

## **FİBROMİYALJİ SENDROMUNUN TEŞHİSİNDE KULLANILAN LABORATUAR TESTLERİNİN SEMPATİK DERİ CEVABI PARAMETRELERİYLE DESTEKLENEREK TEŞHİS DOĞRULUĞUNUN ARTTIRILMASI**

**Özhan ÖZKAN<sup>1</sup>, Murat YILDIZ<sup>1</sup>, Etem KÖKLÜKAYA<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, SAKARYA

E-mail: [ozhan@sakarya.edu.tr](mailto:ozhan@sakarya.edu.tr)

### **ÖZET**

Bu çalışmada, Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde seçilen tanısı konmuş fibromiyalji sendromlu (FMS) hastalardan ve sağlıklı deneklerden laboratuvar ortamında alınan kan örneklerinin analiziyle elde edilen değerler ve yapılan sempatik deri cevabı (SSR) ölçümleri kaydedildi. Matlab yazılımı kullanılarak hesaplanan SSR parametreleri ve laboratuvar testleri ayrı ayrı yapay sinir ağlarıyla (YSA) analiz edilerek hastalığın teşhisinde doğruluk yüzdeleri çıkarıldı. Daha sonra bu iki veri grubu bir arada YSA ile analiz edildi ve FMS'nin teşhisinde SSR parametrelerinin etkisi incelendi.

**Anahtar Kelimeler:** Biyomedikal İşaret Analizi, Sempatik Deri Cevabı, Fibromiyalji Sendromu, Laboratuvar Testleri, Yapay Sinir Ağları

## **IMPROVING DIAGNOSTIC ACCURACY BY SUPPORTING THE LABORATORY TESTS WHICH USED FOR DIAGNOSIS OF FIBROMYALGIA SYNDROME WITH THE SYMPATHETIC SKIN RESPONSE PARAMETERS**

### **ABSTRACT**

In this study, values that were obtained from the blood samples results of Fibromyalgia syndrome (FMS) patients and healthy subjects in the laboratory conditions and the measurements of the sympathetic skin response (SSR) were recorded in Suleyman Demirel University, Faculty of Medicine. Calculated SSR parameters by using Matlab software and the laboratory tests were analyzed separately by artificial neural networks (ANN) and the percentage of accuracy in the diagnosis of FMS was extracted. Later, these two data groups were analyzed together by ANN and the effect of SSR parameters was investigated in the diagnosis of FMS.

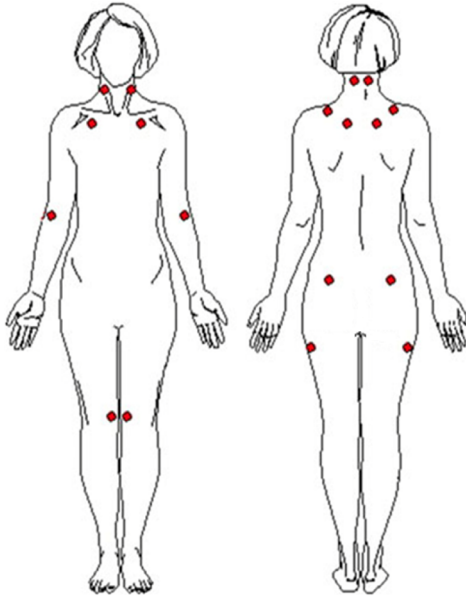
**Keywords:** Biomedical Signal Analysis, Sympathetic Skin Response, Fibromyalgia Syndrome, Laboratory Tests, Artificial Neural Networks

## I. GİRİŞ

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 [1].

Fibromiyalji sendromu (FMS), tıp dünyasında yaygın olarak görülen kronik ağrı sendromlarından biridir. En bilinen belirtileri hassas noktalar denilen vücudun belli noktalarında aşırı hassasiyet, kronik yaygın kas-iskelet ağrısı olan bir sendromdur [2, 3].

Hastalıkla ilgili yaygın ağrı terimi 1990 yılında Amerikan Romatoloji Birliği (ACR) tarafından en az üç aydır süren, vücudun sol yarısında, sağ yarısında, belin üst kısmında ve alt kısmında olan ağrı şeklinde tanımlanmış ve vücutta hastalığın etkilediği on sekiz hassas nokta belirlendi.



Şekil 1. Fibromiyalji sendromunda hassas noktaların dağılımı

Bu noktalar Şekil 1'de gösterilmektedir. Hastalığın teşhisinde bu on sekiz noktaya parmak ile basınç uygulamak suretiyle en az on bir noktada ağrı gözlemlenmesi hastanın FMS'li olduğu ile ilgili en önemli bulgudur [5]. Fakat kesin FMS tanısı hastaya uygulanan psikolojik testlerin sonucunda elde edilen skorların ve laboratuvar ortamında yapılan kan testleri sonuçlarının yorumlanmasından sonra konulmaktadır. Ancak tüm bu sonuçlara rağmen hastanın FMS'li olduğunu destekleyen ilave yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

FMS, görüldüğü gibi birçok parametrenin bileşenlerinden meydana gelmektedir. FMS'li hastalardaki en önemli

bulgularından biri olan otonom sinir sistemindeki (OSS) fonksiyon bozukluğundan hareketle sempatik deri cevabının (SSR) da FMS'nin teşhisinde etkili olabileceği düşünülmektedir [6]. Çünkü yapılan çalışmalar OSS'deki değişikliklerin SSR'yi etkilediğini göstermektedir [7,8]. Bununla birlikte 1990 ACR kriterlerine göre tanısı konulmuş FMS'li hastalarda SSR verileri ve psikolojik testlerin birbirlerini destekleyici sonuçlar verdiği gözlemlendi. Bu çalışmaların sonuçlarından yola çıkarak FMS'li hastalardan elde edilen laboratuvar sonuçları ile SSR verileri arasında da ilişki olabileceği düşünüldü, bu ilişki yapay sinir ağları (YSA) ile analiz edilerek incelendi ve hastalığın teşhisinde doğruluk yüzdeleri ortaya koyuldu.

## II. FMS-SSR-OSS İLİŞKİSİ

SSR, vücudun iç dinamiklerine bağlı olarak ortaya çıkan ya da dışarıdan bir uyarın uygulanması sonucunda görülen geçici değişken bir deri potansiyelidir. İnsanlarda SSR'yi etkileyen yapılar tam olarak bilinmemekle birlikte OSS fonksiyonlarının araştırılmasında kullanılabilir noninvazif bir yaklaşım olabileceği öne sürülmektedir [9]. Ancak SSR değişken olduğundan ve cevabı anormal kabul edebilmek için net kriterler olmadığından dolayı sonuçlar dikkatle yorumlanmalıdır [10].

Günümüzde geçerli olan prosedürler göz önüne alındığında otonomik ve sudomotor fonksiyon bozukluklarında elde edilen klinik bulgular ile yapılan SSR ölçümleri arasında kesin bir doğruluğa ulaşılamadı, bu durum da SSR'nin özellikle sudomotor fonksiyonları ile ilgili hastalıklarda bir teşhis metodu olarak kullanılmasını engelledi [11].

Kronik ağrı gelişiminde rol oynayan etkenlerden birisi de OSS değişiklikleridir [12]. Son yirmi yılda çelişkili sonuçlar olmakla birlikte birçok çalışma FMS'de OSS etkilenmesi olduğu sonucuna ulaşıldı. Bu çalışmalarla beraber OSS'ye etki eden hastalıklarda, hastalıklı olan bölgede SSR değerlerinde değişimler meydana geldiği de ortaya koyuldu [7,8]. Bu incelemeler sonucunda, elde edilen ölçüm değerlerinin soft-computing yöntemlerinden biri kullanılarak daha anlaşılır hale getirilebileceği kanısına varıldı [13].

FMS'li hastalarda otonomik fonksiyon bozukluğunu SSR analizi ile inceleyen bir çalışmada 24 FMS'li hasta ile 22 sağlıklı kontrolün verileri karşılaştırıldı ve avuç içi ile ayak tabanından kaydedilen SSR tepki gecikme süresinin FMS'li hastalarda uzadığı, ancak genliklerde anlamlı bir farklılık olmadığı bildirildi. İncelenen kayıtlarla FMS'li hastalarda hem sempatik hem de parasempatik sinir sisteminde (OSS'nin alt dalları) fonksiyon bozukluğu olduğu ve bu bozuklukların SSR analizi ile tespit edilebileceği sonucuna ulaşıldı[6].

Bu çalışmada SSR verilerinin analizi için kullanılması düşünülen birçok parametre arasından tepki gecikme süresi, maksimum genlik ve iki uyartım arası geçen süre parametrelerinin kullanılmasına karar verildi. Bu parametreler SSR ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır.

### III. KULLANILAN MATERYAL VE METOTLAR

Yapılan çalışmada kullanılan veritabanı Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Bölümü'nde oluşturuldu. Veritabanı, 1990 ACR kriterlerine göre tanısı konulmuş 57 FMS hastası ve 29 sağlıklı denekten alınan SSR ölçümlerinden oluşmaktadır. Ölçümler alınırken deneklerin sırtüstü yatar durumda ve olabildiğince rahat olmalarına; ölçüm alınan yerin de sessiz, elektromagnetik ortamdan uzak olmasına dikkat edildi. SSR ölçümleri elde edilmeden önce ölçümlerin daha anlamlı olabilmesi için SSR üzerinde etkili olan bazı parametrelerin (yaş, boy, ağırlık) sınır değerleri belirlenmiş olmalıdır [14]. Çalışmada ölçümlerin alındığı deneklerin yaş, boy ve ağırlıklarının bu sınırlar içerisinde kalmasına özen gösterildi. Deneklere ait bu özelliklerin sınırları ve ortalamaları Tablo 1'de verildi.

Tablo 1: Deneklerin fiziksel özellikleri

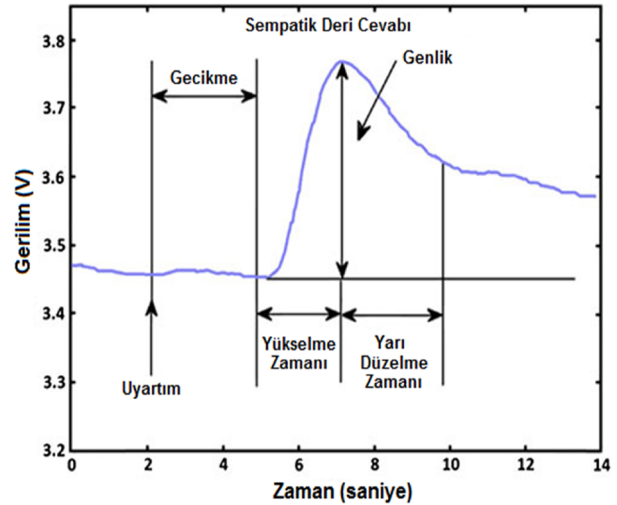
	Ortalama	Sınırlar
Yaş	44.9	20-66
Boy	161.1	149-186
Ağırlık	71.5	47-105

Cihazların tıbbi gereklere uygun olarak seçilen 12m<sup>2</sup> örtülü alan içerisinde AD Instruments ML870/P PowerLab8/30 (Chart Pro yazılımı dahil), AD Instruments PowerLab ML116 GSR Amplifikatör, AD Instruments MLT116P GSR parmak elektrodu ve uyarıcıdan oluşan ölçüm sistemi kullanılarak SSR'nin belirtilen parametreleri deneklerden alındı. Sistemin topraklaması gürültü faktörünü ortadan kaldıracak şekilde yeniden yapılandırıldı; kayıtlar, Chart Pro programı vasıtasıyla bilgisayar ortamına aktarıldı.

Uyarma için elektrotlar vasıtasıyla FMS'li hastalar ve sağlıklı denekler üzerinden 20 µA'lık bir akım geçişi sağlandı, bu akım değerine karşılık derideki geçici potansiyel değişimler ölçüldü ve kaydedildi. Kaydedilen bu verilerin Matlab'da analizi sonucunda SSR'nin tepki gecikme süresi, maksimum genlik ve iki uyartım arası geçen süre parametre değerleri elde edildi ve kaydedildi.

#### 3.1. SSR Parametreleri

Benzetimde kullanılan ve aşağıda kısaca tanımları verilen SSR'nin tepki gecikme süresi ve maksimum genlik parametreleri şekil 2'de gösterilmektedir.



Şekil 2. Örnek bir SSR dalga şekli

#### 3.1.1. SSR Tepki gecikme süresi (SSRLt)

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 uyarıcı artefaktı baz alınır. Uyarıcı artefaktı, uyarıcı akımın derideki yayılımı ile kayıt elektrotla ulaşmadan filtrelemeyle ilgili olarak başlangıç durumuna dönüşte gecikme olmasıdır. Yapılan çalışmada SSR tepki gecikme süresi, şekil 2'de gösterildiği gibi uyarıcı artefaktının başlangıcından sempatik deri cevabındaki değişimin başlangıç noktasına kadar geçen süre olarak alındı. SSR tepki gecikme süresi belirlenirken tüm uyartımlardan sonra oluşan tepki gecikme sürelerinin ortalaması alınarak tek değer kullanmak yerine elde edilen her süre başlı başına değer olarak kaydedildi ve YSA'da kullanılmış, böylece elde edilecek sonuçların daha sağlıklı olması amaçlandı.

Genel olarak SSR tepki gecikme süresi (sn),

$$SSRLt = Rt - St \quad (1)$$

formülüyle hesaplanır. Denklemde Rt, uyartımdan sonra işaretin genlik değerinin 150 µV'u aştığı ilk andaki anlık zaman (sn); St ise uyartımın insan vücudu tarafından algılandığı andaki anlık zaman değeridir (sn).

Yapılan çalışmada ise,

$R_t(k)$ : k. uyardımdan sonra SSR işaretinin genlik değerinin  $150 \mu V$ 'u aştığı andaki anlık zaman değeri (sn),  
 $V_{max}$ : Uyardımlar arası maksimum genlik değeri ( $\mu V$ ),  
 $V_{min}$ : Uyardımlar arası minimum genlik değeri ( $\mu V$ ),  
 $t_{V_{max}}$ : Uyardımlar arası maksimum genliğin oluştuğu andaki anlık zaman (sn)  
 $t_{V_{min}}$ : Uyardımlar arası minimum genliğin oluştuğu andaki anlık zaman (sn) olmak üzere;

$$t_{V_{max}} \cdot V_{max} \{ R_t(k): R_t(k+1)-1 \}$$
$$t_{V_{min}} \cdot V_{min} \{ R_t(k)+1: R_t(k)+t_{V_{max}} \}$$

olarak ifade edildi. Sonuç olarak SSRLt ise;

$$SSRLt = (t_{V_{min}} + 1) \cdot 50 \cdot 10^{-6} \quad (2)$$

formülüyle hesaplandı.

### 3.1.2. Maksimum genlik (SSRMaxA)

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 vermedi ya da hasta ve kontrol grupları arasında genlik değeri açısından herhangi bir değişiklik gözlemlenemediği durumlar oldu. Ancak yine de genlik değerleri, hastalığın SSR ile ilişkisinin belirlenmesinde kontrol edilmesi gereken bir parametredir. Yapılan çalışmada maksimum genlik değeri, iki uyardım arasında elde edilen en büyük potansiyel değişim baz alınarak elde edildi. Genlik değerlerinin ortalaması alınarak tek bir değer olarak kullanılmadı, daha doğru sonuçlar elde etmek için her uyardımdan sonra oluşan maksimum genlik değerleri ayrı ayrı kaydedildi ve YSA'da hastalığın sınıflandırması için kullanıldı.

### 3.1.3. İki uyardım arasında geçen süre (SSRTT)

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

### 3.2. Laboratuvar Testleri

FMS'nin teşhis edilmesinde belirlenmiş özel bir laboratuvar testi yoktur. Ancak sendromun benzer semptomlara sahip diğer romatolojik ve nörolojik rahatsızlıklardan ayırt edilmesinde özellikle romatoid faktör (RF), C-reaktif protein (CRP), beyaz kan hücresi sayısı (WBC), hemoglobin sayısı

(HB), platelet (trombosit) sayısı (PLT) ve sedimantasyon (sedim) testlerine başvurulduğu için bu kan testleri hastalığın teşhisinde destekleyici olarak rol oynarlar.

## IV. ÇOK KATMANLI İLERİ BESLEMELİ YAPAY SİNİR AĞLARI

Çok katmanlı ileri beslemeli bir yapay sinir ağı (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 değişiklik olmadan gizli katmandaki hücrelere iletir. Yani bilgi sadece gizli katmanda ve çıkış katmanında işlenir.

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

Bu tip bir ağın çalışma prosedürü genel anlamda aşağıdaki gibidir:

Eğitim seti ve test seti için örnekler toplanır. Girdi ünitesi sayısı, gizli katman sayısı ve katmanlarda kaç tane nöron kullanılacağı belirlenir. Ağın öğrenme katsayısı, toplama ve aktivasyon fonksiyonları, momentum katsayısı gibi parametreler belirlenir. Test verileri ağa gösterilir. Gizli ve çıkış katmanına sunulan bilgilere karşılık ağın çıktısı hesaplanır. Beklenen çıktı değeri kabul edilebilir hata oranına ulaşıncaya kadar katmanların ağırlıkları güncellenerek eğitime devam edilir. Ağırlıkların güncellenmesi işlemi seçilen öğrenme kuralına ve öğrenme algoritmasına uygun olarak yapılır. Kabul edilebilir hata ile çıktının hesaplanmasıyla eğitim tamamlanmış olur. Test aşamasında ise ağa daha önce gösterilmemiş olan test verileri ağa gösterilerek ağın performansı ölçülür [15].

## V. LEVENBERG-MARQUARDT ALGORİTMASI

Temel olarak Levenberg-Marquardt (LM) algoritması, maksimum komşuluk fikri üzerine kurulmuş bir en küçük kareler hesaplama metodudur. Bu algoritma, Gauss-Newton ve Steepest-Descent (Geri Yayılım) algoritmalarının en iyi özelliklerinden oluşur ve bu iki metodun kısıtlamalarını da ortadan kaldırır.

Gauss-Newton metodunda karşılaşılan problemlerden biri yaklaşık Hessian matrisinin tersinin hesaplanamaması durumudur. Bu problemin çözümü için Levenberg-Marquardt algoritmasında H Hessian matrisine küçük bir  $\mu$  sabiti eklenir,

$$H(W) = J_W^T \cdot J(W) + \mu \cdot I \quad (3)$$

Denklemdaki  $I$  birim matris ve  $\mu$  ise küçük bir sabit sayıdır.  $W$  ise tüm ağırlıklardan oluşturulan satır vektörüdür ve şu şekilde ifade edilebilir:

$$W = [W_1 \dots W_j \dots W_k] \quad (4)$$

$J(W)$  Jacobian matrisidir, hataların ağırlık ve bias değerlerine göre birinci mertebeden türevlerini içerir ve şu şekilde hesaplanır:

Anlık hata, sütun vektörü ve anlık performans fonksiyonu  $E(W, n)$ , hataların karelerinin toplamı olmak üzere,

$$e(W, n) = d(n) - y(n) = [\varepsilon_1 \dots \varepsilon_k \dots \varepsilon_m] \quad (5)$$

$$E(W, n) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m \varepsilon^2(n) = \frac{1}{2} \cdot \varepsilon(n) \cdot \varepsilon^T(n) \quad (6)$$

eşitliğiyle elde edilir. Toplam performans  $J(W)$ , yani ortalama karesel hata,

$$J(W) = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^N E(W, n) \quad M = mN \quad (7)$$

olmaktadır. Ağırlıkların güncellenmesi Gauss-Newton metodundan farklı olarak aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\Delta W = -\varepsilon^T(W) \cdot J(W) \cdot (J^T(W) \cdot J(W) + \mu \cdot I)^{-1} \quad (8)$$

Buradaki  $\Delta W$ , ağırlıkların değişim miktarıdır.

Bu algoritmanın çalışması genel olarak şu şekilde özetlenebilir:

- 1-Performans fonksiyonu  $E(W, n)$  hesaplanır,
- 2-Küçük bir  $\mu$  değeriyle başlanır ( $\mu = 0.01$ ),
- 3- $\Delta W$  hesaplanarak, performans fonksiyonunun bir sonraki değeri hesaplanır,
- 4-Performans fonksiyonunun bir sonraki değeri, şimdiki değerinden büyükse  $\mu$  10 kat artırılır,
- 5-Performans fonksiyonunun bir sonraki değeri, şimdiki değerinden küçükse  $\mu$  10 kat azaltılır,
- 6-Ağırlıklar güncellenir ve 3 adımına gidilir.

Özet olarak, ağırlıklara başlangıç değerleri atanır ve hataların kareleri toplamının hesaplanmasıyla işleme devam edilir. Her hata terimi, hedef çıkış ile gerçek çıkış arasındaki farkın karesini ifade eder. Bütün veri seti için hata terimlerinin tamamının elde edilmesiyle ve ağırlık vektörünün 1. adımdan 5.adıma kadar olan Levenberg-Marquardt metodu adımlarının uygulanmasıyla öğrenme sağlanır [16,17].

## VI. BENZETİM SONUÇLARI

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 toplam 22 denekten alınan verilerle oluşturuldu. YSA'da laboratuvar testleri ve SSR parametreleri hem ayrı ayrı hem de bir arada analiz edildi. Sadece laboratuvar testlerinin YSA ile analiz edilerek FMS'nin teşhisinde doğruluk yüzdesinin hesaplanması kısmında 6 nörondan oluşan bir giriş katmanlı, 22 nörondan oluşan bir gizli katmanlı ve 1 nörondan oluşan bir çıkış katmanlı MLFFNN ağı kullanıldı. Diğer yandan sadece SSR parametreleri analiz edilirken kullanılan MLFFNN ağı 3 nöronlu bir giriş katmanı, 11 nöronlu bir gizli katman ve yine 1 nöronlu bir çıkış katmanından oluşmaktadır. Son olarak her iki veri grubunun bir arada kullanıldığı MLFFNN ağına ise 9 nörondan oluşan bir giriş katmanı, 35 nörondan oluşan bir gizli katman ve 1 nöronlu bir çıkış katmanı vardır. Çıkış katmanında hasta denekler için "1", sağlıklı denekler için "2" değeri alındı. Gizli ve çıkış katmanında tansiyon aktivasyon fonksiyonu tercih edildi. Öğrenme kuralı olarak leangdm gradyan azaltma yöntemi kullanıldı. Öğrenme oranı (LR) 0.09 ve momentum katsayısı (MC) 0.1 alındı. Öğrenme algoritması olarak ise Levenberg-Marquardt (LM) öğrenme algoritması tercih edildi. Her üç durum için de gizli katmanda 8 ile 50 arasında nöron denendi ve en iyi eğitim sonuçlarına (%100) ulaşılan nöron sayıları arasından test verilerinin analizindeki doğruluk yüzdesini en yüksek yapan nöron sayısı seçildi ve kaydedildi. Şekil 3, şekil 4 ve şekil 5'te çalışmada kullanılan YSA yapıları görülmektedir.

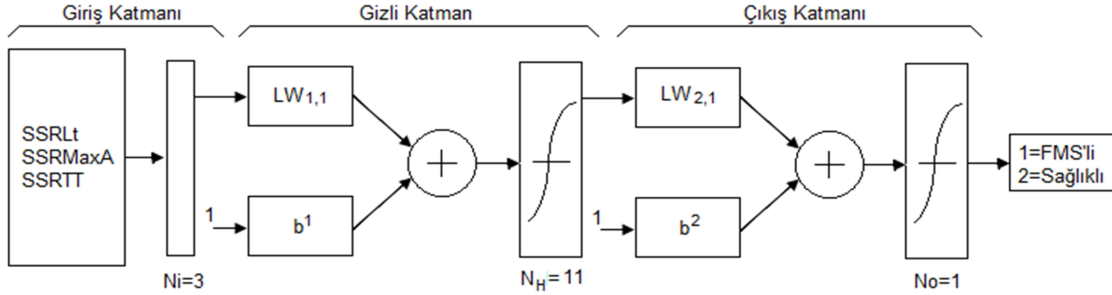
Verilerin YSA ile analizi sonucunda FMS'nin teşhisi için elde edilen doğruluk yüzdeleri aşağıdaki şekilde hesaplandı:

$$\% \text{ Doğruluk} = \frac{\text{Doğru tespit edilen denek sayısı}}{\text{Toplam Denek sayısı}} \times 100 \quad (9)$$

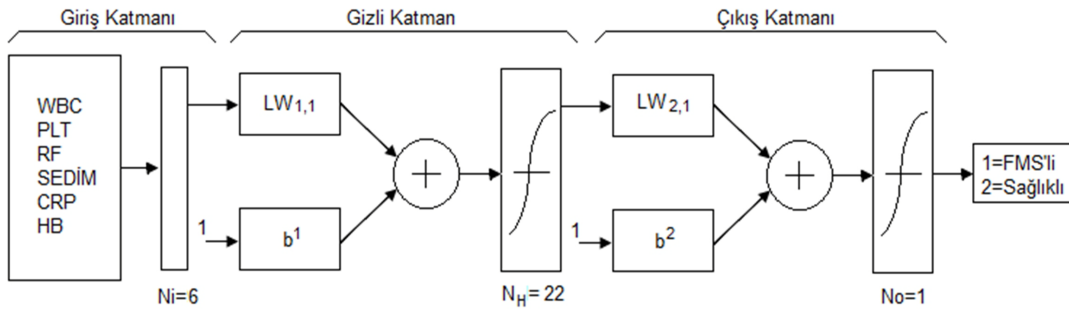
Yapılan çalışmayla ilgili benzetim sonuçları Tablo 2'de görülmektedir. Buna göre çalışmanın her üç adımında da eğitimde kullanılan 64 verinin doğruluk yüzdesi %100 iken test verilerinin analiz doğruluk yüzdelerinin maksimum değerleri bulunmaya çalışıldı. Çalışmanın ilk adımında laboratuvar testlerinin YSA ile analiz edilerek hastalık teşhisine ilişkin doğruluk yüzdesi %68.2 olarak hesaplandı. Bu adımda 15 hasta test verisinin 11'inde çıkış katmanında ulaşılmak istenilen "1" değeri elde edilirken 4 hasta deneğin verisi sağlıklı olarak bulundu ve hata olarak kaydedildi. Diğer yandan 7 sağlıklı test verisinin 4'ünde doğru sonuç elde edilirken 3 veride hata yapıldı. Çalışmanın ikinci adımında ise SSR parametre verilerinin YSA ile analiz edilmesi sonucunda %54.5'lik doğruluk oranına ulaşıldı. Bu adımda 15 hastanın 9'unda, 7 sağlıklı deneğin 3'ünde doğru sonuç elde edildi. Çalışmanın son adımında ise SSR ve

laboratuvar test verileri bir arada kullanıldı. Bunun sonucunda 15 hasta test verisinin 12'si doğru bulunurken 3 tanesinde hatalı sonuç elde edildi ve doğruluk yüzdesi %80 olarak bulundu. Diğer yandan sağlıklı test verilerinin

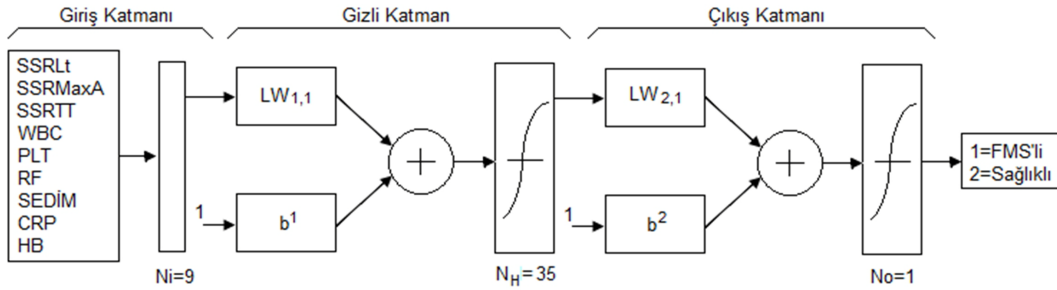
tamamı doğru bulunarak %100 başarıya ulaşıldı. Sonuç olarak son adımda, hasta ve sağlıklı denek verilerinin birlikte kullanılarak elde edilen toplam test başarı yüzdesi %86.4'tür.



Şekil3. Sadece SSR parametrelerinin kullanıldığı YSA ağı



Şekil4. Sadece laboratuvar testlerinin kullanıldığı YSA ağı



Şekil5. Laboratuvar testlerinin ve SSR parametrelerinin bir arada kullanıldığı YSA ağı

Tablo 2. Benzetim sonuçları

	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
Toplam			<b>100</b>			<b>68.2</b>
	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
Toplam			<b>54.5</b>			<b>86.4</b>



## VII. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada fibromiyalji sendromunun teşhisinde dikkate alınan laboratuvar test verilerinin, SSR'nin belirlenen parametreleri ile desteklenerek teşhise yönelik doğruluk yüzdesinin arttırılması amaçlandı. Benzetimde yalnız laboratuvar test verileri kullanıldığında elde edilen doğruluk başarısı %68.2 iken SSR parametreleri ilave edilerek yapılan benzetimde bu sonuç %86.4 olarak bulundu. YSA ile analiz sonucunda elde edilen %68.2'lik doğruluk başarısı laboratuvar testlerinin FMS'nin teşhisinde doğrudan kullanılabilir bir metot olamayacağı ancak teşhise yardımcı unsurlardan biri olduğu görüşünü desteklemektedir. Bununla birlikte SSR için elde edilen %54.5'lik doğruluk yüzdesine bakılarak FMS'nin teşhisinde SSR'nin tek başına ayırt edici bir parametre olamayacağı; SSR verileri laboratuvar testlerine eklenerek YSA ile analiz edilmesi sonucunda elde edilen %86.4'lük teşhis doğruluk yüzdesi ise SSR'nin destekleyici unsura ait doğruluk yüzdesini arttırdığı ve bu unsur ile birlikte değerlendirildiğinde daha anlamlı sonuçlar verdiği görüldü. Bu sebeple SSR parametrelerinin FMS'nin teşhisinde dikkate alınmasının hastalığın teşhisiyle ilgili doğruluk yüzdesini arttırmada önemli olduğu sonucuna ulaşıldı.

Konu ile ilgili ilerleyen zamanlarda yapılacak çalışmalarda denek sayısı arttırılarak, FMS'nin teşhisinde kullanılan diğer parametreler (psikolojik ve fiziksel testler) göz önüne alınarak, SSR'nin yeni parametreleri çıkarılarak ve elde edilecek yeni verilerin YSA, veri madenciliği vb. gibi metotlar ile analizi sonucunda daha da anlamlı sonuçlar elde edilebilir.

## VIII. BİLGİ

Bu çalışma 108E036 numaralı, "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 ve 2009-50-02-016 numaralı, "İnsan vücudundan SSR işaretlerinin incelenmesi ve işaretlerin analizi ile hastalıklarda teşhis amaçlı kullanılması" isimli lisansüstü tez projesi kapsamında Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (SAÜ-BAPK) tarafından desteklendi.

## IX. KAYNAKLAR

- [1] Çeliker, R., "Kronik Ağrı Sendromları-Derleme", Türkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi, 51(2): 14-18, 2005.  
[2] Krypel, L.L., "Fibromyalgia: A Review of Its Pathophysiology and Drug Treatment", Journal of Pharmacy Practice, 22: 6-16, Feb. 2009.

- [3] Eisinger, J., "Dysautonomia, fibromyalgia and reflex dystrophy", Arthritis Res. Ther., 9(4):105, 2007.  
[4] Fietta, P., Fietta, P., Manganelli, P., "Fibromyalgia and psychiatric disorders", Acta Biomed., 78(2): 88-95, Aug. 2007.  
[5] 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.  
[6] Ulaş, U.H., Unlu, E., Hamamcioğlu, K., Odabaşı, Z., Cakıcı, A., Vural, O., "Dysautonomia in fibromyalgia syndrome: sympathetic skin responses and RR interval analysis", Rheumatol Int., 26: 383-387, 2006.  
[7] Vaerøy, H., Qiao, Z.G., Mørkrid, L., Førre, O., "Altered sympathetic nervous system response in patients with fibromyalgia (fibrositis syndrome)", J Rheumatol., 16(11): 1460-1465., Nov. 1989.  
[8] Özkan, Ö., Yıldız, M., Bilgin, S., Köklükaya, 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, 2010.  
[9] Aygül, R., Ulvi, H., Deniz, O., "Normallerde sempatik deri cevabı dalga formları", İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, 12(2): 77-82, 2005.  
[10] Hilz, M.J., Dütsch, M., "Quantitative studies of autonomic function", Muscle Nerve., 33(1):6-20, Jan 2006.  
[11] 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.  
[12] Berker, E., Dinçer N., "Kronik ağrı ve rehabilitasyonu", Ağrı Dergisi, 17(2): 10-16, 2005.  
[13] Lee, C., Yoo, S.K., Park, Y., Kim, N., Jeong, K., Lee, B., "Using neural network to recognize human emotions from heart rate variability and skin resistance", Proceedings of the 2005 IEEE, Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, Shanghai, China, September 1-4, 2005.  
[14] Okuda-Matsuoka, H., Tanaru, T., Mano, Y., Takayanagi, T., "Sympathetic skin responses in the face by magnetic stimulation of the neck", Rinsho Shinkeigaku, 36(10): 1190-1192, 1996.  
[15] Öztemel, E., "Yapay Sinir Ağları", Papatya Yayıncılık, 2003.  
[16] Sağıroğlu, Ş., Beşdok, E., Erler, M., Mühendislikte yapay zeka uygulamaları-I, Ufuk Kitap Kırtasiye-Yayıncılık Tic. Ltd., 2003.  
[17] The MathWorks, Inc., MATLAB® Documentation Neural Network Toolbox Help, "Levenberg-Marquardt Algorithm", Release 2009a, 2009.