3. Fosfor durum değişkenleri.....	41
Şekil 4.4. Azot durum değişkeni.....	42
Şekil 4.5. Potasyum durum değişkeni.....	43
Şekil 4.6. 20.20.0 kontrol değişkeni.....	44
Şekil 4.7. Matlab simulasyonu kurallar görüntüsü	47
Şekil 4.8. Matlab simulasyonu çıkış görüntüsü.....	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Toprağın suyla doygunluk yüzdeleri ve bunlara karşılık gelen bünye sınıfları	24
Çizelge 3.2. Toprak reaksiyonunu belirlemek için kullanılan pH aralıkları.....	24
Çizelge 3.3. Toprak kireç durumunu belirlemek için kullanılan değerler.....	25
Çizelge 3.4. Toprakların organik madde durumuna göre kapsamaları.....	27
Çizelge 3.5. Toprak fosfor durumunu belirlemek için kullanılan değerler.....	28
Çizelge 3.6. Toprak potasyum durumunu belirlemek için kullanılan değerler.....	29
Çizelge 3.7. Buğday bitkisinin verime, zamana ve miktara göre periyotları.....	38
Çizelge 4.1. Organik madde değerlerinin dilsel ifadesi.....	40
Çizelge 4.2. Fosfor değerlerinin dilsel ifadesi.....	41
Çizelge 4.3. Azot değerlerinin dilsel ifadesi.....	42
Çizelge 4.4. Potasyum değerlerinin dilsel ifadesi.....	43
Çizelge 4.5. 20.20.0 gübresi değerlerinin dilsel ifadesi.....	44
Çizelge 4.6. Sistemin FAM tablosu.....	45

SİMGELER DİZİNİ

pH	Toprak reaksiyonu
FAM	Bulanıklaştırma tablosu
Prof.	Profesör
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
$\mu A(x)$	A bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu
B(N)	Her bir kurala karşılık gelen çıkışlar
Yo	Ağırlık merkezi
Wi	i. Kurala ait ağırlık değeri
Xk	k. Girişe ait üyelik değeri
Z	Kesin çıkış bilgisi
C	Karbon
N	Azot
P	Fosfor
K	Potasyum
CAN	Kalsiyum amonyum nitrat
AN	Amonyum nitrat
DAP	Diamonyum Fosfat
M	Metre
Km	Kilometre
Kg	Kilogram
Da	Dekar

1. GİRİŞ

1960'lı yıllarda kimyevi gübreler ile tanışan Türk çiftçisi, zaman içerisinde yaygın olarak gübreleri kullanmış ve halen kullanmaya devam etmektedir. Ancak toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri hakkındaki bilgilere dayanmadan bilinçsizce yapılan gübre seçimi ve gübre kullanım miktarı, istenilen verimi sağlamamasına ek olarak toprak ve çevrenin kirlenmesine sebep olmaktadır.

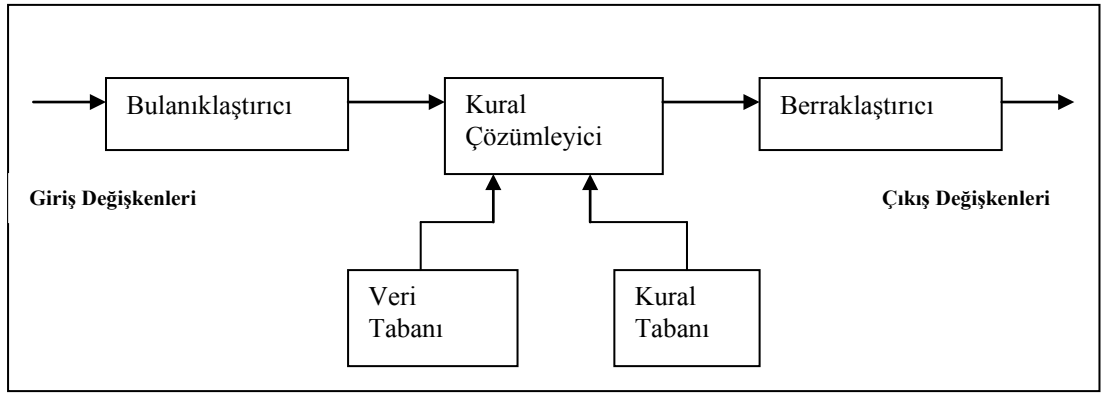
Açıklanan nedenden dolayı süreklilik arzeden bir toprak yönetimi ile verim artışı sağlamak için toprak analizlerinin yaptırılarak bu analizler ışığında ortaya çıkan toprağın **organik madde** miktarı, saturasyon yüzdesi (bünyesi), reaksiyonu (pH), kireç miktarı, mikro element içeriği, **fosfor** ve **potasyum** ihtivasi parametreleri gübrelemede büyük önem taşımaktadır. Bu özellikleri göz önünde bulundurularak yapılacak bir gübrelemenin doğru miktarlarda olması hem gübrelemeden istenen verimin sağlanmasına hem de toprakta biriken zararlı maddelerin minimum seviyede tutulmasında önemli olacaktır.

Bulanık küme matematiksel olarak, söylem evrenindeki herhangi bir varlığa, bulanık küme içindeki üyelik derecesini gösteren bir değer verilmesi şeklinde tanımlanabilir (Zadeh, 1975).

İsminin insanlarda çağrıştırdığının aksine bulanık mantık, belirsiz ifadelerle yapılan, belirsiz işlemler değildir. Gelişmiş bir olasılık hesaplama yöntemi de değildir. Aslında modelleme aşamasında değişkenler ve kuralların esnek şekilde belirlenmesidir. Bu esneklik asla rasgelelik ya da belirsizlik içermez. Nasıl bir lastik içinde bulunduğu duruma göre şeklini değiştirirken bütünlüğünü ve yapısını koruyabilirse, bir bulanık modelde değişen koşullara değişen cevaplar verirken özündeki yapıyı korur (Şen, 2001).

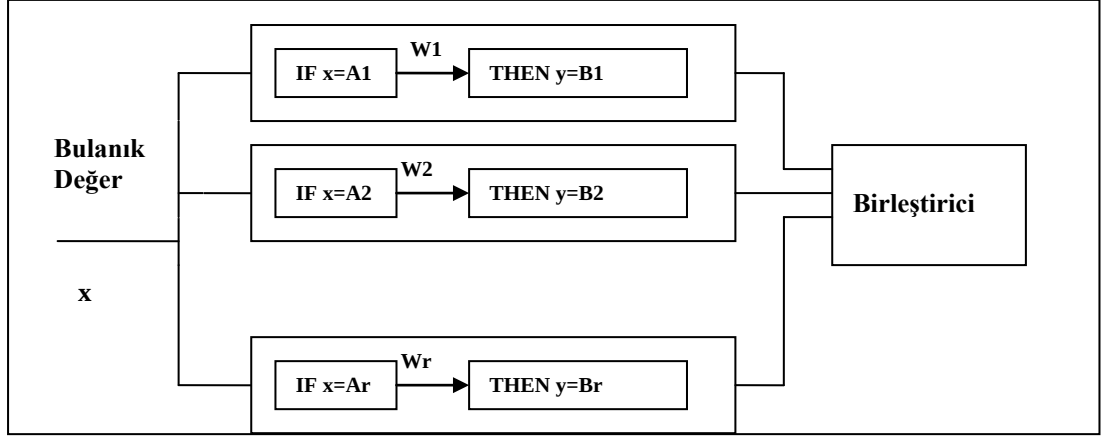
Bu çalışmada, bulanık mantık kontrol sistemi kullanılmıştır. Bulanık kontrol sistemi; giriş ve çıkış parametrelerinden bir kısmı veya tamamı bulanık üyelik fonksiyonları tarafından tanımlanan, kural tabanlı bir kontrol sistemidir. Sistemin durum ve kontrol

değişkenlerine ait üyelik fonksiyonlarının tamamına sistemin bulanık kümeleri denilir. Değişkenlerin bulanık kümeleri sistemin veri tabanını oluşturur. Böyle bir kontrol sisteminin önemli özellikleri, kuralların sözel değişkenlerle ifade edilebilir olması, uzman bilgisinin tam olarak kontrol kurallarına yansıtılabilmesi ve kesin olmayan bilgiler üzerinden çıkarım yapabilme yeteneğine sahip olmasıdır. Ayrıca, çıkışta elde edilen bulanık değerleri bulanık olmayan bir değere dönüştüren berraklaştırıcı mevcuttur. Bu biçimde oluşturulan bir bulanık kontrol sistemi Şekil.1.1’de görülmektedir.



Şekil 1.1. Genel bir bulanık kontrol sistemi yapısı

Bir bulanık kontrolörün temelini kural çözümleyici, veri tabanı ve kural tabanından oluşan kural tabanlı sistem oluşturur. Burada uzman sistemlerde olduğu gibi kural tabanında IF-THEN yapısında oluşturulan kurallar sistemin durum değişkenlerinin alacağı değerlerle, kontrol değişkenlerinin olası davranışlarının tamamı kurallaştırılmıştır. Kurallar ortaya çıkarken bulanıklaştırma tablosundan (FAM: Fuzzy Associative Maps table) faydalanılır. FAM tablosu, değişkenler arasındaki ilişkileri kurallar halinde ifade etmemizi sağlar. FAM tablosundan sistemin kontrol-karar olasılıkları görülebilir. Veri tabanında ise, kullanılan üyelik fonksiyonlarının tipleri ve sınır değerleri tutulur. Bulanık kontrolörde kullanılan bir kural tabanlı çıkarım sisteminin iç yapısı daha ayrıntılı olarak Şekil 1.2’de görülmektedir.



Şekil 1.2. Bulanık kural tabanlı çıkarım sistem yapısı

Bir bulanık kural tabanlı sistemde, farklı çözümleme yöntemleri kullanılabilir. Bunlardan en önemlileri Mamdani ve Sugano modelidir (Robert ve Keith, 1993). Ayrıca birleştiricide birden fazla kural arasında oluşturulacak olan ilişkilerde uygulanan farklı çıkarım yöntemleri mevcuttur. Bulanık kontrolörde farklı berraklaştırma yöntemleri de vardır. Bu yöntemlerin bazıları; yamuk ağırlık noktası, ağırlıklı ortalama yöntemi, maksimumların ortalaması yöntemidir. Kullanılan berraklaştırma yöntemi bulanık kontrolörün performansını önemli ölçüde etkiler. (Robert ve Keith, 1993).

Bu tez çalışmasında ortaya konulan tasarım ve modelleme ile toprağın yapısında bulunan organik madde, fosfor ve potasyum parametrelerinin durum değişkeni olarak kullanılmasıyla, gübre miktarını yani kontrol değişkeninin hangi ölçülerde ve ne derece etkili olduğu belirlenmiştir. Bu sayede gübrelemenin verimi artarken aynı zamanda toprağa olan zararlı birikim oranları minimum seviyelere düşürülecektir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bulanık küme kuramının günümüze kadar geçirdiği önemli aşamalar aşağıda kronolojik bir sıra ile verilmiştir (Kaynak ve Armağan, 1993).

1965-Bulanık Küme Kavramı

1966-Bulanık Mantık

1972-Buhar Türbini Denetiminde Bulanık Mantık Uygulaması

1980-Çimento Sanayiinde Uygulama

1987-Sendai Metrosunda Otomatik Tren Denetimi

1988-Hisse Senedi Portföyü İçin Uzman Sistem

1989-Japonya da LIFE Laboratuvarı'nın Kurulması

Kuram, ilk kez Lotfi A. Zadeh'in 1965 yılındaki "Fuzzy Sets" isimli makalesi ile duyulmuştur. Bazı bilim adamları konuya olumlu yaklaşıp da, bazıları "bulanıklaştırmanın" bilimin temel prensiplerine aykırı olduğunu savundular. Özellikle istatistik ve olasılık ile uğraşan matematikçiler olasılık teorisinin belirsizlikleri karakterize etmekte yeterli olduğunu ve bulanık teorisinin çözebileceği her problemin, eşdeğer veya daha iyi bir şekilde olasılık teorisi ile çözülebileceğini iddia etmişlerdir. Başlangıçta hiçbir pratik uygulama olmadığından, Bulanık Teori'yi savunmak gerçekten güçtü. Bu nedenler dünyadaki tüm ciddi bilimsel enstitüler Bulanık Mantığı pek fazla ciddiye almadılar (Kaynak ve Armağan, 1993).

1970'li yıllarda teorisinin devamı ve çeşitli uygulamalar gerçekleştirilmiştir. 1973 yılında Zadeh bulanık kontrolün temelini oluşturan başka bir makale yayınladı. 1970'lerdeki büyük olay bulanık denetleyicilerin gerçek sistemlerde kullanılmasıydı. 1975 yılında Mamdani ve Assilian, buhar kazanımının denetimi için bir bulanık denetleyici tasarlayıp gerçekleştirdiler (Mamdani ve Assilian, 1975). Bu çalışmanın sonuçları önemli bir bilimsel makale olarak yayınlandı. 1978'de Holmblad ve

Ostergaard, imento üretiminde kullanılan değirmenin kontrolü in bir bulanık denetleyici tasarlayıp gerçekleştirdiler (Ostergaard, 1977). Bu uygulamalarla özellikle matematiksel modeli bilinmeyen endüstriyel süreçlerin denetiminde, Bulanık Mantığın çok yararlı olabileceğini ortaya koymuştur (Akpolat, 2000).

Bulanık Mantık 1980’li yıllarda, büyük sistemlerin kontrolünde çok etkili olmuştur. 1980’lerin başında teorik açıdan ilerleme çok yavaş gerçekleşmiştir. Bunun sebebi çok az sayıda bilim adamının bu konu üzerine eğilmesidir. Japon mühendislerin yeni teknolojilere hassaslıkları sayesinde Bulanık Mantığın süreç denetimindeki uygulamaları iyice hızlandı. 1980’de Sugeno Japonya’nın ilk Bulanık Mantık denetim uygulamasını gerçekleştirdi. Daha sonra 1983’de Bulanık Mantıkla kendi kendine park eden bir robot arabanın kontrolünü yaptı. 1980’lerin başında Hitachi firmasından Yasunobu ve Miyomoto, Sendai metrosundaki otomatik tren denetimi konusunda çalışmalara başladılar. Bu projeyi 1987 yılında bitirdiler ve dünyadaki en gelişmiş metro kontrol sistemini gerçekleştirdiler (Sugeno, 1985).

Bulanık Mantık ile ilgili olarak 1990’larda, tüketicilerde bulanık denetimli birçok ürün piyasaya çıkmıştır. Otomatik amaşır makinelerinde, kameralarda, araba motor ve fren sistemlerinde Bulanık Mantık başarıyla uygulandı. Japonya’daki bulanık sistemlerin başarısı ABD’deki ve Avrupa’daki araştırmacıları şaşırttı ve birçoğunun bulanık denetim hakkındaki fikrini olumlu yönde değiştirdi. şubat 1992’de, bulanık sistemler üzerine ilk uluslar arası IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineering) konferansı San Diego’da düzenlendi. Bu olay, Bulanık Teori’nin dünyadaki en büyük mühendislik organizasyonu olan IEEE tarafından kabul gördüğünün bir delili oldu. 1993’de “IEEE Transactions on Fuzzy Systems” adlı dergi yayınlanmaya başladı (Akpolat, 2000).

Bulanık kontrolün birçok örneğinde, bulanık kontrolün performansının laboratuvar seviyelerine göz atmak in deneme-fabrika modelleri veya gerçek uygulamaları maksadıyla gerçek-fabrika modelleri kullanılır.

İlk çalışma örneği Mamdani tarafından 1974’de buhar makinesi laboratuvarında yapılmıştır. Bu çalışma, bulanık kontrol üzerindeki çalışmaların hareket kaynağını oluşturmuştur. Yapılan sistemlerin adları ve tarihleri şöyle sıralanabilir; Ilık Su İşlemi (Kickert, 1976), Isı ve Basınçla Yapıştırılmış Maden Parçaları Üreten Fabrika (1976), Robot (1976), Karıştırma Tank Reaktörü (1977), Trafik Kavşağı (1977), Isı Değiştirici (Ostergaard, 1977), Çimento Sanayisi (Larsen, 1980), Pompa Operasyonu (1982), Model Arabalar (1983,1984), Otomobil (1983), Dizel Motor (1984), Uçak (1984), Robot Kolu (1985), Model Araba Parkı (Sugeno, 1985), Otomobil Hız Kontrolü (Murakami, 1985), Bulanık Bilgisayar (Yamakawa, 1986), Otomobil Hareket Kontrolü (Kasai, 1988), Asansör Kontrolü (Fujitec, 1988), Güç Sistemleri ve Lineer Kontrol (Bernard, 1988). İki farklı ilginç uygulama da Japonya’da yapılmıştır. Bunlardan biri su arıtma yöntemi kontrolü ve diğeri tren kontrolüdür. Bu uygulamalar mikroişlemci tabanlı genel amaçlı bulanık kontrolün prototipini oluşturmuştur (Sugeno, 1985).

1990’da bulanık mantık fotoğraf makinelerinden ev aletlerine ve hatta borsaya kadar pek çok değişik alanlarda kullanılmıştır. Yamachi Securities firmasının Bulanık Mantık denetimini gerçekleştirerek 1988 yılında borsada Kara Pazar olarak anılan krizi 18 gün önceden haber verebilmiştir. Kullanıldığı portföyündeki hisse senetlerinin değeri Nikkei ortalamasından sürekli olarak %20, genellikle %40 fazla olmuştur. Bu özellikle yatırımcıların büyük ilgisini çekmiştir ve Bulanık Sermaye (Fuzzy Fund) olarak adlandırılan portföyün hacmi 1989 yılında 2 milyar dolara ulaşmıştır (Kaynak ve Armağan, 1992). Günümüzde Bulanık Mantık uygulamalarına yönelik yazılım ve donanımlar piyasada hazır şekilde kullanıcılara sunulmuştur. Hatta bulanık mikroişlemciler de pazarlanmaktadır. Panasonic firmasının dizayn ettiği video kayıt cihazı, çekim sırasındaki sarsıntıları ortadan kaldırmasında, Subaru ve Nissan firmalarının birlikte gerçekleştirdikleri otomobil vites sisteminde, araba kullanım stiline ve motor yükünün sezilerek uygun dişli oranının seçimi, yine Nissan tarafından gerçekleştirilen ABS fren sistemleri, Fujitsu, Toshiba, Hitachi ve Mitsubishi’nin gerçekleştirdikleri büyük asansör denetim sistemleri, Matsushita firmasının dizayn ettiği çamaşır makinesinde çamaşır kirliliğine, ağırlığına ve kumaşın cinsine göre yıkama programı seçen sistemler bulanık mantığın kullanıldığı

ilginç örneklerdendir. NASA’da bir grup araştırmacı, Bulanık Mantıktan yararlanarak, uzay mekiğinin yakıt tüketimini üç kat azaltmayı ve sistem güvenilirliğinin artmasını sağlamıştır. Bugün ABD, Japonya, Çin ve Batı Avrupa ülkeleri başta olmak üzere otuza yakın ülke Bulanık Mantık üzerine çalışmalar yapmaktadır. Literatür çalışmaları incelendiğinde uygulama açısından Japonya’nın bu konuda daha önde olduğu görölmektedir (Başbuğ, 1994).

Hitachi, Toshiba, Omrom, Matsushita gibi firmaların yanında IBM, NCR, Thomson gibi diğerk ülke firmalarının da bulunduğu yaklaşık 51 firma çalışmalarını sürdürmektedir (Kaynak ve Armağank, 1993).

Bulanık Mantık denetimine olan ilgi ve çalışmalar arttıkça uygulama alanları da bununla birlikte artmaktadır. Özellikle beyaz eşya, otomotiv, elektronik aletler üzerine yoğunlaşılmıştır. Bulanık Mantık günümüzde her alanda uygulanabilen geniş bir yelpazede kullanım alanı bulmuştur (Kaynak ve Armağank, 1993).

3. METARYAL VE YÖNTEM

3.1. Bulanık Mantık (Fuzzy Logic)

Bulanık mantık kavramı ilk olarak Zadeh (1965) tarafından kullanılmış ve literatüre kazandırılmıştır. Bulanık mantığa göre faktörler ve kriterler kesin sınırlamalar olmaksızın sınıflandırılabilir. Bulanık mantık, belirsizlik ve kesin olmayan gerçek hayat problemlerinin tanımlanması ve çözülmesi için kullanışlı bir yöntemdir. Bulanık mantık “evet” ya da “hayır”, “doğru” ya da “yanlış” gibi klasik değişkenler yerine “orta”, “yüksek”, “düşük” gibi ortalama değerleri kullanan çok değişkenli bir teoridir (Başbuğ, 1994).

Bulanık kümeler üyelik fonksiyonları ile tanımlanır. A bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu $\mu_A(x)$ ile gösterilir ve bir faktörün bir kümeye üyeliği 0 ve 1 arasında bir sayı ile belirlenir. Bir x faktörü A kümesine kesinlikle ait ise $\mu_A(x)=1$, kesinlikle ait değil ise $\mu_A(x)=0$ olur. Daha yüksek bir üyelik derecesi değeri, x faktörünün A kümesine ait olma derecesinin daha fazla olduğunu gösterir.

Bulanık kümelerde işlem kolaylığı sağlamak için bulanık sayılar kullanılır. Yapılan çalışmalarda bu amaçla büyük oranda üçgensel bulanık sayılar kullanılır. Üçgensel bulanık sayılar bulanık sayıların özel bir sınıfıdır, üçgensel bir bulanık sayı (A) üç gerçek sayı ($l \leq m \leq u$) ile ifade edilir ve üyelik fonksiyonu da bu sayılara bağlı olarak tanımlanır. Üçgensel bulanık sayının üyelik fonksiyonu şu şekildedir:

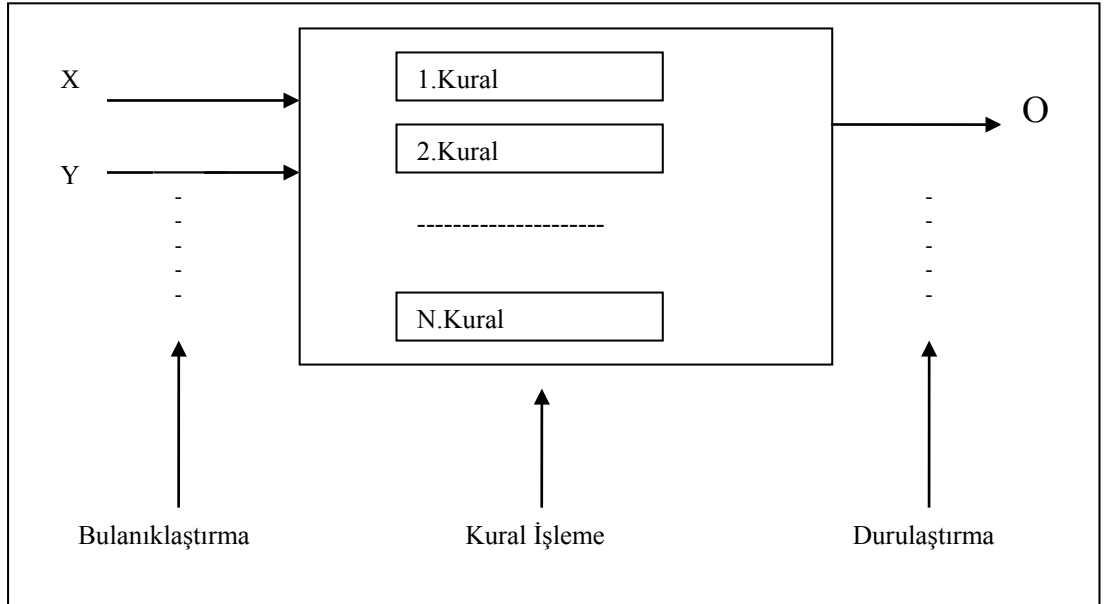
$$\mu_A(x) = \begin{cases} \frac{(x-l)}{(m-l)} & l \leq x < m \\ \frac{(u-x)}{(u-m)} & m \leq x \leq u \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (3.1)$$

(l, m, u) ile ifade edilen $\tilde{A}$ bulanık sayısında, m bulanık sayının en mümkün değerini, l ve u değerleri ise sırasıyla alt ve üst sınırları yani bulanıklığın kapsamını göstermektedir.

$\tilde{A} = (l_a, m_a, u_a)$ ve $\tilde{B} = (l_b, m_b, u_b)$ iki üçgensel bulanık sayı iken bulanık sayılar üzerindeki temel bulanık operasyonlar şu şekilde tanımlanır (Zimmermann, 1990):

$$\begin{aligned}
\text{Toplama} : \tilde{A} \oplus \tilde{B} &= (l_a + l_b, m_a + m_b, u_a + u_b) \\
\text{Çıkarm} : \tilde{A} - \tilde{B} &= (l_a - l_b, m_a - m_b, u_a - u_b) \\
\text{Çarpma} : \tilde{A} \otimes \tilde{B} &= (l_a l_b, m_a m_b, u_a u_b) \\
\text{Bölme} : \frac{\tilde{A}}{\tilde{B}} &= \left[\frac{l_a}{l_b}, \frac{m_a}{m_b}, \frac{u_a}{u_b} \right] \\
\text{Tersini Alma} : \tilde{A}^{-1} &= \left[\frac{1}{u_a}, \frac{1}{m_a}, \frac{1}{l_a} \right] \\
\alpha - \text{kesme} : \tilde{A} = (l_a, m_a, u_a) &\rightarrow A_\alpha = \{x \in [0,1] \mid \mu_A(x) \geq \alpha\}
\end{aligned} \tag{3.2}$$

Bulanık bir süreç (fuzzy işlemi), genelde, üç ayrı birimden oluşmaktadır. Bu birimler; sırası ile bulanıklaştırıcı birim, kural işleme birimi, durulaştırıcı birim ve çıktı bilgileridir. Şekil 3.1'de genel bir bulanık sistem yapısı gösterilmektedir (Akdemir, 2001).



Şekil 3.1. Bulanık sistem yapısının genel gösterimi

Bu akış düzeninde, bulanıklaştırıcı birim, bulanık işlem sisteminin ilk birimi olarak devreye girmektedir. Kesin veya geri besleme sonuçları biçiminde bu birime giren bilgiler, burada bir ölçek değişikliğine uğrayarak bulanıklaştırılmaktadır. Başka bir deyişle; bu bilgilerin her birine bir üyelik değeri atanıp, dilsel bir yapıya dönüştürülerek, buradan kural işleme birimine gönderilir. Kural işleme birimine gelen bilgiler, kural işleme biriminde depolanmış bir şekilde bulunan bilgi tabanına dayalı "if ... and ... then ... else" (eğer ... ise, ... olsun) gibi kural işleme bilgileri ile birleştirilir. Burada sözü edilen mantıksal önermeler, problemin yapısına göre sayısal değerlerle de kurulabilmektedir. Son adımda; problemin yapısına uygun mantıksal karar önermeleri kullanılarak elde edilen sonuçlar durulaştırıcı birime gönderilir. Durulaştırıcı birime gönderilen bulanık küme ilişkilerinde, bir ölçek değişikliği daha gerçekleştirilerek bulanık haldeki bilgilerin her biri gerçel sayılara dönüştürülür (Yen vd., 1995; Chen ve Pham, 2000).

3.1.1. Bulanıklaştırma

Matematikte, benzer özellikler gösteren elemanların bir arada gruplandırılmasıyla 'küme' adı verilen kavram oluşturulur. Klasik matematikte bir konunun bir bölümünün o kümeye ait olması gibi bir kavram düşünülmez ve kabul edilmez. Bu sınırlama, problemlerin her zaman uygun bir çözüme kavuşturulabilmesine engel teşkil etmektedir.

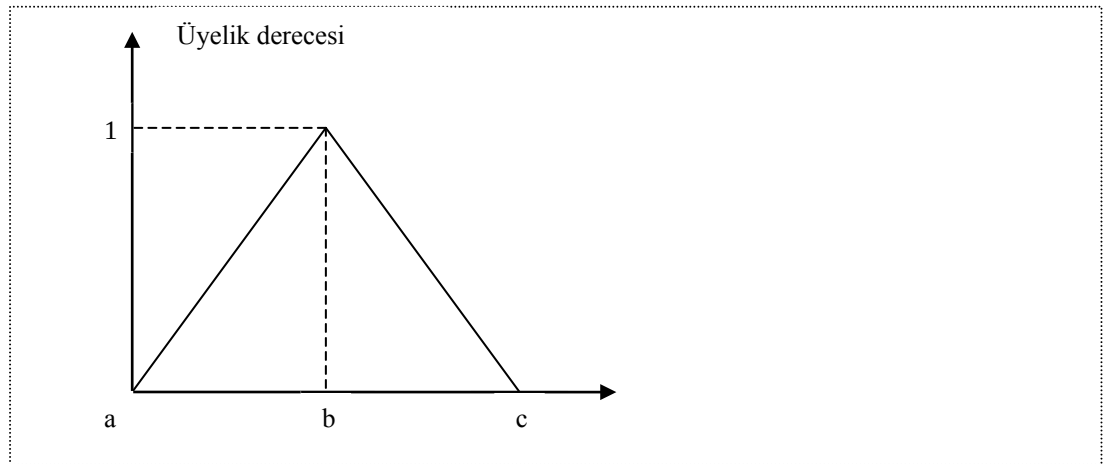
Pratikte genel olarak, klasik küme şeklinde beliren değişim aralıklarının bulanıklaştırılması, bulanık küme, mantık ve sistem işlemleri için gereklidir. Bunun için, bir aralıkta bulunabilecek öğelerin hepsinin, 1'e eşit üyelik derecesine sahip olacak yerde, 0 ile 1 arasında değişik değerlere sahip olması düşünülür. Bu durumda, bazı öğelerin belirsizlik içerdikleri kabul edilir. Bu belirsizliklerin, sayısal olmayan durumlardan kaynaklanması halinde bulanıklıktan söz edilir (Şen, 2001).

Bulanıklaştırma sürecinde ele alınan üyelik fonksiyonları, problemin yapısına ve amacına uygun olmalıdır. Genel anlamda üyelik fonksiyonları sezgisel, matematik, geometrik ya da istatistiksel yaklaşımlara dayandırılabilir.

Bulanık kümelerin gerek üyelik derecelerinin gerekse bunların tümünü temsil edebilecek üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde, ilk başlayanlar tarafından bile kişisel sezgi, mantık ve tecrübelerin kullanılmasına sıkça rastlanır. Zaten pratikte birçok sorunun üstesinden gelebilmek için bu yaklaşımlar çoğu zaman yeterlidir. Öyle olmasa bile, ilk yaklaşım olarak bu esaslara göre davranmaları faydalıdır. Üyelik fonksiyonlarının belirlenmesinde kullanılan başlıca yöntemler; a) Sezgi, b) Çıkarım, c) Mertebelme, d) Açılı bulanık kümeler, e) Yapay sinir ağları, f) Genetik algoritmalar, g) Çıkarımcı muhakeme gibi yaklaşımlardır (Şenol, 2000).

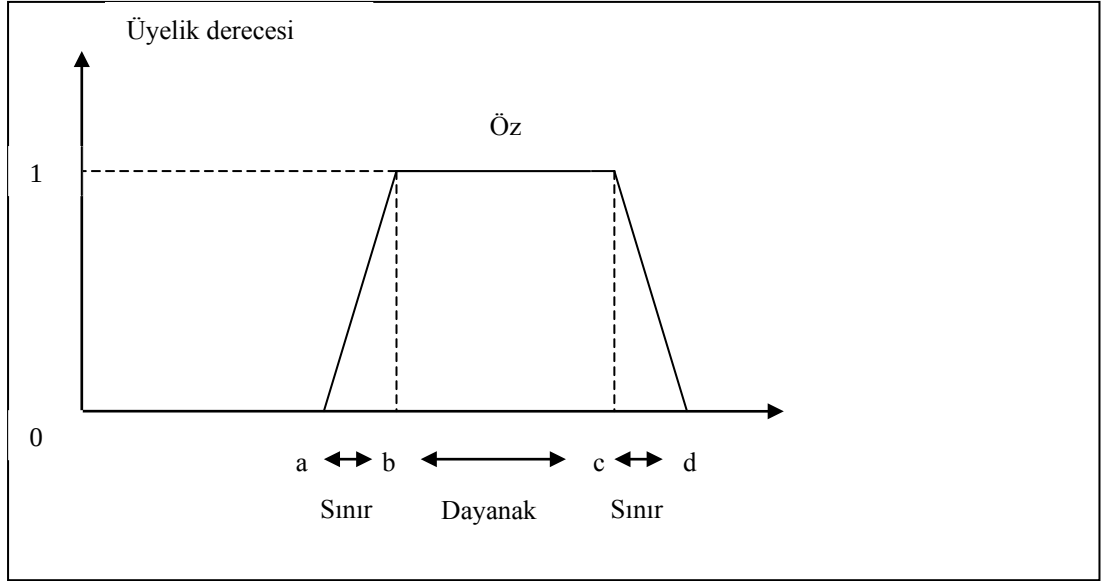
Bulanık kümelerin kullanışlılığı, farklı kavramlara uygun üyelik derecesi fonksiyonlarını oluşturabilme becerisine dayanmaktadır. En sık kullanılan fonksiyonlar kolaylık açısından "üçgen" ve "yamuktur" (Yen ve Langari, 1999).

"A" bulanık kümesine ait elemanların, üçgen üyelik fonksiyonu, yamuk üyelik fonksiyonu ve çan eğrisi (Gauss) üyelik fonksiyonu ile gösterimi sırasıyla Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'de verilmektedir. Ayrıca her şeklin altında belirtilen üyelik fonksiyonunun matematiksel ifadesi gösterilmektedir (Nguyen ve Walker, 1999).



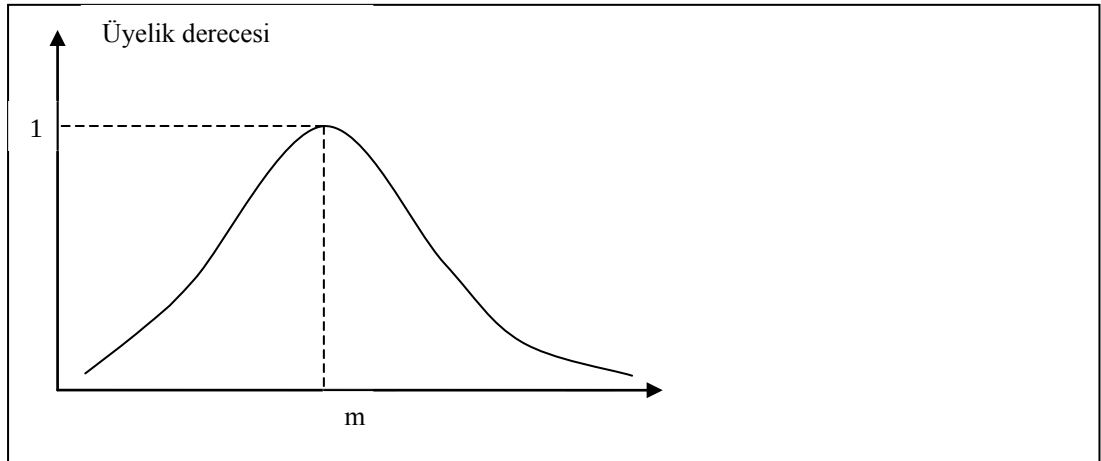
Şekil 3.2. Üçgen üyelik fonksiyonu

$$\mu_A(x) = \mu_A(x; a, b, c) = \begin{cases} (x-a)/(b-a), & \text{eger, } a \leq x < b \\ (c-x)/(c-b), & \text{eger, } b \leq x \leq c \\ 0, & \text{eger, } x > c \Leftrightarrow \text{veya } x < a \end{cases} \quad (3.3)$$



Şekil 3.3. Yamuk üyelik fonksiyonu

$$\mu_A(x) = \mu_A(x; a, b, c, d) = \begin{cases} (x-a)/(b-a), & \text{eger, } a \leq x < b \\ 1, & \text{eger, } b \leq x \leq c \\ (d-x)/(d-c), & \text{eger, } c < x \leq d \\ 0, & \text{eger, } x > d \Leftrightarrow \text{veya} \Leftrightarrow x < a \end{cases} \quad (3.4)$$



Şekil 3.4. Çan eğrisi üyelik fonksiyonu

$$\mu_A(x) = e^{-a(x-m)^2} \quad a > 0, m \in \mathbb{R} \quad (3.5)$$

Üçgen, yamuk ve çan eğrisi şeklinde çizilen fonksiyonlara bakıldığında, bir bulanık ifadenin üç özelliği anlaşılabilir. Bunları şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Bir kümede bulunan öğelerden en az bir tanesinin en büyük üyelik derecesi olan 1'e sahip olması gerekmektedir. Bu duruma bulanık kümenin normal olması denir.
- Üyelik derecesi 1 olan öğeye yakın, sağdaki ve soldaki öğelerinde üyelik dereceleri 1'e yakın olmalıdır. Bu durumda bulanık kümenin monoton olduğu anlaşılır.
- Üyelik derecesi 1'e eşit öğeden sağa ve sola eşit mesafede gidildiğinde, buradaki öğelerinde üyelik derecelerinin birbirine eşit olması gerekir. Bu duruma da bulanık kümenin simetrik özelliği adı verilir (Şen, 2001).

Bulanık küme kuramı, 'belirsizliklerin bir tür biçimlenişi, formüllendirilmesidir. Bir çeşit çok-değerli küme kuramıdır. Fakat işlemleri, diğer küme kuramlarınıninkilerden farklılıklar gösterir.

Bulanık küme kavramı, hassasiyetin arttırılması ya da esneklik açısından klasik kümelerinkine göre daha uygun olan bir yöntem olarak görülebilir. Aslında getirdiği yaklaşım, klasik küme kuramlarında kullanılan üyelik kavramını bir kenara bırakıp yerine tamamen yenisini koymak değil, iki-değerli üyeliği çok-değerliliğe taşıyarak genellemesini yapmaktır (Yen ve Langari, 1999).

İki değerli mantıkla, iki mutlak sonuç "0" ve "1" olarak gösterilirken, sonsuz değerli mantıkta ise sonuçlar $[0.0, 1.0]$ aralığında tanımlanır. Bu değerlere "üyelik derecesi" denir. "0" mutlak "yanlışı", "1" ise mutlak "doğruluğu" gösterir. Bu üyelik derecesi, belirsizliği gidermeye çalışıp, tanımlanmaya çalışan bir fonksiyonla ölçülebilir. Bu fonksiyon, bir bulanık kümedeki elamanları $[0,1]$ aralığındaki reel bir değere dönüştürür. Eşitlik (3.6)'daki örnek, bir "A" kümesine ait elemanları reel sayıya dönüştüren fonksiyon gösterimidir.

$$\mu_A(x) \in [0,1] \quad (3.6)$$

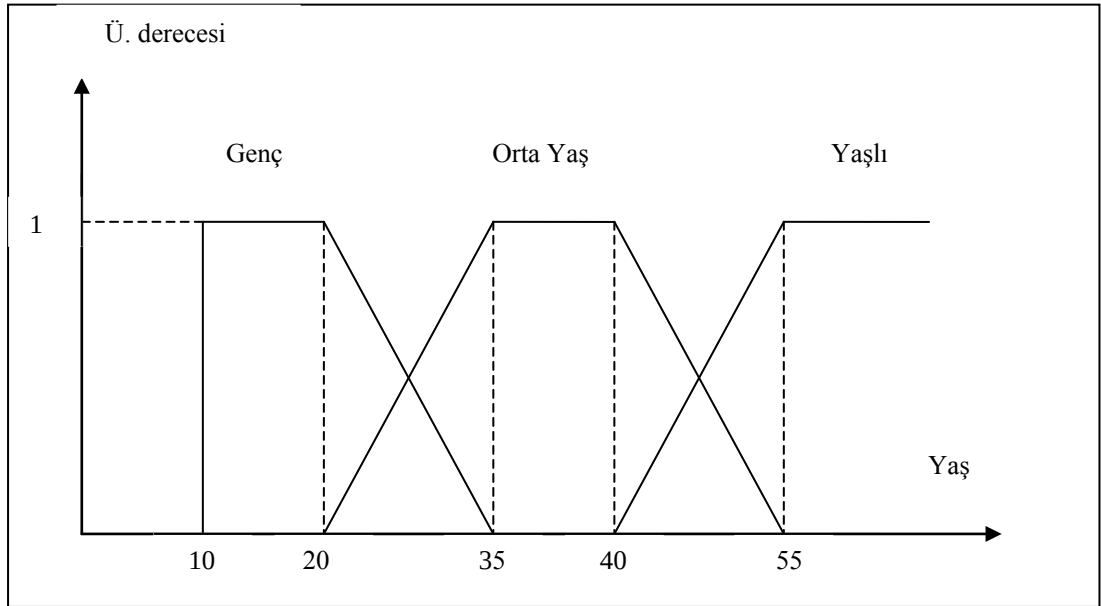
Burada çalışılan X uzayı, kesin ve sınırlı olduğu zaman, A kümesi sembolik olarak Eşitlik (3.7)'deki gibi gösterilir.

$$A = \left\{ \frac{\mu_A(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_A(x_2)}{x_2} + \dots \right\} = \left\{ \sum_i \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \right\} \quad i = (1, 2, \dots) \quad (3.7)$$

Bu gösterimde cebirsel semboller, cebirsel anlamlarıyla kullanılmazlar. Örneğin "+" toplam anlamında değil, teorik olarak birleşme anlamındadır. X uzayı sürekli ve sınırsız ise, "A" kümesi Eşitlik (3.8)'deki şekilde gösterilir.

$$A = \left\{ \frac{\mu_A(x)}{x} \right\} \quad (3.8)$$

Fonksiyonların, sık kullanılan üçgen ya da yamuk şeklinde, ya da diğer uygun formlarda olmasının yanında alt kümelerin birbiri ile örtüşecek şekilde olması gerekmektedir. Şekil 3.5'de genç, orta yaşlı ve yaşlı insan kavramını temsil eden, [10,90] aralığında örtüşmeli geçişler halinde tanımlı üç bulanık küme gösterilmektedir. Öncelikle bu yaş gruplarının, isteğe bağlı bir şekilde aralıklarının belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 3.5. 'Genç', 'orta yaşlı' ve 'yaşlı' kavramlarını temsil eden üyelik fonksiyonları

Bu üç yaş grubunun matematiksel fonksiyonları aşağıda verilmektedir.

$$\mu_{Genç}(x) = \begin{cases} 1, eger, x \leq 20 \\ (30 - x)/15, eger, 20 < x < 35 \\ 0, eger, x \geq 35 \end{cases} \quad (3.9)$$

$$\mu_{OrtaYaş}(x) = \begin{cases} 0, eger, x \leq 20, x \geq 55 \\ (x - 20)/15, eger, 20 < x < 35 \\ (55 - x)/15, eger, 40 < x < 55 \\ 1, eger, 35 \leq x \leq 40 \end{cases} \quad (3.10)$$

$$\mu_{Yaşlı}(x) = \begin{cases} 1, eger, x \geq 55 \\ (x - 55)/15, eger, 40 < x < 55 \\ 0, eger, x \leq 40 \end{cases} \quad (3.11)$$

Bu örnekteki yaşı'n alt kümeleri ile ilgili fonksiyonlardan, bir yaşı'n o kümeye ne kadar ait olduğu yani üyelik derecesi tespit edilir (Tanaka, 1997).

3.1.2 Kural işleme birimi

Bulanık mantıkta kurallar, 'eğer ... ise, ... olsun' şeklinde koşullu durumlarla formüle edilirler (Piegat, 2001). Tüm girdi değişkenleri, sözel değişken değerlere çevrilerek, bulanık sonuç çıkarma adımı, güncel durum için kurallara dayandırılarak uygulanır ve çıkışta sözel değişkenlerin değerleri hesaplanır (Al, 1998).

Öte yandan, bir bulanık kural, 'eğer ... ise, ... olsun' şeklinde (örneğin X değeri A ise, Y değeri B olsun) sözel girdi ve çıktı terimlerine sahip olmalıdır. 'eğer ...' bölümüne durum; '... olsun' bölümüne ise sonuç ya da karar kısmı adı verilir (Negoita ve Ralescu, 1987).

Bu durumda bulanık sonuç çıkarma hesaplarının, iki bileşeni olduğu anlaşılır:

- Kümeleme: Kuralının 'eğer ...'bölümlerinin hesaplanması,
- Düzen: Kuralının '... olsun' bölümlerinin hesaplanması.

'X değeri A ise, Y değeri B olsun' örneğinde, A ve B sözel kelimelerdir ve bulanık kümelerde X ve Y değerlerinin, hangi duruma ait olduğunu gösterirler. Günlük hayatta kullanılan bazı bulanık ifadeler dayanan kurallar, örnek olması açısından aşağıda verilmektedir.

'Eğer basınç yüksekse, hacim küçük olsun.'

'Eğer bir domates kırmızı ise, o domates olgun bir domatestir.'

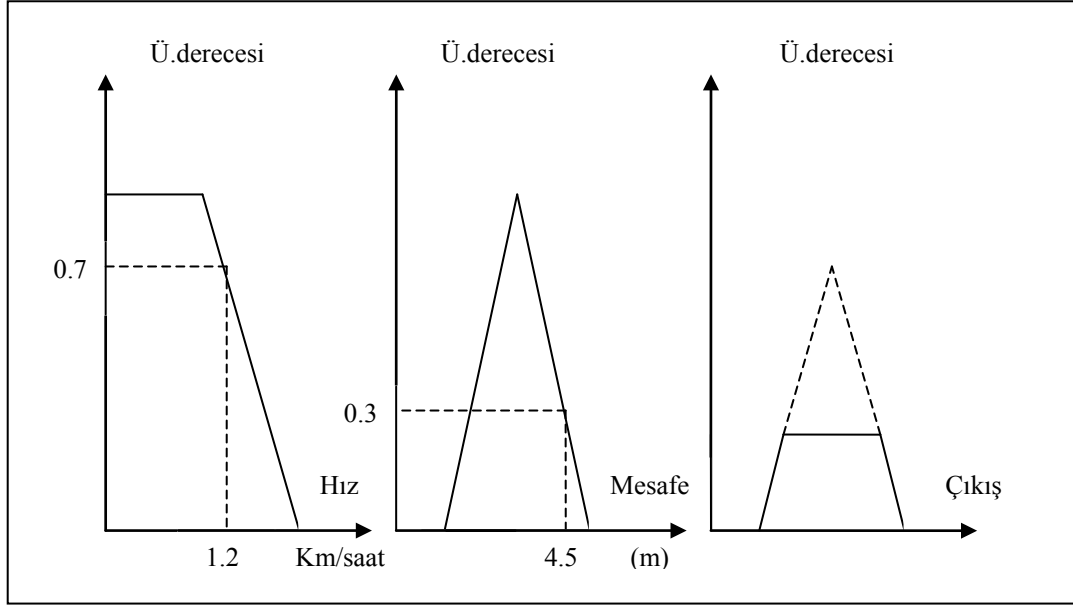
1973 yılında, Zadeh, bulanık değişkenler ya da sözel ifadeler ile ilgili kavramlar ortaya koymuştur. Bu kavramlardan önemli olanlardan bir tanesi bulanık nesne kavramıdır. Nesne olarak tanımlanmış sensör girdilerine örnek olarak 'sıcaklık', 'yer değiştirme', 'hız', 'akış', 'basınç' vb. gösterilebilir. Fark değeri olan 'hata' sinyalini de aynı kategoriye sokmak mümkündür. Bulanık mantıkta ifadelerin sıfat olarak kullanımına örnek olarak ise, 'büyük pozitif hata', 'küçük pozitif hata', 'sıfır' hata vb. örnekler gösterilebilir. Her bir parametre için 'büyük', 'küçük' ve 'sıfır' gibi değişkenler, ifadeler hakkında bilgi verilir. Bunlara ilaveten 'çok büyük', 'çok küçük' vb. ifadeler de çok doğrusal olmayan ya da istisnai durumlar için kullanımda daha esneklik kazandırılabilir (Çiftçi, 2000).

Bulanık mantıkta karşılaşılan, bulanık muhasebe ya da diğer bir deyişle bulanık kural, bilinen gerçeklerin oluşturduğu bir küme için sonuçların türetildiği bir işlem katıdır (Çiftçi, 2000).

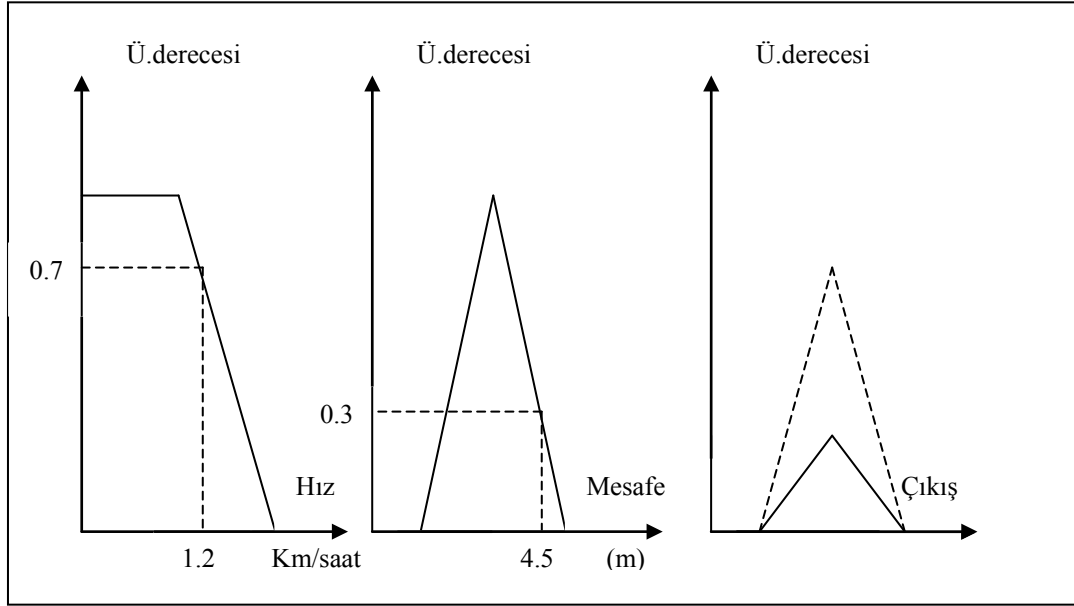
Birden fazla bulanık girdinin işin içine girmesi durumunda, bu fonksiyonlardan iki farklı yöntem ile çıkış fonksiyon grafiği elde edilebilir. Metotların adları şunlardır:

- Kesme Metodu (Truncation Method),
- Ölçekleme Metodu (Scaling Method).

Örnek olarak iki giriş (hız - mesafe) parametrelerine karşılık gelen, çıkış durumları Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Kesme metodu ile kuralın uygulanması



Şekil 3.7. Ölçekleme metodu ile kuralın uygulanması

3.1.3 Durulaştırma

Pratik uygulamalarda, özellikle mühendislik plan, proje ve tasarımlarında boyutlandırmalar için kesin sayısal değerlere gerek duyulmaktadır. Yapay zeka çalışmalarındaki bulanık değişken, küme, mantık ve sistemlerin bulanık olabilecek

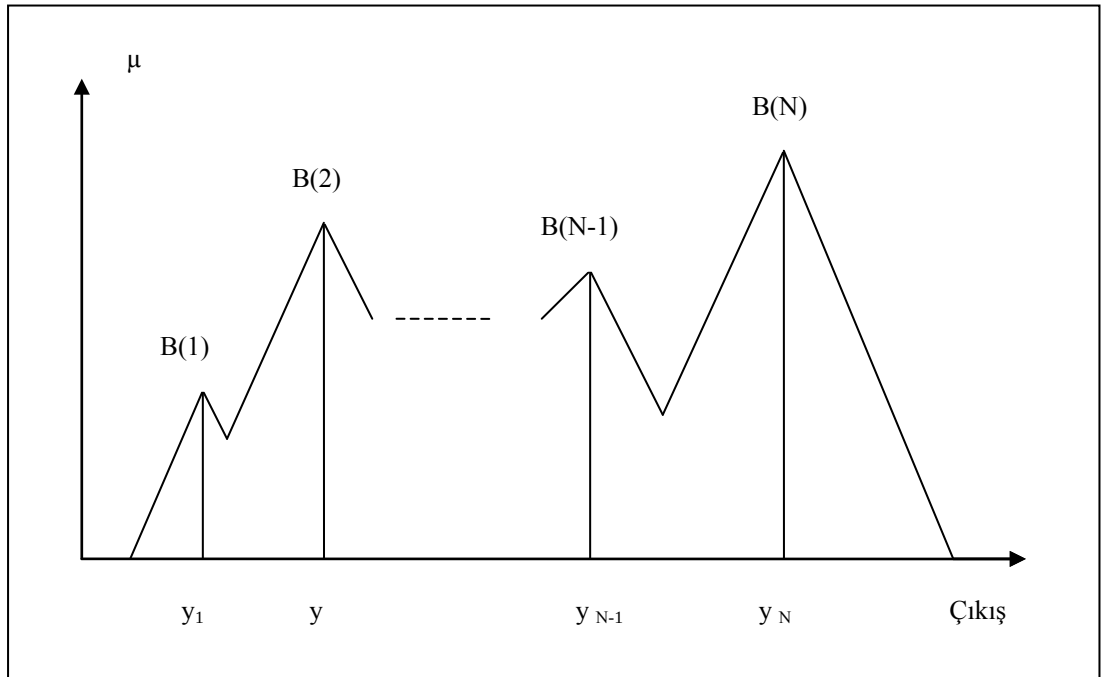
çıkarımlarının kesin sayılar haline dönüştürülmesi gerekir. Bulanık olan bilgilerin kesin sonuçlar haline dönüştürülmesi için yapılan işlemlerin tümüne birden “**durulaştırma**” işlemleri adı verilir. Durulaştırma işleminde kullanılan yöntemlerden ikisi yükseklik ve ağırlık merkezi yöntemidir.

- Yükseklik yöntemi

Durulaştırmada kullanılan yöntemlerden bir tanesi yükseklik yöntemidir. Kullanılması için tepeleri olan çıkarım bulanık kümelerine gerek vardır. Yükseklik metoduna göre durulaştırma işlemi yapıldığında, kesin sonuç Eşitlik (3.12)’deki ifadeden elde edilir.

$$y_0 = \frac{\sum \mu(y_i)y_i}{\sum \mu(y_i)} \quad (3.12)$$

Denklemden görülen y_i değerleri, bulanıklaştırmada oluşmuş her bir fonksiyonun üyelik derecesi en büyük olan elemanlarıdır. $\mu(y_i)$ değerleri ise, bu elemanlara karşılık gelen üyelik derecelerini belirtir. Yükseklik yönteminin mantığının anlaşılması amacıyla Şekil 9’de bir örnek gösterilmiştir.



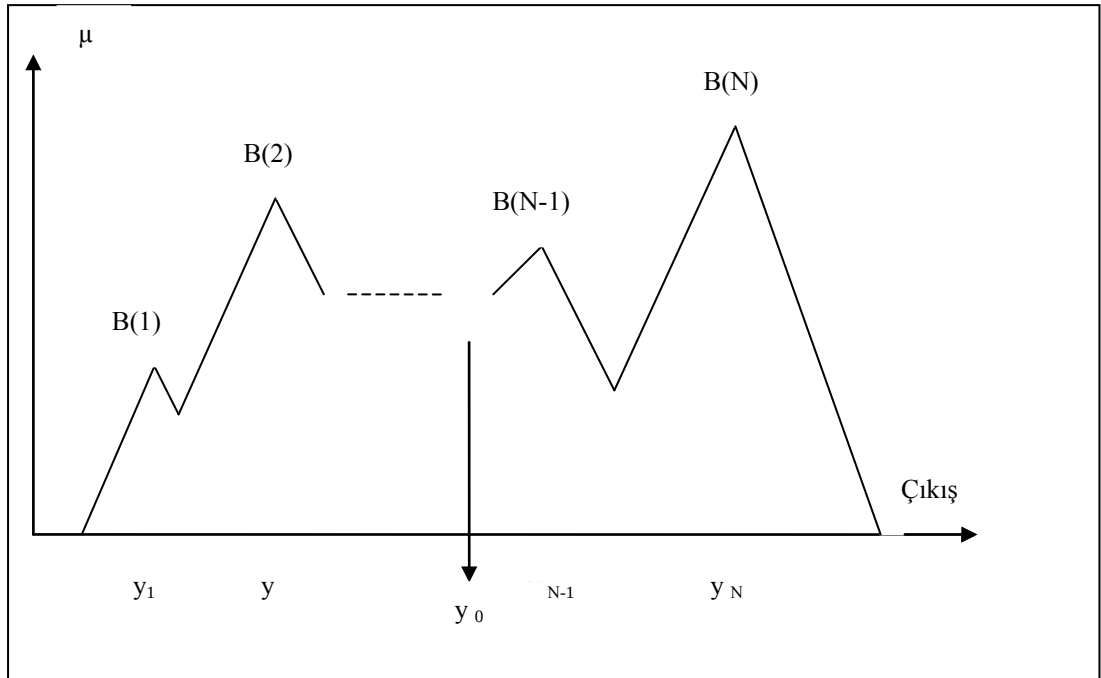
Şekil 3.8. Yükseklik metodunun gösterimi

Burada B(1), B(2) ... B(N) her bir kurala karşılık gelen çıkışları göstermektedir.

- Ağırlık merkezi yöntemi

Durulaştırma işlemlerinde, yaygın olarak kullanılan işlemlerden biri de ağırlık merkezi yöntemidir. Adından anlaşılacağı gibi bu yöntemle, çıkış fonksiyonunun altında kalan alanın ağırlık merkezi Eşitlik (3.13)'deki ifadeden faydalanılarak bulunur.

$$y_0 = \frac{\sum \mu(y)y}{\sum \mu(y)} \quad (3.13)$$



Şekil 3.9. Ağırlık merkezi yönteminin gösterimi

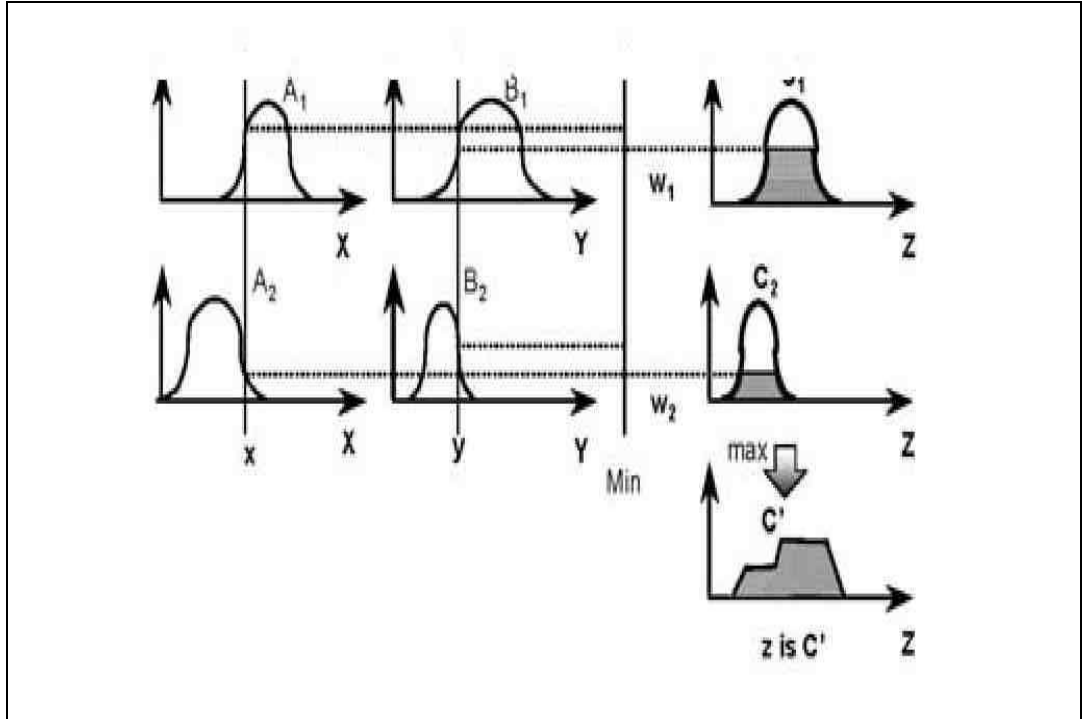
Durulaştırma işleminde bu iki yöntemin dışında, üyelik derecesi en büyük olan elemanların aritmetik ortalamasına dayanan, en büyüklerin ortası yöntemi ve simetrik üyelik fonksiyonlarının bulunması halinde kullanılan ağırlık ortalama yöntemleri de mevcuttur (Anonim, 2003).

3.2 Bulanık Mantıkta Girişim Yöntemleri

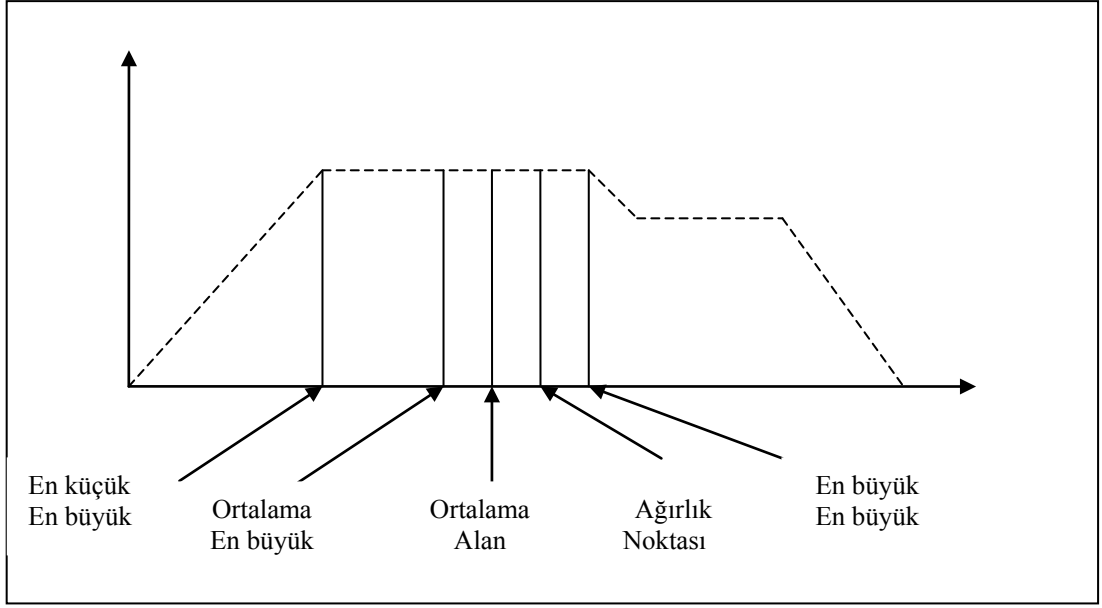
3.2.1 Mamdani yöntemi

Mamdani yönteminde; bulanıklaştırılan giriş bilgileri önceden belirlenmiş kurallara tabi tutulur. Kurallar uygulanırken, şartlar arasındaki "ve" durumunda giriş üyelik değerlerinden en küçük olanı, "veya" durumunda ise en büyük olanı alınarak çıkış üyelik fonksiyonunda bu sayının altında kalan alan bulunur. Şekil 3.10'da iki giriş ve bir çıkışa sahip olan bir sistemde birinci giriş değerinin x olması ve ikincinin ise y olması durumunda (üyelik fonksiyonu olarak Gaussian fonksiyonu kullanılmıştır), sonucun hesaplanma yöntemi verilmiştir (Karaboğa, 1994).

Her bir kurala ait çıkış üyelik fonksiyon bölgeleri bulunduktan sonra bu alanlar çeşitli berraklaştırma yöntemleri yardımıyla kesin çıkış bilgisinin elde edilmesinde kullanılır. Bu yöntemler Şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.10. Mamdani yöntemiyle kural sonuçlarının bulunması



Şekil 3.11. Durulaştırma yöntemleri

3.2.2 Takagi-Sugeno yöntemi

Takagi-Sugeno yönteminde (1992), giriş üyelik fonksiyonlarına uygulanan kurallar Eşitlik (3.14)'deki gibidir. i. Kurala ait çıkış ;

$$z_i = \alpha_0 + \sum_{k=1}^i \alpha_k \mu(x_k) \quad (3.14)$$

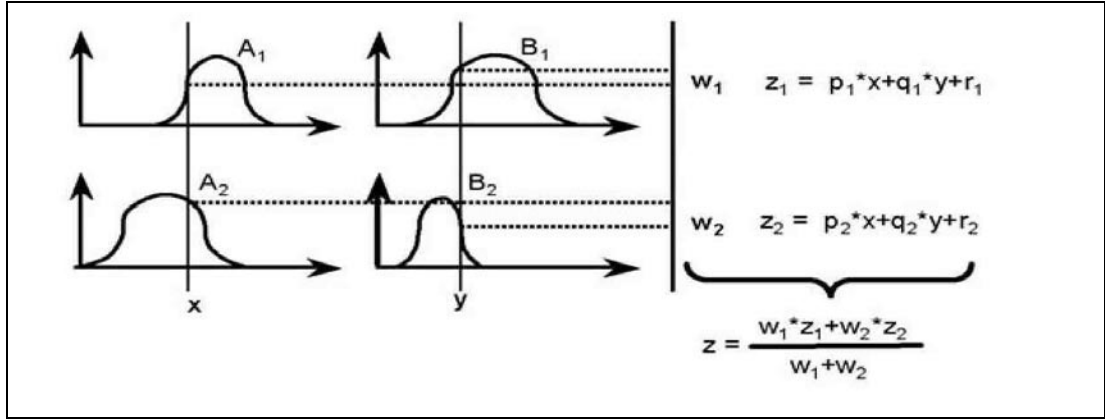
olarak verilir. Formülde α_k değerleri, girişim katsayıları (consequent parameters) ve $\mu(x_k)$ ise k.girişe ait üyelik değeridir. Kesin çıkış bilgisi ise Eşitlik (3.15) ile hesaplanır.

$$z = \frac{\sum_{i=1}^N w_i z_i}{\sum_{i=1}^N w_i} \quad (3.15)$$

Burada, N kural sayısı, w_i ise i. kurala ait ağırlık değeridir.

Şekil 3.12'de Takagi-Sugeno yöntemi grafik olarak gösterilmiştir. Bu yöntemde hem girişim katsayılarının hem de kural ağırlıklarının uzman kişi tarafından elde edilmesi

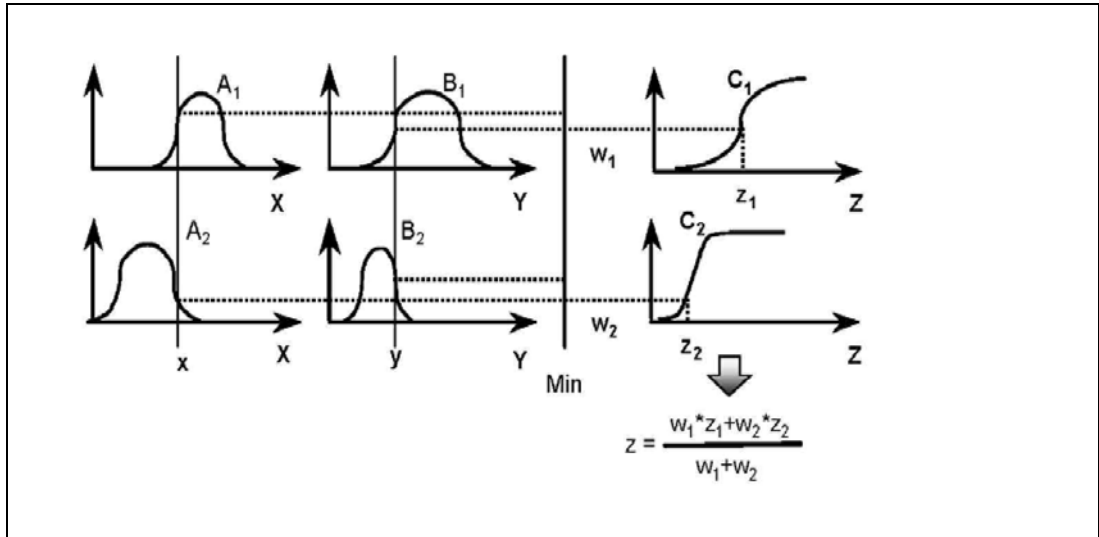
zor olacağından, bu sayıların bir optimizasyon algoritması yardımıyla bulunması gerekir.



Şekil 3.12. Takagi-Sugeno yöntemiyle kural sonuçlarının bulunması

3.2.3 Tsukamoto yöntemi

Mamdani yöntemi ile Takagi-Sugeno yöntemi arasında olan bu yöntemde (Babuska, 1998) her bir kurala ait çıkış üyelik fonksiyonu yardımıyla elde edilen değerlerin ağırlıklı ortalaması alınarak kesin çıkış bilgisi Eşitlik (3.15) ile bulunur. Bu yöntemde kullanılan çıkış üyelik fonksiyonlarının hiç azalmayan şekilde olması gereklidir. Şekil 3.13'de Tsukamoto yöntemi grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Tsukamoto yöntemiyle kural sonuçların bulunması

Yukarıda anlatılan girişim yöntemleri aynı zamanda berraklaştırma işlemlerini de içermektedir. Berraklaştırma işlemlerinden sonra kesin çıkış bilgisi elde edilir.

3.3 Türkiye Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Tarımsal üretimde verimlilik ile ilgili bütün çalışmalarda, toprakların çok iyi tanınması ve üretim stratejilerinin buna göre planlanması gerektiğini en önemli özellik olarak göz önünde bulundurmak gerekir.

Ülkemizdeki coğrafi yapı itibariyle gerek çeşitli yüksekliklerdeki yörelere sahip olması, gerekse yağış getiren rüzgarlara karşı engel oluşturan kıyıya paralel yüksek dağ sıralarının durumu, Türkiye’de çeşitli iklim koşullarının meydana gelmesine neden olmuştur.

Hem bölgesel şartlara uygun, hem de yetiştirilecek bitkilerin gerçek ihtiyaçlarının tam sağlanmasına yönelik bir gübreleme programı hazırlanması aşamasında, bölge topraklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ve toprakların ihtiva ettiği bitkiler tarafından alınabilir bitki besin maddeleri miktarlarının bilinmesine gerek duyulmaktadır.

3.3.1 Saturasyon yüzdesi, toprak bünyesi (Tekstür)

Toprağın doyuncaya kadar alabileceği su miktarı ile o toprağın bünyesi arasında yakın bir ilişki vardır. Toprak bünyesi toprağın verimlilik düzeyini belirleyen önemli fiziksel özelliklerdendir. Normal olarak yapılan bünye analizlerinden farklı olarak toprağın su alma kapasitesine göre sınıflandırma yapabilen bir yöntem geliştirilmiştir. Kullanılan bu yöntemle göre ağır bünyeli toprakların saturasyonu için daha fazla miktarda suya ihtiyaç duyulurken, hafif bünyeli topraklar daha az su ile sature hale gelir. Toprakların bu özelliğinden istifade edilerek geliştirilen yöntemle sadece ağır ve hafif bünyeli topraklar değil tüm toprak gruplarını kabaca ifade edebilen, Çizelge 3.1’deki değerler laboratuvarlarda kullanılmaktadır (Gedikoğlu, 1990).

Çizelge 3.1. Toprağın suyla doygunluk yüzdeleri ve bunlara karşılık gelen bünye sınıfları (Gedikoğlu, 1990)

Suya Doygunluk (%)	Bünye Sınıfı
< 30	Kumlu
31-50	Tınlı
51-70	Killi-Tınlı
71-110	Killi
110	Ağır Killi

3.3.2 Toprak reaksiyonu (pH)

Toprak asitliği, bitki besin elementlerinin elverişliliğine ve bitkilerin gelişmesi üzerine dolaylı etkisi olduğundan toprak verimliliğinin artırılmasında üzerinde durulması gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Toprak solüsyonundaki hidrojen iyonu konsantrasyonu hidroksil iyonu konsantrasyonundan yüksek ise toprak asit karakterli demektir. Hidrojen iyonu hidroksil iyonu lehine azaldıkça toprak alkalileşir (Eyüpoğlu, 1999). Toprak reaksiyonu pH ile ifade edilir. Türkiye topraklarının büyük bir kısmını alkali reaksiyonlu topraklar oluşturur. Türkiye topraklarının pH durumunu değerlendirmede kullanılan gösterge çizelgesi, Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Toprak reaksiyonunu belirlemek için kullanılan pH aralıkları (Eyüpoğlu, 1999)

pH aralığı	Sınıfı
< 4.5	Kuvvetli asit
4.5-5,5	Orta asit
5.5-6,5	Hafif asit
6.5-7,5	Nötr*
7.5-8,5	Hafif alkali
>8.5	Kuvvetli alkali

*pH 6.5-7.0 çok hafif asit, pH 7.0-7.5 ise çok hafif alkali olarak da sınıflandırılır

3.3.3 Kireç

Kalsiyum topraktaki kil ve humusun koagülasyonunu sağlayarak topraktaki kılcal boruların meydana gelmesi, havalanma ve su sirkülasyonunu sağlayarak mikroorganizmaların hayatiyetini ve kök gelişmesini sağlar. Kalsiyum bitkiler için ana bitki besin maddelerindendir. Azot, bağlayıcı (ortak ya da serbest yaşayanlar) nötr veya hafif alkali ortamı severler, topraklara bu özelliği de Ca sağlar.

Kireç, bütün etkilerinin yanında sıkı topraklarda seyreltme görevini de yapmaktadır. Kirecin alkali reaksiyonlarda çözünmesi çok düşük oranda olduğundan ortamda çok fazla miktarda bulunmasının olumsuz bir etkisi hemen hemen görülememektedir. Kireç toprağa fazla oranlarda katıldığı durumlarda dahi olumsuz etkisi olmayan ya da çok az olan bir maddedir. Kirecin bütün bu etkileri yanında bitki besin maddeleri, özellikle fosforla çok yönlü karmaşık ilişkileri bulunmaktadır. Fosfor, alkali topraklarda kirecin çeşitli apatit formları şeklinde bağlanmasına neden olmakta, bu bileşikler daha fazla fosfor ya da kireci adsorbe etmekte ve çok güç çözündüklerinden bitkiye yararlı olamamaktadırlar.

Türkiye topraklarının büyük bir kısmını kireçli topraklar oluşturur. Türkiye topraklarının kireç durumunu değerlendirmede kullanılan gösterge çizelgesi, Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Toprak kireç durumunu belirlemek için kullanılan değerler (Gedikoğlu, 1990)

Kireç miktarı	Sınıfı
< %1	Az kireçli
% 1-5	Kireçli
% 5-15	Orta kireçli
%15-25	Fazla kireçli
> %25	Çok fazla kireçli

3.3.4 Organik madde

Toprakta organik madde denince iki kavram üzerinde durmak gerekir. Bunlardan biri organik madde, diğeri humustur. Organik madde; bitki ve hayvan dokuları artıklarının toprağa düşüp, mineralize oluncaya değin ayrışmanın çeşitli aşamalarındaki, çeşitli organik bileşenleri ifade eder. Bu kavramın içinde henüz toprağa düşmüş bitki ve hayvan artıkları olduğu gibi oldukça stabil duruma sahip bitki ve hayvan dokularına ait hiçbir iz taşımayan organik maddeler ve ikisi arasında bulunan çeşitli ara ürünler yer almaktadır. Topraktaki organik maddelerin pek az bir kısmı yaşayan mikroorganizmalardan ibarettir. Humus ise; toprağa düşen bitkisel ve hayvansal artıkların mikroorganizmaların etkisi ile ayrışma ve parçalanmasından oluşan, rengi kahverenginden siyaha kadar değişen, şekilsiz, oldukça stabil ve homojen bir maddedir. Humusun içinde onu oluşturan maddelerin izlerine rastlanmaz, yani bitki ve hayvan artıklarının kaynağının tanımı olanaksızdır (Akalın, 1968).

Organik madde, toprakların çok önemli bir yapı maddesidir. Toprağın agregasyonunda, su tutma kapasitesinde, infiltrasyon kapasitesinde ve toprağın diğeri birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik karakteristiklerinin oluşmasında önemli rol oynamaktadır.

Toprağın kimyasal özelliklerini etkileyen toprak verimliliği ile çok yakından ilgilidir. Toprağın organik madde fraksiyonu katyon değişim kapasitesine önemli katkıda bulunmaktadır. Birçok bitki besin elementleri organik maddelerin bünyesinde ve yüzeylerinde taşınmaktadır. Azot, kükürt ve borun hemen hemen bütünü organik maddelerden alınır. Organik madde, toprak verimliliğindeki önemi nedeniyle, çoklukla toprak verimliliğinin bir indeksi olarak kullanılmaktadır.

Mineral yüzey toprakları genellikle % 0.5 ile % 6.0 arasında organik madde kapsamaktadır. Düşük kapsamlar sıcak ve kurak iklim bölgesi topraklarında; yüksek kapsamlar serin, yağışlı iklim bölgesi topraklarında bulunmaktadır. Organik madde ortalama olarak % 5.0 azot ve % 58.0 dolayında karbon kapsamaktadır. Her iki

rakamda yaklaşık ortalamalar olduklarından çeşitli koşullarda önemli farklar gösterebilirler. Karbon ile azot arasındaki ilişki C:N oranı ortalama değer olarak 10:1-12:1 arasında bulunmaktadır (Akalan, 1968).

Türkiye toprakları genelde organik maddece fakirdirler. Topraklarımızın organik madde miktarlarını işlenen topraklarda uygulanan münavebe sistemi, toprağın işlenme süresi, toprak işleme teknikleri, toprak üstü bitki örtüsünün durumu veya tahrip derecesi, bitki atıklarının yakılması veya gömülmesi, kullanılan tarım tekniği, gübreleme biçimi gibi kontrol edilebilir faktörler yanında iklim, özellikle de sıcaklık veya yağış rejimi gibi faktörler etkilemektedir. Türkiye topraklarının organik madde kapsamı sınıflandırılırken Çizelge 3.4’den yararlanılmıştır (Güçdemir, 2008).

Çizelge 3.4. Toprakların organik madde durumuna göre kapsamı

Organik madde (%)	Toprakların Organik Madde Durumu
<1	Çok az
1-2	Az
2-3	Orta
3-4	İyi
>4	Yüksek

3.3.5 Fosfor

Türkiye’nin çeşitli yörelerinden yaklaşık 240.000 adet toprağın analizinden elde edilen sonuçlar, Türkiye topraklarının büyük bir kısmının fosfor yönünden fakir bir durumda olduğunu ortaya koymaktadır. Türkiye topraklarının büyük bir kısmının fosfor kapsamlarının belirlenmesinde güvenle kullanılan Olsen fosfor analiz yöntemine göre yapılan değerlendirme sonucunda topraktaki yayılsız fosfor miktarlarına göre oluşturulan fosfor değerlerinin, değerlendirme çizelgesi ve anlamları Çizelge 3.5’te verilmiştir.

Çizelge 3.5. Toprak fosfor durumunu belirlemek için kullanılan değerler (Eyüpoğlu, 1999)

Fosfor Miktarı	Sınıfı
<3 kg P ₂ O ₅ /da	Çok az
3-6 kg P ₂ O ₅ /da	Az
6-9 kg P ₂ O ₅ /da	Orta
9-12 kg P ₂ O ₅ /da	Yüksek
>12 kg P ₂ O ₅ /da	Çok yüksek

Çizelge 3.5'teki değerler kullanılarak Türkiye toprakları ile ilgili yaklaşık 240.000 adet toprak değerlendirildiğinde, Türkiye topraklarının yaklaşık %29' unun fosfor içeriği bakımından çok fakir olduğu görülür. Bu oran başta Güney Doğu Anadolu bölgesi olmak üzere buğday-nadas münavebe sisteminin uygulandığı ve eğitim düzeyinin düşük olduğu Orta Anadolu, Doğu Anadolu ve Karadeniz bölgesi topraklarında (bu yörelerde gübre kullanımı hala istenilen düzeylerde değildir) diğer bölgelere göre daha yüksek oranda olduğu görülmüştür. Yoğun ve sululu tarım uygulamalarının ön planda olduğu bölgeler özellikle Akdeniz, Ege ve Trakya-Marmara bölgesi topraklarının fosfor durumlarının çok daha iyi durumda olduğu görülür. Bu bölgelerde özellikle de ovalarda aşırı gübre kullanımı söz konusudur.

Genelde fosfor içerikleri bakımından ülke toprakları arasında önemli bir fark yoktur. Fosfor noksanlığı gösteren alanlarda fosforlu gübre kullanıldığı zaman bunu etkilerini verim ve kaliteli mahsul ile görmek mümkündür.

3.3.6 Potasyum

Ülkemiz topraklarının büyük bir çoğunluğu, potasyum yönünden yeter veya zengin bir durum göstermektedir. Yaklaşık 245 000 adet toprakta yapılan potasyum analizler bu durumu açık şekilde ortaya koymaktadır.

Türkiye topraklarının potasyum durumları ile ilgili gruplandırmalar Çizelge 3.6'ya göre yapılmıştır. Buradaki değerlere yapılan araştırma sonucu ulaşılmıştır.

Çizelge 3.6. Toprak potasyum durumunu belirlemek için kullanılan değerler
(Ülgen, 1995)

Potasyum Miktarı	Sınıfı
<20 kg K ₂ O/da	Az
20-30 kg K ₂ O/da	Orta
30-40 kg K ₂ O/da	Yeterli
40-50 kg K ₂ O/da	Yüksek

Türkiye topraklarının potasyum bakımından çok zengin olduğu çeşitli kereler ifade edilmişti. Jeolojik yapısı ve iklim durumu, özellikle de sıcak ve kuru iklim şartları yüzünden oluşan yüksek kil kapsamı, topraklarımızın bu bitki besin maddesince zengin olması sonucunu doğurmuştur. Türkiye feldspat, mika ve benzeri potasyumca zengin minerallerin meydana geldiği volkanik formasyonların bol miktarda bulunduğu bir memleketidir. Ülkemiz iklim şartları yani yetersiz yağış ve sıcaklık gibi faktörlerde, potasyumlu minerallerin parçalanması ile toprağa geçen potasyumun toprakta birikmesine yol açmaktadır.

3.3.7 Mikro elementler

Türkiye topraklarının yarayışlı mikro element kapsamı kapsamlı bir çalışma ile incelenmiştir. Buna göre yarayışlı demir kapsamı bakımından, Türkiye topraklarının yaklaşık %9'unun yarayışlı demir kapsamı 2.5 ppm'in altındadır, dolayısı ile bu topraklardan optimal verimin alınabilmesi için demir gübrenmesine ihtiyaç vardır. Aksi halde ülke genelinde ürün kaybı söz konusu olabilir. Bu değerlendirme, iller bazında ele alındığında Adıyaman, Ağrı, Aydın, Bolu, Burdur, Giresun, Kocaeli, Muş, Rize, Sakarya, Tokat ve Trabzon illerinde 2.5 ppm'in altında demir değeri bulunmamıştır. Belirtilen illerin dışında kalan tüm illerde, çeşitli seviyelerde demir eksikliği sorunu vardır. Demir eksikliğinin en fazla sorun olduğu 5 il sırası ile

Gümüşhane, Kayseri, Niğde, Ordu ve Adana' dır. Ancak 2.5 ppm'in üzerinde demir içeren bazı topraklarda, yetişen bitkilerde toprak özelliklerine bağlı olarak yine demir eksiklik belirtileri görülebilir (Güçdemir, 2008).

Türkiye topraklarının tümünün yarayışlı bakır kapsamı kritik değer olarak kabul edilen 0.2 ppm'in üstündedir. Bu değerlere göre Türkiye topraklarının bakır kapsamı, bu topraklardan optimal verim alınabilmesini engellemeyecek düzeydedir. Bakır eksikliği Türkiye toprakları için sorun oluşturmamaktadır.

Türkiye topraklarının %50'sinin yarayışlı çinko kapsamı kritik değer kabul edilen 0.5 ppm'den düşüktür. Dolayısı ile bu topraklardan optimal verim alınabilmesi için çinko gübrelemesi yapılması gerekir. Verimi etkileyen bir faktör olarak karşımıza çıkan çinko, toprağa gübre olarak ilave edilmediği takdirde ülke genelinde ürün kaybı söz konusu olacaktır. Çinko eksikliğinin en fazla olduğu 5 il sırasıyla Van, Burdur, Tunceli, Erzurum ve Uşak'tır.

Türkiye topraklarının sadece yaklaşık %1'lik kısmında mangan kapsamı 1ppm'den azdır. Türkiye de Kahramanmaraş ili dışında mangan eksikliği sorunu gözükmemektedir.

Yukarıda verilen değerler ışığında Türkiye topraklarında en yaygın olduğu düşünülen mikro element eksiklikleri sırasıyla çinko ve demirdir. Mangan eksikliği ise çok geniş olmayan bir alan için söz konusudur (Eyüpoğlu, 1999).

3.3.8 Toprak analizi

Toprak analizi, belli bir tarla toprağının gübre ve kireç ihtiyacını ortaya koyan bilimsel bir yöntem olarak tanımlanır. Toprak analizi ile toprakta bitkilere yarayışlı halde bulunan besin maddelerinin miktarları bulunur. Böylece o toprağa, üzerinde yetiştirilecek bitkinin büyümesi ve iyi bir ürün verebilmesi için hangi besin maddelerinden ne miktarda uygulanmasının gerektiği ortaya çıkar.

Değişik tarlalara ait topraklar genellikle farklı miktarlarda bitri besin maddeleri kapsarlar. Toprakta hangi besin maddesinin eksik bulunduğu ancak laboratuarda yapılan çeşitli analizler ile anlaşılabilir.

Yapılan araştırmalar; laboratuvar analiz sonuçları ile tarla denemelerinde kullanılan gübrelerin ürün artışına olan etkileri arasında çok sıkı bir ilişkinin bulunduğunu göstermiştir. Örneğin; laboratuvar analizi ile fazla miktarda fosfor kapsadığı saptanan herhangi bir toprağa, fosforlu gübre verildiğinde, o toprakta önemli bir ürün artışı görülmemekte; halbuki az miktarda fosforun bulunduğu tespit edilen diğer bir toprakta ise uygulanan fosforlu gübre ile önemli derecede ürün artışı elde edilmektedir.

Uygun ve ekonomik bir gübreleme, ancak toprak laboratuvarında yapılan analiz sonucuna dayanılarak yapılabilir. Çitçi, toprağında eksik olan bitki besin madde veya maddelerinin eksikliğini ancak tarlasına uygun bir gübreleme yapmak suretiyle giderebilir. Toprak analizi yapılmadan tarlaya gübre verilirse şu mahzurlar ortaya çıkabilir: Toprağa gereğinden fazla veya az gübre verilebilir. Tarlaya gereğinden fazla gübre kullanıldığında; ürünün kalitesi bozulabildiği gibi miktarı da azalabilir. Aynı zamanda maliyeti arttırıcı gereksiz masraflara yol açılır. Gereğinden az gübre kullanıldığında ise istenilen düzeyde ürün artışı sağlanamadığı gibi çoğu kez kullanılan gübrenin masrafı dahi karşılanamaz. Toprağa yanlış cins gübre verilebilir. Tarlaya yanlış cins gübrenin uygulanması sonunda, üründe artış yerine bazen bir azalma dahi görülebilir. Bitki yatabilir veya kuruyabilir. Ürünün kalitesi ve toprağın özellikleri bozulabilir ve ayrıca maliyeti arttırıcı yersiz masraflara da yol açabilir. Gübre yanlış bir zaman ve şekilde uygulanabilir. Bu şekilde yapılan bir gübrelemenin ürün artışı üzerindeki etkisi ya az veya hiç olmayabilir (Güçdemir, 2008).

Yukarıda belirtilen muhtemel sorunları önlemek için uygun ve ekonomik bir gübrelemenin yapılabilmesi; ekimden önce, tarla toprağının verimlilik yönünden gerekli analizlerinin yaptırılması ve yetkili teknik elemanların, analiz sonuçlarına göre yapacakları tavsiyelerin tam olarak yerine getirilmesi halinde mümkün

olabilmektedir. Usulüne göre alınmamış ve uygun bir şekilde analize hazırlanmamış toprak numunelerinin analizleri, çok hassas bir şekilde ve en ileri yöntemler uygulanarak yapılmış olsalar dahi bir değer taşımazlar.

Laboratuara gelen toprak numunesinin küçük bir kısmı üzerinde yapılan analizlerin sonucu; geniş bir alana uyarlanmaktadır. Bu nedenle toprak numunelerinin, alındıkları alanların toprak özelliklerini tam olarak yansıtacak şekilde alınmalarına çok dikkat edilmelidir. Toprak numuneleri, alındıkları alanları tam olarak temsil etmiyorlar ise, analiz sonuçlarına dayanarak yapılacak gübreleme tavsiyeleri veya alınacak diğer kültürel tedbirler gerçeğe uymaz ve yanlış uygulamalara yol açabilir.

Topraklarını analiz etmek suretiyle analiz raporunda belirtilen gübrelemen tavsiyelerini tam olarak uygulayan çiftçiler, kuşkusuz gerek kendi gerekse memleket ekonomisine önemli ölçüde hizmet etmiş olacaktırlar (Güçdemir, 2008).

3.4 Gübre ve Gübreleme

Tarımsal üretimin fazlaştırılması için, toprak işlenmeli, ekilmeli, sulanmalı, hastalık ve zararlılarla mücadele edilmelidir. Bütün bu işlemlerin yanısıra bitkiyi besleyici, üretimi artırıcı çarelere de başvurmak gerekir.

Bitkiler de insanlar ve hayvanlar gibi gelişmeleri için beslenmek zorundadırlar. Bitkiler besinlerinin büyük bir kısmını topraktan kökleriyle alırlar. Toprakta, yetiştirilen bitkilerin ihtiyacını karşılayacak miktarda besin maddesi yoksa, toprağa bitki besin maddeleri verilmesi gerekir. Toprağa besin maddeleri verilmezse, bir süre sonra besin maddelerinin eksilmesi nedeniyle üretim azalır. Yeterli ve kaliteli ürün alabilmek için bitkinin beslenmesi gerekir.

Bu bölümde gübre nedir, gübreleme nedir, gübre çeşitleri ve gübrelerin yapısında neler bulunduğu ve gübrenin bitkiye ve toprağa sağladığı faydalar anlatılacaktır. Unutulmamalıdır ki; uygun gübreleme sağlıklı bitki, bol ürün ve bol para demektir.

Bitkisel üretimde, amaçlanan verimin ve kalitenin sağlanabilmesi için organik ve inorganik kaynaklardan yararlanılır.

3.4.1 Gübre nedir?

Bitkilerin gelişmesini artırmak ve ürün miktarlarını çoğaltmak ve niteliklerini iyileştirmek amacı ile toprağa ve bitkiye uygulanan, içerisinde bir veya birkaç bitki besin maddesini bir arada bulunduran bileşiklere gübre denir.

3.4.1.1 Gübre içinde bulunan besin elementleri nelerdir?

- A. Makro (ana) besin elementleri; Azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, kükürt gibi toprakta ve bitki bünyesinde bol miktarda bulunan besin maddeleridir.
- B. Mikro (iz) besin elementleri; Demir, bakır, çinko, mangan, bor, molibden v.b olarak sınıflandırılan, toprakta ve bitki bünyesinde çok az bulunmalarına rağmen bitki gelişmesinde makro besin maddeleri kadar etkili olan besin maddeleridir.

3.4.2 Gübreleme nedir?

Bitkisel üretimde amaçlanan verim ve kaliteye ulaşmak için içerisinde bir veya birden fazla bitki besin maddesi bulunan organik veya inorganik bileşiklerin toprağa veya doğrudan doğruya bitkiye verilmesidir. Gübrelemenin başlıca iki amacı vardır. Bunlar;

- 1- Toprakları bitki besin maddelerince zenginleştirmek,
- 2- Toprakların fiziksel ve biyolojik özelliklerini düzeltmek suretiyle yetiştirilecek bitkiye daha iyi bir gelişme ortamı sağlamaktır.

Doğru gübreleme için çevre ve toprak şartları iyi bilinmelidir. Gübrelemenin önemi yıllar geçtikçe daha iyi anlaşıldığından tüketimi günden güne artmaktadır. Ülkemiz tarım topraklarının eksik olan besin elementlerince zenginleştirilmesi için gübreleme

gereklidir. Her yıl yüksek verimli bitki çeşitleri gelişmekte ve ayrıca her yıl bitki yetiştirildiğinden topraktaki besin maddeleri tükenmektedir.

Etkili bir gübre kullanımı ve gübrelemeden beklenen yararı sağlamak için toprakların bitki besin elementleri miktarı doğru olarak saptanmalıdır. Önerilen gübrelerin doğru zamanda, doğru şekilde ve miktarda verilmesi sağlanmalıdır. Bu şekilde hem ürün artışı, hem bol kazanç ve çevre sağlığı bozulmamış olacaktır.

3.4.3 Gübrelemenin yararları nelerdir?

Gübreleme ile;

- Toprakların verim gücünü yükselterek, birim alandan daha yüksek verim alınır,
- Ürünlerin kalitesi artırılır,
- Toprakta verimliliğin sürekliliği sağlanır ve kazanç sürekli hale getirilir,
- Toprağın kimyasal yapısı, besin içeriği artırılarak düzeltilir,
- Toprakta mikroorganizma faaliyeti artırılarak, toprağın verimliliği artırılır,
- Bitkilere daha iyi bir gelişme ortamı oluşturulur,
- Topraktan çeşitli şekillerde uzaklaşan besinler toprağa tekrar kazandırılır.

Her canlının olduğu gibi bitkilerin de beslenmeye ihtiyaçları vardır. Toprakta mevcut olan besin elementleri her zaman bitkinin ihtiyacını karşılayacak düzeyde olmaz. Örneğin, sürekli tarım yapılan topraklarda besin maddeleri bitki tarafından sömürülerek, yağışlarla yıkanarak veya gaz şeklinde buharlaşarak kaybolmaktadır. Alınan ürünü artırmak için toprakta miktarı azalan besin maddelerinin toprağa yeniden verilmesi şarttır. Eğer verilmezse birim alandan alınan verim ve dolayısıyla elde edilen kazanç da azalacaktır.

Her bitkinin beslenme ihtiyacı aynı değildir. Bu nedenle ne kadar miktar gübre uygulanması gerektiğini saptamak için şu 3 soruya cevap verilmelidir.

- Hangi bölgede yetiştirme yapılacaktır?
- Hangi bitki üretilecek?

- Toprakta ne kadar besin maddesi var?

Dengeli ve yeterli gübreleme de az masrafla en fazla verimi elde etmek esastır. Bu nedenle öncelikle topraktaki besin elementlerinin miktarı belirlenmelidir. Belirlenen miktara göre hangi bölgede hangi bitki yetiştirilecekse bilinmeli, buna göre gübre miktarı belirlenmelidir. Temel hedef toprak analizlerine dayalı bir gübreleme programının yapılmasıdır.

3.4.4 Uygulanan gübrenin gelecek yıla etkisi kalır mı?

Gübrelerin organik ve inorganik formda uygulanmalarına bağlı olarak gelecek yıla etkileri değişmektedir. Organik gübrelerle uygulanan azotun etkisi gelecek yıla kalırken, kimyasal gübreler olarak uygulandığında kalmamaktadır. Fosfor, demir ve çinko gibi elementleri içeren gübreler yüksek pH ve kireç koşullarında toprakta bitkilerin alamayacağı şekle dönüşür. Bitki bu şekildeki elementlerden yararlanamaz.

3.4.5 Gübrenin olumsuz etkileri var mı?

Gübrelemede esas, yeterli, dengeli ve zamanında bitkiye besinlerin sağlanması olmalıdır. Toprak analizlerine dayandığında ve gerektiği miktarda uygulandığında gübrelerin olumsuz etkileri yoktur. Ancak gereğinden fazla verilecek gübre olumsuz etkide bulunmaktadır.

Yeterli gübreleme ile en yüksek ürünü almak amaç olmalıdır. Ayrıca fazla uygulanan bir gübrenin, ortamda diğer besinlerin alımını engelleyeceği unutulmamalıdır. Örneğin bitkinin ihtiyacından fazla miktarda verilen fosforlu gübre verimi daha çok artırmayacaktır. Üstelik fazla verilen fosfor; demir ve çinko gibi diğer elementlerin alımına engel olacak ve verimde düşüşler görülecektir. Çünkü bitkinin bu besinlere de ihtiyacı vardır ve alınmazsa bitki gelişimi gerilemekte verim düşmektedir. Ayrıca aşırı azotlu gübreleme yapıldığında, bitkilerin direnci azalmaktadır. Aşırı azotlu gübre verilen bitkilerde kurağa, sıcağa ve hastalıklara dayanıklılık azalmaktadır.

Bunun yanında fazla azot yeraltı sularına ve göllere karışmakta ve nitrat kirliliğine neden olmaktadır.

Gübreleme ile daha iyi gelişme sağlayan sağlıklı bitkiler elde edilmektedir. Sağlıklı gelişen bitkilerin ise hastalık ve zararlıların saldırısına dayanıklılığı yüksektir. O halde bitkilerin ihtiyacı olan besinleri vererek iyi gelişmesi sağlanırsa mücadele ve ilaç masrafları da azalacaktır.

3.4.6 20.20.0 Kompoze gübresi

20.20.0 gübresi fosfor ve azot gibi iki önemli bitki besin maddesini bir arada birçok bitki türü için daha uygun oranlarda kapsayan ve muhtevası ile ideal bir taban gübresi olarak çok yaygın kullanım alanı bulan kompoze bir gübredir. 20.20.0 terki bindeki kompoze gübrenin 100 kilosunda 20 kilo saf Azot, 20 kilo saf Fosfor var, Potasyum ise yok demektir.

20.20.0, terki bindeki fosfor ve azot miktarları bakımından bilhassa Orta Anadolu ve geçit bölgelerde yetiştirilecek buğday için en uygun bir gübredir. Hububat ve benzeri bitkilere sonbaharda, ekim esnasında, mibzerle tohum derinliğine ve bant halinde verilmesi en ideal tatbik şeklidir.

Mibzerle ekimin mümkün olmadığı durumlarda 20.20.0 gübresini ekimden hemen önce toprak yüzeyine serpip, daha sonra da ekim yapılarak gübrenin toprakla karışması temin edilmiş olur. Güzlük bitkilere bu gübrenin uygulanması ekimden hemen önce veya ekim esnasında yani sonbaharda, yapılmalıdır. Meyve ağaçlarında ise kışın şiddetine bağlı olmakla beraber şubat ayı sonunda veya mart ayında, 10-15 cm derinliğine gübrenin gömülmesi şeklinde verilmelidir. İlkbaharda ekilecek bitkilerde ise ekim esnasında veya ekimden hemen önce güzlük ekimlerde olduğu gibi tohum yatağına gelecek şekilde gübrenin uygulanması sağlanmalıdır.

20.20.0 bütün bitkilere başarıyla uygulanabilecek bir gübredir. Ancak bu gübrenin uygulanması esnasında kazançlı bir gübre uygulaması için bitkilerin fosforlu gübre

ihtiyaçları dikkate alınarak uygulanacak gübre miktarı tespit edilmelidir. Yapılan hesaplamalar sonucu aynı bitkinin eksik kalan azot ihtiyacı, bitki çeşidine göre ilkbaharda veya daha sonra diğerk azotlu gübreler kullanılarak telafi edilmelidir.

20.20.0 nisbi nemin düşük olduğu yerlerde, iyi bir depoda senelerce topaklaşmadan muhafaza edilebilir. Nisbi nemin % 80'in üzerinde günlerce devam edebildiği bol yağışlı yerlerde st üste 8-10 çuvaldan fazla konmamak ve depoyu havalandırmak suretiyle gübrenin topaklaşması azaltılabilir (Güçdemir, 2005).

3.4.7 Buğday bitkisinin gbrenlenmesi

Buğday tarımında bilinçli ve dengeli bir gübreleme yapmak için üretici, ekeceği tarlayı temsil edecek şekilde, usulüne uygun alacağı toprak örneklerini analiz yaptırarak kendine önerilen tavsiyeye göre gübreleme yapmalıdır.

Fosforlu gübreler ekimle veya ekimden önce toprağa verilmelidir. Azotlu gübreleme, azotun topraktan yıkanmaması için e bölünerek yapılmalıdır. Azotun birinci kısmı ekimden önce veya ekimle birlikte 20-20-0 gibi kompoze gübrelerden birini kullanarak dekara 20-35 kg arası, ikinci kısmı şubat ayı sonunda amontum nitrat (%26) ve re (%46 N) formunda 8-10 kg/da arası ve son üçte birlik kısmı da mart ayı sonunda amonyum nitrat (%26 N veya %33 N) formunda 16-20 kg/da arası tarlaya serpmeye suretiyle verilmesi uygundur (Szer, 1994). Bu üç gübreleme yöntemiyle atılan gübre miktar ve kombinasyonlarının verime olan etkileri izelge 3.7'de verilmektedir (Szer, 1994).

Çizelge 3.7. Buğday bitkisinin verime, zamana ve miktara göre periyotları

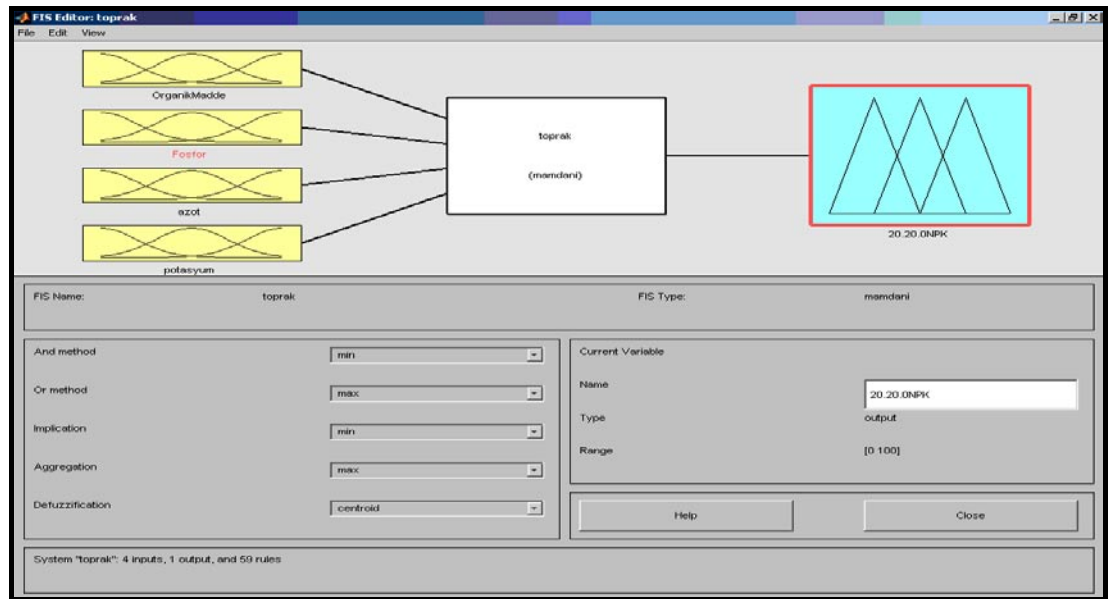
GÜBRELEME ZAMANI	GÜBRE CİNSİ	VERİM (Kg/da)					
		Gübre Miktarı (Kg/da)					
		250-300	300-350	350-400	400-500	500-600	600-700
Taban Gübre	20.20.0	30	35	40	45	50	55
	veya DAP	14	16	18	-	-	-
Üst Gübre Kardeşlenmede	CAN	14	15	16	18	20	22
	veya ÜRE	7	8	9	10	11	12
Sapa Kalkmada	CAN	10	11	12	14	16	18
	veya A.N %33	8	9	10	11	13	14

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Çalışmanın bu bölümünde, Isparta ili Gönen ilçesinde ekimi yapılacak olan buğday bitkisine, ekim esnasında verilecek 20.20.0 gübresinin miktarı toprakta bulunan Organik Madde, Azot, Fosfor ve Potasyum miktarlarına bağlı olarak bulanık mantık yöntemiyle belirlenmiştir. Toprağın ihtiva ettiği Organik Madde, Azot, Fosfor ve Potasyum miktarları laboratuarda yapılan toprak analizi ile tespit edilmiştir. Kontrol amacıyla ise ekimi yapılan tarla iki eşit kısma ayrılmış, bir kısma çiftçinin kendi geleneksel olarak uyguladığı gübre miktarı uygulanmış, diğer kısma ise bu çalışma ile belirlenen 20.20.0 gübresi miktarı atılmıştır.

4.1 Organik Madde, Azot, Fosfor ve Potasyum Parametrelerinin Bulanık Kontrolü

Bu çalışmada, sistemde Organik Madde, Azot, Fosfor ve Potasyum olmak üzere dört durum ve 20.20.0 olmak üzere tek kontrol değişkeni tanımlanarak MATLAB yazılımı yardımıyla Şekil 4.1’te verilen bulanık modelleme yapılmıştır. Veri tabanı oluşturulan durum ve kontrol değişkenleri üyelik fonksiyonları Şekil 4.2, 4.3, 4.4, 4.5 ve 4.6’da verilmiştir.

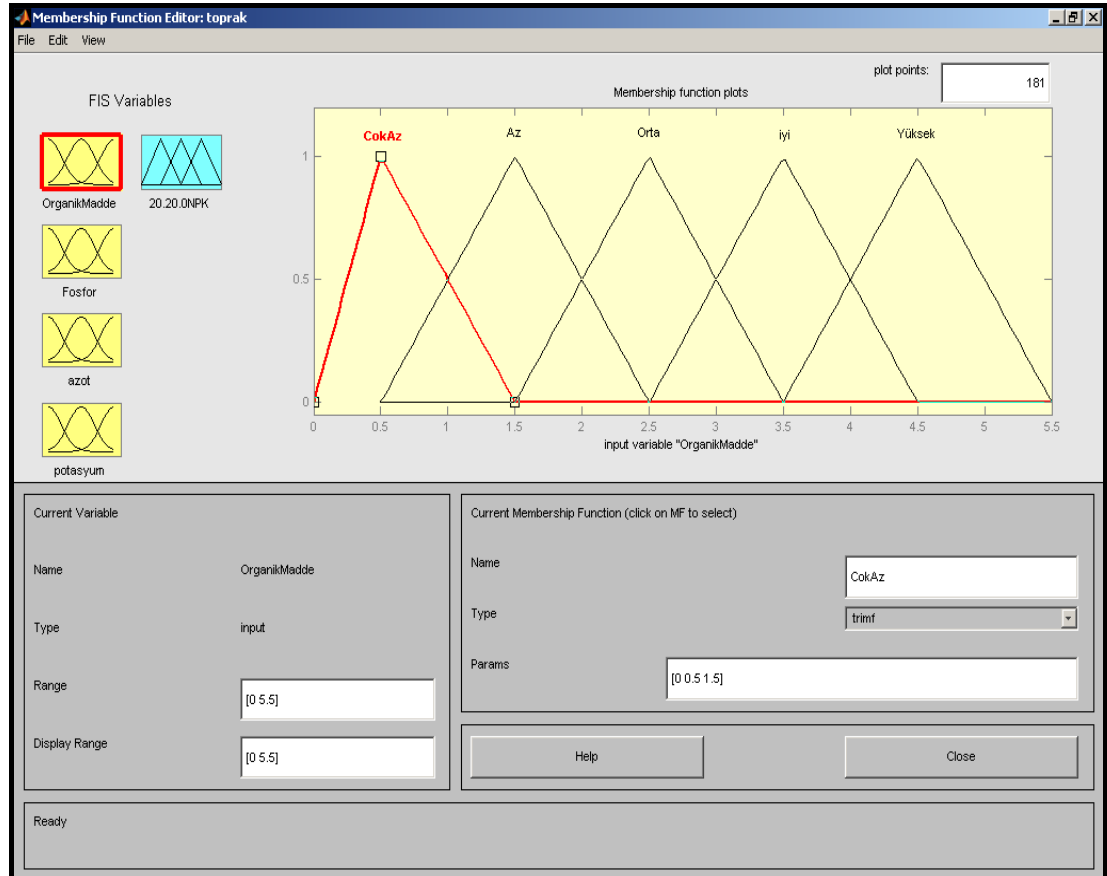


Şekil 4.1. Kontrol sisteminin MATLAB simulasyonunda durum ve kontrol değişkenlerinin gösterilmesi

Organik Maddenin % 0 ile % 5.5 arasındaki değerlerine karşılık dilsel olarak Çok Az, Az, Orta, İyi, Yüksek değerleri verilmiştir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Organik madde değerlerinin dilsel ifadesi

Organik Madde (%)	Dilsel İfade
0-1.5	Çok az
0.5-2.5	Az
1.5-3.5	Orta
2.5-4.5	İyi
3.5-5.5	Yüksek

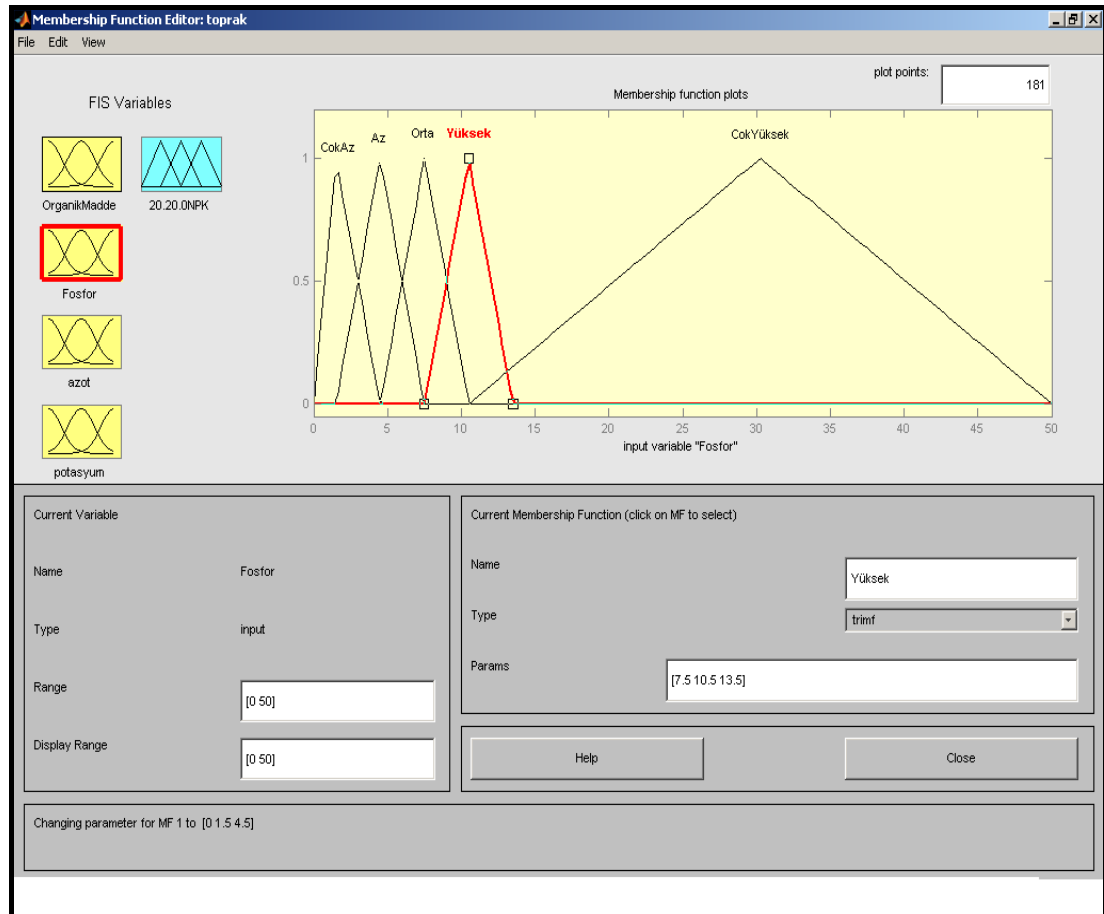


Şekil 4.2. Organik madde durum değişkeni

Fosfor'un 0 kg ile 50 kg arasındaki değerlerine karşılık dilsel olarak Çok Az, Az, Orta, Yüksek, Çok Yüksek değerleri verilmiştir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Fosfor değerlerinin dilsel ifadesi

Fosfor Miktarı	Dilsel İfade
0-4.5 kg P ₂ O ₅ /da	Çok az
1.5-7.5 kg P ₂ O ₅ /da	Az
4.5-10.5 kg P ₂ O ₅ /da	Orta
7.5-13.5 kg P ₂ O ₅ /da	Yüksek
10.5-50 kg P ₂ O ₅ /da	Çok yüksek

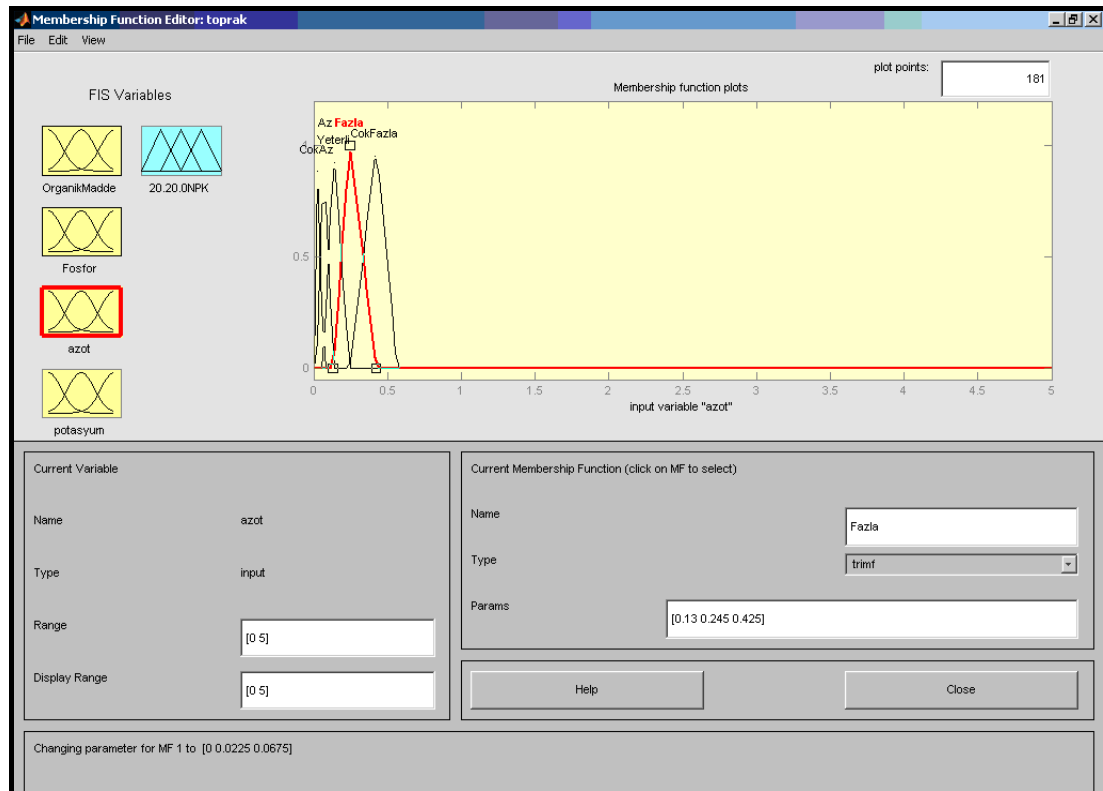


Şekil 4.3. Fosfor durum değişkenleri

Azotun % 0 ile % 5 arasındaki değerlerine karşılık dilsel olarak Çok Az, Az, Yeterli, Fazla, Çok Fazla değerleri verilmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Azot değerlerinin dilsel ifadesi

Azot (%)	Dilsel İfade
0-0.0675	Çok az
0.0225-0.13	Az
0.0675-0.245	Orta
0.13-0.425	İyi
0.245-0.565	Yüksek

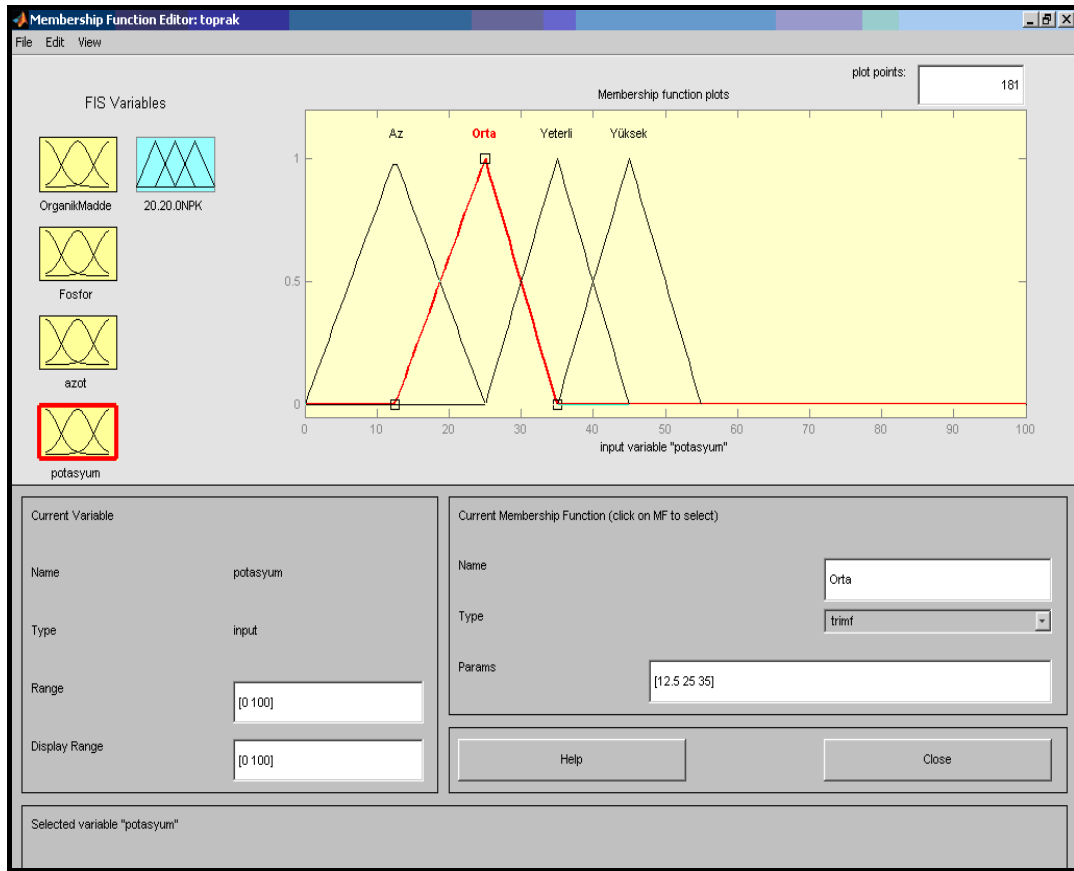


Şekil 4.4. Azot durum değişkeni

Potasyum'un 0 kg ile 55 kg arasındaki değerlerine karşılık dilsel olarak Az, Orta, Yeterli, Yüksek değerleri verilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. Potasyum değerlerinin dilsel ifadesi

Potasyum Miktarı	Sınıfı
0-25 kg K ₂ O/da	Az
12.5-35 kg K ₂ O/da	Orta
25-45 kg K ₂ O/da	Yeterli
35-55 kg K ₂ O/da	Yüksek

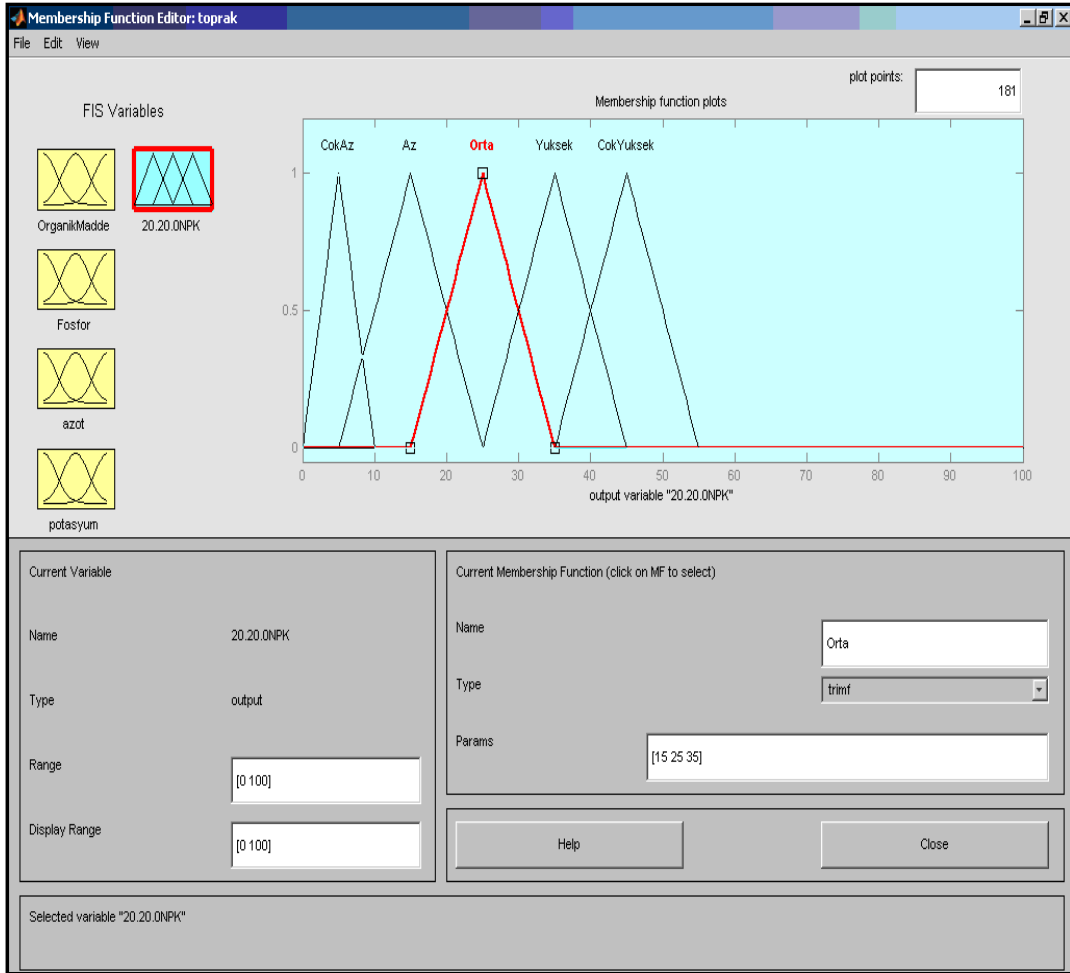


Şekil 4.5. Potasyum durum değişkeni

20.20.0 gübresinin 0 kg ile 55 kg arasındaki değerlerine karşılık dilsel olarak Çok Az, Az, Orta, Yüksek, Çok Yüksek değerleri verilmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. 20.20.0 gübresi değerlerinin dilsel ifadesi

20.20.0 Miktarı	Sınıfı
0-10 kg /da	Çok Az
5-25 kg /da	Az
15-35 kg /da	Orta
25-45 kg /da	Yüksek
35-55 kg / da	Çok Yüksek



Şekil 4.6. 20.20.0 kontrol değişkeni

Sistemin üyelik fonksiyonlarından FAM tablosu, uzman görüşleri yardımıyla Çizelge 4.6 ‘daki gibi oluşturulmuştur.

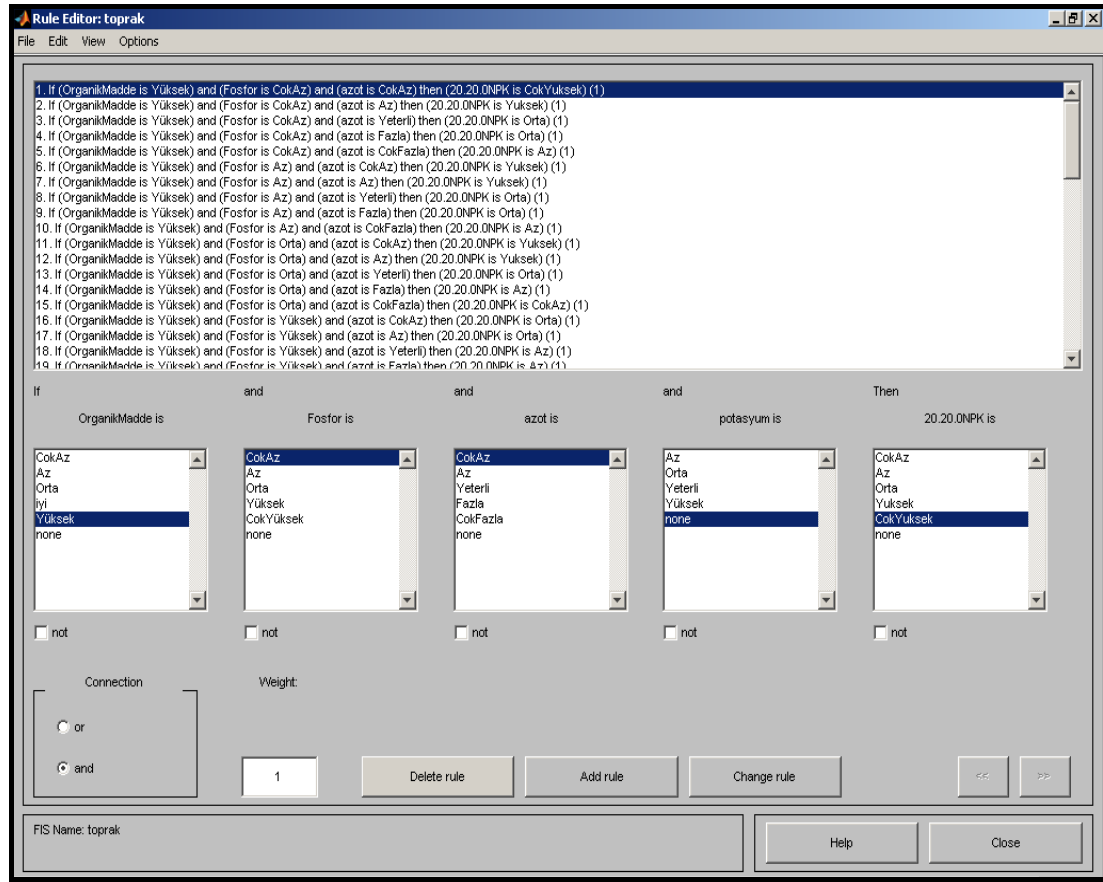
Çizelge 4.6. Sistemin FAM tablosu

Durum Değişkenleri				Kontrol Değişkeni
Organik Madde	Fosfor	Azot	Potasyum	20.20.0 NPK
Yüksek	Çok Az	Çok Az		Çok Yüksek
Yüksek	Çok Az	Az		Yüksek
Yüksek	Çok Az	Yeterli		Orta
Yüksek	Çok Az	Fazla		Orta
Yüksek	Çok Az	Çok Fazla		Az
Yüksek	Az	Çok Az		Yüksek
Yüksek	Az	Az		Yüksek
Yüksek	Az	Yeterli		Orta
Yüksek	Az	Fazla		Orta
Yüksek	Az	Çok Fazla		Az
Yüksek	Orta	Çok Az		Yüksek
Yüksek	Orta	Az		Yüksek
Yüksek	Orta	Yeterli		Orta
Yüksek	Orta	Fazla		Az
Yüksek	Orta	Çok Fazla		Çok Az
Yüksek	Yüksek	Çok Az		Orta
Yüksek	Yüksek	Az		Orta
Yüksek	Yüksek	Yeterli		Az
Yüksek	Yüksek	Fazla		Az
Yüksek	Yüksek	Çok Fazla		Çok Az
Yüksek	Çok Yüksek	Çok Az		Yüksek
Yüksek	Çok Yüksek	Az		Orta
Yüksek	Çok Yüksek	Yeterli		Az
Yüksek	Çok Yüksek	Fazla		Çok Az
Yüksek	Çok Yüksek	Çok Fazla		Çok Az
	Çok Az	Çok Az		Çok Yüksek
	Çok Az	Az		Yüksek

Çizelge 4.6. Sistemin FAM tablosu (devamı)

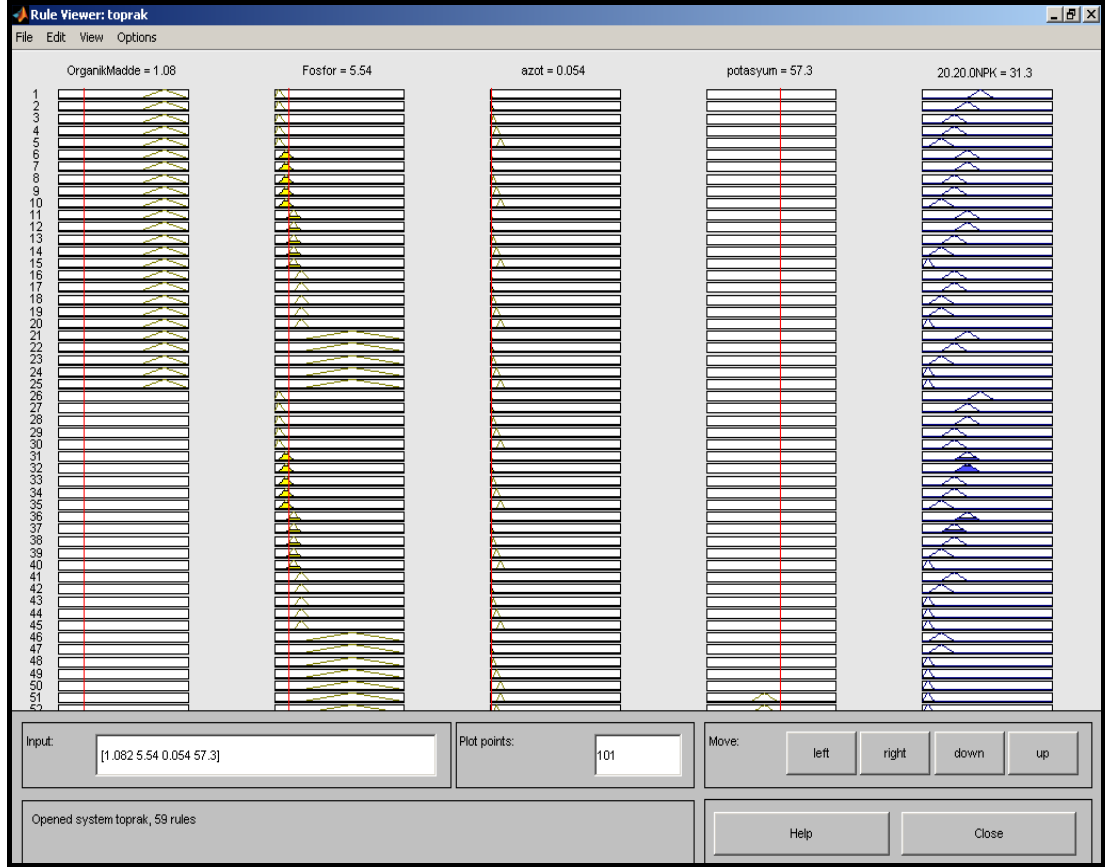
	Çok Az	Yeterli		Yüksek
	Çok Az	Fazla		Orta
	Çok Az	Çok Fazla		Orta
	Az	Çok Az		Yüksek
	Az	Az		Yüksek
	Az	Yeterli		Orta
	Az	Fazla		Orta
	Az	Çok Fazla		Az
	Orta	Çok Az		Yüksek
	Orta	Az		Orta
	Orta	Yeterli		Orta
	Orta	Fazla		Az
	Orta	Çok Fazla		Çok Az
	Yüksek	Çok Az		Orta
	Yüksek	Az		Az
	Yüksek	Yeterli		Çok Az
	Yüksek	Fazla		Çok Az
	Yüksek	Çok Fazla		Çok Az
	Çok Yüksek	Çok Az		Az
	Çok Yüksek	Az		Az
	Çok Yüksek	Yeterli		Çok Az
	Çok Yüksek	Fazla		Çok Az
	Çok Yüksek	Çok Fazla		Çok Az
	Çok Yüksek	Çok Fazla	Yüksek	Çok Az
	Çok Yüksek	Fazla	Yüksek	Çok Az
	Çok Yüksek	Yeterli	Yüksek	Çok Az
	Çok Yüksek	Az	Yüksek	Az
	Çok Yüksek	Çok Az	Yüksek	Az
	Yüksek	Çok Fazla	Yüksek	Çok Az
	Orta	Çok Fazla	Yüksek	Çok Az
	Az	Çok Fazla	Yüksek	Az
	Çok Az	Çok Fazla	Yüksek	Az

Oluşturulan FAM tablosunun MATLAB'taki görüntüsü Şekil 4.7'de verilmektedir.



Şekil 4.7. MATLAB simülasyonu kurallar görüntüsü

İlgili tarla için yaptırılan toprak analizi sonuçlarına göre Organik Madde % 1,082, Fosfor 5,54 kg, Azot % 0,054 ve Potasyum 57,3 kg giriş durumunda, bu değerlerin Şekil 4.7'deki kurallar için bulanıklaşmış hallerinin Şekil 4.8'de çıkarım mekanizmasının sonuçları simulesinden bir çıktı verilmiştir. Burada, sol dört sütunda, kural tabanına göre sonuçların kontrol değişkeni üzerindeki etkisinin bulanık fonksiyonları en sağ sütunda görülmektedir. Bulanık sonuçların durulaştırılmış sayısal değeri sağ üstte 31,3 kg olarak simule edilmiştir. Modellenen sistem simülasyonu MATLAB 7.0 programı ile yapılmıştır.



Şekil 4.8. Matlab simulasyonu çıkış görüntüsü

5. SONUÇ

Bu tez çalışmasında, Isparta'nın Gönen ilçesinde klasik ve tahmini kontrol metotları ile kontrolleri yapılmış olan buğday bitkisi gübreleme miktarı işlemlerinin Organik Madde, Fosfor ve Potasyum parametrelerinin bulanık mantık (fuzzy logic) kontrolü için modellenmesi yapılmıştır. Sistemin çıkarılan modeli MATLAB 7.0 programı ile simüle edilmiştir.

Uygulama alanı olarak Gönen ilçesinden belirlenen bir tarlanın 2 da'lık kısmı kullanılmıştır. Tarlanın 1 da'lık A kısmına modellemesi yapılan 31.3 kg'lık 20.20.0 gübresi atılmış, diğer 1 da'lık B kısmına ise klasik uygulama olan 35 kg 20.20.0 gübresi atılmıştır. Uygulama yapılan 1 da'lık alanlarda diğer girdiler eşit sayısal değerlerde uygulanmıştır. Sonuç olarak hasat döneminde tez çalışmasında kullanılan tarlanın 1 da'lık A kısmından 270 kg buğday tane verimi elde edilirken, diğer 1 da'lık B kısmından 284 kg buğday tane verimi elde edildiği ölçülerek saptanmıştır. Ulaşılan veriler neticesinde tarlanın A kısmından 1 kg gübre başına 8.62 kg buğday tanesi elde edilirken, tarlanın B kısmından 1 kg gübre başına 8,11 kg buğday tanesi elde edilmiştir.

Birçok kez denenen modelleme sonuçlarının diğer kontrol metodlarından daha hassas, gerçeğe daha yakın ve verimli olduğu görülmüştür. Günümüzde bilinçsizce yapılan gübrelemenin gerek maddi, gerekse çevresel zararları hepimizce bilinmektedir. Bu tez çalışmasıyla birlikte gübrelemedeki geleneksel metodların çiftçimize ve ülkemize verdiği zararın en aza indirilmesi hedeflenmektedir.

Bu tez çalışmasında uygulanan bulanık mantık yöntemiyle bir alana atılacak gübre miktarının belirlenmesi çalışması, başka bitki türleri içinde uygulamaya konulduğunda ülkemiz ekonomisine geniş ölçüde yarar sağlayacağı düşünülebilir. Bu çalışmanın devamında ise çoklu girdiler ile çoklu çıktıların belirlenmesine yönelik tarımsal alanlardaki bulanık mantık uygulamaları yapılabilir.

6. KAYNAKLAR

- Akalan, İ., 1968. Toprak Oluşu, Yapısı ve Özellikleri, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 356 Ders Kitabı 120 Ankara.
- Akdemir, M., 2001. Indirect Adaptive Fuzzy Control For A Tank Using Gradient And RLS Methods, OGÜ Lisans Tezi, Eskişehir.
- Akpolat, H., 2000. Bulanık Mantık Ders Notları, Fırat Üniversitesi Elektronik Bilgisayar Öğretmenliği Bölümü, Elazığ.
- Al, M., 1998. Determination Of Fuzzy Sets By Using Genetic Algorithms, OGÜ Lisans Tezi, Eskişehir.
- Anonim, 2003., “Bulanık Mantık Kurs Notları”,Bulanık Mantık ve Teknoloji Kulübü İTÜ, İstanbul.
- Babuska, R., 1998. Fuzzy Modelling For Control, Kluwer Academic Publication, Boston.
- Başbuğ, A., 1994. Bulanık Teknoloji, Byte Dergisi, Şubat : s. 147-152
- Chen, G., Pham, T.T., 2000. Introducton To Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Control Systems, CRC Pres, Florida.
- Çiftçi, H., 2000. Fuzzy Logic Approximation For Some Mathematical Functions, OGÜ Lisans Tezi, Eskişehir.
- Eyüpoğlu, F., 1999. Türkiye Topraklarının Verimlilik Durumları, Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları Genel Yayın No:220 Teknik Yayın No:T-67 Ankara.
- Gedikoğlu, İ., 1990. Laboratuar Analizlerinin Gübre Önerilerinde Kullanılması Halen Kullanılan Kriterler, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No:57 Teknik Yayın No:13 Şanlıurfa.
- Güçdemir, İ., 2005. Gübre ve Gübreleme, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Teşkilatlanma ve Destekleme Genel Müdürlüğü, Çiftçi Eğitim ve Yayım Servisi, Yayın Seri No:43.
- Güçdemir, İ., 2008. Tarım El Kitabı, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Karaboğa, D., 1994. Design of Fuzzy Logic Contollers Using Genetic Algorithms, Ph. D. Thesis, Cardiff, University of Wales, UK.

- Kaynak, O., Armağan, G., 1993. Bulanık Denetim ve Endüstriyel Uygulamaları, Tübitak Marmara Araştırma Merkezi.
- Mamdani, E.H., Assilian, S., 1975. An Experiment In Linguistic Synthesis With A Fuzzy Logic Controller, International Journal of Man-Machine Studies, Vol. 7, No 1-13.
- Negoita, C.V., Ralescu D., 1987. Simulation, Knowledge-Bases Computing, And Fuzzy, Van Nosstrand Reinhold Company Inc., New York.
- Nguyen H.T., Walker E.A., 1999. A First Course In Fuzzy Logic, Chapman and Hall/CRC, New York.
- Piegat A., 2001. Fuzzy Modeling and Control, Physica-Verlag Press, New York.
- Robert L.K., Keith R.B., 1993. Fuzzy Logic and Control (sayfa 262) ,Prentice Hall.
- Ostergaard. J.J., 1977. Fuzzy Logic Control Of Heat Exchange Process, In Fuzzy Automata And Decision Process, Amsterdam, pp. 285-320.
- Sugeno, M., 1985. An Inroductorty Survey of Fuzzy Conrol, Information Sciences, Vol. 36, s. 59-83.
- Süzer, S., 1994. Buğday Tarımında Gübrelemenin Önemi İle Bitki Besin Maddeleri Noksanlıklarının Belirtileri, Marmara' da Tarım, Sayı:59:42-44
- Şen, Z., 2001. Bulanık (Fuzzy) Mantık Ve Modelleme İlkeleri, Bilge Sanat Yapım Yayınevi, İstanbul.
- Şenol, F., 2000. Bulanık Mantık Kontrolcüsü , Gazi Ü. Lisans Tezi, Ankara.
- Tanaka, K., Sugeno, M., 1992. Fuzzy Identification Of Systems and Its Application To Modeling and Control, IEEE Transactions On Systems, MAn, and Cybernetics 15: 116-132
- Tanaka, K., 1997. An Introduction to Fuzzy Logic for Practical Applications, Springer-Verlag Inc., New York..
- Ülgen, N., Yurtsever, N., 1995. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No:209, Teknik Yayınlar No:T.66.
- Yen, J., Langari, R., Zadeh, L.A., 1995. Industrial Applications Of Fuzzy Logic and Intelligent Systems, IEEE Pres, New York.
- Yen, J., Langari, R., 1999. Fuzzy Logic Intelligence, Controli, and Information, Prentice Hall, New Jersey.

- Zadeh, L.A., 1975. The Concept Of a Linguistic Variable And Its Application To Approximate Reasoning, Part 1, Information Science 513, p. 199-249.
- Zimmermann, H.J., 1990. Fuzzy Set Theory And Its Applications. Kluwer Publication, New York.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Mustafa Bilal KAYA

Doğum Yeri ve Yılı: Tokat – 10.11.1983

Medeni Hali: Bekar

Yabancı Dili: İngilizce



Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise: Samsun Anadolu Lisesi, SAMSUN, 2001

Lisans: - Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi

Endüstri Mühendisliği Bölümü, KONYA, 2006

- Anadolu Üniversitesi, İşletme Fakültesi,

İşletme Bölümü, ISPARTA, 2009

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl:

Memur, 311 Sayılı Gönen Tarım Kredi Kooperatifi, ISPARTA, 09.2008 - 08.2010

Memur, 967 Sayılı Gölbaşı Tarım Kredi Kooperatifi, ANKARA, 09.2010-.....