

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AVUÇ İÇİ TERLEMESİ İLE KANDAKİ GLİKOZ VE
HbA1C PARAMETRELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN
YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANILARAK
BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Elk&Elktr. Yük. Müh. Zafer Turgay DAĞ

**Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK&ELEKTRONİK
MÜHENDİSLİĞİ**
Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRONİK
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Etem KÖKLÜKAYA
Ortak Danışman : Doç.Dr. H. Melih SARAĞLU

Eylül 2012

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AVUÇ İÇİ TERLEMESİ İLE KANDAKİ GLİKOZ VE HBA1C
PARAMETRELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN YAPAY SİNİR
AĞLARI KULLANILARAK BELİRLENMESİ

DOKTORA TEZİ

Elk&Elktr. Yük. Müh. Zafer Turgay DAĞ

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK&ELEKTRONİK
MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 27/09/2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr.
Bekir ÇAKIR
Jüri Başkanı



Prof. Dr.
Etem KÖKLÜKAYA
Üye




Prof. Dr.
Feyzullah TEMURTAŞ
Üye



Doç. Dr.
Hamdi Melih SARAĞLU
Üye



Yrd. Doç. Dr.
Mehmet Recep BOZKURT
Üye



Yrd. Doç. Dr.
Murat YILDIZ
Üye



Yrd. Doç. Dr.
Ayhan GÜN
Üye

ÖNSÖZ

Günümüzde diyabet hastası olanların sayısında çok önem artış vardır. Diyabet hastalarının kan şeker oranları sürekli kontrol altında tutulmalıdır. Diyabet hastaları bu kontrolleri yaptırabilmek için invazive olan teknikler ile çalışan cihazlar için kan örnek vermek zorundadırlar. Kan örneklerinin alınması hasta için zahmetli ve aynı zamanda eziyetli olduğu gibi sağlığı açısından da körlüğe, sinir sistemi ve böbrek rahatsızlıklarına, kalp hastalıkları, kalp krizi ve doğum kusurları gibi bazı riskleri doğurabilmektedir. Örnek alımından doğabilecek tüm bu olumsuzlukların ortadan kalkması için invazive olmayan bir teknik geliştirilmiştir. Geliştirilen invazive olmayan teknikte hastanın vücuduna herhangi bir müdahalede bulunulmamaktadır. Bu teknik kullanılarak elde edilen veriler yapay sinir ağları (YSA) kullanılarak işlenmiştir.

Bu tez çalışması, TÜBİTAK tarafından desteklenen 109E234 nolu “Diyabetli hastalarda ve sağlıklı kişilerde avuç içi terlemesinden kan glikoz ve HbA1c değerlerinin belirlenmesi” isimli proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, deneklerden verilerin alınabilmesi için imkan sağlayan ve bu konuda yardımcı olan Ankara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, İbn-i Sina Hastanesi, Endokrinoloji Polikliniği öğretim üyelerine ve Poliklinik kan alma personeline ve manevi desteğini esirgemeyen eşime teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
TABLolar LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiii
SUMMARY.....	xiv
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
KANDAKİ GLİKOZ ve HbA1C PARAMETRELERİ ve TERLEME.....	4
2.1. Şeker Hastalığı.....	4
2.2. Terleme.....	7
BÖLÜM 3.	
KANDAKİ GLİKOZ ve HbA1c PARAMETRELERİNİN MEVCUT TEKNİKLERLE ÖLÇÜMÜ.....	10
3.1. Biyokimya Laboratuvarı Ölçümü.....	10
3.1.1. Kan glikoz ölçümü.....	10
3.1.2. HbA1c ölçümü.....	16
3.2. Kendi Kendine Ölçüm.....	17
3.2.1. Görsel yöntem.....	18
3.2.2. El tipi cihaz ölçümü.....	18

BÖLÜM 4.

ÖLÇÜM DÜZENEĞİ ve VERİLERİN ELDE EDİLMESİ.....	21
4.1. Ölçüm Düzenegi ve Yapısı.....	21
4.2. Ölçüm Düzeneginin Kullanımı.....	23
4.3. Ölçüm Düzenegi ile Verilerin Elde Edilmesi.....	25
4.4. Kullanılan Parametreler ve Hesaplanması.....	28
4.4.1. Ter eğimi hesabı.....	28
4.4.2. Eğim özniteliklerinin hesabı.....	29
4.4.3. Fark özniteliklerinin hesabı.....	31
4.4.4. YSA'ya giriş olarak kullanılan parametreler.....	32
4.4.5. YSA'ya çıkış olarak kullanılan parametreler.....	34

BÖLÜM 5.

YAPAY SİNİR AĞLARI.....	35
5.1. Yapay Sinir Ağları.....	35
5.2. YSA'nın Özellikleri ve Modelleri.....	36
5.3. Aktivasyon Fonksiyonları.....	37
5.4. Çok Katmanlı Ağlar.....	41
5.5. Radyal Tabanlı YSA'lar	46
5.6. Olasılıksal Yapay Sinir Ağları (PNN).....	48
5.7. Elman Yapay Sinir Ağı.....	50
5.8. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme.....	51

BÖLÜM 6.

AVUÇ İÇİ NEM PARAMETRELERİ KULLANILARAK KAN GLİKOZ VE HbA1c DEĞERLERİNİN YSA İLE BELİRLENMESİ.....	53
6.1. Olasılıksal (PNN) YSA Yapısının Uygulaması.....	53
6.2. Radyal Tabanlı YSA Yapısının Uygulaması.....	63
6.3. İleri Beslemeli YSA Yapısının Uygulaması.....	71
6.4. Elman YSA Yapısının Uygulanması.....	79
6.5. Performans Değerlendirme Kriteri.....	88
6.6. Verilerin Karşılaştırılması.....	88

BÖLÜM 7.	
SONUÇLAR.....	92
BÖLÜM 8.	
TARTIŞMA VE ÖNERİLER.....	94
KAYNAKLAR.....	96
EKLER.....	100
ÖZGEÇMİŞ.....	135

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

DM	: Diyabet Mellitus (Diyabet ya da Şeker hastalığı)
mg	: Miligram
dl	: Desilitre
IDF	: Uluslararası Diyabet Federasyonu (International Diabetes Federation)
Mmol	: Milimol
l	: Litre
AKŞ	: Açlık kan şekeri
OGTT	: Oral glikoz tolerans testi
IDDM	: Insulin Dependent Diabetes Mellituse (İnsüline Bağımlı Diyabet)
ADD	: Amerikan Diyabet Derneği
HbA1c	: Glikozlu Hemoglobin
dl	: Desi litre
mg	: Mili gram
YSA	: Yapay sinir ağları

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	Diyabet teşhisi referans değerleri.....	6
Şekil 2.2.	Ter bezi ve deri fizyolojisi.....	8
Şekil 3.1.	Tüplerin sisteme giriş ünitesi.....	11
Şekil 3.2.	Tüplerin barkotlarının okunması.....	11
Şekil 3.3.	Hatalı barkotlu tüplerin sistemden çıkartılması.....	11
Şekil 3.4.	Tüp kapaklarının kontrolü.....	12
Şekil 3.5.	Tüplerin santrifüje yerleştirilmesi.....	12
Şekil 3.6.	Santrifüjden çıkan tüplerin kapaklarının açılması.....	13
Şekil 3.7.	Kan glikoz değerlerinin hesaplandığı cihaz.....	13
Şekil 3.8.	Kalibratörlere.....	14
Şekil 3.9.	Reaktörlerin cihaza yerleştirilmesi.....	14
Şekil 3.10.	Numunelerin konulduğu küvetler.....	15
Şekil 3.11.	Tahlil işlemleri tamamlanan tüplerin toplandığı cihaz.....	15
Şekil 3.12.	HbA1c ölçüm cihazı.....	16
Şekil 3.13.	HbA1c cihazı kalibratörleri.....	16
Şekil 3.14.	HbA1c cihazı test kimyasalları.....	17
Şekil 3.15.	Delme aparatları.....	19
Şekil 3.16.	Örnekleme çubukları.....	19
Şekil 3.17.	Ölçüm ve gösterge ünitesi.....	20
Şekil 4.1.	Ölçüm düzeneği.....	22
Şekil 4.2.	Örnekleme aparatı ve içerisindeki Nem-Sıcaklık sensörü.....	23
Şekil 4.3.	Ara yüz programı sistem ayarları.....	23
Şekil 4.4.	Ara yüz programı veri kayıt ayarları.....	24
Şekil 4.5.	Ölçülen nem değerlerinin sistem monitöründe gösterimi.....	24
Şekil 4.6.	Exel çalışma dosyasında kaydedilen veriler.....	26
Şekil 4.7.	Ölçülen sol ve sağ avuç içi nem değerleri.....	27

Şekil 4.8.	Nem değerlerinin ölçülmesi.....	27
Şekil 4.9.	Ter eğimi.....	29
Şekil 4.10.	Ter eğim öznitelikleri.....	30
Şekil 5.1.	YSA modeli.....	36
Şekil 5.2.	Lineer (doğrusal) fonksiyon.....	38
Şekil 5.3.	Tek kutuplu basamak (unipolar step) fonksiyon.....	38
Şekil 5.4.	Çift kutuplu basamak (bipolar step) fonksiyon.....	39
Şekil 5.5.	Parçalı doğrusal (piecewise lineer) foknsiyon.....	39
Şekil 5.6.	Tek kutuplu (sigmoid) foknsiyon.....	39
Şekil 5.7.	Çift kutuplu (sigmoid) fonksiyon.....	40
Şekil 5.8.	Radyal temelli (radial basis) fonksiyon.....	40
Şekil 5.9.	Çok katmanlı YSA modeli.....	42
Şekil 5.10.	Temel bir geri yayılımlı ileri beslemeli YSA hücresi.....	43
Şekil 5.11.	Lo-sigmoid transfer fonksiyonu.....	43
Şekil 5.12.	Tan-sigmoid transfer fonksiyonu.....	44
Şekil 5.13.	Lineer transfer fonksiyonu.....	44
Şekil 5.14.	Tek katmanlı geri yayılımlı ileri beslemeli ağ yapısı.....	45
Şekil 5.15.	Tek katmanlı geri yayımlı ileri beslemeli ağ katman diyagramı...	45
Şekil 5.16.	İki katmanlı geri yayılımlı ileri beslemeli ağ.....	46
Şekil 5.17.	Radyal temelli YSA yapısı.....	47
Şekil 5.18.	Tipik gaus fonksiyonu ve lojistik fonksiyon.....	47
Şekil 5.19.	Radyal temelli ağ hücresi.....	48
Şekil 5.20.	Radbas transfer fonsiyonu.....	48
Şekil 5.21.	Olasılıksal YSA yapısı.....	49
Şekil 5.22.	Olasılıksal YSA blok diyagramı.....	50
Şekil 5.23.	Elman YSA blok diyagramı.....	51
Şekil 6.1.	Giriş öznitelikler ve çıkış kan glikoz değeri.....	55
Şekil 6.2.	Giriş öznitelikler ve çıkış HbA1c değeri.....	56
Şekil 6.3.	Giriş ter eğim özniteliklerinin kombinasyonları ve çıkış kan glikoz değeri.....	57
Şekil 6.4.	Giriş ter eğim özniteliklerinin kombinasyonları ve çıkış HbA1c.değeri.....	57
Şekil 6.5.	Giriş ter eğim öznitelikleri ile hastalık, cinsiyet ve yaş	

	kombinasyonları ve çıkış kan glikoz değeri.....	58
Şekil 6.6.	Giriş ter eğim öznitelikleri ile hastalık, cinsiyet ve yaş kombinasyonları ve çıkış HbA1c değerleri.....	58
Şekil 6.7.	Giriş fark öznitelikleri ile 1. , 2. , 3. ve ardışık ter eğim özniteliklerinin kombinasyonları ile çıkış kan glikoz değeri.....	59
Şekil 6.8.	Giriş fark öznitelikleri ile 1. , 2. , 3. ve ardışık ter eğim özniteliklerinin kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri.....	60
Şekil 6.9.	Giriş Fark öznitelikleri, 1. ter eğim özniteliği ile cinsiyet, yaş ve hastalıklar kombinasyonları ile çıkış kan glikoz değeri.....	60
Şekil 6.10.	Giriş Fark öznitelikleri, 1. ter eğim özniteliği ile cinsiyet, yaş ve hastalıklar kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri.....	61
Şekil 6.11.	Radbas temelli YSA'nın gösterimi.....	63
Şekil 6.12.	Giriş öznitelikler ve çıkış kan glikoz değeri.....	65
Şekil 6.13.	Giriş öznitelikler ve çıkış HbA1c değeri.....	65
Şekil 6.14.	Giriş ter eğim özniteliklerinin kombinasyonları ve çıkış kan glikoz değeri.....	66
Şekil 6.15.	Giriş ter eğim özniteliklerinin kombinasyonları ve çıkış HbA1c değeri.....	66
Şekil 6.16.	Giriş ter eğim öznitelikleri ile hastalık, cinsiyet ve yaş kombinasyonları ve çıkış kan glikoz değeri.....	67
Şekil 6.17.	Giriş ter eğim öznitelikleri ile hastalık, cinsiyet ve yaş kombinasyonları ve çıkış HbA1c değerleri.....	68
Şekil 6.18.	Giriş fark öznitelikleri ile 1. , 2. , 3. ve ardışık ter eğim özniteliklerinin kombinasyonları ile çıkış kan glikoz değeri.....	68
Şekil 6.19.	Giriş fark öznitelikleri ile 1. , 2. , 3. ve ardışık ter eğim özniteliklerinin kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri.....	69
Şekil 6.20.	Giriş Fark öznitelikleri, 1. ter eğim özniteliği ile cinsiyet, yaş ve hastalıklar kombinasyonları ile çıkış kan glikoz değeri.....	69
Şekil 6.21.	Giriş Fark öznitelikleri, 1. ter eğim özniteliği ile cinsiyet, yaş ve hastalıklar kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri.....	70
Şekil 6.22.	Giriş öznitelikler ve çıkış kan glikoz değeri.....	73
Şekil 6.23.	Giriş öznitelikler ve çıkış HbA1c değeri.....	74
Şekil 6.24.	Giriş ter eğim özniteliklerinin kombinasyonları ve çıkış kan	

	glikoz değeri.....	74
Şekil 6.25.	Giriş ter eğim özniteliklerinin kombinasyonları ve çıkış HbA1c.değeri.....	75
Şekil 6.26.	Giriş ter eğim öznitelikleri ile hastalık, cinsiyet ve yaş kombinasyonları ve çıkış kan glikoz değeri.....	75
Şekil 6.27.	Giriş ter eğim öznitelikleri ile hastalık, cinsiyet ve yaş kombinasyonları ve çıkış HbA1c değerleri.....	76
Şekil 6.28.	Giriş fark öznitelikleri ile 1. , 2. , 3. ve ardışık ter eğim özniteliklerinin kombinasyonları ile çıkış kan glikoz değeri.....	76
Şekil 6.29.	Giriş fark öznitelikleri ile 1. , 2. , 3. ve ardışık ter eğim özniteliklerinin kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri.....	77
Şekil 6.30.	Giriş Fark öznitelikleri, 1. ter eğim özniteliği ile cinsiyet, yaş ve hastalıklar kombinasyonları ile çıkış kan glikoz değeri.....	77
Şekil 6.31.	Giriş Fark öznitelikleri, 1. ter eğim özniteliği ile cinsiyet, yaş ve hastalıklar kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri.....	78
Şekil 6.32.	Giriş öznitelikler ve çıkış kan glikoz değeri.....	81
Şekil 6.33.	Giriş öznitelikler ve çıkış HbA1c değeri.....	82
Şekil 6.34.	Giriş ter eğim özniteliklerinin kombinasyonları ve çıkış kan glikoz değeri.....	82
Şekil 6.35.	Giriş ter eğim özniteliklerinin kombinasyonları ve çıkış HbA1c.değeri.....	83
Şekil 6.36.	Giriş ter eğim öznitelikleri ile hastalık, cinsiyet ve yaş kombinasyonları ve çıkış kan glikoz değeri.....	83
Şekil 6.37.	Giriş ter eğim öznitelikleri ile hastalık, cinsiyet ve yaş kombinasyonları ve çıkış HbA1c değerleri.....	84
Şekil 6.38.	Giriş fark öznitelikleri ile 1. , 2. , 3. ve ardışık ter eğim özniteliklerinin kombinasyonları ile çıkış kan glikoz değeri.....	85
Şekil 6.39.	Giriş fark öznitelikleri ile 1. , 2. , 3. ve ardışık ter eğim özniteliklerinin kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri.....	85
Şekil 6.40.	Giriş Fark öznitelikleri, 1. ter eğim özniteliği ile cinsiyet, yaş ve hastalıklar kombinasyonları ile çıkış kan glikoz değeri.....	86
Şekil 6.41.	Giriş Fark öznitelikleri, 1. ter eğim özniteliği ile cinsiyet, yaş ve hastalıklar kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri.....	86

Şekil 6.42.	Fark öznitelikleri ile kan glikoz değerinin farklı YSA yapıları ile belirlenmesi.....	89
Şekil 6.43.	Fark öznitelikleri ile HbA1c parametresinin farklı YSA yapıları ile belirlenmesi.....	89
Şekil 6.44.	Fark öznitelikleri ve 1. tekli eğitim özniteliği ile kan glikoz değerinin farklı YSA yapıları ile belirlenmesi.....	90
Şekil 6.45.	Fark öznitelikleri ve 1. tekli eğitim özniteliği ile kan glikoz değerinin farklı YSA yapıları ile belirlenmesi.....	90
Şekil 8.1.	Deneklerin yaş dağılımı.....	94
Şekil 8.2.	Verilerin AKŞ dağılımı.....	95
Şekil 8.3.	Verilerde HbA1c dağılımı.....	95

TABLULAR LİSTESİ

Şekil 4.1.	Avuç içi nem değerlerinin ölçüm aşamaları.....	25
Şekil 6.1.	Biyokimya laboratuvarı AKŞ sonuçlarının sınıflandırılma kriterleri.....	54
Şekil 6.2.	Biyokimya laboratuvarı HbA1c sonuçlarının sınıflandırılma kriterleri.....	54
Şekil 6.3.	Olasılıksal YSA uygulaması sonuçları.....	61
Şekil 6.4.	Radyal temelli YSA uygulaması sonuçları.....	70
Şekil 6.5.	İleri beslemeli çok katmanlı YSA uygulaması sonuçları.....	78
Şekil 6.6.	Elman YSA uygulaması sonuçları.....	87

ÖZET

Anahtar kelimeler: Avuç içi Terleme, HbA1C, Kan Glikoz, diyabet, YSA

Günümüzde hızla artan diyabet hastalığının kontrol edilmesi önem arz etmektedir. Yetişkinlerin yanı sıra çocukların da diyabet olma oranları gün geçtikçe artmaktadır. Diyabet hastalarının düzenli olarak kan glikoz (Şeker) ve HbA1c değerlerini kontrol etmeleri gerekmektedir. Bu kontroller, mevcut tekniklerle deriye zarar vererek tek kullanımlık örnek alan invaziv teknikler ile gerçekleştirilirken hastalara acı ve eziyet vermektedir.

Bu çalışmada, vücuda zarar vermeyen invaziv olmayan teknik kullanılarak avuç içi terleme ölçümlerin alınabileceği bir sistem geliştirilerek kan Glikoz ve HbA1c değerlerinin Olasılıksal Yapay Sinir Ağı, Elman Yapay Sinir Ağı, İleri Beslemeli Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağı ve Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağı yapıları ile karşılaştırmalı incelenmiştir. Sonuç olarak, en iyi performans; Fark öznitelikleri ve 1. tekli eğim özniteliği parametreleri kullanımı sayesinde kan glikoz değeri % 24.4 ve HbA1c değeri ise % 14.9 hatayla Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağı kullanılarak tahmin edilebilmiştir.

DETECTION OF THE BLOOD GLUCOSE AND HBA1C FROM PALM PERSPIRATION BY USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

SUMMARY

Key Words: Palm Perspiration, Blood Glucose, HbA1c, ANN

It has a vital importance to control diabetes disease. Together with matures, disease rates of children is also increasing. Patients have to monitor blood glucose and HbA1c rates regularly. These monitoring needed to be done quick and sterilized. But also pain of patient during these monitoring should be prevented. Shortly, a technique which is not invasive should be used.

In this study, it is tried to develop a non-invasive technique and a suitable parameter to the method. Palm perspiration is measured and by calculating various parameters and by using different ANN structures blood glucose and HbA1c rates are tried to be determined. In this study, it is showed how to determine blood glucose and HbA1c rates. As a conclusion; best results are obtained by using difference attributes and 1. monoslope parameters, with Radial Bases artificial Neural Network which indicates an error rate of 24.4% for blood glucose and 14.9% for HbA1c.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Tıp literatüründe Diyabet Mellitus (DM) olarak bilinen hastalık halk arasında diyabet ya da şeker hastalığı olarak bilinmektedir. Vücudun yeterli miktarda insülin üretememesi ya da vücudun insüline karşı direnç göstermesi sonucu DM hastalığı oluşmaktadır. DM, hiperglisemi (yüksek kan/plazma glikoz seviyesi) olarak tanımlanan bir metabolizma bozukluğudur. DM tanımının konulabilmesi için, kan/plazma glikoz düzeyinin 200 mg/dl'den büyük olması yeterlidir [1]. Yapılan çalışmalarda, 2030 yılında diyabetli hasta sayısının dünya genelinde 366 milyona ulaşacağı tahmin edilmektedir [2]. Dünya nüfusunun giderek yaşlanması ve insanların aşırı kilo alması (obezite) diyabet epidemisinin ana sebebi olarak görülmektedir [3]. 20 – 79 yaş aralığındaki insanlar üzerinde yapılan araştırmalarda, insanların %6'sının diyabet hastası olduğu görülmüştür [4]. Dünya'da her yıl 3,8 milyon civarında insanın, diyabet ve diyabetin sebep olduğu hastalıklardan öldüğü tespit edilmiştir [5]. Ülkemizde yapılan araştırmalarda ise nüfusun %7,2 'sinin diyabet hastası olduğu tespit edilmiştir [6]. Diyabet hastaları sürekli olarak kan şekerlerini kontrol etmeleri gerektiğinden sık sık kan vermek zorunda kalmaktadırlar. Bu işlem ise diyabet hastaları için rahatsızlık ve eziyet vermektedir.

Glikoz insan vücudu için temel enerji kaynağı olmakla beraber, sağlık açısından kan içindeki oranın belirli bir aralıkta olması gerekmektedir. Yapılan araştırmalar ile kan glikoz referans aralıkları güncellenmektedir. Sağlıklı kişilerde Açlık Kan Şekeri (AKŞ) seviyesi < 100 mg/dl (5,6 mmol/l) olmalıdır. AKŞ'nin 100 – 125 mg/dl (5,6 – 6,9 mmol/l) değerleri arası olması kişinin diyabet riski taşıdığını gösterir. AKŞ > 126 mg/dl (7,0 mmol/l) olduğunda diyabet hastalığının tanısı konulmuş olur [7,8]. AKŞ olarak ölçülen değer anlık kan glikoz oranı, HbA1c olarak analizi yapılan değer ise kandaki glikoz oranının son 3-4 aylık dönemdeki değeri hakkında bilgi verir [9].

Hypoglycemia, kandaki glikoz oranının olması gereken seviyenin altında olmasıdır ve vücutta dengesizliğe, koma oluşmasına ve hatta ölümlere sebep olabilmektedir. Hyperglycemia ise sınır değerin aşılması ile ortaya çıkmaktadır. Hyperglycemia, körlüğe, sinir sistemi ve böbrek rahatsızlıklarına, kalp hastalıkları, kalp krizi ve doğum kusurlarına sebep olabilmektedir [10].

Kandaki glikoz değeri iki şekilde ölçülmektedir; “invaziv” ve “invaziv olmayan” yöntemler [11]. Deriye zarar vererek tek kullanımlık örnek (kan) alınması tekniğinin uygulandığı sistemler invaziv sistemlerdir. Deriye zarar vermeden örnek alınan teknikler ise invaziv olmayan sistemlerdir. İnvaziv olmayan sistemlerde en çok ter, tükürük ve nefes parametreleri kullanılmaktadır [13, 14]. Sağlık açısından riskler taşımadığından invaziv olmayan sistemlerin kullanılması talep edilmektedir [12].

Ter verisi kullanılarak yapılan çalışmalar arasında; kandaki etanol (ethanol) oranının tespit edilmesi [12], aktif ter bezlerinin gözlenerek terleme oranın ölçülmesiyle insanların heyecandan kaynaklanan streslerinin sınıflandırılması [13, 19] ve ter testi ile (gas chromatography – mass specturometry kullanılarak) uyuşturucu tespiti bulunmaktadır [16].

Son yıllarda yapılan çalışmalarda, terleme ve hastalıklar arasındaki ilişki açıkça görülmektedir [15, 18]. Nem sensörü, az terleyen hastaların avuç içi terlemelerinin görüntülenmesinde kullanılmaktadır [17]. Diğer bir çalışmada, iki taraflı bademcik rahatsızlığının terleme üzerine etkileri araştırılmıştır [18]. Ter salgılama oranı, terleme hızı ve terdeki kimyasallar hastalık ve vücuttaki değişimlerin belirlemesine yardımcı olmaktadır. Bu kapsamda, terleme ile ilgili çok sayıda araştırma yapılmıştır [12, 19, 20, 21, 22, 28].

Terlemeyi etkileyen faktörler incelendiğinde şeker hastalığı, hipoglisemi, diyabetik nöropati ve insülin gibi etkenlerin varlığı görülmektedir. Ter bezleri kandaki kimyasallar veya sinir sistemleri ile kontrol edilmektedir. Sadece ayak altlarındaki ve avuç içlerindeki ter bezleri hem kandaki, hem de sinir sistemi tarafından kontrol edilmektedir. Bu kontrol sisteminin işleyişi tam olarak çözülememiştir [18, 29].

Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beynindeki sinirlerin çalışmasını taklit ederek zor modellenen ilişkilere rahatlıkla uygulanmaktadır. YSA'ların uygulama alanları gün geçtikçe artmaktadır. YSA modelleri dayandıkları temellere ve uygulandıkları alanlara göre farklılıklar göstermektedir.

Diyabet hastaları kanlarındaki şeker oranını kontrol etmeleri gerekmektedir. Kan şekeri değerinin yüksek olması hayati tehlike riski de doğurabilecek çeşitli rahatsızlıklara sebebiyet verebilmektedir. Günümüzde kan şekeri ölçümü invaziv sistemler ile yapıldığından diyabet hastaları sıklıkla kan örneği vermek zorunda kalmaktadır. Bu durum ise diyabet hastalarına rahatsızlık vermektedir. Bu sebeple, invaziv olmayan yöntemler kullanarak kan şekerinin tespit edilmesi çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalarda, deri empedansı, derinin optik özellikleri, gözün optik özellikleri, ter ve tükürüğün kimyasal özellikleri kullanılmıştır [30]. Bu çalışmada ise avuç içi terleme verileri ile kan glikoz ve HbA1c parametrelerinin değerleri invaziv olmayan bir yöntem ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışma, diyabet hastalarının kan şekerlerini kendi kendilerine sürekli olarak rahatsızlık duymadan ve konforlu bir şekilde tespit edebilecekleri bir sistemin geliştirilmesine temel olarak gerçekleştirilmiştir.

109E234 numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında gerçekleştirilen bu çalışmada, nem sensörü ile alınan veriler kullanılarak kan glikozu ve HbA1c değerleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Avuç içi terlemesi ölçülürken nem-sıcaklık sensörü içeren Lutron HD-3008 cihazı kullanılmıştır. Avuç içi terlemesinden elde edilen giriş parametreleri; eğim öznitelikleri ve fark öznitelikleri olmak üzere iki gruptan oluşmaktadır. Aynı zamanda deneklerin yaş, boy, kilo, cinsiyet, hastalıkları, ilaç kullanıp kullanmadıkları ve tansiyonları gibi bilgileri de toplanarak giriş parametresi olarak kullanılmıştır. Elde edilen bu giriş parametreleri kullanılarak kan glikoz ve HbA1c değerleri Yapay Sinir Ağları ile tespit edilmeye çalışılmıştır. Deneklerin Açlık kan glikozu ve HbA1c değerleri olarak biyokimya laboratuvarı test sonuçları dikkate alınmıştır. Bu çalışmada, Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi İbn-i Sina Hastanesi Endokrinoloji Polikliniğine gelen 221 kişiden alınan avuç içi terleme verileri kullanılmıştır.

BÖLÜM 2. KANDAKİ GLİKOZ VE HbA1c PARAMETRELERİ VE TERLEME

Diyabet hastalığı, gün geçtikçe yaygınlaşarak günümüzün en büyük sağlık sorunlarından biri haline gelmektedir. Bu hastalığa yakalanan insanlar önlem alınmadığı takdirde çok büyük sağlık sorunlarına maruz kalabilmektedirler. Bu alanda yapılan çalışmalar diyabet hastalarının yaşam standartlarının yükseltilmesini amaçlamaktadır. Bu çalışmada, açlık kan şekeri ve HbA1c değerlerinin kan vermeden ölçülmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla, avuç içi terlemesi ve diğer parametrelerden yola çıkarak YSA'ların kullanılması ile kandaki glikoz ve HbA1c değerlerinin belirlenmesine çalışılmıştır.

Bu bölümde, şeker hastalığının biyokimyasal yönü, hastalığın teşhisinde göz önünde bulundurulmuş kriterler ve terleme oluşumu anlatılacaktır.

2.1. Şeker Hastalığı (Diabetes Mellitus)

Diabetes Mellitus (DM) genellikle diyabet ya da şeker hastalığı olarak bilinen hastalığın tıp literatüründeki adıdır. DM, insülin eksikliği ya da insüline karşı direnç nedeniyle oluşan ve hiperglisemi (yüksek kan/plazma glikoz seviyesi) ile karakterize edilen bir metabolizma bozukluğudur. Rastgele ölçümlerde, kan/plazma glikoz düzeyinin 200 mg/dl 'den yüksek olduğunun bir kez saptanması DM tanısı için yeterlidir [1].

Dünyada diyabetli hasta sayısının, 2030 yılında 366 milyona ulaşacağı tahmin edilmektedir [2]. Nüfusun yaşlanması ve obezitenin artmasının diyabet epidemisinin artmasının başlıca nedeni olduğu düşünülmektedir [3]. 2007 'de Uluslar arası Diyabet Federasyonu (IDF) üye ülkelerinde yine IDF'nun yapmış olduğu bir araştırmaya göre 20 -79 yaş aralığındaki insanlardan %6 'sında diyabet hastalığı olduğu tespit edilmiştir [4]. Diyabetle ilişkili nedenlere bağlı olarak, dünyada her yıl 3,8 milyon

ölüm gerçekleşmektedir [5]. Türkiye genelinde diyabetli hasta oranı %7,2 olarak tespit edilmiştir [6].

Yediğimiz besinler vücudumuzun enerji ihtiyacını karşılamak için glikoza dönüştürülürler. Glikoz, midemizin arkasında yer alan pankreasın salgıladığı insülin hormonu ile hücreler tarafından alınarak enerji olarak kullanılmaktadır. Eğer glikoz miktarı vücudun ihtiyacından fazla alınır, karaciğer tarafından yağ olarak depolanır [31].

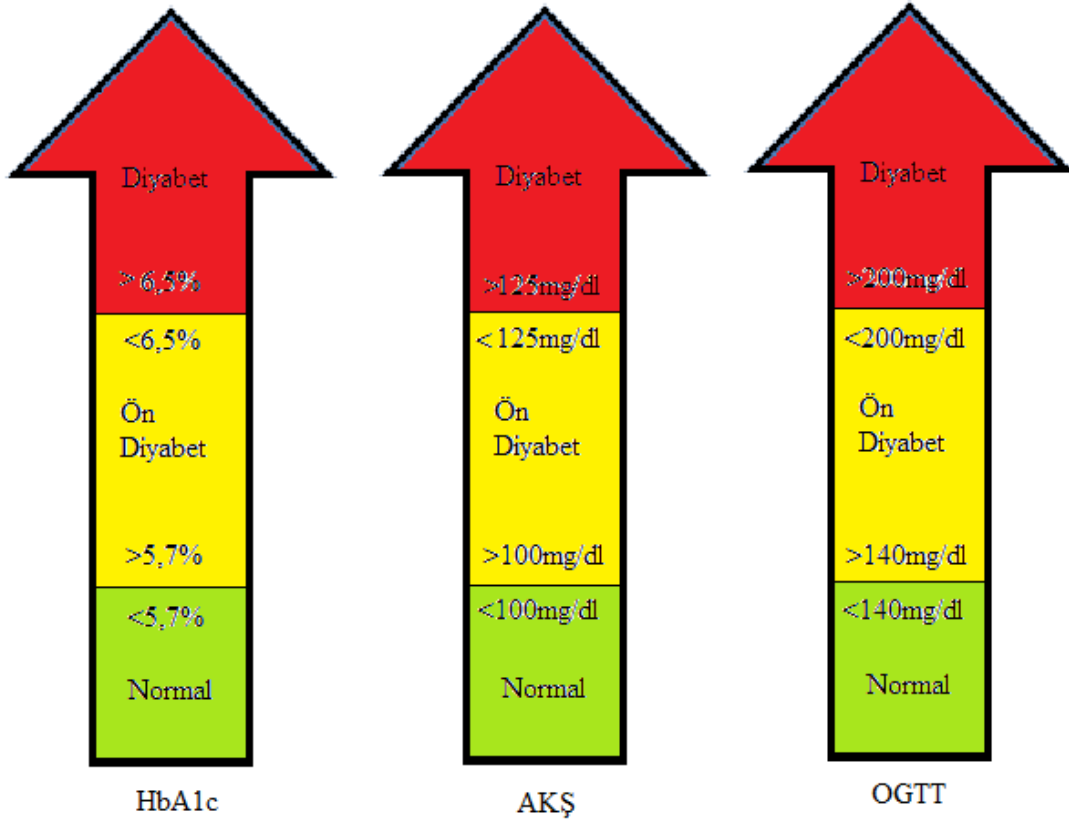
Diyabetin başlıca belirtileri:

1. Yorgunluk ve halsizlik,
2. Aşırı susama ve ağız kuruluğu,
3. Sık idrara çıkma,
4. Aşırı yeme ve ani kilo kaybı,
5. Sürekli açlık hissi,
6. Genital bölgede mantar enfeksiyonu veya kaşıntı,
7. Yavaş iyileşen yaralar,
8. Tekrarlayan görme bozukluğu,
9. Tekrarlayan enfeksiyonlar.

İnsan vücudu için temel enerji kaynağı olan glikozun, kan dolaşımındaki miktarının sabit limitler arasında tutulması önemlidir. Her geçen yıl yapılan araştırmalar ile kan glikoz referans aralıkları güncellenmektedir. Sağlıklı kişilerde, açlık kan şekeri (AKŞ) seviyesi < 100 mg/dl (5,7 mmol/l) olmalıdır. Eğer su seviye 100 – 125 mg/dl (5,7 – 6,5 mmol/l) değerleri arasında ise diyabet riski olduğunu gösterir. AKŞ > 125 mg/dl (6,5 mmol/l) olduğunda diyabetin ön tanısı konmuş olur (Şekil 2.1).

Hemoglobin, eritrositlerin ortalama 120 günlük yaşamı boyunca dolaşımındaki glikoz ile bağlanır ve bu glikozlu hemoglobine HbA1c denmektedir. Dolaşımındaki HbA1c değeri, son üç aylık ortalama kan/plazma şekeri ile orantılıdır. Dolayısıyla kan şekeri değeri, glikoz parametresi ile anlık olarak ölçülebilirken, HbA1c parametresi ile de kandaki glikozun son 3 veya 4 aylık seyri bilinebilmektedir. Amerikan diyabet derneği (American Diabetes Association) ve Uluslararası Diyabet Federasyonu (IDF)

HbA1c'nin sınır değerini %6,5 olarak açıklamıştır. OGTT'de glikoz bakımından zengin sıvı aldıktan 2 saat sonraki kan şekeri değeri önemlidir. İki saat sonraki kan şekeri değeri lum 140 – 199 mg/dl ise gizli şeker, 200 mg/dl veya daha yüksek ise diyabet tanısı konulur[31, 32].



şekil 2.1. Diyabet teşhisi referans değerleri

Diyabet hastalığı temel olarak iki tiptir:

Tip 1 diyabet; pankreasta bulunan ve insülin üreten beta hücrelerinin zedelenmesi ile meydana gelmektedir. Hastalara, mutlak veya göreceli bir insülin yetersizliği olduğundan ömür boyu insülin hormonunu dışarıdan (enjeksiyon yoluyla) almak zorundadırlar. Bu nedenle, Tip 1 diyabet, İnsüline Bağımlı Diyabet (Insulin Dependent Diabetes Mellituse = IDDM) olarak da isimlendirilmektedir. Genel olarak toplumdaki diyabet vakalarının %10'unu Tip 1 diyabet vakaları oluşurmaktadır.

Tip 2 diyabet; genellikle 40 yaşın üzerindeki kişilerde görülen diyabet tipidir. Pankreasın yeterli miktarda insülin salgılayamaması veya salgılanan insülin yeteri

derecede kullanılmaması nedeniyle kan şekerinin yükselmesi durumudur. Bu tip diyabetiklerde rahatsızlık uzun yıllar klinik olarak belirti vermeyebilir. Yaşamın ileriki yıllarında meydana gelen bir enfeksiyon, stres, ameliyat, gebelik ya da fazla kilo alınması azalmış olan beta hücre rezervinin daha da düşmesine neden olarak diyabet hastalığını ortaya çıkarabilmektedir. Tip 2 diyabet olan hastalarda pankreas insülin üretir fakat etkili olarak kullanılamaz. Tip 2 diyabetin görülme olasılığı daha yüksek olmakta beraber diyabetlilerin %90'ını oluşturmaktadır [31].

2.2. Terleme

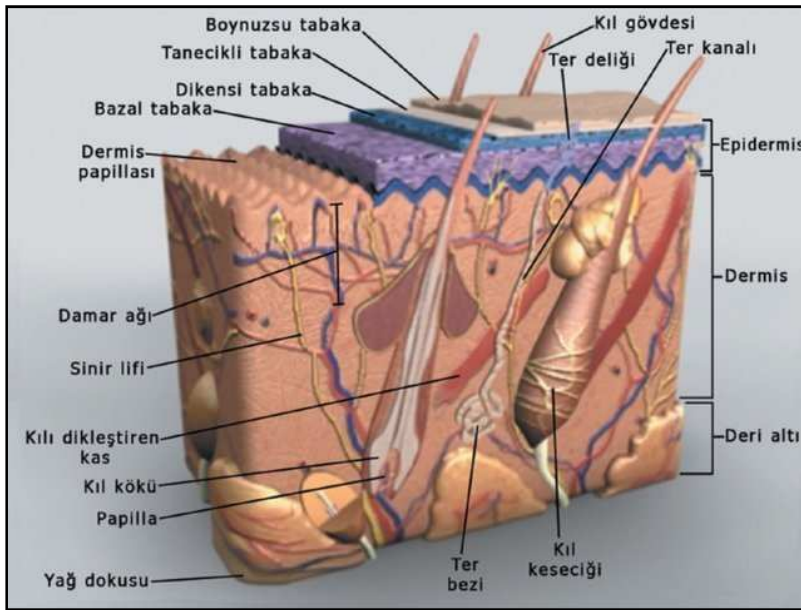
Ter, % 98-99,5'i su olan, özel kokulu, normal olarak renksiz, çok az yoğun bir eriyiktir. Yapısında klorürler, sodyum, potasyum, fosfatlar, sülfatlar, organik maddeler, üre, amonyak, ürik asit, laktik asit, yağ asitleri ve glikoz bulunur. Bileşimi beslenme biçimine göre değişir. Çeşitli vitaminlerin, özellikle B ve C grubu vitaminlerin dışarı atılmasında normal bir yol olarak iş görür. Şiddetli ısı altında ter bezleri günde 10 litreye kadar salgılayabilmektedir. Normal terleme oranı 0.5-1 ml/dak.'dır[24]. Ter deriden, ter bezleri tarafından salgılanır. Ter bezlerinin aynı anda %5'i aktiftir. İnsan vücudunda, erkin ve epokrin olmak üzere iki tip ter bezi bulunmaktadır. Terleme genellikle erkin ter bezleri tarafından salgılanmakta olup vücut ısısı için regülatör görevi görmektedir [23].

Ter bezleri, mukozalar ve yarı mukozalar dışında derimizin her tarafında yaygın olarak bulunmaktadır. En yoğun olarak ayak tabanları (620 ± 20 cm²), alın (360 ± 60 cm²), avuç içi (300 ± 50 cm²), yanaklarda (320 ± 60 cm²), en seyrek olarak da sırtta (65 ± 20 cm²), skrotum ve kalçalarda bulunurlar. Erişkin bir kişide yaklaşık 2-5 milyon arası ter bezi vardır ve yoğunluk kişiden kişiye, ırklara göre değişebilir. Yeni doğan bebekte, erişkinle eşit sayıda ter bezi vardır. Fakat alan dar olduğu için yoğunluk fazladır ve görev yapamazlar, doğumdan birkaç hafta sonra çalışmaya başlarlar [18, 29].

Terlemenin başlıca faydaları;

- a) Ter bezlerinin yaydığı sıvı, vücuttan atıldıktan sonra buharlaşmaktadır. Böylece vücudun, aşırı sıcaklarda ısı dengesini korunur. Yani, cildi nemlendirip, vücut ısısını sabitler.
- b) İnsan vücudundaki üre, ürik asit, tuz ve diğer zararlı maddeler terleme yoluyla dışarı atılır. Bu şekilde, vücudun boşaltım sistemine katkıda bulunur.

Terlemeyi, beyinde bulunan hipotalamusun ön kısmı kontrol eder. Terlemeye yol açan ve bu bölgeden çıkan uyarılar otonom sinir sistemi yolları ile ter bezlerinin uyarılmasını sağlarlar. Bununla birlikte ter bezleri kanda dolaşan epinefrin ve neropinefrin ile de uyarılabilirler. Ayaklar ve avuç içlerinde bulunan ter bezleri iki uyarı sistemi ile de uyarılabilmektedirler. Şekil 2.2’de görüldüğü gibi ter bezleri damarlar tarafından beslenmekte ve kan yolu ile uyarılmaları sağlanmaktadır.



Şekil 2.2. Ter bezi ve deri fizyolojisi

Terlemeyi etkileyen faktörler;

- a) Fizyolojik etkenler
- 1) Isı artışı
 - 2) Menopoz
 - 3) İdyopatik tatsal

- b) Semptomatik etkenler (hastalıklar sonucu oluşan değişimler);
- 1) Endokrinolojik: Hhiperpituitarizm, hipertiroidi, kilo artışı, diabetes mellitus (şeker hastalığı),
 - 2) Katekolamin yükselmesi: Hipoglisemi (kan şekerinin çok düşmesi), şok, feokromasitoma,
 - 3) Nörolojik bozukluklar: Karpal tünel, ensefalit, siringomiyeli, tabes dorsalis, orikülotemporal sendrom, diyabetik nöropati, hemipleji, sempatik sinir ve pleksus lezyonları,
 - 4) Kompansatuar hiperhidroz: Ross sendromu, diyabetik nöropati, miliaria, sempatik sinir lezyonları,
 - 5) Akson refleksi: Lokal ağrılı enflamatuar hastalıklar çevresi,
 - 6) Nevoid hastalık: Nevus sudoriferus,
 - 7) İlaçlar: Antipiretik, emetik, insülin, adrenerjik veya kolinerjik.
- c) İdyopatik etkenler (oluşumundan bir sebep gösterilemeyen)

Tıpta “invaziv” ve “invaziv olmayan” şeklinde iki tip kandaki glikoz değeri ölçüm tekniği bulunmaktadır [11]. İnvaziv sistemler deriye zarar verip tek kullanımlık aparatlarla kanın dışarı çıkarılması tekniğine dayanmaktadır. İnvaziv olmayan algılama için ter, tükürük, ve nefes en çok kullanılan parametrelerdir [13, 14]. Ter örneklerinin elde edilmesi diğer parametrelere nazaran daha kolay olmaktadır [13, 15, 16, 17]. Son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalarda, terleme ve hastalıklar arasındaki ilişki açıkça görülmektedir [15, 18]. Ter salgılama oranı, terleme hızı ve terdeki kimyasallar hastalık ve vücuttaki değişimlerin belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Bu kapsamda, terleme ile ilgili çok sayıda araştırma yapılmıştır [20, 21, 22, 27]. Yukarıdaki terlemeyi etkileyen etkenler incelendiği zaman, şeker hastalığı, hipoglisemi, diyabetik nöropati ve insülin gibi etkenler göze çarpmaktadır [21, 28, 29]. Bu çalışmada, avuç içi terleme miktarından kan glikoz ve HbA1c parametrelerinin Yapay Sinir Ağları (YSA) kullanılarak tespit edilmeye çalışılmıştır.

BÖLÜM 3. KANDAKİ GLİKOZ ve HbA1c PARAMETRELERİNİN MEVCUT TEKNİKLERLE ÖLÇÜMÜ

Diyabet hastalarının kan şekerlerinin kontrol altında tutulabilmesi için kan glikoz değerlerinin periyodik olarak ölçülmesi gerekmektedir. Bu ölçümler sonucuna göre ilaçlarını ne sıklıkta ve hangi dozda almaları gerektiği belirlenmektedir.

Kan glikoz ve HbA1c değerleri hastanelerde biyokimya laboratuvarlarında ölçülmektedir. Diyabet hastaları kan glikoz değerlerini kendileri de kontrol edebilmektedir.

3.1. Biyokimya Laboratuvarı Ölçümü

Kan glikoz ve HbA1c değerleri klinik olarak biyokimya laboratuvarlarında otomatik cihazlar ile ölçümleri yapılmaktadır.

3.1.1. Kan glikoz ölçümü

Hastalardan alınan kan örnekleri tüpler içerisinde biyokimya laboratuvarına gelmektedir. Tüm kan örneği tüplerin üzerlerinde kan alma birimi tarafında verilen barkotları bulunmaktadır. Laboratuvarda örneklere el değmeden tamamen otomatik olarak ölçümler yapılmaktadır. Örnek tüpler Şekil 3.1'de görülen cihaz ile sisteme giriş yapmaktadır. Şekil 3.2'de görüldüğü gibi tüplerin barkotları kontrol edilmekte ve Şekil 3.3'de görüldüğü gibi hatalı tüpler kolları vasıtası ile sisteme girmeden incelenmek üzere otomatik olarak ayrılmaktadır.



Şekil 3.1. Tüplerin sisteme giriş ünitesi



Şekil 3.2. Tüplerin barkotlarının okunması



Şekil 3.3. Hatalı barkotlu tüplerin sistemden çıkartılması

Sisteme analizleri yapılmak üzere giren kan örneklerinin içinde bulunduğu tüpler Şekil 3.4’de görüldüğü gibi kapaklarının kapalı olup olmadıkları kontrol edilmektedir.



Şekil 3.4. Tüp kapaklarının kontrolü

Barkot ve kapak kontrolleri yapılarak sisteme girişine onay verilen tüpler Şekil 3.5’te görülen santrifüje konularak dakikada 3500 devirde döndürülmektedir. Bu sayede merkezkaç kuvveti ile kanın içindeki şekilli kısım ile serum ayrılmaktadır. Şekilli kısmını hemoglobin, lenfosit, fibrinojen ve albümin oluşturmaktadır. Serum (Plazma) kısmı kanın %50 ile %60 ‘nı oluşturmaktadır. Biyokimya analizleri kan örneğinden elde edilen serum kısmı kullanılarak yapılmaktadır.



Şekil 3.5. Tüplerin Santrifüje yerleştirilmesi

Santrifüjden şekilli ve serumlu kısımları ayrımlı olarak çıkan tüpler, tüp kapağı açma cihazına Şekil 3.6’de görüldüğü gibi giriş yapılmaktadır. Kapakları açılmış olarak buradan çıkan tüpler, yapılacakları tahlillere göre ilgili cihazlara yönlendirilir. Açlık

kan glikoz değerinin analizinin yapıldığı otoanalizör cihazı Şekil 3.7’da görölmektedir.



Şekil 3.6. Santrifüjden çıkan tüplerin kapaklarının açılması



Şekil 3.7. Kan glikoz tahlillerinin yapıldığı Beckman Coulter marka Unicel DxC 800 model cihaz

Otoanalizör cihazı her gün düzenli olarak kalibratör ile kalibre edilmektedir ve iki farklı seviyede test edilmektedir. Cihazın her gün kalibrasyonu yapılırken kullanılan kalibratörler Şekil 3.8’de gösterilmiştir. Cihazın analizleri yaparken referans olarak kullandığı reaktörler şekil 3.9’de görölmektedir.



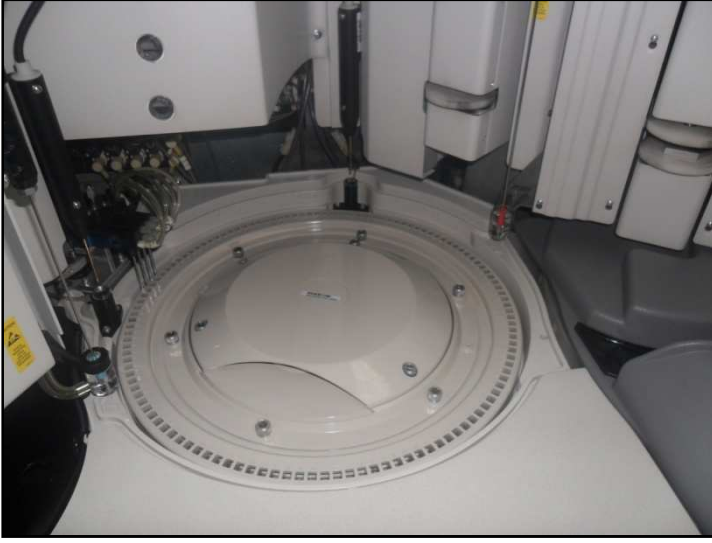
Şekil 3.8. Kalibratörler



Şekil 3.9. Reaktörlerin cihaza yerleştirilmesi

Şekil 3.10'de görülmekte olan küvetlere örneklerden numuneler reaktör ucu ile alınmakta ve ilgili reaktör ile karıştırılmaktadır. Kan glikoz analizi, optik ölçüm ile renk değişimine bakılarak bulunmaktadır.

Analizleri yapılarak işlevi biten tüpler Şekil 3.11'de görülen toplama cihazında biriktirilmektedir. Tekrar çalışılması gereken tüpler ise farklı bir cihazda biriktirilmektedir.



Şekil 3.10. Numunelerin konulduğu küvetler



Şekil 3.11. Tahlil işlemleri tamamlanan tüplerin toplandığı cihaz

Biyokimya laboratuvarı analiz sonuçları, otomatik olarak bilgisayar ortamında merkezi yazılıma aktarılmaktadır. Sonuçlar hastalara çıktı olarak verilmekte ve aynı zamanda doktorların hastaları ile ilgili tahlil sonuçlarına bilgisayar ortamında elektronik olarak ulaşabilmelerine imkan sağlanmaktadır.

3.1.2. HbA1c ölçümü

Biyokimya laboratuvarına gelen kan örneklerinin bulunduğu tüpler Şekil 3.12’de görülmekte olan cihaz ile otomatik olarak tahlil edilerek HbA1c değerleri tespit edilmektedir.



Şekil 3.12. HbA1c ölçüm cihazı (Adams HA-8160)

Cihaz, tüplerdeki kan örnekleri ile doğrudan çalışmaktadır. Cihaz her ay Şekil 3.13’de görülmekte olan kalibratörler ile iki farklı seviyede kalibre edilmekte ve aynı zamanda Şekil 3.14’de görülen kimyasallar ile de iki farklı seviyede kalibrasyonun testi yapılmaktadır.



Şekil 3.13. HbA1c cihazı kalibratörleri



Şekil 3.14. HbA1c cihazı test kimyasalları

Ters-faz katyon değişim kromatografisi yöntemine dayanan HPLC (yüksek performanslı sıvı kromatografisi) cihazı ile dört farklı kimyasal kullanılarak HbA1c değeri tespit edilmeye çalışılmaktadır.

Biyokimya laboratuvarlarında kullanılan cihazların kalibrasyonu da çok önemlidir. Bu cihazların kalibrasyonlarının belirsizlikleri %5 civarındadır[33].

3.2. Kendi Kendine Ölçüm

Diyabette metabolik kontrolün sağlanması amacı ile diyabetlinin kendi kendine kan şekeri takibini yapması self monitoring veya home monitoring olarak tanımlanmaktadır. Diyabetik hastanın evde kendi kendine takip yapması kolay ve ucuz kan şekeri kontrolü sağlar. Hipoglisemi ve hiperglisemini ataklarının tespiti ve gerekli önlemlerin alınması, komplikasyonların erken tanısı ve gelişiminin geciktirilmesi veya önlenmesi açısından önemlidir. Diyet, egzersiz ve kan şekeri düzeyleri ile bağlantılı olarak hastanın eğitimine yardımcı olur, hastanede yatış sıklığını ve yatış süresini azaltır, daha esnek bir yaşam sürdürmesini sağlar. Kısa ve uzun dönemde, diyabetin takip ve tedavi maliyetini azaltmaktadır.

Evde kendi kendine kontrolünü yapan diyabetli görsel yöntemle veya şeker ölçüm cihazları ile kan şekeri takibini yapabilmektedir.

3.2.1 Görsel yöntem

Görsel yöntemde, ucuna glikoz oksidaz emdirilmiş test çubukları (stripler) kullanılır. Strip üzerine parmak ucundan alınan kan damlatılır. Parmak ucundan kan almak için Şekil 3.13’de görülen deliciler kullanılmaktadır. Kan şekeri oranına göre strip üzerinde oluşan renk değişikliği strip kutusu üzerindeki renk katalogu ile karşılaştırılması sonucu kan şekeri ölçülür. Kan şekeri ölçüm cihazı gerektirmeyen bu yöntem güvenilir ve ucuz olması nedeni ile kullanılmaktadır.

Evde glikoz ölçümü, kan şekeri düzeyinin tayini için kullanılacak en hassas yöntem olmamakla birlikte kan şekerinin ölçülemediği durumlarda hiçbir ölçüm yapılmamasında iyidir. Kan şekeri belli bir eşik değerini geçince (böbrek eşiği) idrarda şeker çıkar, bu değer genelde 180mg/dl ‘dir[31]. Böbrek eşiği değeri kişiden kişiye değişebildiği gibi değişik yaş gurupları için de farklı değerlerdedir. Bu nedenle glikoz ölçümü kan şekeri sonucunu tam olarak yansıtmayacak güvenilirlikte değildir. Evde glikoz ölçümü için glisemi ölçümündeki gibi stripler kullanılır. İdrar stripi idrar yaparken akan idrara 2 saniye tutulur. Daha sonra stripteki fazla idrarı atmamak için strip üzerine vurulur. Kullanılan strip talimatına önerilen süre kadar bekledikten sonra strip üzerinde oluşan renk, strip kutusu üzerindeki renk skalası ile karşılaştırılarak sonuç okunur.

3.2.2 El tipi cihaz ölçümü

Kan şeker ölçüm cihazları ile kan glikoz ölçümünde görsel yöntemdeki gibi stripler kullanılmaktadır. Şekil 3.15’ te görüldüğü gibi çeşitli ölçüm cihazları mevcuttur. Her cihaz için belirli bir strip veya kartuş kullanılmaktadır. Benzer olmakla birlikte her cihaz için farklı kullanma talimatı mevcuttur. Bu tip cihazlar, kişiye kendi başına Kan Glikoz oranının ölçme imkanını sağlar. Bu tip cihazlar piyasada çok çeşitlilik göstermektedir.

El tipi glikoz ölçüm cihazlarında bulunan parçalar;

- a) Delme aparatı,
- b) Örnek alma çubuğu (strip),
- c) Ölçüm ve gösterge ünitesi.

Delme aparatı Şekil 3.15’ de görülmektedir. Bu aparat örnek almak için deride küçük bir delik delmede kullanılır. Fazla acı vermemesi için ince yapılmıştır. Örnekler parmak ucundan alınmaktadır. Bu bölgede genellikle deri tabakası daha ince olduğundan, deri daha kolay ve küçük bir delik ile delinebilmektedir. Bu da hastaların daha az acı çekmesi demektir.



Şekil 3.15. Delme aparatları

Delme aparatı ile delinen delikten çıkan kandan bir miktar örnek çubuğu üzerine alınır. Ölçümün yapılabilmesi için en az 5 ml örnek (kan) olmalıdır. Örnek çubukları ölçüm ünitesine göre değişmektedir. Örnek çubuğu Şekil 3.16’da görülmektedir.



Şekil 3.16. Örnekleme çubukları

Örnek çubuğu üzerinde alınan örnek ile beraber ölçüm ve gösterge ünitesine yerleştirilir. Ölçüm ünitesinin ölçümü yapması için bir miktar beklendikten sonra göstergesi üzerinden kan şekeri oranı okunur. Örnek bir ölçüm ünitesi Şekil 3.17’de görülmektedir.



Şekil 3.17. Ölçüm ve gösterge ünitesi

Önerilen talimatlara uygun olarak yapıldığında evde yapılan ölçüm sonuçları güvenilirdir. Cihaz güvenilirliği için kontrol çubuğu ve kontrol sınırları mevcuttur. Ayrıca sonuçları laboratuvar değerleri ile de karşılaştırılarak cihazın güvenilirliği ölçülebilmektedir. Cihaz ve striplerin güvenilirliğinde duyarlılık ve doğruluk kavramları kullanılmaktadır. Aynı kan örneği ile ardı ardına yapılan ölçümlerde, cihazların arasındaki fark değeri %5'i geçmemelidir. Bu duyarlılık testidir, cihaz ve striplerin kendi kendini doğrulaması anlamına gelmektedir. Sonuçlar referans laboratuvar sonuçları ile karşılaştırıldığında aradaki fark %15'i geçmiyorsa sonuçların doğruluğundan emin olunabilir [31].

BÖLÜM 4. ÖLÇÜM DÜZENEGİ ve VERİLERİN ELDE EDİLMESİ

Kan glikoz ve HbA1c parametrelerinin avuç içi terlemesinden tespit edilebilmesi için bir düzenek geliştirilmiştir. Bu düzenek ile öncelikle avuç içi terlemesi algılanmakta ve ölçümlerden ter eğim ve fark öznitelikleri hesaplanmaktadır. Kandaki glikoz ve HbA1c parametrelerinin tespitinde kullanılan diğer yardımcı parametreler de ölçülerek kaydedilmiştir. Bu yardımcı parametreler; deneğin cinsiyeti, yaşı, kilosu, büyük tansiyon, küçük tansiyon, nabız atış değeri, kan şekeri, tansiyon hastalığının olup olmadığı, bu hastalıkların dışında herhangi bir hastalığının olup olmadığı ve düzenli olarak herhangi bir hastalığından dolayı ilaç kullanıp kullanmadığı bilgilerinden oluşmaktadır.

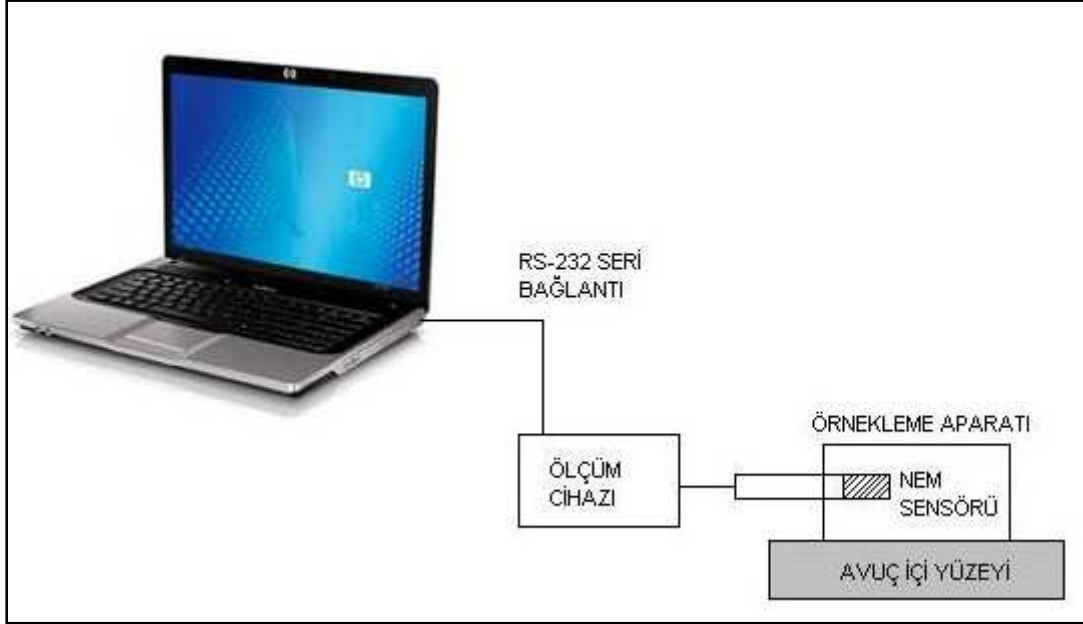
4.1. Ölçüm Düzenegi ve Yapısı

Terleme miktarının ölçümü için geliştirilen düzenek Şekil 4.1’de verilmiştir. Ölçüm düzenegi temel olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım; ölçümün yapıldığı örnekleme aparatı ve içerisinde bulunan sıcaklık ve nem sensörlerinden oluşmaktadır. İkinci kısımda ise cihazın gösterge ünitesi ve depolama birimi olan bilgisayardan meydana gelmektedir.

Ölçülen nem ve sıcaklık değerleri, cihazın göstergesinde görüntülediği gibi aynı zamanda bilgisayara RS-232 kablo bağlantısı ile kaydedilmek üzere aktarılmaktadır.

Düzenekte Lutron marka HD-3008 model nem ve sıcaklık ölçer kullanılmıştır. Bu cihazın nem algılayıcısı, yüksek duyarlılıkta ince-film kapasitans ve sıcaklık algılayıcısı da termistörden yapılmıştır. Nem sensörü 10%RH – 95%RH ölçüm aralığında, 0.1%RH çözünürlükte ve $\pm 3\%$ RH doğrulukta ölçüm yapmaktadır.

Sıcaklık sensörü de 0 °C – 50 °C ölçüm aralığında 0.1 °C çözünürlükte ve 0.8 °C doğrulukta ölçüm yapmaktadır.



a)



b)

Şekil 4.1. Ölçüm düzeneği a) Şematik olarak b) Resim olarak

Avuç içindeki terleme miktarının ölçülebilmesi için nem sensörü bir tüp içerisine yerleştirilmiştir. Örnekleme tüpü olarak adlandırılan bu tüp 6 cm. çapında olup Şekil 4.2’de verilmiştir. Bu örnekleme tüpü avuç içine hava geçirmeyecek şekilde yerleştirilir. Bu sayede avuç içi terlemenin sebep olduğu nem ve sıcaklık değerleri ölçülmektedir.

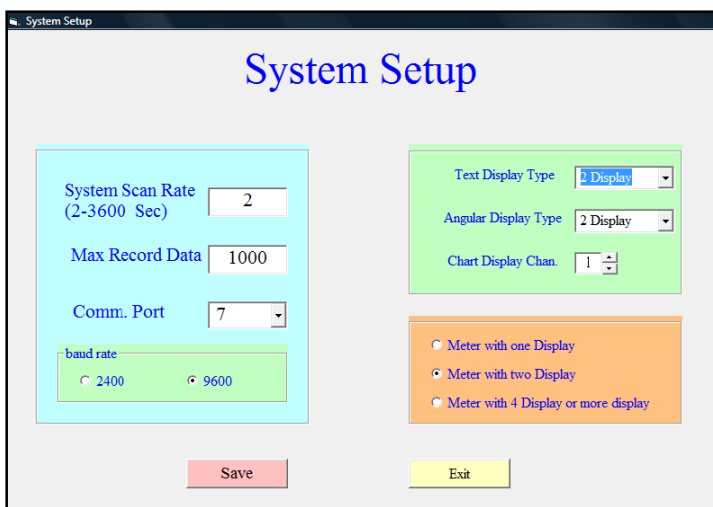


Şekil 4.2. Örnekleme aparatı ve içerisindeki Nem-sıcaklık sensörü

Ölçülen nem ve sıcaklık değerleri cihazın gösterge ünitesinde görüntülenmekte ve kaydedilmek üzere RS-232 bağlantısı ile bilgisayara aktarılmaktadır.

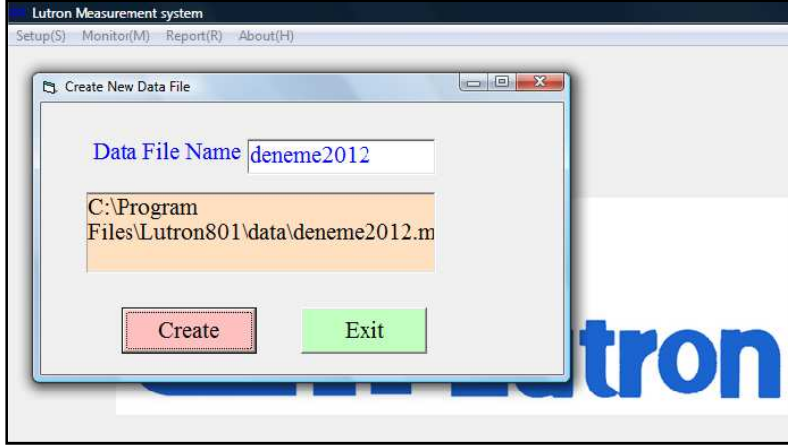
4.2. Ölçüm Düzeneginin Kullanımı

Cihaz ilk açıldığında kendi testlerini tamamladıktan sonra ölçüm yapmaktadır. Bilgisayar ile RS-232 bağlantısı yapılarak ara yüz programı çalıştırılmaktadır. Ara yüz programında port seçimi ve ayarları yapılarak bağlantı gerçekleştirilmektedir. Ara yüz programı Şekil 4.3'de görülmektedir.



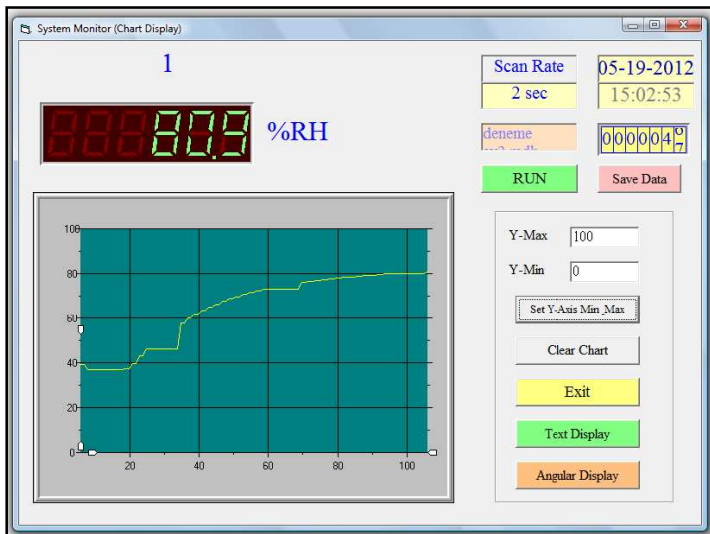
Şekil 4.3. Ara yüz programı sistem ayarları

Sistem ayarları yapılarak bağlantı gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde ölçülen veriler bilgisayara aktarılarak görüntülenmektedir. Bilgisayara aktarılan verilerin kaydedilebilmesi için dosya ayarlarının yapılması gerekmektedir. Bunun için ara yüz programında Şekil 4.4'te gösterildiği gibi ayarların yapılması gerekmektedir.



Şekil 4.4. Ara yüz programı veri kayıt ayarları

Şekil 4.5'te verildiği gibi bilgisayara aktarılan bilgiler 2 sn.'de bir ölçülmekte ve cihaz ekranında gösterildiği gibi sistem (ara yüz) monitöründe de gösterilmektedir. Bu veriler bilgisayarda kaydedilerek depolanmaktadır.



Şekil 4.5. Ölçülen nem değerlerinin sistem monitöründe gösterimi

4.3. Ölçüm Düzenegi ile Verilerin Elde Edilmesi

Ölçüm düzenegi gerekli bağlantıları yapılır. Deneklerden ölçümlerin alınması için ölçüm düzenegindeki cihazlar (nem&sıcaklık algılayıcıları, görüntüleme ünitesi ve kayıt bilgisayarı) çalıştırılarak önceki bölümde bahsedilen, port, görüntüleme ve kayıt ayarları yapılır.

Deneklerden ölçümlerin alınması için takip edilmesi gereken aşamalar tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Avuç içi nem değerlerinin ölçüm aşamaları

Aşamalar	İşlemler
1. Aşama	Gelen deneklerin kan Glikoz ve HbA1c değerlerinin biyokimya laboratuvarı analizlerinin yapılabilmesi için kan verme işlemlerinden önce avuç içi değerlerinin ölçülebilmesi için ölçüm düzenegine yönlendirilir.
2. Aşama	Deneklerin ad, soyad ve hastane protokol numaralarına göre kayıtları oluşturulur.
3. Aşama	Deneklerin; yaş, cinsiyet, kilo, hastalığının olup olmadığı (kalp, tansiyon, şeker ve başka bir hastalığı) ve hastalığı var ise ilaç kullanıp kullanmadığı gibi bilgilerinin kaydedilmesi.
4. Aşama	Ölçüm değerleri alınacak olan sol avuç içi, alkolsüz ıslak mendil ile silinerek kuruyana kadar beklenir.
5. Aşama	Düzenegin örnekleme aparatı sol avuç içine yerleştirilir ve bilgisayarın kayıt tuşu aktif hale getirilerek ölçüm değerleri alınmaya ve kaydedilmeye başlanır. Ölçüm değerleri alınırken örnekleme aparatının içi ile havanın iletişiminin kesilmesi esastır.
6. Aşama	Her iki saniyede bir toplam 40 değer alındıktan sonra kayıt tuşu pasif yapılarak sol avuç içi ölçüm değerlerinin alınması tamamlanır.

Tablo 4.1.(Devam) Avuç içi nem değerlerinin ölçüm aşamaları

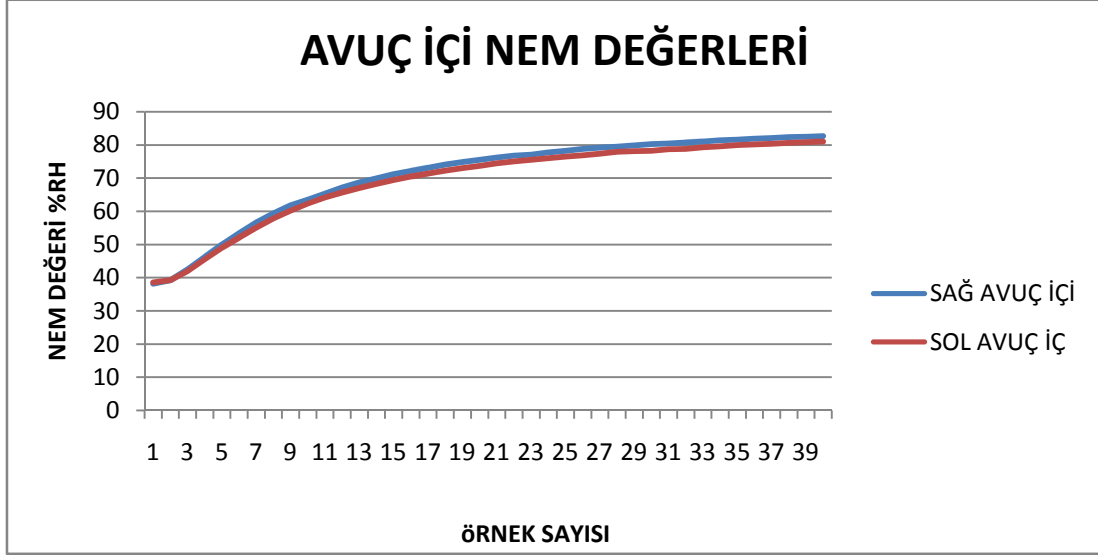
7. Aşama	Ölçüm değerleri alınacak olan sağ avuç içi, alkolsüz ıslak mendil ile silinerek kuruyana kadar beklenir.
8. Aşama	Düzenegin örnekleme aparatı sağ avuç içine yerleştirilir ve bilgisayarın kayıt tuşu aktif hale getirilerek ölçüm değerleri alınmaya ve kaydedilmeye başlanır. Ölçümler değerleri alınırken örnekleme aparatının içi ile havanın iletişiminin kesilmesi esastır.
9. Aşama	Her iki saniyede bir toplam 40 değer alındıktan sonra kayıt tuşu pasif yapılarak sağ avuç içi ölçüm değerlerinin alınması tamamlanır.
10. Aşama	Deneğin tansiyonu Braun marka dijital tansiyon ölçer ile ölçülerek kaydedilir.
11. Aşama	Bilgisayar tarafından kaydedilen ölçüm değerleri Excel çalışma dosyasına dönüştürülür.
12. Aşama	Excel çalışma dosyası olarak kaydedilen avuç içi nem değerleri, ter eğim özneliklerini ve fark özneliklerini hesaplayan Excel çalışma dosyasına aktarılır.

Bilgisayara kaydedilen verilerin Excel çalışma dosyasına aktarılmış hali Şekil 4.6'da verilmiştir.

1	dosya no:	885644	hastalılık:	tansiyon	ilaçlarını düzenli kullanıyor	Yaş:	44	cinsiyet:	Kadın
2	protokol no:	885644	ilag:			Kilo:	82		
3	SABAH AÇ SAĞ EL								
4	Yazdır	Unit 1	Unit 1	Unit 2	Unit 2	Unit 3	Unit 3	Unit 4	Unit 4
5	12.07.2010 00.01.1900	41,2 %RH	26,1 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0
6	12.07.2010 00.01.1900	42,7 %RH	26,2 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0
7	12.07.2010 00.01.1900	45,8 %RH	26,2 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0
8	12.07.2010 00.01.1900	48,8 %RH	26,2 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0
9	12.07.2010 00.01.1900	52,3 %RH	26,3 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0
10	12.07.2010 00.01.1900	55,8 %RH	26,3 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0
11	12.07.2010 00.01.1900	58,8 %RH	26,3 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0
12	12.07.2010 00.01.1900	61,7 %RH	26,3 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0
13	12.07.2010 00.01.1900	64,1 %RH	26,3 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0
14	12.07.2010 00.01.1900	66,2 %RH	26,3 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0
15	12.07.2010 00.01.1900	67,9 %RH	26,4 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0
16	12.07.2010 00.01.1900	69,5 %RH	26,4 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0
17	12.07.2010 00.01.1900	70,9 %RH	26,4 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0
18	12.07.2010 00.01.1900	71,8 %RH	26,4 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0
19	12.07.2010 00.01.1900	73 %RH	26,5 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0
20	12.07.2010 00.01.1900	74 %RH	26,5 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0
21	12.07.2010 00.01.1900	74,9 %RH	26,5 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0
22	12.07.2010 00.01.1900	75,8 %RH	26,5 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0
23	12.07.2010 00.01.1900	76,5 %RH	26,6 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0
24	12.07.2010 00.01.1900	77,1 %RH	26,6 DEGREE C	0 VOLT	0 AMP	0	0	0	0

Şekil 4.6. Excel çalışma dosyasında kaydedilen veriler.

Deneklerden ölçülen sol ve sağ avuç içi nem değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.7. Ölçülen sol ve sağ avuç içi nem değerleri.

Tablo 4.1’de belirtilen aşamalar uygulanarak deneklerin avuç içi nem değerlerinin ölçümü Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Nem değerlerinin ölçülmesi.

4.4. Kullanılan Parametreler ve Hesaplanması

Kan glikoz ve HbA1c oranlarının tespit edilmesi için deneklerde ölçülen avuç içi nem değerlerinden hesaplanan ve kaydedilen parametreler;

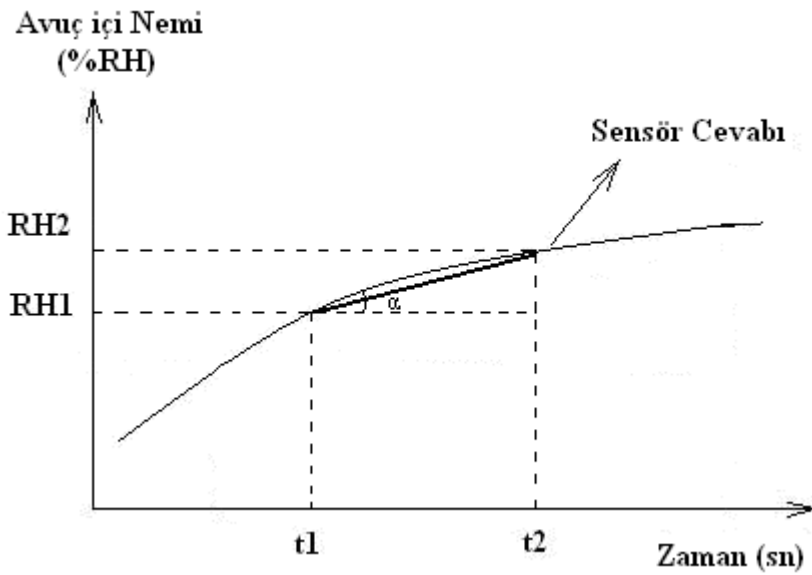
- a) Ter eğim öznelikleri,
- b) Ter fark öznelikleri,
- c) Avuç içi nem değeri,
- d) Cinsiyeti,
- e) Yaş,
- f) Kalp hastalığının olup olmadığı,
- g) Tansiyon hastalığının olup olmadığı,
- h) Şeker hastalığının olup olmadığı,
- i) Bunların dışında herhangi bir hastalığının olup olmadığı,
- j) Herhangi bir hastalığı varsa ilaç kullanıp kullanmadığı,
- k) Kilosu,
- l) Büyük tansiyon,
- m) Küçük tansiyon,
- n) Nabız atışı.

4.4.1. Ter eğimi hesabı

Ölçülen avuç içi nem değerlerinin hızlı bir şekilde yükseldiği Şekil.4.7’de görülmektedir. Değişen bu nem değeri aynı zamanda terlemenin sonucu olduğundan buna terleme grafiği denmiştir. Bu nem grafiğinin eğimi ter eğimi olarak kabul edilmiş ve hesaplanması Şekil 4.9’da gösterilmiştir.[28].

Ter eğimi şu şekilde hesaplanmıştır:

$$\tan \alpha = \frac{RH_2 - RH_1}{t_2 - t_1}$$



Şekil 4.9. Ter eğimi.

4.4.2. Eğim özniteliklerinin hesabı

Avuç içi nem grafiğinden tekli ve ardışık eğim öznitelikleri hesaplanmıştır (Şekil 4.10).

Avuç içi nem değerine ait olan nem grafiğinden ter eğim değeri hesaplanarak kullanılmamıştır. i hesaplanmasının yanında 4 parça ter eğimi de hesaplanmıştır. Bu şekilde nem grafiğinin ter eğimi öznitelikleri ortaya çıkartılmıştır. Şekil 4.10'da da gösterildiği gibi ter öznitelikleri şu şekilde hesaplanmıştır:

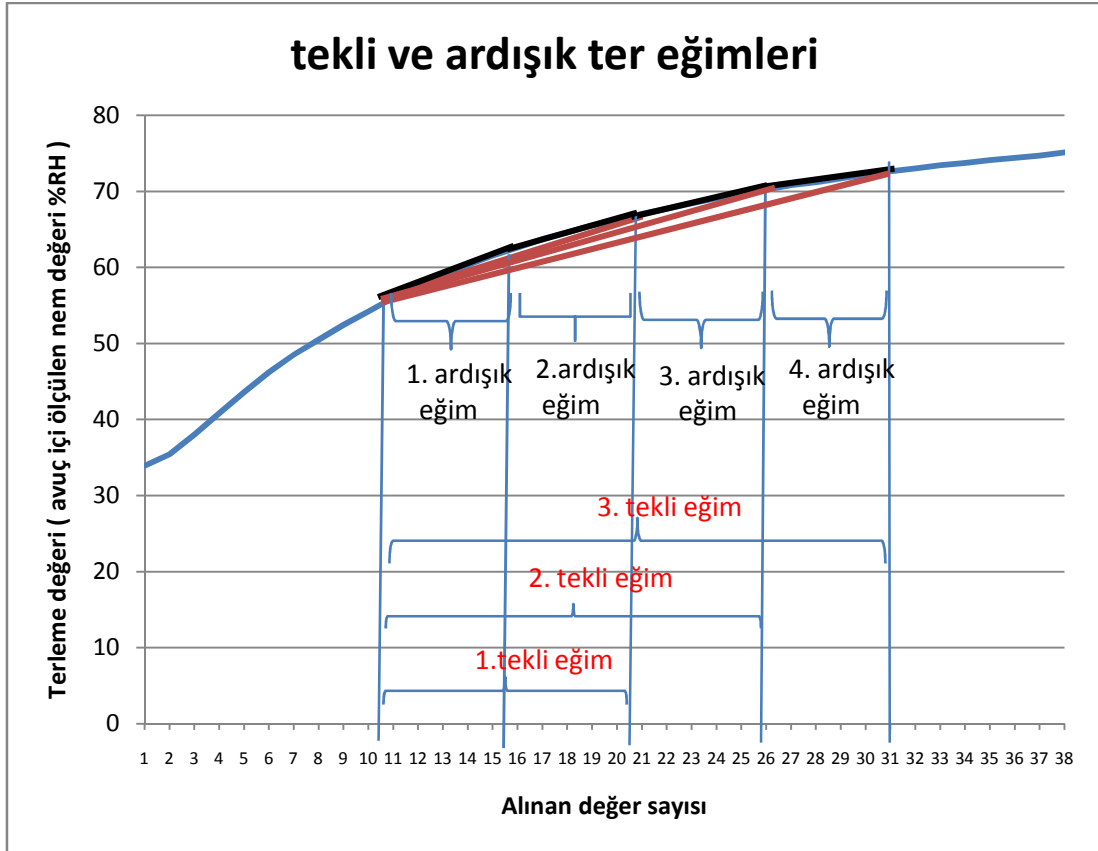
Birinci tekli eğim öznitelik değerinin hesaplanmasında:

$$t_2 : 40. \text{ saniyeyi}$$

$$t_1 : 20. \text{ saniyeyi}$$

$$RH_2 : 40. \text{ Saniyedeki avuç içi nemini} \quad RH_1 : 20. \text{ saniyedeki avuç içi nemini}$$

olarak alınmıştır. Sol ve sağ avuç içine ait birinci ter eğimleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.



Şekil 4.10. Ter eğim öznitelikleri.

İkinci tekli eğim özniteliği değerinin hesaplanmasında:

$$t_2 : 50. \text{ saniyeyi}$$

$$t_1 : 20. \text{ saniyeyi}$$

$$RH_2 : 50. \text{ Saniyedeki avuç içi nemini} \quad RH_1 : 20. \text{ saniyedeki avuç içi nemini}$$

olarak alınmıştır. Sol ve sağ avuç içine ait ikinci ter eğimleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Üçüncü tekli eğim özniteliği değerinin hesaplanmasında:

$$t_2 : 60. \text{ saniyeyi}$$

$$t_1 : 20. \text{ saniyeyi}$$

$$RH_2 : 60. \text{ Saniyedeki avuç içi nemini} \quad RH_1 : 20. \text{ saniyedeki avuç içi nemini}$$

olarak alınmıştır. Sol ve sağ avuç içine ait üçüncü ter eğimleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Avuç içi nem grafiğinden ardışık dört eğim öznitelik değerlerinin hesaplanması:

1. Ardışık eğim öznitelik değerinin hesaplanması;

t_2 : 30. saniyeyi

t_1 : 20. saniyeyi

RH_2 : 30. Saniyedeki avuç içi nemini RH_1 : 20. saniyedeki avuç içi nemini

olarak alınmıştır. Sol ve sağ avuç içine ait 1. parça ter eğimleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

2. Ardışık eğim öznitelik değerinin hesaplanmasında;

t_2 : 40. saniyeyi

t_1 : 30. saniyeyi

RH_2 : 40. Saniyedeki avuç içi nemini RH_1 : 30. saniyedeki avuç içi nemini

olarak alınmıştır. Sol ve sağ avuç içine ait 2. parça ter eğimleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

3. Ardışık eğim öznitelik değerinin hesaplanmasında;

t_2 : 50. saniyeyi

t_1 : 40. saniyeyi

RH_2 : 50. Saniyedeki avuç içi nemini RH_1 : 40. saniyedeki avuç içi nemini

olarak alınmıştır. Sol ve sağ avuç içine ait 3. parça ter eğimleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

4. Ardışık eğim öznitelik değerinin hesaplanmasında;

t_2 : 60. saniyeyi

t_1 : 50. saniyeyi

RH_2 : 60. Saniyedeki avuç içi nemini RH_1 : 50. saniyedeki avuç içi nemini

olarak alınmıştır. Sol ve sağ avuç içine ait 4. parça ter eğimleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

4.4.3. Fark özniteliklerinin hesabı

Kan glikoz ve HbA1c oranlarının tespitinde, ölçülen ve hesaplanan parametrelerden çeşitli farklar hesaplanmıştır. Bu şekilde hesaplanan çeşitli fark parametreleri de fark özniteliklerini oluşturmaktadır. Fark öznitelikleri şu şekilde hesaplanmıştır:

1. Ölçülen nem değerlerinin farkı;

$$\Delta RH_{\text{fark}} = RH_{30} - RH_2$$

İlk ve son nem değeri farkı hesaplanırken;

RH_{30} : 60. Saniyedeki avuç içi nemini RH_2 : 2. saniyedeki avuç içi nemini olarak alınmıştır. Sol ve sağ avuç içine ait ilk ve son nem değerleri farkı ayrı ayrı hesaplanmıştır.

2. Avuç içi nemi olan 30 değerinin farklarının ortalaması ;

$$\text{ortalama } (\Delta RH_i) = \frac{1}{29} \sum_{i=2}^{30} RH_i - RH_{i-1}$$

şeklinde hesaplanmıştır. Sol ve sağ avuç içine ait 30 nem değerinin farklarının ortalaması ayrı ayrı hesaplanmıştır.

3. Avuç içi nemi olan 30 değerinin farklarının standart sapması;

$$\text{Standart Sapma } (\Delta RH_i) = \text{Standart Sapma} \left(\sum_{i=2}^{30} RH_i - RH_{i-1} \right)$$

şeklinde hesaplanmıştır. Sol ve sağ avuç içine ait 30 nem değerinin farklarının standart sapması ayrı ayrı hesaplanmıştır.

4.4.4. YSA'ya giriş olarak kullanılan parametreler

Bu çalışma kapsamında Kan glikoz ve HbA1c oranlarının tespit edilmesi için kullanılan öznitelikler aşağıda verilmiştir:

1. Sol ele ait hesaplanan Birinci ter eğim değeri,
2. Sağ ele ait hesaplanan Birinci ter eğim değeri,
3. Sol ele ait hesaplanan İkinci ter eğim değeri,
4. Sağ ele ait hesaplanan İkinci ter eğim değeri,
5. Sol ele ait hesaplanan Üçüncü ter eğim değeri,
6. Sağ ele ait hesaplanan Üçüncü ter eğim değeri,

7. Sol ele ait hesaplanan 1. Parça ter eğim değeri,
8. Sol ele ait hesaplanan 2. Parça ter eğim değeri,
9. Sol ele ait hesaplanan 3. Parça ter eğim değeri,
10. Sol ele ait hesaplanan 4. Parça ter eğim değeri,
11. Sağ ele ait hesaplanan 1. Parça ter eğim değeri,
12. Sağ ele ait hesaplanan 2. Parça ter eğim değeri,
13. Sağ ele ait hesaplanan 3. Parça ter eğim değeri,
14. Sağ ele ait hesaplanan 4. Parça ter eğim değeri,
15. Sol ele ait ilk ve son nem değeri farkı,
16. Sol ele ait 30 tane nem değerinin farklarının ortalaması,
17. Sol ele ait 30 adet nem değerlerinin farklarının Standard sapması,
18. Sağ ele ait ilk ve son nem değeri farkı,
19. Sağ ele ait 30 tane nem değerinin farklarının ortalaması,
20. Sağ ele ait 30 adet nem değerlerinin farklarının Standard sapması,
21. Cinsiyeti,
22. Yaşı,
23. Şeker hastalığının olup olmadığı,
24. Tansiyon hastalığının olup olmadığı,
25. Kalp hastalığının olup olmadığı,
26. Bunların dışında herhangi bir hastalığının olup olmadığı,
27. Herhangi bir hastalığı varsa ilaç kullanıp kullanmadığı,
28. Kilo,
29. Bųyık tansiyon,
30. Kųçık tansiyon,
31. Nabız atışı.

Bu çalışmada en iyi sonucu elde edebilmek için bahsedilen öznitelikler farklı kombinasyonlarda YSA'ya giriş olarak kullanılmıştır (bkz. Bölüm 6).

4.4.5. YSA'da çıkış olarak kullanılan parametreler

Kan glikoz ve HbA1c değerlerinin yapay sinir ağıları kullanılarak tespit edilmesi uygulamasında çıkış olarak, İbn-i Sina Hastanesi Endokrinoloji Bölümü Biyokimya Laboratuvarı Analiz sonuçlarına göre aşağıdaki parametreler kullanılmıştır:

1. Biyokimya Laboratuvarı tahlil sonucu olan açlık kan şekeri değeri,
2. Biyokimya Laboratuvarı tahlil sonucu olan HbA1c değeri.

BÖLÜM 5. YAPAY SINİR AĞLARI

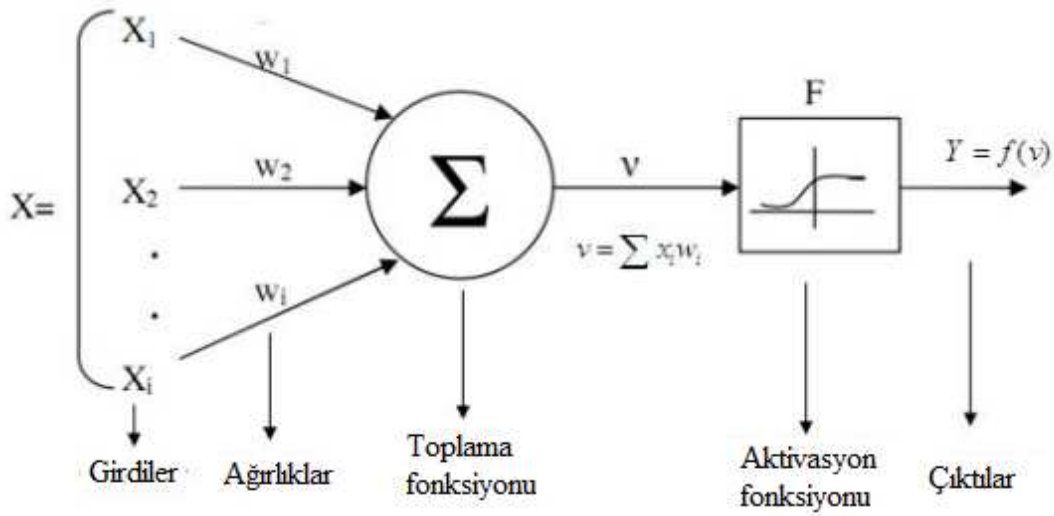
İnsanoğlu bilimin gelişimi boyunca sürekli olarak insan vücudunu temel almıştır. İnsan vücudunun çalışmasını, yapısını anlamaya çalışmış ve buradan da taklit etmeye çalışmıştır. Yapay sinir ağ yapıları da bu çalışmalardan çıkmıştır.

5.1. Yapay Sinir Ağları

Beyinde bulunan milyarlarca sinir hücresi (nöron) ve trilyonlarca da bunların bağlantıları (snapses) mevcuttur[33]. Bir sinir hücresinin yapısı mantık kapısının yapısından çok daha karmaşıktır. YSA kavramı beynin çalışma ilkelerinin sayısal bilgisayarlar tarafından taklit edilmesi fikrinden ortaya çıkmıştır. İlk alışmalar beyni oluşturan hücrelerin (nöronların) matematiksel modelinin ortaya çıkarılması ile başlamıştır. şekil 5.1'de YSA modeli verilmiştir.

Yapay sinir ağları, beynin çalışmasının taklit edilmesinden ortaya çıkmıştır. Beyindeki nöronların işleyişinin bilgisayarlar kullanılarak modellenmesidir. İnsan beyni geleneksel bilgisayarlardan tamamen farklı bir yolla işlem yapar. Olduğca kompleks, non-lineer ve paralel dağıtık bir yapıya sahiptir[32]. Günümüzde çok sayıda YSA modelleri geliştirilmiştir.

YSA'lar karşılaştığımız çeşitli problemlerde, beynin matematiksel gücünü, matematiksel işleyişini bilgisayarlara kazandırmaya, bu güçten faydalandırmaya ve modellemeye çalışır. YSA öğrenme, ilişkilendirme, sınıflandırma, genelleme, özellik belirleme, örüntü tanıma, optimizasyon vb. konularda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bir YSA yapısının özebileği problem uzayı, insan beyninin özebileği problem uzayının olduğca kısıtlanmış bir alt kümesidir.



Şekil 5.1. YSA Modeli

5.2. YSA'nın Özellikleri ve Modelleri

Genellikle bilgi işleme teknikleri seri yapıya sahiptir. YSA ise paralel işleme yapmaktadır. Paralel bilgi işlemede katmanlardan biri görevini yerine getiremediğinde ya da gecikme olduğunda proses durmayarak diğer katmanlar tarafından bu durum telafi edilebilmektedir.

Diğer bilgi işleme tekniklerinde probleme özgü algoritma gerçekleştirilmekte iken YSA'larda elde edilen verilerden öğrenme gerçekleştirilmektedir. YSA'nın davranışı, işlem elemanları arasındaki ilişkide saklanmaktadır. Bu şekilde eğitilen ağ, daha önceden öğretilmemiş girişlere de uygun sonuçlar üretmektedir.

YSA'larda her bir işlem elemanı problemin tümüyle ilgilenmek yerine kendisine verilen görevler ile ilgilenmektedir. Bu ise çok zor işlerin yapılmasını sağlamaktadır. Yapay sinir ağlarında giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı bulunmaktadır.

Giriş katmanı : Giriş katmanında giriş veri grupları ağa sunulur. Bu tabakadaki nöron sayısı, giriş veri sayısı kadardır ve her bir giriş nöronu bir veri alır. Buradan veri bir sonraki katman olan gizli katmana geçer.

Gizli katman : Ağın temel işlevini görür. Bazı uygulamalarda ağda birden fazla gizli katman bulunabilir. Gizli katman sayısı ve katmanlardaki nöron sayısı sabit değildir. Probleme göre değişebilir. Bu durum ağı tasarlayan kişinin kontrolündedir ve onun tecrübesine bağlıdır. Bu tabaka, girdi tabakasından aldığı ağırlıklandırılmış veriyi probleme uygun bir fonksiyonla işleyerek bir sonraki tabakaya iletir. Gizli katmanda gereğinden az sayıda nöron kullanılması giriş verilerine göre daha az hassas çıkış elde edilmesine sebep olur. Aynı şekilde, gereğinden daha çok sayıda nöron kullanılması durumunda aynı ağda yeni tip veri gruplarının işlenmesinde zorluklar ortaya çıkar.

Çıkış katmanı : Ağın son katmanıdır. Gizli katmandan aldığı veriyi ağın kullandığı fonksiyonla işleyerek çıktısını verir. Çıkış katmanındaki nöron sayısı, ağa sunulan her verinin çıkış sayısı kadardır. Bu katmandan elde edilen değerler, yapay sinir ağının söz konusu problem için çıkış değerleridir.

Yapay sinir ağları genel olarak, ağın yapısına göre; ileri beslemeli (feed-forward) ve geri beslemeli (feed-backward) olarak ikiye, öğrenme kuralına göre; Hebb, Hopfield, Delta ve Kohonen olmak üzere dörde, öğrenme algoritmasına göre; danışmanlı, danışmansız ve takviyeli olmak üzere üçe ve uygulamaya göre; off-line ve on-line olmak üzere ikiye ayrılabilir [33].

5.3. Aktivasyon Fonksiyonları

Girdilere karşılık gelen ağırlık değerleriyle (w), girdilerin (x_i) çarpımlarının toplamı;

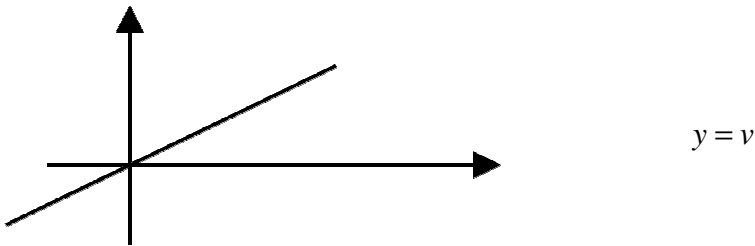
$$net = \sum_{1}^{i} x_i w_i$$

ifadesi ile gösterilir. Toplama fonksiyonu bir nörona gelen net girdiyi hesaplamada kullanılır. Ağırlıklar ve giriş vektörünün doğrusal toplamalarıyla nöronun toplam potansiyeli (net) bulunur.

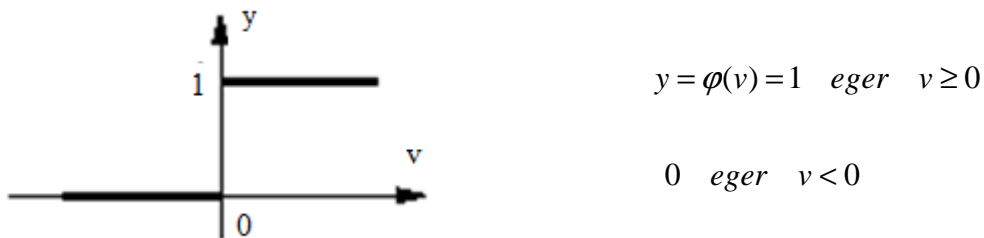
$$net = \sum_{1}^{i} x_i w_i = w_1 w_2 \dots w_i \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_i \end{bmatrix} = WX^T$$

Nöronun toplam potansiyeli (net) bir çıktı değeri (Y) üretmek üzere (f) aktivasyon fonksiyonundan geçirilir. Aktivasyon fonksiyonu toplam fonksiyonunu kullanarak hücrenin bu girdiye karşılık üreteceği çıktıyı belirler. Aktivasyon fonksiyonu genellikle doğrusal olmayan bir fonksiyondur.

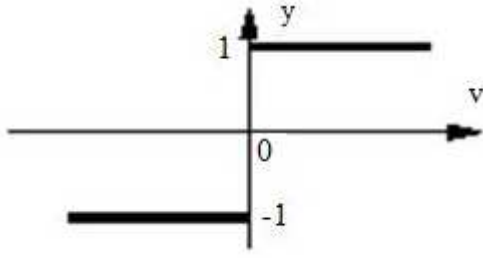
Transfer veya aktivasyon fonksiyonları, öğrenme eğrisi olarak da adlandırılmaktadır. Aktivasyon fonksiyonları bir YSA'da nöronun çıkış genliğini istenilen değerler içerisinde sınırlar. Bu değerler çoğunlukla (0,1) veya (-1,1) arasındadır. Ayrıca yapay sinir ağına bir kutuplama bias değeri uygulanarak aktivasyon fonksiyonu arttırılabilir. Yapay sinir ağlarında kullanılacak olan fonksiyonların türevi alınabilir ve süreklilik arz etmesi gerekmektedir. Aktivasyon fonksiyonları genel olarak tek kutuplu (unipolar) veya çift kutuplu (bipolar) sinyallerden oluşur. doğrusal (Linear) veya doğrusal olmayan (nonlinear) transfer fonksiyonlarının yapay sinir ağlarında kullanılması karmaşık problemlere uygulanmasını sağlamıştır. Aktivasyon fonksiyon çeşitleri aşağıdaki şekillerde gösterilmektedir.



Şekil 5.2. Lineer (doğrusal) fonksiyon



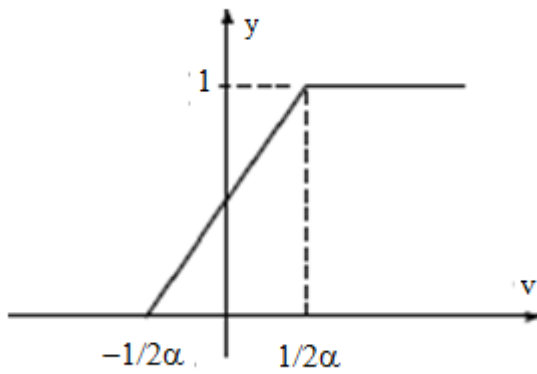
Şekil 5.3. Tek kutuplu basamak (unipolar step) fonksiyon



$$y = \varphi(v) = +1 \quad \text{eger} \quad v \geq 0$$

$$-1 \quad \text{eger} \quad v < 0$$

Şekil 5.4. Çift kutuplu basamak (bipolar step) fonksiyon



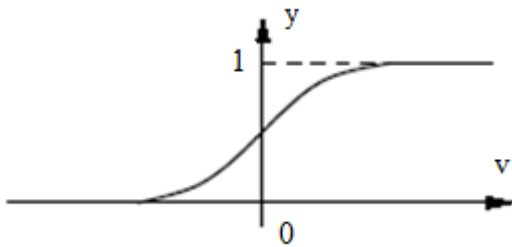
$$y = \varphi(v) = 0 \quad \text{eger} \quad v \leq -\frac{1}{2\alpha}$$

$$\alpha v + \frac{1}{2} \quad \text{eger} \quad |x| < \frac{1}{2\alpha}$$

$$1 \quad \text{eger} \quad v \geq \frac{1}{2\alpha}$$

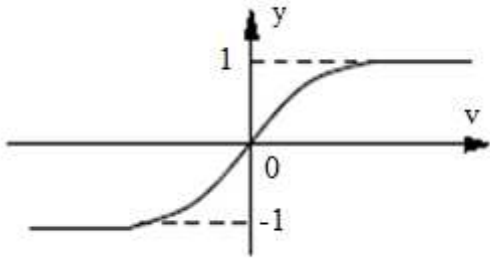
Şekil 5.5. Parçalı doğrusal (piecewise linear) fonksiyon

Aktivasyon fonksiyonunun küçük değerleri için yapay sinir bir kazançlı birleştirici lineer bağlayıcı gibi çalışır. Büyük değerleri için ise yapay sinir doyum bölgesindedir ve 0 veya 1 üretir. Çok büyük kazançlar için de piecewise linear fonksiyon bir step fonksiyona dönüşür.



$$\varphi(v) = \frac{1}{1 + e^{-\beta v}} = \frac{1}{2} (\tanh(\beta v / 2) + 1)$$

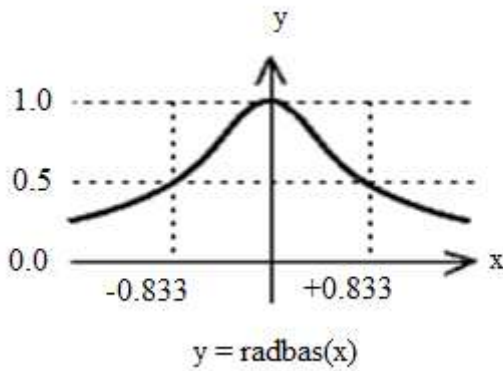
Şekil 5.6. Tek kutuplu (Sigmoid) fonksiyon



$$\varphi(v) = \tanh(\beta v)$$

Şekil 5.7. Çift kutuplu (Sigmoid) fonksiyon

Sigmoid fonksiyonu türevi alınabilir, sürekli ve doğrusal olmayan bir fonksiyondur. Bu özelliği nedeni ile doğrusal olmayan problemlerin çözümünde kullanılan yapay sinir ağlarında tercih edilir. Fonksiyonun eğimi β ile kontrol edilmektedir. Sigmoid fonksiyonlar en çok tercih edilen aktivasyon fonksiyonu çeşididir.



$$\text{radbas}(x) = \varphi(x) = \exp\left(-\frac{x^2}{2\delta^2}\right)$$

Şekil 5.8. Radyal temelli (radial basis) fonksiyon

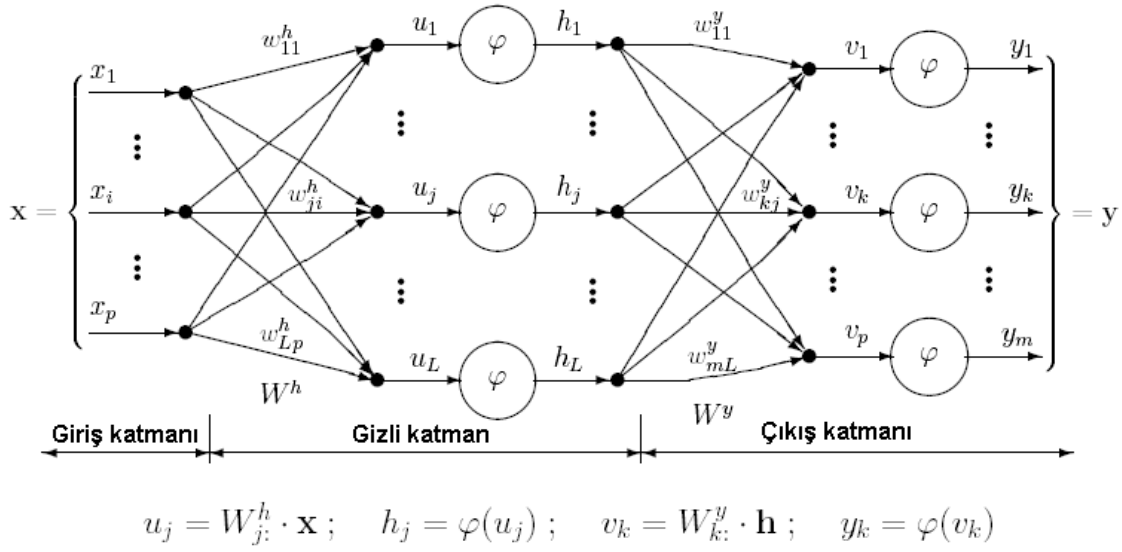
Gaussain fonksiyonu en çok kullanılan radyal temelli fonksiyondur. Fonksiyon yakınsaması yapan ağlarda Sigmoidal ve gaussain gibi türevi alınabilen fonksiyonlar, sınıflandırma yapan ağlarda ise basamak fonksiyonlar kullanılmaktadır. Birçok öğrenme algoritması aktivasyon fonksiyonlarının türevlerinin tamamına ihtiyaç duymaktadır.

5.4. Çok Katmanlı Ağlar

İlk geliştirilen modellerden olan doğrusal tek katmanlı modeller doğrusal olmayan problemleri öğrenememektedir. Bu sebepten çok katmanlı ağlar geliştirilmiştir. Çok katmanlı ağlar ileri beslemeli olup, giriş, gizli ve çıkış katmanlarından oluşmaktadır. Giriş ve çıkış katmanları sinyaller ile aynı sayıda sinirler sahiptir. Gizli katman sayısı ise genelde deneme yanılma yolu ile bulunmaktadır.

İleri beslemeli ağlara çok katmanlı ağlar da denilmektedir. İleri beslemeli ağlarda işlem elemanları ardi ardına sıralanır. Nöronların, yalnız bir sonraki katmanda bulunan nöronlar ile bağlantısı vardır. Önceki katmanlar veya aynı katmandaki diğer nöronlar ile bağlantısı bulunmamaktadır. Bu tür yapıdaki bir ağ, sinaptik ağırlıklarını ayarlayarak girdi çıktı ilişkisini öğrenmeye çalışır. Nöronlardan en az birisi, daha gerideki bir nörona girdi oluşturuyorsa geri beslemeden bahsedilebilir. Bu ağlara örnek olarak; Hopfield, Elman ve Jordan ağları gösterilebilir. İleri beslemeli ağda en az üç katman bulunur; bunlar giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanıdır.

Herhangi bir işlem girdi katmanında yapılmaz. Girdi katmanındaki her işlem elemanı, bir sonraki gizli katmandaki her işlem elemanı ile bağlantılıdır. Girdi katmanından gelen bilgiler gizli katmanda işlenerek çıkış katmanına iletilmektedir. Birden fazla gizli katman olabilir. Gizli katmandaki her bir işlem elemanı çıkış katmanındaki her bir işlem elemanı ile ilişkilidir. Gizli katmandan gelen bilgiler çıkış katmanında işlenerek çıktı olarak dışarıya verilmektedir.



Şekil 5.9. Çok katmanlı yapay sinir ağı yapısı

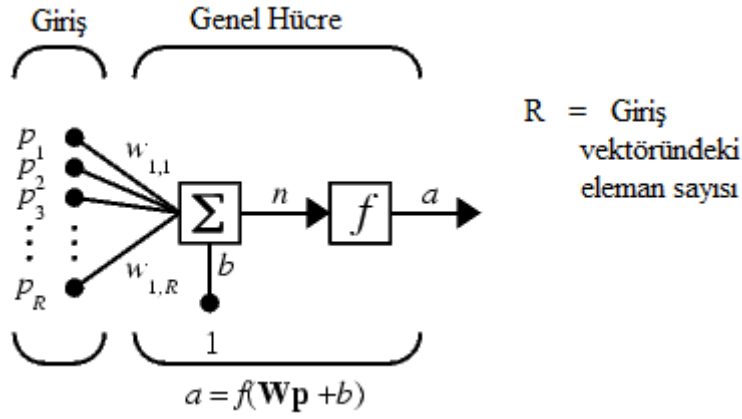
Geri beslemeli yapay sinir ağlarında ileri beslemeli olanların aksine bir nöronun çıktısı sadece kendinden sonra gelen nöron katmanına girdi olarak verilmez. Kendinden önceki katmanda veya kendi katmanında bulunan herhangi bir nörona girdi olarak bağlanabilir.

Bu yapısı ile geri beslemeli yapay sinir ağları doğrusal olmayan dinamik bir davranış göstermektedir. Geri beslemeli yapay sinir ağlarında en az bir işlemci elemanın çıktısı, kendisine veya diğer işlemci elemanlara girdi olarak verilmekte ve genellikle geri besleme bir geciktirme elemanı üzerinden yapılmaktadır.

Geri besleme bir katmandaki işlemci elemanlar arasında olduğu gibi katmanlar arasındaki işlemci elemanlar arasında da olabilmektedir. Geri beslemeli YSA'lar dinamik bir hafızaya sahiptir ve herhangi bir zamandaki çıktı hem o andaki hem de daha önceki girdileri yansıtır.

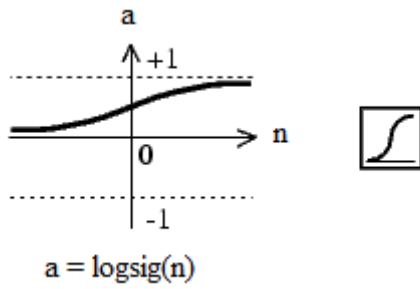
Çok katmanlı ağlar danışmanlı öğrenme prensibine göre çalışmaktadır. Bu ağlara eğitim sırasında hem girdiler hem de o girdilere karşılık üretilmesi gereken çıktılar gösterilir. Ağ her girdi için o girdiye karşılık gelen çıktıyı üretmektedir.

R girişli temel bir hücre şekil 5.10'da gösterilmiştir.



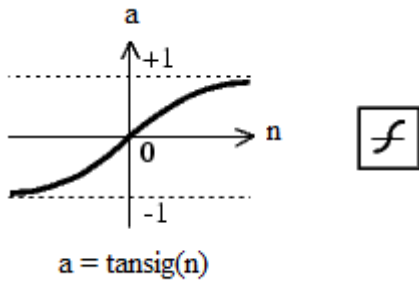
Şekil 5.10. Temel bir geri yayımlı ileri beslemesi YSA hücresi

Çok katmanlı ağlar sıklıkla şekil 5.11'de gösterildiği gibi log-sigmoid transfer fonksiyon kullanır. Log-sigmoid fonksiyonu hücre ağının girişleri eksi sonsuzdan gelip artı sonsuza giderken 0 ile 1 arasında çıkış üretir.



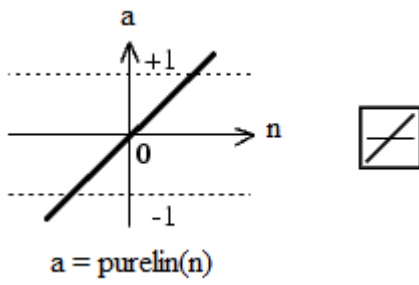
Şekil 5.11. Lo-sigmoid transfer fonksiyonu

Çok katmanlı ağlar alternatif olarak şekil 5.12'de gösterildiği gibi tan-sigmoid transfer fonksiyonu da kullanmaktadır.



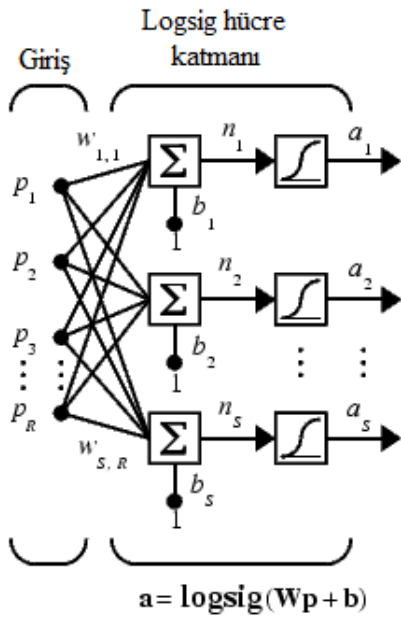
Şekil 5.12. Tan-sigmoid transfer fonksiyonu

Geri yayımlı ağlarda ara sıra şekil 5.13’de gösterildiği gibi lineer transfer fonksiyonu (purelin) da kullanılmaktadır.

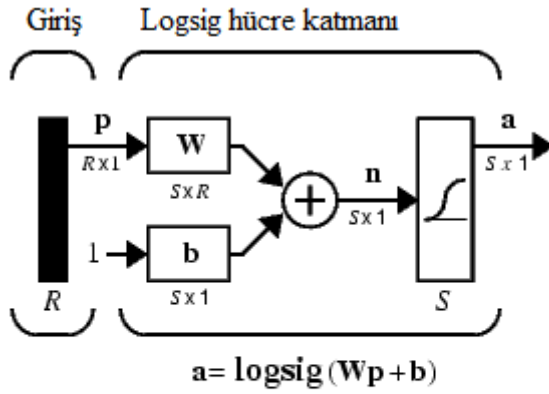


Şekil 5.1.3 Lineer transfer fonksiyonu

R girişi olan S logsig hücrelerin tek katmanlı ağ şekil 5.14’te katman diyagramı ise şekil 5.15’te gösterilmiştir.



Şekil 5.14. Tek katmanlı geri yayımlı ileri beslemeli ağ yapısı



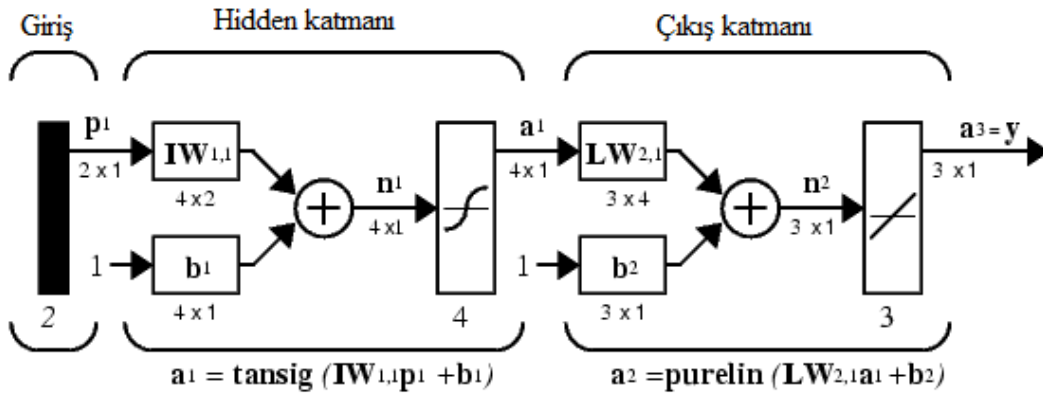
R = Giriş vektöründeki
elemanların sayısı

S = Katmandaki hücrelerin sayısı

Şekil 5.15. Tek katmanlı geri yayımlı ileri beslemeli ağ katman diyagramı

İleri beslemeli ağlar sıklıkla lineer hücreli çıkış katmanının takip ettiği sigmoid hücreli bir veya birden fazla hidden katmanlara sahiptir.

İki katmanlı transig/purelin ağıın gösterimi şekil 5.16’de verilmiştir.

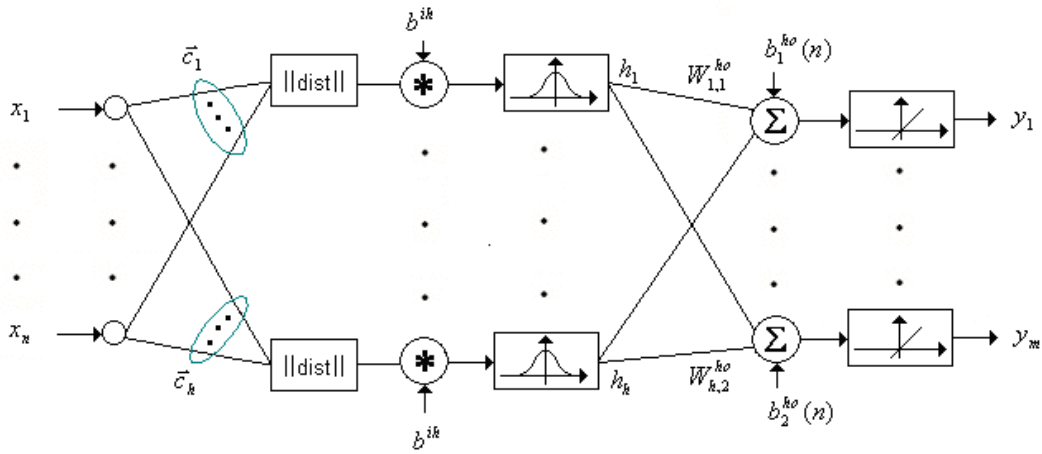


Şekil 5.16. İki katmanlı geri yayımlı ileri beslemeli ağ

5.5. Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağları

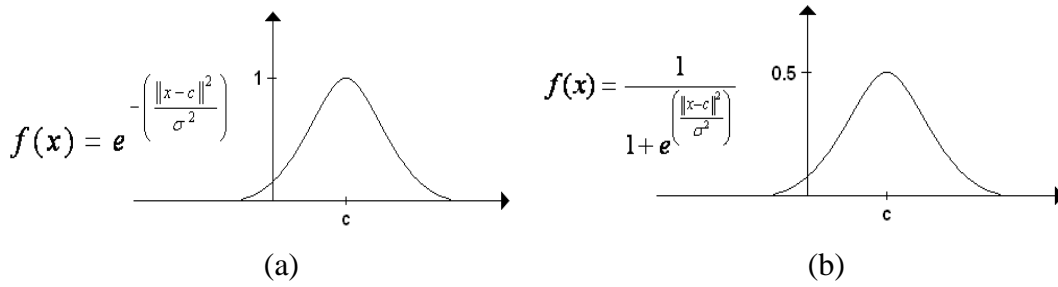
Radyal tabanlı yapay sinir ağları önceden kümeleşmiş verilerle çalışabilmektedir. Bu tip ağlarda gizli katmandaki işlem elemanları, girişlerin ağırlıklandırılmış şeklini kullanmamakta ve gizli katmandaki işlem elemanlarının çıkışları, yapay sinir ağı girişleri ile temel fonksiyonun merkezi arasındaki uzaklığa göre belirlenmektedir. Radyal tabanlı yapay sinir ağlarının en genel anlamıyla radyal olarak simetrik olan gizli katman işlem elemanları içeren bir yapıdadır.

Radyal temelli yapay sinir ağları, çok katmanlı algılayıcı ağlardan daha hızlı öğrenir. Fakat artan girişle, çok yüksek boyutlu radyal tabanlı yapay sinir ağlarına ihtiyaç duyulur. Bu yapılar genellikle sistem modelleme, tahmin ve sınıflandırma gibi problemlerin çözümleri için kullanılırlar. Radyal temelli YSA modeli Şekil 5.17’de görülmektedir.



Şekil 5.17. Radyal temelli yapay sinir ağı yapısı

Radyal temelli yapay sinir ağı, tek katmanlı ve denetlemeli öğrenmeyi kullanır. Genellikle ileri beslemeli çok katmanlı ağlardan hızlı eğitilirler. Şekil 5.18’de gösterildiği gibi Gauss, vb. radyal temelli fonksiyonları kullanır.

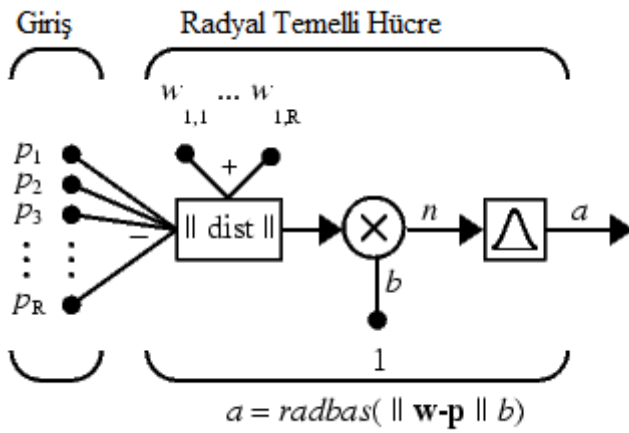


Şekil 5.18. a) Tipik Gauss fonksiyonu, b) Lojistik fonksiyon

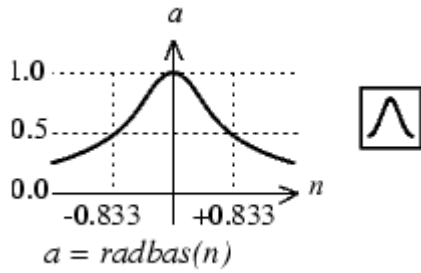
Radyal temelli ağ hücresi şekil 5.19’da gösterilmiştir. Burada radbas sinir girişi diğer sinirlerden farklıdır. Ağılık vektörü w ile giriş vektörü p arasındaki uzaklık vektörünün b tabanı ile çarpımı radbas transfer fonksiyonunun girişidir. Radyal temelli hücrenin transfer fonksiyonu;

$$\text{radbas}(n) = e^{-n^2}$$

Şeklinde olup şekil 5.20’de gösterilmiştir.



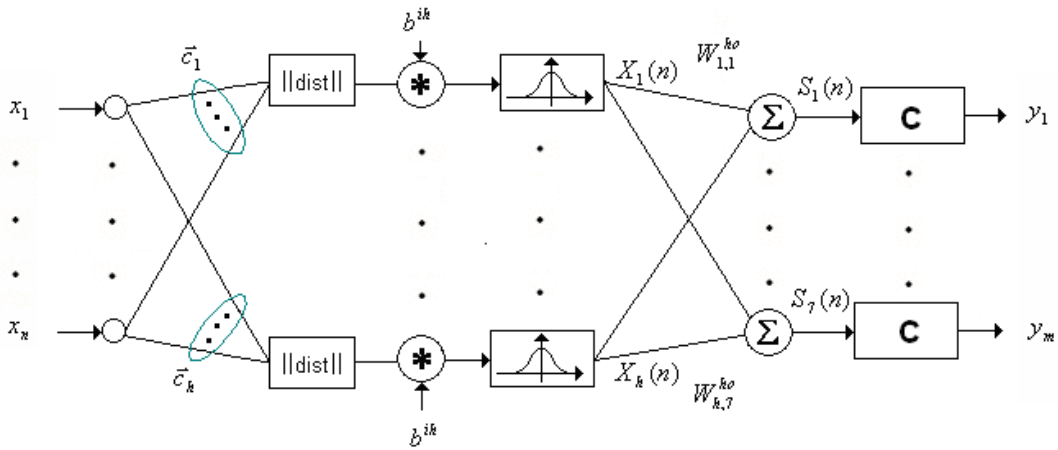
Şekil 5.19. Radyal temelli ağ hücresi



Şekil 5.20. Radbas transfer fonksiyonu

5.6. Olasılıksal Yapay Sinir Ağları (PNN)

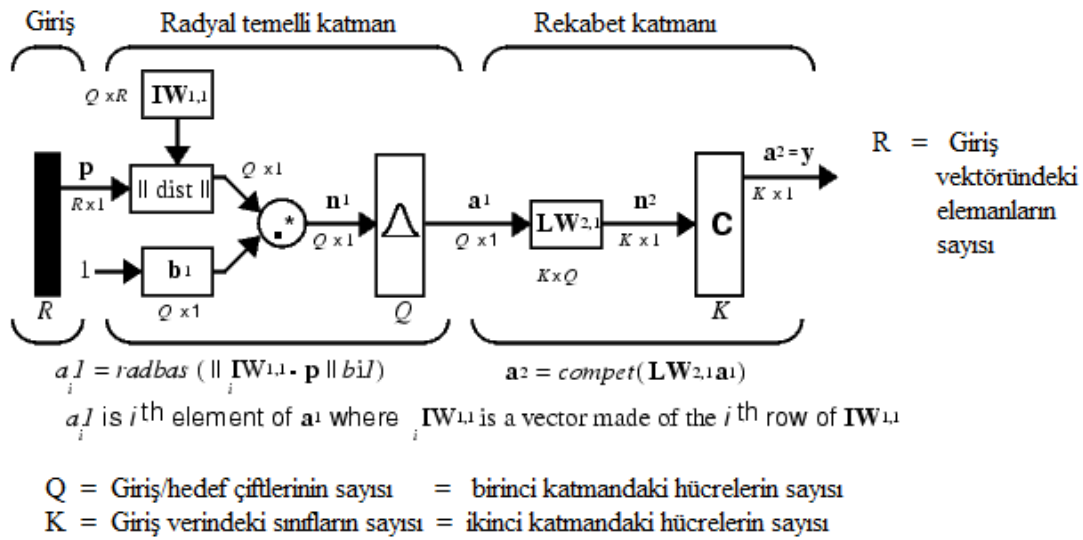
Olasılıksal yapay sinir (PNN) ağı ileri beslemeli bir ağ yapısı çeşididir. PNN, giriş katmanına ilave olarak tek gizli katmana ve bir çıkış katmana sahiptir. Hatanın geriye yayılımı algoritması ile eğitilen ileri beslemeli bir ağdan en temel farkı, PNN'in eğitim setini sadece bir eğitime adımında kullanmasıdır. Çıkış katmanı hariç klasik radyal temelli ağ yapısına benzer yapıdadır. Olasılıksal yapay sinir ağı yapısı Şekil 5.21'de yapısı gösterilmiştir.



Şekil 5.21. Olasılıksal yapay sinir ağı yapısı

Olasılıksal sinir ağlarında bir nörondaki aktivasyon fonksiyonu, eğitim örneklerine dayanan istatistiksel yoğunluk fonksiyonundan (PDF) hesaplanarak türetilmiştir. Olasılıksal sinir ağları sınıflandırma çalışmaları için çok uygundur.

Olasılıksal YSA'lar sınıflandırma problemlerinde kullanılmaktadır. Birinci katmanda; giriş uygulandığında giriş vektörü ile eğitim giriş vektörü arasındaki uzaklığı hesaplanarak girişin eğitim girişine ne kadar yaklaştığını gösteren elemanların olduğu bir vektör oluşturulmaktadır. İkinci katmanda; olasılıkların bir vektör çıkış ağını oluşturmak için, girişlerin her bir sınıfının katkıları toplanmaktadır. Son olarak, ikinci katman çıkışında transfer fonksiyonu, olasılıkların en büyüklerini toplayarak o sınıf için 1 diğer sınıflar için 0 üretmektedir. Olasılıksal YSA blok diyagramı şekil 5.22'de gösterilmiştir.

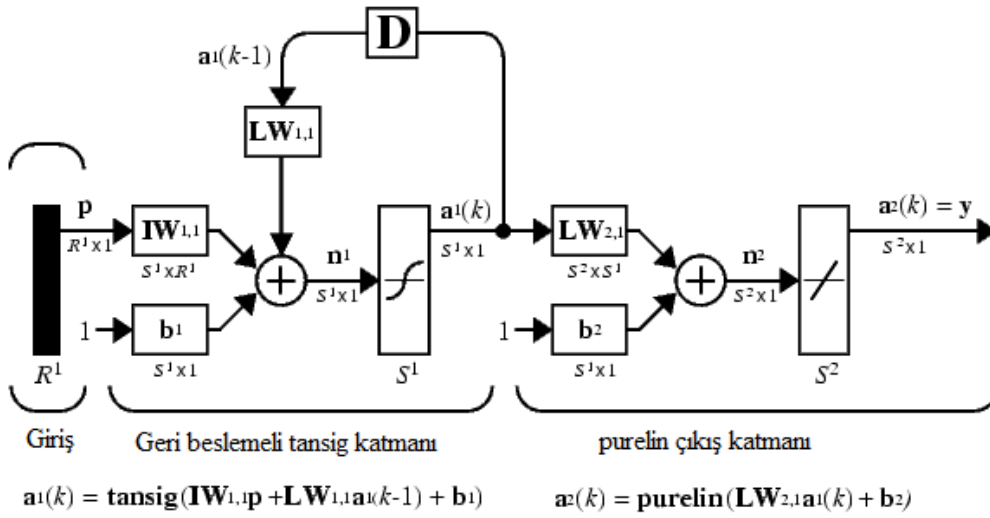


Şekil 5.22. Olasılıksal YSA blok diyagramı

5.7. Elman Yapay Sinir Ağları

Elman YSA modeli uygulanmıştır. Elman YSA genelde 2 katmanlıdır. Birinci katmanın çıkışı birinci katmanın girişine geri beslemelidir. İki katmanlı Elman YSA blok diyagramı olarak şekil 5.23'te gösterilmiştir.

Elman ağının birinci katmanı tansig hücreli geri beslemeli hidden katmanlı ve ikinci katmanı purelin hücreli çıkış katmanından oluştuğu için iki katmanlı ağlardan farklıdır. Birinci katmanı geri beslemeli olduğundan çalışma süresi fazladır. Yapılan işin karmaşıklığı ile bağıntılı olarak hidden katmanında kullandığı hücre sayısı da artmaktadır.



Şekil 5.23. Elman YSA blok diyagramı

5.8. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme

Yapay sinir ağları, kendisine verilen örnek veriyle eğitilir. Bir YSA problemi iyi tanımlanan ne kadar çok örnekle eğitilirse benzer problemleri çözme yeteneği artacaktır. Eğitime, kabul edilebilir bir hata ile yapılır. Bir yapay sinir ağında öğrenme, ağırlık matrisinde değişme olarak düşünülür. YSA'da öğrenme genel olarak iki şekilde sınıflandırılmaktadır; Öğreticili (danışmanlı) öğrenme ve Öğreticisiz (danışmansız) öğrenme şeklindedir.

Danışmanlı öğrenme, giriş vektörlerinin veri seti ve ağı eğitmek için çıkış vektörlerinin cevabını kullanır. Ağırlık matrisi, toplam ağ hatasının kabul edilebilir hatadan daha büyük olması durumunda güncelleştirilir. Örneğe ait çıkış değeri ile ağ çıkış değeri karşılaştırılarak ağın hatası bulunur. Bu hata kabul edilebilir seviyeye gelinceye kadar, yapay sinir ağı, nöronlar arasındaki ağırlıkları değiştirerek yinelemeye (iterasyona) devam eder. Ağın eğitilmesinde kullanılan veri setine “eğitim seti” denir.

Danışmansız öğrenmede, ağı sadece giriş değerleri verilir, çıkış değerleri verilmez. Ağıdan bu veri grubuna uyumlu bir çıkış değeri üretecek şekilde kendisini uygun ağırlıklarla düzenlemesi istenir.

BÖLÜM 6. AVUÇ İÇİ NEM PARAMETRELERİ KULLANILARAK KAN GLİKOZ VE HbA1c DEĞERLERİNİN YSA İLE BELİRLENMESİ

Noninvazive yöntem geliştirilen düzenek ile ölçülen avuç içi terlemenin neden olduğu nem değerleri ölçülmüştür. Avuç içi nem değerlerine ait grafiklerin eğim öznitelikleri ve fark öznitelikleri oluşturulmuştur. Bu özniteliklerle beraber deneklere ait kayıtlı bilgiler kullanılarak, yapay sinir ağ yapıları uygulamaları ile kandaki glikoz ve HbA1c parametreleri tespit edilmeye çalışılmıştır. Uygulanan yapay sinir ağı modelleri; ileri beslemeli çok katmanlı YSA, Radyal temelli YSA, olasılıksal YSA ve Elman YSA yapılarıdır.

6.1. Olasılıksal (PNN) YSA Yapısının Uygulanması

Olasılıksal YSA uygulaması Matlab araç kutusu kullanılarak newpnn fonksiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

newpnn (P, T, spread)

P : Giriş vektör matrisi

T : Hedef vektör matrisi

spread : Radyal temelli fonksiyonları spread'i (0,1 tanımlanmıştır)

Olasılıksal YSA şu şekilde oluşturulmuştur;

```
er = random('unif',ermin,ermax);
```

```
pnn1 = newpnn(xe1,t1,er);
```

```
ye = sim(pnn1,xel);
```

Spread parametresi, en iyi performans değerlendirme kriteri elde edilene kadar rastgele olarak değiştirilmiştir.

$\alpha = 0.01$

$\beta = 0.6$

Olasılıksal YSA yapısı genellikle sınıflandırılmış veriler için uygulanmaktadır. Olasılıksal YSA’ında giriş olarak kullanılan deneklerden alınan kan örneklerinin analizi sonucu biyokimya laboratuvarı açlık kan şekeri değerleri tablo 6.1’de verilen kriterler doğrultusunda 4 sınıf olacak şekilde sınıflandırılmıştır. [35]

Tablo 6.1. Biyokimya laboratuvarı açlık kan şekeri sonuçlarının sınıflandırılma kriterleri

Sınıfın adlandırılması	Aranan kriter
1	Kan Şekeri değeri < 100 mg/dl
2	100 mg/dl ≤ Kan Şekeri değeri ≤ 125 mg/dl
3	125 mg/dl < Kan Şekeri değeri ≤ 180 mg/dl
4	Kan Şekeri değeri > 180 mg/dl

Deneklerden alınan kan örneklerinin analizi sonucu biyokimya laboratuvarı HbA1c değerleri tablo 6.2’de verilen kriterler doğrultusunda 3 sınıf olacak şekilde sınıflandırılmıştır.[32].

Tablo 6.2. Biyokimya laboratuvarı HbA1c sonuçlarının sınıflandırılma kriterleri

Sınıfın adlandırılması	Aranan kriter
1	HbA1c değeri < 5.7 %
2	5.7 % ≤ HbA1c değeri ≤ 6.4 %
3	HbA1c değeri > 6.4 %

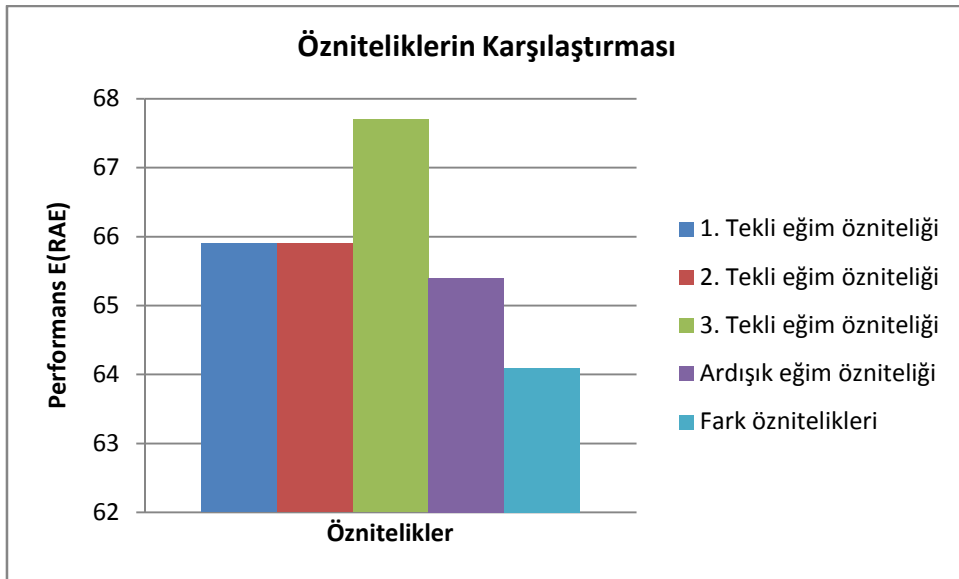
Olasılıksal YSA uygulamasında 220 denek verisi kullanılmıştır. YSA uygulamasında giriş olarak bölüm 4.4’te hesaplanan ve elde edilen parametreler çeşitli kombinasyonlarda kullanılmış ve çıkış olarak da deneklere ait biyokimya laboratuvarı sonuçları olan açlık kan şekeri ve HbA1c değerleri kullanılmıştır.

En iyi performansın elde edilmesi için, ağa uygulanan veriler 10 eşit parçaya bölünmüş ve her bir parça için ağ ayrı ayrı oluşturulmuştur.

Olasılıksal YSA özelliği olarak verilerin sınıflandırılması gerekmektedir. Bu deneklere ait biyokimya laboratuvarı sonuçları olan açlık kan şekeri için tablo 6.1’de ve HbA1c değeri için de tablo 6.2’de verilen sınıflandırmalar yapılmıştır.

Olasılıksal YSA uygulaması Matlab yapay sinir ağları araçları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Matlab kullanılarak yazılan program Eklerde verilmiştir.

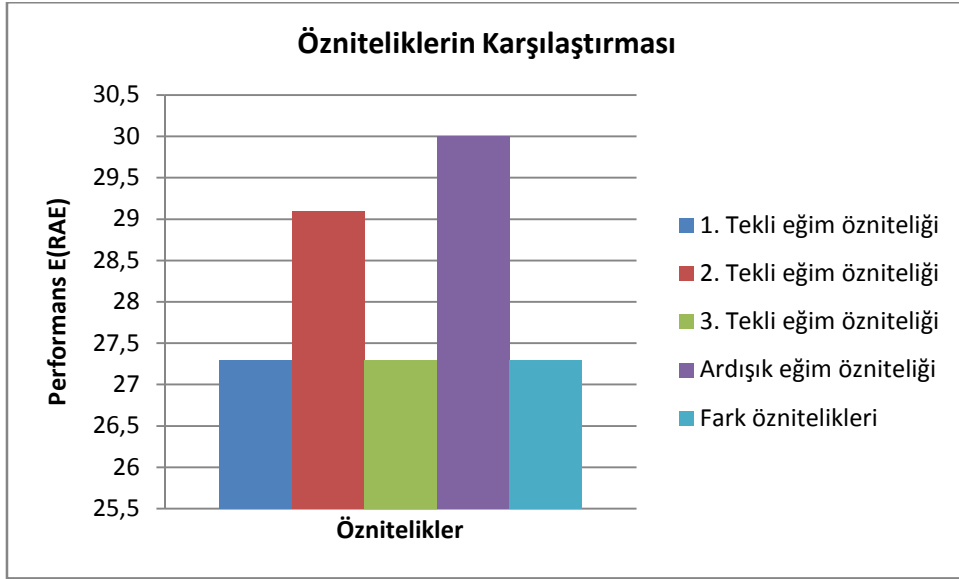
Çıkış olarak açlık kan şekeri ve HbA1c parametreleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar şekil 6.1 – şekil 6.10’de ayrı ayrı karşılaştırmalı olarak ve tablo 6.3’te toplu olarak verilmiştir.



Şekil 6.1. Giriş öznitelikler ve çıkış Kan glikoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi

Açlık kan şekeri belirlenmesinde öznitelikler ayrı ayrı giriş olarak kullanılmıştır. Bu sayede öznitelikler karşılaştırılmıştır. 1. ve 2. tekli eğitim özniteliği kullanıldığında sonuç aynı çıkmıştır. En iyi sonuç fark öznitelikleri kullanıldığında elde edilmiştir.

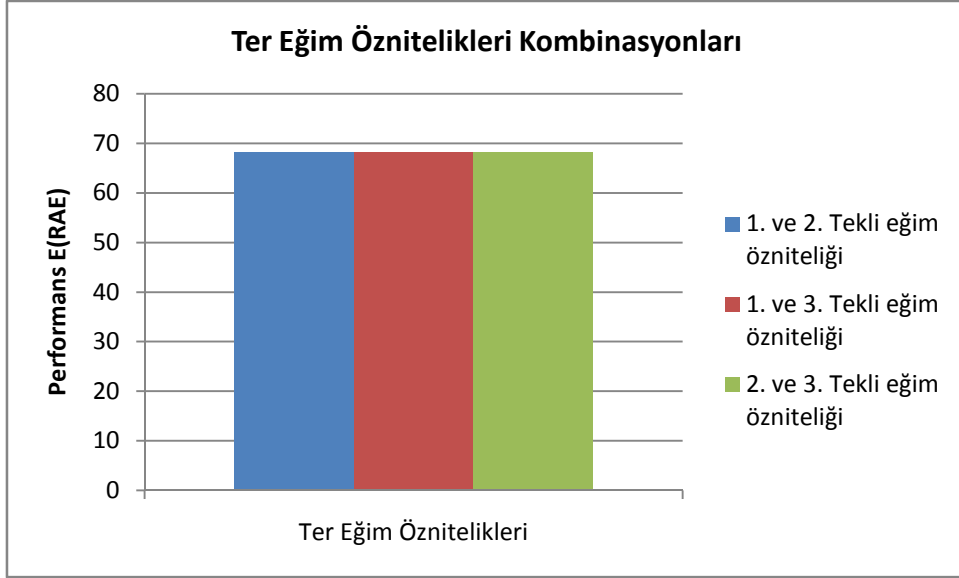
HbA1c değeri belirlenmesinde, öznitelikler ayrı ayrı giriş olarak kullanılarak özniteliklerin HbA1c değerinin belirlenmesinde karşılaştırması yapılmıştır. Bunun sonucunda; 1., 3. ve fark öznitelikleri kullanılarak en iyi sonucun elde edildiği görülmüştür.



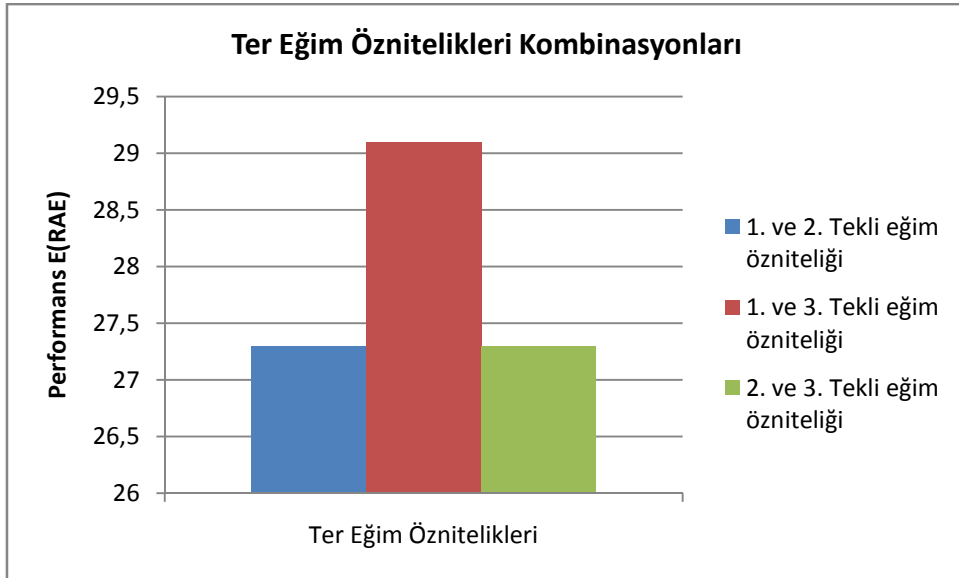
Şekil 6.2. Giriş öznitelikler ve çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi

Açlık kan şekerinin belirlenmesinde 1., 2., ve 3. tekli eğitim özniteliklerinin farklı kombinasyonları giriş olarak kullanılmasının sonucu değiştirmedeği görülmüştür.

HbA1c değerinin belirlenmesinde, 1., 2. ve 3. tekli eğitim özniteliklerinin farklı kombinasyonları giriş olarak kullanılmasının sonucunda 1. ve 2. ile 2. ve 3. tekli eğitim özniteliklerin daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.



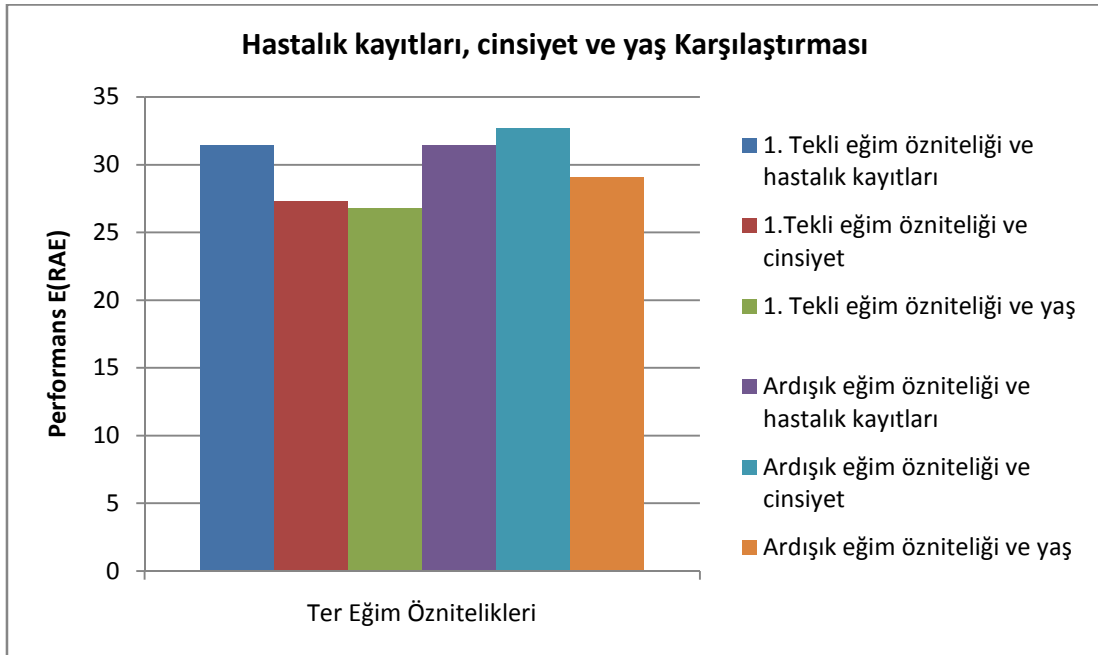
Şekil 6.3. Giriş ter eğim özniteliklerinin kombinasyonları ve çıkış Kan glikoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



Şekil 6.4. Giriş ter eğim özniteliklerinin kombinasyonları ve çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



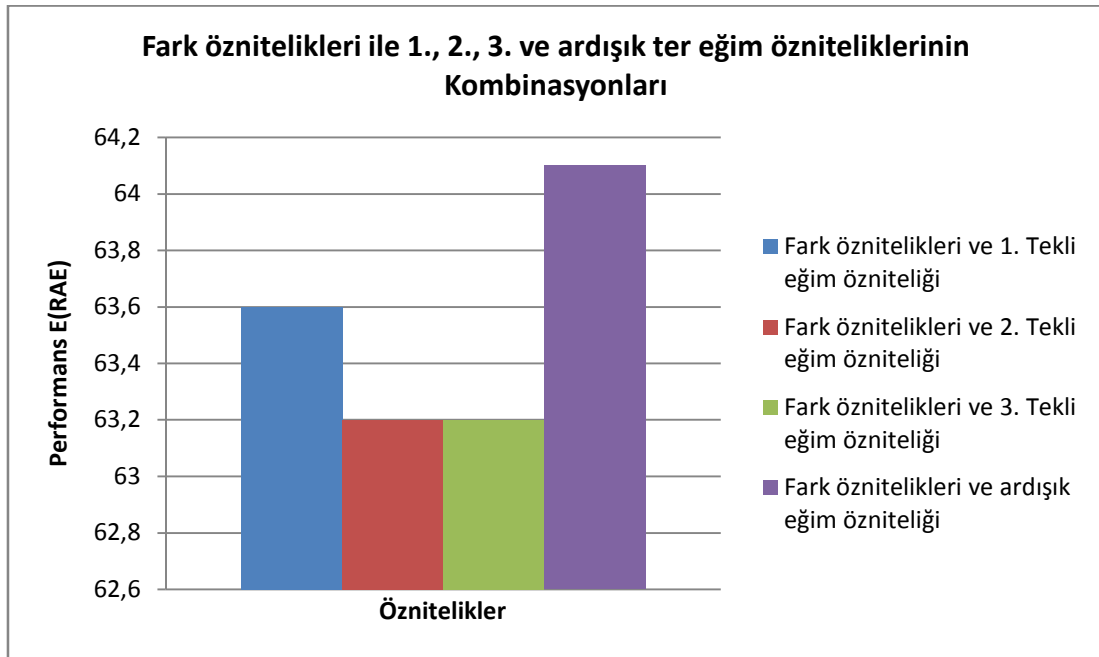
Şekil 6.5. Giriş ter eğitim öznitelikleri ile hastalık kayıtları, cinsiyet ve yaş kombinasyonları ile çıkış Kan Glikoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



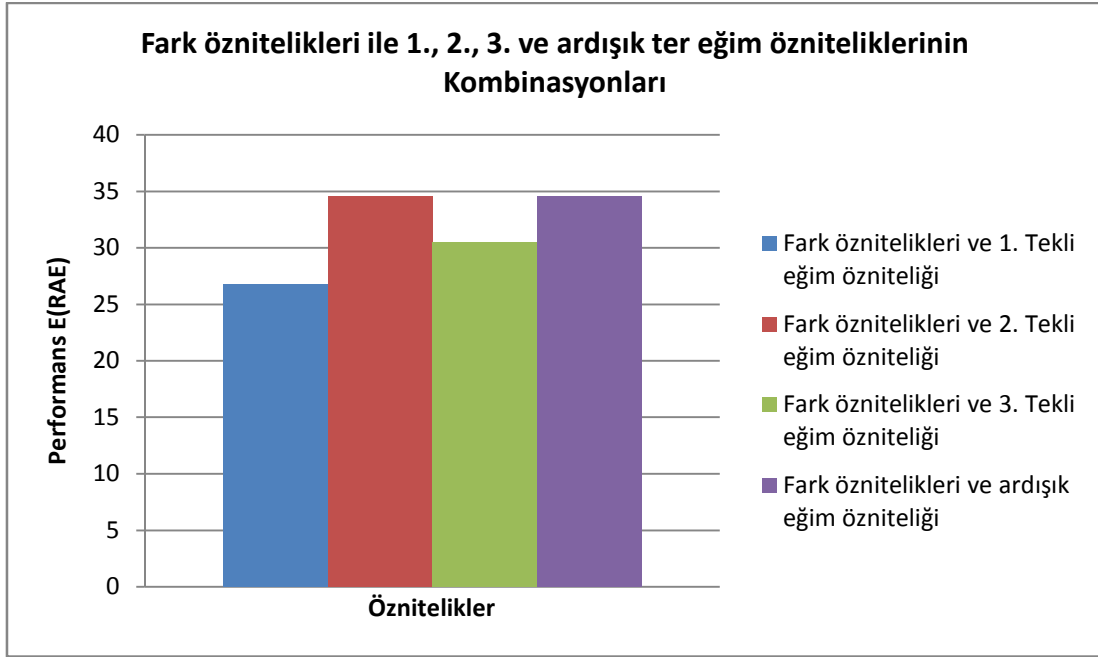
Şekil 6.6. Giriş ter eğitim öznitelikleri ile hastalık kayıtları, cinsiyet ve yaş kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi

Gerek açlık kan şekerinin gerekse de HbA1c değerinin belirlenmesinde hastalık kayıtlarının, yaş ve cinsiyet bilgilerinin de öznitelikler ile birlikte giriş olarak kullanılmasının sonucu fazla etkilemediği görülmüştür.

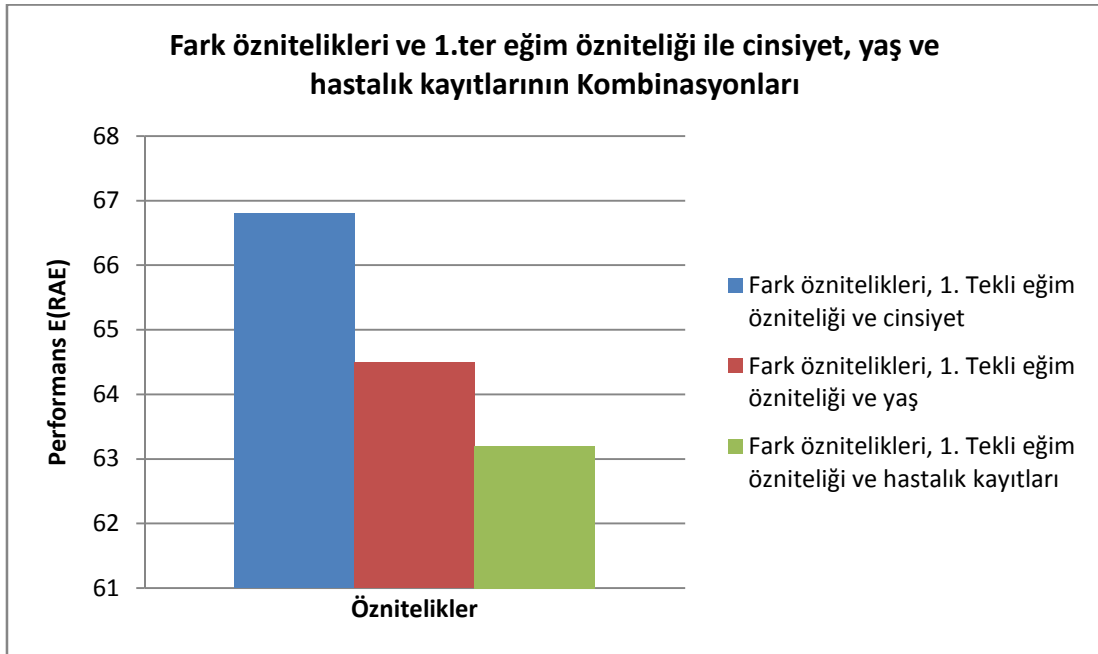
Gerek açlık kan şekeri ve gerekse HbA1c değerinin belirlenmesinde fark özniteliklerinin 1., 2., 3. tekli eğitim öznitelikleri ve ardışık öznitelikler ile beraber giriş olarak kullanılmıştır. Açlık kan şekerinin belirlenmesinde fark öznitelikleri ile diğer özniteliklerin ayrı ayrı beraber kullanılmasının sonucu değiştirmedeği görülmüştür. HbA1c değerinin belirlenmesinde fark öznitelikleri ile 1. tekli eğitim özniteliğinin giriş olarak kullanılmasının en iyi sonucu verdiği görülmüştür.



Şekil 6.7. Giriş fark öznitelikleri ile 1., 2., 3. ve ardışık ter eğitim özniteliklerinin kombinasyonları ile çıkış Kan Glikoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi

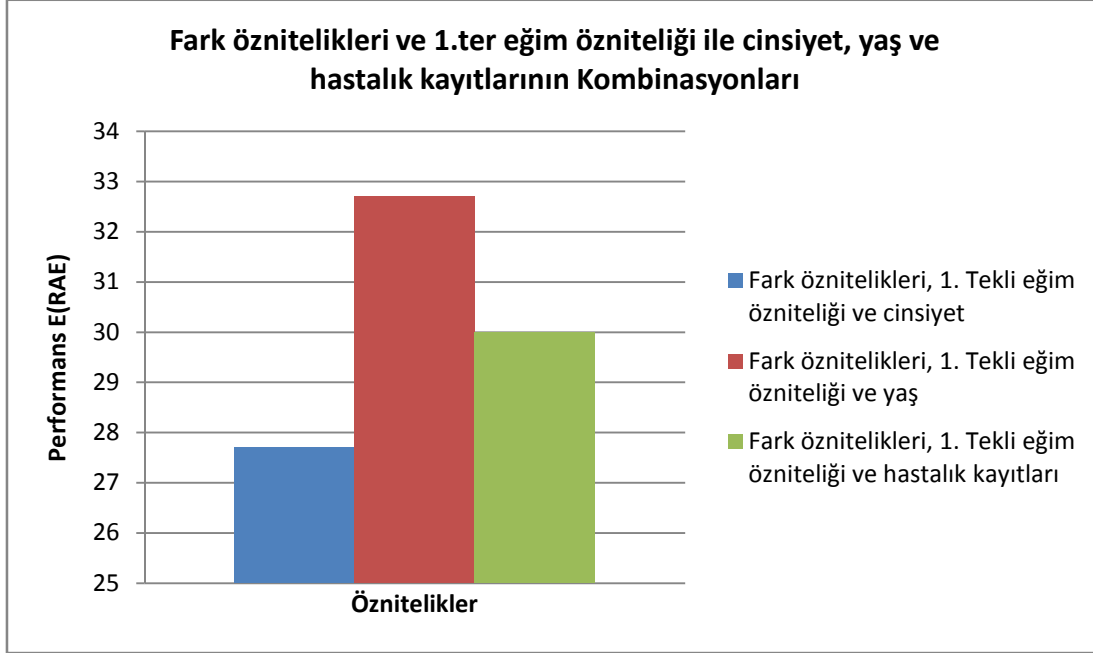


Şekil 6.8. Giriş fark öznitelikleri ile 1., 2., 3. ve ardışık ter eğitim özniteliklerinin kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



Şekil 6.9. Giriş fark öznitelikleri, 1.ter eğitim özniteliği ile cinsiyet, yaş ve hastalık kayıtları kombinasyonları ile çıkış Kan Glikoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi

Açlık kan şekeri belirlenmesinde, fark öznitelikleri ile 1. tekli eğitim özniteliliğine cinsiyet, yaş ve hastalık kayıtlarının fazla etkisinin olmadığı görülmüştür.



Şekil 6.10 Giriş fark öznitelikleri, 1.ter eğitim özniteliliği ile cinsiyet, yaş ve hastalık kayıtları kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi

HbA1c değerinin belirlenmesinde, fark öznitelikleri ile 1. tekli eğitim özniteliliğine cinsiyet, yaş ve hastalık kayıtlarının etkisinin olduğu görülmüştür. Cinsiyetin açlık kan şekeri belirlenmesinde olumlu fakat HbA1c değerinin belirlenmesinde olumsuz etkisinin olduğu görülmüştür.

Tablo 6.3. Olasılıksal YSA uygulaması sonuçları

GİRİŞ OLARAK KULLANILAN PARAMETRELER	PERFORMANS E(RAE) Şeker için	PERFORMANS E(RAE) HbA1c için
Tüm parametreler	59,5	34,6
Fark öznitelikleri hariç	63,2	30,0
1.Tekli eğitim	65,9	27,3

Tablo 6.3. (Devam) Olasılıksal YSA uygulaması sonuçları

2.Tekli eğitim	65,9	29,1
3.Tekli eğitim	67,7	27,3
Ardışık eğitim öznitelikleri	65,4	30,0
Fark öznitelikleri	64,1	27,3
1.ve 2. Tekli eğitimler	68,2	27,3
1.ve 3. Tekli eğitimler	68,2	29,1
2.ve 3. Tekli eğitimler	68,2	27,3
1.Tekli eğitim ve hastalıklar	65,5	31,4
1. Tekli eğitim ve cinsiyet	66,4	27,3
1. Tekli eğitim ve yaş	64,5	26,8
Ardışık eğitim öznitelikleri ve hastalıklar	63,6	31,4
Ardışık eğitim öznitelikleri ve cinsiyet	66,4	32,7
Ardışık eğitim öznitelikleri ve yaş	65,9	29,1
Fark öznitelikleri ve 1. Tekli eğitim	63,6	26,8
Fark öznitelikleri ve 2. Tekli eğitim	63,6	34,6
Fark öznitelikleri ve 3. Tekli eğitim	63,2	30,5
Fark öznitelikleri ve ardışık eğitim öznitelikleri	64,1	34,6
Fark öznitelikleri, 1. Tekli eğitim ve cinsiyet	66,8	27,7
Fark öznitelikleri, 1. Tekli eğitim ve yaş	64,5	32,7
Fark öznitelikleri, 1. Tekli ve hastalıklar	63,2	30,0

6.2. Radyal Tabanlı YSA Yapısının Uygulanması

Radyal Temelli YSA uygulaması Matlab araç kutusu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Uygulamada oluşturulan Radyal Temelli YSA; birinci katmanı S^1 hücreli hidden katmanı ve ikinci katmanı S^2 hücreli lineer çıkış katmanı olmak üzere iki katmandan oluşmaktadır. Radyal Temelli YSA şekil 6.11’de gösterilmiştir.

Radyal Temelli YSA newrb fonksiyonu kullanılarak oluşturulur.

newrb (P, T, goal, spread, MN)

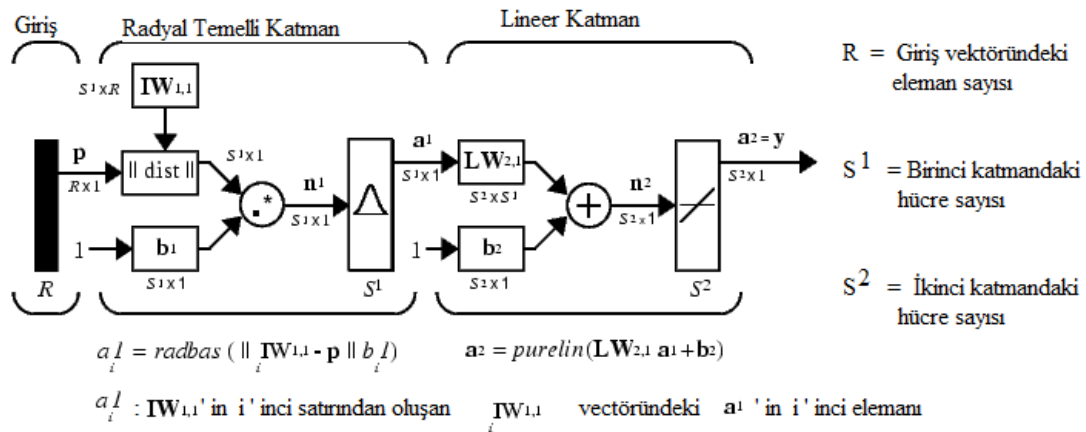
P : Giriş matris vektörü (R×Q)

T : Hedef matris vektörü (S×Q)

Goal : Ortalama karekök hata

Spread : Radyal temelli fonksiyonun ağırlığı

MN : Maksimum hücre sayısı



Şekil 6.11. Radbas temelli YSA'nın gösterimi

Uygulamada en iyi performans değerlendirme kriteri elde edilene kadar spread ve MN değerleri rastgele olarak aşağıdaki şekilde verilmiştir.

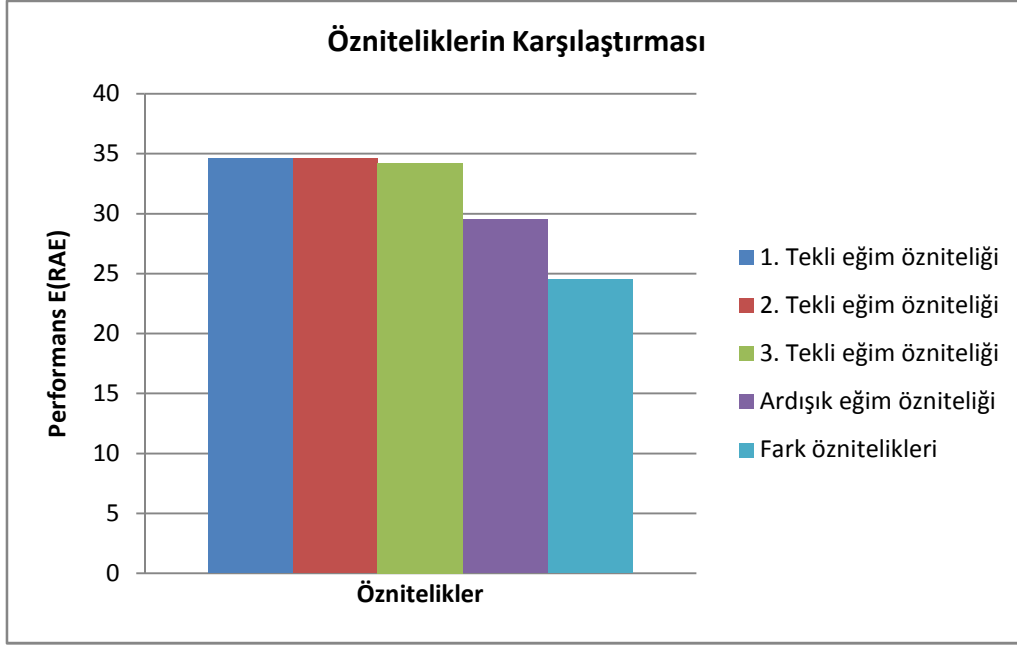
```
sp=random('unif',1,10)/100  
nn=round(random('unif',1,100))  
rbfnn1 = newrb(eg1,eyd1(1,:),0.00001,sp,nn);
```

newrb fonksiyonu her seferinde bir radyal temelli hücreyi iteratif olarak oluşturmaktadır. Hücreler, toplam karekök hata belirtilen ortalama karekök hatanın altına düşene veya belirtilen maksimum hücre sayısına ulaşılan kadar ağa eklenir.

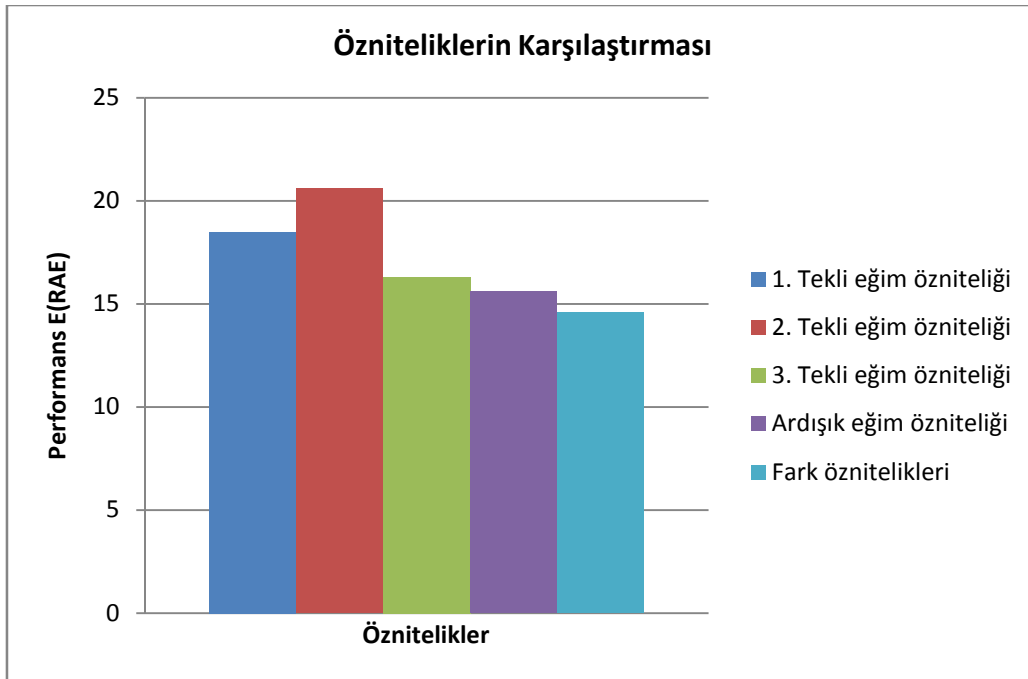
Radyal temelli YSA uygulamasında 221 veri kullanılmıştır. Bu verilerin 148 tanesi eğitim, 73 tanesi ise test amaçlı kullanılmıştır. Uygulama sonuçları şekil 6.12 – şekil 6.21’de gösterilmiştir.

Radyal Tabanlı YSA uygulaması Matlab yapay sinir ağları araçları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Matlab kullanılarak yazılan program Eklerde verilmiştir.

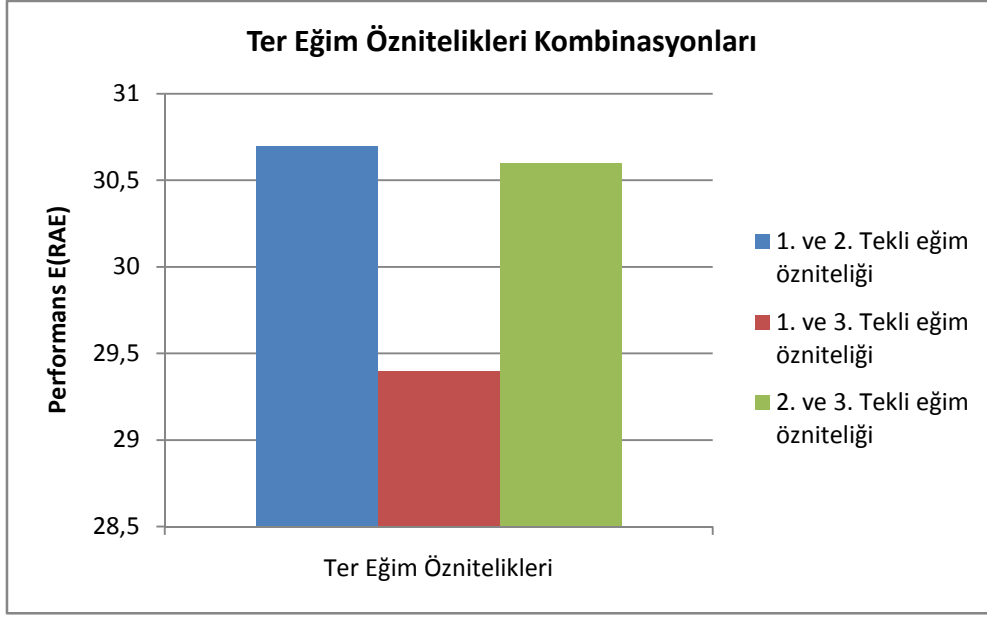
Açlık kan şekerinin belirlenmesinde öznitelikler ayrı ayrı giriş olarak kullanılmıştır. 1., 2., ve 3. tekli eğitim özniteliklerin kullanılmasının sonucu değiştirmedığı ve fark öznitelikleri kullanılması ile en iyi sonucun elde edildiği görülmüştür. HbA1c değerinin belirlenmesinde özniteliklerin sonuçları fazla değiştirmedığı fakat en iyi sonucu fark özniteliklerin kullanılmasının verdiği görülmüştür.



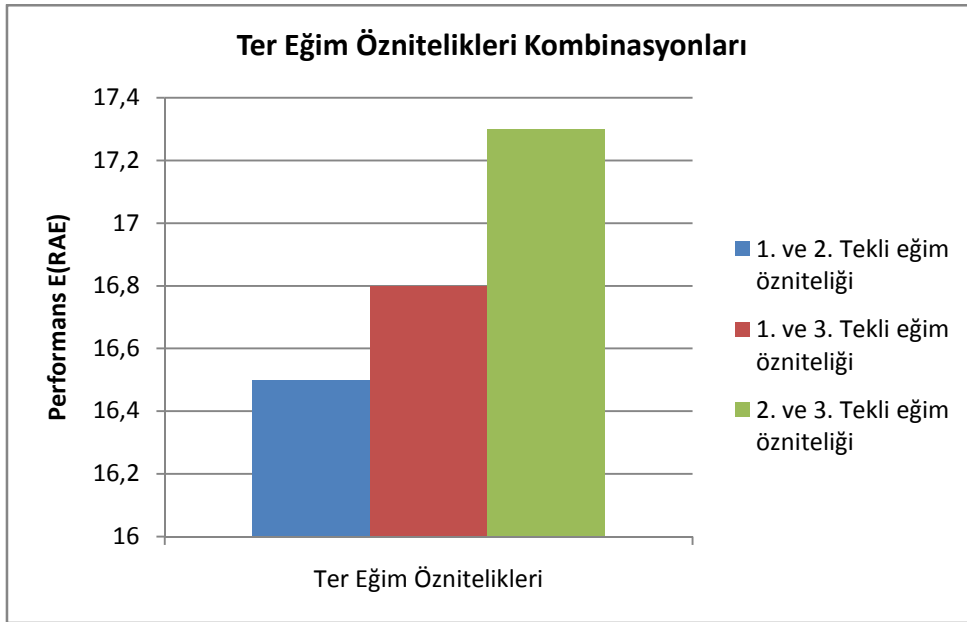
Şekil 6.12. Giriş öznitelikler ve çıkış Kan glikoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



Şekil 6.13. Giriş öznitelikler ve çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi

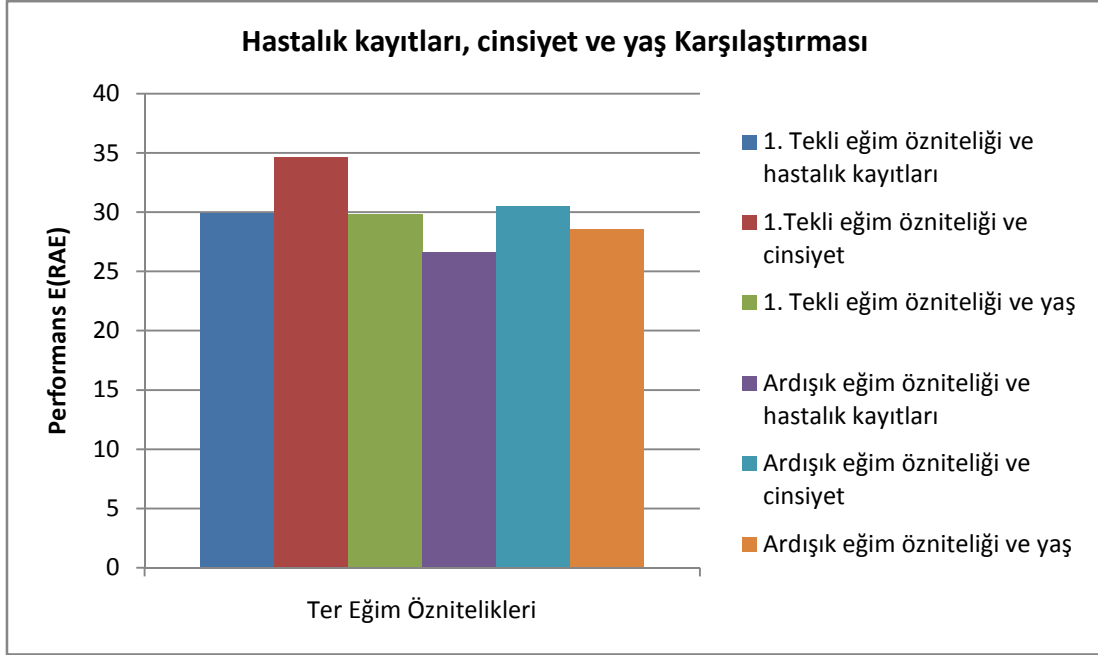


Şekil 6.14. Giriş ter eğitim özniteliklerinin kombinasyonları ve çıkış Kan glikoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



Şekil 6.15. Giriş ter eğitim özniteliklerinin kombinasyonları ve çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi

Gerek açlık kan şekeri ve gerekse HbA1c değerinin belirlenmesinde 1., 2. ve 3. tekli eğitim özniteliklerinin kombinasyonlarının farklı farklı kullanılmasının sonucu fazla etkilemediği görülmüştür.



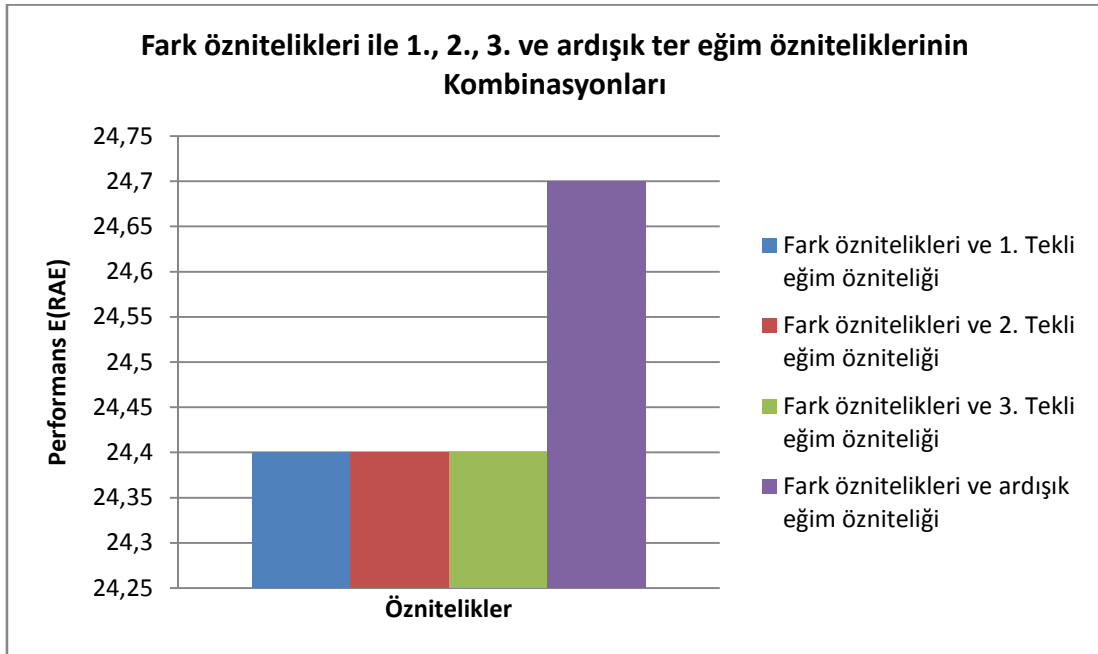
Şekil 6.16. Giriş ter eğitim öznitelikleri ile hastalık kayıtları, cinsiyet ve yaş kombinasyonları ile çıkış Kan Glukoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi

Kan şekeri ve HbA1c değerinin belirlenmesinde 1. tekli eğitim özniteliği ve ardışık eğitim öznitelikleri üzerinde cinsiyet, yaş ve hastalık kayıtlarının fazla etkili olmadığı görülmüştür.

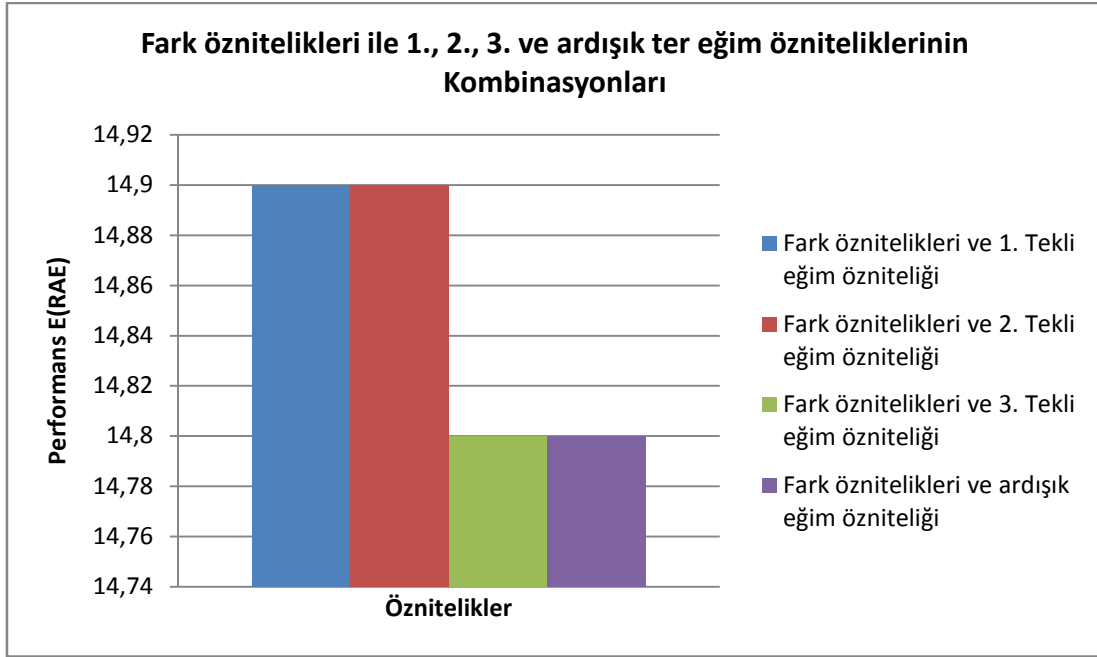
Gerek kan şekeri ve gerekse HbA1c değerinin belirlenmesinde fark özniteliklerine 1. ve 2. tekli eğitim özniteliğinin etkisinin olumlu olduğu görülmüştür.



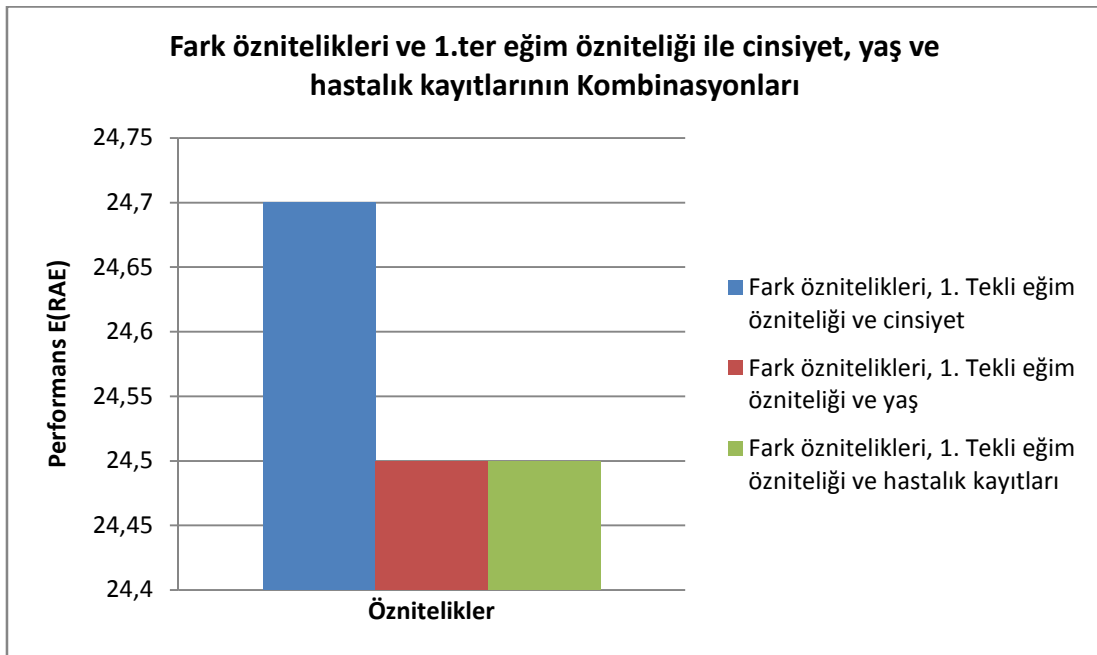
Şekil 6.17. Giriş ter eğitim öznitelikleri ile hastalık kayıtları, cinsiyet ve yaş kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



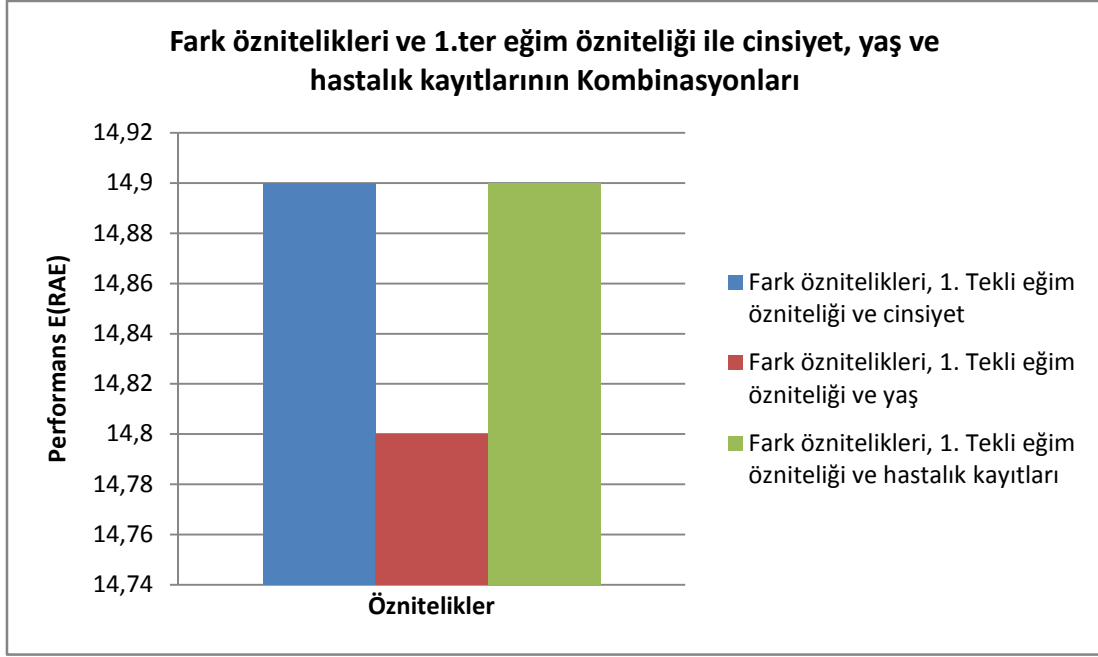
Şekil 6.18. Giriş fark öznitelikleri ile 1., 2., 3. ve ardışık ter eğitim özniteliklerinin kombinasyonları ile çıkış Kan Glikoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



Şekil 6.19. Giriş fark öznitelikleri ile 1., 2., 3. ve ardışık ter eğitim özniteliklerinin kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



Şekil 6.20. Giriş fark öznitelikleri, 1.ter eğitim özniteliği ile cinsiyet, yaş ve hastalık kayıtları kombinasyonları ile çıkış Kan Glikoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



Şekil 6.21. Giriş fark öznitelikleri, 1.ter eğitim özniteliği ile cinsiyet, yaş ve hastalık kayıtları kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi

Kan şekeri ve HbA1c değerinin fark öznitelikleri ve 1. tekli eğitim özniteliği ile belirlenmesine cinsiyet, yaş ve hastalık kayıtlarının etkili olmadığı görülmüştür.

Tablo 6.4. Radyal Temelli YSA uygulaması sonuçları

GİRİŞ OLARAK KULLANILAN PARAMETRELER	PERFORMANS E(RAE) Şeker için	PERFORMANS E(RAE) HbA1c için
Tüm parametreler	24,5	14,8
Fark öznitelikleri hariç	24,5	14,6
1.Tekli eğitim	34,7	18,5
2.Tekli eğitim	34,6	20,6
3.Tekli eğitim	34,2	16,3

Tablo 6.4. (Devam) Radyal Temelli YSA uygulaması sonuçları

Ardışık eğitim öznitelikleri	29,5	15,6
Fark öznitelikleri	24,5	14,8
1.ve 2. Tekli eğitimler	30,7	16,5
1.ve 3. Tekli eğitimler	29,4	16,8
2.ve 3. Tekli eğitimler	30,6	17,3
1.Tekli eğitim ve hastalıklar	29,9	14,9
1. Tekli eğitim ve cinsiyet	34,6	17,6
1. Tekli eğitim ve yaş	29,8	16,2
Ardışık eğitim öznitelikleri ve hastalıklar	26,6	15,1
Ardışık eğitim öznitelikleri ve cinsiyet	30,5	16,8
Ardışık eğitim öznitelikleri ve yaş	28,6	14,7
Fark öznitelikleri ve 1. Tekli eğitim	24,4	14,9
Fark öznitelikleri ve 2. Tekli eğitim	24,4	14,9
Fark öznitelikleri ve 3. Tekli eğitim	24,4	14,8
Fark öznitelikleri ve ardışık eğitim öznitelikleri	24,7	14,8
Fark öznitelikleri, 1. Tekli eğitim ve cinsiyet	24,7	14,9
Fark öznitelikleri, 1. Tekli eğitim ve yaş	24,5	14,8
Fark öznitelikleri, 1. Tekli ve hastalıklar	24,5	14,9

6.3. İleri Beslemeli YSA Yapısının Uygulanması

Geri yayımlı ileri beslemeli YSA modeli uygulanmıştır. Bu uygulama Matlab araç kutusu kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

İleri beslemeli çok katmanlı ağ newff fonksiyonu kullanılarak oluşturulur.

Newff (P, T, [S1 S2 ... S(N-1)], { TF1 TF2 ... TFN1 },BTF,BLF,PF,IPF,OPF,DDF)

P : Giriş vektör matrisi

T : Hedef vektör matrisi

Si : i'inci katmanın boyutu

TFi : i'inci katmanın transfer katmanı (hidden katmanı için 'transig', çıkış katmanı için 'purelin' tanımlanmıştır.)

BTF : Geri yayılım ağı çalışma fonksiyonu ('trainlm' tanımlanmıştır)

BLF : Geri yayılım ağırlık/sapma öğrenme fonksiyonu ('learnngdm' tanımlanmıştır)

PF : Performans fonksiyonu ('mse' tanımlanmıştır)

IPF : Giriş işlem fonksiyonlarının satır hücre dizisi ('fixunknowns', 'removeconstantrows', mapminmax' olarak tanımlanmıştır)

OPF : Çıkış işlem fonksiyonlarının satır hücre dizisi ('removeconstantrows', 'mapminmax' olarak tanımlanmıştır)

DDF : Veri bölüm fonksiyonu ('dividerand' olarak tanımlanmıştır)

TFi transfer fonksiyonu olarak 'transig', 'logsig' veya 'purelin' gibi türevlenebilir transfer fonksiyonlarından biri seçilebilir. BTF çalışma fonksiyonu olarak 'trainlm', 'trainbfg', 'trainrp' veya 'traingd' gibi geri yayılım çalışma fonksiyonlarından biri seçilebilir. Trainlm çok hızlı olmasına rağmen çok fazla hafızaya ihtiyaç duyar. Trainbfg yavaşlığının yanı sıra trainlm' den daha verimli hafıza kullanır. Trainrp ise yavaş olmasına rağmen trainbfg' den daha verimli hafıza kullanır. BLF öğrenme fonksiyonu için learnngd veya learnngdm geri yayılım öğrenme fonksiyonlarında biri kullanılabilir. Türevlenebilir performans fonksiyonları olan mse veya msereg' den biri performans fonksiyonu olarak kullanılabilir.

İleri beslemeli çok katmanlı ağ şu şekilde oluşturulmuştur;

```
mlnn1 = newff(minmax(eg1),[20 20 1],{'tansig' 'tansig' 'tansig'},'trainlm');
```

```
iter=round(random('unif',1,15))
```

```
mlnn1.trainParam.epochs=iter;
```

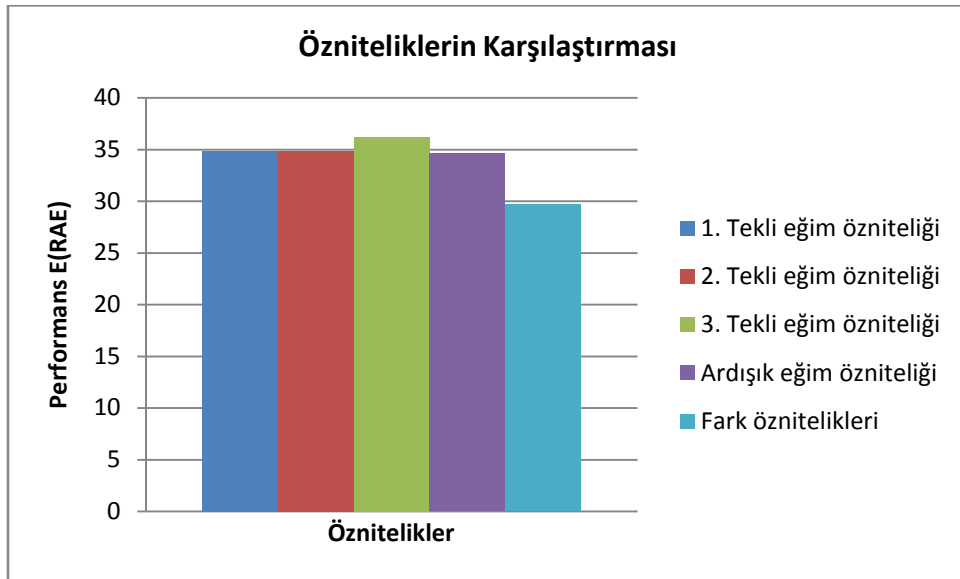
```
mlnn1.trainParam.show=5;
```

```
mlnn1.trainParam.min_grad=0;
mlnn1.trainParam.goal=5e-8;
mlnn1=train(mlnn1,eg1,eyd1(1,:));
ey1(1,:)=sim(mlnn1,eg1);
```

Uygulamada 221 verinin 148 tanesi eğitim ve 73 tanesi de test amaçlı kullanılmıştır. Elde edilen, hesaplanan ve kaydedilen parametrelerin kullanılması ile elde edilen sonuçlar şekil 6.22 – şekil 6.31’de verilmiştir.

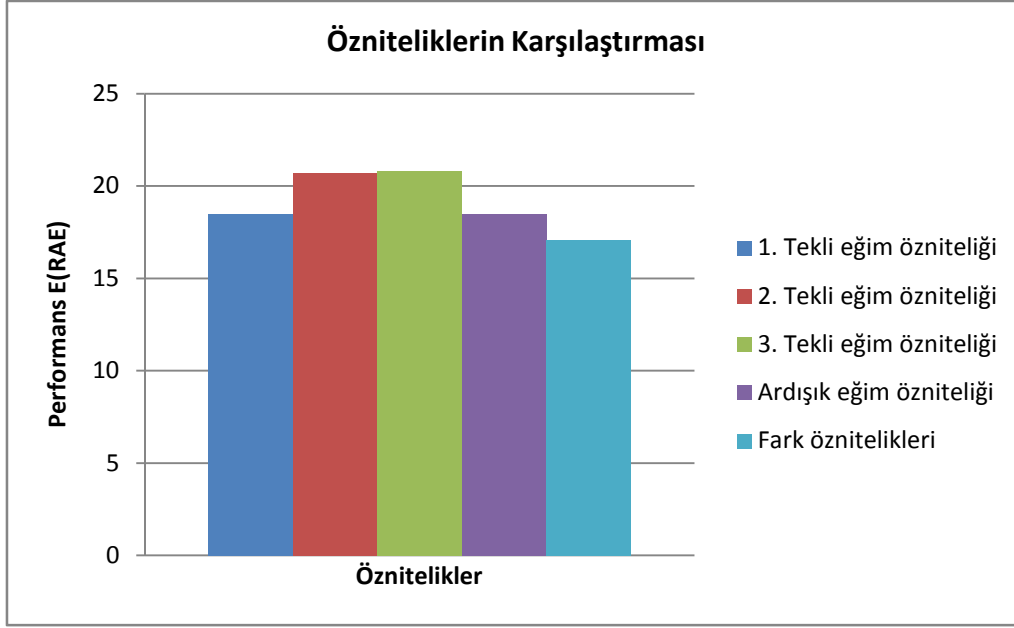
İleri beslemeli YSA uygulaması Matlab yapay sinir ağları araçları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Matlab kullanılarak yazılan program Eklerde verilmiştir.

Kan şekeri ve HbA1c değerinin belirlenmesinde en iyi sonucun fark özneliklerinin giriş olarak kullanılmasının verdiği görülmektedir.

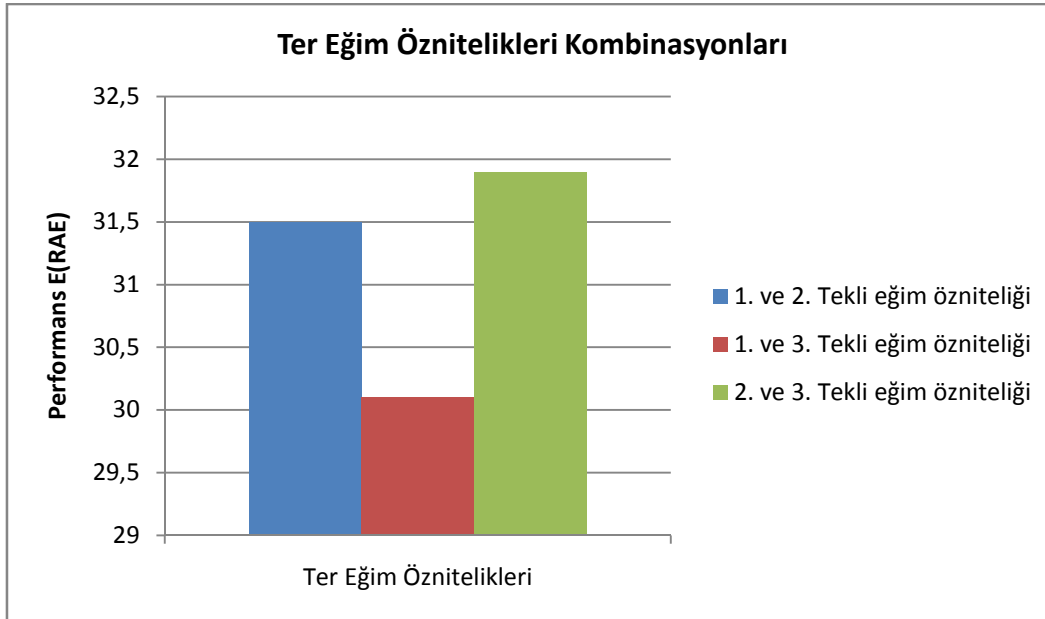


Şekil 6.22. Giriş öznelikler ve çıkış Kan glikoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi

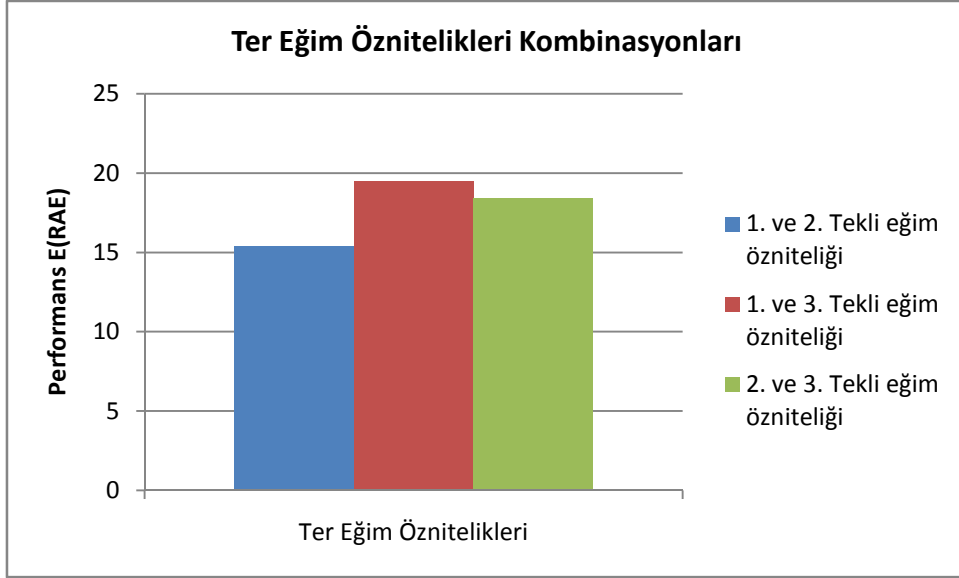
Kan şekeri ve HbA1c değerinin belirlenmesinde 1., 2. ve 3. tekli eğitim özneliklerinin kombinasyonlarının giriş olarak kullanılmasının sonucu fazla etkilemediği görülmüştür.



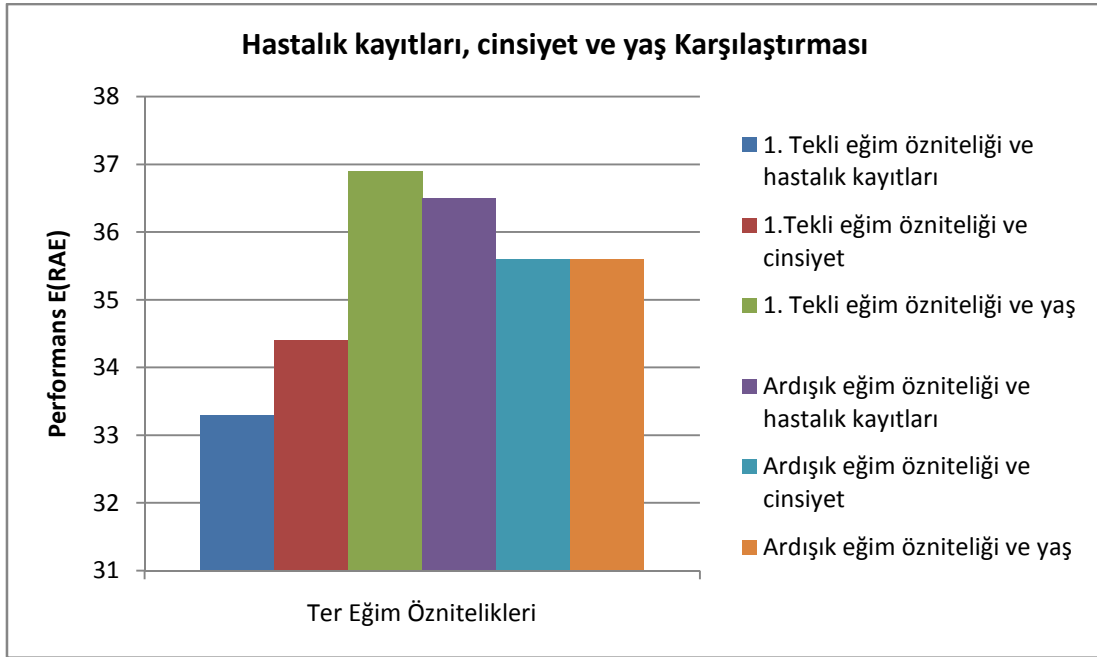
Şekil 6.23. Giriş öznitelikler ve çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



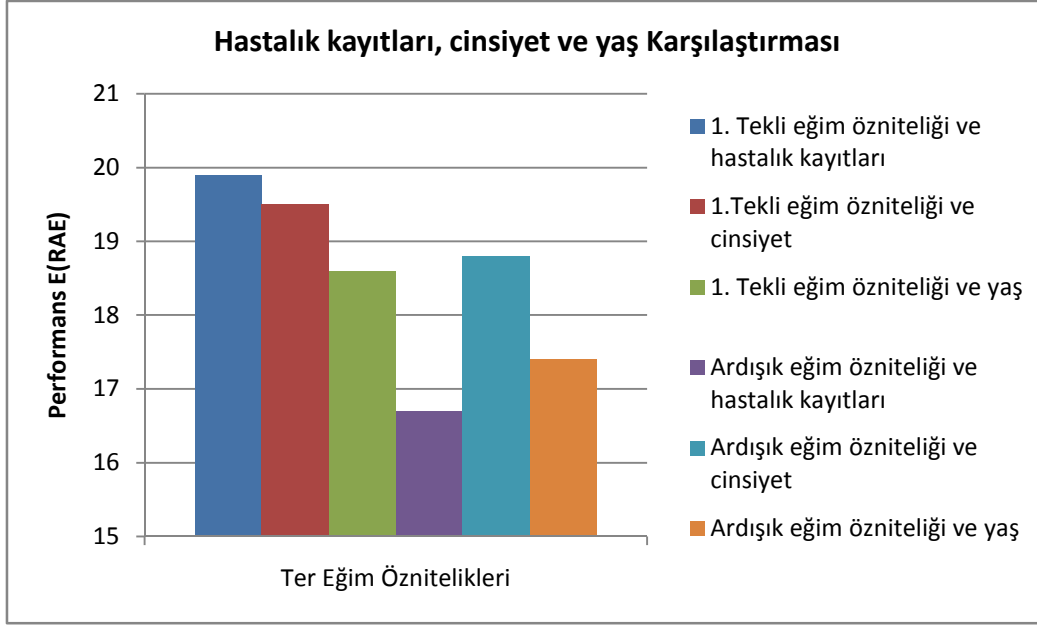
Şekil 6.24. Giriş ter eğitim özniteliklerinin kombinasyonları ve çıkış Kan glikoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



Şekil 6.25. Giriş ter eğim özniteliklerinin kombinasyonları ve çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi

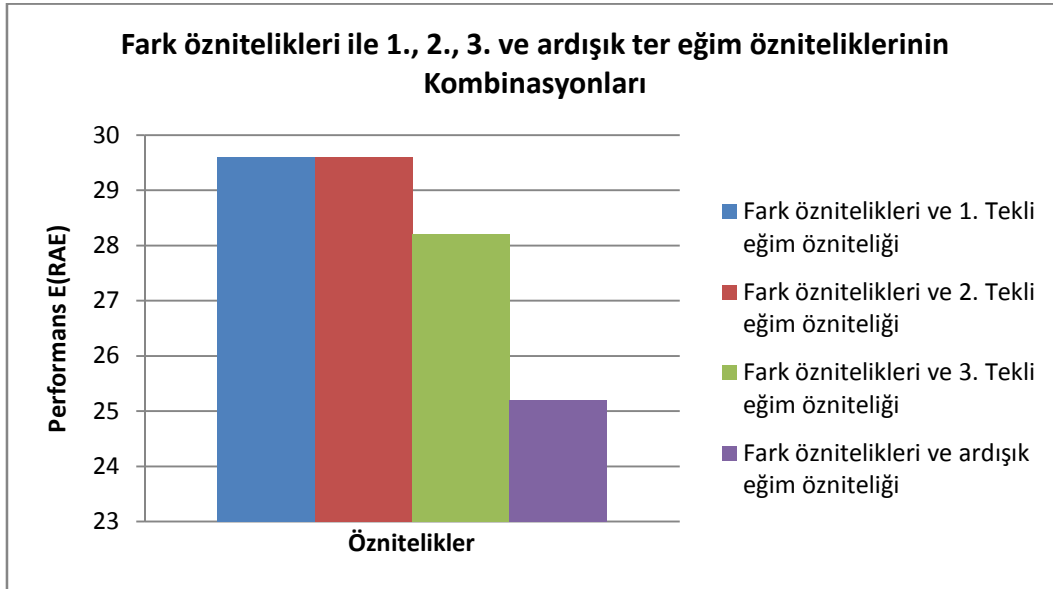


Şekil 6.26. Giriş ter eğim öznitelikleri ile hastalık kayıtları, cinsiyet ve yaşı kombinasyonları ile çıkış Kan Glikoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi

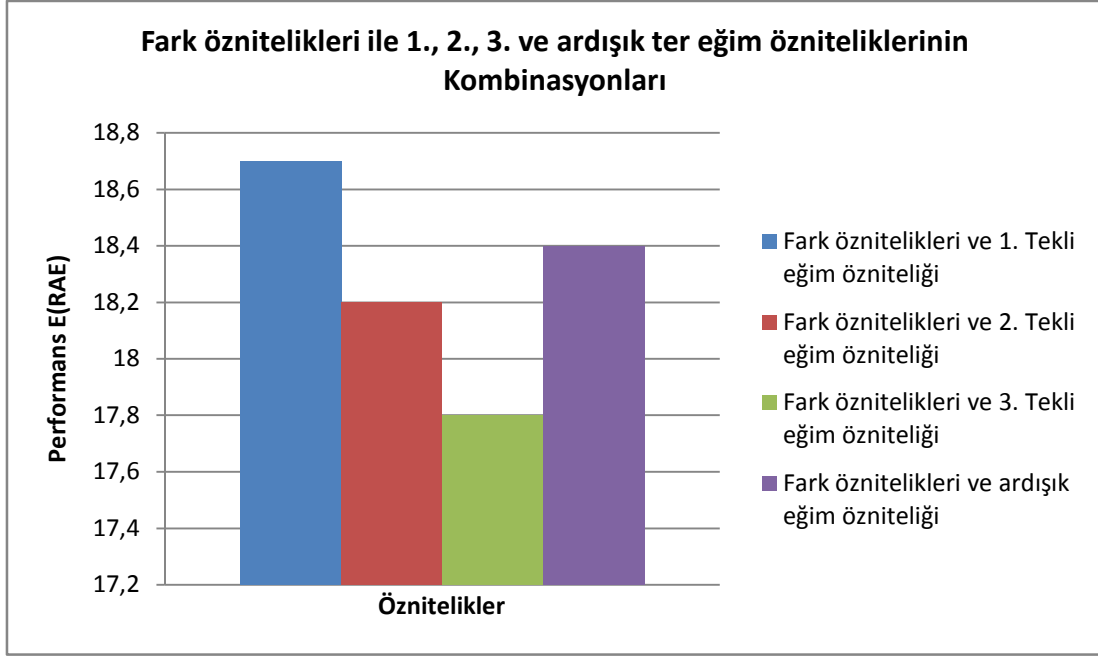


Şekil 6.27. Giriş ter eğitim öznitelikleri ile hastalık kayıtları, cinsiyet ve yaş kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi

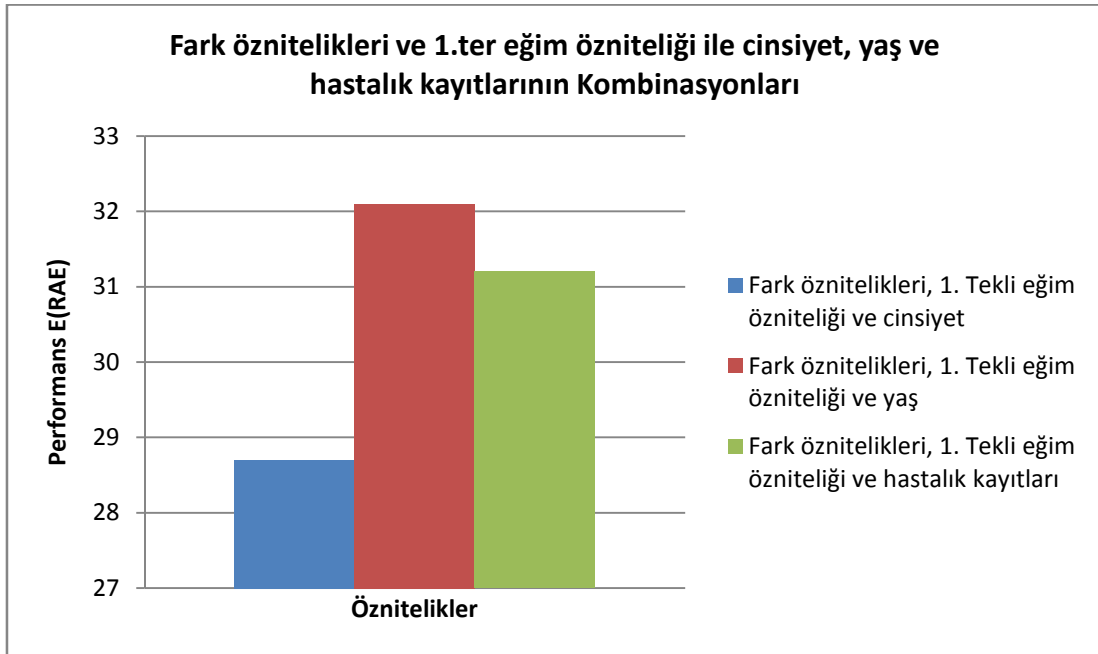
Kan şekeri ve HbA1c değerinin belirlenmesinde yaş, cinsiyet ve hastalık kayıtlarının olumsuz etkisinin olduğu görülmüştür.



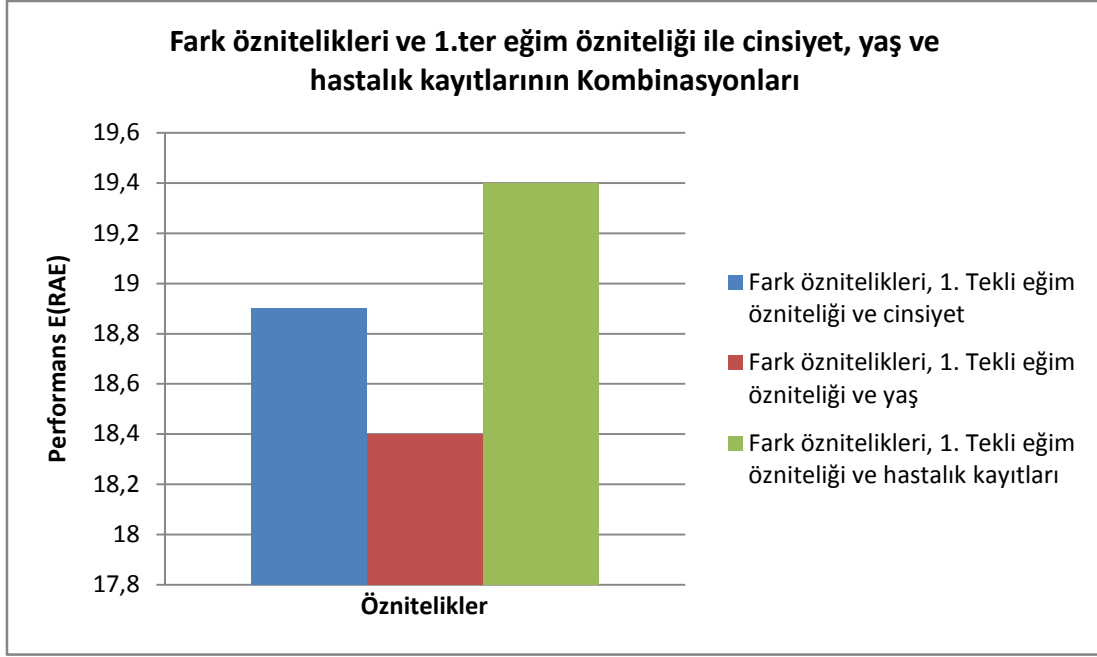
Şekil 6.28. Giriş fark öznitelikleri ile 1., 2., 3. ve ardışık ter eğitim özniteliklerinin kombinasyonları ile çıkış Kan Glikoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



Şekil 6.29. Giriş fark öznitelikleri ile 1., 2., 3. ve ardışık ter eğitim özniteliklerinin kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



Şekil 6.30. Giriş fark öznitelikleri, 1.ter eğitim özniteliği ile cinsiyet, yaş ve hastalık kayıtları kombinasyonları ile çıkış Kan Glikoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



Şekil 6.31. Giriş fark öznitelikleri, 1.ter eğitim özniteliği ile cinsiyet, yaş ve hastalık kayıtları kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi

Kan şekeri ve HbA1c değerinin fark öznitelikler ve 1. tekli eğitim özniteliği ile belirlenmesinde yaş, cinsiyet ve hastalık kayıtlarının fazla etkili olmadığı görülmüştür.

Tablo 6.5. İleri Beslemeli çok katmanlı YSA uygulaması sonuçları

GİRİŞ OLARAK KULLANILAN PARAMETRELER	PERFORMANS E(RAE) Şeker için	PERFORMANS E(RAE) HbA1c için
Tüm parametreler	29,8	20,1
Fark öznitelikleri hariç	32,8	17,6
1.Tekli eğitim	37,7	18,5
2.Tekli eğitim	34,9	20,7

Tablo 6.5. (Devam) İleri Beslemeli çok katmanlı YSA uygulaması sonuçları

3.Tekli eğitim	36,2	20,8
Ardışık eğitim öznitelikleri	34,6	18,5
Fark öznitelikleri	29,7	17,1
1.ve 2. Tekli eğitimler	31,5	15,4
1.ve 3. Tekli eğitimler	30,1	19,5
2.ve 3. Tekli eğitimler	31,9	18,4
1.Tekli eğitim ve hastalıklar	33,3	19,9
1. Tekli eğitim ve cinsiyet	34,4	19,5
1. Tekli eğitim ve yaş	36,9	18,6
Ardışık eğitim öznitelikleri ve hastalıklar	36,5	16,7
Ardışık eğitim öznitelikleri ve cinsiyet	35,6	18,8
Ardışık eğitim öznitelikleri ve yaş	36,6	17,4
Fark öznitelikleri ve 1. Tekli eğitim	29,6	18,7
Fark öznitelikleri ve 2. Tekli eğitim	29,6	18,2
Fark öznitelikleri ve 3. Tekli eğitim	28,2	17,8
Fark öznitelikleri ve ardışık eğitim öznitelikleri	25,2	18,4
Fark öznitelikleri, 1. Tekli eğitim ve cinsiyet	28,7	18,9
Fark öznitelikleri, 1. Tekli eğitim ve yaş	32,1	18,4
Fark öznitelikleri, 1. Tekli ve hastalıklar	31,2	19,4

6.4. Elman YSA Yapısının Uygulanması

Elman ağı newelm fonksiyonu kullanılarak oluşturulmuştur.

newelm (P, T, [S1 S2 ... S(N-1)], {TF1 TF2 ... TFN1}, BTF, BLF, PF, IPF, OPF, DDF)

P : Giriş vektör matrisi

T : Hedef vektör matrisi

Si : N-1 katman için i'inci katmanın boyutu

TFi : i'inci katmanın transfer fonksiyonu (Hidden katmanı tansig, çıkış katmanı purelin tanımlandıdır)

BTF : Geri yayılım çalışma fonksiyonu (trainlm tanımlanmıştır)

BLF : Geri yayılım ağırlık/sapma öğrenme fonksiyonu (learnngdm tanımlanmıştır)

PF : Performans fonksiyonu (mse tanımlanmıştır)

IPF : Giriş işlem fonksiyonlarının satır hücre dizisi ('fixunknowns', 'removeconstantrows', 'mapminmax' tanımlanmıştır)

OPF : Çıkış işlem fonksiyonlarının satır hücre dizisi ('removeconstantrows', 'mapminmax' tanımlanmıştır)

DDF : Veri bölüm fonksiyonu ('dividerand' tanımlanmıştır)

BTF çalışma fonksiyonu olarak, geri yayılım çalışma fonksiyonları olan trainlm, trainbfg, trainrp veya traingd' den biri kullanılabilir. Elman ağında, trainlm ve trainrp aşamalarda fazla boyutlu olduğundan kullanılması tavsiye edilmemektedir. Elman ağındaki gecikmeden dolayı bu fonksiyonlar performans gradiyantını etkiler. Bu ise geniş basamaklı uygulamalarda öğrenmeyi zorlaştırır. BLF öğrenme fonksiyonu olarak geri yayılım öğrenme fonksiyonlarından learnngd veya learnngdm' den biri seçilebilir. PF performans fonksiyonu olarak da türevlenebilir performans fonksiyonlarından mse veya msereg' den biri seçilebilir.

Elman ağı şu şekilde oluşturulmuştur;

```
elmnn1 = newelm(minmax(eg1),[20 1],{'tansig' 'tansig'},'trainscg');
iter=10+round(random('unif',1,30))
elmnn1.trainParam.epochs=iter;
elmnn1.trainParam.show=5;
elmnn1.trainParam.min_grad=0;
```

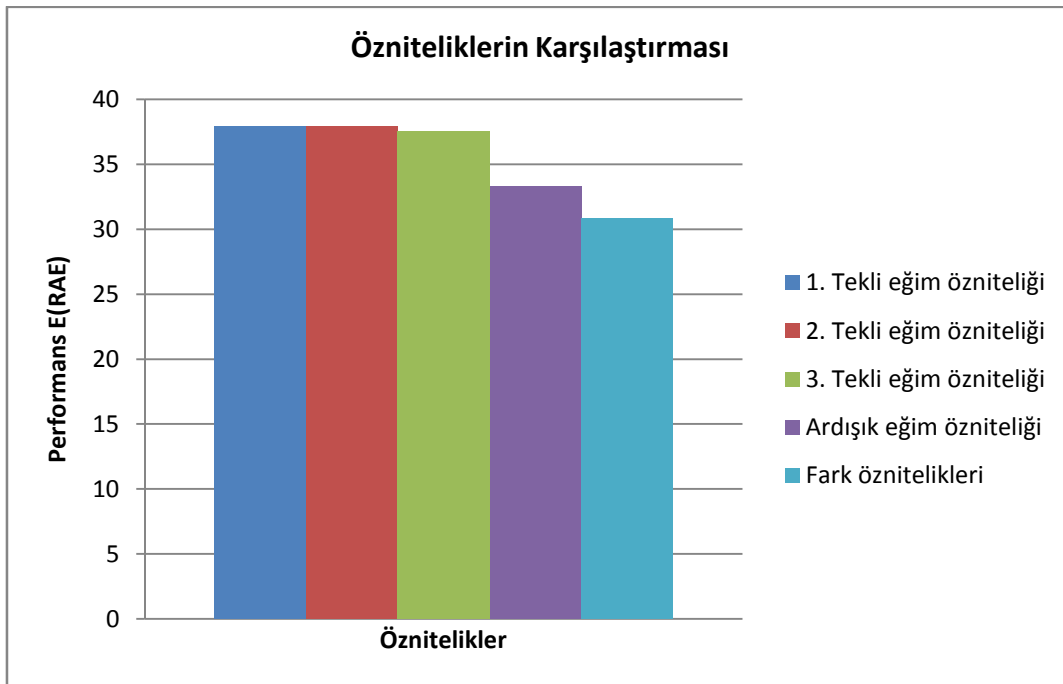
```
elmnn1.trainParam.goal=5e-8;
elmnn1=train(elmnn1,eg1,eyd1(1,:));
```

Uygulamada 221 verinin 148 tanesi eğitim ve 73 tanesi de test amaçlı kullanılmıştır. Elde edilen, hesaplanan ve kaydedilen parametrelerin kullanılması ile elde edilen sonuçlar şekil 6.32 – şekil 6.41’te verilmiştir.

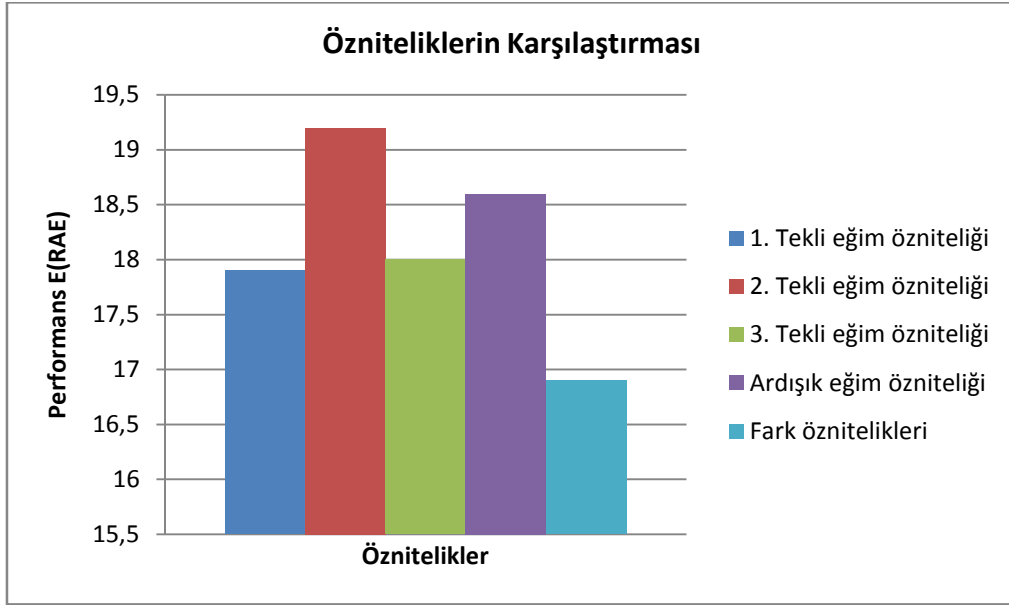
Elman YSA uygulaması Matlab yapay sinir ağları araçları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Matlab kullanılarak yazılan program Eklerde verilmiştir.

Kan şekeri ve HbA1c değerinin özniteliklerle belirlenmesinde en iyi sonucun fark özniteliklerinin kullanılmasının verdiği görülmektedir.

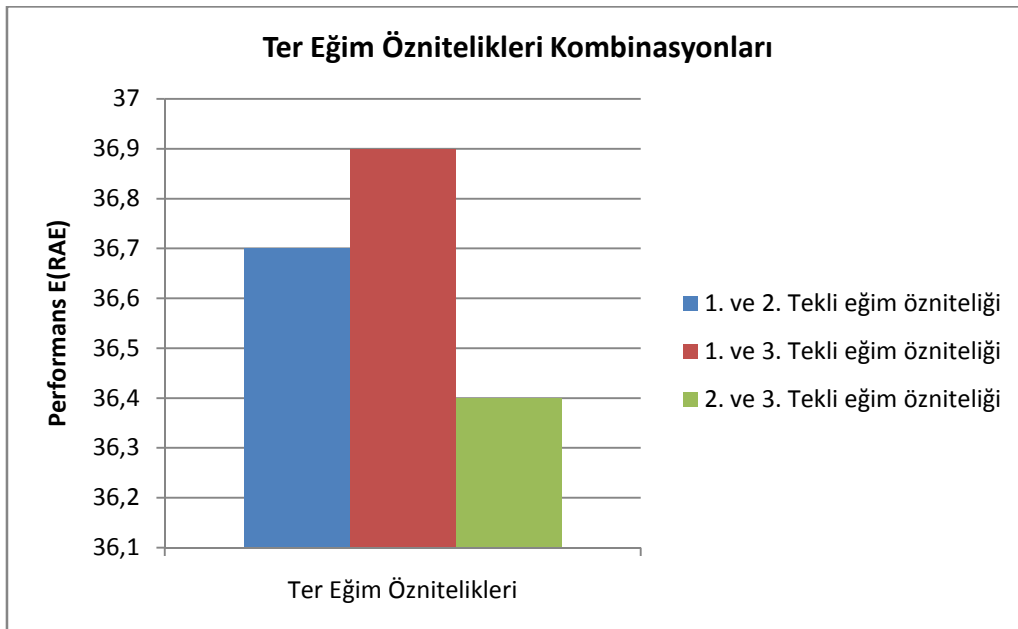
Kan şekeri ve HbA1c değerlerinin belirlenmesinde 1., 2. ve 3. tekli eğitim özniteliklerinin çeşitli kombinasyonlarda giriş olarak kullanılmasının sonucu fazla etkilemediği görülmektedir.



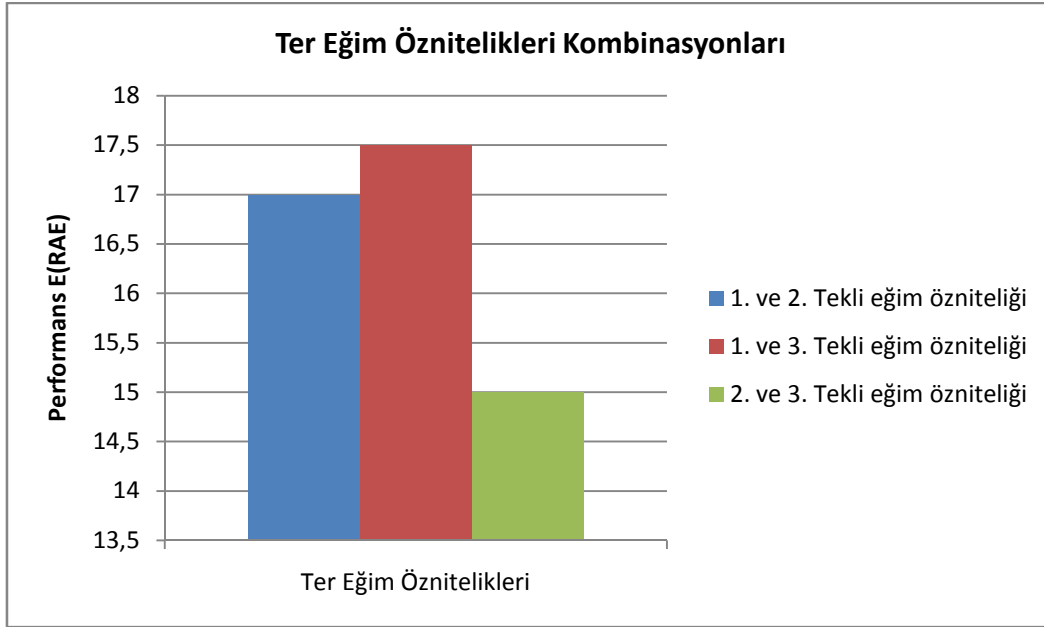
Şekil 6.32. Giriş öznitelikler ve çıkış Kan glikoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



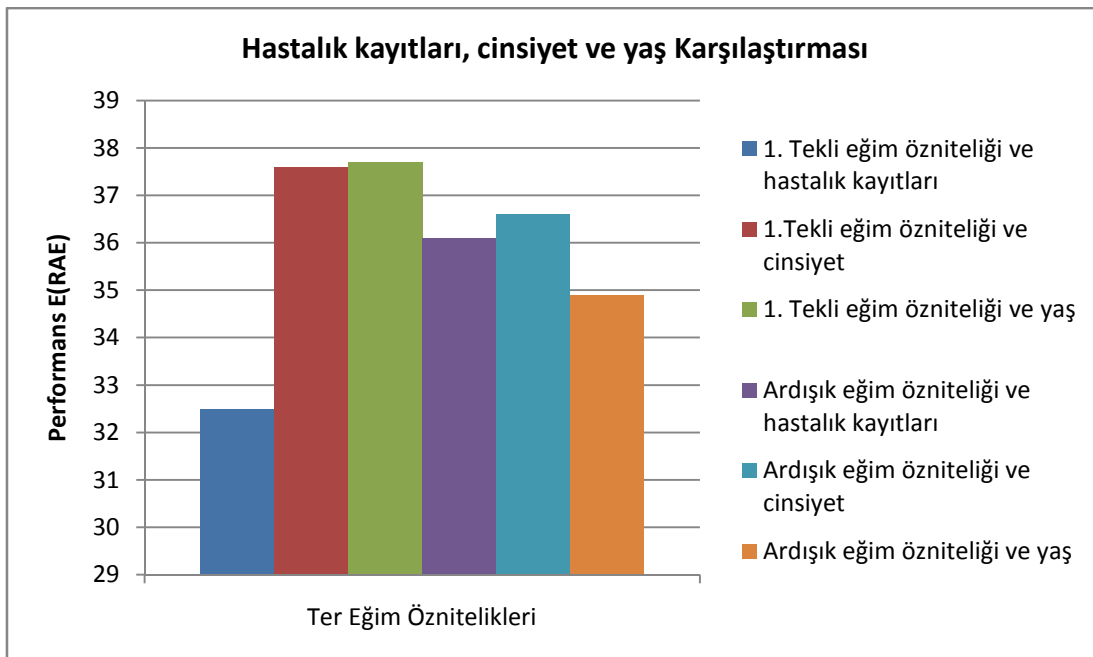
Şekil 6.33. Giriş ter eğitim öznitelikleri ve çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



Şekil 6.34. Giriş ter eğitim özniteliklerinin kombinasyonları ve çıkış Kan glikoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi

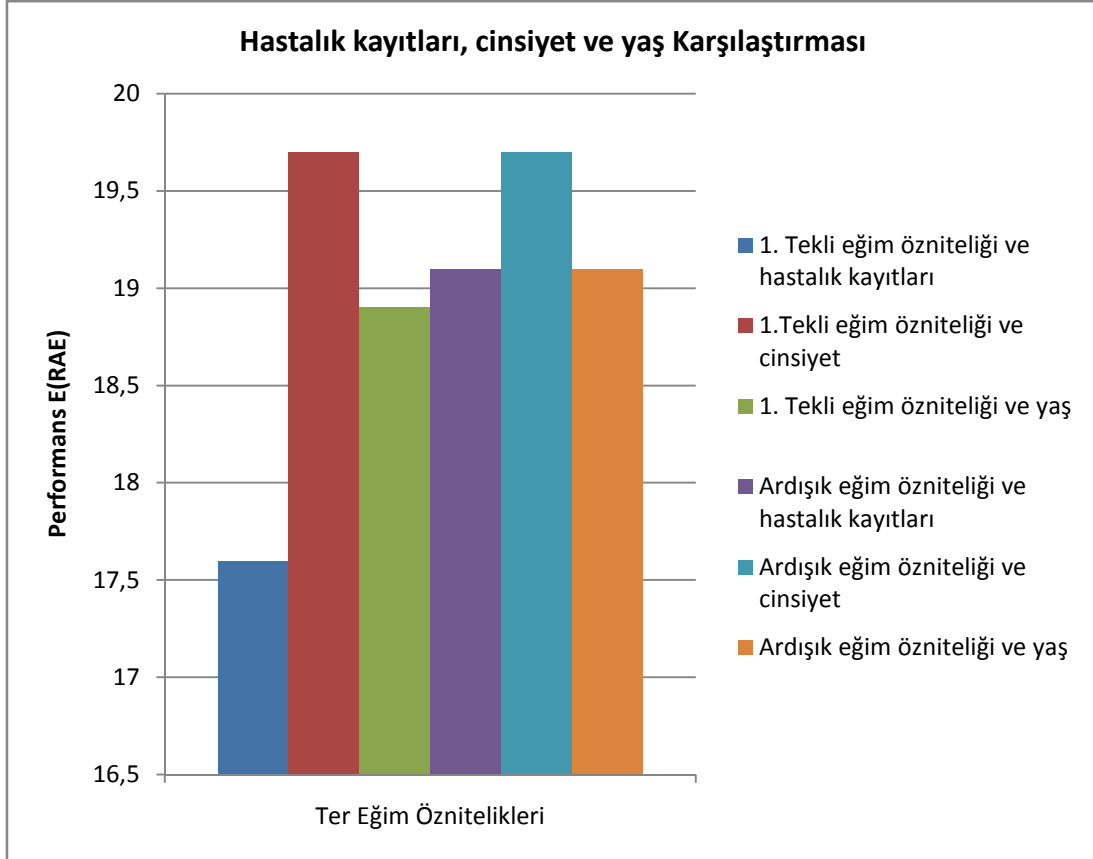


Şekil 6.35. Giriş ter eğitim özniteliklerinin kombinasyonları ve çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



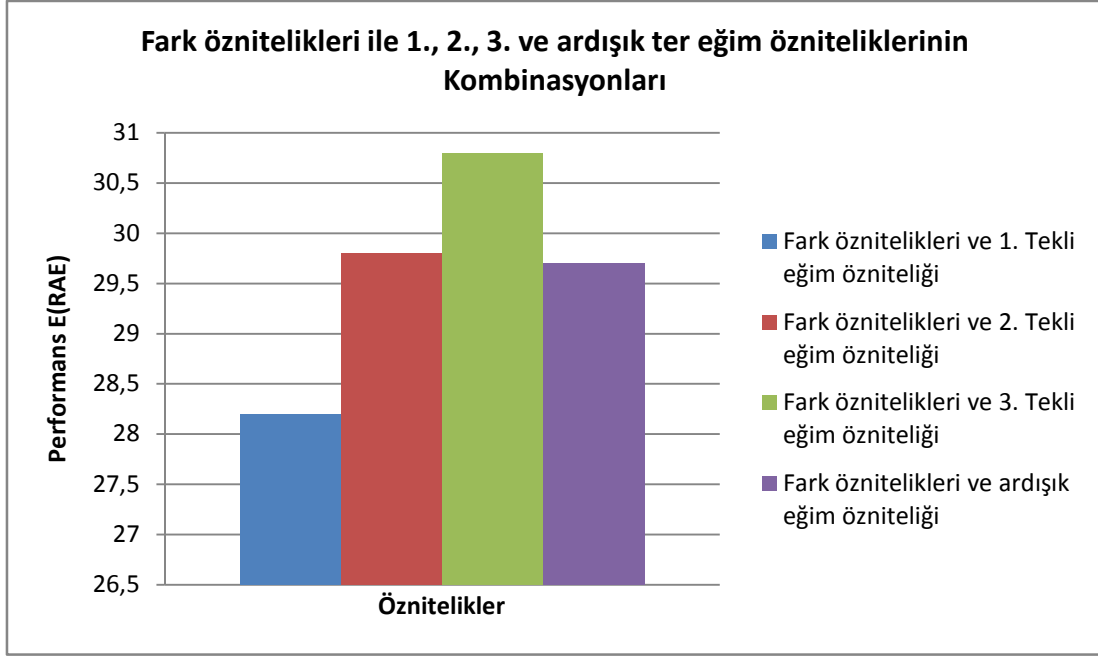
Şekil 6.36. Giriş ter eğitim öznitelikleri ile hastalık kayıtları, cinsiyet ve yaş kombinasyonları ile çıkış Kan Glikoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi

Kan şekeri ve HbA1c değerlerinin 1. tekli eğitim özniteliği veya ardışık eğitim özniteliği ile belirlenmesinde yaş, cinsiyet ve hastalıkların kaydının fazla etkili olmadığı görülmektedir.

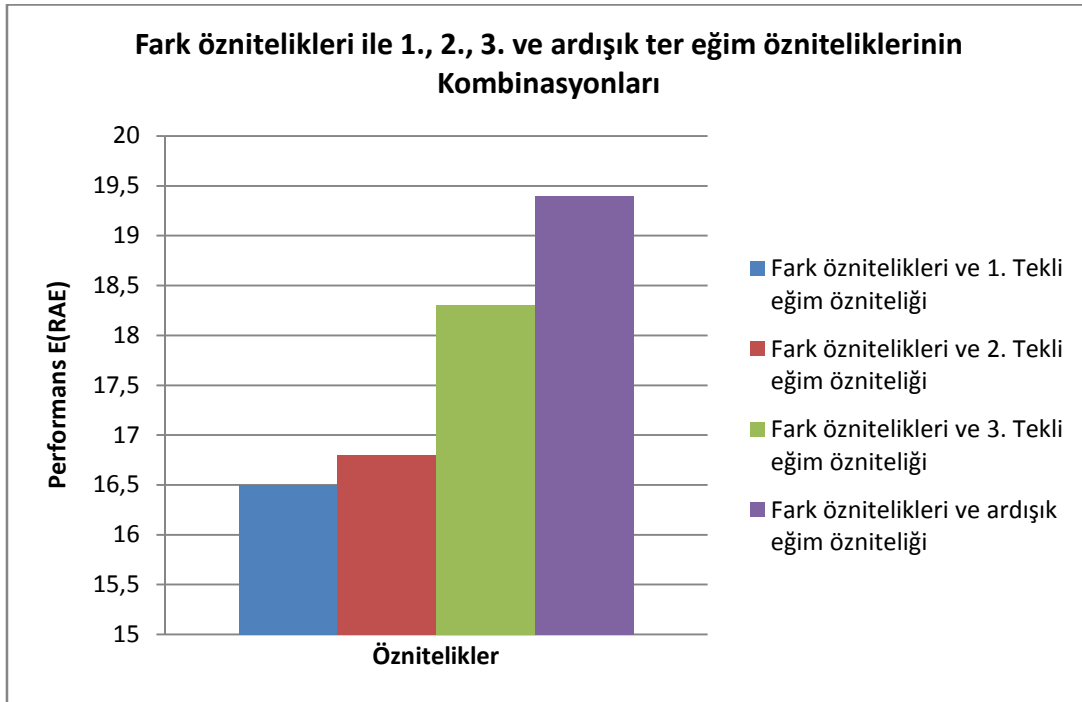


Şekil. 6.37. Giriş ter eğitim öznitelikleri ile hastalık kayıtları, cinsiyet ve yaş kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi

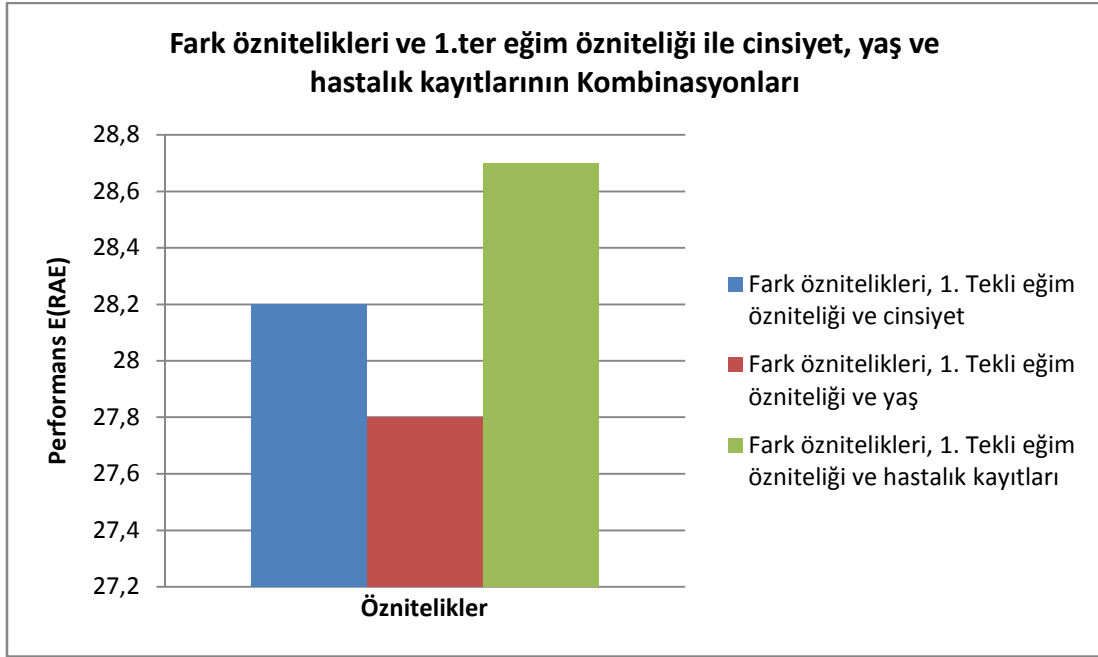
Kan şekeri ve HbA1c değerinin belirlenmesinde, fark öznitelikleri ve 1. tekli eğitim özniteliğinin kullanılmasının en iyi sonucu verdiği görülmektedir.



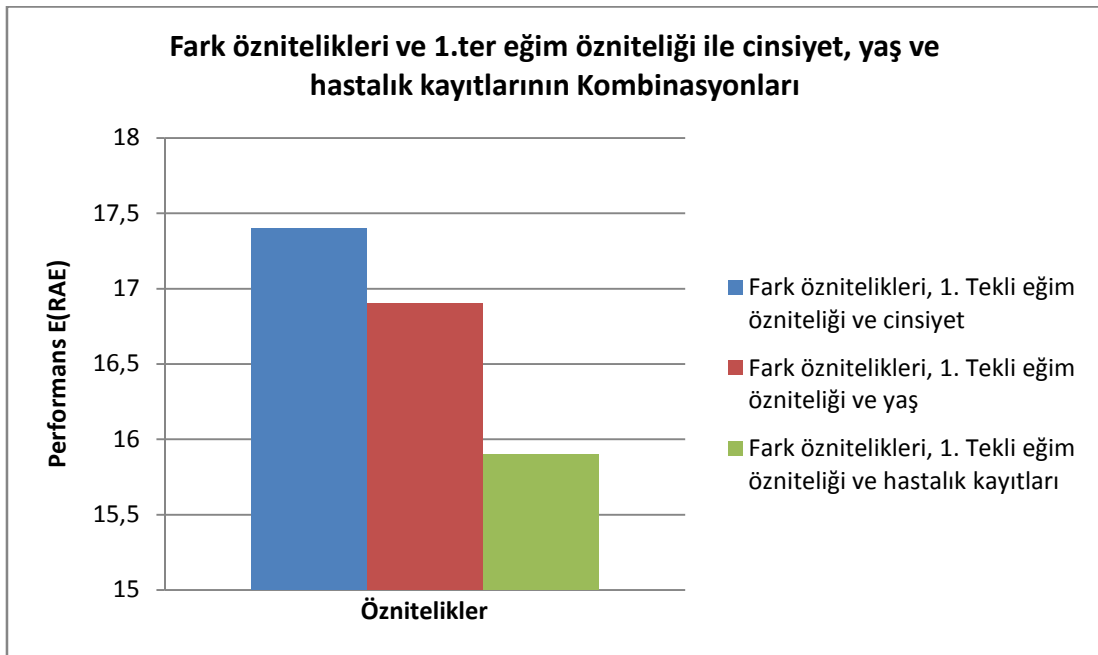
Şekil 6.38. Giriş fark öznitelikleri ile 1., 2., 3. ve ardışık ter eğitim özniteliklerinin kombinasyonları ile çıkış Kan Glikoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



Şekil 6.39. Giriş fark öznitelikleri ile 1., 2., 3. ve ardışık ter eğitim özniteliklerinin kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



Şekil 6.40. Giriş fark öznitelikleri, 1.ter eğitim özniteliği ile cinsiyet, yaş ve hastalık kayıtları kombinasyonları ile çıkış Kan Glikoz değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi



Şekil 6.41. Giriş fark öznitelikleri, 1.ter eğitim özniteliği ile cinsiyet, yaş ve hastalık kayıtları kombinasyonları ile çıkış HbA1c değeri olarak kullanılması ile elde edilen sonuçların gösterimi

Kan şekeri ve HbA1c değerinin fark öznitelikleri ve 1. tekli eğitim özniteliği ile belirlenmesinde cinsiyet, yaş ve hastalıkların kayıtlarının fazla etkili olmadığı görülmektedir.

Tablo 6.6. Elman YSA uygulaması sonuçları

GİRİŞ OLARAK KULLANILAN PARAMETRELER	PERFORMANS E(RAE) Şeker için	PERFORMANS E(RAE) HbA1c için
Tüm parametreler	30,3	16,7
Fark öznitelikleri hariç	32,5	17,6
1.Tekli eğitim	37,9	17,9
2.Tekli eğitim	37,9	19,2
3.Tekli eğitim	37,5	18,0
Ardışık eğitim öznitelikleri	33,3	18,6
Fark öznitelikleri	30,8	16,9
1.ve 2. Tekli eğitimler	36,7	17,0
1.ve 3. Tekli eğitimler	36,9	17,5
2.ve 3. Tekli eğitimler	36,4	15,0
1.Tekli eğitim ve hastalıklar	32,5	17,6
1. Tekli eğitim ve cinsiyet	37,6	19,7
1. Tekli eğitim ve yaş	37,7	18,9
Ardışık eğitim öznitelikleri ve hastalıklar	36,1	19,1
Ardışık eğitim öznitelikleri ve cinsiyet	36,6	19,7
Ardışık eğitim öznitelikleri ve yaş	34,9	19,1
Fark öznitelikleri ve 1. Tekli eğitim	28,2	16,5

Tablo 6.6. (Devam) Elman YSA uygulaması sonuçları

Fark öznitelikleri ve 2. Tekli eğitim	29,8	16,8
Fark öznitelikleri ve 3. Tekli eğitim	30,8	18,3
Fark öznitelikleri ve ardışık eğitim öznitelikleri	29,7	19,4
Fark öznitelikleri, 1. Tekli eğitim ve cinsiyet	28,2	17,4
Fark öznitelikleri, 1. Tekli eğitim ve yaş	27,8	16,9
Fark öznitelikleri, 1. Tekli ve hastalıklar	28,7	15,9

6.5. Performans Değerlendirme Kriteri

Kan glikoz ve HbA1c değerlerinin yapay sinir ağları kullanılarak belirlenmesinde düzenli mutlak hata ortalaması (Mean Relative Absolute Error - E(RAE)) performans değerlendirme kriteri olarak kullanılmıştır[23].

$$E(RAE) = \frac{1}{n_{\text{test}}} \sum_{\text{testset}} \left(\left| \frac{\text{Değer}_{\text{tahmin}} - \text{Değer}_{\text{gerçek}}}{\text{Değer}_{\text{gerçek}}} \right| \right) \quad \forall \text{Değer}_{\text{gerçek}} \neq 0$$

Burada;

Değer_{tahmin} : Öngörülen Kan Şekeri / HbA1C değeri,

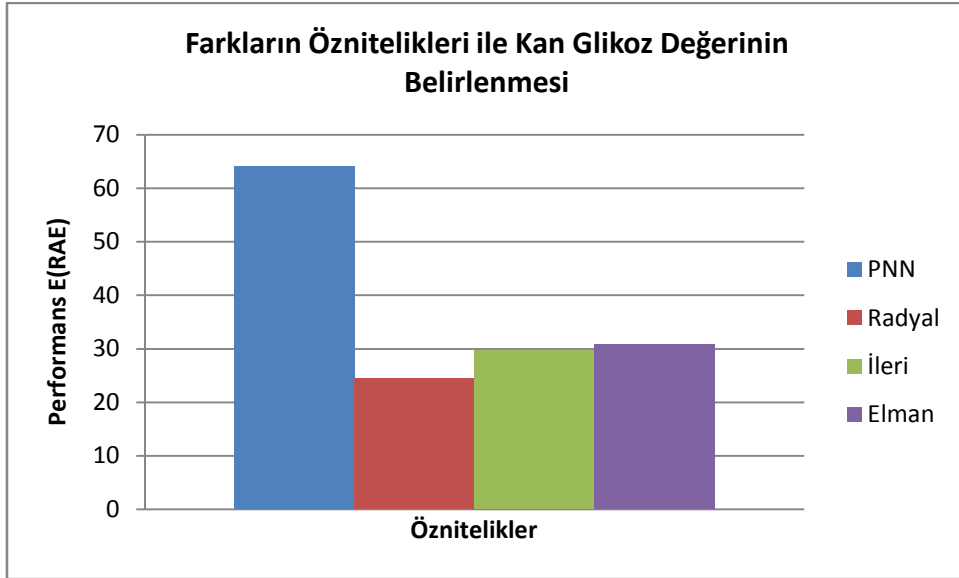
Değer_{gerçek} : Gerçek Kan Şekeri / HbA1C değeri,

n_{test} : Testte kullanılan verilerdeki denek sayısı,

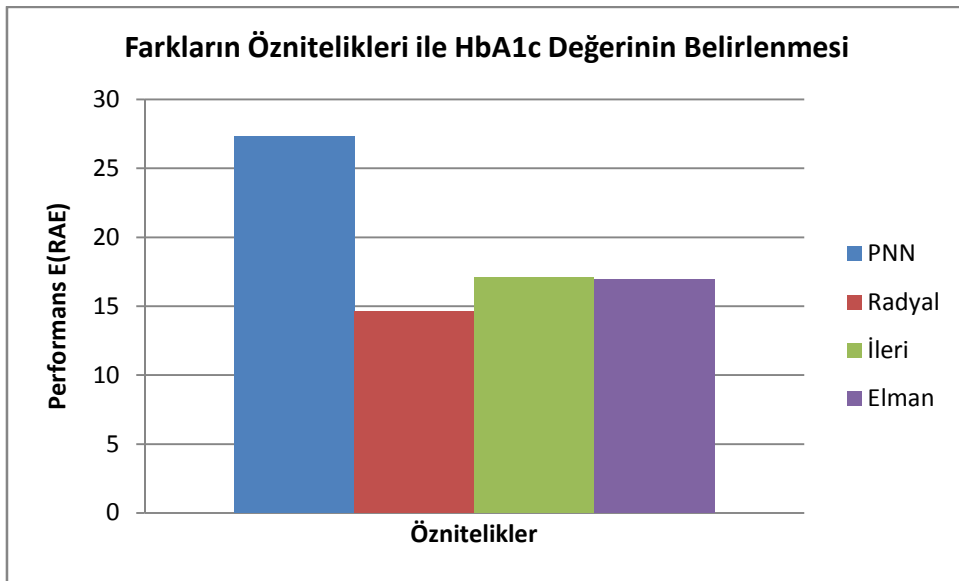
olarak alınmıştır.

6.6. Verilerin Karşılaştırılması

Hesaplanan özniteliklerin oluşturulan tüm yapay sinir ağlarında ayrı ayrı giriş olarak kullanılmıştır. Gerek kan glikoz ve gerekse de HbA1c değerlerinin belirlenmesinde farkların özniteliklerinin en iyi sonuçları verdiği görülmüştür. Farklı YSA modellerinin sonuçları karşılaştırmalı olarak Şekil 6.42 ve Şekil 6.43'de gösterilmiştir.

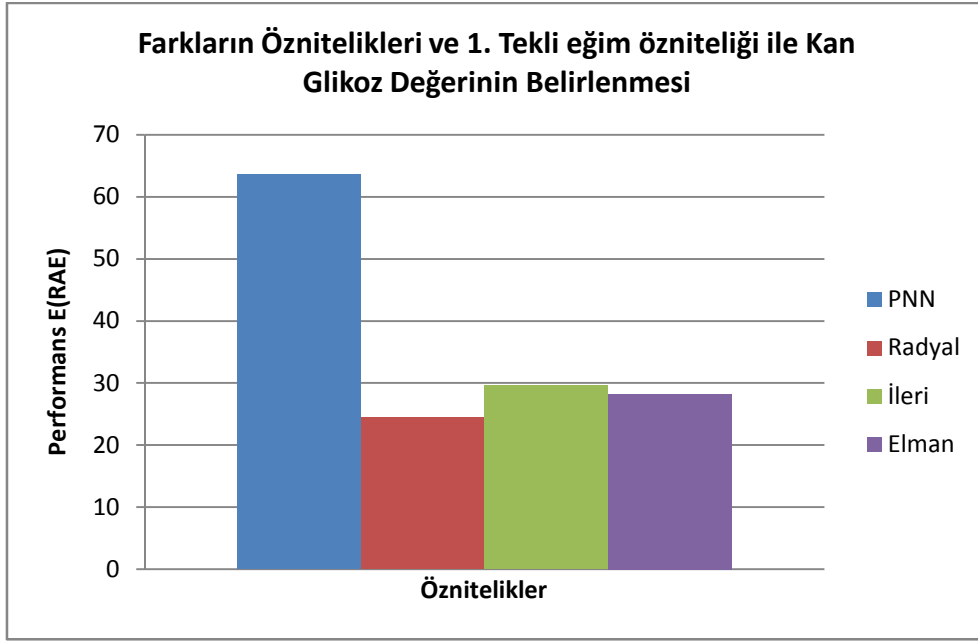


Şekil 6.42. Fark öznitelikleri kullanılarak Kan Glikoz değerinin farklı YSA modelleri ile belirlenmesi

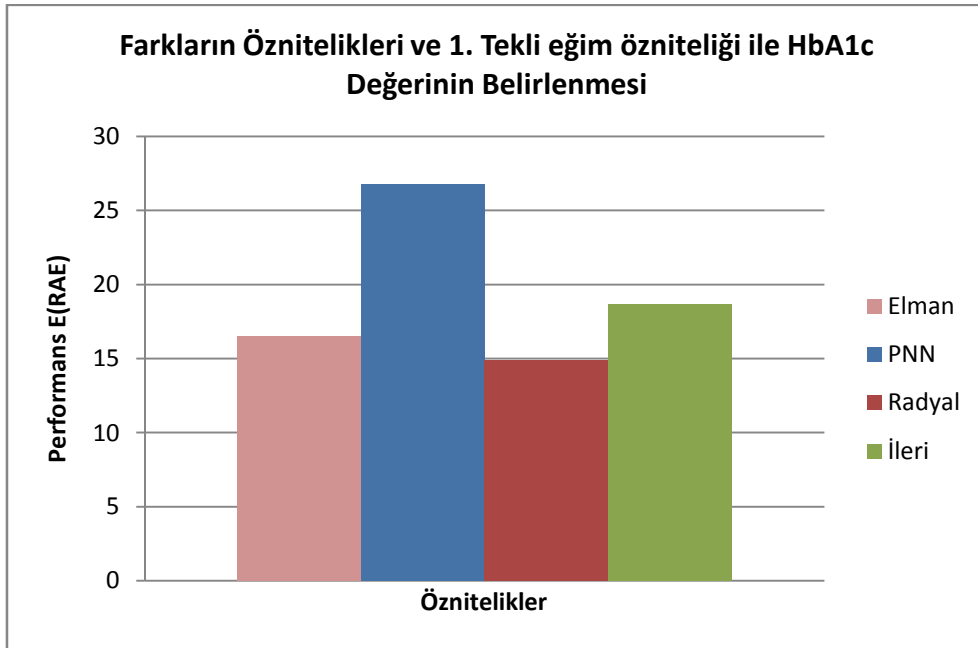


Şekil 6.43. Fark öznitelikleri kullanılarak HbA1c parametresinin farklı YSA modelleri ile belirlenmesi

Fark öznitelikleri ile diğer parametrelerin beraber kullanılması sonucu 1. tekli eğitim özniteliğinin olumlu yönde katkı sağladığı görülmüştür. Oluşturulan ağlara farkların öznitelikleri ve 1. tekli eğitim özniteliği giriş olarak uygulandığında elde edilen sonuçlar Şekil 6.44 ve Şekil 6.45'te gösterilmiştir.



Şekil 6.44. Fark öznitelikleri ve 1. tekli eğitim özniteliğinin kullanılarak Kan Glikoz değerinin farklı YSA modelleri ile belirlenmesi



Şekil 6.45. Fark öznitelikleri ve 1. tekli eğitim özniteliğinin kullanılarak HbA1c değerinin farklı YSA modelleri ile belirlenmesi

Fark özniteliklerinin ve 1. tekli eğitim özniteliğinin kullanılması hem kan glikoz değerinin hem de HbA1c değerinin belirlenmesinde iyi sonuç verdiği görülmektedir.

Oluşturulan yapay sinir ağları arasında en iyi sonucu Radyal Tabanlı YSA modelinin verdiği görölmektedir.

BÖLÜM 7. SONUÇLAR

Bu tezde, kan glikoz ve HbA1c parametrelerinin invazin olmayan bir teknik ile avuç içi terlemesinden yapay sinir ağları kullanılarak belirlenmesine çalışılmıştır.

Günümüzde, kan şekerleri ölçümleri invaziv teknikler kullanılarak yapıldığından hastalara rahatsızlık ve eziyet vermektedir. Tek kullanımlık kan örneklerinin invaziv teknikler kullanılarak alınması hastalar için körlüğe, sinir sistemi ve böbrek rahatsızlıklarına, kalp hastalıkları, kalp krizi ve doğum kusurları gibi ciddi hastalıklar oluşturmaktadır. Bu nedenle, invaziv olmayan bir tekniğin geliştirilmesinin gerekliliği anlaşılmıştır.

Bu çalışmada, invaziv olmayan bir ölçüm düzeneği tasarlanmıştır. En kolay ulaşılabilirliğinden dolayı terleme parametresi kullanılmasına karar verilmiştir. Avuç içi terlemesinin ölçümünün daha konforlu olması nedeniyle avuç içi terlemesini ölçebilecek bir düzenek geliştirilmiştir. Terleme sonucunda nem artacağından terleme miktarının, nem sensörü kullanılarak tespit edilebileceği düşünülerek avuç içi nem ölçümünün yapılabileceği ve çevreden en az etkilenecek bir düzenek geliştirilmiştir.

Ölçüm düzeneği kullanılarak deneklerden verilerin nasıl alındığı detaylı olarak Bölüm 4.3'te anlatılmıştır. Deneklerden alınan nem ölçüm sonuçlarından bu çalışmada kullanılan parametrelerin hesaplaması yapılmıştır.

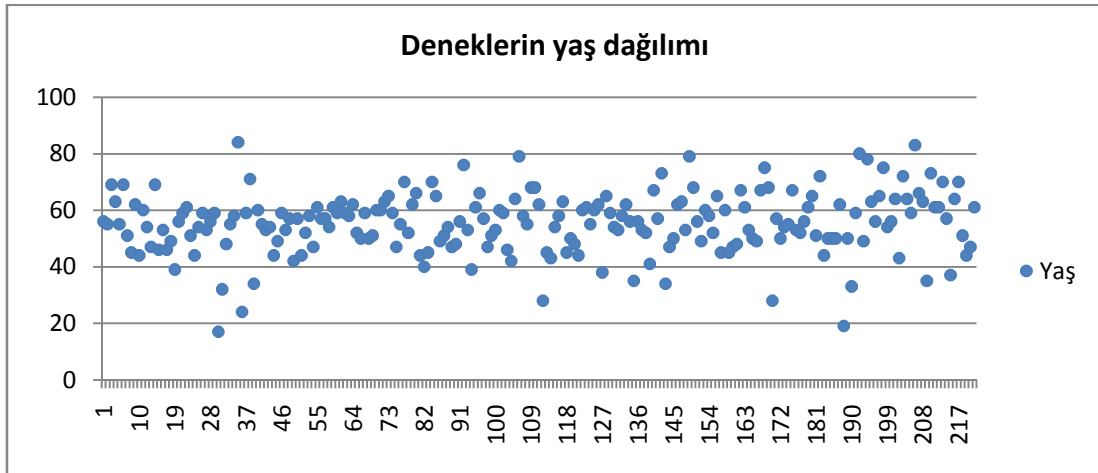
Çalışmada, kan glikoz ve HbA1c parametreleri olasılıksal YSA, ileri beslemeli çok katmanlı YSA, radyal tabanlı YSA ve elman YSA yapıları olmak üzere dört farklı yapay sinir ağı yapısı kullanılarak belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde kullanılan parametreler arasında en iyi sonucu farkların öznitelikleri ve 1. tekli eğim özniteliğinin YSA'ya giriş parametresi olarak kullanılmasının verdiği görülmüştür.

Kan glikoz ve HbA1c parametrelerinin belirlenmesinde dört farklı YSA yapısının sonuçları karşılaştırılmış, en iyi Radyal Tabanlı YSA yapısının verdiği görülmüştür(bkz. Şekil 6.44 ve Şekil 6.45).

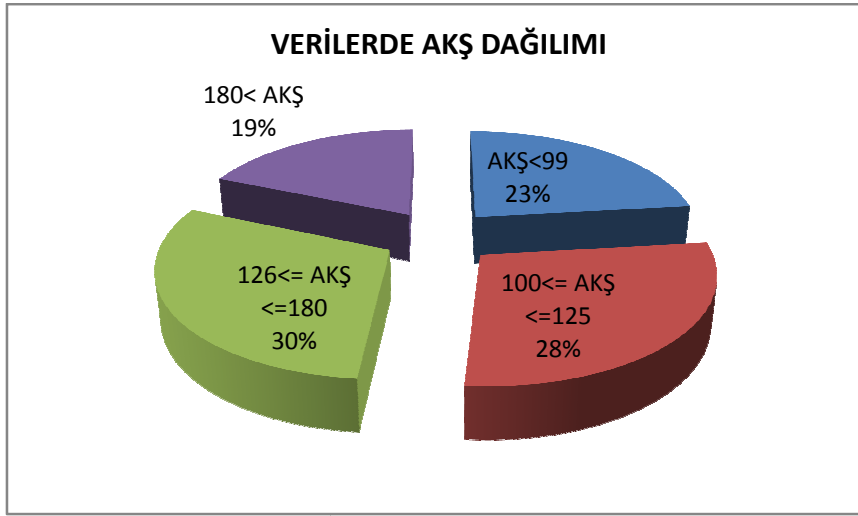
BÖLÜM 8. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kullanılan verilerin alındığı deneklerin yaşlarına göre dağılımı Şekil 8.1’de gösterilmiştir. Verileri alınan deneklerin tüm yaşları kapsayacak şekilde ve daha fazla sayıda denek verisi ile çalışmanın sonucu olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

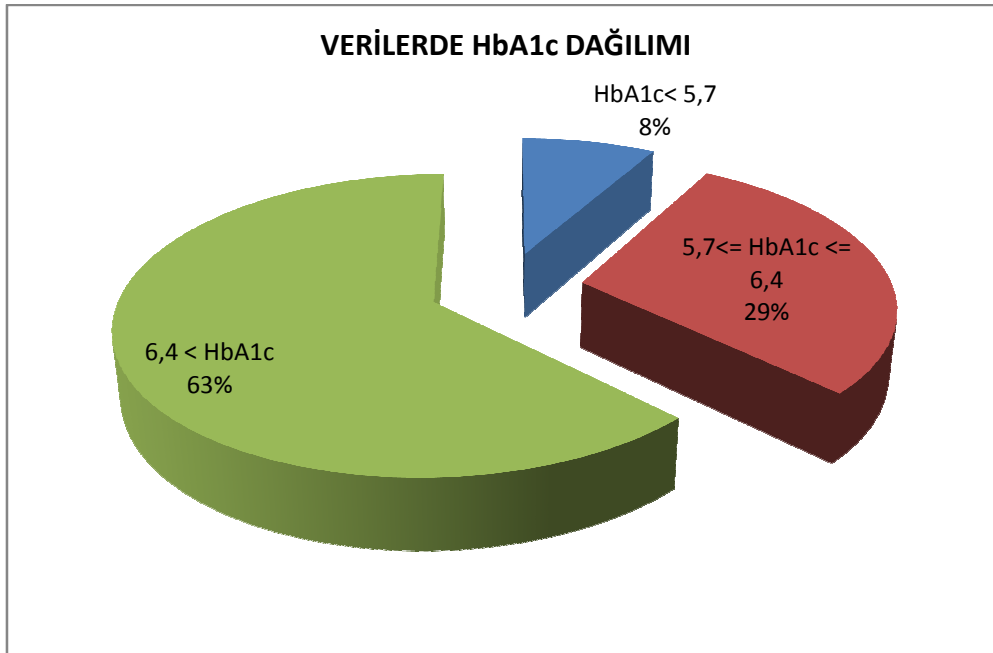


Şekil 8.1. Deneklerin yaş dağılımı

Kullanılan deneklerin Açlık Kan Şekeri değeri Şekil 8.2’de ve HbA1c değeri dağılımları Şekil 8.3’te yüzde olarak gösterilmiştir. Verileri alınan deneklerin biyokimya laboratuvarı analizi sonuçları AKŞ ve HbA1c değerlerinin tüm skalayı kapsayacak şekilde ve denek sayısının artırılarak çalışmanın yapılmasının sonucu olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir.



Şekil 8.2. Verilerde Açlık Kan Şekeri dağılımı



Şekil 8.3. Verilerde HbA1c dağılımı

Bu çalışmada kullanılan parametrelerin (avuç için deri direnci, terlemenin neden olduğu ıslaklık ... gibi) çeşitliliğinin artırılması sonucu olumlu yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] ARISOY, E.S., T.C. Sağlık Bakanlığı birinci basamağa yönelik tanı ve tedavi rehberleri; T.C. Sağlık Bakanlığı, 2003.
- [2] Wild S., ROGLİC G., GREEN A., SICREE R., KING H., Global prevalence of diabetes estimates for the year 2000 and projections for 2030, Diabetes Care, 2004, 27, 1047-1053.
- [3] VIRALLY M., BLİCKLE JF., GIRARDJ., HALIMI S., SIMON D., GLUILLAUSEAU PJ., Type 2 diabetes mellituse: epidemiology, pathophysiology, unmet needs and therapeutical perspectives, Diabetes Metab, 2007, 33, 231-244.
- [4] International Diabetes Federation. Diabetse Atlas, World Diabetes Foundation, 2006.
- [5] SATMAN I., The update Criteria and the reasons of them in diagnosis and follow up of diabetes mellitus, Türkiye Klinikleri Journal of Internal Medical Sceinces, 2007, 3, 1-15.
- [6] SATMAN I., YILMAZ T., ŞENGÜL A., Population-based study of diabetes and risk characteristics in :Turkey: Result of the Turkish diabetes epidemiology study (TURDEP), Diabetes Care, 2002, 25, 1551-1556.
- [7] American Diabetes Association, Diabetes Care, 2009, 31, 55-60.
- [8] RENARD,E., Monitoring glycemic control: the importance of self-monitoring of blood glucose, The American Journal of Medicine, 2005; 118, 12-19.
- [9] MARTIN S., JEAN CM., Global standardization of the HbA1c assay the consensus committee recommendations, Diabetes Care, December 2007; 52: 4.
- [10] WOJCICKI J.M., LADYZYNSKI P., Toword the improvement of diabetes treatment: Recent developments in technical support, Journal of Artificial Organs, 2003; 6:73-87.
- [11] CLARKE W.L, and all, Evaluating the clinical accuracy of two continuous glucose sensors using continuous glucose-error grid analysis, Diabetes Care, 2005; 28:2414-2417.

- [12] KAMEI T., T. TSUDA, Y. MIBU, S. KITAGAWA, H. WADA, K. NAITOH, K. NAKASHIMA, Novel instrumentation for determination of ethanol concentrations in human perspiration by gas chromatography and a good interrelationship between ethanol concentrations in sweat and blood, *Analitical Chimica Acta* 1998a; 365 (1-3): 259-266.
- [13] KAMEI T., K. NAITOH, K. NAKASHIMA, T. OHHASHI, S. KITAGAWA, T. TSUDA, Physical stimuli and emotional stress-induced sweat secretions in the human palm and forehead, *Japan J. Perspiration Research*, 1997; 4:11-15.
- [14] SARAOĞLU H.M., KOÇAK M., Determination of blood glucose level based breath analysis by a quartz crystal microbalance sensor array, *IEEE Sensors Journal, Speacial Issue on the Future of Sensors and Instrumentation for Human Breath Analysis*, 2010, 10, 104-109.
- [15] MASUMURA, M., S. SHINOMIYA, K. NAGATA, T. KATO, Y. MATSUZAKI, S. NAGAOKA, R. INOUE, *J. Perspiration Res.*, 1996; 3, 43-45.
- [16] KUNO, Y., *Human Perspiration*, C.C. Thomas Publisher, Springfield,IL, 1956.
- [17] OHHASHI T., M. UONO (eds.), *Palmer perspiration measurement and clinical applications (in Japanese)*, Life Medicom Co, Ltd., Nagoya, 1993.
- [18] GROSCURTH, P., *Anatomy of sweat glands*. In: Kreyden OP, Bo'ni R, Burg G, editors. *Hyperhidrosis and botulinum toxin in dermatology*. Basel: Karger, 2002; 1-9.
- [19] KAMEI T., KAMEI, T., T. TSUDA, Y. MIBU, S. KITAGAWA, H. WADA, K. NAITOH, K. NAKASHIMA, Physical stimuli and emotional stress-induced sweat secretions in the human palm and forehead, *Analitical Chimica Acta*, 1998b; 365:319-326.
- [20] HUESTIS, M.A., J.M. OYLER , E.J. CONE , A.T. WSTADIK , D. SCHOENDORFER , R.E. JOSEPH JR., Sweat testing for cocaine, codeine and metabolites by gas chromatography-mass spectrometry, *Journal of Chromatography B*,1999; 733, 247-264.
- [21] CHANG, B.W., S.J. YEH, P.P. TSAI, H.C. CHANG, Monitoring perspiration from palms of hypohidrosis patients with a stopped-flow conductometric mini-system,*Clinica Chimica Acta*, 2004; 348, 107- 111.
- [22] ASAHINA, M., A. SUZUKI, M. MORI, T. KANESAKA, T. HATTORI, Emotional sweating response in a patient with bilateral amygdala damage, *International Journal of Psychophysiology*, 2003; 47, 87-93.
- [23] PHILLIP, AL., *Sudomotor function and dysfunction*. In: Phillip AL, editor.

- Clinical Autonomic Disorders: Evaluation and Management. 2nd edn. PA: Lippincott Williams & Wilkins, 1997; 479– 89.
- [24] KREYDEN, O.P., M.E.P. SCHEIDEGGER, Anatomy of the sweat glands, pharmacology of botulinum toxin, and distinctive syndromes associated with hyperhidrosis, *Md Clinics in Dermatology*, 2004; 22, 40-44.
- [25] TIERNEY M., R.O. POTTS, K.C. FARINAS, B. BERNER, M.D. GARRISON, J.A. TAMADA, T.C. DUNN, R.T., KURNIK, M.J. LESH, Signal processing for measurement of physiological analysis, US Patent Issued on May 15, 2001, patent no 6233471.
- [26] MARKENDEYA, N., V. MARTINA, A. MATHEW, C.R. SRINIVAS, Sweat function in the diabetic foot, *Indian J. Dermatol Venereol Leprol*, 2004; 70, 18-19.
- [27] H.M. SARAOĞLU, C.S. SAĞIROĞLU, H.O. GULCUR, S. ALTİKAT, “Kan glukoz degerlerinin belirlenmesi icin avuc ici terlemesinin incelenmesi”, *In Proceedings of Tip Teknolojileri Ulusal Kongresi*, Antalya, October 2010; 14-16.
- [28] SARAOĞLU H., KOÇAN M., A study on non-invasive detection of blood glucose concentration from human palm perspiration by using artificial neural networks, *Expert systems*, 2010; 27: 156-165.
- [29] AYDEMİR e.h., Hiperhidrozis, *Klinik Gelişim*, 2009, 22, 52-55.
- [30] AMARAL C.E.F., Multiparameter Methods for non-invasive measurement of blood glucose, *Doktora tezi*, Münih Teknik Üniversitesi, Münih, 2008.
- [31] Türkiye Diyabet Vakfı, 2011, (<http://www.turkdiab.org>).
- [32] *Diabetes Care*, American Diabetes Association, 2010, 33, 11-13.
- [33] TEMURTAŞ F., Yapay sinir ağı ders notları.
- [34] GÜLBAĞ A., Yapay sinir ağı ve bulanık mantık tabanlı algoritmalar ile uçucu organik bileşiklerin miktarsal tayini, *Doktora tezi*, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Temmuz 2006.
- [35] AMERICAN DIABETES ASSOCIATION, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus, *Diabetes Care*, January 2008; 31:1.
- [36] DAĞ Z.T., SARAOĞLU H.M., TEMURTAŞ F., KÖKLÜKAYA E., ALTİKAT S., Detection of blood glucose and haemoglobin A1C with palm perspiration by using artificial neural networks, *International conference on electrical and electronics engineering*, 2011; V2: 281-284.
- [37] *Matlab Dokümanları*, Versiyon 7.8.0, R2009a, The MathWorks Inc. 2009.

- [38] GÜLBAĞ A., TEMURTAŞ F., A study on transient and steady state sensor data for identification of individual gas concentrations in their gas mixtures, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 2007; 121: 590 – 599.
- [39] ER O., YUMUŞAK N., TEMURTAŞ F., Chest diseases diagnosis using artificial neural networks, *Expert Systems with Applications*, 2010; 37: 7648 – 7655.
- [40] AMERICAN DIABETESE ASSOCIATION, Diagnosis and Classification of Diabetes Mellitus, *Diabetes Care*, January 2008; 31:1.
- [41] AMERICAN DIABETESE ASSOCIATION, Standards of Medical Care in Diabetes, *Diabetes Care*, January 2010; 33:1.

EKLER

PNN UYGULAMASI

Matlab Yapay sinir ağıları araçları kullanılarak aşağıdaki program yazılmıştır. Bu programda 220 denek verisi kullanılmıştır. Yazılan bu programda hesaplanan tüm parametreler giriş olarak kullanılmıştır. İstenen giriş parametresi buradan silinerek çeşitli girişler için program tekrar ve tekrar çalıştırılmıştır.

```
% PNN Programı başlangıcı
%-----
% Glukoz ve HbA1C
%-----
% n data dosyasındaki hasta sayısı
% nt data dosyası 10 parça olarak eğitim ve testi yapıldığından
% data dosyasındaki hasta sayısının 10'da biridir

n=220;
nt=22;
ne=n-22;

v1=importdata('69x77tüm221 veriler1.txt');
v2=importdata('69x72tüm221 veriler2.txt');
v3=importdata('69x72tüm221 veriler3.txt');
veri(1:69,1:77)=v1(1:69,1:77);
veri(1:69,78:149)=v2(1:69,1:72);
veri(1:69,150:220)=v3(1:69,1:71);
solv(1:30,1:220)=veri(1:30,1:220);
sagv(1:30,1:220)=veri(31:60,1:220);
cins=veri(61,1:220);
```

```

yas=veri(62,1:220);
has=veri(63:67,1:220);
out(1:2,1:220)=veri(68:69,1:220);

% sol el

tgso10=(solv(20,)-solv(10,))/20;
tgso15=(solv(25,)-solv(10,))/30;
tgso20=(solv(30,)-solv(10,))/40;
tgso1=(solv(15,)-solv(10,))/10;
tgso2=(solv(20,)-solv(15,))/10;
tgso3=(solv(25,)-solv(20,))/10;
tgso4=(solv(30,)-solv(25,))/10;
DMso1=solv(30,)-solv(1,);
for i = 1:29
    dMso1(i,)= solv(i+1,)-solv(i,);
end
MdMso1=mean(dMso1,1);
SdMso1=std(dMso1,0,1);

% sağ el

tgsa10=(solv(20,)-solv(10,))/20;
tgsa15=(sagv(25,)-sagv(10,))/30;
tgsa20=(sagv(30,)-sagv(10,))/40;
tgsa1=(sagv(15,)-sagv(10,))/10;
tgsa2=(sagv(20,)-sagv(15,))/10;
tgsa3=(sagv(25,)-sagv(20,))/10;
tgsa4=(sagv(30,)-sagv(25,))/10;
DMsa1=sagv(20,)-sagv(1,);
for i = 1:29
    dMsa1(i,)= sagv(i+1,)-sagv(i,);
end

```

```
MdMsa1=mean(dMsa1,1);
SdMsa1=std(dMsa1,0,1);

% 27 parametre
% 28 incisi de çıkış

ilk(1,:)=tgso10;
ilk(2,:)=tgso10;
ilk(3,:)=tgso15;
ilk(4,:)=tgso15;
ilk(5,:)=tgso20;
ilk(6,:)=tgso20;
ilk(7,:)=tgso1;
ilk(8,:)=tgso2;
ilk(9,:)=tgso3;
ilk(10,:)=tgso4;
ilk(11,:)=tgso1;
ilk(12,:)=tgso2;
ilk(13,:)=tgso3;
ilk(14,:)=tgso4;
ilk(15,:)=DMso1;
ilk(16,:)=MdMso1;
ilk(17,:)=SdMso1;
ilk(18,:)=DMsa1;
ilk(19,:)=MdMsa1;
ilk(20,:)=SdMsa1;
ilk(21,:)=cins;
ilk(22,:)=yas;
ilk(23:27,:)=has;
ilk(28,:)=out(1,:);

% eğer çıkış HbA1C kullanılacak ise
% ilk(28,:)=out(2,:);
```

```
% olarak değiştirilir

ilk=ilk';

% aa data dosyasının parametre sayısı
% çıkış datası da dahil

aa=28

%
% data dosyasının çıkışı olan kan şekerinin 4 sınıfa çevrilmesi

for i=1:220
% 1. sınıf
    if ilk(i,aa)<=99
        ilk(i,aa)=1;
    end

% 2. sınıf
    if (100<=ilk(i,aa)) & (ilk(i,aa)<=125)
        ilk(i,aa)=2;
    end

% 3. sınıf
    if (126<=ilk(i,aa)) & (ilk(i,aa)<=180)
        ilk(i,aa)=3;
    end

% 4. sınıf
    if 180<=ilk(i,aa)
        ilk(i,aa)=4;
    end

end

% Eğer HbA1C ıkış olarak kullanılırsa
```

```
% Kan Şekeri sınıflandırması iptal edilerek bu sınıflandırma aktif edilecek  
% data dosyasının çıkışının 3 sınıfa çevrilmesi
```

```
%for i=1:200  
% 1. sınıf  
%     if ilk(i,aa)<5.7  
%     ilk(i,aa)=1;  
%     end  
  
% 2. sınıf  
%     if (5.7<=ilk(i,aa)) & (ilk(i,aa)<=6.4)  
%     ilk(i,aa)=2;  
%     end  
% 3. sınıf  
%     if 6.4<ilk(i,aa)  
%     ilk(i,aa)=3;  
%     end  
%end
```

```
egt=ilk;
```

```
% data dosyasında kullanılan parametrelerin lineerleştirilmesi
```

```
maxe=max(egt,[],1);  
for i=1:n  
    for j=1:aa-1  
        egt(i,j)=egt(i,j)/maxe(j);  
    end  
end  
  
%dogruluk_ts=65;  
tr = egt;
```

```
% set 1
for i=1:ne
egt1(i,:)=tr(i,:);

end
for i=ne+1:n
tst1(i-ne,:)=tr(i,:);
end
% set 2
for i=1:ne-nt
egt2(i,:)=tr(i,:);
end
for i=ne+1:n
egt2(i-nt,:)=tr(i,:);
end
for i=(ne-nt)+1:ne
tst2(i-(ne-nt),:)=tr(i,:);
end
% set 3
for i=1:ne-2*nt
egt3(i,:)=tr(i,:);
end
for i=ne-nt+1:n
egt3(i-nt,:)=tr(i,:);
end
for i=(ne-2*nt)+1:ne-nt
tst3(i-(ne-2*nt),:)=tr(i,:);
end
% set 4
for i=1:ne-3*nt
egt4(i,:)=tr(i,:);
end
```



```
for i=ne-2*nt+1:n
egt4(i-nt,:)=tr(i,:);
end
for i=(ne-3*nt)+1:ne-2*nt
tst4(i-(ne-3*nt),:)=tr(i,:);
end
% set 5
for i=1:ne-4*nt
egt5(i,:)=tr(i,:);
end
for i=ne-3*nt+1:n
egt5(i-nt,:)=tr(i,:);
end
for i=(ne-4*nt)+1:ne-3*nt
tst5(i-(ne-4*nt),:)=tr(i,:);
end
% set 6
for i=1:ne-5*nt
egt6(i,:)=tr(i,:);
end
for i=ne-4*nt+1:n
egt6(i-nt,:)=tr(i,:);
end
for i=(ne-5*nt)+1:ne-4*nt
tst6(i-(ne-5*nt),:)=tr(i,:);
end
% set 7
for i=1:ne-6*nt
egt7(i,:)=tr(i,:);
end
for i=ne-5*nt+1:n
egt7(i-nt,:)=tr(i,:);
end
```

```

for i=(ne-6*nt)+1:ne-5*nt
tst7(i-(ne-6*nt),:)=tr(i,:);
end
% set 8
for i=1:ne-7*nt
egt8(i,:)=tr(i,:);
end
for i=ne-6*nt+1:n
egt8(i-nt,:)=tr(i,:);
end
for i=(ne-7*nt)+1:ne-6*nt
tst8(i-(ne-7*nt),:)=tr(i,:);
end
% set 9
for i=1:ne-8*nt
egt9(i,:)=tr(i,:);
end
for i=ne-7*nt+1:n
egt9(i-nt,:)=tr(i,:);
end
for i=(ne-8*nt)+1:ne-7*nt
tst9(i-(ne-8*nt),:)=tr(i,:);
end
% set 10 eksik
for i=nt+1:n
egt10(i-nt,:)=tr(i,:);
end
for i=1:nt
tst10(i,:)=tr(i,:);
end
%-----
p=0;

```

```
%-----  
dogruluk_ts1=0;  
dogruluk_ts2=0;  
dogruluk_ts3=0;  
dogruluk_ts4=0;  
dogruluk_ts5=0;  
dogruluk_ts6=0;  
dogruluk_ts7=0;  
dogruluk_ts8=0;  
dogruluk_ts9=0;  
dogruluk_ts10=0;  
%-----  
xe1=egt1(:,1:aa-1)';  
yed1=egt1(:,aa)';  
t1=ind2vec(yed1);  
xe2=egt2(:,1:aa-1)';  
yed2=egt2(:,aa)';  
t2=ind2vec(yed2);  
xe3=egt3(:,1:aa-1)';  
yed3=egt3(:,aa)';  
t3=ind2vec(yed3);  
xe4=egt4(:,1:aa-1)';  
yed4=egt4(:,aa)';  
t4=ind2vec(yed4);  
xe5=egt5(:,1:aa-1)';  
yed5=egt5(:,aa)';  
t5=ind2vec(yed5);  
xe6=egt6(:,1:aa-1)';  
yed6=egt6(:,aa)';  
t6=ind2vec(yed6);  
xe7=egt7(:,1:aa-1)';  
yed7=egt7(:,aa)';  
t7=ind2vec(yed7);
```

```

xe8=egt8(:,1:aa-1)';
yed8=egt8(:,aa)';
t8=ind2vec(yed8);
xe9=egt9(:,1:aa-1)';
yed9=egt9(:,aa)';
t9=ind2vec(yed9);
xe10=egt10(:,1:aa-1)';
yed10=egt10(:,aa)';
t10=ind2vec(yed10);
xt1=tst1(:,1:aa-1)';
xt2=tst2(:,1:aa-1)';
xt3=tst3(:,1:aa-1)';
xt4=tst4(:,1:aa-1)';
xt5=tst5(:,1:aa-1)';
xt6=tst6(:,1:aa-1)';
xt7=tst7(:,1:aa-1)';
xt8=tst8(:,1:aa-1)';
xt9=tst9(:,1:aa-1)';
xt10=tst10(:,1:aa-1)';
ytd1=tst1(:,aa)';
ytd2=tst2(:,aa)';
ytd3=tst3(:,aa)';
ytd4=tst4(:,aa)';
ytd5=tst5(:,aa)';
ytd6=tst6(:,aa)';
ytd7=tst7(:,aa)';
ytd8=tst8(:,aa)';
ytd9=tst9(:,aa)';
ytd10=tst10(:,aa)';
%-----
sts=40
stt1=50
stt2=40

```

```

stt3=59
stt4=27
stt5=40
stt6=40
stt7=50
stt8=40
stt9=27
stt10=27
ermin=0.01
ermax=0.6
%-----
ortmaxd_t=sts-10;
while ortmaxd_t<sts
p=p+1;
while dogruluk_ts1<stt1
er=random('unif',ermin,ermax);
pnn1=newpnn(xe1,t1,er);
ye=sim(pnn1,xe1);
ye1=vec2ind(ye);
k=0;
for i=1:ne
if yed1(i)==ye1(i)
k=k+1;
end
end
dogruluk_eg1= 100*(k/ne);
hata_eg1=100-dogruluk_eg1;
yt=sim(pnn1,xt1);
yt1=vec2ind(yt);
k=0;
for i=1:nt
if ytd1(i)==yt1(i)
k=k+1;

```

```
end
end
dogruluk_ts1=100*(k/nt)
hata_ts1=100-dogruluk_ts1;
end
%-----
while dogruluk_ts2<stt2
er=random('unif',ermin,ermax);
pnn2=newpnn(xe2,t2,er);
ye=sim(pnn2,xe2);
ye2=vec2ind(ye);
k=0;
for i=1:ne
if yed2(i)==ye2(i)
k=k+1;
end
end
dogruluk_eg2 = 100*(k/ne);
hata_eg2=100-dogruluk_eg2;
yt=sim(pnn2,xt2);
yt2=vec2ind(yt);
k=0;
for i=1:nt
if ytd2(i)==yt2(i)
k=k+1;
end
end
dogruluk_ts2=100*(k/nt)
hata_ts2=100-dogruluk_ts2;
end
%-----
while dogruluk_ts3<stt3
er=random('unif',ermin,ermax);
```

```

pnn3=newpnn(xe3,t3,er);
ye=sim(pnn3,xe3);
ye3=vec2ind(ye);
k=0;
for i=1:ne
    if yed3(i)==ye3(i)
        k=k+1;
    end
end
dogruluk_eg3 = 100*(k/ne);
hata_eg3=100-dogruluk_eg3;
yt=sim(pnn3,xt3);
yt3=vec2ind(yt);
k=0;
for i=1:nt
    if ytd3(i)==yt3(i)
        k=k+1;
    end
end
dogruluk_ts3=100*(k/nt)
hata_ts3=100-dogruluk_ts3;
end
%-----
while dogruluk_ts4<stt4
er=random('unif',ermin,ermax);
pnn4=newpnn(xe4,t4,er);
ye=sim(pnn4,xe4);
ye4=vec2ind(ye);
k=0;
for i=1:ne
    if yed4(i)==ye4(i)
        k=k+1;
    end
end

```

```

end
dogruluk_eg4 = 100*(k/ne);
hata_eg4=100-dogruluk_eg4;
yt=sim(pnn4,xt4);
yt4=vec2ind(yt);
k=0;
for i=1:nt
    if ytd4(i)==yt4(i)
        k=k+1;
    end
end
dogruluk_ts4=100*(k/nt)
hata_ts4=100-dogruluk_ts4;
end
%-----
while dogruluk_ts5<stt5
er=random('unif',ermin,ermax);
pnn5=newpnn(xe5,t5,er);
ye=sim(pnn5,xe5);
ye5=vec2ind(ye);
k=0;
for i=1:ne
    if yed5(i)==ye5(i)
        k=k+1;
    end
end
dogruluk_eg5 = 100*(k/ne);
hata_eg5=100-dogruluk_eg5;
yt=sim(pnn5,xt5);
yt5=vec2ind(yt);
k=0;
for i=1:nt
    if ytd5(i)==yt5(i)

```



```

k=k+1;
end
end
dogruluk_ts5=100*(k/nt)
hata_ts5=100-dogruluk_ts5;
end
%-----
while dogruluk_ts6<stt6
er=random('unif',ermin,ermax);
pnn6=newpnn(xe6,t6,er);
ye=sim(pnn6,xe6);
ye6=vec2ind(ye);
k=0;
for i=1:ne
if yed6(i)==ye6(i)
k=k+1;
end
end
dogruluk_eg6 = 100*(k/ne);
hata_eg6=100-dogruluk_eg6;
yt=sim(pnn6,xt6);
yt6=vec2ind(yt);
k=0;
for i=1:nt
if ytd6(i)==yt6(i)
k=k+1;
end
end
dogruluk_ts6=100*(k/nt)
hata_ts6=100-dogruluk_ts6;
end
%-----
while dogruluk_ts7<stt7

```

```

er=random('unif',ermin,ermax);
pnn7=newpnn(xe7,t7,er);
ye=sim(pnn7,xe7);
ye7=vec2ind(ye);
k=0;
for i=1:ne
    if yed7(i)==ye7(i)
        k=k+1;
    end
end
dogruluk_eg7 = 100*(k/ne);
hata_eg7=100-dogruluk_eg7;
yt=sim(pnn7,xt7);
yt7=vec2ind(yt);
k=0;
for i=1:nt
    if ytd7(i)==yt7(i)
        k=k+1;
    end
end
dogruluk_ts7=100*(k/nt)
hata_ts7=100-dogruluk_ts7;
end
%-----
while dogruluk_ts8<stt8
er=random('unif',ermin,ermax);
pnn8=newpnn(xe8,t8,er);
ye=sim(pnn8,xe8);
ye8=vec2ind(ye);
k=0;
for i=1:ne
    if yed8(i)==ye8(i)
        k=k+1;
    end
end

```

```

end
end
dogruluk_eg8 = 100*(k/ne);
hata_eg8=100-dogruluk_eg8;
yt=sim(pnn8,xt8);
yt8=vec2ind(yt);
k=0;
for i=1:nt
    if ytd8(i)==yt8(i)
        k=k+1;
    end
end
dogruluk_ts8=100*(k/nt)
hata_ts8=100-dogruluk_ts8;
end
%-----
while dogruluk_ts9<stt9
er=random('unif',ermin,ermax);
pnn9=newpnn(xe9,t9,er);
ye=sim(pnn9,xe9);
ye9=vec2ind(ye);
k=0;
for i=1:ne
    if yed9(i)==ye9(i)
        k=k+1;
    end
end
dogruluk_eg9 = 100*(k/ne);
hata_eg9=100-dogruluk_eg9;
yt=sim(pnn9,xt9);
yt9=vec2ind(yt);
k=0;
for i=1:nt

```

```
if ytd9(i)==yt9(i)
k=k+1;
end
end
dogruluk_ts9=100*(k/nt)
hata_ts9=100-dogruluk_ts9;
end
%-----
while dogruluk_ts10<stt10
er=random('unif',ermin,ermax);
pnn10=newpnn(xe10,t10,er);
ye=sim(pnn10,xe10);
ye10=vec2ind(ye);
k=0;
for i=1:ne
if yed10(i)==ye10(i)
k=k+1;
end
end
dogruluk_eg10 = 100*(k/ne);
hata_eg10=100-dogruluk_eg10;
yt=sim(pnn10,xt10);
yt10=vec2ind(yt);
k=0;
for i=1:nt
if ytd10(i)==yt10(i)
k=k+1;
end
end
dogruluk_ts10=100*(k/nt)
hata_ts10=100-dogruluk_ts10;
end
```

```

omaxd_e=(dogruluk_eg1+dogruluk_eg2+dogruluk_eg3+dogruluk_eg4+dogruluk_eg
5+dogruluk_eg6+dogruluk_eg7+dogruluk_eg8+dogruluk_eg9+dogruluk_eg10)/10
omaxd_t=(dogruluk_ts1+dogruluk_ts2+dogruluk_ts3+dogruluk_ts4+dogruluk_ts5+d
ogruluk_ts6+dogruluk_ts7+dogruluk_ts8+dogruluk_ts9+dogruluk_ts10)/10
omaxh_e=(hata_eg1+hata_eg2+hata_eg3+hata_eg4+hata_eg5+hata_eg6+hata_eg7+
hata_eg8+hata_eg9+hata_eg10)/10
omaxh_t=(hata_ts1+hata_ts2+hata_ts3+hata_ts4+hata_ts5+hata_ts6+hata_ts7+hata_t
s8+hata_ts9+hata_ts10)/10
if omaxd_t> ortmaxd_t |omaxd_t>40
ortmaxd_t=omaxd_t
end
p
er
save pnn1;save pnn2;save pnn3;save pnn4;save pnn5;save pnn6;save pnn7;save
pnn8;save pnn9;save pnn10;
save er;
save ortmaxd_t;

end

%----- PNN programının sonu -----

```

İLERİ BESLEMELİ ÇOK KATMANLI YSA UYGULAMASI

Bu yapıda 221 veri kullanılmıştır. Bunların 148 eğitimde 73 ise testte kullanılmıştır.

Program şu şekildedir:

```

% ileri beslemeli çok katmanlı YSA
% programın başlangıcı
%-----
% Kan Şekeri ve HbA1C

```

```

%-----
%
% 221 veri için
%
v1=importdata('69x77tüm221veriler1.txt');
v2=importdata('69x72tüm221veriler2.txt');
v3=importdata('69x72tüm221veriler3.txt');
veri(1:69,1:77)=v1(1:69,1:77);
veri(1:69,78:149)=v2(1:69,1:72);
veri(1:69,150:221)=v3(1:69,1:72);
solv(1:30,1:221)=veri(1:30,1:221);
sagv(1:30,1:221)=veri(31:60,1:221);
cins=veri(61,1:221);
yas=veri(62,1:221);
has=veri(63:67,1:221);
out(1:2,1:221)=veri(68:69,1:221);
eyd1(1:2,1:148)=out(1:2,1:148);
eyd1(1,:)=eyd1(1,)/400;
eyd1(2,:)=eyd1(2,)/20;
tyd1(1:2,1:73)=out(1:2,149:221);
tyd1(1,:)=tyd1(1,)/400;
tyd1(2,:)=tyd1(2,)/20;

% sol el

tgso10=(solv(20,:)-solv(10,))/20;
tgso15=(solv(25,:)-solv(10,))/30;
tgso20=(solv(30,:)-solv(10,))/40;
tgso1=(solv(15,:)-solv(10,))/10;
tgso2=(solv(20,:)-solv(15,))/10;
tgso3=(solv(25,:)-solv(20,))/10;
tgso4=(solv(30,:)-solv(25,))/10;
DMso1=solv(30,:)-solv(1,);

```

```

for i = 1:29
    dMso1(i,:) = solv(i+1,:)-solv(i,:);
end
MdMso1=mean(dMso1,1);
SdMso1=std(dMso1,0,1);
% sağ el

tgso10=(solv(20,:)-solv(10,:))/20;
tgso15=(sagv(25,:)-sagv(10,:))/30;
tgso20=(sagv(30,:)-sagv(10,:))/40;
tgso1=(sagv(15,:)-sagv(10,:))/10;
tgso2=(sagv(20,:)-sagv(15,:))/10;
tgso3=(sagv(25,:)-sagv(20,:))/10;
tgso4=(sagv(30,:)-sagv(25,:))/10;
DMsa1=sagv(20,:)-sagv(1,:);
for i = 1:29
    dMsa1(i,:) = sagv(i+1,:)-sagv(i,:);
end
MdMsa1=mean(dMsa1,1);
SdMsa1=std(dMsa1,0,1);

% 27 parametre
% 148 veri eğitim için kullanıldı

eg1(1,1:148)=tgso10(1,1:148);
eg1(2,1:148)=tgso15(1,1:148);
eg1(3,1:148)=tgso20(1,1:148);
eg1(4,1:148)=tgso1(1,1:148);
eg1(5,1:148)=tgso2(1,1:148);
eg1(6,1:148)=tgso3(1,1:148);
eg1(7,1:148)=tgso4(1,1:148);
eg1(8,1:148)=tgso1(1,1:148);
eg1(9,1:148)=tgso2(1,1:148);
eg1(10,1:148)=tgso3(1,1:148);

```

```

eg1(10,1:148)=tgso4(1,1:148);
eg1(11,1:148)=tgsa1(1,1:148);
eg1(12,1:148)=tgsa2(1,1:148);
eg1(13,1:148)=tgsa3(1,1:148);
eg1(14,1:148)=tgsa4(1,1:148);
eg1(15,1:148)=DMso1(1,1:148);
eg1(16,1:148)=MdMso1(1,1:148);
eg1(17,1:148)=SdMso1(1,1:148);
eg1(18,1:148)=DMsa1(1,1:148);
eg1(19,1:148)=MdMsa1(1,1:148);
eg1(20,1:148)=SdMsa1(1,1:148);
eg1(21,1:148)=cins(1,1:148);
eg1(22,1:148)=yas(1,1:148);
eg1(23:27,1:148)=has(:,1:148);

```

% 73 veri test için kullanıldı

```

tg1(1,1:73)=tgso10(1,149:221);
tg1(2,1:73)=tgso10(1,149:221);
tg1(3,1:73)=tgso15(1,149:221);
tg1(4,1:73)=tgso15(1,149:221);
tg1(5,1:73)=tgso20(1,149:221);
tg1(6,1:73)=tgso20(1,149:221);
tg1(7,1:73)=tgso1(1,149:221);
tg1(8,1:73)=tgso2(1,149:221);
tg1(9,1:73)=tgso3(1,149:221);
tg1(10,1:73)=tgso4(1,149:221);
tg1(11,1:73)=tgso1(1,149:221);
tg1(12,1:73)=tgso2(1,149:221);
tg1(13,1:73)=tgso3(1,149:221);
tg1(14,1:73)=tgso4(1,149:221);
tg1(15,1:73)=DMso1(1,149:221);
tg1(16,1:73)=MdMso1(1,149:221);

```



```

tg1(17,1:73)=SdMso1(1,149:221);
tg1(18,1:73)=DMsa1(1,149:221);
tg1(19,1:73)=MdMsa1(1,149:221);
tg1(20,1:73)=SdMsa1(1,149:221);
tg1(21,1:73)=cins(1,149:221);
tg1(22,1:73)=yas(1,149:221);
tg1(23:27,1:73)=has(:,149:221);

es1=148;
ts1=73;
%%%%%%%%%%
%
%mlnn
AAET1(1)=100;
while AAET1(1)>33
    mlnn1 = newff(minmax(eg1),[20 20 1],{'tansig' 'tansig' 'tansig'},'trainlm');
    iter=round(random('unif',1,15))
    mlnn1.trainParam.epochs=iter;
    mlnn1.trainParam.show=5;
    mlnn1.trainParam.min_grad=0;
    mlnn1.trainParam.goal=5e-8;
    mlnn1=train(mlnn1,eg1,eyd1(1,:));
    ey1(1,:)=sim(mlnn1,eg1);
    for j = 1:es1
        x1(j)=abs((eyd1(1,j)-ey1(1,j))/eyd1(1,j));
    end
    AAEE1(1)=100*(sum(x1)/es1)
    ty1(1,:)=sim(mlnn1,tg1);
    for j = 1:ts1
        y1(j)=abs((tyd1(1,j)-ty1(1,j))/tyd1(1,j));
    end
    AAET1(1)=100*(sum(y1)/ts1)

```

```

end
save mlnn1;
AAET1(2)=100;
while AAET1(2)>21
    mlnn2 = newff(minmax(eg1),[20 20 1],{'tansig' 'tansig' 'tansig'},'trainlm');
    iter=round(random('unif',1,15))
    mlnn2.trainParam.epochs=iter;
    mlnn2.trainParam.show=5;
    mlnn2.trainParam.min_grad=0;
    mlnn2.trainParam.goal=5e-8;
    mlnn2=train(mlnn2,eg1,eyd1(2,:));
    ey1(2,:)=sim(mlnn2,eg1);
    for j = 1:es1
        x1(j)=abs((eyd1(2,j)-ey1(2,j))/eyd1(2,j));
    end
    AAEE1(2)=100*(sum(x1)/es1)
    ty1(2,:)=sim(mlnn2,tg1);
    for j = 1:ts1
        y1(j)=abs((tyd1(2,j)-ty1(2,j))/tyd1(2,j));
    end
    AAET1(2)=100*(sum(y1)/ts1)
end
save mlnn2;
AAET1
glikoz_gercek=400*tyd1(1,:);
glikoz_tahmin=400*ty1(1,:);
hbA1c_gercek=20*tyd1(2,:);
hbA1c_tahmin=20*ty1(2,:);

%----- Programın sonu -----

```

ELMAN YSA YAPISININ UYGULANMASI

Diğer YSA yapılarında kullanılan veri dosyasını kullanılmıştır. 221 verinin 148 verisi eğitim ve 73 verisi test için kullanılmış olup program aşağıda verilmiştir.

```
% ELMAN YSA
% programın başlangıcı
%-----
% Kan Şekeri ve HbA1C
%-----
%
% 221 veri için
%
v1=importdata('69x77tüm221veriler1.txt');
v2=importdata('69x72tüm221veriler2.txt');
v3=importdata('69x72tüm221veriler3.txt');
veri(1:69,1:77)=v1(1:69,1:77);
veri(1:69,78:149)=v2(1:69,1:72);
veri(1:69,150:221)=v3(1:69,1:72);
solv(1:30,1:221)=veri(1:30,1:221);
sagv(1:30,1:221)=veri(31:60,1:221);
cins=veri(61,1:221);
yas=veri(62,1:221);
has=veri(63:67,1:221);
out(1:2,1:221)=veri(68:69,1:221);
eyd1(1:2,1:148)=out(1:2,1:148);
eyd1(1,:)=eyd1(1,)/400;
eyd1(2,:)=eyd1(2,)/20;
tyd1(1:2,1:73)=out(1:2,149:221);
tyd1(1,:)=tyd1(1,)/400;
tyd1(2,:)=tyd1(2,)/20;
```

```

% sol el

tgso10=(solv(20,:)-solv(10,:))/20;
tgso15=(solv(25,:)-solv(10,:))/30;
tgso20=(solv(30,:)-solv(10,:))/40;
tgso1=(solv(15,:)-solv(10,:))/10;
tgso2=(solv(20,:)-solv(15,:))/10;
tgso3=(solv(25,:)-solv(20,:))/10;
tgso4=(solv(30,:)-solv(25,:))/10;
DMso1=solv(30,:)-solv(1,:);
for i = 1:29
    dMso1(i,:) = solv(i+1,:)-solv(i,:);
end
MdMso1=mean(dMso1,1);
SdMso1=std(dMso1,0,1);

% saĝ el

tgsa10=(solv(20,:)-solv(10,:))/20;
tgsa15=(sagv(25,:)-sagv(10,:))/30;
tgsa20=(sagv(30,:)-sagv(10,:))/40;
tgsa1=(sagv(15,:)-sagv(10,:))/10;
tgsa2=(sagv(20,:)-sagv(15,:))/10;
tgsa3=(sagv(25,:)-sagv(20,:))/10;
tgsa4=(sagv(30,:)-sagv(25,:))/10;
DMsa1=sagv(20,:)-sagv(1,:);
for i = 1:29
    dMsa1(i,:) = sagv(i+1,:)-sagv(i,:);
end
MdMsa1=mean(dMsa1,1);
SdMsa1=std(dMsa1,0,1);

% 27 parametre

```

% 148 veri eğitim için kullanıldı

```

eg1(1,1:148)=tgso10(1,1:148);
eg1(2,1:148)=tgso10(1,1:148);
eg1(3,1:148)=tgso15(1,1:148);
eg1(4,1:148)=tgso15(1,1:148);
eg1(5,1:148)=tgso20(1,1:148);
eg1(6,1:148)=tgso20(1,1:148);
eg1(7,1:148)=tgso1(1,1:148);
eg1(8,1:148)=tgso2(1,1:148);
eg1(9,1:148)=tgso3(1,1:148);
eg1(10,1:148)=tgso4(1,1:148);
eg1(11,1:148)=tgso1(1,1:148);
eg1(12,1:148)=tgso2(1,1:148);
eg1(13,1:148)=tgso3(1,1:148);
eg1(14,1:148)=tgso4(1,1:148);
eg1(15,1:148)=DMso1(1,1:148);
eg1(16,1:148)=MdMso1(1,1:148);
eg1(17,1:148)=SdMso1(1,1:148);
eg1(18,1:148)=DMsa1(1,1:148);
eg1(19,1:148)=MdMsa1(1,1:148);
eg1(20,1:148)=SdMsa1(1,1:148);
eg1(21,1:148)=cins(1,1:148);
eg1(22,1:148)=yas(1,1:148);
eg1(23:27,1:148)=has(:,1:148);

```

% 73 veri test için kullanıldı

```

tg1(1,1:73)=tgso10(1,149:221);
tg1(2,1:73)=tgso10(1,149:221);
tg1(3,1:73)=tgso15(1,149:221);
tg1(4,1:73)=tgso15(1,149:221);
tg1(5,1:73)=tgso20(1,149:221);

```

```

tg1(6,1:73)=tgso1(1,149:221);
tg1(7,1:73)=tgso2(1,149:221);
tg1(8,1:73)=tgso3(1,149:221);
tg1(9,1:73)=tgso4(1,149:221);
tg1(10,1:73)=tgso5(1,149:221);
tg1(11,1:73)=tgso6(1,149:221);
tg1(12,1:73)=tgso7(1,149:221);
tg1(13,1:73)=tgso8(1,149:221);
tg1(14,1:73)=tgso9(1,149:221);
tg1(15,1:73)=DMso1(1,149:221);
tg1(16,1:73)=MdMso1(1,149:221);
tg1(17,1:73)=SdMso1(1,149:221);
tg1(18,1:73)=DMsa1(1,149:221);
tg1(19,1:73)=MdMsa1(1,149:221);
tg1(20,1:73)=SdMsa1(1,149:221);
tg1(21,1:73)=cins(1,149:221);
tg1(22,1:73)=yas(1,149:221);
tg1(23:27,1:73)=has(:,149:221);

%
es1=148;
ts1=73;
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%

%elman
AAET1e(1)=100;
while AAET1e(1)>32
    elmnn1 = newelm(minmax(eg1),[20 1],{'tansig' 'tansig'},'trainscg');
    iter=10+round(random('unif',1,30))
elmnn1.trainParam.epochs=iter;
elmnn1.trainParam.show=5;
elmnn1.trainParam.min_grad=0;

```

```

elmnn1.trainParam.goal=5e-8;
elmnn1=train(elmnn1,eg1,eyd1(1,:));
ey1(1,:)=sim(elmnn1,eg1);
for j = 1:es1
    x1(j)=abs((eyd1(1,j)-ey1(1,j))/eyd1(1,j));
end
AAEE1e(1)=100*(sum(x1)/es1)
ty1(1,:)=sim(elmnn1,tg1);
for j = 1:ts1
    y1(j)=abs((tyd1(1,j)-ty1(1,j))/tyd1(1,j));
end
AAET1e(1)=100*(sum(y1)/ts1)
end
save elmnn1;
AAET1e(2)=100;
while AAET1e(2)>17
    elmnn2 = newelm(minmax(eg1),[20 1],{'tansig' 'tansig'},'trainscg');
    iter=10+round(random('unif',1,30))
    elmnn2.trainParam.epochs=iter;
    elmnn2.trainParam.show=5;
    elmnn2.trainParam.min_grad=0;
    elmnn2.trainParam.goal=5e-8;
    elmnn2=train(elmnn2,eg1,eyd1(2,:));
    ey1(2,:)=sim(elmnn2,eg1);
    for j = 1:es1
        x1(j)=abs((eyd1(2,j)-ey1(2,j))/eyd1(2,j));
    end
    AAEE1e(2)=100*(sum(x1)/es1)
    ty1(2,:)=sim(elmnn2,tg1);
    for j = 1:ts1
        y1(j)=abs((tyd1(2,j)-ty1(2,j))/tyd1(2,j));
    end
    AAET1e(2)=100*(sum(y1)/ts1)
end

```

```

end
save elmn2;
AAET1e
glikoz_gercek=400*tyd1(1,:);
glikoz_tahmin=400*ty1(1,:);
hbA1c_gercek=20*tyd1(2,:);
hbA1c_tahmin=20*ty1(2,:);
%
% ----- programın sonu -----

```

RADYAL TABANLI YSA YAPISININ UYGULANMASI

Diğer YSA yapılarında kullanılan veri dosyanı kullanılmıştır. 221 verinin 148 verisi eğitim ve 73 verisi test için kullanılmış olup program aşağıda verilmiştir.

```

% RADIAL BASIS YSA
% programın başlangıcı
%-----
% Kan Şekeri ve HbA1C
%-----
%
% 221 veri için
%
v1=importdata('69x77tüm221veriler1.txt');
v2=importdata('69x72tüm221veriler2.txt');
v3=importdata('69x72tüm221veriler3.txt');
veri(1:69,1:77)=v1(1:69,1:77);
veri(1:69,78:149)=v2(1:69,1:72);
veri(1:69,150:221)=v3(1:69,1:72);
solv(1:30,1:221)=veri(1:30,1:221);

```



```

sagv(1:30,1:221)=veri(31:60,1:221);
cins=veri(61,1:221);
yas=veri(62,1:221);
has=veri(63:67,1:221);
out(1:2,1:221)=veri(68:69,1:221);
eyd1(1:2,1:148)=out(1:2,1:148);
eyd1(1,:)=eyd1(1,)/400;
eyd1(2,:)=eyd1(2,)/20;
tyd1(1:2,1:73)=out(1:2,149:221);
tyd1(1,:)=tyd1(1,)/400;
tyd1(2,:)=tyd1(2,)/20;

% sol el

tgso10=(solv(20,:)-solv(10,:))/20;
tgso15=(solv(25,:)-solv(10,:))/30;
tgso20=(solv(30,:)-solv(10,:))/40;
tgso1=(solv(15,:)-solv(10,:))/10;
tgso2=(solv(20,:)-solv(15,:))/10;
tgso3=(solv(25,:)-solv(20,:))/10;
tgso4=(solv(30,:)-solv(25,:))/10;
DMso1=solv(30,:)-solv(1,:);
for i = 1:29
    dMso1(i,:) = solv(i+1,:)-solv(i,:);
end
MdMso1=mean(dMso1,1);
SdMso1=std(dMso1,0,1);

% sağ el

tgsa10=(solv(20,:)-solv(10,:))/20;
tgsa15=(sagv(25,:)-sagv(10,:))/30;
tgsa20=(sagv(30,:)-sagv(10,:))/40;

```

```

tgsa1=(sagv(15,:)-sagv(10,:))/10;
tgsa2=(sagv(20,:)-sagv(15,:))/10;
tgsa3=(sagv(25,:)-sagv(20,:))/10;
tgsa4=(sagv(30,:)-sagv(25,:))/10;
DMsa1=sagv(20,:)-sagv(1,:);
for i = 1:29
    dMsa1(i,:) = sagv(i+1,:)-sagv(i,:);
end
MdMsa1=mean(dMsa1,1);
SdMsa1=std(dMsa1,0,1);

% 27 parametre
% 148 veri eğitim için kullanıldı

eg1(1,1:148)=tgso10(1,1:148);
eg1(2,1:148)=tgsa10(1,1:148);
eg1(3,1:148)=tgso15(1,1:148);
eg1(4,1:148)=tgsa15(1,1:148);
eg1(5,1:148)=tgso20(1,1:148);
eg1(6,1:148)=tgsa20(1,1:148);
eg1(7,1:148)=tgso1(1,1:148);
eg1(8,1:148)=tgso2(1,1:148);
eg1(9,1:148)=tgso3(1,1:148);
eg1(10,1:148)=tgso4(1,1:148);
eg1(11,1:148)=tgsa1(1,1:148);
eg1(12,1:148)=tgsa2(1,1:148);
eg1(13,1:148)=tgsa3(1,1:148);
eg1(14,1:148)=tgsa4(1,1:148);
eg1(15,1:148)=DMso1(1,1:148);
eg1(16,1:148)=MdMso1(1,1:148);
eg1(17,1:148)=SdMso1(1,1:148);
eg1(18,1:148)=DMsa1(1,1:148);
eg1(19,1:148)=MdMsa1(1,1:148);

```

```

eg1(20,1:148)=SdMsa1(1,1:148);
eg1(21,1:148)=cins(1,1:148);
eg1(22,1:148)=yas(1,1:148);
eg1(23:27,1:148)=has(:,1:148);

```

```
% 73 veri test için kullanıldı
```

```

tg1(1,1:73)=tgso10(1,149:221);
tg1(2,1:73)=tgso10(1,149:221);
tg1(3,1:73)=tgso15(1,149:221);
tg1(4,1:73)=tgso15(1,149:221);
tg1(5,1:73)=tgso20(1,149:221);
tg1(6,1:73)=tgso20(1,149:221);
tg1(7,1:73)=tgso1(1,149:221);
tg1(8,1:73)=tgso2(1,149:221);
tg1(9,1:73)=tgso3(1,149:221);
tg1(10,1:73)=tgso4(1,149:221);
tg1(11,1:73)=tgso1(1,149:221);
tg1(12,1:73)=tgso2(1,149:221);
tg1(13,1:73)=tgso3(1,149:221);
tg1(14,1:73)=tgso4(1,149:221);
tg1(15,1:73)=DMso1(1,149:221);
tg1(16,1:73)=MdMso1(1,149:221);
tg1(17,1:73)=SdMso1(1,149:221);
tg1(18,1:73)=DMsa1(1,149:221);
tg1(19,1:73)=MdMsa1(1,149:221);
tg1(20,1:73)=SdMsa1(1,149:221);
tg1(21,1:73)=cins(1,149:221);
tg1(22,1:73)=yas(1,149:221);
tg1(23:27,1:73)=has(:,149:221);
%
es1=148;
ts1=73;

```

```

%%%%%%%%%%
%

%
%radyas base
%
%rbf
AAET1r(1)=100;
while AAET1r(1)>25
sp=random('unif',1,10)/100
nn=round(random('unif',1,100))
rbfnn1 = newrb(eg1,eyd1(1,:),0.00001,sp,nn);
ey1(1,:)=sim(rbfnn1,eg1);
for j = 1:es1
x1(j)=abs((eyd1(1,j)-ey1(1,j))/eyd1(1,j));
end
AAEE1r(1)=100*(sum(x1)/es1)
ty1(1,:)=sim(rbfnn1,tg1);
for j = 1:ts1
y1(j)=abs((tyd1(1,j)-ty1(1,j))/tyd1(1,j));
end
AAET1r(1)=100*(sum(y1)/ts1)
end
save rbfnn1;
AAET1r(2)=100;
while AAET1r(2)>15
sp=random('unif',1,10)/100
nn=round(random('unif',1,100))
rbfnn2 = newrb(eg1,eyd1(1,:),0.00001,sp,nn);
ey1(2,:)=sim(rbfnn2,eg1);
for j = 1:es1
x1(j)=abs((eyd1(2,j)-ey1(2,j))/eyd1(2,j));
end

```

```
AAEE1r(2)=100*(sum(x1)/es1)
ty1(2,:)=sim(rbfnn2,tg1);
for j = 1:ts1
    y1(j)=abs((tyd1(2,j)-ty1(2,j))/tyd1(2,j));
end
AAET1r(2)=100*(sum(y1)/ts1)
end
save rbfnn2;
AAET1r
glikoz_gercek=550*tyd1(1,:);
glikoz_tahmin=550*ty1(1,:);
hbA1c_gercek=16*tyd1(2,:);
hbA1c_tahmin=16*ty1(2,:);
%
%----- programın sonu -----
```

ÖZGEÇMİŞ

Zafer Turgay DAĞ, 01.04.1969'da Eskişehir' de doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini tamamladıktan sonra 1993 yılında ODTÜ Elektrik&Elektronik Mühendisliğinden mezun oldu. 1996 yılında Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik&Elektronik Mühendisliğinde Yüksek Lisansını tamamladı. 1993 – 1997 yılları arasında Dumlupınar Üniversitesinde araştırma görevlisi, 1997 – 1999 yılları arasında Sakarya Üniversitesinde öğretim görevlisi olarak çalıştıktan sonra halen Kalite Yöneticisi olarak görev yaptığı Meteoroloji Genel Müdürlüğünde çalışmalarına devam etmektedir.