

**EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

**HAYVANCILIKTA BULANIK MANTIK TABANLI**

**KARAR DESTEK SİSTEMİ**

**Aslı AKKAPTAN**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hülya ATIL**

**Zootekni Anabilim Dalı**

**Bilim Dalı Kodu: 501.16.00**

**Sunuş Tarihi: 09.01.2012**

**Bornova-İZMİR**

**2012**



Aslı Akkaptan tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulan “Hayvancılıkta Bulanık Mantık Tabanlı Karar Destek Sistemi” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi'nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 09/01/2012 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

**Jüri Üyeleri:****İmza**

<b>Jüri Başkanı</b>	: .....	.....
<b>Raportör Üye</b>	: .....	.....
<b>Üye</b>	: .....	.....



## ÖZET

### HAYVANCILIKTA BULANIK MANTIK TABANLI KARAR DESTEK SİSTEMİ

AKKAPTAN, Aslı

Yüksek Lisans Tezi, Zootekni Bölümü

Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Hülya ATIL

Ocak 2012, 78 sayfa

Gelişen toplum yapısı ile birlikte gerçek hayatta yaşanan sorunlar ve olaylara bakış açıları da değişmektedir. Sorunlar karşısında insanlar, sahip oldukları sözel ve sayısal veriler ile çözüm üretmek amacıyla çeşitli yöntemler kullanmaktadır. Kesinlik içeren matematiksel yöntemler sayısal verilerin analizinde yeterli olurken, belirsizlik durumlarında sözel verilerin modellenmesinde yetersiz kalabilmektedirler. Klasik mantık teorisine göre daha esnek bir yapıya sahip olan bulanık mantık teorisi olayları nesnelere “0” ve “1” arasında atadığı doğruluk dereceleri ile açıklamaktadır. Bulanık mantık tabanlı oluşturulacak karar destek sistemleri insanlara karar almada daha gerçekçi ve daha tarafsız bir bakış açısı sunmaktadır. Bulanık mantık teorisi tıp, mühendislik ve biyoloji vb alanlarda olduğu gibi hayvancılık alanında da başarılı bir şekilde uygulanmaktadır.

Bu çalışmada, bulanık mantık teorisi hakkında temel bilgilere yer verilmiş ve bulanık sistem tasarımının aşamaları ayrıntılı olarak anlatılmıştır ayrıca çiğ süt örneklerinin kalite sınıflarına ayrılmasını amaçlayan bir karar destek sistemi geliştirilmiş ve sonuçlar uzman kararları ile karşılaştırılmıştır. Sistemin modellenmesi Matlab (sürüm R2010b) programı ile yapılmıştır.

**Anahtar sözcükler:** Bulanık mantık, bulanık küme, karar destek sistemi, çiğ süt kalitesi.



**ABSTRACT**

**FUZZY LOGIC-BASED  
DECISION SUPPORT SYSTEM  
IN LIVESTOCK**

AKKAPTAN, Aslı

MSc in Animal Science.

Supervisor: Prof. Dr. Hülya ATIL

January 2012, 78 pages

The problems that faced with in real life and perspective of the events change with developing structure of society. The people in the face of problem use a variety of methods with their verbal and numerical data to find solution. Mathematical methods that including precision are sufficient in the analyses of numerical data while the modeling of verbal data may be insufficient in case of uncertainty. The fuzzy logic theory that has more flexible structure than the theory of classical logic, describe the events with degree of accuracy which is between “0” and “1” appointed to object. Fuzzy logic–based decision support system offers to people a more realistic and objective perspective in decision making. The theory of fuzzy logic has been used successfully in the field of animal husbandry as well as medicine, engineering, biology areas etc.

In this study, mentioned that basic information about fuzzy logic theory and the fuzzy system design stages are explained in detail also a decision support system is developed that aimed at the separation of quality classes of raw milk samples and the results are compared with the expert decision. Modeling of the system is carried out with Matlab (version R2010b).

**Keywords:** Fuzzy logic, fuzzy set, decision support system, raw milk quality.



## TEŞEKKÜR

Ege Üniversitesi'ndeki eğitim hayatımın her aşamasında yardımını ve desteğini hissettiğim, bilgi ve deneyimleri ile bana her zaman yol gösteren, bu tez çalışması ile öğrencisi olma ayrıcalığını yaşadığım çok değerli danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Hülya ATIL'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüzüncü Yıl Üniversitesinde öğrenimim sırasında danışmanlığımı yürüten değerli Hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Suna AKKOL'a desteklerinden dolayı teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmam boyunca bulanık mantık konusunda bilgilerine başvurduğum Sayın Yrd. Doç. Dr. Özkan GÖRGÜLÜ'ye ve çalışma verilerini benimle paylaşan Sayın Doç. Dr. Harun KESENKAŞ'a teşekkürlerimi bir borç bilirim. Tükenmeyen sabrı, inancı ve verdiği güç ile her zaman yanımda olan canım Annem'e sonsuz teşekkürler..



**İÇİNDEKİLER**

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	v
ABSTRACT .....	.vii
TEŞEKKÜR .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR .....	xvi
1.GİRİŞ .....	1
2.LİTERATÜR İNCELEMESİ .....	4
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	10
3.1 Materyal.....	10
3.2 Yöntem .....	10
3.2.1 Yapay zeka.....	10
3.2.2 Bulanık mantık teorisi .....	15
3.2.3 Bulanık modelleme.....	36
3.3 Çiğ Süt Kalitesi.....	48
4.ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	54

**İÇİNDEKİLER (devam)**

	<u>Sayfa</u>
5.SONUÇ .....	70
KAYNAKLAR .....	73
ÖZGEÇMİŞ .....	78

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1. Süt miktarı için klasik küme gösterimi.....	23
3.2 Süt miktarı için bulanık küme gösterimi .....	23
3.3 Üyelik fonksiyonu kısımları .....	25
3.4a Normal bulanık küme .....	26
3.4b Normal olmayan bulanık küme .....	26
3.5a Dışbükey bulanık küme.....	26
3.5b Dışbükey olmayan bulanık küme .....	26
3.6 Üçgen üyelik fonksiyonu.....	28
3.7 Yamuk üyelik fonksiyonu .....	29
3.8 Gauss üyelik fonksiyonu .....	29
3.9 Sigmoidal üyelik fonksiyonu.....	30
3.10 S üyelik fonksiyonu .....	31
3.11 Pi üyelik fonksiyonu .....	32
3.12 A bulanık kümesinin tümleyen gösterimi.....	33
3.13 Bulanık kümelerde kesişim.....	34
3.14 Bulanık kümelerde birleşim.....	35
3.15 Bulanık sistem yapısı.....	40

## ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.16 Mamdani çıkarım yöntemi gösterimi.....	41
3.17 Larsen çıkarım yöntemi gösterimi .....	41
3.18 Takagi-Sugeno-Kang çıkarım yöntemi gösterimi .....	42
3.19 Tsukamoto çıkarım yöntemi .....	44
3.20 En büyük üyelik ilkesi yöntemi gösterimi .....	45
3.21 Ağırlık merkezi yöntemi gösterimi.....	46
3.22 Ortalama en büyük üyelik yöntemi gösterimi .....	47
3.23 Ağırlıklı ortalama yöntemi gösterimi .....	48
3.24 En büyüklerin en küçüğü yöntemi gösterimi.....	48
3.25 En büyüklerin en büyüğü yöntemi gösterimi .....	49
4.1 Somatik hücre üyelik fonksiyonu .....	56
4.2 Toplam bakteri sayısı üyelik fonksiyonu.....	56
4.3 Protein miktarı üyelik fonksiyonu .....	56
4.4 Çiğ süt kalite değişkeni.....	56
4.5 Matlab bulanık mantık araç kutusunda Eğer-o halde kuralları.....	59
4.6 Matlab kural gösterim penceresi.....	60
4.7 Matlab programında yüzey gösterim penceresi .....	61

**ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)**

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.8 Girdi değişkenlerinin etkilediği kural görünümü .....	62
4.9 Yağ girdi değişkeni üyelik fonksiyonu.....	63
4.10 İkinci uygulama ait bulanık kuralların Matlab program görünümü.....	64
4.11 İkinci uygulama Matlab programı kural gösterim penceresi.....	64
4.12 İkinci uygulama Matlab programı yüzey gösterim penceresi.....	65
4.13 Çiğ süt kalite değişkeni.....	65

**ÇİZELGELER DİZİNİ**

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Bulanık işlemcilerin özellikleri.....	19
3.2 Türk gıda kodeksi çiğ süt bileşimi.....	50
4.1 Girdi değişkenlerine ait kalite sınıf aralıkları .....	55
4.2 Bulanık kural tablosu.....	57
4.3 Çiğ süt örneklerine ait veri seti, karar destek sistemi kararları.....	58
4.4 İkinci uygulama kalite sınıf aralıkları. ....	62
4.5 İkinci uygulama bulanık Kural Tablosu .....	63
4.6 Çiğ süt örneklerine ait veri seti ve karar destek sistemi kararlar.....	66

## SİMGELER VE KISALTMALAR

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$\mu$	Üyelik fonksiyonu.
$\alpha$	Doğruluk derecesi.
[0,1]	0 ve 1 arasında sonsuz değer aralığı.
max	Maksimum operatörü.
min	Minimum operatörü.
EB	Maksimum operatörü.
EK	Minimum operatörü.
$\wedge$	Ve işlemi.
$\vee$	Veya işlemi
$\cup$	Birleşim işlemi
$\cap$	Kesişim işlemi
$\sigma$	Fonksiyon genişliği
$\rightarrow$	Koşul önermesi
$w_i$	i'nin kurala ait ağırlık değeri

### Kısaltmalar.

Scc	Somatik hücre sayısı
Tbc	Toplam bakteri sayısı

## 1.GİRİŞ

Dünyanın en karmaşık yapısı olarak kabul edilebilen insan beyni, bilgisayarların çok kısa sürede gerçekleştirdiği sayısal işlemleri yaparken zorlanmasına karşın, algılama veya sezinleme gerektiren durumlarda kolaylıkla işlem yapabilmektedir. İnsan beyni sinirsel algılayıcılar sayesinde kazanılmış ve görelili olarak sınıflandırılmış bilgileri kullanabilme yeteneğine sahiptir. Bilgisayarlar ise bu noktada yetersiz kalmaktadır. Ancak günümüz teknolojisi çeşitli yazılımlar sayesinde insanların sahip oldukları algılama yeteneğinin bilgisayarlar tarafından taklit edilebilmesine ve belli ölçülerde öğrenmesine imkan sağlamaktadır. Bulanık mantık, yapay sinir ağları, uzman sistemler ve genetik algoritmalar gibi yapay zeka yöntemleri başta mühendislik ve tıp olmak üzere farklı bilim dallarında başarı ile uygulanmaktadır. Tıp alanında özellikle bulanık mantık yardımıyla oluşturulan bulanık uzman sistemler ve karar destek sistemleri kullanılarak kanser ve tümör gibi ciddi hastalıkların teşhisinde (tanı süreçlerinde) ve karar verme gibi alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Mühendislikte elektrikli ev aletleri, otomobillerde oto elektriği ve fren sistemleri, elektronik denetim sistemleri, uzman sistemler, görüntü işleme, izleme sistemleri gibi birçok uygulama alanı mevcuttur. Yapay zeka teknikleri hayvancılık alanında da başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Örneğin hayvan ıslahı, barınaklarda otomasyon sistemi, kızgınlık tespiti, mastitis gibi hastalıkların teşhisi, en az maliyetli rasyon hazırlanması, çeşitli verim özelliklerinin (süt, yumurta vb.) tahmini gibi alanlarda kullanılabilir (Baykal ve Beyan, 2004b; Uğur, 2008; Memmedova ve Keskin, 2009).

Bilgisayar sistemleri kesinlik taşıyan sayısal bilgilerle çalışmaktadır. Oysa günümüz dünyasında belirsizliklerden kaynaklı karmaşıklık hakimdir. Örneğin, klasik mantığa göre bir insanın boy uzunluğu için kısa (0) veya uzundur (1) şeklinde bir tanımlama gerçekleşirken; bulanık mantık teorisine göre “çok kısa, kısa, orta, uzun, çok uzun” gibi tanımlamalar gerçek hayatta yaşanan durumlara daha yakın bir anlatım sergilemektedir. Günlük hayatta kullanılan “biraz” veya “çok” gibi sözel ifadeler bulanık değişkenler olarak isimlendirilmektedir. Sözel ifadelerin bilgisayar ortamına aktarılması matematiksel bir temele dayanmaktadır ve bu temel bulanık mantık teorisidir. Bulanık mantık matematiğin gerçek dünyayı yorumlamasında oldukça geniş bir uygulama alanı sağlamıştır (Elmas, 2003).

Olasılık teorisi, matematik ve mühendislik alanlarında belirsizliğin olduğu yerlerde istatistik yöntemlerle birlikte kullanılabilir. Belirsiz olan durumların rastgele gerçekleştiği kabul edilir. Sonuçların şans olayına bağlı olması ve tahminlerin kesin bir doğrulukla yapılamaması, rastgeleliğin en önemli özelliğidir. Ancak gerçek hayatta belirsizliklerin çoğu rastgele değildir. Bulanık mantık, belirsiz durumlarda insanların başarılı bir şekilde karar verebilmelerine yardımcı olmaktadır. Bulanık mantığın hedefi bilgisayarların insanlar gibi düşünmesini sağlayarak, insan yaşamındaki sıcak-soğuk, düşük-yüksek vb. durumları algılayıp bu durumlara yanıt oluşturulmasına olanak vermektir. Geleneksel yöntemlerdeki varsayımların çokluğu ve matematik bilgisinin üst seviyede olması gerekliliğine bulanık mantıkta ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu durum bulanık mantığın araştırmacılara sağladığı en önemli kolaylıklardan birisidir (Şen, 2001).

Azeri asıllı bilim adamı Lotfi A. Zadeh 1965 yılında bulanık kümeler hakkında ilk çalışmasını yayınlamıştır. Zadeh bu çalışmasıyla, iki seçenekli (siyah-beyaz, düşük-yüksek) mantığa karşı bulanık mantık kuramını alternatif olarak geliştirmiş, yapay zeka çalışmalarının hızlanmasını tetikleyici yönde etki etmesini sağlamıştır. Kesin değerlere dayanan düşünce yapısının yerine yaklaşık düşünmenin kullanıldığı ve bilgilerin dilsel ifadeler şeklinde olduğu belirtilmiştir. Bulanık mantık teorisinin temelinde yatan düşünce, önermeler ile kesin doğru ve kesin yanlış arasında sonsuz sayıda doğruluk değerini içeren bir kümedeki değerlerin ya da sayısal olarak düşünülecek olursa her şeyin  $[0,1]$  gerçel sayı aralığında belirli bir derece ile gösteriliyor oluşudur (Baykal ve Beyan, 2004a).

Bu çalışmanın amacı, dünyada gelişimini birçok farklı alanda hızlı bir şekilde sürdürmekte olan bulanık mantık teorisi hakkında temel bilgiler vermek ve bulanık mantık yaklaşımı ile çığ süt kalite analizi için oluşturulacak karar destek sisteminin hayvancılık alanında kullanılabilirliğini araştırarak, bu alanda farklı bir yorum tekniği geliştirmektir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, hayvancılık alanında ve diğer alanlarda bulanık mantık kullanılarak yapılan çalışmalardan oluşan literatür incelemesi yer almaktadır.

Üçüncü bölümde, materyal ve yöntem yer almaktadır. Yapay zeka kavramı, uygulama alanları ve sıklıkla kullanılan yapay zeka yöntemleri hakkında genel bilgilere yer verilmektedir. Üçüncü bölümün ikinci kısmında bulanık mantık

teorisi, bir sonraki kısımda ise bulanık sistemlerin modellenmesi ve tasarım aşamaları hakkında temel bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümün son kısmında çiğ süt kalitesi hakkında genel bilgilere yer verilmiştir. Çiğ süt bileşimi, bu bileşime etki eden faktörler, çiğ süt kalite kriterleri ile çiğ süt kalitesinin üretici ve tüketiciler açısından önemi anlatılmaktadır.

Dördüncü bölümde, yapılan araştırmanın bulguları ve tartışma bölümü yer almaktadır. Çiğ süt verileri kullanılarak bulanık mantık yöntemi ile oluşturulan karar destek sistemine ait bulgulara bu bölümde yer verilmiştir. Sistemin bulanıklaştırma aşamasında üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları, çıkarım aşamasında mamdani çıkarım yöntemi ve durulaştırma aşamasında sentroid durulaştırma yöntemi kullanılarak bulanık mantık tabanlı bir karar destek sistemi oluşturulmuştur. Çiğ süt kalite analizi için oluşturulan karar destek sisteminin Matlab (matrix laboratory) paket programında uygulanışı ayrıntılı bir şekilde anlatılmış, elde edilen bulgular sunulmuş ve uzman kararları ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca daha önce yapılmış benzer çalışmaların sonuçları kullanılarak tartışmalar yapılmıştır.

Son bölümde ise bulanık sistem tasarımının uygulanışı ve modelleme neticesinde elde edilen kararlar ile uzman kişinin kararları arasında yapılan karşılaştırmanın sonuçları yorumlanmış ve önerilerde bulunulmuştur.

## 2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Zadeh (1965), bulanık kümeler (fuzzy sets) üzerine yazdığı makalesinde, bulanık kümelerin kesin sınırlarının olmadığı ve klasik mantıktaki gibi kümelerin üyeliklerinin iki değerli olmaları yerine, üyeliklerin sürekli bir nesnelere sınıfında tanımlandığını ifade etmiştir. Bulanık kümelerle gerçekleştirilen kesişim, birleşim ve bir kümenin tümleyeni gibi cebirsel işlemleri tanımlamıştır. Bulanık kümeler, iki değerli (düşük-yüksek, sıfır-bir) Aristo mantığına bir alternatif olarak geliştirilmesi açısından önemli olduğunu vurgulamıştır.

Grinspan et al. (1994) çalışmalarında bulanık mantığı, sağmal ineklerin beslenme yöntemi seçiminde karar alma amacıyla kullanmışlar ve alınan kararların süt üretimi, vücut ağırlığı değişimi ve bunlar arasındaki etkileşime dayandığını belirtmişlerdir.

Strasser et al. (1997) bulanık mantığı kullanarak geliştirdikleri karar destek sisteminde sağmal ineklerde aylık üretim verileri ışığında ayıklanacak hayvanları belirlemişlerdir. Bulanık mantığın avantaj ve sınırlarını belirleyerek, çalışmalarının gelecekte oluşturulacak sistemlere örnek teşkil etmesini amaçlamışlardır.

Maltz (1997) ineklerin canlı ağırlık verilerini kullanarak bulanık mantık ve uzman sistemler yardımı ile pratik yönetim uygulamalarının etkinliğini araştırmıştır.

Harris (1998) çalışmasında çiğ süt örneklerinin hijyenik ve bileşimsel kalite analizi için oluşturduğu sistemde, iki farklı kaynaktan aldığı veriler üzerinde çalışmıştır. Veri setleri için hijyenik ve bileşimsel açıdan kalite değerlendirilmesi ve karşılaştırmalar yapılmıştır. Araştırmacı çalışmasında, bileşimsel kalite için tereyağı, yağsız kuru madde ve çiğ süt örneklerindeki toplam kuru madde miktarını girdi değişkenleri olarak almıştır. Hijyenik açıdan ise somatik hücre ve toplam bakteri sayısını girdi değişkeni olarak kabul etmiştir. İki farklı kaynağın verileri ile oluşturulan modellerin ayrı ayrı uyumu yapılmıştır.

Wade (1998) çalışmasında sağmal ineklere ait üretim indeksi, üreme etkinliği ve laktasyon sayılarının girdi değişkeni olarak kullanıldığı bir karar destek sistemi oluşturmuş ve hayvanların kuruya çıkarılması ile ilgili olarak karar alınmasında bulanık mantığı kullanmıştır.

Salehi et al. (2000), süt veriminin kalitatif analizleri için bir yapay sinir ağı bulanıklaştırıcısı geliştirmişler ve Lacroix'in 1998 yılında geliştirmiş olduğu tek değişkenli bulanıklaştırıcı ile karşılaştırmışlardır. 305 günlük süt üretiminin sr ortalaması, laktasyon sırası, laktasyon günü, test-günü süt üretimi, standart süt verimi, test günü süt üretiminin standart süt üretiminden sapma bilgileri kullanılarak bulanık süt verim kümelerini oluşturmuşlardır. Sonuçlar, yapay sinir ağlarının, bir uzman gibi, test günü süt verimini etkin bir şekilde bulanıklaştırabildiğini göstermiştir. Geliştirilen sinirsel bulanıklaştırıcının performansının, daha önce yapılan tek değişkenli bulanıklaştırıcıya göre daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Hayvanların düşük ya da yüksek verimli olarak tanımlanmasında veya hayvanlar hakkında ayıklama ve beslenme kararlarının alınmasında, bu yöntemin araştırıcılar açısından oldukça faydalı olduğu belirtilmiştir.

Morag et al. (2001) yaptıkları çalışmada, çiftlik hayvanlarının rasyonlarına katılması gereken kesif yem miktarını, hayvanların süt verimi ve vücut ağırlığı verilerine göre, bulanık mantık tekniği ile belirleyen bir karar destek sistemi geliştirmişleridir. Oluşturulan modelin, sr yönetim programları ile entegre olabildiği ve çiftçiler açısından hayvanların bireysel olarak optimum rasyon hazırlanmasında faydalı bir karar aracı olduğu belirtilmiştir.

şen (2001) alışmasında belirsizlik kavramı, üyelik fonksiyonlarının yapısı, klasik ve bulanık kümelerle işlemler, bulanık matematik ve bulanık sistemlerin yapısı hakkında bilgilere yer vermiştir. Özellikle karar alma sürecinde etkili olan bulanık sistemlerin mühendislik alanındaki uygulamalarında temel bilgileri vermeyi amaçlamıştır.

Firk et al. (2002a), sr takip programları kullanılan işletmelerde kızgınlığın doğru bir şekilde tespiti için bulanık mantıktan yararlanmışlardır. Bu amaçla hareket (adım sayısı) ve son kızgınlıktan sonra geçen süreyi kullanmışlardır. Hareket özelliği her bir ineğin n sol ayağına takılmış olan pedometre ile ölçülmüştür. Giriş verileri olarak hareketliliği (zayıf, orta ve yüksek) ve son kızgınlıktan sonra geçen süreyi (kısa, normal, normalden uzun ve uzun); çıkış verisi olarak ise ineğin kızgınlıkta olup olmadığını belirlemişlerdir. Sonuçta, hareket zayıf iken son kızgınlıktan sonra geçen sürenin kısa, normal, normalden uzun ve uzun olduğu durumlarda; hareket orta iken son kızgınlıktan sonra geçen sürenin kısa ve normalden uzun olduğunda; ayrıca hareketin yüksek ve son kızgınlıktan sonra geçen sürenin kısa olduğu durumlarda ineğin kızgın olmadığına

karar vermişlerdir. Diğer durumlarda ise ineklerin kızgın olduğuna karar verilmiştir.

Firk et al. (2002b), yaptıkları bir diğer çalışmada aktivite, süt verimi, süt akış hızı ve elektrik iletkenliği özelliklerini birlikte ele alarak bulanık mantık modeli kurmuşlar, çalışma sonucunda hassasiyet ve hata derecelerinin son kızgınlıktan sonra geçen sürenin ilave edilmesiyle azaldığını belirtmişlerdir (Memmedova ve Keskin, 2008).

Elmas (2003), çalışmasında yapay zeka kavramından yola çıkarak bulanık sistem gelişimi, klasik ve bulanık küme işlemleri hakkında temel teşkil edecek bilgilere, bulanık mantık denetleyicili sistem tasarımı ve gelişim aşamaları ile bulanık mantık denetim uygulamalarına yer vermiştir. Ayrıca yapay sinir ağları ve bulanık mantık yöntemleriyle oluşturulan sinirsel bulanık mantık denetimi şeklinde ifade edilen melez sistem ile ilgili bilgilere yer verilmiş ve uygulamaları anlatılmıştır.

Kavdır ve Guyer (2003) çalışmalarında elmaların kalite sınıflarına ayrılmasında karar almaya yardımcı bir sistem oluşturmuşlardır. Elmalara ait renk, boyut ve yüzeylerinde oluşan bozukluklar girdi değişkeni olarak kullanılmıştır. Elmaların kalite hakkında uzman tarafından alınan kararlar ile bulanık mantık yardımıyla oluşturulan sistem kararları karşılaştırılmıştır. Uzman ve bulanık sistem kararlarındaki benzerlik %89 olarak belirlenmiştir.

Baykal ve Beyan (2004a) çalışmalarında klasik mantık ile bulanık mantık kavramlarının gelişim süreçleri, temel kavramları ile bulanık sayılar ve cebirsel işlemleri konusunda bilgilere yer verilmişlerdir. Ayrıca bulanık modellemenin önemli aşamalarından çıkarım mekanizması ve çıkarım yöntemleri ile durulaştırma yöntemleri hakkında temel bilgileri de ele almışlardır.

Cavero et al. (2006) çalışmalarında otomatik sağım sistemi ile sağılan inekler için mastitis kontrol ve sınıflandırmasını gerçekleştirmek amaçlı bulanık model geliştirmişlerdir. Mastitis uyarısı bulanık model tarafından elektrik iletkenliği, süt üretim oranı ve süt akım oranı kullanılarak üretilmiştir. Modelin değerlendirmesi duyarlılık, belirleme ve hata oranlarına göre gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada sonuçlar, bulanık mantık ile oluşturulan modelin hata oranının yüksek bulunduğunu ancak bulanık modelin tek değişkenli modele göre daha iyi durumda olduğunu göstermektedir.

Orak (2006) çalışmasında bulanık mantık yöntemini kullanarak Porsuk Çayı'na ait veriler ile su kalite sınıflandırması yapmıştır. Porsuk Çayı üzerindeki kalite gözlem istasyonlarından alınan verilere ait kimyasal oksijen ihtiyacı, amonyak azotu, çözünmüş oksijen, biyokimyasal oksijen ihtiyacı parametrelerini kullanmıştır. Çalışmada oluşturulan bulanık modelin su kalitesini sınıflandırmada başarılı olduğu belirtilmiştir.

Görgülü (2007) çalışmasında bulanık mantık teorisinin tarımda kullanım olanaklarını araştırmak üzere üç farklı veri seti ile uygulamalar gerçekleştirmiştir. Bu uygulamalardan birinde çiçek ballarının kalite sınıflandırmasını yapmak amacıyla bir karar destek sistemi oluşturmuştur. Çalışmada yer alan ikinci uygulama balıkların canlı ağırlık artışlarını tahminlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Üçüncü uygulamada ise hayvan davranışlarını modellemiştir.

Abdullah et al. (2008) çalışmalarında nehir suyu kalitesini değerlendirmek amacıyla bulanık akıl yürütmeye dayalı bir su kalite indeksi oluşturmuşlar ve geleneksel yöntemlerle elde edilen indeks ile bulanık mantık tekniği kullanılarak oluşturulan indeksin çıktılarını karşılaştırmışlardır.

Arslan ve Gürel (2008) çalışmalarında farklı tip ve boyuttaki gemilerin seçimi için bulanık mantık ve çok ölçütlü karar verme yöntemini kullanmışlardır. Bu çalışmada seçim kriterleri gemi türüne bağlı işletme deneyimi, finansman, gemi türü için mevcut riskler, uzun vadeli ticari beklentiler olarak belirlenmiştir. Araştırmacılar çalışmalarında bulanık mantık yönteminin, yatırımcı gemi işletmeciliği açısından uygun geminin seçimi konusunda faydalı ve güvenli bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

Cha et al. (2008) çalışmalarında, dökme tank sütünün mikrobiyolojik test sonuçlarına dayalı sürünün sağım uygulamalarını ve kalitesini değerlendirmek için bulanık tanımlayıcı bir küme geliştirmişlerdir. Gauss ve yamuk üyelik fonksiyonlarını kullanan araştırmacılar çıkarım yöntemi olarak Mamdani çıkarım yöntemini kullanmışlardır. Konusunda uzman kişilerin görüşleri ile bulanık çıkarım tabanlı sistem kullanılarak yapılan analizler karşılaştırılmıştır.

Yakupoğlu ve ark. (2008) çalışmalarında toprak erozyonunu tahminlemede bulanık mantık temelli iki ve üç değişkenli modelleri incelemişler ve elde edilen sonuçları Ünlversal Toprak Kayıp Denklemi'nden (USLE) elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmışlardır. İki değişkenli modelde girdi değişkenleri olarak eğim açısı ve

arazi kullanımı; üç değişkenli modelde ise K faktörü (toprak aşınımı), örtü faktörü ve eğim uzunluğunu kullanmışlardır. Çalışmada iki değişkenli modelin USLE sonuçları ile korelasyonunun önemli olduğu görülmektedir. Genel olarak bulanık mantık yöntemi kullanılarak elde sonuçlar ile USLE'den elde edilen sonuçların uyum içinde olduğu ifade edilmiştir.

Ballı ve ark. (2009) çalışmalarında basketbol oyununda oyuncu seçimi için yapay sinir ağları ve bulanık mantık bileşiminden oluşan melez bir eş zamanlı sinirsel-bulanık karar destek sistemi oluşturmuşlardır. Burada oyuncu değerlendirmesinde fiziksel ölçümlere dayanan sayısal kriterler ile gözlem yoluyla belirlenen dilsel kriterlere dayalı girdi değişkenleri kullanılmıştır. Çalışma sonuçları, daha önce uzman kişiden alınan sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Uzman kişinin verdiği sonuçlar ile geliştirilen modelin verdiği sonuçlar arasında anlamlı bir ilişki olduğu görülmüş ve geliştirilen yöntemin doğru ve tutarlı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Kramer et al. (2009) çalışmalarında ineklerde mastitis ile topallığın kontrol ve sınıflandırması için bulanık mantık tabanlı bir model geliştirmişlerdir. Hastalık uyarıları bulanık model tarafından üretilmiştir. Bu amaçla süt verimi, yediği kuru madde, yem kabını ziyaret sayısı ve yem kabında harcadığı zaman gibi davranışları, aldığı su miktarı, geçici hastalıkları hakkında bilgiler ve hareketliliği girdi verileri olarak seçilmiştir. Ancak uygulamada kullanım için istenen performans elde edilememiştir.

Zarchi et al. (2009) çalışmalarında süt sığırlarında kızgınlık tespitinin belirlenmesinde istatistiksel yöntemler ile bulanık mantık yöntemini birlikte kullanmışlardır. Çalışmada ineklerde bulunan algılayıcılar yardımıyla hayvanların hareketliliğine ait veriler ile son kızgınlıktan itibaren geçen süre bilgileri kullanılmıştır. Sonuçlar, uyarıların hesaplanması için oluşturulan istatistiksel model ile sınıflandırma için oluşturulan bulanık modelin kombinasyonu, özellikle hata oranındaki azalma ile, güvenli kızgınlık tespiti için kullanıma uygunluğunu göstermiştir.

Akkoyun ve Toprak (2010) çalışmalarında mermer blokların kalite sınıflandırmasında bulanık mantık yöntemini kullanmışlardır. Oluşturulan modelin bulanıklaştırma aşamasında üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları, çıkarım aşamasında Mamdani yöntemi ve durulaştırma aşamasında Sentroid

yöntemi kullanılmıştır. Araştırmacılar model girdilerini blok özellikleri, model çıktısını ise uzman sınıflandırması şeklinde belirlemişlerdir.

Görgülü (2010) çalışmasında incir meyvesinin kalite sınıflandırmasını yapmak amacıyla bulanık mantık yaklaşımı ile bir karar destek sistemi oluşturmuştur. Araştırmacı, incir meyvesinin kalite kriterlerinden oluşan dört girdi değişkeni kullanmış ve kalite kararını sistemin çıktısı olarak belirlemiştir.

Kıyak (2010) çalışmasında havaalanına iniş için yaklaşma sahasına giren uçakların uygun sırayla inişini gerçekleştirebilmesi amacıyla hava trafik kontrolünde yardımcı olmak üzere bulanık mantık yöntemine dayalı bir karar destek sistemi geliştirmiştir.

Mazlouzadeh et al. (2010) çalışmalarında bahçe yönetimi gelişimi için, ağaç toplam kalite haritası ve seçilen ağaçların özelliklerine dayalı olarak karşılaştırma ve sınıflandırma yapmak amacıyla, bulanık mantık yöntemi ile bir sistem kurmuşlardır. Bu çalışmada Mamdani çıkarım yöntemi kullanılarak hurma ağaçlarının verim, meyve boyutu, dış görünüş ve ağaç toplam kalite haritasının üretim bilgileri ışığında kaliteye dayalı sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar genel olarak uzman kişinin yaptığı sınıflandırma ile benzerlik göstermektedir.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

#### 3.1 MATERYAL

Çalışmanın materyali, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü'nde gerçekleştirilmiş bir çalışmanın verilerinden oluşmaktadır. Bu çalışmada sokak sütü olarak da bilinen çiğ süte ait kuru madde, pH, yağ, protein, soxhlet-henkel (SH) cinsinden asitlik değerleri, toplam bakteri sayısı (Tbc), somatik hücre sayısı (Scc) parametrelerinin kimyasal ve mikrobiyolojik analiz sonucu ölçülen değerlerine ait veriler bulunmaktadır. Bu veriler kullanılarak Türk Gıda Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş Sütler Tebliği (Kodeks)'nde yer alan çiğ süt kalite kriterleri yardımıyla sütün yüksek kaliteli, orta kaliteli ve düşük kaliteli olmak üzere üç kalite sınıfına ayrılmasını hedefleyen bir karar destek sistemi geliştirilecektir. Hayvansal ürünlerin ölçülebilen sayısal kalite değerleri, bulanık mantık yaklaşımı ile modellenerek kalite sınıflandırması yapılacak ve daha objektif, daha standart bir yaklaşım ile karar destek sistemlerinin oluşturulmasıyla zaman ve iş tasarrufu sağlanacaktır. Çalışmanın analizleri, Matlab (Matrix Laboratory) ve SPSS paket programları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

#### 3.2 YÖNTEM

Çalışma kapsamında bulanık mantık yöntemi esas alınarak bir karar destek sistemi tasarlanmıştır. Bu amaçla öncelikle yapay zeka teknikleri, bulanık mantık teorisi ve bulanık sistemlerin modellenmesi hakkında temel bilgilere yer verilmiştir.

##### 3.2.1. YAPAY ZEKA

###### 3.2.1.1 Yapay Zeka Kavramı

Zeka gerçekleri algılama, yargılama ve sonuç çıkarma yeteneklerinin tamamıdır. İnsanlar doğuştan belirli bir zekaya sahiptirler. Zeka belirli bir konuda çalışılarak, eğitilip öğretilerek edinilen bilgilerin yanı sıra deneyimlere dayalı becerilerle de geliştirilebilir (Elmas, 2003).

Günümüz dünyasında makinelerin, insanların zeka yeteneklerini kullanarak gerçekleştirdikleri karar verme, algılama ve olaylar arasında ilişki kurma

eylemleri ile, belirli ölçülerde öğrenebilme yeteneği kazanması yapay zeka olarak tanımlanmaktadır. Bir anlamda, insanların yaptıklarını makinelere yaptırma çabasıdır.

Yapay zeka araştırmalarının temel amacı insan ve makine zekasının altında yatan ilkeleri anlayarak problem çözecek, insanlarla iletişim kuracak, fiziksel dünyayı algılayacak ve etkileşimde bulunacak bilgisayar tabanlı sistemler kurmak için yöntemler geliştirmektir (Baykal ve Beyan, 2004b).

### **3.2.1.2 Yapay Zeka Teknolojileri ve Uygulama Alanları**

Yapay zeka teknolojileri, sayısal analiz yöntemlerine dayalı sezgi ve beceriler ile belirsizliğin hakim olduğu olaylarda çözüm bulma yeteneği oluşturmaktadır. İnsanlarda zeka kavramı söz konusu olduğunda, zihnin dış dünyadaki olaylara karşı uyum yeteneğinin olması beklenir. Aynı şekilde yapay zeka teknolojisini kullanan ve zeki olarak tanımlanan sistemlerin de yeni durumlar karşısında anlamlı bilgiyi yorumlaması ve yeni duruma göre bilgiyi uygulaması yani anlamlı ilişkiler üretmesi beklenmektedir.

Yapay zeka üzerinde çalışan araştırmacılar örüntü tanıma, öğrenme, problem çözme, teorem geliştirme, oyun oynama, tümevarım ve genelleme, dil kullanımı gibi uygulama alanlarında çok sayıda yöntem geliştirmişlerdir (Baykal ve Beyan 2004b).

Günümüzde insan yaşamının vazgeçilmez bir parçası olan zeki sistemler birçok farklı alanda insan hayatına olumlu katkılar sağlamaktadır. Sağlık, eğitim, kamu, endüstri vb. alanlarda sayılamayacak kadar faydaları mevcuttur. Yapay zeka teknolojisi ile gerçekleştirilen başarılı uygulamalar sayesinde bu alana ilgi artmış ve bir bilim dalı haline gelmesini sağlamıştır. Özellikle belirsiz, sayısal olmayan nesnelerin kullanıldığı, belirli bir algoritma ve matematiksel bir formülün kullanılmadığı durumlarda ortaya çıkan problemlerin çözümünde geliştirilen zeki sistemler, geleneksel yöntemlere kıyasla oldukça başarılı sonuçlar elde etmektedir. Örneğın, sistemdeki parametreler kesin olarak tanımlanamıyor veya matematiksel ölçüleri bilinmiyor ise bulanık mantığı kullanmak oldukça uygun olacaktır. Sistemde yer alan girdi değişkenleri “az, orta, çok” gibi niteleyiciler ile belirlenir ve girdilere göre oluşturulan kurallar ışığında istenilen çıktı elde edilebilir.

Yapay zeka biliminde bilgisayar sistemleri sahip oldukları öğrenme, problem çözme ve modelleme gibi yeteneklerini kullanarak insanların problem çözme sürecini taklit etmektedirler. Özellikle belirli bir algoritma veya formülasyon kullanılarak çözülemeyen problemlerin çözümünde yapay zeka teknolojileri oldukça etkilidir. 1980'li yılların başlarında uzman sistemlerin kullanımının artması ve yapay sinir ağları yaklaşımının ortaya çıkması ile yapay zeka çalışmaları hız kazanmış ve günümüzde gerçekleştirilen uygulamaların temelleri atılmıştır. 2000'li yıllara gelindiğinde yapay zeka bilimi robot oyuncaklar, elektronik cihazlar, akıllı evler, insansız araçlar gibi sayılamayacak kadar fazla alanda kendini başarılı bir şekilde göstermiştir.

Yapay zeka teknolojisi ile sağlık, eğitim, ziraat, mühendislik, endüstri vb. alanlarda başarılı uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Son yıllarda yapay zeka teknolojilerinin tarımsal alanda da gittikçe artan bir kullanım oranına sahip olduğu görülmektedir. Özellikle ileriye dönük tahminler, sınıflandırma, optimizasyon ve oluşturulan karar destek sistemleri ile hayvancılık alanında çalışan araştırmacı ve yetiştiricilere büyük faydalar sağlamaktadır. Yapay zeka teknolojileri tarımsal alanda bitkisel hastalıkların teşhisi, mahsul verimliliğinin belirlenmesi, otomasyon ve akıllı robotların kullanımı gibi uygulamaların gerçekleştirilmesini sağlarken, hayvancılık alanında mastitis ve topallık gibi hastalıkların teşhisi, özellikle canlı ağırlık ve verim (süt, yumurta) tahmininde, seleksiyon ve ıslah çalışmalarında damızlık değer tahmini ve ayıklama kararlarının alınmasında, hayvan gübrelerinde besin içeriğinin tahminlenmesinde ve kızgınlık teşhisi gibi birçok konuda başarı ile uygulanabilmektedir.

Günlük hayatta karşılaşılan problemler ve olaylar sürekli değişkenlik içindedir. Karşılaşılan problemlere ve olaylara bakış açısı farklı kişiler tarafından farklı koşullarda çeşitlilik göstermektedir. Bilgisayarların insanların düşünce yapısını taklit etmesi, karar verme ve problem çözme mekanizmaları ile paralel olarak farklı teknolojilerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. En fazla ilgi gören ve günlük hayatta yaygın olarak kullanılan yapay zeka yöntemleri, bulanık mantık, yapay sinir ağları, genetik algoritmalar ve uzman sistemler şeklindedir.

**Yapay Sinir Ağları:** Yapay sinir ağları insanlar gibi, örnekler ve deneyimler aracılığıyla öğrenmektedir. Sinir hücrelerinin işlevleri bilgisayar üzerinde taklit edilebilmekte, böylece matematiksel modellemesi

gerçekleşmektedir. Örnekler üzerinden elde ettiği deneyimler sayesinde gelecekte benzer konularda kararlar verebilmektedir.

İnsan beynindeki biyolojik sinir hücrelerinin işleyişinden esinlenerek geliştirilen yapay sinir hücreleri dışarıdan gelen bilgileri bir toplama fonksiyonu ile toplar ve aktivasyon fonksiyonundan geçirerek çıktığı üretilen ağın bağlantıları üzerinden diğer hücelere gönderir. Yapay sinir hücreleri bir araya gelerek yapay sinir ağını oluşturur. Bir yapay sinir ağı üç veya daha fazla katmandan, her katmanda hücrelerin paralel olarak bir araya gelmesi ile oluşmaktadır. Ağırlıklı bağlantılar aracılığı ile birbirine bağlanan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarıdır. Yapay sinir ağlarını birbirine bağlayan bağlantıların değerlerine ağırlık değerleri, ağırlık değerlerinin belirlenmesi işlemine ise ağın eğitimi denilmektedir. Doğru ağırlık değerleri, yapay sinir ağına örnekler üzerinde genelleştirme yapabilme özelliğini kazandırır ki böylece ağ öğrenmiş olur. Ağırlıklar bir yapay sinir ağının zekasının saklı olduğu yerdir (Negnevitsky, 2002; Baykal ve Beyan, 2004b; Öztemel, 2006).

Yapay sinir ağlarının öngörü (tahminleme), sınıflandırma, kontrol ve veri filtreleme gibi önemli işlevleri mevcuttur. Mimarisi ve öğrenme yöntemlerine göre modelleri farklılaşmaktadır. Doğru modeli seçmek yapay sinir ağının doğru bir şekilde öğrenmesini sağlamaktadır. Literatürde en fazla kullanılan ağlar tek ve çok katmanlı algılayıcılar, vektör kuantizasyon modelleri (LVQ), kendi kendini organize eden model (SOM), adaptif rezonans teorisi modelleri (ART), Hopfield ağları, Elman ağı, radyal tabanlı ağlar olarak bilinmektedir (Öztemel, 2006).

**Genetik Algoritmalar:** Genetik algoritmalar, John Henry Holland isimli bilim adamının 1975 yılında “Adaptation in Nature and Artificial Systems“ isimli kitabını yayınlaması ile ilgi odağı haline gelmiştir. Bilgisayar yazılım algoritmalarında evrimi taklit ederek çalışan evrimsel hesaplamaların bir parçası olan genetik algoritmalar, Darwin’in evrim teorisinden etkilenerek üreme ve en uygun olanın yaşaması ilkelerine göre geliştirilmiştir. Karmaşık, zor veya matematiksel bir modelle ifade edilemeyen optimizasyon problemleri ile geleneksel optimizasyon yöntemlerinin yetersiz kaldığı problemlerin çözümünde kullanılan etkin bir arama tekniğidir. Temel mekanizması, Darwin’in biyolojik evrim ilkelerine benzer olarak üreme ve en uygun olanın hayatta kalması şeklindedir. Problemi çözmek için öncelikle başlangıç çözümleri belirlenmektedir. Daha sonra çözümler birbirleri ile eşleştirilir ve yüksek performanslı çözümler üretilmeye çalışılır. Amaç istenilen sonucu verebilen en uygun çözüme

ulaşmaktır. Genetik algoritmaların elemanları, kromozom ve gen, çözüm havuzu, mutasyon, uygunluk fonksiyonu ve yeniden üretimdir. En iyi çözümün seçimi, çaprazlama ve mutasyon operatörleri kullanılarak yapılan hesaplamalar neticesinin, nesiller boyunca iyileştirilmesi esasına dayanır. Belirtilen nesil sayısı kadar devam eden hesaplamalar uygun bir çözüme ulaşıncaya son bulur. Çözümün ne kadar iyi bir çözüm olduğunu değerlendirmek amacıyla uygunluk fonksiyonu kullanılır.

**Uzman Sistemler:** Belirli bir alana yönelik karmaşık problemlerin çözümünde, o alanda uzman kişilerin görüşlerine dayanarak olayları ve deneyimleri kullanan bilgisayar destekli karar aracıdır. Uzman sistemlerin en çok kullanıldığı alanlar yorumlama ve tanıma, öngörü, tanı, tasarım, planlama, izlem, hatadan arındırma ile test eğitim ve denetim olarak sıralanabilir (Baykal ve Beyan, 2004b). Uzman sistemler genel olarak bilgi tabanı, karar merkezi, bilgi kazanım bileşeni, açıklayıcı bileşen ve kullanıcı ara yüzünden oluşmaktadır. Bilgi tabanından bilgi çağırılır, işlem yapıp arama gerçekleştikten sonra sonuca varılır ve bilgi dahilinde açıklaması yapılır. Bilgi tabanı veri tabanından farklı bir kavram olup, problemin çözümü için gerekli kuralları içinde barındırır ve bilgi mühendisleri tarafından oluşturulur. Bilgi mühendisi gerçek uzmanın bilgisini yapılandırmaktadır. Bilgi tabanında kural tabanlı ve durum tabanlı muhakeme olmak üzere iki tür yaklaşım söz konusudur. Kural tabanlı muhakemede, “eğer–o halde” kuralları ile uzman kişinin düşünceleri yapılandırılmaktadır, kuralların işlenmesinde ileri zincirleme ve geri zincirleme yöntemleri kullanılmaktadır. Durum tabanlı muhakemede ise daha önceden elde edilmiş söz konusu sorun ile ilgili çözümler bulunmakta, benzer yollarla çözüme ulaşmak istenmektedir. Bir çıkarım motoru, belirtilen problemin çözümünü ve doğrulamasını sağlamak için bilgi tabanı ve girdi sorgusuna göre arama davranışı gösterir. Sistem doğru şekilde tasarlanırsa kendini geliştirip öğrenme yeteneği kazandırılabilir. Böylece sadece bilgi tabanından değil, aynı zamanda eklenen yeni bilgilerle güncellenen veri tabanından da etkilenmekte ve var olan kuralları buna göre çalıştırmaktadır. Başarılı bir uzman sistem kullanıcılarından aldığı geribildirimler ile sürekli öğrenen ve kendini güncelleyen bir yapıya sahip olmalıdır. Daha önceden tasarlanmış akış diyagramları veya algoritmaları yoktur, ihtiyacı olduğu bilgiye ulaşır kullanabilir. Uzman sistemler LISP ve PROLOG gibi programlama dillerinin yanı sıra OPS5, ART, ART-IM, ECLIPSE ve ILOG gibi dillerle de oluşturulabilmektedir. Aynı zamanda belirli bir alana yönelik özel bir problemin çözümü söz konusu olduğunda, uzman sistemlerin geliştirilmesinde uzman sistem kabuklarından yararlanılmaktadır. Bu tip sistemler alan bilgisi olmadan çalışmakta olup, bilgi

tabanları başlangıçta boş olan, sonraki süreçlerde ihtiyaç duyulan uzman bilgisi ile doldurulabilen ve özel çıkarım mekanizmalarının geliştirilmesini sağlayan sistemlerdir. CLIPS ve JESS bu tip sistemlere örnek olarak verilebilmektedir.

### 3.2.2 BULANIK MANTIK TEORİSİ

#### 3.2.2.1 Klasik Mantık ve Bulanık Mantık Gelişim Süreci

Mantık, doğru olan düşünceyi yanlış olandan ayırt etmeyi sağlayan kuralları ortaya koyan bir bilimdir. Doğru ve tutarlı düşünme mantıklı düşünmedir. Düşünme ise kavram oluşturma, öncül (önerme) kurma ve akıl yürütme adımlarından oluşmaktadır. Klasik mantığa göre mantıklı düşünme özdeşlik, çelişmezlik ve üçüncünün olmazlığı ilkelerine uygun olmak zorundadır. Bu ilkeler sayesinde akıl yürütme (iki değişik olgu arasında var olan ilişki) sağlıklı bir biçimde ortaya konulmaktadır.

Klasik mantıkta, insan yargılarını dile getiren cümleler önermelerdir. Bir ifadenin önerme sayılabilmesi için bir özne, bir yüklem ve bu iki terimi birbirine bağlayan bir bağlaçtan meydana gelmiş olması ve doğruluk değeri taşıması gerekmektedir (Baykal ve Beyan, 2004a). Doğruluğu kabul görmüş bir veya birden fazla önerme sayesinde yeni bir önermeye yani sonuca ulaşılmasına “çıkarm” denmektedir. Bir başka ifadeyle, elde olan bilgiler sayesinde yeni bilgilere ulaşma sürecidir.

19 – 20’nci yüzyıllarda mantığın sembolik olarak ifade edildiği çalışmalar yapılmıştır. Augustus De Morgan, George Boole gibi bilim insanları önermeler mantığına dayanan sembolik mantık gelişimine önemli katkılar sağlamışlardır. Sembolik mantığın düşünce yapısında, bir önermeden mantıksal çıkarım yoluyla yeni bir bilgi elde etmek için klasik mantık kuralları dışında yeni bir sembolik dil kurulmuş ve bu sembolleri kullanma kuralları belirlenmiştir. Modern mantık olarak da ifade edilen sembolik mantıkta, önermeler bir bütün olarak ele alınmakta ve her bir önerme için p, q, r gibi harfler sembol olarak kullanılmaktadır. Öncüller birbirlerine “ve”, “veya” ve “değil” ifadeleri ile bağlanmaktadır. Öncüllerin bu bağlaçlar ile birleştirilmesine mantıksal fonksiyon denilmektedir. Kısaca önermeler mantığı n değişkenli mantık fonksiyonlarının ifade edilmesidir ve burada  $2^n$  farklı doğruluk çeşitlemesi olabilmektedir. “Ve”, “veya”, “değil” ve “eşitlik” gibi temel mantık işlemleri sayesinde farklı mantık fonksiyonları üretilebilmektedir (Baykal ve Beyan, 2004a; Ünal, 2009).

Bilgi tabanlı sistemlerde çıkarım yapmak amacıyla çeşitli yöntemler mevcuttur. Tüm yorumları doğru olan önermeye “totoloji” denilmektedir. Totoloji “tündengelimsel bir çıkarım kuralı” olarak kullanılabilir. Modus Ponens ve Modus Tollens gibi akıl yürütmeler totolojiyi kullanan önemli çıkarım kurallarındandır. Modus Ponens ileri çıkarım, modus tollens ise geri çıkarımda kullanılır. Sembolik mantığın, klasik mantıkta olduğu gibi, amacı öncüllerden geçerli çıkarımlara ulaşmaktır. Çıkarımda, bilginin sunumu yapılırken “eğer-o halde” kural tipi oluşturulmuştur. Bu kural tipi, içerme (koşul eklemi, ise), öncül (eğer bölümü), ve soncul (o halde bölümü) kısmını içermektedir ve gösterimi “**Eğer x a ise, o halde y b dir**” şeklinde yapılmaktadır (Baykal ve Beyan, 2004a).

Modus ponens ve modus tollens çıkarım kurallarının gösterimi ise aşağıdaki gibidir:

**Genelleştirilmiş Modus Ponens**  $(p \wedge (p \Rightarrow q)) \Rightarrow q$

---

**Olgu** (p) :x a'dır

**Kural**  $(p \Rightarrow q)$  :Eğer x a ise, o halde y b dir.

**Sonuç** (q) :y b'dir.

---

**Genelleştirilmiş Modus Tollens**  $(\bar{q} \wedge (p \Rightarrow q)) \Rightarrow \bar{p}$

---

**Olgu**( $\bar{q}$ ) :y  $\bar{b}$ 'dir.

**Kural**  $(p \Rightarrow q)$  :Eğer x a ise, o halde y b dir.

**Sonuç**  $\bar{p}$  :x  $\bar{a}$ 'dir.

---

1900'lü yılların başlarında Jan Lukasiewicz isimli bilim insanı iki değerli klasik mantıktaki “doğru” ve “yanlış” şeklindeki ifadelere ek olarak doğru ve yanlış arasında bir değer taşıyan “belki” ifadesini ortaya koymuştur. Donald Erwin Knuth ise üç değerli mantığı,  $[-1,0,1]$  aralığını kullanarak ifade etmiş ancak bu düşünceleri yaygınlaşmamış ve uzun dönemde ilgi görmemiştir (Baykal ve Beyan, 2004a).

Azeri asıllı bilim adamı Lotfi A. Zadeh olasılık dağılımı ile tanımlanamayan, bulanık (belirsiz) durumlar için farklı bir matematiğe ihtiyaç duyulduğunu belirtmiştir (Wang, 1997). Batılı bilim adamları tarafından bu düşünce hoş karşılanmamış ve kabul görmesi zaman almıştır. 1965 yılında bulanık mantık hakkında ilk makale olan “Fuzzy Sets” başlıklı çalışma Zadeh tarafından yapılmıştır. Zadeh, insanların düşünce yapısında çoğunlukla kesinlik taşımayan bulanık ifadelerin yer aldığını belirtmiştir. Klasik mantıktaki “0” ve “1” gibi kesin ayrımların yanı sıra, ara değerlerin de göz önünde bulundurulması gerekliliğine dikkat çekmiş ve olayların [0,1] aralığında belirli bir derece ile gösterildiğini ifade etmiştir (Zadeh, 1965). Kesin değerlere dayalı düşünme yerine yaklaşık akıl yürütmenin kullanıldığı bulanık mantıkta çıkarım “düşük, orta, yüksek” gibi dilsel ifadeler arasında tanımlanan kurallar ile yapılmaktadır.

Bulanık mantık teorisini diğer mantık sistemlerinden ayıran en önemli özellikler, klasik mantık yapısındaki akıl yürütme ilkelerinden çelişmezlik ve üçüncünün olmazlığı ilkesinin geçerli olmayışıdır. Klasik mantıkta özdeşlik ilkesi, akıl yürütmenin tutarlılığının şartı olarak görülmektedir. Bir terime verilen anlam ne ise akıl yürütme boyunca hep o anlamı taşımalıdır. Çelişmezlik ilkesi ise özdeşlik ilkesinin onaylanışı şeklinde yorumlanmaktadır. Bu ilkeye göre bir şey aynı zaman ve şartlar içinde hem kendisi hem de bir başkası olmamaktadır. Üçüncünün olmazlığı ilkesinde bir şey ya vardır ya da yoktur. Bu durumun ortası olmamaktadır. İki çelişik ifadeden birisi doğru ise diğeri zorunlu olarak yanlıştır. İkisi arasında üçüncü bir hal yoktur. Oysa bulanık mantık teorisine göre bir öncül hem doğru (1) hem de yanlış (0) olabilir. Bu durum doğruluğun çok değerli oluşu ve bağlaçlarına yüklenen anlamlardan kaynaklıdır. Bulanıklık, bir öncül ile değil arasındaki belirsizlikten kaynaklanmaktadır (Baykal ve Beyan, 2004a; Emiroğlu, 2009).

İnsan hayatında sürekli değişen koşullar sistemlerin karmaşıklığını artırmıştır. Gerçek hayattaki belirsizlik ve karmaşıklık nedeniyle klasik modelleme yöntemleri zaman içinde daha da karmaşık bir biçimde ortaya çıkan problemlerin çözümünde yetersiz kalmıştır. Teknolojinin, değişen koşullarla birlikte gelişimini ileri düzeylere taşıması, bulanık mantık gibi yöntemlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bulanık mantık, belirsizlik durumunda bilgilerin yeterli olmayışından dolayı insanların görüşlerine yer verilmesi ile insanların algılama ve karar verme gibi davranışlarına ihtiyaç duyulduğu durumlarda, oldukça geçerli bir yaklaşımdır.

İnsanlar yaşadıkları sorunlar karşısında elde ettikleri sözel ve sayısal bilgileri kullanarak çözüm üretmeye çalışırlar. Çözümüne ulaşma sürecinde maliyet ve zaman gibi etmenler göz önünde bulundurulduğunda en uygun yöntem ile çalışma gereksinimi duyarlar. Gerçek hayattaki belirsizlik durumları, sayısal bilgilerden ziyade, değer yargısı veya düşüncelerin sözel olarak dile getirilmesi yoluyla açıklanabilir. Örneğin, karmaşık problemler karşısında bazı sistemlerin değişkenleri matematiksel modelleme için yeterince kesinlik değeri taşımayabilir. Böyle durumlarda uzman bir kişinin deneyimlerine başvurma yoluna gidilir. Uzman kişi günlük hayatta sıkça kullanılan “çok az, az, orta, çok” gibi dilsel niteleyicilerle görüş bildirir. Bulanık mantık sorunların giderilmesinde belirsizlik ortamında en iyi yöntem olarak görülmektedir. Uzmanlardan alınan dilsel ifadeler bulanık mantığın sağladığı matematiksel temel ile bilgisayar ortamına aktarılmakta ve gerçek hayata uygun çözümler üretilebilmektedir.

### 3.2.2.2 Temel Kavramlar

**a) Bulanıklık Kavramı:** Bulanık mantıkta önermeler, klasik mantıktaki sadece “1” ve “0” değerlerinin aksine,  $[0,1]$  aralığında doğruluk değerlerine sahiptir. Fonksiyonu  $[0,1]$  aralığından  $[0,1]$  aralığına tanımlı olan bir fonksiyon olup  $f : [0,1] \rightarrow [0,1]$  şeklinde gösterilmektedir. Bulanık mantıkta da klasik mantıkta kullanılan “değil ( $\neg$ )”, “ve ( $\wedge$ )”, ve “veya ( $\vee$ )” işlemcileri kullanılmaktadır. Tanımlanan fonksiyon bulanık bir ifade ise “değili” de aynı şekilde bulanık bir ifade niteliği taşımaktadır.

**b) Bulanık Mantık İşlemcileri:** Yaklaşık akıl yürütme ve belirsizlik gibi kavramları esas alan bulanık mantık teorisi diğer mantık sistemlerinden farklıdır. Doğruluk dereceleri sadece doğru ve yanlış ifadelerinin yanında bu ifadeleri güçlendiren veya zayıflatmakta kullanılan niteleyici ifadelerle de bağlı bulunmaktadır. Bulanık mantık uzmanlardan alınan niteleyici görüşler sayesinde esnek bir yapıya sahiptir. Belirsizlik ve olasılık durumlarını, karmaşık ve doğrusal olmayan fonksiyonları esnek yapısı sayesinde modelleyebilmektedir. Böylece doğal hayatla uyumlu ve çok daha gerçekçi sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Çizelge 3.1’de bulanık işlemcilerin özellikleri yer almaktadır.

Çizelge 3.1. Bulanık İşlemcilerin Özellikleri

<b>Tek kuvvet özelliği</b>	$A \vee A = A, A \wedge A = A$
<b>Değişme özelliği</b>	$A \vee B = B \vee A, A \wedge B = B \wedge A$
<b>Birleşme özelliği</b>	$A \vee (B \vee C) = (A \vee B) \vee C, A \wedge (B \wedge C) = (A \wedge B) \wedge C$
<b>Dağılma özelliği</b>	$A \vee (B \wedge C) = (A \vee B) \wedge (A \vee C), A \wedge (B \vee C) = (A \wedge B) \vee (A \wedge C)$
<b>Tümleyenin tümleyeni</b>	$A = \overline{\overline{A}}$
<b>Yutma özelliği</b>	$A \vee (A \wedge B) = A, A \wedge (A \vee B) = A$
<b>0 ve 1 ile yutma özelliği</b>	$A \vee 1 = 1, A \wedge 0 = 0$
<b>Etkisiz eleman özelliği</b>	$A \vee 0 = A, A \wedge 1 = A$
<b>De Morgan kuralı</b>	$\overline{(A \wedge B)} = \overline{A} \vee \overline{B}, \overline{(A \vee B)} = \overline{A} \wedge \overline{B}$

**c) Sözel Değişkenler:** Terimler, dil içinde anlam taşıyan en küçük birimlerdir ve olguları ifade etmektedir. İnsan düşüncelerini aktarmaya yarayan terimler sayısal olabildiği gibi sözel nitelik de taşımaktadırlar. Sözel terimler bir değişkene atandığında o değişken “sözel değişken” adını almaktadır. Sözel değişken  $(x, T(x), E, G, M)$  şeklinde gösterilmektedir. Burada, x: değişken adı, T(x): değişkene değer olabilecek sözel terim kümesi, E: değişken karakteristiklerini tanımlayacak evrensel küme, G: T(x) de terim üreten dizimsel gramer ve M: E’deki bulanık kümelerle karşılık gelen T(x) terimlerinin yorum bilimsel kurallarıdır (Baykal ve Beyan, 2004a).

Bulanık sözel değişkenler bulanık yüklem ve bulanık sıfat olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Bulanık yüklem birincil terimdir. Bulanık sıfatlar ise bunu niteleyen “çok, az, aşırı, hemen hemen” gibi kelimelerdir.

**d) Bulanık Kural ve Gösterimi:** Eldeki bilgilerden yeni bilgiler elde etmek “çıkarım” olarak tanımlanmıştır. Çıkarımda bilginin sunumu ve gösterimi oldukça önemlidir. Sık kullanılan sunum yöntemlerinden “eğer-o halde” kural tipi bulanık mantıkta da kullanılmaktadır.

Bulanık yüklem bulanık küme olarak kabul edilirse, “x P dir” gibi bir bulanık öncül ele alındığında, P(x) bulanık küme ve  $\mu_{P(x)}(x)$  üyelik fonksiyonunu temsil etmektedir. Bulanık bağıntı da bulanık küme olarak kabul edilirse  $R(x)=P$  şeklinde bir bağıntı kurulduğunda, P bulanık bir küme ve R(x) de elemanları P kümesinde bulunan bir bağıntı olmaktadır. Yüklem, bulanık kural ve öncülü temsil etmede kullanılan bir bağıntı ile gösterilir. Buradan yola çıkarak “eğer x A ise, o halde y B dir” şeklinde bir kural yazıldığında, öncülünde ve sonculunda yer alan bulanık yüklem ile bulanık kural gösterimi aşağıdaki gibi yapılmaktadır:

**Eğer x A(x) ise o halde y B(y) dir.**

Bu kural R(x,y) bağıntısı aracılığı ile gösterilecek olursa aşağıdaki gibi yazılmaktadır:

**R(x,y): Eğer A(x) ise B(y) dir**

veya

**R(x,y): A(x) → B(y)**

Bulanık kümeleri içeren bir kural ve bir olgu varsa, genelleştirilmiş Modus Ponens ve genelleştirilmiş Modus Tollens olarak iki tip akıl yürütme kullanılabilir. Gösterimi aşağıdaki gibi yapılmaktadır;

---

#### Genelleştirilmiş Modus Ponens

---

<b>Olgu</b>	<b>:x A'dır.</b>	<b>:R(x)</b>
<b>Kural</b>	<b>:Eğer x A ise, o halde y B dir.</b>	<b>:R(x,y)</b>
<b>Sonuç</b>	<b>:y B'dir.</b>	<b>:R(y)=R(x)<sup>0</sup>R(x,y)</b>

---

#### Genelleştirilmiş Modus Tollens

---

<b>Olgu</b>	<b>:y B'dir.</b>	<b>:R(y)</b>
<b>Kural</b>	<b>:Eğer x A ise, o halde y B dir.</b>	<b>:R(x,y)</b>
<b>Sonuç</b>	<b>:x A'dır.</b>	<b>:R(x)=R(y)<sup>0</sup>R(x,y)</b>

---

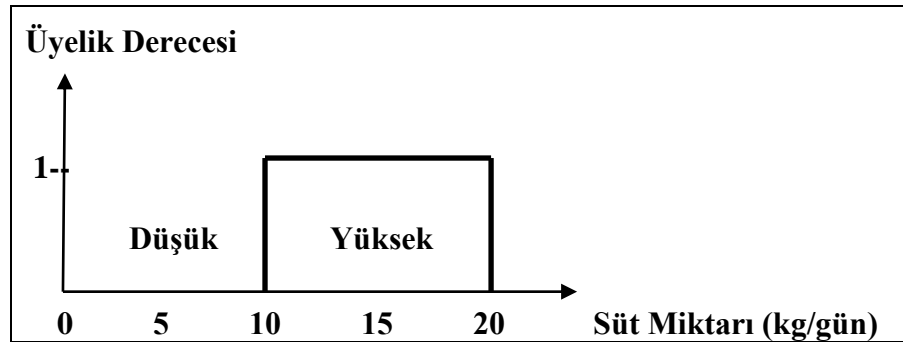
### 3.2.2.3 Bulanık Kümeler

#### a) Klasik ve Bulanık Kümeler

Belirsizlik durumlarında sözel verilerin işlenmesinde bulanık kümeler yöntemi, klasik yöntemlere göre sahip olduğu üstünlüklerle birçok farklı alanda başarılı çalışmaların ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bulanık küme kavramları sözel verilerden sayısal olanlara geçişte bir köprü görevi görür. Bulanık kümelerde, klasik kümelerdeki iki değerli üyelik kavramı genelleştirilerek çok değerli üyelik kavramı oluşturulmuştur. Bulanık kümeler, değişik üyelik dereceleri olan nesnelere veya öğeler topluluğudur. Örneğin klasik kümelerde düşük (0) - yüksek (1), soğuk (0) - sıcak (1) olarak ikili üyelik kavramı ile tanımlanan değişkenler ya “0” ya da “1” şeklinde ifade edilir. Oysa bulanık mantıkta “biraz soğuk, biraz sıcak” gibi esnek niteleyiciler yardımıyla  $[0,1]$  aralığında değişkenler aldıkları üyelik dereceleri ile başka bir kümenin üyesi olabilmektedir. Bulanık kümelerin sınırları klasik kümelere göre belirsizdir.

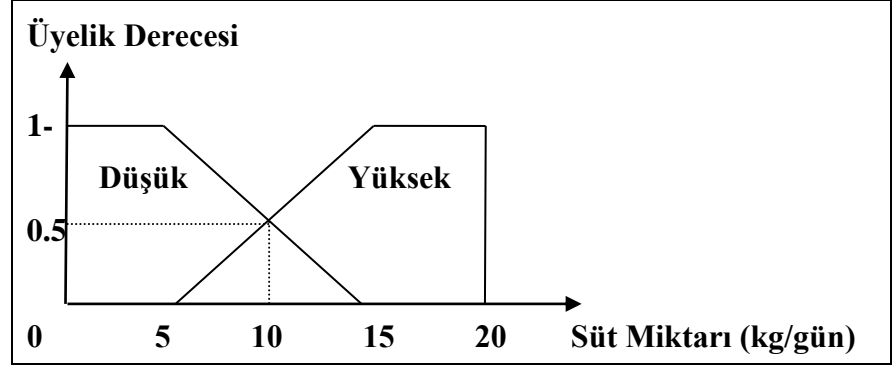
#### b) Bulanık Küme Gösterimi

Bulanık kümelerin gösterimi iki yöntemle yapılmaktadır. Birincisi küme elemanlarının üyelik derecelerine göre sıralanması, diğeri de matematiksel olarak üyelik fonksiyonu tanımlamaktır. Klasik kümelerin gösterimine örnek Şekil 3.1’de verilmiştir. Burada 9.5 kg’lık süt miktarı düşük olarak tanımlanmış kümede, 11 kg’lık süt miktarı ise yüksek olarak tanımlanan kümede yer almaktadır. 9.5 ile 11 arasında çok az bir fark bulunmasına rağmen farklı kümelerde yer almaktadırlar. Bu durum gerçek hayatla uyumlu değildir.



Şekil 3.1 Süt miktarı için klasik küme gösterimi.

Bulanık kümelerin gösterimi Şekil 3.2’de yer almaktadır.



Şekil 3.2 Süt miktarı için bulanık küme gösterimi.

Şekil 3.2’de görüleceği üzere 10 kg’lık süt miktarı 0.5 üyelik derecesi ile hem düşük hem de yüksek bulanık kümesine dahildir. 5 ile 15 arasındaki değerler düşük ve yüksek kümelerine ait değerlerdir ve bu aralık bulanık kümelerin örtüşümüdür.

X evrensel kümesinde tanımlanan A bulanık kümesi için  $\mu_A$  üyelik fonksiyonu,

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

şeklinde ifade edilmektedir.

Bir bulanık küme, o kümenin elemanları ve elemanların üyelik dereceleri ile oluşturulabilir. A bir bulanık küme olmak üzere aşağıdaki gibi tanımlanabilir,

$$A = \{ \mu_A(x) / x | x \in X \}$$

Üyelik işlevi bir kümenin elemanlarının o kümeye hangi üyelik derecesi ile ait olduğunu gösteren ve  $[0,1]$  arasında değer alabilen bir işlev olduğuna göre

$$\mu_A(x) : X \rightarrow [0,1]; \mu_A(x) \in [0,1]$$

şeklinde tanımlanmaktadır.

A bulanık kümesinin elemanları kesikli ise,

$$A = \left\{ \sum_{i=1}^n \mu_A(x_i) / x_i = \mu_A(x_1) / x_1 + \mu_A(x_2) / x_2 + \dots + \mu_A(x_n) / x_n \right\} \quad [3.1]$$

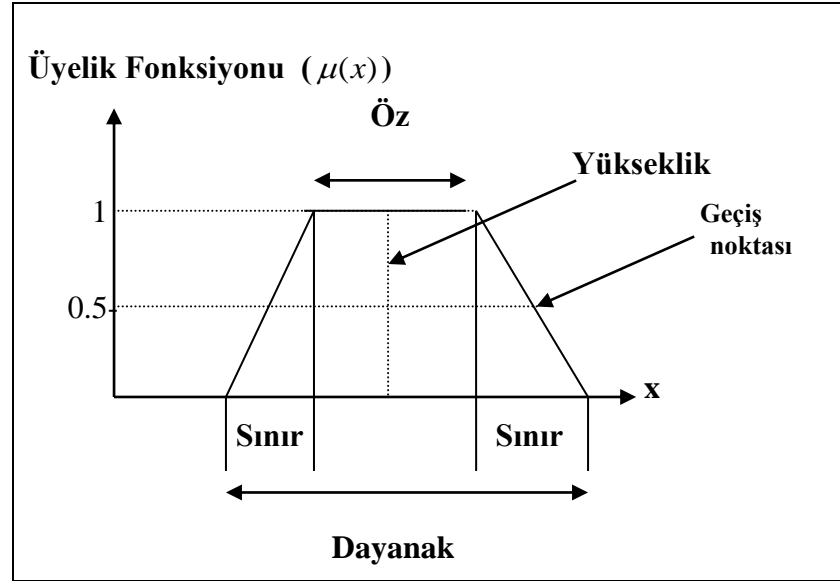
sürekli ise,

$$A = \left\{ \int (\mu_A(x_i) / x_i) dx \right\} \quad [3.2]$$

şeklinde gösterilir (Baykal ve Beyan, 2004a; Elmas, 2003; Şen,2001; Wang, 1997).

### c) Üyelik Fonksiyonları

Bulanık kümelerde küme üyeleri ile değerleri arasında değişiklik gösteren eğriye üyelik fonksiyonu (önem eğrisi) denilmektedir. Alt küme sınırlarındaki değerler üyelik fonksiyonunun ortasında yer alan değerlerden daha düşük bir değere sahiptir. En büyük üyelik derecesine sahip ortaya yakın öğelerin 1 değerini aldığı kabul edildiğinde, diğer değerler 0 ve 1 arasında sürekli değişmektedir. 0 ve 1 arasındaki değişimin, her bir öğe için değerine üyelik derecesi denilmektedir (Baykal ve Beyan, 2004a; Şen,2001). Şekil 3.3'te yamuk şeklinde bir üyelik fonksiyonun kısımları yer almaktadır.



Şekil 3.3 Üyelik fonksiyonu kısımları.

Üyelik dereceleri 1'e eşit olan öğelerin toplandığı alt küme kısmına, o alt kümenin özü denilmektedir ve

$$\mu(x)=1$$

şeklinde ifade edilmektedir. Bir alt kümenin tüm öğelerini içeren aralık dayanak kısmıdır. Dayanakta bulunan her üyenin 0 ve 1 arasında üyelik derecesi vardır.  $A$ 'nın dayanak kümesi,

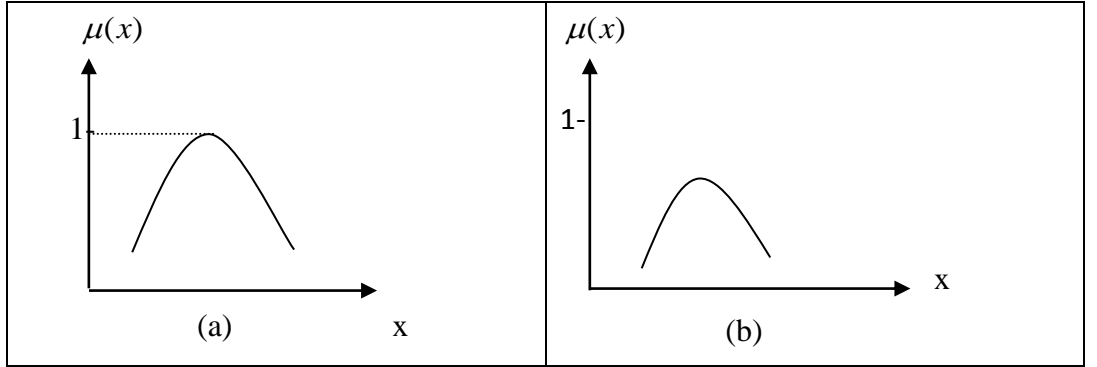
$$\text{Dayanak}(A) = \{x \in X \mid \mu_A(x) > 0\}$$

şeklinde ifade edilmektedir. Üyelik derecesi 0 veya 1'e eşit olmayan öğelerden oluşan kısımlar, sınır veya geçiş bölgeleri olarak adlandırılmaktadır ve

$$0 \leq \mu_A(x) \leq 1$$

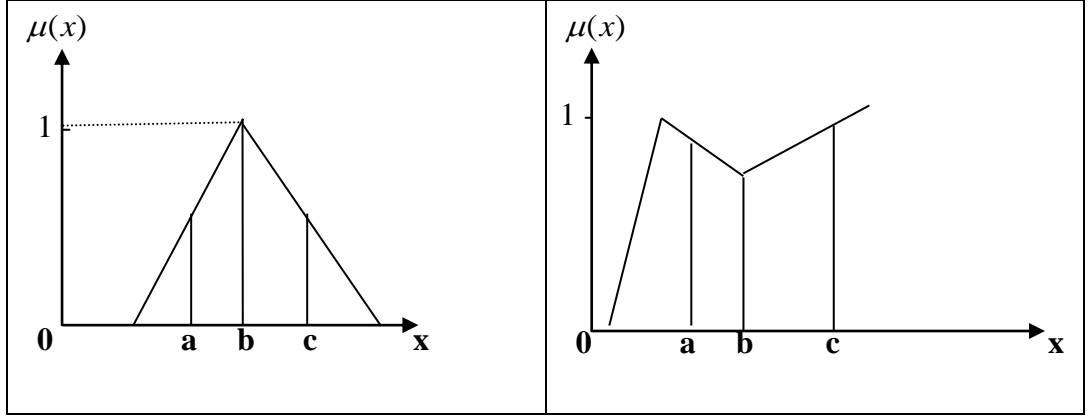
şeklinde ifade edilmektedir.

Üyelik fonksiyonları normallik ve dışbükeylik olmak üzere iki temel özelliğe sahiptirler. Normal bulanık kümelerde en azından bir tane üyelik derecesi 1'e eşit olan küme olmak zorundadır ve bu bulanık kümenin normal olup olmadığının anlaşılmasını sağlar. Şekil 3.4'te normal ve normal olmayan bulanık kümelerin gösterimi yer almaktadır.



Şekil 3.4 Normal (a) ve normal olmayan (b) bulanık kümeler.

Dışbükeylik özelliğinde, dayanak kısmındaki üyelik derecesi 1'e eşit olana kadar sürekli artan, sürekli azalan veya üçgen gibi olması gerekmektedir. Şekil 3.5'te dışbükey ve dışbükey olmayan kümelerin gösterimi yer almaktadır.



Şekil 3.5 Dışbükey (a) ve dışbükey olmayan (b) bulanık kümeler.

Bulanık kümenin dışbükey olabilmesi için, bir kümedeki herhangi iki noktayı birleştiren çizgideki her noktanın bu kümenin elemanı olması gerekmektedir (Baykal ve Beyan, 2004a). Şekil 3.5'te aynı bulanık alt kümede yer alan a, b ve c öğeleri yer almaktadır. Değer sıralaması yapıldığında  $x < y < z$  gibi bir durum kabul edildiğinde ortada yer alan öğenin üyelik fonksiyonu,  $\mu(b) \geq EK[\mu(a), \mu(c)]$  şeklindedir. Burada "EK" en küçükleme işlemi temsil etmektedir. Şöyle ki: b'nin üyelik derecesi, a ve c'nin üyelik derecelerinin en küçüğünden daha büyüktür.

Bir bulanık kümenin üyelik fonksiyonu, belirli bir  $x=c$  noktası için simetrik ise bulanık küme simetriktir denilmektedir ve

$$\mu_A(x+c) = \mu_A(c-x)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

Bulanık kümelerin üyelik fonksiyonlarında üyelik derecesinin 0.5'e eşit olması durumundaki nokta geçiş noktasıdır ve  $\mu_A(x) = 0.5$  şeklinde gösterilmektedir. Bulanık kümelerde yükseklik adı verilen büyüklük, üyelik derecesinin en yüksek olduğu öğelere karşılık gelmektedir. Normal bir bulanık kümenin yüksekliği 1'e eşittir.

#### d) Üyelik Fonksiyonlarına Değer Atama

Bulanık değişkenlerin üyelik fonksiyonu veya değerlerinin belirlenmesinde pek çok yöntem mevcuttur. Literatürde tanımlı başlıca yöntemler sezgi, çıkarım, derece sırası, açısız bulanık kümeler ile çeşitli yapay zeka yöntemleridir (Baykal ve Beyan, 2004a; Ross, 2004; Şen, 2001).

Sezgi yolu ile üyelik değerlerinin atanması insanların kendi zeka ve algılarına dayanan bir yöntemdir. Bu yöntem bir konu hakkında içeriksel ve anlamsal bilgileri ve bu bilgilere ilişkin gerçek dilsel değerleri içermektir. Örneğin bir ineğin süt verimi düşünülecek olursa, burada tanımlanacak “çok yüksek”, “yüksek”, “orta”, “düşük”, “çok düşük” gibi bulanık değişkenlerin eğrileri, bu bulanık değişkenlerin üyelik fonksiyonlarını temsil etmektedir. Verim sınıfları, bu sınıfları hazırlayan uzmanlar veya hazırlanan amaçlar doğrultusunda çeşitlilik gösterebilmektedir. Tümdengelimli akıl yürütme eylemini gerçekleştirmek amaçlı bilgiyi içeren çıkarım yönteminde üyelik fonksiyonları bilinen gerçekler ve bilgi birikiminden oluşturulmaktadır. Derece sırasına üyelik değerlerinin atanmasında oylama veya seçim kavramından yararlanılır. İkili karşılaştırma ve üzerindeki tercih sıralamalarının üyelikleri yapılır. Örneğin beş adet seçenek üzerinden belli miktarda kişi bu seçenekler üzerinde tercih yapmış olsun. A, B, C, D ve E olarak tanımlanan seçeneklerden en fazla tercihi hangisi alırsa onun üyelik derecesi hesaplanan yüzdeler doğrultusunda en yüksek değere sahip olmaktadır.

Üyelik değerlerinin hesaplanmasında karınca kolonisi algortiması, klonal seçim algoritması, tabu arama algoritması, genetik algoritmalar ve yapay sinir ağları gibi yapay zeka yöntemleri araştırmacılar tarafından kullanılmaktadır (Arslan ve Kaya 2001; Bağış, 2003; Jiang et al. 2008; Acılar ve Arslan 2011).

### e) Üyelik Fonksiyonu Tipleri

Uygulamada en fazla kullanılan üyelik fonksiyonu tipleri üçgen, yamuk, çan eğrisi, Gauss, Sigmoidal, S ve  $\text{Pi}(\pi)$  üyelik fonksiyonlarıdır.

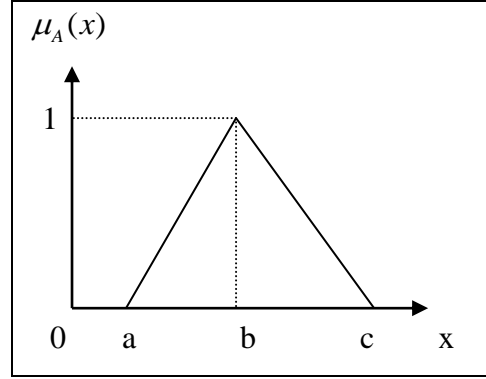
### Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Üçgen üyelik fonksiyonu a, b ve c gibi üç parametre ile,

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

şeklinde ifade edilir. Burada b parametresi bu üyelik fonksiyonunun özünü oluşturmaktadır. Üçgen üyelik fonksiyonunda bir tane öğenin üyelik derecesi 1'e eşit olduğundan dolayı bu fonksiyonun özü 1'e eşit olmaktadır. a ve c

parametreleri arasındaki kısım dayanak kısmıdır (Baykal ve Beyan,2004a; Şen, 2001). Gösterimi Şekil 3.6'da yer almaktadır.



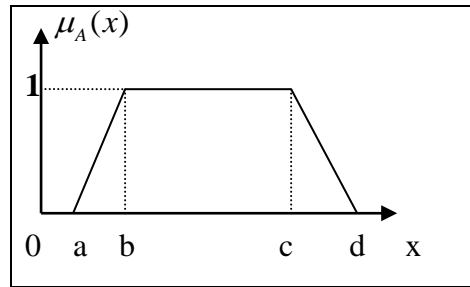
Şekil 3.6 Üçgen üyelik fonksiyonu gösterimi.

### Yamuk Üyelik Fonksiyonu

Yamuk üyelik fonksiyonu a, b, c ve d parametreleri ile tanımlanmakta ve

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

şeklinde gösterilmektedir. a-b ile c-d parametreleri arasında kalan kısımlar fonksiyonun sınırlarını ifade etmektedir. b-c parametreleri arasında kalan kısım ise fonksiyonun özünü oluşturmaktadır (Baykal ve Beyan, 2004a; Görgülü, 2007). Gösterimi Şekil 3.7'deki gibidir.



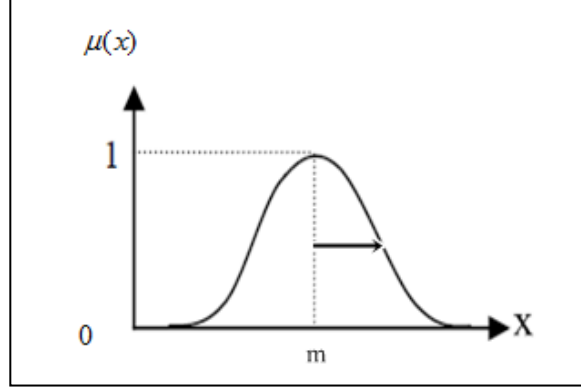
Şekil 3.7 Yamuk üyelik fonksiyonu gösterimi.

### Gauss Üyelik Fonksiyonu

Gauss üyelik fonksiyonu m ve  $\sigma$  parametreleri kullanılarak

$$\mu_A(x; m, \sigma) = \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{x-m}{\sigma} \right)^2 \right] \quad [3.5]$$

eşitliği ile tanımlanır ve Şekil 3.8'deki gibi gösterilir.



Şekil 3.8: Gauss Üyelik Fonksiyonu Gösterimi.

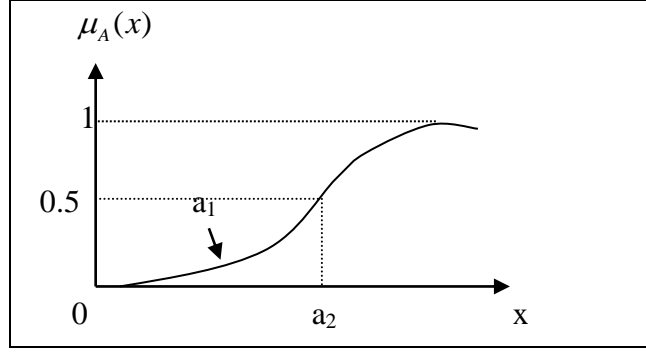
Fonksiyona ait dağılımın merkezi  $m$ , genişliği  $\sigma$  parametresi ile temsil edilir.  $m$  parametresi üyelik fonksiyonunun en yüksek değere ulaştığı yerdir.  $\sigma$  değeri değiştirilerek fonksiyonun biçimi değiştirilebilir.  $\sigma$  küçüldükçe üyelik fonksiyonunun genişliği daralır yani daha sivri bir görünüm kazanır,  $\sigma$  büyüdükçe genişlik artar ve fonksiyon daha yayvan bir görünüme sahip olur (Baykal ve Beyan, 2004a; Ross, 2004).

### Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu

Sigmoidal üyelik fonksiyonu  $a_1$  ve  $a_2$  parametreleri ile,

$$\mu_A(x; a_1, a_2) = \left\{ \frac{1}{1 + e^{-a_1(x-a_2)}} \right\} \quad [3.6]$$

olarak tanımlanır ve Şekil 3.9'deki gibi gösterilir.

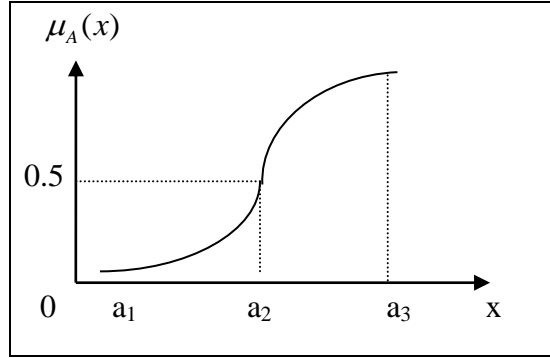


Şekil 3.9 Sigmoidal üyelik fonksiyonu gösterimi .

Fonksiyonda  $a_1$  parametresi eğrinin eğimi,  $a_3$  parametresi üye olma ile olmama arasında bir noktadır ve üyelik derecesi 0.5 dir.

### S Üyelik Fonksiyonu

S üyelik fonksiyonu  $a_1$ ,  $a_2$  ve  $a_3$  parametreleri ile tanımlanmaktadır. Gösterimi şekil 3.10'da yer almaktadır.



Şekil 3.10 S üyelik fonksiyonu gösterimi.

Artış eğiliminde olan bir S üyelik fonksiyonun gösterimi,

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} -\infty < x < a_1 & \text{ise} & 0 \\ a_1 \leq x \leq a_2 & \text{ise} & 2 \left[ \frac{(x - a_1)}{(a_3 - a_1)} \right]^2 \\ \left[ \frac{(a_2 - x)}{(a_3 - a_1)} \right] & \text{ise} & 1 - 2 \left[ \frac{(x - a_2)}{(a_3 - a_1)} \right]^2 \\ a_3 < x < +\infty & \text{ise} & 1 \end{cases} \quad [3.7]$$

şeklinde yazılabilir.

Azalış eğiliminde olan S üyelik fonksiyonunun gösterimi ise,

$$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} -\infty < x < a_1 & \text{ise} & 1 \\ a_1 \leq x \leq a_2 & \text{ise} & 1 - 2[(x - a_1)/(a_3 - a_1)]^2 \\ (a_2 < x \leq a_3) & \text{ise} & 2[(x - a_2)/(a_3 - a_1)]^2 \\ a_3 < x < +\infty & \text{ise} & 0 \end{cases} \quad [3.8]$$

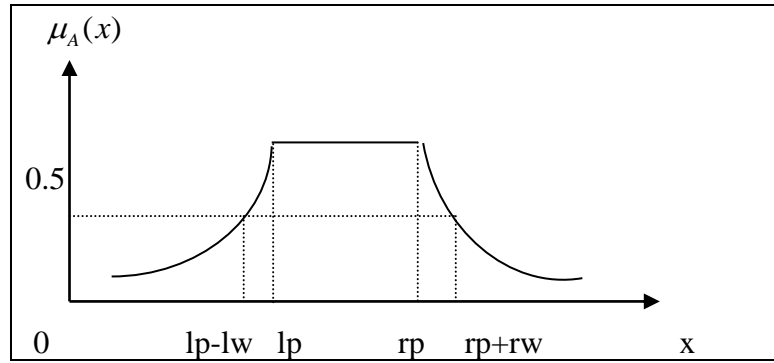
şeklinde yapılmaktadır (Baykal ve Beyan, 2004a; Görgülü, 2007).

### Pi ( $\pi$ ) Üyelik Fonksiyonu

Pi üyelik fonksiyonu dört parametre ( $lw$ ,  $lp$ ,  $rp$ ,  $rw$ ) ile tanımlanmaktadır.  $\pi$  üyelik fonksiyonunda iki taraftan asimptotik olarak sıfır değerine doğru azalma söz konusudur. Pi üyelik fonksiyonu,

$$\mu_A(x; lw, lp, rp, rw) = \begin{cases} x \leq lp & \text{ise} & lw / (lp + lw - x) \\ lp \leq x \leq rp & \text{ise} & 1 \\ x > rp & \text{ise} & rw / (x - rp + rw) \end{cases} \quad [3.9]$$

şeklinde olup,  $lw$  ve  $rw$  değerleri  $lw = lp - ld$  ve  $rw = rd - rp$  olarak tanımlanır. Gösterimi Şekil 3.11'deki gibidir (Baykal ve Beyan, 2004a).



Şekil 3.11 Pi (II) üyelik fonksiyonu gösterimi.

### f) Alfa ( $\alpha$ ) Kesim Kümesi

Bulanık kümelerin en önemli kavramlarından birisi  $\alpha$  kesimi ( ${}^{\alpha}A$ ) ve onun bir türü olan güçlü  $\alpha$  kesimidir ( ${}^{\alpha+}A$ ). Bir bulanık küme,  $X$  evrensel kümesinde,  $A$  ile tanımlandığında  $\alpha$  kesim kümesi,

$${}^{\alpha}A = \{x \in X \mid \mu_A(x) \geq \alpha\}$$

$${}^{\alpha}A = \{x \in X \mid \mu_A(x) > \alpha\}$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Bu eşitliklerde,  $\alpha$  kesim kümesi veya güçlü  $\alpha$  kesim kümesi  $\alpha$ 'nın belirli bir değerinden, büyük eşit veya sadece büyük olan,  $X$  evrensel kümesinin tüm öğelerini içeren  $A$  bulanık kümesindeki üyelik dereceleridir.  $\alpha$   $[0,1]$  aralığında değer almaktadır.  $A$  bulanık kümesinin  $\alpha$  kesiti belirgin bir şekilde  $[0,1]$  aralığında gösterildiğinde  $A$  bulanık kümesinin düzey kümesi tanımlanabilir ve

$$\Lambda(A) = \{\alpha \mid A(x) = \alpha, \alpha \geq 0, x \in X\}$$

eşitliği ile temsil edilir (Klir and Yuan, 1995).

### g) Bulanık Küme İşlemleri

$X$  evrensel kümesinin bütün  $x$  öğeleri (elemanları) için ( $x \in X$ ) temel bulanık işlemler olarak adlandırılan birleşim, kesişim ve tümlenme işlemleri kullanılmaktadır. Tanımlanan bulanık kümelerin  $A$ ,  $B$  ve  $C$  olduğu kabul edilmektedir.

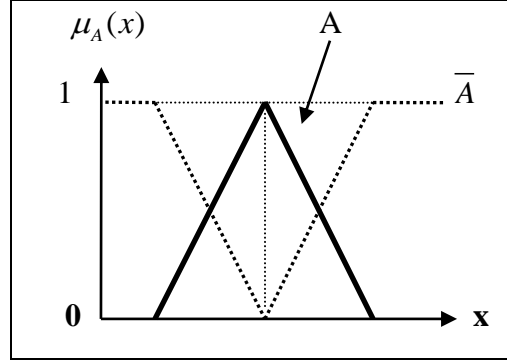
### Tümlenme İşlemi

$A$  bulanık kümesinin değili  $\bar{A}$  şeklinde ifade edilir ve bu ifade  $A$  bulanık kümesinin tümlenmesidir. Tümlenme kümesi "c" adı verilen ve  $c: [0,1] \rightarrow [0,1]$  şeklinde ifade edilen bir fonksiyon ile tanımlanır. Fonksiyon  $c\mu_A(x)$  değeri için, herhangi bir  $A$  bulanık kümesinin her bir  $\mu_A(x)$  üyelik derecesini atamaktadır. Anlamlı bulanık tümlenmenin oluşturulabilmesi için  $c$  fonksiyonunun iki aksiyomu sağlamış olması gerekmektedir. Bunlardan birincisi,  $c(0)=1$  ve  $c(1)=0$  sınır koşuludur. Diğeri ise,  $a$  ve  $b$  ifadeleri  $A$  bulanık kümesindeki  $x$  öğesinin üyelik değerlerini temsil etmektedir ve  $a, b \in [0,1]$  olmak üzere, eğer  $a < b$  ise  $c(a) \geq c(b)$  şeklindedir. Örneğin  $\mu_A(x)=a$  ve  $\mu_A(y)=b$  ve  $x, y \in X$  olarak kabul edildiğinde  $\mu_A(x) < \mu_A(y)$  ise  $c(\mu_A(x)) > c(\mu_A(y))$  şeklinde olmaktadır. Tümlenme işlemi bulanık kümenin öğelerinin üyelik derecesinin 1'e tamamlanması ile gerçekleşmektedir ve

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \text{ veya } c(a) = 1 - a$$

[3.10]

eşitlikleri ile hesaplanabilir (Baykal ve Beyan, 2004a; Klir and Yuan, 1995).



Şekil 3.12 A bulanık kümesinin tümleyen gösterimi.

### Kesişim İşlemi

A ve B gibi iki bulanık kümenin kesişimi,  $i: [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$  şeklinde bir fonksiyon ile tanımlanabilmektedir. İki kümenin ortak elemanlarının kesişim noktalarında üyelik derecelerinin en küçüğü alınmaktadır.  $x \in X$  için A ve B bulanık kümelerinin kesişimi,

$$A \cap B(x) = i[\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

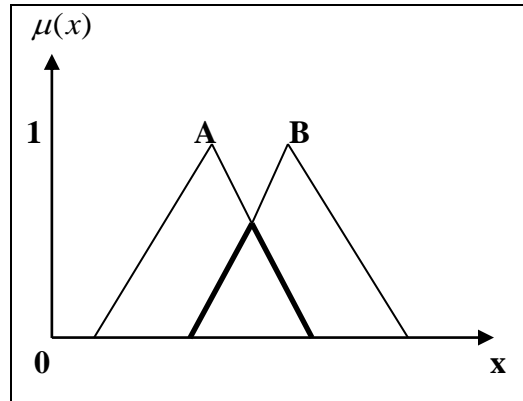
[3.11]

şeklinde ifade edilir. Buradaki üyelik fonksiyonu,

$$\mu_{A \cap B}(x) = i[\mu_A(x), \mu_B(x)]$$

[3.12]

eşitliği ile verilmektedir (Görgülü, 2007; Klir and Yuan, 1995; Zadeh, 1965).



Şekil 3.13 Bulanık kümelerde kesişim işlemi.

## Birleşim İşlemi

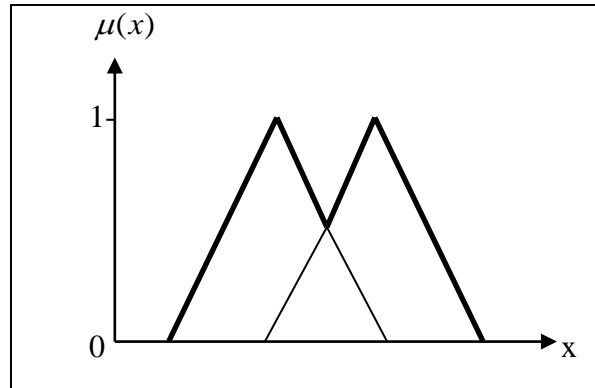
Bulanık birleşim işlemi bulanık kesişim işlemi ile paralellik göstermektedir. Kesişim işleminde olduğu gibi A ve B şeklinde ifade edilen bulanık kümeler için  $u : [0,1] \times [0,1] \rightarrow [0,1]$  şeklinde bir fonksiyon ile tanımlandığında  $x \in X$  için A ve B bulanık kümelerinin birleşimi,

$$A \cup B(x) = u[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad [3.13]$$

olarak gösterilmektedir. Burada bulanık  $A \cup B$  kümesi X evrensel kümesinin bir bulanık altkümesidir. Üyelik fonksiyonu,

$$\mu_{A \cup B}(x) = u[\mu_A(x), \mu_B(x)] \quad [3.14]$$

eşitliği kullanılarak ifade edilmekte ve şekilsel gösterimi Şekil 3.14'te yer almaktadır (Elmas, 2003; Klir and Yuan, 1995).



Şekil 3.14 Bulanık kümelerde birleşim işlemi

## Bulanık Kümelerde Eşitlik

X evrensel kümesinde tanımlı A ve B bulanık kümelerinin her ikisinin de üyelik fonksiyonları aynı ve öğelerin ( $x$ ) üyelik dereceleri birbirine eşit ise A ve B bulanık kümeleri eşittir. Tanımlama  $x \in X$  için,

$$\mu_A(x) = \mu_B(x) \quad [3.15]$$

şeklinde ifade edilir (Elmas, 2003).

## Bulanık Kümelerde İçerilme

$X$  evrensel kümesinde,  $A$  ve  $B$  bulanık kümeleri için,  $A$  bulanık kümesi  $B$  kümesinin altkümesi ise yani  $A$  bulanık kümesinin üyelik dereceleri  $B$  kümesinden küçük veya eşit ise  $x \in X$  için,

$$A \subset B = \mu_A(x) \leq \mu_B(x)$$

[3.16]

şeklinde tanımlanmaktadır (Zadeh, 1965; Klir and Yuan, 1995).

### h) Bulanık Sayılar

Bulanık sayılar dışbükey, normalleştirilmiş, sınırlı sürekli üyelik fonksiyonu olan ve gerçel sayılarda tanımlanmış bir bulanık küme olarak ifade edilmektedir (Baykal ve Beyan, 2004b). Bulanık kuralların öncül ve soncul kısımlarında yer alan yaklaşıklık temsil eden “yaklaşık 3, hemen hemen 7” gibi ifadeler bulanık sayılarca ifade edilirler. Yaklaşıklıkların her biri bir bulanık kümeye karşılık gelir. Bulanık sayılarla yapılacak işlemler normal sayıların hesaplanmasında kullanılan aritmetik işlemler tarafından gerçekleştirilemez. Bu sebeple bulanık küme işlemleri kullanılır (Şen, 2001).

Gerçel sayılar kümesinde ( $R$ ) tanımlanmış bulanık kümelerin üyelik fonksiyonu  $\mu_A : R \rightarrow [0,1]$  şeklinde belirtilmiştir.  $R$  üzerinde tanımlı bir  $A$  bulanık kümesinin bulanık bir sayı olarak nitelendirilebilmesi için, bulanık kümenin normal olması, yani en büyük üyelik derecesinin “1” olması, dışbükey olması,  $\alpha$  kesim kümesinin her  $\alpha$  değeri için  $(0,1]$  aralığında tanımlı olması ve  $A$  bulanık kümesinin desteğinin sınırlı olması gerekmektedir (Klir and Yuan, 1995).

Genel anlamda uygulamalarda üçgen, yamuk ve gauss bulanık sayıları kullanılmaktadır.

### ı) Bulanık Sayılarda Cebirsel İşlemler

Bulanık sayılarda işlemler  $\alpha$  kesimleri veya aralık sayı işlemleri kullanılarak yapılabilir (Baykal ve Beyan, 2004a).

### Toplama İşlemi

A ve B bulanık kümeleri için üçgen sayılarda tanımlanan bölüm 3.2.2.3'de bahsi geçen  $a_1$ ,  $a_2$  ve  $a_3$  değerlerinden  $a_1$  ve  $a_3$  A bulanık kümesinin desteğinin alt ve üst sınırlarını göstermekte ve  $a_2$  tam üyelikli tek değer olmak üzere toplama işlemi,

$$A(+)B = (a_1, a_2, a_3)(+)(b_1, b_2, b_3) = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, a_3 + b_3) \quad [3.17]$$

şeklinde ifade edilmektedir (Baykal ve Beyan, 2004a; Şen, 2001).

### Çıkarma İşlemi

A ve B bulanık kümeleri için çıkarma işlemi,

$$A(-)B = (a_1, a_2, a_3)(-)(b_1, b_2, b_3) = (a_1 - b_3, a_2 - b_2, a_3 - b_1) \quad [3.18]$$

şeklinde ifade edilir. Çıkarma işlemi yapılırken A bulanık kümesinin en küçük elemanı B bulanık kümesinin en büyük elemanından çıkarılıp toplam kümesinin en küçük elemanı elde edilir (Baykal ve Beyan, 2004a; Görgülü, 2007).

### Çarpma İşlemi

$A=[a,b]$  ve  $B=[c,d]$  aralıkları ile tanımlanan iki bulanık kümenin çarpımı,

$$A \times B = [a,b] \times [c,d]$$

$$A \times B = [EK(ac, ad, bc, bd), EB(ac, ad, bc, bd)] \quad [3.20]$$

şeklinde ifade edilmektedir. Bu işlem sonucunda küme öğelerinin en küçüğü (EK) çarpımın alt sınırı, en büyüğü (EB) ise çarpımın üst sınırını göstermektedir (Şen, 2001).

## Bölme İşlemi

$A=[a,b]$  ve  $B=[c,d]$  aralıkları ile tanımlanan iki bulanık kümenin bölümü,

$$A/B=[a,b]/[c,d]$$

$$A/B=[EK\left(\frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d}\right), EB\left(\frac{a}{c}, \frac{a}{d}, \frac{b}{c}, \frac{b}{d}\right)] \quad [3.21]$$

şeklinde tanımlanmaktadır ve bölen sayılar sıfırdan farklı olmaktadır ( $c \neq 0$  ve  $d \neq 0$ ) (Şen, 2001).

### 3.2.3. BULANIK MODELLEME

#### 3.2.3.1 Sistem Kavramı, Modelleme ve Karar Destek Sistemleri

Sistem ve model kavramları bilimsel çalışmaların temel unsurlarındandır. Sistem kavramının farklı araştırmacılar tarafından kendi alanlarına uygun birçok tanımı mevcuttur. En genel hali ile sistem, bir veya daha çok amaca ya da sonuca ulaşmak üzere aralarında ilişkiler olan fiziksel veya kavramsal birden çok bileşenin oluşturduğu bütündür. Neden-sonuç ilişkisinin ötesinde zaman içinde sistemi oluşturan parçalar arasında oluşan karşılıklı etkileşim sistem bütünlüğünü sağlamaktadır. Model kavramı ise, sistemler bütünü olarak görülen ve doğada gerçekleşen olayların belirli bir yönünün çeşitli yöntemlerle ve çeşitli düzeylerde minyatürleştirilmesi şeklinde tanımlanmaktadır. Bir başka ifade ile model gerçeğin basitleştirilmiş temsilidir. Model kurmanın amacı, karar alma sürecini ilerletmek ve kolaylaştırmaktır (Baykal ve Beyan, 2004b; Erpolat, 2007).

İnsanlar karar süreçlerinde ilgilenilen soruna yönelik sonuca ulaşmada çözüm üretirken elde ettikleri sözel ve sayısal bilgileri kullanırlar. Bu bilgiler ışığında oluşturulan birçok model içinden uygun olanın seçilmesi ve uygulamanın gerçekleşmesi süreci karar alma şeklinde tanımlanmaktadır. Amaç çözüme en doğru şekilde ulaşmaktır.

İnsanların, olaylar karşısında gösterdikleri tepkiler ve değer yargıları kişiden kişiye farklılık göstermektedir ve bu karar alma süreçlerinde rasyonel değildir. Karar alma sürecinde seçim yapılacak alternatiflerin sayısı çok fazla

olabilir. Karar alıcı kişinin bu alternatifleri mantıklı bir şekilde değerlendirmesi gerekmektedir. Karşılaşılan olayların karmaşıklığı artıkça daha ileri seviyede bir teknolojiye gereksinim duyulmaktadır. Bilgisayarlar zaman ve maliyet gibi unsurlar göz önünde bulundurulduğunda, hesaplama, öğrenme ve iletişim gibi pek çok farklı açıdan oluşturulan modeller yardımıyla insanlara büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bilim adamları sistemleri, karmaşık halde bulunan gerçek sistemleri inceleyerek ve anlaşılabilir hale getirerek, oluşturulan modeller aracılığıyla açıklamaktadır. Model oluştururken basitlik ve karmaşıklık arasındaki dengenin korunmasında fayda vardır. Modeller gerçeği tam olarak ifade etmezler, aslında gerçekliğin basitleştirilmiş bir taklididirler. Bu noktada çok fazla basitleştirme yapılırsa kritik girdilerin ihmalı ile yanlış sonuçlara gidilmesine neden olunabilir. Çok fazla ayrıntı ise sistemin karmaşıklığını artırır. Modelleme sürecinde en anlamlı sonuçların elde edilmesi hususunda çeşitli araç ve teknikler kullanılmaktadır. Gelişmiş istatistiksel yöntemler, bilgisayar benzeşimi, sistem tanımlamaları ve duyarlılık analizleri bu araçlara örnek teşkil etmektedir (Baykal ve Beyan, 2004b; Turban et al. 2005; Erpolat, 2007).

Karar destek sistemleri modelleme kavramına dayanmaktadır. İnsanlara karar alma süreçlerinde yardımcı olmak amacıyla esnek ve etkileşimli bilgi teknolojilerini kullanan sistemlerdir. Karar destek sistemleri, veri tabanı ile model tabanını bir yazılım sistemi yardımıyla işleyerek, ilgili karar verme probleminin çözümü amacıyla kullanıcı isteklerine göre alternatif çözümlerin oluşturulmasını sağlamaktadır (İç, 2006).

### 3.2.3.2 Bulanık Sistemlerde Modelleme

Doğal dil, sonuca ulaşmada herhangi bir durum veya sorun karşısında bilgi aktarımının en güçlü şeklidir. Doğal dil, akıl görüntüleri ve kavramsal şekillerce gelişir ve sayısal nitelik taşımamaktadır. Gerçek hayattaki sistemlerin içerdiği karmaşıklık, karşılaşılan problemlerde çözüm üretme konusunda kesinlik özelliği taşıyan matematiksel formüllerle yapılan hesaplamaları zamanla yetersiz kılmıştır. İnsanların düşünce yapısındaki sözel verilerin işlenmesinde bulanık mantık kullanılarak oluşturulan sistemler, sözel verilerden sayısal verilere geçişte bir köprü görevi görmektedir. Bulanık sistemler aralık matematiği ve bulanık mantık kullanılarak oluşturulmaktadır (Ross, 2004; Şen, 2001).

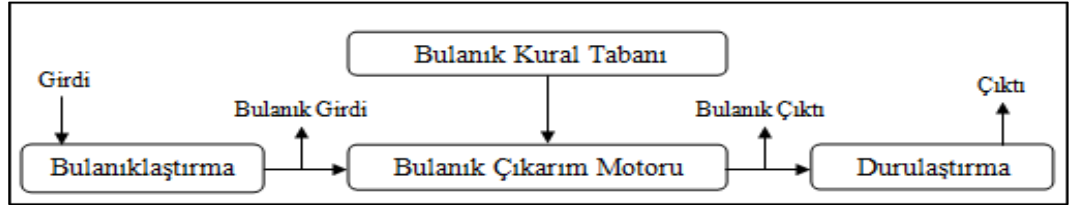
İncelenen sistemlerde bilgiye doğru bir şekilde ulaşmak bazı durumlarda zor, zaman alıcı, hatta imkansız olabilmekte ve sorunlar karşısında çözüm için

klasik matematiksel modeller üretilememektedir ya da oldukça karmaşık olmaktadır. Bu gibi durumlarda bilgiye ulaşmada insan uzmanlardan yardım alınabilmektedir. Alınan bilgiler belirsizlik (bulanıklık) niteliği taşıdığına doğal dili “eğer-o halde” kural yapısı kullanılarak sistemlere tanıtılabilmektedir. Bulanık sistemler eksik ve bulanık bilgilerin işlenmesinde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Baykal ve Beyan, 2004b).

### 3.2.3.3 Bulanık Sistem Yapısı

Bulanık sistemler, bulanık “eğer-o halde” kuralları ile yapılandırılarak oluşturulan bilgi tabanlı sistemlerdir. Doğrusal olmayan bir fonksiyondan bilgi tabanına dönüşen sistematik bir süreç sağlamaktadır (Wang, 1997).

Bulanık sistemler bulanık kural tabanı, bulanık çıkarım motoru (karar verme birimi), bulanıklaştırıcı ve durulaştırıcı olmak üzere dört bileşenden oluşmaktadır. Şekil 3.15’te bulanık bir sistemin genel yapısı görülmektedir.



Şekil 3.15 Bulanık Sistem Yapısı

#### a) Bulanıklaştırma Birimi

Bulanıklaştırma, gerçek bir değeri bulanık bir kümeye dönüştürücü olarak tanımlanmaktadır. Bunun için girdi değişkeni aralığının uygun evrensel kümeye dönüştürülmesi sağlanır ve böylece girdi değerleri uygun sözel değerlere dönüştürülmüş olur. Bulanıklaştırma aşamasında dışarıdan gelen verilerin, sistemin çıkarım mekanizması ile bulanık kural tabanındaki bilgiler kullanılarak, işlenmesi amacıyla ön hazırlıklar yapılmaktadır (Wang, 1997; Elmas, 2003).

#### b) Çıkarım Birimi

Bulanık çıkarım kısmında, bilginin sunumu için kullanılan kural tabanı ile birlikte bir çıkarım mekanizması bulunmaktadır. Bulanık kural tabanında sisteme gelen veriler işlenmeye hazır halde getirildikten sonra “eğer-o halde” şeklinde tanımlı kurallara göre çıkarım mekanizması tarafından işlenmektedir. Burada

değişkenler, üyelik fonksiyonlarının sayısı ve kuralların sayısı yer almaktadır. Tanımlanan bu parametrelere göre yapısal bir öğrenme gerçekleşmektedir. İnsanların karar verme ve çıkarım yapma yeteneklerinin benzeri bir yolla bulanık kavramlar işlenmektedir. Çıkarım elde olan bilgileri kullanarak yeni bilgiler elde etmek olarak tanımlandığına göre, bulanık çıkarım mekanizmasında da var olan girdi değerine göre çıktı değeri belirlenecektir tanımı yapılabilmektedir (Baykal ve Beyan, 2004b; Wang, 1997). Bulanık çıkarım mekanizmasında bilgi çeşitli yöntemler aracılığıyla modellenmektedir. Çıkarım yöntemleri adı verilen bu yöntemler Mamdani yöntemi, Larsen yöntemi, Tsukamoto yöntemi ve Tagaki-Sugeno-Kang yöntemi şeklinde ifade edilmektedir.

### **Mamdani Yöntemi**

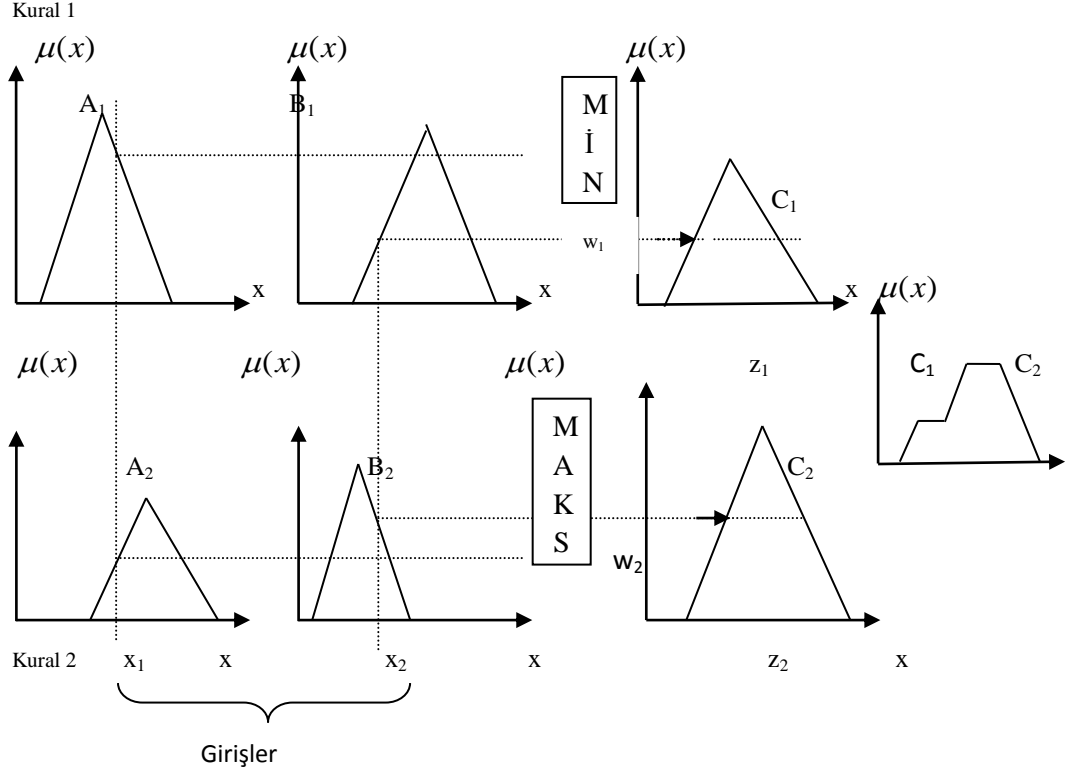
Lotfi Zadeh'in bulanık mantık ile ilgili görüşlerinin ilk uygulaması Mamdani tarafından 1974 yılında gerçekleştirilmiştir. Mamdani çıkarım yöntemi ilk defa bu uygulamada kullanılmıştır. Mamdani bu uygulamada bir buhar makinesinin işleyiş mekanizmasını modellemiş ve böylece bulanık mantığın kullanılabilirliği başarılı bir şekilde kanıtlanmıştır. Bu çalışmanın gerçekleşmesini takip eden süreçte bulanık mantık teknolojisi kullanılarak pek çok tüketici ürünü ve endüstri uygulamaları geliştirilmiştir. Batı toplumlarının klasik mantığa olan bağlılığından dolayı, önceleri bulanık mantık düşüncesi batı ülkelerinde kabul görmemiş, Japonya gibi doğu ülkelerinde daha fazla gelişme imkanı bulmuştur (Zilouchian et al., 2000). Mamdani çıkarım yönteminin şekilsel gösterimi Şekil 3.16'da yer almaktadır. Bu yöntemin kural yapısı,

**Eğer  $x_1=A_1$  ve  $x_2=B_1$  ise o halde  $z_1=C_1$**

**Eğer  $x_1=A_2$  veya  $x_2=B_2$  ise o halde  $z_2=C_2$**

şeklinde gösterilmektedir. Burada  $x_1$  ve  $x_2$  girdi değişkenlerini  $z$  ise çıktı değişkenini temsil etmektedir.  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $A_2$  ve  $B_2$  üyelik fonksiyonları,  $C$  ise her kuralın sonucunda çıkan bulanık sonuç kümesidir.  $w_1$  ve  $w_2$  eşik değerleri “ve” ve “veya” bulanık işlemcilerine göre belirlenmektedir. Eğer “ve” işlemcisi kullanıyor ise bulanık kümelerde kesişim özelliği esasına göre eşik değeri üyelik derecesi en küçük olana eşit olmaktadır, eğer “veya” işlemcisi kullanılıyor ise eşik değeri bulanık kümelerde birleşim işlemi esasına göre en büyük üyelik derecesine eşit olmaktadır. Mamdani çıkarım yönteminde ilk kural “ve” işlemcisi kullanılarak belirlenmiştir ve  $w_1$  eşik değeri bulanık kümelerin en küçük üyelik

derecesine eşittir. İkinci kural ise “veya” işlemcisine göre belirlenmiştir ve  $w_2$  eşik değeri en büyük üyelik derecesine eşit olmaktadır. Bu kuralların uygulanması sonucunda sonuç kümesi bulanık kümelerde birleşim işlemi esasına göre oluşturulmaktadır (Elmas, 2003; Görgülü, 2007; Ross,2004).



Şekil 3.16 Mamdani çıkarım yönteminin gösterimi (Baykal ve Beyan, 2004a; Ross, 2004)

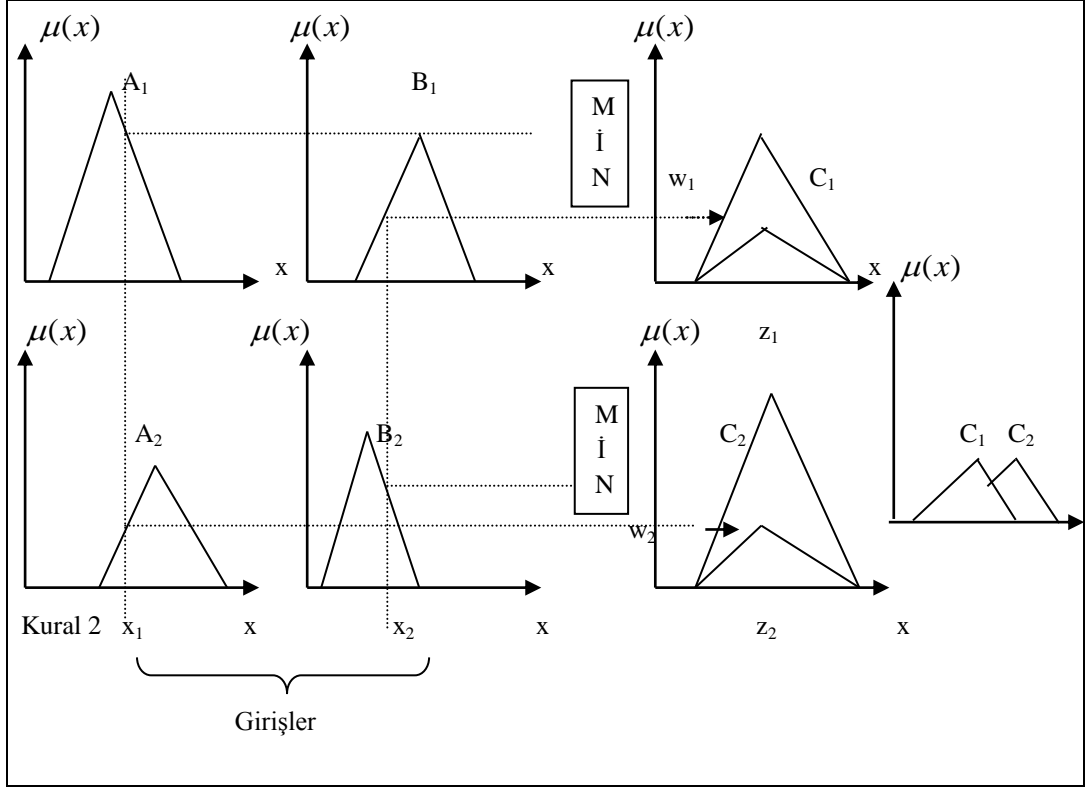
### Larsen Yöntemi

Larsen çıkarım yöntemi, çarpım işlemcisi ile çalışmaktadır. Kural yapısı,

**Eğer  $x_1=A_1$  ve  $x_2=B_1$  ise o halde  $z_1=C_1$**

**Eğer  $x_1=A_2$  ve  $x_2=B_2$  ise o halde  $z_2=C_2$**

şeklinde gösterilmektedir. Burada  $x_1$  ve  $x_2$  girdi değişkenlerini, A ve B ifadeleri bulanık kümeleri ve C bulanık sonuç kümesini temsil etmektedir. Şekilsel gösterimi Şekil 3.17’de yer almaktadır (Baykal ve Beyan, 2004a).



Şekil 3.17 Larsen çıkarım yönteminin şekilsel gösterimi (Baykal ve Beyan, 2004a; Görgülü, 2007).

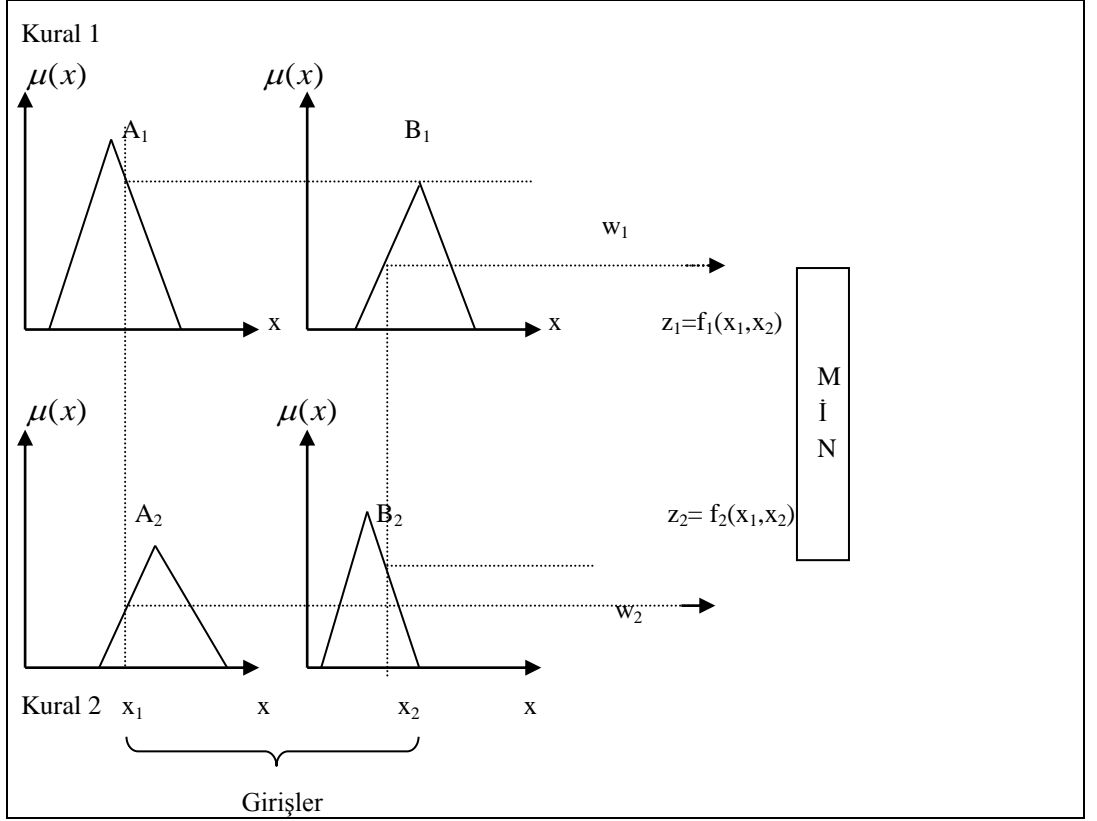
### Takagi-Sugeno-Kang (TSK) Yöntemi

Takagi-Sugeno-Kang çıkarım yöntemi literatürde Sugeno veya TSK yöntemi şeklinde de yer alabilmektedir. TSK çıkarım yönteminde çıktı değişkeni, Mamdani çıkarım yönteminde olduğu gibi bulanık bir küme değil, kesin bir değer veya doğrusal bir fonksiyon şeklindedir (Görgülü, 2007; Ross, 2004). Kural yapısı,

**Eğer  $x_1=A_1$  ve  $x_2=B_1$  ise o halde  $z_1=f(x_1,x_2)$**

**Eğer  $x_1=A_2$  ve  $x_2=B_2$  ise o halde  $z_2=f(x_1,x_2)$**

şeklindedir. Bu kural yapısında A ve B ile temsil edilen ifadeler bulanık kümelerdir. Soncul kısmında ise fonksiyon yer almaktadır. Genellikle  $f(x_1,x_2)$  fonksiyonunda girdi değişkenleri polinomial özelliktedir. Şekilsel gösterimi Şekil 3.18’de yer almaktadır.



Şekil 3.18 TSK çıkarım yönteminin şekilsel gösterimi (Baykal ve Beyan, 2004a; Ross, 2004).

Burada  $x_1$  ve  $x_2$  girdi değişkenleri ile  $w_1$  ve  $w_2$  eşik değerleri kullanılarak elde edilen çıkarım değerleri,

$$z_1 = f_1(x_1, x_2)$$

$$z_2 = f_2(x_1, x_2) \text{ şeklindedir.}$$

Eşik değerleri ise,

$$w_1 = \mu_{A_1}(x_1) \wedge \mu_{B_1}(x_2)$$

$$w_2 = \mu_{A_2}(x_1) \wedge \mu_{B_2}(x_2)$$

olarak gösterilmektedir. Sonuç değerine ağırlıklı ortalama ile belirtilen kurallar için,

$$\text{Sonuç Değeri} = \frac{w_1 \cdot z_1 + w_2 \cdot z_2}{z_1 + z_2}$$

[3.22]

eşitliğinden ulaşılabilmektedir. Sonuç kesin bir değer olduğundan durulaştırma zamanından tasarruf edilmektedir (Baykal ve Beyan, 2004a; Görgülü, 2007; Ross, 2004; Sivanandam et al., 2007).

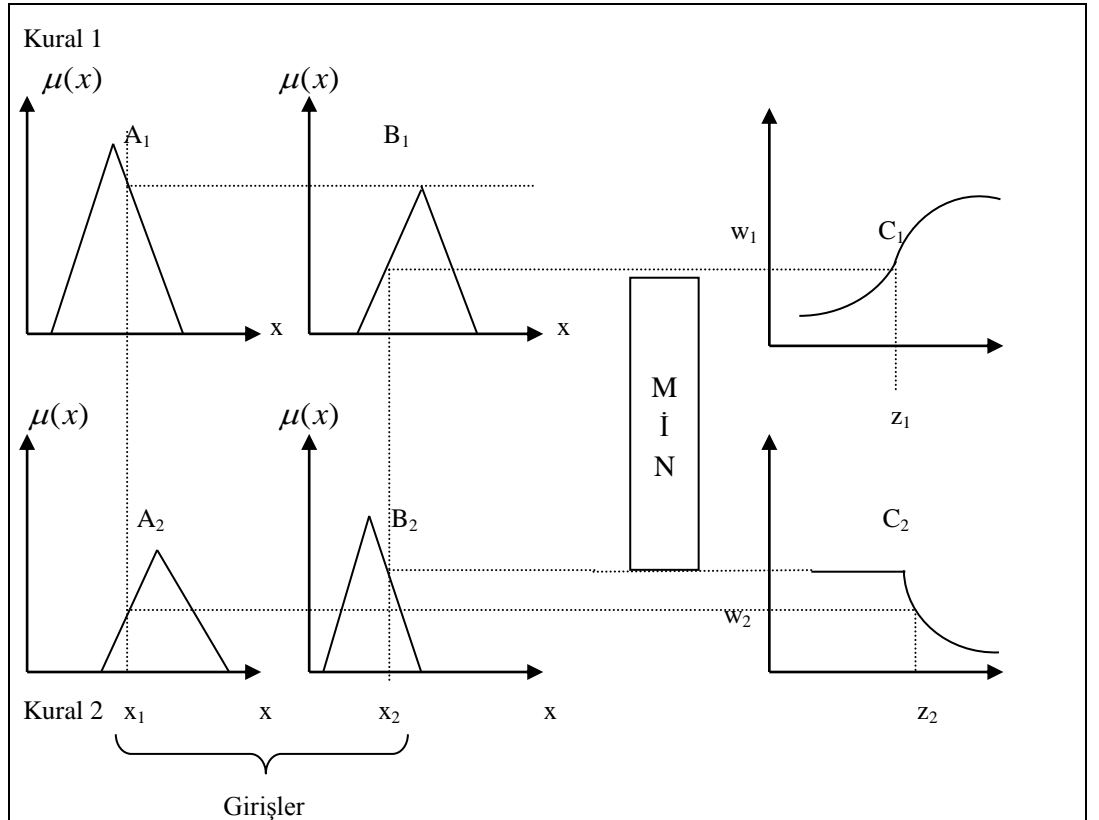
### Tsukamoto Yöntemi

Tsukamoto çıkarım yönteminde birbirini izleyen her bir bulanık kural, monotonik üyelik fonksiyonu ile birlikte bulanık kümelerce temsil edilmektedir. Kural yapısı,

**Eğer  $x_1=A_1$  ve  $x_2=B_1$  ise o halde  $z_1=C_1$**

**Eğer  $x_1=A_2$  ve  $x_2=B_2$  ise o halde  $z_2=C_2$**

şeklinde ifade edilmektedir. Şekilsel gösterimi Şekil 3.19'deki gibidir. Sonuç değeri eşitlik 3.22 ile hesaplanmaktadır. Bu çıkarım yönteminde de her kuralın kesin bir sonucu elde edildiğinden durulaştırmadan zaman kazanılır.



Şekil 3.19 Tsukamoto çıkarım yönteminin gösterimi (Baykal ve Beyan, 2004a; Ross, 2004).

### c) Durulaştırma Birimi

Durulaştırma kısmında, bulanık çıkarım motorunda elde edilen bulanık kümenin kesin bir değere dönüştürülmesi işlemi gerçekleşmektedir. Elde edilen bulanık kümenin, gerçek hayata tekrar uygulanması için sayısal bir değer olması gerekmektedir (Baykal ve Beyan, 2004b; Elmas, 2003).

Bu tez çalışması kapsamında, en büyük üyelik ilkesi, ortalama en büyük üyelik, ağırlıklı ortalama yöntemi, en büyüklerin en küçüğü ve en büyüklerin en büyüğü yöntemleri incelenecektir.

#### En Büyük Üyelik İlkesi

En büyük üyelik ilkesi yöntemi, yükseklik yöntemi olarak da bilinmektedir. Kullanımının gerçekleşmesi için çıkarım biriminde elde edilen bulanık sonuç kümelerinin tepelerinin olmasına ihtiyaç vardır. Çıkarım aşamasında birleşim işlemi neticesinde elde edilen bulanık kümede, en büyük üyelik derecesine sahip olan değer durulaştırılmış değer olmaktadır. Bu değer,

$$\mu_C(y^*) \geq \mu_C(y_i)$$

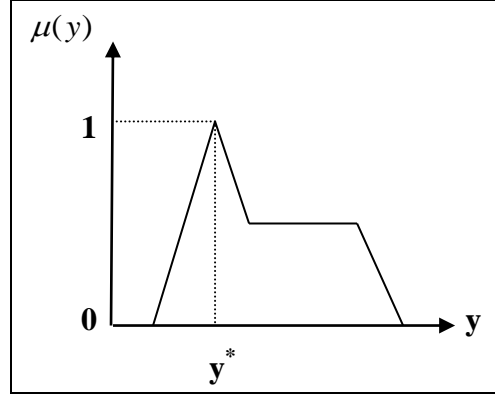
olarak ifade edilmektedir. Burada,

C: Mamdani ve Larsen çıkarım yöntemlerinde elde edilen bulanık sonuç kümesi,

$y_i$ : Bulanık sonuç kümesinin  $i$ 'inci ögesi,

$y^*$ : Durulaştırılmış değerdir (Baykal ve Beyan, 2004a; Şen, 2001).

Şekilsel gösterimi Şekil 3.20'de yer almaktadır.



Şekil 3.20 En büyük üyelik ilkesi yönteminin gösterimi

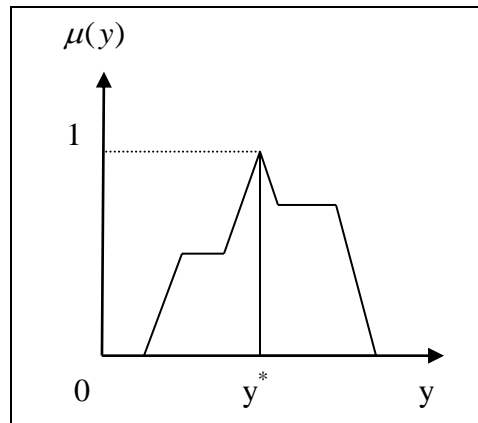
### Ağırlık Merkezi Yöntemi

Ağırlık merkezi yönteminin diğer adı Sentroid yöntemi olarak adlandırılmaktadır. En fazla kullanılan durulaştırma yöntemidir. Durulaştırma değeri,

[3.23]

$$y^* = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot \mu_C(y_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_C(y_i)}$$

olarak ifade edilmektedir. Şekilsel gösterimi Şekil 3.21'deki gibidir (Elmas, 2003).



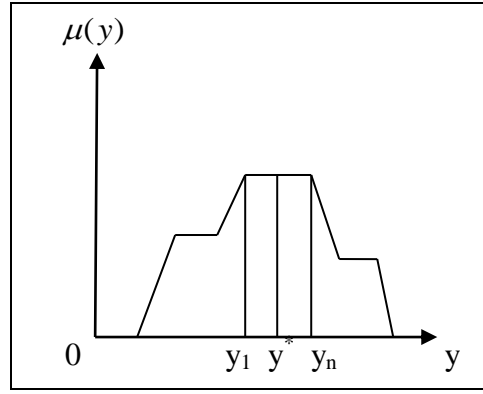
Şekil 3.21 Ağırlık merkezi yönteminin şekilsel gösterimi

### Ortalama En Büyük Üyelik Yöntemi

Ortalama en büyük üyelik yöntemi, en büyük üyelik ilkesi yöntemine oldukça benzemektedir. Bu yöntemde en büyük üyelik derecesi tek bir noktada olmayıp, birden çok en büyük üyeliğe sahip eleman olmaktadır. Durulaştırılmış değer,

$$y^* = \frac{y_1 + y_2 + \dots + y_n}{n} \quad [3.24]$$

şeklinde ifade edilmektedir. Şekilsel gösterimi Şekil 3.22’de yer almaktadır (Elmas, 2003; Görgülü, 2007).



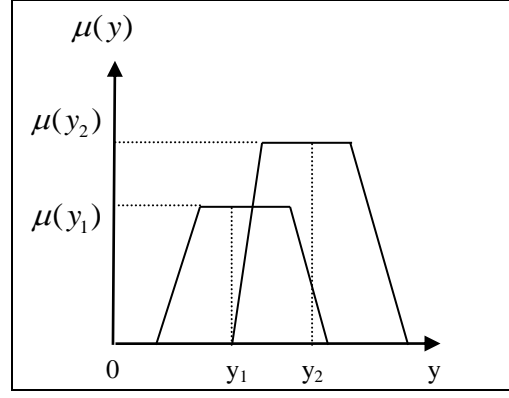
Şekil 3.22 Ortalama en büyük üyelik yöntemi gösterimi

### Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

Ağırlıklı ortalama yönteminin kullanılabilmesi için üyelik fonksiyonun simetriklik özelliğini taşıması gerekmektedir. Durulaştırma değeri,

$$y^* = \frac{y_1 \cdot \mu(y_1) + y_2 \cdot \mu(y_2)}{\mu(y_1) + \mu(y_2)} \quad [3.25]$$

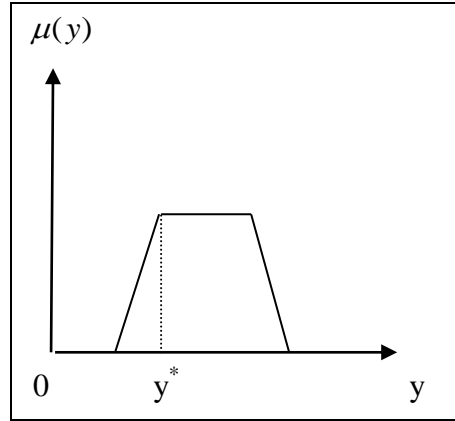
ile hesaplanmaktadır. Şekilsel gösterimi Şekil 3.23’te yer almaktadır. Burada,  $y_1$  ve  $y_2$  değerleri üyelik fonksiyonlarının en büyük derecesini yani üyelik fonksiyonunun merkezini temsil etmektedir (Şen, 2001).



Şekil 3.23 Ağırıklı ortalama yöntemi gösterimi

### En Büyüklerin En Küçüğü Yöntemi

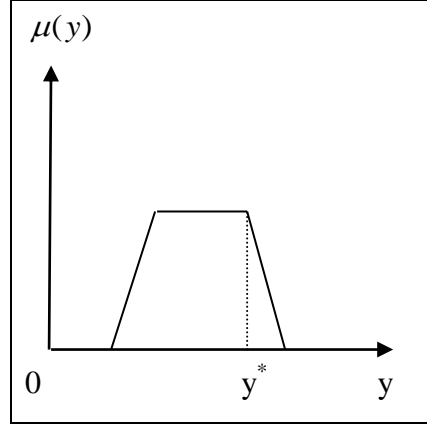
Tüm çıktıların birleşimi olan bulanık sonuç kümesinde en büyük üyelik derecesine sahip olan en küçük bulanık küme değerinin seçilmesi ile hesaplanmaktadır. Şekilsel gösterimi Şekil 3.24'de yer almaktadır (Şen, 2001).



Şekil 3.24 En büyüklerin en küçüğü yöntemi gösterimi

### En Büyüklerin En Büyüğü Yöntemi

En büyüklerin en büyüğü yönteminde, en büyüklerin en küçüğü yönteminin aksine, en büyük üyelik derecesine sahip olan en büyük bulanık küme değeri durulaştırılmış değer olmaktadır. Şekil 3.25'deki gibi gösterilmektedir (Baykal ve Beyan, 2004a).



Şekil 3.25 En büyüklerin en büyüğü yönteminin gösterimi

### 3.3 ÇİĞ SÜT KALİTESİ

#### 3.3.1 Süt Bileşimi

Süt, dişi hayvanların yavrularını beslemek için memelerinden gelen besin değeri yüksek beyaz sıvıdır. Memeli canlıların en önemli besin kaynaklarından birisi süttür. Sütün tarihi 5000 yıl öncesine kadar dayanmaktadır. İnsan hayatına olan olumlu katkıları sayılamayacak kadar fazladır. Sütün içeriğinde bulunan kalsiyum maddesinin bağırsaklarda kanser oluşumuna neden olan bir asidi yok ettiği ve kanserli hücrelerin gelişimini yavaşlattığı, yapılan araştırmalarda kanıtlanmıştır. Beslenme fizyolojisi açısından içeriğindeki fosfor, protein ve riboflavin gibi sütün içeriğindeki temel gıda bileşenleri insanların hayatında önemli bir yere sahiptir. Çizelge 3.2'de Türk Gıda Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş Sütler Tebliği (Tebliğ No: 2000/6)'ne göre süt bileşiminin nasıl olması gerektiği yer almaktadır (Önal, 2005).

Çizelge 3.2 Türk Gıda Kodeksi'ne Göre Çiğ Süt Bileşimi

Hayvan Türü	%Protein m/v en az	Asitlik %süt asiti (m/v)	%Yağ m/v en az	%Yağsız kuru madde m/v en az	Yoğunluk (m/v)	Somatik hücre sayısı (ml'de)	Toplam Bakteri Sayısı (kob/ml)
<b>İnek</b>	2.8	0.135-0.2	3.5	8.5	1.028	≤ 500000	<100 000
<b>Koyun</b>	3.1	0.16-0.35	5.5	10	1.030		
<b>Keçi</b>	2.8	0.15-0.28	4.15	8.5	1.026		
<b>Manda</b>	5.5	0.14-0.22	7	8.5	1.028	≤ 500000	

### 3.3.2 Sütün Miktar ve Bileşimine Etki Eden Etmenler

Süt bileşimine etki eden faktörler kalıtsal ve çevresel olmak üzere iki kısımda incelenmektedir. Kalıtsal etmenler tür, ırk, genetik yapı, vücut büyüklüğü, yaş, laktasyon sayısı, gebelik ve kızgınlık, yavru sayısı, laktasyon dönemleri ve memenin dokusal yapısıdır. Çevresel faktörler mevsim, iklim koşulları, besleme, doğum öncesi kuruda kalma süresi, günlük sağımlık sayısı, sağımlık yöntemi, yavru büyütme yöntemi, hastalık ve sakatlıklar, memedeki kan dolaşımının yoğunluğu ile barındırma ve harekettir (Şengonca ve ark., 2009).

#### a) Kalıtsal Faktörler

Süt bileşimine etki eden kalıtsal faktörlerden bazıları aşağıdaki gibi açıklanmaktadır.

#### **Tür**

Türler arasındaki temel farklılıklar süt verimi ve bileşimine etki etmektedir. İnek, koyun ve keçi hayvanlarında sütün temel bileşenleri olan kuru madde, yağ, su, protein gibi maddeler farklı oranlarda bulunmaktadır. Farklı hayvan türlerinin sütlerinin kimyasal yapıları ve besin değerleri farklılık göstermektedir.

#### **İrk**

Aynı türe giren ırklar arasında süt bileşimi açısından farklılıklar bazı ırkların süt verimi yönünde yetiştirilmesinden kaynaklanabilmektedir. Örneğin, Siyah alaca sığırı ile Hereford sığır ırkı arasında süt verimi ve bileşimi açısından önemli farklılıklar mevcuttur.

#### **Genetik Yapı**

Tür ve ırklar arasında süt verimi ve bileşenleri arasındaki farklılıklar bireyler arasında da mevcuttur. Bireylerin genetik yapılarındaki farklılıklar tek yumurta ikizleri hariç aynı aileden olsalar bile süt verim ve bileşiminde farklılıklara yol açmaktadır (Şengonca ve ark., 2009).

## **Yaş**

Hayvanların yaşlarının ilerlemesi süt bileşiminde varyasyona yol açmaktadır. Yaş ilerledikçe meme dokusu yıpranmakta ve süt hücrelerinin çoğalma hızı yavaşlamaktadır. Yaş değişimi ile birlikte sütteki kuru madde ve yağ miktarları ters orantılı olarak değişmektedir (Önal, 2005; Şengonca ve ark., 2009).

## **Gebelik ve Kızgınlık**

Gebelik ve kızgınlık dönemlerinde salgılanan hormonlar hayvanlarda süt verimi ve bileşimine etkide bulunmaktadır.

## **Laktasyon Dönemleri**

Doğumla birlikte hayvanlardan ağız sütü denilen kıvamlı bir süt salgısı gerçekleşir. Ağız sütünün bileşimi, içeriğindeki yüksek besin değerinden dolayı normal süttten çok farklıdır. Laktasyon dönemi içinde süt verimiyle ters orantılı olarak süt bileşimindeki kuru madde ve yağ oranı değişmektedir (Şengonca ve ark., 2009).

## **Meme Sağlığı**

Mastitis gibi meme hastalıkları süt verimine ve bileşimine önemli derecede etki etmektedir. Enfeksiyon ve salgı bozukluklarından kaynaklı durumlar süt bileşiminde değişimlere yol açmaktadır.

### **b) Çevresel Faktörler**

Süt bileşimine etki eden çevresel faktörlerden bazıları aşağıdaki gibi açıklanmaktadır.

### **Mevsim ve İklim Koşulları**

Sıcaklık artışı hayvanlarda metabolizmada yavaşlamaya neden olmakta ve yem tüketiminde azalmaya yol açmaktadır. Bu nedenle süt verimi yem tüketiminin azalmasıyla düşmektedir. Yapılan araştırmalar çevre sıcaklığının 5<sup>0</sup>-25<sup>0</sup>C arasında en ideal düzeyde olduğunu göstermiştir. Süt bileşimindeki yağ

oranının kış aylarında daha yüksek seviyelerde olduğu bilinmektedir (Şengonca ve ark., 2009; Önal, 2005).

### **Sağımın Etkisi**

Sütteki yağ oranı sağımın başlamasından sonra periyodik bir yükseliş gösterir. Sağılan süt miktarı sağım başladıktan sonra belli bir düşüş sergiler ve sağımın sonlarına doğru artar (Demirci, 1996; Önal'dan, 2005).

### **3.3.3 Çiğ Süt Kalite Kriterleri**

Çiğ süt kalitesi, sütün kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin tespiti ile belirlenebilmektedir (Kesenkaş ve Akbulut, 2010).

### **Kimyasal Özellikler**

Çiğ süt kalite tespitinde kullanılan kimyasal özelliklerden bazıları pH miktarı, asitlik dereceleri, yağ, kuru madde ve protein miktarı şeklindedir. Bu özelliklerden asitlik derecesinin belirlenmesi sağımdan işleneceği ana kadar soğukta saklanıp saklanmadığı, ısıl işlemlere dayanıklılığı, su içeriği ve mastitis tespiti için önem teşkil etmektedir. Asitlik derecesinin 5'in altında bir seviyede bulunması mikrobiyal faaliyetlere yol açmakta ve süt kalitesini olumsuz etkilemektedir (Kesenkaş ve Akbulut, 2010).

### **Mikrobiyolojik Özellikler**

Mikrobiyolojik analizler süt içerisinde bakterilerin gelişimi hakkında bilgiler vermektedir. Çiğ süt biyokimyasal yapısı ve içeriğindeki yüksek su miktarı nedeniyle mikroorganizmaların üremesine müsait bir yapıdadır. Bu durum süt kalitesi ve sütün hijyenik özelliklerinin belirlenmesinde önemli bir faktör olarak görülmektedir (Kesenkaş ve Akbulut, 2010; Üzüm, 2006). Süt bileşiminde yer alan toplam bakteri sayısı ve somatik hücre sayısı mikrobiyolojik özelliklerdendir.

### **3.3.4 Çiğ Kalitesinin Önemi**

Çiğ süt kalitesi hem üretici hem de tüketici açısından önemli bir konudur. Üreticiler açısından çiğ süt kalitesindeki düşüş, peynir ve yoğurt gibi süt

ürünlerini de olumsuz etkilemektedir. İşletmeler için örneğin somatik hücre sayısının fazla oluşu peynir altı suyu protein miktarının artmasına, kazein miktarının azalmasına ve böylece peynir miktarının önemli ölçüde düşmesine neden olmaktadır. Mikroorganizma sayısındaki artış ise ürünlerin raf ömrünü kısaltmaktadır (Koç ve ark. 2009).

Çiğ süt kalite kriterleri kullanılarak hayvan sağlığı açısından bir değerlendirme yapmak mümkündür. Örneğin somatik hücre sayısı, hayvanın meme sağlığı ve sağılan sütün kalitesinin belirlenmesinde kullanılabilir. Somatik hücre sayısı mastitis gibi hastalıkların tespitinde oldukça önemli bir yere sahiptir.

#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMALAR

Türk Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş Sütler Tebliği (Tebliğ No: 2000/6)'ne göre çiğ süt kalite standartlarında yer alan sütün mikrobiyolojik ve kimyasal özellikleri ölçülen veriler, bulanık mantık terimleri ve karar destek sistemi yapısına göre oluşturulan kural tabanı bağlantıları ile yeniden biçimlendirilmiştir. Belirli bir sınır seviyesinde yer alan çiğ süt standartları klasik mantık yapısında olduğu gibi ve Çizelge 3.2'de görüleceği üzere belirtilen seviyenin sadece altında veya üzerinde olma durumundadır. Oysa bulanık mantık bu seviyeleri genelleştirerek daha gerçekçi bir yaklaşım sergilemektedir. Burada amaç veri setinde yer alan çiğ süt örneklerine ait mikrobiyolojik ve kimyasal analiz sonuçlarını değerlendirerek bulanık bir sistem geliştirmektir.

Çalışma materyali olan veri setinde yer alan kuru madde, yağ, pH, SH, protein, toplam bakteri sayısı, somatik hücre sayısı değişkenleri kalite belirlenmesinde kullanılabilir. Bu tez çalışması kapsamında somatik hücre sayısı, toplam bakteri sayısı, protein ve yağ miktarları girdi değişkeni olarak alınmıştır. Çok fazla girdi değişkeni kullanımı “eğer-o halde” kurallarının yazımında zorluklarla karşılaşılmasına ve sistemin işleyişinde çeşitli aksaklıklara neden olabilmektedir.

Bulanık sistem tasarımının ilk adımı bulanıklaştırmadır. Bulanıklaştırma, seçilen parametrelerin üyelik fonksiyonlarına uygun düşen bir değere dönüştürülmesi anlamı taşımaktadır. Bulanıklaştırma işlemine geçilmeden önce seçilen parametrelerin kalite sınıflarının ve sınıf aralıklarının belirlenmesi gerekmektedir.

##### Uygulama 1

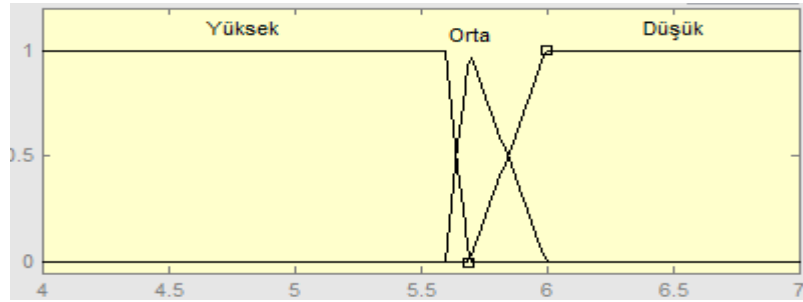
Çalışma kapsamında gerçekleştirilen ilk uygulamada toplam bakteri sayısı, somatik hücre sayısı ve protein girdi değişkenleri kullanılmıştır. Çizelge 4.1'de toplam bakteri sayısı, somatik hücre sayısı ve protein olarak belirlenen girdi değişkenlerinin kalite sınıfları ve sınıf aralıkları yer almaktadır. Burada sınıflar örtüşmeli şekilde hazırlanmalı yani belirli oranlarda iç içe girmelerine izin verilmelidir. Bu sınıf aralıkları uzman bilgisi ve Türk Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş Sütler Tebliğinde yer alan kesin değerler ışığında belirlenmiştir.

Çizelge 4.1 Girdi değişkenlerine ait kalite sınıf aralıkları

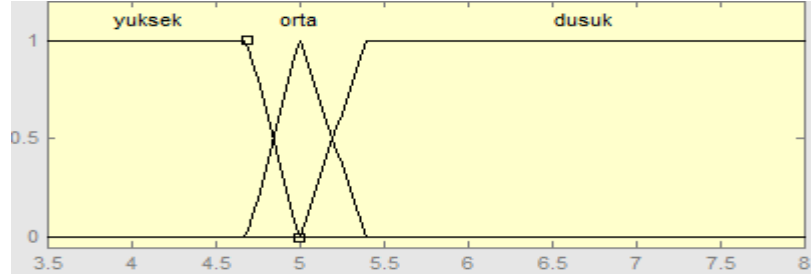
Kalite Sınıfları	Somatik Hücre Sayısı (SHS)	Toplam Bakteri Sayısı (TBS)	Protein(%)
Düşük	$x > 500,000$	$x > 100,000$	$x < 2.8$
Orta	$400,000 \leq x \leq 1,000,000$	$50,000 \leq x \leq 250,000$	$2.5 \leq x \leq 4.5$
Yüksek	$x < 500,000$	$x < 100,000$	$x > 2.8$

Bulanıklaştırma aşamasında belirlenen sınıf aralıkları ve üyelik fonksiyonları ile somatik hücre sayısı girdi değişkenine ait dilsel ifadeler 500,000'den büyük değerleri için düşük kaliteli, 400,000 ve 1,000,000 arası değerler için orta kaliteli ve 500,000'den küçük değerler için yüksek kaliteli şeklindedir. Toplam bakteri sayısı ve protein için de benzer tanımlamalar yapmak mümkündür. Hesaplamalar somatik hücre sayısı ve toplam bakteri sayısının logaritması alınarak yapılmıştır.

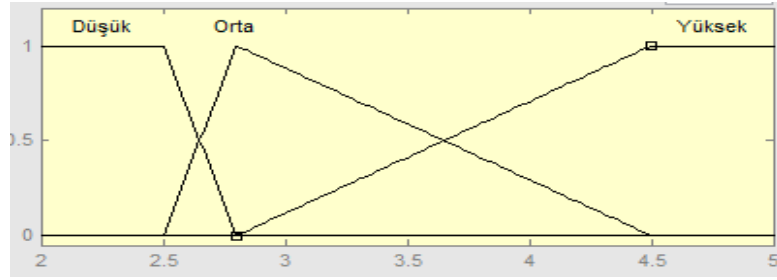
Bu tez çalışması kapsamında üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Şekil 4.1'de somatik hücre sayısı, Şekil 4.2'de toplam bakteri sayısı, Şekil 4.3'de protein miktarı girdi değişkenlerine ait üyelik fonksiyonlarının gösterimi yer almaktadır. Şekil 4.4'de ise çiğ süt kalite değişkenine ait çıktı fonksiyonu yer almaktadır.



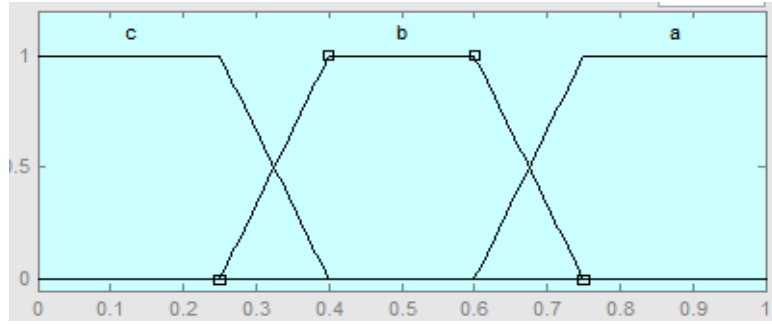
Şekil 4.1 Somatik hücre sayısı üyelik fonksiyonu



Şekil 4.2 Toplam bakteri sayısı üyelik fonksiyonu



Şekil 4.3 Protein üyelik fonksiyonu



Şekil 4.4 Çiğ süt kalite değişkeni

Bulanıklaştırma aşamasında üyelik fonksiyonlarının altküne sayıları ve x eksenindeki konumlarının belirlenmesinin ardından çıkarım aşamasına geçilmektedir. Bu çalışma kapsamında Mamdani çıkarım yöntemi kullanılmaktadır. Bulanık mantık yönteminde çıkarım aşamasında bilginin sunumu için kural tabanı oluşturulmaktadır. Çizelge 4.2'de kullanılan girdi değişkenleri için oluşturulan kural tablosu yer almaktadır. Bu kural tablosunda 27 adet “eğer-o halde” kuralı bulunmaktadır. Burada “Y” yüksek miktarda, “D” düşük miktarda, “O” orta miktarda anlamına gelmektedir. Kuralların sonucu kalite kararını bildirmektedir.

Çizelge 4.3'te, 50 adet çiğ süt örneğinin kalite değerlendirmesi için bulanıklaştırma aşamasında oluşturulan üyelik fonksiyonları ile bulanık “eğer-o

halde” kuralları kullanılarak tasarlanan karar destek sisteminin kararları ve uzman kişinin kararları yer almaktadır. Oluşturulan sistemde durulaştırma yöntemi olarak ağırlık merkezi yöntemi (Sentroid) kullanılmıştır.

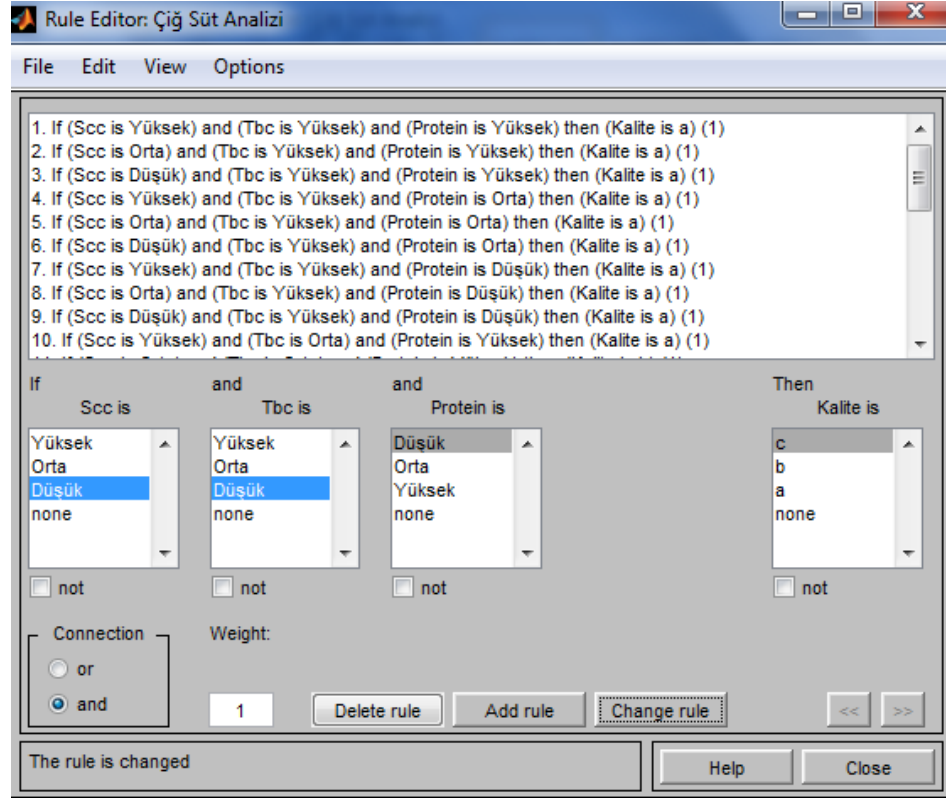
Çizelge 4.2 Birinci uygulama bulanık kural tablosu

1	Eğer	Tbc	Y	Ve	Scç	Y	Ve	Protein	Y	O halde	Düşük
2	Eğer	Tbc	Y	Ve	Scç	O	Ve	Protein	Y	O halde	Düşük
3	Eğer	Tbc	Y	Ve	Scç	D	Ve	Protein	Y	O halde	Düşük
4	Eğer	Tbc	Y	Ve	Scç	Y	Ve	Protein	O	O halde	Düşük
5	Eğer	Tbc	Y	Ve	Scç	O	Ve	Protein	O	O halde	Düşük
6	Eğer	Tbc	Y	Ve	Scç	D	Ve	Protein	O	O halde	Düşük
7	Eğer	Tbc	Y	Ve	Scç	Y	Ve	Protein	D	O halde	Düşük
8	Eğer	Tbc	Y	Ve	Scç	O	Ve	Protein	D	O halde	Düşük
9	Eğer	Tbc	Y	Ve	Scç	D	Ve	Protein	D	O halde	Düşük
10	Eğer	Tbc	O	Ve	Scç	Y	Ve	Protein	Y	O halde	Düşük
11	Eğer	Tbc	O	Ve	Scç	O	Ve	Protein	Y	O halde	Orta
12	Eğer	Tbc	O	Ve	Scç	D	Ve	Protein	Y	O halde	Orta
13	Eğer	Tbc	O	Ve	Scç	Y	Ve	Protein	O	O halde	Orta
14	Eğer	Tbc	O	Ve	Scç	O	Ve	Protein	O	O halde	Orta
15	Eğer	Tbc	O	Ve	Scç	D	Ve	Protein	O	O halde	Orta
16	Eğer	Tbc	O	Ve	Scç	Y	Ve	Protein	D	O halde	Orta
17	Eğer	Tbc	O	Ve	Scç	O	Ve	Protein	D	O halde	Orta
18	Eğer	Tbc	O	Ve	Scç	D	Ve	Protein	D	O halde	Orta
19	Eğer	Tbc	D	Ve	Scç	Y	Ve	Protein	Y	O halde	Orta
20	Eğer	Tbc	D	Ve	Scç	O	Ve	Protein	Y	O halde	Yüksek
21	Eğer	Tbc	D	Ve	Scç	D	Ve	Protein	Y	O halde	Yüksek
22	Eğer	Tbc	D	Ve	Scç	Y	Ve	Protein	O	O halde	Orta
23	Eğer	Tbc	D	Ve	Scç	O	Ve	Protein	O	O halde	Yüksek
24	Eğer	Tbc	D	Ve	Scç	D	Ve	Protein	O	O halde	Yüksek
25	Eğer	Tbc	D	Ve	Scç	Y	Ve	Protein	D	O halde	Orta
26	Eğer	Tbc	D	Ve	Scç	O	Ve	Protein	D	O halde	Yüksek
27	Eğer	Tbc	D	Ve	Scç	D	Ve	Protein	D	O halde	Yüksek

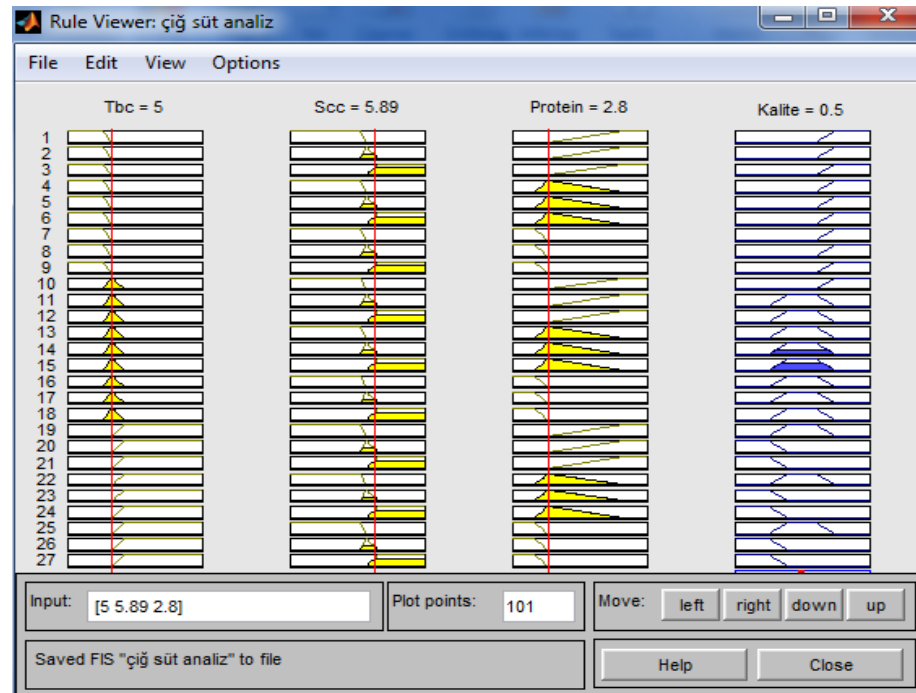
Çiğ süt örneklerinin kalite değerlendirmelerini gerçekleştirmek amacıyla yapılan modelleme Matlab ( sürüm R2010b) paket programında yer alan bulanık mantık araç kutusu ile gerçekleştirilmiştir. Bu programda üyelik fonksiyonları modellenmiş ve çıkarım kuralları oluşturulmuştur. Şekil 4.5’te Matlab programında yer alan bulanık mantık araç kutusunda kural penceresi yardımı ile oluşturulan bulanık kuralların genel görünümü yer almaktadır. Şekil 4.6’da Matlab programında bulanık kuralların şekilsel gösterimleri bulunmaktadır. Tbc, Scç ve protein girdi değişkenleri sol üç sütunda. en sağ sütunda ise çiğ süt örneklerinin kalitesini temsil eden çıktı değişkeni görülmektedir.

Çizelge 4.3 Çiğ süt örneklerine ait veri seti ve karar destek sistemi kararlar

TBS (kob/ml)	SHS (adet/ml)	Protein (%)	Sistem Kararı	Uzman Kararı
7.03	5.76343	3.74	D	D
7.22	5.88081	3.29	D	D
4.95	5.51851	3.22	O	O
7.4	5.74036	3.33	D	D
7.3	5.90849	2.97	D	D
4.26	5.04139	3.26	Y	Y
4.57	4.89209	3.21	Y	Y
6.19	5.32325	3.3	O	D
6.63	5.66652	3.34	D	D
6.65	5.22531	3.26	O	D
7.23	5.19312	3.5	O	D
5.3	5.82866	3.23	D	D
6.11	5.32015	3.48	O	D
5	6.15625	3.35	O	O
5	6.43917	2.67	O	D
5.18	5.1038	3.33	Y	Y
5.32	5.07555	3.32	O	O
5.28	5.17319	3.32	O	O
6.65	6.27184	3.22	D	D
6.83	6.31597	3.42	D	D
5.6	5.93247	3.15	D	D
6.36	5.81558	3.24	D	D
5.95	6.08135	3.47	D	D
7.04	5.88536	3.29	D	D
6.23	5.97313	3.52	D	D
6.3	6.19312	3.44	D	D
5.7	5.9058	3.02	D	O
6.03	5.90037	2.67	D	O
6.02	5.88649	2.99	D	D
5.93	5.93852	3.19	D	D
5.57	5.90037	3.19	D	O
5.05	6.03941	3.22	O	O
4.84	5.94547	3.18	Y	Y
5.16	5.89376	3.29	O	O
5.26	6.02407	3	O	O
4.92	6.31218	2.92	O	O
5.93	6.31744	2.94	D	D
5.79	6.0461	3.12	O	O
5.77	6.0103	3.14	D	D
5.76	5.85491	3.08	O	O
5.96	5.93651	3.04	O	O
5.09	5.81823	3.1	O	O
4.48	5.71096	3.02	Y	Y
4.73	5.97543	2.78	Y	Y
5.08	5.91328	2.78	O	O
4.15	6.14922	3.1	Y	Y
4.93	5.96095	3.17	O	Y
4.36	6.31175	2.65	Y	O
4.83	6.27184	3.2	Y	Y
5.79	6.31597	3.27	D	D



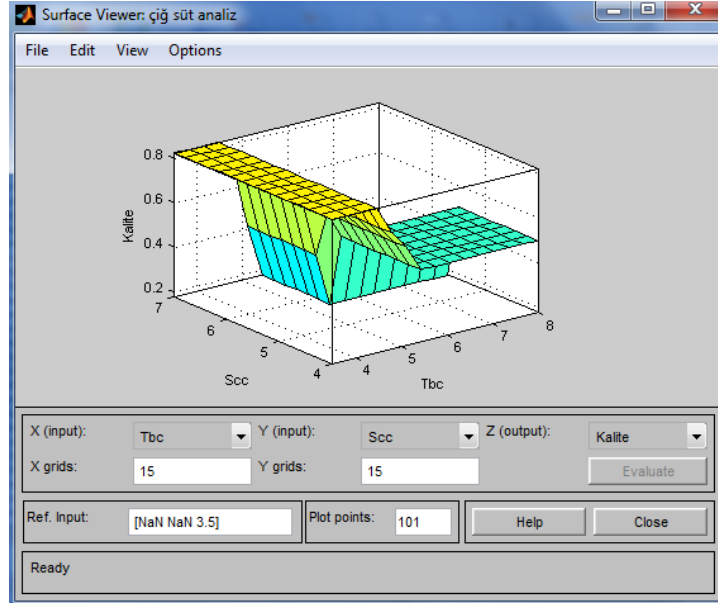
Şekil 4.5 Matlab bulanık mantık araç kutusunda Eğer-O halde kurallarını



Şekil 4.6 Matlab kural gösterim penceresi

Şekil 4.6 incelendiğinde sonucu öngörülme istenen giriş parametreleri Scc 6, Tbc 5 ve protein 3.5 olarak pencerenin input kısmına yazıldığında, durulaştırma

işlemi neticesinde çıktı değerinin 0.5 olduğu görülebilmektedir. Uzman kişi ile oluşturulmuş Çizelge 4.2’de yer alan bulanık kural tablosu incelendiğinde yazılan giriş parametreleri kural 14’ü etkilemektedir. Bu kuralın sonucunda yer alan ifade çığ süt örneğinin orta kalitede olduğunu belirtmektedir. Matlab programında gerçekleştirilen analiz sonucunda da çıktı değerinin 0.5 olarak elde edilmesi, söz konusu örneğin orta kalite sınıfında yer aldığını göstermektedir. Şekil 4.7’de Matlab programında kuralların yüzey gösterim penceresi yer almaktadır.



Şekil 4.7 Matlab programında yüzey gösterim penceresi

Tbc=5, Scc=5.69, protein=2.8 girdi değerleri için durulaştırma değerinin program yardımı olmadan elde edilişi ve yapılan işlemler aşağıda yer almaktadır.

Verilen değerler bulanık kural tablosunda sadece kural 14’ü etkilemektedir. Scc değişkeni Şekil 4.1 incelendiğinde “1” üyelik derecesi ile orta kalite sınıfında yer almaktadır ve gösterimi,

$$\mu_{\text{orta}}(5.69)=1$$

şeklinde yapılmaktadır. Tbc değişkeni Şekil 4.2’de “1” üyelik derecesi ile orta kalite sınıfında yer almaktadır ve gösterimi,

$$\mu_{\text{orta}}(5) = 1$$

şeklinde. Protein değişkeni 2.8 olarak verilmiştir ve Şekil 4.3 incelendiğinde orta kalite sınıfında yer aldığı görülebilmektedir. Üyelik derecesi,

$$\mu_{orta}(2.8)=1$$

şeklinde ifade edilmektedir. Söz konusu girdi değişkenlerinin üyelik dereceleri, çalışmanın yöntem kısmında anlatılan, üçgen üyelik fonksiyonları yardımıyla hesaplanabilmektedir. Tbc=5, Scc=5.69 ve protein=2.8 girdi değerleri için üç girdi değişkeninin de üyelik derecesinin “1” olduğu Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’te rahatça görülebilmektedir.

Bulanık kurallara ait eşik değerlerinin, bulanık kümelerde kuralların “ve” bağlacı ile bağlanması ve kesişim işlemi esasına göre ifadesi,

$$w_{14} = \min \{ \mu_{orta}(5.69), \mu_{orta}(5), \mu_{yüksek}(2.8) \}$$

$$w_{12} = \min \{ 1, 1, 1 \} = 1$$

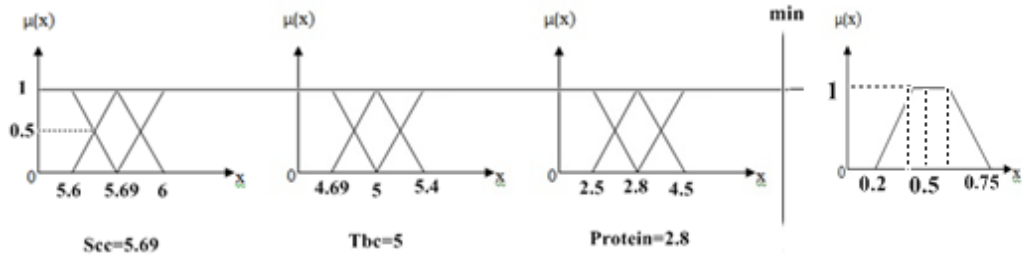
eşitlikleri ile gösterilmektedir.

Durulaştırılmış kesin çıktı değerini ( $y^*$ ) elde etmek için ağırlık merkezi yöntemi kullanılmıştır ve hesaplaması,

$$y^* = \frac{\sum_{i=1}^n y_i \cdot \mu_C(y_i)}{\sum_{i=1}^n \mu_C(y_i)} = \frac{(0.25 * 0) + (0.4 * 1) + (0.5 * 1) + (0.6 * 1) + (0.75 * 0)}{0 + 1 + 1 + 1 + 0}$$

$$y^* = 0.5$$

şeklinde olmaktadır.



Şekil 4.8 Girdi değişkenlerinin etkilediği kural görünümü

Şekil 4.8’de girdi değişkeni değerlerinin etkilediği kural 14’ün Mamdani çıkarım yöntemi ile oluşturulan şekilsel görünümü yer almaktadır. Burada program yardımı olmadan 0.5 olarak hesaplanan çıktı değeri, Matlab programının

elde ettiği sonuç ile aynı değerdedir. Sonuçlar Scc 5.69, Tbc 5 ve protein değeri 2.8 olan bir çiğ süt örneğinin orta kaliteli sınıfta yer aldığını göstermektedir.

50 adet çiğ süt örneğinin kalite sınıflarını belirlemek amacıyla oluşturulan karar destek sistemi %80 oranında başarı göstermiştir. Uzman kararı ve sistem kararları karşılaştırıldığında 10 adet çiğ süt örneğinin sapma gösterdiği Çizelge 4.3'te görülmektedir. Veri setindeki örneklerde çiğ süt kalitesini etkileyen en önemli değişkenin toplam bakteri sayısı olduğu belirlenmiştir. Sistem ve uzman kararlarındaki uyumsuzluğun aşırı derecede bakteri ve somatik hücre sayısına bağlı olduğu düşünülmektedir. Yapılan analizde karar destek sisteminin sahip olduğu %80 oranında başarı bu yöntemin hayvancılık alanındaki çalışmalarda güvenle kullanılabileceğini göstermektedir.

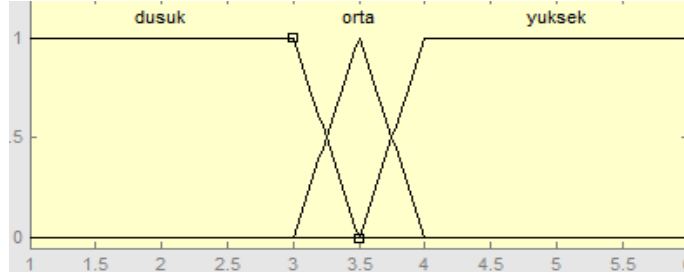
## Uygulama 2

Çalışma kapsamında yapılan ikinci analizde girdi değişkenleri Tbc, Scc ve Yağ miktarı olarak belirlenmiştir. Analizin bulanıklaştırma işlemini gerçekleştirmek üzere uygulamaya ait girdi değişkenlerinin kalite sınıf aralıkları Çizelge 4.4'te yer almaktadır.

Çizelge 4.4 İkinci uygulama kalite sınıf aralıkları

Kalite Sınıfları	Somatik Hücre Sayısı (SHS)	Toplam Bakteri Sayısı (TBS)	Yağ(%)
Düşük	$x > 500,000$	$x > 100,000$	$x < 3.5$
Orta	$400,000 \leq x \leq 1,000,000$	$50,000 \leq x \leq 250,000$	$3 \leq x \leq 4$
Yüksek	$x < 500,000$	$x < 100,000$	$x > 3.5$

Somatik hücre ve toplam bakteri sayısı girdi değişkenlerinin üyelik fonksiyonları gösterimi Şekil 4.1 ve Şekil 4.2'de, yağ girdi değişkenini temsil eden üyelik fonksiyonları ise Şekil 4.9'da yer almaktadır.

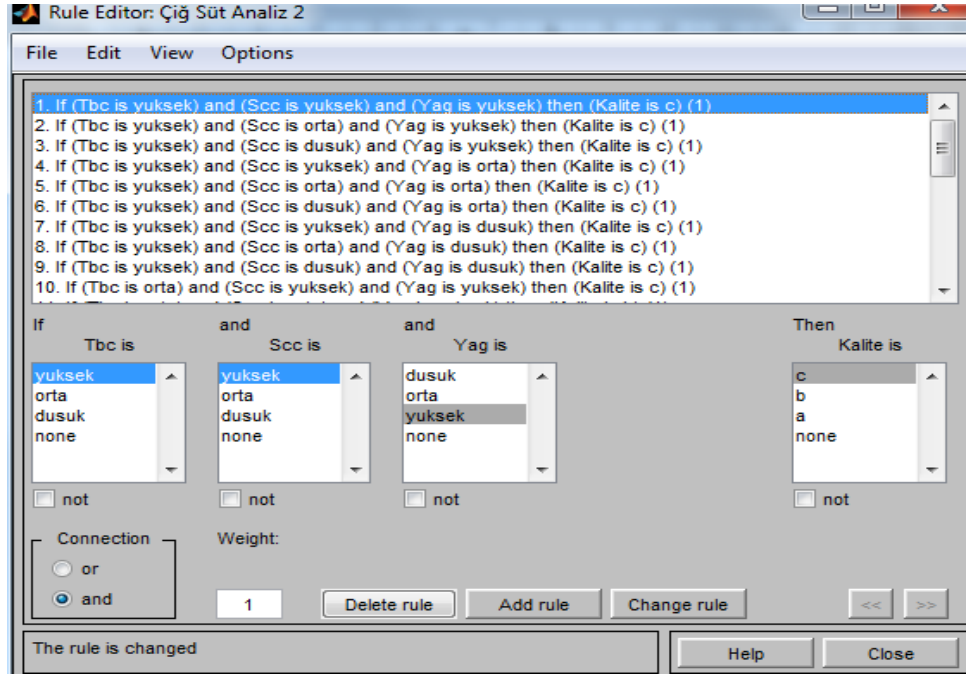


Şekil 4.9 Yağ girdi değişkeni üyelik fonksiyonu

Bulanıklaştırma aşamasından sonra çıkarım aşamasına geçilmekte ve bu amaçla bulanık kural tablosu oluşturulmaktadır. İkinci uygulama için hazırlanan bulanık kural tablosu Çizelge 4.5'te yer almaktadır.

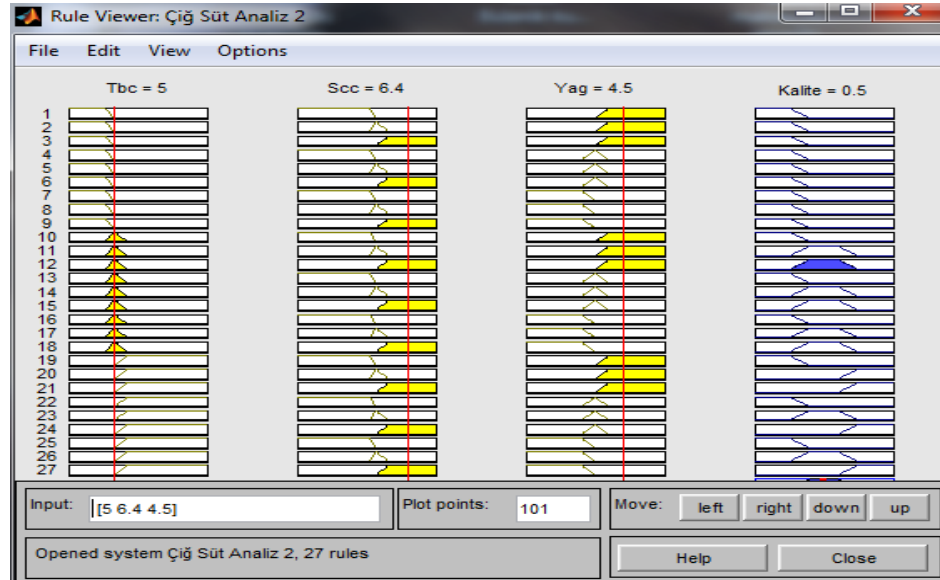
Çizelge 4.5 İkinci uygulama bulanık Kural Tablosu

1	Eğer	Tbc	Y	Ve	Scç	Y	Ve	Yağ	Y	O halde	Düşük
2	Eğer	Tbc	Y	Ve	Scç	O	Ve	Yağ	Y	O halde	Düşük
3	Eğer	Tbc	Y	Ve	Scç	D	Ve	Yağ	Y	O halde	Düşük
4	Eğer	Tbc	Y	Ve	Scç	Y	Ve	Yağ	O	O halde	Düşük
5	Eğer	Tbc	Y	Ve	Scç	O	Ve	Yağ	O	O halde	Düşük
6	Eğer	Tbc	Y	Ve	Scç	D	Ve	Yağ	O	O halde	Düşük
7	Eğer	Tbc	Y	Ve	Scç	Y	Ve	Yağ	D	O halde	Düşük
8	Eğer	Tbc	Y	Ve	Scç	O	Ve	Yağ	D	O halde	Düşük
9	Eğer	Tbc	Y	Ve	Scç	D	Ve	Yağ	D	O halde	Düşük
10	Eğer	Tbc	O	Ve	Scç	Y	Ve	Yağ	Y	O halde	Düşük
11	Eğer	Tbc	O	Ve	Scç	O	Ve	Yağ	Y	O halde	Orta
12	Eğer	Tbc	O	Ve	Scç	D	Ve	Yağ	Y	O halde	Orta
13	Eğer	Tbc	O	Ve	Scç	Y	Ve	Yağ	O	O halde	Düşük
14	Eğer	Tbc	O	Ve	Scç	O	Ve	Yağ	O	O halde	Orta
15	Eğer	Tbc	O	Ve	Scç	D	Ve	Yağ	O	O halde	Orta
16	Eğer	Tbc	O	Ve	Scç	Y	Ve	Yağ	D	O halde	Düşük
17	Eğer	Tbc	O	Ve	Scç	O	Ve	Yağ	D	O halde	Orta
18	Eğer	Tbc	O	Ve	Scç	D	Ve	Yağ	D	O halde	Orta
19	Eğer	Tbc	D	Ve	Scç	Y	Ve	Yağ	Y	O halde	Düşük
20	Eğer	Tbc	D	Ve	Scç	O	Ve	Yağ	Y	O halde	Yüksek
21	Eğer	Tbc	D	Ve	Scç	D	Ve	Yağ	Y	O halde	Yüksek
22	Eğer	Tbc	D	Ve	Scç	Y	Ve	Yağ	O	O halde	Düşük
23	Eğer	Tbc	D	Ve	Scç	O	Ve	Yağ	O	O halde	Orta
24	Eğer	Tbc	D	Ve	Scç	D	Ve	Yağ	O	O halde	Yüksek
25	Eğer	Tbc	D	Ve	Scç	Y	Ve	Yağ	D	O halde	Düşük
26	Eğer	Tbc	D	Ve	Scç	O	Ve	Yağ	D	O halde	Orta
27	Eğer	Tbc	D	Ve	Scç	D	Ve	Yağ	D	O halde	Yüksek

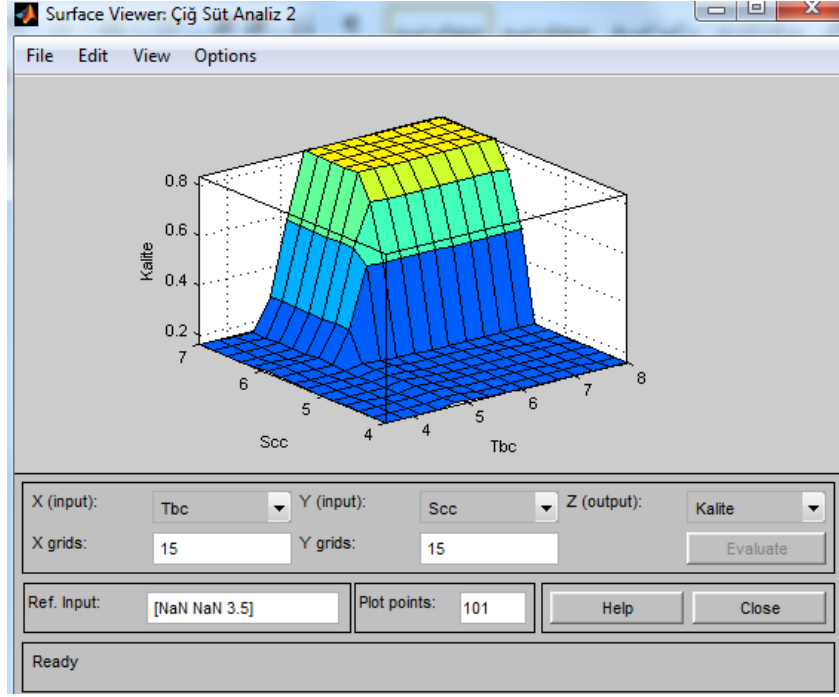


Şekil 4.10 İkinci uygulamaya ait bulanık kuralların Matlab program görünümü

Şekil 4.10'da ikinci uygulamaya ait bulanık kuralların Matlab programında görünümü, Şekil 4.11'de Matlab programında ikinci uygulamaya ait kural gösterim penceresi, Şekil 4.12'de ise Matlab programı kuralların yüzey gösterim penceresi yer almaktadır.

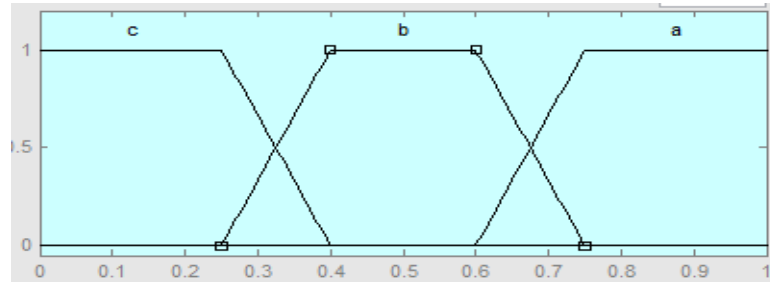


Şekil 4.11 İkinci uygulama Matlab programı kural gösterim penceresi



Şekil 4.12 İkinci uygulama Matlab programı yüzey gösterim penceresi

Bulanık mantık tabanlı karar destek sisteminin işleyişindeki son aşama olan durulaştırma aşamasında ilk uygulamada olduğu gibi Sentroid durulaştırma yöntemi kullanılmış ve çiğ süt örneklerinin kalite değerlendirmesi Scc, Tbc ve Yağ girdi değişkenleri ışığında gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.11’de, Matlab programı kural gösterim penceresinde “input” kısmına girdi değişkenlerine ait parametreler (Tbc=5, Scc=6.4 ve Yağ=4.5) girildiğinde çiğ süt kalitesini temsil eden çıktı değerinin 0.5 olduğu yani orta kalite sınıfında yer aldığı Şekil 4.13’te görülmektedir.



Şekil 4.13 Çiğ süt kalite değişkeni

Çizelge 4.6 Çiğ süt örneklerine ait veri seti ve karar destek sistemi kararlar

TBS	SHS	Yağ	Sistem Kararı	Uzman Kararı
7.03	5.76343	4.3	D	D
7.22	5.88081	3.2	D	D
4.95	5.51851	3.8	O	O
7.4	5.74036	3.94	D	D
7.3	5.90849	3.61	D	D
4.26	5.04139	3.7	Y	Y
4.57	4.89209	3.59	Y	Y
6.19	5.32325	4.26	D	D
6.63	5.66652	4.81	O	D
6.65	5.22531	4.2	D	D
7.23	5.19312	4.81	D	D
5.3	5.82866	4.91	D	D
6.11	5.32015	5.12	D	D
5	6.15625	4.77	O	O
5	6.43917	4.5	O	D
5.18	5.1038	3.68	O	Y
5.32	5.07555	4.52	D	O
5.28	5.17319	3.96	O	O
6.65	6.27184	4.15	D	D
6.83	6.31597	4.8	D	D
5.6	5.93247	3.45	D	D
6.36	5.81558	4.22	D	D
5.95	6.08135	2.62	D	D
7.04	5.88536	3.86	D	D
6.23	5.97313	4.04	D	D
6.3	6.19312	2.69	D	D
5.7	5.9058	3.45	D	O
6.03	5.90037	3.4	D	O
6.02	5.88649	3.4	D	D
5.93	5.93852	3.4	D	D
5.57	5.90037	3.3	D	O
5.05	6.03941	3.3	O	O
4.84	5.94547	3.5	O	Y
5.16	5.89376	3.3	O	O
5.26	6.02407	3.5	O	O
4.92	6.31218	3.6	O	O
5.93	6.31744	3.6	D	D
5.79	6.0461	3.74	D	O
5.77	6.0103	3.84	D	D
5.76	5.85491	3.51	O	O
5.96	5.93651	3.3	O	O
5.09	5.81823	3.75	O	O
4.48	5.71096	3.4	Y	Y
4.73	5.97543	3.85	Y	Y
5.08	5.91328	3.5	O	O
4.15	6.14922	3.4	Y	Y
4.93	5.96095	3.2	O	Y
4.36	6.31175	3.6	Y	O
4.83	6.27184	3.5	O	Y
5.79	6.31597	3.6	D	D

Analiz sonucunda çiğ süt kalitesinin belirlenmesinde en önemli girdi değişkenlerinin ilk uygulamada olduğu gibi somatik hücre ve toplam bakteri

sayısı olduğu görülmüştür. Analiz sonucunda uzman kararı ile sistem kararı arasında %86 oranında bir uyum tespit edilmiştir. Çiğ süt örneklerinin kalite değerlendirmeleri hakkında karar destek sistemi ve uzman kararları Çizelge 4.6'da yer almaktadır.

Harris (1998) çiğ süt örneklerinin hijyenik ve bileşimsel kalite analizi için oluşturduğu sistemde, iki farklı kaynaktan aldığı veriler üzerinde çalışmıştır. Veri setleri için hijyenik ve bileşimsel açıdan kalite değerlendirilmesi ve karşılaştırmalar yapmıştır. Araştırmacı çalışmasında, bileşimsel kalite için tereyağı, yağsız kurumadde ve çiğ süt örneklerindeki toplam kuru madde miktarını girdi değişkenleri olarak almıştır. Hijyenik açıdan ise somatik hücre ve toplam bakteri sayısını girdi değişkeni olarak kabul etmiştir. İki farklı kaynağın verileri ile oluşturulan modellerin ayrı ayrı uyumu yapılmıştır. İncelenen çalışmada alınan girdi değişkenlerinden somatik hücre ve toplam bakteri sayısı tez çalışmamızda da kullanılmış ve Harris (1998)'in çalışmasından farklı olarak protein miktarı girdi değişkeni olarak alınmıştır. Sonuç olarak girdi değişkenleri seçimindeki farklılığa rağmen, oluşturulan modellerin çiğ süt kalitesi hakkında oldukça belirgin bir değerlendirme imkanı sağladığı belirtilmiştir.

Görgülü (2007) çalışmasında bulanık mantık teorisinin tarımda kullanım olanaklarını araştırmak üzere üç farklı veri seti ile uygulamalar gerçekleştirmiştir. Bu uygulamalardan bir tanesinde çiçek ballarının kalite sınıflandırmasını yapmak amacıyla bir karar destek sistemi oluşturmuştur. Sistemin bulanıklaştırma aşamasında üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları, çıkarım aşamasında Mamdani çıkarım yöntemi ve durulaştırma yöntemi olarak Sentroid yöntemi kullanılmıştır. Araştırmacı uzman kararları ve karar destek sistemi tarafından verilen kararlar arasında yapılan karşılaştırmaların uyumunu %94.28 olarak belirlemiştir. Araştırmacı çalışmasında üçgen, üçgen-yamuk, yamuk, Sigmoidal, Gauss ve S üyelik fonksiyonları, Mamdani çıkarım yöntemi ve çeşitli durulaştırma yöntemleri yardımıyla oluşturduğu karar destek sistemlerinin verdiği kararlar ile uzman kişinin verdiği kararlar arasında karşılaştırmalar yapmıştır. Ortaya çıkan sonuçlar gösteriyor ki üyelik fonksiyonunun seçimi bulanıklaştırma aşamasının sağlıklı bir şekilde uygulanması açısından oldukça önemlidir. İncelenen çalışmadaki yöntemler ile aynı yöntemler kullanılarak tez çalışmamız kapsamında oluşturulan karar destek sisteminin başarısı %80 olarak bulunmuştur. Hayvansal ürünler (Bal ve süt) ile ilgili bu çalışmaların sonuçları, bulanık modellemenin hayvancılık alanında yapılan uygulamalarda sağlıklı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Abdullah et al. (2008) çalışmalarında nehir suyu kalitesini değerlendirmek amacıyla bulanık akıl yürütmeye dayalı bir su kalite indeksi oluşturmuşlar ve geleneksel yöntemlerle elde edilen indeks ile bulanık mantık tekniği kullanılarak oluşturulan indeksin çıktılarını karşılaştırmışlardır. Üç girdi ve tek çıktı değişkeni ile oluşturulan modelde bu tez çalışmasında kullanılan yöntemlerden yamuk üyelik fonksiyonu, Mamdani çıkarım yöntemi ve Sentroid durulaştırma yöntemi kullanılmıştır. Araştırmanın sonuçları, bulanık mantık tekniği ile oluşturulan indeks çıktıları ile daha önce kullanılan yöntem tarafından rapor edilen gerçek durumların aynı olduğunu göstermektedir. Abdullah et al. (2008) çalışmalarında bulanık mantık yöntemi ile elde edilen indeks değerinin nehir suyu kalite değerlendirmesini, yöntemin sahip olduğu esnek yapı ve doğal dil sayesinde, çok daha anlaşılır bir şekilde ifade ettiğini belirtmiştir. Tez çalışmamızda da bu çalışma ile aynı yöntemler kullanılmıştır.

Akkoyun ve Toprak (2010) çalışmalarında mermer blokların kalite sınıflandırmasında bulanık mantık yöntemini kullanmışlardır. Oluşturulan modelin bulanıklaştırma aşamasında, bu tez çalışmasında olduğu gibi üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları, çıkarım aşamasında Mamdani yöntemi ve durulaştırma aşamasında Sentroid yöntemi kullanılmıştır. Araştırmacılar model girdilerini blok özellikleri, model çıktısını ise uzman sınıflandırması şeklinde belirlemişlerdir. Akkoyun ve Toprak (2010) çalışmalarında model sonuçlarını, çeşitli istatistik karakterleri kullanarak gerçek veriler ile karşılaştırmışlardır. Geliştirilen bulanık modelin mermer kalite sınıflandırmasında güvenle kullanılabileceği belirtilmiştir. Tez çalışmamız ve incelenen çalışmanın sonuçları aynı bulanıklaştırma, çıkarım ve durulaştırma yöntemleri kullanılarak farklı alanlarda kalite sınıflandırması amacıyla bulanık modellemenin başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Cha et al. (2008) çalışmasında, dökme tank sütünün mikrobiyolojik test sonuçlarına dayalı sürünün sağım uygulamalarını ve dökme tank sütünün kalitesini değerlendirmek için bulanık tanımlayıcı bir küme geliştirmişlerdir. Girdi değişkeni olarak toplam bakteri sayısı, ön inkübasyon sayımı, pastörizasyon sayımı, non agalactiae-Streptococci, bu tez çalışmasında da girdi değişkeni olarak alınan, dökme tank somatik hücre sayısı, Streptokok benzeri organizmalar ve *Staphylococcus aureus* verilerini almışlardır. Söz konusu girdi değişkenlerine dayalı dökme süt kalite sınıflandırmasını “mükemmel, iyi, soğutma problemi, temizlik problemi, çevresel mastitis ile temizlik problemi ve karışık mastitis” olmak üzere altı adet bulanık altkümede belirtmişlerdir. Gauss ve yamuk benzeri

üyelik fonksiyonunu kullanan araştırmacılar çıkarım yöntemi olarak, bu tez çalışmasında olduğu gibi, Mamdani ıkarım yöntemini kullanmışlardır. Konusunda uzman kişilerin görüşleri ile bulanık çıkarım tabanlı sistemin yaptığı analizlerin doğruluk oranları karşılaştırılmıştır. Cha et al. (2008) kabul edilen altı girdi değişkeni ile doğruluk oranı %77, bu değişkenler dörde indirildiğinde ise doğruluk oranının %83'e çıktığını tespit etmişlerdir. Tez alışmamızda Cha et al. (2008)'in çalışmasında kullanılan girdi değişkenlerinden somatik hücre ve bakteri sayısı değişkenleri kullanılmıştır. İncelenen çalışmadaki girdi değişkeni sayısından daha az girdi değişkeni ile çalışılmasına rağmen doğruluk oranı açısından hemen hemen aynı sonuçlar elde edilmiştir. Sonuçlar girdi değişkeni sayısının fazla tutulmasının araştırma açısından olumsuz bir durum oluşturduğunu göstermektedir. Cha et al. (2008) ve tez çalışmamızın sonuçları, optimum düzeyde girdi değişkenleri ile bulanık mantığın süt kalitesinin sınıflandırılmasında çok daha başarılı bir şekilde uygulandığını göstermektedir.

Görgülü (2010) alışmasında incir meyvesinin kalite sınıflandırmasını yapmak amacıyla bulanık mantık yaklaşımı ile bir karar destek sistemi oluşturmuştur. Araştırmacı, incir meyvesinin kalite kriterlerinden oluşan dört girdi değişkeni kullanmış ve kalite kararını sistemin çıktısı olarak belirlemiştir. Bu tez çalışmasında olduğu gibi bulanıklaştırma aşamasında üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları, çıkarım aşamasında Mamdani yöntemi ve durulaştırma aşamasında Sentroid yöntemi kullanılmıştır. Araştırmacı, uzman kişilerin ve karar destek sisteminin verdiği kararların benzerliğini %94.26 olarak belirlemiştir. Tez alışmamızda aynı yöntemler kullanılarak uzman kararı ve sistem kararı benzerliği %80 olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar, oluşturulan sistemlerin doğruluk derecelerindeki benzerliğe bağlı olarak, bulanık mantık yaklaşımının tarım ve hayvancılık alanındaki araştırmalarda başarıyla uygulanabileceğini göstermektedir.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada, bulanık mantık teorisi hakkında temel bilgilere yer verilmiş ve veri setini oluşturan çığ süt örneklerinin kalite sınıflarına ayrılmasına yardımcı olacak bir karar destek sistemi oluşturulmuştur.

Bulanık sistemlerde modelleme genel anlamda bulanıklaştırma, çıkarım ve durulaştırma aşamalarından meydana gelmektedir. Verilerin bulanıklaştırma işlemi, kesin girdilere ait sınıf sayılarının ve sınıf aralıklarının belirlenmesini takiben kullanılacak olan üyelik fonksiyonları tanımlanması sürecidir. Üyelik fonksiyonlarının seçimi modelin başarısı açısından oldukça önemlidir. Sınıf aralıklarının klasik küme analizinde olduğu gibi sadece iki sınıf yerine en az üç olmak üzere ve birbirini içine alacak şekilde (örtüşmeli) oluşturulmasında yarar vardır. Böylece bir eleman birden fazla kümede yer alabilecektir.

Bulanık çıkarım mekanizmasında bilgi çeşitli yöntemler aracılığıyla modellenmektedir. Çıkarım yöntemleri adı verilen bu yöntemler, Mamdani yöntemi Larsen yöntemi, Tsukamoto yöntemi ve Tagaki-Sugeno-Kang yöntemi şeklinde ifade edilmektedir. Bilginin sisteme sunumunu sağlayan bulanık “eğer-o halde” kural yapısı uzman bir kişinin görüşleri ve konu hakkında yapılan ayrıntılı araştırmalar neticesinde oluşturulmaktadır. Bu kurallar çıkarım yapmak amacıyla girdi ve çıktı arasındaki ilişkiyi ortaya koymayı sağlar. Yapay zeka yöntemlerinden birisi olan bulanık mantık teorisine göre oluşturulan “eğer-o halde” kuralları insanlardaki öğrenme mekanizmasını taklit ederek modelin işleyişini sağlamaktadır.

Bulanık modellemenin son aşaması durulaştırma aşamasıdır. Bulanıklaştırma aşamasında sisteme giren kesinlik niteliği taşıyan veriler bulanıklaştırılmış ve çıkarım mekanizmasının işlemesi sonucunda bulanık bir çıktı değeri elde edilmiştir. Durulaştırma aşamasında elde edilen bulanık çıktı değeri netleştirilir ve kesin bir değer elde edilir. Durulaştırma yöntemlerinden en fazla kullanılan yöntem ağırlıklı ortalama (Sentroid) yöntemidir. Literatürde yer alan diğer yöntemler; en büyük üyelik ilkesi, ortalama en büyük üyelik, ağırlıklı ortalama yöntemi, en büyüklerin en küçüğü ve en büyüklerin en büyüğü yöntemleridir.

Gelişen toplum yapısına paralel olarak sorunlar ve olaylara bakış açıları değişmekte ve zamanla yeni teknolojiler ortaya çıkmaktadır. Kesin sayısal

verilerle çalışıldığında klasik yöntemler kullanılabilen ancak belirsizlik ortamında ortaya çıkan sorunların çözümünde klasik yöntemler sağlıklı sonuçlar vermemektedir. Kuantum teorisi ile başlayan belirsizlik yöntemlerinin keşfi günümüzde son 30 yıldır oldukça yaygın bir kullanım alanına sahip bulanık mantık teorisi ile devamını sürdürmüştür. Kuantum teorisi Newton Kanunlarının belirli bir noktada yetersiz kaldığı yerlerde oldukça başarılı sonuçlar vermiştir. Bulanık mantık teorisi ise yaklaşık 2000 yıllık bir geçmişe dayanan klasik mantığın açıklayamadığı noktalarda üçüncünün olmayışı ve özdeşlik ilkeleri gibi akıl ilkelerini yıkararak sorunlar karşısında sahip olduğu esnek yapısı ile daha gerçekçi çözümler üretebilmektedir. Son yıllarda, bulanık mantık tabanlı yöntemler belirsizlik ve nesnelliğin olduğu durumlarda, mühendislik, tıp ve biyoloji alanlarında olduğu gibi hayvancılık alanında da başarılı bir şekilde uygulanmaktadır.

Bu tez çalışmasında, Ege Üniversitesi Süt Teknolojisi Bölümü'nde çiğ süt kalitesine yönelik gerçekleştirilen bir çalışmanın sonuçları kullanılarak 50 adet çiğ örneği üzerinde çalışılmıştır. Kullanılan veri setinde çiğ süt örneklerine ait somatik hücre sayısı (Sc), toplam bakteri sayısı (Tbc), protein miktarı ve yağ miktarı değerleri yer almaktadır.

Bulanık sistemlerde modelleme yapılırken girdi değişkeni sayısının makul bir düzeyde tutulması gerekmektedir. Çok fazla girdi değişkeni bulunması sistemin işleyişinde çeşitli aksaklıklara neden olabilmektedir. Çalışmada iki farklı uygulama yapılmıştır. İlk uygulamada Sc, Tbc ve protein miktarı; ikinci uygulamada ise Sc, Tbc ve yağ miktarı olmak üzere üçer girdi değişkeni seçilmiştir. Girdi değişkenlerine ait değerler üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonları ile bulanıklaştırılmıştır. Çıkarım yöntemlerinden Mamdani çıkarım yöntemi kullanılmış ve çıkarım aşamasında 27'şer adet bulanık "eğer-o halde" kuralı tanımlanmıştır. Durulaştırma aşamasında ağırlık merkezi yöntemi (Sentroid) ile elde edilen bulanık veriler netleştirilmiştir. Oluşturulan sistemlerin başarısı, uzman kararları ile sistem kararlarının karşılaştırılması sonucu, sırası ile %80 ve %86 olarak bulunmuştur.

Gerçekleştirilen çalışmanın sonuçları, bulanık mantık tabanlı karar destek sisteminin çiğ süt kalitesinin belirlenmesinde oldukça başarılı olduğunu ve kalite analizlerinde güvenle kullanılabileceğini göstermektedir. Daha önce yapılan çalışmalara ek olarak bu tez çalışmasında da görüleceği üzere bulanık mantığın hayvancılık alanında güvenle kullanılacak alternatif bir yöntem olduğu ifade

edilebilir. Farklı sayıda ve tiplerde, özellikle sözel ve duyuşal özellik taşıyan, girdi değişkenleri kullanılarak tez çalışmasında sunulan farklı çıkarım ve durulaştırma yöntemleri ile sadece kalite analizi değil, hayvancılık alanında değişik uygulamalar için farklı sistemlerin oluşturulabilmektedir. Bulanık mantık tabanlı karar destek sistemi konusunda çalışacak araştırmacılara bu tez çalışmasının ışık tutacağı düşünölmektedir.

## KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abdullah, P.M., Waseem, S., Bai, R. and Mohsin, I.**, 2008, Development of new water quality model using fuzzy logic system for Malaysia, *Open Environmental Sciences*, 2:101-106.
- Acilar, M.A., ve Arslan, A.**, 2011, Optimization of multiple input–output fuzzy membership functions using clonal selection algorithm, *Expert System with Applications*, 38(2011):1374-1381.
- Akkoyun, Ö. ve Toprak, Z.F.**, 2010, Mermer blok kalitelerinin bulanık mantık yöntemi ile belirlenmesi, Bilimde modern yöntemler sempozyumu, [http://www.dicle.edu.tr/a/oakkoyun/papers/mermer\\_blok\\_kalite\\_bulanik\\_mantik.pdf](http://www.dicle.edu.tr/a/oakkoyun/papers/mermer_blok_kalite_bulanik_mantik.pdf) (Erişim tarihi: 05.06.2011).
- Arifoğlu, U.**, 2005, Matlab Simulink ve Mühendislik Uygulamaları, Alfa Yayınları, İstanbul, 895s.
- Arslan, Ö. ve Gürel, O.**, 2008, Farklı tip ve boyutta gemilerin seçiminin bulanık mantık yöntemiyle incelenmesi, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 4(3):55-60.
- Arslan, A., ve Kaya, M.**, Determination of fuzzy logic membership functions using genetic algorithms, *Fuzzy sets and systems*, 118(2001):297-306.
- Bağış, A.**, Determining fuzzy membership functions with tabu search an application to control, *Fuzzy sets and systems*, 139(2003): 209-225.
- Bai, R.V., Bouwmeester, R. and Mohan, S.**, 2009, Fuzzy logic water quality index and importance of water quality parameters, *Air, Soil and Water Research*, 2:51-59.
- Ballı, S., Karasulu, B., Uğur, A. ve Korukoğlu, S.**, 2009, Basketbolda oyuncu seçimi için sinirsel-bulanık karar destek sistemi, *İtü Dergisi/d*, 1(8):15-25.
- Baykal, N. ve Beyan, T.**, 2004a, Bulanık Mantık İlke ve Temelleri, Bıçaklar Kitabevi, Ankara, 406s.
- Baykal, N. ve Beyan, T.**, 2004b, Bulanık Mantık Uzman Sistemler ve Denetleyiciler, Bıçaklar Kitapevi, Ankara, 508s.
- Cavero, D., Tölle, K.-H., Buxade, C. and Krieter, J.**, 2006, Mastitis detection in dairy cows by application of fuzzy logic, *Livestock Science*, 105:207-213.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Cha, M., Park, S.T., Kim, T. and Jayarao, B.M.**, 2008, Evaluation of bulk tank milk quality based on fuzzy logic, Proceedings of the 2008 International Conference on Artificial Intelligence, 14-17 July 2008:722-727, USA. <http://nguyendangbinh.org/Proceedings/PCV08/Papers/MLM3028.pdf> (Erişim tarihi:05.06.2011).
- de Mol R. M. and Woldtf W. E.**, 2001, Application of Fuzzy Logic in Automated Cow-Status Monitoring, *Journal of Dairy Science*, 84:400-410.
- Elmas, Ç.**, 2003, Bulanık Mantık Denetleyiciler, Şeşkin Yayıncılık, Ankara, 230s.
- Emiroğlu, İ.**, 2009, Klasik Mantığa Giriş, Elis Yayınları, Ankara, 318s.
- Erpolat, S.**, 2007, İstatistik bölümü öğrencilerini ve öğretim elemanlarını izleyen bir karar destek sistemi:Baykuş programı, Doktora Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, 249s.
- Firk, R., Stamer, E., Junge, W., Krieter, J.**, 2002a, Improving Oestrus Detection by Combination of Activity Measurements with Information About Previous Oestrus Cases, *Livestock Production Science*, 82: 97–103.
- Firk, R., Stamer, E., Junge, W. and Krieter, J.**, 2002b, Automation of Oestrus Detection in Dairy Cows: a Review Cases, *Livestock Production Science*, 75: 219-232.
- Görgülü, Ö.**, 2007, Bulanık Mantık (Fuzzy Logic) Teorisi ve Tarımda Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Mustafa Kemal Üniversitesi, 98 s.
- Görgülü, Ö. Çalışkan, O.**, 2010, A development of a fuzzy decision support system for fig quality classification, *Journal of Information technology in Agriculture*, <http://www.jitag.org/ojs/index.php/jitag/article/view/112> (Erişim tarihi:05.06.2011).
- Grinspan, P., Edan, Y., Kahne. H. and Maltz, E.**, 1994, A fuzzy Logic Expert System for Dairy Cow Transfer Between Feding Groups, *Transactions of The ASAE*, 37(5):1647–1654.
- Harris, J.**, 1998, Raw milk grading using fuzzy logic, *International Journal of Dairy Technology*, 51(2):52-56.
- İç, T.Y.**, 2006, İşletme Merkezlerinin Seçiminde Kullanılacak Bir Karar Destek Sisteminin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, 240s.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jiang, H., Deng, H., He, Y.,** 2008, Determination of fuzzy logic membership function using extended ant colony optimization, *Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, FSKD '08. Fifth International Conference on*, 5: 581-585.
- Kavdır, İ. and Guyer, D.,** 2003, Apple grading using fuzzy logic, *Turk.J.Agric.*, 27:375-382.
- Kesenkaş, H. ve Akbulut, N.,** 2010, İzmir ilinde satılan sokak sütleri ile orta ve büyük ölçekli çiftliklerde üretilen sütlerin özelliklerinin belirlenmesi, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(2):161-169.
- Kıyak, E.,** 2010, Bulanık mantıkla uçak iniş sıralamasının yaptırılması, *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 4(4):51-55.
- Klir, J.G. and Yuan, B.,** 1995, Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Application, Prentice Hall, New Jersey, 574p.
- Koç, A., Özdemir, Z. ve Armağan, G.,** 2009, Aydın'da bazı süt sığırı işletmelerinde üretilen çiğ süt kalitesi ve etkili olan faktörler üzerine bir araştırma, Pamukkale Süt ve Süt Ürünleri Sempozyumu, 21-23 Mayıs 2009:1-4, Denizli.
- Kramer, E., Caverro, D., Stamer, E. and Krieter, J.,** 2009, Mastitis and lameness detection in dairy cows by application of fuzzy logic, *Livestock Science*, 125:92-96.
- Maltz, E.,** 1997, The body weight of the dairy cow: III. Use for on-line management of individual cows, *Livestock Production Science*, 48:187-200.
- Mazlounzadeh, S.M., Shamsi, M. And Nezamabadi-poor, H.,** 2010, Fuzzy logic to classify date palm trees based on some physical properties related to precision agriculture, *Precision Agric*, 11:258-273.
- Memmedova, N. ve Keskin, İ.,** 2009, Hayvancılıkta bulanık mantık uygulamaları, *Selçuk Üniversitesi Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 23(47):89-95.
- Metin, M.,** 1998, Süt teknolojisi sütün bileşimi ve işlenmesi, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 793s.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Morag, I., Edan, Y. and Maltz, E.**, 2001, An Individual feed allocation decision support system for the dairy farm, *Journal of Agricultural Engineering Research*, 79(2):167–176.
- Negnevitsky M.**, 2002, Artificial Intelligence, a guide to intelligent systems. Pearson education, Harlow, 415p.
- Orak, E.**, 2006, Porsuk Çayının Su Kalitesinin Bulanık Mantık Metoduyla Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, 34s.
- Önal, A.R.**, 2005, Trakya’da Özel Bir Süt İşletme Tesisi Tarafından Değerlendirilen Çiğ Sütlerin Somatik Hücre Sayısı ve Bazı Bileşenlerinin Tespiti, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, 110s.
- Paksoy, T.**, 2011, Bulanık küme teorisi, Selçuk Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı bulanık küme teorisi ders notları, <http://turanpaksoy.com/dersnotlari> (Erişim tarihi: 05.06.2011).
- Ross, T. J.**, 2004, Fuzzy Logic with Engineering Applications, John Wiley & Sons Ltd., Chichester, 628p.
- Salehi, F., Lacroix, K.M. and Wade, K.M.**, 2000, Development of Neuro-Fuzzifiers for Qualitative Analyses of Milk Yield, *Computers and Electronics in Agriculture*, 28(3): 171–186.
- Sivanandam, S.N., Sumathi, S. and Deepa, S.N.**, 2007, Introduction to Fuzzy Logic Using MATLAB, Springer, Berlin, 430p.
- Strasser, M, Lacroix, R., Kok, R. ve Wade, K.M.**, 1997. A Second Generation Decision Support System for the Recommendation of Dairy Cattle Culling Decisions, <http://www.mcgill.ca/files/animal/97r04.pdf> (Erişim tarihi: 05.06.2011).
- Şen, Z.**, 2001, Bulanık (Fuzzy) Mantık ve Modelleme İlkeleri, Bilge Kültür Sanat Yayınları, İstanbul, 176s.
- Şengonca, M., Altan, Ali. ve Koşum, N.**, 2009, Hayvan Yetiştirme İlkeleri, Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 254s.

## KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü,** “Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği”, <http://www.kkgm.gov.tr/TGK/Tebliğ/2000-6.html> (Erişim tarihi: 05.06.2011).
- Turban, E., Aronson, J.E. and Liang, T.P.,** 2005, Decision Support Systems and Intelligent Systems, Pearson Prentice Hall, UK, 890s.
- Uğur, A.,** 2008, Yapay zeka, Ege Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Yapay Zeka ders notları, <http://yzgrafik.ege.edu.tr/~ugur> (Erişim tarihi:05.06.2011).
- Ünal, B.** 2009, Bulanık Fonksiyonlar ile Bulanık Sistem Modelleme, Yüksek Lisans Tezi, TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, 140s.
- Wade, K.M., Lacroix, R. and Strasser, M.,** 1998, Fuzzy Logic Membership Values as a Ranking Tool for Breeding Purposes in Dairy Cattle, Proceedings of the 6th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production, <http://www.mcgill.ca/files/animal/97r07.pdf> (Erişim tarihi: 05.06.2011).
- Wang, L.,** 1997, A Course In Fuzzy Systems and Control, Prentice Hall, New Jersey, 424p.
- Yakupoglu, T., Özdemir, N. ve Ekberli, İ.,** 2008, Toprak erozyonu çalışmalarında bulanık mantık uygulamaları, *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 23(2):121-130.
- Zadeh, L.A.,** 1965, Fuzzy Sets, *Information and Control*, 8(3):338-353.
- Zarchi, A.H., Jonsson, R.I. and Blanke, M.,** 2009, Improving oestrus detection in dairy cows by combining statistical detection with fuzzy logic classification, Proceedings Workshop on Advanced Control and Diagnosis, 19-20 November 2009:34, Poland.
- Zilouchian, A., Juliano, M., Healy, T. And Davis, J.,** 2000, Design of a fuzzy logic controller for a jet engine fuel system, *Control Engineering Practice*, 8:873-883.

## ÖZGEÇMİŞ

29.01.1984 tarihinde İzmir’de doğdu. İlköğretimini İzmir, İstanbul ve Van’da; orta ve lise eğitimini İstanbul ve İzmir’de tamamladı. 2002 yılında başladığı Celal Bayar Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü’nden 2008 yılında mezun oldu. 2009 yılında Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü Biyometri ve Genetik Anabilim Dalı’nda başladığı yüksek lisans eğitimini Ege Üniversitesi’nde sürdürdü ve halen Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.