

HARUN AKBULUT

Yüksek Lisans Tezi

KÜ 2013

KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yapay Zekâ Teknikleri İle Hastaların
Koroner Anjiyografi Gerekliğinin Tahmini

HARUN AKBULUT

HAZİRAN 2013

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Harun AKBULUT tarafından hazırlanan YAPAY ZEKÂ TEKNİKLERİ İLE HASTALARIN KORONER ANJIYOĞRAFİ GEREKLİLİĞİNİN TAHMİNİ adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Hasan ERBAY
Anabilim Dalı Başkanı

Bu tezi okuduğumu ve tezin **Yüksek Lisans Tezi** olarak bütün gereklilikleri yerine getirdiğini onaylarım.

Doç. Dr. Necaattin BARIŞÇI
Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan : Yrd. Doç. Dr. Taner TOPAL _____
Üye (Danışman) : Doç. Dr. Necaattin BARIŞÇI _____
Üye : Yrd. Doç. Dr. Murat LÜY _____

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

Bu tez ile Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onaylamıştır.

Doç. Dr. Erdem Kamil YILDIRIM
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

YAPAY ZEKÂ TEKNİKLERİ İLE HASTALARIN KORONER ANJİYOGRAFİ GEREKLİLİĞİNİN TAHMİNİ

AKBULUT, Harun

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Necaattin BARISÇI

Haziran 2013,78 Sayfa

Bu çalışmada, hastaların Koroner Anjiyografi (KA) gerekliliğinin tahmini için, Bulanık Mantık (BM), Çok Katmanlı Algılayıcı Sinir Ağı (ÇKA Sinir Ağı) ve Genetik Çok Katmanlı Algılayıcı Sinir Ağı (GÇKA Sinir Ağı) teknikleri kullanılmıştır. Bunun için 200 hastadan veri alınmıştır. Bu hastaların yarısı KA geçirmiş olup diğer yarısı ise KA geçirmemiş hastalardır. Hasta verilerinde kadın-erkek cinsiyetleri eş dağılımlı olarak seçilmiştir. BM sistemi için girişler ve çıkışlar belirlenmiş olup sistem test edilmiştir. BM sisteminin, hastaların KA gerekliliğinin tahmini için %86 oranında doğru karar verdiği gözlemlenmiştir. ÇKA Sinir Ağı ve GÇKA Sinir Ağı için eğitim ve test veri setleri belirlenmiştir. Daha sonra her iki sistem için test edilmiştir. Hastaların KA gerekliliğinin tahmini için, ÇKA Sinir Ağı sisteminin %90 oranında GÇKA Sinir Ağının ise %92 oranında doğru karar verdiği gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar hastaların KA gerekliliğinin tahmininde, GÇKA sinir ağının BM ve ÇKA sinir ağına göre daha etkili olduğunu göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Bulanık Mantık (BM), Çok Katmanlı Algılayıcı Sinir Ağları (ÇKA Sinir Ağları), Genetik Çok Katmanlı Algılayıcı Sinir Ağları (GÇKA Sinir Ağları), Koroner Anjiyografi (KA).

ABSTRACT

PREDICTION OF CORONARY ANGIOGRAPHY REQUIREMENT OF PATIENTS WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNIQUES

AKBULUT, Harun

Kırıkkale University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Computer Engineering, M. Sc. Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Necaattin BARISÇI

September 2013, 78 Pages

In this study, prediction of coroner angiography (CA) requirement of patients is developed using approaches such as Fuzzy Logic (FL), Multi Layer Perceptron (MLP) and Genetic Multi Layer Perceptron (GMLP). Data of patients are received from 200 patients, half of whom undergo CA, the other half doesn't undergo CA, the numbers of both men and women patients are equal. Input data and output data are determined and tested for FL. The correct classification rate is 86% for prediction of CA requirement of patients. Training data and testing data are determined and tested for both MLP and GMLP. The correct classification rate of MLP is 90% and the correct classification rate of GMLP is %92 for prediction of CA requirement of patients. These results are shown that GMLP is more effective from FL and MLP at prediction of CA requirement of patients.

Key Words: Fuzzy Logic (FL), Multi Layer Perceptron Neural Network (MLP Neural Network), Genetic Multi Layer Perceptron Neural Network (GMLP Neural Network), Coroner Angiography (CA).

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması esnasında her türlü yardım ve desteğini esirgemeyen tez danışmanı hocam, Sayın Doç. Dr. Necaattin BARISÇI'ya;

Çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Hüseyin ARINÇ'a, eğitim-öğretim hayatımda katkısı olan tüm saygıdeğer hocalarıma, bana her zaman destek olan aileme ve BABA'ma en derin teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. MATERİYAL VE YÖNTEM	4
2.1. Koroner Arter Hastalığı	4
2.1.1. Koroner Arter Hastalığı Risk Faktörleri.....	6
2.1.2. Koroner Arterin Ekonomik Sonuçları.....	10
2.1.3. Koroner Anjiyografi.....	10
2.2. Bulanık Küme Teorisi.....	11
2.2.1. Bulanık Kümeler	12
2.2.2. Bulanık Mantık.....	16
2.3. Yapay Sinir Ağları	23
2.3.1. Yapay Sinir Ağlarının Genel Özellikleri.....	24
2.3.2. Yapay Sinir Ağlarının Önemli Dezavantajları	25
2.3.3. Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları.....	26
2.3.4. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı ve Temel Elemanları	26
2.3.5. Yapay Sinir Ağının Yapısı.....	29
2.3.6. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme, Adaptif Öğrenme ve Test Etme.....	30
2.3.7. Yapay Sinir Ağları Öğrenme Stratejileri.....	32
2.3.8. Çok Katmanlı Algılayıcı Sinir Ağları	33
2.4. Genetik Çok Katmanlı Algılayıcı Sinir Ağları	39
2.4.1. Genetik Algoritma	40
2.5. KA Teşhisinde Kullanılan Girişler	48
2.5.1. Yaş ve Cinsiyet.....	49

2.5.2. Göğüs Ağrısı	49
2.5.3. Nefes Darlığı	49
2.5.4. KAH Öz Geçmişi	49
2.5.5. Aile Öyküsü.....	50
2.5.6. Sigara.....	50
2.5.7. Hipertansiyon	50
2.5.8. Şeker Hastalığı	50
2.5.9. Kolesterol Değerleri	50
2.5.10. EKG.....	50
2.5.11. Ekokardiyografi.....	51
2.5.12. Efor Testi.....	51
2.5.13. Miyokard Perfüzyon Sintigrafisi.....	51
3. ARAŞTIRMA BULGULARI	53
3.1. BM ile Hastaların KA Gerekliliğinin Tahmini	53
3.1.1. Üyelik Fonksiyonları.....	54
3.1.2. KA İçin Oluşturulan Bulanık Kurallar	62
3.1.3. Bulanık Mantık Sonuçlarının Değerlendirilmesi	64
3.2. ÇKA Sinir Ağları ile Hastaların KA Gerekliliğinin Tahmini	64
3.3. GÇKA Sinir Ağları ile Hastaların KA Gerekliliğinin Tahmini	66
3.3.1. Genetik Algoritma	66
3.3.2. GÇKA Sinir Ağının ÇKA Sinir Ağı Parametreleri.....	67
4. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	69
KAYNAKLAR	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>SEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Damar Tıkanıklığı (Ateroskleroz).....	4
2.2 Üçgen Üyelik Fonksiyonu.....	13
2.3 Yamuk Üyelik Fonksiyonu	14
2.4 İki Bulanık Kümenin Kesişimi.....	15
2.5 İki Bulanık Kümenin Birleşimi	15
2.6 Bulanık Kümenin Tümleyeni.....	16
2.7 Bulanık Mantığın Genel Yapısı.....	17
2.8 Üyelik Fonksiyonu	18
2.9 Maksimum Metodu	21
2.10 Ağırlık Merkezi Metodu.....	22
2.11 Ağırlıklı Ortalama Metodu.....	23
2.12 Log-Sig Aktivasyon Fonksiyonu	28
2.13 YSA'nın Genel Yapısı	31
2.14 ÇKA Sinir Ağları Genel Yapısı	34
2.15 Gen, Kromozom ve Popülasyonun Basit Görünümü	42
2.16 Rulet Seçme Tekniği	44
2.17 Tek Noktalı Basit Çaprazlama Operasyonu.....	45
2.18 Mutasyon Operasyonu.....	46
2.19 GÇKA Sinir Ağının Yapısı	48
3.1 KA için Matlab'de Oluşturulan Bulanık Sistem	54
3.2 Yaş Üyelik Fonksiyonu.....	55
3.3 0/1 Değerli Girişler İçin Üyelik Fonksiyonu.....	56
3.4 Göğüs Ağrısı Üyelik Fonksiyonu.....	57
3.5 0, 1 ve 2 Değerli Girişler İçin Üyelik Fonksiyonu.....	58
3.6 Total Kolesterol Üyelik Fonksiyonu.....	58
3.7 TGL Üyelik Fonksiyonu	59
3.8 LDL Üyelik Fonksiyonu	59
3.9 HDL Üyelik Fonksiyonu.....	61

3.10 Anjio Üyelik Fonksiyonu.....	62
3.11 Matlab 7.8’de Oluşturulan ÇKA Sinir Ağları Yapısı.....	65
3.12 GÇKA Sinir Ağları Kromozom Yapısı.....	66
3.13 NeuroSolution ile Oluşturulan GÇKA Sinir Ağları Yapısı.....	68

ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

Sayfa

2.1	Ölüm Nedeninin Yıllara Göre Dağılımı	5
2.2	KAH İçin Kolesterol Değerleri.....	6
2.3	Çıkarım Metotları	20
2.4	Aktivasyon Fonksiyonları.....	30
3.1	Bulanık Sistem Kuralları	63
3.2	BM, ÇKA Sınır Ağları ve GÇKA Sınır Ağları Sonuçları	68

1. GİRİŞ

Bütün kalp hastalıklarının yarısını oluşturan damar tıkanıklığı (Ateroskleroz) olarak ta bilinen Koroner Arter Hastalığı (KAH), kalbi besleyen atar damarların yavaş yavaş daralmasıyla kalbin görevlerini yerine getirmesini engelleyen hastalık olarak tanımlanabilmektedir [1]. Dünya sağlık örgütü (DSÖ) verilerine göre her yıl yaklaşık 17,5 milyon insan kalp hastalıklarından ölmektedir ve bu ölüm sayısı tüm ölüm nedenlerinin %30'luk bir kısmını karşıladığı görülmektedir. Gelişmiş ülkeler KAH risk faktörlerini azaltarak KAH'a bağlı ölüm oranını azaltma eğilimindedirler. Ölümlerin yaklaşık %80'i düşük ve orta gelirli ülkelerde meydana gelmektedir. Gerekli tedbirlerin alınmadığı takdirde 2015 yılına kadar her yıl yaklaşık 20 milyon insanın kalp hastalıklarından hayatını kaybetmesi beklenmektedir [2,3]. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2012 yılı verilerine göre ve Ulusal Hastalık Yüğü ve Maliyet Etkililik (UHY-ME) çalışması verilerine göre; ülkemizde ölüm nedenleri arasında ilk sırayı kalp hastalıkları almaktadır. Bu oran ülkemizdeki tüm ölüm nedenlerinin yaklaşık yarısıdır [4,5].

Yukarıdaki veriler kalp hastalıklarının teşhis ve tedavisinin Türkiye'de ve tüm dünyada en önemli hastalıklardan birisi olduğunu göstermiştir ve bu alanda birçok çalışma yapılmasına neden olmuştur. KAH'ın tanısında en etkili yöntem KA yöntemidir.

Koroner Anjiyografi (KA), koroner arterlerde hastalık olup olmadığını anatomik olarak gösteren, tedavinin çeşidinin planlanmasında ve uygulanmasında kullanılan en güvenilir ve en etkili yöntemdir. KA ilk kez 1959 yılında Dr. Sones ve arkadaşları tarafından uygulanmış olup hala günümüzde KAH tanısında en etkili yöntem olarak kullanılmaya devam etmektedir [6,7].

Literatürde Yapay Zekâ Teknikleri birçok alanda olduğu gibi hastalık tanısında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Yan ve arkadaşları ÇKA sinir ağları ile kalp hastalığının teşhisi için medikal karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Sunulan sistem %90'dan fazla doğrulama oranı gerçekleştirmiştir [8]. Anooj ağırlıklandırılmış

bulanık kurallar kullanarak kalp hastalığının riski tahmini için klinik karar destek sistemi geliştirmiştir [9]. Daş ve arkadaşları Yapay Sinir Ağları (YSA) ile kalp kapakçığı hastalığının teşhisi için bir metot önermişlerdir. Önerilen metodun 215 veri setinden %97,4 oranında doğru sınıflandırma yaptığı gözlemlenmiştir [10]. Khatibi ve Montazer KAH risk değerlendirmesi için hibrit bulanık sistem sunmuşlardır. Sunulan sistemin doğruluk oranı %91,58'dir [11]. Daş ve arkadaşları etkili KAH teşhisi için YSA kullanarak bir metot geliştirmişlerdir. Geliştirilen metodun doğruluk oranı %89,01'dir. Hasta verileri Cleveland veri setinden alınmıştır [12]. Muthukaruppan ve Er KAH tanısı için hibrit parçacık sürü optimizasyonuna (HPSO) dayalı bulanık sistem önermişlerdir. PSO bulanık sistemin üyelik fonksiyonlarının optimizasyonunda kullanılmıştır. Sistemin doğruluk oranı %93,27 olarak test edilmiştir [13].

Bulanık Mantık (BM), 1965 yılında Zadeh tarafından küme elemanlarının 0-1 aralığında değer alabileceğini öne süren bir metottur. Yaklaşık 10 yıl bilim dünyasının dikkatini çekmemesine rağmen 1975 yılında Mamdani bir buhar makinesi kontrolünün bulanık sistem ile modellenmesini gerçekleştirerek bilim dünyasının dikkatini tekrar BM'a çekmeyi başarmıştır. Günümüze kadar BM birçok alanda olduğu gibi hastalık teşhisinde de yaygın olarak kullanılmış ve günümüzde de yaygın olarak kullanılmaya devam etmektedir [14-15].

Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beynini taklit ederek problem çözümüne katkı sağlayan bilgisayar sistemleridir. Özellikle 1970'li yıllardan sonra YSA hızlı bir şekilde geliştirilmiş ve günümüzde de yaygın bir şekilde kullanılmaya devam edilmektedir. Hastalık tanı ve teşhisinde çok iyi sonuçlar vermektedir [16].

Genetik algoritmaların (GA) temeli doğal seleksiyon ve genetik bilimine dayanmaktadır. Genetik algoritmaların temel ilkeleri ilk kez John Holland tarafından ortaya atılmıştır. Holland 1975 yılında yaptığı çalışmaları "Adaptation in Natural and Artificial Systems" adlı kitabında bir araya getirmiştir. İlk olarak Holland evrim yasalarını genetik algoritmalar içinde eniyileme problemleri için kullanmıştır. Günümüzde GA optimizasyon problemleri için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve iyi sonuçlar vermektedir [17-18].

Tezin ikinci bölümünde, KAH, KAH Risk Faktörleri ve KA açıklanmış, BM, YSA ve GÇKA Sinir Ağları hakkında genel bilgi verilmiştir.

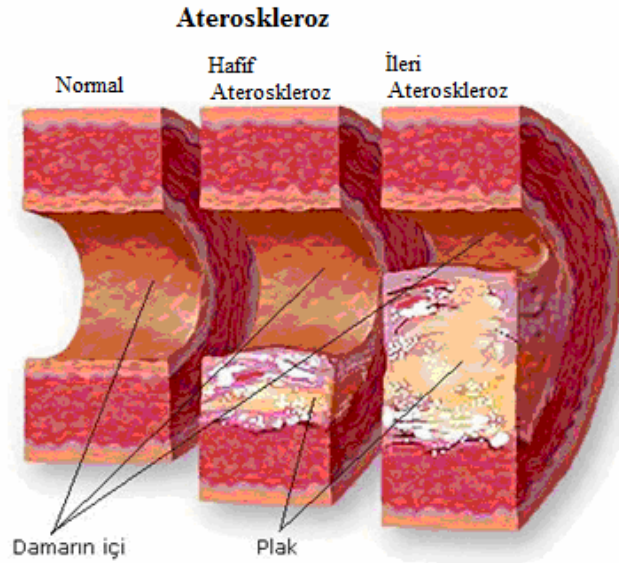
Üçüncü bölümde hastalardan alınan veri setleri için BM sistemi, ÇKA Sinir ağı sistemi ve GÇKA Sinir ağı sisteminin sonuçları verilmiştir.

Dördüncü bölümde tezle ilgili genel sonuçlar verilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Koroner Arter Hastalığı

Bütün kalp hastalıklarının yarısını oluşturan KAH, kalbi besleyen atar damarların yavaş yavaş daralmasıyla kalbin görevlerini yerine getirmesini engelleyen hastalık olarak tanımlanabilmektedir. Bu hastalıkta, koroner damarlarda yer yer, başta kolesterol olmak üzere bir takım maddeler birikmekte ve buralarda darlıklar (plaklar) ve tıkanıklıklar oluşmaktadır. Bunun sonucu olarak kalbin beslenmesi bozulmakta, kalbin ritmik çalışmasında ve kasılmasında hastalığın ciddiyetiyle orantılı olarak bozukluklar oluşmaktadır. Erişkinlerde koroner arter hastalığı kalp krizi ya da kalp yetersizliğine yol açarak ülkemizde ve tüm dünyada en sık ölüm ve hastalık nedenidir. Şekil 2.1’de Damar Tıkanıklığı (Ateroskleroz) gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Damar Tıkanıklığı (Ateroskleroz)

DSÖ verilerine göre, günümüzde ölüm nedenleri sırasında ilk sırada yer alan kalp hastalıklarından yılda 17,5 milyon kişi ölmektedir. Bu ölümlerin 7,6 milyonu kalp

krizlerine, 5,7 milyonu ise inmelere bağlıdır. Ölümün %80'i düşük ve orta gelirli ülkelerde meydana gelmiştir. Eğer gerekli önlemler alınmazsa 2015 yılına kadar her yıl yaklaşık 20 milyon insan daha kalp ve damar hastalıklarından, özellikle de kalp krizleri ve inmelere hayatını kaybedecektir. Kalp ve damar hastalıklarından ölümler gelişmiş batılı ülkelerde azalma eğilimi gösterirken gelişmekte olan ülkelerde artmaktadır [2].

Ülkemiz gelişmekte olan ülkeler sınıfında olup, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre; Türkiye'de 2012 yılında ölümlerin %37,9'u dolaşım sistemi hastalıklarından kaynaklanmaktadır [4]. Türkiye ulusal düzeyde ölüm nedenleri arasında ilk sırayı 205.457 ölümlü kalp hastalıkları (tüm ölüm nedenlerinin %47,73'ü) almaktadır. Kalp hastalıklarına bağlı olarak 102.386 erkek (tüm ölüm nedenlerinin %43,89'u), 103.071 kadın (tüm ölüm nedenlerinin %52,27'si) kaybedilmiştir. Çizelge 2.1'de ölüm nedenlerinin yıllara göre değişimi verilmiştir. [5].

Çizelge 2.1 Ölüm Nedeninin Yıllara Göre Dağılımı

	2010	2011	2012
Dolaşım sistemleri hastalıkları	39,6	38,8	37,9
Kötü huylu tümörler	21,3	21,1	21,1
Solunum sistemleri hastalıkları	8,3	10,1	9,7
Endokrin, beslenme ve metabolizmayla ilgili hastalıklar	6,4	6,3	6,0
Sinir sistemi ve duyu organları hastalıkları	3,7	3,7	4,3
Dışsal yaralanma nedenleri ve zehirlenmeler	4,4	4,1	4,1
Diğer	16,3	15,9	16,9
Toplam	100,0	100,0	100,0

Ülkemizin toplam hastalık yükünün %19.32 ile kalp hastalıkları oluşturmaktadır. Ülkemizde toplam hastalık yükünün erkeklerde %20,5'ini, kadınlarda ise %18'ini kalp hastalıkları oluşturmaktadır [5].

2.1.1. Koroner Arter Hastalığı Risk Faktörleri

KAH risk faktörleri lipit ve lipit dışı risk faktörleri olmak üzere iki ana grup olarak sınıflandırılmıştır. Lipit dışı risk faktörleri de değiştirilebilen lipit dışı risk faktörleri ve değiştirilemeyen lipit dışı risk faktörleri olmak üzere iki grupta sınıflandırılmıştır [19].

Lipit Risk Faktörleri

Kanda total kolesterol ve Düşük yoğunluklu lipoproteinler (LDL) kolesterol düzeyleri yükseldikçe kalp hastalıkları riski artar. Kanda Yüksek yoğunluklu lipoproteinler (HDL) kolesterol düzeyleri azaldıkça kalp hastalıkları riski artar. Çizelge 2.2'de KAH için kolesterol değerleri verilmiştir [19-22,23].

Çizelge 2.2 KAH İçin Kolesterol Değerleri

	Total kolesterol	LDL-kolesterol	HDL-kolesterol	Trigliserid
Optimal		<100		
Normal	<200	100-129	>40	< 150
Sınırdaki yüksek	200-239	130-159		150-199
Yüksek	≥240	160-189	>60	200-499
Çok yüksek		≥190		≥500

Lipit Dışı Risk Faktörleri

Değiştirilebilen Risk Faktörleri

Hipertansiyon

Hipertansiyon KAH için çok önemli bir risk faktörüdür. Bütün kalp hastalıklarının %35'inden hipertansiyon sorumludur. KAH, hipertansiyon olan kişilerde olmayanlara göre 2-3 kat daha fazladır. Hipertansiyon, kadın ve erkekte, KAH riskini 2-3 misli artırmaktadır [24].

Sigara

Her iki cinsiyet grubunda, gençlerde ve yaşlılarda ve tüm ırk gruplarında içilen sigara miktarı ile koroner kalp hastalığı arasında güçlü bir ilişki gösterilmiştir [25]. Sigara içiciliği riski iki- üç kat artırır ve diğer risk faktörleri ile etkileşerek riskin artışına neden olur.

Sigara içenlerde kalp hastalığına bağlı ölüm riski içmeyenlere göre erkeklerde 2.7, kadınlarda 4.7 kat daha fazla bulunmuştur [26]. Sigara içiciliği, ölümün en önemli önlenbilir nedenidir [27]. Türk Erişkinlerinde Kalp Hastalıkları ve Risk Faktörleri Çalışması (TEKHARF çalışması), sigara içiminin ülkemizde en yaygın risk faktörü olduğunu ortaya koymaktadır. Günde 10 sigaradan fazla miktarda sigara tüketme, koroner olay riskini 1.7 kat, herhangi bir nedenli ölüm oranını 2-2.5 kat yükseltmektedir [28].

Sigara kullanımının bırakılması KAH riskini azaltır. Daha önceden sigara içen bir kişinin sigarayı bırakması halinde göreceli riski sigara içmeyen bir kişinin risk seviyelerine bir yıl ya da daha az sürede iner [29]. 35 yaşında bir kişinin sigarayı bırakması halinde koroner kalp hastalığı olaylarının azalması ile birlikte yaşam süresinin 3 ile 5 yıl uzadığı hesaplanmıştır [30]. KAH olan bir hastada tekrarlayan

olay riski sigara kullanımının bırakılması ile azalır. Sigara içmeye devam eden bir kişi ile karşılaştırıldığında tekrarlanan olay riski %50 oranında azalır [31,32].

Diyabet

Diyabet koroner kalp hastalığı için bağımsız bir risk faktörüdür, erkek ve kadında riski sırası ile iki ile dört kat artırır [33,34]. Diyabetin kardiyak olayları, %70 oranında yükselttiği gözlemlenmiştir [35].

Fazla Kiloluk

Obezite American Heart Association (AHA) tarafından koroner kalp hastalığı için ana risk faktörü olarak tanımlanmıştır [36]. Obezite, bütün dünyada giderek artan ve birçok ülkede yaygın boyutlara ulaşan bir sağlık sorunu haline gelmiştir [37]. Amerika Birleşik Devletlerinde yetişkinlerin hemen hemen üçte biri fazla kiloludur, beşte biri ise obez tanımına uymaktadır [38].

TEKHARF çalışmasına göre, obezitenin ülkemizde 30 yaş üzerindeki erkeklerde %21, kadınlarda %43'tür. Yine ülkemizde yaşlanmanın etkisi için yapılan düzeltmelerden sonra bile 10 yıl içinde beden kitle indeksi kadınlarda 1.26 kg/m², erkeklerde 1.29 kg/m² artmıştır. Bu da bize, kendi toplumumuzun da hızlı bir şişmanlama eğilimi içinde olduğunu göstermektedir [39].

Fiziksel Aktivite

Fiziksel aktivite koroner kalp hastalığı için bağımsız bir risk faktörüdür ve riski ortalama olarak iki kat artırır [40]. Fiziksel aktivite insanlarda anjiyografik olarak tanımlanmış koroner aterosklerozun ilerlemesini engeller [41]. Daha çok erkekler üzerinde yapılan 50'nin üzerindeki gözlemsel çalışmada fiziksel aktivitenin koroner kalp hastalığı riskini azalttığı saptanmıştır [42]. Düzenli fiziksel aktivite ile kilo

azalmakta, LDL kolesterol ve TGL düzeyleri düşmekte, HDL kolesterol düzeyleri yükselmekte, kandaki şeker oranı düzenlenmekte, kan basıncı düşmekte, böylece KAH risk faktörlerinin azaltılmasına katkı sağlamaktadır [43-49].

TEKHARF çalışmasında fiziksel aktivitenin, koroner kalp hastalığı tanısı için önemli bir risk faktörü olduğu gösterilmiştir. Fiziksel etkinliğin, hipertansiyon ile diyabete karşı koyduğu, HDL kolesterolü yükselterek KAH için yararlı olduğu anlaşılmıştır. Fizik aktivitenin son 10 yıl içinde orta yaşlı Türk kadınlarında %8 oranında azalması kaygı verici bir gelişme olarak görülmelidir [28].

Değiştirilemeyen Risk Faktörleri

Yaş

Koroner kalp hastalığı riski yaş ile artar, böylece yaş en önemli risk faktörü olarak düşünülebilir. 40 yaşından 60 yaşına kadar KAH riski için 5 kattan fazla artış vardır [50]. Erkeklerde 45 yaş, kadınlarda 55 yaş üzeri koroner kalp hastalığı için güçlü bir risk faktörüdür [51].

Cinsiyet

Erkek cinsiyeti, bayan cinsiyetine göre KAH için daha fazla risk faktörüdür. Erkeklerin KAH riski kendisinden 10 yaş büyük bayan KAH riski ile aynıdır [52]. Kadınlarda 55 yaşından sonra erkeklerle aynı KAH riskini gösterir. Yaklaşık olarak kadınların % 52'si, erkeklerin % 46'sı kalp hastalıkları nedeniyle ölmektedir [53].

Ailede KAH Öyküsü

Koroner hastalık için en güçlü aile hikâyesi birinci derece bir yakında erken yaşta koroner kalp hastalığı öyküsü olmasıdır. Baba veya diğer birinci derece erkek

akrabalarda 55 yaşından önce, anne veya diğer birinci derece kadın akrabalarda 65 yaşından önce erken koroner arter hastalığı gelişiminin olması, o kişide KAH riskini 1,3-1,6 kat artırmaktadır. Erken yaşta koroner kalp hastalığına sahip yakın sayısı arttıkça veya ailede koroner kalp hastalığına yakalanma yaşı azaldıkça, aile öyküsünün tahmin edici değeri artar [54,55].

2.1.2. Koroner Arterin Ekonomik Sonuçları

Kalp ve damar hastalıklarının klinik tedavisi uzun süreli ve yüksek maliyetlidir. Kalp ve damar hastalıkları, bireyleri genellikle orta yaş döneminde etkilemekte, onlara bağlı olan ailelerinin geleceğini altüst etmekte, böylece ülkelerin gelişimine, en verimli yıllarında bulunan insan kaynaklarından yoksun bırakarak zarar vermektedir.

Amerika Kalp Derneği (American Heart Association) 2013 raporlarına göre, ABD'nin yıllık kalp hastalıkları için doğrudan veya dolaylı olarak kaybı 312,6 milyar \$'dır. Bu ABD'nin toplam sağlık harcamalarının %15'dir. Bunun yaklaşık 192.1 milyar \$'ı hekim, hastane servisleri, evde bakım hizmeti vs gibi doğrudan giderlere harcanmıştır. Geriye kalan 120.5 milyar \$ ise verimlilik kaybı gibi dolaylı giderlerdendir [56].

Avrupa Kalp Birliği (European Heart Network) ve Avrupa Kardiyoloji Derneği'nin (European Society of Cardiology) 2012 raporuna göre, AB'nin kalp hastalıkları için yıllık doğrudan veya dolaylı kaybı 196 milyar €'dur. Bunun yaklaşık 106 milyar €'u hekim, hastane servisleri, evde bakım hizmeti vs gibi doğrudan giderlere harcanmıştır. Geriye kalan 90 milyar € ise verimlilik kaybı gibi dolaylı giderlerdendir [57].

2.1.3. Koroner Anjiyografi

Koroner Anjiyografi (KA) koroner arterlerde hastalık olup olmadığını anatomik olarak gösteren, tedavinin çeşidinin planlanmasında ve uygulanmasında kullanılan en

güvenilir ve hala altın standart olmaya devam eden bir yöntemdir. Dr. Mason Sones tarafından ilk kez 1959 yılında yapılmış ve bu tarihten sonra KAH tanısında yeni gelişen pek çok yöneme rağmen yerini korumuştur [6].

KA periferik arterden (kalp dışındaki atar damar) yerleştirilen kateterlerin (atardamar veya toplardamarlara takılan esnek boru), koroner arterin (kalbin beslenmesini sağlayan atardamar) orjinine kadar ilerletilmesi ve kateterin içerisinden verilen radyoopak maddelerle x- ray altında koroner arter lümen (organın içindeki boşluk) anatomisinin radyografik olarak görüntülenmesi yöntemidir. Koroner anjiyografide tespit edilen lezyonların (hastalıkların neden olduğu vücuttaki değişiklikler) değerlendirilmesi çoğunlukla operatörün tecrübesine göre subjektif olarak yapılmaktadır [7,58,59].

2.2. Bulanık Küme Teorisi

Bulanık Mantık (BM), Berkeley Üniversitesi öğretim üyelerinden aslen Azerbaycanlı Prof. Dr. Lotfi A. Zadeh'in "Information and Control" dergisinde yayımlanan "Fuzzy Sets-1965" adlı makalesiyle ortaya çıkmıştır. Bulanık kümeler teorisi temelinde klasik küme teorisine dayanır. Klasik küme teorisinin yeterli olmadığı durumlarda daha açıklayıcı olmak için geliştirilmiştir. Klasik kümelerde bir birey o kümenin ya elemanıdır ya da değildir. Bu yüzden o bireyin hangi kümenin elemanı olduğunu ayırt etmek bu kadar kesin ve belirli sınırlarla ayrıldığı için çok kolaydır. Klasik küme teorisinde bir elemanın bir kümede aynı anda hem olması hem de olmamasına izin verilmez. Gerçek hayatta klasik küme teorisinin bir elemanın kısmen bir kümeye ait olmasını kabul etmediği için, problemler yeterince tanımlanamaz ve çözümlenemez. Bir elemanın bir kümeye kısmen ait olmasını üyelik fonksiyonları açıklar [14,15,60-64].

2.2.1. Bulanık Kümeler

Üyelik Fonksiyonları

Üyelik dereceleri bir elemanın ait olduğu kümeye ne kadar ait olduğunu, bir başka deyişle özelliklerinin o kümeye ne kadar yakın olduğunu gösteren değerlerdir. Üyelik fonksiyonları ise elemanın kümeye dâhil olması şartını gösteren matematiksel ifadelerdir.

Bulanık bir küme, üyelik derecesinin 0 ile 1 arasında olmasına izin verilir. Burada “0” değeri üye olmamayı, “1” değeri tam üye olmayı belirtirken (0, 1) arasındaki değerlerde kısmi üyelik kavramına karşılık gelir. Bu sayede bulanık kümeler insani düşüncü klasik kümelere oranla çok daha iyi taklit ederler. Bulanık kümeler iki farklı şekilde gösterilebilirler. Bunlardan bir tanesinde küme elemanları üyelik derecelerine göre sıralanır. A bir bulanık küme, A kümesinin üyelik fonksiyonu ve x elemanının A kümesindeki üyelik derecesi olmak üzere A bulanık kümesi Eşitlik 2.1 ve Eşitlik 2.2 olarak gösterilebilir.

$$A = \{\mu_A(x_1)/x_1 + \mu_A(x_2)/x_2 + \dots + \mu_A(x_n)/x_n\} \quad (2.1)$$

$$A = \sum \frac{\mu_A(x_i)}{x_i} \quad (2.2)$$

Eşitlik 2.1’deki gösterime ayrık gösterim adı verilir. Buradaki “/” sembolü bölme, “+” sembolü toplama işlemini göstermez. Toplam sembolü terimleri birleştirmek için kullanılır ve böylece tek terimli alt kümeleri birleştirmiş olur.

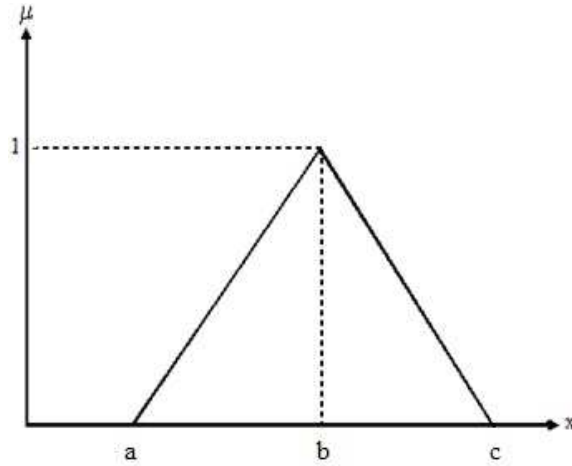
Bulanık kümelerin bir başka gösterim şeklide matematiksel olarak bir üyelik fonksiyonu ile tanımlamaktır. Üyelik fonksiyonu kısaca, küme elemanlarının ait oldukları kümelere üyelik derecelerini gösteren eğri olarak tanımlayabiliriz. Üyelik fonksiyonu grafiğinde x eksenini elemanları, y eksenini ise o kümedeki üyelik derecelerini gösterir. Çok sayıda üyelik fonksiyonu bulunmaktadır ancak uygulamalarda genellikle üçgen, yamuk ve gaussian üyelik fonksiyonları kullanılır.

Üyelik fonksiyonunun tipi ve genişliği çözülmek istenen probleme uygun seçilir ve ayarlanır [15,60-64].

Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Üçgen üyelik fonksiyonu Şekil 2.2’de görüldüğü gibi a,b ve c olmak üzere üç parametre ile tanımlanır. a parametresi üçgenin sol minimum noktasını, b parametresi üçgenin tepe noktasını ve c parametresi üçgenin sağ minimum noktasını gösterir. Bir üçgen üyelik fonksiyonu matematiksel olarak Eşitlik 2.3’te olduğu gibi ifade edilebilir [15,60-64].

$$\mu(x, a, b, c) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & b < x < c \\ 0 & x \leq a, x \geq c \end{cases} \quad (2.3)$$

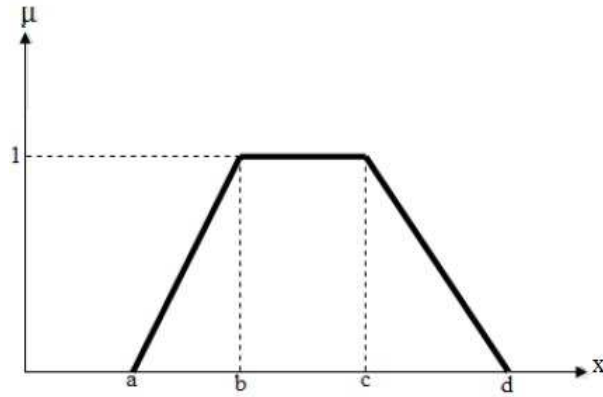


Şekil 2.2 Üçgen Üyelik Fonksiyonu

Yamuk Üyelik Fonksiyonu

Yamuk üyelik fonksiyonu Şekil 2.3'te görüldüğü gibi a, b, c ve d olmak üzere dört parametre ile tanımlanır. A parametresi yamuğun sol minimum noktasını, b ve c parametresi yamuğun tepe noktalarını ve d parametresi yamuğun sağ minimum noktasını gösterir. Bir yamuk üyelik fonksiyonu matematiksel olarak Eşitlik 2.4'te olduğu gibi ifade edilebilir [15].

$$\mu(x, a, b, c, d) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & a < x < b \\ 1 & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & c < x < d \\ 0 & x \leq a, d \leq x \end{cases} \quad (2.4)$$



Şekil 2.3 Yamuk Üyelik Fonksiyonu

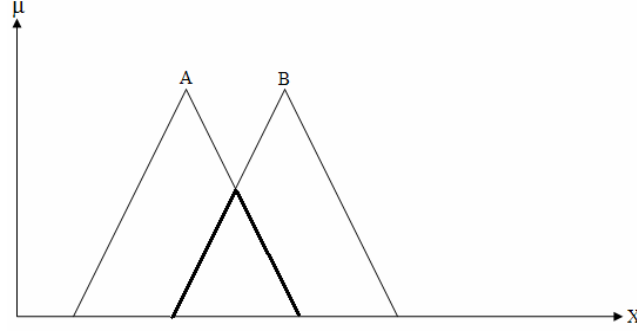
Bulanık Küme İlişkileri

Klasik kümelerde olduğu gibi bulanık kümelerde de bir takım işlemlerden bahsetmek mümkündür. Bulanık bir kümede üyelik fonksiyonları oldukça önemlidir. Dolayısıyla bulanık kümelerde kullanılan temel küme işlemlerinin en önemli öğeleri üyelik fonksiyonlarıdır.

İki Bulanık Kümenin Kesişimi

A, B ve C bulanık kümeler olmak üzere A ve B bulanık kümelerinin kesişimi Şekil 2.4'te gösterilmiş olup, Eşitlik 2.5'te olduğu gibi ifade edilir [15,60-64].

$$C = A \cap B \Rightarrow \mu_C(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \quad (2.5)$$

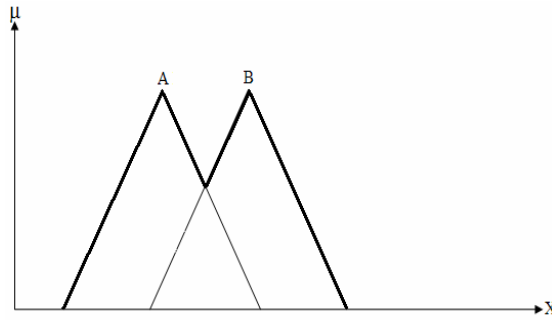


Şekil 2.4 İki Bulanık Kümenin Kesişimi

İki Bulanık Kümenin Birleşimi

A, B ve C bulanık kümeler olmak üzere A ve B bulanık kümelerinin birleşimi Şekil 2.5'te gösterilmiş olup Eşitlik 2.6'daki gibi ifade edilir.

$$C = A \cup B \Rightarrow \mu_C(x) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \quad (2.6)$$

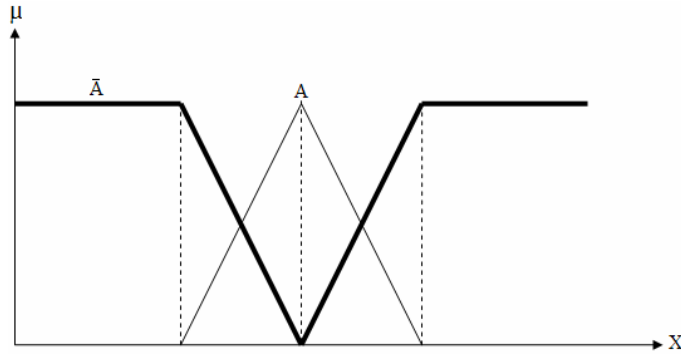


Şekil 2.5 İki Bulanık Kümenin Birleşimi

Bulanık Kümenin Tümleyeni

A bulanık bir küme olmak üzere; A'ya ait elemanların üyelik derecelerinin 1'den çıkarılmasıyla elde edilen kümeye A bulanık kümesinin tümleyeni denir, Şekil 2.6'daki şekilde gösterilir ve Eşitlik 2.7'deki gibi ifade edilebilir.

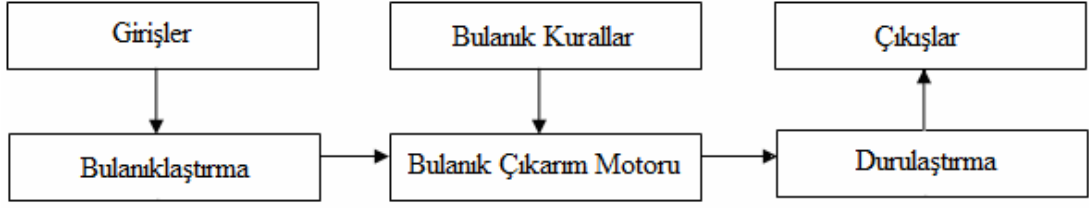
$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x) \quad (2.7)$$



Şekil 2.6 Bulanık Kümenin Tümleyeni

2.2.2. Bulanık Mantık

Bir sistemin kontrol edilmesinde sistemi tanımlayan matematiksel modelin iyi seçilmesi o sistem için oldukça önemlidir. Ancak bazı sistemlerin matematiksel modellerinin elde edilmesi oldukça zor olabilmektedir. Bu gibi durumlarda klasik sistemlerinin kullanılması mümkün olamamaktadır. Böyle bir sistemde gerektiğinde, eğer mümkünse, matematiksel modele ihtiyaç duymayan uzun süre bu işle uğraşmış bir insanın kullanılması uygun bir çözümdür. İnsan yerine insan gibi hareket eden bir sistemin koyulması mümkün olabilmektedir. Bu sisteme bulanık mantık diyebiliriz. Şekil 2.7'de BM'nin genel yapısı verilmiştir [15, 60-64].



Şekil 2.7 Bulanık Mantığın Genel Yapısı

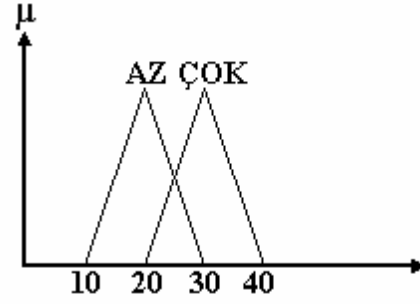
Bulanıklaştırma

Bu kısımda gerçek giriş değerleri bulanık sisteminde kullanılacak olan bulanık değerlere dönüştürülür. Gerçek giriş değerleri ait oldukları üyelik fonksiyonlarına göre bulanık değerlere dönüştürülür ve elde edilen bu bulanık değerler ait oldukları üyelik fonksiyonlarında ki üyelik derecelerine karşılık gelmektedir. Bulanık değere dönüştürme işlemi üyelik fonksiyonun türüne göre değişmektedir [15,60-64].

Kural Tabanı

Bulanıklaştırma biriminden elde edilen üyelik dereceleri kural tabanında ait oldukları dilsel değişkene karşılık gelen kuralları tetiklemektedir. Tetiklenen dilsel değişkenler bir ya da birden fazla kuralı etkileyebilmektedirler.

EGER-O HALDE yapısı ile bulanık çıkış değerinin ne olabileceği hakkında bilgi sahibi olabiliriz. Birden fazla kuralın etkilenmesi ya da tetiklenmesi çıkış sayısının da birden fazla olacağı anlamına gelmektedir. Ancak çıkış sadece bir tanedir. Tetiklenen kurallar ve onların oluşturduğu çıkış değerleri arasında seçim yapmak için birçok yol vardır. Bu seçim işlemine çıkarım denmektedir [15, 60-64].



Şekil 2.8 Üyelik Fonksiyonu

Şekil 2.8’de üyelik fonksiyonu gösterilen 2 girdi (G_1, G_2), 1 çıkış (Ç) kümesi için oluşturulan Bulanık sistem için, giriş değerleri bulanıklaştırıldıktan sonra oluşacak olan kurallar aşağıdaki gibi olduğunu farz edelim.

Eğer $G_1=AZ$ ve $G_2=AZ$ ise O HALDE Ç=AZ dır (Kural 1)

Eğer $G_1=AZ$ ve $G_2=ÇOK$ ise O HALDE Ç=ÇOK tur (Kural 2)

Eğer $G_1=ÇOK$ ve $G_2=AZ$ ise O HALDE Ç=ÇOK tur (Kural 3)

Eğer $G_1=ÇOK$ ve $G_2=ÇOK$ ise O HALDE Ç=AZ dır (Kural 4)

Bu kurallardan hangilerinin tetiklendiği giriş değerlerinin bulanıklaştırılması sonucu ait oldukları üyelik fonksiyonuna göre değişecektir. Örneğin $G_1=13$, $G_2=26$ için oluşacak kurallar Eşitlik 2.8-Eşitlik 2.11’de verilmiştir.

$$G_1 = 13 \Rightarrow \mu_{AZ}(G_1) = \frac{x-10}{10} = \frac{13-10}{10} = 0,3 \quad (2.8)$$

$$G_2 = 26 \Rightarrow \mu_{AZ}(G_2) = \frac{30-x}{10} = \frac{30-26}{10} = 0,4 \quad (2.9)$$

$$G_1 = 13 \Rightarrow \mu_{ÇOK}(G_1) = 0 \quad (2.10)$$

$$G_2 = 26 \Rightarrow \mu_{ÇOK}(G_2) = \frac{x-20}{20} = \frac{26-20}{20} = 0,3 \quad (2.11)$$

Görüldüğü gibi G_1 değeri sadece AZ üyelik fonksiyonunda bir değere sahip iken G_2 değeri hem AZ hem de ÇOK üyelik fonksiyonunda bir değere sahip oldu. Bu şu

anlama gelmektedir. Kural tabanında G_1 'in AZ G_2 'nin hem AZ hem de ÇOK olduğu kurallar tetiklenecektir. Yani Kural 1 ve Kural 2 ateşlenecektir. Kural 3 ve Kural 4 tetiklenmeyecektir.

Eğer $G_1=AZ$ ve $G_2=AZ$ ise O HALDE Ç=AZ dır (Kural 1)

Eğer $G_1=AZ$ ve $G_2=ÇOK$ ise O HALDE Ç=ÇOK tur (Kural 2)

Çıkarım Mekanizması

Çıkarım ya da karar verme işleminin gerçekleştiği bloktur. Bulanıklaştırma bloğundan gelen bilgileri, kural ve veri tabanı ile iletişim kurarak işler ve durulaştırma bloğuna giriş olarak çıkartım sonucu elde edilen bilgileri gönderir. Karar verme birimi, çıkarım motoru olarak ta adlandırılır. Bulanık mantığın çekirdek kısmıdır. Bu kısım insanın karar verme ve çıkarım yapma yeteneğinin benzeri bir yolla bulanık kavramları işler ve çıkarım yaparak gerekli denetimi belirler [15,60-64].

Bulanık sistemin kuralları genellikle EGER-O HALDE ile ifade edilir. Bir kural da, bir ya da daha fazla birbirini izleyen olaylar VE ya da VEYA operatörleri ile birbirine bağlanabilir. Yukarıda kural tabanı kısmında dikkat edilecek olursa EĞER kısmında giriş değerleri bir biri ile VE (AND) bağlacı ile bağlanmıştır. Böyle bir durum söz konusu olduğunda bu bağlaçlar çıkarım işlemini etkileyecektir. VE/VEYA (AND/OR) bağlaçları Eşitlik 2.12 ve Eşitlik 2.13'teki gibi ifade edilmektedir.

$$\mu_{\text{Ç}}(G_1) = \text{MIN}(\mu_{\text{AZ}}(G_1), \mu_{\text{ÇOK}}(G_2)) \quad (2.12)$$

$$\mu_{\text{Ç}}(G_1) = \text{MAX}(\mu_{\text{AZ}}(G_1), \mu_{\text{ÇOK}}(G_2)) \quad (2.13)$$

Çizelge 2.4'te en çok kullanılan çıkarım metotlarından bazıları sunulmuştur.

Çizelge 2.3 Çıkarım Metotları

BULANIK ÇIKARIM METODU	$\mu_{A \rightarrow B}(x, y)$
MAMDANI (MAX-MIN)	$MIN(\mu_A(x), \mu_B(y))$
MAX-PROD	$\mu_A(x) * \mu_B(y)$
ZADEH	$MAX[MIN(\mu_A(x), \mu_B(y), 1 - \mu_A(x))]$
LUKASIEWICS	$MIN(1, 1 - \mu_A(x) + \mu_B(y))$
GÖDEL	$1 \rightarrow \mu_A(x) \leq \mu_B(y)$ $\mu_B(y) \rightarrow \text{diğer}$
KLEENE-DIENES	$MAX(1 - \mu_A(x), \mu_B(y))$
SHARP	$1 \rightarrow \mu_A(x) < \mu_B(y)$ $0 \rightarrow \text{diğer}$

Şekil 2.8’de üyelik fonksiyonu verilen örneğimiz için Mamdani çıkarım metodunu açıklayacak olursak Eşitlik 2.14 ve Eşitlik 2.15 değerlerini elde ederiz.

Eğer $G_1=AZ$ ve $G_2=AZ$ ise O HALDE $\check{C}=AZ$ dır (Kural 1)

$$MIN(\mu_{AZ}(G_1), \mu_{AZ}(G_2))=MIN[(0,3),(0,4)]=0,3 \quad (2.14)$$

Eğer $G_1=AZ$ ve $G_2=\check{C}OK$ ise O HALDE $\check{C}=\check{C}OK$ tur (Kural 2)

$$MIN(\mu_{AZ}(G_1), \mu_{AZ}(G_2))=MIN[(0,3),(0,4)]=0,3 \quad (2.15)$$

Çıkarım motorundan elde edilen değer gerçekte gerçekte hesaplanabilmesi için Durulaştırma birimine girdi olarak gönderilir.

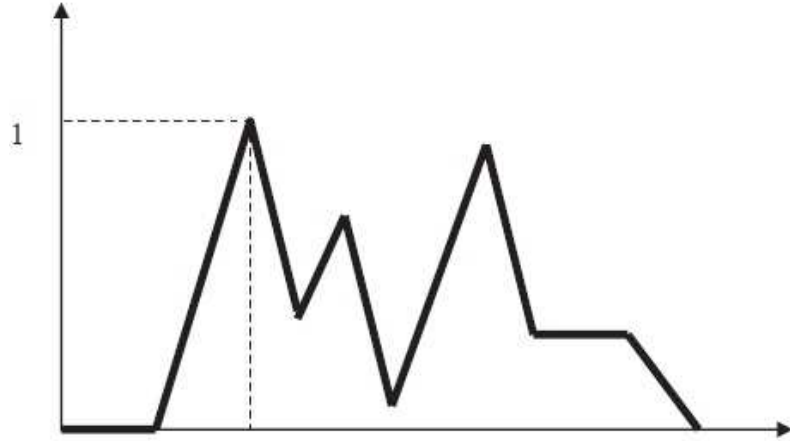
Durulaştırma

Çıkarım işlemi sonucu bir bulanık kümedir. Bulanık ifadeler ya da bulanık kümeler gerçek dünyada birer anlam ifade etmediklerinden dolayı çıkarım sonunda elde edilen bulanık bilgilerin gerçek dünyada kullanılan bilgilere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlem durulaştırma kısmında yapılmaktadır. Durulaştırma işlemleri birkaç yol ile yapılabilir [15, 60-64].

Maksimum Metodu

Bu yöntemin kullanılabilmesi için tepeleri olan bir çıkarım kümesine ihtiyaç vardır. Diğer bir adı da yükseklik yöntemidir. Temel olarak en yüksekte olan tepenin üyelik derecesi sistemin üyelik derecesi olarak kabul edilir. Maksimum metodu Şekil 2.9'da gösterilmiş olup, Eşitlik 2.16'daki gibi ifade edilir.

$$y' = \text{MAX}(\mu_A(x)) \quad (2.16)$$



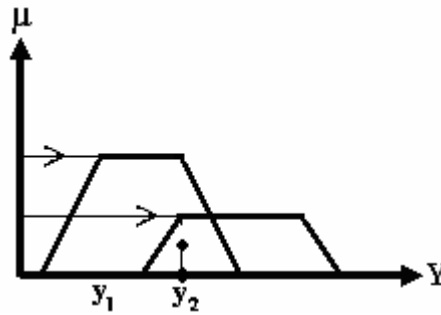
Şekil 2.9 Maksimum Metodu

Ağırlık Merkezi Metodu (Centroid)

Sonuca ait çıkış keskin değeri, işlenen kuralların oluşturduğu, çıkışa ait elde edilen sonuç bulanık kümelerin karşılama değerlerinin altlarındaki alanların toplamının teşkil ettiği alanın ağırlık merkezinin yatay eksen değeri olarak ele alınır. Bu yöntem en çok kullanılan durulaştırma yöntemlerinden birisidir [15,60-64]. Ağırlık merkezi metodu Şekil 2.10'da gösterilmiş olup, Eşitlik 2.17'deki şekilde ifade edilir.

$$y' = \frac{\int y * \mu_{(y)} * dy}{\int \mu_{(y)} * dy} \quad (2.17)$$

Teknik olarak bu hesaplama temel ayırık destek noktalarında yi nümerik integrali ile gerçekleştirilir. Sonucun daha hassas olması hesap süresini arttırır. Ağırlık merkezi metodunun gösterimi Şekil 2.10 ile ifade edilir.



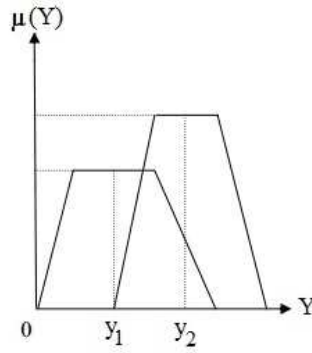
Şekil 2.10 Ağırlık Merkezi Metodu

Maksimum metoduna karşılık ağırlık merkezi metodunda işlenen kurallar ile elde edilen bütün çıkış bulanık kümeler hesaplama katılır. Dolayısıyla aktif olan pek çok kural karşılama dereceleriyle ortalamaya girer [15,60-64].

Ağırlıklı Ortalama Metodu

Bu metodun kullanılabilmesi için simetrik üyelik fonksiyonunun bulunması gereklidir. Ağırlıklı ortalama metodu Şekil 2.11’de gösterilmiş olup, Eşitlik 2.18’deki gibi ifade edilir.

$$y' = \frac{\sum \mu_y(\bar{Y}) * \bar{Y}}{\sum \mu_y(\bar{Y})} \quad (2.18)$$



Şekil 2.11 Ağırlıklı Ortalama Metodu

2.3. Yapay Sinir Ağları

Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Bu yetenekleri geleneksel programlama yöntemleri ile gerçekleştirmek oldukça zor veya mümkün değildir. O nedenle, yapay sinir ağlarının, programlanması çok zor veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş adaptif bilgi işleme ili ilgilenen bilim dalı olduğu söylenebilir [16,65-68].

Yapay sinir ağları, insanlar tarafından gerçekleştirilmiş örnekleri (gerçek beyin fonksiyonlarının ürünü olan örnekleri) kullanarak olayları öğrenebilen, çevreden gelen olaylara karşı nasıl tepkiler reteleceğini belirleyen bilgisayar sistemleridir. İnsan beyninin fonksiyonel özelliklerine benzer şekilde,

- ğrenme
- İlişkilendirme
- Sınıflandırma
- Genelleme
- Özellik belirleme
- Optimizasyon

gibi konular da başarılı bir şekilde uygulanmaktadır.

Yapay sinir ağları, günümüzde birçok probleme çözüm üretebilecek yeteneğe sahiptir. Değişik şekillerde tanımlanmaktadır. Tanımların ortak birkaç noktası vardır. Bunların en başında yapay sinir ağlarının birbirine hiyerarşik olarak bağlı ve paralel olarak çalışabilen yapay hücrelerden oluşmaları gerekmektedir. Proses elemanları denen bu hücrelerin birbirine bağlandıkları ve her bağlantının bir diğerinin olduğu kabul edilmektedir. Bilginin ğrenme yolu ile elde edildiği ve işlem elemanlarının bağlantı değerlerinde saklandığı dolayısıyla dağıtık bir hafızanın olduğu da ortak noktaları oluşturmaktadır [16,65-68].

2.3.1. Yapay Sinir Ağlarının Genel zellikleri

Yapay sinir ağlarının karakteristik özellikleri uygulanan ağ modeline göre değişmektedir. Burada bütün modeller için geçerli olan genel karakteristik özellikler aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- Yapay sinir ağları makine öğrenmesi gerçekleştirirler.
- Programları alışma stili bilinen programlama yöntemlerine benzememektedir.
- Bilginin saklanması sağlanmaktadır.
- Yapay sinir ağları örnekleri kullanarak öğrenirler.

- Yapay sinir ağlarının güvenle çalıştırılabilmesi için önce eğitilmeleri ve performanslarının test edilmesi gerekir.
- Görülmemiş örnekler hakkında bilgi üretilerler.
- Algılamaya yönelik olaylarda kullanılabilirler.
- Şekil (örüntü) ilişkilendirme ve sınıflandırma yapabilirler.
- Örüntü tamamlama gerçekleştirebilirler.
- Kendi kendini organize etme ve öğrenebilme yetenekleri vardır.
- Eksik bilgi ile çalışabilmektedirler.
- Hata toleransına sahiptirler.
- Belirsiz, tam olmayan bilgileri işleyebilirler.
- Dereceli bozulma gösterirler.
- Dağıtk belleğe sahiptirler.
- Sadece nümerik bilgiler ile çalışabilmektedirler.

Yukarıda belirtilen özelliklere ek olarak geliştirilmiş olan her modelin kendisine özgü özellikleri olabilmektedir [16,65-68].

2.3.2. Yapay Sinir Ağlarının Önemli Dezavantajları

Yapay sinir ağlarının yukarıda belirtilen avantajlarının yanı sıra bazı dezavantajları da vardır. Bunları şöyle sıralayabiliriz.

- Yapay sinir ağlarının donanım bağımlı çalışmaları önemli bir sorun olarak görülebilir. Ağların temel var oluş nedenlerinden birisi de paralel işlemciler üzerinde çalışabilmeleridir.
- Probleme uygun ağ yapısının belirlenmesi genellikle deneme yolu ile yapılmaktadır. Bu önemli bir problemdir. Çünkü eğer problem için uygun bir ağ oluşturulamaz ise çözümü olan bir problemin çözülememesi veya düşük çözümlerin elde edilmesi söz konusu olabilir.
- Bazı ağlarda ağın parametre değerinin (öğrenme katsayısı vb.), her katmanda olması gereken işlem elemanı (yapay hücrelerin) sayısı, katman sayısı vb. belirlenmesinde bir kural olmaması da bir problem oluşturur.
- Ağın öğreneceği problemin ağa gösterimi de çok önemli bir problemdir.

- Ağın eğitiminin ne zaman bitirileceğine dair karar vermek için de geliştirilmiş bir yöntem yoktur.

Bir diğer sorun ise, belki de yukarıdakilerin en önemlisi daha önce açıklandığı gibi ağın davranışlarının aıklanamamasıdır [16,65-68].

2.3.3. Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları

Yapay sinir ağlarının günümüzde birçok kullanım alanı mevcut olup bunları şu şekilde sıralayabiliriz:

- Veri madenciliği
- Optik karakter tanıma ve çok okuma
- Bankalardan kredi isteyen müracaatları değerlendirme
- Ürünün pazardaki performansını tahmin etme
- Kredi kartı hilelerini saptama
- Zeki araçlar ve robotlar için optimum rota belirleme
- Güvenlik sistemlerinde konuşma ve parmak izi tanıma
- Kalite kontrolü
- Radar ve sonar sinyalleri sınıflandırma
- Beyin modellemesi alışmaları
- Kanserin saptanması ve kalp krizlerinin tedavisi
- Üretim planlama ve izelgeleme
- Mekanik parçaların ömürlerinin ve kırılmaların tahmini
- Hasta verilerinin sınıflandırılmasında

Bunların oğaltılması mümkündür. Bu sistemi hemen her alanda görmek mümkündür. Çünkü bu sistem doğrusal olmayan modellemeler gerektirmektedir.

2.3.4. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı ve Temel Elemanları

Yapay sinir ağları biyolojik sinir sistemlerinden esinlenerek geliştirilmiştir.

Yapay Sinir Hücresi

Biyolojik sinir ağlarının sinir hücreleri olduğu gibi yapay sinir ağlarının da yapay sinir hücreleri vardır. Yapay sinir hücreleri mühendislik biliminde işlem elemanları olarak ta adlandırılmaktadır. Bir yapay sinir hücresi, girdiler, ağırlıklar, toplam fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktı olmak üzere beş ana kısımdan oluşur [16,65-68].

Girdiler

Bir yapay sinir hücresine dış dünyadan gelen bilgilerdir. Bunlar ağı öğrenmesi istenen örnekler tarafından belirlenir.

Ağırlıklar

Ağırlıklar bir yapay hücreye gelen bilginin önemini ve hücre üzerindeki etkisini gösterir.

Toplama Fonksiyonu

Bu fonksiyon, bir hücreye gelen net girdiyi hesaplar. Bunun için değişik fonksiyonlar kullanılır. En yaygın olanı ağırlıklı toplamı bulmaktır. Burada her gelen girdi değeri kendi ağırlığı ile çarpılarak toplanır. Böylece ağı gelen net girdi bulunmuş olur. Eşitlik 2.19'daki gibi ifade edilir.

$$net = \sum_{i=1}^n G_i A_i \quad (2.19)$$

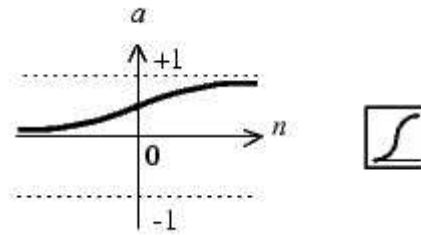
Burada G girdileri, A ise ağırlıkları, n ise bir hücreye gelen toplam girdi sayısını gösterir. Yapay sinir ağlarında daima bu formülün kullanılması şart değildir.

Aktivasyon Fonksiyonu

Bu fonksiyon, hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirler. Toplama fonksiyonunda olduğu gibi aktivasyon fonksiyonu olarak da çıktıyı hesaplamak için de değişik formüller kullanılır. Günümüzde en yaygın olarak kullanılan çok katmanlı algılayıcı modelinde genel olarak aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanılır. Sigmoid fonksiyonu eşitlik 2.20'deki gibi ifade edilir.

$$f(\text{net}) = \frac{1}{1 + e^{-net}} \quad (2.20)$$

Burada net, işlem elemanına gelen toplam fonksiyonunu kullanarak belirlenen net girdi değerini göstermektedir. Sigmoid fonksiyonu Şekil 3.11'de gösterilmiştir. Aktivasyon fonksiyonu olarak kullanılan diğer fonksiyonlar Çizelge 2.5'te verilmiştir [16,65-68].



Şekil 2.12 Log-Sig Aktivasyon Fonksiyonu

Hücrenin Çıktısı

Aktivasyon fonksiyonu tarafından belirlenen çıktı değeridir. Üretilen çıktı dış dünyaya veya başka bir hücreye gönderilir. Hücre kendi çıktısını kendine girdi olarak da gönderebilir [16,65-68].

2.3.5. Yapay Sinir Ağının Yapısı

Yapay sinir hücreleri bir araya gelerek yapay sinir ağlarını oluştururlar. Sinir hücrelerinin bir araya gelmesi rasgele olmaz. Genel olarak hücreler üç katman halinde ve her katman içinde paralel olarak bir araya gelip ağı oluştururlar.

Girdi Katmanı

Bu katmandaki işlem elemanları dış dünyadan bilgileri alarak ara katmanlara transfer etmekle sorumludurlar.

Ara Katmanlar

Girdi katmanından gelen bilgiler işlenerek çıktı katmanına gönderilirler. Bu bilgilerin işlenmesi ara katmanlarda gerçekleşir.

Çıktı Katmanı

Bu katmandaki işlem elemanları ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağı girdi katmanından sunulan girdi seti için üretmesi gereken çıktıyı üretir.

Bu üç katmanın her birinde bulunan işlem elemanları arası ilişkileri şematik olarak Şekil 2.13'te görülmektedir. Şekilde x_1, x_2, \dots, x_n girdi katmanı elemanlarını, $y_1,$

y_2, \dots, y_m çıktı katmanı elemanlarını, h_1, \dots, h_p değerleri de gizli katman elemanlarını gösterir. Ayrıca katmanlar arası çizgiler de ağırlık bağlantılarını göstermektedir [16, 65-68].

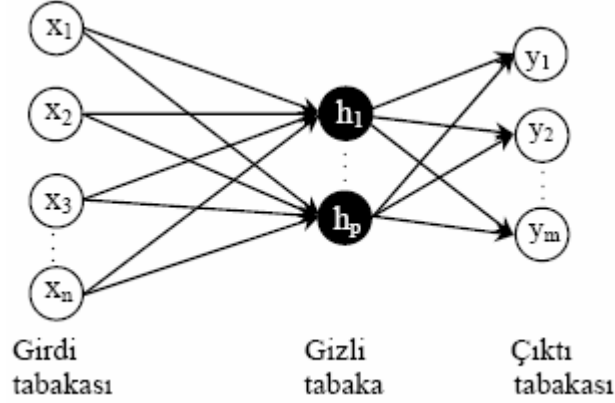
Çizelge 2.4 Aktivasyon Fonksiyonları

Aktivasyon Fonksiyonu	Açıklama
Lineer fonksiyon $f(net) = net$	Gelen girdiler olduğu gibi hücrenin çıktısı olarak kabul edilir.
Step fonksiyonu, $f(x) = \begin{cases} 1 & net > \theta \\ 0 & net \leq 0 \end{cases}$	Gelen net girdi değerlerinin belirlenen bir eşik değerinin (θ) altında veya üstünde olmasına göre hücrenin çıktısı 1 veya 0 değerini alır.
Sinüs fonksiyonu $f(net) = \sin(net)$	Öğrenilmesi düşünülen olayların sinüs fonksiyonuna uygun dağılım gösterdiği durumlarda kullanılır.
Eşik değer fonksiyonu $f(net) = \begin{cases} 0 & net \leq 0 \\ net & 0 < net < 1 \\ 1 & net \geq 1 \end{cases}$	Gelen bilgileri 0 veya 1'den büyük veya küçük olmasına göre bir değer alır. 0 veya 1 arasında değerler alabilir.
Hiperbolik tanjant fonksiyonu $f(net) = \frac{e^{net} + e^{-net}}{e^{net} - e^{-net}}$	Gelen net girdi değerlerinin tanjant fonksiyonundan geçirilmesi ile hesaplanır.

2.3.6. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme, Adaptif Öğrenme ve Test Etme

Yapay sinir ağlarında sinir hücrelerinin bağlantılarının ağırlık değerlerinin belirlenmesi işlemine ağırlık eğitilmesi denir. Başlangıçta bu ağırlık değerleri rasgele olarak atanmaktadır. Ağa gösterilen örnekler için doğru çıktıları üretecek ağırlık değerleri bulununcaya kadar bu ağırlık değerleri değiştirilir. Ağırlık doğru ağırlık değerlerine ulaşması örneklerin temsil ettiği olay hakkında genellemeler yapabileceği

yeteneğine kavuşması demektir. Bu genelleştirme özelliğine kavuşması işlemine ağıın öğrenmesi denir. Ağırlıkların değişmesi belirli kurallara göre yürütölmektedir. Bu kurallara öğrenme kuralları denir.



Şekil 2.13 YSA'nın Genel Yapısı

Yapay sinir ağlarında öğrenme olayının iki aşaması vardır. Birinci aşamada ağa gösterilen örnek için ağın üreteceği çıktı belirlenir. Bu çıktı değerinin doğruluk derecesine göre ikinci aşamada ağın bağlantılarının sahip olduğu ağırlıklar değiştirilir. Ağın çıktısının belirlenmesi ve ağırlıkların değiştirilmesi öğrenme kuralına bağlı olarak farklı şekillerde olmaktadır.

Ağın eğitimi tamamlandıktan sonra öğrenip öğrenmediğini ölçmek için yapılan denemelere ise ağın test edilmesi denmektedir. Test etmek için ağın öğrenme sırasında görmediği örnekler kullanılır. Test etme sırasında ağın ağırlık değerleri değiştirilmez. Test örnekleri ağa gösterilir. Ağ eğitim sırasında belirlenen bağlantı ağırlıklarını kullanarak görmediği bu örnekler için çıktılar üretir. Elde edilen çıktılarının doğruluk değerleri ağın öğrenmesi hakkında bilgiler verir. Sonuçlar ne kadar iyi olursa eğitimin performansı da o kadar iyi demektir. Eğitimde kullanılan örnek setine eğitim seti, test için kullanılan sete ise test seti denir. Yapay sinir ağlarının bu şekilde bilinen örneklerden belirli bilgileri çıkartarak bilinmeyen

örnekler hakkında genelleme yapabilme yeteneğine adaptif öğrenme denir [16,65-68].

2.3.7. Yapay Sinir Ağları Öğrenme Stratejileri

Yapay sinir ağlarında değişik öğrenme stratejileri kullanılmaktadır. Öğrenmeyi gerçekleştirecek olan sistem ve kullanılan öğrenme algoritması bu stratejilere bağlı olarak değişmektedir. Genel olarak dört öğrenme stratejisi uygulanmaktadır.

Öğretmenli Öğrenme

Bu tür stratejide öğrenen sistemin olayı öğrenebilmesine bir eğitici yardımcı olmaktadır. Eğitici sisteme öğrenilmesi istenen olay ile ilgili örnekleri Girdi/Çıktı seti olarak verir. Yani, her örnek için hem girdiler hem de girdiler karşılığında oluşturulması gereken çıktılar sisteme gösterilirler. Sistemin görevi girdileri eğiticinin belirlediği çıktılara haritalamaktır. Bu sayede olayın girdileri ile çıktıları arasındaki ilişkiler öğrenilmektedir. Çok katmalı algılayıcı bu stratejiyi kullanan ağlara örnek olarak verilebilir [16,65-68].

Destekleyici Öğrenme

Bu tür stratejide de öğrenen sisteme bir öğretmen yardımcı olur. Fakat öğretmen her girdi seti için olması gereken çıktı setini sisteme göstermek yerine sistemin kendisine gösterilen girdilere karşılık çıktısını üretmesini bekler ve üretilen çıktının doğru veya yanlış olduğunu gösteren bir sinyal üretir. Sistem öğretmenden gelen sinyale göre öğrenmesine devam eder. LVQ ağı bu tür öğrenmeyi kullanan YSA modeline örnek olarak verilebilir [16,65-68].

Öğretmensiz Öğrenme

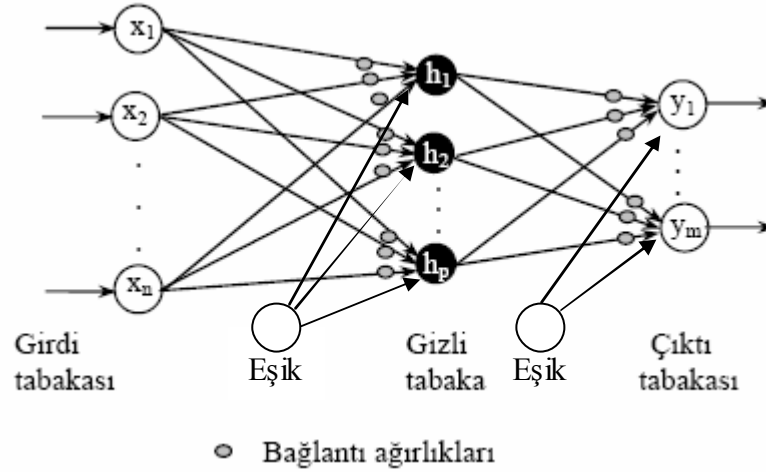
Bu tür stratejide sistemin öğrenmesine yardımcı olan herhangi bir eğitici yoktur. Sisteme sadece girdi değerleri gösterilir. Örneklerdeki parametreler arasındaki ilişkileri sistemin kendi kendisine öğrenmesi beklenir. Bu, daha çok sınıflandırma problemleri için kullanılan bir stratejidir. Yalnız sistemin öğrenmesi bittikten sonra çıktıların ne anlama geldiğini gösteren etiketlenmenin kullanıcı tarafından yapılması gerekmektedir. ART ağları bu stratejiyi kullanan sistemlere örnek olarak verilebilir [16,65-68].

Karma Stratejiler

Yukarıdaki üç stratejiden birkaçını birlikte kullanarak öğrenme gerçekleştiren ağlarda vardır. Burada kısmen eğitici, kısmen ise eğitici olarak öğrenme yapan ağlar kastedilmektedir. Radyal tabanlı yapay sinir ağları ve olasılık tabanlı ağlar buna örnek olarak verilebilir. [16,65-68].

2.3.8. Çok Katmanlı Algılayıcı Sinir Ağları

Çok katmanlı bir algılayıcı ağı girdi katmanı, hesaplama yapan sinir hücreleri olan bir veya daha fazla gizli katman ve çıktı katmanından oluşur. Şekil 2.14'ten görüldüğü üzere iki komşu katman arasında ileriye doğru ağırlıklı bağlantılar vardır. Yapay sinir ağlarında tek katmanlı algılayıcı modelinin çözüm üretilmediği doğrusal olmayan ilişkiler söz konusu olduğunda çok katmanlı algılayıcılara ihtiyaç vardır. Çok katmanlı algılayıcı ağlarının eğitilmesi çok zor olabileceği gibi bazı durumlarda eğitim çok başarılı olabilir. Tek katmanlı ağlarda çözümü zor veya mümkün olmayan problemler çok katmanlı ağlarda kolaylıkla çözülebilmektedir [16,65-68].



Şekil 2.14 ÇKA Sinir Ağları Genel Yapısı

Çok katmanlı algılayıcı ağları eğitici öğrenme stratejisine göre çalışır. Çok katmanlı algılayıcı ağının öğrenme kuralı en küçük kareler yöntemine dayalı Delta Öğrenme Kuralının geliştirilmiş halidir. Bu yüzden öğrenme kuralına Genelleştirilmiş Delta Kuralı da denilmektedir. Ağın öğrenebilmesi için eğitim seti adı verilen ve örneklerden oluşan bir sete ihtiyaç vardır. Bu eğitim seti içinde her örnek için ağın hem girdiler hem de o girdiler için üretmesi gereken çıktılar belirlenmiştir. Genelleştirilmiş delta kuralı iki safhadan oluşur [16,65-68].

İleri Doğru Hesaplama

Girdilerin ağa gösterilmesi ile başlar. Girdi katmanındaki k. proses elemanının çıktısı Eşitlik 2.21'deki gibi hesaplanır.

$$C_k^i = G_k \quad (2.21)$$

Ara katmandaki proses elemanlarına gelen net girdi Eşitlik 2.22'deki gibi hesaplanır.

$$Net_j^a = \sum_{k=1}^n A_{kj} C_k^i \quad (2.22)$$

Burada A_{kj} k. girdi katmanı elemanın j. ara elemanına bağlı bağlayan bağlantının ağırlık değerlerini göstermektedir. j. ara katman elemanının çıktısı ise bu net girdinin aktivasyon fonksiyonundan geçirilmesiyle hesaplanır. Herhangi bir aktivasyon fonksiyonu kullanılabilir, önemli olan türevi alınabilir fonksiyon olmasıdır. Genellikle Eşitlik 2.23'teki gibi sigmoid fonksiyonu kullanılır.

$$C_j^a = \frac{1}{1 + e^{-(NET_j^a + B_j^a)}} \quad (2.23)$$

Burada B_j , ara katmanda bulunan j. elemana bağlanan eşik değer elemanının ağırlığını göstermektedir. Eşik ünitesinin çıktısı sabit olup, değeri 1'dir.

Ara katmanın tüm proses elemanları ve çıktı katmanının tüm proses elemanlarının çıktıları aynı şekilde kendilerine gelen NET girdinin hesaplanması ve sigmoid fonksiyonundan geçirilmesi sonucunda belirlenir. Çıktı katmanından çıkan değerler bulununca ileri hesaplama işlemi tamamlanmış olur [16, 65-68].

Geriye Doğru Hesaplama

Ağın ürettiği çıktı ile beklenen çıktı arasındaki fark hata olarak adlandırılır. Geriye doğru hesaplamadaki amaç bu hatanın proses elemanlarına dağıtılarak bir sonraki iterasyonda hatanın azaltılmasını sağlamaktır. Çıktı katmanındaki m. proses elemanı için oluşan hata değeri (E_m) Eşitlik 2.24'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$E_m = B_m - C_m \quad (2.24)$$

E_m tek bir proses elemanının hatasıdır. Toplam hata (TH) ise bazı hata değerlerinin negatif çıkabileceğinden dolayı Eşitlik 2.25'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$TH = \frac{1}{2} \sum_m E_m^2 \quad (2.25)$$

Toplam hatayı azaltmak demek toplam hatayı proses elemanlarına yaymak demektir yani proses elemanlarının ağırlıklarını değiştirmektir. Bu ise çıkış katmanı ile ara katman arasındaki ağırlıkların değiştirilmesi ve ara katman ile giriş katmanı arasındaki ağırlıkların değiştirilmesi olarak ele alınmaktadır [16, 65-68].

Çıktı Katmanı İle Ara Katmanı Arasındaki Ağırlıkların Değiştirilmesi

Ara katmandaki j. proses elemanını çıktı katmanındaki m. proses elemanına bağlayan bağlantının ağırlığının değişim miktarına ΔA^a diyelim, t. iterasyondaki ağırlığın değişim miktarı Eşitlik 2.26'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$\Delta A_{jm}^a(t) = \lambda \delta_m C_j^a + a \Delta A_{jm}^a(t-1) \quad (2.26)$$

Burada λ öğrenme katsayısını, a momentum katsayısını göstermektedir. Öğrenme katsayısı ağırlıkların değişim miktarını, momentum katsayısı ise ÇKA sinir ağının öğrenmesinin yerel minimuma takılmasını engellemek için ağırlık değişim değerinin belirli oranda bir sonraki değişime eklenmesini sağlar. δ_m ise m. çıktı ünitesinin hatasını göstermektedir. Eşitlik 2.27'deki gibi hesaplanır.

$$\delta_m = f'(NET) * E_m \quad (2.27)$$

Buradaki $f'(NET)$ aktivasyon fonksiyonun türevidir. Sigmoid fonksiyonunun kullanılması durumunda Eşitlik 2.28'deki gibi hesaplanır.

$$\delta_m = C_m(1-C_m) * E_m \quad (2.28)$$

Değişim miktarları hesaplandıktan sonra ağırlıkların t. iterasyondaki yeni değerleri Eşitlik 2.29'daki gibi olacaktır.

$$A_{jm}^a(t) = A_{jm}^a(t-1) + \Delta A_{jm}^a(t) \quad (2.29)$$

Çıktı katmanındaki eşik değer ağırlıkları B^c ile gösterilirse çıktısının sabit 1 değeri olduğundan değişim miktarı Eşitlik 2.30'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$\Delta B_m^c(t) = \lambda \delta_m + a \Delta B_m^c(t-1) \quad (2.30)$$

Eşik değerinin t. iterasyondaki ağırlığının yeni değeri ise Eşitlik 2.31'deki gibi hesaplanmaktadır [16, 65-68].

$$B_m^c(t) = B_m^c(t-1) + \Delta B_m^c(t) \quad (2.31)$$

Ara Katmanlar Arası Veya Ara Katman İle Giriş Katmanı Arasındaki Ağırlıkların Değiştirilmesi

Ara katman ile girdi katmanı arasındaki ağırlıkların değişimini ΔA^i ile gösterecek olursak değişim miktarı Eşitlik 2.32'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\Delta A_{kj}^i(t) = \lambda \delta_j^a \zeta_k^i + a \Delta A_{kj}^i(t-1) \quad (2.32)$$

Buradaki hata terimi δ^a ise Eşitlik 2.33'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$\delta_j^a = f'(NET) \sum_m \delta_m A_{jm}^a \quad (2.33)$$

Aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanıldığında hata değeri Eşitlik 2.34'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$\delta_j^a = \zeta_j^a (1 - \zeta_j^a) \sum_m \delta_m A_{jm}^a \quad (2.34)$$

Ağırlıkların yeni değerleri ise Eşitlik 2.35'teki gibi hesaplanmaktadır.

$$A_{kj}^i(t) = A_{kj}^i(t-1) + \Delta A_{kj}^i(t) \quad (2.35)$$

Ara katman eşik değerinin ağırlıkları B^a ile gösterecek olursak değişim miktarları Eşitlik 2.36'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$\Delta B_j^a(t) = \lambda \delta_j^a + a \Delta B_j^a(t-1) \quad (2.36)$$

Ağırlıkların t . iterasyonda yeni değerleri ise Eşitlik 2.37'deki gibi hesaplanmaktadır.

$$B_j^a(t) = B_j^a(t-1) + \Delta B_j^a(t) \quad (2.37)$$

Böylece ağırlıkların hepsi değiştirilmiş olacaktır. Bir iterasyon hem ileriye hem de geriye hesaplanarak tamamlanmış olacaktır. İkinci örnek girdi seti verilir ve sonraki iterasyon başlar, aynı işlemler öğrenme tamamlanıncaya kadar devam ettirilir [16,65-68].

Levenberg-Marquardt Öğrenme Algoritması

Levenberg-Marquardt yöntemi, maksimum komşuluk fikri üzerine kurulmuş en az kareler hesaplama metodudur. Levenberg-Marquardt'de amaç parametre vektörünün, amaç hata fonksiyonunun minimumdayken bulunmasıdır. Levenberg-Marquardt algoritması, Hessian matrisinin yaklaşık değerini kullanır. Levenberg-Marquardt algoritması için Hessian matrisinin değeri yaklaşık şekilde Eşitlik 2.38 ile bulunur.

$$H(t) = J^T(t)J(t) + \mu I \quad (2.38)$$

Eşitlikteki μ Marquardt parametresi, I birim matristir. Burada J matrisi, Jakobien matrisi olarak adlandırılır ve ağ hatalarının ağırlıklara göre birinci türevlerinden oluşur.

$$J(t) = \frac{\partial E(t)}{\partial w(t-1)} \quad (2.40)$$

Eşitlik 2.40'daki E, ağ hataları vektörüdür. Jakobien matrisi, hesaplamada Hessian matrisinden daha kolay olduğu için tercih edilir. Ağın gradyeni, Eşitlik 2.41 ile hesaplanır. Ağırlıklar ise Eşitlik 2.42 eşitliğine göre değiştirilir.

$$g(t) = J^T(t)E(t) \quad (2.41)$$

$$w(t+1) = w(t) - [H(t)]^{-1} g(t) \quad (2.42)$$

2.4. Genetik Çok Katmanlı Algılayıcı Sinir Ağları

Çok katmanlı bir YSA oluşturulurken bir takım problemlerle karşılaşılmaktadır. Bu problemler:

- YSA'nın yapısı, YSA'da kullanılacak katman sayısı ve katmanlarda kullanılacak nöron sayısı belirlemenin belirli bir standardı olmayıp kullanıcının tecrübesine göre belirlenmektedir.
- Eğitimde kullanılan geri yayılım algoritması hem yavaştır hem de yerel minimuma takılarak ağın öğrenmesini engelleyebilmektedir.
- Kullanılan nöron sayısı belirlendikten sonra artık değiştirilemez [16,69].

YSA'nın yukarıda sayılan dezavantajlarını giderebilmek için özellikle Genetik Algoritmanın sunduğu araştırma metodu kullanılarak eğitim sırasında ağın yerel minimuma takılması engellenebilmektedir. Ayrıca YSA'nın girdileri, YSA'nın yapısını belirlemede de Genetik Algoritma (GA) etkin bir şekilde kullanılabilir [17,60].

2.4.1. Genetik Algoritma

Genetik algoritmaların temeli doğal seleksiyon ve genetik bilimine dayanmaktadır. Bu algoritmalarda, belirlenen bir problemin potansiyel çözümleri, ikili (binary) ya da ikili olmayan sistemlere dayalı veri yapısında basit diziler olarak şifrelenmekte ve kritik bilgileri saklamak için bu dizilere bir takım işlemler uygulanmaktadır. Genetik algoritma yöntemi, evrim teorisi esaslarına göre çalışarak verilen bir sorun için en iyi çözüm veya çözümleri arayarak bulmaya yaramaktadır. Bu esaslar ortama en fazla uyum sağlayan canlıların hayata devam etmesi ve uyum sağlayamayanların da elenmesi olarak algılanmalıdır. Genetik algoritmalar bu iki kuralı bir arada kullanarak en iyiyi aramayı hedef edinen bir en iyileme yöntemidir [17,70-72].

Genetik algoritma John Holland ve öğrencileri tarafından geliştirilmiştir. Bu algoritmanın gelişmesinde öne çıkan iki adet hedef bulunmaktadır. Bunlardan ilki doğal sistemlerin uyarlanabilirliklerini teorik ve kesin olarak ortaya koymak, ikincisi ise doğal sistemlerin mekanizmasının önemli özelliklerini kullanan bir yapay sistem yazılımı geliştirmektir. Bu iki yaklaşım doğal ve yapay sistemlerin ortaya çıkmasına öncülük yapmıştır [17,70-72].

Genetik algoritmaların karmaşık uzaylarda iyi sonuçlar elde edebildiği teorik ve görsel olarak kanıtlanmıştır. Bu konuda ilk eseri John Holland vermiştir. Başlangıçta pratik bir yararı olmadığı düşünülen genetik algoritmalara olan ilgi, Holland'ın öğrencisi olan Goldberg'in yaptığı doktora teziyle National Science Foundation tarafından verilen genç araştırmacı ödülünü alması ve dört yıl sonrada klasik eserini yayınlamasıyla çoğalmıştır. Genetik algoritmanın hızlı bir şekilde yaygınlaşmasının nedeni hesaplama olarak basit ve en iyiyi arama mekanizması konusunda güçlü bir yapıya sahip olmasıdır. Arama uzayı sadece amaç fonksiyonunu etkileyen kısıtlarla sınırlıdır. Bunların yanı sıra ticaret, bilim ve mühendislikte yaygın kullanım alanları bulunmaktadır. Genetik algoritma, evrim teorisinden geliştiğine göre canlı kalıtımıyla ilgili yanları oldukça fazladır. Şifrelenmiş sayı dizilerini DNA'lara benzetirsek, nasıl ki canlılar arasında iki bireyden bir araya gelen farklı DNA özellikleri yeni bir birey oluşturuyorsa genetik algoritmada da bu böyledir. Ancak genetik algoritmada tek bir birey yerine, bu aileden oluşan bir çift yeni birey

bulunmaktadır. Yeni bireyler, aile fertlerinin özelliklerinin çaprazlanması ile oluşurlar. Daha sonra kendini geliştiren bu bireyler, bazı özellikleri değişerek, bir sonraki nesil için yeni aile bireyelerine dönüşürler. Tıpkı gerçek hayattaki gibi sağlıklı bireyelerin yaşama olasılıkları daha yüksek olmaktadır. Genetik algoritmalarda bireyelerin yaşayabilirliğini sınavabilmek için bir uygunluk (fitness) değeri kullanılmaktadır. Sağlıklı bireyeler uzun süreler yaşayabilirken, sağlıksız bireyeler kendi neslinden bireyelerlerle birleşerek yine sağlıklı bireyeler oluşturabilmektedirler.

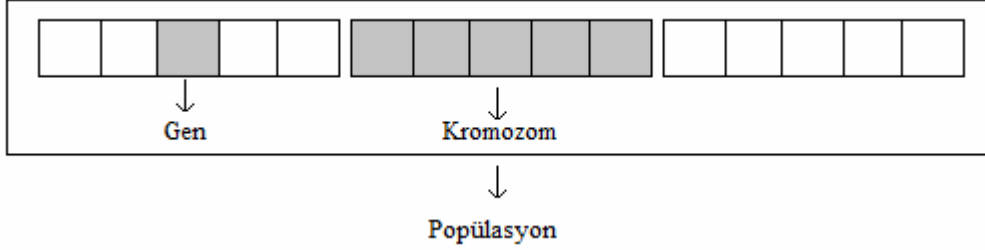
Bireyeler arasında geçen bu alışveriş sonucunda sürekli daha güçlü ve sağlıklı bireyelerle doğru bir ilerleme olmaktadır. Kötü bireyeler yerlerini daha iyi bireyelerle bırakmaktadır ve yok olmaktadır. Bu da en iyileme açısından sonuca daha hızlı bir şekilde yaklaşmak demektir [17,70-72].

Temsil Mekanizması

Genetik algoritmalar çözüme ulaşmak için problemlerin olası çözümlerinin gösterimlerini kullanırlar. Bu nedenle, herhangi bir (optimizasyon) problemin genetik algoritmalar ile çözülebilmesi için, öncelikle, aday çözümlerin uygun şekilde kodlanması gerekmektedir. Kodlanmış aday çözümler, sınırlı bir değer kümesinden veya alfabeden değer alabilen gen dizilerinden oluşmaktadır. Aday çözümleri temsil eden bu gen dizileri kromozomları oluşturmaktadır. Bu durumda, genler aday çözümlerin özelliklerini, genlerden oluşan her bir kromozom da problemin aday bir çözümünü (birey) göstermektedir.

Tüm problemler için uygun tek bir gösterim şekli yoktur. Çoğu zaman aday çözümler, Holland tarafından ilk olarak kullanıldığı gibi, çözümün her bir elemanının 1 veya 0 değeri alabildiği ikili değerlerin kullanıldığı sabit uzunluklu diziler olarak kodlanır. Ancak, kullanılan gösterim için uygun genetik işlemler tanımlandığı sürece çözüm adaylarının gösterimi için bir çözümün sınırlı bir dizi olarak kodlanmasına imkân veren herhangi bir gösterim de kullanılabilir. Örneğin, uygulamaya bağlı olarak, bazı problemler için çözüm parametrelerinin daha uygun ifade edilebilmesi nedeniyle tam sayı veya gerçel sayıların kullanılması da mümkündür. Genel olarak

ise, gösterim ve çözümlerin kodlanması için diziler, ağaç yapıları, listeler veya herhangi bir nesne kullanılabilir. Şekil 2.15'te gen, kromozom ve popülasyon basit gösterimi sunulmuştur [17,70-72].



Şekil 2.15 Gen, Kromozom ve Popülasyonun Basit Görünümü

Başlangıç Popülasyonunun Oluşturulması

Genetik algoritmalar, çözüm adımlarına belirlenen gösterim şekline uygun kodlanmış bireylerden oluşan bir başlangıç popülasyonu oluşturarak başlarlar. Başlangıç popülasyonunu oluşturan bireyler (kromozomlar) rasgele veya çözülecek probleme özgü özel bilgiler kullanılarak kodlanırlar. Çözümü aranan problem ile ilgili özel bilgi veya durumlar mevcut ise, bu durum çözüm uzay kümesini sınırlandıracak şekilde başlangıç popülasyonunu oluşturmada kullanılabilir [17,70-72].

Genetik algortmada kullanılacak popülasyon büyüklüğünün belirlenmesi için net kurallar yoktur. Popülasyon büyüklüğü problemin yapısına göre belirlenmelidir. Genetik algoritmanın çalışmasında sonraki adımların daha verimli olabilmesi için, başlangıç popülasyonunun olası çözümlerin önemli bir bölümünü kapsayacak şekilde farklı çözümler barındıracak kadar geniş olması gereklidir. Ancak, popülasyonun büyük olması daha çok çeşitlilik sağlayarak daha sağlam sonuçlar verirken, genetik algoritmanın çalışması için ihtiyaç duyulan kaynak gereksinimini artıracaktır [17,70-72].

Uygunluk Fonksiyonu

Genetik algoritmaların kullanmanın nihai amacı karmaşık bir optimizasyonuna probleminin en iyi veya en iyiye yakın bir çözümü en kısa sürede ve en kolay şekilde bulabilmektir. Bunu gerçekleştirmek için genetik algoritmalar var olan çözüm alternatiflerinin performansını bir uygunluk (amaç) fonksiyonu kullanarak ölçerler ve daha iyi çözüm alternatiflerine ulaşmaya çalışırlar. Uygunluk fonksiyonu (fitness function), çözüm adayları bireylerin kromozomlarını (kodlanmış dizileri) uygunluk değerini gösteren rakamsal bir değere eşleştirir. Hesaplanan uygunluk değeri, bireyin amaç fonksiyonuna göre değerini, dolayısıyla da çözüme yakınlığını göstermektedir [17,70-72].

Genetik Operatörler

Genetik algoritmaların, çözüm uzayında en iyi sonucu veren çözümü arama süreci Seçim, Çaprazlama ve Mutasyon genetik işlem kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu genetik işlemler kullanılarak başlangıçta rasgele oluşturulmuş bir problem çözüm adayları popülasyonu ardışık işlemlerle en iyi veya en iyiye yakın çözümleri içeren popülasyona çevrilmeye çalışılmaktadır. Genetik algoritmanın çalışması sırasında bir sonraki nesil, var olan neslin bu işlemler kullanılarak değiştirilmesi ile elde edilmektedir. Genetik algoritmaların gücü bu işlemlerden gelmektedir [17,70-72].

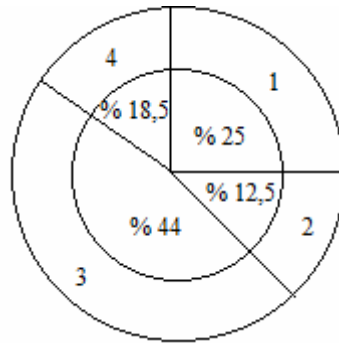
Seçim

Seçim, mevcut popülasyondaki hangi bireylerin genetik işlemlere tabi tutularak yeni nesillerin oluşturulmasında kullanılacağını belirler. Mevcut popülasyon içerisinde seçilen bu bireyler yeni neslin ataları olmaktadır. Seçim sırasında, çözüme daha yakın bireylerin daha yüksek olasılıkla seçilmesi hedeflenir. Ancak, seçim algoritması sadece en iyi bireyleri seçerse, popülasyon kısa bir sürede bu bireye yakınsayacaktır. Bu nedenle, seçim algoritması en iyileri seçmeye yönlendirilmeli,

ancak, en iyi olmayıp da genetik açıdan faydalı olabilecek bilgi taşıyan bireyleri de seçebilmelidir [17,70-72].

Holland tarafından kullanılan rulet tekerleği (rulet-wheel) yöntemi olarak adlandırılan ilk seçim yöntemi adayların olasılık dağılımına göre seçilmesine dayanıyordu. Buna göre herhangi bir adayın seçilme şansı, onun bütün popülasyon içindeki performansına göre rasgele belirlenmektedir. Böylelikle performansı yüksek olan adayların şansı daha yüksek olmaktadır. Şekil 2.16'da Rulet seçme tekerleği gösterilmiştir.

Rulet seçme tekniği küçük popülasyonlarda, rasgele seçim nedeniyle oransal olarak çok sayıda kötü performansa sahip çözüm adayının seçilebilmesine sebep olabilmektedir. Rulet-tekerlek yöntemindeki bu sorunu gidermek üzere birçok alternatif yöntemler önerilmiştir. Bu alternatiflerden en yaygın bilinen ve kullanılanı turnuva seçimi yöntemidir. Turnuva seçiminde mevcut popülasyondan, önce iki veya daha fazla aday seçilir ve seçilen adayların oluşturduğu grup içerisinde de performansı en iyi olan aday seçilir. Bu yöntemin temeli en iyi olan yaşar ilkesine (survival of the fittest) dayanmaktadır. Böylece mevcut popülasyonun en kötü bireyinin bir sonraki neslin atası olması önlenmiş olur [17,70-72].



Şekil 2.16 Rulet Seçme Tekniği

Çaprazlama

Seçim algoritması sonucunda belirlenen, mevcut popülasyon içerisinde göreceli olarak daha iyi performansa sahip olup en iyi çözüme daha yakın olması muhtemel adaylar, çaprazlama işlemi ile birleştirilerek yeni bireyler oluşturulur. Bu şekilde, çözüm uzayının araştırılması süreci rasgele olmayıp, mevcut genetik bilgi doğrultusunda en iyi sonuca götürecektir şekilde yönlendirilmiş olur. Seçim işleminde olduğu gibi çaprazlama işleminde de alternatif yöntemler mevcuttur. En çok kullanılan yöntem tek noktadan çaprazlama (single-point crossover) olsa da, iki noktadan çaprazlama, çok noktadan çaprazlama ve homojen çaprazlama (uniform crossover) yöntemleri de kullanılabilir. Şekil 2.17’de tek noktadan çaprazlama operatörü gösterilmiştir [17,70-72].

İki noktalı çaprazlama işleminde çaprazlama için seçilen iki çözüm adayının karşılıklı değerlerinin (genlerinin) çaprazlama noktası/noktalarına göre değiş tokuşu yapılır. Homojen çaprazlamada ise yeni bireyin genleri rasgele olarak çaprazlamaya katılan bireylerin (anne ve baba) genlerinden gelir. Çaprazlama işlemi sonucunda her iki atanın (anne ve baba) kısmi özelliklerine sahip yeni bir birey (child) elde edilmiş olur. Çaprazlama işlemi her zaman yapılmaz. Çaprazlama önceden belirlenmiş bir olasılık yüzdesine bağlı olarak rasgele (stokastik) olarak yapılır [17,70-72].

Birinci Dizi	1	0	1	0	1	0	1	0
İkinci Dizi	1	0	0	0	1	0	0	1
Çaprazlanan Birinci Dizi	1	0	1	0	1	0	0	1
Çaprazlanan İkinci Dizi	1	0	0	0	1	0	1	0

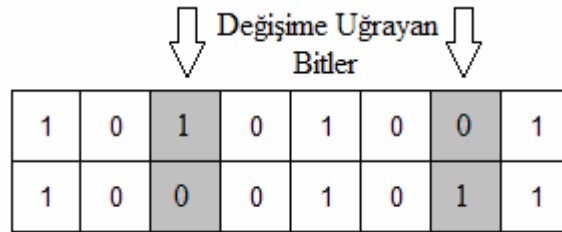
Şekil 2.17 Tek Noktalı Basit Çaprazlama Operasyonu

Mutasyon

Mutasyon işleminde seçilen bir bireyin genetik bilgisi, kullanılan kodlama sistemine uygun şekilde rasgele olarak değiştirilir. Örnek olarak, ikili kodlama sistemi ile kodlanmış bir bireyin 1 olan bir geninin 0'a veya 0 olan bir geninin 1'e dönüştürülmesi verilebilir.

Mutasyon ile var olan popülasyona yeni genetik bilgi eklenmiş olur. Bu popülasyonun çeşitliliğini arttırarak, çaprazlamanın tersine, algoritmanın çalışma sürecini rasgele bir şekilde çözüm uzayının yeni alanlarına yönlendirir. Mutasyon işlemi, genetik algoritmalara yerel alt optimumlarda takılıp kalmama ve yeni ve daha önceden fark edilmemiş çözümlere ulaşabilme özelliği kazandırmaktadır [17,70-72].

Mutasyon, seçim ve çaprazlama ile beraber uygulandığından yalnızca çözüm uzayının verimli bir şekilde araştırılmasını sağlamakla kalmaz, aynı zamanda çözüm aday kümesinin çeşitliliğinin kaybolmaması için güvence sağlamış olur. Mutasyon da çaprazlama gibi önceden belirlenmiş bir olasılık yüzdesine göre rasgele olarak yapılır. Mutasyonlar optimal çözüme ulaşma açısından faydalı da olabilirler faydasız da olabilirler. Bu nedenle, popülasyonun genetik bilgisinin bir anda çok fazla değişmemesi için mutasyon olasılığı düşük tutulur. Şekil 2.18'de Mutasyon operatörü gösterilmiştir [17,70-72].



Şekil 2.18 Mutasyon Operasyonu

Tekrar Üreme Operatörü

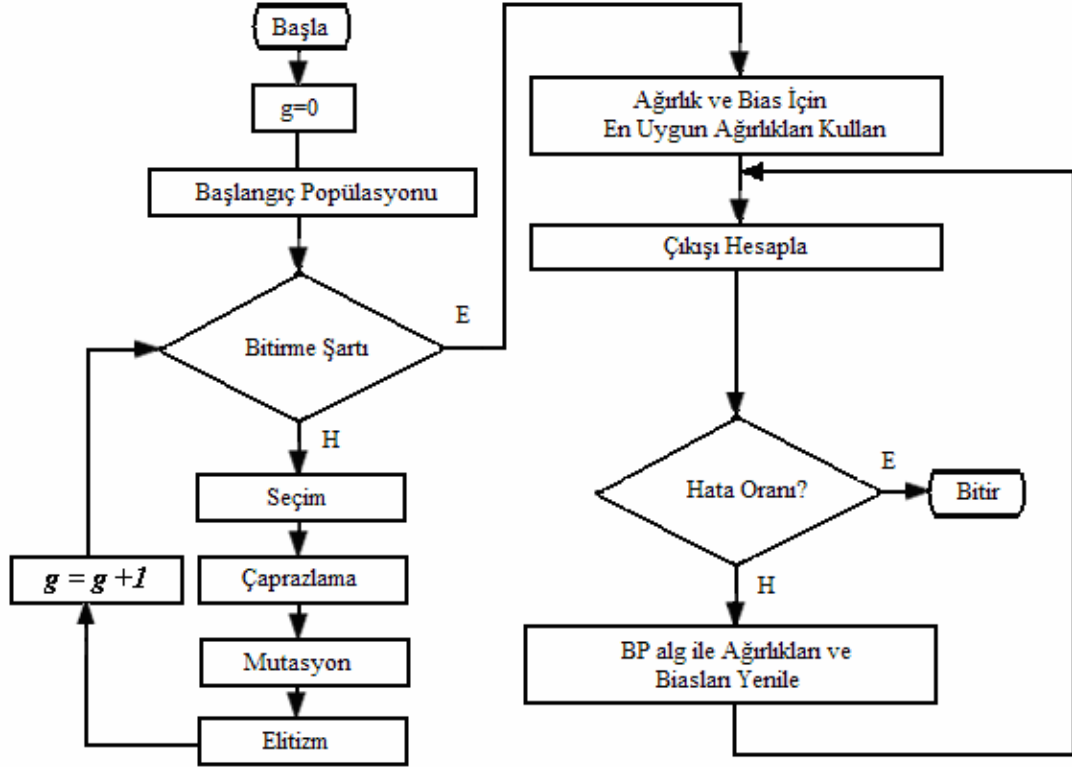
Genetik işlemlerin mevcut nesle uygulanmasıyla oluşturulan yeni bireylerden hangilerinin yeni nesle aktarılacağı, bu yeni bireylerin uygunluk fonksiyonuna göre elde edilen değerleri kullanılarak belirlenirler. Yeni bireyler kullanılarak mevcut nesilden, yeni neslin oluşturulmasında iki temel yaklaşım mevcuttur. Basit (generational) yöntemde, her yeni nesilde, mevcut neslin tamamı, yeni oluşturulan bireylerden en iyi uygunluk değerlerine sahip bireylerle yenilenir. Dengeli (steady state) yöntemde ise yeni bireylerden, iyi uygunluk değerine sahip olanlar, baştaki neslin zayıf bireyleri ile değiştirilerek yeni nesil oluşturulur.

Basit yöntemde, yeni nesil oluşturulurken, mevcut nesildeki yüksek performansa sahip bireylerin çaprazlama ve mutasyon işlemleri sırasında değiştirilerek kaybolması ve yeni neslin performansı daha düşük bireylerden oluşması riski söz konusudur. Bu problemi gidermek için elitizm kullanılabilir.

Elitizm, performansı en iyi bireyle (bireyler) temsil edilen o ana kadarki en iyi çözümün korunarak, değiştirilmeksizin bir sonraki nesle aktarılmasını sağlar. Böylece her yeni nesil, en azından bir önceki nesildeki en iyi bireyi içermiş olur ve olası çözümün performansının sonraki nesillerde azalması mümkün olmaz [17,70-72].

Bir GÇKA sinir ağlarının yapısı Şekil 2.19'da gösterilmiştir. GÇKA sinir ağı YSA ve GA'yı bir arada kullanan hibrit bir yapıdır. YSA'nın sınıflamadaki başarısını kullanmaktadır. YSA'da ağırlıkların değiştirilmesinde geri yayımlı öğrenme algoritmasının yerel minimuma takılma olasılığının olması ve yavaş olmasından dolayı, ağırlıkların değiştirilmesinde GA'nın hızlı araştırma metodunu kullanarak YSA'nın dezavantajını ortadan kaldıran ve böylece daha iyi bir performans sağlayan hibrit sinir ağıdır. Algoritma GA'nın başlangıç popülasyonunu üretmesi ile başlar. GA'da genler her bir ağırlık değeri ile temsil edilirler. Ağırlıklar bir araya gelerek kromozomları oluştururlar. Daha sonra bitirme şartı (popülasyon büyüklüğü) sağlanıncaya kadar her bir kromozoma seçme, çaprazlama, mutasyon ve elitizm işlemleri uygulanarak bir sonraki jenerasyonun üretilmesi sağlanır. Daha sonra

ağırlıklar ve bias için en uygun ağırlıklar kullanılarak çıkış hesaplanır. Eğer çıktı değeri ile beklenen çıktı değeri istenilen hata oranının altında ise algoritma sonlanır. İstenilen hata oranına ulaşılmamış olması durumunda ise Back Propagation (BP) algoritması ile ağırlıklar tekrar değiştirilerek güncelleştirilir ve tekrar çıkış hesaplanır. İstenilen hata oranı elde edilinceye kadar döngü devam eder.



Şekil 2.19 GÇKA Sinir Ağının Yapısı

2.5. KA Teşhisinde Kullanılan Girişler

BM, ÇKA sinir ağları ve GÇKA sinir ağları sistemleri için Yaş, Cinsiyet, Göğüs Ağrısı, Nefes Darlığı, KAH Özgeçmiş, Aile Öyküsü, Sigara, Tansiyon, Şeker, Total Kolesterol, TGL, HDL, LDL, EKG, EKO, Efor Testi ve MPS değerleri girdi olarak belirlenmiş ve açıklanmıştır.

2.5.1. Yaş ve Cinsiyet

Hastaların yaş ve cinsiyet bilgileri kaydedilmiş olup uzman sistemlere girdi olarak hazırlanmıştır. Cinsiyet bilgileri metinsel ifade olduğu için Erkek cinsiyeti için 1, Bayan cinsiyeti için 0 değerleri girilmiştir.

2.5.2. Göğüs Ağrısı

Göğüsteki sıkıntı hissinin niteliği, sıkışma, baskı, yanma, ağırlık, ağrı, daralma, boğulma, gibi tanımlamalarla tarif edilmektedir. Göğüs ağrısının yeri genel olarak aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Göğüs ağrısının süresi de 1 ila 20 dakika arasında değişmektedir. Nadiren 1 dakikadan az, 20 dakikadan çok olabilir. Hastada; karesteristik nitelik ve süredeki göğüs ağrısı, efor ya da emosyonel stresle açığa çıkması, dinlenme ya da nitrat tedavisi ile iyileşen göğüs ağrısı. Eğer yukarıdaki 3 durum var ise uzman doktor fiziki muayene sonucunda göğüs ağrısının tipik, her hangi ikisinin olması durumunda a-tipik, bir tanesinin olması ya da hiç birinin olmaması durumunda non-kardiyak göğüs ağrısı teşhisi koyabilmektedir. Hastanın göğüs ağrısının tipik olması 1, a-tipik olması 2 ve non-kardiyak olması 3 olarak alınmıştır.

2.5.3. Nefes Darlığı

Uzman tarafından hastanın fiziki muayenesinde belirlenmektedir. Nefes darlığı bilgisinin olmama durumu 0, nefes darlığının olması 1 ve nefes darlığının olmaması 2 olarak alınmıştır.

2.5.4. KAH Öz Geçmişi

Fiziki muayene sırasında uzman tarafından belirlenmektedir. Daha önce KAH olma durumu 1, olmama durumu için de 0 alınmıştır.

2.5.5. Aile Öyküsü

Fiziki muayene sırasında uzman tarafından belirlenmektedir. Hastanın birince derece akrabalarında KAH olma durumu 1, olmama durumu için de 0 alınmıştır.

2.5.6. Sigara

Hastanın daha önceden sigara içme durumunda 1, içmeme durumunda 0 alınmıştır.

2.5.7. Hipertansiyon

Hastanın hipertansiyon olma durumu 1, olmama durumu 0 olarak alınmıştır.

2.5.8. Şeker Hastalığı

Hastanın şeker hastalığı olma durumu 1, olmama durumu 0 olarak alınmıştır.

2.5.9. Kolesterol Değerleri

Hastanın Total, TGL, HDL ve LDL değerleri girdi olarak alınmıştır.

2.5.10. EKG

EKG genellikle, göğüs ağrısı ile başvuran hastalarda kalp krizi tanısını koyabilmek, düzenli veya düzensiz kalp ritim bozukluklarını ortaya çıkarmak, efor testi sırasında

kalbin elektriksel aktivitesini kaydetmek ve mekanik aletlerin (kalıcı kalp pili vb) fonksiyonlarını değerlendirmek amacıyla yapılmaktadır [75,76].

Uzman tarafından değerlendirilen EKG, iskemik değişiklikler olması halinde 1, olmaması halinde 2 ve EKG bilgisinin bulunmaması durumunda 0 olarak alınmıştır.

2.5.11. Ekokardiyografi

Ekokardiyografi ses dalgalarıyla kalbin anatomik yapısını ve fonksiyonunu değerlendirmede kullanılan testtir. EKO ile Kalp kapak hastalıkları, Kalp boşluklarının çapları, büyük olup olmadığı, Kalp duvarlarının hareketleri, hareket bozukluğu olup olmadığı, Kalp içi basınçlar, Kalp içi boşluklarda pıhtı araştırılması gibi konularda önemli bilgiler vermektedir. Ayrıca medikal tedavinin izlenmesinde de yardımcıdır.

Uzman tarafından değerlendirilen EKO, segmenter duvar hareket kusuru olması halinde 1, olmaması halinde 2 ve EKO bilgisinin bulunmaması durumunda 0 olarak alınmıştır [76].

2.5.12. Efor Testi

Uzman tarafından değerlendirilerek pozitif olma durumunda 1, negatif olma durumunda 2 ve Efor testinin olmama durumunda 0 olarak alınmıştır.

2.5.13. Miyokard Perfüzyon Sintigrafisi

MPS damardan verilen radyoaktif madde ile gamma kamera ile bu maddenin görüntülenmesinden oluşan pahalı bir testtir. Koroner arterdeki darlık hakkında güvenilir bilgi vermektedir [76].

Hastanın MPS bilgisinin olmaması durumunda 0, pozitif olması durumunda 1 ve negatif olma durumunda 0 alınmıştır.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışma için Kayseri Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nden veri setlerini alabilmek ve gerekli araştırmayı yapabilmek için Etik Kurul izni alınmıştır. Etik kurul izni alındıktan sonra Kayseri Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nden 100 adet KA geçirmiş, 100 adet de Kardiyoloji kliniğine başvurduğu halde KA geçirmemiş hasta veri setleri kaydedilmiştir. Kayseri Eğitim ve Araştırma Hastanesi Kardiyoloji klinik şefi Doç. Dr. Hüseyin ARINÇ ile hasta verilerini kaydetmek için form oluşturulmuştur. Hasta veri setleri bu formlara kaydedilmiş olup daha sonra bilgisayar ortamına geçilmiştir. BM, ÇKA sinir ağları ve GÇKA sinir ağları için yaş, cinsiyet, göğüs ağrısı tipi, nefes darlığı olup olmadığı, öz geçmişinde KAH geçirip geçirmediği, ailesinden KAH olup olmadığı, sigara içip içmediği, tansiyon hastalığı olup olmadığı, şeker hastalığı olup olmadığı, total kolesterol, TGL, HDL, LDL değerleri, EKG, EKO, Efor ve MPS değerleri girdi olarak alınmıştır. Çıktı değeri olarak ise Anjio olup olmama durumu alınmıştır.

3.1. BM ile Hastaların KA Gerekliliğinin Tahmini

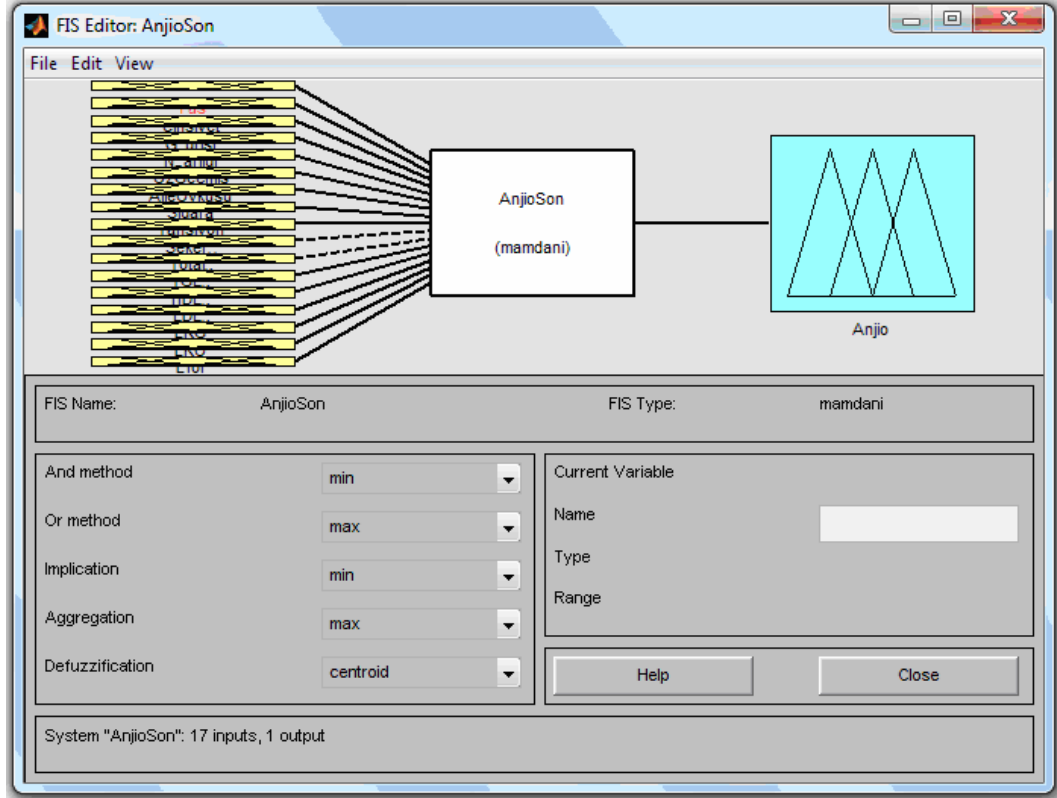
Bu tez çalışmasında ilk olarak Bulanık Mantık ile Hastaların Koroner Anjiyografi gerekliliğinin tahmini yapılmıştır. Bulanık Mantık Sistemi MATLAB 7.8 ile oluşturulmuştur. Mamdani modeli kullanılmış olup durulaştırma için ağırlık merkezi (Centroid) kullanılmıştır. Bulanık “ve kuralı” için min metodu, “bulanık veya” kuralı için max metodu kullanılmıştır. MATLAB programında oluşturulan Bulanık Sistem Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

Bulanık sistemin üyelik fonksiyonları, oluşturulan kurallar ve sonuçlar aşağıda açıklanmıştır.

3.1.1. Üyelik Fonksiyonları

Yaş Girdi Üyelik Fonksiyonu

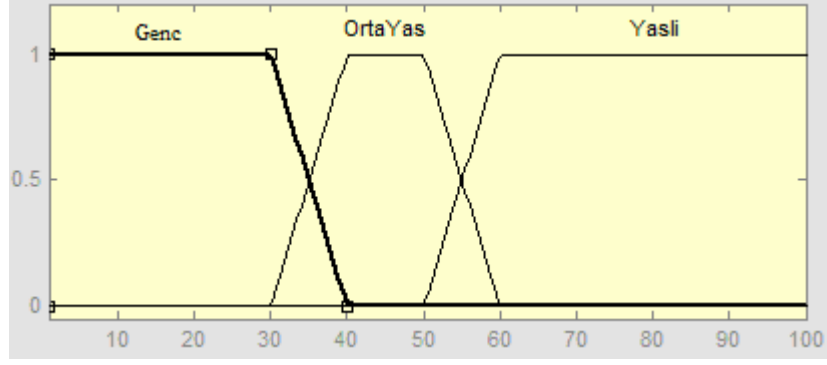
KAH için yaş üyelik fonksiyonu Şekil 3.2’de gösterilmiş olup matematiksel olarak Eşitlik 3.1’deki gibi ifade edilir.



Şekil 3.1 KA için Matlab’de Oluşturulan Bulanık Sistem

Cinsiyet, Öz Geçmiş, Aile Öyküsü, Sigara, Tansiyon ve Şeker Girdileri Üyelik Fonksiyonları

KAH için risk oluşturan değerler 1, diğerleri ise 0 olarak alınmıştır. Örn: Erkek cinsiyeti KAH için bayan cinsiyetine göre daha riskli olduğu için Erkek cinsiyeti 1, bayan cinsiyeti 0 değer almıştır. Şekil 2.3’te üyelik fonksiyonu gösterilmiş olup matematiksel olarak Eşitlik 3.2’deki gibi ifade edilir.



Şekil 3.2 Yaş Üyelik Fonksiyonu

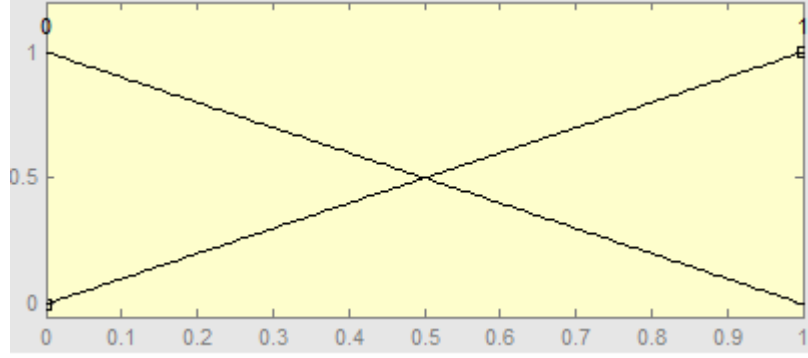
$$\mu_{genc}(x) = \begin{cases} 1 & x \leq 30 \\ \frac{40-x}{10} & 30 < x \leq 40 \\ 0 & x > 40 \end{cases}$$

$$\mu_{ortayas}(x) = \begin{cases} \frac{x-30}{10} & 30 \leq x < 40 \\ 1 & 40 \leq x \leq 50 \\ \frac{60-x}{10} & 50 < x < 60 \\ 0 & x \geq 60 \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\mu_{yasli}(x) = \begin{cases} 0 & x < 50 \\ \frac{x-60}{10} & 50 < x < 60 \\ 1 & 60 \leq x \end{cases}$$

Göğüs Ağrısı Girişi İçin Üyelik Fonksiyonu

Göğüs Ağrısı risk faktörü için hastada göğüs ağrısının olmaması 0, tipik göğüs ağrısı için 1, a-tipik göğüs ağrısı için 2 ve nonkardiyak göğüs ağrısı tipi için de 3 sayısal ifadesi kullanılmıştır. Üyelik fonksiyonu Şekil 3.4'teki gibi olup matematiksel olarak Eşitlik 3.3'teki gibi ifade edilir.



Şekil 3.3 0/1 Değerli Girişler İçin Üyelik Fonksiyonu

$$\mu_{KAHRISK_0}(x) = \begin{cases} 1 & x=0 \\ (1-x) & 0 < x \leq 1 \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\mu_{KAHRISK_1}(x) = \begin{cases} 1 & x=1 \\ x & 0 < x \leq 1 \end{cases}$$

Nefes Darlığı, EKG, EKO, Efor ve MPS Girdileri İçin Üyelik Fonksiyonları

Hastaların bilgilerinin olmaması durumunda 0, pozitif olma durumunda 1 ve negatif olma durumlarında 2 değerleri alınmıştır. Örneğin EKO için; Hastanın EKO'sunun olmama durumunda değerimiz 0, Segmenter Duvar Hareket Kusurunun pozitif olması durumunda 1 ve negatif olma durumunda 2 değeri alınmış ve üyelik fonksiyonu Şekil 3.5'te gösterilmiş olup matematiksel olarak Eşitlik 3.4'teki gibi ifade edilir.

Total Kolesterol İçin Üyelik Fonksiyonu

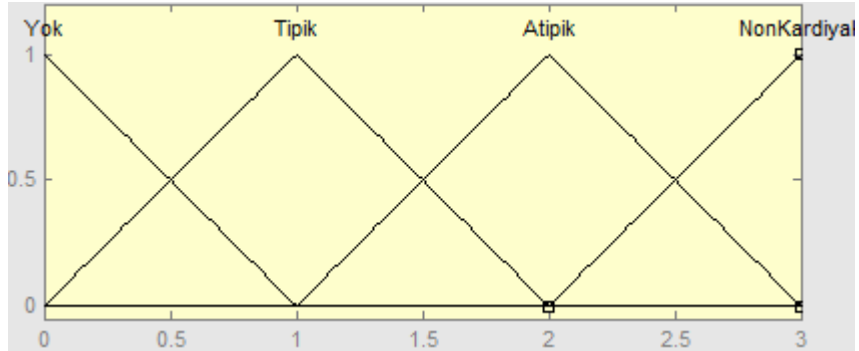
KAH risk faktörlerinden Total kolesterol için üyelik fonksiyonu Şekil 3.6'da gösterilmiş olup matematiksel olarak Eşitlik 3.5'teki gibi ifade edilir.

$$\mu_{YOK}(x) = \begin{cases} 1 & x = 0 \\ 1-x & 0 < x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_{Tipik}(x) = \begin{cases} x & 0 \leq x < 1 \\ 1 & x = 1 \\ 2-x & 1 < x \leq 2 \end{cases}$$

$$\mu_{A-Tipik}(x) = \begin{cases} x-1 & 1 \leq x < 2 \\ 1 & x = 2 \\ 3-x & 2 < x \leq 3 \end{cases}$$

$$\mu_{Non-Kardiyak}(x) = \begin{cases} x-2 & 2 < x < 3 \\ 1 & x = 3 \end{cases} \quad (3.3)$$



Şekil 3.4 Göğüs Ağrısı Üyelik Fonksiyonu

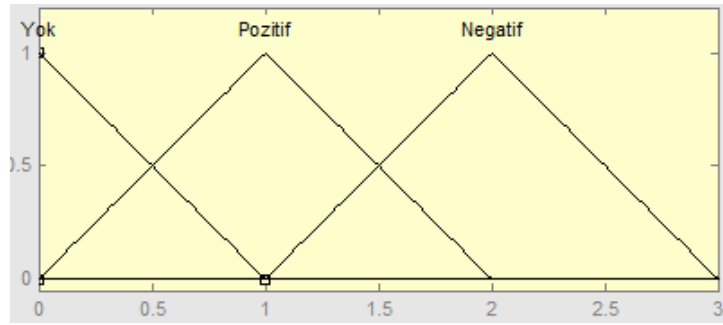
TGL İçin Üyelik Fonksiyonu

KAH risk faktörlerinden TGL için üyelik fonksiyonu Şekil 3.7’de gösterilmiş olup matematiksel olarak 3.6’daki gibi ifade edilir.

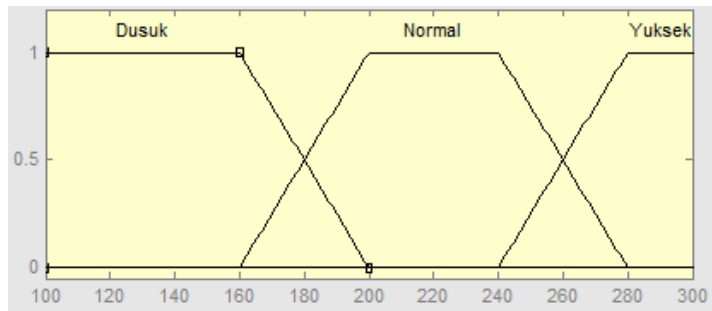
$$\mu_{KAH-Risk_0}(x) = \begin{cases} 1 & x=0 \\ 1-x & 0 < x \leq 1 \end{cases}$$

$$\mu_{KAH-Risk_1}(x) = \begin{cases} x & 0 \leq x < 1 \\ 1 & x=1 \\ 2-x & 1 < x \leq 2 \end{cases} \quad (3.4)$$

$$\mu_{KAH-Risk_2}(x) = \begin{cases} x & 1 \leq x < 2 \\ 1 & x=2 \\ 3-x & 2 < x \leq 3 \end{cases}$$



Şekil 3.5 0, 1 ve 2 Değerlerli Girişler İçin Üyelik Fonksiyonu

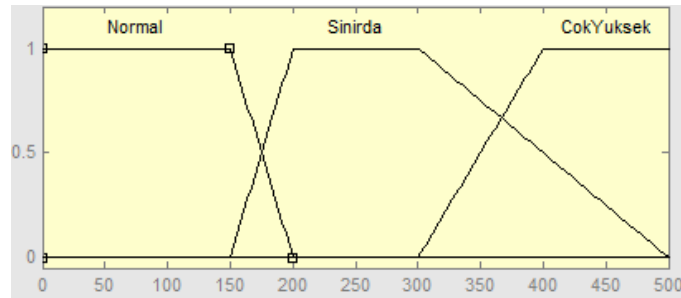


Şekil 3.6 Total Kolesterol Üyelik Fonksiyonu

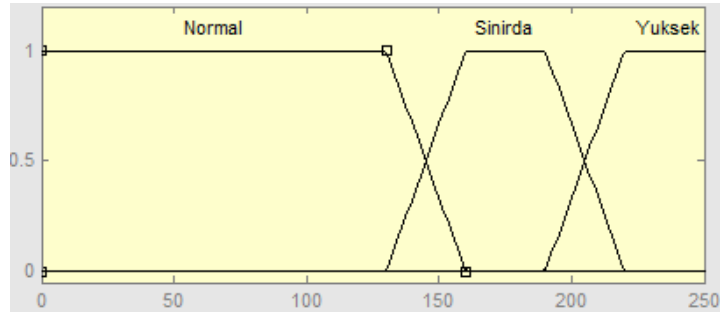
$$\mu_{Düşük}(x) = \begin{cases} 1 & x < 160 \\ \frac{(200-x)}{40} & 160 \leq x < 200 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}(x) = \begin{cases} \frac{(x-160)}{40} & 160 \leq x < 200 \\ 1 & 200 \leq x \leq 240 \\ \frac{(280-x)}{40} & 240 < x < 280 \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\mu_{Yüksek}(x) = \begin{cases} \frac{(x-240)}{40} & 240 \leq x < 280 \\ 1 & 280 \leq x \end{cases}$$



Şekil 3.7 TGL Üyelik Fonksiyonu



Şekil 3.8 LDL Üyelik Fonksiyonu

$$\mu_{Normal}(x) = \begin{pmatrix} 1 & x < 150 \\ \frac{(200-x)}{50} & 150 \leq x < 200 \end{pmatrix}$$

$$\mu_{Simrda}(x) = \begin{pmatrix} \frac{(x-150)}{50} & 150 \leq x < 200 \\ 1 & 200 \leq x \leq 300 \\ \frac{(500-x)}{200} & 300 < x < 500 \end{pmatrix} \quad (3.6)$$

$$\mu_{Yuksekk}(x) = \begin{pmatrix} \frac{(x-300)}{100} & 300 \leq x < 400 \\ 1 & 400 \leq x \end{pmatrix}$$

$$\mu_{Normal}(x) = \begin{pmatrix} 1 & x < 130 \\ \frac{(160-x)}{30} & 130 \leq x < 160 \end{pmatrix}$$

$$\mu_{Simrda}(x) = \begin{pmatrix} \frac{(x-160)}{30} & 130 \leq x < 160 \\ 1 & 160 \leq x \leq 190 \\ \frac{(220-x)}{30} & 190 < x < 220 \end{pmatrix} \quad (3.7)$$

$$\mu_{Yuksekk}(x) = \begin{pmatrix} \frac{(x-190)}{30} & 190 \leq x < 220 \\ 1 & 220 \leq x \end{pmatrix}$$

LDL İçin Üyelik Fonksiyonu

KAH risk faktörlerinden LDL için üyelik fonksiyonu Şekil 3.8’de gösterilmiş olup matematiksel olarak Eşitlik 3.7’deki gibi ifade edilir.

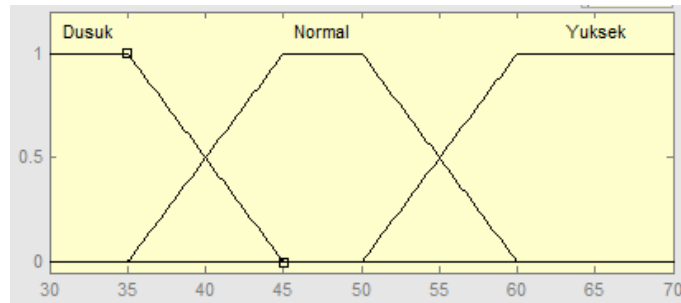
HDL İçin Üyelik Fonksiyonu

KAH risk faktörlerinden HDL için üyelik fonksiyonu Şekil 3.9’da gösterilmiş olup matematiksel olarak Eşitlik 3.8’deki gibi ifade edilir.

$$\mu_{Düşük}(x) = \begin{cases} 1 & x < 35 \\ \frac{(45-x)}{10} & 35 \leq x < 45 \end{cases}$$

$$\mu_{Normal}(x) = \begin{cases} \frac{(x-35)}{10} & 35 \leq x < 45 \\ 1 & 45 \leq x \leq 50 \\ \frac{(60-x)}{10} & 50 < x < 60 \end{cases} \quad (3.8)$$

$$\mu_{Yüksek}(x) = \begin{cases} \frac{(x-50)}{10} & 50 \leq x < 60 \\ 1 & 60 \leq x \end{cases}$$



Şekil 3.9 HDL Üyelik Fonksiyonu

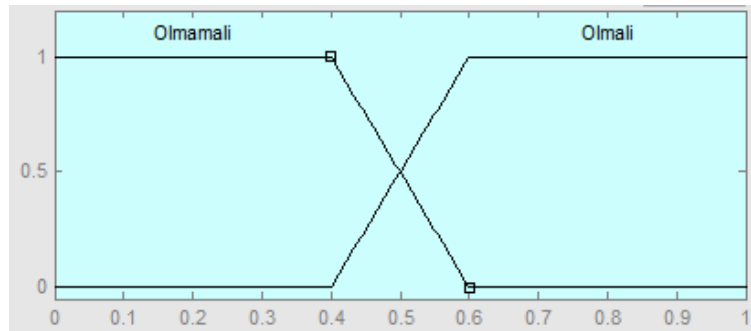
Anjio Çıktısı İçin Üyelik Fonksiyonu

Bulanık sistemin çıktısı olan Anjio için üyelik fonksiyonu Şekil 3.10'da gösterilmiş olup matematiksel olarak 3.9'daki gibi ifade edilir.

$$\mu_{Olmamali}(x) = \begin{cases} 1 & x < 0,4 \\ \frac{(0,6-x)}{0,2} & 0,4 \leq x < 0,6 \end{cases}$$

(3.9)

$$\mu_{Olmali}(x) = \begin{cases} \frac{(x-0,4)}{0,2} & 0,4 \leq x < 0,6 \\ 1 & 0,6 \leq x \end{cases}$$



Şekil 3.10 Anjio Üyelik Fonksiyonu

3.1.2. KA İçin Oluşturulan Bulanık Kurallar

KA için 59 bulanık kural oluşturulmuştur ve Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Bulank Sistem Kuralları

1. If (Yas is Yasli) then (Anjio is Olmali) (0.2)
2. If (G_Agrisi is Tipik) then (Anjio is Olmali) (0.4)
3. If (G_Agrisi is Atipik) and (N_Darligi is Pozitif) then (Anjio is Olmali) (0.4)
4. If (OzGecmis is Pozitif) then (Anjio is Olmali) (0.3)
5. If (AileOykusu is Pozitif) then (Anjio is Olmali) (0.2)
6. If (Sigara is Pozitif) then (Anjio is Olmali) (0.2)
7. If (Tansiyon is Pozitif) then (Anjio is Olmali) (0.1)
8. If (Seker_H is Pozitif) then (Anjio is Olmali) (0.4)
9. If (HDL_K is Dusuk) and (LDL_K is Yuksek) then (Anjio is Olmali) (0.2)
10. If (Cinsiyet is Erkek) and (EKG is Pozitif) then (Anjio is Olmali) (0.5)
11. If (Cinsiyet is Bayan) and (EKG is Pozitif) then (Anjio is Olmali) (0.4)
12. If (EKO is Pozitif) then (Anjio is Olmali) (1)
13. If (Efor is Pozitif) then (Anjio is Olmali) (1)
14. If (MPS is Pozitif) then (Anjio is Olmali) (1)
15. If (MPS is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
16. If (Efor is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
17. If (EKO is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
18. If (Cinsiyet is Erkek) and (EKG is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (0.5)
19. If (Cinsiyet is Bayan) and (EKG is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (0.4)
20. If (HDL_K is Normal) and (LDL_K is Sinirda) then (Anjio is Olmamali) (0.2)
21. If (HDL_K is Yuksek) and (LDL_K is Normal) then (Anjio is Olmamali) (0.2)
22. If (Seker_H is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (0.4)
23. If (Tansiyon is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (0.1)
24. If (Sigara is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (0.2)
25. If (AileOykusu is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (0.2)
26. If (OzGecmis is NEgatif) then (Anjio is Olmamali) (0.3)
27. If (G_Agrisi is Atipik) and (N_Darligi is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (0.5)
28. If (G_Agrisi is Tipik) then (Anjio is Olmamali) (0.4)
29. If (Yas is Genc) and (Cinsiyet is Bayan) then (Anjio is Olmamali) (0.3)
30. If (G_Agrisi is Tipik) and (EKG is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
31. If (G_Agrisi is Tipik) and (EKO is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
32. If (G_Agrisi is Tipik) and (Efor is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
33. If (G_Agrisi is Tipik) and (MPS is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
34. If (G_Agrisi is Atipik) and (N_Darligi is Pozitif) and (MPS is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
35. If (G_Agrisi is Atipik) and (N_Darligi is Pozitif) and (Efor is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
36. If (G_Agrisi is Atipik) and (N_Darligi is Pozitif) and (EKO is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
37. If (G_Agrisi is Atipik) and (N_Darligi is Pozitif) and (EKG is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
38. If (OzGecmis is Pozitif) and (EKG is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
39. If (AileOykusu is Pozitif) and (EKG is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
40. If (Sigara is Pozitif) and (EKG is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
41. If (Tansiyon is Pozitif) and (EKG is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
42. If (Seker_H is Pozitif) and (EKG is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
43. If (Seker_H is Pozitif) and (EKO is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
44. If (Seker_H is Pozitif) and (Efor is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
45. If (Seker_H is Pozitif) and (MPS is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
46. If (Tansiyon is Pozitif) and (EKO is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
47. If (Tansiyon is Pozitif) and (Efor is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
48. If (Tansiyon is Pozitif) and (MPS is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
49. If (Sigara is Pozitif) and (EKO is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
50. If (Sigara is Pozitif) and (Efor is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
51. If (Sigara is Pozitif) and (MPS is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
52. If (AileOykusu is Pozitif) and (EKO is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
53. If (AileOykusu is Pozitif) and (Efor is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
54. If (AileOykusu is Pozitif) and (MPS is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
55. If (OzGecmis is Pozitif) and (EKO is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
56. If (OzGecmis is Pozitif) and (Efor is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
57. If (OzGecmis is Pozitif) and (MPS is Negatif) then (Anjio is Olmamali) (1)
58. If (Yas is OrtaYas) and (Cinsiyet is Bayan) then (Anjio is Olmamali) (0.15)
59. If (Yas is Yasli) and (Cinsiyet is Bayan) then (Anjio is Olmali) (0.15)

3.1.3. Bulanık Mantık Sonuçlarının Değerlendirilmesi

KA için oluşturulan Bulanık Sistem için 50 adet hasta verileri rasgele test için seçilmiştir. Sistem 50 adet hasta verisi sınıflandırmasında 43 adet doğru tahminde bulunmuş ve 7 adet yanlış tahminde bulunmuştur. Sistemin doğru sınıflama oranı %86 olarak ölçülmüştür.

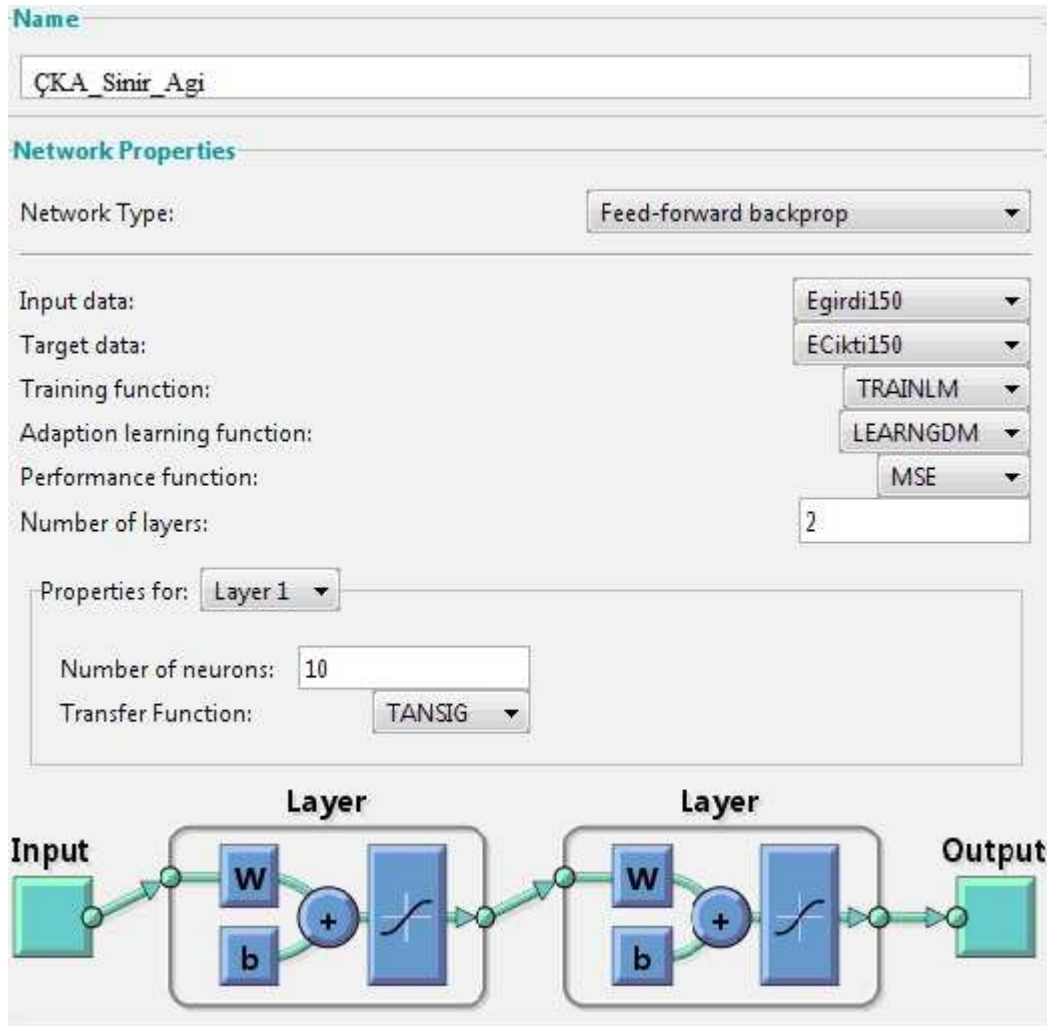
3.2. ÇKA Sinir Ağları ile Hastaların KA Gerekliliğinin Tahmini

ÇKA sinir ağları MATLAB 7.8 ile oluşturulmuştur. Bunun için hastalardan alınan veri setlerinin 150 tanesi (75 adet anjiyo olmuş, 75 adet anjiyo olmamış) eğitim için, 50 tanesi (25 adet anjiyo olmuş, 25 adet anjiyo olmamış) test için ayrılmıştır. Girdi veri setleri log-sigmoid fonksiyonundan geçirilerek 0-1 aralığına çekilerek normalize edilmiştir.

$$N = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}} \quad (3.10)$$

ÇKA sinir ağları için İleri beslemeli geri yayımlı ağ modeli seçilmiştir. Oluşturulan YSA'da öğrenme modeli olarak ortalama bir ağ için en hızlı öğrenme algoritması olan LMÖA seçilmiştir. ÇKA sinir ağları için 2 ara katman ve her ara katmanda 10'ar adet nöron kullanılmıştır. Aktivasyon fonksiyonu olarak hiperbolik tanjant fonksiyonu kullanılmıştır. Eşitlik 3.11'de hiperbolik tanjant fonksiyonu verilmiştir. Şekil 3.11'de Matlab programında oluşturulan ÇKA sinir ağı gösterilmiştir.

$$f(net) = \frac{(e^{net} + e^{-net})}{(e^{net} - e^{-net})} \quad (3.11)$$



Şekil 3.11 Matlab 7.8’de Oluşturulan ÇKA Sinir Ağları Yapısı

Eğitim iterasyon sayısı 1000, öğrenme oranı 0.01 ve momentum katsayısı 0.1 olarak alınmıştır. Sistem eğitilmiş ve test edilmiştir. 50 adet test hasta verisinden 45 adet doğru sınıflama, 5 adet yanlış sınıflama yapmıştır. Test hasta verisinin doğruluk oranı %90 olarak ölçülmüştür.

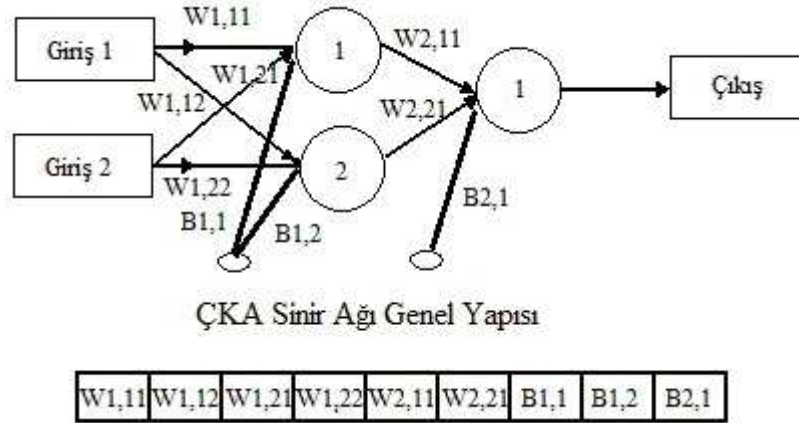
3.3. GÇKA Sinir Ağları ile Hastaların KA Gerekliğinin Tahmini

Genetik-ÇKA sinir ağları NeuroSolution 5.07 programı ile oluşturulmuştur. ÇKA sinir ağları için seçilen eğitim ve test veri setlerinin aynısı GÇKA sinir ağları için de kullanılmıştır. Ağırlıkların optimizasyonunda genetik algoritma kullanılmıştır.

3.3.1. Genetik Algoritma

Temsil Mekanizması

ÇKA sinir ağında GA'nın temsili için her bir ağırlık gen olarak alınmıştır. Ağırlıklar (genler) bir araya gelerek kromozomları, kromozomlar bir araya gelerek popülasyonu oluşturmuşlardır. Şekil 3.12'de GÇKA sinir ağının kromozom yapısı gösterilmiştir. Popülasyon büyüklüğü olarak 50 seçilmiştir.



Şekil 3.12 GÇKA Sinir Ağları Kromozom Yapısı

Uygunluk Fonksiyonu

Uygunluk fonksiyonu gerçek değer ile beklenen değer in ortalama karesel hatası olarak belirlenmiştir. Uygunluk fonksiyonu (UF) Eşitlik 3.12’de verilmiştir.

$$UF = \sum_{i=1}^n (X_g - X_b)^2 \quad (3.12)$$

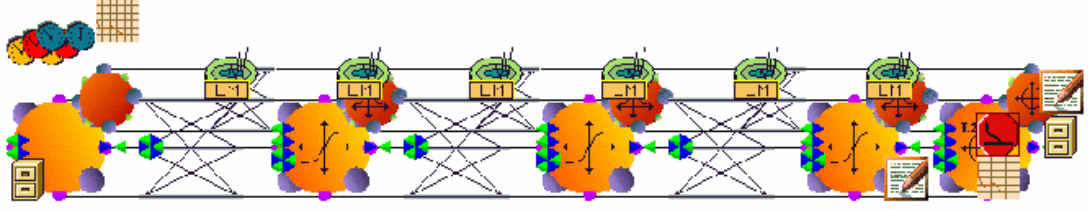
Genetik Operatörler

Seçim işlemi için rulet seçim yöntemi seçilmiştir. Çaprazlama için tek noktadan çaprazlama seçilmiş olup çaprazlama oranı 0,9 olarak belirlenmiştir. Mutasyon için uniform mutasyon seçilmiş olup, mutasyon oranı 0,01 olarak belirlenmiştir.

3.3.2. GÇKA Sinir Ağının ÇKA Sinir Ağı Parametreleri

KA için 2 adet ara katman ve her katmanda 4’er adet nöron kullanılmıştır. Transfer fonksiyonu olarak hiperbolik-tanjant fonksiyonu kullanılmış olup öğrenme kuralı olarak Levenberg-Marqua öğrenme algoritması kullanılmıştır. Eğitim iterasyon sayısı 1000 ve bitirme şartı olarak hata oranı 0,01 olarak belirlenmiştir. Eğitim için 150 hasta veri seti, test için ise 50 hasta veri seti kullanılmıştır. Sistem eğitilmiş ve test edilmiştir. Test için seçilen 50 hasta veri setinden 46 tanesini doğru sınıflandırmış olup 4 tanesini yanlış sınıflandırmıştır. Sistemin doğru sınıflama oranı %92 olarak ölçülmüştür. NeuroSolution 5.07 programında oluşturulan ÇKA sinir ağı Şekil 3.13’te gösterilmiştir.

Hastaların KA gerekliliğinin tahmini için oluşturulan BM, ÇKA sinir ağları ve GÇKA sinir ağları sonuçları Çizelge 3.3’te verilmiştir.



Şekil 3.13 NeuroSolution ile Oluşturulan GÇKA Sinir Ağları Yapısı

Çizelge 3.2 BM, ÇKA Sinir Ağları ve GÇKA Sinir Ağları Sonuçları

Gerçek Değer	ÇKA Sinir Ağları	GÇKA Sinir Ağları	Bulanık Sistem
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	0
1	1	1	1
1	0	1	0
1	1	1	0
1	1	1	1
1	1	1	0
1	1	1	1
1	1	1	0
1	1	1	1
1	1	1	0
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1

Çizelge 3.2 (devam)

1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	0
1	1	1	0
1	1	1	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	1	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	1	0
0	0	0	0
0	0	1	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	1	0	0
0	1	1	0
0	1	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	1	0
0	0	0	0
Doğruluk Oranı	90%	92%	86%

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Günümüzde KAH dünyada en yaygın hastalık ve ölüm riski olarak devam etmektedir. KAH genel olarak orta yaşlarda meydana gelip kişilerin sosyal hayatını ve iş hayatını olumsuz şekilde etkilemektedir. KAH'nın teşhis ve tedavisi yüksek maliyetli olduğundan dolayı ülkelerin ekonomisini olumsuz yönde önemli derecede etkilemektedir.

KA ise KAH'nın teşhisinde en önemli yöntem olarak kullanılmaya yaygın bir şekilde devam etmektedir. KA için belirli bir standart olmayıp uzman kararına göre KA yapılmaktadır. KA kararını uzman kendi tecrübelerine göre vermektedir.

Bu çalışmada, hastaların KA gerekliliğinin tahmini için, BM, ÇKA Sinir Ağları ve GÇKA Sinir Ağları teknikleri kullanılmıştır. Bunun için Kayseri Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nden 200 hastadan veri seti alınmıştır. Bu hastaların yarısı KA geçirmiş olup diğer yarısı ise KA geçirmemiş hastalardır. Hasta verilerinde kadın-erkek cinsiyetleri eş dağılımlı olarak seçilmiştir. BM, ÇKA sinir ağları ve GÇKA sinir ağları için yaş, cinsiyet, göğüs ağrısı tipi, nefes darlığı olup olmadığı, öz geçmişinde KAH geçirip geçirmediği, ailesinden KAH olup olmadığı, sigara içip içmediği, tansiyon hastalığı olup olmadığı, şeker hastalığı olup olmadığı, total kolesterol, TGL, HDL, LDL değerleri, EKG, EKO, Efor ve MPS değerleri girdi olarak alınmıştır. Çıktı değeri olarak ise Anjio olup olmama durumu alınmıştır. BM sistemi MATLAB 7.8 sürümü ile hazırlanmıştır. BM sistemi, hastaların KA gerekliliğinin tahmini için 50 adet test veri setinden 43 tanesini doğru sınıflamış, 7 tanesini yanlış sınıflamıştır. BM sisteminin KA tahmini için %86 oranında doğru karar verdiği gözlemlenmiştir. ÇKA sinir ağları ve GÇKA sinir ağlarının eğitimi için 150 adet (75 KA geçirmiş, 75 KA geçirmemiş) hasta veri seti kullanılmıştır. 50 adet (25 KA geçirmiş, 25 KA geçirmemiş) hasta veri seti test için kullanılmıştır. ÇKA sinir ağları MATLAB programının 7.8 versiyonunda geliştirilmiştir. GÇKA sinir ağları ise NeuroSolution programının 5.07 sürümünde geliştirilmiştir. ÇKA sinir ağları ve GÇKA sinir ağları Hastaların KA gerekliliğinin tahmini için test edilmiştir. ÇKA sinir ağları 50 adet test veri setinden 45 adet doğru sınıflama ve 5 adet yanlış sınıflama yaptığı

gözlemlenmiştir. ÇKA sinir ağının KA gerekliliğinin tahmini için doğru sınıflama oranı %90 olarak ölçülmüştür. GÇKA sinir ağı ise 50 test adet veri setinden 46 adet doğru tahmin ve 4 adet yanlış tahmin yaptığı gözlemlenmiştir. GÇKA sinir ağının KA gerekliliğinin tahmini için doğru sınıflama oranının %92 olduğu gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar GÇKA sinir ağlarının BM ve ÇKA sinir ağlarına göre KA gerekliliğinin tahmini için daha etkili olduğunu göstermiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Anonim, Koroner Arter Hastalığı Nedir, Fatih Üniversitesi Sema Hastanesi. <http://www.semakardioloji.com/sayfa/15/koroner-hastalik-nedir.aspx>, (Erişim tarihi: 15.03.2013)
- [2] Anonim, Türkiye Kalp ve Damar Hastalıklarını Önleme ve Kontrol Programı. T.C. Sağlık Bakanlığı, Ankara, 2010.
- [3] Murray, C., Lopez, A., Alternative Projections of Mortality And Disability By Cause 1990-2020. Global Burden of Disease Study. Lancet,1997; 349: 498-504
- [4] Anonim, Ölüm Nedenleri İstatistikleri. <http://www.TÜİK.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=15847>, TÜİK, 2012 (Erişim tarihi: 22.05.2013)
- [5] UYH-ME Çalışması, Türkiye, 2004.
- [6] Sones, F.M., Shirey, J., Cine-coronary arteriography. Mod Concepts Cardiovasc Dis 1962;31:735-8.
- [7] Ertaş, F.S., Koroner Anjiyografi. Ankara Üniv Tıp Fak A.Ş., 1999; 11: 229- 261.
- [8] Yan, H., Jiang, Y., A multilayer perceptron-based medical decision support system for heart disease diagnosis. Expert Systems with Applications, 30 (2006) 272–281.
- [9] Anooj, P.K., Clinical decision support system: Risk level prediction of heart disease using weighted fuzzy rules. Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences (2012) 24, 27–40.
- [10] Daş R., Türkoğlu, İ., Effective diagnosis of heart disease through neural networks ensembles. Expert Systems with Applications 36 (2009) 7675–7680.
- [11] Khatibi, V., Montazer, G. A., A fuzzy-evidential hybrid inference engine for coronary heart disease risk assessment. Expert Systems with Applications 37 (2010) 8536–8542.

- [12] Daş, R., Türkoğlu, İ., Effective diagnosis of heart disease through neural networks ensembles. *Expert Systems with Applications* 36 (2009) 7675–7680
- [13] Muthukaruppan, S., Er, M.J., A hybrid particle swarm optimization based fuzzy expert system for the diagnosis of coronary artery disease. *Expert Systems with Applications* 39 (2012) 11657–11665.
- [14] Zadeh, L.A., Fuzzy sets. *Information and Control*. 1965, 8, 338–353.
- [15] Şen, Z., Mühendislikte Bulanık (Fuzzy) Mantık ile Modelleme Prensipleri. Su Vakfı, İstanbul, 2004.
- [16] Öztemel, E., Yapay Sinir Ağları. Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2006.
- [17] Karaboğa, D., Yapay Zekâ Optimizasyon Algoritmaları. Nobel Yayım Dağıtım, Ankara, 2011.
- [18] Holland, J., Adaption in Natural and Artificial Systems. University of Michigan Press, 1975.
- [19] Yılmaz, Y., Öngen, Z., Lipid dışı risk faktörlerinin aterosklerozda önemi: C-reaktif protein odaklı bir değerlendirme. *Türk Kardiyoloji Derneği Araştırması*, 2009; 37: 7- 13.
- [20] Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) Final Report. National Cholesterol Education Program National Heart, Lung, and Blood Institute. National Institutes of Health, NIH Publication No. 02-5215 September 2002
- [21] Mannien, V., Huttunen, J.K., Heinonen O.P., et al. Relationships between baseline lipid and lipoprotein values and the incidence of coronary heart disease in the Helsinki Heart Study. *Am J Cardiol* 1989; 63:42H-47H.
- [22] Pocock, S.J., Shaper, A.G., Phillips, A.N., HDL-Cholesterol, triglyserides and total cholesterol in ischaemic heart disease. *Br Med J* 1989; 298: 998-1002.

- [23] Anonim, KAH için Kolesterol Değerleri. Türk Kardiyoloji Derneği, <http://www.tkd.org.tr/menu/288/>, (Erişim Tarihi: 15.03.2013)
- [24] Hambrecht, R., Wolf, A., Gielen, S., et al: Effect of exercise on coronary endotelial function in patients with coronary artery disease. N Eng J Med 2000; 342:454-60
- [25] US Department of Health and Human Services. The Health Consequences of Smoking: Cardiovascular Disease _ A Report of the Surgeon General. Washington, DC: Office of Smoking and Health, US government Printing Office; 1983
- [26] Wilhelmsson, C., Vedin J.A., Elmfeldt D.,et al. Smoking and myocardial infarction. Lancet 1975; 1: 415-419.
- [27] Valentin, F., Wayne A., Robert, O., Hurt's The Heart. 10. Baskısının Türkçe çevirisi. And Danışmanlık Eğitim Yayıncılık ve Organizasyon Ltd. Şti. 1. Basım. 2002 Sayfa, 1065-1109.
- [28] TEKHARF; Oniki Yıllık İzleme Deneyimine Göre Türk Erişkinlerinde Kalp Sağlığı. Prof. Dr. Altan Onat, Prof. Dr. Vedat Sansoy, Prof. Dr. İnan Soydan, Prof. Dr. Lale Tokgözoğlu, Prof. Dr. Kamil Adalet. Argos İletişim Hizmetleri Reklamcılık ve Ticaret Anonim Şirketi. Temmuz 2003, İstanbul.
- [29] Gordon, T., Kannel, W.B., McGee, D., et al. Death and coronary attacks in men after giving up cigarette smoking: A report from the Framingham study. Lancet 1974 ; 2: 1345
- [30] Tsevat, J., Weinstein, M.C., Williams L.W., et al. Expected gains in life expectancy from various coronary heart disease risk factor modifications. Circulation 1991; 83:1194.
- [31] Hermanson, B., Omenn G.S., Kronmal, R.A.,et al. Beneficial six-year outcome of smoking cessation in older men and women with coronary artery disease: Results from the CASS Registry. N Eng J Med 1988; 319: 1365a
- [32] Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III) Final Report. National Cholesterol Education Program National Heart, Lung, and Blood Institute. National Institutes of Health, NIH Publication No. 02- 5215 September 2002.

- [33] Grundy, S.M., Benjamin I.J., Burke G.L., et al. Diabetes and cardiovascular disease: A statement for healthcare professionals from the American Heart Association. *Circulation* 1999; 100: 1134
- [34] Braunwald, F., Kasper, H., Longo, Jameson Harrison's Principles of Internal Medicine, 15th Edition. Sayfa : 1377-1387
- [35] Eckel, R.H., Krauss R.M., American Heart Association call to action: Obesity as a major risk factor. *Circulation* 1998; 97: 2099
- [36] National Task Force on the Prevention and Treatment of Obesity. Dieting and the development of eating disorders in overweight and obese adults. *Arch Int Med* 2000;160: 2581-9.
- [37] Calle, E.E., Thun, M.J., Pettrilli, J.M., et al. Body- mass index and mortality in a prospective cohort of U.S. adults. *N Eng J Med* 1999; 341: 1097
- [38] Onat, A, Şenocak, M., Obesity in Turkish adults: prevalence, validity as a coronary risk factor and interrelation with other risk factors. *Int J Ang* 1995; 4: 94-8.
- [39] Fletcher, G.F., Balady, G., Blair, S.N., et al. Statement on exercise: Benefits and recommendations for physical activity. *Circulation* 1996; 94:857
- [40] Hambrecht, R., Niebauer, J., Marburger, C., et al. Various intensities of leisure time physical activity in patients with coronary artery disease: Effects on cardiorespiratory fitness and progression of coronary atherosclerotic lesions. *J Am Coll Cardiol* 1993;22:468
- [41] Haskell, W.L., Sedentary lifestyle as a risk factor for coronary heart disease. In: Pearson TA, ed. *Primer in Preventive Cardiology*. Dallas: American Heart Association; 1994:173
- [42] Scholler, D.A., Shay, K., Kushner, R.F., How much physical activity is needed to minimize weight gain in previously obese women? *Am J Clin Nutr* 1997;66:239-46
- [43] Williams, P.T., High-density lipoprotein cholesterol and other risk factors for coronary heart disease in female runners. *N Eng J Med* 1996;334:1298-1303

- [44] Helmrch, S.P., Ragland, D.R., Leung, R.W., Paffenbarger, R.D., Physical activity and reduced occurrence of non-insulin-dependent diabetes mellitus. *N Eng J Med* 1991;325:147-52
- [45] Kelley, G.A., Kelley, K.S., Progressive resistance exercise and resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Hypertension* 2000;35:838-43.
- [46] Chakravarthy, M.V., Joyner, M.J., Booth, F.W., An obligation for primary care physicians to prescribe physical activity to sedentary patients to reduce the risk of chronic health conditions. *Mayo Clin Proc* 2002;77:165-73.
- [47] Hambrecht, R., Wolf, A., Gielen, S., Effect of exercise on coronary endothelial function in patients with coronary artery disease. *N Eng J Med* 2000;342:454-60.
- [48] Stratton, J.R., Chandler, W.L., Schwartz, R.S., Effects of physical conditioning on fibrinolytic variables and fibrinogen in young and old healthy adults. *Circulation* 1991;83:1692-7.
- [49] Kumar, C., *Basic Pathology, Robbins Türkçesi*, Nobel Tıp Kitabevleri Ltd. Şti. Temmuz 2000. Sayfa 283-289.
- [50] Biberoglu, İ., Ünal, S., *İç Hastalıkları. Güneş Kitabevi*, 2. baskı, 2003. Sayfa, 449-474.
- [51] Castelli, W.P., Epidemiology of coronary heart disease: The Framingham Heart Study. *Am J Med* 1984; 76:4.
- [52] Thom, T.J., Cardiovascular disease mortality among United States women. In: Eaker ED, ed. *Coronary Heart Disease in Women*. New York: Haymarket Doyma; 1987.
- [53] Rissanen, A.M., Familial aggregation of coronary heart disease in a high incidence area. *Br Heart J* 1979; 42:294.
- [54] Williams, R.R., Hopkins, P.N., Wu, L.L., Evaluating family history to prevent early coronary heart disease. In: Person TA, ed. *Primer in Preventive Cardiology*. Dallas:American Heart Association; 1994:93

- [55] American Heart Association, Heart Disease and Stroke Statistics-2013 Update, 2013.
- [56] European Heart Network and European Society of Cardiology, European Cardiovascular Disease Statistics 2012 Edition.
- [57] Özavcı, A.S., Koroner Arter Hastalığında Leptin Ve Hs Crp Düzeyleri. Uzmanlık Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2011.
- [58] Ergün, D., Anjiyografik Olarak Koroner Arter Yapısı Normal Bulunan Olgularda Metabolik Sendromun Aortik Nabız Basıncı ve Asendan Aort Pulsatilitiesi Üzerine Olan Etkisi. Uzmanlık Tezi, Dr. Siyami Ersek Göğüs Kalp ve Damar Cerrahisi Merkezi, İstanbul, 2007.
- [59] Arda, R.İ., , Tedarikçi Seçiminde Bulanık Mantık Ve Doğrusal Programlamanın Birlikte Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul, 2010.
- [60] Tosun, S., Koroner Kalp Hastalığı Riski Tanısı Ve Tedavisi İçin Hiyerarşik Bir Bulanık Uzman Sistem Tasarımı. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2007.
- [61] Bodur, K, Bulanık Mantık Yaklaşımı İle Deprem Konumlarının Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 2012.
- [62] Mahmood, M.S., Bulanık Mantık Kullanılarak Trafik Kontrolünün Tasarımı Ve Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 2010.
- [63] Konar, M., Bulanık Mantık Ve Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Uçuş Kontrol Sistemlerine Ait Bazı Parametrelerin Hesaplanması. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 2010.
- [64] Önal, S.,Yapay Sinir Ağları Metodu İle Kızılırmak Nehri'nin Akım Tahmini. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 2009.
- [65] Ayvaz, E, Yapay Sinir Ağları Ve Paralel Akışlı Isı Eşanjörlerinde Uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 2012.

- [66] Subaşı, H., Yapay Sinir Ağı İle Atıksu Arıtma Performansının Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2010.
- [67] Tunay, R.F., Farklı Sıcaklıkta Üretilen T/M Yatakların Dinamik Yük Altında Aşınmasının Araştırılması ve Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 2007.
- [68] Olmez T., Dokur Z. ve Yazgan E., “Classification Of ECG Waveforms By Using Genetic Algorithms”, 19th International Conference - IEEE/EMBS, 1997, 92-94.
- [69] Schaffer, J.D., Whitley,D. ve Eshelman, L.J., “Combination of Genetic Algorithms and Neural Networks: A survey of the State of the Art”, Int. wks on Combination of Genetic Alg. and Neural Networks (COGANN-92), 1992, 1-37.
- [70] Genel, H., Genetik Algoritmalarla Portföy Optimizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 2004.
- [71] Tabak, Ö., Genetik Algoritma İle Kapasiteli Servis Güzergahı Belirlenmesi Ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 2008.
- [72] Çivril, H., Hemşire Çizelgeleme Problemlerinin Genetik Algoritma İle Çözümü. Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, 2009.