



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

MATEMATİK ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

BULANIK MANTIK İLE AİLEVİ AKDENİZ ATEŞİ (AAA) HASTALIĞININ TEŞHİSİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ebru GÜLENDER

Danışman: Prof. Dr. Naim ÇAĞMAN

TOKAT- 2023

ETİK SÖZLEŞME

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Naim ÇAĞMAN danışmanlığında hazırlamış olduğum “Bulanık Mantık ile Ailevi Akdeniz Ateşi (AAA) Hastalığının Teşhisi” adlı Yüksek Lisans tezinin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

07/08/2023

Ebru GÜLENDER

İmza

JÜRİ KABUL VE ONAY

Ebru GÜLENDER tarafından hazırlanan “Bulanık Mantık ile Ailevi Akdeniz Ateşi (AAA) Hastalığının Teşhisi” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 07.08.2023 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen Jüri tarafından Oy Birliği ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Matematik Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı Soyadı)

İmzası

Üye (Başkan) : Doç. Dr. Hacı AKTAŞ

Üye : Prof. Dr. Naim ÇAĞMAN

Üye : Dr. Öğrt. Üyesi Berrin AKIN

ONAY

...../...../.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca ve yüksek lisans tez çalışması olarak hazırladığım bu çalışmada desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve tecrübeleriyle bana katkı sağlayan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Naim ÇAĞMAN hocama çok teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasına tıbbi alanda bilgi ve uzman desteği sağlayan Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Romatoloji Bilim Dalı Dr. Öğrt. Üyesi Sayın Uzm. Dr. Berrin AKIN hocama katkıları ve desteklerinden dolayı çok teşekkür ederim.

Ayrıca eğitim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, bana güç veren sevgili annem Niğmet ŞAHİN'e ve sevgili babam Hamdi ŞAHİN'e sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmamın her aşamasında yanımda olan, fedakârlığını, anlayışını ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen çok sevdiğim değerli eşim Sedat GÜLENDER'e, tez çalışması sürecinde zamanlarından çaldığım, sevgili kızım İlbilge GÜLENDER'e ve sevgili oğlum Balamir GÜLENDER'e göstermiş oldukları sabır ve anlayıştan ötürü sonsuz teşekkür ederim.

Ebru GÜLENDER
TOKAT-2023

ÖZET

BULANIK MANTIK İLE AİLEVİ AKDENİZ ATEŞİ (AAA) HASTALIĞININ TEŞHİSİ

Gülender, Ebru

Yüksek Lisans, Matematik Ana Bilim Dalı

Tez danışmanı: Prof. Dr. Naim ÇAĞMAN

Temmuz 2023, xi+ 61 sayfa

Belirleyici özelliği tekrarlayan ateş nöbetleri olan, göğüs, karın, eklem ağrısı ve şişkinliğin eşlik ettiği genetik hastalık olan Ailevi akdeniz ateşi (AAA) hastalığına özgü kullanılan bir laboratuvarda incelenen bir test yoktur. Bunun için hekimler tarafından; hastanın yakınmaları, aile öyküsü, akut faz reaktanları gibi yönlendirici laboratuvar tetkikleri, genetik mutasyon varlığı ve Kolşisin tedavisi göz önüne alınarak tanı konmaktadır. Bu tez çalışmasında, alanında uzman bir hekimden destek alınarak, bulanık mantık yardımıyla AAA hastalığının teşhisine yardımcı olacak bir bulanık karar verme sistemi tasarlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Mantık, Hastalık Teşhisi, Bulanık Değerlendirme, Bulanık Çıkarım, Ailevi Akdeniz Ateşi, AAA, FMF.

ABSTRACT

DIAGNOSIS OF FAMILIAL MEDITERRANEAN FEVER DISEASE (FMF) WITH FUZZY LOGIC

Gülender, Ebru

Master's Thesis, Department of Mathematics

Thesis Advisor: Prof. Dr. Naim ÇAĞMAN

July 2023, xi+ 61 pages

There is no laboratory-tested test specific to Familial Mediterranean Fever (FMF), a genetic disease characterized by recurrent bouts of fever, accompanied by chest, abdominal, joint pain and swelling. For this, by physicians; The diagnosis is made by considering the patient's complaints, family history, guiding laboratory tests such as acute phase reactants, the presence of genetic mutations and colchicine treatment. In this thesis, with the support of an expert physician, a fuzzy decision making system was designed to help diagnose FMF disease with the help of fuzzy logic.

Keywords: fuzzy logic, Disease Diagnosis, fuzzy evaluation, Fuzzy inference, familial mediterranean fever, FMF.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK SÖZLEŞME SAYFASI	i
JÜRİ KABUL VE ONAY	ii
ÖNSÖZ	iii
ÖZET (TÜRKÇE).....	iv
ABSTRACT (İNGİLİZCE)	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
ÇİZELGELER LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ.....	xi
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Tezin Amacı.....	3
1.2. Literatür Özeti.....	4
2. BULANIK MANTIK.....	6
2.1. Bulanık Mantığın Tarihsel Gelişimi.....	6
2.2. Bulanık Mantığın Avantajları.....	7
2.3. Bulanık Mantığın Dezavantajları.....	7
2.4. Bulanık Kümeler	7
2.5.Bulanık Kümelerde İşlemler.....	8
2.5.1. Bulanık Kümelerde Kesişim.....	8
2.5.2. Bulanık Kümelerde Birleşim.....	9
2.5.3. Bulanık Kümelerde Tümlen.....	9
2.6. Üyelik Fonksiyonu Özellikleri.....	10

2.7. Üyelik Fonksiyon Tipleri.....	11
2.7.1. Üçgen Üyelik Fonksiyonu.....	11
2.7.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu.....	11
2.7.3. Gauss (Gaussian) Üyelik Fonksiyonu.....	11
2.7.4. L Üyelik Fonksiyonu.....	12
3. BULANIK ÇIKARIMLAR.....	13
3.1. Bulanık Çıkarım Sistemi.....	13
3.1.1. Bulanıklaştırma.....	13
3.1.2. Bulanık Kural Tabanı.....	14
3.1.3. Bilgi tabanı.....	14
3.1.4. Çıkarım Mekanizması.....	15
3.1.5. Durulaştırma.....	15
3.2. Çıkarım Yöntemleri.....	15
3.2.1. Mamdani Yöntemi.....	15
3.2.1.1. Min -Max Yöntemi.....	16
3.2.2. Takagi-Sugeno-Kang Yöntemi.....	17
3.2.3. Tsukamoto Yöntemi.....	19
3.2.4. Larsen Yöntemi.....	20
3.3. Durulaştırma Yöntemleri.....	21
3.3.1. En Büyük Üyelik İlkesi.....	21
3.3.2. Alan Merkezi Yöntemi.....	21
3.3.3. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi.....	22
4. AİLEVİ AKDENİZ ATEŞİ (AAA).....	23
4.1. AAA'nın Tanısı.....	23
4.1.1. Tel Hashomer Kriterleri	23

4.2. AAA' nın Klinik Özellikler.....	24
4.3. AAA'nın Laboratuvar Bulguları.....	25
4.4. AAA' nın Tedavisi.....	26
5. AAA TEŞHİSİ İÇİN BİR BULANIK KARAR VERME SİSTEMİ.....	27
5.1. AAA-BKVS Çıkarım Sistemi.....	27
5.2. AAA-BKVS için Giriş-Çıkış Parametrelerinin Değer Aralıklarının belirlenmesi	28
5.3. AAA-BKVS Üyelik Fonksiyonları.....	30
5.4. AAA-BKVS Kural Tabanının Oluşturulması.....	39
5.5. AAA-BKVS için Mamdani Çıkarım Yöntemi ve Çıkarım Tablosu.....	47
6. UYGULAMA ÖRNEKLERİ.....	49
6.1. Uygulama örneği 1.....	49
6.2. Uygulama örneği 2.....	52
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	55
7.1. SONUÇLAR.....	55
7.2. ÖNERİLER.....	56
KAYNAKÇA.....	57
EKLER.....	61
EK 1. Yazarın Özgeçmişi.....	61

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge No	Sayfa
Çizelge 4.1. Tel Hashomer Kriterleri	24
Çizelge 4.2. Laboratuvar tetkiklerinin Duyarlılık ve Özgüllüklerinin karş.	25
Çizelge 5.1. Giriş parametrelerinin üyelik değer aralıkları	29
Çizelge 5.2. Çıkış parametresinin üyelik değer aralıkları	29
Çizelge 5.3. Kural tablosu	39
Çizelge 5.4. Hastalık çıkarım tablosu	48
Çizelge 6.1. Uygulama örneği 1 için kan sayım ve hastalım öyküsü anketi s.	49
Çizelge 6.2. Uygulama örneği 1 için tetiklenen kurallar ve üyelik dereceleri	51
Çizelge 6.3. Uygulama örneği 2 için kan sayım ve hastalım öyküsü anketi s.	52
Çizelge 6.4. Uygulama örneği 1 için tetiklenen kurallar ve üyelik dereceleri	54

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil No	Sayfa
Şekil 2.1. A ve B bulanık kümelerinin kesişimi	9
Şekil 2.2. A ve B bulanık kümelerinin birleşimi	9
Şekil 2.3. A ve B bulanık kümelerinin tümleyeni	10
Şekil 2.4. Üyelik fonksiyonunun sınır, destek ve çekirdek bölümleri	10
Şekil 2.5. Üyelik fonksiyonlarının gösterimi	12
Şekil 2.6. L üyelik fonksiyonu	12
Şekil 3.1. Bulanık çıkarım sistemi	13
Şekil 3.2. Mamdani çıkarım metodu	16
Şekil 3.3. Min-Maks çıkarım metodu	17
Şekil 3.4. TSK çıkarım metodunun gösterimi	17
Şekil 3.5. Tsukamoto çıkarım metodu gösterimi	19
Şekil 3.6. Larsen çıkarım metodu gösterimi	20
Şekil 3.7. En Büyük Üyelik Derecesi ile Durulaştırma	21
Şekil 3.8. Alan Merkezi Yöntemi ile Durulaştırma	22
Şekil 3.9. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi ile Durulaştırma	22
Şekil 5.1. Bulanık çıkarım sistemi	28
Şekil 5.2. CRP üyelik fonksiyon grafiği	30
Şekil 5.3. WBC üyelik fonksiyon grafiği	32
Şekil 5.4. Sedimentasyon (ESR) üyelik fonksiyon grafiği	33
Şekil 5.5. Serum Amiloid A (SAA) üyelik fonksiyon grafiği	34
Şekil 5.6. Hastalık öyküsü anketi üyelik fonksiyon grafiği	35
Şekil 5.7. AAA seviyesi üyelik fonksiyonu grafiği	38

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$\mu(x)$:	x 'in üyelik derecesi
μ_A :	A bulanık kümesinin üyelik fonksiyonu
% :	Yüzde
[] :	Matris
> :	Büyük
$\geq$:	Büyük eşit
< :	Küçük
$\leq$:	Küçük eşit
$\int$:	İntegral
$\sum$:	Toplam
$\bar{A}$:	Tümleyen
{ } :	Küme
e :	e sayısı
$\circ$:	$\circ$ işlemcisi
$\cap$:	Kesişim
$\cup$:	Birleşim

Kısaltmalar

AAA	Ailevi Akdeniz Ateşi
CRP	C-Reaktif Protein
BUS	Bulanık uzman sistem
MCH	Mean Corpuscular Hemoglobin
MCV	Mean corpuscular volüme
RBC	Red Blood Cell
DNA	Deoksiribo nükleik asit
MIN	Minimum
MAX	Maksimum
TSK	Takagi-Sugeno-Kang Yöntemi
SAA	Serum Amiloid A
WBC	Lökosit
ESR	Sedimantasyon

1. GİRİŞ

Günlük hayatımızda genelde net olarak karar veremediğimiz bilemediğimiz birçok belirsiz durumlarla karşılaşırız. Belirsizlik, kişinin beyinde bazı olay ve durumların net olarak anlaşılabilmesi ve bu olay ve durumların tüm olası olasılıklarla zihninde canlandırılmasıyla ortaya çıkar. Bulanık mantığın esası da bu belirsizlik kavramını matematiksel olarak modellemek için oluşturulmuştur. Bulanık mantık, Zadeh (1965) tarafından ortaya atılmıştır. Zadeh'e göre gerçek hayatta keskin çizgiler yoktur. Karşılaşılan her şey evet-hayır, doğru-yanlış, var-yok gibi sert kalıplara sokulmamalıdır. Ona göre üyelik dereceleri verildiğinde her şeyden belli bir oranda var ya da yok olma şeklinde kontrol sağlanabilir ve bu da günümüz yaşamına daha çok uyan bir yaklaşımdır. Bulanık küme teorisi, genellikle kesin olmayan insan yargılarını içeren kavramları ölçmek ve değerlendirmek için önemli bir araçtır. Bu subjektif yargıları ifade etmenin en kolay yollarından biri sözel değişkenleri kullanmaktır. Bulanık mantık, bulanık kümeler ve uygulamaları konusunda daha geniş bilgi için (Dubois ve Prade, 1980), (Klir ve Folger, 1988), (Şen, 2001) ve (Zimmermann, 1991) kaynaklarına bakılabilir.

Burada bulanık mantığa dayalı bulanık çıkarımları kullanacağız. Çıkarım işlemleri, bulanıklaştırma ve durulaştırma olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Bulanıklaştırma, belirsiz sözle verilerin bulanık mantıkla kurallarıyla ifade edilmesidir. Bulanık sistemlerde yapılan bulanık çıkarım işlemi sonucu elde ettiğimiz bulanık kümelerdir. Durulaştırma bulanıklaşan verilerin tekrardan sayısal veri formatına dönüştürülmesi işlemidir. Özellikle mühendislik ile ilgili makine, plan proje tasarım uygulamalarında kesin veriler gerekmektedir. Bu sebepten kesin olmayan verilerin durulaştırma işlemi yapılması gereklidir. Bulanık mantık çıkarım sistemlerinden faydalanmak için genellikle Mamdani (Mamdani ve Assilian, 1975), Larsen (Larsen, 1980), TSK (Takagi and Sugeno, 1985), Tsukamoto (Tsukamoto, 1979) kullanılmaktadır. Biz bu çalışmada Mamdani bulanık çıkarım yöntemini kullanacağız.

Tıp, yapısı gereği belirsizlik içerir. Mevcut bir hastalık, hastaya ve şiddetine göre değişiklik gösterebilir. Bir semptom farklı birçok hastalığın belirtisi olabilir. Öte yandan, bir hastada bulunan birkaç hastalık birbiriyle etkileşime girebilir ve herhangi bir hastalığın genel tanımını karıştırabilir. Mevcut hastalığın en belirgin ve kesin açıklamasında bile kesin olmayan belirsiz

sözel terimler kullanılır. Tıptaki bu belirsizlik ve hassasiyet bulanık mantık yardımı ile açıklanabilir. (Torres ve Nieto, 2006).

Tıptaki belirsizliğin sebepleri aşağıda ki verilen maddelerle sınıflandırılabilir;

1. Hasta olan kişi ile ilgili bilgiler.
2. Hastaya ait hastalık öyküleri hakkında verilen bilgilerin genellikle hasta yahut ailesi tarafından öznel ve kesin veriler olarak verilmemesi
3. Fiziksel muayene; Genellikle doktor nesnel bilgiler alır, ancak bazı durumlarda patolojik ve normal durumlar arasında keskin bir çizgi yoktur.
4. Laboratuvar bulguları ve diğer teşhis sonuçlarında hatalar olabilir.
5. Hasta hastalığı ile ilgili semptomları doğru bir şekilde aktarmayabilir.
6. Kritik seviyedeki hastalarda kategorik tanı sistemi baz alındığında sınıflandırılmasının yapılması güçtür. (Demirhan ve ark., 2010).

Günlük hayatta tıpta şiddetli karın ağrısı, hafif karıncalanma vb. ifadeler kullanılır. Bu ifadelere benzer sözel ifadeler bulanık mantıkla değerlendirilebilir.

Günümüzde uzman sistemler birçok bilim dalında kullanıldığı gibi tıp alanında da yaygın ve verimli şekilde kullanılmaktadır (Raw ve ark., 2016). Tıp alanında; Hastalıkların çeşitliliğinin artması, uzun değerlendirme süresi, tıbbi verilerin çokluğu, hastalık teşhisinde insan kaynaklı hataların karışması, teşhis ve tedavi sürecinde yaşanan zorluklar gibi sebepler uzman sistemlerin kullanılmasını ve değerini artırmıştır. (Tekin, 1996).

Bulanık mantık yardımıyla hastalık teşhisi amacıyla tıbbın birçok dalında çalışma yapılmış, bulanık uzman sistemler oluşturulmuştur. Literatür tarandığında Ailevi Akdeniz Ateşi (AAA, İngilizce kısaltması FMF: Familial Mediterranean Fever) teşhisi için bulanık mantık üzerine bir çalışma bulunamamıştır. Bu çalışmada da AAA hastalığının teşhisi için uzman hekim yardımıyla belirlenen kan sayım sonuçları ve hastalık öyküsü anketi kullanılarak bulanık mantık yöntemiyle hastalığın seviyeli tespitini yapan bir bulanık karar verme sistemi oluşturulmuştur.

Hastalığın teşhisine insan hatalarının karışması, hastalığın geç tanısının hastaya uygulanacak ilaç tedavisini geciktirmesi, hastalığın başka hastalıklarla karıştırılıp gereksiz ameliyatların yapılması sağlık sisteminin uzun süre tanı koyma aşamasında meşgul edilmesi gibi zorluklar böyle bir çalışmanın ortaya çıkmasında teşvik edici olmuştur. Bu amaçla oluşturduğumuz bulanık çıkarım sistemi, kan sayım sonuçları ve hastalık öyküsü anketi sonuçlarından yola çıkarak olası tüm ihtimalleri göz önünde bulundurarak hekimlerin hızlı ve doğru tanı koymasına yardımcı olmaktadır.

1.1. Tezin Amacı

AAA, belirleyici özelliği tekrarlayan ateş nöbetleri olan, göğüs, karın, eklem ağrısı ve şişkinliğin eşlik ettiği genetik hastalıktır. Ailesel Akdeniz Ateşi, MEFV genindeki mutasyon çeşitliliğinin neden olduğu otozomal resesif bir hastalıktır. Bu gen, özellikle granülositlerde bulunan pyrin adlı proteini kodlamaktadır. (International FMF Consortium, 1997).

Bu hastalık genellikle ülkemizin ait olduğu kuşakta görülmektedir. Türkler, Araplar, Yahudi ve Ermenilerde diğer toplumlara nazaran görülme sıklığı oranı yüksektir. Araştırmalar toplumumuzda AAA hastalığı oranını %20 olarak göstermektedir (Mor ve ark., 2003).

Hastalık, özellikle Doğu Akdeniz toplumlarında giderek daha fazla görülmektedir. Ülkemizde Akdeniz kıyılarına göre Tokat, Sinop, Sivas Erzincan, Ankara, Çorum, Çankırı, Kayseri, Malatya, Erzurum, Ağrı, Kastamonu illerinde yaşayan kişilerde daha fazla görülmektedir. Coğrafi olarak bakıldığında İç ve Doğu Anadolu ile Batı ve Orta Karadeniz bölgelerinde diğer bölgelere nazaran hasta sayısı daha yüksektir (Filazi, 2010).

Bu tez çalışmasının literatüre katkısı AAA hastalığının teşhisine insan hatalarının karışmasının azaltılması, hastalığın erken tanısının hastaya uygulanacak ilaç tedavisine erken başlanması, hastalığın başka hastalıklarla karıştırılıp gereksiz ameliyatların yapılmasının önüne geçilmesi, sağlık sisteminin uzun süre meşgul edilmesinin önüne geçilmesi ve doktorları hastalık teşhisinde destekleyici nitelikte sistemin oluşturulmasıdır.

Biz bu çalışmada AAA hastalığına teşhis koyarken bulanık mantık yöntemlerini kullanarak bir bulanık karar verme sistemi oluşturarak doktorların karar verme süreçlerine katkıda bulunmayı amaçlıyoruz.

1.2. Literatür zeti

Hastalık teşhis ve tedavisi ile ilgili literatür çalışması yapıldığında bulanık mantık kullanılarak tasarlanmış birçok sistemin olduğu görülmüştür. Bu sistemlerde genellikle hastalığa neden olan etkenlerin tespiti ile teşhis ve tedaviyi kolaylaştırma amaç edinmiştir. Bu konu ile ilgili çalışmalara özetle aşağıda yer verilmiştir.

Yücebaş (2006) tezinde tiroit hastalığının çeşitlerinin tespiti ile alakalı doktorlara yardımcı bir klinik karar destek sistemi oluşturmuştur. Bulanık sistem ve yapay zeka kullanılan bu sistemde, elektronik ve elektronik olmayan hasta kayıtlarından yararlanarak sistem oluşturulmuştur.

Torun (2007) tezinde, hekimlerin gelecek 10 yıl boyunca hastanın risk durumuna göre koroner kalp rahatsızlığının tanı ve tedavisi hakkında karar vermesine yardımcı olmak için bulanık bir uzman sistem geliştirmiştir. Yarattığı sistem ile hastalarda kalp hastalığı risklerinin daha hassas belirlenmesini amaç edinmiştir.

Yılmaz (2012) tezinde; Bir BUS tasarımı kullanarak demir eksikliği anemisinin seviyesini saptamak için bir akıllı sistem tasarladı. Oluşturulan bu sistem, uzman hekimlerin tanı koymasına yardımcı oldu. alışmasında 100 hastanın verileri inceledi ve bir uzman hekimle beraber girilen veriler bulanıklaştırarak bulanık kural tabanı oluşturdu. Bu çalışmada çıkarım yöntemi olarak Mamdani yöntemi, durulaştırma yöntemi olarak da centroid durulaştırma yöntemini kullanmıştır.

Thakur ve ark (2016), bir hastada Talesemi Hastalığının seviyesini ölçmek için makalelerinde mamdani bulanık çıkarım sistemli bir uygulama kullanmışlardır.

Filazi (2010), yüksek lisans tezinde AAA hastalığının Pürin-pirimidin dalgalanmaları ile DNA üzerine çalışma yapmıştır. Simetri uygulamaları ve numerik tanımlamalarla AAA hastalığının bazı mutasyonları üzerine çalışmıştır. Bu minvalde mutasyona uğramış gen dizilimi ile sağlıklı DNA dizilimindeki farklılıklar kıyaslanmıştır.



2. BULANIK MANTIK

Bulanık küme teorisine dayanan bulanık mantık, gündelik yaşamda kullandığımız belirsizlik içeren problemleri çalışmaya yarayan matematiksel disiplindir. Bulanık küme kuramında klasik mantıkta ki gibi “1” ve “0” değerlerinin yanında $[0,1]$ kapalı aralığındaki reel sayı değerlerini kullanır. Bulanık küme teorisi, “sıcak” ve “soğuk” gibi kesin ifadeler arasındaki az soğuk, çok sıcak, çok soğuk gibi belirsizlikleri tanımlayabilmek için oluşturulan matematiksel teoridir. Bulanıklık tıp, mühendislik, ekonomi ve sosyal bilimler gibi hayatın birçok alanında bulunur. Genellikle, insan değerlendirme, karar ve yargılarının önem arz ettiği tüm alanlarda görülür. Bulanık mantık, bulanık kümeler ve uygulamaları konusunda daha geniş bilgi için (Dubois ve Prade, 1980), (Klir ve Folger, 1988), (Şen, 2001) ve (Zimmermann, 1991) kaynaklarına bakılabilir.

2.1. Bulanık Mantığın Tarihsel Gelişimi

Bulanık mantık, Zadeh'in 1965 yılında yayınladığı 'Fuzzy Sets' adlı çalışması ile klasik mantık ve belirsizliğin tartışıldığı bir dönemde klasik mantık yerine farklı bir seçenek olarak ortaya çıkmıştır. Ancak bulanık mantık çıktığı dönemde çoğu bilim adamı tarafından mantıkta bulanıklık mı olur tarzında eleştirilere maruz kalmıştır. 1965 yılında ortaya çıkmasına rağmen bulanık mantık 1970'li yılların ikinci yarısında kullanılmaya başlanmıştır (Altaş, 1999).

Bulanık mantık kavramının kontrol sistemine uygulandığı ilk çalışma 1975 yılında Assilian ve Mamdani tarafından yapılan çalışmadır. Bu sistem “Eğer basınç çok düşükse ve türbin hızı gittikçe artıyorsa buhar vanasını biraz aç.” gibi kurallardan oluşan bulanık tabanlı bir kontrol sistemidir (Kar, 2017).

Ticari amaçlı olarak bulanık mantık ilk defa 1980 yılında Danimarka'da yer alan bir çimento fabrikasının fırınına kontrol için uygulanmıştır. Bunun ardından farklı konularda bulanık mantıktan yararlanılmaya devam edilmiştir (Duru ve ark., 2008).

2.2. Bulanık Mantığın Avantajları

İnsan düşünme yapısına yakın olması bulanık mantığın en önemli üstünlüğüdür. Denetim işlemlerinde bilindiği üzere birçoğunda sözel niteleyiciler yer almaktadır. Bulanık yaklaşımda, işaretlere ön işlem uygulanması ve geniş alana yayılan değerlerin sayıca az üyelik işlevlerine indirgenmesi, bulanık mantık uygulamalarının hızlı biçimde sonuca ulaşmasını sağlar. Bulanık mantıklı sistemde sonuçlar anında alınabilmektedir. Bu özellik sistemin işlemlerde zaman tasarrufunu sağlar (Mikail, 2007).

2.3. Bulanık Mantığın Dezavantajları

Bulanık uygulamalarda, kuralların uzmanların deneyimlerine dayalı olarak tanımlanması gerekir. Üyelik fonksiyonlarını ve bulanık kuralları tanımlamak her zaman kolay değildir. Üyelik fonksiyonlarının değişkenlerinin belirlenmesinde kesin sonuçlar veren yöntem ve öğrenme mekanizması yoktur. Bu yüzden en uygunu deneme-yanılma metodudur. Fakat bu yöntem uzun zaman alabilir. Kapsamlı testler olmadan, gerçekte kaç tane üyelik fonksiyona ihtiyaç duyulacağını tahmin etmek çok zordur. Bulanık mantığın temel sorunu, sistemlerin kararlılığını, gözlemlenebilirliğini ve kontrol edilebilirliğini analiz etmek için kanıtlanmış bir yöntemin olmamasıdır. Üyelik fonksiyonlarının değişkenleri bulanık mantık yaklaşımında sisteme özgüdür, bu değişkenlerin başka sistemlere uyarlanması oldukça zordur. Ayrıca üyelik fonksiyonlarının kurulmasının uzun sürmesi ve öğrenme yeteneğinin olmaması en sık dile getirilen dezavantajlardır (Mikail, 2007).

2.4. Bulanık Kümeler

E evrensel küme olmak üzere, bir A bulanık kümesi,

$$A = \{ \frac{\mu_A(x)}{x} \mid \mu_A : E \rightarrow [0,1] \}$$

şeklinde ifade edilir. A bulanık kümesinde μ_A , A'nın üyelik fonksiyonudur ve $\mu_A(x)$ x elemanının A'daki üyelik derecesidir.

Günlük konuşmamızda kullanılan kelime ve cümleler Zadeh' e göre dilsel değişken olarak tanımlanıp bunlara dilsel değerler verilebilir. Yüksekten düşüğe, doğrudan yanlışa kademeli geçişi temsil eden bu değişkenler, bulanık değişkenler olarak isimlendirilir. Bu tür değişkenleri barındıran bir küme, bulanık küme olarak tanımlanır (Jamsandekar ve Mudholkar, 2013).

Veri klasik kümede, kümenin içerisinde ise “1” dışında ise “0” değeri alırken, klasik kümenin genişletilmiş hali olan bulanık kümede her veri bir üyelik derecesine sahiptir. Verilerin üyelik derecesi 0 ile 1 arasında bir değer alabilir (Demirhan ve ark., 2010).

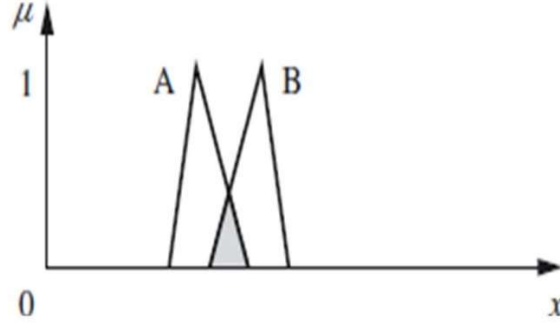
Bulanık kümeler, öğelerin kısmi üyelikle bir kümeye dahil edilmesini sağlar. Bu nedenle 179 cm boyundaki bir kişi hem uzun boylu hem de kısa boylu insanlar kümelerine belli bir üyelik derecesinde ait olabilir. Kişinin boyu arttıkça, uzun boylu insan kümesi üyelik derecesi artar ve uzun olmayan insan kümesinin üyelik derecesi aynı oranda azalır (Radhika ve Parvathi, 2016).

2.5. Bulanık Kümelerde İşlemler

2.5.1. Bulanık Kümelerde Kesişim

A ve B iki bulanık küme olmak üzere bu iki bulanık kümenin kesişiminin tanımı ve grafiği aşağıdaki gibidir.

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

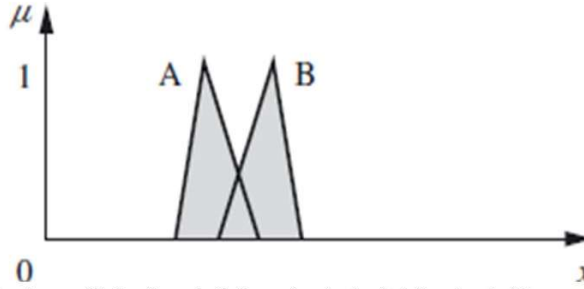


Şekil 2.1. A ve B bulanık kümelerinin kesişimi (Ross, 2010).

2.5.2. Bulanık Kümelerde Birleşim

A ve B iki bulanık küme olmak üzere bu iki bulanık kümenin birleşiminin tanımı ve grafiği aşağıdaki gibidir.

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

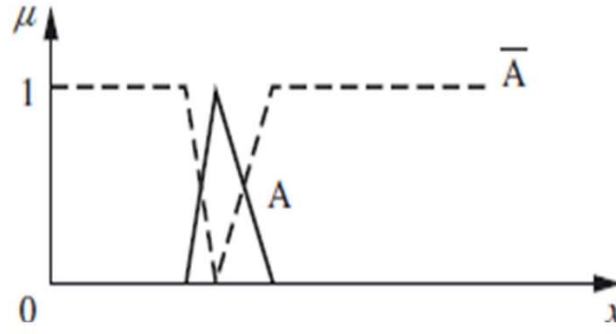


Şekil 2.2. A ve B bulanık kümelerinin birleşimi (Ross, 2010).

2.5.3. Bulanık Kümelerde Tümlen

A bir bulanık küme olmak üzere bu bulanık kümenin tümleninin tanımı ve grafiği aşağıdaki gibidir.

$$\bar{A} = \left\{ \frac{\mu_{\bar{A}}(x)}{x} \mid \mu_{\bar{A}}(x) = (1 - \mu_A(x)) \right\}$$



Şekil 2.3. A ve B bulanık kümelerinin tümleyeni (Ross, 2010).

2.6. Üyelik Fonksiyon Özellikleri

Çekirdek (Core): Kümeye tam üyelik ile nitelendirilen bölge bir A bulanık kümesinde üyelik fonksiyonunun çekirdeği olarak tanımlanır. (Ross, 2010).

$$\text{core}(A) = \{x \mid \mu_A(x) = 1\}$$

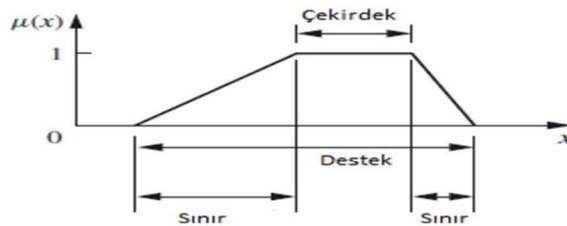
Destek (Support): Kümeye 0'dan büyük üyelik ile nitelendirilen bölge bir A bulanık kümesinde üyelik fonksiyonunun desteği olarak tanımlanır (Ross, 2010).

$$\text{support}(A) = \{x \mid \mu_A(x) > 0\}$$

Sınır (Boundary): Kümeye 0 ve 1 arasında üyelik ile nitelendirilen bölge bir A bulanık kümesinde üyelik fonksiyonunun sınırı olarak tanımlanır (Ross, 2010).

$$\text{boundary}(A) = \{x \mid 0 < \mu_A(x) < 1\}$$

Üyelik fonksiyonunun destek, çekirdek ve sınır kısımları Şekil 2.4'te gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Üyelik fonksiyonunun sınır, destek ve çekirdek bölümleri

2.7. Üyelik fonksiyon tipleri

Üyelik fonksiyonları grafik olarak da ifade edilebilir ve grafik gösterimler farklı biçimler alabilir. Üyelik fonksiyonunun şekli dikkatle incelenmeye değerdir. (Klir ve Yuan, 1995).

2.7.1. Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Bir üçgen üyelik fonksiyonu a_1 , a_2 ve a_3 olarak üç parametre ile tanımlanır.

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

Üçgen üyelik fonksiyonunun grafiği Şekil 2.5. (a)'da gösterilmiştir.

2.7.2. Yamuk Üyelik Fonksiyonu

a_1 , a_2 , a_3 ve a_4 olarak dört parametre ile bir yamuk üyelik fonksiyonu tanımlanır. Aslında yamuk üyelik fonksiyonunun özel bir durumu üçgen üyelik fonksiyonudur.

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

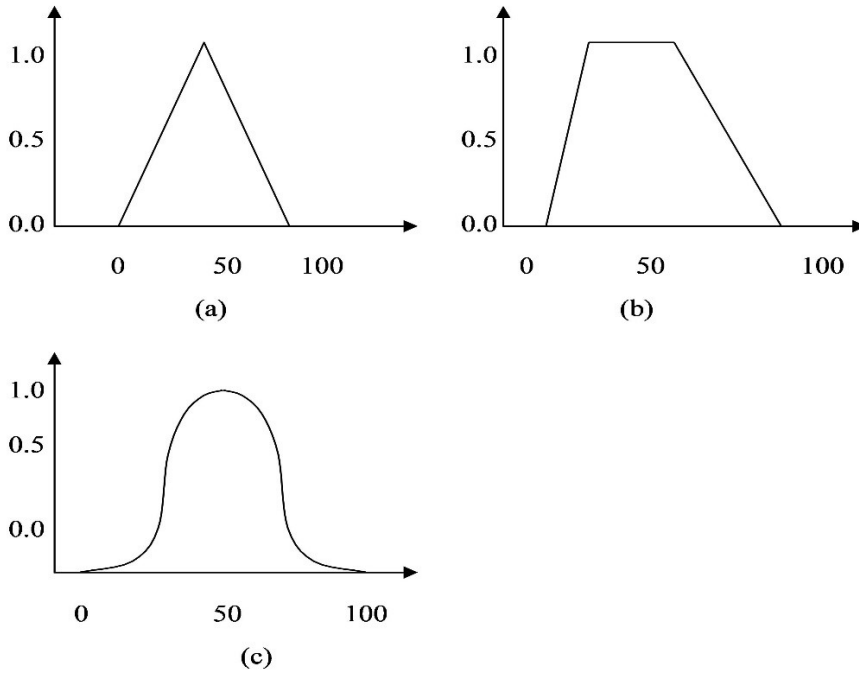
Yamuk üyelik fonksiyonunun grafiği Şekil 2.5. (b)'de verilmiştir.

2.7.3. Gauss (Gaussian) Üyelik Fonksiyonu

Gauss üyelik fonksiyonları m , k parametreleri ile belirtilen çan şeklindedir. Burada m parametresi çanın orta noktasına karşılık gelen değeri, k parametresi ise çanın genişliğini ifade etmektedir. k parametresinin değeri artırıldıkça çan daha geniş bir şekilde görülecektir. Gauss üyelik fonksiyonu bir A bulanık kümesi için;

$$\mu_A(x; m, k) = e^{-k(x - m)^2}$$

biçiminde tanımlanabilir. Şekil 2.5.(c) 'de Gauss üyelik fonksiyonunun grafiği verilmiştir (Galindo, 2008).



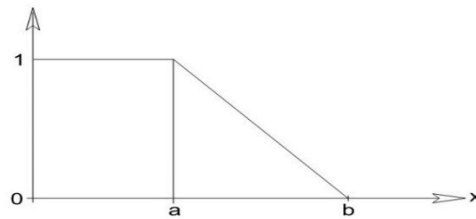
Şekil 2.5. Üyelik fonksiyonlarının gösterimi (a) Üçgen, (b) Yamuk, (c) Gauss

2.7.4. L Üyelik Fonksiyonu

L üyelik fonksiyonları a, b parametreleri ile belirtilir. L üyelik fonksiyonu bir A bulanık kümesi için;

$$\mu_A(x;a,b)=\begin{cases} 1, & x \leq a \\ (b-x)/(b-a), & a < x < b \\ 0, & x \geq b \end{cases}$$

şeklinde tanımlanabilir.



Şekil 2.6. L üyelik fonksiyonu (Galindo, 2008).

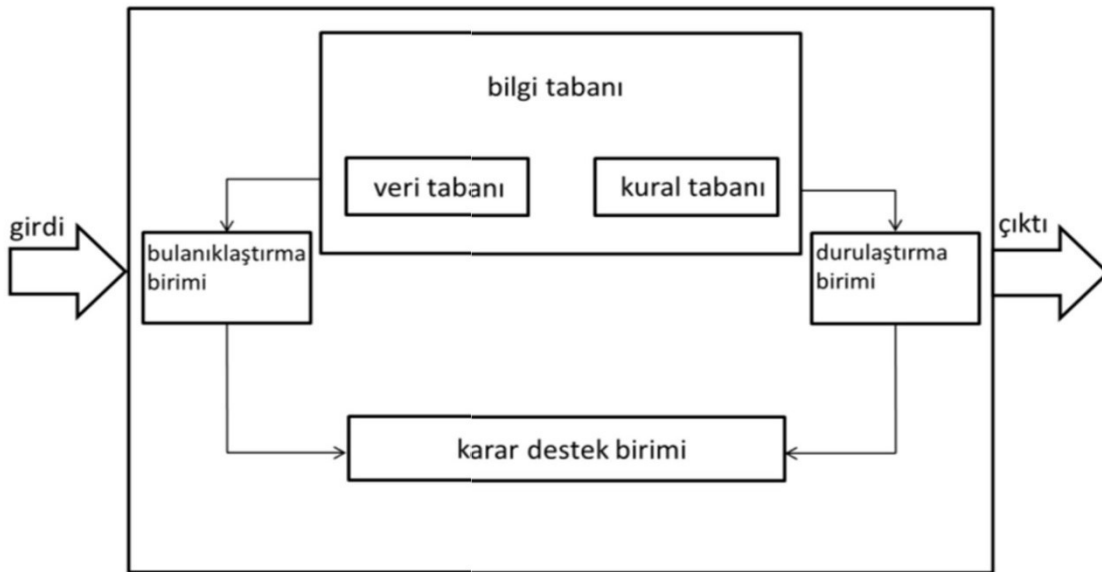
L üyelik fonksiyonunun grafiği Şekil 2.6'da verilmiştir (Galindo, 2008).

3. BULANIK ÇIKARIMLAR

Çıkarım genel manada, var olan bilgileri kullanarak yeni bilgiler elde etmek olarak tanımlanabilir. Çıkarım işleminde bilgilerin sunum ve gösterim biçimi önemlidir. Sunum yöntemleri arasında 'eğer-o halde' kural tipi en çok kullanılan sunum tipidir. Kural tipi sunum, içerme (koşullu önerme) olarak yorumlanır ve öncül (eğer) ve son kısım (o halde) bölümlerini içerir.

3.1. Bulanık Çıkarım Sistemi

Bulanık çıkarım sistemi temel olarak beş işlevsel kısımdan oluşur. Bunlar; kural tabanı, veri tabanı, bir karar verme birimi, bulanıklaştırma birimi, durulaştırma birimi şeklinde sıralayabiliriz. (Jang, 1993). Bulanık çıkarım sisteminin işleyişi Şekil 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3.1. Bulanık çıkarım sistemi (Jang J.-S. R., 1993).

3.1.1. Bulanıklaştırma

Bulanık çıkarım sistemi uygulamasında ilk aşama bulanıklaştırmadır. Sistemden alınan girdi değerlerini dilsel terimlere dönüştürme işlemi bulanıklaştırma işlemidir. Bu bulanıklaştırma

süreci giriş ve çıkış değişkenleri için üyelik fonksiyonlarını tanımlamak ve dilsel terimlerle ifade etmek olarak iki aşama içermektedir (Bai ve Wang, 2006). Üyelik fonksiyonları oluşturulduktan sonra, bunlardan faydalanarak girdi değerlerinin bulanık kümesi veya kümeleri ile üyelik dereceleri belirlenerek hafif, biraz ağır, çok ağır gibi dilsel terimler olarak belirlenir (Eğrisöğüt ve Kazan, 2007).

3.1.2. Bulanık Kural Tabanı

Bulanık kurallar, çeşitli bulanık küme teorilerinde yaygın kullanılan yapılardır. Deneysel ilişkiler ve deneyimlerden gelen stratejileri ve bilgileri temsili sağlar. Bulanık önermelerle koşullu veya koşulsuz olarak bilgi temsil edilebilir (Massad ve ark., 2008).

Koşulsuz bulanık kural olarak 'boy kısa ' şeklinde belirtelim. Bu kuralda 'boy kısa ' nesnenin niteliği, 'kısa ' ise nesnenin sıfatı olarak dilsel terimle ifade edilen tanıımıdır.

Koşullu bulanık kuralı olarak 'boy kısa ise kilo yüksektir' şeklinde kural belirtelim. Koşulu açıklayan eğer bölümü ve koşul gerçekleştiğinde meydana gelecek eylemi belirten sonuç kısmı olmak üzere, koşullu bulanık kural iki kısımdan oluşur.

Bulanık kuralın esnek bir durumu tanımlaması, klasik kuralın sabit koşulu tanımlaması klasik ve bulanık kuralın temel farkıdır. Esnekliğe sahip bulanık kurallar gündelik hayatta sıklıkla kullanılan belirsiz ifadelerin modellerini imkan sağlar. Klasik kural koşul tamamı ile sağlanmadığı zaman çalışmaz (Massad ve ark., 2008).

3.1.3. Bilgi Tabanı

Bilgi tabanı, üyelik fonksiyonlarının eğitim ve sınır bilgilerini barındıran, ön çalışmalarla nihai hali belirlenmiş veri tabanı ve uzman birikimi ile üretilmiş kural tabanından oluşur (Hacımurtazaoğlu, 2013).

3.1.4. Çıkarım Mekanizması

Çıkarım birimi, veri tabanından elde ettiği bulanık kurallar ile bulanıklaştırma bölümünden gelen dilsel terimleri işleyen birimdir (Çobanoğlu, 2000). İlk olarak, tüm giriş değerlerini içinde barındıran bulanık küme ve üyelik derecesi tanımlanır. Daha sonra kural tablosuna bu değerler yerleştirilerek sonuçlar elde edilir (Hacımurtazaoglu, 2013).

Çıkarım mekanizması karar verme işleminin yapıldığı kısımdır. Bulanıklaştırma kısmından gelen bilgileri, kural ve veri tabanı ile ilişki kurarak işler ve yapılan çıkarım sonucu edinilen verileri durulaştırma bölümüne giriş olarak gönderir. Bulanık mantık denetiminin çekirdek kısmıdır. İnsanda var olan karar verme ve çıkarım yeteneğinin benzeri şekilde işlem yaparak gerekli denetimi çıkarım mekanizması belirler (Allahverdi, 2002b).

3.1.5. Durulaştırma

Durulaştırma işlemi bulanık mantıkta, bulanık bilgileri esas alarak kesin değerler meydana getirme işlemidir. Pek çok durulaştırma yönteminden literatürde bahsedilmiştir. Bu durulaştırma yöntemlerinden en yaygın kullanılanları aşağıda ayrı bölüm olarak verilecektir.

3.2. Çıkarım Yöntemleri

3.2.1. Mamdani Yöntemi

İlk kez 1974 yılında Mamdani tarafından kullanılmıştır. Bulanık küme teorisine dayalı olarak oluşturulmuş ve ilk olarak kontrol sistemlerinde kullanılmıştır. Bu yöntem bulanık çıkarım yöntemlerinin içerisinde en sık kullanılan yöntemidir.

Bunun kural yapısı;

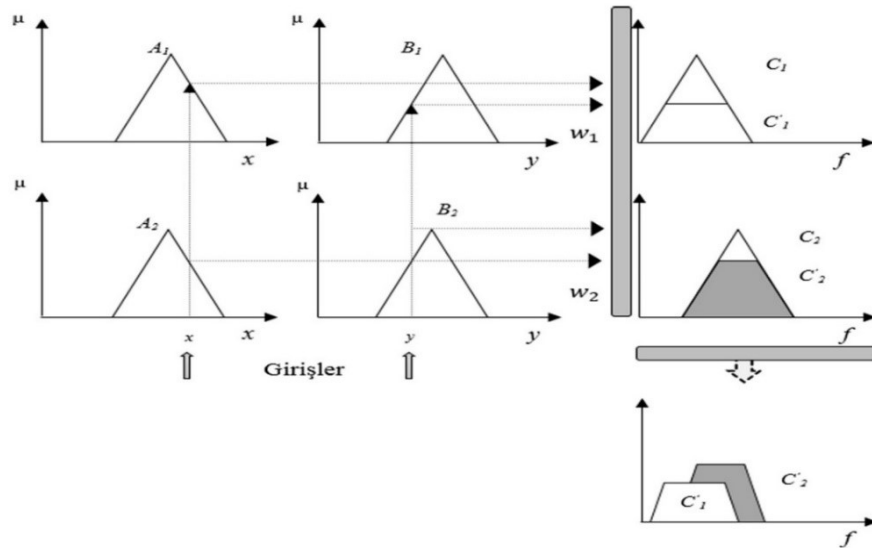
$$\text{Eğer } (x = A_1) \text{ ve } (y = B_1) \text{ ise } f_1 = C_1$$

$$\text{Eğer } (x = A_2) \text{ veya } (y = B_2) \text{ ise } f_2 = C_2$$

şeklinde anlatılmaktadır (Mazzucco ve ark., 2000).

x ve y kural yapısında görüldüğü üzere giriş değişkenlerini f_1 çıkış değişkenlerini ifade eder. Girdi değişkenlerinin alt seviyelerini A ve B üyelik fonksiyonları ifade eder. Sonuç kümesini ise 'C' ifade eder (Beynon, 2004). Burada, "ve" mantıksal bağlantısını kullanıldığı zaman, eşik değeri (w_i) en küçük üyelik derecesi olurken 'veya' mantıksal bağlantısı kullanılırsa eşik değeri en yüksek üyelik derecesi olur.

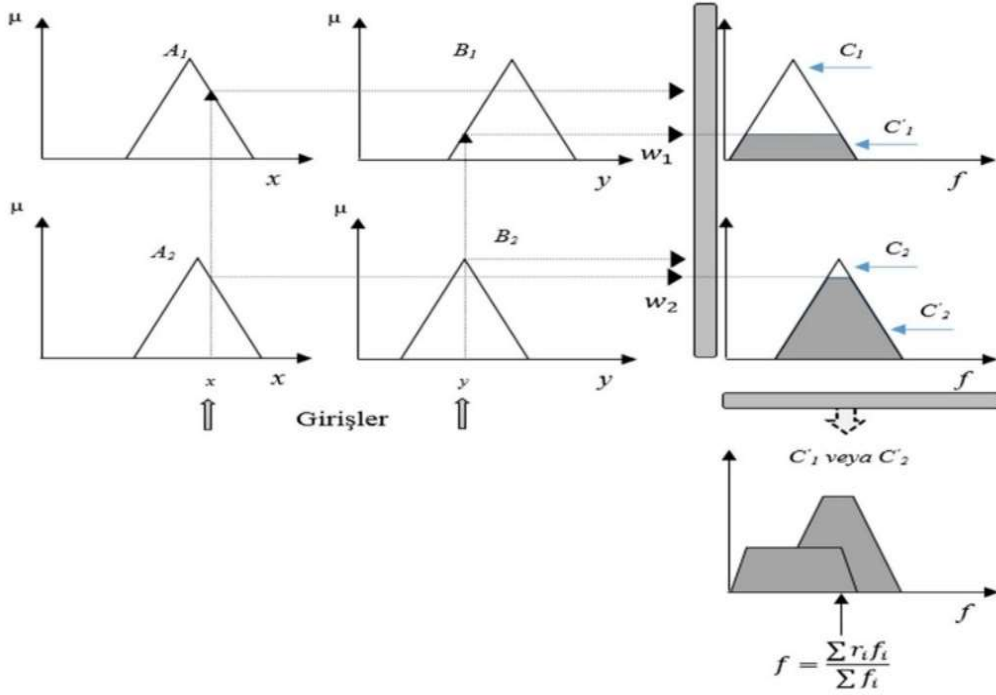
Mamdani yönteminde, bulanık kümelerin birleşimi kısmında girdi değişkenleri seviyesine uygun birleşim kuralları uygulanarak birleşim işlemi yapılır. Mamdani yönteminin çıktıları Sugeno metodundaki gibi kesin olmayan bir bulanık küme olmasından dolayı durulaştırma işleminin yapılması gerekmektedir (Nascimento ve ark., 2002). Bu metodun gösterimi Şekil 3.2. 'deki gibidir.



Şekil 3.2. Mamdani çıkarım metodu (Baykal ve Beyan, 2004)

3.2.1.1. Min - Max Yöntemi

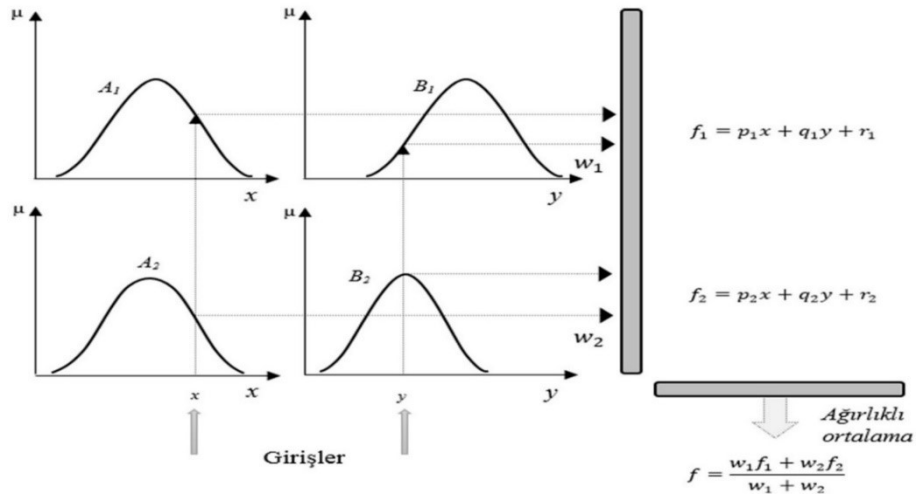
Her bir giriş değişkeninin üyelik fonksiyonunun üyelik derecesine göre bulunduğu kümenin üyelik değeri üzerinde kalan kısmının çıkarılması ile işlem yapılır.



Şekil 3.3. Min-Maks çıkarım metodu (Elmas, 2007)

3.2.2. Takagi – Sugeno - Kang Yöntemi

Literatürde Sugeno olarak isimlendirilmektedir. Sugeno ve Mamdani çok benzer olmakla beraber Sugeno yönteminin çıktıları sabit ya da doğrusal fonksiyondur. Bunun yanı sıra çıktı üyelik fonksiyonları doğrusal ise 1. derece sabit olduğunda ise sıfırıncı dereceden Sugeno bulanık modeldir (Kurtener, 2005). Sugeno çıkarımında durulaştırma kısmında durulaştırma işlemi bulunmamaktadır. Bu sebepten kolay ve sayısal verilerle çalışmasına istinaden yaygın olarak kullanılmaktadır (Mastorakis,2004).



Şekil 3.4. TSK çıkarım metodunun gösterimi (Elmas, 2007)

Şekil 3.4'te gösterilen TSK yöntemi kesin sonuçlar verdiği için zaman tasarrufu sağlar. $F(x, y)$, x ve y girdi değerleri polinom olduğundan bu yöntem için giriş değerleri tek tek verildiğinde sistem çalışır (Baykal ve Beyan, 2004).

TSK çıkarım metodu eğer-ise kuralı ile 1. derece doğru denklemi:

1. Kural: Eğer $(x = A_1)$ ve $(y = B_1)$ ise $f_1(x, y) = p_1 x + q_1 y + r_1$

2. Kural: Eğer $(x = A_2)$ veya $(y = B_2)$ ise $f_2(x, y) = p_2 x + q_2 y + r_2$

Ya da TSK çıkarım metodu eğer - ise kuralı ile sıfırıncı derece doğru denklemi:

1. Kural: Eğer $(x = A_1)$ veya $(y = B_1)$ ise $f_1(x, y) = c_1$

2. Kural: Eğer $(x = A_2)$ veya $(y = B_2)$ ise $f_1(x, y) = c_2$

olarak tanımlanır.

Sugeno çıkarım metodunda birden fazla girdi değiştiren olmasına rağmen sadece tek çıktı değişkeni bulunur. A ve B bulanık kümeleri, x ve y üyelik fonksiyonları için tanımlanmış kural kısmında yer alan kümelerdir. Çıktı değişkeni olan f_i x ve y şeklinde 1. derece polinom olabilirken c_i gibi sabit sayı da olabilir. (Baykal ve Beyan, 2004). Başlangıçta tamamen tesadüfi seçilen p_i , q_i ve r_i parametreleri her bir kurala karşılık farklı değer alırlar. Bahse konu parametrelerin atanması için uzman bilgisine gerek yoktur. p_i , q_i ve r_i değerleri hesaba katılıp girdi olan x ve y değişkenlerinin tüm değerleri için f_i değerleri tahmin edilir. Sonuç değerine varmak amacıyla her kural için belirlenen eşik değerleri ve (x, y) değerleri kullanılır. Sonuç değerlerine,

$$\text{Sonuç değeri} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i f_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$$

formülü kullanılarak ulaşılır. Formül ile elde edilen sonuç değeri aynı zamanda tahmin değeri olarak da adlandırılır (Dualibe ve ark., 2003).

3.2.3. Tsukamoto Yöntemi

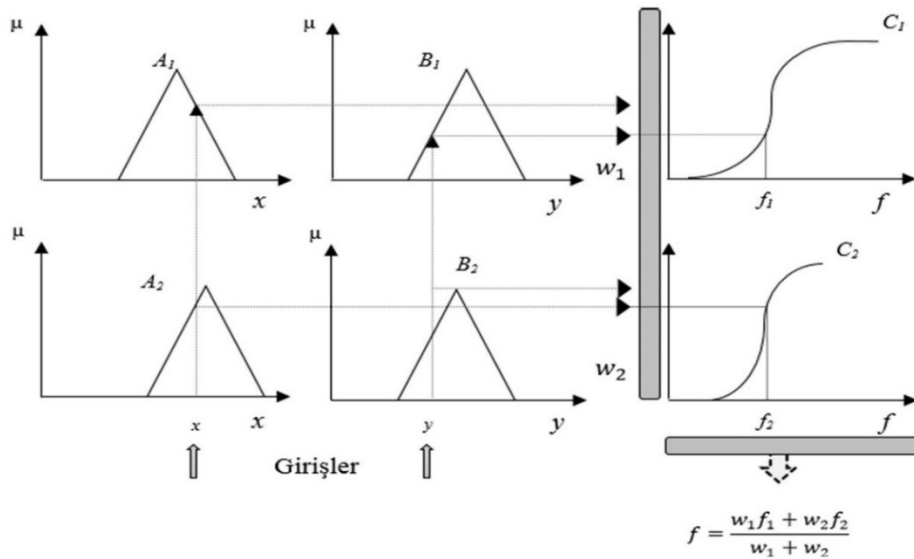
Sonuç üyelik fonksiyonunda tek yönlü artan bir fonksiyon seçilen bu yöntem kısmen Sugeno metoduna benzemektedir. Bu metotta her bir bulanık kümenin sonculu, monotonik üyelik işlevine sahip bulanık kümece ifade edilir. Toplam sonuç her kuralın neticesine ağırlık ortalaması işleminin uygulanması ile bulunur (Baykan ve Beyan, 2004).

Tsukamoto çıkarım metodunun eğer-ise kural yapısı aşağıdaki gibidir.

Eğer ($x = A_1$) ve ($y = B_1$) ise $f_1 = C_1$

Eğer ($x = A_2$) ve ($y = B_2$) ise $f_2 = C_2$

Tsukamoto üyelik fonksiyonunun yapısı Şekil 3.5’de gösterildiği gibidir.



Şekil 3.5. Tsukamoto çıkarım metodu gösterimi (Elmas, 2007)

Monotonik fonksiyon

$\forall x_1, x_2 \in A$ için;

$x_1 < x_2$ için $f(x_1) < f(x_2)$ (Artan fonksiyon)

$x_1 < x_2$ için $f(x_1) \leq f(x_2)$ (Azalmayan fonksiyon)

$x_1 < x_2$ için $f(x_1) > f(x_2)$ (Azalan fonksiyon)

$x_1 < x_2$ için $f(x_1) \geq f(x_2)$ (Artmayan fonksiyon)

şartlarından rastgele birini sağlayan fonksiyona denilir (Baykal ve Beyan, 2004).

3.2.4. Larsen Yöntemi

Larsen yöntemi mamdani çıkarım metodu ile benzerlik gösterir. Larsen yöntemini ayıran özellik sonuç bölümünün bulanık kümesini bulma işleminde çarpım işlemcisi kullanılmaktadır. Çarpım işlemcisinin gösterilişi;

$$\mu_{c_i}(f) = w_i \cdot \mu_{c_i}(f)$$

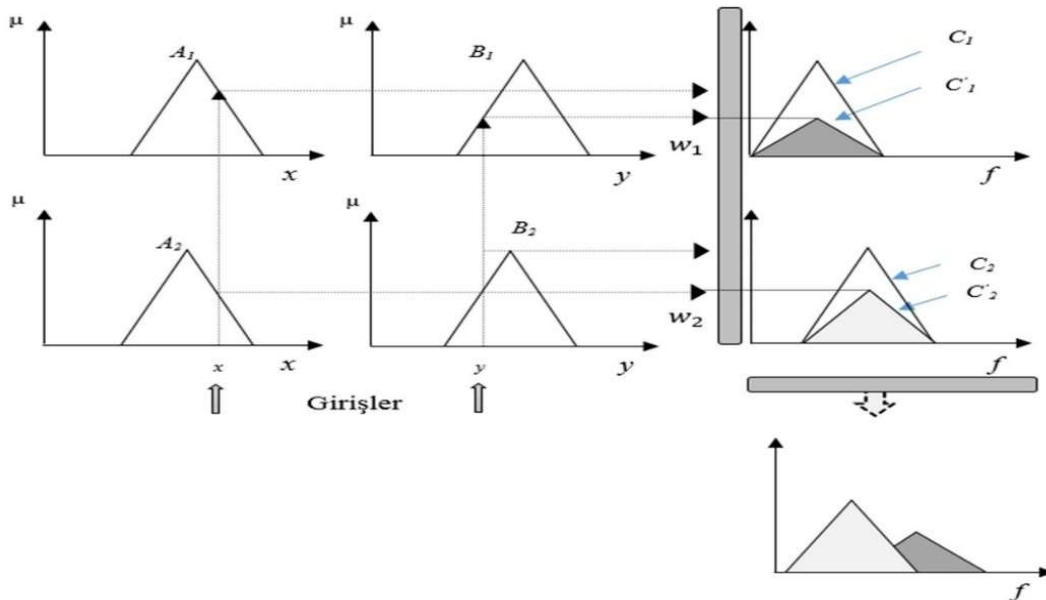
olarak tanımlanır. Sonuç kümesindeki elemanların üyelik dereceleri eşik değeri (w_i) ile çarpılması sonucu bulanık çıkarım kümeleri (c_i) bulunur.

Larsen yönteminin kuralı,

Eğer ($x = A_1$) veya ($y = B_1$) ise $f_1 = C_1$

Eğer ($x = A_1$) ve ($y = B_1$) ise $f_1 = C_1$

şeklindedir (Elmas, 2007).



Şekil 3.6. Larsen çıkarım metodu gösterimi (Elmas, 2007)

Birleşim kısmında Larsen çıkarım metodunda Sugeno yöntemi gibi kesin değer vermez. Burada Mamdani ile benzerlik gösteren yöntemimizde bulanık kümesine durulaştırma işlemine ihtiyaç

vardır. Larsen çıkarım yöntemi Şekil 3.6'da gösterilmektedir.

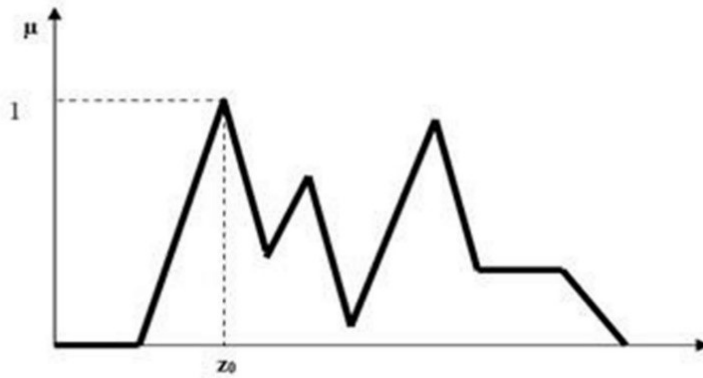
3.3. Durulaştırma Yöntemleri

Bulanıklaştırma tekniğinin amacı, bulanık çıktının olasılık dağılımını en iyi temsil eden bulanık olmayan bir çıktı üretmektir. Durulaştırma işlemi için birçok durulaştırma yöntemi vardır (Rao ve Saraf, 1996).

3.3.1. En Büyük Üyelik İlkesi

En yüksek derece üyeliğe sahip çıkarım kümesinde yer alan eleman ile işlem yapma prensibine dayanır. Üyelik tipi tepeli olan fonksiyonlar için bu yöntem hızlı durulaştırma yapmayı sağlayabilir (Paksoy ve ark., 2013).

$$\mu(z_0) \geq \max \{ \mu(z), z \in Z \}$$



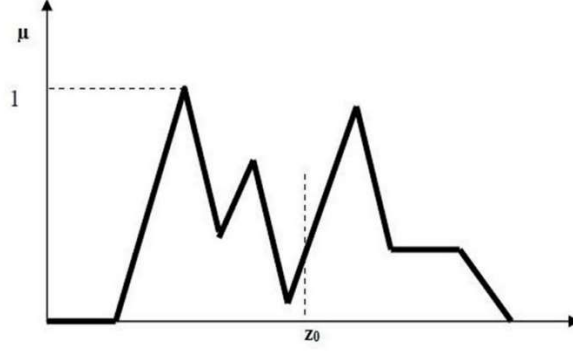
Şekil 3.7. En Büyük Üyelik Derecesi ile Durulaştırma

3.3.2. Alan Merkezi Yöntemi

Sugeno'nun geliştirmiş olduğu yöntem durulaştırmada kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir. Ağırlık merkezine dayalı yöntemin matematiksel olarak gösterimi;

$$Z_0 = \frac{\int \mu(z).z.dz}{\int \mu(z).dz}$$

şeklinde ifade edilir (Jager, 1995).



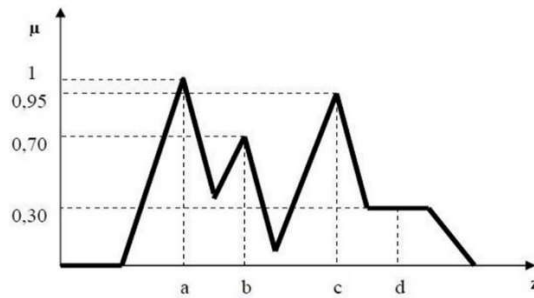
Şekil 3.8. Alan Merkezi Yöntemi ile Durulaştırma

3.3.3. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi

Bu yöntemin durulaştırma uygulamasında kullanılabilmesi için üyelik fonksiyonlarının yapısının simetrik olması gerekir. Matematiksel olarak ifadesi;

$$Z_0 = \frac{\sum \mu_i z_i}{\sum \mu_i}$$

şeklindedir.



Şekil 3.9. Ağırlıklı Ortalama Yöntemi ile Durulaştırma

4. AİLEVİ AKDENİZ ATEŞİ (AAA)

Ailevi Akdeniz Ateşi belirtileri ateşle beraber seyreden ataklar plörit, peritonit, eklem tutulumlarının olduğu artralji ve artrit ile beraber gelip geçici deri dökülmeleri olan otozomal resesif geçişli otoinflamatuvar bir hastalıktır. Bu hastalıkta atak sıklığı sabit olmayıp birkaç saat, birkaç gün, yılda bir gibi aralıklarla görülebilir. Genellikle 12-96 saat aralığında sürer ataklar. AAA Türk, Yahudi, Arap, Ermeni gibi genetik olarak hastalığa yatkın olan topluluklarda dünya ortalamasının üstünde bir sıklıkla görülür. (Ben-Chetrit ve Levy, 1998).

AAA hastalığı otozomal resesif bir hastalık olarak geçmesine rağmen etkilenen kişiler iki ailelin mutasyon özelliğini gösterebilir. 1992 yılında AAA ile ilişkili olduğu saptanan MEFV geni iki farklı çalışma grubu tarafından (Uluslararası FMF konsorsiyumu ve Fransız FMF konsorsiyumu) tarafından klonlanmış ve MEFV geni olarak isimlendirilmiştir ve 1997 yılında yayınlanmıştır

4.1. AAA'nın Tanısı

Günümüzde tıp alanındaki gelişmelere rağmen AAA hastalığının teşhisi için özel laboratuvar tetkiki bulunmamaktadır. Bu yüzden aile öyküsü, hasta şikayetleri, akut faz reaktanları gibi laboratuvar tetkikleri hastada genetik mutasyon olup olmaması ile şikayetlerin Kolşisin tedavisi ile hafiflemesi gerilemesi gibi etkenler baz alınarak tanı koyma işlemi yapılır. Bu sebeple tanı kriterleri çeşitli algoritma ve puanlama sistemleri geliştirilmiştir.

Genetik tanıya kıyasla klinik seyir ve aile öyküsü hastalığın tanısında daha üstündür. Klinik seyrinde hastalıkla ilgili şüphe durumunda genetik tanıya başvurulması önemlidir. Genetik tanının destekleyici bir veri kriteri olarak kabul edilmesi gerekliliği düşünülmektedir (Bakkaloğlu, 2003).

4.1.1. Tel Hashomer Kriterleri

Sohar ve ekibi ismini Tel Hashomer hastanesinden esinlendikleri yeni kriterleri oluşturmuşlardır. Günümüzde en çok tercih edilen AAA'yı teşhis etme kriteridir (Sohar ve

Gafni,1997).

Çizelge 4.1. Tel Hashomer Kriterleri

Majör Kriterler:
1. Peritonit,sinovit veya plöritin eşlik ettiği tekrarlayan ateş atakları
2. Predispoze hastalık olmadan AA tipi amiloidoz olması
3. Kolşisin tedavisine iyi yanıt
Minor Kriterler:
1. Tekrarlayan ateş atakları
2. Erizipel benzeri eritemin varlığı
3. Birinci derece akrabalarda FMF öyküsü
Kesin tanı: 2 majör veya 1 majör +2 minör kriter
Muhtemel tanı: 1 majör+ 1 minör kriter

4.2. AAA'nın Klinik Özellikler

AAA'lı hastalarda büyük çoğunluk ilk atağını geçirdiği dönem erken çocukluk dönemidir. Bunun yanı sıra literatürde yeni doğan döneminde bildirilen vakalarda vardır. Atakların %80'i çoğunlukla 5-15 yaş aralığındadır (Sohar ve ark ,1967). Vakalarda %90'ından fazlasında ilk atak 20yaş altı iken literatürde 50 yaş üstü ilk atak vakaları da yer almaktadır. (Ben-Chetrit ve Levy,1998).

Hastalıkta geçirilen ataklar rastgele ve tahmin edilmeyecek biçimde vuku bulur. Ataklarda yüksek ateş, serozal, sinovyal enflamasyon bağlı şikayetler görülür. Ataklar farklı şekillerde kliniğe yansıyabilir ama en yaygın tip olanı karın, göğüs ağrısı ve eklem ağrısı ile beraber seyreden ateşli ataklardır (Kasapçopur ve Arısoy, 2006).

Ataklar arasındaki süre tahmin edilemezdir. Atak sıklığı haftada bir 3-5 ayda bir veya daha uzun aralıklı olacak şekilde olabilir. Bazen aylarca hatta yıllarca atak tekrar etmeyebilir (Samuels ve ark.,1998).

AAA'nın en ciddi istenmeyen etkisi böbrekler amiloidin depolanarak son dönem böbrek hastalığına ilerleyerek böbrek yetmezliğine sebebiyet vermesidir (Ben-Chetrit ve Levy,1998). Tüm vücudu etkileyebilen bir protein olan amiloid ayrıca gastrointestinal sistem, dalak, karaciğer, mide, tiroid bezi, kalp ve akciğerler, testisleri gibi çok çeşitli yerde ağır tahribat yaratabilir. (Heller ve ark.,1961).

4.3. AAA'nın Laboratuvar Bulguları

Moleküler bazdaki tüm gelişmelere rağmen günümüzde halen AAA'nın kesin tanısının konulması ile alakalı bir laboratuvar tetkiki yoktur. Enflomasyona ikincil değişiklik gösteren akuz faz reaktanları klinik bulguları destekleyen fakat özgül tetkiklerdir.

Çizelge 4.2. Laboratuvar tetkiklerinin Duyarlılık ve Özgüllüklerinin karşılaştırılması (Seven, 2016).

KRİTER	DEĞER	SENSİTİVİTE	SPESİFİSİTE
Lökosit sayısı	Yüksek	80%	Düşük
ESR	Yüksek	>%95	Düşük
CRP	Yüksek	>%95	Düşük
Fibrinojen	Yüksek	>%80	Düşük
Metaraminol Testi	Atak Oluşturur	Yüksek	Yüksek
MEFV Mutasyon Analizi	Allel Tanımlanması	%60-80	100%
Ekokardiografi	Perikardial Efüzyon	Orta	Orta
Kalça/diz Direkt Grafisi	Eklem Hasarı	Orta	Orta
İmmüloglobülin IgA	Yüksek	23%	Orta
İmmüloglobülin IgM	Yüksek	13%	Orta
İmmüloglobülin IgG	Yüksek	17%	Orta
İmmüloglobülin IgD	Yüksek	13%	Orta
Serum Amiloid A Protein	Yüksek	Yüksek	Orta
İdrar Analizi	Proteinüri	95%	Orta
	Kongo Kırmızısı		
	Boyamada elma yeşili	%80-95	
Doku Biyopsisi	çift kırılmalık	(böbrek için %95)	99%
Serum Amiloid B proteini	Nükleer tıp taraması (+)	>%95	>%95

Pozitif akut faz reaktanları olan WBC, ESR, CRP, fibrinojen, beta-2 mikroglobulin 'in atak sırasında yükselmesi ve atağın bitimini takip eden birkaç gün içinde normal değerlere geri dönmesi klinik uyumluluk varlığında anlamlıdır (Sohar ve ark.,1967).

Bazı çalışmalar CRP'nin diğer akut faz reaktanlarına göre daha dikkatle incelenmesi gereken bir değer olduğunu göstermektedir (Hellers ve ark.1961).

SAA değerleri ataklar arasında diğer belirteçlerin aksine yüksek kalabilir. Yapılan çalışmalar SAA'nın bu özelliği nedeniyle subklinik enflamasyonu göstermesi yönünde kullanılabileceğini işaret etmektedir (Mor ve ark.,2003).

4.4. AAA'nın Tedavisi

AAA gerek nüfusta görülme oranı gerek hastalıkta ölüm oranı nedeniyle yakın takip ve tedavisinin yapılması gereken bir hastalıktır.

Özkan ve ark., (1972) Kolşisin etkisizliğini 1967 de yapılan çalışmada akut atak sırasında verilmesine bağlı olduğunu düşünceleri ve 1972 yılındaki çalışmalarında olumlu sonuçlar bildirmelerinden sonra günümüze kadar AAA'nın ana tedavisi Kolşisin tedavisidir.

5. AAA TEŞHİSİ İÇİN BİR BULANIK KARAR VERME SİSTEMİ

Bu bölümde, alanında uzman bir hekimden destek alınarak, bulanık mantık yardımıyla AAA hastalığının teşhisine yardımcı olacak bir bulanık karar verme sistemi (AAA-BKVS) geliştireceğiz.

Bu çalışmada Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Romatoloji Bilim Dalında görev yapan bir hekimden yardım alınarak hastalığın teşhis yöntemleri hakkında bilgiler toplandı. Hastalığın teşhisinde kullanılan kan sayım parametreleri (CRP, WBC, ESR, SAA) uzman hekim önderliğinde belirlendi. Sürecin devamında Romatoloji Bilim Dalında Uzman Hekim'in yardımıyla, hastalık öyküsüne ait bilgileri oluşturduğumuz 10 sorudan oluşan hastalık öyküsü anketi hazırlanmıştır.

Uzman hekimce belirlenen likert ölçeği kullanılarak hazırlanan 10 soruluk hastalık öyküsü anketinde soruların “Evet” ve “Hayır” olmak üzere 2 cevabı vardır. “Evet” cevaplarına 1 “Hayır” cevaplarına 0 puan verilerek anket sonucunda 0 ile 10 arasında bir değer elde edilmiştir. Kan sayım sonuçları ve hastalık öyküsü anketinden elde edilen veriler kullanılarak bulanık mantık ve çıkarım yöntemleri ile bir BKVS oluşturulmuştur. Kan sayım sonuçları ve hastalık öyküsü anketine ek olarak AAA Gen Mutasyonu pozitiflik negatifliği de değerlendirilecek şekilde uzman hekim yardımıyla oluşturulan çıkarım tablosundan yararlanılarak hastaya AAA olup olmadığı teşhisi konulmuştur.

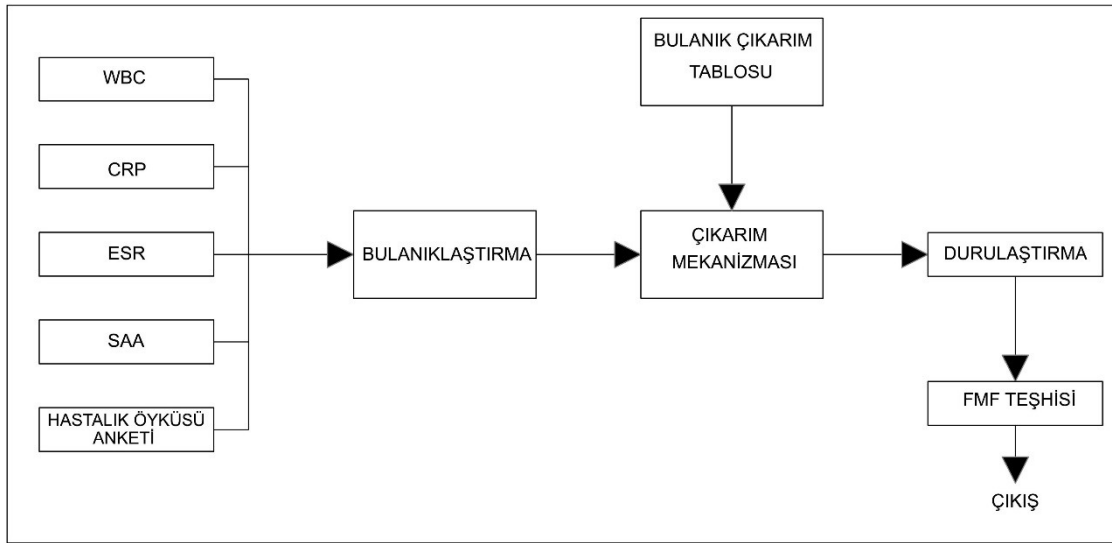
5.1. AAA-BKVS Çıkarım Sistemi

Tasarlanan bulanık karar destek sistemde, hastalık öyküsü anketinde sorulacak kritik sorular ve kan sayım sonuçlarının normal değer aralıkları uzman hekim yardımıyla belirlenmiştir. Tasarladığımız sistem 5 giriş (WBC, CRP, ESR, SAA, hastalık öyküsü anketi) ve 1 çıkıştan oluşmaktadır.

Giriş ve çıkış parametrelerinin dilsel ifadeleri ve sayısal aralıkları belirlenmiş ve bulanıklaştırılmıştır. Giriş ve çıkış parametrelerine bulanıklaştırma işlemi uygulanırken üçgen üyelik fonksiyonları kullanılmıştır. Uzman hekim yardımıyla kural tabanı oluşturulmuştur.

Daha sonra “Mamdani Çıkarım Yöntemi” ve “max-min” metodu kullanılarak bulanık çıkış değerleri elde edilmiştir. Bulanık çıkış değerleri durulaştırılırken “Ağırlık merkezi” yöntemi kullanılmıştır.

Hastalık öyküsü anketi sonucu ve kan sayım sonuçları kullanılarak teşhis yapılacak BKVS Şekil 5.1.’de gösterildi.



Şekil 5.1. Bulanık Çıkarım Sistemi

5.2. AAA-BKVS İçin Giriş-Çıkış Parametrelerinin Değer Aralıklarının Belirlenmesi

Bulanık mantık yardımıyla teşhis koyarken doğru sonuçlara ulaşabilmek için giriş-çıkış üyelik kümelerinin aralıklarının ve kural tabanının doğru belirlenmesi gerekmektedir. Giriş- çıkış üyelik kümelerinin aralıkları ve kural tabanı belirlenirken alanda uzman hekime danışılmıştır. Uzman hekim yardımıyla belirlenen kan sayım sonuçlarının üyelik değer aralıkları ve hastalık öyküsü anketinin değer aralıkları Çizelge 5.1.’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1. Giriş parametrelerinin üyelik değer aralıkları

WCB($10^3/\text{ml}$)	
Yüksek	>7
Normal	4-10
Düşük	$7<$
CRP(mg/l)	
Yüksek	>5
Normal	2-8
Düşük	<5
ESR(mm/s)	
Yüksek	>20
Normal	10-30
Düşük	<20
SAA(mg/dl)	
Yüksek	>7
Normal	4-10
Düşük	<7
HASTALIK ÖYKÜSÜ ANKETİ(adet)	
Yüksek	>5
Normal	2-8
Düşük	<5

Çıkış parametresinin belirlenen üyelik değer aralıkları Çizelge 5.2.'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Çıkış parametresinin üyelik değer aralıkları

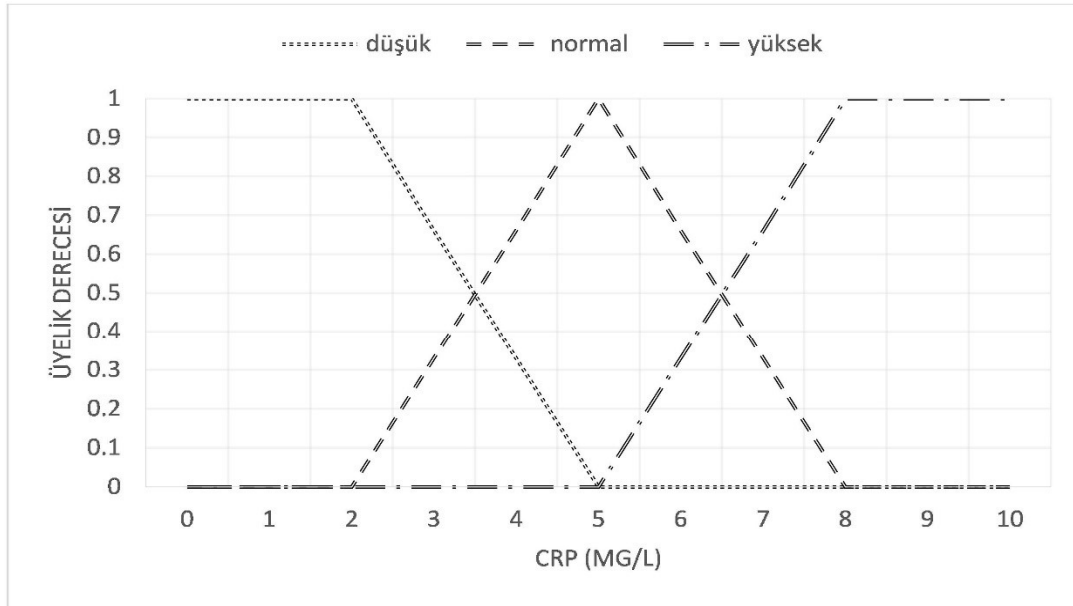
AAA (Ailevi Akdeniz Ateşi) Seviyesi	
Yüksek AAA	>60
Orta AAA	40-80
Düşük AAA	20-60
AAA Yok	<40

5.3. AAA-BKVS Üyelik Fonksiyonları

Alanın uzmanı hekimle beraber yapılan çalışma neticesinde belirlenen giriş parametrelerine ait üyelik fonksiyon aralıklarına uygun üyelik fonksiyon grafikleri ve girişi yapılan parametrenin hangi bulanık kümeye dahil olduğunun matematiksel ifadesi ayrıntıları ile aşağıda gösterilmiştir.

Tüm parametreler için 3 üyelik fonksiyonu tanımlanmıştır. Bu fonksiyonlar “düşük” “normal” ve “yüksek” olarak kategorize edilmiştir. Tasarlanan bulanık sistem ile bu parametreler bulanıklaştırılmıştır.

Bu parametrelerden CRP giriş parametresine ait olan “düşük”, “normal”, “yüksek” olarak belirlenen üyelik kümelerinin fonksiyon grafiği Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2. CRP üyelik fonksiyon grafiği

Şekil 5.2.’de gösterilen CRP üyelik fonksiyon grafiğinden yola çıkarak CRP giriş parametresinin “düşük” bulanık kümeye karşılık gelen üyelik dereceleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{\text{düşük}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 2 \\ (5 - x)/3, & 2 \leq x \leq 5 \\ 0, & x > 5 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{düşük}}(x) = \{1/0, 1/1, 1/2, 0.5/3.5, 0/5\}$$

Şekil 5.2.'de gösterilen CRP üyelik fonksiyon grafiğinden yola çıkarak CRP giriş parametresinin “normal” bulanık kümeye karşılık gelen üyelik dereceleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{\text{normal}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 2 \text{ veya } x > 8 \\ (x - 2)/3, & 2 \leq x \leq 5 \\ (8 - x)/3, & 5 \leq x \leq 8 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{normal}}(x) = \{0/2, 0.5/3.5, 1/5, 0.5/6.5, 0/8\}$$

Şekil 5.2.'de gösterilen CRP üyelik fonksiyon grafiğinden yola çıkarak CRP giriş parametresinin “yüksek” bulanık kümeye karşılık gelen üyelik dereceleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{\text{yüksek}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 5 \\ (x - 5)/3, & 5 \leq x \leq 8 \\ 1, & x \geq 8 \end{cases}$$

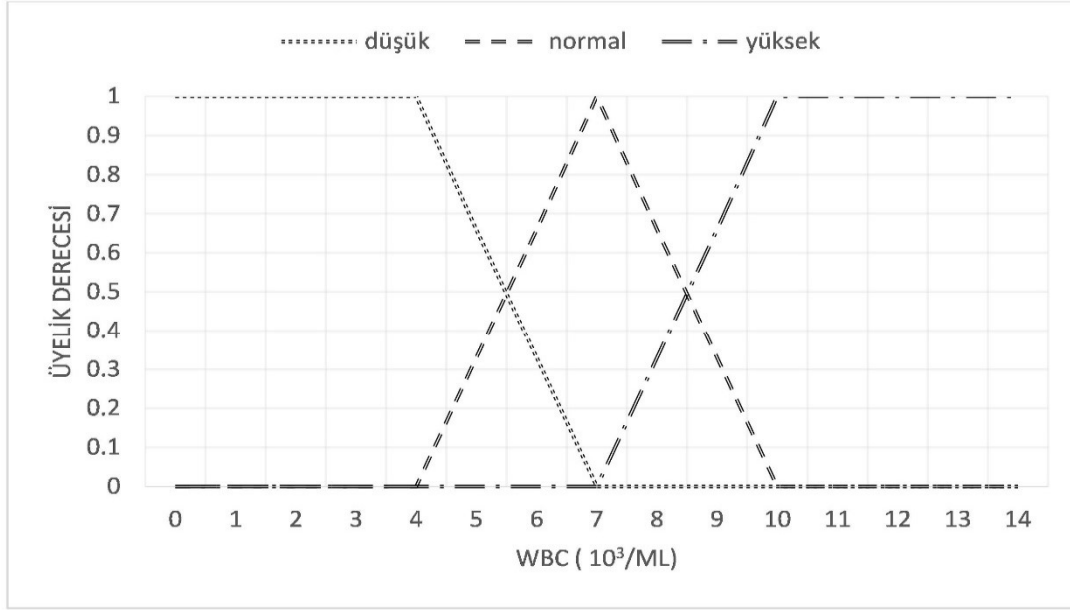
$$\mu_{\text{yüksek}}(x) = \{0/5, 0.5/6.5, 1/8, 1/9, 1/10\}$$

WBC giriş parametresine ait olan “düşük”, “normal”, “yüksek” olarak belirlenen üyelik kümelerinin fonksiyon grafiği Şekil 5.3'de gösterilmiştir.

Şekil 5.3.'de gösterilen WBC üyelik fonksiyon grafiğinden yola çıkarak WBC giriş parametresinin “düşük” bulanık kümeye karşılık gelen üyelik dereceleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{\text{düşük}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 4 \\ (7 - x)/3, & 4 \leq x \leq 7 \\ 0, & x > 7 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{düşük}}(x) = \{1/0, 1/1, 1/2, 1/3, 1/4, 0.5/5.5, 0/7\}$$



Şekil 5.3. WBC üyelik fonksiyon grafiği

Şekil 5.3.'de gösterilen WBC üyelik fonksiyon grafiğinden yol çıkarak WBC giriş parametresinin “normal” bulanık kümeye karşılık gelen üyelik dereceleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{\text{normal}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 4 \text{ veya } x > 10 \\ (x-4)/3, & 4 \leq x \leq 7 \\ (10-x)/3, & 7 \leq x \leq 10 \end{cases}$$

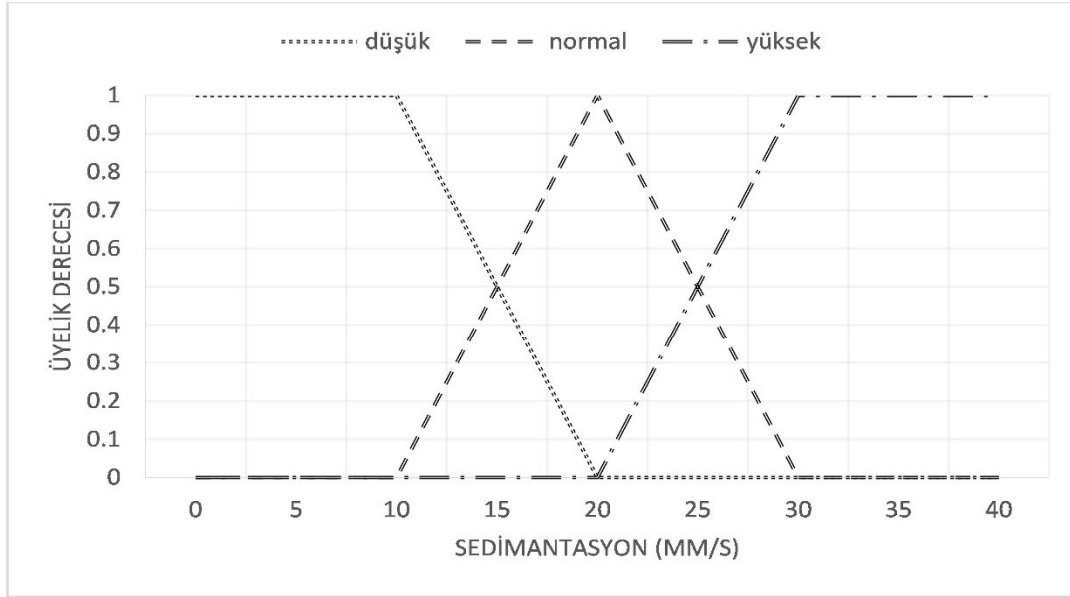
$$\mu_{\text{normal}}(x) = \{0/4, 0.5/5.5, 1/7, 0.5/8.5, 0/10\}$$

Şekil 5.3.'de gösterilen WBC üyelik fonksiyon grafiğinden yola çıkarak WBC giriş parametresinin “yüksek” bulanık kümeye karşılık gelen üyelik dereceleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{\text{yüksek}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 7 \\ (x-7)/3, & 7 \leq x \leq 10 \\ 1, & x \geq 10 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{yüksek}}(x) = \{0/7, 0.5/8.5, 1/8, 1/10, 1/11, 1/12, 1/13, 1/14\}$$

ESR giriş parametresine ait olan “düşük”, ”normal”, “yüksek” olarak belirlenen üyelik kümelerinin fonksiyon grafiği Şekil 5.4’de gösterilmiştir.



Şekil 5.4. ESR üyelik fonksiyon grafiği

Şekil 5.4.’de gösterilen ESR üyelik fonksiyon grafiğinden yola çıkarak ESR giriş parametresinin “düşük” bulanık kümeye karşılık gelen üyelik dereceleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{\text{düşük}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 10 \\ (20 - x)/10, & 10 \leq x \leq 20 \\ 0, & x > 20 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{düşük}}(x) = \{1/5, 1/10, 0.5/15, 0/20, 0/25\}$$

Şekil 5.4.’de gösterilen ESR üyelik fonksiyon grafiğinden yola çıkarak ESR giriş parametresinin “normal” bulanık kümeye karşılık gelen üyelik dereceleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{\text{normal}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 10 \text{ veya } x > 30 \\ (x - 10)/10, & 10 \leq x \leq 20 \\ (30 - x)/10, & 20 \leq x \leq 30 \end{cases}$$

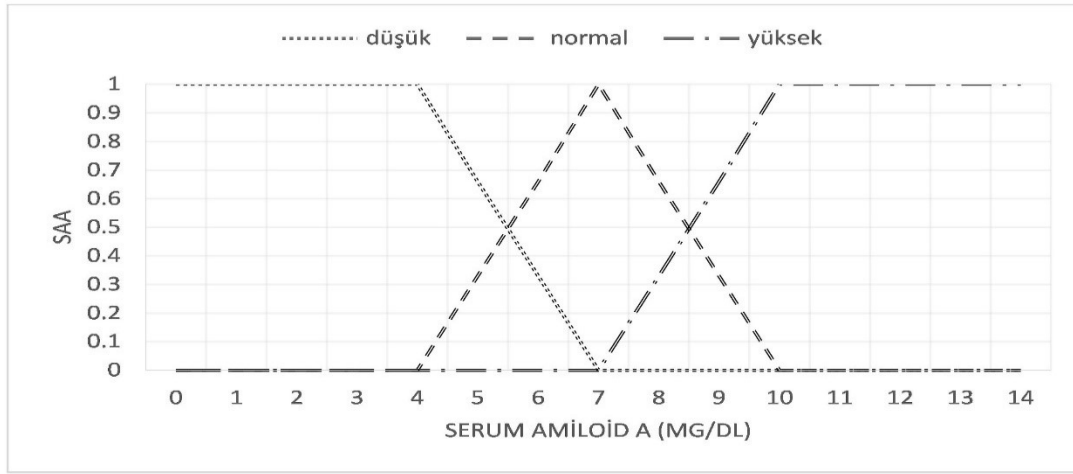
$$\mu_{\text{normal}}(x) = \{0/10, 0.5/15, 1/20, 0.5/25, 0/30\}$$

Şekil 5.4.’de gösterilen ESR üyelik fonksiyon grafiğinden yola çıkarak ESR giriş parametresinin “yüksek” bulanık kümeye karşılık gelen üyelik dereceleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{\text{yüksek}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 20 \\ (x - 20)/10, & 20 \leq x \leq 30 \\ 1, & x \geq 30 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{yüksek}}(x) = \{0/20, 0.5/25, 1/30, 1/35, 1/40\}$$

SAA giriş parametresine ait olan “düşük”, ”normal”, “yüksek” olarak belirlenen üyelik kümelerinin fonksiyon grafiği Şekil 5.5.’de gösterilmiştir.



Şekil 5.5. SAA üyelik fonksiyon grafiği

Şekil 5.5’de gösterilen SAA üyelik fonksiyon grafiğinden yola çıkarak SAA giriş parametresinin “düşük” bulanık kümeye karşılık gelen üyelik dereceleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{\text{düşük}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 4 \\ (7 - x)/3, & 4 \leq x \leq 7 \\ 0, & x > 7 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{düşük}}(x) = \{1/0, 1/1, 1/2, 1/4, 0.5/5.5, 0/7\}$$

Şekil 5.5’de gösterilen SAA üyelik fonksiyon grafiğinden yola çıkarak SAA giriş parametresinin “normal” bulanık kümeye karşılık gelen üyelik dereceleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{\text{normal}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 4 \text{ veya } x > 10 \\ (x - 4)/3, & 4 \leq x \leq 7 \\ (10 - x)/3, & 7 \leq x \leq 10 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{normal}}(x) = \{0/4, 0.5/5.5, 1/7, 0.5/8.5, 0/10\}$$

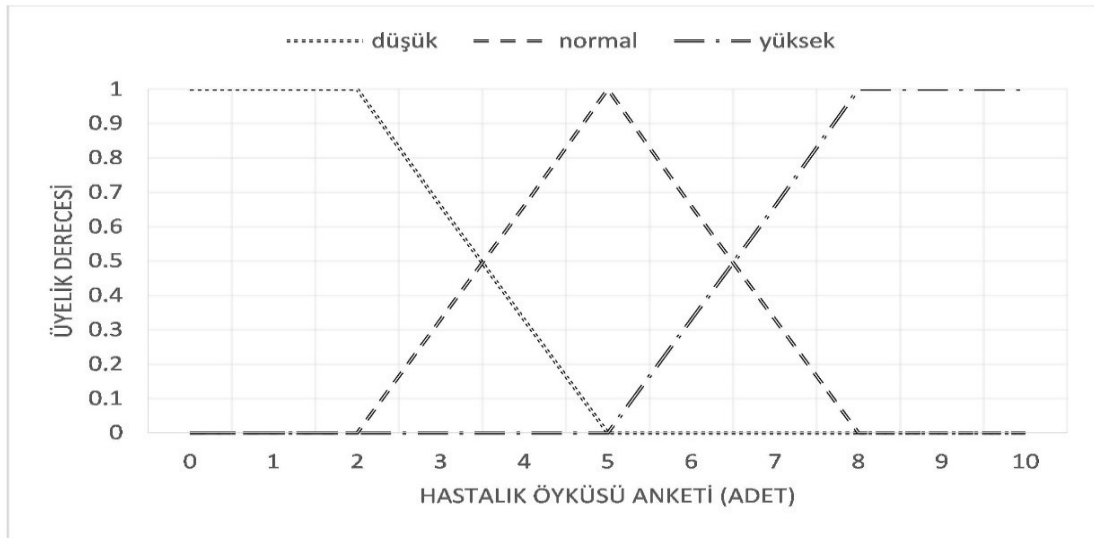
Şekil 5.5’de gösterilen SAA üyelik fonksiyon grafiğinden yola çıkarak SAA giriş parametresinin “yüksek” bulanık kümeye karşılık gelen üyelik dereceleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{\text{yüksek}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 7 \\ (x - 7)/3, & 7 \leq x \leq 10 \\ 1, & x \geq 10 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{yüksek}}(x) = \{0/7, 0.5/8.5, 1/8, 1/10, 1/11, 1/12, 1/13, 1/14\}$$

Uzman hekim yardımıyla oluşturulan hastalık öyküsü anketi hastanın verdiği cevaplar ışığında hastalık teşhisinde önemli rol oynamaktadır. Likert ölçeği kullanılarak hazırlanan 10 soruluk hastalık öyküsü anketinde evet cevaplarına 1 puan, hayır cevaplarına 0 puan verilmek suretiyle hastalık öyküsü anketi sonucunda 0 ile 10 arasında bir değer elde edilmiştir. Hastalık öyküsü anketi aşağıda verilmiştir.

Hastalık öyküsü anketi giriş parametresine ait olan olan “düşük”, ”normal”, “yüksek” olarak belirlenen üyelik kümelerinin fonksiyon grafiği Şekil 5.6.’da gösterilmiştir.



Şekil 5.6. Hastalık öyküsü anketi üyelik fonksiyon grafiği

HASTALIK ÖYKÜSÜ ANKETİ

1) Şikayetler 20 yaşın altında mı başladı?

☐ Evet ☐ Hayır

2) Atak şeklinde 1-3 gün süren kendiliğinden düşen 38 derecenin üstü ateşi var mı?

☐ Evet ☐ Hayır

3) Atak şeklinde kendiliğinden gerileyen 6-72 saat süren tekrarlayan karın ağrısı var mı?

☐ Evet ☐ Hayır

4) Atak şeklinde kendiliğinden gerileyen 6-72 saat süren tekrarlayan göğüs var mı?

☐ Evet ☐ Hayır

5) Ataklar esnasında diğer sebepler dışlanıyor mu?

☐ Evet ☐ Hayır

6) Atak şeklinde kendiliğinden gerileyen 1-7 gün süren kızamık artrit var mı?

☐ Evet ☐ Hayır

7) Atak şeklinde özellikle bacaklarda keskin sınırlı eritemli ısı artışının olduğu ortalama 10-15 cm çaplı kendiliğinden düzelen cilt lezyonları var mı?

☐ Evet ☐ Hayır

8) Apendektomi öykünüz var mı?

☐ Evet ☐ Hayır

9) Egzersiz atakları tetikliyor mu?

☐ Evet ☐ Hayır

10) Ailenizde AAA hastası birey var mı?

☐ Evet ☐ Hayır

NOT: Anket sonucu değerlendirilirken evet cevaplarına 1 puan, hayır cevaplarına 0 puan verilecektir.

Şekil 5.6.'da gösterilen Hastalık öyküsü anketi üyelik fonksiyon grafiğine göre Hastalık öyküsü anketi giriş parametresinin “düşük” bulanık kümeye karşılık gelen üyelik dereceleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{\text{düşük}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 2 \\ (5 - x)/3, & 2 \leq x \leq 5 \\ 0, & x > 5 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{düşük}}(x) = \{1/0, 1/1, 1/2, 0.5/3.5, 0/5\}$$

Şekil 5.6.'da gösterilen Hastalık öyküsü anketi üyelik fonksiyon grafiğine göre Hastalık öyküsü anketi giriş parametresinin “normal” bulanık kümeye karşılık gelen üyelik dereceleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{\text{normal}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 2 \text{ veya } x > 8 \\ (x - 2)/3, & 2 \leq x \leq 5 \\ (8 - x)/3, & 5 \leq x \leq 8 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{normal}}(x) = \{0/2, 0.5/3.5, 1/5, 0.5/6.5, 0/7\}$$

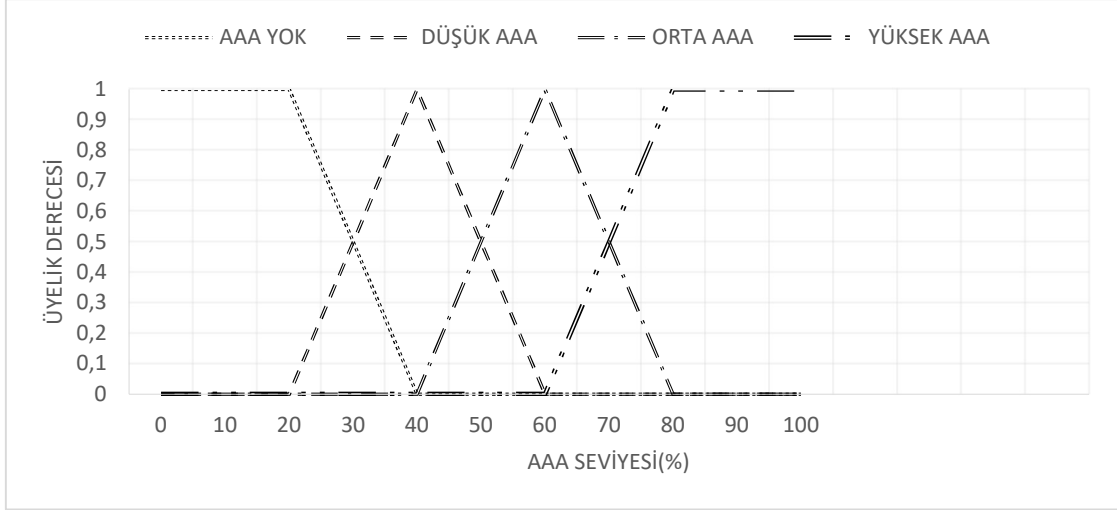
Şekil 5.6.'da gösterilen Hastalık öyküsü anketi üyelik fonksiyon grafiğine göre Hastalık öyküsü anketi giriş parametresinin “yüksek” bulanık kümeye karşılık gelen üyelik dereceleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{\text{yüksek}}(x) = \begin{cases} 0, & x < 5 \\ (x - 5)/3, & 5 \leq x \leq 8 \\ 1, & x \geq 8 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{yüksek}}(x) = \{0/5, 0.5/6.5, 1/8, 1/9, 1/10\}$$

AAA çıkış parametresi için %0-100 arası AAA yok, düşük AAA, orta AAA ve yüksek AAA olacak şekilde 4 farklı üyelik kümesi tanımlanmıştır.

Giriş parametrelerinin aldığı değerlere göre tetiklenen kurallar sonucunda AAA seviyesi üyelik dereceleri hesaplanmıştır. AAA seviyesi üyelik fonksiyonu Şekil 5.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 5.7. AAA seviyesi üyelik fonksiyon grafiği

Şekil 5.7.'de gösterilen AAA seviyesi üyelik fonksiyon grafiğinden yola çıkarak AAA seviyesi giriş parametresinin “AAA yok” bulanık kümeye karşılık gelen üyelik dereceleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{AAA \text{ yok}}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 20 \\ (40 - x)/20, & 20 \leq x \leq 40 \\ 0, & x > 40 \end{cases}$$

$$\mu_{AAA \text{ yok}}(x) = \{1/10, 1/20, 0.5/30, 0/40\}$$

Şekil 5.7.'de gösterilen AAA seviyesi üyelik fonksiyon grafiğinden yola çıkarak AAA seviyesi giriş parametresinin “düşük” bulanık kümeye karşılık gelen üyelik dereceleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{düşük \text{ AAA}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 20 \text{ veya } x \geq 60 \\ (x - 20)/20, & 20 \leq x \leq 40 \\ (60 - x)/20, & 40 \leq x \leq 60 \end{cases}$$

$$\mu_{düşük \text{ AAA}}(x) = \{0/20, 0.5/30, 1/40, 0.5/50, 0/70\}$$

Şekil 5.7.'de gösterilen AAA seviyesi üyelik fonksiyon grafiğinden yola çıkarak AAA seviyesi giriş parametresinin “orta” bulanık kümeye karşılık gelen üyelik dereceleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{orta \text{ AAA}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 40 \text{ veya } x \geq 80 \\ (x - 40)/20, & 40 \leq x \leq 60 \\ (80 - x)/20, & 60 \leq x \leq 80 \end{cases}$$

$$\mu_{orta \text{ AAA}}(x) = \{0/40, 0.5/50, 1/60, 0.5/70, 0/80\}$$

Şekil 5.7.’de gösterilen AAA seviyesi üyelik fonksiyon grafiğinden yola çıkarak AAA seviyesi giriş parametresinin “yüksek” bulanık kümeye karşılık gelen üyelik dereceleri aşağıda hesaplanmıştır.

$$\mu_{\text{yüksek AAA}}(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 60 \\ (x - 60)/20, & 60 \leq x \leq 80 \\ 1, & x \geq 80 \end{cases}$$

$$\mu_{\text{yüksek AAA}}(x) = \{0/60, 0.5/70, 1/80, 1/100\}$$

5.4. AAA-BKVS Kural Tabanının Oluşturulması

Girişler ve bu girişlere göre uyulacak kurallar tablosu uzman hekim yardımıyla belirlenmiştir. AAA teşhisi amacıyla belirlenen 5 giriş parametresinin bulanık kümeleri için hazırladığımız kurallar tablosunda düşük, normal, yüksek olmak üzere CRP’nin 3, WBC’nin 3, ESR’nin 3, SAA’nın 3, Hastalık öyküsü anketinin 3 üyelik kümesi bulunmaktadır. $3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 = 243$ tane kural vardır. Kural tabanı oluşturulurken “Eğer- o halde” yapısı kullanılmıştır. Hazırladığımız kurallar Çizelge 5.3.’de gösterilmiştir.

Çizelge 5.3. Kural tablosu

KURAL		CRP	WBC	ESR	SAA	HASTALIK ÖYKÜSÜ ANKETİ		AAA SEVİYESİ
1.	Eğer	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok
2.	Eğer	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
3.	Eğer	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
4.	Eğer	Düşük	Düşük	Düşük	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
5.	Eğer	Düşük	Düşük	Düşük	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
6.	Eğer	Düşük	Düşük	Düşük	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok
7.	Eğer	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük	O Halde	AAA Yok
8.	Eğer	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	Normal	O Halde	AAA Yok
9.	Eğer	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek	O Halde	AAA Yok
10.	Eğer	Düşük	Düşük	Normal	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok

11.	Eğer	Düşük	Düşük	Normal	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
12.	Eğer	Düşük	Düşük	Normal	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
13.	Eğer	Düşük	Düşük	Normal	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
14.	Eğer	Düşük	Düşük	Normal	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
15.	Eğer	Düşük	Düşük	Normal	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok
16.	Eğer	Düşük	Düşük	Normal	Yüksek	Düşük	O Halde	AAA Yok
17.	Eğer	Düşük	Düşük	Normal	Yüksek	Normal	O Halde	AAA Yok
18.	Eğer	Düşük	Düşük	Normal	Yüksek	Yüksek	O Halde	AAA Yok
19.	Eğer	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok
20.	Eğer	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
21.	Eğer	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
22.	Eğer	Düşük	Düşük	Yüksek	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
23.	Eğer	Düşük	Düşük	Yüksek	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
24.	Eğer	Düşük	Düşük	Yüksek	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok
25.	Eğer	Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek	Düşük	O Halde	Düşük AAA
26.	Eğer	Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek	Normal	O Halde	Orta AAA
27.	Eğer	Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
28.	Eğer	Düşük	Normal	Düşük	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok
29.	Eğer	Düşük	Normal	Düşük	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
30.	Eğer	Düşük	Normal	Düşük	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
31.	Eğer	Düşük	Normal	Düşük	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
32.	Eğer	Düşük	Normal	Düşük	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
33.	Eğer	Düşük	Normal	Düşük	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok
34.	Eğer	Düşük	Normal	Düşük	Yüksek	Düşük	O Halde	AAA Yok
35.	Eğer	Düşük	Normal	Düşük	Yüksek	Normal	O Halde	AAA Yok
36.	Eğer	Düşük	Normal	Düşük	Yüksek	Yüksek	O Halde	AAA Yok
37.	Eğer	Düşük	Normal	Normal	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok
38.	Eğer	Düşük	Normal	Normal	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
39.	Eğer	Düşük	Normal	Normal	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
40.	Eğer	Düşük	Normal	Normal	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
41.	Eğer	Düşük	Normal	Normal	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
42.	Eğer	Düşük	Normal	Normal	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok
43.	Eğer	Düşük	Normal	Normal	Yüksek	Düşük	O Halde	AAA Yok
44.	Eğer	Düşük	Normal	Normal	Yüksek	Normal	O Halde	AAA Yok
45.	Eğer	Düşük	Normal	Normal	Yüksek	Yüksek	O Halde	AAA Yok

46.	Eğer	Düşük	Normal	Yüksek	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok
47.	Eğer	Düşük	Normal	Yüksek	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
48.	Eğer	Düşük	Normal	Yüksek	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
49.	Eğer	Düşük	Normal	Yüksek	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
50.	Eğer	Düşük	Normal	Yüksek	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
51.	Eğer	Düşük	Normal	Yüksek	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok
52.	Eğer	Düşük	Normal	Yüksek	Yüksek	Düşük	O Halde	Düşük AAA
53.	Eğer	Düşük	Normal	Yüksek	Yüksek	Normal	O Halde	Orta AAA
54.	Eğer	Düşük	Normal	Yüksek	Yüksek	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
55.	Eğer	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok
56.	Eğer	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
57.	Eğer	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
58.	Eğer	Düşük	Yüksek	Düşük	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
59.	Eğer	Düşük	Yüksek	Düşük	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
60.	Eğer	Düşük	Yüksek	Düşük	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok
61.	Eğer	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	O Halde	Düşük AAA
62.	Eğer	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Normal	O Halde	Orta AAA
63.	Eğer	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
64.	Eğer	Düşük	Yüksek	Normal	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok
65.	Eğer	Düşük	Yüksek	Normal	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
66.	Eğer	Düşük	Yüksek	Normal	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
67.	Eğer	Düşük	Yüksek	Normal	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
68.	Eğer	Düşük	Yüksek	Normal	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
69.	Eğer	Düşük	Yüksek	Normal	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok
70.	Eğer	Düşük	Yüksek	Normal	Yüksek	Düşük	O Halde	Düşük AAA
71.	Eğer	Düşük	Yüksek	Normal	Yüksek	Normal	O Halde	Orta AAA
72.	Eğer	Düşük	Yüksek	Normal	Yüksek	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
73.	Eğer	Düşük	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	O Halde	Düşük AAA
74.	Eğer	Düşük	Yüksek	Yüksek	Düşük	Normal	O Halde	Orta AAA
75.	Eğer	Düşük	Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
76.	Eğer	Düşük	Yüksek	Yüksek	Normal	Düşük	O Halde	Düşük AAA
77.	Eğer	Düşük	Yüksek	Yüksek	Normal	Normal	O Halde	Orta AAA
78.	Eğer	Düşük	Yüksek	Yüksek	Normal	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
79.	Eğer	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	O Halde	Düşük AAA
80.	Eğer	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Normal	O Halde	Orta AAA

81.	Eğer	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
82.	Eğer	Normal	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok
83.	Eğer	Normal	Düşük	Düşük	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
84.	Eğer	Normal	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
85.	Eğer	Normal	Düşük	Düşük	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
86.	Eğer	Normal	Düşük	Düşük	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
87.	Eğer	Normal	Düşük	Düşük	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok
88.	Eğer	Normal	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük	O Halde	AAA Yok
89.	Eğer	Normal	Düşük	Düşük	Yüksek	Normal	O Halde	AAA Yok
90.	Eğer	Normal	Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek	O Halde	AAA Yok
91.	Eğer	Normal	Düşük	Normal	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok
92.	Eğer	Normal	Düşük	Normal	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
93.	Eğer	Normal	Düşük	Normal	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
94.	Eğer	Normal	Düşük	Normal	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
95.	Eğer	Normal	Düşük	Normal	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
96.	Eğer	Normal	Düşük	Normal	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok
97.	Eğer	Normal	Düşük	Normal	Yüksek	Düşük	O Halde	AAA Yok
98.	Eğer	Normal	Düşük	Normal	Yüksek	Normal	O Halde	AAA Yok
99.	Eğer	Normal	Düşük	Normal	Yüksek	Yüksek	O Halde	AAA Yok
100.	Eğer	Normal	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok
101.	Eğer	Normal	Düşük	Yüksek	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
102.	Eğer	Normal	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
103.	Eğer	Normal	Düşük	Yüksek	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
104.	Eğer	Normal	Düşük	Yüksek	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
105.	Eğer	Normal	Düşük	Yüksek	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok
106.	Eğer	Normal	Düşük	Yüksek	Yüksek	Düşük	O Halde	Düşük AAA
107.	Eğer	Normal	Düşük	Yüksek	Yüksek	Normal	O Halde	Orta AAA
108.	Eğer	Normal	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
109.	Eğer	Normal	Normal	Düşük	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok
110.	Eğer	Normal	Normal	Düşük	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
111.	Eğer	Normal	Normal	Düşük	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
112.	Eğer	Normal	Normal	Düşük	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
113.	Eğer	Normal	Normal	Düşük	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
114.	Eğer	Normal	Normal	Düşük	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok
115.	Eğer	Normal	Normal	Düşük	Yüksek	Düşük	O Halde	AAA Yok

116.	Eğer	Normal	Normal	Düşük	Yüksek	Normal	O Halde	AAA Yok
117.	Eğer	Normal	Normal	Düşük	Yüksek	Yüksek	O Halde	AAA Yok
118.	Eğer	Normal	Normal	Normal	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok
119.	Eğer	Normal	Normal	Normal	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
120.	Eğer	Normal	Normal	Normal	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
121.	Eğer	Normal	Normal	Normal	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
122.	Eğer	Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
123.	Eğer	Normal	Normal	Normal	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok
124.	Eğer	Normal	Normal	Normal	Yüksek	Düşük	O Halde	AAA Yok
125.	Eğer	Normal	Normal	Normal	Yüksek	Normal	O Halde	AAA Yok
126.	Eğer	Normal	Normal	Normal	Yüksek	Yüksek	O Halde	AAA Yok
127.	Eğer	Normal	Normal	Yüksek	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok
128.	Eğer	Normal	Normal	Yüksek	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
129.	Eğer	Normal	Normal	Yüksek	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
130.	Eğer	Normal	Normal	Yüksek	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
131.	Eğer	Normal	Normal	Yüksek	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
132.	Eğer	Normal	Normal	Yüksek	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok
133.	Eğer	Normal	Normal	Yüksek	Yüksek	Düşük	O Halde	Düşük AAA
134.	Eğer	Normal	Normal	Yüksek	Yüksek	Normal	O Halde	Orta AAA
135.	Eğer	Normal	Normal	Yüksek	Yüksek	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
136.	Eğer	Normal	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok
137.	Eğer	Normal	Yüksek	Düşük	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
138.	Eğer	Normal	Yüksek	Düşük	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
139.	Eğer	Normal	Yüksek	Düşük	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
140.	Eğer	Normal	Yüksek	Düşük	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
141.	Eğer	Normal	Yüksek	Düşük	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok
142.	Eğer	Normal	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	O Halde	Düşük AAA
143.	Eğer	Normal	Yüksek	Düşük	Yüksek	Normal	O Halde	Orta AAA
144.	Eğer	Normal	Yüksek	Düşük	Yüksek	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
145.	Eğer	Normal	Yüksek	Normal	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok
146.	Eğer	Normal	Yüksek	Normal	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
147.	Eğer	Normal	Yüksek	Normal	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
148.	Eğer	Normal	Yüksek	Normal	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
149.	Eğer	Normal	Yüksek	Normal	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
150.	Eğer	Normal	Yüksek	Normal	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok

151.	Eğer	Normal	Yüksek	Normal	Yüksek	Düşük	O Halde	Düşük AAA
152.	Eğer	Normal	Yüksek	Normal	Yüksek	Normal	O Halde	Orta AAA
153.	Eğer	Normal	Yüksek	Normal	Yüksek	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
154.	Eğer	Normal	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	O Halde	Düşük AAA
155.	Eğer	Normal	Yüksek	Yüksek	Düşük	Normal	O Halde	Orta AAA
156.	Eğer	Normal	Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
157.	Eğer	Normal	Yüksek	Yüksek	Normal	Düşük	O Halde	Düşük AAA
158.	Eğer	Normal	Yüksek	Yüksek	Normal	Normal	O Halde	Orta AAA
159.	Eğer	Normal	Yüksek	Yüksek	Normal	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
160.	Eğer	Normal	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	O Halde	Düşük AAA
161.	Eğer	Normal	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Normal	O Halde	Orta AAA
162.	Eğer	Normal	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
163.	Eğer	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok
164.	Eğer	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
165.	Eğer	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
166.	Eğer	Yüksek	Düşük	Düşük	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
167.	Eğer	Yüksek	Düşük	Düşük	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
168.	Eğer	Yüksek	Düşük	Düşük	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok
169.	Eğer	Yüksek	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük	O Halde	Düşük AAA
170.	Eğer	Yüksek	Düşük	Düşük	Yüksek	Normal	O Halde	Orta AAA
171.	Eğer	Yüksek	Düşük	Düşük	Yüksek	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
172.	Eğer	Yüksek	Düşük	Normal	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok
173.	Eğer	Yüksek	Düşük	Normal	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
174.	Eğer	Yüksek	Düşük	Normal	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
175.	Eğer	Yüksek	Düşük	Normal	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
176.	Eğer	Yüksek	Düşük	Normal	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
177.	Eğer	Yüksek	Düşük	Normal	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok
178.	Eğer	Yüksek	Düşük	Normal	Yüksek	Düşük	O Halde	Düşük AAA
179.	Eğer	Yüksek	Düşük	Normal	Yüksek	Normal	O Halde	Ortak AAA
180.	Eğer	Yüksek	Düşük	Normal	Yüksek	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
181.	Eğer	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Düşük	O Halde	Düşük AAA
182.	Eğer	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Normal	O Halde	Orta AAA
183.	Eğer	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
184.	Eğer	Yüksek	Düşük	Yüksek	Normal	Düşük	O Halde	Düşük AAA
185.	Eğer	Yüksek	Düşük	Yüksek	Normal	Normal	O Halde	Orta AAA

186.	Eğer	Yüksek	Düşük	Yüksek	Normal	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
187.	Eğer	Yüksek	Düşük	Yüksek	Yüksek	Düşük	O Halde	Düşük AAA
188.	Eğer	Yüksek	Düşük	Yüksek	Yüksek	Normal	O Halde	Orta AAA
189.	Eğer	Yüksek	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
190.	Eğer	Yüksek	Normal	Düşük	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok
191.	Eğer	Yüksek	Normal	Düşük	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
192.	Eğer	Yüksek	Normal	Düşük	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
193.	Eğer	Yüksek	Normal	Düşük	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
194.	Eğer	Yüksek	Normal	Düşük	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
195.	Eğer	Yüksek	Normal	Düşük	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok
196.	Eğer	Yüksek	Normal	Düşük	Yüksek	Düşük	O Halde	Düşük AAA
197.	Eğer	Yüksek	Normal	Düşük	Yüksek	Normal	O Halde	Orta AAA
198.	Eğer	Yüksek	Normal	Düşük	Yüksek	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
199.	Eğer	Yüksek	Normal	Normal	Düşük	Düşük	O Halde	AAA Yok
200.	Eğer	Yüksek	Normal	Normal	Düşük	Normal	O Halde	AAA Yok
201.	Eğer	Yüksek	Normal	Normal	Düşük	Yüksek	O Halde	AAA Yok
202.	Eğer	Yüksek	Normal	Normal	Normal	Düşük	O Halde	AAA Yok
203.	Eğer	Yüksek	Normal	Normal	Normal	Normal	O Halde	AAA Yok
204.	Eğer	Yüksek	Normal	Normal	Normal	Yüksek	O Halde	AAA Yok
205.	Eğer	Yüksek	Normal	Normal	Yüksek	Düşük	O Halde	Düşük AAA
206.	Eğer	Yüksek	Normal	Normal	Yüksek	Normal	O Halde	Orta AAA
207.	Eğer	Yüksek	Normal	Normal	Yüksek	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
208.	Eğer	Yüksek	Normal	Yüksek	Düşük	Düşük	O Halde	Düşük AAA
209.	Eğer	Yüksek	Normal	Yüksek	Düşük	Normal	O Halde	Orta AAA
210.	Eğer	Yüksek	Normal	Yüksek	Düşük	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
211.	Eğer	Yüksek	Normal	Yüksek	Normal	Düşük	O Halde	Düşük AAA
212.	Eğer	Yüksek	Normal	Yüksek	Normal	Normal	O Halde	Orta AAA
213.	Eğer	Yüksek	Normal	Yüksek	Normal	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
214.	Eğer	Yüksek	Normal	Yüksek	Yüksek	Düşük	O Halde	Düşük AAA
215.	Eğer	Yüksek	Normal	Yüksek	Yüksek	Normal	O Halde	Orta AAA
216.	Eğer	Yüksek	Normal	Yüksek	Yüksek	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
217.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	O Halde	Düşük AAA
218.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	Normal	O Halde	Orta AAA
219.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
220.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Düşük	Normal	Düşük	O Halde	Düşük AAA

221.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Düşük	Normal	Normal	O Halde	Orta AAA
222.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Düşük	Normal	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
223.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksek	Düşük	O Halde	Düşük AAA
224.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksek	Normal	O Halde	Orta AAA
225.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksek	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
226.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Normal	Düşük	Düşük	O Halde	Düşük AAA
227.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Normal	Düşük	Normal	O Halde	Orta AAA
228.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Normal	Düşük	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
229.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Normal	Normal	Düşük	O Halde	Düşük AAA
230.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Normal	Normal	Normal	O Halde	Orta AAA
231.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Normal	Normal	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
232.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Normal	Yüksek	Düşük	O Halde	Düşük AAA
233.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Normal	Yüksek	Normal	O Halde	Orta AAA
234.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Normal	Yüksek	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
235.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Düşük	O Halde	Düşük AAA
236.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Normal	O Halde	Orta AAA
237.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
238.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Normal	Düşük	O Halde	Düşük AAA
239.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Normal	Normal	O Halde	Orta AAA
240.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Normal	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA
241.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	O Halde	Düşük AAA
242.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Normal	O Halde	Orta AAA
243.	Eğer	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	O Halde	Yüksek AAA

Aşağıda bazı örnek kurallar verilmiştir.

Kural 79: **EĞER** CRP = Düşük, WBC =Yüksek, ESR =Yüksek, SAA = Yüksek Hastalık Öyküsü Anketi= Düşük **O HALDE** AAA seviyesi = Düşük AAA

Kural 107: **EĞER** CRP = Normal, WBC = Düşük, ESR = Yüksek, SAA = Yüksek, Hastalık Öyküsü Anketi = Normal **O HALDE** AAA seviyesi = Orta AAA

Kural 135: **EĞER** CRP = Normal, WBC=Normal, ESR = Yüksek, SAA = Yüksek, Hastalık Öyküsü Anketi = Yüksek **O HALDE** AAA seviyesi =Yüksek AAA

Kural 200: **EĞER** CRP = Yüksek, WBC = Normal, ESR = Normal, SAA = Düşük, Hastalık Öyküsü Anketi = Normal **O HALDE** AAA seviyesi = AAA Yok

KURAL 243: **EĞER** CRP = Yüksek, WBC = Yüksek, ESR = Yüksek, SAA = Yüksek, Hastalık Öyküsü Anketi = Yüksek **O HALDE** AAA seviyesi = Yüksek AAA

5.5. AAA-BKVS için Mamdani Çıkarım Yöntemi ve Çıkarım Tablosu

Tasarladığımız BKVS hastalığının teşhisini yapacağı sırada yapılan bulanık hesaplama sonradan elde edilen iki veriyi kullanmaktadır. Bunlar; hastanın kan sayım sonuçları, hastalık öyküsü anketinden elde edilen bulanık mantık ile hesaplanan AAA seviyesi ve hastalığının teşhisinde önemli yeri olan AAA gen mutasyonudur. Bulanık mantık ile AAA seviyesini hesaplarken AAA gen mutasyonu varlığını işin içine dahil etmeme sebebimiz AAA gen mutasyonu araştırmasının her şehirde yapılamayıp büyük şehirlere tahlil örneği gönderilip uzun süre sonuç gelmesi beklenmesidir.

Buraya kadar oluşturduğumuz kısımlar bulanık sistemde geçen bilgi tabanı ve kural tabanıdır. Belirlediğimiz bilgi tabanı ve kural tabanının ardından çıkarım mekanizmasına geçebiliriz. Çıkarım mekanizması için “Mamdani çıkarım yöntemi” kullanıldı. Kural tabanımızı “VE” bağlacı ile oluşturduğumuz için mamdani çıkarım yönteminde olması gerektiği gibi tetiklenen her bir kuralın çıkışına ait üyelik fonksiyonunun üyelik derecesi için girişlerin minimumu alındı.

Tetiklenen kurallar arasında minimumların maksimumu metodu kullanıldı. Burada kuralların tetiklenmesinden kastımız kurallarda geçen dilsel değerlerin üyelik değerlerini yerine yazdığımızda en az birinin “0” dan farklı olmasıdır. Bu durumda kural tetiklenmiş olur. Bütün değerlerin üyelik dereceleri “0” olursa kural tetiklenmez. Durulaştırma metodu olarak Ağırlık merkezi metodu kullanıldı.

Oluşturduğumuz BKVS’den elde edilen bu değerleri kullanarak uzman yardımıyla hazırlanan Çizelge 5.4’te verilen hastalık çıkarım tablosundan bir karara varılarak hastalık teşhisi yapılmaktadır.

Çizelge 5.4. Hastalık çıkarım tablosu

AAA SEVİYESİ	AAA GEN MUTASYO NU	SONUÇ
0-25	Pozitif	AAA hastasıdır. Hayatın rutinini bozan ataklar seyrek olduğu ve kısa sürede normaline döndüğü için ilaç tedavisi önerilmez. Düzenli takip önerilir.
	Negatif	AAA hastası değildir. Atak esnasında yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir.
25-50	Pozitif	AAA hastasıdır. Yıllık kontrol önerilir.
	Negatif	AAA hastası değildir. Atak esnasında yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir. Atak olmazsa 6 ayda bir rutin kontrol önerilir.
50-75	Pozitif	AAA hastasıdır. Kolşisin 2 x 0.5 mg/gün tedavisine başlanmalıdır.3 ayda bir rutin kontrol önerilir.
	Negatif	AAA hastasıdır. Kolşisin 2 x 0.5 mg/gün tedavisine başlanmalıdır.6 ayda bir rutin kontrol önerilir.
75-100	Pozitif	AAA hastasıdır. Kolşisin 3 x 0.5 mg/gün tedavisine başlanmalıdır. Kolşisine klinik yanıt beklenecektir.
	Negatif	AAA hastasıdır. Kolşisin 3 x 0.5 mg/gün tedavisine başlanmalıdır. Kolşisine klinik yanıt beklenecektir.

6. UYGULAMA ÖRNEKLERİ

AAA hastalığının teşhisi için tasarlanan bulanık karar destek sisteme ait 2 adet uygulama örneği verilmiştir. Örneklerden birinde AAA gen mutasyonu pozitif, diğerinde negatif olacak şekilde örnek veriler değerlendirilecektir.

6.1. Uygulama Örneği 1

Uygulama örneği 1 için kullanılmak üzere belirlediğimiz veriler Çizelge 6.1’ de verilmiştir. Buna ek olarak AAA gen mutasyonu pozitif olduğunu varsayalım.

Çizelge 6.1. Uygulama örneği 1 için kan sayım ve hastalım öyküsü anketi sonuçları

CRP(mg/l)	WBC(10^3 /ml)	ESR(mm/s)	SAA(mg/dl)	H.Ö anketi
6.5	10.5	15.8	13	6

Giriş değerleri alındıktan sonra bu değerlere bulanıklaştırma işlemi uygulandı. Öncelikle CRP parametresi için “6.5” değerinin her bir üyelik kümeye (düşük, normal, yüksek) olan üyelik derecesini hesaplayalım.

$$\mu_{\text{düşük}}(6.5)=0 \quad \mu_{\text{normal}}(6.5)=0.5 \quad \mu_{\text{yüksek}}(6.5)=0.5$$

Ardından WBC parametresi için “10.5” değerinin her bir üyelik kümeye (düşük, normal, yüksek) olan üyelik derecesini hesaplayalım.

$$\mu_{\text{düşük}}(10.5)=0 \quad \mu_{\text{normal}}(10.5)=0 \quad \mu_{\text{yüksek}}(10.5)=1$$

Daha sonra ESR parametresi için “15.8” değerinin her bir üyelik kümeye (düşük, normal, yüksek) olan üyelik derecesini hesaplayalım.

$$\mu_{\text{düşük}}(15.8)=0.42 \quad \mu_{\text{normal}}(15.8)=0.58 \quad \mu_{\text{yüksek}}(15.8)=0$$

SAA parametresi için “13” değerinin her bir üyelik kümeye (düşük, normal, yüksek) olan üyelik derecesini hesaplayalım.

$$\mu_{\text{düşük}}(13)=0 \quad \mu_{\text{normal}}(13)=0 \quad \mu_{\text{yüksek}}(13)=1$$

Son olarak hastalık öyküsü anketi parametresi için “6” değerinin her bir üyelik kümeye (düşük, normal, yüksek) olan üyelik derecesini hesaplayalım.

$$\mu_{\text{düşük}}(6)=0 \quad \mu_{\text{normal}}(6)=0.67 \quad \mu_{\text{yüksek}}(6)=0.33$$

Elde edilen örnek verilere göre bulanıklaştırma işlemini tamamladık. Şimdi ise çıkarım işleminin ilk adımı olarak giriş değerlerinin hangi kuralları tetiklediğini değerlendireceğiz. Kuralları ve verilerimizi incelediğimizde kural 143, kural 144, kural 152, kural 153, kural 224, kural 225, kural 233, kural 234’ün tetiklendiği gözlenmiştir. Tetiklenen 8 kural aşağıda verilmiştir.

Kural 143: **EĞER** CRP = Normal **VE** WBC = Yüksek **VE** ESR = Düşük **VE** SAA = Yüksek **VE** Hastalık öyküsü anketi = Normal **O HALDE** AAA Seviyesi = Orta AAA

Kural 144: **EĞER** CRP = Normal **VE** WBC = Yüksek **VE** ESR = Düşük **VE** SAA= Yüksek **VE** Hastalık öyküsü anketi = Yüksek **O HALDE** AAA Seviyesi = Yüksek AAA

Kural 152: **EĞER** CRP = Normal **VE** WBC = Yüksek **VE** ESR = Normal **VE** SAA = Yüksek **VE** Hastalık öyküsü anketi = Normal **O HALDE** AAA Seviyesi = Orta AAA

Kural 153: **EĞER** CRP = Normal **VE** WBC = Yüksek **VE** ESR = Normal **VE** SAA = Yüksek **VE** Hastalık öyküsü anketi = Yüksek **O HALDE** AAA Seviyesi = Yüksek AAA

Kural 224: **EĞER** CRP = Yüksek **VE** WBC = Yüksek **VE** ESR = Düşük **VE** SAA = Yüksek **VE** Hastalık öyküsü anketi = Normal **O HALDE** AAA Seviyesi = Orta AAA

Kural 225: **EĞER** CRP = Yüksek **VE** WBC = Yüksek **VE** ESR = Düşük **VE** SAA = Yüksek **VE** Hastalık öyküsü anketi = Yüksek **O HALDE** AAA Seviyesi = Yüksek AAA

Kural 233: **EĞER** CRP = Yüksek **VE** WBC = Yüksek **VE** ESR = Normal **VE** SAA = Yüksek **VE** Hastalık öyküsü anketi = Normal **O HALDE** AAA Seviyesi = Orta AAA

Kural 234: **EĞER** CRP = Yüksek **VE** WBC = Yüksek **VE** ESR = Normal **VE** SAA = Yüksek **VE** Hastalık öyküsü anketi = Yüksek **O HALDE** AAA Seviyesi = Yüksek AAA

Çizelge 6.2. Uygulama örneği 1 için tetiklenen kurallar ve üyelik dereceleri

KURAL	CRP	ÜYELİK DERECE	WBC	ÜYELİK DERECE	ESR	ÜYELİK DERECE	SAA	ÜYELİK DERECE	H.Ö. ANKETİ	ÜYELİK DERECE	ÇIKIŞ	ÜYELİK DERECE(MİN)	MAX
143	Normal	0.5	Yüksek	1	Düşük	0.42	Yüksek	1	Normal	0.67	Orta	AAA	0.42
152	Normal	0.5	Yüksek	1	Normal	0.58	Yüksek	1	Normal	0.67	Orta	AAA	0.5
224	Yüksek	0.5	Yüksek	1	Düşük	0.42	Yüksek	1	Normal	0.67	Orta	AAA	0.42
233	Yüksek	0.5	Yüksek	1	Normal	0.58	Yüksek	1	Normal	0.67	Orta	AAA	0.5
144	Normal	0.5	Yüksek	1	Düşük	0.42	Yüksek	1	Yüksek	0.33	Yüksek	AAA	0.33
153	Normal	0.5	Yüksek	1	Normal	0.58	Yüksek	1	Yüksek	0.33	Yüksek	AAA	0.33
225	Yüksek	0.5	Yüksek	1	Düşük	0.42	Yüksek	1	Yüksek	0.33	Yüksek	AAA	0.33
234	Yüksek	0.5	Yüksek	1	Normal	0.58	Yüksek	1	Yüksek	0.33	Yüksek	AAA	0.33

Durulaştırma metodu olarak ağırlık merkezi metodu uygulanmıştır. Ağırlık merkezi hesabının kolaylaşması için basitleştirilmiş yöntemle hesaplama yapılmıştır. Ağırlık merkezinin basitleştirilmiş formülü denklemi aşağıda verilmiştir (Altan,2011).

$$\text{Ağırlık Merkezi} = \frac{(\text{Düşük FMF tepe} \times \text{nok} \times \text{Max (Düşük FMF)}) + ((\text{Orta FMF tepe} \times \text{nok} \times \text{Max (Normal FMF)}) + (\text{Yüksek FMF tepe} \times \text{nok} \times \text{Max (Yüksek FMF)})}{\text{Max (Düşük FMF)} + \text{Max (Normal FMF)} + \text{Max (Yüksek FMF)}}$$

$$\text{Ağırlık merkezi} = [(60 \times 0.5) + (80 \times 0.33)] / [0.5 + 0.33] = 67,9$$

Hesaplama sonucu 67.9 olarak bulunmuştur. BKVS'nin bulduğu sonuç 67.9 ve AAA gen mutasyonu pozitif değerleri uzman hekim yardımıyla oluşturduğumuz hastalık çıkarım

tablosuna göre yorumlandığında; “AAA hastasıdır. Kolşisin 2 x 0.5 mg/gün tedavisine başlanmalıdır. 3 ayda bir rutin kontrol önerilir.” sonucuna ulaşılmıştır.

6.2. Uygulama Örneği 2

Uygulama örneği 2 için kullanılmak üzere belirlediğimiz veriler Çizelge 6.3’te verilmiştir. Buna ek olarak AAA gen mutasyonu negatif olduğunu varsayalım.

Çizelge 6.3. Uygulama örneği 2 için kan sayım ve hastalım öyküsü anketi sonuçları

CRP(mg/l)	WBC(10^3 /ml)	ESR(mm/s)	SAA(mg/dl)	H.Ö anketi
1.8	4.2	28	7.8	1

Giriş değerleri alındıktan sonra bu değerlere bulanıklaştırma işlemi uygulandı. Öncelikle CRP parametresi için “1.8” değerinin her bir üyelik kümeye (düşük, normal, yüksek) olan üyelik derecesini hesaplayalım.

$$\mu_{\text{düşük}}(1.8)=1 \quad \mu_{\text{normal}}(1.8)=0 \quad \mu_{\text{yüksek}}(1.8)=0$$

Ardından WBC parametresi için “4.2” değerinin her bir üyelik kümeye (düşük, normal, yüksek) olan üyelik derecesini hesaplayalım.

$$\mu_{\text{düşük}}(4.2)=0.93 \quad \mu_{\text{normal}}(4.2)=0.07 \quad \mu_{\text{yüksek}}(4.2)=0$$

Daha sonra ESR parametresi için “28” değerinin her bir üyelik kümeye (düşük, normal, yüksek) olan üyelik derecesini hesaplayalım.

$$\mu_{\text{düşük}}(28)=0.2 \quad \mu_{\text{normal}}(28)=0.8 \quad \mu_{\text{yüksek}}(28)=0$$

SAA parametresi için “7.8” değerinin her bir üyelik kümeye (düşük, normal, yüksek) olan üyelik derecesini hesaplayalım.

$$\mu_{\text{düşük}}(7.8)=0 \quad \mu_{\text{normal}}(7.8)=0.73 \quad \mu_{\text{yüksek}}(7.8)=0.27$$

Son olarak hastalık öyküsü anketi parametresi için “1” değerinin her bir üyelik kümeye (düşük, normal, yüksek) olan üyelik derecesini hesaplayalım.

$$\mu_{\text{düşük}}(1)=1 \quad \mu_{\text{normal}}(1)=0 \quad \mu_{\text{yüksek}}(1)=0$$

Elde edilen örnek verilere göre bulanıklaştırma işlemini tamamladık. Şimdi ise çıkarım işleminin ilk adımı olarak giriş değerlerinin hangi kuralları tetiklediğini değerlendireceğiz. Kuralları ve verilerimizi incelediğimizde kural 13, kural 16, kural 22, kural 25, kural 40, kural 43, kural 49, kural 52'nin tetiklendiği gözlenmiştir. Tetiklenen 8 kural aşağıda verilmiştir.

Girilen parametrelerin ait oldukları bulanık kümenin üyelik dereceleri Çizelge 6.4'de verilmiştir. Tetiklenen her bir kuralın çıkışının üyelik fonksiyonunun üyelik derecesi VE bağlacı kullanılmasından ötürü girişlerin minimumu alınmıştır. Tetiklenen kurallara minimumların maksimumu metodu kullanılmıştır.

Kural 13: **EĞER** CRP = Düşük **VE** WBC = Düşük **VE** ESR = Normal **VE** SAA = Normal **VE** Hastalık öyküsü anketi = Düşük **O HALDE** AAA Seviyesi = AAA yok

Kural 16: **EĞER** CRP = Düşük **VE** WBC = Düşük **VE** ESR = Normal **VE** SAA = Yüksek **VE** Hastalık öyküsü anketi = Düşük **O HALDE** AAA Seviyesi= AAA yok

Kural 22: **EĞER** CRP = Düşük **VE** WBC = Düşük **VE** ESR = Yüksek **VE** SAA = Normal **VE** Hastalık öyküsü anketi = Düşük **O HALDE** AAA Seviyesi = AAA yok

Kural 25: **EĞER** CRP = Düşük **VE** WBC = Düşük **VE** ESR = Yüksek **VE** SAA = Yüksek **VE** Hastalık öyküsü anketi = Düşük **O HALDE** AAA Seviyesi = Düşük AAA

Kural 40: **EĞER** CRP = Düşük **VE** WBC = Normal **VE** ESR = Normal **VE** SAA = Normal **VE** Hastalık öyküsü anketi = Düşük **O HALDE** AAA Seviyesi = AAA yok

Kural 43: **EĞER** CRP = Düşük **VE** WBC = Normal **VE** ESR = Normal **VE** SAA = Yüksek **VE** Hastalık öyküsü anketi = Düşük **O HALDE** AAA Seviyesi = AAA yok

Kural 49: **EĞER** CRP = Düşük **VE** WBC = Normal **VE** ESR = Yüksek **VE** SAA = Normal **VE** Hastalık öyküsü anketi = Düşük **O HALDE** AAA Seviyesi = AAA yok

Kural 52: **EĞER** CRP = Düşük **VE** WBC = Normal **VE** ESR = Yüksek **VE** SAA = Normal **VE** Hastalık öyküsü anketi = Düşük **O HALDE** AAA Seviyesi = AAA yok

Çizelge 6.4. Uygulama örneği 2 için tetiklenen kurallar ve üyelik dereceleri

KURAL	CRP	ÜYELİK DERECE	WBC	ÜYELİK DERECE	ESR	ÜYELİK DERECE	SAA	ÜYELİK DERECE	H.Ö. ANKETİ	ÜYELİK DERECE	ÇIKIŞ	ÜYELİK DERECE(MİN)	MAX
13	Düşük	1	Düşük	0.93	Normal	0.2	Normal	0.73	Düşük	1	AAA yok	0.2	0.73
16	Düşük	1	Düşük	0.93	Normal	0.2	Yüksek	0.27	Düşük	1	AAA yok	0.2	
22	Düşük	1	Düşük	0.93	Yüksek	0.8	Normal	0.73	Düşük	1	AAA yok	0.73	
40	Düşük	1	Normal	0.07	Normal	0.8	Normal	0.73	Düşük	1	AAA yok	0.07	
43	Normal	1	Normal	0.07	Normal	0.8	Normal	0.73	Düşük	1	AAA yok	0.07	
49	Normal	1	Normal	0.07	Yüksek	0.8	Yüksek	0.27	Düşük	1	AAA yok	0.07	0.27
25	Normal	1	Düşük	0.93	Yüksek	0.8	Yüksek	0.27	Düşük	1	Düşük AAA	0.27	
52	Normal	1	Normal	0.07	Yüksek	0.8	Yüksek	0.27	Düşük	1	Düşük AAA	0.07	

Durulaştırma metodu olarak ağırlık merkezi metodu kullanıldı. Basitleştirilmiş ağırlık merkezi formülünde gerekli verileri yerine koyduğumuzda;

$$\text{Ağırlık merkezi} = \frac{(FMF \text{ yok tepe nok.} \times \text{Max}(FMF \text{ yok}) + (\text{Düşük FMF tepe nok.} \times \text{Max}(\text{Düşük AAA})))}{\text{Max}(FMF \text{ yok}) + \text{Max}(\text{Düşük FMF})}$$

$$\text{Ağırlık merkezi} = \frac{20 \times 0.73 + 4 \times 0.27}{0.73 + 0.27} = 25.4$$

Hesaplama sonucu 25.4 olarak bulunmuştur. BKVS'nin bulduğu sonuç 25.4 ve AAA gen mutasyonu negatif değerleri uzman hekim yardımıyla oluşturduğumuz hastalık çıkarım tablosuna göre yorumlandığında; "AAA hastası değildir. Atak esnasında yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir. Atak olmazsa 6 ayda bir rutin kontrol önerilir." sonucuna ulaşılmıştır.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. SONUÇLAR

Bu çalışmada; AAA'nın teşhisini yapacak ve hekimlere tanı koyma sürecinde yardımcı olacak bir BKVS modeli tasarlanıp gerçekleştirilmiştir. Alanda ilgili çalışmalar tarandığında, AAA'nın teşhisinin geç veya yanlış yapılmasından kaynaklı geç müdahale ve birçok yanlış tedavi yapıldığı görülmüştür.

Birçok hasta AAA'nın karın ağrısı belirtisi ile hastaneye başvurup yanlış teşhis sonucu gereksiz yere apandisit ameliyatı geçirmektedir. Birçok hasta erken yaşta teşhis koyulamaması sebebiyle AAA'nın ağır seyreden ataklarını sık geçirerek yaşam kalitesi düşmektedir. Hastalığın teşhisine insan hatalarının karışması, hastalığın geç teşhisinin hastaya uygulanacak ilaç tedavisini geciktirmesi, hastalığın başka hastalıklarla karıştırılıp gereksiz ameliyatlara yapılması, sağlık sisteminin uzun süre meşgul edilmesi gibi zorluklar böyle bir çalışmanın ortaya çıkmasında teşvik edici olmuştur.

Bu amaçla oluşturduğumuz BKVS, hastalık öyküsü ve hastanın kan sayım sonuçları, AAA gen mutasyonu pozitif-negatifliğinden yola çıkıp olası bütün ihtimallerin göz önünde bulundurup hekimlerin hızlı ve doğru tanı koymasına yardım etmektedir.

BKVS'de uygulama örneği 1'de BKVS sonucu 67.9 bulunmuştur. BKVS sonucu ve AAA gen mutasyonu pozitif bilgileri çıkarım tablosu yardımıyla incelendiğinde “AAA hastasıdır. Kolşisin 2 x 0.5 mg/gün tedavisine başlanmalıdır. 3 ayda bir rutin kontrol önerilir.” sonucuna ulaşılmıştır.

Uygulama örneği 2'de BKVS sonucu 25.4 bulunmuştur. BKVS sonucu ve AAA gen mutasyonu negatif bilgileri çıkarım tablosu yardımıyla incelendiğinde “AAA hastası değildir. Atak esnasında yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir. Atak olmazsa 6 ayda bir rutin kontrol önerilir.” sonucuna ulaşılmıştır.

Tasarladığımız BKVS, uzman personele bağımlılığı azaltacak, hastanelerin ve doktorların meşgul edilme sürelerini kısaltacak, erken teşhis sayesinde tedavi süreci daha rahat yönetilebilecek, bu hastalık için gelecekte oluşturulacak yeni uzman sistemlere temel teşkil edecektir.

7.2. ÖNERİLER

Bu çalışma, AAA'nın alternatif bir yöntemle teşhisi için yapılmıştır. Diğer bütün hastalık tipleri için de bu tür sistemler tasarlanabilir. Bu çalışmaya ek olarak bilgisayar destekli bir bulanık uzman sistem oluşturulabilir. Matlab yazılım programı kullanılarak veriler Matlab'da işlenip sonuçlar oluşturulacak bir web sitesinde yayınlanarak hastaların erişimine açılabilir. Bu sayede kolaylaştırmaya çalıştığımız hastalığı teşhis etme süreci hızlanabilir.

Tüm bunlara ek olarak radyolojik görüntüler de işlenerek hibrit bir sistem oluşturulabilir.

KAYNAKLAR

- Altaş, İ. H. (1999). Bulanık Mantık: Bulanıklılık Kavramı. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, 80-85.
- Altan, G., 2011, Kalp Ameliyatı Esnasında Hastanın Sağlık Durumunun Belirlenmesi İçin Bir Bulanık Sistem Tasarımı, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Allahverdi, N., 2002b, Uzman Sistemler (Bir yapay zeka uygulaması), Ankara, Atlas Yayın Dağıtım, p. 248.
- Bai, Y., & Wang, D. (2006). Advanced Fuzzy Logic Technologies in Industrial Applications. Y. Bai, H. Zhuang, & D. Wang içinde, *Advanced Fuzzy Logic Technologies in Industrial Applications* (s. 17-36). London: Springer.
- Baykal, N. ve Beyan, T., 2004. Bulanık Mantık İlke ve Temelleri. Bıçaklar Kitapevi, Ankara, 413.
- Ben-Chetrit, E. and M. Levy, Familial Mediterranean fever. *Lancet*, 1998. 351(9103): p. 659-64.
- Beynon, J.M., Michael, J.P. and Tang, Y.C., 2004. The Application of Fuzzy Decision Tree Analysis in an Exposition of The Ancedents of Audir Fees. *Omega*, 32(3): 231-244.
- Çobanoğlu, B. (2000). Bulanık Mantık ve Bulanık Küme Teorisi. Niksar MYO /GOP Üniversitesi, Bölüm 1.
- Demirhan, A., Kılıç, Y. A., & Güler, İ. (2010). Tıpta Yapay Zeka Uygulamaları. *Yoğun Bakım Dergisi*, 31-41.
- Dualibe, C., Verleysen, M. and Jespers, P.G., 2003. Design of Analog FuzzyLogic Controllers in CMOS Technologies. Kluwer Academic Publishers, USA, 214.
- Dubois, D., Prade, H. Fuzzy Sets and Systems: Theory and Applications, Academic Press, New York. 1980.
- Duru, N., Kurtuluş, C., & Canbay, M. (2008). Gürültü Etkilerinin Bulanık MantıkTemelli Bir Yöntemle Analizi. *Uygulamalı Yerbilimleri*, 62-75.
- Eğrisöğüt Tiryaki, A., & Kazan, R. (2007). Bulaşık Makinesinin Bulanık Mantık ile Modellenmesi. *Mühendis ve Makine*, 3-8.
- Elmas, Ç., 2007. Yapay Zeka Uygulamaları. Seçkin Yayıncılık A.Ş., Ankara, 425
- Filazi, Ö. (2010). FMF Hastalığının (Ailesel Akdeniz Ateşi) Pürin-Pirimidin Dalgalanmaları ve DNA. Yayınlanmış yüksek lisans tezi, Fen Bilimler Enstitüsü, Adıyaman Üniversitesi, Adıyaman.
- Galindo, J. (2008). Handbook of Research On Fuzzy Information Processing in Databases. New York: Information Science Reference.

Hacımurtazaoğlu, M. (2013). Bulanık Mantık ile Manyetik Kilit Uygulaması. Antalya:XV. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri Cilt 2.

Heller H, Shoar E, Gafni J,Heller J Amyloidosis in FMF An independent genetically determined character Arch Intern Med 1961;107:539-50.

International FMF Consortium , Ancient Missense Mutations in a new member of the roret gene family are likely to cause Familial Mediterranean Fever. Cell 1997 90: 797-807.

Jager, R. (1995).Fuzzy Logic in Control. Amsterdam.

Jang, J.-S. R. (1993). ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 665-685.

Jamsandekar, S. S., & Mudholkar, R. R. (2013). Performance Evaluation by Fuzzy Inference Technique. International Journal of Soft Computing and Engineering, 158- 164.

Kar, İ. (2017). Bulanık Çıkarsama Sistemleri ile Veri Madenciliği Yöntemlerinin Sınıflama Performansının Benzetim Çalışması ile Karşılaştırılması ve Sağlık Alanında Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi. Ankara: Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Biyoistatistik Anabilim Dalı.

Kasapçopur Ö, Arısoy N; Familial Mediterranean Fever and other hereditary auto-inflammatory diseases. Türk Pediatri Arşivi, 2006;41:9- 17.

Klir, J. G., Folger, T. A., Fuzzy Sets, And Information, New Jersey, 1988

Klir, J. ve Yuan, B. (1995). Fuzzy sets and fuzzy logic theory and applications. New Jersey:

Larsen, P.M. "Industrial applications of fuzzy logic control," International Journal of Man-Machine Studies, vol. 12, no. 1, pp. 3–10, 1980.

Mamdani, E.H., Assilian, S., (1975), "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller", Int. Journal of Man-Machine Studies, 7(1), 1-13

Massad, E., Ortega, N. R., Barros, L. C., & Struchiner, C. J. (2008). Fuzzy Logic in Action: Applications in Epidemiology and beyond. Springer.

Mastorakis, N. E., 2004. General Fuzzy Systems as Extensions of Takagi Sugeno Methodology. WSEAS Transactions on Systems, 2(3): 668-678.

Mazzucco, M.M., Bolzan, A., Barcia, R.M. and Machado, R.A. F., 2000. Application of Genetic Algorithms to The Adjustment of The Supports of Fuzzy Sets in a Mamdani Controller. Braz. J. Chem. Eng., 17(4): 625-638.

Mor, A, Gal, R, Livneh, A. 2003. Abdominal and digestive system associations of familial mediterranean fever. Am. J. Gastroenterol; 98: 2594–604.

Mikail, R. (2007). Tuzlu Toprakların Islahı için Bir Bulanık Uzman Sistem Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi. Konya: Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı.

Nascimento, L.F.C and Ortega, N.R.S., 2002. Fuzzy Linguistic Model for Evaluating The Risk of Neonatal Death. Rev Saude Publica, 36(6): 686–692

Özkan E, Okur Ö, Ekmekci A, Özcan R, Tağ T A new approach to the treatment of periodic fever Med Bull Istanbul 1972;5:44- 9.

Paksoy, T., Pehlivan, N. Y., & Özceylan, E. (2013). Bulanık Küme Teorisi Ankara Nobel Yayınevi, s: 1-4.

Pek, M. (2019). Bulanık mantık nedir ve uygulama alanları nelerdir?, [Çevrim-içi: <https://mesutpek.com/bulanik-mantik-nedir-ve-uygulama-alanlari-nelerdir.html>], Erişim tarihi: 20.01.2023.

Radhika, C., & Parvathi, R. (2016). Intuitionistic Fuzzification Functions. Global Journal of Pure and Applied Mathematics, 1211-1227.

Rao, D. H., & Saraf, S. S. (1996). Study of defuzzification methods of fuzzy logic controller for speed control of a DC motor. Proceedings of International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems for Industrial Growth, 782-787.

Raw, S. N., Thakur, S. ve Mishra, P., 2016, Detection of type of thalassemia disease in patients: A fuzzy logic approach, International Journal of Applied Pharmaceutical Sciences and Research 2016, 1(2), 88-95.

Ross, T. J. (2010). Fuzzy Logic With Engineering Applications. New Mexico: John Wiley & Sons, Ltd.

Samuels J, Aksentijevich I, Torosyan Y, Centola M, Deng Z, Sood R and Kastner L Daniel Familial Mediterranean Fever at the Millennium Clinical Spectrum, Ancient Mutations, and a Survey of 100 American Referrals to the National Institutes of Health Medicine 1998;77:268-97.

Seven, M.B. (2016). Gazi Üniversitesi Hastanesi Çocuk Nefroloji Ve Romatoloji Bilim Dalı'nda Takip Edilen Ailevi Akdeniz Ateşi (FMF) Hastalarındaki Fenotip - Genotip İlişkisinin Değerlendirilmesi. Uzmanlık Tezi, Tıp Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara.

Sohar E, Gafni J, Pras M, Heller H (1967) Familial Mediterranean fever A survey of 470 cases and review of literature Am J Med 1967;43:227

Sohar Ezra, Gafni Joseph PM. Tel Hashomer criteria for the diagnosis of FMF. First International Conference on FMF. London and Tel Aviv: Freund Publishing House, 1997:207.

Şen, Z., 2001. Bulanık Mantık ve Modelleme İlkeleri, Bilge Yayıncılık, İstanbul.

Takagi, T. and Sugeno, M. Fuzzy Identification of Systems and Its Application to Modeling and Control. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-15, (1985) 116-132.

Tekin, M., 1996, Üretim Yönetimi, Konya, Arı Ofset, p. 1,16.

Thakur, S., Raw, S. N., Mishra, P. ve Sharma, R., 2016, Detection of type of thalassemia disease in patients: A fuzzy logic approach, International Journal of Applied Pharmaceutical Sciences and Research, 1(2), 88-95.

Torres, A., & Nieto, J. J. (2006). Fuzzy Logic in Medicine and Bioinformatics. Journal of Biomedicine and Biotechnology, 1-7.

Torun, S., 2007, Koroner Kalp Hastalığı Riski Tanısı ve Tedavisi için Hiyerarşik Bir Bulanık Uzman Sistem Tasarımı, Selçuk Üniversitesi, Konya.

Tsukamoto, Y. “An approach to fuzzy reasoning method,” in Advances in Fuzzy Set Theory and Applications, Edited by M. M. Gupta, R. K. Ragade, and R. R. Yager, Amsterdam: North-Holland, 1979.

Yalçın, N., Bayrakdaroglu, A. ve Kahraman, C. (2012). Application of fuzzy multi-criteria decision making methods for financial performance evaluation of turkish manufacturing industries. Expert Systems with Applications, 39(1).350-364.

Yılmaz, A., 2012, Demir eksikliği anemisi teşhisi için bir bulanık uzman sistem tasarımı, Selçuk Üniversitesi, Konya.

Yücebaş, S. C., 2006, Bayes Ağı Tabanlı Tıbbi Teşhis Destek Sistemi, Başkent Üniversitesi, Ankara.

Zadeh, L.A. Fuzzy Sets, Information and Control, 8 (1965) 338–52.

Zimmermann, H. J. (2001). Fuzzy Set Theory and Its Applications. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

