

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI**

**ARACI BULANIK MANTIK YÖNTEMİ İLE
KALP HASTALIKLARININ TESPİTİ**

Zekariya Karakuş

**Danışman
Doç. Dr. Yücel KOÇYİĞİT**



MANİSA 2024

ZEKARİYA KARAKUŞ

ARACI BULANIK MANTIK YÖNTEMİ İLE KALP
HASTALIKLARININ TESPİTİ

2024

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Celal Bayar Üniversitesi Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü Elektrik Elektronik Anabilim Dalı'nda, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

ZEKARİYA KARAKUŞ



İÇİNDEKİLER

Sayfa

TAAHHÜTNAME	i
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
TABLO DİZİNİ.....	vii
TEŞEKKÜR	ix
ÖZET	1
ABSTRACT	3
1. GİRİŞ.....	5
2. GENEL BİLGİLER.....	7
2.1. KALP	7
2.2. EKG (Elektrokardiyografi)	8
2.2.1. EKG sinyalinin bize söyledikleri.....	9
2.3. Diyabet	10
2.4. Kolesterol	10
2.5. Kan Basıncı (Tansiyon).....	11
2.6. Göğüs Ağrısı	11
3. METOD VE YÖNTEMLER.....	11
3.1. FUZZY LOGİC (BULANIK MANTIK)	11
3.1.1. Neden Bulanık Mantık ?.....	11
3.1.2. Aracı Bulanık Mantık (Mediatif Fuzzy Logic - MFS)	18
3.1.3. MFS'ye Matematiksel Yaklaşım [5]	19
3.2. BULANIK MANTIK İLE KALP HASTALIKLARI BELİRLEME	26
3.2.1. Giriş Verileri.....	26
3.2.1.1. Yaş	27
3.2.1.2. Python'a Uyarlama :	29
3.2.1.3. Kapı Hızı / dakika:	30
3.2.1.4. EKG:	30
3.2.1.5. Kan Basıncı:.....	31
3.2.1.6. BMI:	32
3.2.1.7. Şeker:	32
3.2.1.8. Sigara:	33
3.2.1.9. Kurallar[4]:	34
3.2.1.10. Çıktılar:	35

3.3. SİSTEMİN TEST EDİLMESİ	36
3.3.1. Python ile Bulanık Mantık.....	37
3.3.2. Python ile EKG Analizi	41
3.3.3. Diğer Değerler	45
3.3.3.1. EKG ve Heartrate.....	45
3.3.3.2. Bloodpressure (Kan Basıncı)	46
3.3.3.3. BMI.....	47
3.3.3.4. Smoking (Sigara)	48
3.3.3.5. Cinsiyet	49
3.3.3.6. Göğüs Ağrısı	50
3.3.3.7. Egzersiz.....	50
3.3.4. Matlab (mamdani metodu) Kullanarak Analiz	53
3.4. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	55
3.5. ÖNERİLER	56
KAYNAKLAR.....	59

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

IFS	Intuitionistic Fuzzy Set (Sezgisel Bulanık Mantık)
MFS	Mediative Fuzzy Set (Aracı Bulanık Mantık)
R	Rule (Bulanık Kurallar)
TFS	Traditional Fuzzy Set (Geleneksel Bulanık Mantık)



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Kalbin Yapısı.....	8
Şekil 2.2 EKG Sinyali [13].....	8
Şekil 2.3. S-T Segment Depresyonu [13]	10
Şekil 3.1. Bulanık Küme ve Normal Küme [21]	12
Şekil 3.2. Geleneksel Bulanık Mantık Sistemi	13
Şekil 3.3. Kredi örneği Klasik Mantık Yaklaşımı	14
Şekil 3.4. Kredi örneği Bulanık Mantık Yaklaşımı	14
Şekil 3.5. Kredi örneği 660 a göre % dağılımı	15
Şekil 3.6. Kredi örneği 660 a göre risk yaklaşık %46	16
Şekil 3.8. Kredi örneği 660 a göre ağırlık merkezi hesaplama.....	17
Şekil 3.8. Örnek seneryonun şemaya uyarlanması	18
Şekil 3.9. Algoritma Şeması	21
Şekil 3.10. Sıcaklık üyelik fonksiyonları [20]	22
Şekil 3.11. Sıcaklık üyesizlik fonksiyonları [20]	22
Şekil 3.12. Fan hızı üyelik fonksiyonları [20]	24
Şekil 3.13. Fan hızı üyesizlik fonksiyonları [20]	24
Şekil 3.14. Fan hızı üyelik fonksiyonu sugenoya göre durulaştırma	25
Şekil 3.17. Yaş üyelik fonksiyonu [4]	27
Şekil 3.18. Yaş üyesizlik fonksiyonu [4].....	28
Şekil 3.19. Kalp Hızı üyelik fonksiyonu [4].....	30
Şekil 3.20. Kalp Hızı üyesizlik fonksiyonu [4]	30
Şekil 3.21. EKG üyelik fonksiyonu [4]	30
Şekil 3.22. EKG üyesizlik fonksiyonu [4].....	31
Şekil 3.23. Kan Basıncı üyelik fonksiyonu [4].....	31

Şekil 3.24. Kan Basıncı üyelik fonksiyonu [4]	31
Şekil 3.25. BMI üyelik fonksiyonu	32
Şekil 3.26. BMI üyelik fonksiyonu	32
Şekil 3.27. Kan Şekeri üyelik fonksiyonu [4]	32
Şekil 3.28. Kan Şekeri üyelik fonksiyonu [4]	33
Şekil 3.29. Sigara üyelik fonksiyonu	33
Şekil 3.30. Sigara üyelik fonksiyonu	33
Şekil 3.31. Çıktı değerleri üyelik fonksiyonu [4]	36
Şekil 3.32. Çıktı değerleri üyelik fonksiyonu [4]	36
Şekil 3.32. 01911 numaralı hastanın yaş girdisine karşılık aktifleşen R31, R32 ve R33 çıktıları	40
Şekil 3.33. 01911 numaralı hastanın ekg sinyal analizi	41
Şekil 3.34. 02033 numaralı hastanın ekg sinyal analizi	42
Şekil 3.35 01911 numaralı hastanın EKG girdisine karşılık aktifleşen R19 ve R20 çıktıları	45
Şekil 3.36. 01911 numaralı hastanın Heartrate girdisine karşılık aktifleşen R24 çıktısı	46
Şekil 3.37. 01911 numaralı hastanın Bloodpressure girdisine karşılık aktifleşen R9 çıktısı	47
Şekil 3.38. 01911 numaralı hastanın BMI girdisine karşılık aktifleşen R37, R38, R39 ve R40 çıktıları	48
Şekil 3.40. Şekil 3.24 te ki kurallara göre TFS çıktısı	54

TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Normal EKG Aralıkları [14]	9
Tablo 3.1. Giriş Değerleri.....	15
Tablo 3.2. Kurallar.....	22
Tablo 3.3. Low Fan Speed MFS ve IFS çıktıları.....	25
Tablo 3.4. Zero Fan Speed MFS ve IFS çıktıları	26
Tablo 3.5. Giriş Verileri	26
Tablo 3.6. Kurallar.....	34
Tablo 3.7. Test için giriş değerleri.....	37
Tablo 3.8. 56 Yaş giriş değeri için 3 farklı Bulanık Mantığa göre çıktı değerleri	41
Tablo 3.9. 01911 Numaralı hastanın EKG analizi.....	42
Tablo 3.10. 02033 Numaralı hastanın EKG analizi.....	42
Tablo 3.11. 01911 numaralı hastanın EKG sonucunun 3 farklı Bulanık Mantığa göre çıktı değerleri.....	45
Tablo 3.12. 90 Kalp hızına girişi için 3 farklı Bulanık Mantığa göre çıktı değerleri	45
Tablo 3.13. 140 Kan basıncı giriş değeri için 3 farklı Bulanık Mantığa göre çıktı değerleri	46
Tablo 3.14. 32,41 BMI giriş değeri için 3 farklı Bulanık Mantığa göre çıktı değerleri	47
Tablo 3.15. Sigara true değeri için 3 farklı Bulanık Mantığa göre çıktı değerleri	48
Tablo 3.16. Cinsiyet Erkek değeri için 3 farklı Bulanık Mantığa göre çıktı değerleri.....	49
Tablo 3.17. Göğüs ağrısı Septomsuz değeri için 3 farklı Bulanık Mantığa göre çıktı değerleri.....	50
Tablo 3.18. Hasta 01911 Çıktılar	50
Tablo 3.19. Hasta 02033 Çıktılar	51
Tablo 3.20. Cleveland Dataset Sonuç 1	51
Tablo 3.21. Cleveland Dataset Sonuç 2.....	52

Tablo 3.22. Cleveland Dataset Sonuç 3.....	52
Tablo 3.23. Mamdani ve Sugeno Yöntemlerinin Üstünlükleri [19].....	53
Tablo 3.24. Matlab test için giriş değerleri.....	53
Tablo 3.25. 303 Hasta için çelişki matrisi (MFS).....	55
Tablo 3.26. 303 Hasta için çelişki matrisi (IFS).....	55
Tablo 3.27. 303 Hasta için çelişki matrisi (TFS).....	55
Tablo 3.28. 303 Hasta için eşik değer ekli çelişki matrisi (MFS)	57



TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında bana destek olan, bilgi ve deneyimlerini esirgemeyen değerli hocam Sayın Doç. Dr. Yücel Koçyiğit'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Onun rehberliği ve desteği olmasaydı, bu çalışmayı tamamlamak benim için oldukça zor olurdu.

Ayrıca, lisans üstü eğitimim süresince bana bilgi sağlayan ve yol gösteren, araştırmam ve gelişmem adına beni cesaretlendiren tüm hocalarıma teşekkür ederim. Onların değerli katkıları, çalışmamın kalitesini artırmıştır.

Tez sürecim boyunca manevi desteklerini hiç eksik etmeyen, sabır ve anlayışla yanımda olan aileme ve dostlarıma da sonsuz teşekkür ederim.

Son olarak, bu çalışmaya ilham kaynağı olan ve bilime katkıda bulunmam için beni motive eden herkese minnettarlığımı ifade etmek isterim.

Teşekkürlerimle,

ZEKARİYA KARAKUŞ
Manisa, 2024

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Aracı Bulanık Mantık Yöntemi İle Kalp Hastalıklarının Tespiti

Zekariya Karakuş

Celal Bayar Üniversitesi

Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü

Elektrik Elektronik Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Yücel KOÇYİĞİT

Mobil internetin hızlanması ile birlikte, uzaktan takip, uzaktan kontrol ve yapay zekâ sistemleri hayatımızın her yerinde sıklıkla karşımıza çıkmaya başladı. Her alanda olduğu gibi tıp alanında da oldukça fazla çalışmalar yapılarak bu hususta makaleler ve tezler yazılmıştır. Dünya genelinde, yaklaşık beş binden fazla, bu alanda, makale, tez, seminer ve yayınlanmamış eser bulunmaktadır. Gerek insanların hayatlarını kolaylaştırılması ve gerekse hastane giderlerinin düşürülmesi adına bu çalışmalar oldukça önem arz etmektedir. Arıca hükümetler, bu tür çalışmaları, bellerini büken sağlık giderlerinin, bu tür çalışmalarla ciddi oranlarda düşeceğine inandıkları için, teşvik edip desteklemektedirler. Mobil hasta takip sistemlerini cazip kılan diğer sebepler ise maliyetlerinin düşük, kullanımlarının kolay ve sağlık açısından neredeyse hiç bir sakıncalarının olmamasıdır. Bu sistemler, günümüzde henüz kullanılmaya başlanmış olmasa da, bu konuda yapılan çalışmaların yaygınlığı, hükümetlerin ciddi manada desteklemeleri ve AR-GE çalışmalarının yoğunlaşması, gelecekte bu sistemlerin yaygın olarak kullanılacağını göstermektedir.

Bu tez çalışmamızda yapacağımız Bulanık Mantık ile kalp hastalığı tespiti ve Mobil EKG takip sistemi, bu alanda yapılan çalışmalara az da olsa katkı sağlayacağı ümidindeyiz. Artık hayatımızın bir parçası olan akıllı telefonun, Bulanık Mantık algoritmasının ki özellikle son zamanlarda ortaya çıkan ve tıp alanında başarılı olduğu düşünülen Mediadive

Bulanık Mantık algoritmasının, kablosuz veri iletiminin, biyo sensörlerin ve ayrıca biyo verilerin depolanacağı bir veri tabanının birlikte kullanılacağı bir çalışma olacaktır.

Bu çalışma ile;

- Kalp ve dolaşım bozuklukları adına hasta veya sağlıklı insanlardan (Projede kullanılacak EKG verileri için hasta veri tabanlarından yararlanılacaktır.) , sensorlar yardımı ile, alınacak veriler yapay zeka algoritmalarından bulanık mantık ile anında değerlendirilip kişinin sağlıklı olup olmadığı veya hastalığının hangi seviyede olduğu tespit edilecek. [1-6]
- Bulanık mantığın kalp hastalığı teşhisinde işe yarayıp yaramayacağını veya bu alanda ne kadar başarı sağlayacağını tespit etmeye çalışacağız. [4-8]
- Son zamanlarda ortaya atılan Mediative Fuzzy Logic sisteminin[7-8], Normal Fuzzy Logic sistemi karşısında ne kadar başarılı veya gerçekten başarılı olup olmadığının tespiti yapılacak.

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

Heart Diseases Detection with Mediative Fuzzy Logic Method

Zekariya Karkuş

Manisa Celal Bayar University

Graduate School of Applied and Natural Sciences

Department of Electrical and Electronics Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Yucel KOCYIGIT

With the acceleration of mobile internet, remote monitoring, remote control and artificial intelligence systems have started to appear in every part of our life. As in every field, many studies have been carried out in the field of medicine, and articles and theses have been written on this subject. Worldwide, there are more than five thousand articles, theses, seminars and unpublished works in this field. These studies are very important in terms of both facilitating people's lives and reducing hospital expenses. Also, governments encourage and support this kind of work, as they believe that the health expenses that make them cringe will decrease significantly with this kind of work. Other reasons that make mobile patient tracking systems attractive are that they are low in cost, easy to use, and have almost no health problems. Although these systems have not yet been used today, the prevalence of studies on this subject, the serious support of governments and the intensification of R&D studies show that these systems will be widely used in the future.

We hope that the heart disease detection and Mobile ECG tracking system with Fuzzy Logic, which we will do in this thesis, will contribute to the studies in this field, albeit a little. It will be a study in which the smartphone, which is now a part of our lives, will be used together with the Fuzzy Logic algorithm, especially the Mediative Fuzzy Logic algorithm, which has emerged recently and is thought to be successful in the field of medicine, wireless data transmission, biosensors and also a database in which biodata will be stored.

With this Work;

- In the name of heart and circulatory disorders, the data to be obtained from sick or healthy people (patient databases will be used for the ECG data to be used in the project) will be evaluated instantly with the help of sensors, artificial intelligence algorithms with fuzzy logic, and it will be determined whether the person is healthy or at what level of the disease.
- We will try to determine whether fuzzy logic will work in the diagnosis of heart disease or how successful it will be in this field.
- It will be determined how successful or really successful the Mediative Fuzzy Logic system, which has been introduced recently, is against the Normal Fuzzy Logic system.

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, elektronik cihazlar hem küçülmüş hem de maliyetleri düşmüştür, bu da bu tür teknoloji ve cihazlara erişimi oldukça kolaylaştırmıştır. Artık insanlar, teknoloji yardımıyla pek çok şeyi rahatlıkla yapabilir hale gelmiştir. Önceden tespit edilmiş ihtiyaçlara, gelişen teknolojilerle çözüm arayışları geliştirilmiştir. Özellikle yapay zeka teknolojisinin ilerlemesiyle, programlar pek çok şeyi insanlar adına yapabilme yeteneği kazanmıştır.

Giyilebilir teknolojiler, bu gelişmelerin önemli bir parçası haline gelmiştir. Hızla gelişim gösteren bu teknoloji, sıradan günlük aktivitelerden özel uygulamalara kadar birçok alanda yaygınlaşmıştır. Askeri alandan sağlık hizmetlerine, bitki ve hayvan takibine kadar giyilebilir teknolojiler tercih edilen çözümlerden biri olmuştur. Bu alanda, dünya genelindeki üniversitelerde birçok makale ve tez yazılmış; araştırma ve bilimsel çalışmalar yürütülmüştür. Son yıllarda yapılan bazı önemli çalışmalar şunlardır;

Urdu Üniversitesinden Amir Mahmud ve ark. (2017) giyilebilir bir bio teknolojinin sağlık alanında uygulamasını gerçekleştirmişlerdir. Hastadan alınan EKG ve EMG (Kol ve Bacak kaslarından, ağırlık kaldırma aktivitesi esnasında alınan ölçümlerden) verileri PIC mikroişlemci yardımı ile toplanarak zigbee cihazı ile kablosuz olarak bilgisayara aktarımı yapılmıştır. Sistem için Windows, Mac ve Linux te ara yüz oluşturulmuştur. [1]

Amravati Üniversitesinden Wahane ve ark. (2016) EKG modülü vasıtasıyla hastadan alınan verileri ARM mikro kontrolör kullanılarak bluetooth ile bir android uyumlu cep telefonu üzerinden sunucuya gönderilmektedir. Bu sayede veriler doktorlar tarafından değerlendirilerek hastanın hasta hanede yatmadan kontrolü sağlanmaktadır.[2]

Malezya Teknoloji Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümünden Norsheila Fisal ve ark. (2008) kablosuz sensör ağları kullanılarak, evde takip edilecek hastalar için eş zamanlı EKG monitörü tasarlamışlardır. Evde, her odaya yerleştirilen kablosuz ağ düğümleri üzerinden hastadan alınan EKG sinyalleri, bir odada bulunan bilgisayara aktarılarak o bilgisayarda oluşturulan ara yüz yardımı ile kaydedilip analiz edilerek her hangi bir anormallik tespit edilmesi durumunda sistem uyarı vermektedir. Sensör düğümleri ve veri toplama kartında PIC18 cinsi mikro işlemci kullanılmıştır. Veri iletimi Zigbee ile kablosuz sağlanırken, bilgisayar ara yüzü ve analiz için Visual Basic 6.0 programı kullanılmıştır. Sistem denemesi, bir hasta simülatörü olan, DNI NEVADA INC cihazı kullanılarak yapılmıştır. [3]

Princeton Üniversitesi'nin bir projesi olan ZebraNet (2004), bu alanda atılmış önemli adımlardandır. ZebraNet, Mühendisler ve Biyologların birlikte çalıştığı devasa bir projedir. Sistem; Kenya da yaklaşık 400 kilometre karelik alanda, seçilen 50 Zebranın boyunlarına takılan ve içerisinde işlemci, GPS ve radyo alıcı – vericisi bulunan düşük güç tüketimli ağ cihazları ve bir baz istasyonundan oluşmaktadır. Bir ay boyunca her iki saatte 30 dakika gözlem yapılmıştır. Elde edilen veriler, Zebralar üzerinden baz istasyonuna aktarılmaktadır. Hayvanların davranışları, göçleri ve birbirleri ile veya diğer türlerle etkileşimleri takip edilmiştir. [11]

Harran Üniversitesinde Ahmet Çiftçi ve M. Fatih Tüysüz, akıllı bileklik kullanarak katılımcılardan nabız, adım, yatış ve kalkış zamanı gibi bilgileri 24 saat süreyle takip etmişlerdir. Elde edilen veriler katılımcıların demografik özellikleri açısından değerlendirilmiş ve anlamlı farklılıklar elde edilmiştir. [22]

İstanbul Şehir Üniversitesinden Alaa Eddin Alchalabi, DEHB hastalarına tanı koyabilmek için EEG temelli bir bilgisayar oyunu geliştirmiştir. Oyun esnasında hastadan alınan EEG verileri ile, hiper aktivite, dikkat eksikliği ve odaklanamama gibi problemler %96 gibi yüksek bir oranla tespit edebilmiş. [23]

Başka bir çalışmada, Düzce Üniversitesinden Gözde Tursun, tansiyon cihazından aldığı verileri Arduino cihaz üzerinden Bluetooth ile Android telefona aktararak, bulanık mantık yardımı ile kişilerin tansiyon hastası olup olmadıklarını tespit etmeye çalışmış ve çalışması %85 oranında bir sonuç vermiştir. [24]

Son olarak Sakarya Üniversitesinden Necip Fazıl Bilgin tarafından yapılan bir çalışmada da hastadan alınan vücut sıcaklığı, EKG, EMG (Bacak baldır kaslarından), solunum hızı, deri tepkisi, hasta pozisyonu gibi veriler Arduino cihazı üzerinden bir Akıllı telefona aktarımı yapıp ve ayrıca sunucuya kaydedilerek, bu sunucuya erişim yetkisi olan herkesin hastaların verilerine erişimi sağlanmaktadır. [25]

Elbette bu alanda yapılan çalışmalar yukarıda bahsedilenler ile sınırlı değildir. Daha bunlar gibi yüzlerce bilimsel çalışma, tez ve makale bu alanda yazılmış ve uygulaması yapılmıştır. Ticari aşamaya geçen çalışmalar istenilen düzeyde ve özellikte olmasa da yakın bir gelecekte her alanda kullanılmaya başlanacaktır.

Her ne kadar bu çalışmalar insanların hayatını kolaylaştırmayı amaçlasa da bazı sorunları da beraberinde getirmektedir. Yüksek veri yoğunluğu ile birlikte depolama sorunları, bilgisayar (özellikle yapay zeka işlemlerinde) ve internet hızlarının henüz istenilen

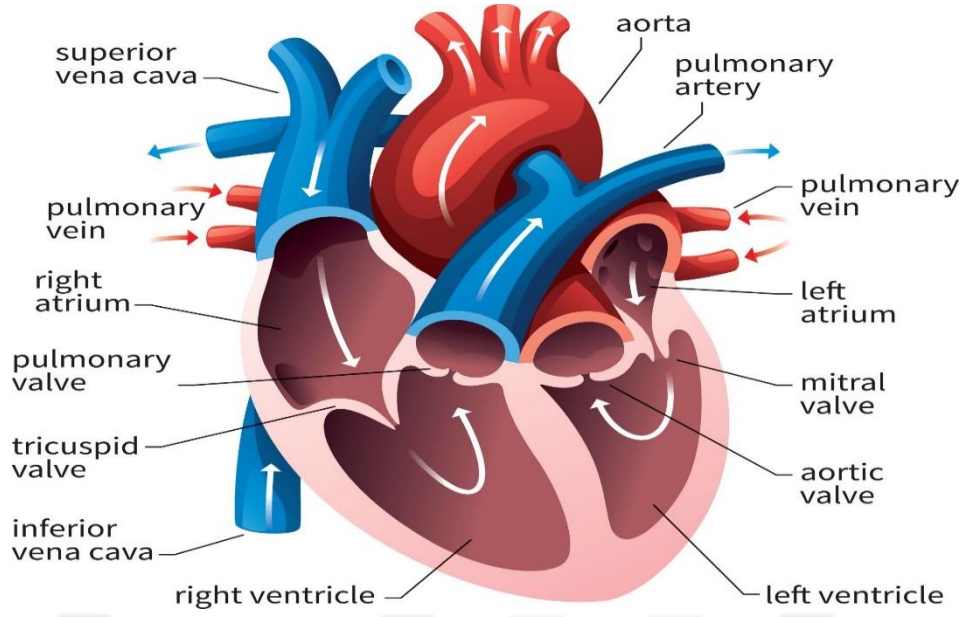
düzeyde olmaması, cihaz ve bilgi güvenliği, kişisel hak ve özgürlüklerin kısıtlanması, sağlık açısından uygunluk (örneğin radyasyon oranı) gibi çeşitli endişeler ortaya çıkmaktadır.

Bizim yaptığımız bu çalışma ile hem bu alandaki çalışmalara katkı sağlamayı hem de kalp hastalarının uzaktan takibinin mümkün olup olmadığını incelemeyi amaçlıyoruz. Bununla birlikte, sağlıklı bir değerlendirme için hastadan hangi verilerin (EKG, nabız, şeker, tansiyon vs.) alınması gerektiğini de analiz edeceğiz. Etik kurallar gereği, gerçek bir hasta yerine, internette paylaşımına sunulan hasta veri tabanlarından yararlanılmıştır. Ayrıca, bu çalışmayı bir yapay zeka türü olan ve son zamanlarda üzerinde sıklıkla çalışılan bulanık mantık çeşitlerinin birbirlerine olan üstünlüklerini değerlendirmek için de kullanacağız. Bugüne kadar yapılan çalışmalarda, her ne kadar bulanık mantık türlerinin üstünlükleri belirli alanlara yönelik araştırmalarda tek tek gösterilmeye ve ispatlanmaya çalışılmış olsa da, bu çalışmada üç farklı bulanık mantık türü kullanılarak hangisinin daha uygun olacağı ortaya konacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. KALP

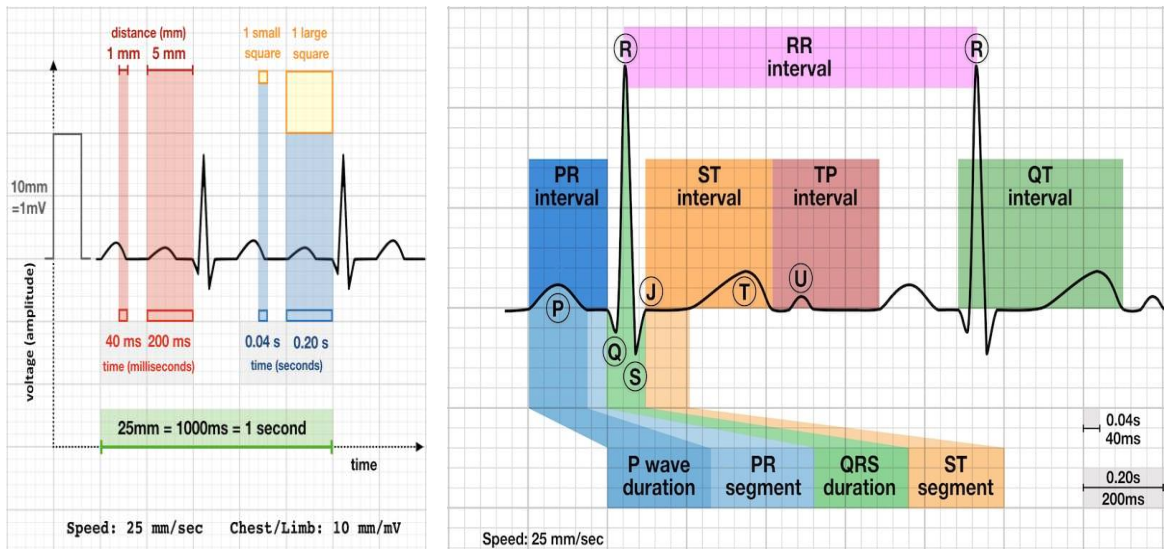
Kalp; sağ ve sol kaburga kemiklerini bir arada tutan göğüs kafesi kemiğinin arkasında diyaframın üstünde, iki ak ciğerin arasında bulunan ve perikard adı verilen bir zar ile çevrili hayati organımızdır. İki altta ikisi de üstte olmak üzere dört odacıktan oluşur. Kirli kanı ak ciğerlere, temiz kanı ise vucuda pompalar. [12]



Şekil 2.1. Kalbin Yapısı

2.2. EKG (Elektrokardiyografi)

EKG; kalp kasının ve iletim sisteminin çalışmasını incelemek için kalbin elektriksel faaliyetinin kaydedilmesi işlemidir. Ağrısız, zahmetsiz, hızlı ve ucuz bir işlemdir. EKG cihazlarının küçük ve taşınabilir ve ucuz olması nedeni ile Ambulanslar dahil tüm sağlık kuruluşlarında bulunur. Doktorların, kalple ilgili sorunları tespit etmek için başvurduğu ilk yöntemdir. 1 – 2 dakika içerisinde sonuç alınır ve kalbin sağlığı hakkında önemli bilgiler verir. [13]



Şekil 2.2 EKG Sinyali [13]

2.2.1. EKG sinyalinin bize söyledikleri

Dakikadaki Kalp atım hızı (BPM : Beats Per Minute)

Bir küçük kare = 0,04 saniye

Bir büyük kare = 5 Küçük kare = 0,2 saniye

5 Büyük kare = 25 Küçük kare = 1 saniye

300 Büyük kare = 1500 Küçük kare = 60 saniye

Dakikada ki kalp hızı hesaplanırken,

$BPM = 300 / (\text{iki R tepesi arasında ki büyük kare sayısı})$ veya

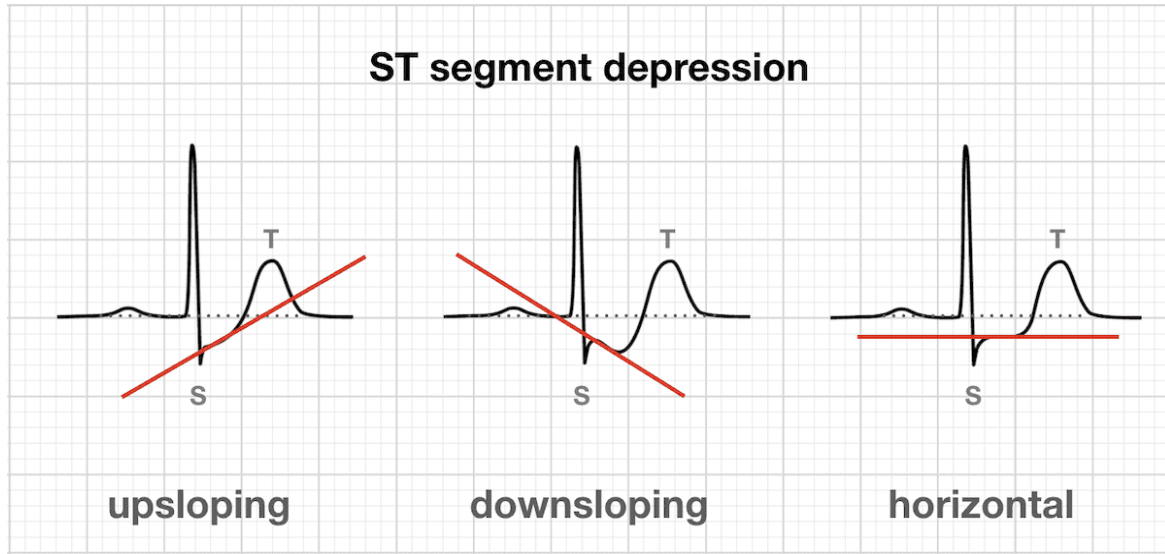
$BPM = 1500 / (\text{iki R tepesi arasında ki küçük kare sayısı})$ şeklinde sadece bu kısa sinyalden kalp atım hızı tahmin edilebilir. [13]

Tablo 2.1. Normal EKG Aralıkları [14]

Kalp Atım Hızı (1 Dakikada)	60 – 100 adet
PR Aralığı (saniye)	0.12 – 0.20 s
QRS Aralığı (saniye)	≤ 0.12 s
QT Aralığı (saniye)	Erkek: < 40 s Kadın: < 44 s
P Dalgası Genliği (II Bölgesinde)	≤ 3 mV (mm)
P Dalgası Terminali Negatif Sapma (V1)	≤ 1 mV (mm)
Q Dalgası	< 0.04 s (1 mm) (R dalgasının 1/3 ü kadar)

S-T Segment Yükselmesi veya Düşmesi (Depresyonu)

S-T Segment anormaliliğinin (yükselmesi veya depresyonu) en önemli sebebi miyokard iskemisi veya enfarktüsüdür. Bunlar dışında, hipertropi ve bazı bloklarda S-T anormaliliğine sebep olabilir. Genliği, pozitif yönde, 1 mm ve S-T segment uzunluğu 0.1 saniyeden büyük ve genliği, negatif yönde 0.5 mm genlik değerinin iki komşu bölgede tespit edilen S-T anormalikleri, yüksek olasılıkla, ciddi bir soruna işaret etmektedirler.



Şekil 2.3. S-T Segment Depresyonu [13]

Ventriküler Hipertrofi

Ventriküler Hipertrofiyi EKG kriterleri ile tespit etmek zordur. Çünkü hata payı yaklaşık %50 dir. Bununla birlikte kriterler belirgindir (sadece belirli bölgelerden alınan ölçümler değerlendirilir). Eğer >90 ise büyük olasılıkla Hipertrofidir. Sağ ve Sol olmak üzere iki çeşit Ventriküler Hipertrofi vardır. Her ikisinin de kendine özgü kriterleri vardır. Bizim yapacağımız değerlendirmede kriterlerimiz (Sol Ventriküler Hipertrofi için); R veya S ≥ 20 mm veya R ≥ 30 V5 bölgesinde, ST-T anormalisi varlığı, QRS süresinin 0.09 saniye olması. [15]

2.3. Diyabet

Pankreas adlı sargı bezinin yeterince insülin hormonu üretememesi veya üretilen insülinin etkili bir şekilde kullanılamaması durumunda gelişen ve halk arasında şeker hastalığı olarak da bilinen ve bu güne kadar kalıcı bir tedavisi olmayan bir hastalıktır. Kontrol altına alınmaması durumunda vücudun değişik bölgelerinde kalıcı hasarlara sebep olabilir.

2.4. Kolesterol

Kan içerisinde bulunan ve bütün hücreler tarafından, hücre zarlarının yapısında, bazı hormonların üretilmesinde ve D vitamini üretiminde kullanmak için, üretilen mumsu yapıya

sahip bir yağ türüdür. LDL ve HDL adında iki farklı türü vardır. Kanda belirli bir değerin üzerinde bulunması halinde vücuda zararlı hale gelebilmektedir.

2.5. Kan Basıncı (Tansiyon)

Kalbin kasılması ve gevşemesi esnasında damarlarda oluşan basınca Kan Basıncı veya bilinen adıyla Tansiyon denir. Kalbin kasılması esnasında damarlarda oluşan basınca Sistolik Basınç veya Büyük Kan Basıncı (Büyük Tansiyon), kalbin gevşemesi esnasında damarlarda oluşan basınca ise Diastolik Basınç veya Küçük Kan Basıncı (Küçük Tansiyon) denir. Yetişkinlerde normal değerler, büyük tansiyon için 110 – 140 mm civa, küçük tansiyon için ise 60 – 90 mm civa aralıklarındadır. Kan basıncının yüksek seyretmesi durumunda, önlem alınmadığı takdirde, felç dahil ciddi sorunlar ortaya çıkabilir.

2.6. Göğüs Ağrısı

Doğrudan kalp kaynaklı olabilecek ağrılara tipik ağrılar denir ki bunlar belirli bir efor veya sitres durumunda ortaya çıkıp istirahat ve sükunet halinde görülmeyen ağrılardır. Atipik ağrılar ise istirahat anında ortaya çıkıp belirli bir süre sonra kaybolan ağrılardır. Belirli bir ortaya çıkma durumu ve zamanı olmayan ağrılarda vardır ki bunların kalp ile ilgili olması düşük olasılıklıdır.

3. METOD VE YÖNTEMLER

3.1. FUZZY LOGİC (BULANIK MANTIK)

3.1.1. Neden Bulanık Mantık ?

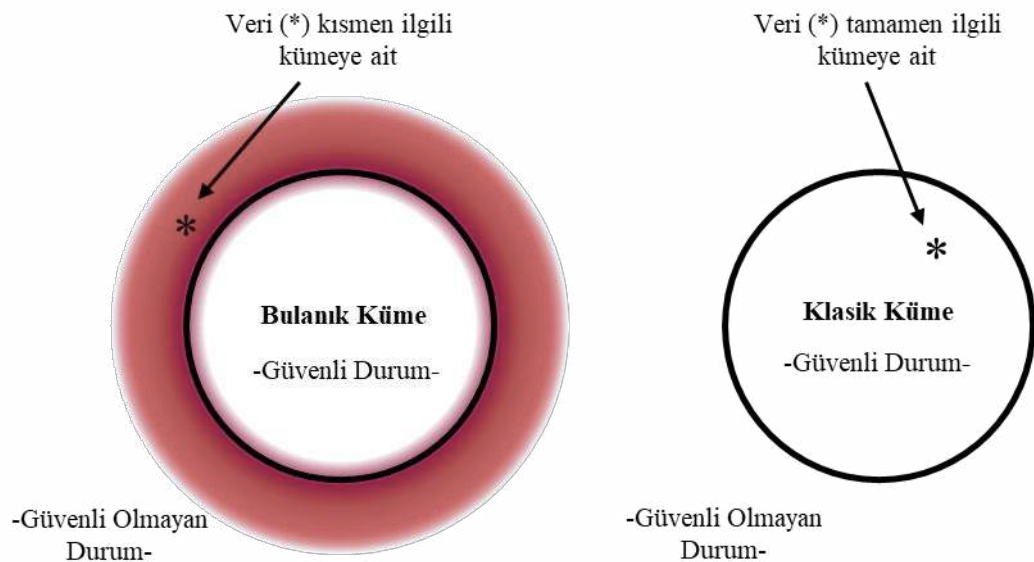
Bulanık mantık, aynı değişken için birden fazla olası doğruluk değerinin işlenmesine olanak tanıyan bir değişken işleme yaklaşımıdır. Bu sistem, açık ve kesin olmayan verileri kullanarak, sezgisel bir spektrum aracılığıyla bir dizi doğru sonuca ulaşmayı sağlar ve bu sayede çeşitli sorunları çözmeye çalışır.

Bulanık mantık, tüm mevcut bilgileri göz önünde bulundurarak ve bir girdi verildiğinde en iyi kararı vererek sorunları çözmek için tasarlanmıştır. Örneğin, havanın

sıcaklığına göre çalışacak bir makine tasarlamak istediğimizi düşünelim; bu bir klima olsun. Bu makinenin belirli kurallara göre kendi kendine açılıp kapanması, sıcak veya soğuk çalışması için bulanık mantık sisteminden yararlanalım. Yani, bizim herhangi bir müdahalemiz olmadan otomatik olarak çalışsın.

Bu durumda, klasik bilgisayar mantığına göre programa kesin değerler tanımlamanız gerekir. Örneğin, 23 derecenin altını soğuk, 23-33 derece arasını normal, 33 derece üzerini ise sıcak hava olarak belirtebilirsiniz. Ancak, gerçek dünyada bu tür kesin tanımlar genellikle yetersiz kalır ve hatalı sonuçlar doğurabilir. Çünkü sıcaklık ve soğukluk tek bir değere indirgenemeyecek kadar karmaşıktır. Örneğin, soğuk hava "dondurucu soğuk", "soğuk", "çok serin", "serin", "hafif ısıran soğuk" gibi farklı derecelere ayrılabilir. Bu elemanlardan bazıları, belirli koşullarda normal hava sıcaklığı aralığında da bulunabilir. Gerçek dünyada, bir eleman aynı anda birden fazla kümeye ait olabilir ve bu kümelere aitlik dereceleri bulunur. Örneğin, "serin" sıcaklık, sıcak hava grubuna da az da olsa bir aitlik derecesine sahip olabilir.

Bulanık mantık, belirsiz ve değişken durumlarda sağduyulu kararlar verebilmesi için bilgisayarlara ve makinelerine yardımcı olan bir yapay zeka türüdür. Nitelikler ne kadar fazla olursa, sistemin doğruluk derecesi o kadar artar. Örneğin, sıcaklık niteliğinin yanı sıra aylar da hesaba katıldığında doğruluk oranı yükselir. Ocak ayındaki 22 derece ile Temmuz ayındaki 22 derece aynı değerlilik düzeyine sahip değildir.

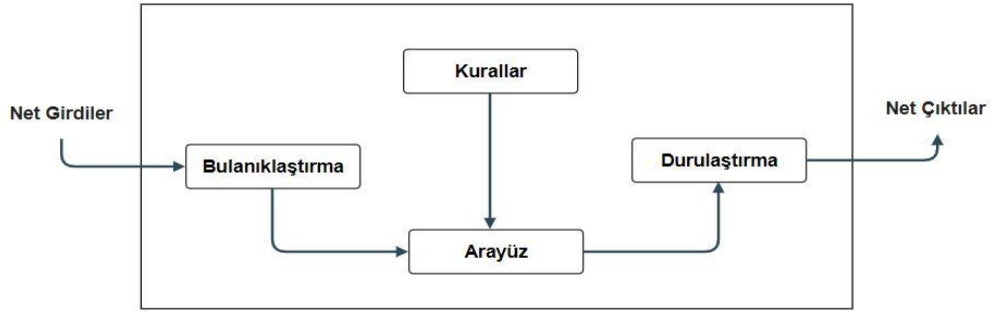


Şekil 3.1. Bulanık Küme ve Normal Küme [21]

Bulanık mantıkla ilgili pek çok uygulama geliştirilmiş ve bu konuda birçok makale yazılmıştır. Günümüzde, farklı alanlarda kullanılarak oldukça başarılı sonuçlar elde

edilmektedir. Mühendislik, fizik, ekonomi, biyoloji ve tıp gibi birçok alanda bulanık mantık sistemleri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Gerçek hayattaki bazı kullanım örnekleri ise şunlardır:

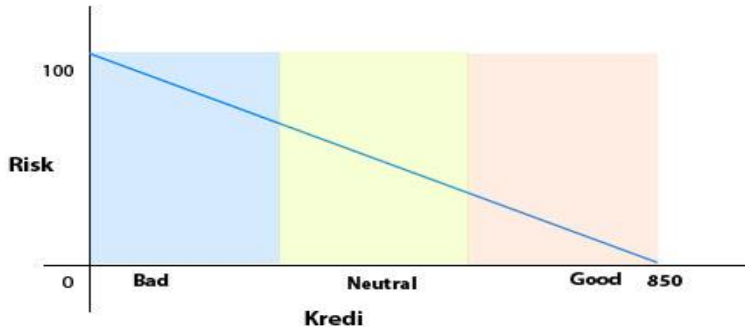
1. Stok kontrol ve dökümanların arşivlenmesi işlemleri (Mitsubishi)
2. Metro trenlerinin hızlanma ve yavaşlama işlemleri (Hitachi)
3. Kameralarda odaklanma (Canon, Minolta)
4. El yazısı ve ses algılama (Sony, CSK, Hitachi, Ricoh)
5. Deprem tahmin sistemi (Japonya)
6. Araç motorlarının kontrolü (Nissan)
7. Kanser araştırma ve teşhisi (Kawasaki Medical School)



Şekil 3.2. Geleneksel Bulanık Mantık Sistemi

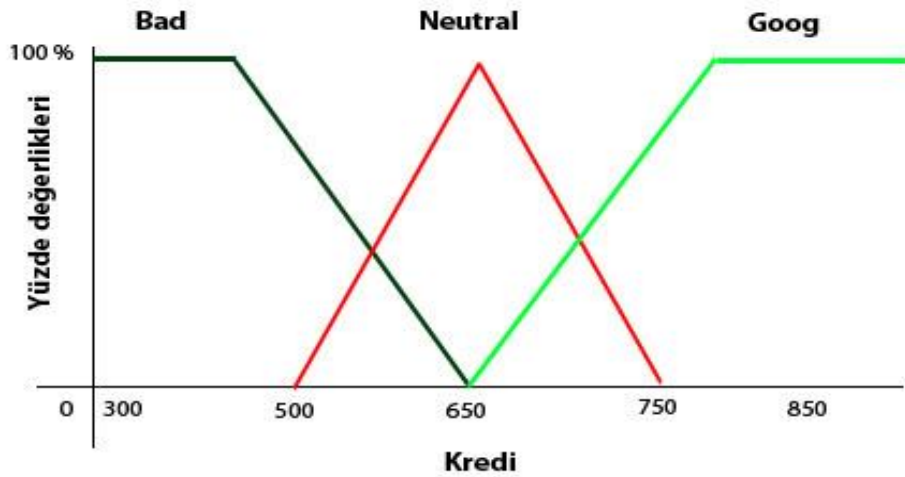
Bir bulanık mantık sisteminde (Şekil 3.2), ilk olarak giriş verileri toplanarak gerekli veri seti oluşturulur. Ardından, üyelik fonksiyonları kullanılarak bu veriler bulanıklaştırılır. Sonrasında, belirli bir dizi kurala dayanarak bulanık bir çıktı elde edilir. Elde edilen bu bulanık çıktı, durulaştırma adımıyla yine üyelik fonksiyonları yardımıyla net bir çıktıya dönüştürülür.

Örnek Senaryo[19]: Bir banka, bulanık mantık kullanarak kredi başvurusu yapanları, derecelerine göre değerlendirmek istiyor. Başvuru yapanlar, Bad, Neutral ve Good şeklinde 3 kategoriye ayrılarak değerlendirilecek.



Şekil 3.3. Kredi örneği Klasik Mantık Yaklaşımı

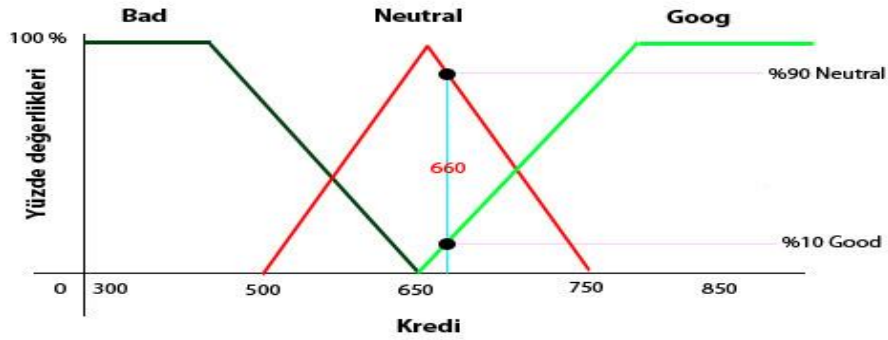
Şekil 3.3. te de görüldüğü gibi, klasik mantık modeli, hataya açık ve gerçeğe yakın bir değerlendirme yapmaktan oldukça uzaktır. Mesela, Neutral değerinde, Bad'a yakın ve Good'a yakın olan kişiler aynı değerlendirme derecesine sahip olacaklar veya küçük bir değerin değişmesiyle bölgeler değişecektir. Bu ise adaletsiz ve gerçekten çok uzak bir değerlendirme yöntemidir ki, doğrusal olduğu için 660 kredi puanında risk yaklaşık %34 çıkar.



Şekil 3.4. Kredi örneği Bulanık Mantık Yaklaşımı

Şekil 3.4. te ki bulanık mantık sisteminde ise sadece doğru ve yanlıştan oluşan bir kesinlik söz konusu değildir. Bir bölge diğer bir bölgenin içerisinde belirli bir oranda

olabilir. Böylece bir bölge içerisinde ki bir birine uzak iki noktanın kredi değerlendirmesi gerçeğe daha yakın olacaktır. En nihayetinde centroid (oluşan şeklin ağırlık merkezi) yöntemiyle sonuca ulaşılır. Yine kredi puanı 660 a göre hesaplama yapalım.



Şekil 3.5. Kredi örneği 660 a göre % dağılımı

Görüleceği üzere (Şekil 3.5), 660 kredi puanında %10 Good ve % 90 Neutral bölgelerde. Buna göre bulanıklaştırma (Fuzzification) işlemi sonrasında bulanık değerler $[0, 0.9, 0.1]$ şeklinde olacaktır. Bu işlemlere göre kuralları belirlersek **(bu kurallar, eğer belirli bir bilinen değerleri yoksa yani konu hakkında herhangi bir bilgiye sahip değilsek, bu konunun uzmanları veya bununla ilgili bir veri seti varsa onlardan istifade ederek kuralları oluştururuz. Aksi taktirde konuya hakim olmadan bu kuralların oluşturulması çok zordur);**

Tablo 3.1. Giriş Değerleri

If Good kredi Then düşük düzeyde riskli
If Neutral kredi Then orta seviye riskli
If Bad kredi Then yüksek seviye riskli

Not: Dört çeşit çıktı hesaplama yöntemi vardır fakat biz bu örnekte bunlardan sadece iki tanesini kullanacağız;

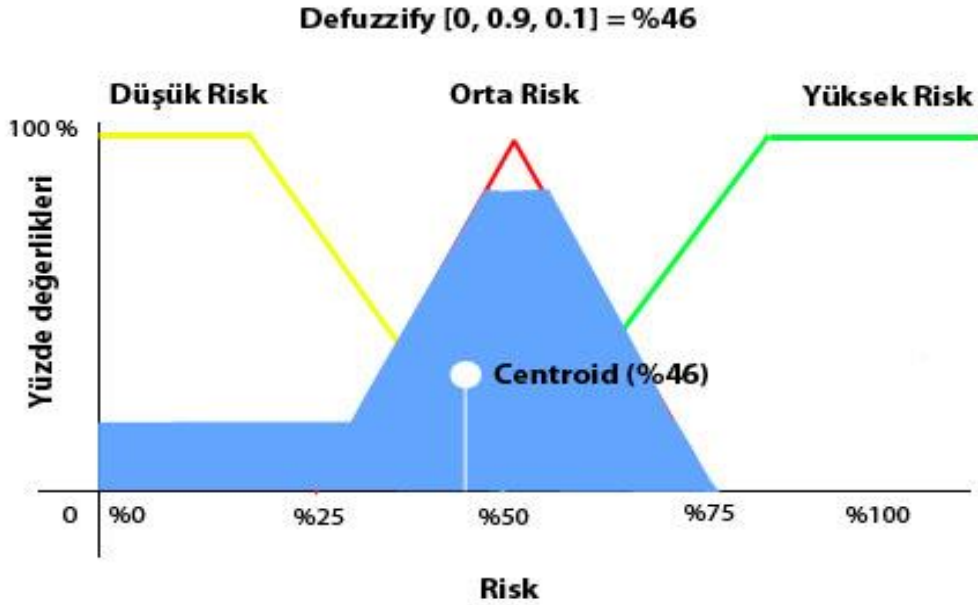
1. Maksimum üyelik prensibi (Maximum üyelik)

2. Centroid metodu

3. Ağırlıklı ortalama metodu (Weighted average)

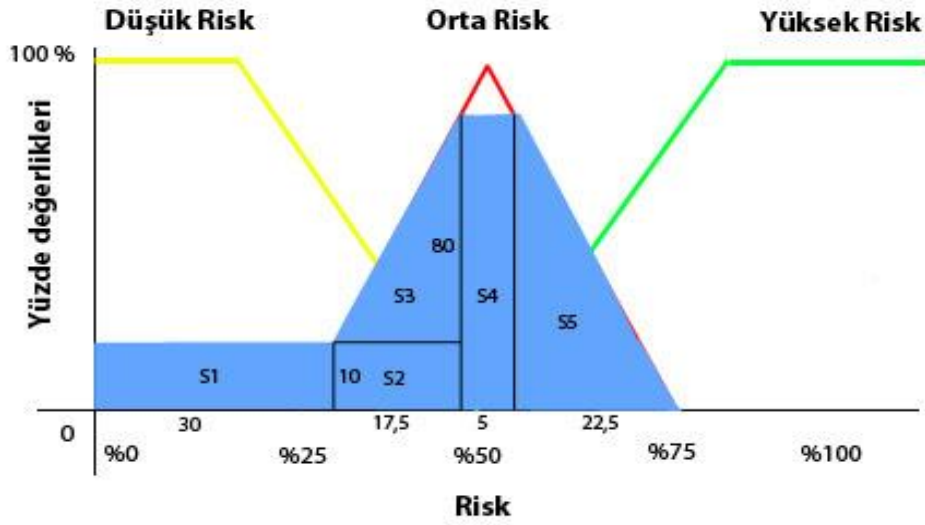
4. Mean max method (middle of maximum)

Bu sonuçlar ve kurallara göre durlaştırma (Defuzzification) işlemi yapılırsa, sonuç Şekil 3.6. da ki gibi olacaktır.



Şekil 3.6. Kredi örneği 660 a göre risk yaklaşık %46

Üyelik fonksiyonlarının pek çok farklı şekli vardır. Bunlardan en çok kullanılanlar, üçgen, yamuk ve Gauss fonksiyonlarıdır. Bizim örneğimiz yalnızca üçgen ve yamuk şekillerinden oluşmaktadır; Gauss biçimli bir fonksiyon bulunmamaktadır. Ağırlık merkezini hesaplarken alanlara ve apsiz noktalarına ihtiyaç duyacağız. Bu hesaplama, (0,0) noktasına göre yapılacaktır. Ancak, hesaplamaların daha kolay gerçekleştirilebilmesi için şeklimizi üçgen ve dikdörtgenlere ayırmamız gerekecektir. (Şekil 3.7.)

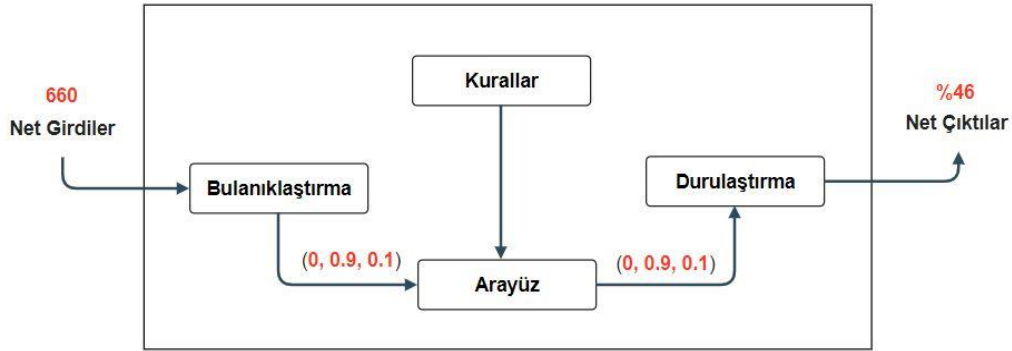


Şekil 3.8. Kredi örneği 660 a göre ağırlık merkezi hesaplama

Ağırlıklı ortalama metodu ile de hesaplayalım;

Küçük şeklin orta noktası (S1 alanında) 15 dir ki o da y ekseninde 0.1 e denk geliyor. Bu durumda $15 \times 0.1 = 1.5$ bulunur. Büyük şeklin orta noktası (S4 alanında) 50 dir, onunda y eksenindeki karşılığı 0.9 eder ve $50 \times 0.9 = 45$ bulunur. İkisinin toplamı 46.5 eder ve y değerleri toplamı ise 1 edeceğinden dolayı sonuç $46.5 / 1 = 46.5$ bulunur. Görüldüğü gibi her iki metod da neredeyse birbirine eşit çıktı üretti.

Klasik mantıkta risk yaklaşık %34 çıkarken, bulanık mantıkta risk yaklaşık %46 çıkmaktadır. Buna göre Şekil 3.2. de ki değerleri yerlerine yazarsak bir bulanık mantık sistemini kısaca açıklamış oluruz ve sonuç Şekil 3.8. de ki gibi olacaktır.



Şekil 3.8. Örnek seneryonun şemaya uyarlanması

3.1.2. Aracı Bulanık Mantık (Mediatif Fuzzy Logic - MFS)

Bulanık Mantık, insana özgü düşünme ve akıl yürütme yeteneklerini matematiksel bir teoriye dönüştürerek, bilgiye ait belirsizlikleri yakalamayı amaçlar. Geleneksel yaklaşımlar, bulanık kavramların anlamını yeterince temsil edemezler. Düz mantığa dayalı sistemler, sağduyulu ve esnek bir bilgi temsilinden oldukça uzaktır ve doğası gereği kesinlik sağlamazlar [4].

Belirsizlik, farklı şekillerde ortaya çıkabilir ve karar vermeyi zorlaştırabilir. Örneğin, bilgi eksik, parça parça, çelişkili, güvenilmez, belirsiz veya başka şekillerde anlaşılması güç olabilir. Bu tür belirsizlikler, Geleneksel Bulanık Mantık (TFS) [26,27] ve Sezgisel Bulanık Mantık (IFS) [28,29] kullanılarak ele alınabilir. IFS, pek çok sorunun üstesinden gelmede etkili olsa da, bilgilerin farklı kaynaklardan gelmesi ve zamanla değişime uğraması—örneğin çelişkili olmayan bilgilerin çelişkili hale gelmesi—durumunda bu iki yaklaşım yetersiz kalabilir.

Bu tür zorlukların üstesinden gelmek ve çelişkili ya da tereddüt içeren bilgileri yönetebilmek için Montiel ve diğerleri tarafından geliştirilen MFS sistemi sunulmuştur. MFS, yeni bir yaklaşım ve mantık kuralları içeren bir bulanık mantık çeşididir [30]. Çelişkilerin ortaya çıktığı durumlarda etkili çözümler sunduğu ve tutarsızlıklarla başa çıkabildiği savunulmaktadır [18].

3.1.3. MFS'ye Matematiksel Yaklaşım [5]

A, X'e bağlı elemanlardan oluşan Sezgisel bir bulanık küme olsun (IFS);

$$A = \{(x, \mu_A(x), \nu_A(x)) / x \in X\} \text{ ve } \mu_A, \nu_A : X \rightarrow [0, 1],$$

$$0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1 \quad \forall x \in X. \text{ koşulunu sağlayacak şekilde } A \text{ kümesi tanımlanır.}$$

Burada μ_A ve ν_A , x'in A'ya sırasıyla üyelik (üyelik) ve üyesizlik (üyesizlik) derecelerini ifade ederler ve bu şarta göre, $A = \{(x, \mu_A(x), 1 - \mu_A(x)), x \in X\}$ şeklinde ki sezgisel bulanık kümeye (IFS) karşılık gelir.

Ayrıca IFS, TFS'den farklı olarak üyesizlik (non-membership) fonksiyonu dışında X'te ki her sezgisel bulanık A kümesi için bir sezgisel bulanık indeksi de $\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x)$ şeklinde oluşturulur. Bu ifade A'da ki x'in sezgisel bulanık indeksi olarak adlandırılır ve $0 \leq \pi_A(x) \leq 1 \quad \forall x \in X$ şartını sağlar. Bu esasında iki fonksiyon (üyelik ve üyesizlik) arasında ki tereddüt derecesidir. Sonuç olarak, eğer bir sezgisel bulanık küme oluşturmak istiyorsanız bu üç fonksiyondan (üyelik, üyesizlik ve sezgisel bulanık indeksi) ikisini mutlaka kullanmak zorundasınız.

Sezgisel bulanık mantıkta, üyelik ve üyesizlik fonksiyonları Şekil 3.1.9'daki kurallara göre oluşturulur. Sezgisel bulanık çıkarım yapabilmek için, üyelik (μ) ve üyesizlik (ν) fonksiyonlarının birlikte çalışması gereklidir. Bu bağlamda, sezgisel bir bulanık mantığın çıktısı aşağıdaki formülle hesaplanabilir. Burada π , yukarıda tanımlanan sezgisel bulanık indeksidir. Eğer $\pi = 0$ alınırsa, sezgisel bulanık mantık, geleneksel bulanık mantığa indirgenir.

Dikkat edilmesi gereken bir diğer husus, Takagi-Sugeno (TS) durulaştırma formülünün kullanılacak olmasıdır. Bu nedenle, üyelik fonksiyonlarının sıfırdan büyük olması gereklidir. Sıfırdan farklı olduklarında kurallar aktif hale gelir; ancak, üyesizlik fonksiyonları tek başlarına kural etkinleştirme amacıyla kullanılmaz. Dolayısıyla sıfır olan değerlerde, üyesizlik fonksiyonları dikkate alınmaz. Örneğin, yukarıda belirtilen banka örneğinde, yüksek risk sıfır çıktığında, eğer bir üyesizlik fonksiyonu mevcut olsaydı, sıfırdan büyük olsa bile hesaba katılmazdı.

$$IFS = (1 - \pi) * FS_{\mu} + \pi * FS_{\nu} \quad (3.1)$$

$$A = \{(x, \mu_A(x), \nu_A(x)) / x \in X\} \text{ is given by} \quad (3.2)$$

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{if } x < a_1 \\ \frac{x-a_1}{a_2-a_1}, & \text{if } a_1 \leq x \leq a_2 \\ 1, & \text{if } a_2 \leq x \leq a_3 \\ \frac{x-a_4}{a_3-a_4}, & \text{if } a_3 \leq x \leq a_4 \\ 0, & \text{for } a_4 < x \end{cases} \quad \nu_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{if } x < b_1 \\ \frac{x-b_2}{b_1-b_2}, & \text{if } b_1 \leq x \leq b_2 \\ 0, & \text{if } b_2 \leq x \leq b_3 \\ \frac{x-b_3}{b_4-b_3}, & \text{if } b_3 \leq x \leq b_4 \\ 1, & \text{for } b_4 < x \end{cases}$$

Where $b_1, a_1, b_2, a_2, a_3, b_3, a_4, b_4 \in R$ and $b_1 \leq a_1 \leq b_2 \leq a_2 \leq a_3 \leq b_3 \leq a_4 \leq b_4$.

Sezgisel bulanıklık indeksi elde edilerek geleneksel bulanık mantığın çözemediği pekçok problemin üstesinden gelinmiş fakat IFS de belirli bir noktadan sonra yeterli gelmemiş olacak ki Montiel ve diğerleri tarafından MFS çözüm olarak önerilmiştir. Fonksiyonların, çelişkili değilken çelişkili duruma geçmesi ve zamanla değişen bilgilere karşılık olarak IFS'ye bir çelişki indeksi ($\zeta C(x) = \min(\mu_C(x), \nu_C(x))$) ekleyerek output için, Lukasiewicz tarafından da ifade edilen aşağıda ki çözümleri teklif etmişlerdir.

$$MFS = \left(1 - \pi - \frac{\zeta}{2}\right) * FS_{\mu} + \left(\pi + \frac{\zeta}{2}\right) * FS_{\nu} \longrightarrow \boxed{\text{Tercih edilen}} \quad (3.3)$$

$$MFS = \min\left((1 - \pi) * FS_{\mu} + \pi * FS_{\nu}, 1 - \frac{\zeta}{2}\right) \quad (3.4)$$

$$MFS = ((1 - \pi) * FS_{\mu} + \pi * FS_{\nu}) * \left(1 - \frac{\zeta}{2}\right). \quad (3.5)$$

Dikkat edilirse burada çelişki indeksi $\zeta = 0$ olursa MFS, IFS'ye indirgenmiş olacaktır. Yukarıdakilerin üçü de çözümdür ancak en çok tercih edilen ilk sırada ki çözümdür.

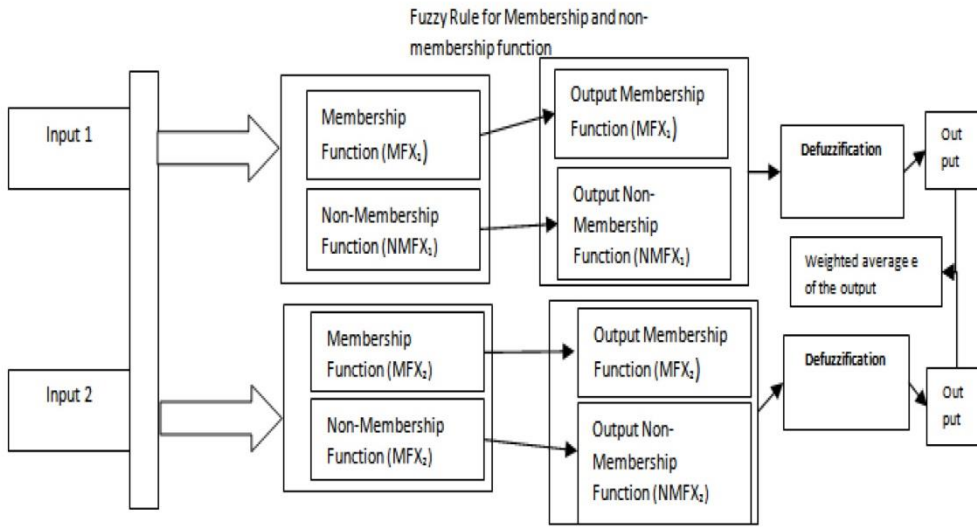
Bu sistem için tavsiye edilen algoritma:

1. Bir girdi alınarak üyelik ve üyesizlik fonksiyonları oluşturulur.

2. Örnek bir değer ile fonksiyonlara denk gelen dereceler elde edilir.
3. Sezgisel bulanıklık ve çelişki indeksleri hesaplanır.
4. İlk üç adımda elde edilen veriler kullanılarak aşağıda ki hesaplamalar yapılır (burada hem IFS hemde MFS'ye göre hesaplamalar yapılacaktır. Normalde sadece MFS için yapılsada yeterli olacaktı fakat iki bulunık mantık farkı da örnekte gösterilmiştir. A ve B IFS, C ve D ise MFS hesabı içindir.).

$$A = (1 - \pi_x) \mu_x \quad B = \pi_x \nu_x \quad C = \left(1 - \pi - \frac{\zeta}{2}\right) \mu_x, \quad D = \left(\pi + \frac{\zeta}{2}\right) \nu_x \quad (3.6)$$

5. Dördüncü adımda elde edilen veriler Sugeno Durulaştırma yöntemi kullanılarak durulaştırılır.
6. Beşinci adımda elde edilen çıktılar toplanarak son çıktı elde edilir.

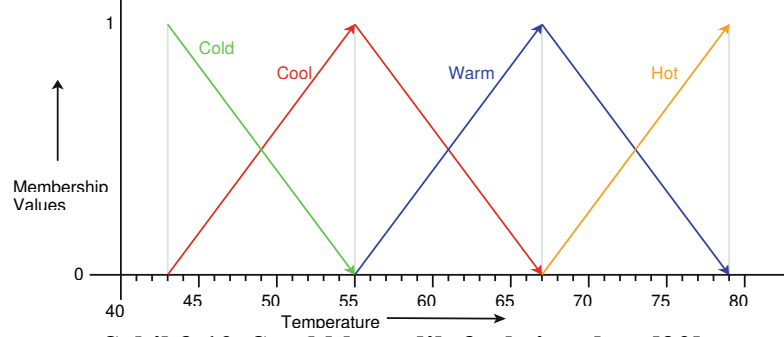


Şekil 3.9. Algoritma Şeması

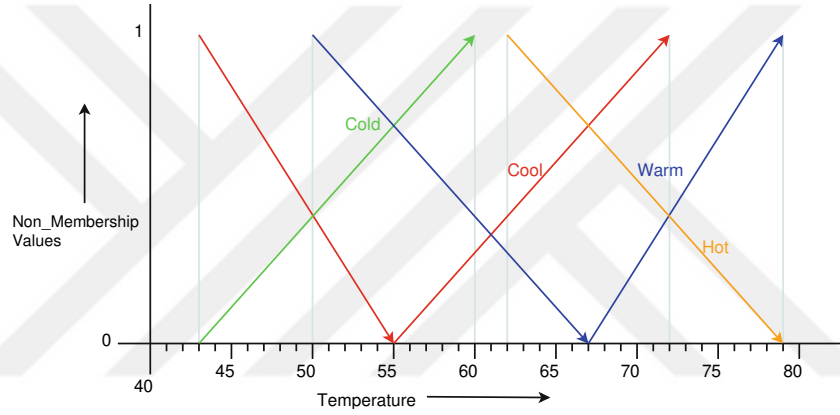
Bu konuyu bir örnekle açıklamak gerekirse [5, 20];

Otomatik bir oda ısıtıcısı yapmak için bulanık mantık kullanılmak isteniyor. Sistem gayet basit bir tasarımla yapılacak. Tek bir girdiye (Sıcaklık) karşılık bir çıktı (fan hızı) üretecek. Giriş için 4 adet üçgen üyelik fonksiyonu kullanılacak. Sıcaklık aralığı 43 ila 79 F olacak.

Üyelik fonksiyonları; cold (0-55), cool(43-55), warm(55-79), hot(67-79). Örnek girdi 70 F alınmıştır.



Şekil 3.10. Sıcaklık üyelik fonksiyonları [20]



Şekil 3.11. Sıcaklık üyesizlik fonksiyonları [20]

Bu üyelik fonksiyonlarına göre hesaplama yöntemleri Şekil 3.13. ve 3.14. te gösterilmiştir. Sıcaklık değeri 70 e göre burada ki hesaplamaları yaparsak;

$$\text{Üyelik} = [\text{cold}, \text{cool}, \text{warm}, \text{hot}] = [0, 0, 0.75, 0.25]$$

$$\text{Üyesizlik} = [\text{cold}, \text{cool}, \text{warm}, \text{hot}] = [1, 0.88, 0.25, 0.53]$$

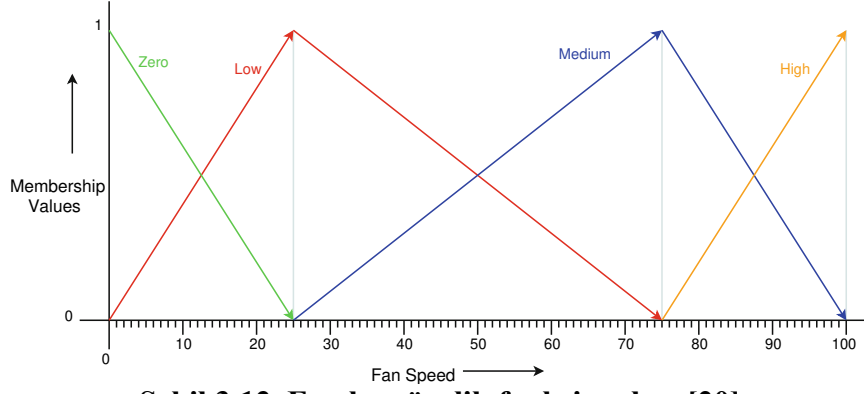
Tablo 3.2. Kurallar

Kural 1 if (sıcaklık is cold) then (fan hızı is high) = 0
Kural 2 if (sıcaklık is cool) then (fan hızı is medium) = 0
Kural 3 if (sıcaklık is warm) then (fan hızı is low) = 0.75
Kural 4 if (sıcaklık is hot) then (fan hızı is zero) = 0.25

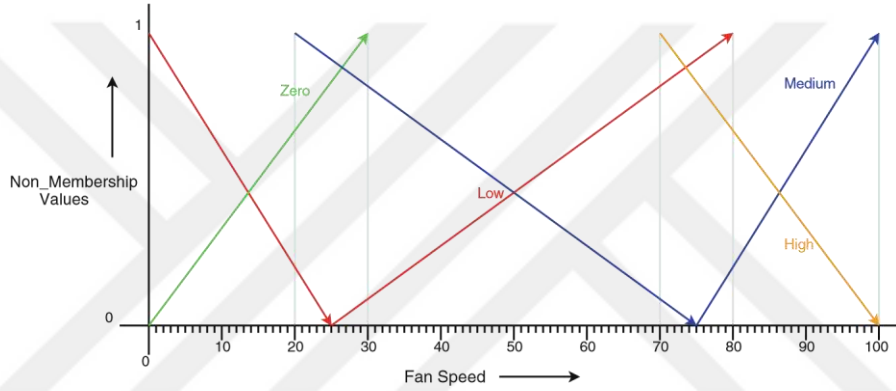
Değerlerini elde etmiş olacağız. Burada da görüldüğü gibi cold ve cool üyelik fonksiyonları sıfır değer almaktadır. Yani girdiğimiz veriye göre cold ve cool'a ait tanımlanan kurallar dikkate alınmayacaktır. Hesaba katacağımız kurallar warm ve hot'a ait olanlar olacaktır.

$$\begin{aligned}
 \mu_{\text{cold}}(x) &= \begin{cases} \frac{55-x}{55-43}, & \text{if } x \in [43, 55], \\ 0, & \text{else;} \end{cases} & \nu_{\text{cold}}(x) &= \begin{cases} \frac{x-43}{60-43}, & \text{if } x \in [43, 60], \\ 1, & \text{else;} \end{cases} \\
 \mu_{\text{cool}}(x) &= \begin{cases} \frac{x-43}{55-43}, & \text{if } x \in [43, 55], \\ \frac{67-x}{67-55}, & \text{if } x \in [55, 67], \\ 0, & \text{else;} \end{cases} & \nu_{\text{cool}}(x) &= \begin{cases} \frac{55-x}{55-43}, & \text{if } x \in [43, 55], \\ \frac{x-55}{72-55}, & \text{if } x \in [55, 72], \\ 1, & \text{else;} \end{cases}
 \end{aligned}
 \tag{3.7}$$

$$\begin{aligned}
 \mu_{\text{warm}}(x) &= \begin{cases} \frac{x-55}{67-55}, & \text{if } x \in [55, 67], \\ \frac{79-x}{79-67}, & \text{if } x \in [67, 79], \\ 0, & \text{else;} \end{cases} & \nu_{\text{warm}}(x) &= \begin{cases} \frac{67-x}{67-50}, & \text{if } x \in [50, 67], \\ \frac{x-67}{79-67}, & \text{if } x \in [67, 79], \\ 1, & \text{else;} \end{cases} \\
 \mu_{\text{hot}}(x) &= \begin{cases} \frac{x-67}{79-67}, & \text{if } x \in [67, 79], \\ 0, & \text{else;} \end{cases} & \nu_{\text{hot}}(x) &= \begin{cases} \frac{79-x}{79-62}, & \text{if } x \in [62, 79], \\ 1, & \text{else.} \end{cases}
 \end{aligned}
 \tag{3.8}$$



Şekil 3.12. Fan hızı üyelik fonksiyonları [20]

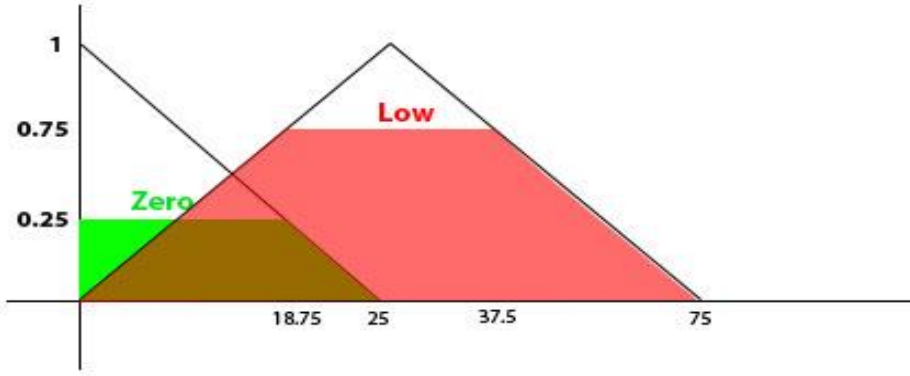


Şekil 3.13. Fan hızı üyesizlik fonksiyonları [20]

Şekil 3.15 ve 3.16 fan hızı memebership ve üyesizlik fonksiyon çıktılarının durulaştırma işlemi için (üyelik fonksiyonlarında girilen veriye göre sadece warm ve hot sıfırdan farklı bir değer aldığı için) kurallara bakıldığında sadece 3. ve 4. kural değerlendirmeye girebiliyor. Sugeno durulaştırma yöntemini kullanırsak üyelik fonksiyonu Şekil 3.17. de ki gibi görünecektir. Şekilde de görüldüğü gibi, zero fonksiyonunda 0-18.75 arası 0.25, 18.75-25 arası ise doğrusal olarak 0.25 ten sıfıra doğru azalmaktadır. Diğer bir fonksiyon olan low ise, 0-18.75 arası 0 dan 0.75 e doğrusal artış, 18.75-37.5 arası 0.75, 37.5-75 arası ise doğrusal olarak 0.75 ten sıfıra doğru azaldığı görülmektedir.

$$x = \frac{\sum_{j=1}^M x^j ((1 - \pi_{Aj}) \mu_{Aj} + \mu_{Aj} \pi_{Aj})}{\sum_{j=1}^M ((1 - \pi_{Aj}) \mu_{Aj} + \mu_{Aj} \pi_{Aj})} \quad (3.9)$$

Sugeno
Metodu



Şekil 3.14. Fan hızı üyelik fonksiyonu sugenoya göre durulaştırma

Tüm bu işlemlerin ardından algoritmanın dördüncü adımında elde edilen hesaplamalar (Tablo 3.1.3. ve 3.1.4.) sonucunda çıktıya ulaşılır.

Tablo 3.3. Low Fan Speed MFS ve IFS çıktıları

x	μ_x	ν_x	π_x	A	B	A+B	$x \times (A+B)$	C	D	C+D	$x \times (C+D)$
0	0.00	0.25	0.75	0.00	0.1875	0.1875	0.00	0.00	0.1875	0.1875	0.00
5	0.20	0.25	0.55	0.09	0.1375	0.2275	1.1375	0.07	0.1625	0.2325	1.1625
10	0.40	0.25	0.35	0.26	0.0875	0.3475	3.475	0.21	0.1187	0.3287	3.287
15	0.60	0.25	0.15	0.51	0.0375	0.5475	8.2125	0.435	0.0687	0.5037	7.5555
18.5	0.75	0.25	0.00	0.75	0.00	0.75	13.875	0.6562	0.0312	0.6874	12.7169
19	0.75	0.24	0.01	0.7425	0.0024	0.7429	14.1151	0.6525	0.0312	0.6837	12.9903
19.6	0.75	0.22	0.03	0.7275	0.0066	0.7341	14.388	0.645	0.0308	0.6758	13.24568
20	0.75	0.20	0.05	0.7125	0.01	0.7225	14.45	0.6375	0.03	0.6675	13.35
25	0.75	0.00	0.25	0.5625	0.00	0.5625	14.065	0.5625	0.00	0.5625	14.0625
30	0.75	0.09	0.16	0.63	0.0144	0.6444	19.33	0.5962	0.0184	0.6146	18.438
34.9	0.75	0.18	0.07	0.6975	0.0126	0.7101	24.782	0.63	0.0288	0.6588	22.9921
35	0.75	0.18	0.07	0.6975	0.0126	0.7101	24.853	0.63	0.0288	0.6588	23.058
38.75	0.75	0.25	0.00	0.75	0.00	0.75	29.062	0.6562	0.0312	0.6874	26.6367
40	0.70	0.25	0.05	0.665	0.125	0.6775	27.1	0.5775	0.0437	0.6212	24.848
45	0.60	0.25	0.15	0.51	0.0375	0.5475	24.6375	0.435	0.6875	0.5037	22.6665
50	0.50	0.25	0.25	0.375	0.0625	0.4375	21.875	0.3125	0.0937	0.4062	20.31
55	0.40	0.25	0.35	0.26	0.0875	0.3475	19.1125	0.21	0.1187	0.3287	18.0785
60	0.30	0.25	0.45	0.165	0.1125	0.2775	16.65	0.1275	0.1437	0.2712	16.272
65	0.20	0.25	0.55	0.09	0.1375	0.2275	14.7875	0.07	0.1625	0.2325	15.1125
70	0.10	0.25	0.65	0.035	0.1625	0.1975	13.825	0.03	0.175	0.205	14.35
75	0.00	0.25	0.75	0.00	0.1875	0.1875	14.0625	0.00	0.1875	0.1875	14.0625
80	0.00	0.25	0.75	0.00	0.1875	0.1875	15	0.00	0.1875	0.1875	15
						10.725	348.795			10.09	330.1951

Tablo 3.4. Zero Fan Speed MFS ve IFS çıktıları

x	μ_x	ν_x	π_x	A	B	A+B	$x \times (A+B)$	C	D	C+D	$x \times (C+D)$
0	0.25	0.00	0.75	0.062	0.00	0.0625	0.00	0.0625	0.00	0.0625	0.00
5	0.25	0.16	0.583	0.1042	0.097	0.2014	1.007	0.0835	0.111	0.1945	0.9725
10	0.25	0.33	0.416	0.145	0.138	0.2846	2.846	0.1146	0.1805	0.2951	2.951
15	0.25	0.5	0.25	0.1875	0.125	0.3125	4.6875	0.1562	0.1875	0.3437	5.1555
15.9	0.25	0.53	0.22	0.195	0.1166	0.3116	4.9544	0.1637	0.1828	0.3465	5.5093
16	0.25	0.53	0.22	0.195	0.1166	0.3116	4.9856	0.1637	0.1828	0.3465	5.544
18	0.25	0.53	0.22	0.195	0.1166	0.3116	5.6088	0.1637	0.1828	0.3465	6.237
18.7	0.25	0.53	0.22	0.195	0.1166	0.3116	5.8425	0.1637	0.1828	0.3465	6.4968
20	0.20	0.53	0.22	0.146	0.1431	0.2891	5.782	0.126	0.1961	0.3221	6.442
25	0.00	0.53	0.47	0.00	0.2491	0.2491	6.2275	0.00	0.2491	0.2491	6.2275
						2.6456	41.913			2.85	45.5356

Şekil 3.18. ve 3.19 da hem IFS hem de MFS çıktıları elde edilmiştir. İki fonksiyonun (zero ve low) ortalaması alınırsa sistemin genel çıktısı elde edilecektir. Bu durumda IFS = $(32.52 + 15.85) / 2 = 24.185$, MFS = $(32.72 + 15.98) / 2 = 24.35$ fan hızları elde edilecektir. Hatta eğer geleneksel bulanık mantık (TFS) kullansaydık değer yaklaşık 21 çıkacaktı. Tek bir girdiye sahip böyle bir bulanık çıkarım için IFS ve MFS hemen hemen eşit bir çıktı üretti. TFS ise diğer bulanık mantık türlerine göre -%13 farklı bir sonuç verdi.

3.2. BULANIK MANTIK İLE KALP HASTALIKLARI BELİRLEME

3.2.1. Giriş Verileri

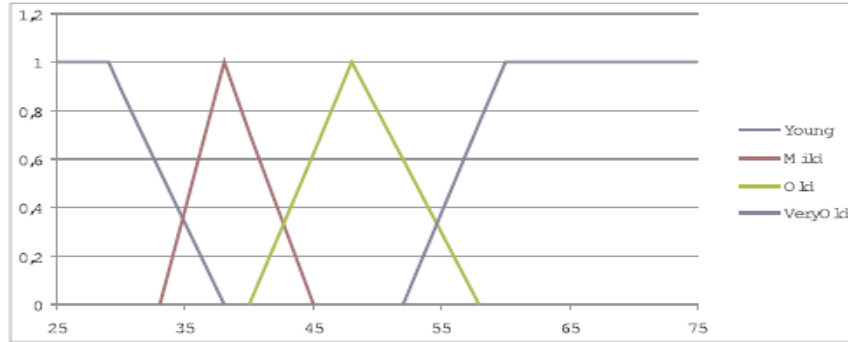
Tablo 3.5. Giriş Verileri

Yaş [Young, Mild, Old, Very Old]
Cinsiyet [0, 1]
Kan Basıncı [Low, Medium, High]
EKG [Normal, Abnormal, ST-T Abnormal]
Kalp Hızı / dakika [Low, Medium, High]
Sigara [1,0]
Egzersiz [1,0]
Göğüs Ağrısı [1,2,3,4]
BMI [Normal, Kilolu, Obez]
Şeker [1,0]

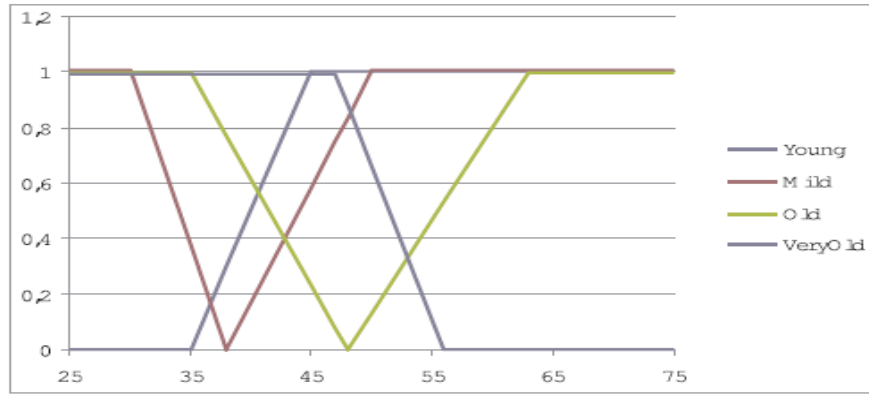
Yukarıda ki giriş verilerine göre üyelik ve üyesizlik fonksiyonları oluşturacağız. Burada giriş verileri çok fazla olduğu için çözümünü kağıt üzerinde göstermek çok zordur. Bu nedenle bu bulanık mantık işleminin çıktısı bilgisayarda yazılacak programla hesaplanacaktır. Bu çalışmada bahsi geçen üç bulanık mantık türüne görede çıktılar elde edilecek ve üç bulanık mantık ta birbiriyle kıyaslanacaktır. Giriş verilerini elde etmek için bir hasta veritabanı kullanılacaktır [7]. Burada hastaların EKG ve diğer verileri, kalp hastalığı yüzdelik düzeyleri ve bir yıl içerisinde geçirdikleri vasküler olaylar belirtilmiştir. Bu veri tabanından alınacak EKG sinyalinin, Python programlama dilinde sinyal analizi yapılarak, hastaların EKG ve Kalp Hızı değerleri tespit edilecektir. Ayrıca diğer hazır veri seti olan cleveland veri seti (sinyal işleme işlemi yapılmayacak, tüm veriler hazır bir şekilde tablolanmış) ile de sistem ayrıca test edilecektir.

Yukarıda belirtilen girdilerin üyelik ve üyesizlik fonksiyonlarını oluşturalım. Fonksiyonları oluştururken üçgensel ve yamuksal fonksiyonlardan faydalanacağız. Bunlardan sadece bir adet girdinin matematiksel ifadesi, diğerlerine örnek teşkil etmesi açısından belirtilecektir. Geriye kalanların sadece grafiksel fonksiyonları gösterilecektir.

3.2.1.1. Yaş



Şekil 3.17. Yaş üyelik fonksiyonu [4]



Şekil 3.18. Yaş üyesizlik fonksiyonu [4]

Yukarıda belirtilen (Şekil 3.2.1. ve 4.2.) fonksiyonlar matematiksel olarak şöyle ifade edilirler.

$$\mu_{\text{Young}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x \leq 29 \\ \frac{38-x}{9} & \text{if } 29 \leq x \leq 38 \end{cases} \quad (3.10)$$

$$\nu_{\text{Young}}(x) = \begin{cases} \frac{x-35}{10} & \text{if } 35 \leq x \leq 45 \\ 1 & \text{if } 45 < x \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Mild}}(x) = \begin{cases} \frac{x-33}{5} & \text{if } 33 \leq x \leq 38 \\ 1 & \text{if } x = 38 \\ \frac{45-x}{7} & \text{if } 38 \leq x \leq 45 \end{cases} \quad (3.12)$$

$$\nu_{\text{Mild}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x < 30 \\ \frac{38-x}{8} & \text{if } 30 \leq x \leq 38 \\ 0 & \text{if } x = 38 \\ \frac{x-38}{12} & \text{if } 38 \leq x \leq 50 \\ 1 & \text{if } 50 < x \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Old}}(x) = \begin{cases} \frac{x-40}{8} & \text{if } 40 \leq x \leq 48 \\ 1 & \text{if } x = 48 \\ \frac{58-x}{10} & \text{if } 48 \leq x \leq 58 \end{cases} \quad (3.11)$$

$$\nu_{\text{Old}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x < 35 \\ \frac{48-x}{13} & \text{if } 35 \leq x \leq 48 \\ 0 & \text{if } x = 48 \\ \frac{x-48}{15} & \text{if } 48 \leq x \leq 63 \\ 1 & \text{if } 63 < x \end{cases}$$

$$\mu_{\text{Very Old}}(x) = \begin{cases} \frac{x-52}{8} & \text{if } 52 \leq x \leq 60 \\ 1 & \text{if } 60 \leq x \end{cases} \quad (3.13)$$

$$\nu_{\text{Very Old}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x < 47 \\ \frac{56-x}{9} & \text{if } 47 \leq x \leq 56 \end{cases}$$

3.2.1.2. Python'a Uyarlama :

R29: Young (üyelik):

IF $x \leq 29$: return 1 # Eğitim = 0

IF $x > 29$ AND $x \leq 38$: return $(38 - x)/(38-29)$ # Azalan kenar

R30: Mild (üyelik):

IF $x \geq 33$ AND $x \leq 38$: return $(x - 33)/(38-33)$ # Artan kenar

IF $x == 38$: return 1 # Eğitim = 0

IF $x \geq 38$ AND $x \leq 45$: return $(38 - x)/(45-38)$ # Azalan kenar

X: Old (üyelik):

IF $x \geq 40$ AND $x \leq 48$: return $(x - 40)/(48-40)$ # Artan kenar

IF $x == 48$: return 1 # Eğitim = 0

IF $x \geq 48$ AND $x \leq 58$: return $(58 - x)/(58-48)$ # Azalan kenar

R33: VeryOld (üyelik):

IF $x \geq 52$ AND $x \leq 60$: return $(x - 52)/(60 - 52)$ # Artan kenar

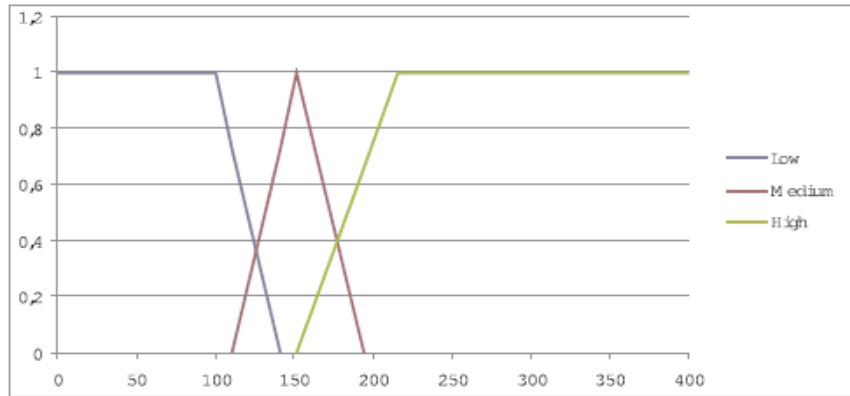
IF $x \geq 60$: return 1 # Eğitim = 0

Cinsiyet: 0 = Erkek, 1 = Kadın

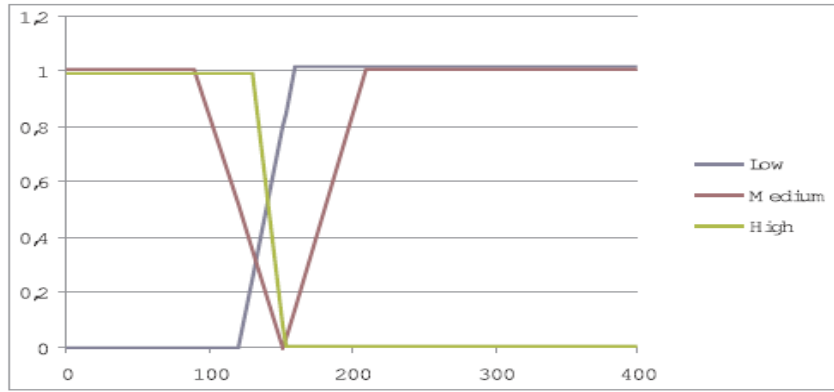
Göğüs Ağrısı: 1 = Tipik (Hareket ve sitres ile ortaya çıkan ve istirahat ile kaybolan) Angina, 2 = Tipik olmayan (istirahat anında ortaya çıkan) Angina, 3 = Tanımsız (Belirli bir başlangıç zamanı olmayan belli belirsiz ortaya çıkan), 4 = Ağrısız

Egzersiz: 1 = doktor egzersiz testi verdi, 0 = hayır egzersiz testine girmedi, (veri setinde bulunan hastaların hiç birisi egzersiz testine sokulmadı, eğer sokulsaydı **Old Peak [Low, Risk, Terrible]** diye yeni bir fonksiyon daha ekleyecektik)

3.2.1.3. Kalp Hızı / dakika:

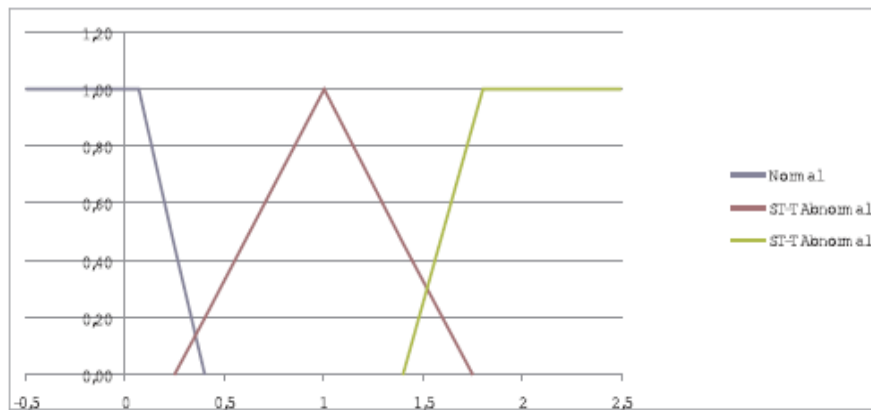


Şekil 3.19. Kalp Hızı üyelik fonksiyonu [4]

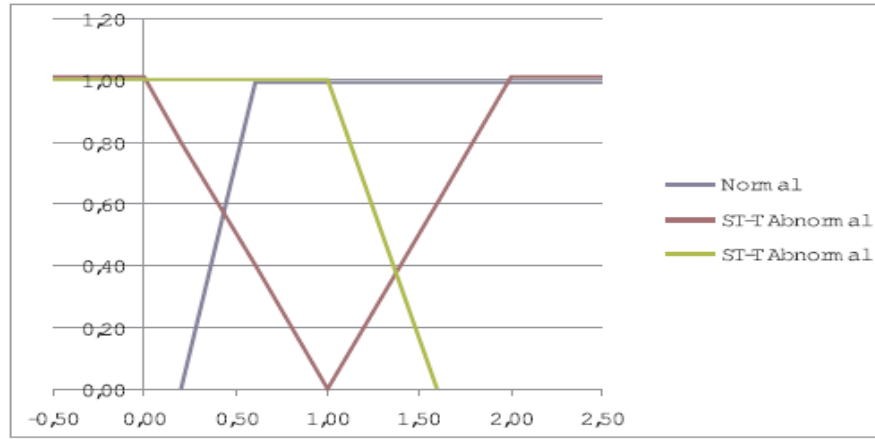


Şekil 3.20. Kalp Hızı üyesizlik fonksiyonu [4]

3.2.1.4. EKG:

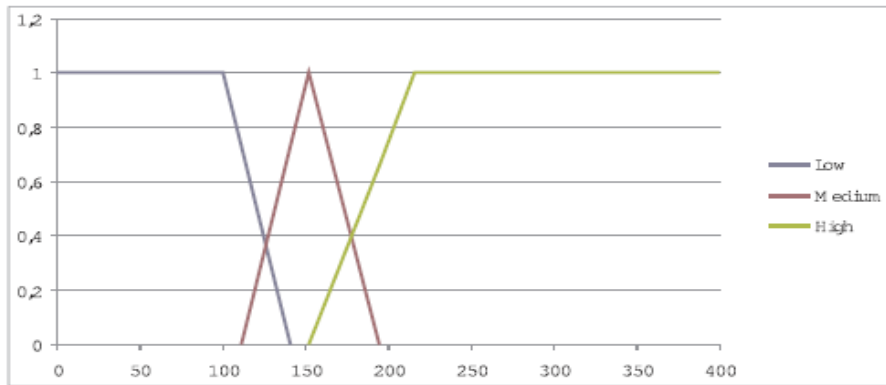


Şekil 3.21. EKG üyelik fonksiyonu [4]

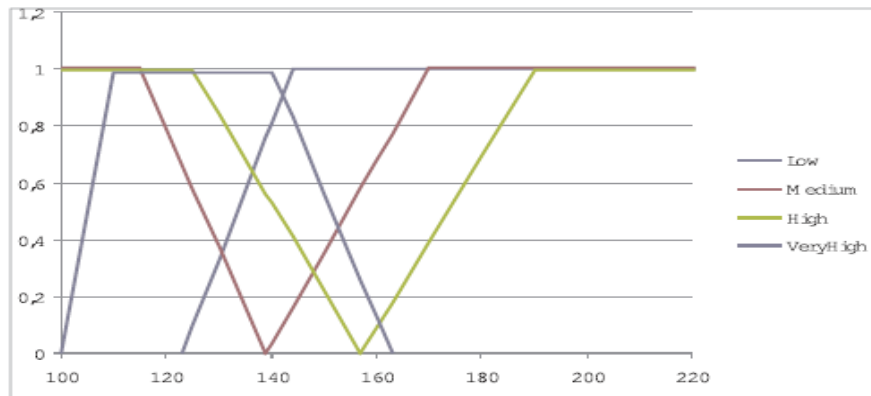


Şekil 3.22. EKG üyesizlik fonksiyonu [4]

3.2.1.5. Kan Basıncı:

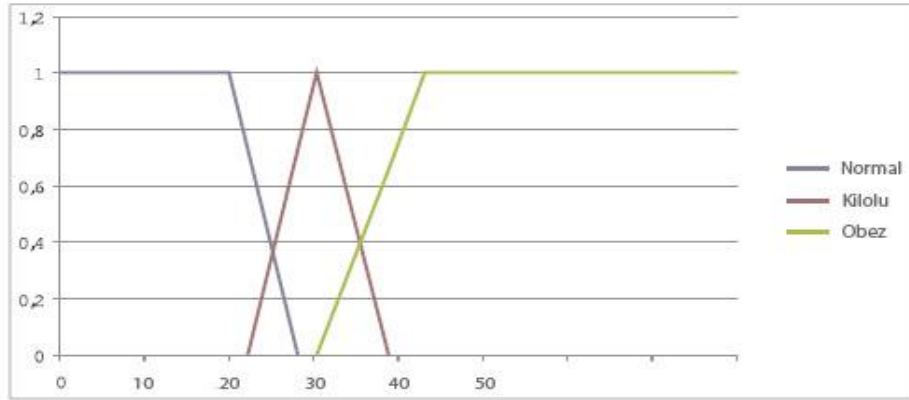


Şekil 3.23. Kan Basıncı üyelik fonksiyonu [4]

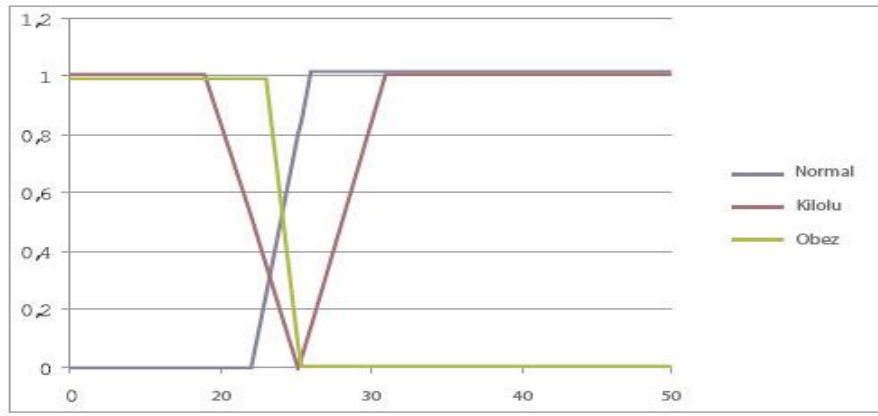


Şekil 3.24. Kan Basıncı üyesizlik fonksiyonu [4]

3.2.1.6. BMI:

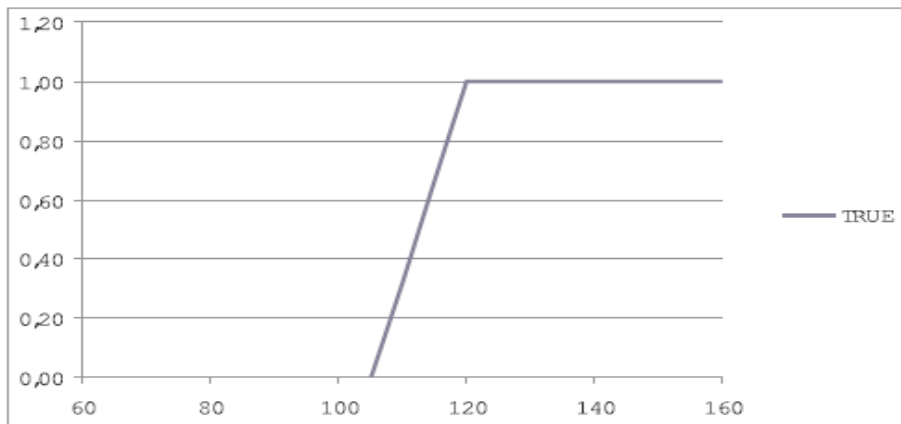


Şekil 3.25. BMI üyelik fonksiyonu

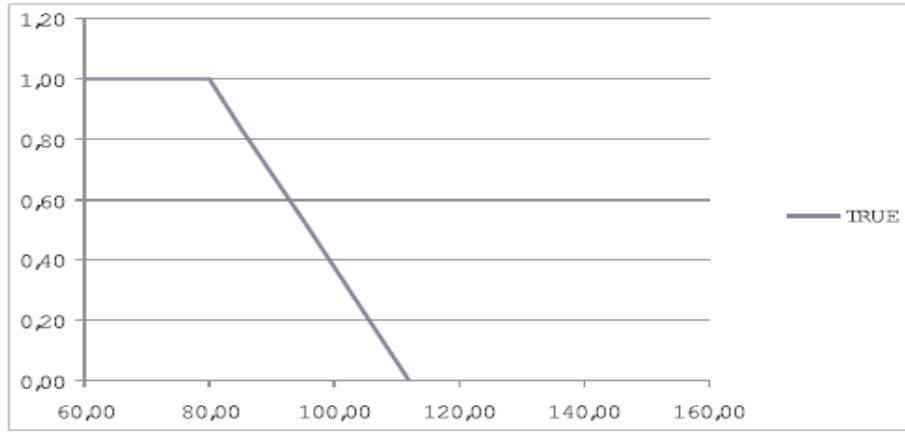


Şekil 3.26. BMI üyesizlik fonksiyonu

3.2.1.7. Şeker:

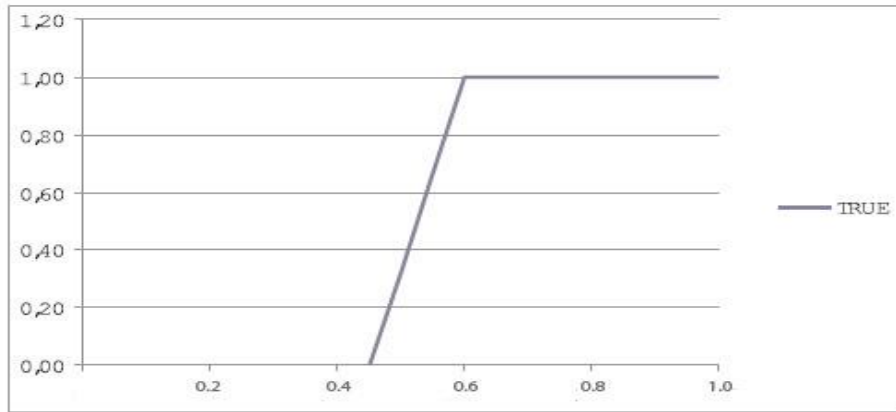


Şekil 3.27. Kan Şekeri üyelik fonksiyonu [4]

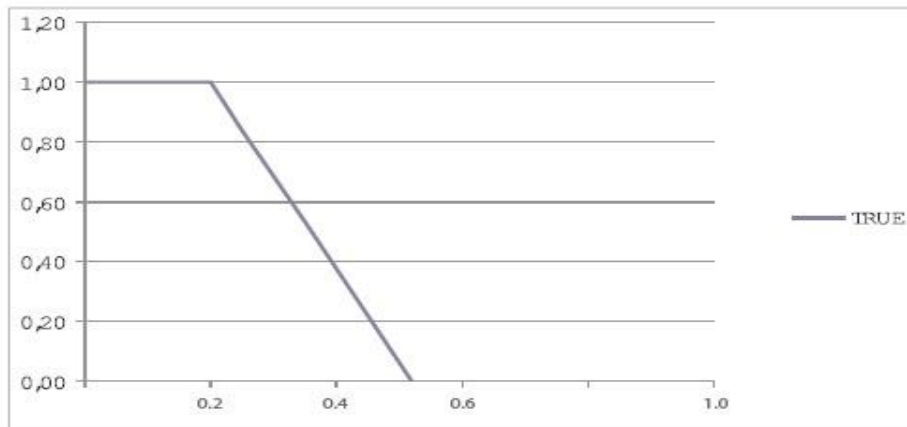


Şekil 3.28. Kan Şekeri üyelik fonksiyonu [4]

3.2.1.8. Sigara:



Şekil 3.29. Sigara üyelik fonksiyonu



Şekil 3.30. Sigara üyelik fonksiyonu

3.2.1.9. Kurallar[4]:

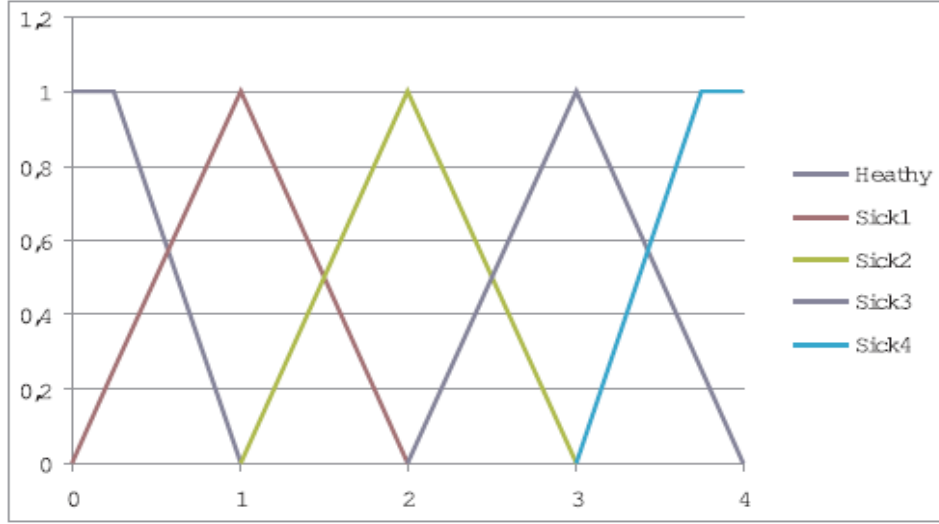
Tablo 3.6. Kurallar

R1. If Göğüs Ağrısı is Tipik Angina then Sonuç is Healthy
R2. If Göğüs Ağrısı is Atipik Angina then Sonuç is Sick1
R3. If Göğüs Ağrısı is Tanımsız then Sonuç is Sick2
R4. If Göğüs Ağrısı is Semptomsuz then Sonuç is Sick3
R5. If Göğüs Ağrısı is Semptomsuz then Sonuç is Sick4
R6. If Cinsiyet is Female then Sonuç is Sick1
R7. If Cinsiyet is Male then Sonuç is Sick2
R8. If Kan Basıncı is Low then Sonuç is Healthy
R9. If Kan Basıncı is Medium then Sonuç is Sick1
R10. If Kan Basıncı is High then Sonuç is Sick2
R11. If Kan Basıncı is High then Sonuç is Sick3
R12. If Kan Basıncı is Very High then Sonuç is Sick4
R13. If Sigara is False then Sonuç is Healthy
R14. If Sigara is False then Sonuç is Sick1
R15. If Sigara is True then Sonuç is Sick2
R16. If Sigara is True then Sonuç is Sick3
R17. If Sigara is True then Sonuç is Sick4
R18. If Kan Şekeri is True then Sonuç is Sick2
R19. If EKG is Normal then Sonuç is Healthy
R20. If EKG is Normal then Sonuç is Sick1
R21. If EKG is Abnormal then Sonuç is Sick2
R22. If EKG is ST-T Abnormal then Sonuç is Sick3
R23. If EKG is ST-T Abnormal then Sonuç is Sick4
R24. If Kalp Hızı is Low then Sonuç is Healthy
R25. If Kalp Hızı is Medium then Sonuç is Sick1
R26. If Kalp Hızı is Medium then Sonuç is Sick2
R27. If Kalp Hızı is High then Sonuç is Sick3
R28. If Kalp Hızı is High then Sonuç is Sick4

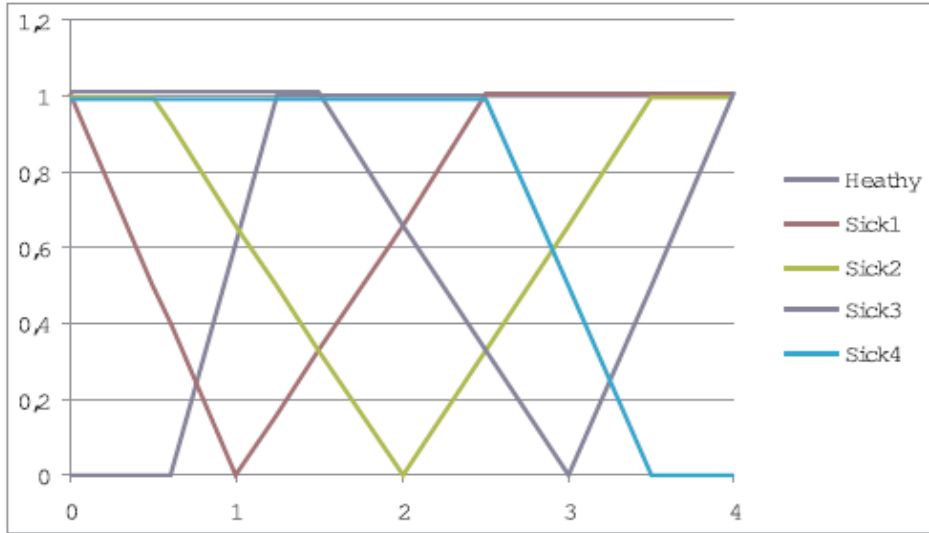
R29. If Yaş is Young then Sonuç is Healthy
R30. If Yaş is Mild then Sonuç is Sick1
R31. If Yaş is Old then Sonuç is Sick2
R32. If Yaş is Old then Sonuç is Sick3
R33. If Yaş is Very Old then Sonuç is Sick4
R34. If Egzersiz is True then Sonuç is Sick2
R35. If BMI is Normal then Sonuç is Healthy
R36. If BMI is Normal then Sonuç is Sick2
R37. If BMI is Kilolu then Sonuç is Healthy
R38. If BMI is Kilolu then Sonuç is Sick3
R39. If BMI is Obez then Sonuç is Sick3
R40. If BMI is Obez then Sonuç is Sick4

3.2.1.10. Çıktılar:

Program yukarıda ki on adet girdiye karşılık 0-4 arası [Healthy, Sick1, Sick2, Sick3 ve Sick4], kişide kalp hastalığı olup olmadığı, varsa hangi seviyede olduğuna dair tek bir çıktı üretecek. Tam sayı değeri arttıkça hastalık riski ve şiddeti de artacaktır. Çıktı fonksiyonları belirtilen kurallara göre aşağıda ki şekillerde (Şekil 3.31. ve 3.32.) oluşturulmuştur.



Şekil 3.31. Çıktı değerleri üyelik fonksiyonu [4]



Şekil 3.32. Çıktı değerleri üyesizlik fonksiyonu [4]

3.3. SİSTEMİN TEST EDİLMESİ

Sistemin testini hem, yaşları 55 ve üzeri olan 49 kadın ve 90 erkekten oluşan hasta grubunun, 30 günlük hipertansiyon tedavisinin ardından, EKG ve diğer parametreler tespit edilerek, bir yıllık gözlemin ardından hastaların yaşadıkları kardiyo vasküler olayların kaydedildiği Project Smart Health and Artificial intelligence for Risk Estimation Database hemde, 14 boyutlu 303 bireysel veriden oluşan ve yapay zeka uygulamaları için geliştirilen bir eğitim seti olan cleveland dataset ile gerçekleştireceğiz. Cleveland data setinde tüm veriler hazır olarak alınacak diğer datasette ise python ile EKG sinyal analizi (Kalp hızı ve

EKG normal veya normal dışı) yapılarak EKG verileri elde edilecek, diğer veriler ise datasetin içerisinde verilmektedir.

Öncelikle, ilk datasetimiz olan Project Smart Health and Artificial intelligence for Risk Estimation Database ile başlayalım. 1911 numaralı kayıtlı hasta:

Tablo 3.7. Test için giriş değerleri.

Giriş Fonksiyonları	Test Değerleri
Cinsiyet	0
Yaş	56
Boy	180
Kilo	105
BMI	32,41
Sigara	TRUE
Şeker	Bilinmiyor
Büyük Tansiyon	140
Egzersiz	0
Göğüs Ağrısı	4
Tallium	Bilinmiyor
EKG	Normal (0)
Kalp Hızı	90
Kolesterol	Bilinmiyor
Old Peak	Bilinmiyor

Yukarıda belirtilen bulanık fonksiyonlardan da anlaşılabacağı üzere, bazı giriş değerleri ilk başta belirtilenlerden farklı, bazı değerler diğer datasetten gelecek olan verilerdir. Bu sayede bizim datasetimizde (Project Smart Health and Artificial intelligence for Risk Estimation Database) olmayan verilerin sistemin doğruluk değerine etkisini de gözlemlemiş olacağız. Sistem her üç bulanık yöntemle (MFS, IFS, TFS) de test edilecektir.

3.3.1. Python ile Bulanık Mantık

Burada python kodların tamamını gösterilmeyecek, sadece önemli bir kısmı açıklanacaktır.

Aşağıda belirtilen fuzzyfunction fonksiyonu, giriş değerlerinin etki derecesini tespit etmek amacıyla kullanılmaktadır. Fonksiyon içerisinde ki a ve b, x ve y eksenlerini tutan birer dizi olup t ise test girdisini ifade etmektedir. Örneğin yaş girdisimde young üyelik

fonksiyonu için x eksenini [25,29,38], y eksenini [1,1,0] ve test için ise yukarıda da belirtildiği gibi 56 kullanılmıştır. Çıktı olarakta üyelik fonksiyonunun etki derecesi olan c değerini vermektedir. Bu değer durulaştırma fonksiyonunda kullanılacaktır. Bu fonksiyon hem üyelik hem de üyesizlik fonksiyonları için kullanılacaktır.

```
def fuzyfunction(a=[], b=[], t=59):
    c= 0;
    i=0;
    found = False;
    while i < len(a) and not found:
        for n in range(len(a)):
            if a[n] == t:
                c= b[n]
                found = True
        if found:
            return c
    elif a[0] > t or a[len(a) -1] < t:
        c=0
        found = True;
    elif a[i] < t and a[i +1] > t:
        if b[i] != b[i+1]:
            if b[i] == 0:
                c= (t-a[i])/(a[i+1]-a[i]);
                found = True;
            else:
                c= (a[i+1] -t)/(a[i+1]-a[i]);
                found = True;
        else:
            c=b[i]
            found = True;
    else:
        i +=1;

    return c;
```

Durulaştırma (defuzzyfication) fonksiyonunda ise, oluşturulan kurallara karşılık gelen üyelik ve üyesizlik fonksiyonlarının x ve y eksen noktaları (m ve n dizileri) ve bulanıklaştırma fonksiyonundan gelen c (durulaştırma fonksiyonunda r değeridir) değeri kullanılacaktır. Çıktı olarak ise hesaplama fonksiyonunda kullanılmak üzere, x ve y eksen noktalarının durulaştırılmış hali, x değerlerinin minimum ve maksimumu ve de crisp_output

(bu değer üyesizlik fonksiyonunun sıfır olması durumunda, hesaplama fonksiyonuna girmeden doğrudan durulaştırılmış bir çıktı olarak kullanılacaktır.)

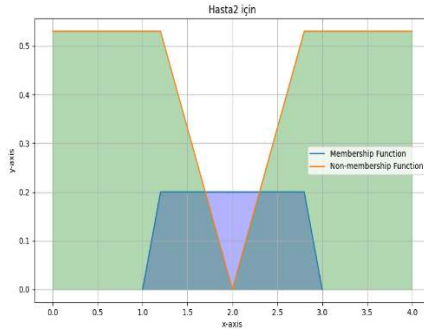
```
def defuzzyfication(m=[], n=[], r = 0.45):  
    yeni_m = [];  
    yeni_n = [];  
    c=0;  
    i=0;  
    if r > 0:  
        while i < (len(m)-1):  
            if n[i] != n[i+1]:  
                if n[i] == 0:  
                    c = (m[i] + (r*(m[i+1]-m[i])));  
                    yeni_m.append(m[i]);  
                    yeni_m.append(round(c,2));  
                    yeni_n.append(n[i]);  
                    yeni_n.append(round(r,2));  
                    i += 1;  
                elif n[i] == 1:  
                    c = (m[i+1] - (r*(m[i+1]-m[i])));  
                    yeni_m.append(m[i]);  
                    yeni_m.append(round(c,2));  
                    if len(m) == 3:  
                        yeni_m.append(m[i+1]);  
                        yeni_n.append(round(r,2));  
                        yeni_n.append(round(r,2));  
                    if len(m) == 3:  
                        yeni_n.append(n[i+1]);  
                    i += 1;  
                elif n[i] == n[i+1]:  
                    yeni_m.append(m[i]);  
                    yeni_m.append(m[i+1]);  
                    yeni_n.append(round(r,2));  
                    yeni_n.append(round(r,2));  
                    i += 1;  
    mf = np.array(yeni_n);  
    crisp_output = centroid_defuzzification(mf, yeni_m)  
    area = np.trapz(yeni_n, yeni_m)  
    output = {"x-ax":yeni_m, "y-ax":yeni_n, "x-min":  
np.min(np.array(m)), "x-max": np.max(np.array(m)), "area": area,  
"crisp_output": crisp_output}  
    return output
```

Son olarak, hesaplama fonksiyonu ile üyelik ve üyelik dışı fonksiyonların kurallara göre ürettikleri çıktıları elde ediyoruz. Bu verileri ağırlıklı ortalama yöntemiyle işleyerek sistemin kararını belirliyoruz. Sistem, girdiğimiz test değerlerine ve kurallara göre 0 ile 4 arasında bir çıktı üretecek ve böylece hastalık seviyesini tespit etmiş olacağız.

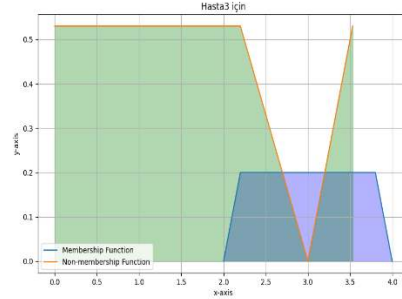
Aşağıda kodlarını paylaştığımız hesaplama fonksiyonunun çalışma mantığını açıklayalım. Bu hesaplama fonksiyonu bizden beş adet veri girmemizi istemektedir. Bu veriler şunlardır: belirli bir giriş değerine ait üyelik fonksiyonları, üyelik dışı fonksiyonlar, test değeri, kurallar ve tanımlanan fonksiyonların isimleri.

Örneğin: `hesapla(age_üyelik, age_nonüyelik, 56, age_rules, age_functions)`

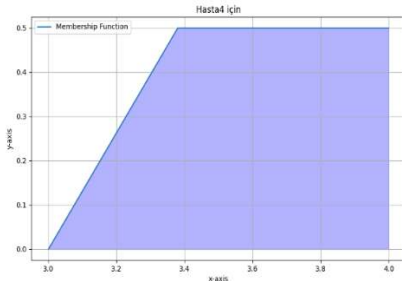
Çıktı olarak ise, giriş fonksiyonlarının, test değerine göre seviyelerini gösteren üyelik ve üyesizlik fonksiyonları, aktifleştirilen kurallar ve son olarak ta, üç bulanık mantığa göre final çıktılarını bize geri döndürmektedir.



a. Kural 31 (Hastalık seviyesi: 2. Seviye)



b. Kural 32 (Hastalık seviyesi: 3. Seviye)



c. Kural 33 (Hastalık seviyesi: 4. Seviye)

Şekil 3.32. 01911 numaralı hastanın yaş girdisine karşılık aktifleşen R31, R32 ve R33 çıktıları

Programa göre, sadece 56 yaş girdisi için, belirlenen kurallara göre ki, aktifleşen kurallar [R31, R32 ve R33], bulanık sistemlerin ürettiği çıktılar şu şekilde olmuştur:

Tablo 3.8. 56 Yaş giriş değeri için 3 farklı Bulanık Mantığa göre çıktı değerleri

MFS	2,39
IFS	2,42
TFS	2,90

Bu sonuçlardan da görüleceği gibi, MFS ve IFS birbirlerine yakın çıktılar üretirken TFS ise onlardan daha uzak bir çıktı üretmiştir

3.3.2. Python ile EKG Analizi

İki hastanın EKG değerlerini karşılaştıralım;

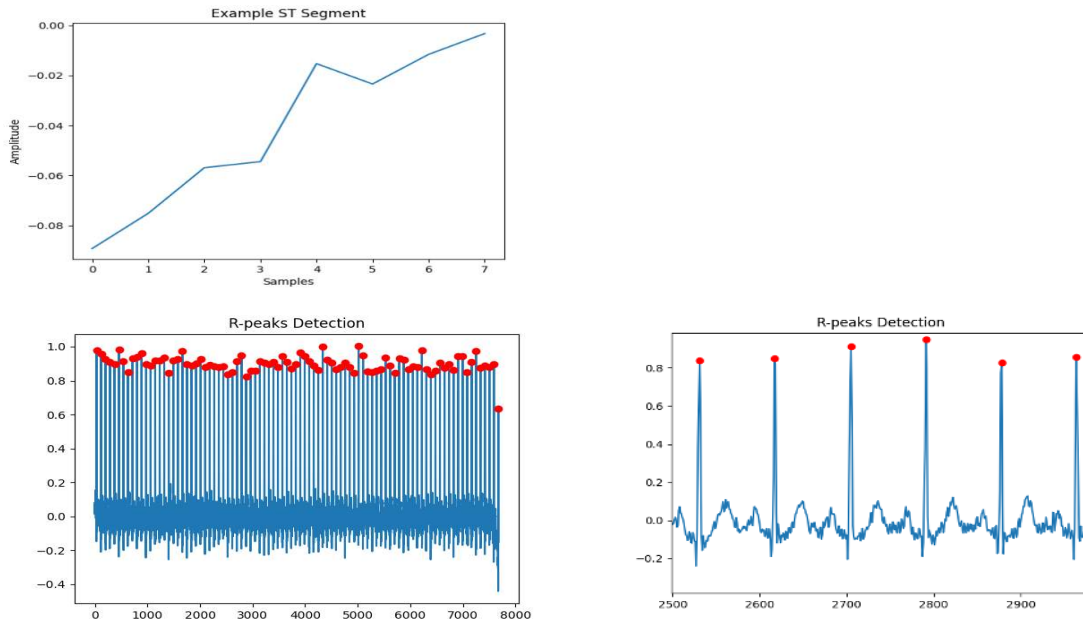
İlk hastamız ilk sırada ki hasta (01911), 56 yaşında, Erkek, Tansiyon 14-8, BMI 32,41 ve takip edilen 1 sene içerisinde herhangi bir kardiyovasküler bir olay yaşamamış.

İkinci hastamız 02033 numaralı hasta, 77 yaşında, Erkek, Tansiyon 11,5-8, BMI 28.71 ve hastamız takip edildiği bir sene içerisinde kalp krizi geçirmiş.

Her iki hastanın da EKG sinde V5 değerleri, 1 dakikalık ekg sinyali kullanılarak 128 örnekleme frekansı ile analiz edildi.

Sonuçlar:

01911 Numaralı Hasta:



Şekil 3.33. 01911 numaralı hastanın ekg sinyal analizi

Tablo 3.9. 01911 Numaralı hastanın EKG analizi

Aritmi

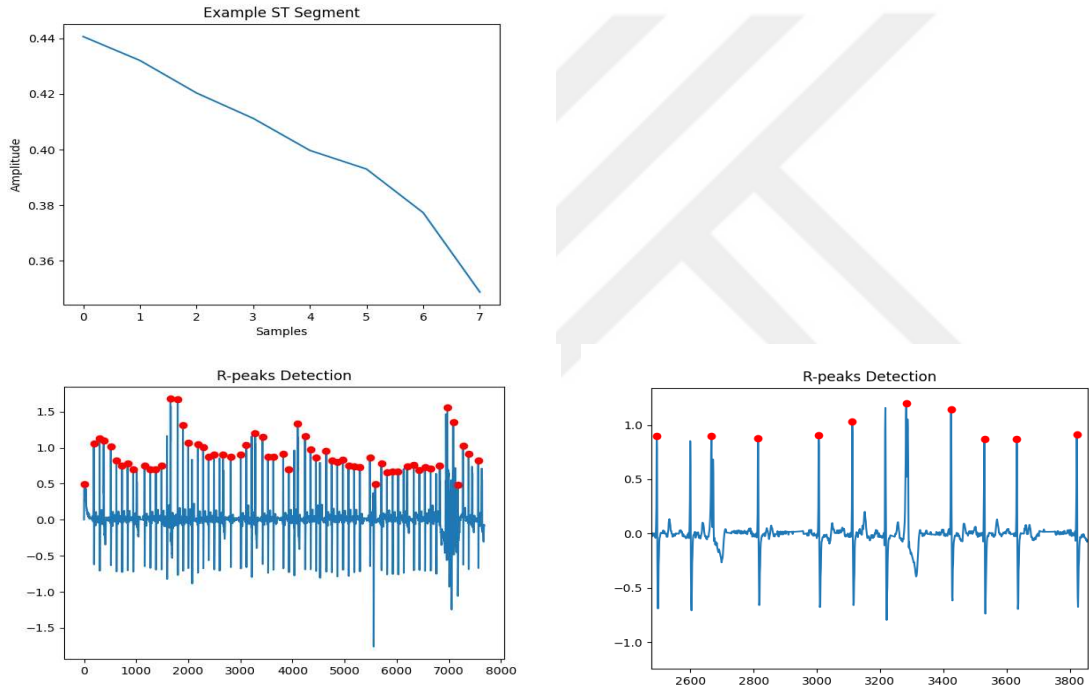
Kalp Atım Hızı/Dk	90 – 90 (Aritmi yoktur)
-------------------	-------------------------

ST – T Anormalileri

ST Yükselmesi	[]
ST Depresyonu	[]
Anormal T Değerleri	[]

Sonuç	Normal EKG
-------	------------

02033 Numaralı Hasta:



Şekil 3.34. 02033 numaralı hastanın ekg sinyal analizi

Tablo 3.10. 02033 Numaralı hastanın EKG analizi

Aritmi

Kalp Atım Hızı/Dk	60
-------------------	----

ST – T Anormalileri

ST Yükselmesi	[0.4028799026540253, 0.6641609954126864]
ST Depresyonu	[-0.34688515402984343, 0.3442074533222155] -
Anormal T Değerleri	[-0.20477525771254923, 0.30384319259801035, -0.22011756906583552, -

	-0.2244382649149521, -0.27990681121180083, -0.23603531288557159]
Sonuç	ST-T Anormal

İlk olarak EKG sinyali, csv dosyasından çağrılarak filtre uygulandıktan (gürültüleri minimize etmek için) sonra, sonra ki aşamalarda kullanılabilir filtrelenmiş bir EKG sinyali elde edilmiş olacaktır. Sonraki aşamada R Tepeleri ile kalp atım sayısı ve varsa ritim anormalisi tespit ediliyor. Tüm tepeler eğer R tepelerinden fazla olursa veya hiç R tepesi tespit edilemezse aritmiden söz edilebilir. Son aşamada ise ST-T analizi yapılarak ciddi anormallikler tespit edilmektedir.

Python Kodu:

1. Ekg Sinyalinin yüklenmesi

Python için "PhysioBank ATM" üzerinden EKG sinyali csv formatına dönüştürüldü

```
def getEcSignal():
    ecg_data = pd.read_csv('01911.csv', header=None, skiprows=2)
    ecg_signal = ecg_data[3]
    return ecg_signal

fs = 128 # Örnekleme Frekansı (Hz)
lowcut = 0.5
highcut = 50.0

def bandpass_filter(data, lowcut, highcut, fs, order=1):
    nyquist = 0.5 * fs
    low = lowcut / nyquist
    high = highcut / nyquist
    b, a = signal.butter(order, [low, high], btype='band')
    y = signal.filtfilt(b, a, data)
    return y

def Filtrele():
    filtered_ecg = bandpass_filter(getEcSignal(), lowcut, highcut, fs)
    return filtered_ecg
```

2. R – Tepelerinin tespit edilmesi

```
# R - Tepelerinin tespit edilmesi
r_peaks = detect_r_peaks(Filtrele(), fs)
w_peaks = detect_whole_peaks(Filtrele(), fs)

print(len(r_peaks), len(w_peaks)) # Aritmi için
```

3. ST-T Anormalisinin tespit edilmesi

```
# ST - T Segmentlerinin tespiti ve analizi

st_segments = []
t_waves = []

peaks = rpeaks.r_peaks

for peak in peaks:
    # ST segment tanımlaması (R dalgasından sonra 60-120 ms)
    st_start = int(peak + 0.06 * fs)
    st_end = int(peak + 0.12 * fs)

    #T dalgası tanımlama (R dalgasından sonra 120-200 ms)
    t_start = int(peak + 0.12 * fs)
    t_end = int(peak + 0.20 * fs)

    if t_end < len(Filtrele()):
        st_segments.append(Filtrele()[st_start:st_end])
        t_waves.append(Filtrele()[t_start:t_end])

mean_st = [np.mean(seg) for seg in st_segments]
mean_t = [np.mean(wave) for wave in t_waves]

# Eşik değerleri
st_elevation_threshold = 0.2
st_depression_threshold = -0.2
t_wave_inversion_threshold = -0.2
```

3.3.3. Diğer Değerler

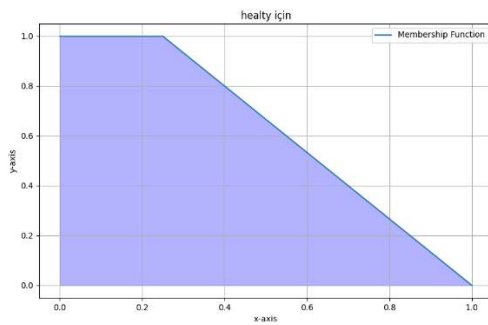
3.3.3.1. EKG ve Heartrate

Hasta 01911 numaralı hastanın EKG analiz sonuçlarına göre; EKG değerleri için, **Şekil 3.35** te açıkça görüldüğü üzere, hiç bir üyelik fonksiyonu aktifleşmemiş. Bu durumda sadece membeship fonksiyonundan gelen durulaştırma değerleri çıktıya karar verecektir. Sonuç olarak, üç bulanık mantığa ait çıktılar şu şekilde olmuştur.

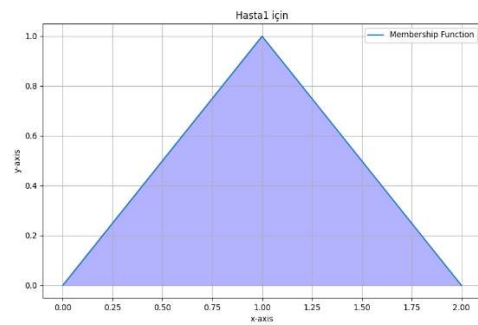
Tablo 3.11. 01911 numaralı hastanın EKG sonucunun 3 farklı Bulanık Mantığa göre çıktı değerleri

MFS	0,63
IFS	0,63
TFS	0,59

Yukarıda ki sonuçlara göre üyelik fonksiyonunun sıfır gelmesi çelişki indeksini de sıfır yapacağı için MFS ve IFS aynı sonucu verecektir. Burada TFS, diğerlerine nazarak daha düşük bir çıktı üretmiştir.



a. Kural 19 (Hastalık seviyesi: Sağlıklı)



b. Kural 20 (Hastalık seviyesi: 1. Seviye)

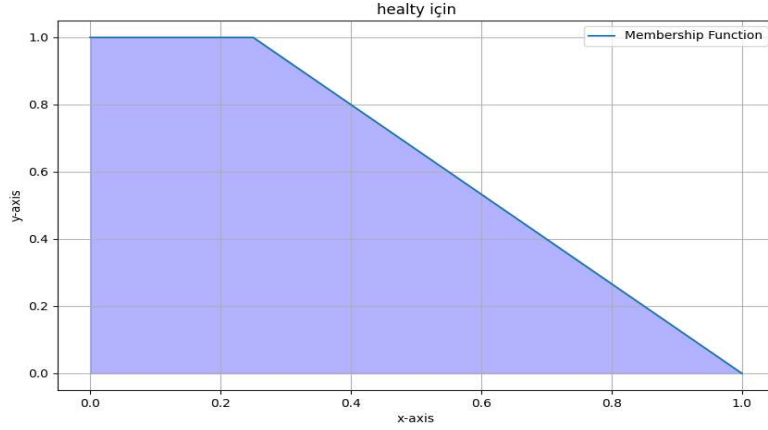
Şekil 3.35 01911 numaralı hastanın EKG girdisine karşılık aktifleşen R19 ve R20 çıktıları

Kalp Hızı (Heartrate) değeri için durulaştırma işlemi yaparsak, yine sadece üyelik fonksiyonunun tetiklendiğini ve üyelik fonksiyonunun sıfır geldiğini göreceğiz. Bu durumda yine MFS ve IFS eşit bir çıktı üretecektir ki üç bulanık mantığa göre sonuçlar aşağıda ki gibi olacaktır.

Tablo 3.12. 90 Kalp hızına girişi için 3 farklı Bulanık Mantığa göre çıktı değerleri

MFS	0,27
IFS	0,27
TFS	0,18

Grafığe bakacak olursak;



a. Kural 24 (Hastalık seviyesi: Sağlıklı)

Şekil 3.36. 01911 numaralı hastanın Heartrate girdisine karşılık aktifleşen R24 çıktısı

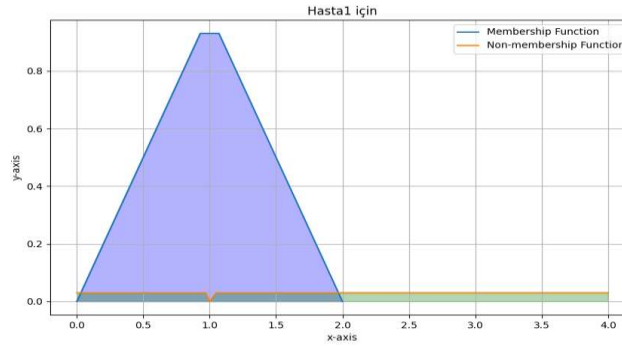
3.3.3.2. Bloodpressure (Kan Basıncı)

Hasta 01911 için kan basıncı değeri 140 idi. Bu değere göre sadece R9 kuralı her iki fonksiyon için de aktifleştirilmiştir. Sonuçlar;

Tablo 3.13. 140 Kan basıncı giriş değeri için 3 farklı Bulanık Mantığa göre çıktı değerleri

MFS	0,27
IFS	0,27
TFS	0,18

Grafığı şu şekilde olmuştur;



a. Kural 9 (Hastalık seviyesi: 1. Seviye)

Şekil 3.37. 01911 numaralı hastanın Bloodpressure girdisine karşılık aktifleşen R9 çıktısı

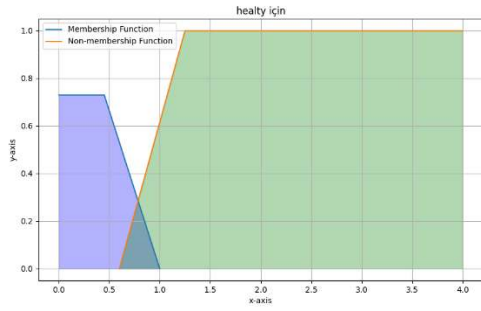
3.3.3.3. BMI

Hasta 01911 için BMI değeri 32,41 idi. Bu değere karşılık gelen kurallar R37, R38, R39, R40. Bu kuralardan R39 ve R40, sadece üyelik fonksiyonu tetiklerken, diğer kurallarda hem membersgip hem üyesizlik fonksiyonları tetiklenmiştir. Sonuç olarak, üç bulanık mantığın çıktıları şu şekilde olmuştur:

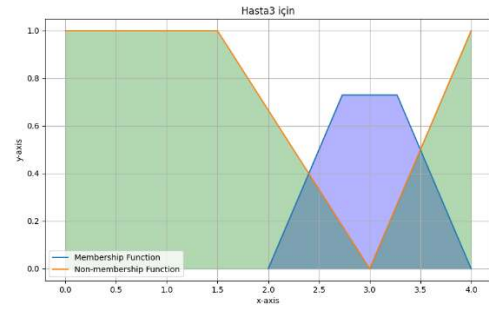
Tablo 3.14. 32,41 BMI giriş değeri için 3 farklı Bulanık Mantığa göre çıktı değerleri

MFS	2,283
IFS	2,305
TFS	2,465

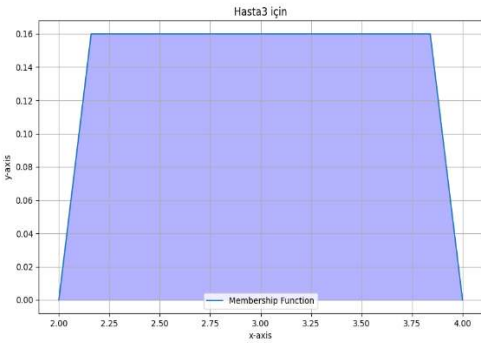
Oluşan grafikler aşağıda ki gibi olmuştur.



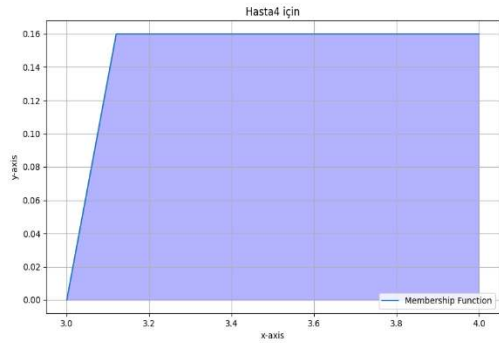
a. Kural 37 (Hastalık seviyesi: Sağlıklı)



b. Kural 38 (Hastalık seviyesi: 3. Seviye)



c. Kural 38 (Hastalık seviyesi: 3. Seviye)



d. Kural 39 (Hastalık seviyesi: 4. Seviye)

Şekil 3.38. 01911 numaralı hastanın BMI girdisine karşılık aktifleşen R37, R38, R39 ve R40 çıktıları

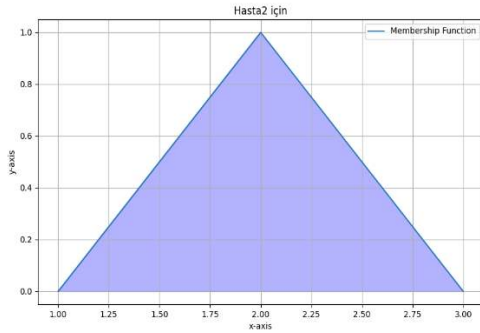
3.3.3.4. Smoking (Sigara)

Hasta 01911 için Smoking değeri True idi. Bu değere karşılık gelen kurallar R15, R16, ve R17. Bu kuralalların tamamı sadece üyelik fonksiyonu tetiklenmiştir. Sonuç olarak, üç bulanık mantığın çıktıları şu şekilde olmuştur:

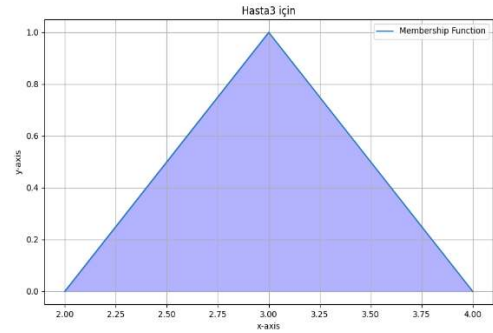
Tablo 3.15. Sigara true değeri için 3 farklı Bulanık Mantığa göre çıktı değerleri

MFS	2,907
IFS	2,907
TFS	2,944

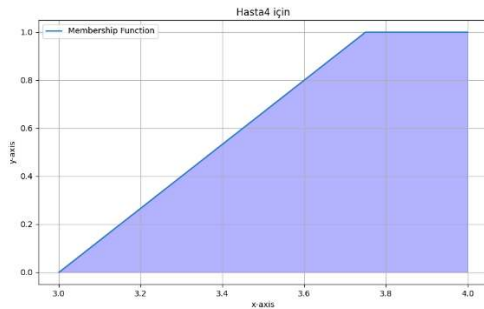
Kuralların grafiksel çıktılarına bakalım;



a. Kural 15 (Hastalık seviyesi: 2. Seviye)



b. Kural 16 (Hastalık seviyesi: 3. Seviye)



c. Kural 17 (Hastalık seviyesi: 4. Seviye)

Şekil 3.39. 01911 numaralı hastanın Smoking girdisine karşılık aktifleşen R15, R16, ve R17 çıktıları

Belli bir aralığa sahip olmadığı için üyelik fonksiyonu tanımlanamayan giriş değerlerine ait çıktılar (sadece üyelik fonksiyonuna sahip)

3.3.3.5. Cinsiyet

Cinsiyet için 0 veya 1 yani Erkek veya Kadın. 01911 numaralı hastamızın cinsiyeti 0 yani Erkek olduğu için R7 kuralı aktifleşecektir. Buna göre firing level 1 ve crisp output ise 2 olacaktır. Bu değer tüm bulanık setlerde kullanılacak. Sonuç olarak;

Tablo 3.16. Cinsiyet Erkek değeri için 3 farklı Bulanık Mantığa göre çıktı değerleri

MFS	2,000
IFS	2,000
TFS	2,000

3.3.3.6. Göğüs Ağrısı

Göğüs ağrısı değeri 01911 numaralı hastamız için 4 olduğundan dolayı R4 ve R5 kurallarını aktifleştirecektir. Buna göre firing level her iki kural için 1 ve crisp output ise R4 için 3 ve R5 için 3,5 olacaktır. Bu sonuca göre 3,25 değeri tüm bulanık setler için durulaştırılmış bir çıktı olacaktır.

Tablo 3.17. Göğüs ağrısı Septomsuz değeri için 3 farklı Bulanık Mantığa göre çıktı değerleri

MFS	3,250
IFS	3,250
TFS	3,250

3.3.3.7. Egzersiz

Sıfır olduğu için hiçbir kuralı aktifleştiremedi

Sonuç olarak çıkan değerleri bir tabloda gösterip ortalamasını alırsak hastalığın seviyesine karar vermiş oluruz

Tablo 3.18. Hasta 01911 Çıktılar

	MFS	IFS	TFS
Yaş	2,39	2,42	2,90
EKG	0,63	0,63	0,59
Kalp hızı	0,27	0,27	0,18
Sigara	2,907	2,907	2,944
BMI	2,283	2,305	2,465
Göğüs Ağrısı	3,25	3,25	3,25
Cinsiyet	2	2	2
Kan Basıncı	1,153	1,150	1
Sonuç	1,860	1,866	1,916

Şimdi de 2033 numaralı hasta için aynı tabloyu oluşturalım;

Tablo 3.19. Hasta 02033 Çıktılar

	MFS	IFS	TFS
Yaş	3,721	3,721	3,833
EKG	3,361	3,361	3,416
Kalp hızı	0,28	0,28	0,19
Sigara	0,635	0,635	0,594
BMI	1,633	1,633	1,610
Göğüs Ağrısı	3,25	3,25	3,25
Cinsiyet	2	2	2
Kan Basıncı	0,303	0,303	0,220
Sonuç	1,90	1,90	1,89

Yukarıda ki iki tabloda ki sonuçları karşılaştırdığımızda 3 bulanık mantığında birbirine yakın çıktı ürettiği görülmektedir. Fakat kalp hastalığı tespiti için sonucun olumlu olduğu söylenemez. Çünkü, Project Smart Health and Artificial intelligence for Risk Estimation Database'in sağladığı veriler oldukça yetersiz ve kalp hastalığı tespit etme konusunda girdi ağırlıkları kesinlikle eşit değil. Örneğin BMI ve Sigara girdileri sistemden çıkartıldığı zaman gerçeğe daha yakın sonuç elde edildiği görülmektedir (01911 – 1,65 ; 0203 – 2,45). Şimdi Cleveland dataset ile sistemi test edelim ve sonuçları yorumlayalım ve bulanık mantığın kalp hastalığını düzgün tespit edebilmesi için hangi testler olması gerektiğini tespit edelim.

Tablo 3.20. Cleveland Dataset Sonuç 1

	Değerler	Kurallar	MFS	IFS	TFS
Yaş	66	R44	3,721	3,721	3,833
Cinsiyet	0	R7	1	1	1
Göğüs Ağrısı	1	R1	0,25	0,25	0,25
Kan Basıncı	150	R9,10,11	1,758	1,746	2,000
Kolesterol	226	R14	1,712	1,743	2,000
Kan Şekeri	0	-	0	0	0
EKG	0	R19	0,250	0,250	0,190
Kalp Hızı	114	R24,25,26	1,445	1,466	1,084
Old Peak	2.6	R32,33,34	1,638	1,641	2,930
Egzersiz Testi	0	-	0	0	0
Talyum Scan	3	R35	0,250	0,250	0,250
Sonuç	Sağlıklı		1,098	1,102	1,234

Tablo 3.21. Cleveland Dataset Sonuç 2

	Değerler	Kurallar	MFS	IFS	TFS
Yaş	60	R44	3,721	3,721	3,833
Cinsiyet	1	R7	2	2	2
Göğüs Ağrısı	4	R4,5	3,25	3,25	3,25
Kan Basıncı	160	R10,11,12	1,460	1,412	2,89
Kolesterol	230	R14,15,16	1,726	1,747	2,000
Kan Şekeri	1	R18	2	2	2
EKG	0	R19	0,27	0,27	0,19
Kalp Hızı	117	R24,25,26	1,445	1,446	1,084
Old Peak	1.4	R30,31	0,67	0,67	0,63
Egzersiz Testi	1	R29	2	2	2
Talyum Scan	7	R38	3,25	3,25	3,25
Sonuç	Hasta 2		1,981	1,976	2,102

Tablo 3.22. Cleveland Dataset Sonuç 3

	Değerler	Kurallar	MFS	IFS	TFS
Yaş	58	R44	3,675	3,675	3,770
Cinsiyet	1	R7	2	2	2
Göğüs Ağrısı	2	R2	1	1	1
Kan Basıncı	120	R8	0,347	0,347	0,26
Kolesterol	284	R15,16,17	1,711	1,698	2,00
Kan Şekeri	0	-	0	0	0
EKG	2	R22,23	3,360	3,360	3,410
Kalp Hızı	160	R20,21,22,23	2,362	2,352	2,402
Old Peak	1.8	R30,31,34	1,919	1,933	1,660
Egzersiz Testi	0	-	0	0	0
Talyum Scan	3	R35,36	0,5	0,5	0,5
Sonuç	Hasta 1		1,534	1,534	1,543

3.3.4. Matlab (mamdani metodu) Kullanarak Analiz

Tablo 3.23. Mamdani ve Sugeno Yöntemlerinin Üstünlükleri [19]

Mamdani Yöntemi	Sugeno Yöntemi
Sezgisel	Hesaplama açısından verimlidir
İnsan girdisine çok uygundur	PID kontrolü gibi doğrusal tekniklere uygundur
Daha yorumlanabilir kural tabanı	Optimizasyon ve Uyarlanabilir tekniklerle iyi çalışır
Yaygın kabul görür	Çıkış yüzeyinin sürekliliğini garanti eder
And kapısında kuralların minimumu	Matematiksel analize çok uygundur
Or kapısında kuralların maksimumu	Kuralların toplamının ortalaması çıktısına dayanır

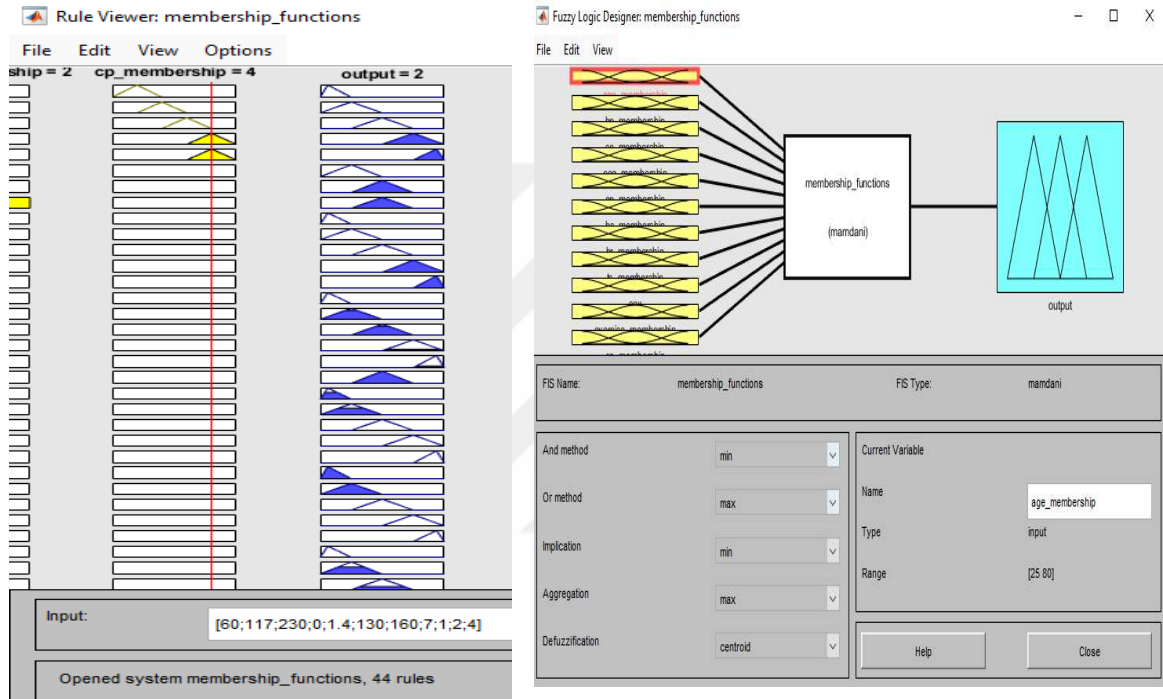
Tablo 3.24. Matlab test için giriş değerleri.

Giriş Fonksiyonları	Test Değerleri
Cinsiyet	1 (Erkek)
Yaş	60 (Çok yaşlı)
Şeker	130 (True)
Büyük Tansiyon	117 (Low)
Egzersiz	1 (True)
Göğüs Ağrısı	4 (Asymptomatic)
Tallium	7 (Reversible)
EKG	0 (Normal)
Kalp Hızı	160 (High)
Kolesterol	230 (High)
Old Peak	1.4 (Low)
Veri setine göre hastalık düzeyi	2.0 (Hasta düzeyi 2)

Matlab ile yapılan analize göre, **Tablo 3.24'te belirtilen değerlere göre ve Şekil 3.40'ta gösterildiği gibi**, normal bulanık mantık (TFS) ile elde edilen sonuç 2 iken, aracı bulanık mantık (MFS) ile bu sonuç 2.254 olarak hesaplanmıştır. İlk bakışta, yalnızca bu değerlere bakıldığında TFS'nin daha iyi sonuç verdiği düşünülebilir. Ancak, MATLAB ile Mamdani yöntemi kullanılarak 25 veri üzerinde yapılan sonuç analizine göre, her iki yöntemin (MFS ve TFS) elde ettiği doğruluk değerlerinin birbirine eşit olduğu (%24)

görülmüştür. Bu sonuçlar, Python ile Sugeno yöntemi kullanılarak yapılan analizlerden elde edilen doğruluk değerleriyle de oldukça yakın bir uyum göstermektedir.

Sıfırdan dörde kadar hastalık seviyesini gösteren çıktı verilerinde, maksimum bulanık mantık çıktısı 2.72, minimum ise 0.68 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, üç farklı bulanık mantık sisteminin mevcut halleriyle başarılı sonuçlar üretemediğini açıkça göstermektedir.



Şekil 3.40. Şekil 3.24 te ki kurallara göre TFS çıktısı

3.4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Tablo 3.25. 303 Hasta için çelişki matrisi (MFS)

MFS	Sağlıklı	Hasta1	Hasta2	Hasta3	Hasta4	Doğruluk %
Sağlıklı	23	2	0	0	0	
Hasta 1	137	42	26	27	9	
Hasta 2	4	11	10	8	4	
Hasta 3	0	0	0	0	0	
Hasta 4	0	0	0	0	0	
Doğruluk%						24,7524752

Tablo 3.26. 303 Hasta için çelişki matrisi (IFS)

IFS	Sağlıklı	Hasta1	Hasta2	Hasta3	Hasta4	Doğruluk %
Sağlıklı	23	2	0	0	0	
Hasta 1	137	42	26	27	9	
Hasta 2	4	11	10	8	4	
Hasta 3	0	0	0	0	0	
Hasta 4	0	0	0	0	0	
Doğruluk%						24,7524752

Tablo 3.27. 303 Hasta için çelişki matrisi (TFS)

TFS	Sağlıklı	Hasta1	Hasta2	Hasta3	Hasta4	Doğruluk %
Sağlıklı	26	1	0	2	0	
Hasta 1	130	43	24	23	9	
Hasta 2	8	11	12	10	4	
Hasta 3	0	0	0	0	0	
Hasta 4	0	0	0	0	0	
Doğruluk%						26,7326733

Sonuç olarak, bu haliyle bulanık mantığın kalp hastalığı tespitinde başarı oranının düşük olduğunu söylemek daha doğru olur. Her ne kadar bazı hastalarda başarılı çıktılar üretilse de, özellikle veri setinde sağlıklı olarak değerlendirilen hastalarda doğru sonuç verme olasılığı oldukça düşüktür. Örneğin, çok yaşlı (63 yaşında), tansiyonu 145, EKG

değeri bozuk ve en yüksek seviyede, kalp hızı ise 150 olan bir denek veri setine göre sağlıklı olarak nitelendirilirken, bulanık mantık (tanımlanan üyelik ve üyelik dışı fonksiyonları [4]) bu deneğin sağlıklı olduğunu öngöremez. Bu tür durumlar istisna olarak kabul edilse de, bu istisnaları göz ardı ettiğimizde bulanık mantığın kısmen başarılı olduğu söylenebilir. Ancak bu haliyle ticari amaçlarla ya da hasta takibi için kullanılması uygun değildir, çünkü güvenilirliği oldukça düşüktür. Üç farklı bulanık mantık sisteminin çıktıları karşılaştırıldığında, sonuçların oransal ağırlığını belirleme konusunda yetersiz kaldıkları ve aralarında anlamlı bir fark olmadığı gözlemlenmektedir.

Bulanık mantık günümüzde birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle yöntem ve metodolojilerin daha keskin ve belirgin olduğu alanlarda, örneğin makineler gibi standartları ve hareketleri formüle edilebilen yapılar için, oldukça başarılı sonuçlar verebilmektedir. Ancak insan gibi karmaşık, belirli bir kriterle sınırlanamayan ve öngörülmesi güç yapılar söz konusu olduğunda, bulanık mantık sistemleri tutarlılık sağlamakta zorlanmaktadır. Örneğin, sonuç ve tartışma bölümünde değinildiği gibi, belirli özelliklere sahip bir bireyin kalp hastası olması beklenirken, sonuçlar sağlıklı olarak çıkabiliyor. Bu tür çelişkili durumların yaygın olduğu senaryolarda, doğruluk oranı yüksek ve doğru kararlar almak güçleşmektedir.

Geleneksel bulanık mantığa alternatif olarak öne sürülen ve çelişkili durumlarda daha başarılı olduğu iddia edilen Mediative Bulanık Mantık da, maalesef belirgin bir farklılık gösterememiştir.

3.5. ÖNERİLER

Aracı Bulanık Mantık'ın geleneksel bulanık mantığa kıyasla belirgin bir farklılık göstermemesinin önüne geçmek ve daha güvenilir sonuçlar elde edebilmek için aşağıdaki yöntemler önerilebilir:

Gelişmiş Üyelik Fonksiyonları: Üyelik ve üyeliksizlik fonksiyonlarının daha hassas ve esnek hale getirilmesi, çelişkili durumlarda daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir. Özellikle insan verileri gibi karmaşık sistemlerde, fonksiyonların dinamik olarak uyarlanabilmesi önemlidir. Örneğin, **Tablo 3.28'deki** veri seti, bulanık mantık kurallarının yanı sıra **heart.org** sitesinden elde edilen eşik değerleri kullanılarak test edilmiştir. Bu testler sonucunda, üç farklı bulanık mantık yöntemi için bir Çelişki Matrisi

oluşturulmuş ve doğruluk değerleri hesaplanmıştır. Yapılan analizlerde, yalnızca bulanık mantık kuralları ile elde edilen doğruluk değerlerine kıyasla, eşik değerlerin de kullanılmasıyla, her ne kadar yine yeterli düzeyde olmasa da, doğruluk oranlarında %100'ün üzerinde bir artış sağlandığı gözlemlenmiştir

Tablo 3.28. 303 Hasta için eşik değer ekli çelişki matrisi (MFS)

MFS	Sağlıklı	Hasta 1	Hasta 2	Hasta 3	Hasta 4	Doğruluk %
Sağlıklı	113	19	9	7	1	
Hasta 1	51	33	21	22	10	
Hasta 2	0	3	6	6	2	
Hasta 3	0	0	0	0	0	
Hasta 4	0	0	0	0	0	
Doğruluk %						50,1650165

IFS	Sağlıklı	Hasta 1	Hasta 2	Hasta 3	Hasta 4	Doğruluk %
Sağlıklı	113	19	9	7	1	
Hasta 1	51	33	21	22	10	
Hasta 2	0	3	6	6	2	
Hasta 3	0	0	0	0	0	
Hasta 4	0	0	0	0	0	
Doğruluk %						50,1650165

TFS	Sağlıklı	Hasta 1	Hasta 2	Hasta 3	Hasta 4	Doğruluk %
Sağlıklı	107	13	6	3	1	
Hasta 1	57	38	24	25	11	
Hasta 2	0	4	6	7	1	
Hasta 3	0	0	0	0	0	
Hasta 4	0	0	0	0	0	
Doğruluk %						49,8349835

Veri Setlerinin İyileştirilmesi: Kullanılan veri setlerinin daha geniş ve çeşitli olması, farklı yaş, cinsiyet ve sağlık durumlarına sahip bireyleri kapsamaları, sistemin farklı durumlarda daha iyi performans göstermesine yardımcı olabilir.

Hibrit Yaklaşımlar: Aracı Bulanık Mantık'ın başka yapay zeka yöntemleriyle (örneğin, yapay sinir ağları, genetik algoritmalar) birleştirilmesi, sistemin çelişkili

durumlarda daha başarılı olmasını sağlayabilir. Bu hibrit yaklaşımlar, farklı yöntemlerin güçlü yanlarını bir araya getirerek daha yüksek doğruluk oranları elde edebilir.

Detaylı Parametre Optimizasyonu: Sistemin parametrelerinin, özellikle üyelik fonksiyonlarının ve kural tabanlarının, optimize edilmesi gerekmektedir. Bu optimizasyon, sistemin belirli kriterlere sahip olmayan verilerde dahi daha tutarlı sonuçlar üretmesine yardımcı olabilir.

Yeni Kural Tabanlarının Geliştirilmesi: Daha karmaşık ve belirsiz durumlar için özel olarak tasarlanmış yeni kural tabanları geliştirilmelidir. Bu kural tabanları, sistemin farklı durumlara daha iyi uyum sağlamasına ve daha isabetli sonuçlar üretmesine olanak tanıyabilir.

Yapay Zekâ Destekli Analiz: Aracı Bulanık Mantık'ın performansını artırmak için yapay zeka ve makine öğrenmesi algoritmaları ile desteklenmiş analiz yöntemleri kullanılabilir. Bu, sistemin zamanla kendini geliştirmesine ve doğruluk oranını artırmasına olanak tanır.

KAYNAKLAR

- [1] **Amir, Mehmood. Nadeem, Adnan. Kashif, Rizwan. Nadeem, Mahmood. Ahmad, Waqas.** A Study of Wearable Bio-Sensor Technologies and Applications in Healthcare. SJCMS. 2017, 67-77
- [2] **Varsha, Wahane. Dr. Ingole, P.V.** An Android Based Wireless ECG Monitoring System for Cardiac Arrhythmia. IEEE. 2016, 5s
- [3] **Prof. Dr. Norsheila, Fisal. Rozeha, Abd. Rashid. Mohd, Adib. Sarijari. Haslinah, Mohd. Nasir.** ECG Monitoring System Using Wireless Sensor Network (WSN) for Home Care Environment. 2008, 8 (Unpublished)
- [4] **Ion, Iancu.** Artificial Intelligence In Medicine. ScienceDirect, 2018, 51-60
- [5] **Harendra, Yadav. Sharma, M. K.** Fuzzy Reliability Analysis of Heating Fans Using Mediative Fuzzy Logic. IOSRJEN. 2019, PP 01-06
- [6] **Detrano, Robert. M.D. Ph.D.** Heart Disease Processed Data Sets, V.A. Medical Center, Long Beach and Cleveland Clinic Foundation, 2018, Database, (Unpublished)
- [7] **Melillo, P. Izzo, R. Orrico, A. Scala, Attanasio, P. M. Mirra, De Luca, M. N. Pecchia, L.** Project Smart Health and Artificial intelligence for Risk Estimation Database, 2013, Database, (Unpublished)
- [11] The Princeton ZebraNet Project (Web Sayfası: <http://mpsoc-forum.org/archive/2004/slides/Martonosi.pdf>) (Erişim Tarihi: Eylül 2021).
- [12] Basic Anatomy Of The Human Heart (Web Sayfası: <https://www.cardofmich.com/anatomy-human-heart-fun-facts/>) (Erişim Tarihi: Eylül 2021).
- [13] ECG Basics (Web Sayfası: <https://litfl.com/ecg-library/basics/>) (Erişim Tarihi: Eylül 2021).
- [14] Normal Values (Web Sayfası: https://elentra.healthsci.queensu.ca/assets/modules/ts-ecg/normal_values.html) (Erişim Tarihi: Eylül 2021).

- [15] Ventricular Hypertrophy (Web Sayfası: <https://ecg.utah.edu/lesson/8>) (Erişim Tarihi: Eylül 2021).
- [16] **Kalat, Shadi T.** Introduction to Fuzzy Logic, Session Number 03/18/2016
- [17] **Bilkent Üniversitesi** A Short Fuzzy Logic Tutorial 08/04/2010
- [18] **Montiel O, Castillo O, Melin P and Sepulveda R** 2008 Mediative fuzzy logic: A New Approach for contradictory knowledge management Soft Comput. 12 251-56
- [19] Fuzzy Logic (Web Sayfası: <https://www.mathworks.com/videos/series/fuzzy-logic.html>) (Erişim Tarihi: Eylül 2023).
- [20] **Muhammad Akram, Saadia Shahzad, Arif Butt & Abdul Khaliq** 2013 Intuitionistic Fuzzy Logic Control for Heater Fans, ISSN 1661-8270, PP 137 – 254
- [21] **O.Taşdemir, M. Dilaver, Y. M. Sönmez** 2018 Proses Tehlike Analizlerindeki Belirsizliklerin Bulanık Mantık İle Kantitatifleştirilmesi
- [22] **A. Çiftçi, F. Tüysüz,** 2021 Giyilebilir Teknolojiler için Arayüz Tasarımı ile Aktivite Takibi
- [23] **A. ALCHALABI** 2017 Odaklanmanın geliştirilmesi için giyilebilen EEG temelli uygulamalı oyun ve EEG sinyal sınıflandırması ile DEHB hastalarına tanı koyma
- [24] **G. Tursun** 2019 Nesnelerin interneti ve bulanık mantık kullanarak giyilebilir tıbbi cihazlarda hipertansiyon teşhisi
- [25] **B. Necip Fazıl** 2018 Giyilebilir teknolojiler tabanlı mobil hasta takip sistemi tasarımı ve gerçekleştirilmesi
- [26]. **Zadeh LA.** Fuzzy sets. Inform Control 1965
- [27]. **Zadeh LA.** The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning – 1. Inform Science 1975

- [28]. **Atanassov K.** Intuitionistic fuzzy sets. Fuzzy Sets Systems 1986;
- [29]. **Atanassov K.** More on intuitionistic fuzzy sets. Fuzzy Sets Systems 1989;
- [30]. **Montiel O, Castillo O, Melin P, Sepulveda M.** Mediative fuzzy logic for controlling population size in evolutionary algorithms. Intell Inform Manag 2009

