

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SEMPATİK DERİ CEVABI İŞARETİNİN
YAPAY SİNİR AĞLARI İLE FİBROMİYALJİ
SENDROMUNUN TEŞHİSİNDE KULLANILMASI**

DOKTORA TEZİ

Elektrik-Elektronik Yük. Müh. Özhan ÖZKAN

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRONİK

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Etem KÖKLÜKAYA

Nisan 2012

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SEMPATİK DERİ CEVABI İŞARETİNİN
YAPAY SİNİR AĞLARI İLE FİBROMİYALJİ
SENDROMUNUN TEŞHİSİNDE KULLANILMASI

DOKTORA TEZİ

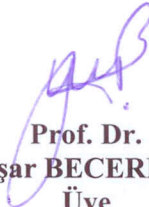
Elektrik-Elektronik Yük. Müh. Özhan ÖZKAN


Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

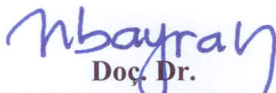
Bilim Dalı : ELEKTRONİK


Bu tez 26 / 04 / 2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Prof. Dr.
Etem KÖKLÜKAYA
Jüri Başkanı


Prof. Dr.
Yaşar BECERİKLİ
Üye


Prof. Dr.
Yunus Emre ERDEMLİ
Üye


Doç. Dr.
Mehmet BAYRAK
Üye


Yrd. Doç. Dr.
Halil İbrahim ESKİKURT
Üye

TEŞEKKÜR

Bu tez konusunun belirlenmesinde, gerekli çalışma şartlarının sağlanmasında ve çalışmalarımın her adımında bana desteğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Etem KÖKLÜKAYA'ya, disiplinlerarası çalışmaları içeren bu tezde veritabanının oluşturulması kısmında çok önemli yardımları olan Sayın Prof. Dr. Hasan Rıfat KOYUNCUOĞLU, Sayın Uzm. Dr. Sedat YILDIZ'a, tezle ilgili çalışmalarımda beni yönlendiren, tezin yapılandırılmasında ve sonuçlandırılmasında yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat YILDIZ'a, tüm hayatım boyunca gerek maddi gerek manevi olarak yanımda olan anneme ve babama, çalışmalarım boyunca sabır ve desteğinden dolayı eşime teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezin¹, tezdeki çalışma konusu ile ilgili gelecekte yapılacak araştırmalara ışık tutmasını temenni ederim.

¹ Bu tez 108E036 numaralı ve "Fibromiyalji sendromunun teşhisine yönelik HRV, SSR ve psikolojik testlerin dalgacık dönüşümü ve yapay sinir ağları ile değerlendirilmesi ve ilişkilerin belirlenmesi" isimli araştırma projesi kapsamında TÜBİTAK tarafından; 2009-50-02-016 numaralı ve "İnsan Vücudundan SSR İşaretlerinin İncelenmesi ve İşaretlerin Analizi ile Hastalıklarda Teşhis Amaçlı Kullanılması" isimli doktora tez projesi kapsamında Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	x
TABLolar LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY.....	xvi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
SEMPATİK DERİ CEVABI.....	6
2.1. SSR Ölçüm Sistemi.....	8
BÖLÜM 3.	
FİBROMİYALJİ SENDROMU.....	11
3.1. Giriş.....	11
3.2. Belirtiler.....	12
3.3. Teşhis ve Tedavi.....	13
3.4. Etyoloji.....	15
3.4.1. Kas işlevi bozuklukları.....	16
3.4.2. Otonomik disfonksiyon.....	16
3.4.3. Uyku bozukluğu.....	16
3.4.4. Ağrı modülasyon bozukluğu.....	17
3.4.5. Merkezi sinir sistemi ve nöroendokrin sistem değişikliği.....	17

3.4.6. Psikolojik etkenler.....	17
3.5. Psikolojik Durumu ve Fizyolojik Etkilenmeyi Değerlendirmek	
İçin Kullanılan Testler.....	17
3.5.1. Psikolojik durum değerlendirme testleri.....	17
3.6. Fonksiyonel Etkilenme ile İlgili Testler.....	18
3.7. Laboratuvar Testleri.....	18
BÖLÜM 4.	
FİBROMİYALJİ SENDROMUNUN TEŞHİSİNDE KULLANILAN	
PARAMETRELER.....	19
4.1. Sempatik Deri Cevabı (SSR) Parametreleri.....	19
4.1.1. SSR tepki gecikme süresi (LT).....	19
4.1.2. Maksimum genlik (MAXG).....	19
4.1.3. İki uyartım arası geçen süre (TT).....	20
4.2. Psikolojik Testler.....	23
4.2.1. Görsel analog skala ağrı skoru (VAS).....	23
4.2.2. Verbal ağrı skalası (VERBAL).....	23
4.2.3. Fibromiyalji etki sorgulaması (FES).....	24
4.2.4. Beck depresyon envanteri (BDI).....	25
4.2.5. Beck anksiyete envanteri (BAI).....	26
4.2.6. Hamilton anksiyete testi (HAM-A).....	26
4.2.7. Hamilton depresyon değerlendirme ölçeği (HAM-D).....	26
4.2.8. Toplam myaljik skoru (TMS).....	26
4.3. Fonksiyonel Etkilenme ile İlgili Testler.....	29
4.3.1. Cilt ısısı.....	29
4.3.2. Nabız.....	29
4.3.3. Solunum.....	29
4.4. Laboratuvar Testleri.....	32
BÖLÜM 5.	
SSR PARAMETRELERİ İLE PSİKOLOJİK TEST SKORLARI	
KULLANILARAK FİBROMİYALJİ SENDROMUNUN TEŞHİSİ.....	36
5.1. Giriş.....	36

5.2. Uygulama Parametreleri Modeli ve Kriterleri.....	37
5.2.1. Levenberg-Marquardt algoritması.....	38
5.3. Benzetim Sonuçları.....	40
BÖLÜM 6.	
FİBROMİYALJİ SENDROMUNUN TEŞHİSİNDE KULLANILAN LABORATUAR TESTLERİNİN SEMPATİK DERİ CEVABI PARAMETRELERİ İLE DESTEKLENEREK TEŞHİS DOĞRULUĞUNUN ARTTIRILMASI.....	43
6.1. Giriş.....	43
6.2. Çalışmada Kullanılan Parametreler ve Analiz Yöntemi.....	43
6.3. Benzetim Sonuçları.....	45
BÖLÜM 7.	
FİBROMİYALJİ SENDROMUNDA SEMPATİK DERİ CEVABI PARAMETRELERİNİN TEŞHİS DOĞRULUĞUNA ETKİSİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANILARAK İNCELENMESİ.....	50
7.1. Giriş.....	50
7.2. Çalışmada Kullanılan Materyaller ve YSA ile Analiz.....	50
7.3. Benzetim Sonuçları.....	54
BÖLÜM 8.	
SONUÇLAR.....	60
KAYNAKLAR.....	65
EKLER.....	72
Ek-A.....	73
YAPAY SİNİR AĞLARI.....	74
A.1. Nöron Yapısı ve Modeli.....	74
A.2. YSA'nın Yapısı.....	75
A.3. Ağ Tipleri.....	76
A.3.1. İleri beslemeli ağ.....	76

A.3.2. Kaskat bağlantılı ağ.....	77
A.3.3. Geri beslemeli ağ.....	77
A.4. Aktivasyon Fonksiyonları.....	77
A.5. Ağırlık Uzayı.....	81
A.6. Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi.....	82
A.7. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme Algoritmaları.....	82
Ek-B.....	84
Ek-C.....	86
Ek-D.....	89
ÖZGEÇMİŞ.....	93

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

EKG	: Elektrokardiyogram
EEG	: Elektroensefalogram
EMG	: Elektromiyogram
ENG	: Elektronörogram
SSR	: Sempatik deri cevabı
FMS	: Fibromiyalji sendromu
ACR	: Amerikan Romatoloji Birliği
YSA	: Yapay sinir ağı
μ A	: Mikroamper
s	: Saniye
ms	: Milisaniye
RA	: Romatoid artrit
VAS	: Görsel analog skala ağrı skoru
VERBAL	: Verbal ağrı skalası
FES	: Fibromyalji etki sorgulaması
BDI	: Beck depresyon envanteri
BAI	: Beck anksiyete envanteri
HAM-A	: Hamilton anksiyete testi
HAM-D	: Hamilton depresyon değerlendirme ölçeği
TMS	: Toplam myaljik skoru
CRP	: C reaktif protein
RF	: Romatoid faktör
WBC	: Beyaz kan hücresi sayısı
SEDİM	: Sedimentasyon
PLT	: Platelet
HG	: Hemoglobin

g	: Gram
mg	: Miligram
l	: Litre
ml	: Mililitre
IU	: Uluslararası birim
dl	: Desilitre
MSE	: Ortalama karesel hata
LT	: Tepki gecikme süresi
MAX-G	: Maksimum genlik
TT	: İki uyartım arası geçen süre
μ V	: Mikrovolt
NCV	: Sinir İletim Hızı
Inc.	: Şirket
WA	: Washington
USA	: Amerika Birleşik Devletleri
MLFFNN	: Çok katmanlı ileri beslemeli sinir ağı
LM	: Levenberg-Marquardt algoritması
tansig	: Tanjant-sigmoid aktivasyon fonksiyonu
H	: Hessian matrisi
I	: Birim matris
μ	: Marquardt parametresi
J	: Jakobien matris
t	: İterasyon sayısı
e(t)	: Ağ hatalarının vektörü
w(t)	: Ağırlık matrisi
g(t)	: Yapay sinir ağı gradyeni
d	: Yapay sinir ağı çıkışında istenen değer
y	: Yapay sinir ağı çıkışında üretilen değer
n	: Örüntü sayısı
N _i	: Giriş katmanındaki nöron sayısı
N _n	: Gizli katmandaki nöron sayısı
N _o	: Çıkış katmanındaki nöron sayısı
cm	: Santimetre

kg : Kilogram
Lab. : Laboratuar
Fizy. : Fizyolojik
HRV : Kalp hızı değişkenliği

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1a.	SSR ölçüm sisteminin genel görünümü.....	9
Şekil 2.1b.	SSR ölçüm sisteminin bağlantı şekli.....	9
Şekil 2.2.	SSR kaydının alınma anı.....	10
Şekil 3.1.	FMS hastalarında hassas noktaların anatomik lokasyonları.....	14
Şekil 4.1.	Örnek bir SSR dalga modeli.....	20
Şekil 5.1.	Çalışmaya ilişkin akış diyagramı.....	40
Şekil 5.2.	Psikolojik test skorları ve SSR parametreleri ile oluşturulan YSA yapısı.....	41
Şekil 5.3a.	Oluşturulan YSA yapısına ilişkin eğitim bilgileri.....	41
Şekil 5.3b.	Oluşturulan YSA yapısına ilişkin en iyi eğitim performansı grafiği.....	41
Şekil 6.1.	Çok katmanlı ileri beslemeli ağ modeli.....	45
Şekil 6.2a.	Laboratuar testleri ile oluşturulan YSA yapısına ilişkin eğitim bilgileri.....	46
Şekil 6.2b.	Laboratuar testleri ile oluşturulan YSA yapısına ilişkin en iyi eğitim performansı grafiği.....	46
Şekil 6.3a.	SSR parametre ve Laboratuar testleri ile oluşturulan YSA yapısına ilişkin eğitim bilgileri.....	46
Şekil 6.3b.	Oluşturulan YSA yapısına ilişkin en iyi eğitim performansı grafiği.....	46
Şekil 6.4.	Sadece SSR parametrelerinin kullanıldığı YSA modeli.....	47
Şekil 6.5.	Sadece laboratuar testlerinin kullanıldığı ağ modeli.....	47
Şekil 6.6.	Laboratuar testlerinin ve SSR parametrelerinin bir arada kullanıldığı YSA modeli.....	47
Şekil 7.1.	Sağlıklı deneklerden alınan SSR parameter değerleri.....	52
Şekil 7.2.	Hasta deneklerden alınan SSR parametre değerleri	52

Şekil 7.3.	Sağlıklı deneklere ait fizyolojik test sonuçları	53
Şekil 7.4.	Hasta deneklere ait fizyolojik test sonuçları.....	53
Şekil 7.5.	Çalışmaya ilişkin akış tablosu.....	54
Şekil 7.6.	Fizyolojik ve laboratuvar test sonuçlarının kullanıldığı YSA modeli.....	56
Şekil 7.7.	SSR parametreleri ve fizyolojik test sonuçlarının kullanıldığı YSA modeli.....	56
Şekil 7.8.	SSR parametreleri, fizyolojik ve laboratuvar test sonuçlarının birlikte kullanıldığı YSA modeli.....	56
Şekil 7.9a	Fizyolojik testler ve SSR parametreleri ile oluşturulan YSA yapısına ilişkin eğitim.....	57
Şekil 7.9b	Fizyolojik testler ve SSR parametreleri ile oluşturulan YSA yapısına ilişkin en iyi eğitim performansı grafiği.....	57
Şekil 7.10a	Fizyolojik testler ve laboratuvar testleri ile oluşturulan YSA yapısına ilişkin eğitim.....	57
Şekil 7.10b	Fizyolojik testler ve laboratuvar testleri ile oluşturulan YSA yapısına ilişkin en iyi eğitim performansı grafiği.....	57
Şekil 7.11a	Fizyolojik testler, laboratuvar testleri ve SSR parametreleri ile oluşturulan YSA yapısına ilişkin eğitim.....	58
Şekil 7.11b	Fizyolojik testler, laboratuvar testleri ve SSR parametreleri ile oluşturulan YSA yapısına ilişkin en iyi eğitim performansı grafiği.....	58
Şekil 8.1.	FMS'nin teşhisinde kullanılan yardımcı testlere ve SSR parametrelerine ait teşhis doğruluk yüzdeleri.....	62
Şekil A.1.	YSA'ya ilişkin eğitim blok diyagramı.....	74
Şekil A.2.	Örnek bir YSA yapısı.....	76
Şekil A.3.	Doğrusal aktivasyon fonksiyonuna ait giriş-çıkış karakteristiği...	78
Şekil A.4.	Tek kutuplu basamak aktivasyon fonksiyonuna ait giriş-çıkış karakteristiği.....	79
Şekil A.5.	Çift kutuplu basamak aktivasyon fonksiyonuna ait giriş-çıkış karakteristiği.....	79
Şekil A.6.	Eşik aktivasyon fonksiyonuna ait giriş-çıkış karakteristiği.....	80
Şekil A.7.	Sigmoid aktivasyon fonksiyonuna ait giriş-çıkış karakteristiği....	80

Şekil A.8. Tanjant sigmoid aktivasyon fonksiyonuna ait giriş-çıkış karakteristiği.....	81
--	----

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1.	Sağlıklı bireylerdeki kan değeri aralıkları.....	18
Tablo 4.1.	SSR parametrelerinin birinci ölçüm değerleri.....	21
Tablo 4.2.	FES testi bileşenleri.....	25
Tablo 4.3.	Çalışmaya katılan deneklerin psikolojik test skorları.....	27
Tablo 4.4.	Çalışmaya ait örnek alınan deneklerin fizyolojik test sonuçları...	30
Tablo 4.5.	Çalışmaya ait örnek alınan deneklerin laboratuvar test sonuçları...	33
Tablo 5.1.	Eğitim ve test benzetim sonuçları.....	42
Tablo 6.1.	Deneklerin fiziksel özellikleri.....	44
Tablo 6.2.	Eğitim ve test benzetim sonuçları.....	48
Tablo 6.3.	Çalışmaya ilişkin diğer benzetim sonuçları.....	49
Tablo 7.1.	Deneklerin demografik ve fiziksel karakteristikleri	51
Tablo 7.2.	Deneklerin demografik ve fiziksel karakteristikleri/Hasta-Sağlıklı.....	51
Tablo 7.3.	Lab. testlerinin SSR ile desteklenmesi sonucunda hesaplanan teşhis doğruluk yüzdeleri.....	55
Tablo 7.4.	Eğitim ve test benzetim sonuçları-1	59
Tablo 7.5.	Eğitim ve test benzetim sonuçları-2.....	59
Tablo 7.6.	Eğitim ve test benzetim sonuçları-3.....	59
Tablo B.1.	SSR parametre verilerinin psikolojik test skorlarına eklenmesi ile oluşturulan YSA'nın çıkış katmanından elde edilen sonuçlar..	85
Tablo C.1.	Laboratuvar test sonuçları ile oluşturulan YSA'nın çıkış katmanından elde edilen sonuçlar.....	87
Tablo C.2.	SSR parametrelerinin laboratuvar test sonuçlarına eklenmesi ile oluşturulan YSA'nın çıkış katmanından elde edilen sonuçlar.....	88
Tablo D.1.	Fizyolojik ve laboratuvar test sonuçları ile oluşturulan YSA'nın çıkış katmanından elde edilen sonuçlar.....	90

Tablo D.2. SSR parametrelerinin fizyolojik test sonuçlarına eklenmesi ile oluşturulan YSA'nın çıkış katmanından elde edilen sonuçlar.....	91
Tablo D.3. SSR parametrelerinin fizyolojik ve laboratuvar test sonuçlarına eklenmesi ile oluşturulan YSA'nın çıkış katmanından elde edilen sonuçlar.....	92

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Sempatik Deri Cevabı, Tepki Gecikme Süresi, Yapay Sinir Ağları, Fibromiyalji Sendromu, Fibromiyalji Sendromu Teşhis Yöntemleri

Biyomedikal işaretler vücut fonksiyonları ile ilgili bilgiler içerdikleri için hastalıkların teşhisinde kullanılan önemli verilerdir. Yapay sinir ağları (YSA) ise biyomedikal işaretlerin analizi ve sonuçların değerlendirilmesinde kullanılan en önemli yöntemlerden biridir.

Bu tezde, özellikle kadınlarda görülen, otonom sinir sistemini etkileyen ve önemli bir kas-iskelet sistemi hastalığı olan fibromiyalji sendromu (FMS) ile ilgili olarak yeni bir teşhis metodu önerilmiştir. Bu kapsamda yapılacak çalışmalara veri tabanı oluşturmak amacıyla denek grubundan hastalıkla ilgili teşhis sonuçları elde edilmiştir. Daha sonra aynı deneklere vücuttan elde edilen biyomedikal işaretlerden biri olan sempatik deri cevabı (SSR) ölçümleri yapılmış ve kaydedilmiştir. Elde edilen SSR dalgalarından hastalıkla ilgili olan parametreler belirlenmiş ve bu parametrelerin sayısal değerleri Matlab yazılımı vasıtasıyla hesaplanarak kaydedilmiştir.

Bu tezde hastalığın teşhisinde kullanılan ve hastaya sorulan sorulara bağlı olarak elde edilen psikolojik test skorları ve SSR parametre değerleri YSA ile analiz edilmiş ve hastalığa ilişkin teşhis doğruluk yüzdeleri hesaplanmıştır. Daha sonra deneklere ait laboratuvar test sonuçları ve SSR parametre değerleri hem ayrı ayrı hem de bir arada YSA ile analiz edilerek ve hesaplanan teşhis doğruluk yüzdeleri göz önünde bulundurularak laboratuvar testlerine SSR parametrelerinin etkisi araştırılmıştır. Son olarak, laboratuvar test sonuçları, fizyolojik test sonuçları ve SSR parametre verileri hem ayrı ayrı hem de bir arada YSA ile analiz edilerek her durum için teşhis doğruluk yüzdeleri çıkarılmış; böylece SSR'nin hastalığın teşhisinde kullanılan testlere etkisi incelenmiştir.

Yapılan çalışmaların sonucunda hesaplanan teşhis doğruluk yüzdelerine bakıldığında SSR'nin seçilen parametrelerinin FMS'nin teşhisinde kullanılan teşhis yöntemlerinden elde edilen sonuçları desteklediği görülmüş ve hastalığın teşhisinde SSR işaretlerinin göz önünde bulundurulması gereken bir fizyolojik işaret olduğu sonucuna varılmıştır.

USE OF SYMPATHETIC SKIN RESPONSE ALONG WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN DIAGNOSING OF FIBROMYALGIA SYNDROME

SUMMARY

Keywords: Sympathetic Skin Response, Latency time, Artificial Neural Networks, Fibromyalgia Syndrome, Diagnosis Methods of the Fibromyalgia Syndrome

Biomedical signals are important data used for diagnosing of diseases because of containing important information about body functions. Artificial neural network (ANN) is one of the most important methods used for analyzing and evaluating the biomedical signals.

In this thesis, a new diagnostic method for fibromyalgia syndrome (FMS) which is a muscu-skeletal disease, especially common in women, affecting the autonomic nervous system is proposed. In this context, the results of diagnosis of the disease were obtained and they were used as a database in this thesis. Then sympathetic skin response (SSR) is one of biomedical signal obtained from the human body was measured from the same subjects and recorded to the database. The parameters related to the disease were extracted from the SSR waves and the numerical values of these parameters calculated by Matlab software and were recorded to the database.

In the thesis, SSR parameter values and psychological test scores which depend on the patient's asked questions and used in the diagnosis of the disease were analyzed by ANN and the diagnostic accuracy percentages were calculated. Then, the laboratory test results and the SSR parameter values belong to the subjects were analyzed separately and together by using ANN. The effect of the SSR parameters to the laboratory tests is investigated by considering the results of the ANN analysis and calculated diagnostic accuracy percentages. In the last part of the thesis, laboratory test results, physiological test scores and SSR parameter values belong to the subjects were analyzed by using ANN separately and together, diagnostic accuracy percentages were calculated for each condition, thus, the effect of the SSR parameters to the diagnosis methods of fibromyalgia syndrome is investigated.

Evaluating the calculated diagnostic accuracy percentages by using ANN, it was concluded that selected parameters of the SSR supported to the results obtained from the tests used in diagnosis of FMS and SSR signals must be taken into consideration for diagnosing of the disease.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Teknolojide elde edilen gelişmeler ve bu gelişmelerin tıp alanına uygulanması ile ortaya çıkan uzmanlık dalı olan biyomedikal sistemler birçok hastalığın teşhis ve tedavisinde kullanılan yöntemler için önemli bir duruma gelmiştir. Özellikle biyomedikal sistemler vasıtasıyla ölçülüp kaydedilebilen fizyolojik işaretlerin analizi, işaretlere ilişkin vücut bölgesindeki organ veya sistemler hakkında daha ayrıntılı bilgiler sağlanmasını mümkün kılmıştır. Günümüzde bu fizyolojik işaretlerden hastalıkların teşhis ve tedavisinde en fazla kullanılanları elektrokardiogram (EKG), elektroensefalogram (EEG), elektronörogram (ENG), elektromiyogram (EMG) işaretleridir. Bu işaretlerden elde edilen sonuçların yanı sıra bazı hastalıklarla ilgili olarak ek fizyolojik işaretlerin tanımlanması teşhisin daha sağlıklı konulup tedaviye doğru bir biçimde başlanması açısından önem taşımaktadır.

İnsan vücudunda meydana gelen olaylara bağlı olarak ortaya çıkan fizyolojik işaretlerden birisi de sempatik deri cevabı (SSR) işaretleridir. SSR, vücuttaki herhangi bir organ ya da sistemde meydana gelen işlev bozukluğu, deformasyon vb. gibi durumlara göre değişkenlik gösterebilen geçici bir deri potansiyeli değişimidir. Yapılan çalışmalar sonucunda SSR'nin, özellikle otonom sinir sisteminde meydana gelen fonksiyon bozukluklarından etkilendiği ortaya koyulmuştur [1-3]. Bu nedenle otonom sinir sisteminde fonksiyon bozukluklarına sebep olan hastalıklarda SSR'nin teşhis amaçlı kullanılabileceği düşünülmüştür.

Diğer yandan insan vücudunda çeşitli sebeplerden meydana gelen fonksiyon bozukluklarının tezahür şekillerinden biri de ağrılardır. Ağrı, hastaların tıbbi olarak yardım istemesine neden olan en önemli sağlık sorunlarından biridir. Ağrının bulunduğu vücut bölgesine ya da noktasına tıbbi olarak iyileştirici aktivitelerden sonra dinmeyen ve devam eden ağrılar kronik ağrı olarak ifade edilmektedir [4].

Kronik ağrı gelişiminde rol oynayan etkenlerden birisi otonom sinir sistemindeki değişikliklerdir [5]. Son yirmi yılda çelişkili sonuçlar olmakla birlikte birçok çalışmada önemli bir ağrı hastalığı olan fibromiyalji sendromunun (FMS) otonom sinir sistemini etkilediği sonucuna ulaşılmıştır [3, 6, 7, 8]. Bu çalışmalarla beraber otonom sinir sistemine etki eden hastalıklarda, hastalıklı olan bölgede SSR değerlerinde değişimler meydana geldiği de ortaya koyulmuştur [3, 9].

FMS tıp dünyasında yaygın olarak görülen kronik ağrı sendromlarından biridir. En çok görülen belirtileri vücudun belli noktalarında aşırı hassasiyet, acı ve kronik yaygın kas–iskelet ağrılarıdır. Hastalığa bu belirtilerle birlikte uykusuzluk, bağırsak hastalığı, baş ağrısı, depresyon, anksiyete gibi belirtilerden bazıları da eşlik etmektedir [10, 11].

FMS'nin toplumda yaygınlığı %2 olarak bildirilmiştir. Birçok duyarlı noktanın varlığı, anksiyete, depresyon, yorgunluk ve bazı bedensel belirtilerle olduğu gibi, ağrı ile de ilişkilidir. Ağrı duyarlılığı ve psikolojik etkenlere göre birbirinden farklı alt gruplar olabileceği ve bu alt gruplardaki hastaların tedaviye yanıtı ve tedavi süreci açısından farklılık gösterebileceği bildirilmektedir [6, 12].

FMS tanısı, Amerikan Romatoloji Birliği (ACR–American College of Rheumatology) tarafından 1990 yılında belirlenen kriterlere göre; en az 3 aydır süren, vücudun sol yarısında, sağ yarısında, belden aşağı kısımda, belin üst kısmında olan ağrı şeklinde tanımlanan yaygın ağrı ve parmak ile basınç uygulamada (palpasyon) 18 duyarlı noktadan en az 11'inde lokal ağrı olarak konulmaktadır [13]. Bununla birlikte FMS ile ilişkilendirilmiş olan psikolojik testler, hastadan laboratuvar ortamında alınan kan örnekleri ve ölçülen fizyolojik test sonuçları da FMS'nin teşhisini desteklemektedir.

Ancak tüm bu sayılan teşhis yöntemlerine rağmen FMS'nin teşhisinde,

- a) Hastanın psikolojik test sorularına sözel olarak verdiği cevaplara bağımlı kalınması,

- b) ağrı eşiğinin insandan insana değişmesi ve bu durumun psikolojik test skorlarında yanıtıcılığa sebep olması,
- c) hastanın psikolojik durumunun, hastane vb. gibi ortamlarda hastalıktan bağımsız olarak değişebilmesi,
- d) vücuttan alınan işaretlerden yeterince faydalanılamaması,
- e) kan testleri adı verilen laboratuvar test verilerinden ve nabız, cilt ısısı, solunum gibi fizyolojik test sonuçlarından yeterince anlamlı sonuçlar çıkarılamaması,

gibi olumsuzluklar başka teşhis yöntemleri üzerine çalışmaları gerekli kılmıştır.

Ümit Hıdır Ulaş ve arkadaşları tarafından FMS’de SSR değişimlerinin incelendiği bir çalışmada; hastalarda avuç içi ve ayak tabanından kaydedilen SSR işareti üzerindeki tepki gecikme zamanı parametresinin sağlıklı kişilere göre oldukça uzun sürdüğü tespit edilmiştir. Çalışmanın sonucunda ise hastalığa bağlı otonom sinir sistemindeki değişimlerin, SSR ölçümleri ile derecelendirilebileceği ortaya konmuş, incelemeler sonucunda yumuşak programlama (soft-computing) yöntemlerinden birinin kullanılmasıyla işaretlerden daha anlamlı bilgiler çıkarılabileceği kanısına varılmıştır [7].

Diğer yandan Salih Özgöçmen ve arkadaşları SSR’nin tepki gecikme zamanı parametresi ile FMS’nin teşhisinde kullanılan psikolojik testlerden biri olan Hamilton Anksiyete Testi (HAM-A) arasındaki ilişkiyi incelemiş, çalışma sonucunda bu iki parametrenin birbiriyle ilişkilendirilebileceği öne sürülmüştür [8].

Yapılan başka bir çalışmada ise FMS’nin otonom sinir sisteminde fonksiyon bozukluklarına sebep olduğu bilgisinden hareketle Tarvainen ve arkadaşları SSR’nin bazı bileşenlerinin otonom sinir sistemiyle ilişkisini incelemişlerdir [14, 15].

Erik Everhart ve David Harrison SSR testleri ile otonom sinir sistemindeki fonksiyonları arasındaki ilişkiyi incelemiş ve çalışma sonucunda otonom sinir sisteminin SSR testleri ile derecelendirilebileceğini ortaya koymuşlardır [16].

Ahuja ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada ise SSR işaret analizlerinin yumuşak programlama yöntemleri ile daha çözümsel hale getirilebileceği düşünülmüş ve çalışma sonucunda otonom sinir sistemini etkileyen psikolojik ve psikiyatrik rahatsızlıkların teşhisi ve tedavisi için gerekli olacak bir test yönteminin ortaya atılabileceği görüşüne varılmıştır [5].

FMS'nin teşhisinde yaşanan sıkıntılara ek olarak hastalığın otonom sinir sisteminde fonksiyon bozukluğuna sebep olduğu ve SSR'nin de otonom sinir sistemindeki fonksiyon bozukluklarından etkilendiği ile ilgili literatürde yer alan çalışmalardan hareketle SSR'nin FMS ile ilişkili olabileceği düşünülmüştür. Bu amaçla;

- a) Süleyman Demirel Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizik–Tedavi ve Rehabilitasyon Bölümü'nde kapalı bir alan içerisine SSR ölçüm sistemi kurulmuştur.
- b) İlgili bölüme başvuran ve belirtileri FMS'yi işaret eden hastalara hastalığın teşhisinde kullanılan psikolojik testler yapılmış ve elde edilen psikolojik test skorları kaydedilmiştir.
- c) Aynı hastalara FMS teşhisi konulabilmesi için gerekli olan laboratuvar testleri ve fizyolojik testler yapılmış ve sonuçları kaydedilmiştir.
- d) Bu teşhis yöntemlerinin uygulanması sonucunda uzmanlar tarafından FMS teşhisi konulan hastalardan çalışmaya katılmaya gönüllü olanlarına SSR ölçümleri yapılmış ve elde edilen SSR dalgaları kaydedilmiştir.
- e) Yapay sinir ağları (YSA) ile verilerin analizi kısmında kullanılmak üzere çalışmaya gönüllü olarak katılan hastane personeline ait SSR işaretleri, psikolojik test skorları, laboratuvar ve fizyolojik test sonuçları kaydedilmiştir.
- f) Daha sonra SSR'nin hastalıkla ilişkili olan parametreleri çıkarılmış, hasta ve sağlıklı deneklerin bu parametrelere ilişkin sayısal değerleri Matlab yazılımı kullanılarak elde edilmiştir.
- g) Elde edilen SSR parametre değerleri ve psikolojik test skorları YSA ile analiz edilerek bu iki teşhis yönteminin birlikte teşhis doğruluk yüzdesi çıkarılmıştır.

- h) Elde edilen SSR parametre değerleri ve laboratuvar test sonuçları YSA ile analiz edilerek teğhis doğruluk yüzdeleri ıkarılmığ ve SSR'nin hastalığın teğhisinde kullanılan laboratuvar testlerine etkisi incelenmiğtir.
- i) Elde edilen SSR parametre değerleri, laboratuvar ve fizyolojik test sonuçlarına eklenerek YSA ile analiz edilmiğ, teğhis doğruluk yüzdeleri ıkarılmığ ve SSR'nin hem laboratuvar hem de fizyolojik test sonuçlarına etkisi incelenmiğtir.

Tüm bu alığmalar sonucunda elde edilen teğhis doğruluk yüzdelerine bakılarak SSR'nin belirlenen parametrelerinin FMS ile iliğkili teğhis yöntemlerini desteklediği ve SSR'nin, hastalığın teğhisinde değerlendirilmesi gereken bir fizyolojik iğaret olduğu sonucuna ulağılmığtır.

BÖLÜM 2. SEMPATİK DERİ CEVABI

İnsan vücudunun pek çok aktivitesi gözlemlenebilir fiziksel değişikliklere yol açmaktadır. Bu olaylar farklı tekniklerle ölçülebilmektedir. Uzuvarların hacimsel değişiklikleri, kalp seslerini ve üfürümlerini meydana getiren basınç sinyalleri, psikolojik faktörlere bağı olarak artan ter salgısı ya da vücut dışından uygulanan uyarımlar bunlardan bazılarıdır. Bu ölçümlerin sonuçları, inceleme altındaki organın durumunu kontrol eden sağılık personeli tarafından değerlendirilmektedir.

İnsan vücutu; çevresel zararlardan deri adı verilen karmaşık bir biyolojik yapı tarafından korunmaktadır. Deri dokuları, psikolojik uyarılara bağı iki elektriksel olgu meydana getiren ter bezleri içermektedir. Bunlar; 'vücut dışı tepki' denen dirençte bir düşüş ve 'vücut içi tepki' denen gerilimde bir değişiklidir.

Vücutun elektriksel empedansı bazı fiziksel ve psikolojik faktörlere bağı olarak değişmektedir. Elektriksel empedans,

- a) Deri cevabı ölçümü
- b) Vücut içi empedans ölçümü

olarak iki ana grupta sınıflandırılmaktadır.

Farklı psikolojik uyarılar deri altındaki ter bezlerinin ter salgısını arttırmakta; böylece deri cevabının indirgenmesi gerçekleşmektedir. Her kalp atımı, uzuvlardaki hacimsel değişiklikler, iç direncin dolayısıyla deri cevabının değişmesine sebep olmaktadır.

İç vücut dokuları düşük dirence sahiptirler. Dokunun hacmi değiştikçe empedansı da değişir. Hacimdeki değişiklik uzuvlarda olduğı gibi kan akışına ya da solunum

sırasında akciğerlerde olduğu gibi hava miktarındaki artışa ve azalmaya bağlı olabilir.

Derin bir şekilde düşünme, yalancılık ve duygusal hisler gibi psikolojik faktörler ter bezlerinin salgı oranını etkilemekte; bu durum da epidermis katman direncini azaltmaktadır. Böylece deri cevabı, derinin dış tabakası üstündeki ter miktarına göre değişmektedir.

Vücudun elektriksel empedansının bir parçası olan SSR, vücudun iç dinamiklerine bağlı olarak ortaya çıkan ya da dış ortamda harici olarak vücuda uygulanan bir uyarıcı vasıtasıyla deride kendiliğinden ya da refleks olarak oluşabilen geçici elektriksel potansiyel değişimi olarak tanımlanmaktadır. İnsanlarda SSR'yi etkileyen yapılar tam olarak bilinmemekle beraber, sempatik sinir sisteminin fonksiyonlarının araştırılmasında kullanılabilir ve hastaya fiziksel olarak hiçbir zararı olmayan (noninvazif) bir yaklaşım olabileceği öne sürülmektedir. SSR'nin ölçülmesi kolaydır ve ter bezlerinin (sudomotor) fonksiyonunu değerlendirmede yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ancak geçerli uygulamalar göz önüne alındığında teşhis amaçlı uygulamalarda yeterince güvenilir olmadığı gözlemlenmektedir. Elde edilen klinik bulgular ile SSR ölçüm sonuçları arasında otonomik ve kısmi olarak sudomotor fonksiyon bozuklukları açısından kesin doğrulukta olmamakla birlikte bir bağlantı olabileceği görülmüştür.

SSR ilk olarak, ter bezlerinin salgılama aktivitesinin düzenlenmesine yarayan potansiyel değişikliklerin damarsal tepkilerden bağımsız olduğunu kanıtlayan Tarchanoff [17] tarafından dikkate alınmış ve SSR ile de ilgili bir çalışma yapılmıştır. Shahani ve arkadaşları klinik nöropsikoloji dalında SSR uygulamalarını ilk olarak tanımlamış olan bilim insanlardır [18]. Daha sonraki yıllarda merkezi otonom sinir sisteminde olduğu gibi periferde deri potansiyelleri üzerine çalışmalar yapılmıştır [1, 2]. SSR aynı zamanda psikofizyolojik çalışmalarda en sık kullanılan ölçümlerden biridir.

SSR kolaylıkla ve noninvazif olarak elde edilebilir olsa da, uygulamada parametrelerdeki değişkenlik sebebiyle problemler mevcuttur. Klinik araştırmalar

sonucunda SSR'nin içeriğinde olan birçok parametreye ait dalga formları bulunmuştur [1, 2, 19].

SSR'nin tepki gecikme süresi ve genlik parametreleri ile ilgili olarak yapılan çalışmalar günümüzde çoğalmıştır. Ancak SSR dalga formundaki değişkenlik tam anlamıyla araştırılmamıştır.

SSR ile otonom sinir sistemi hastalıkları arasındaki ilişkinin araştırıldığı bir çalışmada akciğer kanseri hastalarında SSR ölçümleri yapılmış, elde edilen verilerin sağlıklı insanlardan ölçülen SSR verilerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür [3].

SSR diğer bir manasıyla bir deri bölgesinin elektriksel yükünde ani sesli uyarı ya da harici bir elektriksel uyarı verildikten sonra ölçüm cihazı ile kaydedilen elektriksel potansiyeldir [20]. Günümüze kadar yapılan çalışmalar incelendiğinde SSR verilerinin FMS teşhisinde doğrudan kullanılacak yöntemlerden biri olup olmayacağı belirlenememiş ancak otonom sinir sistemindeki fonksiyon bozukluklarına tepki verdiği için FMS ile ilişkilendirilebileceği düşünülmüştür [2, 12].

SSR'nin FMS'ye etkisinin incelendiği bir çalışmada ise deneklerden hastalığın teşhisinde kullanılan yardımcı yöntemlerden biri olan laboratuvar test sonuçları ve deney ortamına yerleştirilen bir ölçüm sistemi ile SSR parametre değerleri elde edilmiştir. Sonuç olarak, bu verilerin YSA ile analizi yoluyla hesaplanan teşhis doğruluk yüzdeleri göz önünde bulundurulduğunda laboratuvar testlerinin SSR tarafından desteklendiği ve teşhis doğruluk yüzdesini arttırdığı görülmüştür [21].

2.1. SSR Ölçüm Sistemi

SSR'nin FMS hastalığının teşhisine etkisinin incelenmesi amacıyla veritabanı oluşturmak için Süleyman Demirel Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizik–Tedavi ve Rehabilitasyon Bölümü'nde kapalı bir alanda SSR ölçüm sistemi kurulmuştur. Bu ölçüm sistemi Şekil 2.1a ve Şekil 2.1b'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1a. SSR ölçüm sisteminin genel görünümü



Şekil 2.1b. SSR ölçüm sisteminin bağlantı şekli

SSR ölçüm sistemi AD Instruments ML870/P Powerlab 8/30 with Chart Pro, AD Instruments Powerlab ML116 SSR Amplifier, AD Instruments MLT116F SSR parmak elektrotları, dual bioamplifier/uyarıcıdan meydana gelmektedir. Sistemin topraklaması gürültü faktörü ortadan kaldıracak şekilde yeniden yapılandırılmıştır. Chart-pro yazılımı dizüstü bilgisayara kurularak deneme kayıtları için hazır hale getirilmiştir.

Bütün SSR kayıtları, uygun sıcaklığa sahip (22–24 °C) ve aydınlatmalı sessiz bir ortamda, hasta oturur durumdayken Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Bölümü'ne kurulan sistemde her ölçümde aynı cihazlar kullanılarak alınmıştır. Sağ el 2. ve 3.

parmakların orta kemik seviyesine yerleştirilen yüzük elektrotlar kayıt elektrotu olarak kullanılmış; uyarılar, sol önkol bölgesinde medyan sinir bloğuna yerleştirilen uyaran (stimulan) ile verilmiştir. Genel olarak SSR ölçümünde gerekli olan uyari öksürme, derin nefes alma, yüksek bir ses, elektriksel uyari, derinin üstüne vurulması, ışık gibi yöntemlerle olabilmektedir. Ancak SSR ölçümü için en sık kullanılan yöntem bir periferik sinirin elektriksel uyarımıdır. Uyaran şiddeti 10–20 μA ve süresi 0,1–0,2 ms civarındadır. Ölçüm kalitesinin düşük olması durumunda verilen uyari sayısı arttırılmış, en az 5 uyarana yanıt alınamıyorsa "yanıt yok" olarak kabul edilmiş ve çalışma dışı bırakılmıştır. Şekil 2.2'de örnek bir SSR kaydının alınma anı gösterilmiştir.



Şekil 2.2. SSR kaydının alınma anı

Daha sonra ölçülen SSR kayıtları, LabChart Pro programında data pad özelliği ile MsExcel 2003'e kontrol edilerek işlenmiş ve sayısal veriler olarak SPSS 15.0 ve MsExcel 2003'e kaydedilmiştir.

BÖLÜM 3. FİBROMİYALJİ SENDROMU

3.1. Giriş

Fibromiyalji Sendromu (FMS), insanlarda yaygın musko–skeletal (Kas ve iskeletle ilgili) acı, sızı, sertlik ve genel anlamda yorgunluk belirtileriyle karakterize edilen kronik bir ağrı hastalığıdır. Sıkça yanlış teşhis edilmesi sebebiyle genelde kas zarı ağrısı (myofasial ağrı) sendromu, polimiyaljik romatizma, kas iltihabı (polimiyozit), tiroid salgısı eksikliği, kronik yorgunluk sendromu ya da kas veremi (lupus eritamatözü) ve romatoid artrit (RA) gibi hastalıklardan ayırt edilemez. FMS en yaygın görülen romatizmal rahatsızlıklar arasında üçüncü sıradadır (eklem iltihabı ve RA'dan sonra).

FMS hastalığının vücutta görülmeye başladığı yaş aralığı genel olarak 29–37 arasındadır. Ancak genelde FMS'nin tıbbi olarak teşhis edilebildiği yaş aralığı 34–53 arasındadır. Bu durumun sebebi, hastaların çoğunun yıllarca bu hastalığın semptomlarını taşımalarına rağmen hastalığın getirdiği ağrı, sızı vb. durumlara dayanmalarındır [22].

Türkiye'de 20-64 yaş kadınlarda yapılan çalışmada prevalans (görülme sıklığı) %3,6 bulunmuştur. Çocuklarda fibromiyalji prevalansını araştıran üç çalışmada %1,2 ile %6,2 arasında sonuçlar saptanmıştır [23–25]. FMS semptomları 53 yaş üstü hastalarda ilk defa gözlemleniyorsa bu semptomların genellikle FMS'den başka bir hastalığa bağlı olduğu kabul edilmektedir [26].

FMS genellikle kadınları etkileyen bir kas-iskelet sistemi hastalığıdır. Her ne kadar günümüzde populasyon bazlı yeterli bilgiye sahip çalışmalar olmasa da genel erişkin prevalansı %0,5–4 arasındadır. Kadın-erkek paylaşımı olarak ise kadınlarda %3,4,

erkeklerde %0,5 civarındadır. Kadınlarda hastalığın görünme yüzdesi tüm hastalar göz önüne alındığında toplamın %70–90'ına karşılık gelmektedir.

FMS'nin ortaya çıkış nedenleri ve etkilediği mekanizmalar (etyolojisi) ise tam olarak bilinmemektedir. Bu konudaki araştırmalar halen devam etmekle birlikte kas işlevi bozuklukları, psikolojik bozukluklar, otonom sinir sisteminde meydana gelen fonksiyon eksiklikleri, uyku bozukluğu, hormonal değişimler gibi bazı mekanizmaların hastalığın sebeplerinin tanımlanmasında önemli rol oynadığı görülmektedir.

1976 yılından önce FMS, RA ve osteoartritin aksine “tek eklem romatizması” ya da objektif bir teşhis eksikliği sebebiyle “psikojenik (ruhi tesirlerden kaynaklanan) romatizma” olarak farz edilmekteydi [22]. Yüzyıl öncesine kadar “nörastenî” ve benzeri terimlerle tarif edilmiş olan tablonun “fibromiyalji” terimine giden yolu Gowers'ın 1904'te tabloyu “fibrositis” olarak tanımlaması ile başlamıştır. 1975'te Moldofsky ve arkadaşları uykunun nonREM dönemindeki bozukluğu tanımlayarak, fibrositiste santral sinir sistemi tutulumu olabileceğini ileri sürmüşlerdir [27]. Ancak 1976 yılında FMS'nin bu hastalıklardan farkı olduğu kanıtlanmış ve tıp dünyası FMS terimi ile tanışmıştır [22].

3.2. Belirtiler

Ağrı ve sızılar, aşırı sertlik, hassas dokuda şişlik, dokularda aşırı hassasiyet ve kas spazmları ya da nodülleri FMS ile ilgili belirtilen en önemli semptomlardır. Karakteristik ağrı ve sızılar, hastanın belirttiği bölgelerde geniş bir alana etki eden, yayılan bir durum olarak tanımlanmakta ve bu belirtilere noktasal olarak hissedilebilen sertlikler eşlik etmektedir. Şişlik durumu ise özellikle artiküler eklem doku, periartiküler eklem çevresi doku ve yumuşak dokularda rapor edilmiştir. Hastanın kendi kendine algıladığı hassas noktalar, FMS'nin teşhisinde çok önemlidir ve sık sık kas spazmları ve yumruların görüldüğü noktalardır. Hassas noktalar, boyun ve omuz etrafı, göğsün üst kısmı ve vücudun alt arka bölgelerinde kümelenmektedir [28].

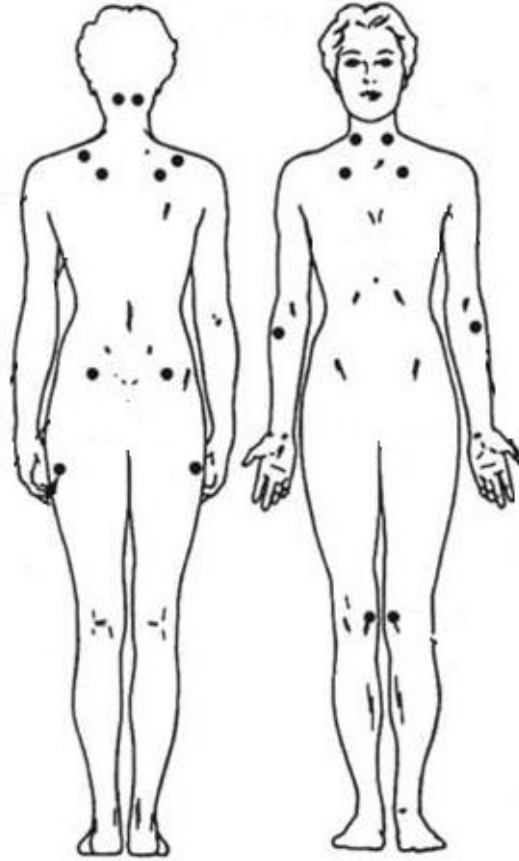
FMS hastalarının belirttiği diğer semptomlar ise aşırı derecede yorgunluk, hastaların %60-90'nın belirttiği sabahları yorgunluğa sebep olan verimsiz uyku, %28-58'nin belirttiği kronik heyecan, gerilim ve baş ağrısı, dismenore, parestezi, %30'unun belirttiği Raymond fenomeni, karın ağrıları, anksiyete, %20'sinin belirttiği depresyon durumu ile el ve ayaklardaki uyuşukluk ve şişmedir [22, 28, 29].

Hastalığın derecesine bağlı olarak yukarıda belirtilen semptomlara halsizlik, taşikardi, hiperaktiflik, kavramsal problemler (düşünme, konsantrasyon ve hafıza sorunları), baş dönmesi, özellikle el ve ayaklarda görülen karıncalanma hissi, tendon iltihabı, bursit, deri kuruluğu, göz çevresinde kuruluk, ağız kuruluğu, deride renk bozulması (derinin beneklenmesi), siyatik, deri veremi gibi bulgular da eşlik etmektedir [28, 29, 30].

Yaygın ağrıya sebep olan diğer hastalıklarla ayırıcı tanısını yapabilmek için gerektiğinde tam kan sayımı, standart biyokimyasal incelemeler, eritrosit sedimentasyon hızı ve tiroid fonksiyon testleri incelenmektedir.

3.3. Teşhis ve Tedavi

1990 yılından önce, FMS'nin teşhisinde subjektif veriler temel alınmaktaydı. "Copenhagen Declaration" un yayımlandığı "The Second World Congress on Myofascial Pain" kongresinde bu sendromun tanımlanmasıyla ilgili yapılan bir çalışmada FMS'nin kendine özgü bir teşhisi olduğu kanıtlanmıştır [21, 29, 31]. 1990 yılında Amerikan Romatoloji Birliği, FMS'nin teşhisi olarak masküler dokuda hassas noktalardan iki taraflı olarak seçilmiş 18 noktadan en az 11'inde 3 aydan daha uzun bir süredir süregelen yaygın bir ağrı geçişini göstermiştir [13, 30, 32, 33]. Şekil 3.1'de, fibromiyaljinin sınıflandırılmasında hassas noktaların anatomik lokasyonları görülmektedir [32].



Şekil 3.1. FMS hastalarında hassas noktaların anatomik lokasyonları

Literatüre bakıldığında “hassas nokta” ve “ tetiklenen nokta” terimleri birbiri yerine kullanılsa da, FMS, yerleri önceden belirlenen “hassas nokta”lar ile tanımlanır. Travell ve Simons, Hubbard ve Berkoff, “tetiklenen bölge” terimini kasın sabit bir bölgesi içerisindeki lokal bir nokta olarak tanımlamışlar ve yayılan ağrının, karıncalanma hissinin ya da sürekli basınç uygulamanın neden olduğu uyumsuzluğun karakteristik bir örneği olarak ortaya koymuşlardır [34, 35]. Kaslarda, bağlarda veya tendonda ortaya çıkan hassas noktalar ağırlı stimülasyon durumunda komşu bölgelerden daha ziyade ilgilenilen ağrı bölgesi ile sınırlanmıştır [23, 28]. Yukarıda bahsedilen basınç, hassas noktalara baş ve işaret parmakları kullanılarak iki taraflı olarak muayene amaçlı uygulanmaktadır. 4 kg/cm^2 lik düzenli bir basınç miktarı muayene yapanın başparmak tırnağı beyazlaşınca dek uygulanmaya devam edilir. FMS’li çoğu hastada hassas nokta için basınç eşiği denilen ağrıya karşı dayanabilme basıncı 2 kg/m^2 dir. Muayeneyi yapan uzman, bölgeyi hastaya acı vermeden elle basınç uygulamak suretiyle muayene etmekte ve derideki kızarıklık ve aşırı

hassasiyeti incelerken spazm durumunu da gözlemlemektedir. Uzman, parmağıyla hassas noktaya uyguladığı basıncı hastanın ağrısının artmasına, parmağını geri çekmesini söyleyinceye ya da ağrı sebebiyle yüzünü buruşturuncaya dek arttırmakta; parmak geri çekildikten sonra ise bölgedeki kızarıklık durumu incelenmektedir [28]. Reeves ve arkadaşları hassas nokta indeksini şu şekilde önermişlerdir [23]:

- 0 = Aşırı hassasiyet
- 1 = Geri çekilme olmaksızın aşırı hassasiyet
- 2 = Aşırı hassasiyet ve geri çekilme
- 3 = Aşırı hassasiyet ve abartılı geri çekilme
- 4 = Dokunulmaz ağrı

FMS'nin teşhisi için fiziksel bir muayene ve nörolojik bir değerlendirme gereklidir. Kas spazmları ve nodülleri, derideki beneklenmeler ve sağlıksız bir uykunun varlığı FMS'nin karakteristikleridir [22, 24, 29]. FMS'nin teşhise yardımcı bir yolu da, rutin laboratuvar testleridir. Çünkü FMS genelde diğer durumlarla aynı anda ortaya çıkmakta, ilave testler hastalığa eşlik eden diğer durumları tanımlamak için gerekebilmektedir. İkinci bir klinik sorunun varlığı FMS'nin teşhisinde göz ardı edilemez [22].

Hastalığın tedavisinde hastanın ve gerekli durumlarda ailenin hastalıkla ilgili bilgilendirilmesi yani hasta ve yakınlarının eğitimi önceliklidir ve önemlidir. Medikal tedavi olarak antidepresanlar, seçici seratonin geri alım inhibitörleri, moklobemid, gabapentin, pregabalın, ve eşlik eden diğer ağrılı durumlar için steroid olmayan anti-inflamatuvar ilaçlar ile parasetamol kullanılmaktadır. Davranışsal tedaviler, egzersiz, akapunktur, lokal enjeksiyon uygulamaları, ağrılı bölgelere fizik tedavi uygulamaları ve alternatif ya da tamamlayıcı tedaviler diğer tedavi yaklaşımlarıdır.

3.4. Etyoloji

FMS toplumda yaygın olarak görülmesine rağmen etyolojisi tam olarak aydınlatılamamıştır. Araştırmalar devam etmekle beraber mevcut literatürde öne sürülen temel mekanizmalar şunlardır:

3.4.1. Kas işlevi bozuklukları

FMS'li hastalarda kas üzerine yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu ağrıyla kas yapısındaki değişiklikler arasında kısmi ilişkiyi göstermektedir. Yapılan çalışmalarda hassas bölgelerde adenozin trifosfat ve fosfokreatin düzeylerinde azalmalar, kırmızı fibrillerde yırtılmalar, hassas kaslarda yapılan incelemelerde oksijenizasyonun düşük olduğu gösterilmiştir [25, 33].

3.4.2. Otonomik disfonksiyon

Yapılan çalışmalarda FMS'de otonomik fonksiyon bozuklukları görülmüştür. Ünlü ve arkadaşlarının FMS'li hastalarda genital bölgedeki SSR'yi inceledikleri bir çalışmada FMS'de genital bölgedeki bulguların otonom sinir sistemi anormalliği gösterdiği, FMS'li hastaların kontrollere göre daha fazla seksüel sorun yaşadığını ve bunun anksiyete ile ilişkili olabileceği bildirilmiştir [36].

Ulaş ve arkadaşları FMS'li hastalarda sempatik sistem ile beraber parasempatik sistemde de fonksiyon bozukluğu olduğunu ve SSR analizi ile bu bozukluğun değerlendirilebileceğini bildirmişlerdir [7]. FMS'de görülen otonomik sistem fonksiyon bozukluğu, bu hastalığın birçok sistemi etkileyen bulgularını teorik olarak açıklayabilir.

3.4.3. Uyku bozukluğu

FMS'li hastalarda uyku bozuklukları yaşam kalitesini etkileyen en önemli unsurlardan biridir. FMS'li hastalarda yaşam kalitesi üzerine uykunun etkisini değerlendiren bir çalışmada hastaların %99'unda düşük uyku kalitesi bildirilmiş ve uyku bozukluğunun şiddeti ile ağrı, yorgunluk ve hastaların sosyal fonksiyonları arasında anlamlı ilişki bulunmuştur [37]. FMS'ye eşlik eden uyku bozukluğuna alfa-delta uykusu denir. Ancak bu EEG bulgusunun FMS'ye özel olmadığını, depresyon ve diğer kronik ağrı semptomlarında da ortaya çıkabileceğini bildiren çalışmalar yoğunluktadır.

3.4.4. Ağrı modülasyon bozukluğu

FMS'li hastaların ağrı deneyimlerinin artmış olduğu, psikolojik stresin ve olumsuz ruh halinin etkisiyle ağrı algısının değişebileceği bilinmektedir [38].

3.4.5. Merkezi sinir sistemi ve nöroendokrin sistem değişikliği

FMS etyolojisinde P maddesi, seratonin, kortikotropin salgılatıcı hormon, kortizol, büyüme hormonu salgılatıcı hormon, somatomedin C, östrojen, melatonin, parathormon, endorfinler gibi birçok hormon ve mediatör araştırılmıştır.

3.4.6. Psikolojik etkenler

Yaygın ağrı, özellikle uzun sürmesi durumunda yaygın ve önemli ruhsal sorunlara yol açabilmektedir [39]. Benzer şekilde psikiyatrik hastalıklarda da yaygın ağrı görülme sıklığı artmaktadır [40]. FMS'li hastalarda yaşam kalitesini arttırmak için eşlik eden depresyonun tedavisi önemlidir [41]. Ancak FMS'nin anksiyete gibi diğer psikiyatrik bozukluklar ile daha fazla ilişkili olduğunu bildiren çalışmalar mevcuttur [40, 42].

3.5. Psikolojik Durumu ve Fizyolojik Etkilenmeyi Değerlendirmek İçin Kullanılan Testler

FMS'li hastalarda, hastalığın teşhisinde kullanılan en önemli uygulamalardan biri de hastalarda hastalık sebebiyle meydana gelen fonksiyonel etkilenmelerinin ve psikolojik değişikliklerin sonuçlarının elde edilmesidir. Bunların elde edilebilmesi için aşağıdaki testler hastaya uygulanmaktadır ve elde edilen sonuçlara göre hastalığın teşhisi desteklenebilmektedir.

3.5.1. Psikolojik durum değerlendirme testleri

- a) Görsel Analog Skala Ağrı Skoru (VAS)
- b) Verbal Ağrı Skalası (VERBAL)

- c) Fibromiyalji Etki Sorgulaması (FES)
- d) Beck Depresyon Envanteri (BDI)
- e) Beck Anksiyete Envanteri (BAI)
- f) Hamilton Anksiyete Testi (HAM-A)
- g) Hamilton Depresyon Değerlendirme Ölçeği (HAM-D)
- h) Toplam Myaljik Skoru (TMS)

3.6. Fonksiyonel Etkilenme ile İlgili Testler

FMS ile ilgili olarak rahatsızlığın belirtilerini gösteren hastalardan ölçülen fonksiyonel etkilenme testleri şunlardır:

- a) Cilt Isısı
- b) Nabız
- c) Solunum Sayısı

3.7. Laboratuvar Testleri

Laboratuvar testleri FMS'nin benzer belirtiler gösteren diğer rahatsızlıklardan ayırt etmekte kullanılır. Bu testler hasta ya da kontrolden laboratuvar ortamında alınan kan testleri olup FMS hastalığı ile alakalı olanlar C reaktif protein testi (CRP), romatoid faktör (RF), beyaz kan hücresi sayısı (WBC), sedimentasyon testi (SEDIM), hemoglobin (HG) miktarı ve platelet (trombosit) (PLT) sayısıdır. Sağlıklı bir bireyde bu kan testleri sonucunda olması gereken değer aralıkları Tablo 3.1'de verilmiştir.

Tablo 3.1. Sağlıklı bireylerdeki kan değeri aralıkları

Test	Normal Değerler
CRP	0 – 3 mg/l
RF	0 – 15 IU/ml
SEDIM	Yaşa ve cinsiyete göre değişken
WBC	$5,2 \times 10^3 - 12,4 \times 10^3 / \mu\text{l}$
HG	13,6 – 17,2 g/dl
PLT	$156 \times 10^3 - 373 \times 10^3 / \mu\text{l}$

BÖLÜM 4. FİBROMİYALJİ SENDROMUNUN TEŞHİSİNDE KULLANILAN PARAMETRELER

4.1. Sempatik Deri Cevabı (SSR) Parametreleri

FMS hastası ve sağlıklı deneklere ait SSR dalga şekillerinden elde edilen parametrelerin sayısal değerlerine bakılarak hastalığa ilişkin 3 adet SSR parametresi çalışmada kullanılmıştır.

4.1.1. SSR tepki gecikme süresi (LT)

SSR verilerinin incelenmesi ile ilgili çalışmalarda en çok kullanılan parametre tepki gecikme süresidir. Bununla birlikte SSR dalga formlarının analiz edilmesinde ve analizlerin yorumlanmasında en anlamlı sonuçlara sahip olan parametredir. Bu yüzden SSR verilerinin etkin olduğu düşünülen çalışmalarda ilk olarak kullanılması gereken değişkendir. SSR tepki gecikme süresi için başlangıç noktası belirlenirken uyaran artefaktı baz alınır. Uyaran artefaktı, uyaran akımının derideki yayılımı ile kayıt elektrotu ulaşmadan filtrelere bağlı olarak başlangıç durumuna dönüşte gecikme olmasıdır. Bu çalışmada SSR tepki gecikme süresi, Şekil 4.1.'de gösterildiği gibi uyaran artefaktının başlangıcından sempatik deri yanıtındaki değişimin başlangıç noktasına kadar geçen süre olarak alınmıştır.

4.1.2. Maksimum genlik (MAX-G)

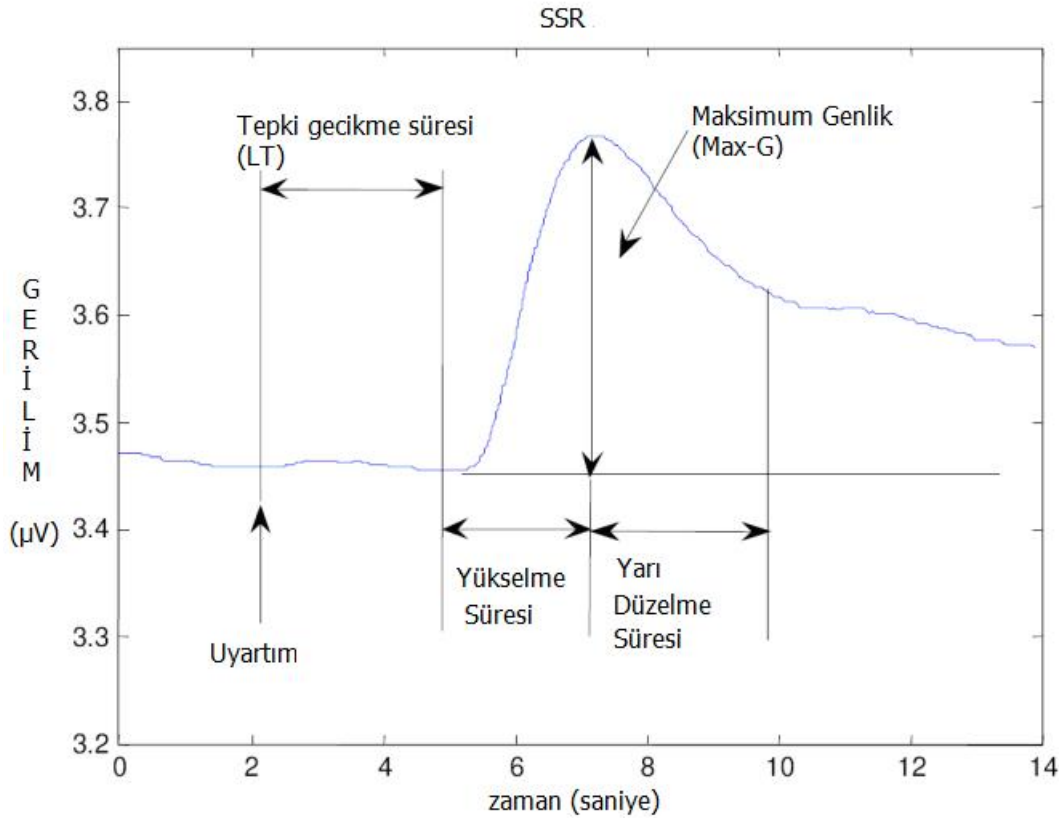
SSR ölçümlerinin kullanıldığı çalışmalarda en çok kullanılan parametrelerden biri de SSR dalga formlarından elde edilen ortalama genlik değerleridir. SSR'nin hastalıklarla ilişkisinin incelendiği çalışmalarda elde edilen genlik değerleri her zaman anlamlı sonuçlar vermemiş ya da hasta ve kontrol grupları arasında genlik değeri açısından herhangi bir değişiklik gözlemlenemediği durumlar olmuştur.

Ancak yine de genlik değerleri, hastalığın SSR ile ilişkisinin belirlenmesinde kontrol edilmesi gereken bir parametredir. Bu çalışmada maksimum genlik değeri, iki uyarım arasında elde edilen en büyük potansiyel değişim baz alınarak elde edilmiştir.

4.1.3. İki uyarım arası geçen süre (TT)

Yapılan çalışmada bu parametre, SSR ölçümü için uygulanan bir darbe ile bu uyarımı takip eden ikinci darbe arasında geçen süre olarak alınmıştır. SSR ile ilgili çalışmalarda nadiren kullanılan bir parametre olmasına karşın FMS'li hastalar ile kontrol grubundan elde edilen süre değerleri arasında değişkenlik olduğu görüldüğü için bu çalışmada kullanılmıştır.

Örnek bir SSR dalga modeli Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Örnek bir SSR dalga modeli

Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Bölümü'ne başvuran FMS teşhisi konulan hastalardan ve sağlıklı deneklerden ölçülen SSR işaretlerinden belirtilen parametrelerin sayısal değerleri Matlab vasıtasıyla hesaplanmıştır.

Sözü geçen Matlab yazılımı sonucunda elde edilen SSR parametre değerleri Tablo 4.1'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. SSR parametrelerinin birinci ölçüm değerleri

Grup	No	LT1 (s)	TT1 (s)	MAX-G1 (V)
Hasta	1	1,47565	55,6508	1,59E-06
Hasta	2	1,0758375	32,0609375	3,34E-06
Hasta	3	0,8326375	53,2443125	5,54E-06
Hasta	4	0,59725	64,916875	7,90E-06
Hasta	5	6,8225875	31,11925	2,09E-08
Hasta	6	1,8458375	41,9691	4,32E-06
Hasta	7	1,4973875	44,775325	3,97E-06
Hasta	8	1,119125	49,4417875	1,10E-06
Hasta	9	1,24	67,6436	8,87E-06
Hasta	10	1,7293125	50,98105	2,72E-06
Hasta	11	1,2204	55,1625	5,04E-06
Hasta	12	4,912025	50,2000375	3,15E-06
Hasta	13	4,912025	50,2000375	3,15E-06
Hasta	14	1,734575	53,59405	3,12E-06
Hasta	15	9,6077	49,506025	8,10E-07
Hasta	16	1,2063	57,213975	5,15E-06
Hasta	17	1,8731625	56,513975	2,03E-06
Hasta	18	1,339275	63,5876375	9,14E-06
Hasta	19	1,35665	56,406475	1,07E-06
Hasta	20	1,3649	53,92125	5,00E-07
Hasta	21	13,65145	51,6385125	5,65E-07
Hasta	22	1,524275	61,0396875	5,59E-06
Hasta	23	1,11325	51,399075	8,18E-06
Hasta	24	13,9290625	48,8498125	1,06E-06
Hasta	25	2,313125	54,3185	1,24E-07
Hasta	26	0,9177375	45,9078375	1,20E-06
Hasta	27	1,0881375	55,768225	4,44E-07
Hasta	28	0,5200125	43,48985	2,36E-06

Tablo 4.1. SSR parametrelerinin birinci ölçüm değerleri (Devam)

Grup	No	LT1 (s)	TT1 (s)	MAX-G1 (V)
Hasta	29	0,9622125	51,2565125	5,58E-06
Hasta	30	0,6136	49,34735	1,02E-06
Hasta	31	0,6504	44,632125	3,81E-07
Hasta	32	1,46115	43,4059125	2,78E-06
Hasta	33	1,718325	45,9659	1,23E-06
Hasta	34	1,1005125	45,6539	1,74E-06
Hasta	35	2,4116375	49,8986375	2,20E-06
Hasta	36	1,0751	45,7211	3,36E-06
Hasta	37	6,6215125	38,6644375	1,71E-06
Hasta	38	8,9554125	49,0923625	5,39E-06
Hasta	39	1,4754375	29,9325	3,63E-06
Hasta	40	0,961075	42,3876625	3,04E-06
Hasta	41	1,0557375	42,2624375	8,75E-07
Hasta	42	4,267375	44,5291375	2,76E-06
Hasta	43	6,34235	44,3301875	1,11E-06
Hasta	44	2,2562	45,1894125	9,12E-07
Hasta	45	7,029725	28,25025	5,01E-09
Hasta	46	17,246125	47,24865	1,18E-06
Hasta	47	1,089275	40,594675	4,06E-06
Hasta	48	0,729325	46,2960875	2,72E-06
Hasta	49	0,444725	44,6691	7,92E-07
Hasta	50	0,4167	42,1873625	4,01E-08
Hasta	51	1,1477625	44,8065875	5,53E-07
Hasta	52	3,20515	39,4689	1,02E-06
Hasta	53	3,2812875	28,905	7,04E-07
Hasta	54	1,835575	47,616825	4,94E-06
Hasta	55	1,5366375	38,3314125	3,44E-06
Hasta	56	1,477075	33,5452125	1,43E-06
Hasta	57	1,2286	36,3301875	2,27E-06
Sağlıklı	1	1,7799125	41,2911375	3,6925E-06
Sağlıklı	2	0,36495	70,610325	3,6375E-06
Sağlıklı	3	1,4649625	39,4551375	0,000000258
Sağlıklı	4	0,6348125	39,2023875	3,3225E-06
Sağlıklı	5	0,38385	53,0998	8,8075E-06
Sağlıklı	6	0,5729125	31,1252	5,4275E-06
Sağlıklı	7	0,642925	69,7771	6,6025E-06
Sağlıklı	8	1,3749375	57,0502	5,3425E-06
Sağlıklı	9	1,7362375	48,8115375	0,00000671
Sağlıklı	10	0,8977	56,47525	2,5675E-06

Tablo 4.1. SSR parametrelerinin birinci ölçüm değerleri (Devam)

Grup	No	LT1 (s)	TT1 (s)	MAX-G1 (V)
Sağlıklı	11	1,309175	55,610225	2,09075E-06
Sağlıklı	12	1,1548375	39,1784375	2,2865E-06
Sağlıklı	13	1,70485	47,377325	9,835E-07
Sağlıklı	14	0,8004625	50,5398125	1,27275E-06
Sağlıklı	15	0,7045875	43,7099	0,000000548
Sağlıklı	16	0,8589875	44,8751125	0,000001215
Sağlıklı	17	1,4655625	44,7851625	0,00000132
Sağlıklı	18	3,7833625	28,2875	2,9975E-07
Sağlıklı	19	3,9419	43,5276	0,000001474
Sağlıklı	28	0,94505	38,41265	0,000002075
Sağlıklı	29	1,3679125	33,04995	2,08625E-06

4.2. Psikolojik Testler

FMS’de psikolojik sorunlara çok sık rastlandığı bilgisinden hareketle çalışmaya katılan hastalara ve sağlıklı deneklere hastalıkla ilgili psikolojik testler yapılmıştır. FMS ile ilişkili olan ve deneklere yapılan psikolojik testler şunlardır:

4.2.1. Görsel analog skala ağrı skoru (VAS)

Ağrı şiddetinin değerlendirilmesi amacıyla “0” değeri ile hiç ağrının olmadığını, “10” değeri ile dayanılmayacak şiddette ağrının olduğunu gösteren 10 santimetrelik skala yaygın olarak kullanılmaktadır [43].

4.2.2. Verbal ağrı skalası (VERBAL)

Ağrı şiddetinin değerlendirilmesi amacıyla, 0: ağrı yok, 1:hafif ağrı, 2: orta şiddette ağrı, 3: şiddetli ağrı, 4: dayanılmaz ağrı olduğunu gösteren likert skala yaygın olarak kullanılmaktadır [44].

4.2.3. Fibromiyalji etki sorgulaması (FES)

FMS'li hastalarda fonksiyonel yetersizlik durumunu ölçmek amacıyla kullanılan 10 adet bileşen ve bu bileşenlere ait skorları elde etmeye yarayan 20 adet sorudan oluşan bir ölçektir. Toplam FES skoru en fazla 100 olabilir ve yüksek skorlar düşük fonksiyonellik düzeyini göstermektedir. Burckhardt ve arkadaşları tarafından 1991 yılında geliştirilen bu ölçek, Bennett tarafından 2005 yılında tekrar düzenlenmiştir [45, 46]. Ölçeğin Türkçe versiyonunun geçerlilik ve güvenilirlik çalışması Sarmer ve arkadaşları tarafından yapılmıştır [47].

FES'in birinci bileşeni 11 adet günlük yaşam aktivitesindeki etkilenmeyi; 0:her zaman, 1:çoğu zaman, 2: ara sıra, 3: asla, şeklinde likert tipi skala ile ölçmektedir.

FES'in ikinci bileşeni hastanın bir haftalık süre içerisinde kendisini iyi hissettiği gün sayısını değerlendirmekte, üçüncü bileşeni ise bir haftalık süre boyunca FMS'den dolayı kaç gün iş yapamaz duruma geldiğini sorgulamaktadır. İkinci ve üçüncü bileşenlere ait gün sayısı hastalıktan etkilenme ile ters orantılı olduğu için $0=7$, $7=0$ olarak skorlanmaktadır. Diğer bir deyişle hasta bir haftalık sürede kendini hiç iyi hissetmediyse FES'in ikinci ve üçüncü bileşenine ait skor 7 olarak kaydedilmektedir. Aynı durum tersi içinde geçerlidir.

FES'in 4–10 arası bileşeni 10 puanlık bir skor üzerinden analog skala ile değerlendirilmekte ve hastanın depresyon, anksiyete, acı, yorgunluk, tutukluluk hissiyatı, rahatlık hissiyatı ve hastalığın hastada iş yapmayı engelleme düzeyi gibi durumlar hakkında bilgi vermektedir.

FES bileşenlerine ait tüm sorular sorulup hastaya ilişkin skorlar elde edildikten sonra elde edilen değerlerin birim olarak aynı olmasını sağlamak amacıyla normalizasyon işlemine geçilmektedir. Bu aşamada elde edilen toplam skorun cevaplanan soru sayısına bölünmesiyle elde edilen ve 1–3 arasında bir skora sahip FES'in birinci bileşeni 3,33 ile çarpılıp FES'in 4–10 arası bileşenlerine ait 10 puanlık skora normalize edilmektedir. Aynı şekilde 0–7 arasında skora sahip olan FES'in ikinci ve üçüncü bileşenleri de 1,43 ile çarpılarak normalizasyon işlemi yapılmaktadır.

Tüm bu işlemler sonucunda 10 adet bileşene ait skorlar toplanmakta ve elde edilen toplam skor hastaya ait FES skoru olarak kaydedilmektedir.

FMS'li hastalara uygulanan FES testinin örneği Tablo 4.2'de verilmiştir.

Tablo 4.2. FES testi bileşenleri

Sıra	Bileşen	Soru	Skor Aralığı	Normalizasyon
1	Fiziksel gösterge	1-11	0-3	$S \times 3,33$ (S=Ham skor)
2	İyi hissetme	12	0-7	$S \times 1,43$
3	İş yapamamazlık	13	0-7	$S \times 1,43$
4	İş yapmayı engelleme düzeyi	14	0-10	Yok
5	Ağrı düzeyi	15	0-10	Yok
6	Yorgunluk düzeyi	16	0-10	Yok
7	Uyanıldığında rahatlık düzeyi	17	0-10	Yok
8	Uyanıldığında tutukluk düzeyi	18	0-10	Yok
9	Anksiyete düzeyi (Sinirlilik)	19	0-10	Yok
10	Depresyon düzeyi	20	0-10	Yok

4.2.4. Beck depresyon envanteri (BDI)

Depresyon durumunda görülen duygusal, bedensel, bilişsel ve motivasyonel belirtileri ölçen bir envanterdir. Beck ve arkadaşları tarafından 1961 yılında geliştirilen bu ölçeğin, ülkemizde geçerlilik ve güvenilirlik çalışması, 1989 yılında Nesrin Hisli tarafından yapılmıştır [48, 49]. Likert tipi skala ile değerlendirilen 21 sorudan oluşur. Sorulardan elde edilen skorların toplamı, Beck Depresyon Envanteri skorunu vermektedir. Toplam skor 0-63 arasında değişir. 0-13 arası depresyon yok, 14-24 arası orta derecede depresif yakınmalar, 25 puanın üzeri ise yoğun depresif yakınmalar olarak değerlendirilmektedir.

4.2.5. Beck anksiyete envanteri (BAI)

Anksiyetede görülen belirtileri ölçen bir envanteredir. Beck ve arkadaşları tarafından 1998 yılında geliştirilen bu ölçeğin ülkemizde geçerlilik ve güvenilirlik çalışması 1998 yılında Ulusoy ve arkadaşları tarafından yapılmıştır [50, 51]. Likert tipi skala ile değerlendirilen 21 sorudan oluşmakta, sorulardan elde edilen skorların toplamı, Beck Anksiyete Envanteri skorunu vermektedir. Toplam skor 0–63 arasında değişmekte ve elde edilen skor ne kadar yüksek olursa kişinin anksiyete düzeyi de o kadar yüksek demektir.

4.2.6. Hamilton anksiyete testi (HAM-A)

Ruhsal ve bedensel belirtileri sorgulayan 14 sorudan oluşan bir test olan HAM-A'da 0–56 puan arasında bir toplam puan elde edilmektedir [52]. Ülkemizde geçerlilik ve güvenilirlik çalışması Yazıcı ve arkadaşları tarafından yapılmıştır [53]. Türkiye'de kesme puanı hesaplanmadığı için yalnızca karşılaştırmalı çalışmalarda önem taşımaktadır.

4.2.7. Hamilton depresyon değerlendirme ölçeği (HAM-D)

Depresif semptomların şiddetini belirlemede sık kullanılan ölçeklerden birisidir. Hamilton tarafından 1960 yılında geliştirilmiştir [54]. Testin 17 maddelik versiyonunun değerlendirilmesinde görüşmeci, yapılandırılmış görüşme kılavuzunu kullanarak hastayı değerlendirmekte ve 0–53 puan arası bir skor elde edilmektedir. Elde edilen toplam skora göre; <13: hafif, 13-17: orta, >17: ağır depresyon durumu olarak değerlendirilmektedir [55].

4.2.8. Toplam myaljik skoru (TMS)

Hastaların ve kontrollerin hassas noktaları değerlendirilirken her hassas nokta için 0-3 arası bir skor belirlenir; 0: ağrı yok, 1: sormakla ağrılı, 2: ağrıya aşırı yanıt, 3: kaçınma yanıtı. Yüksek skorlar ağrı şiddetinin yüksek olduğunu göstermektedir [56].

Çalışmaya katılan deneklerden elde edilen psikolojik test skorları Tablo 4.3'te listelenmiştir.

Tablo 4.3. Çalışmaya katılan deneklerin psikolojik test skorları

Grup	Sıra	VAS	VERBAL	BDI	BAI	HAM-A	HAM-D	TMS	FES
Hasta	1	8	şiddetli	19	15	23	27	18	65,36
Hasta	2	8	şiddetli	16	16	23	21	24	63,84
Hasta	3	9	dayanılmaz	7	24	24	21	28	60,97
Hasta	4	8	şiddetli	14	24	22	22	19	61,93
Hasta	5	7	orta şiddette	11	6	16	17	22	51,64
Hasta	6	9	dayanılmaz	28	26	24	35	32	67,84
Hasta	7	7	şiddetli	19	22	20	24	31	55,85
Hasta	8	5	orta şiddette	18	23	17	17	15	60,37
Hasta	9	8	şiddetli	18	7	10	18	14	64,24
Hasta	10	8	şiddetli	7	15	7	7	16	28,09
Hasta	11	8	şiddetli	10	14	15	12	22	49,08
Hasta	12	7	orta şiddette	13	14	19	19	29	62,67
Hasta	13	4	orta şiddette	7	20	10	5	20	26,29
Hasta	14	6	orta şiddette	9	12	13	11	12	40,25
Hasta	15	9	dayanılmaz	15	18	22	20	28	67,36
Hasta	16	8	şiddetli	18	22	15	18	32	59,45
Hasta	17	7	orta şiddette	10	14	17	19	19	57,07
Hasta	18	9	dayanılmaz	20	24	21	23	34	65,2
Hasta	19	9	dayanılmaz	13	25	17	24	24	63,97
Hasta	20	9	dayanılmaz	21	23	20	33	38	61,2
Hasta	21	7	şiddetli	8	14	15	8	27	55,97
Hasta	22	9	dayanılmaz	22	25	24	24	30	60,38
Hasta	23	7	şiddetli	14	17	25	28	17	63,67
Hasta	24	8	şiddetli	13	17	20	21	23	62,41
Hasta	25	8	şiddetli	17	13	18	23	30	63,61
Hasta	26	8	şiddetli	18	39	28	26	37	69,55
Hasta	27	8	şiddetli	28	35	38	37	15	63,67
Hasta	28	8	şiddetli	25	34	37	34	30	69,13
Hasta	29	7	orta şiddette	12	12	16	15	19	64,64
Hasta	30	6	orta şiddette	14	11	16	21	18	49,96
Hasta	31	9	dayanılmaz	23	28	34	31	35	72,24
Hasta	32	8	şiddetli	17	21	29	26	29	72,15

Tablo 4.3. Çalışmaya katılan deneklerin psikolojik test skorları (Devam)

Grup	Sıra	VAS	VERBAL	BDI	BAI	HAM-A	HAM-D	TMS	FES
Hasta	33	9	dayanılmaz	20	29	32	26	36	72,04
Hasta	34	8	şiddetli	12	13	19	17	34	61,3
Hasta	35	6	orta şiddette	18	26	28	25	24	60,05
Hasta	36	7	şiddetli	17	24	22	24	34	66,34
Hasta	37	8	şiddetli	15	15	20	19	36	68,67
Hasta	38	8	şiddetli	19	21	21	26	36	61,47
Hasta	39	8	şiddetli	19	25	25	20	38	68,24
Hasta	40	9	dayanılmaz	35	32	34	32	38	66,55
Hasta	41	7	şiddetli	21	28	33	30	33	67,53
Hasta	42	8	şiddetli	16	25	22	24	35	62,48
Hasta	43	8	şiddetli	14	16	15	16	32	59,24
Hasta	54	7	orta şiddette	15	15	15	19	27	56,24
Hasta	55	7	şiddetli	14	28	23	24	30	57,67
Hasta	56	7	şiddetli	16	22	19	19	26	57,76
Hasta	57	8	şiddetli	20	16	19	22	34	67,67
Hasta	58	7	şiddetli	21	18	17	21	28	67
Hasta	59	8	şiddetli	13	27	19	19	31	65,93
Hasta	60	8	şiddetli	18	23	22	24	30	68,67
Sağlıklı	1	2	hafif	6	2	8	3	4	26,87
Sağlıklı	2	0	ağrı yok	0	1	8	1	2	2
Sağlıklı	3	0	ağrı yok	2	0	2	0	0	9,86
Sağlıklı	4	1	ağrı yok	1	8	4	2	4	13,52
Sağlıklı	5	2	hafif	7	2	5	7	6	27,58
Sağlıklı	6	0	ağrı yok	7	8	4	6	4	25,86
Sağlıklı	7	1	ağrı yok	2	3	1	2	1	11,29
Sağlıklı	8	4	hafif	8	23	12	8	6	33,03
Sağlıklı	9	6	orta şiddette	12	15	11	15	9	45,69
Sağlıklı	10	1	ağrı yok	2	6	5	2	4	11,43
Sağlıklı	11	2	hafif	7	10	8	9	3	26,86
Sağlıklı	12	2	hafif	5	8	5	7	6	16,86
Sağlıklı	13	3	hafif	16	13	16	15	4	28,3
Sağlıklı	14	2	hafif	9	14	18	16	6	30,48
Sağlıklı	15	2	hafif	8	2	4	6	6	20,76
Sağlıklı	16	2	hafif	9	10	8	9	2	20,28
Sağlıklı	17	2	hafif	10	9	6	7	6	13,76
Sağlıklı	18	3	hafif	8	9	7	7	12	16,76

Tablo 4.3. Çalışmaya katılan deneklerin psikolojik test skorları (Devam)

Grup	Sıra	VAS	VERBAL	BDI	BAI	HAM-A	HAM-D	TMS	FES
Sağlıklı	19	2	hafif	4	3	5	8	6	20,96
Sağlıklı	20	0	ağrı yok	8	9	6	8	3	17,99
Sağlıklı	21	0	ağrı yok	7	5	4	5	8	10,66
Sağlıklı	22	0	ağrı yok	2	2	2	3	0	6,8
Sağlıklı	23	2	hafif	4	4	5	7	7	15,42
Sağlıklı	24	0	ağrı yok	0	0	0	0	3	6
Sağlıklı	25	3	hafif	10	15	14	16	7	20,76
Sağlıklı	26	0	ağrı yok	2	1	0	2	0	6
Sağlıklı	27	2	ağrı yok	3	1	4	3	6	15,48
Sağlıklı	28	2	ağrı yok	4	4	4	5	4	15,42
Sağlıklı	29	2	hafif	4	7	4	4	4	17,87
Sağlıklı	30	0	ağrı yok	4	7	2	5	2	9,8

4.3. Fonksiyonel Etkilenme ile İlgili Testler

4.3.1. Cilt Isısı

Deneklerin cilt ısı Süleyman Demirel Üniversitesi, Araştırma ve Uygulama Hastanesi, Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Polikliniği bünyesindeki Cadwell Sierra Wedge EMG/NCV marka iki kanallı EMG cihazının cilt ısı probu kullanılarak yapılmıştır.

4.3.2. Nabız

Deneklerin dakikadaki nabız değerleri muayene esnasında ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Dakikadaki kalp atım sayısı birçok faktörden etkilenir. Genel olarak dakikadaki maksimum kalp hızı “220-yaş” formülü ile hesaplanmaktadır.

4.3.3. Solunum Sayısı

Deneklerin dakikadaki solunum sayısı muayene ile tespit edilmiştir. Solunum sayısı da kalp hızı gibi birçok faktörden etkilenmek ile birlikte dinlenme durumunda sağlıklı bir kişi dakikada 12–15 kez solunum ile oksijen ihtiyacını karşılamış olur.

Çalışmaya katılan deneklerden elde edilen fizyolojik test sonuçları Tablo 4.4'te listelenmiştir.

Tablo 4.4. Çalışmaya ait örnek alınan deneklerin fizyolojik test sonuçları

Grup	Sıra No	Cilt Isısı	Nabız	Solunum
Hasta	1	31	108	14
Hasta	2	30	72	16
Hasta	3	31	116	15
Hasta	4	32	120	16
Hasta	5	33	90	16
Hasta	6	34	78	16
Hasta	7	33	60	15
Hasta	8	32	65	15
Hasta	9	33	78	13
Hasta	10	32,7	82	14
Hasta	11	32,8	72	18
Hasta	12	33,2	84	15
Hasta	13	33	72	20
Hasta	14	33	108	24
Hasta	15	33,2	90	19
Hasta	16	33,9	78	19
Hasta	17	33,7	82	20
Hasta	18	33,5	79	22
Hasta	19	33,2	73	18
Hasta	20	33,4	87	18
Hasta	21	33,6	82	18
Hasta	22	33,2	78	16
Hasta	23	33	92	18
Hasta	24	33,2	79	18
Hasta	25	33,4	81	18
Hasta	26	33,2	60	14
Hasta	27	33,8	74	14
Hasta	28	33,1	90	19
Hasta	29	33	70	19
Hasta	30	32,6	68	18
Hasta	31	33,1	74	20
Hasta	32	33	78	20

Tablo 4.4. Çalışmaya ait örnek alınan deneklerin fizyolojik test sonuçları (Devam)

Grup	Sıra No	Cilt Isısı	Nabız	Solunum
Hasta	33	33	80	18
Hasta	34	33,1	76	20
Hasta	35	33,1	84	18
Hasta	36	33,3	77	18
Hasta	37	33,2	73	16
Hasta	38	33	74	21
Hasta	39	33,1	90	25
Hasta	40	33,3	84	18
Hasta	41	33,3	82	19
Hasta	42	33,4	83	17
Hasta	43	33	84	27
Hasta	44	32,8	79	15
Hasta	45	33,1	73	18
Hasta	46	33	66	13
Hasta	47	33	78	18
Hasta	48	33	73	20
Hasta	49	33,1	60	13
Hasta	50	33,3	80	18
Hasta	51	33,3	92	17
Hasta	52	33,1	70	22
Hasta	53	33,2	81	23
Hasta	54	33	80	18
Hasta	55	33	83	20
Hasta	56	33,3	85	19
Hasta	57	33,2	95	22
Hasta	58	32,9	84	19
Hasta	59	33,2	82	18
Hasta	60	33,6	78	17
Sağlıklı	1	32	80	15
Sağlıklı	2	30	82	12
Sağlıklı	3	34	110	15
Sağlıklı	4	33	87	17
Sağlıklı	5	30	65	12
Sağlıklı	6	30	80	16
Sağlıklı	7	33	82	13
Sağlıklı	8	33	105	15
Sağlıklı	9	34	84	15

Tablo 4.4. Çalışmaya ait örnek alınan deneklerin fizyolojik test sonuçları (Devam)

Grup	Sıra No	Cilt Isısı	Nabız	Solunum
Sağlıklı	10	33	78	17
Sağlıklı	11	33,7	70	15
Sağlıklı	12	33	70	16
Sağlıklı	13	33,2	90	25
Sağlıklı	14	33,1	78	19
Sağlıklı	15	33	77	18
Sağlıklı	16	32,7	63	20
Sağlıklı	17	33	81	19
Sağlıklı	18	33,2	75	18
Sağlıklı	19	32,8	81	18
Sağlıklı	20	33	84	25
Sağlıklı	21	32,8	65	17
Sağlıklı	22	33	74	15
Sağlıklı	23	32,8	74	18
Sağlıklı	24	33,1	85	22
Sağlıklı	25	32,9	73	19
Sağlıklı	26	33	74	16
Sağlıklı	27	32,9	72	16
Sağlıklı	28	32,7	78	18
Sağlıklı	29	32,7	77	18
Sağlıklı	30	32,8	85	20

4.4. Laboratuvar Testleri

Laboratuvar testleri, denekten laboratuvar ortamında ölçülen hastalıkla ilişki olan kan değerlerinin ölçülmesidir ve bu testler FMS hastalığıyla birlikte görülebilecek olan ikincil hastalıkların devre dışı bırakılması amacıyla uygulanmaktadır. FMS hastalığının teşhisinde kullanılan laboratuvar testleri, kandaki C-reaktif protein (CRP) sayısı, romatoid faktör (RF), sedimantasyon (SEDİM), beyaz kan hücresi sayısı (WBC), hemoglobin oranı (HB) ve platelet (PLT) sayısının kan analizleri ile tespit edilmesi şeklindedir.

Çalışmaya katılan deneklerden elde edilen laboratuvar sonuçları Tablo 4.5'te listelenmiştir.

Tablo 4.5. Çalışmaya ait örnek alınan deneklerin laboratuvar test sonuçları

Grup	Sıra	CRP	RF	SEDİM	WBC	HB	PLT
Hasta	1	3	10	24	7000	14,6	287000
Hasta	2	3,19	9,44	26	8800	11,8	370000
Hasta	3	3,19	9,44	9	7200	13,5	258000
Hasta	4	3,19	9,44	15	7800	13,2	379000
Hasta	5	3,22	9,44	10	6500	13,5	225000
Hasta	6	3,19	9,44	14	5400	13,9	185000
Hasta	7	3,19	9,44	6	5500	13,9	286000
Hasta	8	3,19	9,44	5	7400	16,3	215000
Hasta	9	3,19	9,4	22	7700	11,7	296000
Hasta	10	20	9,44	29	8500	13,9	322000
Hasta	11	3,61	9,44	15	8500	13,8	326000
Hasta	12	3,02	9,44	10	7500	12,9	315000
Hasta	13	3,19	9,44	4	9400	12,8	281000
Hasta	14	3,19	9,44	10	7100	12,3	266000
Hasta	15	3,19	23	12	7100	14,5	337000
Hasta	16	3,19	9,44	15	5100	11,9	322000
Hasta	17	5,25	9,44	35	7800	13,7	368000
Hasta	18	3,19	9,44	22	6200	13,3	276000
Hasta	19	3,19	9,44	9	6600	14	250000
Hasta	20	3,19	9,44	19	7800	13,3	204000
Hasta	21	3,19	9,44	10	8300	13,4	273000
Hasta	22	3,19	9,44	13	6900	13,1	352000
Hasta	23	3,55	9,44	32	7600	12,5	233000
Hasta	24	3,19	10,9	10	5100	13,2	267000
Hasta	25	10,7	9,44	27	7800	15,8	335000
Hasta	26	3,19	9,44	14	7000	12,4	231000
Hasta	27	3,19	9,44	14	8100	11,1	258000
Hasta	28	3,19	9,44	7	7700	13,8	296000
Hasta	29	3,19	9,69	5	10900	14,9	225000
Hasta	30	4	8,57	23	5000	11,4	312000
Hasta	31	3,12	9,44	10	6900	14,9	232000
Hasta	32	3,12	9,44	20	7100	13,9	190000
Hasta	33	2,92	11,7	12	6500	14	235000
Hasta	34	2,92	9,44	6	4500	15,3	154000
Hasta	35	6,21	10,09	10	6200	12,5	243000
Hasta	36	3,02	9,44	10	7500	13,2	250000

Tablo 4.5. Çalışmaya ait örnek alınan deneklerin laboratuvar test sonuçları (Devam)

Grup	Sıra	CRP	RF	SEDİM	WBC	HB	PLT
Hasta	37	2,66	9,5	2	7400	14,6	208000
Hasta	38	2,92	29	1	7100	13,6	229000
Hasta	39	6,94	9,44	28	6500	12,3	280000
Hasta	40	10	9,44	10	11900	16,7	283000
Hasta	41	7,11	9,44	12	8800	14,1	301000
Hasta	42	5,1	8,06	35	8000	14	213000
Hasta	43	3,12	9,5	17	3800	13,5	142000
Hasta	44	3,02	9,44	9	6200	15,3	213000
Hasta	45	4,06	9,44	26	7900	13,1	200000
Hasta	46	3,19	9,44	2	10900	16	196000
Hasta	47	3,02	9,44	10	7400	13,5	260000
Hasta	48	3,19	8,06	10	8100	15,1	273000
Hasta	49	3,22	10,8	15	4700	11,8	248000
Hasta	50	14,1	9,44	65	7200	13,6	170000
Hasta	51	3,02	9,44	21	9900	13,3	320000
Hasta	52	3,22	9,44	10	6900	13,7	299000
Hasta	53	3,17	10,9	15	5700	13,1	353000
Hasta	54	3,02	10	18	5200	13,4	277000
Hasta	55	3,2	9,44	11	7100	13,9	281000
Hasta	56	3,02	9,44	11	6500	12,8	320000
Hasta	57	3,02	9,44	15	7700	14,2	387000
Hasta	58	3,02	9,44	65	7600	11,5	302000
Hasta	59	3,19	9,44	1	6500	13,4	261000
Hasta	60	6,82	9,44	7	15000	14,6	266000
Sağlıklı	1	3,19	9,44	6	10000	15,4	210000
Sağlıklı	2	2	9,4	5	7500	13,5	280000
Sağlıklı	3	3,19	9,44	14	6500	15	275000
Sağlıklı	4	3,02	9,44	10	7400	13,2	256000
Sağlıklı	5	3,02	9,44	10	7200	16,5	180000
Sağlıklı	6	4,59	9,69	12	5500	13,5	291000
Sağlıklı	7	3,02	9,44	17	5500	12	200000
Sağlıklı	8	3,33	9,44	13	6800	13,9	276000
Sağlıklı	9	3,19	9,44	14	5900	13,2	245000
Sağlıklı	10	3,12	9,44	15	5500	13,9	220000
Sağlıklı	11	3,19	9,44	41	9200	13,5	287000
Sağlıklı	12	3,02	9,44	26	6300	13,7	242000
Sağlıklı	13	2,92	9,44	24	7100	13	237000

Tablo 4.5. Çalışmaya ait örnek alınan deneklerin laboratuvar test sonuçları (Devam)

Grup	Sıra	CRP	RF	SEDİM	WBC	HB	PLT
Sağlıklı	14	2,92	14,8	13	7600	12	206000
Sağlıklı	15	3,02	10	20	8500	14,5	181000
Sağlıklı	16	2,92	28	27	5800	14,4	206000
Sağlıklı	17	3,19	9,44	6	5000	13,4	235000
Sağlıklı	18	2,92	9,44	12	9100	12	258000
Sağlıklı	19	4,42	9,22	10	7900	11,6	286000
Sağlıklı	20	10,4	9,44	36	6800	11,6	308000
Sağlıklı	21	3,02	9,44	10	6500	13,4	250000
Sağlıklı	22	3,36	10	8	6900	13,4	195000
Sağlıklı	23	3,19	9,44	10	7600	14,2	153000
Sağlıklı	24	3,02	9,44	10	7500	13,8	250000
Sağlıklı	25	2,92	9,44	10	5500	12	246000
Sağlıklı	26	3,02	9,44	25	8300	13,7	277000
Sağlıklı	27	3,22	9,44	15	6500	14,2	270000
Sağlıklı	28	7,63	9,44	12	8900	13,8	249000
Sağlıklı	29	3,02	9,69	11	5100	13,4	232000
Sağlıklı	30	3,22	9,44	15	6500	13,5	280000

BÖLÜM 5. SSR PARAMETRELERİ İLE PSİKOLOJİK TEST SKORLARI KULLANILARAK FİBROMİYALJİ SENDROMUNUN TEŞHİSİ

5.1. Giriş

Çalışmanın FMS için SSR ile psikolojik test skorlarının YSA kullanılarak (Bkz. Ek-A) teşhis doğruluk yüzdelerinin çıkarılması kısmında hasta denekler ve kontrol grubundan alınan SSR dalga formlarından MATLAB yazılımı kullanılarak elde edilen tepki gecikme süresi, maksimum genlik ve iki uyartım arası süre parametre değerleri her uyartım sonrası için elde edilmiş, ancak elde edilen ilk SSR ölçümünün en sağlıklı bilgiye sahip olacağı fikrinden hareketle SSR parametrelerinin ilk değerleri çalışmada kullanılmıştır.

Bölüm 4, Tablo 4.1’de, yukarıda belirtilen SSR parametrelerine ilişkin olarak deneklerden alınan ölçüm değerleri verilmiştir. Aynı deneklere FMS teşhisinde başvurulan teşhis yöntemlerinden biri olan psikolojik testler uygulanmış ve değerleri kaydedilmiştir. Daha sonra SSR parametreleri ile psikolojik testler arasındaki ilişki YSA ile incelenerek SSR’nin FMS’nin teşhisinde etkisi incelenmiştir.

Çalışmaya Süleyman Demirel Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fiziksel Tedavi ve Rehabilitasyon polikliniğine başvuran ve FMS tanısı konan hastalar dahil edilmiştir. Kontrol grubu, adı geçen hastanenin polikliniklerine rutin kontrol amacıyla başvuran ya da hastane çalışanı olan yaş ve cinsiyet özellikleri hastalarla eşleştirilmiş sağlıklı ve gönüllü olgulardan oluşturulmuştur. Diğer yandan,

- a) SSR değerlerini etkileyecek medikal tedavi kullanan hastalar,
- b) bilinen eşlik eden hastalığı (hipertansiyon, kalp hastalığı, diyabet, tiroid hastalığı, major depresyon vb.) olanlar,

- c) Nörolojik bir hastalık geçirip hastalık sonucunda işlev ya da doku bozukluğuna (İnme, travmatik beyin yaralanması, parkinson, çok yönlü doku sertleşmesi vb.) maruz kalanlar,
- d) ölçümden 24 saat öncesine kadar alkol, sigara, çay ve kahve tüketenler,
- e) ölçümden 6 saat öncesine kadar yüksek kalorili bir öğün tüketenler
- f) ölçüm protokollerine uymaya gönüllü olmayanlar,
- g) rutin kan tahlillerinde (C-reaktif protein, romatoid faktör, sedimantasyon, hemoglobin, beyaz küre sayımı, platelet sayımı gibi) FMS dışında başka bir hastalığa işaret edebilecek anormalliği olanlar

çalışma dışı bırakılmıştır.

Ölçümden önce hastanın ya da kontrolün önceden belirlenen kriterlere uygunluğu gözden geçirilmiştir. Hastaya ya da kontrole işlemlerle ilgili bilgi verilerek aydınlatılmış ve onay formu düzenlenmiştir. Hastanın ya da kontrolün sosyodemografik verileri, anksiyete ve depresyon düzeyi, klinik bulguları, laboratuvar sonuçları kaydedilmiştir. On beş dakikalık dinlenme süresinden sonra bir dakikadaki kalp atım ve solunum sayısı değerlendirilmiştir. İşlem öncesinde ölçüm yapılacak bölgelerin cilt ısı tespit edilip ortalama cilt ısı hesaplanmıştır (Skin Temperature Probe, Cadwell Sierra LT with 2-channel averaging capacity, Cadwell Laboratories Inc. Kennewick, WA, USA).

5.2. Uygulama Parametreleri Modeli ve Kriterleri

Çok katmanlı ileri beslemeli bir YSA (MLFFNN), giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere üç temel katmandan oluşmaktadır. Bir katmanın girişi, bir önceki katmanın çıkışıdır. Giriş katmanı bilgiyi hiçbir değişikliğe uğratmadan gizli katmandaki hücrelere iletmektedir. Yani bilgi sadece gizli katmanda ve çıkış katmanında işlenmektedir. Yapı oluşturulurken genelde bir veya iki gizli katman kullanmak yeterli olmaktadır.

Bu tip YSA'lar eğitici öğrenme stratejisine göre çalışmaktadır ve bu ağların eğitiminde geriye yayılım öğrenme algoritması etkin olarak kullanılmaktadır.

Bundan dolayı bazen bu ağlara geriye yayılım ağları da denmektedir. Bu tip bir ağın çalışma prosedürü genel anlamda aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

- Örneklerin Toplanması: Eğitim seti ve test seti için örnekler toplanmaktadır. Eğitim esnasında ağa sadece eğitim verileri gösterilmektedir. Böylece ağın öğrenme işlemi sağlanmaktadır. Öğrenme işlemi tamamlandıktan sonra test verileri ağa gösterilerek ağın performansı ölçülmektedir. Eğitimin %100'e yakın olması test sonuçlarının tutarlı olması bakımından önemlidir.

- Ağın Topolojik Yapısının Belirlenmesi: Girdi ünitesi sayısı, gizli katman sayısı ve katmanlarda kaç tane nöron kullanılacağı belirlenmektedir.

- Eğitim Parametrelerinin Belirlenmesi: Ağın öğrenme katsayısı, toplama ve aktivasyon fonksiyonları, momentum katsayısı gibi parametreler belirlenmektedir.

- Eğitim Aşaması: Eğitim verileri ağa gösterilmekte, gizli ve çıkış katmanına sunulan bilgilere karşılık ağın çıktısı hesaplanmaktadır. Beklenen çıktı değeri kabul edilebilir hata oranına ulaşınca kadar katmanların ağırlıkları güncellenerek eğitime devam edilmektedir. Ağırlıkların güncellenmesi işlemi seçilen öğrenme kuralına uygun olarak yapılmaktadır. Kabul edilebilir hata ile çıktının hesaplanmasıyla eğitim tamamlanmış olmaktadır.

- Test Aşaması: Eğitim tamamlandıktan sonra ağa daha önce gösterilmemiş olan test verileri ile ağın performansı ölçülmektedir [57].

5.2.1. Levenberg-Marquardt algoritması

Levenberg Marquardt algoritmasına göre hata değeri elde edildikten sonra nöronlar ağırlıklarını ayarlayarak kendi hatalarını azaltmak durumundadır. Bu algoritmaya, komşuluk fikri üzerine kurulmuş bir en küçük kareler tahmin metodu da denilmektedir [58].

Levenberg Marquardt algoritması, Gauss-Newton ve Geri Yayılım algoritmalarının en iyi özelliklerinden oluşmakta ve bu iki metodun kısıtlamalarını da ortadan kaldırmaktadır.

Gauss-Newton metodunda temel adım Hessian matrisini elde etmektir. Levenberg Marquardt algoritması Hessian matrisinin yaklaşık değerini kullanmakta ve bu yaklaşık değer Denklem (5.1) ile hesaplanmaktadır.

$$H(t) \cong J^T(t)J(t) + \mu I \quad (5.1)$$

Denklemden μ Marquardt parametresi, I birim matris, J Jakobien matris, t ise iterasyon sayısıdır. Jakobien matris, ağ hatalarının ağırlıklara göre birinci türevlerinden meydana gelmekte ve şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$J(t) = \frac{\partial e(t)}{\partial w(t-1)} \quad (5.2)$$

Burada $e(t)$ ağ hatalarının vektörü, $w(t)$ ağırlık matrisidir. Hesaplama Hessian matrisine nazaran daha kolay olduğu için Jakobien matris tercih edilmektedir. Ağırlık gradyeni $g(t)$ ise;

$$g(t) = J^T(t)e(t) \quad (5.3)$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Algoritmada ağırlıklar Denklem (5.4) ile hesaplanmaktadır.

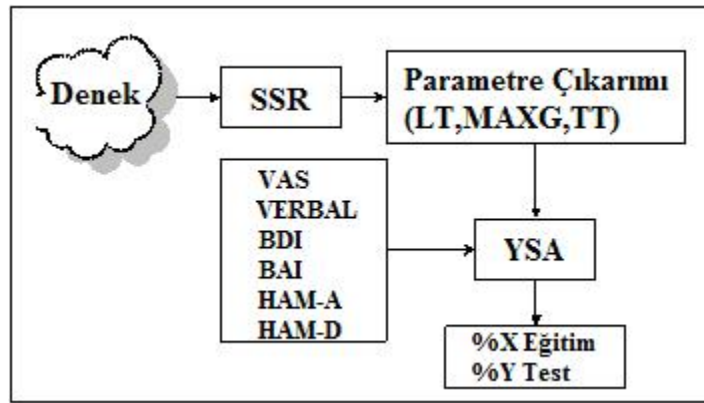
$$w(t+1) = w(t) - [H(t)]^{-1} g(t) \quad (5.4)$$

Marquardt parametresi μ 'nin değeri performans fonksiyonunun azaltılmasında azalırken, hataların karelerinin toplamının arttığı adımlarda artırılmaktadır. Levenberg Marquardt algoritmasında μ parametresi hesaplama süresi boyunca otomatik olarak güncellenmektedir. Bu güncellenme işlemine bağlı olarak yavaş

yakınsama probleminden etkilenmediği için yaklaşım hızlı bir şekilde elde edilmektedir. Eğitim işlemi yaklaşım oranının hızlanması ile kısa sürmektedir. Ne var ki fazla işlem yaptığı için çok fazla hafıza kullanmayı gerektirmektedir [58–60].

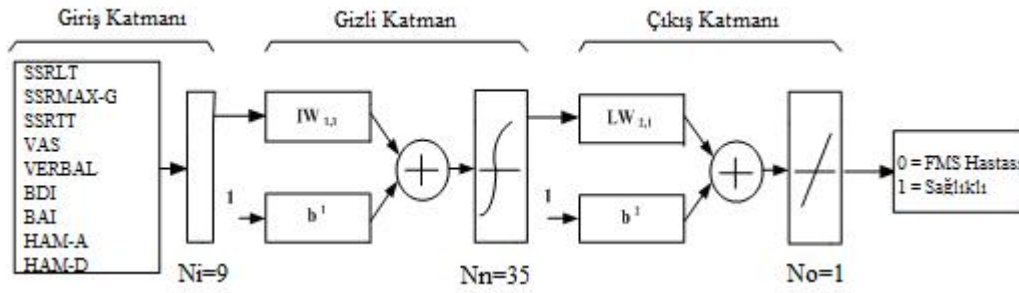
5.3. Benzetim Sonuçları

Çalışmaya ilişkin akış diyagramı Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



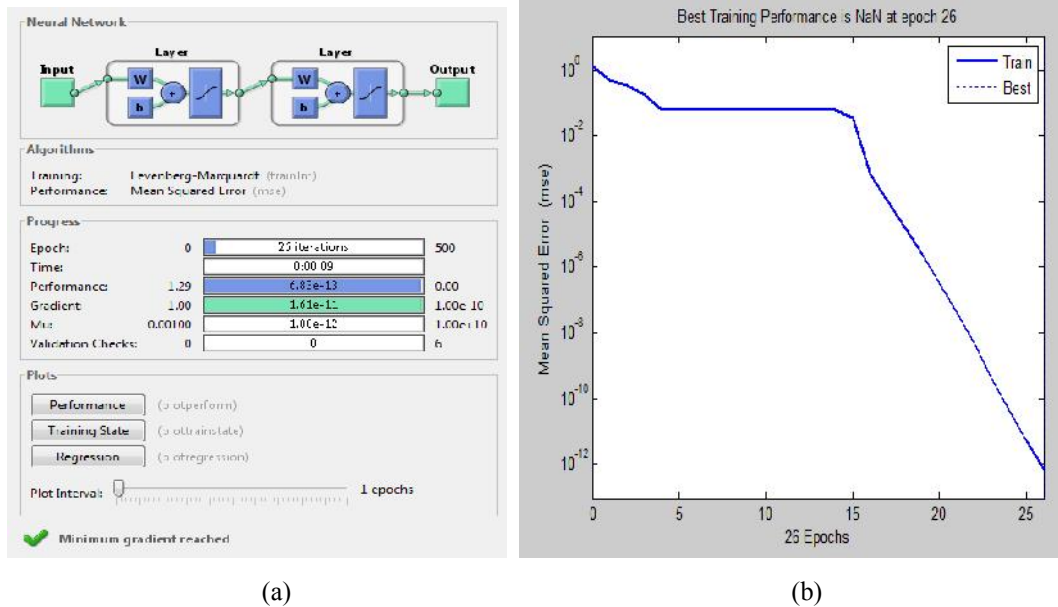
Şekil 5.1. Çalışmaya ilişkin akış diyagramı

Yapılan çalışmada eğitim seti 42’si Fibromiyalji hastası 22’si sağlıklı kişilerden olmak üzere toplam 64 kişiden alınan parametrelerle, test seti ise 15’i Fibromiyalji hastası 7’si sağlıklı kişilerden olmak üzere toplam 22 kişiden alınan parametrelerle oluşturulmuştur. 9 nörondan oluşan bir giriş katmanlı, 35 nörondan oluşan bir gizli katmanlı ve 1 nörondan oluşan bir çıkış katmalı MLFFNN ağı kullanılmıştır. Gizli katmanda tanjant sigmoid aktivasyon fonksiyonu, çıkış katmanında ise doğrusal aktivasyon fonksiyonu tercih edilmiştir. (Bkz. Ek–A) Eğitim kısmında en yüksek doğruluk oranına ulaşmak için gizli katmanda 20 ile 40 arasında nöron kullanılmış; en iyi sonuç ise 35 nöron kullanıldığında elde edilmiştir. Öğrenme algoritması olarak “Levenberg-Marquardt (LM)” öğrenme algoritması tercih edilmiştir. Şekil 5.2’de, çalışmada kullanılan YSA yapısı görülmektedir.



Şekil 5.2. Psikolojik test skorları ve SSR parametreleri ile oluşturulan YSA yapısı

Giriş katmanında SSR'den 3 ve Psikolojik test sonuçlarından 6 olmak üzere toplam 9 özellik giriş olarak kullanılmıştır. 57 hasta, 29 kontrol deneği olmak üzere toplam 86 deneğin SSR parametre verileri ve psikolojik test skorları kullanılmıştır. Şekil 6.2.'de görüldüğü gibi çıkış kısmında hasta deneklerin verileri için sıfır (0), sağlam deneklerin verileri için bir (1) kullanılmak üzere tek bir çıkış bulunmaktadır. Çalışmaya ilişkin YSA eğitim bilgileri ve grafiği Şekil 5.3a ve Şekil 5.3b'de gösterilmiştir.



Şekil 5.3. a) Oluşturulan YSA yapısına ilişkin eğitim bilgileri

b) Oluşturulan YSA yapısına ilişkin en iyi eğitim performansı grafiği

Doğruluk değeri yüzde olarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır:

$$\%Doğruluk = \frac{\text{Doğru tespit edilen denek sayısı}}{\text{Toplam denek sayısı}} \times 100 \quad (5.5)$$

Tablo 5.1’de oluşturulan YSA yardımı ile elde edilen en iyi test ve eğitim yüzdeleri verilmiştir. Buna göre, 42 hasta ve 22 sağlıklı denegin verileri %100 doğruluk ile eğitilmiştir. Bu eğitim doğruluk yüzdesine karşılık yapay sinir ağının test kısmında 14 hasta verisinin çıkışı doğru olarak hesaplanmıştır. Ne var ki, yapay sinir ağı bir hasta verisinin çıkışını yanlış olarak hesaplamış ve bu hataya sahip girişin çıkışı sağlıklı olarak kaydedilmiştir. Hasta denek verilerinin YSA yardımıyla test edilmesi sonucunda teşhis doğruluk yüzdesi %93,3 olarak hesaplanmıştır. Diğer yandan, sağlıklı deneklerden elde edilen ve test için kullanılan bütün giriş verilerinin çıkışında ulaşılmak istenen “1” değerine ulaşılmış ve %100’lük teşhis doğruluk yüzdesi hesaplanmıştır. Hasta ve sağlıklı deneklerden alınan verileri bir arada analiz edildiğinde ise %100’lük eğitim yüzdesine karşılık elde edilen teşhis doğruluk yüzdesi %95,45 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5.1. Eğitim ve test benzetim sonuçları

	Eğitim			Test		
	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)
Hasta	42	0	100	14	1	93,3
Sağlıklı	0	22	100	0	7	100
Ortalama			100			95,45

Çalışmaya ilişkin oluşturulan YSA algoritmasının test kısmında hesaplanan sonuçlar Ek-B’de verilmiştir.

BÖLÜM 6. FİBROMİYALJİ SENDROMUNUN TEŞHİSİNDE KULLANILAN LABORATUAR TESTLERİNİN SEMPATİK DERİ CEVABI PARAMETRELERİ İLE DESTEKLENEREK TEŞHİS DOĞRULUĞUNUN ARTTIRILMASI

6.1.Giriş

Tezin bu aşamasında FMS'li hastalardan elde edilen laboratuvar test sonuçları ile SSR verileri arasında da ilişki olabileceği düşünülmüştür. Bu amaçla ölçümlere ait sonuçlar YSA ile bilgisayar ortamında analiz edilerek incelenmiş ve elde edilen teşhis doğruluk yüzdeleri hesaplanarak değerlendirilmiştir.

6.2. Çalışmada Kullanılan Parametreler ve Analiz Yöntemi

Yapılan çalışmada kullanılan veritabanı Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Bölümü'nde oluşturulmuştur. Veritabanı, bir önceki çalışmada denek olarak görev almayı kabul eden 1990 ACR kriterlerine göre tanısı konulmuş 57 FMS hastası ve 29 sağlıklı kişiden alınan SSR ölçümlerinden oluşmaktadır. Ölçümler alınırken deneklerin oturur durumda ve olabildiğince rahat olmalarına; ölçüm alınan yerin de sessiz, elektromanyetik ortamdan uzak olmasına dikkat edilmiştir. SSR ölçümleri elde edilmeden önce ölçümlerin daha anlamlı olabilmesi için SSR üzerinde etkili olan bazı parametrelerin (yaş, boy, ağırlık) sınır değerleri belirlenmiş olmalıdır. Çalışmada ölçümlerin alındığı deneklerin yaş, boy ve ağırlıklarının bu sınırlar içerisinde kalmasına özen gösterilmiştir. Deneklere ait bu özelliklerin sınırları ve ortalamaları Tablo 6.1'de verilmiştir.

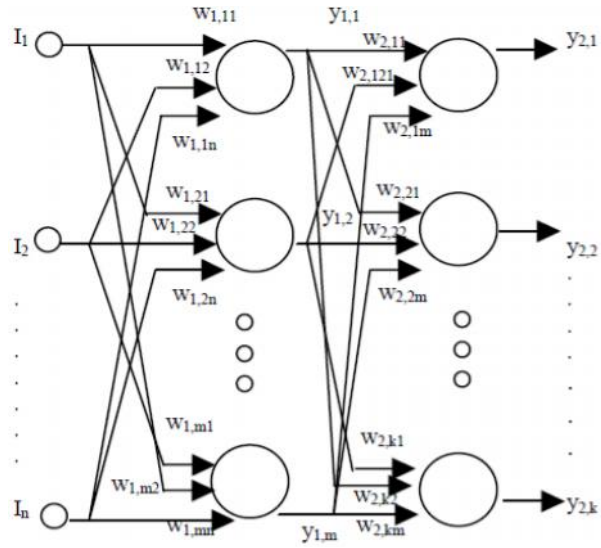
Tablo 6.1. Deneklerin fiziksel özellikleri

	Ortalama	Sınırlar
Yaş (yıl)	44,9	20-66
Boy (cm)	161,1	149-186
Ağırlık (kg)	71,5	47-105

Uyarma için elektrotlar vasıtasıyla FMS'li hastalar ve sağlıklı denekler üzerinden 10-20 μA 'lık bir akım geçişi sağlanmış, bu akım değerine karşılık derideki geçici potansiyel değişimler ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Kaydedilen bu verilerin Matlab'da analizi sonucunda SSR'nin tepki gecikme süresi, maksimum genlik ve iki uyarım arası geçen süre parametre değerleri elde edilmiş ve kaydedilmiştir.

Hasta denekler ve kontrol grubundan alınan SSR dalga formlarından Matlab yazılımı kullanılarak elde edilen tepki gecikme süresi ve iki uyarım arası süre parametreleri saniye, maksimum genlik ise mikrovolt cinsinden kaydedilmiştir. Aynı deneklere FMS teşhisinde yapılan kan testleri laboratuvar ortamında uygulanmış ve değerleri kaydedilmiştir. Daha sonra SSR parametreleri ile kan testleri değerleri arasındaki ilişki YSA ile incelenerek SSR'nin seçilen parametrelerinin hastalığın teşhisinde kan testlerini destekleyip desteklemedikleri araştırılmıştır.

Yapılan çalışmada çok katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı (MLFFNN) kullanılırken, öğrenme algoritması olarak eğitim kısmında hem %100'lük doğruluk yüzdesine ulaşılması hem de ulaşma süresinin daha kısa olması sebebiyle Levenberg Marquardt öğrenme algoritması tercih edilmiştir. Çok katmanlı bir ileri besleme ağına ait örnek bir model Şekil 6.1'de gösterilmiştir. Şekilde giriş katmanı ile gizli katman arasındaki ağırlıklar $W_{1,ji}$, gizli katman ile çıkış katmanı arasındaki ağırlıklar $W_{2,tj}$ olarak gösterilmiştir. $i=1,2,\dots,n$ giriş nöronları, $j=1,2,\dots,m$ gizli katman nöronları, $y=1,2,\dots,k$ çıkış katmanı nöronlarıdır [61, 62].

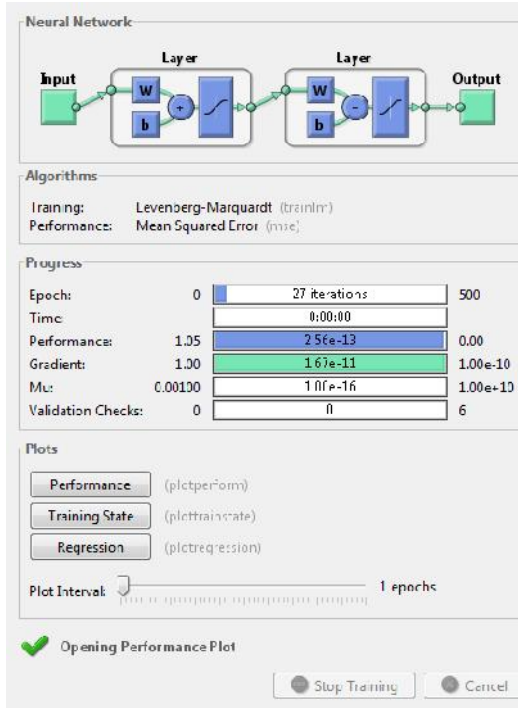


Şekil 6.1. Çok katmanlı ileri beslemeli ağ modeli

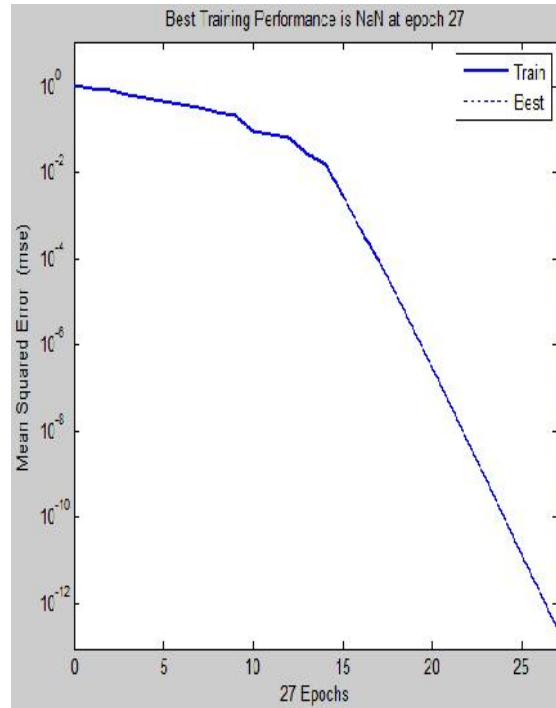
Çalışmanın analiz kısmında bir önceki çalışmada olduğu gibi deneye katılan 86 deneğin verilerininin 64 tanesi eğitim, 22 tanesi test için ayrılmıştır. 86 denekten 57 tanesi tanısı konmuş FMS hastası, 29 tanesi sağlıklı denektir.

6.3. Benzetim Sonuçları

Bu çalışmada benzetim sonuçları elde edilirken bir gizli katmanlı yapay sinir ağı yapısı üzerinde çalışılmıştır. Giriş katmanında SSR'den 3 ve Laboratuvar test sonuçlarından 6 olmak üzere toplam 9 özellik giriş olarak kullanılmıştır. Gizli katmanda 15–45 arasında nöron denenerek maksimum doğruluk elde edilmeye çalışılmış ve en iyi teşhis doğruluk yüzdesine gizli katmanda 38 nöron kullanılarak ulaşılmıştır. Çıkış katmanında ise hasta denekler için “0”, sağlıklı denekler için “1” değeri olarak gösterilmiştir. Çalışmaya ilişkin YSA eğitim bilgileri ve grafikleri Şekil 6.2a, Şekil 6.2b, Şekil 6.3a ve Şekil 6.3b’de gösterilmiştir.



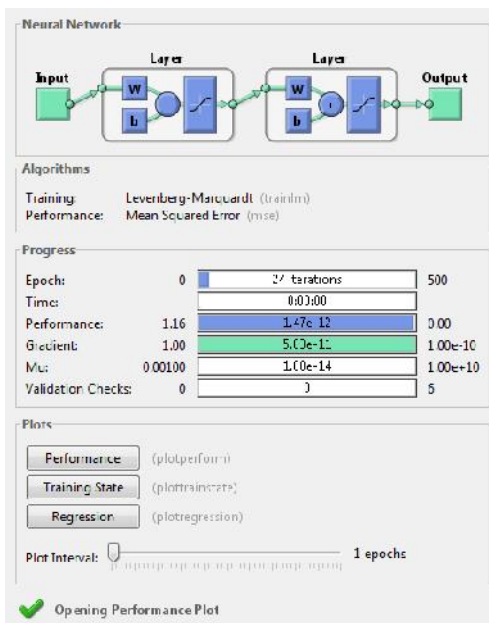
(a)



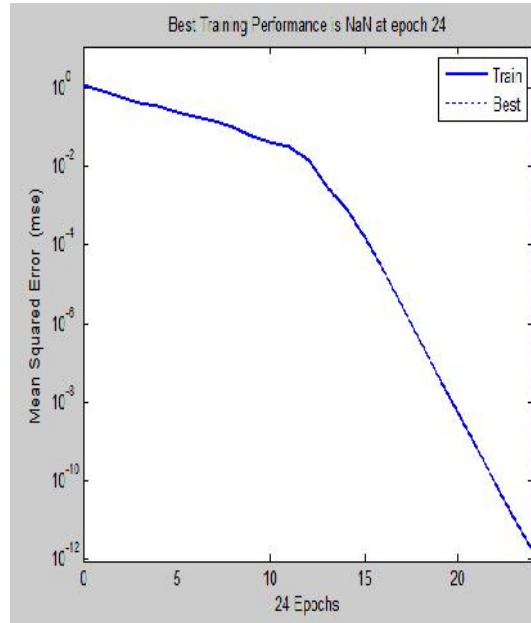
(b)

Şekil 6.2. a) Laboratuvar testleri ile oluşturulan YSA yapısına ilişkin eğitim bilgileri

b) Laboratuvar testleri ile oluşturulan YSA yapısına ilişkin en iyi eğitim performansı grafiği



(a)



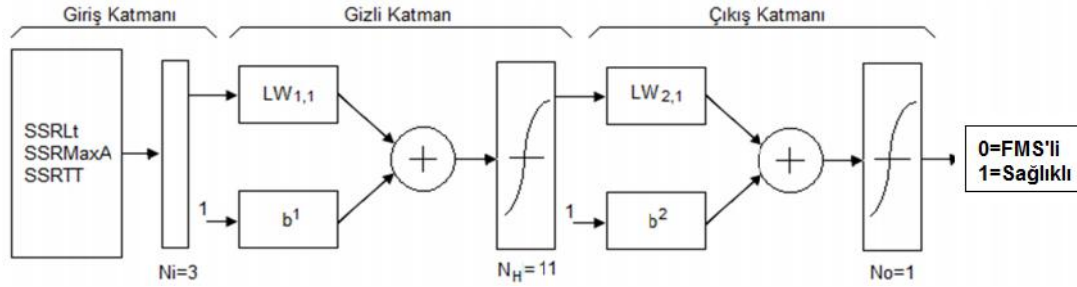
(b)

Şekil 6.3. a) SSR parametre ve Laboratuvar testleri ile oluşturulan YSA yapısına ilişkin eğitim bilgileri

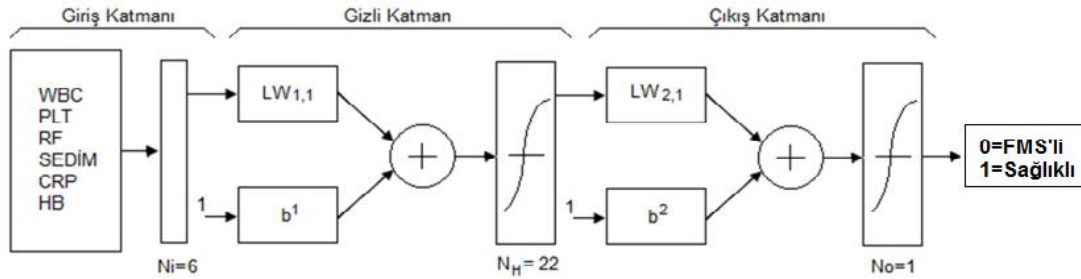
b) Oluşturulan YSA yapısına ilişkin en iyi eğitim performansı grafiği

Doğruluk değeri yüzde olarak Denklem (6.1) kullanılarak hesaplanmıştır:

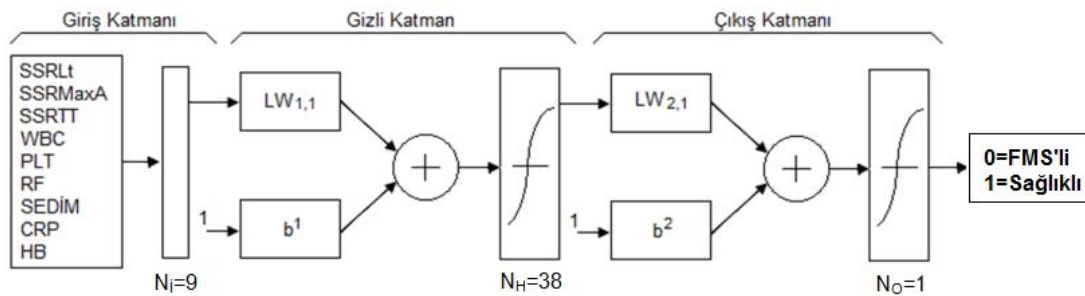
$$\%Doğruluk = \frac{\text{Doğru tespit edilen denek sayısı}}{\text{Toplam denek sayısı}} \times 100 \quad (6.1)$$



Şekil 6.4. Sadece SSR parametrelerinin kullanıldığı YSA modeli



Şekil 6.5. Sadece laboratuvar testlerinin kullanıldığı ağ modeli



Şekil 6.6. Laboratuvar testlerinin ve SSR parametrelerinin bir arada kullanıldığı YSA modeli

Çalışmaya ilişkin ağ modelleri Şekil 6.4, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6'da gösterilmiştir. Deneklerden elde edilen verilerin yapay sinir ağları ile eğitimi ve testi sonucunda elde edilen doğruluk yüzdeleri Tablo 6.2'de verilmiştir. Buna göre, ağın eğitiminde

kullanılan 42 hasta ve 22 sağlıklı denegin verileri %100 doğruluk ile eğitilmiştir. Bu doğruluk yüzdesi altında test kısmında kullanılan 15 hasta denekten 12'sinin çıkışında hedef olan sıfır (0) değerine ulaşılmış, ancak üç hasta denekte bir (1) çıkışı alınarak hata olarak kaydedilmiştir. Hasta deneklerin yapay sinir ağı ile testinde %80'lik bir doğruluk elde edilmiştir. Diğer yandan sağlıklı deneklerden, verileri test için kullanılanlarının hepsinin çıkışında hedeflenen bir (1) değeri alınmış ve %100 oranında doğruluğa ulaşılmıştır. Genel olarak ise 86 verinin yapay sinir ağı ile eğitiminde %100, testinde ise %86,4'lük bir doğruluğa ulaşılmıştır.

Tablo 6.2. Eğitim ve test benzetim sonuçları

	Eğitim			Test (Lab. Test)		
	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)
Hasta	42	0	100	11	4	73,3
Sağlıklı	0	22	100	3	4	57,1
Ortalama			100			68,2
	Eğitim			Test (Lab. Test+SSR)		
	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)
Hasta	42	0	100	12	3	80
Sağlıklı	0	22	100	0	7	100
Ortalama			100			86,4

Tablo 6.3'te ise laboratuvar testleri ile SSR parametrelerinin biri ya da ikisi uygulanarak yapay sinir ağı ile elde edilen en iyi teşhis doğruluk yüzdeselerini vermektedir. Tablo 6.3'te elde edilen sonuçlar hem sağlıklı hem hasta deneklerin verilerinin yapay sinir ağılarında %100 doğrulukla eğitilmesi sonucunda test gruplarından elde edilen doğruluk yüzdesi değerleridir.

Tablo 6.3. Çalışmaya İlişkin Diğer Benzetim Sonuçları

	Test (Lab. Test+LT)			Test (Lab. Test+Max-G+LT)		
	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)
Hasta	13	2	86,7	12	3	80
Sağlıklı	2	5	71,4	1	6	85,7
Ortalama			81,8			81,8
	Test (Lab. Test+Max-G)			Test (Lab. Test+TT)		
	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)
Hasta	9	6	60	9	6	60
Sağlıklı	2	5	71,4	3	4	57,1
Ortalama			63,6			59,1
	Test (Lab. Test+Max-G+TT)			Test (Lab. Test+LT+TT)		
	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)
Hasta	7	8	46,7	13	2	86,7
Sağlıklı	2	5	71,4	6	1	14,2
Ortalama			54,5			63,6

Çalışmaya ilişkin oluşturulan YSA algoritmasının test kısmında hesaplanan sonuçlar Ek-C'de verilmiştir.

BÖLÜM 7. FİBROMİYALJİ SENDROMUNDA SEMPATİK DERİ CEVABI PARAMETRELERİNİN TEŞHİS DOĞRULUĞUNA ETKİSİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANILARAK İNCELENMESİ

7.1. Giriş

Yapılan çalışmada FMS'nin otonom sinir sistemini etkilediği ve SSR'nin de otonom sinir sistemindeki fonksiyon bozukluklarından etkilendiği kabulünden hareket ile Süleyman Demirel Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Bölümü'nde görev yapan uzmanlar tarafından seçilmiş gönüllü deneklerden alınan laboratuvar testleri ve ölçülen SSR parametre verilerine ek olarak yine aynı deneklerden alınan fizyolojik test sonuçlarının, FMS'nin teşhis doğruluğuna ilişkin oluşturulan YSA yapısına eklenmesi ve analiz sonuçlarının değerlendirilmesi ile SSR'nin, FMS'nin teşhisine yardımcı olan test yöntemlerine etkisi incelenmiştir.

7.2. Çalışmada Kullanılan Materyaller ve YSA ile Analiz

Ölçümden önce hastanın ya da sağlıklı deneğin önceden belirlenen kistaslara uygunluğu gözden geçirilmiştir. Deneye katılanlara işlemlerle ilgili bilgi verilerek aydınlatılmış ve onay formu düzenlenmiştir. Deneklerin sosyodemografik verileri Tablo 7.1 ve Tablo 7.2'de verilmiştir. Bir önceki çalışmada kullanılan laboratuvar testlerine ek olarak on beş dakikalık dinlenme süresinden sonra bir dakikadaki kalp atım ve solunum sayısı değerlendirilmiştir. İşlem öncesinde ölçüm yapılacak bölgelerin cilt ısı tespit edilip ortalama cilt ısı da hesaplanmıştır.

Tablo 7.1. Deneklerin demografik ve fiziksel karakteristikleri

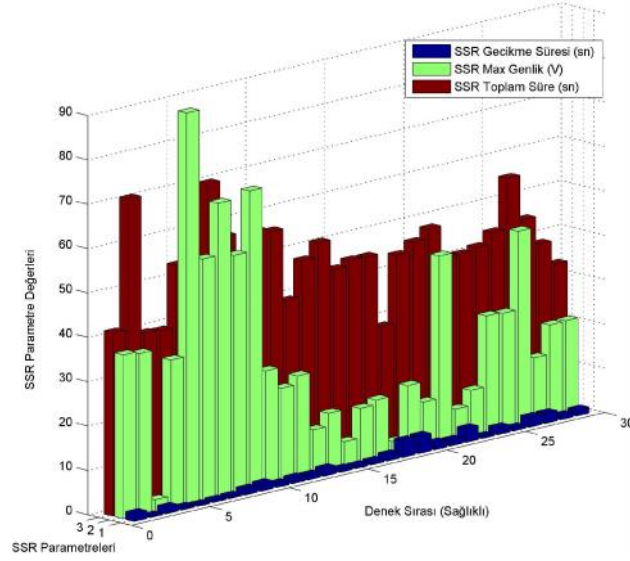
	Denek Sayısı	Minimum	Maksimum	Ortalama Hata	Standart Sapma
Yaş (yıl)	87	20,00	66,00	44,4419	12,36751
Ağırlık (kg)	87	47,00	105,00	71,3953	13,21165
Boy (m)	87	0,66	1,82	1,6014	0,12398

Tablo 7.2. Deneklerin demografik ve fiziksel karakteristikleri / Hasta-Sağlıklı

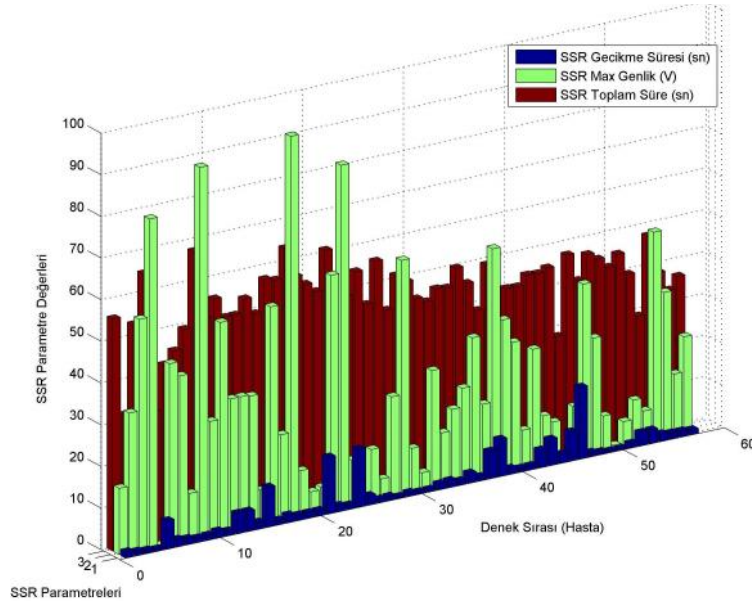
	Denek Sayısı	Yaş (yıl)	Ağırlık (kg)	Boy (m)
Hasta	57	45,49±11,32	72,33±13,88	1,61±0,0658
Sağlıklı	29	42,75±14,26	69,55±11,79	1,583±0,1935

Çalışmada kullanılacak parametreler SSR tepki gecikme süresi, SSR maksimum genlik, SSR ölçümü için uygulanan uyarımlar arası süre, laboratuvar testleri değerleri (kan testleri) ve fizyolojik testlerin sonuçlarıdır.

Yapılan çalışmada SSR tepki gecikme süresi Şekil 4.1’de gösterildiği gibi uyaran artefaktının başlangıcından sempatik deri cevabındaki değişimin başlangıç noktasına kadar geçen süre; maksimum genlik değeri, iki uyarım arasında elde edilen en büyük potansiyel değişim; iki uyarım arasında geçen süre, SSR ölçümü için uygulanan bir darbe ile bu uyarımı takip eden ikinci darbe arasında geçen süre olarak alınmıştır. SSR’nin hastalıkla ilişkili olan bu parametrelerinin sayısal değerleri, ölçüm sistemindeki ara yüz vasıtasıyla bilgisayar ortamına aktarılan SSR grafiklerinden Matlab yazılımı kullanılarak hesaplanmasıyla elde edilmiştir. Sağlıklı ve hasta deneklerden elde edilen SSR parametre değerlerine ilişkin grafikler Şekil 7.1 ve Şekil 7.2’de gösterilmiştir.

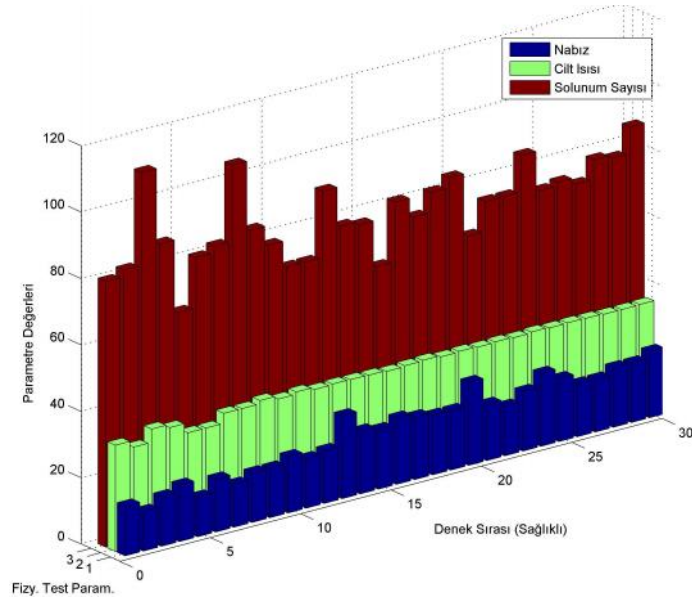


Şekil 7.1. Sağlıklı deneklerden alınan SSR parametre değerleri

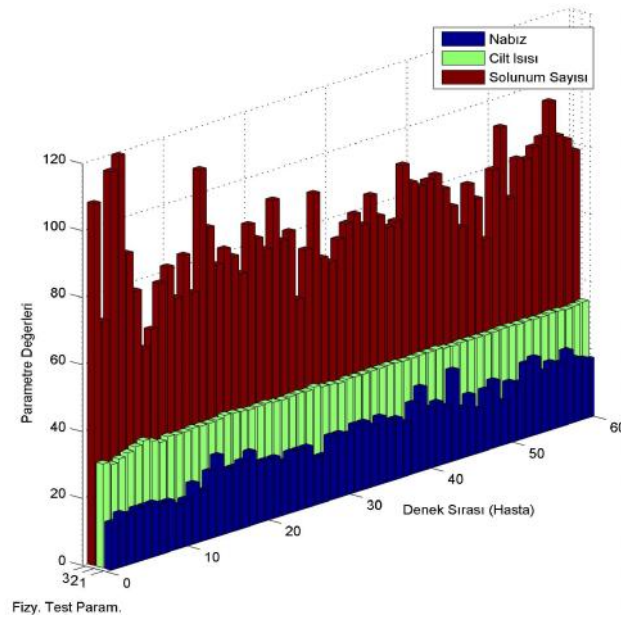


Şekil 7.2. Hasta deneklerden alınan SSR parametre değerleri

Laboratuar ortamında yapılan kan testleri hastalığın benzer semptomlar gösteren diğer hastalıklardan ayırt edilmesine yardımcı olan romatoid faktör (RF), C-reaktif protein (CRP), beyaz kan hücresi sayısı (WBC), hemoglobün sayısı (HB), trombosit sayısı (PLT) ve sedimantasyon (SEDİM) testleridir. Bu testler uzmanlar tarafından yapılmış ve kaydedilmiştir.



Şekil 7.3. Sağlıklı deneklere ait fizyolojik test sonuçları

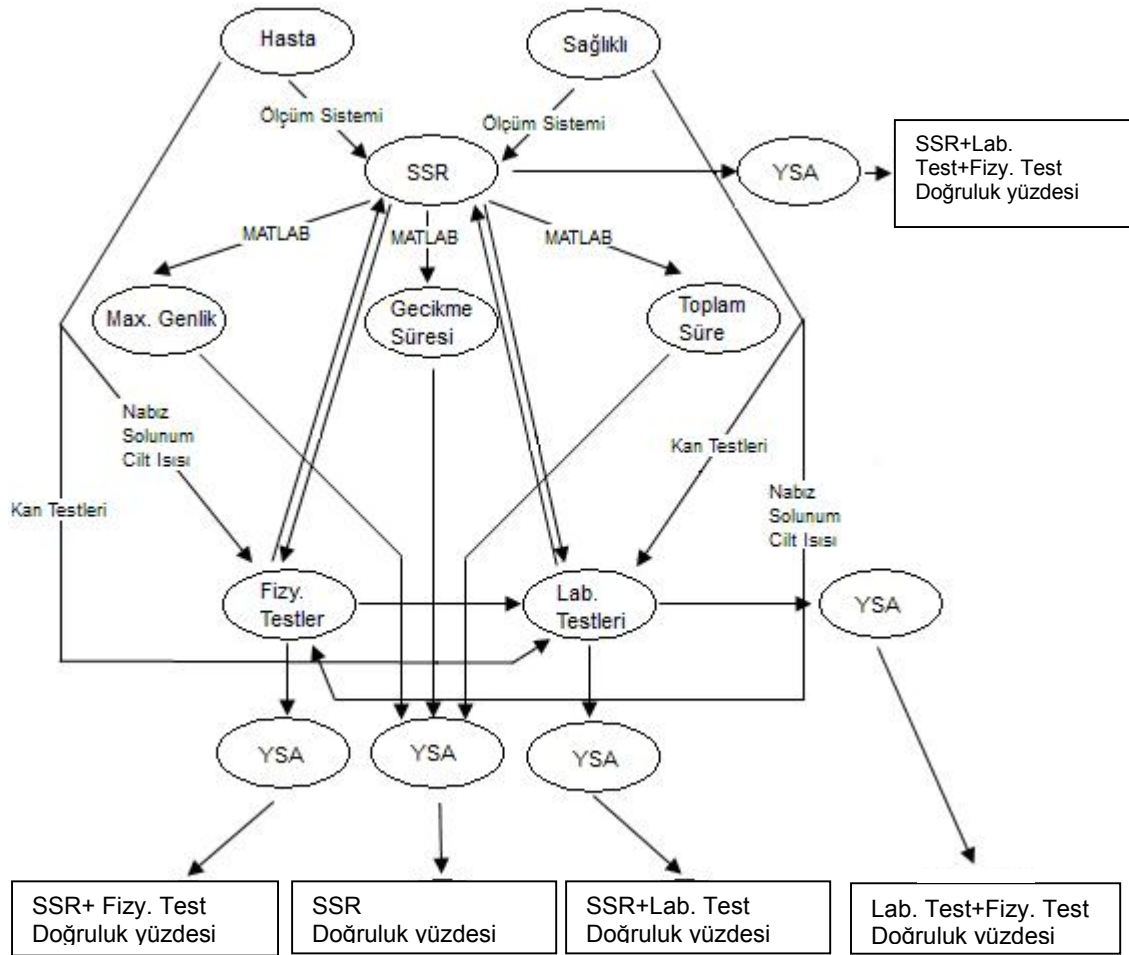


Şekil 7.4. Hasta deneklere ait fizyolojik test sonuçları

Şekil 7.3 ve Şekil 7.4'te FMS'li hastalar ve sağlıklı deneklerden elde edilen fizyolojik test sonuçlarına ait grafikler verilmiştir. Bu iki şekildeki denek sayıları, sağlıklı denekler için 30, hasta denekler için 60 iken Şekil 7.1 ve Şekil 7.2'ye göre SSR ölçümü alınabilen denek sayıları sağlıklı denekler için 29, hasta denekler için

57'dir. Bunun sebebi, 3 hasta ve 1 sağlıklı denekte en az beş uyarana karşı herhangi bir cevap alınmaması ve çalışma dışı bırakılmasıdır.

Yapılan çalışmaya ait akış diyagramı Şekil 7.5'te verilmiştir.



Şekil 7.5. Çalışmaya ilişkin akış diyagramı

7.3. Benzetim Sonuçları

Çalışmanın YSA ile analizi kısmında çok katmanlı ileri beslemeli sinir ağı (MLFFNN) kullanılmıştır. Genel olarak ileri beslemeli sinir ağları tek katmanlı ve çok katmanlı sinir ağları olarak ikiye ayrılmaktadır. Analiz edilmesi gereken problemle alakalı oluşturulan ağ yapısı sadece giriş ve çıkış katmanlarından oluşuyorsa bu yapı tek katmanlı ileri beslemeli ağ yapısıdır.

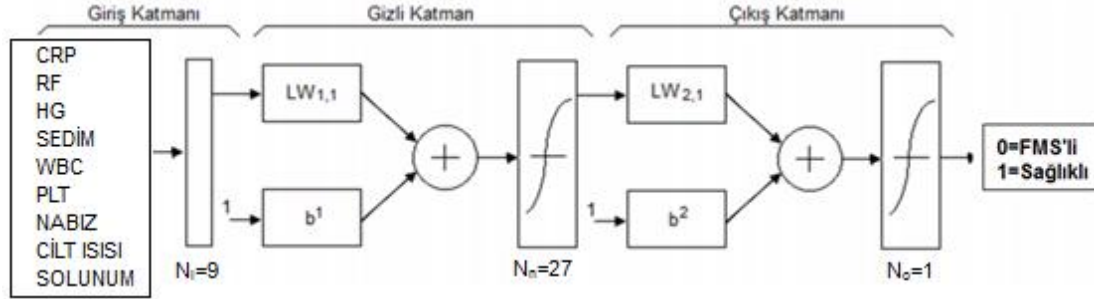
FMS'nin teşhisinde kullanılan laboratuvar testlerinin SSR parametreleri ile desteklenerek teşhis doğruluğunun artırılmasına yönelik çalışma kapsamında elde edilen benzetim sonuçları Tablo 7.3'te gösterilmektedir.

Tablo 7.3. Lab. testlerinin SSR ile desteklenmesi sonucunda hesaplanan teşhis doğruluk yüzdeleri

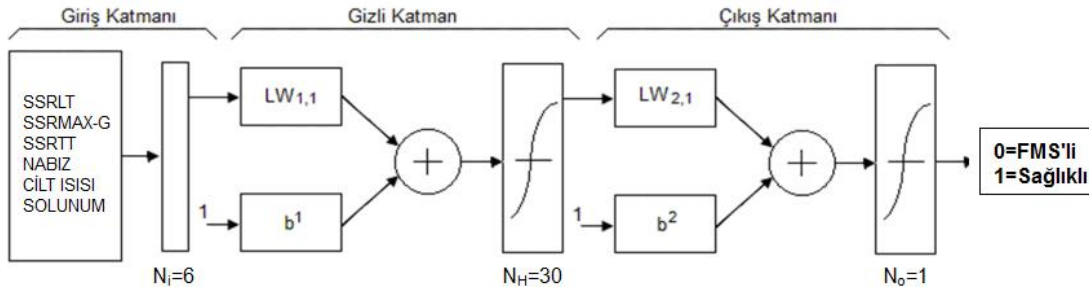
	Eğitim Verileri			Test (Lab. Test)		
	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)
Hasta	42	0	100	11	4	73,3
Sağlıklı	0	22	100	3	4	57,1
Ortalama			100			68,2
	Test (SSR)			Test (Lab. Test +SSR)		
	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)
Hasta	9	6	60,0	12	3	80,0
Sağlıklı	4	3	42,9	0	7	100,00
Ortalama			54,5			86,4

Yapılan çalışmada YSA'nın eğitim seti 42'si FMS'li, 22'si sağlıklı olmak üzere toplam 64 denekten alınan verilerle, test seti ise 15'i FMS'li, 7'si sağlıklı olmak üzere 22 denekten alınan verilerle oluşturulmuştur. Çalışmada öncelikle hastalığın teşhisine yardımcı olan laboratuvar ve fizyolojik testlerin verilerinin YSA'da analiz edilmesiyle teşhis doğruluk yüzdeleri elde edilmiştir. Bu kapsamda ele alınan ağ yapısında 9 nöronlu bir giriş katmanlı, 27 nöronlu bir gizli katmanlı ve 1 nöronlu bir çıkış katmanlı MLFNN ağı oluşturulmuştur. Daha sonra fizyolojik testlere SSR verilerinin etkisinin incelenmesi amacıyla YSA'da analiz edilmiştir. Çalışmanın bu bölümünde 6 nöronlu bir giriş katmanı, 30 nöronlu bir gizli katmanı ve 1 nöronlu bir çıkış katmanı kullanılmıştır. Son olarak SSR'nin hastalığın yardımcı teşhis yöntemlerine eklenmesi ile YSA'da teşhis doğruluk yüzdesi çıkarılmıştır. Bu adımda kullanılan ağ 12 nöronlu bir giriş katmanı, 36 nöronlu bir gizli katman ve 1 nöronlu bir çıkış katmanından oluşturulmuştur. Çıkış katmanında hasta denekler için "0", sağlıklı denekler için "1" değeri alınmış ve YSA analizlerinde gizli katmanda 10-45 arası nöron kullanılmıştır. En iyi eğitim sonuçlarına (%100) ulaşılan nöron sayıları arasından ise test verilerinin analizindeki doğruluk yüzdesini en yüksek yapan nöron

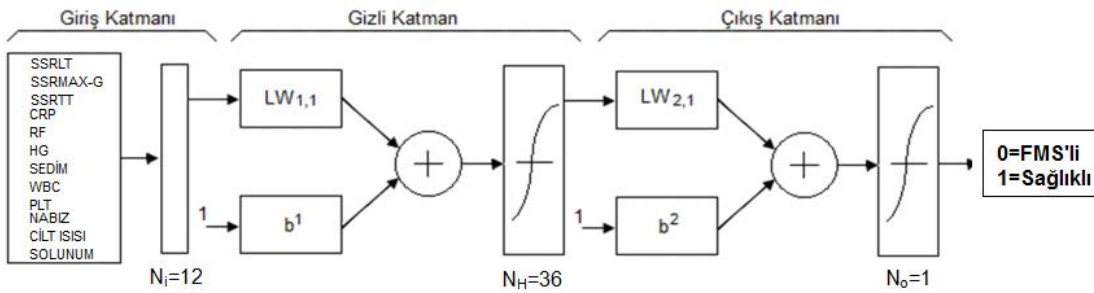
sayısı seçilmiştir. Tüm bu bilgiler ışığında oluşturulan YSA modelleri Şekil 7.6, Şekil 7.7 ve Şekil 7.8'de verilmiştir.



Şekil 7.6. Fizyolojik ve laboratuvar test sonuçlarının kullanıldığı YSA modeli

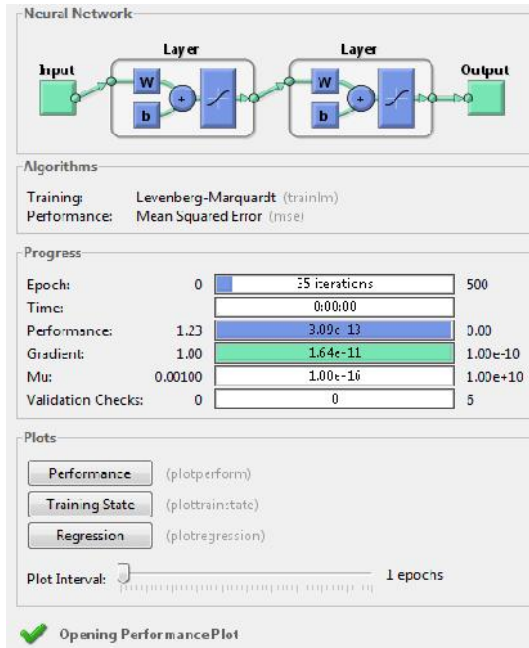


Şekil 7.7. SSR parametreleri ve fizyolojik test sonuçlarının kullanıldığı YSA modeli

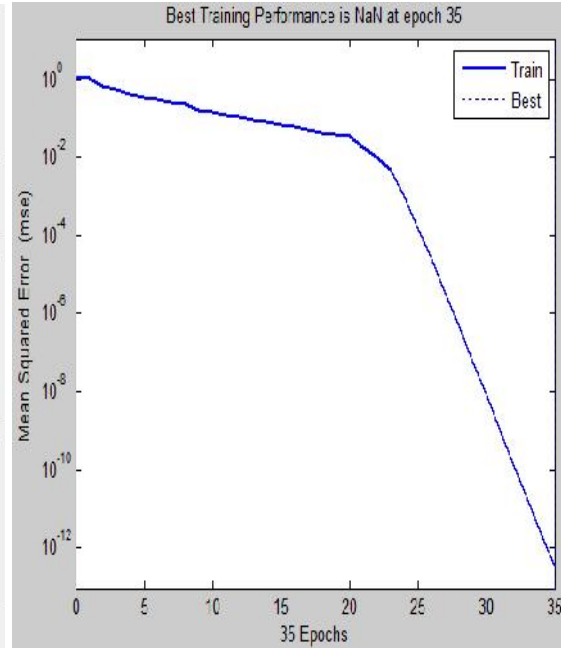


Şekil 7.8. SSR parametreleri, fizyolojik ve laboratuvar test sonuçlarının birlikte kullanıldığı YSA modeli

Çalışmaya ilişkin YSA eğitim bilgileri ve grafiği Şekil 7.9a, Şekil 7.9b, Şekil 7.10a, Şekil 7.10b, Şekil 7.11a ve Şekil 7.11b'de gösterilmiştir.

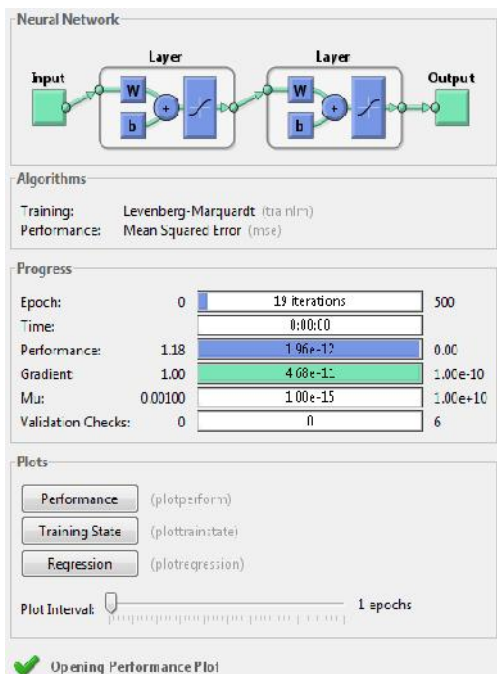


(a)

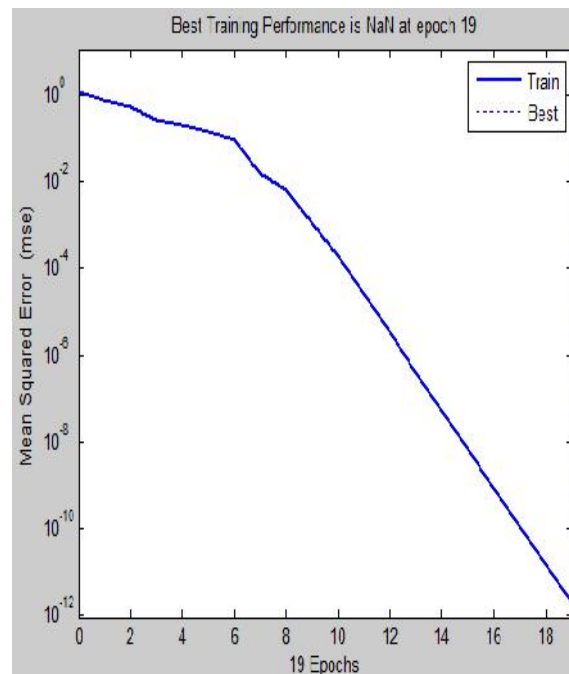


(b)

Şekil 7.9. a) Fizyolojik testler ve SSR parametreleri ile oluşturulan YSA yapısına ilişkin eğitim bilgileri b) Fizyolojik testler ve SSR parametreleri ile oluşturulan YSA yapısına ilişkin en iyi eğitim performansı grafiği

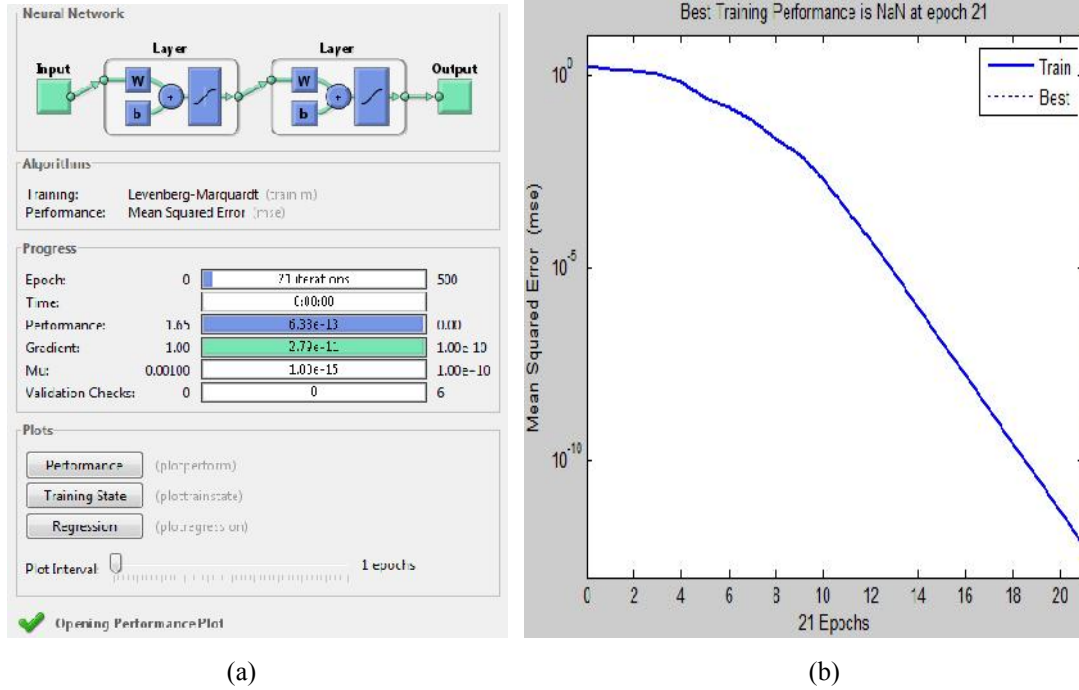


(a)



(b)

Şekil 7.10. a) Fizyolojik testler ve laboratuvar testleri ile oluşturulan YSA yapısına ilişkin eğitim bilgileri b) Fizyolojik testler ve laboratuvar testleri ile oluşturulan YSA yapısına ilişkin en iyi eğitim performansı grafiği



Şekil 7.11. a) Fizyolojik testler, laboratuvar testleri ve SSR parametreleri ile oluşturulan YSA yapısına ilişkin eğitim bilgileri b) Fizyolojik testler ve SSR parametreleri ile oluşturulan YSA yapısına ilişkin en iyi eğitim performansı grafiği

Çalışmanın ilk aşaması olan fizyolojik ve laboratuvar testlerinin YSA ile analizi kısmında test verisi olarak kullanılan 15 hasta denekten 13 denek verisine ait çıkış katmanı doğru olarak "0" değerini vermiş; 2 denek verisinde ise ağ hata yapmış ve bu şekilde kaydedilmiştir. Diğer yandan test kısmında kullanılan 7 sağlıklı denek verisi ile ilgili 3 tanesinde istenen çıkış "1" elde edilmiştir. Daha sonra fizyolojik testlerin SSR parametrelerine ait verilerle desteklenmesi sonucunda FMS'ye ait teşhis doğruluk yüzdesi %63,64 olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın son adımında ise FMS'nin yardımcı teşhis yöntemleri olan laboratuvar testleri, fizyolojik testler ile SSR parametre verileri bir arada YSA'da analiz edilmiş ve sonuç olarak ağın test kısmında hasta denekler için %80,00'lik, sağlıklı denekler için %85,87'lik, hem hasta ve hem sağlıklı deneklerin verileri birlikte kullanıldığında %81,82'lik doğruluk yüzdelere ulaşılmıştır. Yapılan bu çalışmalara ait teşhis doğruluk yüzdeleri Tablo 7.4, Tablo 7.5 ve Tablo 7.6'da gösterilmiştir.

Tablo 7.4. Eğitim ve test benzetim sonuçları-1

	Eğitim			Test (Lab. Test+Fizy. Test)		
	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)
Hasta	42	0	100	13	2	86,7
Sağlıklı	0	22	100	4	3	42,86
Ortalama			100			72,73

Tablo 7.5. Eğitim ve test benzetim sonuçları-2

	Eğitim			Test (SSR+Fizy. Test)		
	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)
Hasta	42	0	100	9	6	60,00
Sağlıklı	0	22	100	2	5	71,43
Ortalama			100			63,64

Tablo 7.6. Eğitim ve test benzetim sonuçları-3

	Eğitim			Test (Lab. Test+SSR+Fizy. Test)		
	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)	Hasta	Sağlıklı	Doğruluk (%)
Hasta	42	0	100	12	3	80,00
Sağlıklı	0	22	100	1	6	85,7
Ortalama			100			81,82

Çalışmaya ilişkin oluşturulan YSA algoritmasının test kısmında hesaplanan sonuçlar Ek-D’de verilmiştir.

BÖLÜM 8. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında öncelikli olarak FMS hastalığının teşhisine yönelik psikolojik testlerle SSR parametreleri arasındaki ilişki YSA ile analiz edilerek araştırılmış ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- a) Eğitim verileri için doğruluk yüzdesi %100, test verileri için doğruluk yüzdesi %95,45 olarak hesaplanmıştır. (Bkz. Tablo 5.1)
- b) Bu yüksek teşhis doğruluk yüzdesi SSR'nin belirtilen parametrelerinin psikolojik test skorlarını hastalığın teşhisi açısından desteklediğini göstermiştir.
- c) Çalışmaya tıbbi açıdan bakılacak olursa, görsel analog skala testinin skorları FMS'li hastalarda orta düzey üstünde (6–9), sağlıklı deneklerde ise ortalama değer altında (0–5) elde edilmiştir. (Bkz. Tablo 4.3)
- d) Verbal ağrı skalası skorları sağlıklı denekler için 0 (ağrı yok) ile 2 (orta ağrı) arasında iken; hastalar için orta şiddette ağrı (2) ile dayanılmaz ağrı (4) arasında çıkmıştır. (Bkz. Tablo 4.3)
- e) Beck depresyon testi skorlarına bakılarak FMS'li 12 hastada herhangi bir depresyon durumu görülmemiş; sağlıklı deneklerin 1'inde ise depresyon ihtimali olduğu görülmüştür. (Bkz. Tablo 4.3)
- f) Hamilton depresyon testi skorları depresyon durumu açısından Beck depresyon testi skorlarını desteklediği görülmüştür. (Bkz. Tablo 4.3)
- g) FMS'li hastalarda anksiyete derecesi çok yüksek değildir fakat Beck anksiyete testi ve Hamilton anksiyete testi skorlarına göre hastaların anksiyeteye yatkınlıklarının sağlıklı bireylere oranla daha fazla olduğu bulgusuna ulaşılmıştır. (Bkz. Tablo 4.3)

Daha sonra FMS'li hastalarda SSR kayıtları ve laboratuvar testleri arasındaki ilişki YSA ile incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- a) Eğitim verileri için doğruluk yüzdesi %100, test verileri için doğruluk yüzdesi %86,4 olarak hesaplanmıştır. (Bkz. Tablo 6.2)
- b) Yapay sinir ağı girişinde üç SSR parametresinin beraber kullanılması sonucunda elde edilen analiz sonuçları diğer durumlara göre daha iyidir. (Bkz. Tablo 6.2, Tablo 6.3)
- c) Bununla birlikte yine aynı benzetim sonuçlarından FMS hastalığının teşhisinde tepki gecikme süresi parametresinin diğer parametrelere göre daha etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır. (Bkz. Tablo 6.3)
- d) Laboratuvar testlerinin FMS için doğrudan teşhis metodu olarak kullanılmayacağı, aynı zamanda da SSR parametrelerinin analizinin FMS'nin teşhisinde önemli olduğunu görülmüştür. (Tablo 6.2)

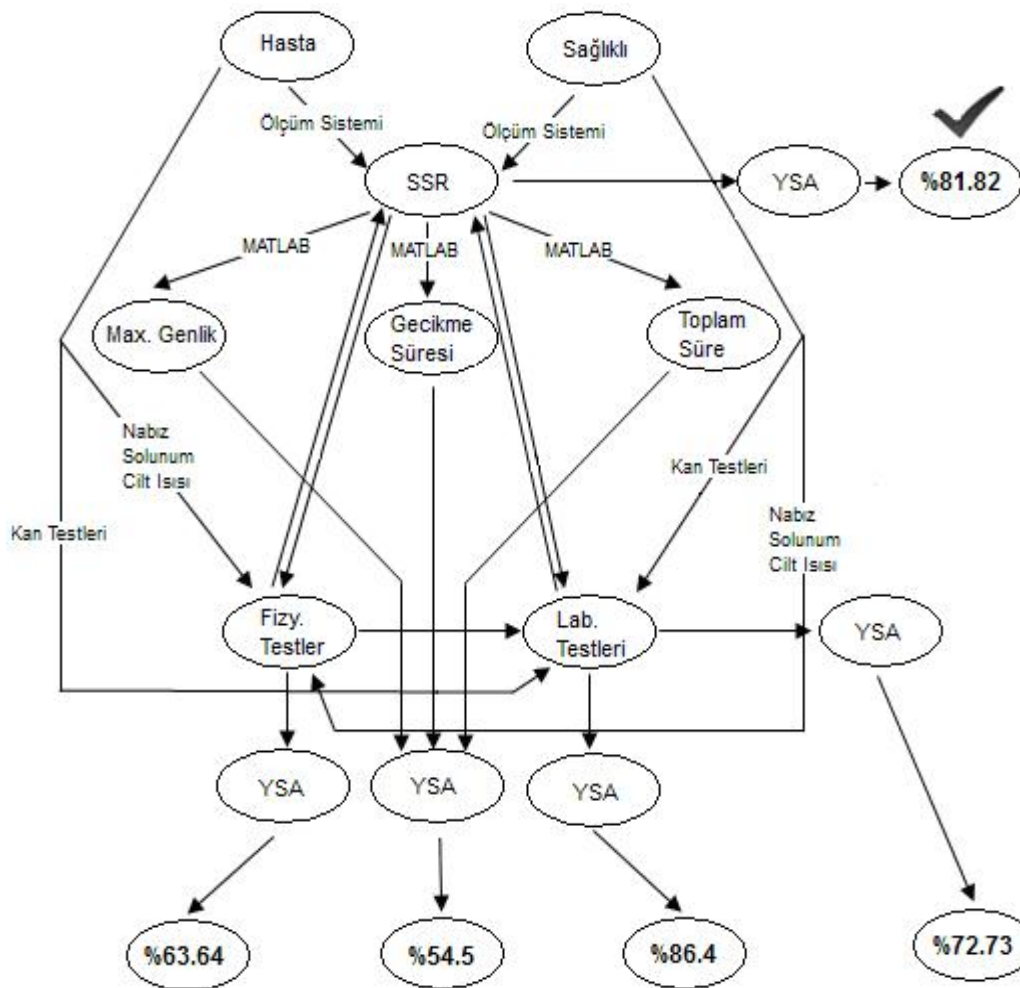
Genel olarak FMS'nin klinik uygulamalarında, laboratuvar test sonuçları doğrudan bir teşhis metodu olarak kullanılmamaktadır. Fakat bu klinik testler FMS'nin teşhisinde kullanılan diğer yöntemlerle beraber anlamlı hale gelmekte ve FMS ile benzer belirtiler gösteren diğer sendromlardan ayırt etmede önemli bir rol oynamaktadır.

Bu çalışmada ayrıca FMS'nin teşhisine yardımcı olarak uygulanan laboratuvar ve fizyolojik testlere SSR'nin etkisi, YSA ile analiz sonucunda teşhis doğruluk yüzdeleri hesaplanarak incelenmiş ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- a) FMS'nin teşhisi açısından SSR'nin laboratuvar test sonuçlarını desteklediği YSA analizleri ile elde edilen teşhis doğruluk yüzdelerine bakılarak görülmüştür. (Bkz. Tablo 7.3)
- b) Laboratuvar ve fizyolojik testlerin YSA ile analizi sonucunda doğruluk oranı %72,73 olarak hesaplanmıştır. (Bkz. Tablo 7.4)
- c) Sadece laboratuvar testlerinin doğruluk yüzdesinin %68,2 olduğu göz önünde bulundurulduğunda fizyolojik test sonuçlarının laboratuvar testlerine eklenmesinin teşhis doğruluk oranını arttırdığı belirlenmiştir.
- d) Diğer yandan fizyolojik test sonuçları SSR verileri ile desteklenip YSA vasıtasıyla analiz edildiğinde %63,64'lük bir yüzde elde edilmiştir. (Bkz. Tablo 7.5)

- e) Laboratuvar testlerinin SSR verileri ile desteklendiği çalışmada bu yzdenin %86,4 olarak bulunması SSR parametrelerinin fizyolojik testlere nazaran laboratuvar testlerini daha çok desteklediği sonucunu vermiştir. (Bkz. Tablo 7.3, Tablo 7.5)
- f) Yapılan çalışmanın son adımı olan laboratuvar testleri, fizyolojik testler ve SSR verilerinin YSA ile analizi sonucunda elde edilen %81,82'lik doğruluk yzdesi FMS'nin teşhisi bağlamında hem fizyolojik hem de laboratuvar testlerinin SSR verileri ile desteklendiğinin gstergesidir. (Bkz. Tablo 7.6)

alışmalara ait teşhis doğruluk yzdelерinin akış diyagramına eklenmiş hali şekil 8.1.'de gsterilmiştir.



şekil 8.1. FMS'nin teşhisinde kullanılan yardımcı testlere ve SSR parametrelerine ait teşhis doğruluk yzdeleri

FMS'ye ait tüm teşhis yöntemlerine ait verilere SSR parametrelerinin eklenmesi ve bu veri topluluğunun YSA ile analiz edilmesi sonucunda elde edilen teşhis doğruluk yüzdelerine bakılarak SSR'nin, FMS'nin teşhisinde kullanılan ve tıbbi uzmanlar tarafından kabul edilen yöntemler ile beraber değerlendirilmesi gerektiği, böylece daha anlamlı sonuçlar elde edildiği diğer bir deyişle FMS'nin teşhisinde uzmanlara yardımcı olabilecek yöntemler arasına eklenmesi sonucuna ulaşılmıştır.

FMS hastalığının teşhis yöntemlerinden biri olarak görülmesine rağmen hastaya sorulan sorulara verdiği cevaplardan oluşan psikolojik testler tıbbi uzmanlar tarafından kullanılmak istenmemektedir. Bu sebeple elde edilen teşhis doğruluk yüzdelerine bakılarak bu testlerin yerine vücudun hastalığa karşı bir tepkisi olan SSR ölçümlerinin kullanılmasının hastalığın teşhisinde uzmanlara daha değerlendirilebilir bir yöntem olduğu görülmüştür.

Bu tezi de destekleyen 108E036 numaralı ve "Fibromiyalji sendromunun teşhisine yönelik HRV, SSR ve psikolojik testlerin dalgacık dönüşümü ve yapay sinir ağları ile değerlendirilmesi ve ilişkilerin belirlenmesi" isimli TUBİTAK projesi kapsamında dizayn edilen 3 kanallı bir EKG cihazı FMS'nin teşhisi ile ilgili olarak Akdeniz Üniversitesi, Tıp Fakültesi'nde kullanılmaktadır. Bu EKG Cihazı RS232 portuyla yazılıma gönderilmiş ve yazılım bünyesinde analiz edilen işaret, YSA'lar aracılığıyla FMS'nin teşhisinde kullanılan psikolojik testlerin anlamlandırılmasına yardımcı olacak fizyolojik sinyal incelemesine olanak sağlamıştır. Bu EKG cihazı şimdiye kadar tasarlanan EKG cihazlarında fizyolojik işaretlerin incelenmesine yardımcı olacak yapının eksikliğini gidermesi açısından önem taşımaktadır.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar vasıtasıyla tıp dünyasında teşhisi konusunda üzerinde soru işaretleri olan FMS ile ilgili teşhis yöntemlerine SSR parametrelerinin etkisinin ayrı ayrı ve bir arada incelenmesi, sonuçlarının modern tekniklerden biri olan YSA kullanılarak elde edilmesi ve bu yolla hastalığın teşhisinde SSR ölçümünün yeni bir yöntem olarak önerilmesi açısından bu tez çalışması literatürde önemli eksiklikleri ortadan kaldırılmıştır.

Bu tez konusuyla ilgili gelecekte yapılması planlanan bir çalışma, literatürde SSR ile ilişkisi olduğu düşünölen, fakat yapılan çalışmalar sonucunda SSR grafikleri ile hastalık arasında bir bağ bulunamamış migren, diyabet, romatoid artrit vb. gibi otonom sinir sistemine etki eden hastalıklarda SSR'nin hastalıkla ilişkili parametrelerinin belirlenip YSA kullanılarak hastalığa ilişkin teşhis doğruluk yüzdelerinin hesaplanması olacaktır.

Medikal olarak FMS'li hastalara teşhis yöntemleri uygulanırken ortam ışıklandırmasının yeterince aydınlık olması istenmekte; karanlıkta, loş ışıkta ya da çok fazla aydınlığa sahip ortamlarda testlerin yapılması uygun görölmemektedir. Diğer yandan insan vücudunda aydınlık seviyesine göre melatonin hormonunun salınım miktarının değiştii bilinmektedir. FMS'de de vücutta salınan melatonin hormon miktarının etkilendiği bilgisinden hareketle FMS'li hastaların teşhis ve tedavisinde aydınlık seviyelerinin hastaya etkisi SSR parametreleri kullanılarak analizleri yöntemleri ile araştırılması da geleceğe yönelik yapılması düşünölen çalışmalardan biridir.

KAYNAKLAR

- [1] ATASOY, H.T., ATASOY, N., UNAL, A.E., SUMER, M., Sympathetic skin response in migraineurs and patients with medication overuse headache, *Headache.*, 44(4): 305–310, 2004
- [2] TOYOKURA, M., TAKEDA, H, Waveform of sympathetic skin response in diabetic patients, *Clinical Neurophysiology*, 112(7): 1229–1236, 2001.
- [3] OZKAN, O., YILDIZ, M., BILGIN, S., KOKLUKAYA, E., Measuring the sympathetic skin response on body and using as diagnosis-purposed for lung cancer patients by artificial neural networks, *Journal of Medical Systems*, 34(3): 407–412, June 2010.
- [4] ÇELİKER, R., Kronik ağrı sendromları-derleme, *Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi*, 51(2): 1418, 2005.
- [5] AHUJA, N.D., AGARWAL, A.K., MAHAJAN, N.M., MEHTA, N.H., KAPADIA, H.N., GSR and HRV: Its application in clinical diagnosis, *Proceedings of the 16th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS'03)*, 2003.
- [6] BİLGİN, S., ÇOLAK, Ö.H., BİLGİN, G., ÖZKAN, Ö., YILDIZ, S., KÖKLÜKAYA, E., Fibromiyalji sendromunda, yapay sinir ağları ve dalgacık paket dönüşümü kullanılarak kalp hızı değişkenliği ile BAI psikolojik test skorlarının ilişkilendirilmesi, 15. Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Toplantısı, Nisan 2010.
- [7] ULAS, U.H., UNLU, E., HAMAMCIOGLU, K., ODABASI, Z., ÇAKCI, A., VURAL, O., Dysautonomia in fibromyalgia syndrome: Sympathetic skin responses and RR interval analysis, *Rheumatol. Int.*, 26(5): 383–387, 2006.
- [8] OZGOCMEN, S., YOLDAS, T., YIGITER, R., KAYA, A., ARDICOĞLU, O., R-R interval variation and sympathetic skin response in fibromyalgia, *Archives of Medical Research*, 37(5): 630–634, 2006.
- [9] VAEROY, H., QIAO, Z.G., MORCRID, L., FORRE, O., Altered sympathetic nervous system response in patients with fibromyalgia (fibrositis syndrome), *J Rheumatol.*, 16(11): 1460–1465., Nov. 1989.

- [10] KRYPEL, L.L., Fibromyalgia: A review of its pathophysiology and drug treatment, *Journal of Pharmacy Practice*, 22(1): 6–16, Feb. 2009.
- [11] EISINGER, J., Dysautonomia, fibromyalgia and reflex dystrophy, *Arthritis Res. Ther.*, 9(4):105, 2007.
- [12] EVREN, B., EVREN, C., YAPICI, A., GÜLER, M.H., Fibromyalji hastalarında ağrı şiddeti ile psikiyatrik belirtiler arasındaki ilişki, *Anadolu Psikiyatri Dergisi*, 6(2): 69–74, 2005.
- [13] WOLFE, F., SMYTHE, H.A., YUNUS, M.B., The American College of Rheumatology 1990 criteria for the classification of fibromyalgia, Report of the Multicenter Criteria Committee, *Arthritis Rheum.*, 33(2): 160–72, Feb. 2009.
- [14] TARVAINEN, M.P., KOISTINEN, A.S., VALKONEN-KORHONEN, M., PARTANEN, J., KARJALAINEN, P.A., Analysis of galvanic skin responses with principal components and clustering techniques, *IEEE Trans Biomed Eng*, 48(10): 1071–1079, 2001.
- [15] TARVAINEN, M.P., KARJALAINEN, P.A., KOISTINEN, A.S., VALKONEN-KORHONEN, M., Principal component analysis of galvanic skin responses, *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering*, Chicago, July 23–28, 2000.
- [16] EVERHART, D.E., HARRISON, D.W., Heart rate and fluency performance among high- and low-anxious men following autonomic stress, *Intern. J. Neuroscience*, 112(10): 1149–1171, 2002.
- [17] VERTUGNO, R., LIGUORI, R., CORTELLI, P., MONTAGNA, P., Sympathetic skin response basic mechanisms and clinical applications, *Clinical Autonomic Research*, 13(4): 256–270, August 2003.
- [18] SHAHANI, B.T., HALPERIN, J.J., BOULU, P., COHEN, J., Sympathetic skin response – a method of assessing unmyelinated axon dysfunction in peripheral neuropathies, *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*, 47(5): 536–542, 1984.
- [19] KIYLIOGLU, N., AKYOL, A., GUNAY, E., BICEROL, B., OZKUL, A., ERTURK, A., Sympathetic skin response in idiopathic and diabetic carpal tunnel syndrome, *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 108(1): 1–7, 2005.
- [20] AYGÜL, R., ULVİ, H., DENİZ, O., Normallerde sempatik deri cevabı dalga formları, *İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 12(2): 77–82, 2005.

- [21] OZKAN, O., YILDIZ, M., KOKLUKAYA, E., The correlation of laboratory tests and sympathetic skin response parameters by using artificial neural networks in fibromyalgia patients, *Journal of Medical Systems* (ISSN: 0148-5598), doi: 10.1007/s10916-010-9643-4, Jan. 2011.
- [22] BOISSEVAIN, M.D., MCCAIN, G.A., Toward an integrated understanding of fibromyalgia syndrome. I. medical and pathophysiological aspects, *Pain.*, 45(3): 227–238, 1991.
- [23] REEVES, K.D., SIMON, S.M., THOMSEN, K., DITTMER-MORRIS, J., Fibromyalgia, Myofascial Pain, Chronic Sprain and Strain: Facts, Fiction, and Favorable Future, Presented at the Fibromyalgia/Myofascial Pain Conference by Bethany Medical Center, Shawnee Mission North High School Auditorium, Shawnee Mission, November 11, 1995.
- [24] WOLFE, F., When to diagnose fibromyalgia, *Rheum. Dis. Clin. North. America*, 20(2): 485–501, 1994.
- [25] BENGTSSON, A., HENRIKSSON, K.G., LARSSON, J., Muscle biopsies in primary fibromyalgia, *Light Microscopical and Histochemical Findings*, 15(1): 1–6, 1986.
- [26] WEST, S., *Rheumatology secrets (Türkçesi)*, 430, Nobel Yayınevi, 2005
- [27] MOLDOFSKY, H., SCARISBRICK P., ENGLAND R., SMYTHE H., Musculoskeletal symptoms and non-REM sleep disturbance in patients with fibrositis syndrome and healthy subjects, *Psychosom Med.*, 37(4):341–351, 1975.
- [28] GOLDENBERG, D.L., Controversies in fibromyalgia and myofascial pain syndrome, in Arnoff, G.M., *Evaluation and Treatment of Chronic Pain*, 2nd edn., Baltimore, MD:Williams & Wilkins, 165–175, 1992.
- [29] BENNETT, R.M., Fibromyalgia and the facts: sense or nonsense, *Controversies in Clinical Rheumatology*, 19(1): 45–59, 1993.
- [30] KELLY, J., DEVONSHIRE, R., FRANSEN, J., *Taking charge of fibromyalgia: A self-management program for your fibromyalgia*, Minneapolis, Minn: Abbott-Northwestern Hospital, Arthritis Care Program, 1993.
- [31] FAN, P.T., BLANTON, M.E., Clinical features and diagnostics of fibromyalgia, *The Journal of Musculoskeletal Medicine*, 9(4): 24–42, 1992.
- [32] KRAG, H.J., NORREGAARD, J., LARSEN, J.K., A blinded, controlled evaluation of anxiety and depressive symptoms in patients with fibromyalgia, as measured by standardized psychometric interview scales, *Acta Psychiatr Scand.*, 89(6):370–375, 1994.

- [33] LUND, N., BENGTSSON, A., Muscle tissue oxygen pressure in primary fibromyalgia, *Scand. J. Rheumatol.*, 15(2):165–173, 1986.
- [34] TRAVELL, J.G., SIMONS, D.G., Myofascial pain and dysfunction: the trigger point manual, Wilkin & Wilkins, 1983.
- [35] HUBBARD, D., BERKOFF, G., Myofascial trigger points show spontaneous needle EMG activity, *Spine*, 18: 1803–1807, 1993.
- [36] UNLU, E., ULAS, U.H., GURCAY, E., TUNCAY, R., BERBER, S., CAKCI, A., ODABASI, Z., Genital sympathetic skin responses in fibromyalgia syndrome, *Rheumatol. Int.*, 26(11): 1025–1030, Sep. 2006.
- [37] THEADOM, A., CROPLEY, M., HUMPREY, K.L., Exploring the role of sleep and coping in quality of life in fibromyalgia, *J. Psychosom Res.*, 62(2):145–151, 2007.
- [38] ARNOLD, B.S., ALPERS, G.W., SUSS, H., FRIEDEL, E., KOSMUTZKY, G., GEIER A., Affective pain modulation in fibromyalgia, somatoform pain disorder, back pain and healthy controls, *Eur. J. Pain*, 12(3): 329–338, 2008.
- [39] MADENCİ, E., HERKEN, E., YAĞIZ, E., KEVEN, S., GÜRSOY, S., Kronik ağrılı ve fibromiyalji sendromlu hastalarda depresyon düzeyleri ve ağrı ile başa çıkma becerileri, *Türk Fiz. Tıp Rehab. Derg.*, 52(1): 19–21, 2006.
- [40] VISHNE, T., FOSTICK, L., SILBERMANN, A., KUPCHICK, M., RUUBINOW, A., AMITAL, H., Fibromyalgia among major depression disorder females compared to males, *Rheumatol Int.*, 28(9):831–836, 2008.
- [41] TANDER, B., CENGİZ, K., ALAYLI, G., ILHANLI, I., CANBAZ, S., CANTURK, F., A comparative evaluation of health related quality of life and depression in patient with fibromyalgia syndrome and rheumatoid arthritis, *Rheumatol Int.*, 28(9): 859–865, 2008.
- [42] ŞENGÜL, C.B., ATEŞ, A., ŞENGÜL, C., OKAY, T., DİLBAZ, T., KARAASLAN, Y., Fibromiyalji ve romatoid artritli hastalarda anksiyete depresyon aleksitimi ve disosiyasyon seviyeleri ve bu parametrelerinin hastalık şiddeti ile ilişkisi, *Türkiye’de Psikiyatri*, 10(3): 104–108, 2008.
- [43] RIES, A.L., BAULDOFF, G.S., CARLIN, B.W., CASABURI, R., EMERY, C.F., MAHLER, D.A., MAKE, B., ROCHESTER, C.L., ZUWALLACK, R., HERRERIAS, C., Pulmonary rehabilitation: joint accp/aacvpr evidence based guidelines, *Chest.*, 131(5):4–42, May 2007.

- [44] PEREZ-HIGUERAS, A., ALVAREZ, L., ROSSI, R., QUINONES, D., AL-ASSIR, I., Percutaneous vertebroplasty: Long term clinical and radiological outcome, *Interventional Neuroradiology*, 44(11):950–954, 2002.
- [45] BURCKHARDT, C.S., CLARK, S.R., BENNETT, R.M., The fibromyalgia impact questionnaire development and validation, *J. Rheumatol*, 18(5): 728–733, 1991.
- [46] BENNETT, R., The fibromyalgia impact questionnaire (fiq): A review of its development current version operating characteristics and uses, *Clin. Exp. Rheumatol*, 23(5): 154–162, 2005.
- [47] SARMER, S., ERGIN, S., YAVUZER, G., The validity and reliability of the Turkish version of the fibromyalgia impact questionnaire, *Rheumatol Int*, 20(1): 9–12, 2000.
- [48] BECK, A.T., WARD, C.H., MENDELSON, M., MOCK, J., ERBAUGH, J., An inventory for measuring depression, *Arch. Gen. Psychiatry*, 4(6): 561–571, 1961.
- [49] HİSLİ, N., Beck depresyon envanterinin üniversite öğrencileri için geçerliliği, *Güvenilirliği, Psikoloji Dergisi*, 7(23): 3–13, 1989.
- [50] BECK, A.T., EPSTEIN, N., BROWN, G., An inventory for measuring clinical anxiety: psychometric properties, *J. Consult. Clin. Psychol.*, 56(6): 893–897, 1988.
- [51] ULUSOY, M., SAHİN, N.H., ERKMEN, H., Turkish version of the beck anxiety inventory: psychometric properties, *J. Cogn Psychother*, 12(2): 163–172, 1998.
- [52] HAMILTON, M., The assessment of anxiety states by rating, *Br. J. Med. Psychol.*, 32(1): 50–55, 1959.
- [53] YAZICI, M.K., DEMİR, B., TANRIVERDİ, N., KARAAGAOĞLU, E., YOLAÇ, P., Hamilton anksiyete değerlendirme ölçeği, değerlendiriciler arasında güvenilirlik ve geçerlik çalışması, *Türk Psikiyatri Dergisi*, 9(2): 114–117, 1998.
- [54] HAMILTON, M., A rating scale for depression, *J. Neurol Neurosurg. Psychiatry*, 23: 56–62, 1960.
- [55] OLDEN, M., ROSENFELD, B., PESSIN, H., BREITBART, W., Measuring depression at the end of life: Is the hamilton depression rating scale a valid instrument?, *Assessment*, 16(1): 43–54, 2009.

- [56] TASTEKIN, N., BIRTANE, M., UZUNCA, K., Which of the three different tender points assessment methods is more useful for predicting the severity of fibromyalgia syndrome?, *Rheumatol Int.*, 27(5): 447–451, 2007.
- [57] DEMUTH, H., BEALE, M., HAGAN, M., *Neural network toolbox user's guide for use with matlab*, Mathworks, Inc., 2007.
- [58] RUMELHART, D.E., MCCLELLAND, J., *Parallel distributed processing: Explorations in the microstructure of cognition*, vol. I, MIT Press, Cambridge, MA, 1986.
- [59] Levenberg–Marquardt algorithm, *Wikipedia, The Free Encyclopedia*, August, 2008.
- [60] EKE, I., Diferansiyel evrim algoritması destekli yapay sinir ağı ile orta dönem yük tahmini, *International Journal of Research and Development*, 3(1): 28–32, 2011.
- [61] BODEN, M., A guide to recurrent neural networks and backpropagation”, in *The DALLAS project. Report from the NUTEK-supported project AIS-8: Application of Data Analysis with Learning Systems, 1999-2001*. Holst, A. (ed.), SICS Technical Report T2002:03, SICS, Kista, Sweden. 2002.
- [62] BAYLAR, A., EMİROĞLU, M.E., ARSLAN, A., Geriye yayılma yapay sinir ağı kullanılarak yanıl su alma yapısına yönelecek olan sürüntü maddesi oranının bulunması, *Fen ve Mühendislik Dergisi, Dokuz Eylül Üniversitesi*, 1(2): 1–12, 1999.
- [63] GENÇ, İ., GÜZELİŞ, C., Doğrusal ayrıştırılmaz sınıflama problemleri için yeni bir yapay sinir ağı modeli, *Mühendislik Dergisi, İstanbul Teknik Üniversitesi*, 8(5): 11–18, 2009.
- [64] ÖZTEMEL, E. , *Yapay sinir ağları*, Papatya Yayıncılık, 2003.
- [65] SAĞIROĞLU, S., BEŞDOK, E. , ERLER, M. , *Mühendislikte yapay zeka uygulamaları-I*, *Ufuk Kitap Kırtasiye-Yayıncılık Tic. Ltd.*, 2003.
- [66] The MathWorks Inc., *MATLAB® Documentation Neural Network Toolbox Help, Levenberg-Marquardt Algorithm*, Release 2009a, 2009.
- [67] Backpropagation, *Wikipedia, The Free Encyclopedia*, August, 2008.
- [68] LIN, C., LEE, G., *Neural fuzzy systems*, Prentice Hall, 236-240, 242, 445–448, 1996.
- [69] Activation function, *Wikipedia, The Free Encyclopedia*, May 2010.

- [70] Artificial neuron, Wikipedia, The Free Encyclopedia, March 2010.
- [71] ALTUN, H., EMİNOĞLU, U., TEZEKİCİ, B.S., MLP yapay sinir ağlarında öğrenme sürecinin aktivasyon fonksiyonu ve istatistiksel değişim gösteren giriş verilerine bağımlılığı, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, 310–314, Bursa, 2002.
- [72] SAHOO, G.B., RAY, C., Flow forecasting for a Hawaii stream using rating curves and neural networks, Journal of Hydrology, 317(1–2): 63–80, Feb. 2006.
- [73] ÖZ, C., KÖKER, R., ÇAKAR, S., Yapay sinir ağları ile karakter tabanlı plaka tanıma, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu (ELECO), Bursa, 2002.
- [74] MATLAB® Documentation Neural Network Toolbox Help, Version 6.5, Release 13, The MathWorks, Inc., 2002.

EKLER

EK-A

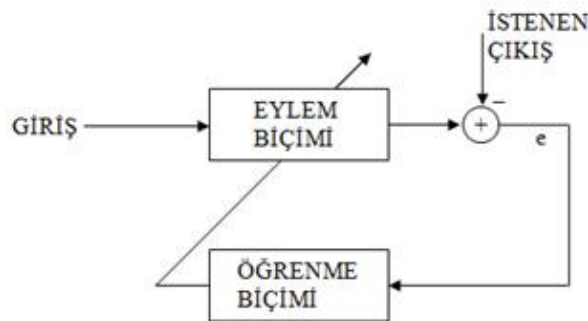
YAPAY SİNİR AĞLARI

YAPAY SİNİR AĞLARI

A.1. Nöron Yapısı ve Modeli

İnsan vücudunda bilgi işleme görevi en karmaşık sinir ağına da sahip olan beyin tarafından gerçekleştirilmektedir. Vücutta bilgi alışverişini yapan elemanlar olan nöronlar sinir sisteminin en basit yapısı olmakla birlikte beyindeki sayıları ortalama 10^{10} 'dur [63].

Nöronun yapısı ve çalışması göz önünde bulundurulursa, çıkışları bir araya getiren ve toplayan aynı zamanda girişin toplamı iç eşik değerini aştığında çıkış üreten işlem elemanı eşik birimi olarak adlandırılabilir. Bir sinir hücresi eşik birimi olarak göz önüne alınırsa nöron, elektriksel olarak hücreler arası iletim görevini sağlayan sinaplardan işareti toplamakta, toplanan işaretin gücü eşik değerini geçecek derecede kuvvetli ise diğer nöronlar ve hücreye girdilerin sağlayan uzantılar olan dentritleri etkileyen aksonlar boyunca bu çıkış darbesinin iletimini sağlamaktadır. Aksonlar ise hücre çıktısını göndermeye yarayan uzantılardır. Yapay sinir ağları (YSA) ise bu basit nöronların birbirine bağlanarak bir ağa dönüştürülmesiyle meydana getirilmektedir. Şekil A.1'de YSA'ya ilişkin örnek bir eğitim blok diyagramı gösterilmiştir.



Şekil A.1. YSA'ya ilişkin eğitim blok diyagramı

A.2. YSA'nın Yapısı

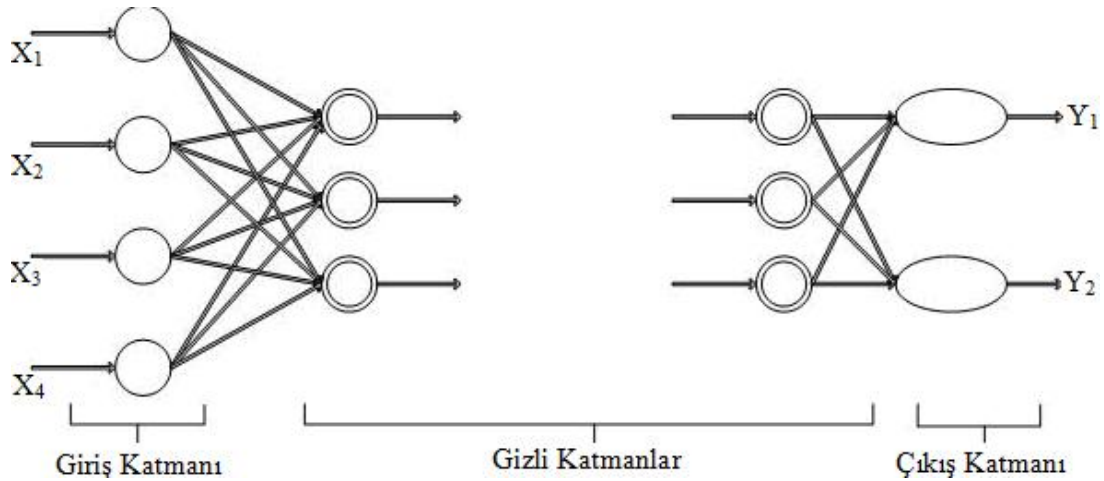
Biyolojik sinir ağlarından hareketle oluşturulan YSA'lar etki olarak birbirleriyle ilişkili çok sayıda basit işlemciden meydana gelen hesaplama veya işletim sistemleridir. YSA'ların işlem elemanları hücre adı verilen n . dereceden lineer olmayan devrelerdir ve bu devreler düğüm olarak da adlandırılmaktadır. Her düğüm çok sayıda giriş bağlantısına sahip olabilir ancak çıkışında sadece bir bağlantı olmalıdır. Seçilecek olan matematiksel modele bağlı olarak çıkış kısmı hesaplanmaktadır [64].

Diğer yandan YSA'lar katman adı verilen ve içinde nöronların bulunduğu alt kümelere ayrılmaktadır.

Giriş katmanı YSA'ya dış dünyadan girdilerin geldiği katmandır. Bu katmandaki işlem elemanları dış dünyadan bilgileri alarak gizli katmanlara transfer etmektedirler.

Ara veya gizli katman ise giriş katmanından çıkan bilgilerin geldiği katmandır. Gizli katmanda giriş katmanından gelen bilgiler işlenerek çıkış katmanına iletilmektedir. Ara katman sayısı ağdan ağa değişebilmektedir. Ara katmanların ve bu katmanlardaki nöronların sayısının artması hesaplama karmaşıklığını ve süresini arttırmasına rağmen YSA'nın daha karmaşık problemlerin çözümünde de kullanılabilmesini sağlamaktadır.

Çıkış katmanı, ara katmanlardan gelen bilgileri işleyerek ağı girdi katmanından gelen verilere karşılık olan çıktıları üreten katmandır. Bu katmanda üretilen çıktılar dış dünyaya gönderilmektedir. Şekil A.2'te örnek bir YSA görülmektedir.



Şekil A.2. Örnek bir YSA Yapısı

Ağ ise bu katmanların birbirine bağlanması ile meydana gelmektedir.

A.3. Ağ Tipleri

Üç çeşit ağ tipi vardır:

A.3.1. İleri beslemeli ağ

İleri beslemeli ağlarda işlemci elemanlar katmanlara ayrılmaktadır ve bu ağlarda bilgi akışı ara sinirlerden geçerek giriş katından çıkış katına doğru yalnız bir yönde ilerlemektedir.

Bu ağlar giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere üç katmandan oluşmaktadır. Bu ağların çalışma prensibi şu şekildedir:

Bir katmandaki hücrelerin çıktıları bir sonraki katmana giriş olarak verilmektedir. Giriş katmanı dış ortamdan aldığı bilgileri hiçbir değişikliğe uğramaksızın gizli katmanlardaki hücrelere iletmektedir. Gizli katmanda ve çıkış katmanında bilgi işlenerek çıkış belirlenmektedir [65].

A.3.2. Kaskat bağlantılı ağ

Bu tip YSA’larda hücreler sadece önceki katmanlardaki hücrelerce beslenmektedir [66].

A.3.3. Geri beslemeli ağ

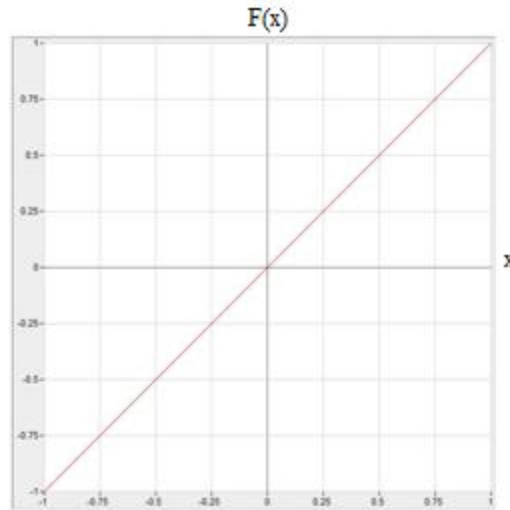
Çıkış ve gizli katmanlardaki çıkışların giriş birimlerine ya da önceki ara katmanlara geri beslendiği ağ yapıları geri beslemeli YSA’lar olarak adlandırılmaktadır. Bu sayede girişlerin hem ileri yönde hem de geri yönde aktarılması işlemi sağlanmış olmaktadır. Bu tip YSA’ların en önemli özelliklerinden biri herhangi bir andaki çıkışın hem o andaki hem de daha önceki girişleri yansıtmasıdır [67].

Ayrıca hem ileri besleme hem de geri yayılma olarak tanımlanabilecek ağ yapıları da mevcuttur. Tüm YSA modelleri içinde en çok kullanılan ağlar geri yayılma ile eğitilen çok tabakalı ileri beslemeli ağlar, radial tabanlı ağlar, Hopfield ve Kohonen ağları olarak sayılabilir. Geri yayılmalı YSA hem kullanışlı hem de güvenilir olmasından dolayı en çok kullanılan ağ türüdür. En önemli özelliği kestirim ve sınıflandırma işlemleri için oldukça uygun olması ve doğrusal olmayan yapı içeren modellerde oldukça kullanışlı olmasıdır [57].

A.4. Aktivasyon Fonksiyonları

Aktivasyon fonksiyonları giriş katmanından gelen net girdiyi bir işlemde geçirerek hücre çıkışını belirleyen fonksiyonlardır. Yapay sinir ağlarında çeşitli aktivasyon fonksiyonları kullanılmaktadır. YSA’nın giriş verilerine ve ağın neyi öğreneceğine bağlı olarak uygun aktivasyon fonksiyonu seçilmektedir [68]. En çok kullanılan aktivasyon fonksiyonları, doğrusal, eşik, basamak, sigmoid ve tanjant sigmoid aktivasyon fonksiyonlarıdır.

Doğrusal aktivasyon fonksiyonları, YSA hücresinin net girdisini doğrudan hücre çıkışı olarak vermektedir. Bu fonksiyona ait giriş-çıkış karakteristiği Şekil A.3’te gösterilmiştir.



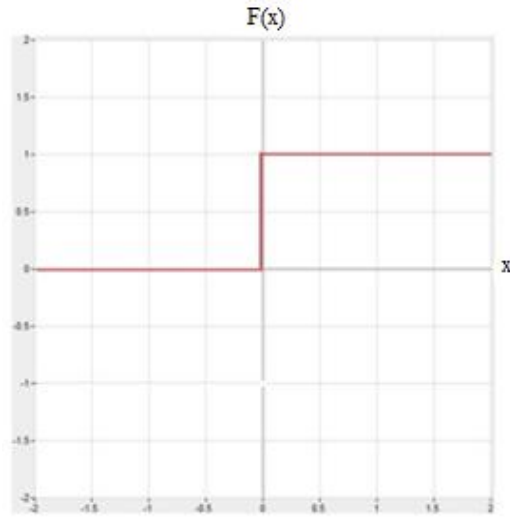
Şekil A.3. Doğrusal aktivasyon fonksiyonuna ait giriş-çıkış karakteristiği

Şekil A.3'te görüldüğü gibi doğrusal aktivasyon fonksiyonuna ilişkin dinamik değişim aralığı $[-1,1]$ arasındadır ve matematiksel olarak şu şekilde ifade edilmektedir [69]:

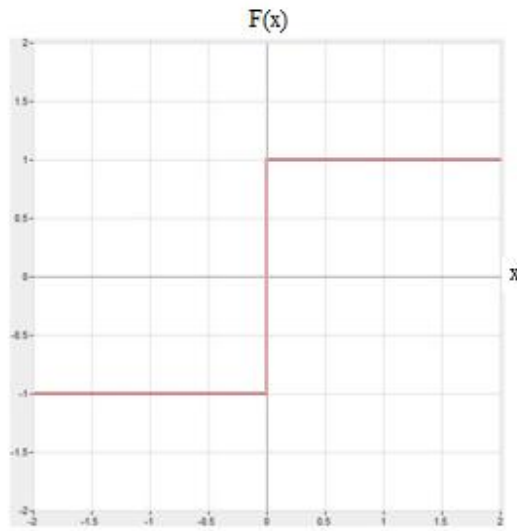
$$F(x) = A \times x \quad (\text{A.1})$$

Denklemden A, sabit bir katsayı olmakla birlikte bu karakteristiğe ait doğrunun çıkış eksenine yaptığı açığı değiştirmektedir [69].

Diğer yandan ağ girdilerinin sıfırdan büyük olup olmamasına göre $[0,1]$ veya $[-1,1]$ çıkışlarından birini veren aktivasyon fonksiyonları basamak aktivasyon fonksiyonlarıdır. Ağ girdilerinin sıfırdan küçük olması durumunda "0" çıkışı veren basamak fonksiyonuna tek kutuplu basamak fonksiyonu; "-1" çıkışı veren basamak fonksiyonuna ise çift kutuplu basamak fonksiyonu adı verilmektedir. Tek ve çift kutuplu basamak aktivasyon fonksiyonlarına ait giriş-çıkış karakteristiği Şekil A.4 ve Şekil A.5'te gösterilmiştir.



Şekil A.4. Tek kutuplu basamak aktivasyon fonksiyonuna ait giriş-çıkış karakteristiği

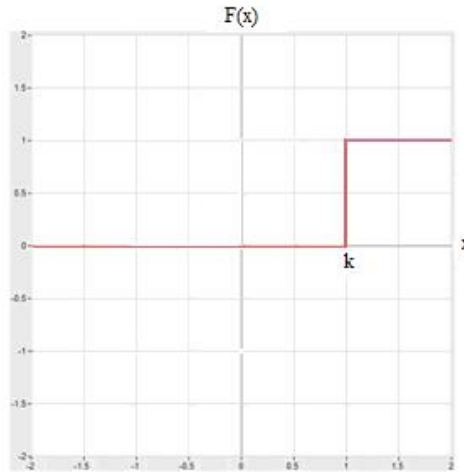


Şekil A.5. Çift kutuplu basamak aktivasyon fonksiyonuna ait giriş-çıkış karakteristiği

YSA'daki net girdi değerinin (x), k gibi bir eşik değeriyle kıyaslanmasıyla oluşturulmuş aktivasyon fonksiyonu eşik aktivasyon fonksiyonlarıdır. Bu aktivasyon fonksiyonlarında net girdi değeri eğer eşik değerinden küçükse çıkış 0, eşit veya büyükse çıkış 1 olmaktadır. Eşik aktivasyon fonksiyonlarının matematiksel ifadesi ise şöyledir [70]:

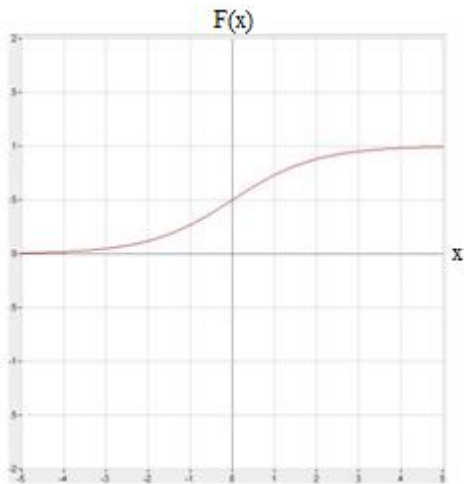
$$F(x) = \begin{cases} 1, & x \geq k \\ 0, & x < k \end{cases} \quad (\text{A.2})$$

Eşik aktivasyon fonksiyonlarına ait giriş çıkış karakteristiği Şekil A.6'da verilmiştir.



Şekil A.6. Eşik aktivasyon fonksiyonuna ait giriş-çıkış karakteristiği

Sürekli ve türevi alınabilir bir fonksiyon olan sigmoid aktivasyon fonksiyonu aynı zamanda doğrusal da olmayışı sebebiyle YSA'larda en çok kullanılan aktivasyon fonksiyonlarından biridir. Bu aktivasyon fonksiyonu her ağ girdisi değerine göre 0 ile 1 arasında bir çıkış değeri üretmektedir. Sigmoid aktivasyon fonksiyonuna ilişkin giriş-çıkış karakteristiği Şekil A.7'da verilmiştir.

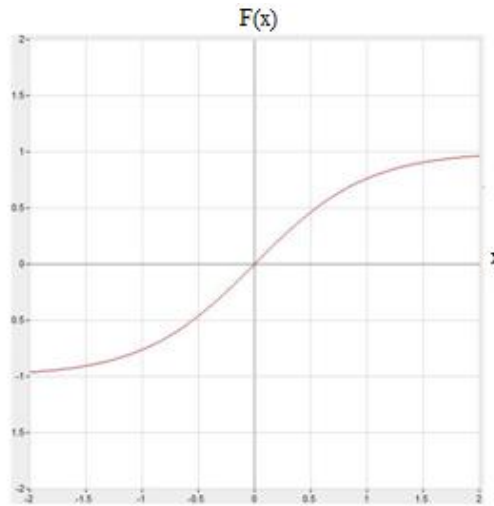


Şekil A.7. Sigmoid aktivasyon fonksiyonuna ait giriş-çıkış karakteristiği

Sigmoid aktivasyon fonksiyonunun matematiksel olarak ifadesi ise şu şekildedir:

$$F(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (\text{A.3})$$

Sigmoid fonksiyonunun yaklaşık olarak benzeyen tanjant-sigmoid (tansig) aktivasyon fonksiyonunda ise çıkış değerleri sigmoid fonksiyonundan farklı olarak -1 ile 1 arasında değişmektedir. Tanjant-sigmoid aktivasyon fonksiyonuna ait giriş-çıkış karakteristiği Şekil A.8'de gösterilmiştir [71].



Şekil A.8. Tanjant-sigmoid aktivasyon fonksiyonuna ait giriş-çıkış karakteristiği

Bu aktivasyon fonksiyonunun matematiksel olarak ifadesi şu şekildedir [72]:

$$F(x) = \frac{2}{1+e^{(-2x)}} - 1 \quad (\text{A.4})$$

A.5. Ağırlık Uzayı

İşlem elemanlarının ağırlıklarının değiştirilmesi suretiyle YSA'larda öğrenme işlemi gerçekleştirilmektedir. Böylece tanımlanan bu ağırlıklar değiştirilerek, öğrenmede iyi bir model kullanılması ve ağırlıkların bu modele uygun olarak değiştirilmesi esastır.

YSA'da ağırlık vektörünün belirli bir değeri ile bilgi işleme performansı sağlanmakta ancak ağırlık vektörünün bu değeri ile çıkış hesaplanırken hata yapma olasılığının yüksek olmasından dolayı bu hatanın en aza indirilmesi gerekmektedir. Bu sebeple hata değişimini inceleyen, hata düzeltme kuralları ve gradyen kuralları adı verilen iki kural bulunmaktadır.

Hata düzeltme kuralları her bir çıkış örneğindeki ağırlıkları yenileyerek çıkış hatasını en aza indirmeye çalışırlar. Ağırlıkların yeniden ayarlanarak ortalama karesel hatayı minimum yapma amacını taşıyan kurallar ise gradyen kurallarıdır.

Bir öğrenme kuralı geliştirip, bilgi bölgesi kullanılarak aktivasyon fonksiyonu ile ağırlık vektörünü istenilen YSA performansı verecek noktaya yönlendirmek ağırlık vektörü ile çalışan YSA'da önemli noktalardan birisidir. Genellikle öğrenme kuralı için bir performans ya da maliyet fonksiyonu tanımlanmaktadır. Minimizasyon veya maksimizasyon ile ağırlık vektörü (w) bulunmaktadır. Bir performans ölçme çeşidi olarak bilinen ortalama karesel hata (MSE) şu şekilde formülize edilmektedir:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{\bar{n}} (d_i - y_i)^2 \quad (A.5)$$

Denklemden d istenen çıkış değeri, y üretilen çıkış değeri, n örüntü sayısıdır. Amaç ise hatayı en aza indirmektir.

A.6. Yapay Sinir Ağlarının Eğitilmesi

İnsan vücudunun dış ortamdan duyu organları vasıtasıyla aldığı verilere karşılık olarak beynin direktifi ile tepki verilmesine benzer olarak YSA'ların öğrenme aşamasında da dış ortamdan alınan bilgiler aktivasyon fonksiyonundan geçirilerek bir çıkış elde edilmektedir. Elde edilen çıkış ise istenen çıkış ile karşılaştırılarak hata bulunmaktadır. Öğrenme algoritmaları bu hatanın en aza indirilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Hatanın en aza indirilmesi süresince değişen sadece YSA'nın ağırlıklarıdır. Çünkü her çevrimde ağırlıklar yenilenmekte ve yeni ağırlıklara göre hata hesaplanmaktadır. Ağırlıkların devamlı yenilenip bu hatanın en aza

indirgenmesi için geçen süreye öğrenme adı verilmektedir. YSA'nın öğrenme işlemi tamamlandıktan sonra ağa daha önce verilmeyen girişler verilmek suretiyle YSA çıkışının istenen çıkışa yakınsaması incelenmektedir.

YSA'ların eğitilmesi aşamasında eldeki örneklerin yaklaşık %80'i ağa verilip ağ eğitilmekte; %20'lik kısım ağa verilip ağın davranışları incelenmektedir. Bu işleme ağın test edilmesi denir. Eğitimde kullanılan örnekler setine "eğitim seti", test için kullanılan sete ise "test seti" denir [73].

A.7. Yapay Sinir Ağlarında Öğrenme Metotları

YSA'larda öğrenme metotları temelde üç grupta toplanmaktadır. Bunlar, YSA'nın eğitilmesi için eğitici verilerin kullanıldığı eğiticili öğrenme, herhangi bir eğitim seti kullanılmadan veriler arasındaki matematiksel ilişkinin bağlantı ağırlıklarının ayarlandığı eğiticisiz öğrenme ve eğiticili öğrenmeye yakın bir metot olan takviyeli öğrenmedir.

Girişlerin ağa verilip aktivasyon fonksiyonundan geçilerek çıkışların elde edildiği öğrenme kuralına eğiticili öğrenme adı verilir. Bu tip öğrenmede çıkışlar, istenen çıkış ile karşılaştırılmak suretiyle hata bulunmaktadır. Öğrenme algoritmaları vasıtasıyla bu hata azaltılıp istenen çıkışa yaklaşılmaya çalışılmaktadır. Hatanın azaltılması için YSA ağırlıkları yenilenmektedir. Bu öğrenme modelinde giriş ve çıkış örnekleri kümesi eğitim seti olarak adlandırılmaktadır [73].

Eğiticisiz öğrenmede, YSA'nın eğitimi için sadece giriş verileri kullanılmaktadır. Ağda herhangi bir eğitici bilgiye ise ihtiyaç duyulmamaktadır. Ağ, benzer bilgileri bir araya toplayarak gruplama yapmakta, giriş verisinin hangi gruba ait olduğu bilgisini vermektedir [74].

Takviyeli öğrenme metodunda istenilen çıkışın bilgisine gerek duyulmaz. Bu tip öğrenme metodunda elde edilen çıkışın verilen girişe karşılık iyilik derecesini değerlendiren bir ölçüt kullanılmaktadır [74].

EK-B

Tablo B.1. SSR parametre verilerinin psikolojik test skorlarına eklenmesi ile oluşturulan YSA'nın çıkış katmanından elde edilen sonuçlar

Grup	Sıra No	Beklenen Çıkış	Test Sonucu	[-1;+1]
Hasta	43	0	0	-1
Hasta	44	0	0	-1
Hasta	45	0	1	1
Hasta	46	0	0	-1
Hasta	47	0	0	-1
Hasta	48	0	0	-1
Hasta	49	0	0	-1
Hasta	50	0	0	-1
Hasta	51	0	0	-1
Hasta	52	0	0	-1
Hasta	53	0	0	-1
Hasta	54	0	0	-1
Hasta	55	0	0	-1
Hasta	56	0	0	-1
Hasta	57	0	0	-1
Sağlıklı	23	1	1	1
Sağlıklı	24	1	1	1
Sağlıklı	25	1	1	1
Sağlıklı	26	1	1	1
Sağlıklı	27	1	1	1
Sağlıklı	28	1	1	1
Sağlıklı	29	1	1	1

Tablo B.1'de sarı renk ile gösterilen deneğe ait YSA çıkışı hatalı sonuç (1) vermiştir. Oluşturulan YSA'da diğer deneklere ait giriş verilerine karşılık çıkışlar doğru olarak hesaplanmıştır.

EK-C

Tablo C.1. Laboratuvar test sonuçları ile oluşturulan YSA'nın çıkış katmanından elde edilen sonuçlar

Grup	Sıra No	Beklenen Çıkış	Test Sonucu	[-1;+1]
Hasta	43	0	0	-1,0000
Hasta	44	0	0	-1,0000
Hasta	45	0	1	1,0000
Hasta	46	0	0	-0,5566
Hasta	47	0	0	-1,0000
Hasta	48	0	0	-0,9994
Hasta	49	0	1	1,0000
Hasta	50	0	1	1,0000
Hasta	51	0	0	-0,8993
Hasta	52	0	0	-1,0000
Hasta	53	0	1	1,0000
Hasta	54	0	0	-1,0000
Hasta	55	0	0	-1,0000
Hasta	56	0	0	-1,0000
Hasta	57	0	0	-1,0000
Sağlıklı	23	1	1	1,0000
Sağlıklı	24	1	0	-1,0000
Sağlıklı	25	1	0	-0,5861
Sağlıklı	26	1	1	1,0000
Sağlıklı	27	1	0	-1,0000
Sağlıklı	28	1	1	1,0000
Sağlıklı	29	1	1	0,9999

Tablo C.1'de sarı renk ile gösterilen deneklere ait YSA çıkışları hatalı sonuç vermiştir. Oluşturulan YSA'da diğer deneklere ait giriş verilerine karşılık çıkışlar doğru olarak hesaplanmıştır.

Tablo C.2. SSR parametrelerinin laboratuvar test sonuçlarına eklenmesi ile oluşturulan YSA'nın çıkış katmanından elde edilen sonuçlar

Grup	Sıra No	Beklenen Çıkış	Test Sonucu	[-1;+1]
Hasta	43	0	0	-1,0000
Hasta	44	0	0	-0,9954
Hasta	45	0	1	0,9998
Hasta	46	0	0	-1,0000
Hasta	47	0	0	-0,9949
Hasta	48	0	0	-0,9463
Hasta	49	0	0	-0,3009
Hasta	50	0	0	-1,0000
Hasta	51	0	0	-1,0000
Hasta	52	0	0	-1,0000
Hasta	53	0	1	1,0000
Hasta	54	0	0	-1,0000
Hasta	55	0	1	0,0424
Hasta	56	0	0	-1,0000
Hasta	57	0	0	-0,9454
Sağlıklı	23	1	1	0,9998
Sağlıklı	24	1	1	0,3449
Sağlıklı	25	1	1	1,0000
Sağlıklı	26	1	1	1,0000
Sağlıklı	27	1	1	1,0000
Sağlıklı	28	1	1	1,0000
Sağlıklı	29	1	1	1,0000

Tablo C.2'de sarı renk ile gösterilen deneklere ait YSA çıkışları hatalı sonuç vermiştir. Oluşturulan YSA'da diğer deneklere ait giriş verilerine karşılık çıkışlar doğru olarak hesaplanmıştır.

EK-D

Tablo D.1. Fizyolojik ve laboratuvar test sonuçları ile oluşturulan YSA'nın çıkış katmanından elde edilen sonuçlar

Grup	Sıra No	Beklenen Çıkış	Test Sonucu	[-1;+1]
Hasta	43	0	0	-0,9974
Hasta	44	0	0	-1,0000
Hasta	45	0	0	-0,8388
Hasta	46	0	0	-0,9963
Hasta	47	0	0	-1,0000
Hasta	48	0	0	-0,9977
Hasta	49	0	1	1,0000
Hasta	50	0	0	-1,0000
Hasta	51	0	0	-1,0000
Hasta	52	0	0	-1,0000
Hasta	53	0	0	-0,2491
Hasta	54	0	0	-1,0000
Hasta	55	0	0	-1,0000
Hasta	56	0	0	-1,0000
Hasta	57	0	1	1,0000
Sağlıklı	23	1	0	-1,0000
Sağlıklı	24	1	0	-1,0000
Sağlıklı	25	1	1	1,0000
Sağlıklı	26	1	1	1,0000
Sağlıklı	27	1	0	-1,0000
Sağlıklı	28	1	1	1,0000
Sağlıklı	29	1	0	-1,0000

Tablo D.1'de sarı renk ile gösterilen deneklere ait YSA çıkışları hatalı sonuç vermiştir. Oluşturulan YSA'da diğer deneklere ait giriş verilerine karşılık çıkışlar doğru olarak hesaplanmıştır.

Tablo D.2. SSR parametrelerinin fizyolojik test sonuçlarına eklenmesi ile oluşturulan YSA'nın çıkış katmanından elde edilen sonuçlar

Grup	Sıra No	Beklenen Çıkış	Test Sonucu	[-1;+1]
Hasta	43	0	0	-1,0000
Hasta	44	0	1	1,0000
Hasta	45	0	0	-1,0000
Hasta	46	0	0	-1,0000
Hasta	47	0	0	-1,0000
Hasta	48	0	0	-1,0000
Hasta	49	0	1	1,0000
Hasta	50	0	0	-0,9002
Hasta	51	0	0	-1,0000
Hasta	52	0	1	0,8401
Hasta	53	0	1	1,0000
Hasta	54	0	0	-1,0000
Hasta	55	0	0	-1,0000
Hasta	56	0	1	1,0000
Hasta	57	0	1	1,0000
Sağlıklı	23	1	1	1,0000
Sağlıklı	24	1	0	-0,9492
Sağlıklı	25	1	0	-1,0000
Sağlıklı	26	1	1	1,0000
Sağlıklı	27	1	1	1,0000
Sağlıklı	28	1	1	0,9995
Sağlıklı	29	1	1	1,0000

Tablo D.2'de sarı renk ile gösterilen deneklere ait YSA çıkışları hatalı sonuç vermiştir. Oluşturulan YSA'da diğer deneklere ait giriş verilerine karşılık çıkışlar doğru olarak hesaplanmıştır.

Tablo D.3. SSR parametrelerinin fizyolojik ve laboratuvar test sonuçlarına eklenmesi ile oluşturulan YSA'nın çıkış katmanından elde edilen sonuçlar

Grup	Sıra No	Beklenen Çıkış	Test Sonucu	[-1;+1]
Hasta	43	0	0	-0,9985
Hasta	44	0	1	0,9990
Hasta	45	0	0	-0,9778
Hasta	46	0	0	-1,0000
Hasta	47	0	0	-1,0000
Hasta	48	0	1	1,0000
Hasta	49	0	0	-0,9968
Hasta	50	0	0	-1,0000
Hasta	51	0	0	-1,0000
Hasta	52	0	0	-0,9998
Hasta	53	0	0	-1,0000
Hasta	54	0	0	-1,0000
Hasta	55	0	0	-0,9215
Hasta	56	0	0	-1,0000
Hasta	57	0	1	1,0000
Sağlıklı	23	1	1	1,0000
Sağlıklı	24	1	1	1,0000
Sağlıklı	25	1	1	1,0000
Sağlıklı	26	1	1	1,0000
Sağlıklı	27	1	1	1,0000
Sağlıklı	28	1	1	0,9999
Sağlıklı	29	1	0	-0,9906

Tablo D.3'te sarı renk ile gösterilen deneklere ait YSA çıkışları hatalı sonuç vermiştir. Oluşturulan YSA'da diğer deneklere ait giriş verilerine karşılık çıkışlar doğru olarak hesaplanmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Özhan ÖZKAN, 26.06.1981'de Sakarya'da doğdu. İlk ve orta ve lise eğitimini Adapazarı'nda tamamladı. 1999 yılında Sakarya Atatürk Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi'nden mezun oldu. Lisans eğitimini 1999-2003 yılları arasında Sakarya Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde gördü. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 2003 yılında başladığı yüksek lisans eğitimini 2006 yılında tamamladı. 2006 yılında aynı anabilim dalında doktora eğitimine başlamış olup bununla birlikte 2004 yılından bu yana Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.