



**KTO KARATAY
ÜNİVERSİTESİ**

**T.C.
KTO KARATAY ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü**

**ELEKTRİK VE BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**SİĞİRLARDA BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI
İLE CİNSİYET BELİRLEME YÖNTEMİ
GELİŞTİRİLMESİ**

Fatih SADAY

KONYA

OCAK - 2019

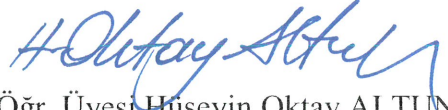
Fen Bilimleri Enstitü Onayı



Prof. Dr. Hüseyin Bekir YILDIZ

Enstitüsü Müdürü

Bu tezli yüksek lisans tezinin yapılması gereken bütün gerekliliklerinin yerine getirdiğini onaylıyorum.



Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Oktay ALTUN

Anabilim Dalı Başkanı

Fatih SADAY tarafından hazırlanan SİĞİRLARDA BULANIK MANTIK YAKLAŞIMI İLE CİNSİYET BELİRLEME YÖNTEMİ GELİŞTİRİLMESİ başlıklı bu çalışma 22.01.2019 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda başarılı bulunarak jüri tarafından tezli yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Novruz ALLAHVERDİ

Tez Danışmanı

Jüri Üyeleri

Başkan: Prof. Dr. Novruz ALLAHVERDİ

Üye: Dr. Öğr. Üyesi İlker Ali ÖZKAN

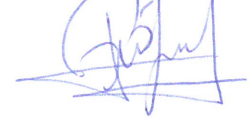
Üye: Dr. Öğr. Üyesi Şekip Engin MENDİ

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu bildirir aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak ve kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

02.01.2019

Fatih SADAY



ÖZET

Sığırlarda Bulanık Mantık Yaklaşımı ile Cinsiyet Belirleme Yöntemi Geliştirilmesi

Fatih SADAY

Yüksek Lisans - Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Novruz ALLAHVERDİ

Ocak 2019

Özet

Bu çalışmada boğa sperm hücrelerinde bulanık mantık kullanılarak cinsiyet tespitinin yapılması üzerine araştırmalar ve analizler yapılmıştır. Cinsiyet tespiti, hayvan yetiştiriciliğinde, istenilen sonuca odaklanma ve planlama açısından önem teşkil etmektedir. Bulanık mantık ile yapılacak analizler için, sperm hücrelerinin mikroskop altında incelenmesi ve elde edilen verilerle birlikte bilgisayar destekli ayrıştırma işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Çalışmanın konusu olarak bu analizler Mamdani bulanık mantık tercih edilerek yapılmıştır. Elde edilen çıktılar sayısal sonuçlarla karşılaştırılmış ve sonuçların yeterli hassasiyette olduğu görülmüştür. Bulanık sisteminin giriş değişkenleri olarak sperma hızı, büyüklüğü ve yoğunluğu ele alınmıştır. Çıktı değişkeni olarak dişi sperm ve erkek sperm hücrelerinin elde edilmesi ve kullanılması tartışılmıştır. Çıktı sonuç verilerinin analizinden sonra, laboratuvardan elde edilen veriler ve gerçekleştirmeleri ile çalışmanın başarılı olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Cinsiyet tespiti, Sperma ayrımı, Bulanık Mantık, BM, Bulanık Uzman Sistem, BUS.

ABSTRACT

Developing a Gender Determination Method with Fuzzy Logic Approach in Cattle

SADAY, Fatih

M.Sc. The Degree of Master of Science in Electrical And Computer Engineering

Prof. Dr. Novruz ALLAHVERDI

January 2019

Abstract

In this study, researches and analyzes were performed on the determination of gender by using fuzzy logic in bull semen cells. Gender identification is important for animal husbandry, focusing on the desired outcome and planning. For analysis with fuzzy logic, it is necessary to examine the sperm cells under a microscope and to perform the computer-aided decomposition with the data obtained. As the subject of the study, these analyzes were made by choosing Mamdani fuzzy logic. The results were compared with the numerical results and the results were found to be sufficiently sensitive. Sperm velocity, size, and density of the fuzzy system as input variables are discussed. Male sperm and male sperm cells are used as the output variable and discussed. After the analysis of the output result data, it was seen that the study was successful with the data obtained from the laboratory and their realization.

Keywords: Fuzzy Logic, Gender determination, Semen separation, FL, Fuzzy Expert System, FES.

TEŞEKKÜR

Tez alıőmamda, alıőmamın araőtırılmasında, planlanmasında, oluőumunda ve yürütülmesinde esirgmeden destek veren, engin bilgisinden ve tecrübesinden faydalandığım, bu bağlamda alıőmama şekil veren Sayın Hocam Prof. Dr. Novruz ALLAHVERDİ'ye ve alıőmada laboratuvarlarını aıp tüm analiz ıkarımlarında yardımlarını esirgemeyen Sayın Vet. Hek. Halil Aydın şimşek'e sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Fatih SADAY
Ocak 2019



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	ix
KISALTMALAR	x
SEMBOL LİSTESİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. AMAÇ	3
1.2. ÖNEM	3
1.3. FAYDA	4
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
3. BULANIK MANTIK	6
3.1. Bulanık Mantığın Gelişimi	7
3.2. Bulanık Mantık Uygulama Alanları	9
3.3. Bulanık Mantığın Klasik Mantıkla Karşılaştırılması	11
3.4. Bulanık Mantığın Avantajları	12
3.5. Bulanık Mantığın Dezavantajları	12
3.6. Bulanık Mantık Modellemesi	13
3.7. Bulanık Kümeler	14
3.8. Üyelik Fonksiyonları	22
4. MATERYAL VE YÖNTEM	25
4.1. Spermilerin Ayrılması	25
4.2. Sperm İşleme	26
4.3. Mikroskop Analizi	26
4.4. Bulanık Mantık ile Hücre Analizi	29
4.5. Bir Bulanık Uzman Sistemin Tasarlanmasının Aşamaları	30
4.6. Bulanık Kümelerin Oluşturulması	34
4.6.1. Sperm hızı parametresi	34
4.6.2. Sperm büyüklük parametresi	35
4.6.3. Sperm yoğunluk parametresi	37
4.6.3. Sperm cinsiyet parametresi	39
4.7. Uygulama Örnekleri	40

4.7.1. Örnek 1	41
4.7.2. Örnek 2	42
4.7.3. Örnek 3	43
4.7.4. Örnek 4	44
4.7.5. Örnek 5	45
4.7.6. Örnek 6	46
4.7.7. Örnek 7	47
4.8. Örneklerin Değerlendirilmesi	47
5. SONUÇLARIN ANALİZİ	48
5.1. Doğruluk (Accuracy)	48
5.2. Duyarlılık (Sensitivity)	49
5.3. Özgüllük (Specivity)	49
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	50
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	52

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge		Sayfa
Çizelge 1.1	Bulanık mantık ve klasik mantık arasındaki bazı farklar	7
Çizelge 3.1	Bulanık mantığın tarihteki gelişme aşamalarından bazıları	11
Çizelge 4.1	Üretilen sistemin giriş hız değerleri	26
Çizelge 4.2	Üretilen sistemin giriş büyüklük değerleri	27
Çizelge 4.3	Üretilen sistemin giriş yoğunluk değerleri	27
Çizelge 4.4	Üretilen sistemin çıkış dişi-erkek değerleri	28
Çizelge 4.5	Üretilen sistemin giriş ve çıkış parametrelerinin değerleri	30
Çizelge 4.6	Veri tabanındaki değerler ile bus karşılaştırması	40
Çizelge 5.1	Bus performansı karışıklık (confusion) matrisi	48

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil		Sayfa
Şekil 3.1	Sayıların komşuluğu	16
Şekil 3.2	$A=(-5,-1,1)$ kümesine ait komşuluk	18
Şekil 3.3	Yamuk sayı komşuluğu	18
Şekil 3.4	Klasik küme teorisinde gösterim	19
Şekil 3.5	Bulanık küme teorisinde gösterim	19
Şekil 3.6	Bulanık kümede örtüşüm gösterimi	20
Şekil 3.7	Üyelik fonksiyonu grafiği örneği	21
Şekil 3.8	Üyelik fonksiyonları ve derece hesaplamaları	22
Şekil 3.9	Yaygın olarak kullanılan üyelik fonksiyonu ve etiketi	23
Şekil 3.10	Bulanık kümeler ve fonksiyonları gösterimi	23
Şekil 3.11	Γ üyelik fonksiyonunun gösterimi	24
Şekil 3.12	I üyelik fonksiyonunun gösterimi	24
Şekil 3.13	Λ fonksiyonunun gösterimi	25
Şekil 3.14	Π üyelik fonksiyonunun gösterimi	25
Şekil 4.1	Cinsiyet tahmini yapan bulanık sistemin yapısı	31
Şekil 4.2	Giriş ve çıkış parametrelerinin gösterimi	32
Şekil 4.3	Bazı kuralları gösteren matlab görüntüsü	33
Şekil 4.4	Sperm hızı üyelik fonksiyonu grafiksel gösterimi	34
Şekil 4.5	Sperm büyüklük üyelik fonksiyonu grafiksel gösterimi	36
Şekil 4.6	Sperm yoğunluk üyelik fonksiyonu grafiksel gösterimi	38
Şekil 4.7	Sperm cinsiyet üyelik fonksiyonu grafiksel gösterimi	39
Şekil 4.8	Örnek 1 için matlab çözüm görüntüsü	41
Şekil 4.9	Örnek 2 için matlab çözüm görüntüsü	42
Şekil 4.10	Örnek 3 için matlab çözüm görüntüsü	43
Şekil 4.11	Örnek 4 için matlab çözüm görüntüsü	44
Şekil 4.12	Örnek 5 için matlab çözüm görüntüsü	45
Şekil 4.13	Örnek 6 için matlab çözüm görüntüsü	46
Şekil 4.14	Örnek 7 için matlab çözüm görüntüsü	47

KISALTMALAR

Kısaltmalar	Açıklama
BM	Bulanık mantık
BUS	Bulanık uzman sistem
D	Dişi
E	Erkek
FIS	Fuzzy inference system (bulanık çıkarım sistemi)
FN	False negative (yanlış negatif)
FP	False positive (yanlış pozitif)
IEEE	Institute of electrical and electronics engineers (elektrik ve elektronik mühendisleri enstitüsü)
IVT	In vitro fertilizasyon
LIFE	Laboratory for international fuzzy engineering (uluslararası bulanık mühendislik laboratuvarı)
NB	Negatif büyük
NO	Negatif orta
NK	Negatif küçük
PCR	Polymerase chain reaction (polimeraz zincir reaksiyonu)
PID	Proportional integral derivative (oransal integral türev)
PB	Pozitif büyük
PO	Pozitif orta
PK	Pozitif küçük
S	Sıfır
TAI	Timed artificial insemination (zamanlanmış suni tohumlama)
TET	Timed embriyo transfer (zamanlanmış embriyo transferi)
TN	True negative (doğru negatif)
TP	True positive (doğru pozitif)
VT	Veri tabanı
YSA	Yapay sinir ağları

SEMBOL LİSTESİ

Bu tez çalışmasında kullanılan semboller ve açıklamaları aşağıda sunulmaktadır.

Semboller Açıklama

A / A	A kümesi
\bar{A}	A'nın değili kümesi
p ve q	p ve q önermesi
\forall	Kümenin her elemanı
\in	Elemanıdır
$-\infty$	Sürekli küçülen deęişken
$+\infty$	Sürekli büyüyen deęişken
$\mu_A(x)$	A'nın üyelik Fonksiyonu
R	Küme elemanı
Γ	Çizgisel artan üyelik fonksiyonu
L	Çizgisel azalan üyelik fonksiyonu
Λ	Çizgisel çan eğrisi üyelik fonksiyonu
Π	Çizgisel aralık üyelik fonksiyonu
$^{\circ}C$	Derece santigrat

1. GİRİŞ

Sürü verimini güçlendirmek ve iyileştirmek için biyo-teknolojik gelişmelerden faydalanılmaktadır. Bu teknolojiye son gelişmeler cinsiyetli spermın doğurganlığının önemli ölçüde artıracığı yönündedir [1].

Doğumu gerçekleştirebilecek olan buzağların cinsiyetleri döllenme sırasında belirlenmektedir. Döllenme esnasında X kromozomlu sperm, X kromozomlu ovum ile eşleşirse dişi (XX) buzağı, eğer X kromozomlu ovum Y ile eşleşirse buzağı erkek (XY) meydana gelecektir. Suni tohumlamanın öncesinde spermalar X ve Y kromozomlarına göre gruplandırılabilirse, yapılan tohumlama işlemi sonucunda spermaların cinsiyetleri belirlenebilecektir [1].

Spermada X ve Y kromozomlarının belirlenmesinde, kan testleri, filtreleme, santrifüj etme, koruma ortamındaki hidrojen gücü değişkenlikleri ve hareketlilik kriterleri gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemler ile belirlenen cinsiyetli spermalar oranlamada farklılık gösterdiğinden, bu tekniklerin uygulanmasının sağlıklı olmadığı bildiriminde bulunulmuştur [2-4].

Doğumu gerçekleştirebilecek olan buzağların cinsiyetlerinin önceden belirlenmesi, çiftlik hayvanları yetiştiriciliğinde bazı avantajlar sunmaktadır. Cinsiyetli sperma, süt üreticileri veya et üreticileri üretimdeki uygulama yöntemlerini ve biyo-teknolojik çalışmalarını bu doğrultuda hazırlamalarına imkân vermektedir. Günümüzde buzağı üretimi için çeşitli yetiştirme sistemleri üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu nedenle, araştırmacılar spermanın cinsiyet belirlemedeki rolü teknolojisinin yetiştiricilikte kullanılabilmesiyle alakalı çalışmalarını sürdürmektedirler [5].

Bilim dünyası 1950'li yıllarda yapay zekâ yöntemleri ile tanıştı. Bunlardan yapay sinir ağları ve uzman sistemler ilk geliştirilen yöntemler idi [6]. Alışılmış yöntemlerde meydana gelen belirsizlikler hem istenmezken hem de değerlendirilmesi gerekirken; yapay zekâ yöntemleri belirsizlikleri içine alan ve işleyen uygulama teknikleridir [7]. Uzman sistemler bir uzmanın yaptığı işi bilgisayar programı ile yapan bir program olarak

geniş yaygınlaşmaya başladı [8]. Sonradan bu sistemler bulanık mantık adlanan yaklaşımla birlikte bulanık uzman sistemler olarak geniş uygulama alanı buldu.

Bu çalışmada sığır sperma hücrelerinde cinsiyet tahmini bulanık mantık ile belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuçlar laboratuvardan alınan sayısal sonuçlarla karşılaştırılmış ve doğacak buzağı cinsiyet verileri için başarılı sonuçlar elde edildiği görülmüştür.

Buzağının cinsiyetleri büyük oranda boğaların spermaları tarafından belirlenir. Sperminin hızı, büyüklüğü ve yoğunluğu, buzağının cinsiyetini tanımlamaya izin verir. Sığır yetiştiriciliğinde, yetiştiriciler ineklerden daha fazla süt almak için dişi buzağılara sahip olmak isterler ve bazı durumlarda erkek ırkların daha fazla et elde etmek için daha çok doğmasını isterler.

Literatürde ise, sığırlarda yaşayan canlı hayvanların cinsiyeti, bugünlerde genetik iyileştirme ve pazar talebi memnuniyeti açısından büyük bir potansiyeli temsil etmektedir. Sığır semen numunesinde X ve Y taşıyan spermatozoa oranının belirlenmesi için yeni bir öneri, gerçek zamanlı PCR (polimeraz zincir reaksiyonu) ile geliştirilmiştir. Yöntem, bir dizi doğruluk, tekrarlanabilirlik ve tekrarlanabilirlik analizleri ve iki grup sıralı ve sıralanmamış semen numunesini test ederek doğrulanmıştır. Spermatozodaki cinsiyet kromozom içeriğinin miktar tayini için bu yeni yöntem hızlı ve güvenilir olduğunu göstermiştir, bu da sperm cinsiyet teknolojilerine geçerli bir destek sağlamıştır [6].

İşyerinde, bir protein yapısal sınıfının tahmin edilmesine yönelik bir yaklaşımın kullanılması önerilmektedir. İki tip YSA'ya giriş olarak amino asit bileşimi ve hidrofobik patern frekans bilgisi: (1) üç katmanlı bir geri yayılma ağı ve (2) bir öğrenme vektörü kuantizasyon ağı [7]. Nöral ağların uygulanması, in vitro fertilizasyonun sonucunu tahmin etmede önerilmiştir [9]. Hayvan semeninin kalitesini tahmin etmek için kaba kümeler ve YSA'lar kullanan bir hibrid tahmin sistemi önerilmiştir [10].

Çalışmanın amacı, Sexed ULTRA™ yöntemini kullanarak taze ve dondurulmuş sığır sperminin in vitro özelliklerini değerlendirmek ve konvansiyonel (sınıflandırılmamış) spermallerle karşılaştırmaktır [11]. Çalışma, in vitro fertilizasyon / zamanlanmış embriyo transferi (IVF / TET) ve zamanlanmış suni tohumlama (TAI) kullanılarak elde edilen

gebelik oranlarını, aynı boğadan elde edilen cinsiyete göre ayrılmış (Y kromozomu taşıyan) sperma ile karşılaştırmıştır [12].

1.1. AMAÇ

Günümüzde kullanılan buzağı üretim yöntemlerinden biri de cinsiyeti belirlenmiş spermaların kullanılmasıdır. Sığırların karma spermaları ve cinsiyet ayrımı yapılmış spermalar ile tohumlanmaları sonucunda; sığırların gebe kalma oranı ve gebe kalma süresi ile bu sığırlardan doğan buzağuların doğduğu andaki ilk ağırlığı ve buzağuların gelişmeleri bakımından önemli değişiklik görülmediği, ayrıca cinsiyeti belirlenmiş sperma ile yapılan tohumlamaların, sürünün verimliliğinin artmasında daha etkili olacağı bildirilmiştir [9].

Bu doğrultuda bu tez çalışmasında boğa spermlerinde cinsiyet tahmini konusunda bulanık mantığı kullanarak ve mevcut çalışmalardan da yararlanarak daha iyi bir ayırıştırma yöntemi geliştirmeyi ve daha iyi sonuçlar elde etme amaçlanmaktadır.

1.2. ÖNEM

Sperma gruplandırma sürecinde spermada oluşan şekil olarak bozukluklar ve sperma sayısındaki eksilmeler doğurganlık azalışına sebebiyet vermektedir [1]. Süt üreticileri, sürünün çoğalması ve süt üretiminin artması açısından dişi, kasaplık et üretimi yapan üreticiler de erkek yavru arzu ederler. Bu sebeple, bu alanla ilgili üretim yapan işletmeler kendi yetiştirme programlarına uygun cinsiyet ayrımı yapılmış spermalar ile erkek ya da dişi buzağı üretimi üzerinde çalışmaları ile maddi imkanlarını güçlendirebilirler. Bu sayede, sürünün gelişimi ve besi için gerekli olan maddelerin sağlanabilmesi için buzağuların cinsiyetlerinin belirlenmesi önemli bir etken olacağından, cinsiyeti seçilmiş spermalarla üretim, daha verimli sonuçlar elde edebileceğimiz bir üretim yöntemi olarak kullanılabilir. Yeni ayırma yöntemlerinin geliştirilmesi, diğer tekniklerden kaynaklanabilecek potansiyel tehlikeleri ortadan kaldırabilir.

Buradan yola çıkarak diğer çalışmalardan farklı bir yapıya sahip olan bu çalışma ile farklı ve yeni bir ayırma yöntemi ele alınmıştır. Bu ayırma yönteminde bulanık mantıktan yararlanılmıştır. Bulanık mantık kullanılarak yapılan bu ayırma yöntemi diğer rutin olarak yapılan ayırma yöntemlerine göre daha verimli ve daha başarılı sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir.

1.3. FAYDA

Cinsiyeti belirlenmiş spermanın faydaları aşağıda sıralanmıştır [10].

1- Cinsiyetleri ayrılmış spermalar kullanıldığında sonuç olarak %90 ile %95 arasında bir tahmin yapılabileceğinden sığır ya da yavru sayısını artırabilmek amacıyla uygulanan verimli bir yöntem olduğu söylenebilir.

2- Dişi buzağılar erkek buzağılara göre daha küçük yapıda olduklarından dolayı dişilerin doğum sırasındaki zorluklarını en az indirgeyerek yavru ölümlerinin ve anne ölümlerinin önüne geçebilmek açısından yararlı olabilmektedir.

3- Sürüdeki hayvan sayısını artırmak veya sürüdeki hayvanları yenileyebilmek için dışarıdan hayvan tedarik edilmeyecekse üretimi yapılacak hayvanlar arasından sürünün içine dahil edilecek olanların seçilmesine olanak sağlar.

4- Sığır sürüsünün geliştirilmesi amacıyla mevcutta bulunan dişi hayvanlar içerisinde en üstün özelliklere sahip olanların seçilmesi ile daha verimli dişilerin ve daha iyi dişilerin elde tutulmasına olanak tanır.

5- Sürü içerisine yabancı dişi katılmadığından istenilmeden meydana gelen bazı hastalıkların önüne geçilebilir.

6- Bu araştırma üretim yapanların seçmelerine olanak sağlar. Üretici damızlıklarını, sürü içerisinde bulunan safkan özelliklere sahip en iyi ineklerin seçiminden, kasaplara gönderilecek olanları ya da sığır olarak kullanılacak olanları da sürü içerisinde kalan diğer hayvanlardan elde edebilir.

7- Yetiştiricilerden bazıları cinsiyeti dişi olan spermayla tohumlatılan hayvanların dişi buzağıya sahip olduğunun garantisini vererek ve doğum sırasında karşılaşılan güçlüklerin azalacağı bilgisini vererek ederinden daha yüksek fiyatlara satabilir.

Cinsiyetin otomatik olarak bulanık mantığa dayalı bir programla yapılması hem güvenilirliği (istenen cinsiyetli yavru doğulması yüzdesi) artırır, hem de cinsiyet belirleme sürecinin otomatik hale getirilmesinde kullanılabilir.

Tez çalışması 6 bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümünde problemin özünden söz edilmekte, çalışmanın amacı, önemi ve faydası gösterilmektedir. 2. Bölümde kısaca bir kaynak araştırması verilmekte, 3. Bölümde ise bulanık mantık yöntemi ve onun bazı özellikleri anlatılmakta, 4. Bölümde materyal ve yöntem anlatılmaktadır. Yöntem uygulamasının Matlab'da yapılması için gereken düzenlemeler de bu bölümde yapılmaktadır. Bu bölümde aynı zamanda problemin Matlab'da uygulamalarından örnekler gösterilmektedir. 5. Bölümde sonuçların doğruluğu, duyarlılığı ve özgüllüğü hesaplanarak sonuçların analizi yapılmıştır. 6. Bölüm sonuçları ve önerileri içermektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Allahverdi (2002) kitabında, bilginin “Eğer - O Halde” kurallarına uygun olarak sunum yapılmasından, bulanık mantık kavramlarından, tıp bilimlerinde uygulanan uzman sistem uygulamalarından kapsamlı olarak bahsetmiştir. Ayrıca yapay sinir ağları ile uzman sistemlerden ve bulanık uzman sistemlerin tasarlanmasından ve bu konuların örneklerinden bahsetmektedir.

C.Gonzalez-Marín, C.E.Gongora, T.B.Gilligan, K.M. Evans, J.F. Moreno, R. Vishwanath (2018) yayınlamış oldukları makalede Sexed ULTRA™ yöntemini kullanarak taze ve dondurulmuş sığır sperminin in vitro özelliklerini değerlendirmek ve konvansiyonel (sınıflandırılmamış) spermlerle karşılaştırmaktan bahsetmişlerdir.

C.A.G. Pellegrino (2016) hazırlamış olduğu çalışmasında in vitro fertilizasyon zamanlanmış embriyo transferi (IVF / TET) ve zamanlanmış suni tohumlama (TAI)

kullanılarak elde edilen gebelik oranlarını, aynı boğadan elde edilen cinsiyete göre ayrılmış (Y kromozomu taşıyan) sperma ile karşılaştırmasından bahsetmiştir.

R. Deb. (2015) yayınlamış olduğu çalışmasında yapay sinir ağları metodolojisinin melez boğalarda dondurulan sperm erimesi sonrası motilite tahmini için kullanılabileceği sonucuna varmasından bahsetmektedir.

Literatür taramasından da görüldüğü gibi yapay zekâ yöntemleri arasında sığırlarda yeni doğacak yavruların cinsiyetinin önceden belirlenmesi ile ilgili bir çalışma bulunmamaktadır.

3. BULANIK MANTIK

Bulanık mantık, insanlar gibi düşünebilmeyi ilke edinmiş ve bu düşünceleri denklemlere dönüştürerek bunları çözümleyebilen bir bilim alt dalıdır. Bilgisayar, insan gibi olayları beyaz veya siyah renk görmektense gri olarak da görmesidir. Bu demek oluyor ki karar alacağı zaman, birçok değerlendirme yapıp kurallara uygun kararları seçip yerine getirmesidir ve bunun tam da tersini yaparak yeni kararlar alabilmesidir [13].

Bulanık mantık alt yapısı kümeler ve alt kümelerden meydana gelir. Alışılmış yöntemde varlık, küme elemanıdır veya küme elemanı değildir. Varlık küme elemanıysa "1" değeri, küme elemanı değilse değeri "0" olur. Alışılmış küme gösteriminin genişletilmiş hali bulanık mantıktır. Bulanık kümede tüm varlıkların ayrı ayrı üyelik dereceleri mevcuttur. Bu varlıkların her birinin üyelik derecesi değeri (0, 1) aralığında olabilmektedir.

Odanın sıcaklığı 23 santigrat derece olduğunu düşünürsek alışılmış küme kuramına göre bu derecenin üzerinde bulunan dereceleri "sıcak" olarak nitelendirilir ve bunun için sıcak kümesi oluşur. Bu kümedeki üyelik dereceleri "1" değerini alır. Bu derecenin altındakiler "soğuk" olarak nitelendirilir ve buradaki üyelik dereceleri "0" değerini alır. Soğuk kümesinde ise tam tersi durumlar oluşmaktadır. Bulanık kümelerde elemanların (0,1) aralığında değerleri olmaktadır. Mesela sıcaklığı 16 derece olan bir eleman "Sıcak" bulanık kümesinde "0" değerini, sıcaklığı 27 derece olan bir eleman ise "0,5" değerini alabilir.

Bulanık küme elemanlarının değerleri (0,1) arasında sonsuz sayı olarak değişebilmektedir. Küme çeşitleri arasında yer alan keskin kümedeki acı-tatlı, büyük-küçük değişkenleri, bulanık mantıkta az acı, az tatlı, çok büyük, çok küçük olarak nitelendirilir. Buradaki fark, kümedeki elemanların net ifade ile ifade edilmemesidir [14]. Çizelge 1.1’de bulanık mantık ile klasik mantık arasında bulunan temel bazı farklar gösterilmektedir.

Çizelge 1.1. Bulanık mantık ve klasik mantık arasındaki bazı farklar

Bulanık Mantık	Klasik Mantık
Kısmi	Kesin
Belirli Derecelerde	Hepsi veya Hiçbiri
0 ve 1 Arasında Süreklilik	0 veya 1
Bulanık Birimler	İkili Birimler

3.1. Bulanık Mantığın Gelişimi

Bazı kavramalar belirli sınırlarla gruplandırılırken (gece-gündüz, eski-yeni, doğru-yanlış) bazılarını belirli sınırlarla gruplandıramayız. Net sınırlar ile sınırlandırılmış olan bu kavramları değerlendirebilmek ve bu değerleri kullanabilmek için bulanık mantığa ihtiyacımız vardır.

Zadeh olarak bilinen Lütfi Ali Askerzade bulanık mantığın kurucusudur. Zadeh, Berkeley Üniversitesi Elektrik Mühendisliği ve Elektronik Araştırma Laboratuvarındaki çalışmalarında “Information and Control” adlı dergi içerisinde bulunan “Fuzzy Sets” adlı yazısı ile geleceğe ışık tutabilecek birçok bilgi yayınlamıştır. Zadeh’in bu yazısı birçok alanda başarılı sonuçlara imza atmıştır. Sonuç olarak bulanık mantık hem teorik hem de pratikte birçok değişikliğe önder olmuştur. Bilim adamlarından bazıları uzun yıllardır süre gelen yanlış algılamaların son bulması bulanık mantık sayesinde olduğu görüşündedir [15].

Zadeh'in yayınladığı makalede bulanık mantığın net olan değerlere göre net olan değerlere daha yakın yaklaşımların olduğunu ifade etmiştir [13]. Zadeh' göre bulanık mantık temeli aşağıdaki gibidir [16];

- Bulanık mantık net olmayan yakın değerleri kullanılır.
- BM açısından bilginin ifadesi çok iyi, iyi, çok küçük, çok büyük şeklindedir.
- BM'de üyelik derece değerleri (0-1) aralığındadır.
- Bulanık ifadeye dönüştürülebilen mantık ifadeleri bulunabilir.
- Zor ve karmaşık model içeren sistemler bulanık mantık yöntemine uygundur.

1970'li yıllarda teoriye devam edilmiş bununla birlikte birçok uygulama yapılmıştır. Zadeh 1973'te yayınladığı makale ile bulanık kontrolün temeli oluşmaktadır. Bulanık denetleyiciler 1970'li yıllarda sistemlere dahil edildi. Assilian ve Mamdani 1975'te buhar kazanlarının denetimlerini gerçekleştirebilmek adına bulanık kontrolör tasarladılar. Bunların sonucunda yayınlanan makale bilimde önemli yer teşkil etmektedir. Çimentonun üretilmesindeki değirmen denetleme mekanizmasının tasarımı 1978 yılında Ostergaard ile Holmblad tarafından yapılmıştır [17]. Burada yer alan endüstri alanındaki gelişmeler bulanık mantığın önemli bir yere sahip olduğunu ve birçok alana yarar sağlayabileceğini göstermektedir.

1980 yıllarında BM, çeşitli sistem kontrollerinde güçlü etkiler bırakmıştır. Bulanık mantıktaki süreçlerin denetiminde teknolojik gelişmelerin hızlanması Japon mühendisler sayesinde olmuştur. Japonya'da Sugeno 1980 yılında BM'ın ilk denetim uygulamasını gerçekleştirmiştir. Sugeno bu çalışmasının ardından 1983 yılında kendisi park yapabilen araba denetleyicisini yapmıştır. Trenlerin denetimlerini otomatik hale getirebilmek için 1980 yılının başlarında Miyomoto ve Yasunobu Sendai metrosunda bulunan trenler üzerinde çalışmalarına başlamışlardır. 1987'de bitirdikleri bu sistem dünyanın en gelişmiş denetleme mekanizması olmuştur [18].

1990'lı yıllarda bulanık kontrollü birçok ürün marketlere çıkarılmıştır. Çamaşır makineleri, kameralar, arabaların motorları ve araba frenlerinin sisteminde bulanık kontrol başarıya ulaşmıştır. Japonya'da bulunan bu sistemlerdeki başarı Avrupa'da ve ABD'de bulunan araştırmacıları etkiledi. Birçok araştırmacının bu alandaki fikirlerinin değişmesinde etkili oldu. San Diego'da 1992'nin şubat ayında düzenlenen IEEE

konferansında bulanık kontrol sistemlerinden bahsedilmiştir. Düzenlenen bu konferans sayesinde bulanık kontrol sistemlerini IEEE'nin (Institute of Electrical and Electronics Engineering) kabul ettiğini tüm dünya görmüş oldu. 1993 yılında "IEEE Transactions on Fuzzy Systems" adında bir dergi yayınlanmaya başlanmıştır [19].

3.2. Bulanık Mantık Uygulama Alanları

Bulanık mantık, günümüzde zor ve karmaşık halde olan problemlerin çözümüne getirdiği kolay ve kullanışlı çözüm bulma yaklaşımı sayesinde geniş uygulama alanı bulmuştur [20]. Birçok disiplinde (matematik, fen, sosyoloji, mühendislik gibi) çok farklı konularda kullanılan ve bilim insanlarının odağı haline gelen bir bilim dalı olmuştur.

Bulanık kontrol örneklerinin birçoğunda, bulanık denetlemenin performans testlerini gözlemleyebilmek adına test modeli ya da gerçek uygulamalarında gerçek model kullanılmaktadır.

Genel olarak tıp, sosyoloji, mühendislik, psikoloji, yapay zekâ, akıllı sistemler, robotik, sinyal işleme, kavşak ve ulaştırma problemleri gibi birçok alana konu olmuştur. Bulanık mantığın uygulandığı alanlara; el yazısı, karakter ve nesne tanıma, robot kontrolü, televizyon alıcılarının ayarlanması, kameraların odaklanma ayarlarının yapılması, füzelerin kontrol edilmesi, buzdolaplarının buzlanmasının engellenmesi, bilgisayar disklerinin kafalarının kontrol edilmesi, çimento ve harç makinelerinin kontrolü, metroların işleyişi, ayrıca çamaşır makinelerinin, asansörlerin, klimaların, emniyet firen sistemlerinin, trafik lambalarının, otomobil motorlarının programlanmasının elektrikli süpürgelerin ve araç süspansiyonlarının kontrol edilmesi gibi örnekler verilebilir [20].

Bulanık kontrol üzerindeki ilk çalışma 1974 yılında Mamdani ile gerçekleşmiştir. Bu çalışma buhar kazanlarının kontrolü üzerinedir. Geliştirilen sistemlerden bazıları tarihleri ile birlikte şu şekildedir; 1976 yılında Kickert Suyu, 1976 yılında basınç ve ısı yardımı ile birbirine yapıştırılmış parça üreten maden fabrikası, 1977 yılında Trafikte Kavşak Kontrolü, Karıştırma Tank Reaktörü, Oostergard'ın ısının değişmesini sağlayan denetleyicisi, Larsen 1980'de çimentonun üretimi ile ilgili kontrolü, 1982 ile 1984 yılları arasında pompaların kontrolü, mini arabaların, otomobillerin, motorların, uçakların

kontrolleri, 1985'te robotik kolların, mini araç parklarının, Murakami tarafından otomobillerin hızlarının kontrolleri, 1986 yılında Yamakawa ile bulanık bilgisayarların kontrolü. Ayrıca Japonya da tabanı mikro-işlemciye dayanan bulanık denetleyicinin ilk adımları 2 farklı uygulama ile atılmıştır. Bunlar trenlerin kontrolü ve su arıtma kontrolüdür [18].

1990 yılında aletlerde makinelerde ve daha birçok alanda kullanılmıştır. 1988'de bir güvenlik firması bulanık mantık kontrolü sayesinde borsa üzerinde oluşacak olan krizi haftalar öncesinde haber vererek oluşabilecek büyük zararların önüne geçebilmiştir. Bu sayede yatırımcılar hisse senetlerini bu alanda kullanarak büyük kazançlar elde etmişlerdir. 1989'da bulanık sermaye adındaki portföy hacmi iki milyar dolar seviyesine gelmiştir [21].

Günümüzde birçok alanda kullanılan bulanık mantık hem yazılımsal hemde donanımsal olarak son kullanıcıya hizmet vermektedir. Ayrıca mikroişlemcilerinde bulanıklaşması sağlanarak satışı gerçekleştirilmektedir. Pazarda söz sahiplerinden biri olan Panasonic'in tasarladığı cihaz çekimler esnasında oluşan görüntü bozukluklarını düzeltmesi sistemi, Nissan'ın ve Subaru'nun işbirliği ile geliştirdikleri araçların vites düzeneklerindeki sistemi, Nissan firmasının geliştirmiş olduğu fren sistemi (ABS), birçok büyük firmanın geliştirdikleri asansörlerin kontrol sistemi, Matsushita firmasının tasarlamış olduğu çamaşır makinesi çamaşırdaki kirliliği, çamaşırın ağırlığı ve kumaş cinsine göre program ayarlayan çamaşır makinesi sistemi bulanık mantık ile gerçekleştirilen sistemlere örneklerdir. Bulanık mantık biliminden faydalanılarak NASA'da yapılan bir çalışmada uzay aracının yakıt tüketimi 3 kat kadar azaltılarak tasarruf sağlanmıştır. Günümüzde bulanık mantık ile ilgili kırk civarı ülke araştırma yapmaktadırlar. Japonya, Batı Avrupa, ABD ve Çin başı çeken ülkelerdir. Dünya bazında yapılan çalışmalar ele alındığında Japonya araştırma ve geliştirme açısından ön sıralarda olduğu bilinmektedir.

Bulanık mantığın tarihteki gelişme aşamalarından bazıları Çizelge 3.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 3.1. Bulanık mantığın tarihteki gelişme aşamalarından bazıları

Araştırma Yeri	Araştırma Yapan	Araştırma Konusu	Araştırma Yılı
Kaliforniya Üniversitesi	Prof. Lotfi Zadeh	Bulanık Set Kuramı	1965
Bell Laboratuvarı	Dr. Peter Maniros	Bulanık Mantık	1966
Quenn Merry Londra Üniversitesi	Prof. Mamdani	Buhar türbini denetiminde Bulanık Mantık uygulaması	1972
Danimarka	F.L. Smidth	Çimento sanayiinde uygulama	1980
Sendai Metrosu	Hitachi	Trenlerin otomatik denetimi	1987
Tokyo	Yamaichi Seganty	Hisse senedi portföyü	1988

Bulanık mantığın kontrolü ile alakadar çalışmaların artmasıyla uygulanacak olan alanlar buna bağlı biçimde artış göstermektedir. Bulanık mantık elektrikli ev aletleri, otomobil sektörü ve elektronik cihazlar başta olmak üzere birçok alana genişleyerek uygulamaları gün geçtikçe artmaktadır [21].

3.3. Bulanık Mantığın Klasik Mantıkla Karşılaştırılması

- Bulanık mantık kontrolünde net olmayan veriler kullanılabilir. Klasik mantıktaysa veriler net ve doğru kullanılmalıdır.
- Bulanık mantık kontrolde matematiksel bir model kullanmaya gerek görülmemektedir. Klasik mantık kontrolünde ise matematiksel bir modele ihtiyaç olmaktadır.
- Klasik mantık kontrolünde, karmaşık sistemlerin uygulama içerisine aktarılması maliyetli olabilmektedir. Fakat bulanık mantık kontrolünde uygun sensörler ile ölçümler esnetilir ve bu sayede daha hızlı, daha ucuz ve kolaylaşmış bir uygulama oluşabilmektedir.

3.4. Bulanık Mantığın Avantajları

Uygulamalarda bulanık mantık yöntemi kullanmanın en önemli avantajı, mevcut sistemin konuşma dili ile açıklanabilmesidir. Bulanık mantık ile mevcutta bulunan karmaşık bir sistemi yalnızca kendi ifadelerimiz ve terimlerimiz ile anlatabiliriz. Bunun yanında denetleme sisteminin çok hassas olması gerekmez. Bu yapı insanın düşünme mantığı ile uyumlu olduğu için, bulanık mantığın en belirli avantajlarından biri olarak bilinir. Bulanık mantık ile kontrol sisteminin en yaygın ve en iyi olduğu uygulama dalları belirgin ve doğrusal olmayan, zamana bağlı olarak değişen sistemlerdir. Bulanık mantık bu şekildeki sistemlerin kontrol ve denetimi için basit ve anlaşılabilen çözümler getirir. Sistemin basit matematiksel ifadeler ile tanımlanabildiği durumlarda, alışlagelmiş PID (Proportional Integral Derivative) denetleyici kullanan basit yaklaşımlar yeterli olabilir. Fakat sistemin karmaşıklığı arttıkça, alışılan ya da yeni teknikler içeren denetim yapılarını uygulamak zorlaşacaktır. Bu durumda bulanık mantık ile denetim sağlamak hem ekonomik hem de daha verimli sonuçlar veren bir yapı olarak karşımıza çıkacaktır.

Bulanık mantık uygulaması daha az yazılım ile daha hızlı olarak sonuçlanır. Bu durumun sebebi bulanık mantık uygulamasında işaretlerin ilk olarak bir ön işlemde geçmeleri ve geniş alana yayılan değerlerin az miktardaki fonksiyonlarına indirgenmeleridir. Bulanık mantık uygulamasının bir diğer avantajı ise direkt olarak kullanıcıdan alınan girişlerle, kullanıcının deneyiminden faydalanma imkanını sağlamasıdır.

3.5. Bulanık Mantığın Dezavantajları

Sistemin dezavantajlarından biri bulanık mantık uygulamasında kullanılacak olan kuralların bir uzman deneyimine ve görüşüne bağlı olarak belirlenmesinin gerekmesidir.

Üyelik fonksiyonlarının deneme/yanılma yöntemi ile bulunmasından dolayı fazla zaman harcanabilir. Bu durumu gidermek ve zamandan tasarruf edebilmek için yapay sinir ağlarının bulanık mantık uygulaması ile ilişkilendirilmesi önerilmiştir. Bu şekilde bir yöntem kullanarak üyelik fonksiyonlarının öğrenilmesi, literatürdeki çalışmalarda ön plana çıkmaktadır [21].

Bir kontrol sisteminin en önemli sorunu, denetlenecek olan sistemin matematiksel modelinin her durumda oluşturulamaması ya da matematiksel model oluşturulsa dahi pratikte uygulamaya çevriminin zor oluşudur. Bulanık mantık uygulaması, klasik bir mantıkta olduğu gibi denetlenecek olan sistemin matematiksel modeline gereksinim duymadan dilsel ifadeler kullanarak kontrol yapısını basit şekilde oluşturabilmektedir. İlk zamanlarda, Prof. Zadeh'in 1965 yılında ortaya koyduğu bu yaklaşım çok fazla önemsenmemiş olsa da sonraki zamanlarda bilim ve teknolojik alanda yeni bir yol açmıştır. Uygulamalarda bulanık mantık kullanımı genel olarak çok daha başarılı sonuçlara ulaşılmasını sağlamış ve bu durumla birlikte bulanık mantık uygulamaları hızlı bir şekilde gelişmiştir. Bulanık mantık uygulamalarının bir kontrol sistemi için birçok avantaja sahip olmasına karşın, denetim sisteminin tasarımı için bir uzman deneyim ve görüşünden faydalanılması, yüksek derece performans alabilmek için birden çok deneme/yanılma yöntemi kullanılması, bulanık mantık uygulamalarının bir dezavantajı olarak ifade edilmektedir [22].

3.6. Bulanık Mantık Modellemesi

Bulanık mantık temel olarak çok değişkenli bulunan mantık, genetik algoritma, yapay sinir ağı, olasılık teorisi ve yapay zeka dalları üzerine oluşturulan, olayların oluşma olasılığından çok oluşumun derecesi ile ilgilenen bir ifadeyi tanımlamaktadır. Bu yüzden bazı bilim adamlarına göre bulanık mantık, olasılık kavramının devamı olarak nitelendirilmiştir. Ancak olasılık ve bulanıklık kavramları oldukça farklıdır. Olasılık temel olarak bir durumun olup olmayacağı ile ilgili ölçüm yapar. Rastgele olarak ifade edilen doğa olayları için belirsizliği bulunur. Bulanıklık kavramı ise bir olayın ne kademedede olduğu ve bir koşulun da ne kademedede var olduğunu ifade eder. Bulanık mantık yapısında çok kapsamlı ve detaylı matematiksel temel olmasına karşın, uygulamada oldukça kolaydır.

Normal yöntemlerde kullanılan ikili (0-1) mantıkta, bir eleman kesin olarak bir kümenin elemanıdır ya da elemanı değildir. Bu türde olan kümelere crisp yani keskin kümeler adı verilir. Örnek olarak, klasik mantıkta, bir A kümesi ve bu kümenin değili olarak ifade edilen \bar{A} kümesi vardır. Ancak bulanık mantık için küme ifadesi, belirlenen bu iki değeri (0 ve 1) sistemin sınır durumları olarak kabul eder [21].

Klasik mantıkta bir eleman eğer A kümesinin elemanı değilse, bu kümenin değil olan \bar{A} kümesine ait olarak ifade edilir. Örnek olarak, eğer bir elma kırmızı elmalar A kümesine ait değilse, \bar{A} kümesine ait bir eleman olacaktır. Ancak bu durum bulanık mantığa göre ifade edildiğinde, tam olarak kırmızı olmayan bir elma, tam olarak yeşil bir elma da değilse, belirli bir yüzde oranıyla kırmızı elma olarak kabul edilebilir. Bu durumda, tamamen kırmızı bir elmanın üyelik değeri 1 ise kırmızılık içermeyen bir elmanın üyelik değeri 0 olur. Diğer elmalar içerdiği kızarıklık derecelerine göre '%40, %50... oranında kırmızı' gibi ifadelerle nitelendirilebilir. Böylece, klasik mantıkta olduğu gibi bir 'a' nesnesi A kümesinin elemanı değilse, bu nesne \bar{A} kümesine aittir ya da "bir nesne hem A kümesinin elemanı hem de \bar{A} kümesinin elemanı olamaz" biçiminde ifade edilen çelişmezlik ilkesine bağlı kalınmamaktadır. Çünkü 'a' nesnesi hem %40 oranında A kümesinin özelliğini hem de aynı zamanda %60 oranında A kümesinin olmama özelliğini taşımaktadır. Dolayısıyla bu nesne için A ve \bar{A} birlikte doğru olmaktadır.

Bulanık mantıkta yer alan bu kümeleme anlayışı, klasik mantıktaki temel ilkelerin dışına çıkmakla birlikte klasik mantığın tamamen yabancı olduğu durumları yorumlayabilmekte ve bu durumları işlemsel olarak kullanabilmeyi sağlamaktadır. Örneğin bir p önermesi ya da q önermesi için, klasik mantıkta değerler 1 ve 0 olarak ifade edilir. p ve q önermeleri birlikte kullanıldığında ise 11, 10, 01 ve 00 değerini alır. Bir kontrol sistemi için bu mantık kullanıldığında, denetleyicinin yapısındaki fiziksel ifadelerin oluşturduğu kümeler bu şekilde keskin kümeler şeklinde ayrıldığında, sistemin çıktısında ani değişimlerin olduğu gözlenecektir. Keskin ayrımlarda bu değişimler kaçınılmazdır [21].

3.7. Bulanık Kümeler

Bulanık küme ifadesi, küme kavramında eleman olmanın derecelendirildiği bir genelleştirme olarak ifade edilmiştir. Bulanık küme, bulanık mantık uygulamasının bir genişlemesi olarak ifade edilmiştir. Bulanık mantık teorisinin temelini bulanık küme oluşturmaktadır. Bir nesne normalde bir kümeye ait ya da değilken, bulanık kümede bu nesne belirli oranlarda kümenin kısmi olarak elemanı olabilir. Bulanık mantıkta sınırlar keskin şekilde ifade edilmediği için, kavramlar matematiksel ifadeye ile kolayca çevrilemez, yani formüleştirilemez. Matematiksel operatörler yalnızca sınır değerler ile işlem yapılmasına olanak vermektedir. Bu nedenle, karmaşık sistemlerin kontrolü daha zordur. Bulanık

mantık bu gibi zorluklara karşı daha belirleyici tanımlamalar yapılmasını sağlar. Bulanık mantık yöntemi sayıların komşuluğu ilkesini baz alır. Karar aşamasında bir durum bir sayı ile ifade ediliyorsa, bu durumun kabulü belirlenen sayının gerçekleşmesi ile sağlanır. Fakat belirlenen sayıya yakın olan sayılar, karar aşamasının bir parçası olarak kabul edilmeyecektir. Bu durumda, bir güven katsayısı ile bu sayıların farklı kümelerin üyesi olduğunu ifade etmek de istatistiksel anlamda yanlış olacaktır. Örnek olarak, bir tezgâhta işlem gören bir malzemenin sıcaklığı 39 C^0 ye ulaştığında tezgâhın bakımının başlaması gerekiyorsa, malzeme sıcaklığı 36 C^0 ye ulaştığında da bakımın başlamasının gerektiği ön koşul olarak kabul edilebilir. Bu durumda olduğu gibi, aynı amaca hizmet etmekte olan sayıların komşuluğunu ifade etmek mümkündür.

A , $R \in (-\infty, +\infty)$ 'da konu olan küme elemanı ise, $\mu_A(x)$ için üyelik fonksiyonu $R \rightarrow [0,1]$ aralığında oluşmaktadır. Başka bir ifade ile, A kümesi $A = [a_1, a_3]$ aralığında yer alıyorsa genel ifade ile $\mu_A(x)$ için üyelik fonksiyonu 3.1 formülü ile gösterilebilir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ 1, & a_1 \leq x \leq a_3 \\ 0 & x > a_3 \end{cases} \quad (3.1)$$

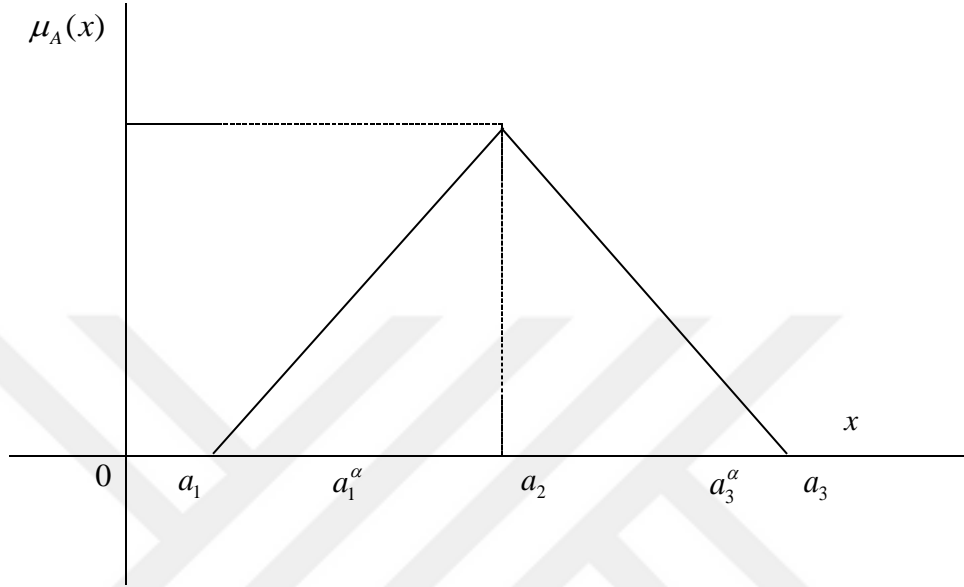
Üyelik fonksiyonu genel olarak, üçgensel üyelik fonksiyonu ve yamuk üyelik fonksiyonu olarak iki başlıkta incelenmektedir.

$\mu_A(x)$ için üyelik fonksiyonu üçgensel olarak 3.2 formülü ile ifade edilmiştir.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x - a_1}{a_2 - a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{a_3 - x}{a_3 - a_2}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (3.2)$$

3.2 formülünde ifade edildiğine göre kümenin, $A = (a_1, a_2, a_3)$ olması gerekmektedir. Bu kümede görünen a_2 elemanı, normal değere sahip üyelik olarak ifade edilebilir. Bulanık mantık uygulaması bu aşamada belirli bir α katsayısına dayalı olarak a_2 elemanına yakın

olan değerlerin, a_2 'ye yüklenen anlamla temsil edilebileceğini kabul etmektedir. Başka bir ifadeyle, a_2 'de yer alan belirsizlik, kabul edilecek veya dağılıma bağlı olarak bulunabilecek bir α katsayısı kullanılarak tolere edilebilmektedir. Bahsedilen komşuluk ifadesi Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Sayıların komşuluğu

α katsayısı bulanık mantık terimlerinde kesim katsayısı olarak ifade edilir. a_1^α ve a_3^α ifadeleri, a_2 'nin normal değeri için komşuluğu oluşturan aralıklar, yani alt sınır ve üst sınır değerleri olarak ifade edilir. Başka bir ifadeyle, a_1^α ve a_3^α aralığında yer alan bütün sayılar a_2 'nin normal değeriyle aynı anlamı taşımaktadır. a_1^α ve a_3^α için değerler 3.3 ve 3.4 de gösterilen formüller kullanılarak hesaplanabilir.

$$\frac{a_1^\alpha - a_1}{a_2 - a_1} = \alpha \quad (3.3)$$

$$\frac{a_3 - a_3^\alpha}{a_3 - a_2} = \alpha \quad (3.4)$$

3.3 ve 3.4’de yer alan formüllerden yararlanarak, $\forall \alpha \in [0,1]$ için $A_\alpha = [a_1^\alpha, a_3^\alpha]$ aralığı bulunabilir. a_1^α ve a_3^α değerlerinin hesaplanması 3.5 ve 3.6’da yer alan formüller ile gösterilmiştir.

$$a_1^\alpha = \alpha(a_2 - a_1) + a_1 \quad (3.5)$$

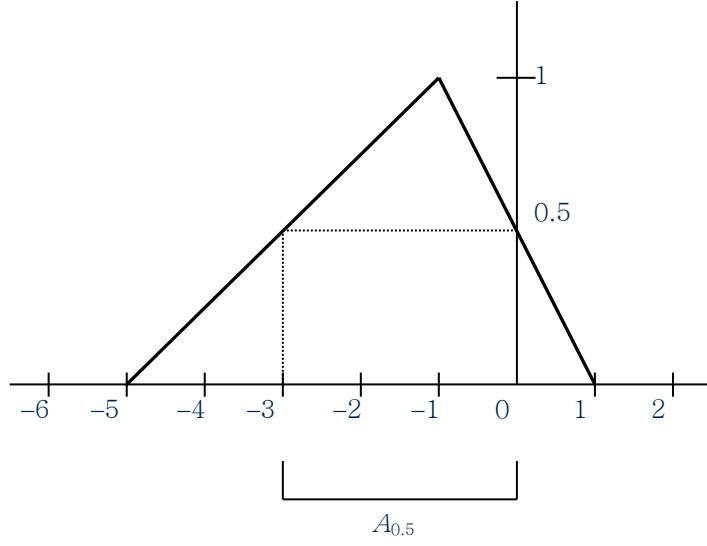
$$a_3^\alpha = a_3 - (a_3 - a_2)\alpha \quad (3.6)$$

Örnek olarak üyelik fonksiyonu üçgensel olan bulanık mantık sayılarıyla ilgili küme $A = (-5, -1, 1)$ ise, bu durumda 3.2’de yer alan formülden üyelik fonksiyonu,

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < -5 \\ \frac{x+5}{4}, & -5 \leq x \leq -1 \\ \frac{1-x}{2}, & -1 \leq x \leq 1 \\ 0, & x > 1 \end{cases} \quad (3.7)$$

olarak bulunabilir. Karar vericiden α kesim katsayısı 0,5 olarak saptanmış ise normal değer olan -1’in komşuları 3.5 ve 3.6’da yer alan formüller ile, $a_1^{0,5} = -3$ ve $a_3^{0,5} = 0$ şeklinde hesaplanacaktır. Başka bir ifade ile normal değer olan -1 ile aynı anlamı taşıyan sayıların kümesi $[-3, 0]$ aralığında yer almaktadır. Bahsedilen ilişkiye Şekil 3.2’de yer verilmiştir.

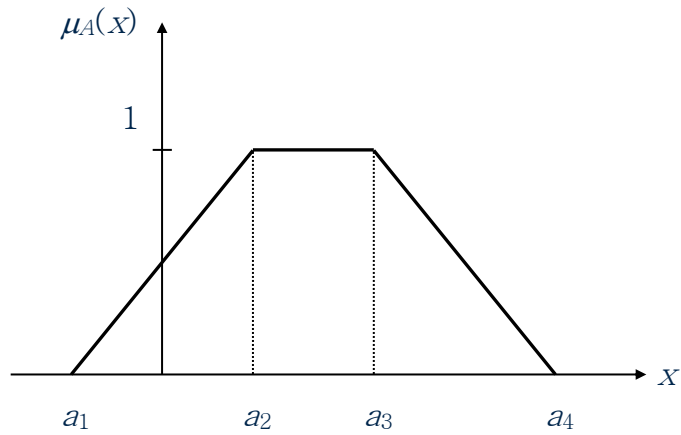
Bulanık mantık sayıları ile ilgili kümede normal olarak kabul edilen iki değerlilik varsa yani küme, $A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$ şeklindeki 4 belirleyici değer ile oluşuyor ise, böyle bir durumda fonksiyon, yamuk üyelik fonksiyonu biçiminde olacaktır. Yamuk üyelik fonksiyonuna 3.8’deki formülde yer verilmiştir.



Şekil 3.2. $A = (-5, -1, 1)$ Kümesine ait komşuluk

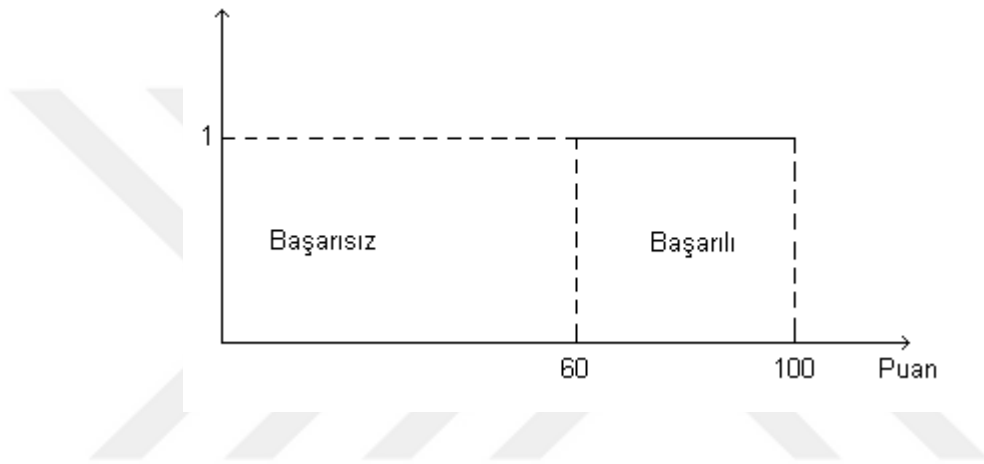
$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{a_4-x}{a_4-a_3}, & a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & x > a_4 \end{cases} \quad (3.8)$$

Bahsedilen komşuluk Şekil 3.3'deki yapıda oluşacaktır.

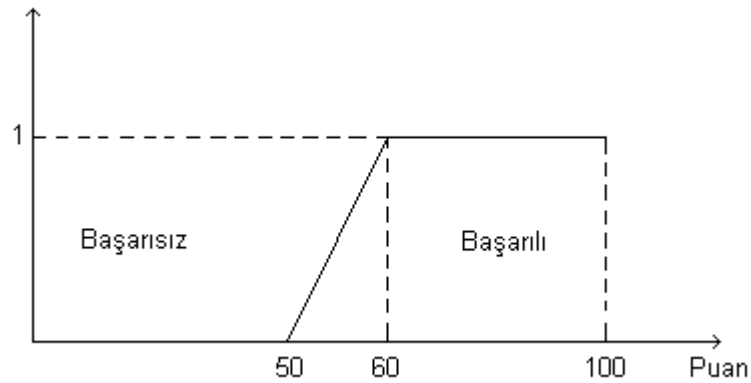


Şekil 3.3. Yamuk sayı komşuluğu

Klasik kümelerde, bir eleman ya bir kümeye aittir ya da o kümeye ait değildir. Küme, kendisine ait olan elemanına 1 ya da 0 değerini atayarak, elemanın kendisi ile olan ilişkisini ifade eder. Yani belirtilen nesne 1 değerini alıyorsa kümenin elemanı, 0 değerini alıyorsa kümenin elemanı değildir. Şekil 3.4’de yer alan grafikte gösterildiği gibi 60 puan alan bir öğrenci başarılı olarak ifade edilirken, ikili mantık ve klasik kümelerdeki yapıya göre 59,5 puan almış öğrenci başarısız olarak sayılacaktır. Bu mantıkta bir esneklik söz konusu değildir. Gerçekte sınırlar bu durumdaki kadar net değildir. Klasik mantıkta görünen bu keskin sınırlar, denetimin çıktısında ani değişikliklerin olmasına yol açmaktadır [22].

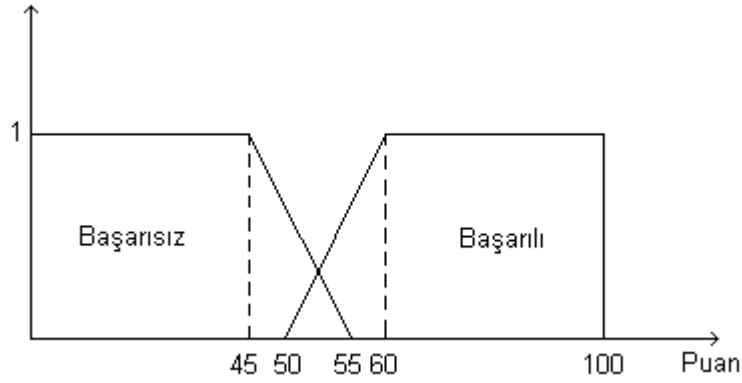


Şekil 3.4. Klasik küme teorisinde gösterim



Şekil 3.5. Bulanık küme teorisinde gösterim

Şekil 3.6’deki gösterim Şekil 3.4 ve Şekil 3.5’te yer alan verilerin birleştirilmesi ile elde edilmiştir.



Şekil 3.6. Bulanık kümede örtüşüm gösterimi

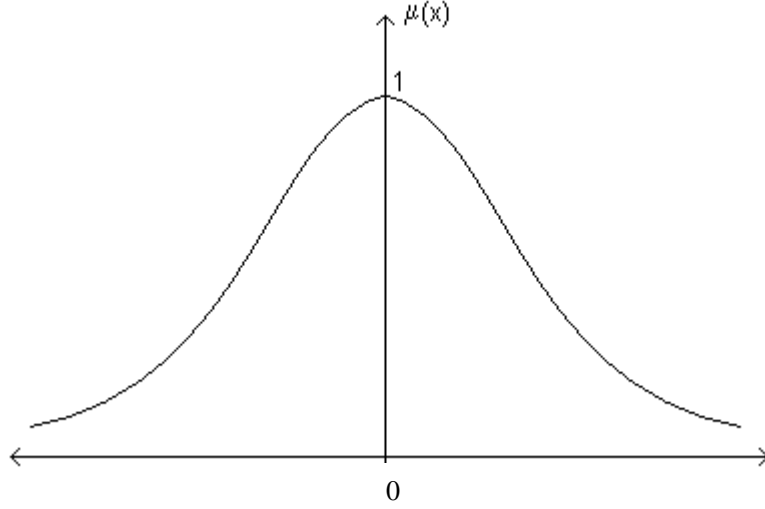
Bu gösterime göre 0 puandan 45 puana kadar olan puan aralığı başarısız sayılmıştır ve bu alan bulanık kümede başarısız küme tam üyeliğindedir, yani bu kümeye olan üyelik derecesi 1 olarak ifade edilir. 45 puan ile 55 puan arasında kalan alanda, bulanık kümede başarısız küme derecesine sahip üyelik mevcuttur. 50 puan ile 55 puan arasında ise başarılı ve başarısız bulanık kümelerin kesiştiği durum, yani örtüşüm meydana gelmiştir. Bu bölgede yer alan üyelik hem başarılı olarak hem de başarısız olarak ifade edilebilir. Bu bölge için üyelik derecesi değeri yaklaşık olarak 0,3 olmaktadır. Evrensel X kümesi içinde tanımlanan, bulanık A kümesi için, üyelik fonksiyonu μ_A 3.9'da gösterilen şekilde elde edilir [23].

$$\mu_A = X \rightarrow [0,1] \quad (3.9)$$

Üyelik fonksiyonu μ_A , $[0,1]$ kapalı aralığındaki gerçek bir sayıyı ifade etmektedir. Örneğin, gerçek sayılar kümesi için $\mu_A(x)$ üyelik fonksiyonu, aşağıda verilen denklemdeki şekilde tanımlanabilir:

$$\mu_A(x) = \frac{1}{1+10x^2} \quad (3.10)$$

Bu fonksiyona ait grafik Şekil 3.7'de verilmiştir [24].



Şekil 3.7. Üyelik fonksiyonu grafiği örneği

Bulanık kümelerde bulunan sayıların üyelik dereceleri yukarıda gösterilen formülle hesaplanmaktadır. Sayısal değeri 2 olan elemanın üyelik derecesi 0,02 hesaplanır.

Bulanık küme uygulamaları, yeni matematiksel ifadelerin ortaya çıkmasına, araştırma için yeni konuların oluşumuna, mühendislik kavramında yeni konuların tasarlanmasına olanak sağlamıştır. Özellikle de yapay zekâ ile günlük yaşama ilginç uygulamalarla girmeye başlamıştır. Bulanık küme ile oluşturulan bazı kavramlar ve uygulamalar şu şekilde örneklenebilir:

Bulanık Ölçüm Kavramı

- Bulanık Bilgisayar Mimarileri
- Uzman Bulanık Sistemler
- Bilgi Mühendisliği

Bulanık Matematik Uygulamaları

- Kontrol Mühendisliği
- Biçim Tanımlama
- Robotik Uygulamalar

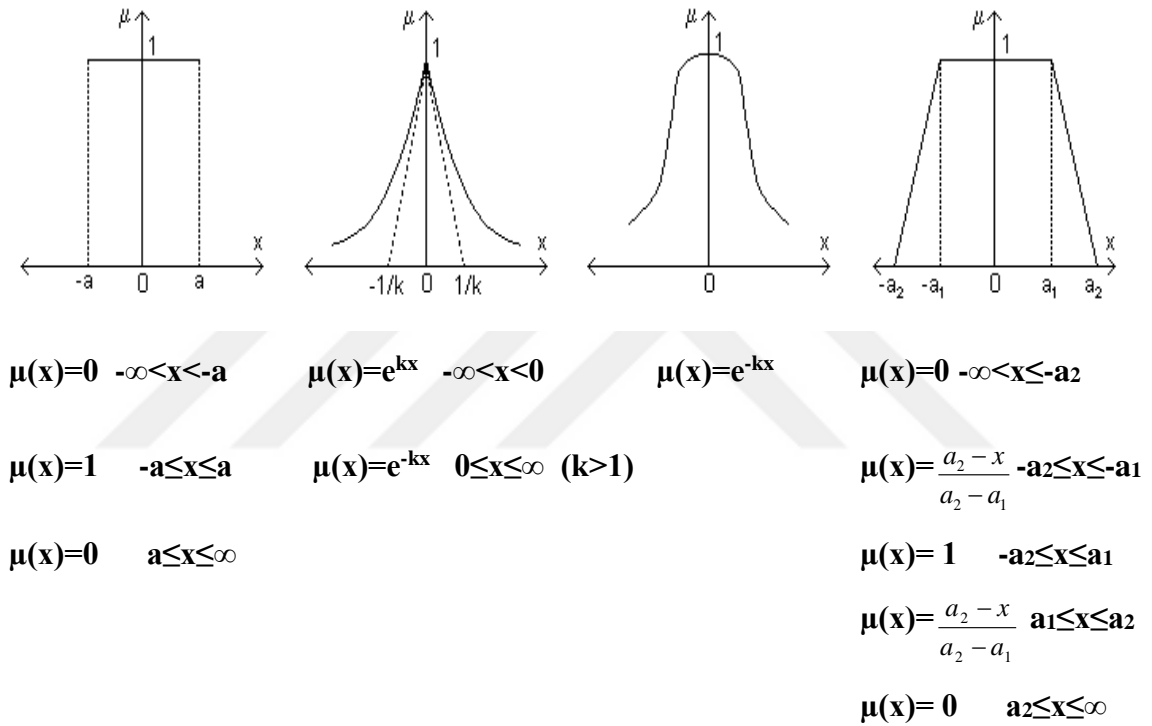
Bulanık Mantık Uygulamaları

- Görüntü/Video İşleme
- İstatistiksel Uygulamalar

3.8. Üyelik Fonksiyonları

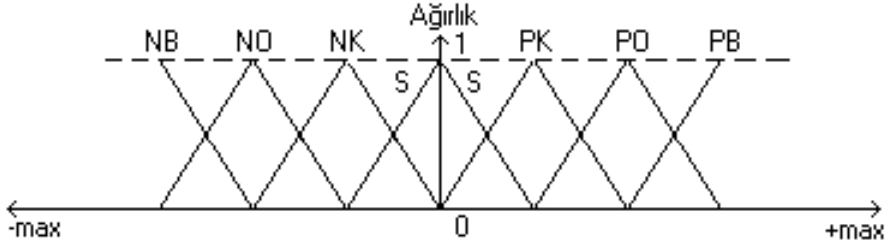
Bulanık mantık bazı uygulamaların üyelik fonksiyonlarında $\mu_F(x)$, genelde kurallarda bulunan sebebin ya da sonucun terimleri ile ilişkilendirilmiştir.

Üyelik ağırlığı bulanık küme içinde yer alan değerlerin güvenilir olduğunu işaret etmektedir. Üyelik fonksiyonu değişik şekillerde olabilmektedir. Şekil 3.8’de üyelik fonksiyonlarından bazıları gösterilmektedir. Bu fonksiyonlar yamuk, üçgen ya da çan gibi olabilmektedir.



Şekil 3.8. Üyelik fonksiyonları ve derece hesaplamaları

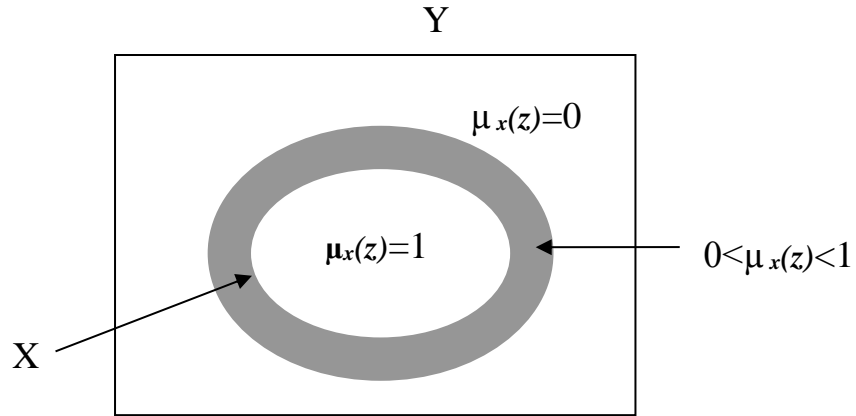
Şekil 3.9’da Genelde kullanılan üyelik fonksiyonlarının etiketleri gösterilmektedir. Bu etiketlerin sayılarını kullanıcı belirlemektedir.



N.B: Negatif Büyük PB: Pozitif Büyük
 NO: Negatif Orta PO: Pozitif Orta
 NK: Negatif Küçük PK: Pozitif Küçük
 S: Sıfır

Şekil 3.9. Yaygın olarak kullanılan üyelik fonksiyonu ve etiketi

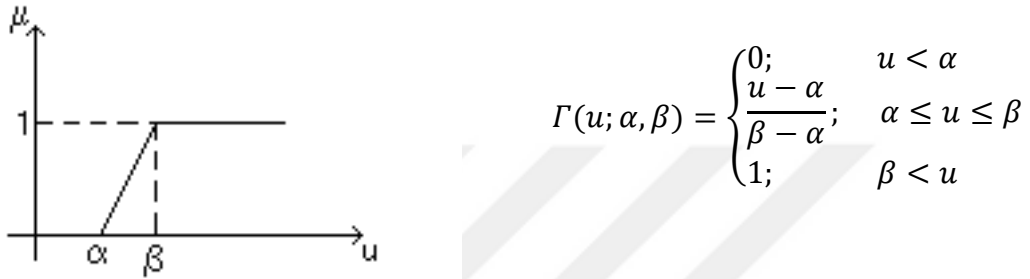
Yukarıda yapılan açıklamalar matematiksel olarak ifade edilirse; adı X olan bulanık bir küme ve bu küme Y olarak adlandırılan kümenin alt kümesi olarak inceleme yapılmaktadır. X 2'şer üyeden oluşturulan bulanık bir kümedir. Bu üyelere ilki Y kümesinde bulunan z elemanıdır. Diğeri ise 0 ile 1 aralığında bulunan gerçekteki sayıdır. Bu gerçekteki sayı X içerisinde bulunan z elemanının üyelik ağırlığıdır. X kümesinde bulunan üyelik ağırlıkları ve Y kümesinin elemanları arasındaki ilişkiye üyelik fonksiyonu denilmektedir [22].



Şekil 3.10. Bulanık kümeler ve fonksiyonları gösterimi

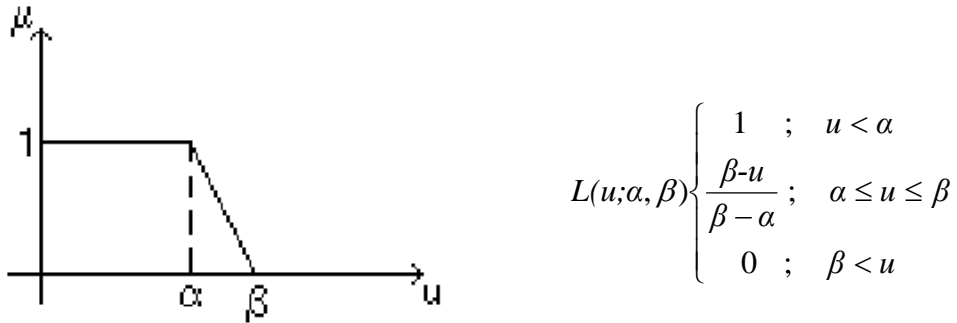
Eğer bulanık kümeler çizgisel olan üyelik fonksiyonlarıyla oluşturuluyorsa bu fonksiyonlar özel isimlerle isimlendirilirler. Γ çizgisel artan üyelik fonksiyonu, L çizgisel azalan üyelik fonksiyonu olarak gösterilmektedir. Çan eğrisi görünümündeki çizgisel oluşturulmuş fonksiyonlar Λ -üçgen, Π şeklinde gösterilen fonksiyonlar çizgisel aralık olarak fonksiyonu olarak bilinmektedir [22].

Şekil 3.11’de 2 sayısal değeri olan $\Gamma:u \rightarrow [0,1]$ fonksiyonu gösterilmektedir [22].



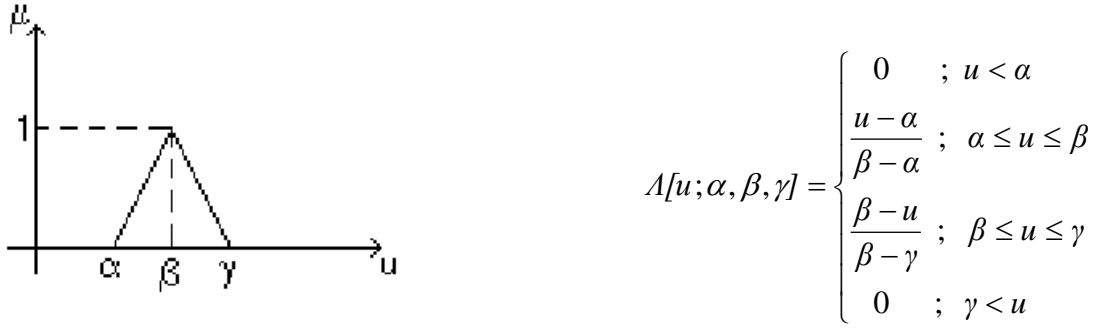
Şekil 3.11. Γ Üyelik fonksiyonunun gösterimi

Şekil 3.12’de 2 sayısal değeri olan $L:u \rightarrow [0,1]$ fonksiyonu gösterilmektedir [22].



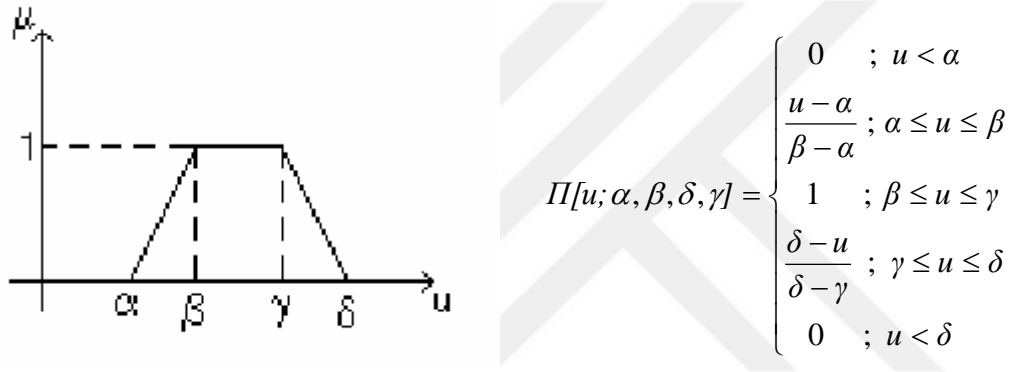
Şekil 3.12. L Üyelik Fonksiyonunun Gösterimi

Şekil 3.13’de 3 sayısal değeri olan $\Lambda:u \rightarrow [0,1]$ fonksiyonu gösterilmektedir [22].



Şekil 3.13. Λ Fonksiyonunun Gösterimi

Şekil 3.14’de 4 sayısal değeri olan $\Pi: u \rightarrow [0,1]$ fonksiyonu gösterilmektedir [22].



Şekil 3.14. Π Üyelik fonksiyonunun gösterimi

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Spermilerin Ayrılması

X ve Y sperm hücrelerinin sınıflandırılmasını sağlamak için cinsel olgunluğa ulaşmış boğalardan yapay bir vajina kullanılarak sperma toplandı. Hareket kabiliyeti %60 dan büyük olan spermalar ayrıldı. Sperm dondurma işlemi için belirlenen oranı %4 olan yumurta sarısı ile sulandırıcıda seyreltildi. 90 dakika süreyle 4 ° C’de soğutuldu. Sperm makine vasıtası ile 0.25 ml tüplere aktarıldı ve cinsiyetsiz sperm tarif edildiği gibi programlanabilir bir dondurucu ile donduruldu. Programın sonunda spermeler azot içine batırıldı. Sperma işlemleri, ticari şirket Süper Genetik Ltd. Şti. tarafından kriyobiyoloji yöntemi ile yapılmıştır.

4.2. Sperm İşleme

Her boğa için bir semen (X ve Y) çözülmüş ve dördüncü grup X ve Y numunelerinin (XY) bir araya toplanmasıyla oluşturulmuştur. Dondurulan sperm eritildikten sonra değerlendirmek için çıkarılmıştır. Kısaca, çözülmüş bir sperm numunesi, boyama çözeltisi ile seyreltilmiş ve 10 dakika süreyle inkübe edilmiştir. Boyalı süspansiyonun bir slayt üzerine yerleştirildi ve bir lamel ile kaplanmıştır. Bir faz kontrastı ve epifloresan mikroskopu altında incelenmiştir. Kırmızı renkte etiketlenmiş sperm canlı kabul edilmiştir. Canlı hücreler, akrosomun üniform yeşil flüoresansı varsa akrozomla reaksiyona giren veya floresans görülemezse akrozom sağlam olarak sınıflandırılmıştır. Kalan sperm numunesi, sperm hücrelerini genişletici maddeden izole etmek için 5 dakika santrifüje tabi tutulmuştur. Süpernatant atılmış ve pelet formol salin içinde 5 dakika sabitlenmiş ve daha sonra 5 dakika santrifüje tabi tutulmuştur. Santrifüjden sonra süpernatant atılmış ve pelet, 5 dakika boyunca steril su ile iki kez santrifüje tabi tutularak yıkanmıştır. Pelet, steril su içinde yeniden süspansiyon edilmiştir. Son olarak, sperm süspansiyon cam lamelleri üzerine konmuş ve mikroskop içinde değerlendirme için hava kurutulmuştur.

4.3. Mikroskop Analizi

Mikroskop analizine işlem yüzeyini otomatik olarak düzleştiren bir tesviye oluşturularak başlanmıştır. Hayvanlardan karışık olarak alınan 100 ayrı hücre, analiz yazılımının etiketleme fonksiyonu kullanılarak işaretlenmiştir. Orijinal görüntü dijital yakınlaştırma yapılarak manuel olarak parçalara bölünmüştür. Daha sonra, sperm ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler neticesinde çıkan veri seti Çizelge 4.1 (Hız)'de, Çizelge 4.2 (Büyüklik)'de, Çizelge 4.3 (Yoğunluk)'te ve Çizelge 4.4 (Cinsiyet)'te yer almaktadır.

Çizelge 4.1. Üretilen sistemin giriş hız değerleri

	Hız		Hız		Hız		Hız
1	46,66	26	47,30	51	44,49	76	44,26
2	43,36	27	46,99	52	45,75	77	46,37
3	41,20	28	46,79	53	42,52	78	46,07
4	47,07	29	46,79	54	40,40	79	45,87

5	46,97	30	39,99	55	46,16	80	45,87
6	43,36	31	46,28	56	46,06	81	39,20
7	51,09	32	50,24	57	42,52	82	45,37
8	44,26	33	49,13	58	50,10	83	49,25
9	48,00	34	46,08	59	43,78	84	48,16
10	47,69	35	44,39	60	47,07	85	45,17
11	47,48	36	41,26	61	46,76	86	43,49
12	47,48	37	39,20	62	46,56	87	40,42
13	40,58	38	44,79	63	46,56	88	38,40
14	46,97	39	44,69	64	39,79	89	43,87
15	50,99	40	41,26	65	46,06	90	43,78
16	49,85	41	48,61	66	50,00	91	40,42
17	46,76	42	37,82	67	48,88	92	47,62
18	45,98	43	45,67	68	45,85	93	50,59
19	42,73	44	45,37	69	45,07	94	44,74
20	40,60	45	45,18	70	41,89	95	44,45
21	46,39	46	45,18	71	39,80	96	54,28
22	46,28	47	38,61	72	45,47	97	53,49
23	42,73	48	44,69	73	45,37	98	53,23
24	50,34	49	48,51	74	41,89	99	52,44
25	47,52	50	47,43	75	49,35	100	51,65

Çizelge 4.2. Üretilen sistemin giriş büyüklük değerleri

	Büyükük		Büyükük		Büyükük		Büyükük
1	53,28	26	65,57	51	60,17	76	59,42
2	59,64	27	63,23	52	68,68	77	64,28
3	56,86	28	62,83	53	58,48	78	61,99
4	68,60	29	60,90	54	55,75	79	61,59
5	68,19	30	56,33	55	67,27	80	59,70
6	61,59	31	65,57	56	66,86	81	55,22
7	67,05	32	68,41	57	60,40	82	64,28
8	57,60	33	65,77	58	65,75	83	67,06
9	66,54	34	62,32	59	62,02	84	64,48
10	64,17	35	66,64	60	65,25	85	61,09
11	63,76	36	56,74	61	62,92	86	65,28
12	61,80	37	54,10	62	62,52	87	55,58
13	57,17	38	65,27	63	60,60	88	52,99
14	66,54	39	64,88	64	56,06	89	63,94
15	69,42	40	58,60	65	65,25	90	63,55
16	66,74	41	63,80	66	68,07	91	57,41

17	63,24	42	69,09	67	65,45	92	62,50
18	69,02	43	63,31	68	62,01	93	67,68
19	58,77	44	61,05	69	67,66	94	62,02
20	56,03	45	60,66	70	57,61	95	59,81
21	67,60	46	58,80	71	54,92	96	72,62
22	67,19	47	54,39	72	66,27	97	71,56
23	60,70	48	63,31	73	65,87	98	71,21
24	66,08	49	66,05	74	59,50	99	70,15
25	64,70	50	63,50	75	64,77	100	70,04

Çizelge 4.3. Üretilen sistemin giriş yoğunluk değerleri

	Yoğunluk		Yoğunluk		Yoğunluk		Yoğunluk
1	58,30	26	53,90	51	48,22	76	45,02
2	48,62	27	46,18	52	57,17	77	52,83
3	45,42	28	47,60	53	47,67	78	45,27
4	61,08	29	47,71	54	44,54	79	46,67
5	52,74	30	45,47	55	59,89	80	46,77
6	49,54	31	54,00	56	51,71	81	44,58
7	49,65	32	47,50	57	48,58	82	52,93
8	45,12	33	44,66	58	48,68	83	46,57
9	54,69	34	49,94	59	61,00	84	43,78
10	46,87	35	55,47	60	53,63	85	48,95
11	48,31	36	46,26	61	45,96	86	54,34
12	48,41	37	60,10	62	47,37	87	45,31
13	46,14	38	58,11	63	47,47	88	44,93
14	54,80	39	50,18	64	45,25	89	56,93
15	48,20	40	47,14	65	53,73	90	49,15
16	45,32	41	47,24	66	47,27	91	46,18
17	50,68	42	59,19	67	44,44	92	46,27
18	57,45	43	52,04	68	49,69	93	57,98
19	47,91	44	44,59	69	56,32	94	50,98
20	44,76	45	45,96	70	46,96	95	62,21
21	60,19	46	46,06	71	43,88	96	42,34
22	51,97	47	43,90	72	59,00	97	43,01
23	48,82	48	52,14	73	50,94	98	43,12
24	48,92	49	45,86	74	47,86	99	43,22
25	61,31	50	51,07	75	47,96	100	43,68

Çizelge 4.4. Üretilen sistemin çıkış dışı-erkek değerleri

	R		R		R		R
1	85,90 D	26	85,26 D	51	83,10 E	76	88,13 E
2	84,67 E	27	84,97 E	52	84,23 D	77	83,58 D

3	85,18 E	28	93,18 E	53	83,02 E	78	95,42 E
4	81,89 D	29	84,35 E	54	83,53 E	79	91,34 E
5	83,23 D	30	90,64 E	55	80,30 D	80	82,68 E
6	86,42 E	31	88,00 D	56	95,04 D	81	88,85 E
7	92,49 E	32	96,12 E	57	84,74 E	82	86,27 D
8	79,78 E	33	96,53 E	58	90,70 E	83	94,23 E
9	86,52 D	34	86,07 E	59	86,25 D	84	94,62 E
10	90,91 E	35	81,73 D	60	84,84 D	85	84,38 E
11	94,55 E	36	80,56 E	61	96,86 E	86	80,06 D
12	85,59 E	37	81,05 D	62	92,72 E	87	78,91 E
13	91,98 E	38	77,91 D	63	83,93 E	88	79,39 E
14	89,30 D	39	92,22 D	64	90,19 E	89	76,32 D
15	85,73 E	40	82,22 E	65	87,57 D	90	90,34 E
16	87,96 E	41	88,00 E	66	95,65 E	91	80,54 E
17	87,34 D	42	83,69 D	67	96,05 E	92	86,21 E
18	84,65 D	43	82,32 D	68	85,65 E	93	81,98 D
19	83,43 E	44	93,98 E	69	82,98 D	94	80,64 D
20	83,94 E	45	89,96 E	70	81,79 E	95	92,06 D
21	80,69 D	46	81,44	71	82,29 E	96	98,78 E
22	95,51 D	47	87,51 E	72	79,10 D	97	97,95 E
23	85,16 E	48	84,97 E	73	93,63 D	98	97,54 E
24	91,15 E	49	92,81 D	74	83,48 E	99	97,34 E
25	86,68 D	50	93,20 E	75	89,35 E	100	96,92 E

4.4. Bulanık Mantık ile Hücre Analizi

Büyükbaş hayvanların cinsiyetin belirlenmesinde sperma hücresinin hız, büyüklük ve yoğunluk özellikleri ayırıştırma için kullanılan unsurlar arasında yer almaktadır. Bu unsurların doğru bir şekilde analizinin yapılması ve bu sayede cinsiyetin belirlenmesi sağlanabilmektedir.

Hücrelerin mikroskop altında incelenmesinin ardından analiz sonuçlarının kontrol sistemine aktarılması ve bu sistemin BM ile birleştirilmesi başarı yüzdesinin artmasını sağlayacaktır. Sistemde giriş parametreleri hız (mikron/saniye), büyüklük (mikron) ve yoğunluk (mikrogram/mikrometreküp) tur. Çıkış parametresi ise dişi ve erkek hücredir. Tasarlanan sistemin giriş ve çıkış değerleri ve bu değerlerin bulanıklaştırılabilmesi için en küçük ve en büyük değerleri Çizelge 4.5’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.5. Üretilen sistemin giriş ve çıkış parametrelerinin değerleri

	Bulanık Değer Adı	Çok Yavaş	Yavaş	Orta	Hızlı	Çok Hızlı
Giriş	Hız (μ/s)	27-37	35-41	38-46	45-55	50-65
	Bulanık Değer Adı	Çok Küçük	Küçük	Orta	Büyük	Çok Büyük
Giriş	Büyüklik (μ)	30-56	52-62	58-68	64-74	70-85
	Bulanık Değer Adı	Az Yoğun		Yoğun		Çok Yoğun
Giriş	Yoğunluk ($\mu g/\mu m^3$)	30-48		42-58		55-75
	Bulanık Değer Adı		Dişi		Erkek	
Çıkış	Dişi – Erkek (%)		60-90		85-100	

Tasarlanacak olan bulanık uzman sistemin (BUS) genel yapısı Şekil 4.1’de gösterilmektedir. Burada giriş değerleri bulanıklaştırıldıktan sonra sisteme dahil edilir. Bulanık kurallar daha önceden bulanık kurallar tabanına yazılmış olmalıdır. Daha sonra çıkarım mekanizması çalıştırılarak bir bulanık çıkış elde edilir ve daha sonra bu değer durulaştırılarak kesin sonuç (erkek veya dişi) elde edilir.

4.5. Bir Bulanık Uzman Sistemin Tasarlanmasının Aşamaları

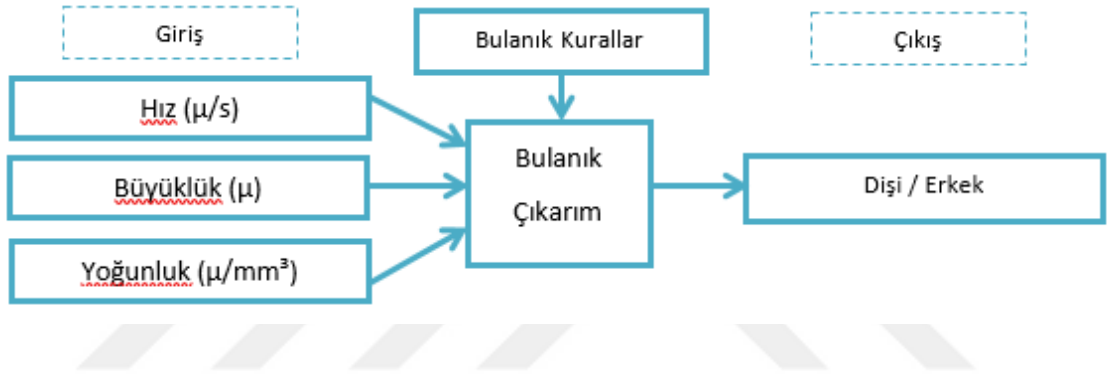
Herhangi bir Bulanık Uzman Sistem (BUS) tasarlandığında önce bir uzmanın (veya uzman grubunun) desteğini sağlamak gerekmektedir. Bu çalışmada destek olarak çiftlik hayvanlarının sağlığı ve genetiği alanında Uzman Veteriner Hekim Halil Aydın Şimşek’in ve Süper Genetik Limited Şirketi’nin bilgilerinden yararlanılmıştır.

Tasarımdaki diğer adımlar aşağıdaki gibidir:

1. İlk olarak sistemin giriş ve çıkış parametrelerini belirlemek gerekmektedir;
2. Bu parametrelerin değerlerini bulanıklaştırmak gerekmektedir. Bunun için uzman yardımıyla her parametrenin kaç bulanık kümeye bölüneceği ve bu bulanık kümelerde parametrelerin en küçük ve en büyük değerlerini belirlemek gerekmektedir (bu çalışma için bakınız: Çizelge 4.5);
3. Bulanık kümelerin üçgen, trapezoidal, S, Π ve diğer üyelik fonksiyonlarında hangilerinin kullanılacağı belirlenir. Bu adımda bulanık kümelerin matematiksel formülleri bulunur ve bulanık kümelerin kendileri belirlenir;

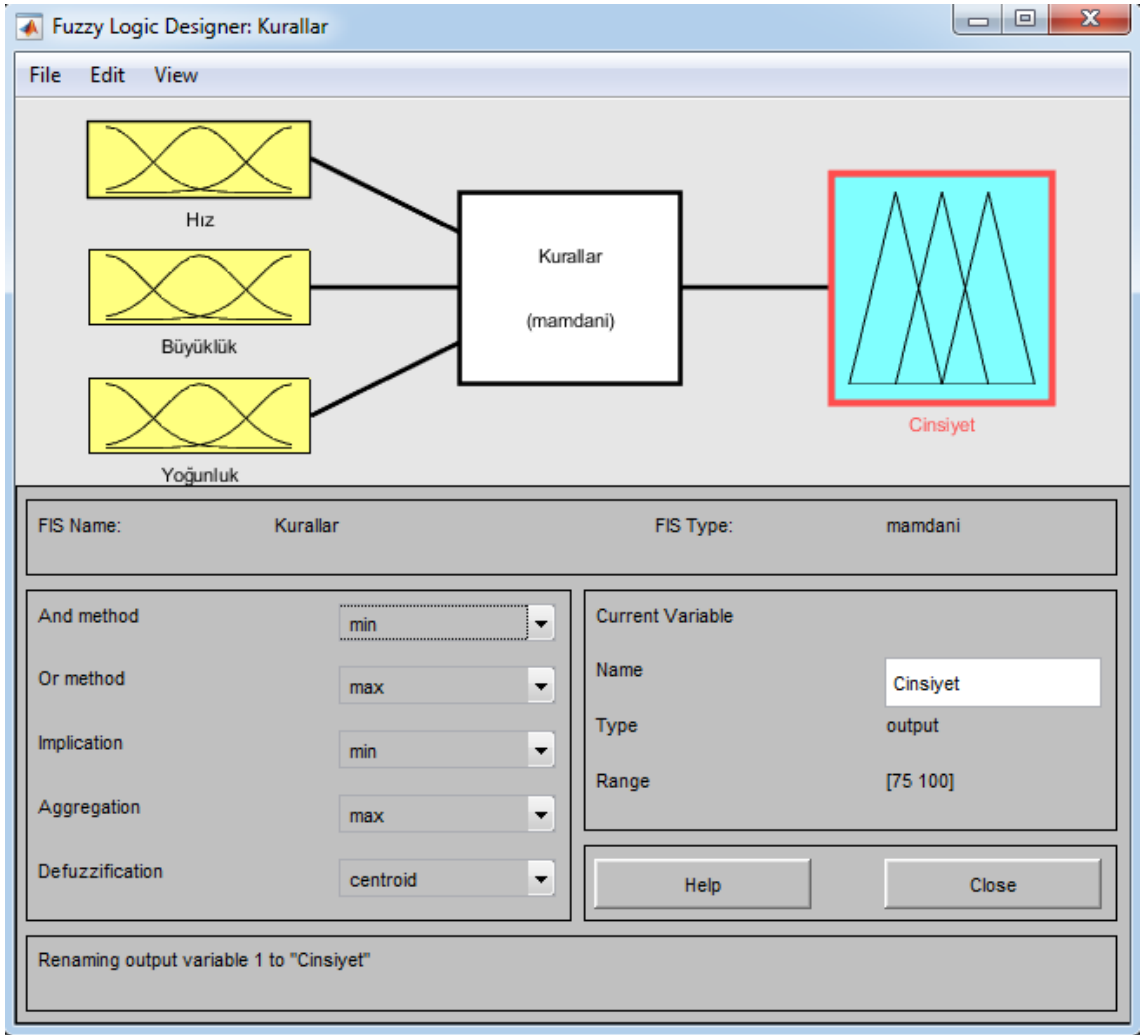
4. Uzman yardımıyla bulanık kurallar belirlenir. Kurallar Eğer Hız=Hızlı Ve Büyüklük=Büyük Ve Yoğunluk=Az Yoğun, O halde Cinsiyet=E (Erkek) ve benzeri şekilde oluşturulur;
5. Sistemde Mamdani bulanık çıkarımı çalıştırılarak bir sonuca varılır;
6. Elde edilen bu sonuç durulaştırılır. Genelde durulaştırma yöntemlerinin 9-10 türü var. En çok yaygın kullanılan Centroid yöntemi olduğu için tasarımda o yöntem tercih edilmiştir.

Şekil 4.1’de tasarlanan BUS’ genel yapısı gösterilmektedir.



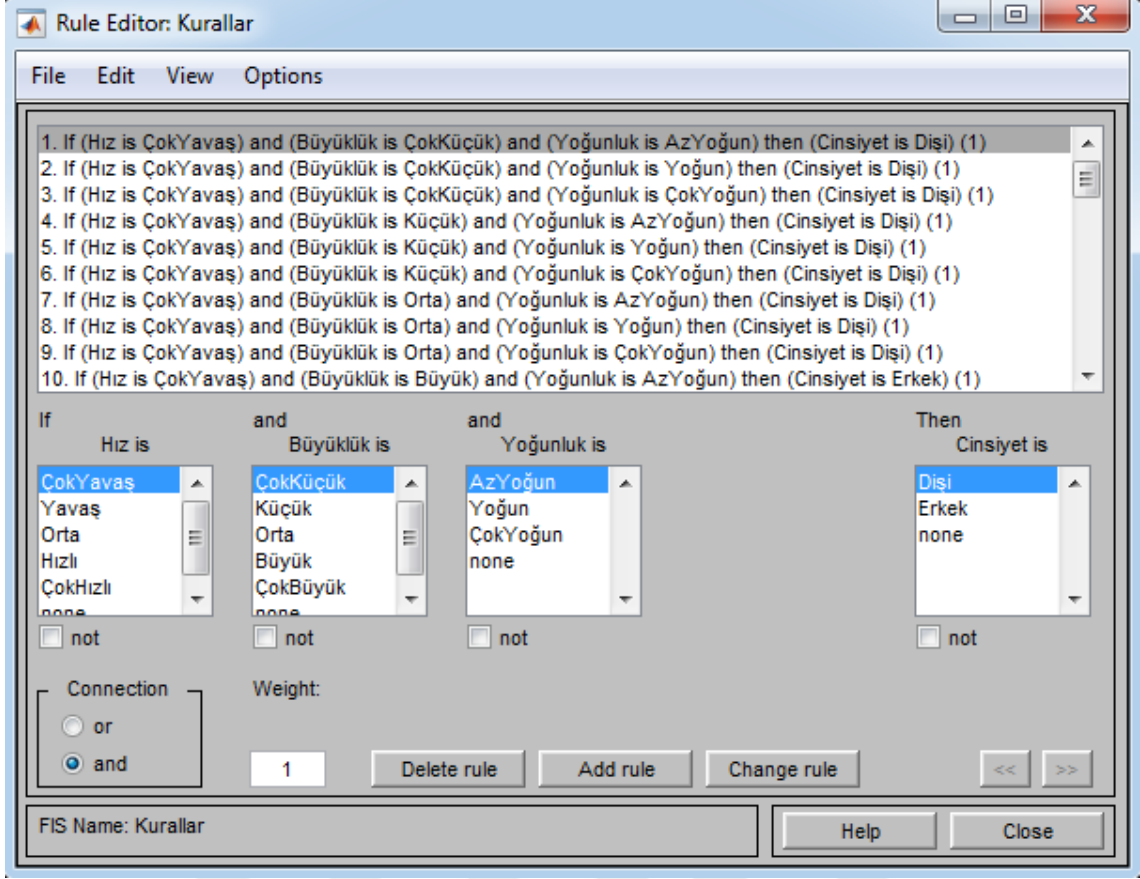
Şekil 4.1: Cinsiyet tahmini yapan bulanık sistemin yapısı

Tasarımın üçüncü adımındaki fonksiyonları kullanabilmek için Matlab’ın Fuzzy Tool Box aracı kullanılmıştır. İlk olarak Fuzzy Logic Designer üzerinde yeni Mamdani FIS oluşturulmuştur. Sistemin giriş ve çıkış parametreleri Membership Function Editor yardımı ile FIS içerisine kaydedilmiştir. Şekil 4.2 de sistemin giriş ve çıkış parametrelerinin gösterimi mevcuttur.



Şekil 4.2: Giriş ve çıkış parametrelerinin gösterimi

Kurallar Rule Editor ile oluşturulup kayıt altına alınarak Mamdani çıkarım mekanizmasına aktarılmıştır. Şekil 4.3. Bazı Kuralları gösteren bir Matlab görüntüsü mevcuttur.



Şekil 4.3: Bazı kuralları gösteren matlab görüntüsü

Bir bulanık sistem tasarlamasına karar verdikten sonra ilk yapılacak iş “eğer – o halde” kurallar tablosunu elde etmektir. Bu kurallar, çoğu zaman uzman bilgilerinden yararlanarak elde edilir [8].

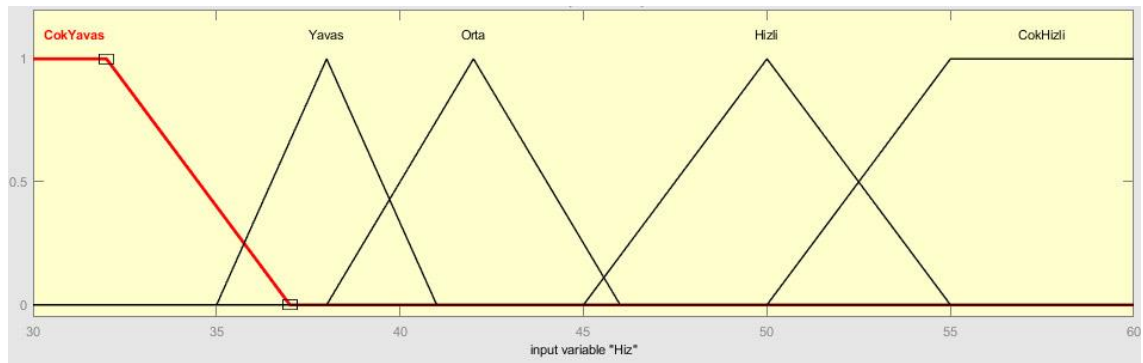
Bulanık uzman sistemler kuralların oluşması ile meydana gelir. Kurallar konuşma diline benzer yapıda oluşturulurlar. Oluşturulan kurallar şartlar ve sonuçlar olmak üzere 2 kısımdan oluşmaktadır. İlk kısım “Eğer”den sonra şart cümlesi şeklinde, ikinci kısım “O-halde”den sonra sonuç cümlesi şeklinde oluşturulur. Bu çalışma için belirlenmiş olan 3 giriş değerinin bulanık kümeleri için doğruluk tablosu oluşturulursa; sperma hızının 5, sperma büyüklüğünün 5, sperma yoğunluğunun 3 üyelik kümesi olduğu için $5 \times 5 \times 3 = 75$ adet kuraldan oluşturulması gerekir. Bu sistemde 75 adet kural oluşturulmuştur. Oluşturulan kuralların bir kısmı Şekil 4.3’te gösterilmektedir.

4.6. Bulanık Kümelerin Oluşturulması

Uzmanla birlikte belirlenen giriş ve çıkış parametrelerinin (Hız, Büyüklük, Yoğunluk) değerleri üyelik fonksiyonları belirlenerek aralıkların çizildiği grafikler ve girilmiş olan değerler hangi bulanık kümenin elemanı olduğu sayısal ifadeleriyle birlikte aşağıda uygun şekil ile formülleri gösterilmektedir.

4.6.1. Sperm Hızı Parametresi

Sperm hızı giriş parametresinin çok yavaş, yavaş, orta, hızlı ve çok hızlı olmak üzere 5 farklı üyelik kümesi oluşturulmuştur. Oluşturulan bulanık uzman sistemde sperm hızı parametresi bulanıklaştırılmıştır. Girilmiş olan sayısal değerler ve bu değerlere karşılık gelen dereceler hesaplanmıştır. Sperm hızı üyelik fonksiyonunun grafiksel gösterimi Şekil 4.4'te gösterilmektedir.



Şekil 4.4 Sperm hızı üyelik fonksiyonu grafiksel gösterimi

Sperm hızı üyelik fonksiyonundaki bulanık kümelerine karşılık gelen dereceler Şekil 4.4'te gösterilen sperm hızı üyelik fonksiyonu grafiksel gösterimine göre aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{\text{ÇY}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x < 32 \\ \frac{37-x}{37-35} & \text{if } 35 < x < 37 \end{cases} \quad (4.1)$$

$$\mu_{\text{ÇY}}(x) = \{ 1/0 + 1/32 + 0,3/36 + 0/37 \}$$

$$\mu_Y(x) = \begin{cases} \frac{x-35}{37-35} & \text{if } 35 < x \leq 37 \\ \frac{41-x}{41-38} & \text{if } 38 < x < 41 \end{cases} \quad (4.2)$$

$$\mu_Y(x) = \{ 0/35 + 0,3/36 + 1/38 + 0,45/39 + 0/41 \}$$

$$\mu_O(x) = \begin{cases} \frac{x-38}{42-38} & \text{if } 38 < x \leq 42 \\ \frac{46-x}{46-45} & \text{if } 45 < x < 46 \end{cases} \quad (4.3)$$

$$\mu_O(x) = \{ 0/38 + 0,45/39 + 1/42 + 0,1/45,5 + 0/46 \}$$

$$\mu_H(x) = \begin{cases} \frac{x-45}{46-45} & \text{if } 45 < x \leq 46 \\ \frac{55-x}{55-50} & \text{if } 50 < x < 55 \end{cases} \quad (4.4)$$

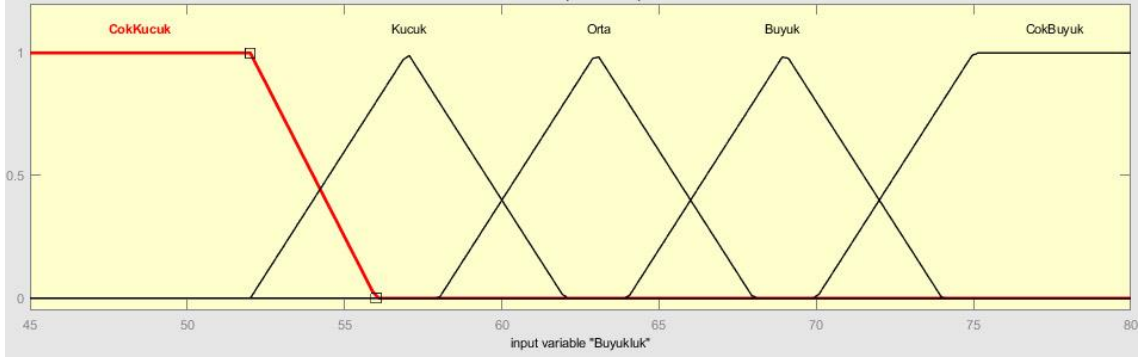
$$\mu_H(x) = \{ 0/45 + 0,1/45,5 + 1/50 + 0,5/52,5 + 0/55 \}$$

$$\mu_{\text{ÇH}}(x) = \begin{cases} \frac{x-50}{55-50} & \text{if } 50 < x \leq 55 \\ 1 & \text{if } 55 < x \end{cases} \quad (4.5)$$

$$\mu_{\text{ÇH}}(x) = \{ 0/50 + 0,5/52,5 + 1/55 + 1/60 + \dots \}$$

4.6.2. Sperm Büyüklük Parametresi

Sperm büyüklük giriş parametresinin çok küçük, küçük, orta, büyük ve çok büyük olmak üzere 5 farklı üyelik kümesi oluşturulmuştur. Oluşturulan bulanık uzman sistemde sperm büyüklük parametresi bulanıklaştırılmıştır. Girilmiş olan sayısal değerler ve bu değerlere karşılık gelen dereceler hesaplanmıştır. Sperm büyüklüğünün üyelik fonksiyonunun grafiksel gösterimi Şekil 4.5'te gösterilmektedir.



Şekil 4.5 Sperm büyüklük üyelik fonksiyonu grafiksel gösterimi

Sperm büyüklük üyelik fonksiyonundaki bulanık kümelerine karşılık gelen dereceler Şekil 4.5'te gösterilen sperm büyüklük üyelik fonksiyonu grafiksel gösterimine göre aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{\text{ÇK}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x < 52 \\ \frac{56 - x}{56 - 52} & \text{if } 52 < x < 56 \end{cases} \quad (4.6)$$

$$\mu_{\text{ÇK}}(x) = \{ 1/0 + 1/52 + 0,4/54 + 0/56 \}$$

$$\mu_{\text{K}}(x) = \begin{cases} \frac{x - 52}{56 - 52} & \text{if } 52 < x \leq 56 \\ \frac{62 - x}{62 - 58} & \text{if } 58 < x < 68 \end{cases} \quad (4.7)$$

$$\mu_{\text{K}}(x) = \{ 0/52 + 0,4/54 + 1/57 + 0,4/60 + 0/62 \}$$

$$\mu_O(x) = \begin{cases} \frac{x - 58}{62 - 58} & \text{if } 58 < x \leq 62 \\ \frac{68 - x}{68 - 64} & \text{if } 64 < x < 68 \end{cases} \quad (4.8)$$

$$\mu_O(x) = \{ 0/58 + 0,4/60 + 1/63 + 0,4/66 + 0/68 \}$$

$$\mu_B(x) = \begin{cases} \frac{x - 64}{68 - 64} & \text{if } 64 < x \leq 68 \\ \frac{74 - x}{74 - 70} & \text{if } 70 < x < 74 \end{cases} \quad (4.9)$$

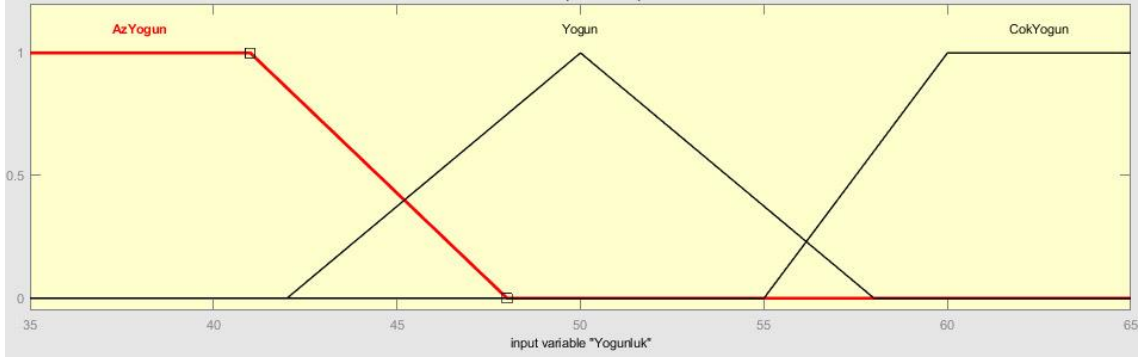
$$\mu_B(x) = \{ 0/64 + 0,4/66 + 1/69 + 0,4/72 + 0/74 \}$$

$$\mu_{\zeta B}(x) = \begin{cases} \frac{x - 70}{74 - 70} & \text{if } 70 < x \leq 74 \\ 1 & \text{if } 75 < x \end{cases} \quad (4.10)$$

$$\mu_{\zeta B}(x) = \{ 0/70 + 0,4/72 + 1/75 + 1/80 + \dots \}$$

4.6.3. Sperm Yoğunluk Parametresi

Sperm yoğunluk giriş parametresinin az yoğun, yoğun, çok yoğun olmak üzere 3 farklı üyelik kümesi oluşturulmuştur. Oluşturulan bulanık uzman sistemde sperm yoğunluk parametresi bulanıklaştırılmıştır. Girilmiş olan sayısal değerler ve bu değerlere karşılık gelen dereceler hesaplanmıştır. Sperm yoğunluğunun üyelik fonksiyonunun grafiksel gösterimi Şekil 4.6'te gösterilmektedir.



Şekil 4.6 Sperm yoğunluk üyelik fonksiyonu grafiksel gösterimi

Sperm yoğunluk üyelik fonksiyonundaki bulanık kümelerine karşılık gelen üyelik dereceleri Şekil 4.6'te gösterilen sperm yoğunluk üyelik fonksiyonu grafiksel gösterimine göre aşağıda hesaplanmaktadır.

$$\mu_{AY}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x < 41 \\ \frac{48 - x}{48 - 42} & \text{if } 42 < x < 48 \end{cases} \quad (4.11)$$

$$\mu_{AY}(x) = \{ 1/0 + 1/41 + 0,4/45 + 0/48 \}$$

$$\mu_Y(x) = \begin{cases} \frac{x - 42}{48 - 42} & \text{if } 42 < x \leq 48 \\ \frac{58 - x}{58 - 55} & \text{if } 55 < x < 58 \end{cases} \quad (4.12)$$

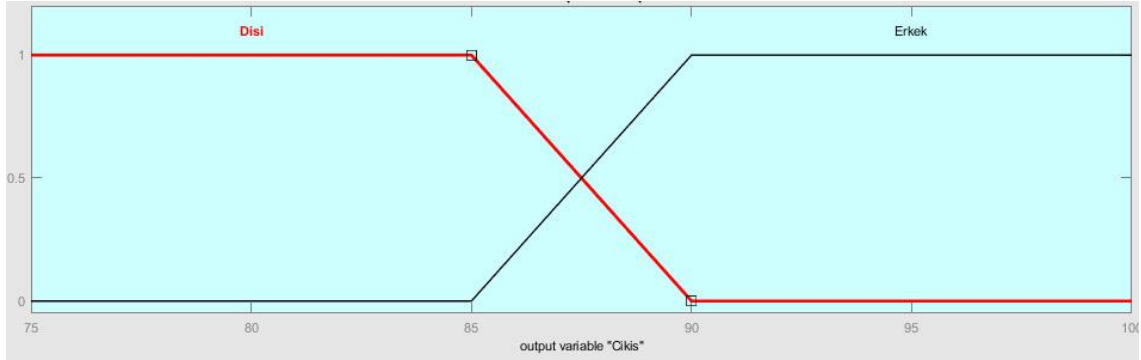
$$\mu_Y(x) = \{ 0/42 + 0,4/45 + 1/50 + 0,25/57 + 0/58 \}$$

$$\mu_{CY}(x) = \begin{cases} \frac{x - 55}{58 - 55} & \text{if } 55 < x \leq 58 \\ 1 & \text{if } 60 < x \end{cases} \quad (4.13)$$

$$\mu_{CY}(x) = \{ 0/55 + 0,25/57 + 1/60 + 1/65 + \dots \}$$

4.6.3. Sperm Cinsiyet Parametresi

Sperm cinsiyet çıkış parametresinin dişi ve erkek olarak 2 adet üyelik kümesi oluşturulmuştur. Giriş değerlerinin aldığı sayısal değerler ile ateşlenen kuralların sonucu sperm cinsiyetinin üyelik dereceleri hesaplanmıştır. Sperm cinsiyet üyelik fonksiyonunun grafiksel gösterimi Şekil 4.7'te gösterilmektedir.



Şekil 4.7 Sperm cinsiyet üyelik fonksiyonu grafiksel gösterimi

Sperm cinsiyet üyelik fonksiyonundaki bulanık kümelerine karşılık gelen üyelik dereceleri Şekil 4.7'te gösterilen sperm cinsiyet üyelik fonksiyonu grafiksel gösterimine göre aşağıda hesaplanmaktadır.

$$\mu_D(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x < 85 \\ \frac{90 - x}{90 - 85} & \text{if } 85 < x < 90 \end{cases} \quad (4.14)$$

$$\mu_D(x) = \{ 1/0 + 1/85 + 0,5/87,5 + 0/90 \}$$

$$\mu_E(x) = \begin{cases} \frac{x - 85}{90 - 85} & \text{if } 85 < x \leq 90 \\ 1 & \text{if } 90 < x \end{cases} \quad (4.15)$$

$$\mu_E(x) = \{ 0/85 + 0,5/87,5 + 1/90 + 1/100 + \dots \}$$

Hesaplamalar sonucu elde edilen değerlere bağlı olarak spermelerde cinsiyet tayini yapılmaktadır. Üyelik fonksiyonlarından alınan veriler ile yukarıda verilen denklemler cinsiyet belirleme fonksiyonunu oluşturmaktadır. Sistemin çıkışında eğer elde edilen sonuç %87,5'in altında ise sperm cinsiyeti dişi, elde edilen sonuç %87,5'in üstünde ise sperm cinsiyeti erkek olarak tayin edilmektedir.

Sistemin çalışması sırasında giriş olarak belirlenen değerlere göre, bu değerlerin üyeliklerinin oluşturulması ve giriş değerlerinin bu üyelik fonksiyonlarına göre bulanıklaştırılması işlemi gerçekleştirilir. Değerlerin ait olduğu sözel ifadelerin birbirlerine göre durumları sistemde yan yana yazılır. Bu durumlar birbirine göre değerlendirilir ve ilgili kuralın, kural tabanından ateşlenmesi gerçekleştirilir. Sistemde ateşlenen kurallar ve kuralların ateşlenmesi sonucunda ele alınan giriş değerlerinin minimum değeri hesaplanır. Bu minimum değerlerden de minimumların maksimumu kuralı baz alınarak durulaştırma işlemi ve gerçek çıktının hesaplanması sağlanır.

4.7. Uygulama Örnekleri

Çalışmada toplam 100 adet veri bulunmaktadır. Bu verilerde cinsiyeti dişi olan 36 adet sperma ve cinsiyeti erkek olan 64 adet sperma mevcuttur. Tasarlanan bulanık uzman sistemin sonuçları ile veri tabanında bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma verileri ve alınan rasgele 7 adet sperma değerleri Çizelge 4.6. de gösterilmiştir.

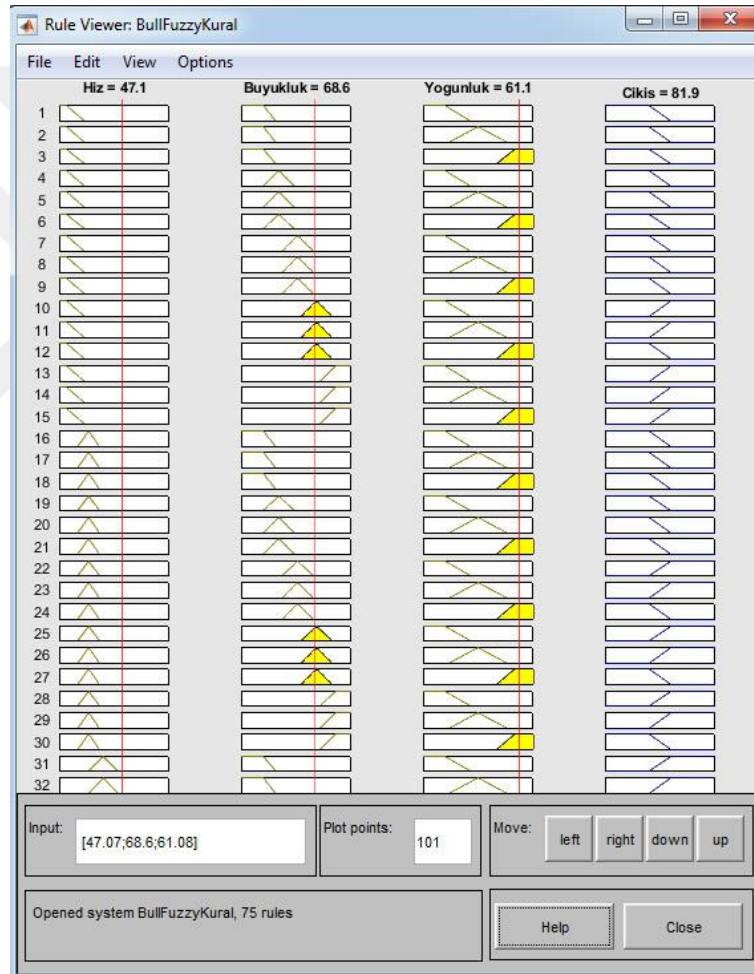
Çizelge 4.6. Veri tabanındaki değerler ile bus karşılaştırması

	Hız (μ/s)	Büyüklik (μ)	Yoğunluk (μ/m^3)	VT	BUS
1	47,07	68,60	61,08	81,89 D	81,90 D
2	40,60	56,03	44,76	83,94 E	90,80 E
3	45,18	60,66	45,96	89,96 E	92,80 E
4	43,78	62,02	61,00	86,25 D	81,80 D
5	49,35	64,77	47,96	89,35 E	93,30 E
6	43,87	63,94	56,93	76,32 D	84,60 D
7	44,74	62,02	50,98	80,64 D	93,00 E

* E- Erkek, D- Dişi

4.7.1. Örnek 1

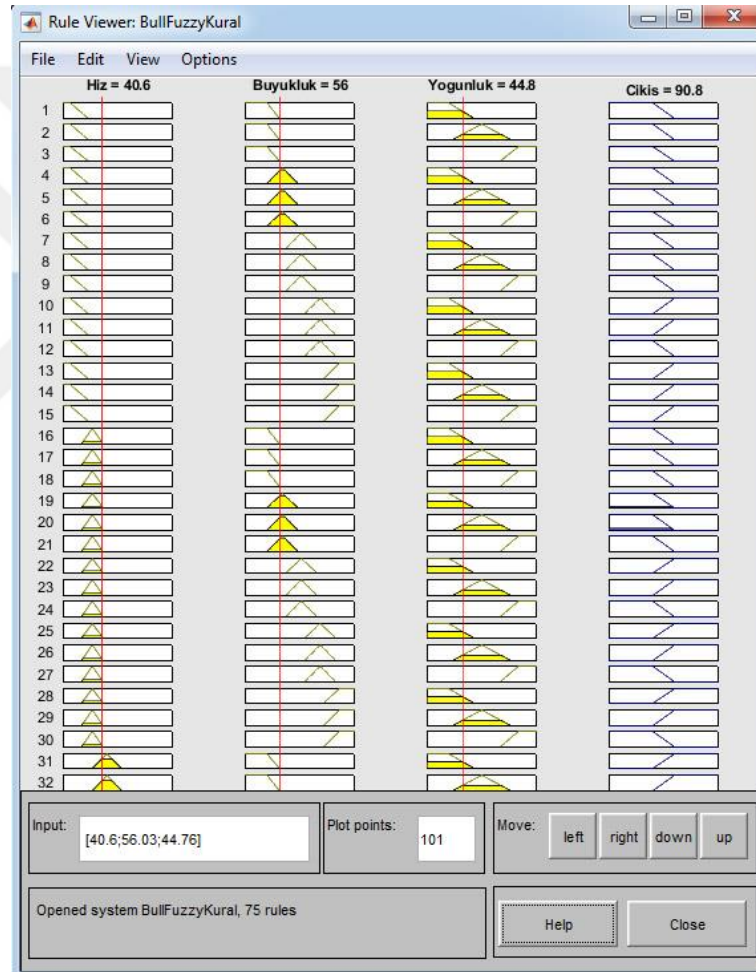
Girişler Hız = 47,07 (μ/s), Büyüklük = 68,60 (μ), Yoğunluk = 61,08 ($\mu g/\mu m^3$) alınırsa bu değerlere sahip olan bir spermden doğacak yavru için, çıkışta elde edilen değer %81,9 olarak elde edilmektedir. Bu değer, cinsiyet belirleme sınırı olan %87,5'in altında olduğundan dolayı yavru cinsiyeti "DİŞİ" olacaktır. Bu sonuç kullanılan veri tabanında tahmin edilen sonuçla aynıdır (Bknz: Çizelge 4.6.). Bu örnek için Matlab uygulamasında hazırlanan çözümleme Şekil 4.8'de gösterilmektedir.



Şekil 4.8. Örnek 1 için matlab çözüm görüntüsü

4.7.2. Örnek 2

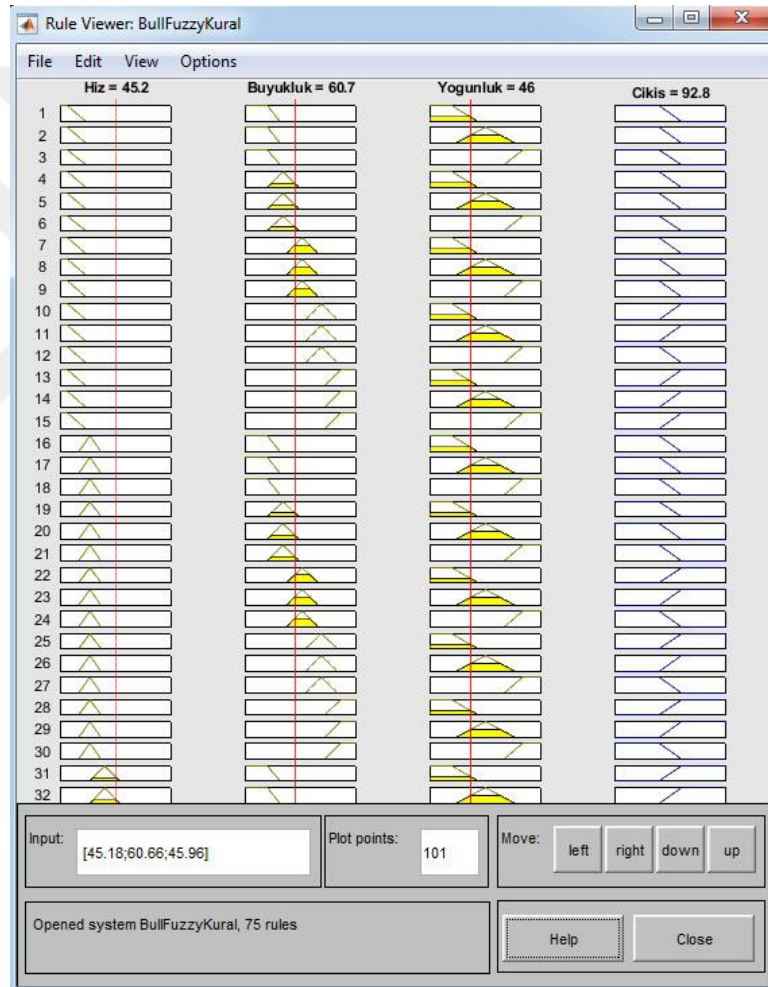
Girişler Hız = 40,60 (μ/s), Büyüklük = 56,03 (μ), Yoğunluk = 44,76 ($\mu g/\mu m^3$) alınırsa bu değerlere sahip olan bir spermden doğacak yavru için, çıkışta elde edilen değer %90,8 olarak elde edilmektedir. Bu değer, cinsiyet belirleme sınırı olan %87,5'in üzerinde olduğundan dolayı yavru cinsiyeti "ERKEK" olacaktır. Bu sonuç kullanılan veri tabanında tahmin edilen sonuçla aynıdır (Bknz: Çizelge 4.6.). Bu örnek için Matlab uygulamasında hazırlanan çözümleme Şekil 4.9'de gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Örnek 2 için matlab çözüm görüntüsü

4.7.3. Örnek 3

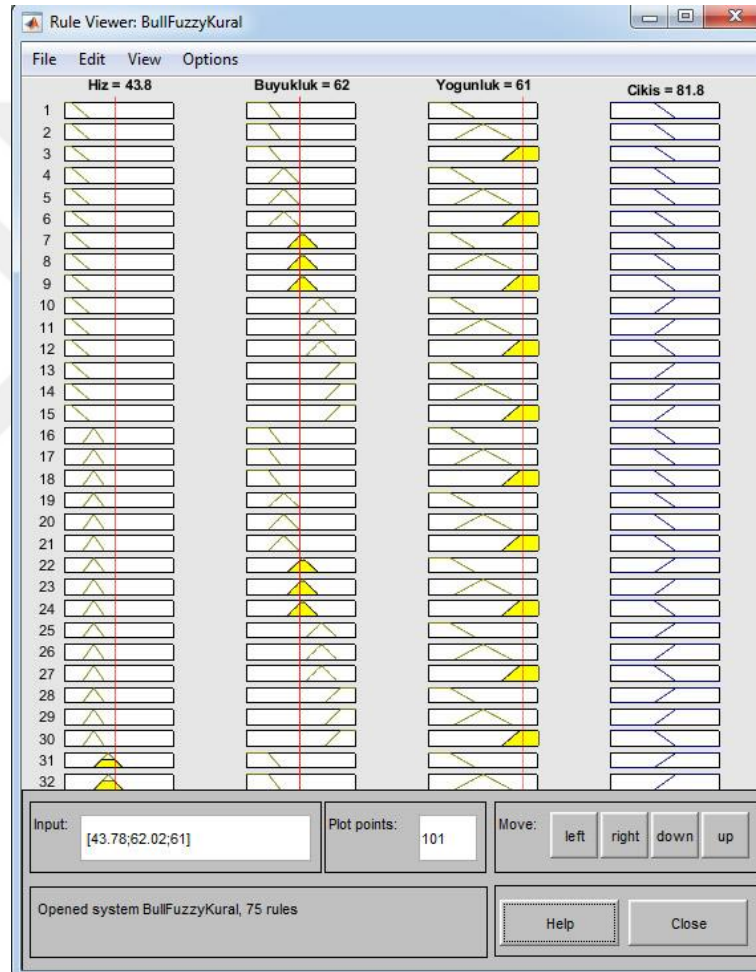
Girişler Hız = 45,18 (μ/s), Büyüklük = 60,66 (μ), Yoğunluk = 45,96 ($\mu g/\mu m^3$) alınırsa bu değerlere sahip olan bir spermden doğacak yavru için, çıkışta elde edilen değer %92,8 olarak elde edilmektedir. Bu değer, cinsiyet belirleme sınırı olan %87,5'in üzerinde olduğundan dolayı yavru cinsiyeti "ERKEK" olacaktır. Bu sonuç kullanılan veri tabanında tahmin edilen sonuçla aynıdır (Bknz: Çizelge 4.6.). Bu örnek için Matlab uygulamasında hazırlanan çözümleme Şekil 4.10'de gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Örnek 3 için matlab çözüm görüntüsü

4.7.4. Örnek 4

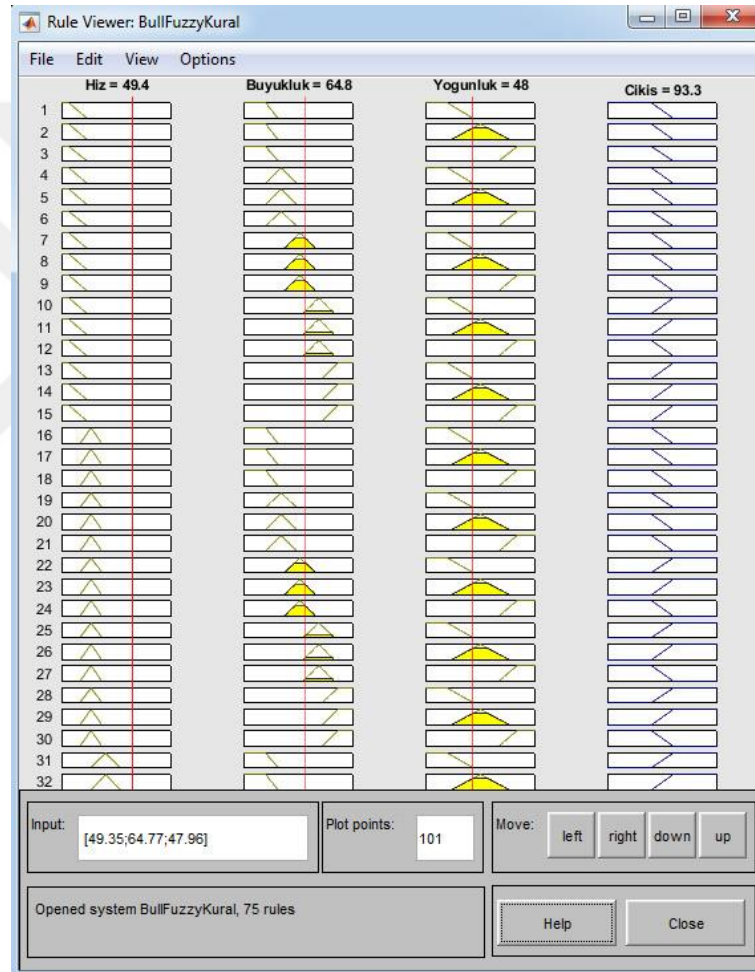
Girişler Hız = 43,78 (μ/s), Büyüklük = 62,02 (μ), Yoğunluk = 61,00 ($\mu g/\mu m^3$) alınırsa bu değerlere sahip olan bir spermden doğacak yavru için, çıkışta elde edilen değer %81,8 olarak elde edilmektedir. Bu değer, cinsiyet belirleme sınırı olan %87,5'in altında olduğundan dolayı yavru cinsiyeti "DİŞİ" olacaktır. Bu sonuç kullanılan veri tabanında tahmin edilen sonuçla aynıdır (Bknz: Çizelge 4.6.). Bu örnek için Matlab uygulamasında hazırlanan çözümleme Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Örnek 4 için matlab çözüm görüntüsü

4.7.5. Örnek 5

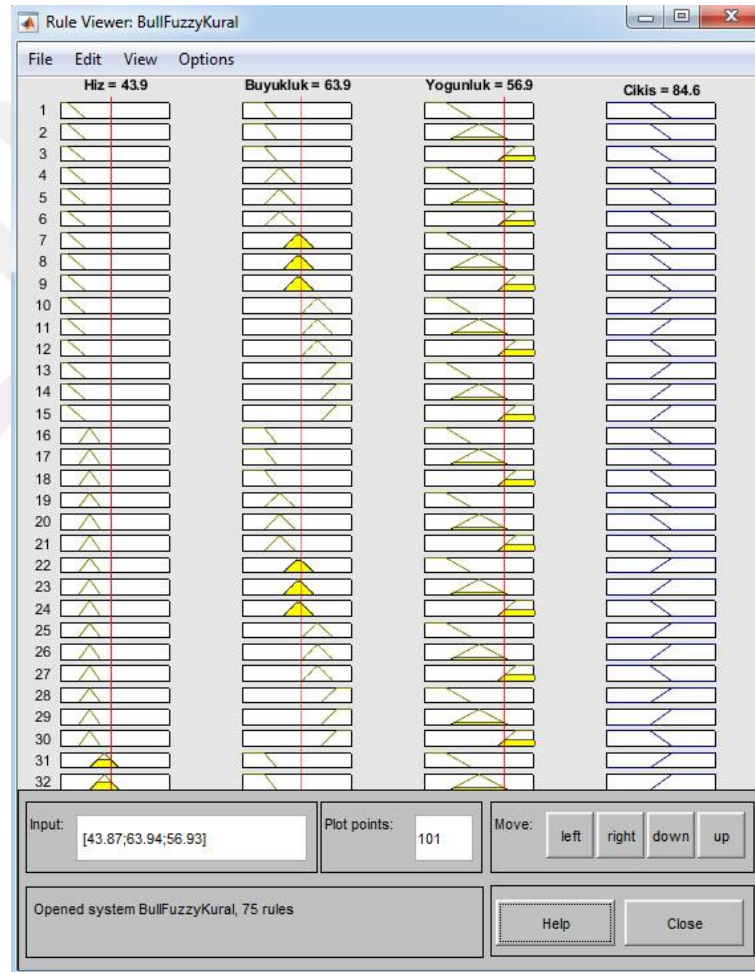
Girişler Hız = 49,35 (μ/s), Büyüklük = 64,77 (μ), Yoğunluk = 47,96 ($\mu g/\mu m^3$) alınırsa bu değerlere sahip olan bir spermden doğacak yavru için, çıkışta elde edilen değer %93,3 olarak elde edilmektedir. Bu değer, cinsiyet belirleme sınırı olan %87,5'in üzerinde olduğundan dolayı yavru cinsiyeti "ERKEK" olacaktır. Bu sonuç kullanılan veri tabanında tahmin edilen sonuçla aynıdır (Bknz: Çizelge 4.6.). Bu örnek için Matlab uygulamasında hazırlanan çözümleme Şekil 4.12'de gösterilmiştir.



Şekil 4.12. Örnek 5 için matlab çözüm görüntüsü

4.7.6. Örnek 6

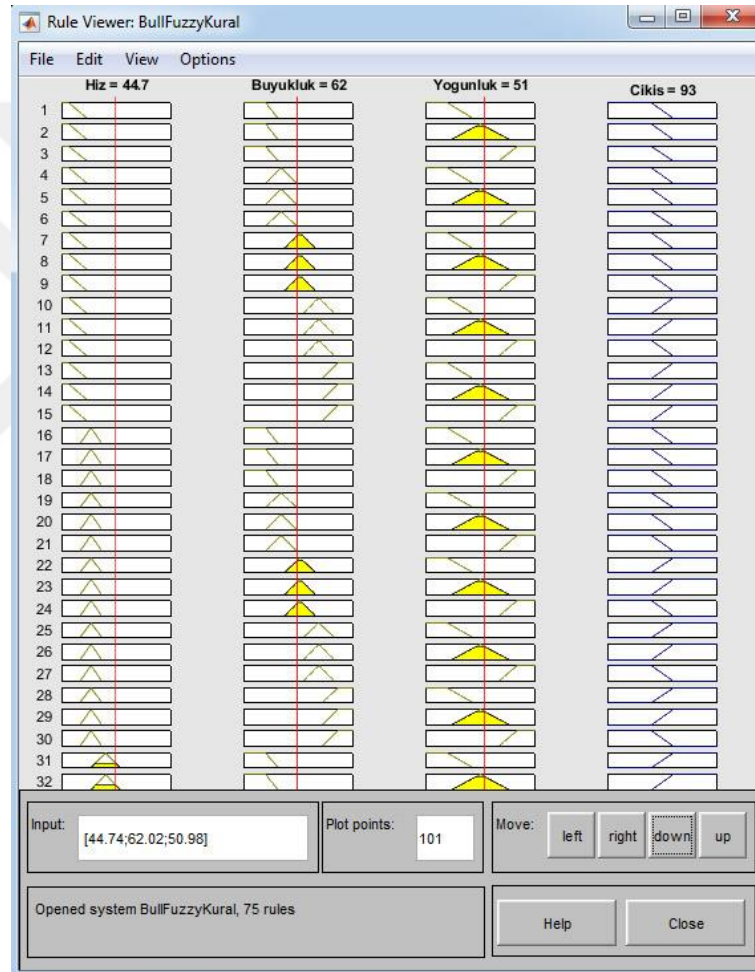
Girişler Hız = 43,87 (μ/s), Büyüklük = 63,94 (μ), Yoğunluk = 56,93 ($\mu g/\mu m^3$) alınırsa bu değerlere sahip olan bir sperminden doğacak yavru için, çıkışta elde edilen değer %84,6 olarak elde edilmektedir. Bu değer, cinsiyet belirleme sınırı olan %87,5'in altında olduğundan dolayı yavru cinsiyeti "DİŞİ" olacaktır. Bu sonuç kullanılan veri tabanında tahmin edilen sonuçla aynıdır (Bknz: Çizelge 4.6.). Bu örnek için Matlab uygulamasında hazırlanan çözümlenme Şekil 4.13'de gösterilmektedir.



Şekil 4.13. Örnek 6 için matlab çözüm görüntüsü

4.7.7. Örnek 7

Girişler Hız = 44,74 (μ/s), Büyüklük = 62,02 (μ), Yoğunluk = 50,98 ($\mu g/\mu m^3$) alınırsa bu değerlere sahip olan bir spermde doğacak yavru için, çıkışta elde edilen değer %93 olarak elde edilmektedir. Bu değer, cinsiyet belirleme sınırı olan %87,5'in üzerinde olduğundan dolayı yavru cinsiyeti "ERKEK" olacaktır. Bu sonuç kullanılan veri tabanında tahmin edilen sonuçla farklıdır (Bknz: Çizelge 4.6.). Bu örnek için Matlab uygulamasında hazırlanan çözümleme Şekil 4.14'de gösterilmiştir.



Şekil 4.14. Örnek 7 için matlab çözüm görüntüsü

4.8. Örneklerin Değerlendirilmesi

Örneklerden görüldüğü gibi sisteme veriler (Hız, büyüklük, yoğunluk değerleri) dahil edildiğinde sistem anında doğacak yavrunun cinsiyetine %100 ile cevap vermektedir. Eğer cevap %87,5'ten büyük ise doğacak yavru erkek, diğer durumlarda dişi olacaktır.

5. SONUÇLARIN ANALİZİ

Bu bölümde tasarlanmış olan BUS' un performansını değerlendirmek için tahmin ve gerçek verilerin karşılaştırıldığı karışıklık (Confusion) matrisi kullanılmaktadır. Karışıklık matrisinin kullanımının ardından doğruluk, duyarlılık ve özgüllük değerleri hesaplanmıştır. Karışıklık matrisi için tanımlamalar:

Erkek: Erkek için pozitif

Dişi: Erkek için negatif

Doğru pozitif (TP): Erkek olarak doğru tanımlanmış durumların sayısı

Doğru negatif (TN): Dişi olarak doğru olarak tanımlanan durumların sayısı

Yanlış pozitif (FP): Erkek olarak yanlış tanımlanmış durumların sayısı

Yanlış negatif (FN): Dişi olarak yanlış tanımlanmış durumların sayısı

Toplam 100 örneğin TP, TN, FP ve FN değerleri Çizelge 5. Karışıklık Matrisinde gösterilmektedir. Bu çizelgedeki değerleri bulmak için her bir örnek çalıştırılmıştır ve uygun değerler elde edilmiştir.

Çizelge 5.1. BUS performansı karışıklık (confusion) matrisi

Sistemin Sonucu	Doğru	Yanlış	Toplam
Pozitif	TP = 61	FN = 3	64
Negatif	FP = 20	TN = 16	36
Toplam	TP + FP = 81	FN + TN = 19	100

5.1. Doğruluk (Accuracy)

Bir testin doğruluğu, erkek ve dişi durumlarını doğru bir şekilde ayırt etme yeteneğidir. Bir testin doğruluğunu tahmin etmek için, değerlendirilen tüm durumlardaki gerçek pozitif ve gerçek negatif oranını hesaplamalıyız [26]. Matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilir:

$$\text{Doğruluk (Accuracy)} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (5.1)$$

Veri setinde TP, TN, FP ve FN sayıları belirlenerek doğruluk hesaplanır.

$$\text{Doğruluk (Accuracy)} = \frac{61 + 16}{61 + 16 + 20 + 3} = 77,00 \%$$

5.2. Duyarlılık (Sensitivity)

Bir testin duyarlılığı, erkek statülerini doğru şekilde belirleme yeteneğidir. Bunu tahmin etmek için, erkek durumlardaki gerçek pozitif oranını hesaplamalıyız [26]. Matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilir:

$$\text{Duyarlılık (Sensitivity)} = \frac{TP}{TP + FN} \quad (5.2)$$

$$\text{Duyarlılık (Sensitivity)} = \frac{61}{61 + 3} = 95,31 \%$$

5.3. Özgüllük (Specivity)

Bir testin özgüllüğü dişi durumlarını doğru bir şekilde belirleme yeteneğidir. Bunu tahmin etmek için, dişi statülerinde gerçek negatif oranını hesaplamalıyız [26]. Matematiksel olarak şu şekilde ifade edilebilir:

$$\text{Özgüllük (Specificity)} = \frac{TN}{TN + FP} \quad (5.3)$$

$$\text{Özgüllük (Specificity)} = \frac{16}{16 + 20} = 44,44 \%$$

Bu hesaplamalardan görüldüğü gibi tasarlanmış olan BUS' in doğruluk yani hesaplama hassaslığı (accuracy) değeri %77,00 olmaktadır. Bu hassasiyeti literatürde başka bir veri ile karşılaştırmak imkânı maalesef yoktur, çünkü böyle bir çalışma bugüne kadar yapılmamıştır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma sonuçlarını aşağıdaki şekilde göstermek mümkündür.

1. İlk defa boğaların yeni neslinin hangi cinsiyetle doğulacağını belirlemeye olanak tanıyan bir bulanık uzman sistem tasarlanmıştır.
2. Bu sistemin hayvancılıkta kullanılması ile et ve süt üreticilerine büyük faydası olan bir sistem devreye girmiş olacaktır.
3. Karışıklık matrisinin hesaplamalarından elde edilen değerlerin yüksek çıkması tasarlanmış olan BUS'in pratikte kullanılabileceğini göstermektedir.
4. Bu sistem hem de kullanılan veri tabanındaki verilerin doğruluğunu göstermektedir.

Öneriler bu şekilde sıralanabilir:

1. Diğer yapay zekâ yöntemleri (örnek; YSA) veya bulanık sinir ağları kullanılarak doğruluğun artmasını sağlayacak araştırmalar yapılabilir.
2. Kullanılan veri tabanı kriyobiyoloji yöntemi kullanılarak tahmin yapmaktadır. Gerçekte ise bu verilerin uygulamasının istatistiğini belirlemek çok zordur, çünkü hangi ineğe hangi boğanın sperması verildiğini kaydetmek ve 9 aydan sonra doğan yavrunun cinsiyetini kaydetmek gerekmektedir. Bunu yapmak ise çok çaba ve zaman istemektedir. Böylece kullanılan veriler kendileri bir tahmin oluşturmaktadır. Yapılan BUS da bu tahminlere göre tasarlanmıştır. Dolayısıyla daha yüksek doğruluk elde etmek için veri tabanında gerçek verilerin olması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Seidel Jr, G., *Economics of selecting for sex: the most important genetic trait*. Theriogenology, 2003. **59**(2): p. 585-598.
- [2] Anderson, G., *Identification of embryonic sex by detection of HY antigen*. Theriogenology, 1987. **27**(1): p. 81-97.
- [3] Johnson, L.A., D.G. Cran, and C. Polge, *Recent advances in sex preselection of cattle: Flow cytometric sorting of X- & Y-chromosome bearing sperm based on DNA to produce progeny*. Theriogenology, 1994. **41**(1): p. 51-56.
- [4] Niemann, H. and B. Meinecke, *Embryotransfer und assoziierte Biotechniken bei landwirtschaftlichen Nutztieren*. 1993: Enke.
- [5] Erten, Ö. and O. Yılmaz, *Techniques of sex-selected calf production in dairy cattle breeding*. Yüzüncü yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 2012. **23**(3): p. 155-157.
- [6] Haykin, S.S., *Blind deconvolution*. 1994: Prentice Hall.
- [7] KOÇ, M.L., C.E. BALAS, and A. ARSLAN, *Taş Dolgu Dalgakıranların Yapay Sinir Ağları ile Ön Tasarımı*. Teknik Dergi, 2004. **15**(74).
- [8] Allahverdi, N., *Uzman sistemler: bir yapay zeka uygulaması*. 2002: Atlas Yayın Dağıtım.
- [9] ERTEN, Ö. and O. YILMAZ, *Süt Sığırtı Yetiştiriciliğinde Cinsiyeti Belirlenmiş Buzağı Üretim Teknikleri*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi. **23**(3): p. 155-157.
- [10] DEMİRCİ, E., *Flov Sitometre ile Boğa Spermelerinde Cinsiyetin Belirlenmesi*.
- [11] Öztemel, E., *Yapay Sinir Ağları*. PapatyaYayincilik, İstanbul, 2003.
- [12] Adeli, H. and S.-L. Hung, *Machine learning: neural networks, genetic algorithms, and fuzzy systems*. 1994: John Wiley & Sons, Inc.
- [13] Beyinler, M. *Bulanık Mantık Nedir*. 2016; Available from: <https://www.muhandisbeyinler.net/bulanik-mantik-nedir/>. Erişim Tarihi: 25.05.2018
- [14] Zadeh, L.A., *From circuit theory to system theory*. Proceedings of the IRE, 1962. **50**(5): p. 856-865.
- [15] Ural, Ş., et al., *Puslu (Fuzzy) Mantık*. Mantık, Matematik ve Felsefe, I. Ulusal Sempozyumu, 2004: p. 26-28.
- [16] Elmas, Ç., *Yapay zeka uygulamaları*. Seçkin Yayıncılık, Ankara, 2007: p. 379-401.
- [17] Østergaard, J.-J., *Fuzzy logic control of a heat exchanger process*. 1976: Stærkstrømsafdelingen, Danmarks Tekniske Højskole.
- [18] Sugeno, M., *Industrial applications of fuzzy control*. 1985: Elsevier Science Inc.
- [19] Akpolat, H., *Bulanık Mantık Ders Notları*. 2000.
- [20] Keskenler, M.F. and E.F. Keskenler, *Bulanık Mantığın Tarihi Gelişimi*. Takvim-i Vekayi. **5**(1): p. 1-10.
- [21] Kaynak, O. and G. Armağan, *Bulanık denetim ve endüstriyel uygulamaları*. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi CAD/CAM ve Robotik Bölümü, 1993.
- [22] Sincen, M., *Klima sistem kontrolünün bulanık mantık ile modellenmesi*. 2002, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [23] Zadeh, L.A., *Fuzzy sets*. Information and control, 1965. **8**(3): p. 338-353.
- [24] Klir, G.J. and T.A. Folger, *Fuzzy sets, uncertainty, and information*. 1988.
- [25] Allahverdi N. *Bulanık Mantık ve Tıpta Uygulamaları*, 2019, KTO Karatay Yayın - Karyay (Baskıda).
- [26] Guldal, H. *Bulut tabanlı bir ders yönetim sistemi yazılımının geliştirilmesine dayalı olarak öğretim elemanı ve öğrencilerin teknoloji kabullerinin incelenmesi*. 2014, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Fatih SADAY
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Konya / 10.10.1983
Telefon : 505 554 0053
e-mail : fatihsaday@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: İmam Hatip Lisesi	2000
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi	2011
Yüksek Lisans	: KTO Karatay Üniversitesi	2019

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2011	Saday Eczanesi	Bilgisayar Mühendisi
2012	Rayennur Elektronik Uls. Endüstri San. Ltd.	Bilgisayar Mühendisi
2014	Aybil Dijital Bas. Rek. Müh. Turz. Ltd. Şti.	Bilgisayar Mühendisi
2016-07.2018	Saday Mühendislik D. Hizm.	Bilgisayar Mühendisi
07.2018-Halen	Konya Organize San.Böl.Md.	Bilgisayar Mühendisi

UZMANLIK ALANI

İşletim sistemleri: Windows/Windows Server, Linux/Linux Server
Veritabanları: MySQL, MsSQL
Programlama: PHP, C#, HTML, CSS, Java, Javascript
Programlar: Office, Adobe, 3DS Max - AutoCad - Matlab - Eclipse - Delphi - OpenCV
Uzmanlık Alanları: Yazılım - Web Programlama - Web ve Ağ Güvenliği - Bilgisayar Donanımları ve Ağlar - Güvenlik Sistemleri ve Network Kameralar

YABANCI DİLLER

İngilizce (3) – Arapça (2)