

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BULANIK MANTIK TEKNİĞİ KULLANILARAK
ANEMİ HASTALIĞI TEŞHİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Emin SALMAN

Enstitü Anabilim Dalı : **BİLGİSAYAR VE BİLİŞİM
MÜHENDİSLİĞİ**
Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Seçkin ARI**

Haziran 2016

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BULANIK MANTIK TEKNİĞİ KULLANILARAK
ANEMİ HASTALIĞI TEŞHİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Emin SALMAN

**Enstitü Anabilim Dalı : BİLGİSAYAR VE BİLİŞİM
MÜHENDİSLİĞİ**

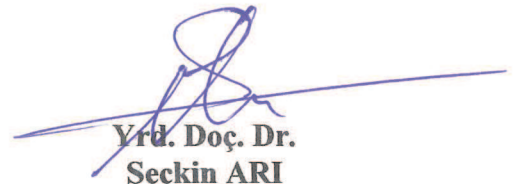
Bu tez 15 / 06 / 2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.



**Yrd. Doç. Dr.
Cahit BİLGİN
Jüri Başkanı**




**Yrd. Doç. Dr.
Atınç YILMAZ
Üye**



**Yrd. Doç. Dr.
Seçkin ARI
Üye**

BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Bulanık Mantık Tekniğı Kullanılarak Anemi Hastalığı Teşhisi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Yrd.Doç.Dr. Seçkin ARI'nın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri ve örnekleri kendim topladığımı, deneyleri ve analizleri ilgili programda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.



Mehmet Emin SALMAN

03.08.2016

TEŞEKKÜR

Bilgisayar Mühendisliği Yüksek Lisans Bitirme Çalışması hazırlanmasının her aşamasında bize her türlü imkânı sağlayan, bizlere bilgi ve birikimleriyle yol gösteren, tecrübelerinden faydalandığımız Sayın Hocamız Yrd.Doç.Dr.Seçkin ARI'ya, Sakarya Eğitim ve Araştırma Hastanesi Hematoloji Bölümü dahiliye doktoru Sayın Dr. Demet ÇEKDEMİR ve Dr. Mehmet Şevki UYANIK'a ve son olarak bugünlere gelebilmemde ellerinden gelen hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan sevgili anne ve babama teşekkürlerimi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ	viii
ÖZET	ix
SUMMARY	x

BÖLÜM 1.

GİRİŞ	1
1.1. Literatür Özeti	2
1.2. Tez Çalışmasının Amacı	3
1.3. Tez Çalışmasının Katkısı	4
1.4. Tez Organizasyonu	4

BÖLÜM 2.

ANEMİ HASTALIĞI	5
2.1. Anemiye Genel Bakış	6
2.2. Anemi Hakkında	6
2.3. Aneminin Nedenleri	7
2.3.1. Kan kaybı	7
2.3.2. Alyuvar hücrelerinin az üretilmesi	8
2.3.3. Yüksek oranda kırmızı kan hücresi yıkımı	8
2.4. Kimler Anemi Tarafından Risk Altındadır?	9
2.5. Aneminin Belirtileri	9
2.6. Anemi Hastalığı Nasıl Tespit Edilir?	10

2.6.1. Tıbbi ve ailesel geçmiş	10
2.6.2. Fiziksel test	10
2.7. Anemi Hastalığı Nasıl Tedavi Edilir?	10
2.7.1. Tedavinin hedefleri	10
2.7.2. Beslenme değişiklikleri ve takviyeleri	11
BÖLÜM 3.	
BULANIK MANTIK	12
3.1. Bulanık Mantık Nedir?	12
3.1.1. Mamdani modeli	12
3.1.2. Sugeno modeli	14
BÖLÜM 4.	
MATERYAL	16
BÖLÜM 5.	
METODLAR	18
5.1. Anemi Hastalığı Teşhisi İçin Bulanık Mantık Sistem Tasarımı.....	19
5.1.1. Üyelik fonksiyonları	20
5.1.2. Bulanık sistemin kural tablosu	23
5.2. Mamdani İle Anemi Hastalığı Derecesinin Tespit Edilmesi	26
5.2.1. Üyelik fonksiyonları	27
5.2.2. Mamdani çıkarım sisteminin kural tablosu	30
5.3. ROC Analizi	40
BÖLÜM 6.	
SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER	42
6.1. Sorular	42
6.2. Sorular	43
KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ	46

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ANFIS	: Adaptive Neuro Fuzzy Inference System
ANN	: Artificial Neural Network
CFN	: Cascade Forward Networks
DDN	: Distributed Delay Networks
FFN	: Feed Forward Network
FN	: False Negative
FP	: False Positive
HCT	: Hematokrit
HGB	: Hemoglobin
LVQ	: Learning Vector Quantization
LYM	: Lenfosit
MCH	: Mean Corpuscular Hemoglobin
MCHC	: Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration
MCV	: Mean Corpuscular Volume
MOM	: Mean Of Maximum
NEU	: Nötrofil
RBC	: Red Blood Cell
RDW	: Red Cell Distribution
PLT	: Platelets
PNN	: Probabilistic Neural Network
TDBK	: Toplam Demir Bağlama Kapasitesi
TDN	: Time Delay Networks
TN	: True Negative
TP	: True Positive
WHO	: World Health Organization

WBC : White Blood Cells
YSA : Yapay Sinir Ağları

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Sugeno çalışma yapısı.....	15
Şekil 5.1. Akıllı anemi teşhis destek sistemi.....	18
Şekil 5.2. Radii değerleri doğruluk grafiği.....	20
Şekil 5.3. Yaş üyelik fonksiyon grafiği.....	21
Şekil 5.4. Cinsiyet üyelik fonksiyon grafiği.....	21
Şekil 5.5. Wbc üyelik fonksiyon grafiği.....	21
Şekil 5.6. Rbc üyelik fonksiyon grafiği.....	21
Şekil 5.7. Hgb üyelik fonksiyon grafiği.....	21
Şekil 5.8. Plt üyelik fonksiyon grafiği.....	21
Şekil 5.9. Rdw üyelik fonksiyon grafiği.....	22
Şekil 5.10. Mcv üyelik fonksiyon grafiği.....	22
Şekil 5.11. Neu üyelik fonksiyon grafiği.....	22
Şekil 5.12. Lym üyelik fonksiyon grafiği.....	22
Şekil 5.13. Demir üyelik fonksiyon grafiği.....	22
Şekil 5.14. Tdbk üyelik fonksiyon grafiği.....	22
Şekil 5.15. Ferritin üyelik fonksiyon grafiği.....	23
Şekil 5.16. B12 üyelik fonksiyon grafiği.....	23
Şekil 5.17. Folik asit üyelik fonksiyon grafiği.....	23
Şekil 5.18. Matlab kural tablosu.....	24
Şekil 5.19. Matlab kural tablosu.....	26
Şekil 5.20. Wbc üyelik fonksiyon grafiği.....	28
Şekil 5.21. Rbc üyelik fonksiyon grafiği.....	28
Şekil 5.22. Hgb üyelik fonksiyon grafiği.....	28
Şekil 5.23. Plt üyelik fonksiyon grafiği.....	28
Şekil 5.24. Rdw üyelik fonksiyon grafiği.....	28
Şekil 5.25. Mcv üyelik fonksiyon grafiği.....	28

Şekil 5.26. Neu üyelik fonksiyon grafiği.....	29
Şekil 5.27. Lym üyelik fonksiyon grafiği.....	29
Şekil 5.28. Demir üyelik fonksiyon grafiği.....	29
Şekil 5.29. Tdbk üyelik fonksiyon grafiği.....	29
Şekil 5.30. Ferritin üyelik fonksiyon grafiği.....	29
Şekil 5.31. Folik asit üyelik fonksiyon grafiği.....	29
Şekil 5.32. Teşhis üyelik fonksiyon grafiği.....	30
Şekil 5.33. Matlab kural tablosu.....	34
Şekil 5.34. Uygulama örneği matlab çıktısı.....	35
Şekil 5.35. Sistem teşhisi ve gerçek teşhis arasındaki ilişki grafiği	35

TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1. Kansızlığa bağlı kansızlık için hematoloji parametreleri	16
Tablo 4.2. Kansızlığa bağlı biyokimya parametreleri	17
Tablo 5.1. Literatürdeki sonuçların karşılaştırılması	39
Tablo 5.2. ROC parametreleri ve açıklamaları	40
Tablo 5.3. Eksiltici kümeleme algoritması tüm test sonuçları	41
Tablo 5.4. Eksiltici kümeleme algoritması ROC analizi tablosu	42

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Bulanık mantık; Anemi hastalığı

Tıp alanındaki verilerin çok fazla birikmesiyle farklı yönlerde farklı çözüm teknikleri oluşturulmuştur. Bilgisayar kullanımı, tıp alanında hastalıkların teşhis ve tedavisinde önemli bir yere sahiptir. Tam teşhis koyma tıp alanındaki önemli süreçlerden birisidir. Bu nedenle, uzman doktorlara yardımcı olma açısından, bilgisayar destekli karar verme sistemlerinin önemi her geçen gün artmaktadır. Günümüzde en sık görülen hastalıklardan biri de anemi hastalığıdır. Anemi hastalığının teşhisini koyabilmek için detaylı tetkik gerekmektedir. Bu nedenle klasik olarak incelenen kan tetkiklerinden teşhis koymak oldukça zordur. Bu çalışmada bulanık mantık ile anemi hastalığını tespit etme ve bu sayede uzman doktorlara uygulayacakları tedavi öncesinde tam teşhis koymalarına destek verici Matlab'ın özel fonksiyonları ile bir bulanık sistem geliştirilmiştir. Sistem tasarımının gerçekleşme sürecinde gerçek hastalardan alınan veriler incelenmiştir. Alınan veri seti içinde teşhiste kullanılmayan parametreler çıkarılıp geriye kalan parametreler ile Matlab'ın genfis fonksiyonlarını kullanarak akıllı anemi teşhis destek sistemi tasarlanmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında ise tespit edilen anemi hastalarının hastalık derecesi Mamdani çıkarım mekanizması ve Mom durulaştırma metodu ile belirlenmiştir.

DIAGNOSIS OF ANEMIA USING FUZZY LOGIC TECHNIQUE

SUMMARY

Keywords: Fuzzy Logic, Anemia Disease

Due to the accumulation of data in the field of medicine, different solution techniques has been introduced in various directions. Uses of computers in medical fields take an important place in the diagnosis and treatment of disease. Therefore, the importance of computer-aided decision systems increases consistently in terms of helping out a specialist. Nowadays, one of the most common diseases is anemia. A detailed examination is required in order to make the diagnosis of anemia disease. In this study, anemia disease has been determined by a neuro-fuzzy system called anfis to support the specialists before they apply any treatment to detect anemia. In the process of system design, data from patients had examined. In the received datasets, unused parameters were removed with remaining parameters, smart anemia diagnosis support system was designed by using genfis function of matlab's. In the second phase of the study, the degree of disease with anemia detected was determined by Mamdani inference system and Mom fuzzy method.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Anemi, kırmızı kan hücrelerinin yeteri kadar oksijeni vücudun dokularına taşımadığı zaman meydana gelen bir hastalık durumudur. Kanda kırmızı kan hücreleri (alyuvarlar) bulunur. Bu kan hücrelerinin yapısında oksijenin taşınmasını ve bu hücrelerin kırmızı olmasını sağlayan hemoglobin bulunur. Nefes alırken akciğerdeki oksijen, bu hemoglobinin yapısına bağlanarak taşınır. Hemoglobinin, kanda bulunması gereken miktarın altında olması sonucu kansızlık (anemi) ortaya çıkar. Olması gereken minimum değerler erkekte 13 g/dl, kadında ise 12 g/dl'dir. 6 yaşa kadarki çocuklarda 11 g/dl, 6-15 yaş arasında ise 12 g/dl'nin altında olması kansızlığın göstergesidir. Dünyada kadınlarda görülme sıklığı yüzde 30-40, erkeklerde yaklaşık yüzde 20'dir. Bunlar dünya sağlık örgütünün belirlediği değerlerdir [1].

Kansızlık hastalıkları arasında en çok görülen hastalık demir eksikliği anemisidir. Demir yetersizliği, aneminin dünya çapında başlıca nedenlerinden biridir. Demir eksikliği anemi hastalığının sebepleri kadın, erkek, çocuk ve yetişkin gruplarına göre farklılık gösterir. Demir eksikliği anemisi fizyolojik olarak artan ihtiyacın karşılanamaması ve vücudun ihtiyaç duyduğu demir oranının, yiyeceklerden alımının ve bağırsaklardan emiliminin az olması sonucu ortaya çıkar [2].

Vücudun demir oranı 2 gram ile 4 gram arasındadır. Erkeklerde 50 mg/kg, kadınlarda 35 mg/kg dolaylarındadır. Demirin çoğu kırmızı kan hücrelerinin dolaşımında bulunur. Erkeklerde kırmızı kan hücresi 30 ml/kg'a yakın olup 70 kg bir kişinin 2100 ml kırmızı kan hücresi vardır. Kadınlarda regl ve doğum gibi sebeplere bağlı olarak meydana gelen kan kayıpları, mide, bağırsak kanamaları gibi nedenlerle kan kaybına bağlı demir yetersizliği oluşur, bu durum anemiye yol açabilir [3].

1.1. Literatür Özeti

Literatürde anemi hastalığının tespitine yönelik bulanık mantık, yapay sinir ağları, veri madenciliği ve daha bunlar gibi yöntemler ile yapılmış pek çok çalışma vardır.

Wongseree ve arkadaşları 2007 yılında yapmış oldukları çalışmada yapay sinir ağları ve genetik programlama ile oluşturulan karar verme ağaçları yardımıyla talasemi (akdeniz anemisi) hastalığının tespiti için yaptıkları testler sonucunda 10 ayrı talasemi hastalığının sınıflandırılması için yapılan testlerde yaklaşık olarak %90 başarımla elde edildiğini bildirmişlerdir [4].

Doğan S. ve Türkoğlu Ş. 2008 yılında yayınlamış oldukları makalede demir eksikliği anemisi ile ilgili bir çalışmada, demir eksikliği anemisini veri madenciliği tekniklerinden karar ağaçları yapısı ile belirlemişlerdir. Sisteme giriş olarak, biyokimya parametrelerinden demir eksikliği anemisi hastalığı için temel belirleyiciler olan demir, demir bağlama kapasitesi ve ferritin enzimleri kullanılarak, çıkış olarak da hasta ve sağlıklı değerlendirmelerinde bulunulmuştur. Tasarlanan sistemde 96 hasta verisi incelenmiş ve karar destek sisteminin sonuçları, doktorun verdiği kararlarla tamamen örtüşmüştür [5].

Azarkhish I. Raoufy M. R. Gharibzadeh S. (2011) yayınlamış oldukları makalede laboratuvar verileri sonucu demir eksikliği anemisi ve serum demir seviyesini belirlemek için yapay zeka modellemesi çalışmasında yapay sinir ağı (ANN) ve ANFIS geliştirmiştir. Çalışmada demir eksikliği ANN ve ANFIS karşılaştırması yapılmıştır. Çalışma için kullanılan hasta seçimi 92 erkek 111 kadın olmak üzere toplam 203 kişi olmuştur. Hastaların yaş aralığı ise 38- 73 arasındadır. Giriş parametreleri olarak; MCV (Ortalama eritrosit hacmi), MCH (ortalama eritrosit hemoglobini), MCHC (ortalama eritrosit hemoglobin konsantrasyonu), Hb/RBC (hemoglobin/eritrosit sayısı) kullanılmıştır. Çıkış parametreleri olarak ise; hasta ve sağlıklı olarak ayrılmıştır. Sonuç olarak ANFIS ile yapılan çalışmanın %90.74 doğruluk oranı ve ANN ile yapılan çalışmanın ise %96,29 doğruluk oranı ile başarılı bir çalışma yapılmıştır [6].

Allahverdi N., Tunalı A., Işık H., Kahramanlı H. 2011 yılında çocuklar üzerinde çalışmış oldukları makalede hemogloblin ve hematokrit testinin anemi seviyesini tespit etmede önemli parametre olduğunu belirlemişlerdir. Takagi-Sugeno tip bulanık sinir ağı kullanılmıştır [7].

Ziyet Yılmaz ve M. Recep Bozkurt 2011 yılında yayınlamış oldukları makalede kadınlarda demir eksikliği anemisi hastalığını incelemişlerdir. Sistemin işleyişi yapay sinir ağı(ANN) ile yapılmıştır. Toplamda 2600 hasta verisi üzerine çalışılmış olup bunlardan 600'ü test verisi olarak ayrılmıştır. Hekim tarafından incelenen 600 hasta verisinden 478'inin sağlıklı, 122'sinin ise anemi hastası olduğu tespit edilmiştir. Yapılan çalışma %99,16 doğruluk oranı ile başarılı bir çalışma yapılmıştır [8].

Yurtay ve arkadaşları 2013 yılında yapmış oldukları çalışmada veri madenciliği hiyerarşik kümeleme algoritmasını kullanarak anemi hastalığını incelemişler ve buldukları sonuç doktorun verdiği kararlarla tamamen örtüşmüştür [9].

Yılmaz ve arkadaşları bulanık mantık kullanarak demir eksikliği anemisi üzerinde yaptıkları testler sonucunda yaklaşık %89.5 oranında başarı elde etmişlerdir [10].

Jeffrey O. Pentecost ve arkadaşları demir eksikliği anemisi, hemoglobinopati ve kronik hastalık anemisi olmak üzere üç çeşit mikrositik anemi hastalığı üzerinde durmuşlardır. Bu anemiler üzerinde yapay sinir ağı ile yapılan testler sonucunda toplam %96.5 oranında başarı elde edildiğini bildirmişlerdir [11].

1.2. Tez Çalışmasının Amacı

Bu çalışmada, birinci aşamada Matlab'in Sugeno çıkarım mekanizması ve hazır fonksiyonu olan genfis yapıları ile sistem tasarlanmıştır ve sistem ile hastalık tespit edilmiştir. İkinci aşamada ise Mamdani çıkarım mekanizması ve Mom durulaştırma metodu ile hastalık derecesi tespit edilmiştir. Hazırlanan sistemimizde hastaların WBC, RBC, HGB, PLT, RDW, MCV, NEU, LYM, DEMİR, TDBK, FERRİTİN, B12 ve FOLİK ASİT kan değerleri kullanılarak bu değerler MATLAB üzerinde işlenmiştir.

Bu işlemlerin sonucunda kişinin hasta ya da hasta olmadığı tespiti yapılmıştır. Gerçekleştirilen sistemde 45 hasta test verisi için, 117 hasta eğitim verisi için kullanılmıştır. Gerçekleştirilen sistemde elde edilen sonuçlara göre, en yüksek başarı oranı %100 olarak test setindeki veriler ile doktorun teşhisini koyduğu tüm veriler birebir uyuşmuştur.

İkinci aşamada ise Mamdani çıkarım mekanizması ve Mom durulaştırma metodu ile aynı hastalar üzerinde hasta olup olmadığı değil, daha üst olarak hastalık seviyesinin ağır, orta ve hafif olduğunu belirlemek için giriş olarak yine aynı parametreler kullanılmıştır. Çıkış olarak ise ağır demir eksikliği, orta demir eksikliği, hafif demir eksikliği ve normal(sağlıklı) olarak değerlendirmede bulunulmuştur.

1.3. Tez Çalışmasının Katkısı

Bu tez çalışmasının literatüre katkısı doktorların koymuş olduğu anemi hastalığı teşhisini destekleyici nitelikte sistemin oluşturulmasıdır.

1.4. Tez Organizasyonu

Tezin diğer bölümleri şu şekilde organize edilmiştir. Bölüm 2’de anemi hastalığı hakkında detaylı bilgilere yer verilmiştir. Bölüm 3’te bulanık mantık ile ilgili bilgi verilmiştir. Bölüm 4 te verilerin nasıl elde edildiği anlatılmıştır. Bölüm 5’te hazırlanan sistemlere ait bilgiler ve deneysel sonuçlar sunulmuştur. Bölüm 6’da ise çalışmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler açıklanmıştır.

BÖLÜM 2. ANEMİ HASTALIĞI

Kanımızda bulunan kırmızı kan hücrelerinin (alyuvarlar) yapısında oksijenin taşınmasına yardımcı olan ve bu hücrelerin kırmızı olmasını sağlayan hemoglobin bulunmaktadır. Nefes aldığımızda akciğere dolan oksijen, hemoglobinin yapısına bağlanarak kanda taşınır. Hemoglobinin kanda bulunma sınırı vardır, eğer hemoglobin bu sınırın altında ise kansızlık (anemi) ortaya çıkar [12].

Anemi, kırmızı kan hücreleri dediğimiz alyuvar sayısının normalden daha düşük veya kana kırmızı rengini veren hemoglobin miktarının normalden düşük olması sonucu oluşan hastalıktır.

Anemi, oksijenin taşınması için gerekli olan kanın kapasitesini düşürür. Bunun sonucunda hastada yorgunluk, halsizlik, zayıflık, nefes darlığı, baş dönmesi veya baş ağrıları gibi durumlar oluşmaya başlar.

Anemi hastalığının temel sebebi kanama, hemoliz diye adlandırdığımız kırmızı kan hücrelerinin yıkımı, kırmızı kan hücrelerinin yeterince üretilmemesi(kemik iliği hastalarında olduğu gibi), hemoglobinin normalden daha az (demir eksikliği anemisi gibi) üretilmesidir.

Kadınlarda anemi hastalığına yakalanma ihtimali erkeklere nazaran adet kanamasından dolayı daha fazladır. Çocuklar sık sık aspirin ve ateş düşürücü gibi ilaçlar kullanmaları ile sebep olunan mide kanamasından dolayı anemi hastalığına yakalanırlar [13].

2.1. Anemiye Genel Bakış

Alyuvarlar ortasında delikler olmayan disk şekline benzerler. Alyuvarlar vücuda oksijen taşıırken aynı zamanda da bir atık ürünü olan karbodioksitten vücudu arındırırlar yani bedeni temizlerler. Bu hücreler ve trombositler süngerimsi doku denilen kısımdaki kırmızı kemik iliklerinde üretilirler. Trombositler yaralanmalarda, kesiklerde kanın pıhtılaşmasına ve kanamayı durdurmaya yararlar.

Akyuvarlar ise kemik içerisindeki sarı kemik iliklerinde üretilirler. Bu hücreler enfeksiyonlara karşı savaşır. Bazı tip anemiler bu üç kan hücresi çeşidinin az bulunmasından kaynaklanmaktadır.

2.2. Anemi Hakkında

Oluş nedenlerine göre üç tip anemi hastalığı sayılabilir:

Birinci tip kansızlık, kan yapımının azalması sonucu meydana gelen kansızlıklardır.

İkinci tipte kan kaybı söz konusudur.

Üçüncü tip kansızlıkta ise alyuvarların yıkımında artma vardır.

Birçok tür anemi hastalığı hafif ve orta seviyelidir ve bu hastalık kolay bir şekilde tedavi edilebilir. Hatta sağlıklı beslenme (kırmızı et kullanımı gibi, hazır gıdalardan kaçınmak gibi) ile bunların bazıları engellenebilir.

Bunların yanında bazı çeşit anemiler ağır, uzun ömürlü olup tedavi edilmediği takdirde ölüm ile karşı karşıya gelmektedir. Anemi hastalığına yakalanma belirtileri gören bir kişi mutlaka bir doktora görülmelidir.

Pekçok anemi türü vardır. Bu türlerin kendine özel sebepleri ve özellikleri bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıdadır.

- Plastik anemi
- Kan kaybı anemisi

- Cooley anemisi
- Diamond-blackfan anemisi
- Fanconi anemisi
- Folik asit eksikliği anemisi
- Hemolitik anemi
- Demir eksikliği anemisi
- Penisyöz anemisi
- Orak hücreli anemi
- Talasemi (Akdeniz anemisi)

2.3. Aneminin Nedenleri

Anemi hastalığı sebeplerini 3 başlık altında toplayabiliriz.

- Kan kaybı,
- Alyuvar hücreleri yetersizliği,
- Yüksek oranda kırmızı kan hücresi yıkımı

2.3.1. Kan kaybı

Kan kaybı, anemi hastalığının özellikle de demir eksikliği anemisinin en yaygın sebeplerinden biridir. Kan kaybı kısa vadeli ya da sürekliliği olan bir durumdan kaynaklanabilir.

Aylık adet dönemleri veya kanamaları, sindirim veya idrar yollarındaki iç kanamalar bu kan kayıplarına neden olabilir. Ayrıca ameliyat, travma veya kanser hastalığı da kan kaybına neden olabilir.

Eğer kan kaybı çok fazla olursa, vücut ihtiyacı olandan daha az alyuvara sahip olduğundan dolayı anemi hastalığı ortaya çıkabilir.

2.3.2. Alyuvar hücrelerinin az üretilmesi

Kalıtımdan gelen ya da sonradan oluşan durumlar vücudun ihtiyaç duyduğu alyuvar sayısının üretilmesini engelleyebilir. “Sonradan oluşan” ifadesi ile anlatılan bu durumun doğuştan gelmediği yani sonradan oluştuğudur. “Kalıtımdan” ifadesi ile anlatılmak istenen ise bu özelliğin ebeveynlerden kalıtım yolu (genler) ile kişiye aktarıldığıdır.

Kalıtımdan gelen durumlar ve anemi hastalığına yol açabilen faktörler yetersiz beslenmeyi, anormal hormon seviyesini, bazı kronik hastalıkları ve hamileliği içerir.

2.3.3. Yüksek oranda kırmızı kan hücresi yıkımı

Kalıtımdan gelen ya da sonradan kazanılan durumlar ve faktörler vücudun normalden daha fazla alyuvar yıkımı yapmasına neden olabilir. Sonradan oluşan durumlara bir örnek olarak dalak genişlemesi ya da hastalığı verilebilir.

Dalak yıpranmış alyuvarları vücuttan uzaklaştıran bir organdır. Eğer dalak genişlemiş ya da hastalanmışsa, normalden daha fazla alyuvar hücresinin vücuttan temizlenmesine neden olabilir. Bu da anemi hastalığına neden olur.

Kalıtımdan gelen durumlar için orak hücreli anemi, akdeniz anemisi ve bazı enzimlerin üretimindeki eksiklikler normalden daha fazla alyuvarın yıkımına neden olabilir. Bu durumlar üretilen sağlıklı alyuvar sayısından çok daha hızlı bir şekilde alyuvar ölümlerinin gerçekleşmesine neden olur.

Bir diğer örnek ise hemolitik anemidir. Bu anemi türü ise vücutta normalden çok daha fazla alyuvar yıkımına neden olur. Kalıtımdan gelen ya da sonradan oluşan bazı durumlar hemolitik anemiye neden olabilir. Örnek olarak; bağışıklık sistemindeki düzensizlikler, enfeksiyonlar, bazı tedaviler veya kan nakline karşı oluşan reaksiyonlar anemiye neden olabilecek durumlar arasındadırlar [14].

2.4. Kimler Anemi Tarafından Risk Altındadır?

Anemi çok yaygın bir hastalıktır. Tüm yaşlarda, ırklarda ve etnik gruplarda görülebilir. Hem erkeklerde hem de kadınlarda anemi hastalığına yakalanabilir. Ancak bununla birlikte, kadınlar adet dönemleri başladığı andan itibaren yüksek risk altındadırlar.

Hamilelik sürecinde kadınlar demir eksikliği, folik asit eksikliği ve kandaki değişimlerden dolayı anemi hastalığına yakalanabilir.

1 ve 2 yaş arasındaki bebekler anemi konusunda risk altındadırlar. Bu yaş grubundaki çocuklar beslenmelerinde yeterince demir tedarik edemezler. Özellikle de eğer çok fazla inek sütü tüketilmişse anemi hastalığına yakalanabilirler. Çünkü inek sütü büyümek için ihtiyaç duyulan demir miktarını düşürür [15].

2.5. Aneminin Belirtileri

Aneminin en yaygın belirtisi tükenmişlik hissidir (yorgunluk ve zayıflık hissi). Anemi hastalığına yakalanmış birini görürseniz onu normal aktivite yapmak için enerjik bulamazsınız.

Aneminin diğer belirtileri ise şunlardır:

- Nefes darlığı
- Baş dönmesi
- Baş ağrısı
- Ayaklarda ve ellerde üşüme
- Deride solgunluk
- Boyun ağrısı

Kalbin vücuda yeterince oksijen taşıyabilmesi için daha çok çalışması sonucu bu işaretler ve belirtiler görülebilir. Hafif ya da orta şiddette bir anemide çok küçük belirtiler olur ya da hiç olmayabilir.

2.6. Anemi Hastalığı Nasıl Tespit Edilir?

Anemi hastalığı kişinin aile geçmişine, tıbbi geçmişine, fiziksel testlerine ve bazı kan testlerine bakılarak teşhis edilebilir.

2.6.1. Tıbbi ve ailesel geçmiş

Anemi belirtilerinin görülüp görülmediği, anemiye sebep olabilecek bir hastalık geçirilip geçirilmediği gibi sorular sorularak anlaşılmaya çalışılır. Bunun dışında anemiye sebep olabilecek bir ilaç alınıp alınmadığı araştırılır ve ailenizde anemi hastalığının olup olmadığı sorulur.

2.6.2. Fiziksel test

Anemi seviyesinin ne kadar şiddetli olduğunun tespiti için yapılacak fiziksel testler şunlardır:

- Kalp atım hızlarının düzensiz mi veya hızlı mı olduğunu dinlemek,
- Akciğerlerdeki nefes alımının düzensiz mi veya hızlı mı olduğunu dinlemek,
- Karaciğer ve dalak boyutlarını kontrol etmektir.

2.7. Anemi Hastalığı Nasıl Tedavi Edilir?

Anemi hastalığının tedavisi türüne, sebebine ve şiddetine göre değişebilir. Hastalığın tedavileri arasında beslenme değişiklikleri ya da takviyeleri, ilaçlar, çeşitli tıbbi işlemler ve ameliyat olabilir.

2.7.1. Tedavinin hedefleri

Tedavilerin hedefi hasta kanının taşıyabildiği oksijenin miktarını artırmaktır. Bu işlem alyuvar sayıları artırılarak ya da hemoglobin oranları artırılarak yapılır.

2.7.2. Beslenme değişiklikleri ve takviyeleri

Vücuttaki vitamin ve demirin düşük seviyesi anemi hastalığının bazı türlerine sebep olabilmektedir. Bu seviye düşüklüğü yetersiz beslenmekten veya bazı hastalıkların sonucu olabilir.

Bu mineral seviyelerini ve demir seviyesini artırmak için beslenme değişikliği, vitamin ve diğer mineral takviyeleri yapılması gerekmektedir. Genel olarak takviye vitaminler B12 ve folik asittir [16].

BÖLÜM 3. BULANIK MANTIK

3.1. Bulanık Mantık Nedir?

Bulanık mantık ilk kez 1965 yılında Lütfü Aliasker Zade tarafından yazılan bir makalede duyurulmuştur. Askerzadeh makalesi ile belirsizlik durumunda olan kümelerin elemanlarına üyelik dereceleri atanması ile çözüm üretmiştir. Bir küme elemanının üyelik derecesi 0 ile 1 değeri arasında değişmektedir [17].

Bulanık mantığın temeli bulanık küme ve alt küme mantığından oluşmaktadır. Klasik yaklaşımda bir varlık ya kümenin elemanıdır ya da elemanı değildir. Matematiksel olarak ifade edildiğinde varlık küme ile olan üyelik ilişkisi bakımından kümenin elemanı olduğunda "1", kümenin elemanı olmadığı zaman "0" değerini alır. Bulanık mantıkta bir varlık o kümenin içinde belirli derecede kısmen olabilir, kısmen olmayabilir. Yani var-yok mantığının aksine iki seviyeli değil, çok seviyeli işlemleri içinde barındırır. Bulanık mantıkta mamdani ve sugeno olmak üzere iki tür çıkarım mekanizması vardır.

3.1.1. Mamdani modeli

- Mamdani modelinin oluşturulması basittir.
- İnsan davranış ve duyularına uygundur.

Mamdani çıkarım mekanizması 5 adımdan oluşur.

- Girdilerin bulanıklaştırılması: öncül kısımdaki bütün bulanık ifadeleri kullanarak girdi değişkenlerine ait 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecelerinin belirlenmesi
- Bulanık mantık işlemlerini kullanarak kural ağırlıklarının belirlenmesi
- Bulanık küme mantıksal işlemcilerin (ve, veya) uygulanması

- Sonuçların toplanması: her bir kuralın çıktısını temsil eden bulanık kümelerin birleştirilmesi
- Durulaştırma: tek bir sayıya dönüştürülmüş toplam bulanık küme sonuçlarının durulaştırılması

Mamdani modelinde her kural sözel olarak ifade edilir (düşük, normal, yüksek). Kurallar yorumlanarak bir durulama işleminden geçtikten sonra sonuç bulunur. Mamdani modellemede, sistem tanımlamada kullanılan matematiksel denklemlerin yerini eğer-ise (if-then) biçiminde kurallar almaktadır. Mamdani modelin yapısı denklem 3.1 eşitliği ile ifade edilmektedir. Burada; k kural sayısını, r girdi değişken sayısını, xi girdi değişkenlerini, y çıktı değişkenini, Aij ve Bi ise girdi ve çıktı dilsel terimleri (bulanık kümeleri) ifade etmektedir [18].

$$\text{eğer } x_i = A_{ij} \text{ ve.. ve } x_r = A_{ir} \text{ ise } y = B_i (i = 1, 2, \dots, k) \quad (3.1)$$

Modele girdi olarak eklenen x'in üyelik değeri A' ve çıktının üyelik değeri ise B' olsun. Girdi çıktı ilişkisi denklem 3.2'de gösterilmektedir.

$$B' = A' \circ R' \quad (3.2)$$

Eşitlikteki R kuralın bulanık ilişkisini,"o" sembolü ise sub-t bileşimi olarak alınır. Matematiksel işlemlerde sub-t maksimum alma işlemidir [19].

Mamdani çıkarım mekanizması 3 aşamadan oluşmaktadır.

- Girdilerin kurallar tarafından ifade edilme dereceleri α_i , girdi değerleri ile belirlenir. n kaçınıcı üyelik derecesi olduğunu, x_1, x_2, \dots, x_m girdi değerlerini, i ise kaçınıcı kural olduğu denklem 3.3'te ifade edilmektedir.

$$\alpha_i = \mu_{1n}(X_1) \Delta \mu_{2n}(X_2) \Delta \mu_{3n}(X_3) \dots \mu_{mn}(X_m) \quad (3.3)$$

- Her kural için çıktı kısımlar B'n içinden t-norm yardımıyla minimum olan üyeliğin seçimi denklem 3.4 eşitliğindeki işlemle yapılır.

$$\mu_{B'}(y) = \alpha_i \wedge \mu_{B_n}(y) \quad (3.4)$$

- Son aşamada, çıktı bulanık kümelerin toplamı, maksimum operatörü kullanılarak bulunur. İşlem denklem 3.5'teki matematiksel eşitlik ile yapılır.

$$\mu_{B'}(y) = \max(\mu_{B'}(y)) \quad (3.5)$$

Çıkarım sonucunda elde edilen sonuç bulanık olduğundan bu değer durulaştırılması gereklidir. Bu aşamada, uygun bir durulaştırma yordamı kullanılarak sayısal çıktı elde edilir [20].

3.1.2. Sugeno modeli

Mamdani bulanık mantık yönteminin bir uyarlamasıdır. Girdi değişkenlerinin bulanıklaştırılması ve bulanık mantık işlemleri Mamdani bulanık modelleme ile tamamen aynıdır. İki yöntem arasındaki fark çıktı üyelik fonksiyonlarındadır. Sugeno tipi bulanık modellemede çıktı üyelik fonksiyonları sadece lineer ya da sabittir.

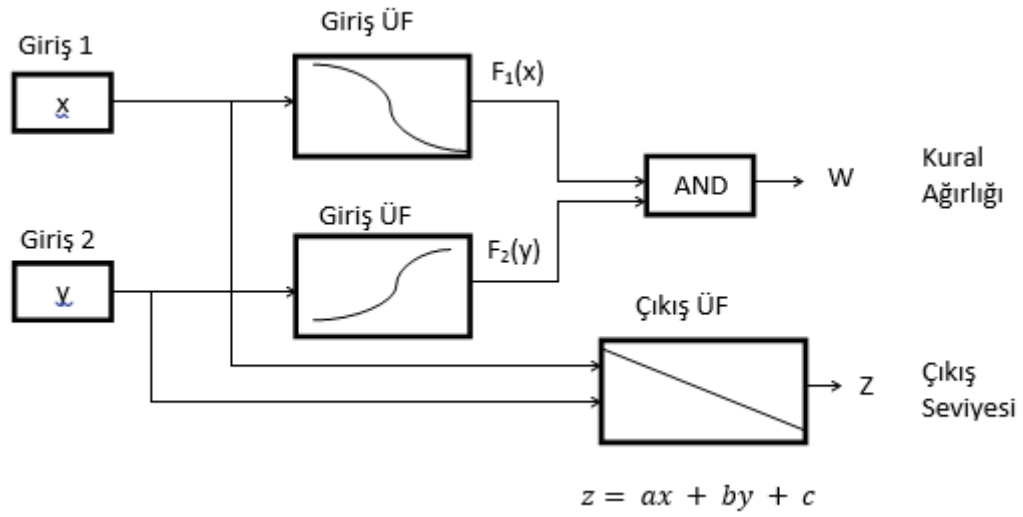
- Hesaplama için çok uygundur.
- Lineer olmayan sistemlerin kontrol edilmesi için lineer teknikler kullanılabilir.
- Optimizasyon ve uyarlanabilir (adaptive) tekniklerle birlikte iyi çalışır ve çıktı parametrelerini optimize ederek sonuçları iyileştirir.
- Matematiksel analiz için uygundur [21].

Sistemin çıkışı, tüm kural çıkışlarının ortalaması ile hesaplanmaktadır ve denklem 3.6 de gösterilmektedir. Burada N kural sayısı, W_i her bir kuralın ağırlığı, i kaçınıcı kural olduğu, Z_i ise kuralların çıkış seviyesidir. Sugeno çalışma yapısı ise Şekil 3.1.'de gösterilmektedir [22].

$$\text{Çıkış} = \frac{\sum_{i=1}^N W_i * Z_i}{\sum_{i=1}^N W_i} \quad (3.6)$$

Denklemler 3.7’de görülen W_i ise Şekil 3.1.’de görüldüğü gibi birinci giriş üyelik fonksiyonunun, ikinci giriş üyelik fonksiyonu ile çarpılmasıyla hesaplanmaktadır.

$$W_i = \text{AndMethod}(F_1(x), F_2(y)) \quad (3.7)$$



Şekil 3.1. Sugeno çalışma yapısı

BÖLÜM 4. MATERYAL

Anemi hastalığını teşhis etmek için tam kan sayımı dediğimiz hematoloji bölümündeki veriler ve biyokimya bölümündeki veriler alındı. Bu veriler gerekli yasal izinler ile alınmış olup izin belgesi ektedir. Sakarya Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi Hematoloji ve Biyokimya Bölümü'nden toplam 1715 adet hasta verisi alınmıştır. Fakat 1715 hasta verisi içinden 162 adet hastaya teşhis konulduğu için 162 adet hasta verisi üzerine çalışılmıştır. Bu veriler içinden anemi tanısına yönelik laboratuvar kan analiz sonuçları seçilmiş ve kullanılmıştır. Birinci aşamada yapacağımız sistemi eğitmek için veri setinin %27'sini test seti olarak, %73'ü ise eğitim seti olarak ayrılmıştır. Nitelik olarak WBC, RBC, HGB, PLT, RDW, MCV, NEU, LYM, DEMİR, TDBK, FERRİTİN, B12 ve FOLİK ASİT değerleri yer almaktadır (Tablo 4.1., Tablo 4.2.).

Tablo 4.1. Kansızlığa bağlı kansızlık için hematoloji parametreleri

Parametre	Açıklama	Normal değerler
Wbc	Beyaz kan hücreleri (white blood cells)	4-10
Rbc	Kırmızı kan hücreleri (red blood cells)	4,5-6
Hgb	Hemoglobin	12-16
Plt	Platelets	140-420
Rdw	Kırmızı hücre dağılım genişliği (red cell distribution)	11-16
Mcv	Ortalama eritrosit hacmi (mean corpuscular volume)	80-100
Neu	Nötrofil	2-7
Lym	Lenfosit	0,5-3,5

Tablo 4.2. Kansızlığa bağlı kansızlık için biyokimya parametreleri

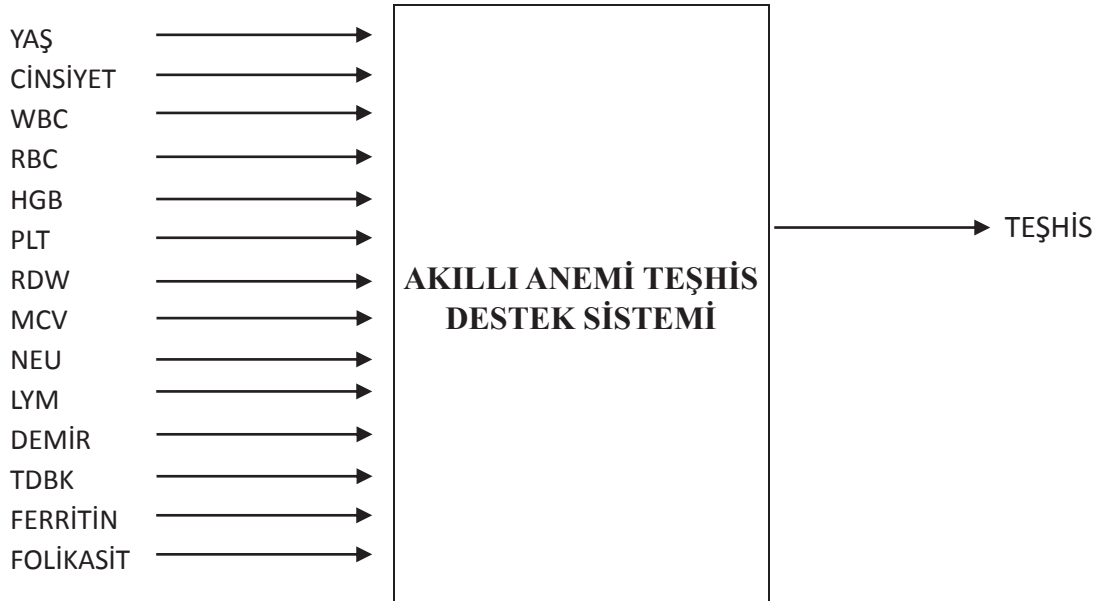
Parametre	Açıklama	Normal değerler
Demir		60-180
Tdbk	Toplam demir bağlama kapasitesi	215-480
Ferritin		22-322
B12		250-940
Folik asit		3-17

Yukarıda bulunan parametreler hekim tarafından önemli görülen parametrelerdir. Hekim teşhis koyarken bu parametrelere bakarak teşhis koymaktadır.

BÖLÜM 5. METODLAR

Öncelikle yaptığımız çalışma iki aşamalı bir çalışmadır. Birinci aşama kansızlık tanısı amacı ile yapılmış laboratuvar kan testleri kullanılarak bulanık mantık tekniklerinden genfis fonksiyonları ile sağlanmaktadır. Genfis fonksiyonun nasıl işlediği detaylı şekilde bölüm 5.1’de anlatılmaktadır. Sisteme giriş olarak, demir eksikliği anemisi hastalığı için temel belirleyiciler olan hemogram parametrelerinden WBC, RBC, HGB, PLT, RDW, MCV, NEU, LYM ve biyokimya parametrelerinden ise DEMİR, toplam demir bağlama kapasitesi (TDBK), FERRİTİN ENZİMLERİ, B12, FOLİK ASİT parametreleri kullanılmıştır. Çıkış olarak da kişinin anemi hastası olup olmadığını belirten teşhis konulmuştur.

Bu sistemin 15 adet girişi ve 1 adet çıkışı bulunmaktadır. Şekil 5.1 tasarlanan akıllı anemi teşhis destek sistemini göstermektedir.



Şekil 5.1. Akıllı anemi teşhis destek sistemi

İkinci aşamada ise Mamdani çıkarım mekanizması ve Mom durulaştırma metodu ile aynı hastalar üzerinde hasta olup olmadığı değil, daha üst olarak hastalık seviyesinin ağır, orta ve hafif olduğunu belirlemek için giriş olarak yine aynı parametreler kullanıldı. Çıkış olarak ise ağır demir eksikliği, orta demir eksikliği, hafif demir eksikliği ve normal (sağlıklı) olarak değerlendirilmedi bulunulmuştur.

5.1. Anemi Hastalığı Teşhisi İçin Bulanık Mantık Sistem Tasarımı

Tıp alanındaki verilerin çok fazla birikmesiyle farklı yönlerde farklı çözüm teknikleri oluşturulmuştur. Bilgisayar kullanımı, tıp alanında hastalıkların teşhis ve tedavisinde önemli bir yere sahiptir. Tam teşhis koyma tıp alanındaki önemli süreçlerden birisidir. Bu nedenle, uzman doktorlara yardımcı olma açısından, bilgisayar destekli karar verme sistemlerinin önemi her geçen gün artmaktadır.

Bu çalışmada, kişinin anemi hastası olup olmadığını öğrenmek için Matlab'in genfis fonksiyonlarını kullanarak akıllı anemi teşhis destek sistemi tasarlanmıştır.

Genfis2 fonksiyonu sugeno çıkarım mekanizmasında bulanık çıkarım sistemi dediğimiz FIS yapısını oluşturmak için emir verir. Genfis2 fonksiyonu herhangi yinelemeli optimizasyon oluşturmayan tek geçişli hızlı çalışan bir fonksiyondur. Genfis2 fonksiyonu eksiltici kümeleme (subtractive clustering) yapısını kullanan ve değer olarak giriş ve çıkış değerlerini ayrı şekilde dışardan girmemizi gerektiren hazır bir fonksiyondur. Tek bir çıkış var olduğu zaman FIS yapısı oluşturmak için genfis2 fonksiyonu tercih edilir. Kümeleme oluşturarak, giriş ve çıkış verileri arasında bir model oluşturmak için genfis2 fonksiyonu kullanılır.

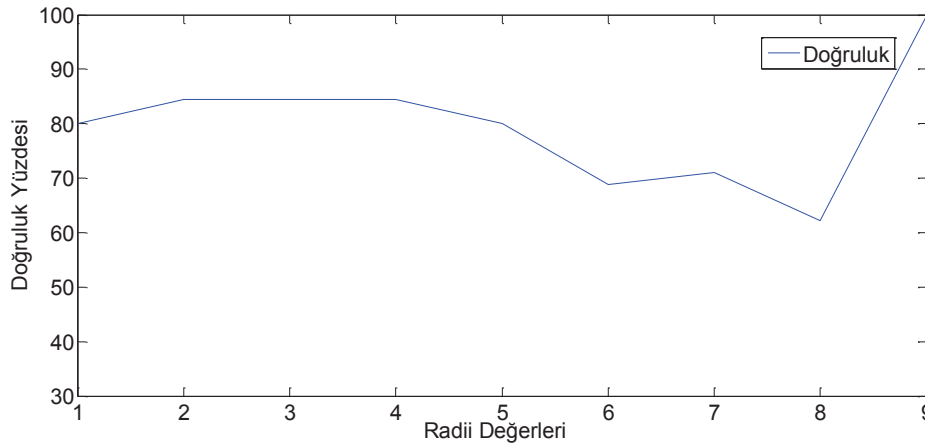
Bu çalışmada bulanık mantık çözümlenmesinde Matlab programında değerlendirilen veri setinde eksiltici kümeleme algoritması kullanılmıştır. Eksiltici kümeleme algoritmasında, her veri potansiyel küme merkezi olarak algılanma kapasitesine sahiptir. Algoritma küme merkezi olma olasılığı en yüksek üyeyi seçmektedir. Daha sonra algoritma, belirli bir uzaklıktaki küme elemanlarını eleyerek yeni küme merkezini belirlemektedir. İçerisinde bulunan radiii parametresi ise her bir veri boyutu

için küme merkez aralığını belirten bir vektördür ve *genfis2*'nin üçüncü argümanı olarak girilmektedir. *Genfis2* fonksiyonu veriler arasındaki ilişkileri modelleyerek kuralların bir dizisini oluşturur.

$$\text{sistem} = \text{genfis2}(\text{datain}, \text{datout}, \text{radii}) \quad (5.1)$$

Değerlendirilecek veri setinin kaç adet kümeye ayrılacağı bilinmediği durumlarda küme adedi ve küme merkezini belirlemek amacı ile eksiltici kümeleme algoritması kullanılır [22].

İlk olarak eğitim verisini kullanarak akıllı anemi teşhis destek sistemi tasarlandı. Bu sistemi eğitmek için Matlab'deki fuzzy logic araç kutusunda bulunan *genfis 2* fonksiyonu kullanıldı. Sistem radii 0,1 ile 0,9 arasında aldığı değerlerde en iyi sonucu Şekil 5.2.'de görüldüğü gibi 0,9 değerinde göstermiştir.

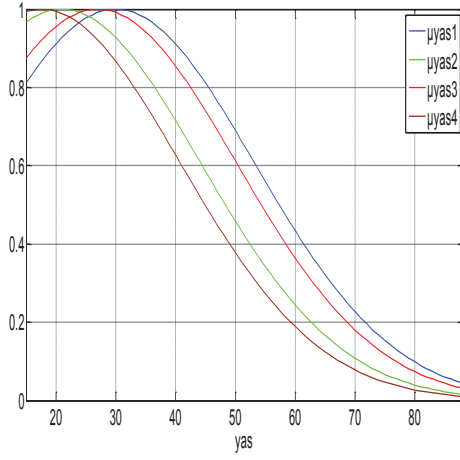


Şekil 5.2. Radii değerleri doğruluk grafiği

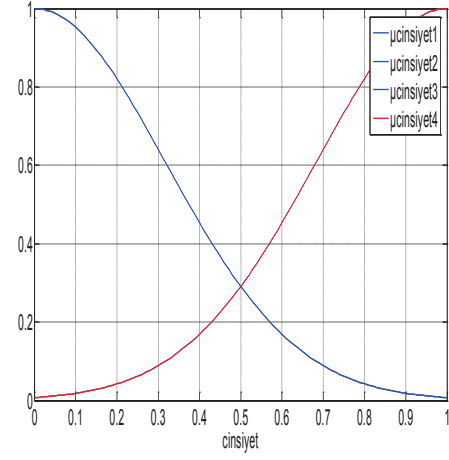
5.1.1. Üyelik fonksiyonları

Bazı değerler kolayca sınıflanmamaktadır. Sınıflansa bile o kümenin ve diğer bir kümenin özelliklerini aynı anda göstermeleri nedeniyle sınıflanması yanlış olabilir. Zadeh, sadece iki üyelik derecesi alan bu ifadeyi, 0 ile 1 arasında çeşitli üyelik dereceleri alabilen bir başka gösterim şekline genişletmiştir ve bu yeni üyelik fonksiyonunu $\mu(x)$ ile ifade etmiştir [23]. Oluşturmuş olduğumuz sistemde her bir giriş parametresi için 4 adet üyelik fonksiyonu elde edilmiştir.

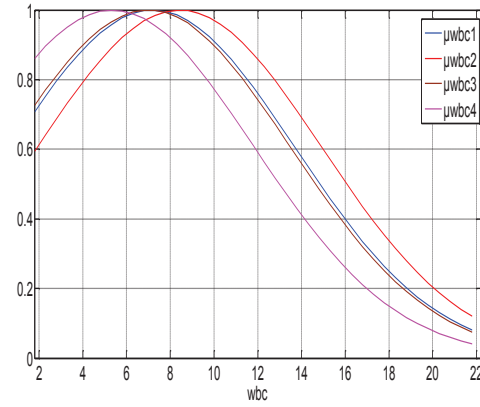
Üyelik fonksiyonları Şekil 5.3., 5.4., 5.5., 5.6., 5.7., 5.8., 5.9., 5.10., 5.11., 5.12., 5.13., 5.14., 5.15., 5.16., 5.17.'de gösterilmektedir.



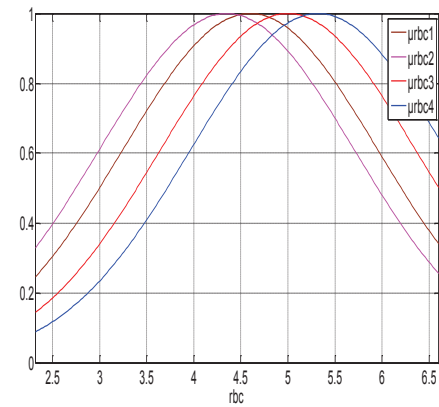
Şekil 5.3. Yaş üyelik fonksiyon grafiği



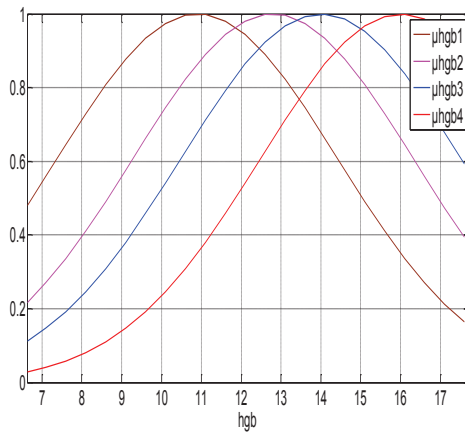
Şekil 5.4. Cinsiyet üyelik fonksiyon grafiği



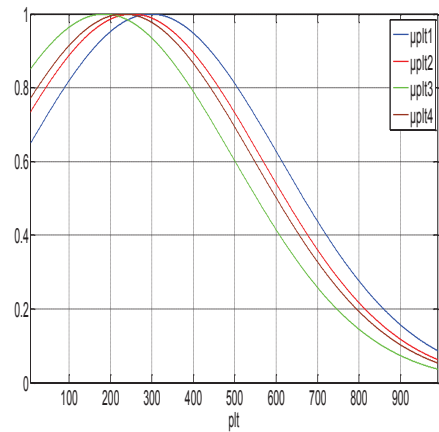
Şekil 5.5. Wbc üyelik fonksiyon grafiği



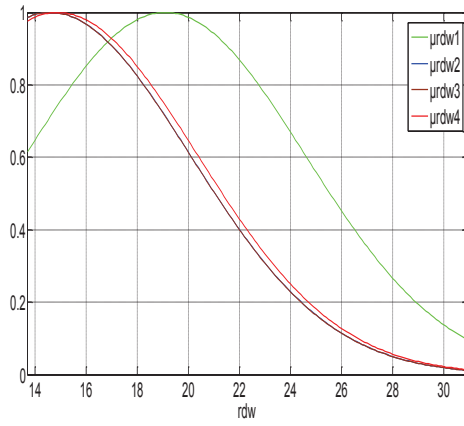
Şekil 5.6. Rbc üyelik fonksiyon grafiği



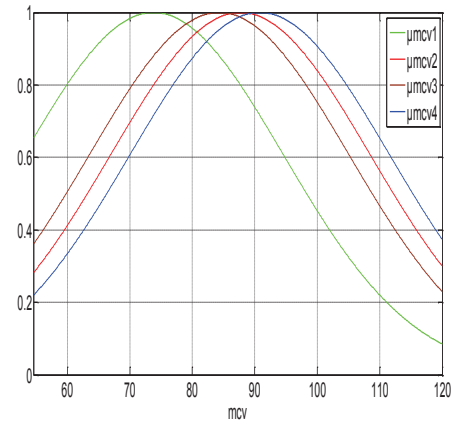
Şekil 5.7. Hgb üyelik fonksiyon grafiği



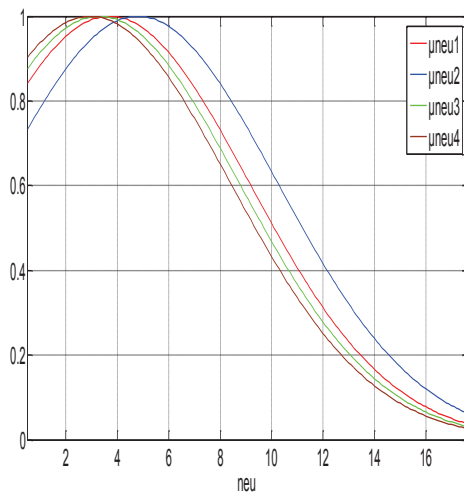
Şekil 5.8. Plt üyelik fonksiyon grafiği



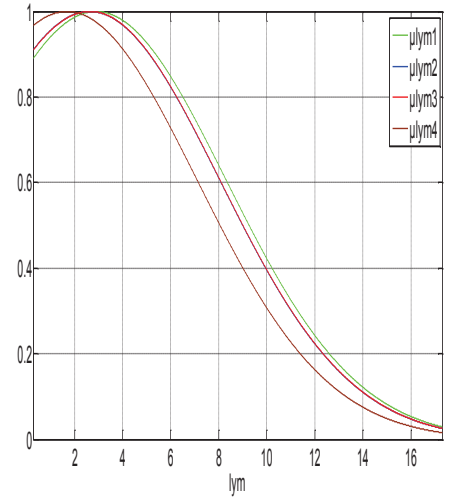
Şekil 5.9. Rdw üyelik fonksiyon grafiği



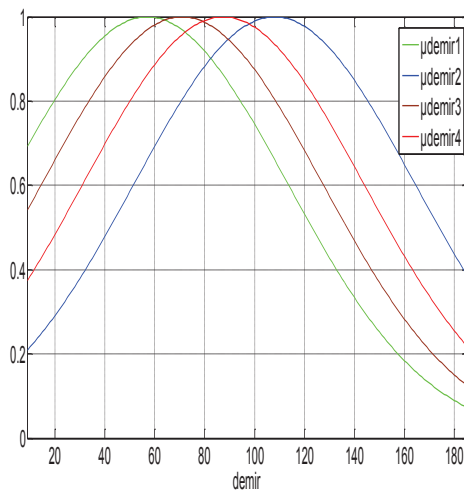
Şekil 5.10. Mcv üyelik fonksiyon grafiği



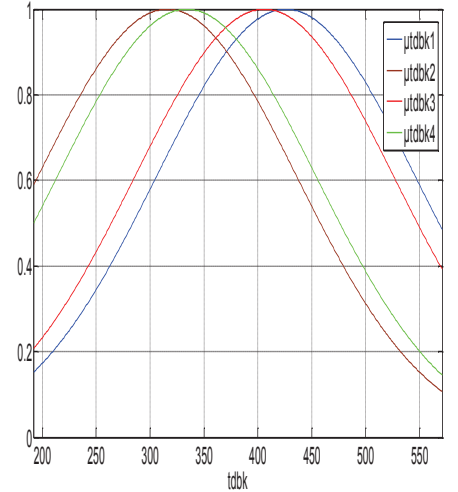
Şekil 5.11. Neu üyelik fonksiyon grafiği



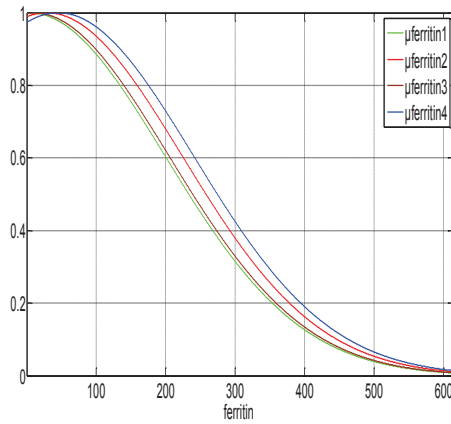
Şekil 5.12. Lym üyelik fonksiyon grafiği



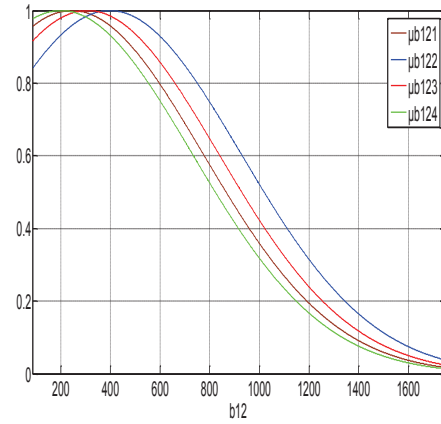
Şekil 5.13. Demir üyelik fonksiyon grafiği



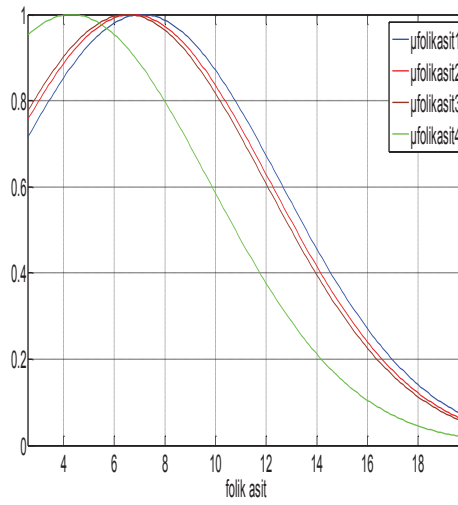
Şekil 5.14. Tdbk üyelik fonksiyon grafiği



Şekil 5.15. Ferritin üyelik fonksiyon grafiği



Şekil 5.16. B12 üyelik fonksiyon grafiği



Şekil 5.17. Folik asit üyelik fonksiyon grafiği

5.1.2. Bulanık Sistemin Kural Tablosu

Bir bulanık sistem tasarlamasına karar verdikten sonra yapılacak ilk iş “eğer – o halde” kurallar tablosunu oluşturmaktır. Çünkü sistem o kurallar ile çalışır. Yaptığımız çalışmada eğitim setindeki veriler ile eğitilen sistem her bir üyelik fonksiyonuna ait bir kural oluşturdu. Kurallar 15 giriş ve 1 adet çıkış ile oluşturulmuştur. Teşhis destek sistemimizin oluşturduğu kurallar Şekil 5.18.’de gösterilmektedir.

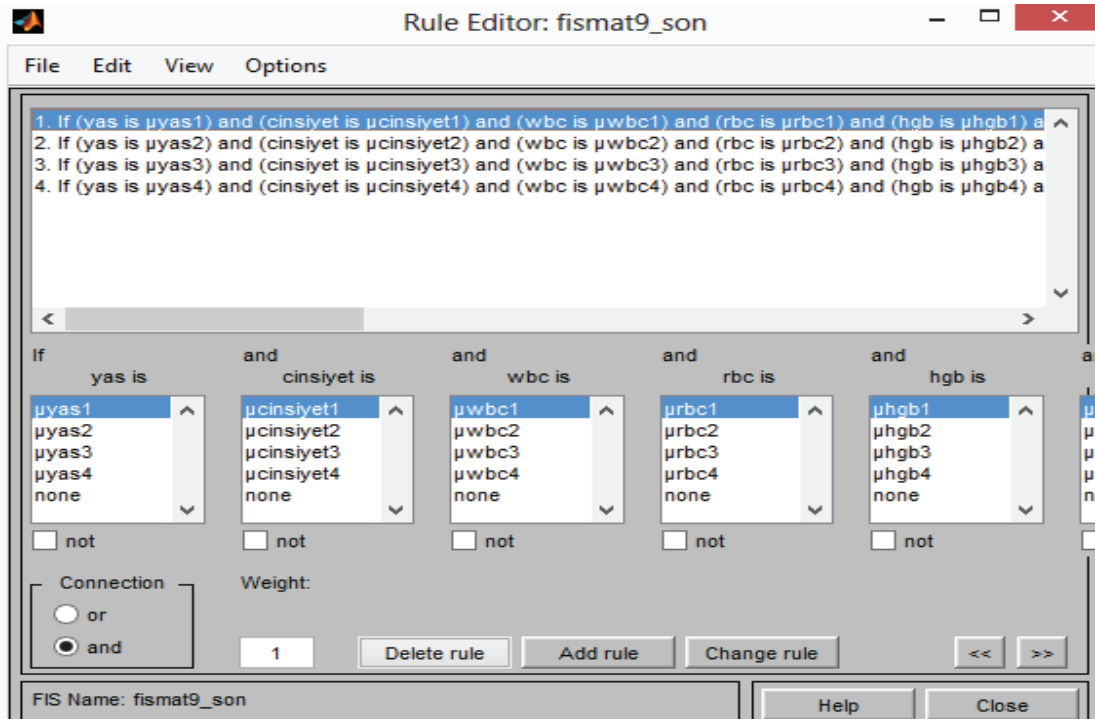
1. Eğer (yas is μ_{yas1}) ve (cinsiyet is $\mu_{cinsiyet1}$) ve (wbc is μ_{wbc1}) ve (rbc is μ_{rbc1}) ve (hgb is μ_{hgb1}) ve (plt is μ_{plt1}) ve (rdw is μ_{rdw1}) ve (mcv is μ_{mcv1}) ve (neu is

μ_{neu1}) ve (lym is μ_{lym1}) ve ($demir$ is μ_{demir1}) ve ($tdbk$ is μ_{tdbk1}) ve ($ferritin$ is $\mu_{ferritin1}$) ve ($b12$ is μ_{b121}) ve ($folikasit$ is $\mu_{folikasit1}$) o zaman ($teshis$ is $cikis1$)

2. Eğer (yas is μ_{yas2}) ve ($cinsiyet$ is $\mu_{cinsiyet2}$) ve (wbc is μ_{wbc2}) ve (rbc is μ_{rbc2}) ve (hgb is μ_{hgb2}) ve (plt is μ_{plt2}) ve (rdw is μ_{rdw2}) ve (mcv is μ_{mcv2}) ve (neu is μ_{neu2}) ve (lym is μ_{lym2}) ve ($demir$ is μ_{demir2}) ve ($tdbk$ is μ_{tdbk2}) ve ($ferritin$ is $\mu_{ferritin2}$) ve ($b12$ is μ_{b122}) ve ($folikasit$ is $\mu_{folikasit2}$) o zaman ($teshis$ is $cikis2$)

3. Eğer (yas is μ_{yas3}) ve ($cinsiyet$ is $\mu_{cinsiyet3}$) ve (wbc is μ_{wbc3}) ve (rbc is μ_{rbc3}) ve (hgb is μ_{hgb3}) ve (plt is μ_{plt3}) ve (rdw is μ_{rdw3}) ve (mcv is μ_{mcv3}) ve (neu is μ_{neu3}) ve (lym is μ_{lym3}) ve ($demir$ is μ_{demir3}) ve ($tdbk$ is μ_{tdbk3}) ve ($ferritin$ is $\mu_{ferritin3}$) ve ($b12$ is μ_{b123}) ve ($folikasit$ is $\mu_{folikasit3}$) o zaman ($teshis$ is $cikis3$)

4. Eğer (yas is μ_{yas4}) ve ($cinsiyet$ is $\mu_{cinsiyet2}$) ve (wbc is μ_{wbc4}) ve (rbc is μ_{rbc4}) ve (hgb is μ_{hgb4}) ve (plt is μ_{plt4}) ve (rdw is μ_{rdw4}) ve (mcv is μ_{mcv4}) ve (neu is μ_{neu4}) ve (lym is μ_{lym4}) ve ($demir$ is μ_{demir4}) ve ($tdbk$ is μ_{tdbk4}) ve ($ferritin$ is $\mu_{ferritin4}$) ve ($b12$ is μ_{b124}) ve ($folikasit$ is $\mu_{folikasit4}$) o zaman ($teshis$ is $cikis4$)



Şekil 5.18. Matlab kural tablosu

Teşhis destek sistemimiz giriş ve çıkış arasında bir model oluşturdu. Sistemimizin çıkış fonksiyonları 5.4, 5.5, 5.6 ve 5.7’de üretmiş olduğu denklemlerle, çıkan sonuç eğer sıfırdan büyükse sağlıklı, sıfırdan küçükse hasta teşhisini koymuştur. İ kural sayısı olup her bir kuralın ağırlığı denklem 5.2 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$W \quad L \quad J_5 :U= \text{? E J OE; fiJ}_7\text{:} \text{?} \text{? fiJ}_6 \text{ :N> } \text{? fiJ}_5 \text{ :DC>; fiJ}_4 \text{ :IH } \text{P} \quad (5.2)$$

$$\text{fiJ}_3 \text{ :N@ } \text{? fiJ}_2 \text{ :I? } \text{? fiJ}_1 \text{ :JA } \text{? fiJ}_4 \text{ HU } \text{? fiJ}_5 \text{ :@ AI } \text{E N}$$

$$\text{fiJ}_6 \text{ P } \text{?}; \text{fiJ}_7 \text{ :B ANNE; fiJ}_8 \text{ :st; fiJ}_9 \text{ :B KH EG } \text{= O E P}$$

$$EL \text{ s } \text{E } \text{E}$$

Sistemde 4 adet kural bulunmaktadır. Denklem 5.3 sistemin çıkışını göstermektedir. Burada N kural sayısı, Wi her bir kuralın ağırlığı, i kaçınıcı kural olduğu, Çıkışı ise kuralların çıkış seviyesidir.

$$. G \quad L \quad \frac{\hat{^8}_{@5} \quad 9 \quad . G}{\hat{^}_{@5} \quad 9} \quad (5.3)$$

$$. G \quad 5 \quad L \quad r \text{E} \quad r \quad s \quad z \{ \quad \text{E} \quad u \text{w} \text{E} \quad \{ \quad \quad \text{E} \quad r \text{E} \quad s \quad y \text{w} \quad \text{F} \quad r \text{E} \quad w \quad w \{ \quad \text{E} \quad r \text{E} \quad \{ \quad w \text{w} \quad (5.4)$$

$$\text{E} \quad r \text{E} \quad r \quad r \quad w \text{y} \text{z} \text{F} \text{w} \text{E} \quad r \quad y \quad v \quad u \quad t \text{F} \quad r \text{E} \quad u \quad y \quad u \text{v} \text{F} \quad s \text{E} \quad s \quad u$$

$$\text{F} \quad s \text{E} \quad w \quad w \quad \text{F} \quad r \text{E} \quad s \quad u \quad x \quad \{ \quad \text{E} \quad r \text{E} \quad r \quad y \text{y} \text{v} \quad \text{E} \quad r \text{E} \quad r \quad \{ \quad y \quad r \text{t}$$

$$\text{F} \quad r \text{E} \quad r \quad t \quad w \text{x} \quad \text{E} \quad r \text{E} \text{st} \text{t} \{ \quad r \text{t}$$

$$. G \quad 6 \quad L \quad r \text{E} \quad y \quad z \quad r \text{w} \text{F} \text{w} \text{z} \text{E} \quad u \quad \quad \text{E} \quad r \text{E} \quad t \quad v \quad z \text{t} \text{E} \quad t \text{E} \text{t} \{ \quad \text{F} \quad r \text{E} \quad v \quad v \text{t} \quad (5.5)$$

$$\text{F} \quad z \text{E} \quad u \quad \text{E} \quad r \text{E} \quad w \quad z \quad \{ \quad u \text{F} \quad r \text{E} \quad u \quad v \quad v \text{u} \text{F} \quad r \text{E} \quad w \quad x \text{x}$$

$$\text{E} \quad r \text{E} \quad v \quad t \text{z} \text{y} \text{F} \quad r \text{E} \quad r \quad z \quad w \quad u \text{y} \quad \text{E} \quad r \text{E} \quad s \quad \{ \quad r \text{w}$$

$$\text{F} \quad r \text{E} \quad s \quad w \text{z} \text{w} \quad \text{E} \quad r \text{E} \quad r \quad t \quad r \text{x} \quad \text{E} \quad r \text{E} \text{s} \text{z} \text{t} \text{u} \text{x} \text{x}$$

$$. G \quad 7 \quad L \quad \text{F} \quad r \text{E} \quad r \quad y \quad s \text{v} \quad \text{E} \quad w \text{w} \quad \text{E} \quad \quad \text{F} \quad s \text{E} \quad s \quad t \quad \text{E} \quad t \text{E} \quad s \quad t \quad \text{F} \quad r \text{E} \quad x \quad z \text{y} \quad (5.6)$$

$$\text{F} \quad r \text{E} \quad s \quad t \text{v} \text{y} \text{F} \quad r \text{E} \quad z \quad z \text{s} \quad \text{E} \quad r \text{E} \quad z \quad r \text{u} \quad \text{E} \quad s \text{E} \quad x \quad z$$

$$\text{E} \quad s \text{E} \quad w \text{v} \quad \text{F} \quad r \text{E} \quad s \quad x \quad s \quad y \quad \text{E} \quad r \text{E} \quad r \quad v \quad \{ \quad x \text{v} \text{F} \quad r \text{E} \quad s \quad s \quad \{ \quad x$$

$$\text{E} \quad r \text{E} \quad r \quad t \quad t \text{z} \quad \text{E} \quad r \text{E} \text{s} \text{z} \text{t} \{ \quad v \text{t}$$

$$. G \quad 8 \quad L \quad r \text{E} \quad s \quad u \text{w} \quad \text{F} \quad v \quad \{ \quad r \quad \quad \text{E} \quad s \text{E} \quad \{ \quad t \quad \text{F} \quad v \text{E} \quad t \quad x \quad \text{E} \quad r \text{E} \quad x \quad z \text{t} \quad (5.7)$$

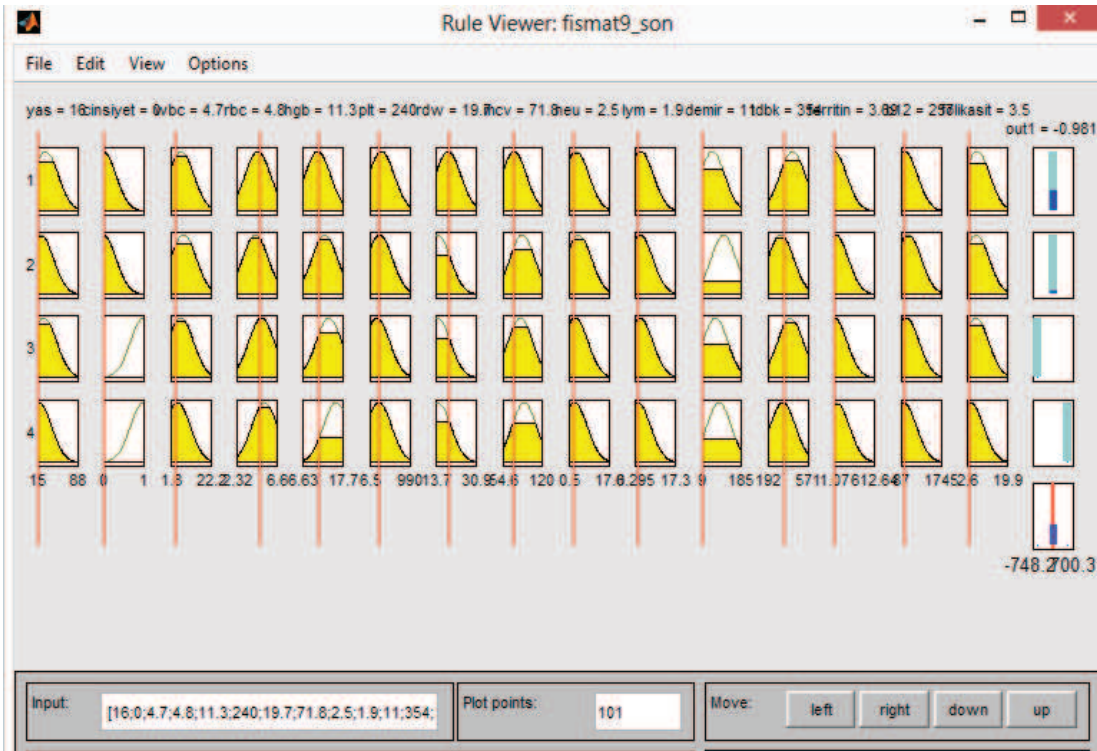
$$\text{E} \quad r \text{E} \quad s \quad v \text{s} \text{v} \text{E} \quad r \text{E} \quad y \quad v \quad \text{F} \quad r \text{E} \quad v \quad \{ \quad x \quad \text{F} \quad s \text{E} \quad u \quad s \quad \text{F} \quad t \text{E} \quad x \text{u} \text{s}$$

$$\text{F} \quad r \text{E} \quad s \quad t \quad s \quad t \quad \text{F} \quad r \text{E} \quad s \quad u \text{v} \text{u} \quad \text{E} \quad r \text{E} \quad r \quad v \text{s} \quad z \text{v} \quad \text{F} \quad r \text{E} \quad r \quad w$$

$$\text{F} \quad r \text{E} \quad \{ \quad v \text{t}$$

Örnek uygulama:

Yas=16, cinsiyet=kadın(0), wbc=4,7, rbc=4,8, hgb=11,3, plt=240, rdw=19,7, mcv=71,8, neu=2,5, lym=1,9, demir=11, tdbk=354, ferritin=3,69, b12=257, folik asit=3,5 değerlerini sistemde analiz ettiğimiz zaman sistem şekil 5.19.'da görüldüğü gibi kural 1'i uygulamış oldu ve sonuç olarak bize hasta olduğunu gösterdi. Şekil 5.19. sistemimizin tüm süreçlerini göstermektedir.



Şekil 5.19. Matlab kural tablosu

5.2. Mamdani İle Anemi Hastalığı Derecesinin Tespit Edilmesi

Çalışmamızın ikinci aşamasında Mamdani çıkarım mekanizması ve Mom durulaştırma metodu ile aynı hastalar üzerinde hastalık seviyesi ağır, hafif ve orta şeklinde 3 sınıfa ayrıldı. Teşhisi konulan 162 hastadan demir eksikliği anemisi olmayan 63 hasta çıkarıldı ve geriye kalan 99 hasta verisi üzerinde çalışıldı. Giriş parametresi olarak WBC, RBC, HGB, PLT, RDW, MCV, NEU, LYM ve biyokimya parametrelerinden ise DEMİR, toplam demir bağlama kapasitesi (TDBK), FERRİTİN

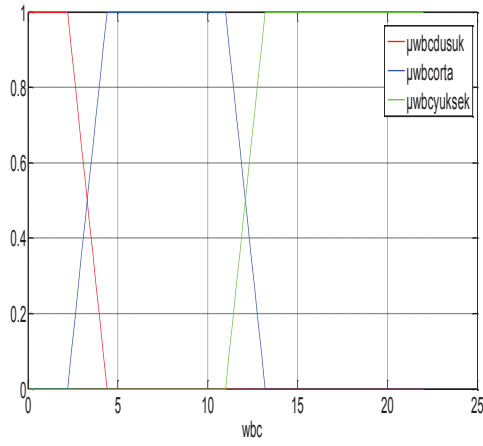
ENZİMLERİ, FOLİK ASİT parametreleri kullanılmıştır. B12 tüm hasta değerleri normal değer aralığında olduğu için çıkarıldı. Çıkış olarak ise ağır demir eksikliği anemisi, orta demir eksikliği anemisi, hafif demir eksikliği anemisi ve normal (sağlıklı) olarak değerlendirilmedi bulunulmuştur.

Mamdani sistemimiz beş aşamadan oluşmaktadır.

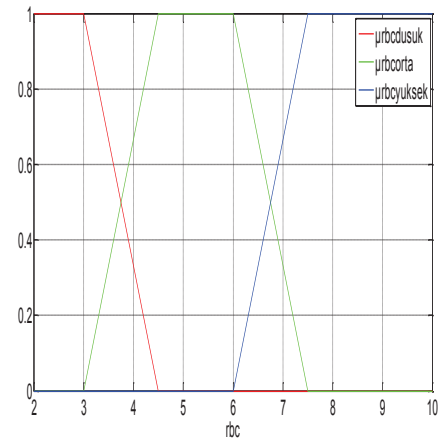
- Girdilerin bulanıklaştırılması: Öncül kısımdaki bütün bulanık ifadeleri kullanılarak girdi değişkenlerine ait 0 ile 1 arasında değişen üyelik dereceleri belirlendi.
- Bulanık mantık işlemleri kullanılarak her bir hasta için kural ağırlıkları belirlendi.
- Bulanık küme mantıksal işlemcileri (ve) uygulandı.
- Sonuçların toplanması: Her bir kuralın çıktısını temsil eden bulanık kümeler birleştirildi.
- Durulaştırma: Tek bir sayıya dönüştürülmüş toplam bulanık küme sonuçları maksimumlarının ortalaması (mom) ile durulaştırıldı.

5.2.1. Üyelik fonksiyonları

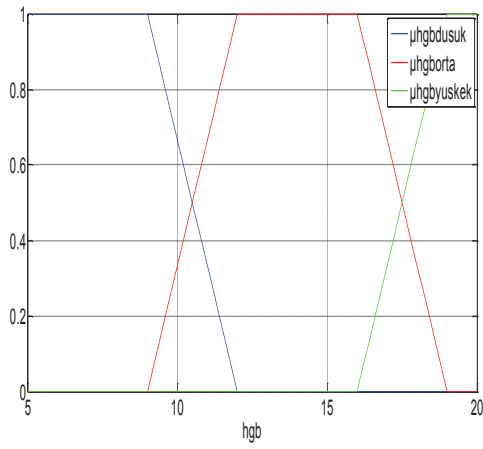
Çalışmamızda mamdani ile üyelik fonksiyonları oluşturuldu. Her bir giriş değeri için düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 adet üyelik fonksiyonu oluşturuldu. Üyelik fonksiyonlarındaki değer aralıkları Sakarya Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesinden alınan değer aralıklarına göre belirlenmiştir. Üyelik fonksiyonları Şekil 5.20., 5.21., 5.22., 5.23., 5.24., 5.25., 5.26., 5.27., 5.28., 5.29., 5.30., 5.31., 5.32.'de gösterilmiştir.



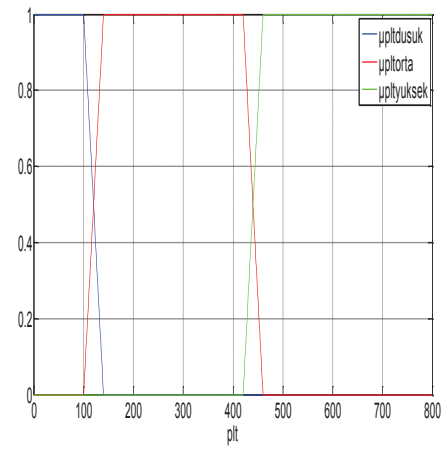
Şekil 5.20. Wbc üyelik fonksiyon grafiği



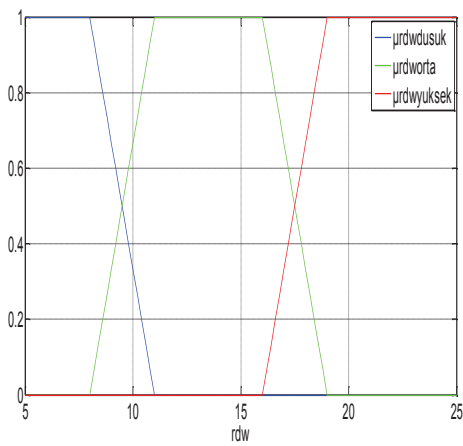
Şekil 5.21. Rbc üyelik fonksiyon grafiği



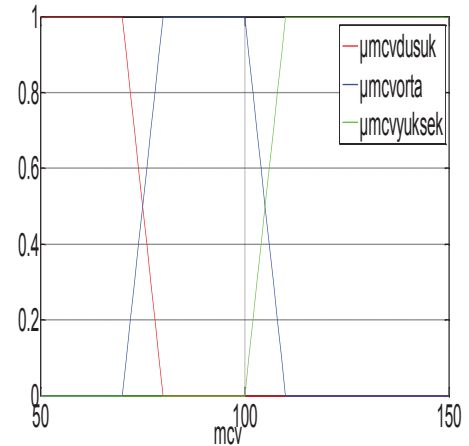
Şekil 5.22. Hgb üyelik fonksiyon grafiği



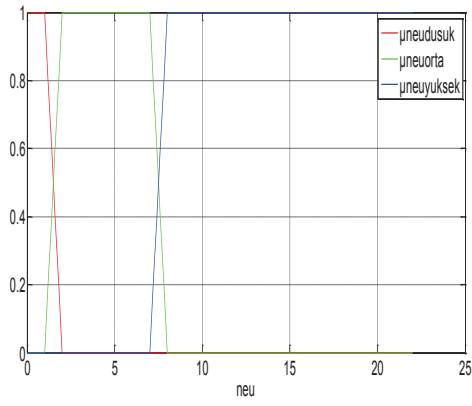
Şekil 5.23. Plt üyelik fonksiyon grafiği



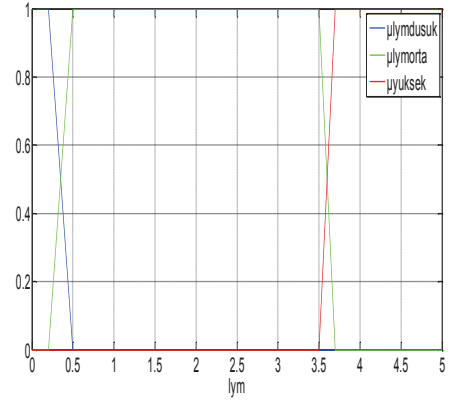
Şekil 5.24. Rdw üyelik fonksiyon grafiği



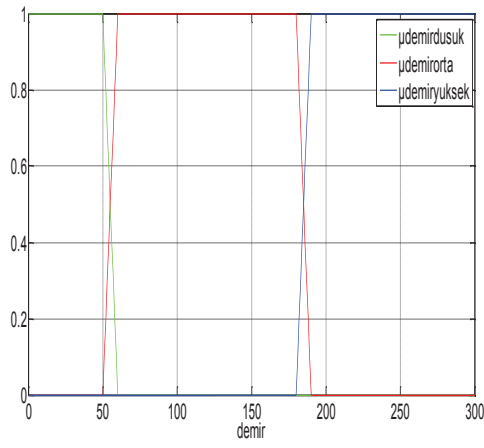
Şekil 5.25. Mcv üyelik fonksiyon grafiği



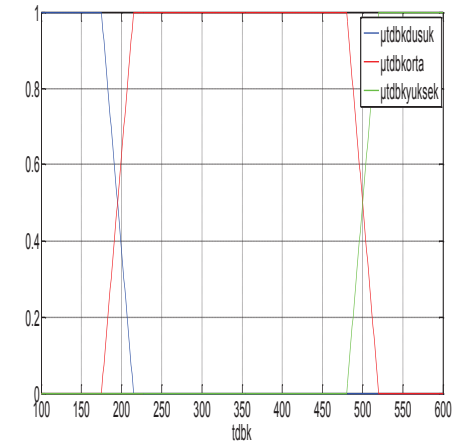
Şekil 5.26. Neu üyelik fonksiyon grafiği



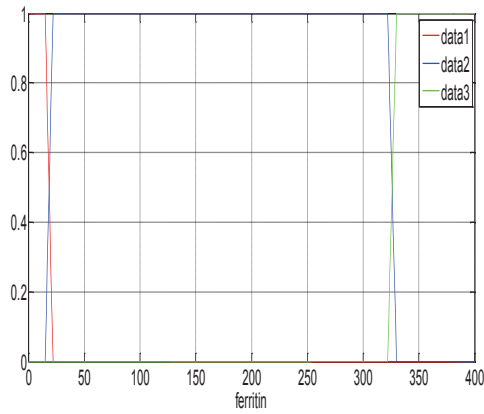
Şekil 5.27. Lym üyelik fonksiyon grafiği



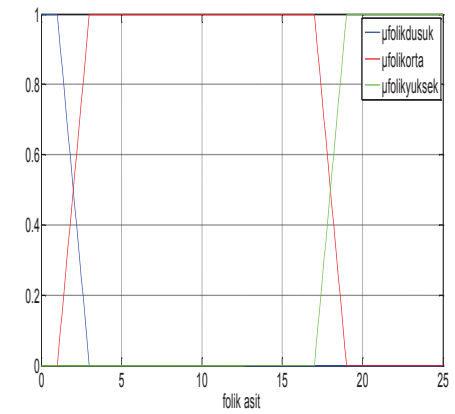
Şekil 5.28. Demir üyelik fonksiyon grafiği



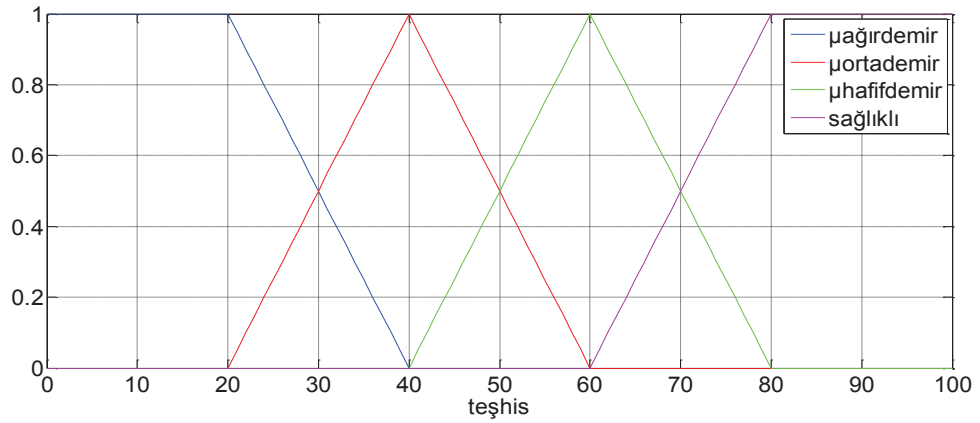
Şekil 5.29. Tdbk üyelik fonksiyon grafiği



Şekil 5.30. Ferritin üyelik fonksiyon grafiği



Şekil 5.31. F.Asit üyelik fonksiyon grafiği



Şekil 5.32. Teşhis üyelik fonksiyon grafiği

5.2.2. Mamdani çıkarım sisteminin kural tablosu

Çalışma için belirlemiş olduğumuz 12 giriş parametresinin bulanık kümeleri için her bir hasta parametresindeki değer aralıkları baz alınarak 100 adet kural oluşturuldu. Oluşturulan kurallardan bazıları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

1. Eğer (WBC is wbcorta) and (RBC is rbcorta) and (HGB is hgbdusuk) and (PLT is pltorta) and (RDW is rdwyuksek) and (MCV is mcvdusuk) and (NEU is neuorta) and (LYM is lymorta) and (DEMİR is demirdusuk) and (TDBK is tdbkorta) and (FERRİTİN is ferritindusuk) and (FOLİKASİT is folikakitorta) then (Teshis is ağır)

7. Eğer (WBC is wbcorta) and (RBC is rbcdusuk) and (HGB is hgbdusuk) and (PLT is pltdusuk) and (RDW is rdwyuksek) and (MCV is mcvorta) and (NEU is neuyuksek) and (LYM is lymorta) and (DEMİR is demirdusuk) and (TDBK is tdbkorta) and (FERRİTİN is ferritindusuk) and (FOLİKASİT is folikakitorta) then (Teshis is ağır)

9. Eğer (WBC is wbcyuksek) and (RBC is rbcdusuk) and (HGB is hgborta) and (PLT is pltdusuk) and (RDW is rdworta) and (MCV is mcvorta) and (NEU is neuyuksek) and (LYM is lymorta) and (DEMİR is demirdusuk) and (TDBK is tdbkorta) and (FERRİTİN is ferritindusuk) and (FOLİKASİT is folikakitorta) then (Teshis is ağır)

12. Eğer (WBC is wbcorta) and (RBC is rbcorta) and (HGB is hgborta) and (PLT is pltorta) and (RDW is rdwyuksek) and (MCV is mcvdusuk) and (NEU is neuorta) and (LYM is lymorta) and (DEMİR is demirdusuk) and (TDBK is tdbkorta) and (FERRİTİN is ferritindusuk) and (FOLİKASİT is folikasıorta) then (Teshis is ağır)

23. Eğer (WBC is wbcorta) and (RBC is rbcdusuk) and (HGB is hgbdusuk) and (PLT is pltdusuk) and (RDW is rdwyuksek) and (MCV is mcvorta) and (NEU is neuorta) and (LYM is lymorta) and (DEMİR is demirdusuk) and (TDBK is tdbkorta) and (FERRİTİN is ferritindusuk) and (FOLİKASİT is folikasıorta) then (Teshis is ağır)

43. Eğer (WBC is wbcyuksek) and (RBC is rbcdusuk) and (HGB is hgbdusuk) and (PLT is pltorta) and (RDW is rdworta) and (MCV is mcvorta) and (NEU is neuyuksek) and (LYM is lymorta) and (DEMİR is demirorta) and (TDBK is tdbkorta) and (FERRİTİN is ferritindusuk) and (FOLİKASİT is folikasıorta) then (Teshis is ağır)

44. Eğer (WBC is wbcyuksek) and (RBC is rbcdusuk) and (HGB is hgbdusuk) and (PLT is pltorta) and (RDW is rdwyuksek) and (MCV is mcvdusuk) and (NEU is neuyuksek) and (LYM is lymorta) and (DEMİR is demirorta) and (TDBK is tdbkorta) and (FERRİTİN is ferritinorta) and (FOLİKASİT is folikasıorta) then (Teshis is hafif)

45. Eğer (WBC is wbcorta) and (RBC is rbcdusuk) and (HGB is hgbdusuk) and (PLT is pltorta) and (RDW is rdworta) and (MCV is mcvorta) and (NEU is neuorta) and (LYM is lymorta) and (DEMİR is demirdusuk) and (TDBK is tdbkorta) and (FERRİTİN is ferritindusuk) and (FOLİKASİT is folikasıorta) then (Teshis is hafif)

46. Eğer (WBC is wbcyuksek) and (RBC is rbcdusuk) and (HGB is hgbdusuk) and (PLT is pltdusuk) and (RDW is rdwyuksek) and (MCV is mcvorta) and (NEU is neuorta) and (LYM is lymyuksek) and (DEMİR is demiryuksek) and (TDBK is tdbkorta) and (FERRİTİN is ferritinorta) and (FOLİKASİT is folikasıorta) then (Teshis is hafif)

47. Eğer (WBC is wbcyukse) and (RBC is rbcusuk) and (HGB is hgbusuk) and (PLT is pltorta) and (RDW is rdworta) and (MCV is mcvorta) and (NEU is neuorta) and (LYM is lymukse) and (DEMİR is demirorta) and (TDBK is tdbkorta) and (FERRİTİN is ferritinorta) and (FOLİKASİT is folikasitorta) then (Teshis is hafif)

48. Eğer (WBC is wbcorta) and (RBC is rbcorta) and (HGB is hgborta) and (PLT is pltorta) and (RDW is rdworta) and (MCV is mcvorta) and (NEU is neuorta) and (LYM is lymorta) and (DEMİR is demirorta) and (TDBK is tdbkorta) and (FERRİTİN is ferritinorta) and (FOLİKASİT is folikasitorta) then (Teshis is normal)

50. Eğer (WBC is wbcyukse) and (RBC is rbcorta) and (HGB is hgborta) and (PLT is pltorta) and (RDW is rdworta) and (MCV is mcvorta) and (NEU is neuorta) and (LYM is lymorta) and (DEMİR is demirorta) and (TDBK is tdbkorta) and (FERRİTİN is ferritinorta) and (FOLİKASİT is folikasitorta) then (Teshis is normal)

54. Eğer (WBC is wbcusuk) and (RBC is rbcorta) and (HGB is hgborta) and (PLT is pltorta) and (RDW is rdworta) and (MCV is mcvorta) and (NEU is neuorta) and (LYM is lymorta) and (DEMİR is demirorta) and (TDBK is tdbkorta) and (FERRİTİN is ferritinorta) and (FOLİKASİT is folikasitorta) then (Teshis is normal)

62. Eğer (WBC is wbcorta) and (RBC is rbcorta) and (HGB is hgborta) and (PLT is pltdusuk) and (RDW is rdwyukse) and (MCV is mcvorta) and (NEU is neuorta) and (LYM is lymusuk) and (DEMİR is demirdusuk) and (TDBK is tdbkorta) and (FERRİTİN is ferritinorta) and (FOLİKASİT is folikasitorta) then (Teshis is normal)

69. Eğer (WBC is wbcyukse) and (RBC is rbcorta) and (HGB is hgbusuk) and (PLT is pltdusuk) and (RDW is rdworta) and (MCV is mcvorta) and (NEU is neuyukse) and (LYM is lymorta) and (DEMİR is demirorta) and (TDBK is tdbkyukse) and (FERRİTİN is ferritinorta) and (FOLİKASİT is folikasitorta) then (Teshis is normal)

79. Eğer (WBC is wbcorta) and (RBC is rbcusuk) and (HGB is hgborta) and (PLT is pltdusuk) and (RDW is rdworta) and (MCV is mcvorta) and (NEU is neuorta) and

(LYM is lymorta) and (DEMİR is demirorta) and (TDBK is tdbkorta) and (FERRİTİN is ferritindusuk) and (FOLİKASİT is folikasyuksek) then (Teshis is orta)

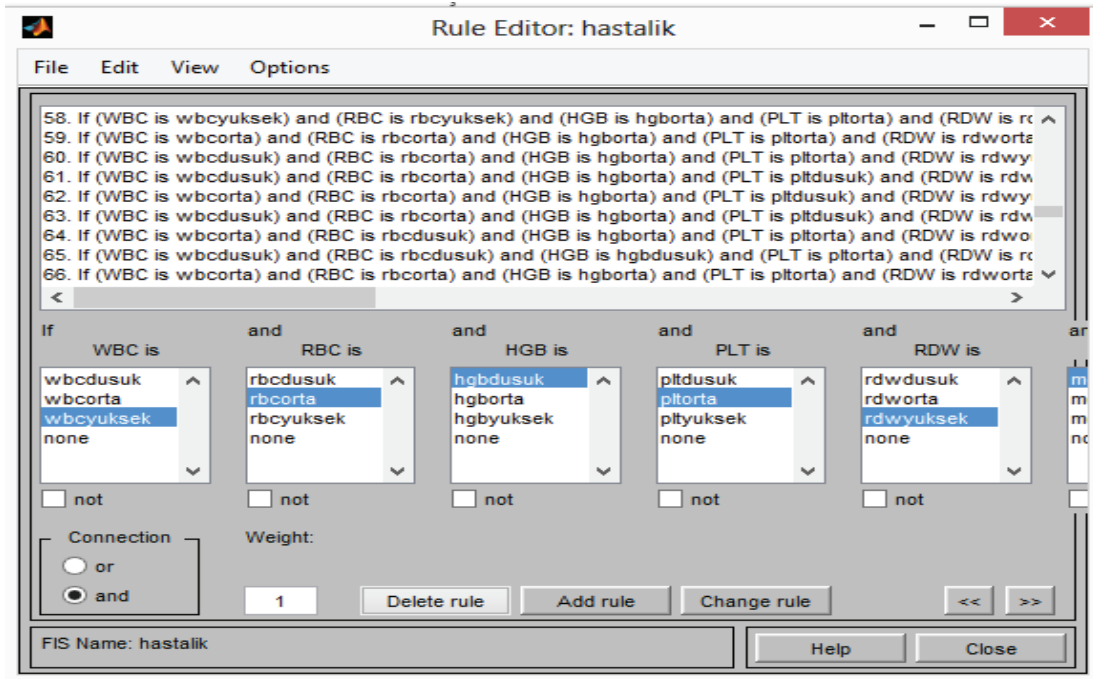
81. Eğer (WBC is wbcyuksek) and (RBC is rbcdusuk) and (HGB is hgbdusuk) and (PLT is pltorta) and (RDW is rdwyuksek) and (MCV is mcvorta) and (NEU is neuorta) and (LYM is lymorta) and (DEMİR is demirdusuk) and (TDBK is tdbkorta) and (FERRİTİN is ferritindusuk) and (FOLİKASİT is folikasıorta) then (Teshis is orta)

84. Eğer (WBC is wbcdusuk) and (RBC is rbcdusuk) and (HGB is hgbdusuk) and (PLT is pltorta) and (RDW is rdwyuksek) and (MCV is mcvorta) and (NEU is neuorta) and (LYM is lymorta) and (DEMİR is demirdusuk) and (TDBK is tdbkorta) and (FERRİTİN is ferritindusuk) and (FOLİKASİT is folikasıorta) then (Teshis is orta)

89. Eğer (WBC is wbcorta) and (RBC is rbcorta) and (HGB is hgbdusuk) and (PLT is pltorta) and (RDW is rdwyuksek) and (MCV is mcvdusuk) and (NEU is neuorta) and (LYM is lymorta) and (DEMİR is demirorta) and (TDBK is tdbkorta) and (FERRİTİN is ferritindusuk) and (FOLİKASİT is folikasıorta) then (Teshis is orta)

92. Eğer (WBC is wbcyuksek) and (RBC is rbcdusuk) and (HGB is hgborta) and (PLT is pltorta) and (RDW is rdwyuksek) and (MCV is mcvdusuk) and (NEU is neuorta) and (LYM is lymyuksek) and (DEMİR is demirdusuk) and (TDBK is tdbkorta) and (FERRİTİN is ferritindusuk) and (FOLİKASİT is folikasıorta) then (Teshis is orta)

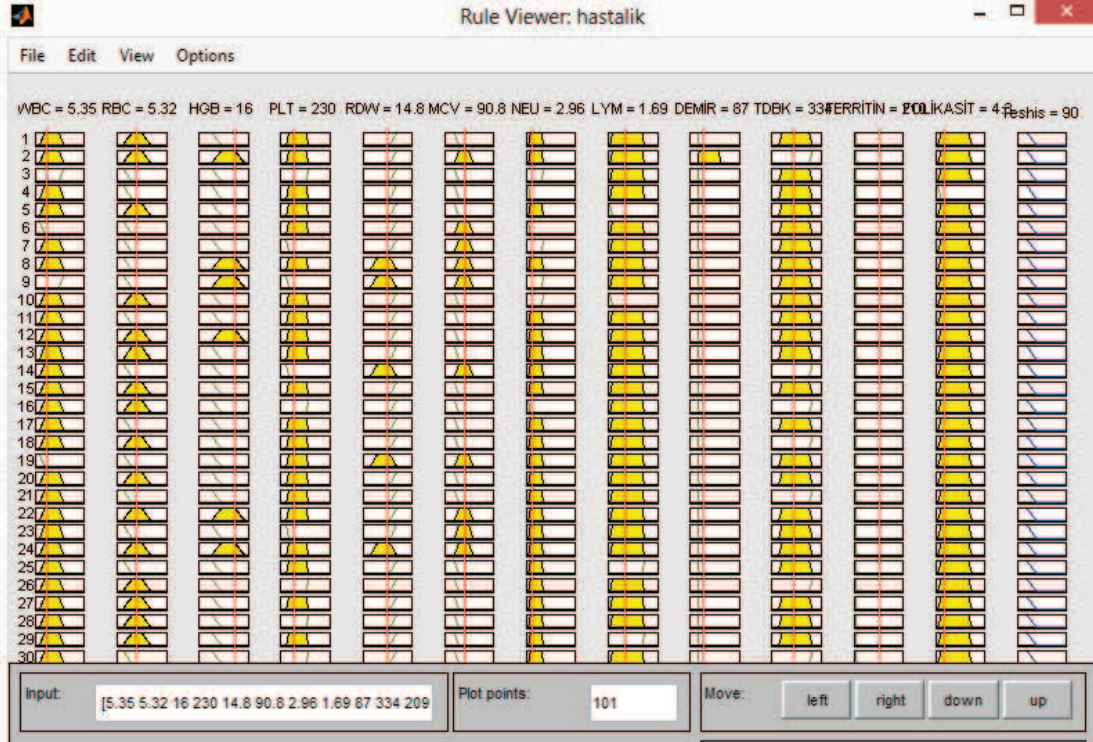
Mamdani çıkarım mekanizması ile oluşturduğumuz kural tablosu Şekil 5.33.'te gösterilmektedir.



Şekil 5.33. Matlab kural tablosu

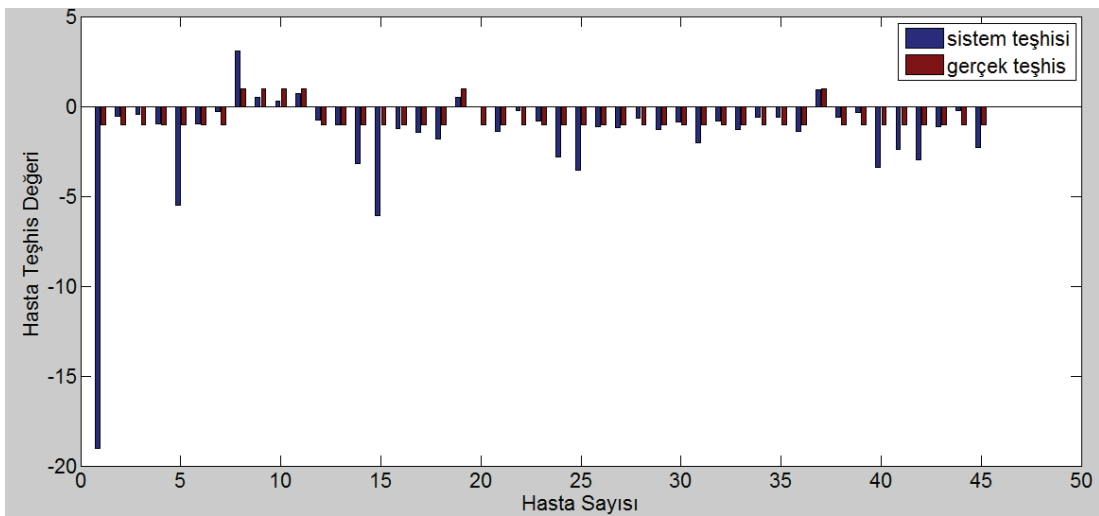
Sistemin tasarlanmasında 12 giriş parametresi kullanılarak her giriş bulanıklaştırılmış ve her girişin üyelik fonksiyonları belirlenmiştir. Girilen sayısal değerlere göre parametrelerin ilgili bulanık kümeye aitlikleri hesaplanmıştır. Bulunan aitliklere göre kurallar listelenmiştir. Hesaplanan üyelik değerlerine ve kurallarına göre de mamdani çıkarım yöntemi uygulanmıştır. Çıkarım sonundaki çıkış parametresinin bulanık kümelerine karşılık gelen μ değerlerine göre durulaştırma metodu olarak maximumun ortalaması (MOM) metodu kullanılarak DEA seviyesi sayısal olarak ifade edilmiştir.

Rule viewer sistemimizin tüm sürecini gösteren haritadır ve Şekil 5.34.'te görülmektedir.



Şekil 5.34. Uygulama örneği matlab çıktısı

Sistemin koymuş olduğu teşhis ile doktor tarafından konulan gerçek teşhis arasındaki ilişki Şekil 5.35.'te görülmektedir.



Şekil 5.35. Sistem teşhisi ve gerçek teşhis arasındaki ilişki grafiği

Yaptığımız çalışma ayrı iki sistemden oluştu:

Birinci sistemde sugeno çıkarım mekanizması kullanılmıştır. Sistem eğitim setindeki giriş ve çıkış değerlerini, veriler arasındaki ilişkileri modelleyerek kuralların bir dizisini oluşturan genfis2 fonksiyonu ile eğitildi. Daha sonra test etmek için oluşturduğumuz test setindeki veriler sisteme yüklendi ve sistem kendi içinde oluşturmuş olduğu kurallara göre değer üretti. Sonuçta üretilen değerler ile teşhisi konulan test setindeki tüm değerler bire bir uyuşmuştur.

İkinci aşamada ise sistem mamdani çıkarım mekanizması kullanılarak oluşturulmuştur. Bu sefer sistem hazır bir fonksiyon ile değil kendi oluşturmuş olduğumuz kurallar ile tasarlanmıştır. Sistemdeki üyelik fonksiyonları hastaneden aldığımız laboratuvar sonucuna göre oluşturulmuştur.

Hasta verilerini kural görüntüleyicide (Şekil 5.34) bulunan input giriş yerine değerler girildi. Eğer sistemin ürettiği değer 0-40 arası ise ağır demir eksikliği, 20-60 arası ise orta demir eksikliği, 40-80 arası ise hafif demir eksikliği ve 60-100 arası ise sağlıklı olarak sonuç vermiştir.

Üyelik fonksiyonlarımızın ağırlık dereceleri denklem 5.8-5.27'deki gibi olacaktır.

$$\alpha_1 = \mu_{1orta}(wbc) \wedge \mu_{2orta}(rbc) \wedge \mu_{3düşük}(hgb) \wedge \mu_{4orta}(plt) \wedge \mu_{5yüksek}(rdw) \wedge \mu_{6düşük}(mcv) \wedge \mu_{7orta}(neu) \wedge \mu_{8orta}(lym) \wedge \mu_{9düşük}(demir) \wedge \mu_{10orta}(tdbk) \wedge \mu_{11düşük}(ferritin) \wedge \mu_{12orta}(folikosit) \quad (5.8)$$

$$\alpha_7 = \mu_{1orta}(wbc) \wedge \mu_{2düşük}(rbc) \wedge \mu_{3düşük}(hgb) \wedge \mu_{4düşük}(plt) \wedge \mu_{5yüksek}(rdw) \wedge \mu_{6orta}(mcv) \wedge \mu_{7yüksek}(neu) \wedge \mu_{8orta}(lym) \wedge \mu_{9düşük}(demir) \wedge \mu_{10orta}(tdbk) \wedge \mu_{11düşük}(ferritin) \wedge \mu_{12orta}(folikosit) \quad (5.9)$$

$$\alpha_9 = \mu_{1yüksek}(wbc) \wedge \mu_{2düşük}(rbc) \wedge \mu_{3orta}(hgb) \wedge \mu_{4düşük}(plt) \wedge \mu_{5orta}(rdw) \wedge \mu_{6orta}(mcv) \wedge \mu_{7yüksek}(neu) \wedge \mu_{8orta}(lym) \wedge \mu_{9düşük}(demir) \wedge \mu_{10orta}(tdbk) \wedge \mu_{11düşük}(ferritin) \wedge \mu_{12orta}(folikosit) \quad (5.10)$$

α ₅₆ L J₅ :S> ? J₆ N> ? J₇ :DC>; J₈ :IH P J₉ N@ \$ (5.11)

J_{x@} G :I? R J_{YKNP=} :JA Q J_{ZK NP} HU I; J_{{@} G :@ AI E J_{SrK NP} P @>;G

J_{ss@} G :B ANNE;PJE_{STK NP} J :B KH EG ≠ O E P

₆₇ L J₅ :S> ? J₆ N> ? J₇ :DC>; J₈ :IH P J₉ N@ \$ (5.12)

J_. :I? R J_, :JA Q J_< HU I; J_⊥ :@ AI E J₄ P @>;G

J_{ss@} G :B ANNE;PJE_{STK NP} J :B KH EG ≠ O E P

₈₇ L J₅ :S> ? J₆ N> ? J₇ :DC>; J₈ :IH P J₉ N@ \$ (5.13)

J_. :I? R J_, :JA Q J_< HU I; J_⊥ :@ AI E J₄ P @>;G

J_{ss@} G :B ANNE;PJE_{STK NP} J :B KH EG ≠ O E P

₈₈ L J₅ :S> ? J₆ N> ? J₇ :DC>; J₈ :IH P J₉ N@ \$ (5.14)

J_. :I? R J_, :JA Q J_< HU I; J_⊥ :@ AI E J₄ P @>;G

J_{ssK NP} :B ANNE;PJE_{STK NP} J :B KH EG ≠ O E P

₈₉ L J₅ :S> ? J₆ N> ? J₇ :DC>; J₈ :IH P J₉ N@ \$ (5.15)

J_. :I? R J_, :JA Q J_< HU I; J_⊥ :@ AI E J₄ P @>;G

J_{ssK NP} :B ANNE;PJE_{STK NP} J :B KH EG ≠ O E P

_{8:} L J₅ :S> ? J₆ N> ? J₇ :DC>; J₈ :IH P J₉ N@ \$ (5.16)

J_. :I? R J_, :JA Q J_< HU I; J_⊥ :@ AI E J₄ P @>;C

J_{ssK NP} :B ANNE;PJE_{STK NP} J :B KH EG ≠ O E P

_{8;} L J₅ :S> ? J₆ N> ? J₇ :DC>; J₈ :IH P J₉ N@ \$ (5.17)

J_. :I? R J_, :JA Q J_< HU I; J_⊥ :@ AI E J₄ P @>;G

J_{ssK NP} :B ANNE;PJE_{STK NP} J :B KH EG ≠ O E P

_{8<} L J₅ :S> ? J₆ N> ? J₇ :DC>; J₈ :IH P J₉ N@ \$ (5.18)

J_. :I? R J_, :JA Q J_< HU I; J_⊥ :@ AI E J₄ P @>;G

J_{ssK NP} :B ANNE;PJE_{STK NP} J :B KH EG ≠ O E P

$$\begin{aligned} \alpha_{50} = & \mu_{1yüksek}(wbc) \wedge \mu_{2orta}(rbc) \wedge \mu_{3orta}(hgb) \wedge \mu_{4orta}(plt) \wedge \mu_{5orta}(rdw) \\ & \wedge \mu_{6orta}(mcv) \wedge \mu_{7orta}(neu) \wedge \mu_{8orta}(lym) \wedge \mu_{9orta}(demir) \wedge \mu_{10orta}(tdbk) \wedge \\ & \mu_{11orta}(ferritin) \wedge \mu_{12orta}(folikasil) \end{aligned} \quad (5.19)$$

$$\begin{aligned} \alpha_{54} = & \mu_{1düşük}(wbc) \wedge \mu_{2orta}(rbc) \wedge \mu_{3orta}(hgb) \wedge \mu_{4orta}(plt) \wedge \mu_{5orta}(rdw) \\ & \wedge \mu_{6orta}(mcv) \wedge \mu_{7orta}(neu) \wedge \mu_{8orta}(lym) \wedge \mu_{9orta}(demir) \wedge \mu_{10orta}(tdbk) \wedge \\ & \mu_{11orta}(ferritin) \wedge \mu_{12orta}(folikasil) \end{aligned} \quad (5.20)$$

$$\begin{aligned} \alpha_{62} = & \mu_{1orta}(wbc) \wedge \mu_{2orta}(rbc) \wedge \mu_{3orta}(hgb) \wedge \mu_{4düşük}(plt) \wedge \mu_{5yüksek}(rdw) \\ & \wedge \mu_{6orta}(mcv) \wedge \mu_{7orta}(neu) \wedge \mu_{8düşük}(lym) \wedge \mu_{9düşük}(demir) \wedge \mu_{10orta}(tdbk) \wedge \\ & \mu_{11orta}(ferritin) \wedge \mu_{12orta}(folikasil) \end{aligned} \quad (5.21)$$

$$\begin{aligned} \alpha_{69} = & \mu_{1yüksek}(wbc) \wedge \mu_{2orta}(rbc) \wedge \mu_{3düşük}(hgb) \wedge \mu_{4düşük}(plt) \wedge \mu_{5orta}(rdw) \\ & \wedge \mu_{6orta}(mcv) \wedge \mu_{7yüksek}(neu) \wedge \mu_{8orta}(lym) \wedge \mu_{9orta}(demir) \wedge \mu_{10yüksek}(tdbk) \wedge \\ & \mu_{11orta}(ferritin) \wedge \mu_{12orta}(folikasil) \end{aligned} \quad (5.22)$$

$$\begin{aligned} \alpha_{79} = & \mu_{1orta}(wbc) \wedge \mu_{2düşük}(rbc) \wedge \mu_{3orta}(hgb) \wedge \mu_{4düşük}(plt) \wedge \mu_{5orta}(rdw) \wedge \\ & \mu_{6orta}(mcv) \wedge \mu_{7orta}(neu) \wedge \mu_{8orta}(lym) \wedge \mu_{9orta}(demir) \wedge \mu_{10orta}(tdbk) \wedge \\ & \mu_{11düşük}(ferritin) \wedge \mu_{12yüksek}(folikasil) \end{aligned} \quad (5.23)$$

$$\begin{aligned} \alpha_{81} = & \mu_{1yüksek}(wbc) \wedge \mu_{2düşük}(rbc) \wedge \mu_{3düşük}(hgb) \wedge \mu_{4orta}(plt) \wedge \mu_{5yüksek}(rdw) \\ & \wedge \mu_{6orta}(mcv) \wedge \mu_{7orta}(neu) \wedge \mu_{8orta}(lym) \wedge \mu_{9düşük}(demir) \wedge \mu_{10orta}(tdbk) \wedge \\ & \mu_{11düşük}(ferritin) \wedge \mu_{12orta}(folikasil) \end{aligned} \quad (5.24)$$

$$\begin{aligned} \alpha_{84} = & \mu_{1düşük}(wbc) \wedge \mu_{2düşük}(rbc) \wedge \mu_{3düşük}(hgb) \wedge \mu_{4orta}(plt) \wedge \mu_{5yüksek}(rdw) \\ & \wedge \mu_{6orta}(mcv) \wedge \mu_{7orta}(neu) \wedge \mu_{8orta}(lym) \wedge \mu_{9düşük}(demir) \wedge \mu_{10orta}(tdbk) \wedge \\ & \mu_{11düşük}(ferritin) \wedge \mu_{12orta}(folikasil) \end{aligned} \quad (5.25)$$

$$\begin{aligned} \alpha_{89} = & \mu_{1orta}(wbc) \wedge \mu_{2orta}(rbc) \wedge \mu_{3düşük}(hgb) \wedge \mu_{4orta}(plt) \wedge \mu_{5yüksek}(rdw) \\ & \wedge \mu_{6düşük}(mcv) \wedge \mu_{7orta}(neu) \wedge \mu_{8orta}(lym) \wedge \mu_{9orta}(demir) \wedge \mu_{10orta}(tdbk) \wedge \\ & \mu_{11düşük}(ferritin) \wedge \mu_{12orta}(folikasil) \end{aligned} \quad (5.26)$$

$$\alpha_{92} = \mu_{1yüksek}(wbc) \Delta \mu_{2düşük}(rbc) \Delta \mu_{3orta}(hgb) \Delta \mu_{4orta}(plt) \Delta \mu_{5yüksek}(rdw) \quad (5.27)$$

$$\Delta \mu_{6düşük}(mcv) \Delta \mu_{7orta}(neu) \Delta \mu_{8yüksek}(lym) \Delta \mu_{9düşük}(demir) \Delta \mu_{10orta}(tdbk) \Delta$$

$$\mu_{11düşük}(ferritin) \Delta \mu_{12orta}(folikosit)$$

Her kural için çıktı kısımları çıktı' i içinden t-norm yardımıyla minimum olan üyeliğin seçimi denklem 5.28'de gösterilmektedir.

$$\mu_{Çıktı'}(y) = \alpha_i \Delta \mu_{Çıktı}(y) \quad (5.28)$$

Son aşamada, çıktı bulanık kümelerin toplamı (aggregation), maksimum (union) operatörü kullanılarak bulunur. İşlem denklem 5.29'daki matematiksel eşitliğe uygun olarak yapılır.

$$\mu_{Son Çıktı'}(y) = \max\left(\mu_{Çıktı'}(y)\right) \quad (5.29)$$

Tablo 5.1. Literatürdeki sonuçların karşılaştırılması

Kaynak	Yöntem	Başarım Oranları (%)
Wongseree ve arkadaşları [4]	YSA	90
Azarkhish ve arkadaşları [6]	YSA	96.29
Azarkhish ve arkadaşları [6]	ANFIS	90.74
Azarkhish ve arkadaşları [6]	Lojistik Regresyon	62.96
Ziyet ve arkadaşları [8]	YSA	99,16
Yurtay ve arkadaşları [9]	Yapay Bağışıklık Sistemi	98,00
Yılmaz ve arkadaşları [10]	FFN	99.16
Yılmaz ve arkadaşları [10]	CFN	98.95
Yılmaz ve arkadaşları [10]	DDN	99.16
Yılmaz ve arkadaşları [10]	TDN	99.16
Yılmaz ve arkadaşları [10]	LVQ	99.33
Yılmaz ve arkadaşları [10]	PNN	98.52
Yılmaz ve arkadaşları [10]	Bulanık Mantık	89.5
Birndorf ve arkadaşları [11]	YSA	96.5

5.3. ROC Analizi

ROC analizi, çeşitli istatistiksel yöntemler ile elde edilen sonuçlara dayalı olarak bunları doğruluk, hassasiyet ve özgüllük olarak değerlendirilebilmesini sağlayan bir yöntemdir. Son yıllarda makine öğrenmesi ve veri madenciliği yöntemlerinde çok fazla kullanılmaktadır [24].

Bu yöntem içerisinde true positive (TP), false positive (FP), true negative (TN), false negative (FN) gibi kavramlar bulunmaktadır. Bu ifadeler Tablo 5.2. üzerinde açıklanmıştır.

Tablo 5.2. ROC parametreleri ve açıklamaları

Açıklama	
TP: True Positive	Doktorun kesin test sonuçlarına göre hastalıklı olarak tespit ettiği kişiyi yapılan test sonuçlarında hastalıklı olarak tespit etmesidir
TN: True Negative	Doktorun kesin test sonuçlarına göre sağlıklı olarak tespit ettiği kişiyi yapılan test sonuçlarında sağlıklı olarak tespit etmesidir
FP: False Positive	Doktorun kesin test sonuçlarına göre sağlıklı olarak tespit ettiği kişiyi yapılan test sonuçlarının yanlış olarak yani hastalıklı olarak tespit etmesidir
FN: False Negative	Doktorun kesin test sonuçlarına göre hastalıklı olarak tespit ettiği kişiyi yapılan test sonuçlarının yanlış olarak yani sağlıklı olarak tespit etmesidir

$$Doğruluk = \frac{(TP + TN)}{(TP + TN + FP + FN)} \quad (5.8)$$

$$Hassasiyet = \frac{(TP)}{(TP + FN)} \quad (5.9)$$

$$\text{Özgüllük} = \frac{(TN)}{(FP + TN)} \quad (5.10)$$

ROC değerlerimiz içerisindeki doğruluk (5.8) nolu formül ile, hassasiyet (5.9) nolu formül ile, özgüllük değeri ise (5.10) nolu formül ile hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalar sonucunda elde edilen değerler ile yöntemlerimiz analiz edilmiştir. Tüm test sonuçları için bu değerler elde edilmiştir. Yapılan testlerin sayısal ROC analizi sonuçları Tablo 5.3.'te gösterilmektedir.

Tablo 5.3. Eksiltici kümele algoritması tüm test sonuçları

Radii Sayısı	TP	TN	FP	FN
1	31	5	1	8
2	33	5	1	6
3	33	5	1	6
4	29	1	5	10
5	31	5	1	8
6	28	3	3	11
7	27	4	2	12
8	25	3	3	14
9	39	6	0	0

Yapılan testin sayısal sonuçları Tablo 5.4.'te gösterilmektedir.

Tablo 5.4. Eksiltici kümele algoritması ROC analizi tablosu

Radii Sayısı	Doğruluk(%)	Hassasiyet(%)	Özgüllük(%)
1	80	79,48	83,33
2	84,44	84,61	83,33
3	84,44	84,61	83,33
4	66,66	74,35	16,66
5	80	79,48	83,33
6	68,88	71,79	50
7	68,88	69,23	66,66
8	62,22	64,10	50
9	100	100	100

BÖLÜM 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

6.1. Sonuçlar

Bu çalışma farklı bir açıdan ve bulanık mantık yöntemlerini kullanarak tıbbi alanlardaki teşhis ve tedavi süreçlerine destek olmayı amaçlamaktadır. Elde edilen sonuçların teşhis ve tedavi süreçlerinin herhangi bir aşamasında güvenilir bir şekilde kullanılması oldukça önemlidir.

Bu çalışmanın birinci aşamasında sugeno çıkarım mekanizması ile anemi hastalığını tespit etme ve bu sayede uzman hekimlere uygulayacakları tedavide tam teşhis koymalarına destek verici bir akıllı teşhis destek sistemi tasarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar ve test setindeki hastalar karşılaştırılarak 45 hastadan 6'sı sağlıklı olup 39'u hasta olarak belirlenmiştir. Erkek ve kadın olarak ayırmak gerekirse; erkek sağlıklı 3, hasta 16 olarak belirlenmiştir. Kadınlarda ise sağlıklı 3, hasta da 26 adet olarak tespit edilmiştir. Netice olarak yapılan çalışma doktorun verdiği sonuçlar ile tamamen örtüşmüştür.

İkinci aşama ise anemi hastalığının derecesini göstermek amacıyla mamdani çıkarım mekanizması ve mom durulaştırma yöntemi kullanılarak tamamlanmıştır. Ağır demir eksikliği anemisi 45, hafif demir eksikliği anemisi 5, orta demir eksikliği anemisi 17 ve sağlıklı 32 adet veriden %85,85'lik bir başarı ile çalışma tamamlanmıştır.

6.2. Öneriler

Bu çalışmada tıbbi olarak tanımlanmış anemi çeşitlerinden biri olan demir eksikliği anemisinin teşhisi için bir sistem tasarlanmıştır. Ancak anemi yalnızca demir eksikliğine bağlı olarak ortaya çıkan bir hastalık değildir. Tıbbi olarak tanımlanmış farklı anemi türleri bulunmaktadır. Diğer anemi türleri için de benzer çalışmaların yapılması ve yapılan çalışmaların bütünleştirilmesi hekimlerin işini oldukça kolaylaştırarak hastalığın teşhis ve tedavi sürecini hızlandıracağı ve dolayısıyla bu çalışmalar tıp alanında hizmet üreten tüm uzmanlara, işin ve sürecin kalitesi açısından son derece faydalı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] <http://www.xn--salk-1wa3i.net/anemi.html>, Erişim Tarihi: 10.03.2016.
- [2] <http://www.diyadinnet.com/BayanlaraOzel-337&Bayan=demir-eksikli%C4%9Fi-anemisi>, Erişim Tarihi: 10.03.2016.
- [3] <http://www.genelsaglikbilgileri.com/kansizlik-cesitleri/>, Erişim Tarihi: 11.03.2016.
- [4] Wongsee, W., Chaiyaratana, N., Vichittumaros, K., Winichagoon, P. ve Fucharoen, S., Thalassaemia classification by neural networks and genetic programming, *Information Sciences*, 177, 771-786, 2007.
- [5] Dogan, S., Turkoglu, I., Iron-deficiency anemia detection from hematology parameters by using decision trees, *International Journal of Science & Technology Volume 3, No 1*, 85-92, 2008.
- [6] Azarkhish, I., Raoufy, M. R. ve Gharibzadeh, S., Artificial Intelligence Models for Predicting Iron Deficiency Anemia and Iron Serum Level Based on Accessible Laboratory Data, *Journal of Medical Systems*, 36, 2057-2061, 2012.
- [7] Allahverdi, N., Tunalı, A., Işık, H., Kahramanlı, H. 2011. A takagi sugeno type neuro-fuzzy network for determining child anemia expert systems with applications 38 (2011) 7415–7418.
- [8] Yilmaz, Z. and Bozkurt, M. R., Determination of women iron deficiency anemia using neural networks, *Journal of Medical Systems*, 36, 2941-2945, 2012.
- [9] <http://www.isites.info/PastConferences/ISITES2013>, Erişim Tarihi: 11.03.2016.
- [10] Yılmaz, Z. ve Ocak, ř., Bulanık Mantık ile Aneminin Belirlenmesi, 1. Mühendislik ve Teknoloji Sempozyumu, 2008.

- [11] Bırndorf, N. I., Pentecost, J. O., Coakley, J. R. ve Spackman, K. A., An expert system to diagnose anemia and report results directly on hematology forms, *Computers and Biomedical Research*, 29, 16-26, 1996.
- [12] <http://www.xn--salk-1wa3i.net/anemi.html>, Erişim Tarihi: 12. 03. 2016.
- [13] <http://www.medicinenet.com/script/main/art.asp?articlekey=15491>, Erişim Tarihi: 12.03.2016.
- [14] <http://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/anemia/causes>, Erişim Tarihi: 12. 03. 2016.
- [15] <http://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/anemia/atrisk>, Erişim Tarihi: 12.03.2016.
- [16] <http://www.nhlbi.nih.gov/health/health-topics/topics/anemia/treatment>, Erişim Tarihi: 12. 03. 2016.
- [17] https://tr.wikipedia.org/wiki/Bulan%C4%B1k_mant%C4%B1k, Erişim Tarihi: 14.03.2016.
- [18] Mamdani, E.H., 1977, Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis, *IEEE Trans. on Computers*, 26(12):1182-1191, 1977.
- [19] Klir, J.G., Yuan, B., *Fuzzy sets and fuzzy logic theory and applications*, Prentice Hall-New Jersey, 1995.
- [20] Babuska, R., *Fuzzy Modeling for Control*, Kluwer Academic, pp. 260, 1998
- [21] Yılmaz, S. 2007a. *Bulanık Mantık ve Mühendislik Uygulamaları*, Kocaeli Üniversitesi Yayınları, 289.
- [22] <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/fuzzy/>, Erişim Tarihi: 14.03.2016.
- [23] İncegül, M. 2010. Türkiye’de esnek üstyapı bozulmalarının çevre etkileri göz önüne alınarak modellenmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Doktora Tezi.
- [24] Fawcett, T., *An Introduction to ROC Analysis*, *Pattern Recognition Letters*, 27, 861–874, 2006.

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Emin SALMAN 1990 yılında Mardin’de doğdu. İlköğretimini Anafartalar İlköğretim Okulu’nda, ortaöğretimini Mardin Lisesi’nde tamamladı. Lisans eğitimine 2008 yılında Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünde başladı. 2013 yılında lisans eğitimini tamamladı. Aynı yıl içerisinde Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar ve Bilişim Mühendisliği’nde yüksek lisans eğitimine başladı. 2016 yılında Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi, Bilişim Sistemleri Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı.

EKLER

EK 1: Etik Kurul Onay Belgesi