

T.C.
KIRIKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

PEDİATRİK HASTALARDA ÜROFLOVMETRE VE EMG SİNYALLERİNİN
YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANILARAK SINIFLANDIRILMASI

Ozan ÇALIŞKAN

AĞUSTOS 2018

Elektrik – Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Ozan ÇALIŞKAN tarafından hazırlanan PEDİATRİK HASTALARDA ÜROFLOVMETRE VE EMG SİNYALLERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANILARAK SINIFLANDIRILMASI adlı Yüksek Lisans Tezinin Anabilim Dalı standartlarına uygun olduğunu onaylarım.

Prof.Dr.Nihat İNANÇ
Anabilim Dalı Başkanı

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

Dr.Öğr.Üyesi Fikret YALÇINKAYA
Danışman

Prof.Dr.Osman EROĞUL
Eş Danışman

Jüri Üyeleri

Başkan	:	_____
Üye (Danışman)	:	_____
Üye (Eş Danışman)	:	_____
Üye	:	_____
Üye	:	_____
	/...../.....

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

Prof.Dr.Mustafa YİĞİTOĞLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Yüksek lisans öğrenciliğim boyunca büyüyen, okullu
olan ve bana daha fazla ilim öğrenmem için çalışma azmi
veren evlatlarım Nilüfer ve Mert'e



ÖZET

PEDİATRİK HASTALARDA ÜROFLOVMETRE VE EMG SİNYALLERİNİN YAPAY SİNİR AĞLARI KULLANILARAK SINIFLANDIRILMASI

ÇALIŞKAN, Ozan

Kırıkkale Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Fikret YALÇINKAYA

Eş Danışman: Prof. Dr. Osman EROĞUL

Ağustos 2018, 76 sayfa

Çocuklarda üroflovetri uygulaması ile ilgili çalışmalar bu güne kadar geniş ilgi ve kullanım alanı bulmuştur. AR-GE süreci, üroflovetri (UF) ve anal sfinkter elektromiyografi (sEMG) sinyallerinin eşzamanlı olarak kaydedildiği UF-sEMG tekniğinin, medikal tanı ve tedavi aşamasında büyük faydalar sağladığını göstermiştir. Süreç içerisinde “çocuklarda anal sfinkter EMG ve ürodinaminin birlikte kullanımı ile disfonksiyonel belirtiler arasındaki ilişkiyi” konu alan çalışmalara yer verilmiştir.

UF-sEMG testinin girişimsel olmaması (noninvaziv), maliyetinin düşük, uygulama ve yorumlanmasının kolay olması gibi avantajları sayesinde, alt üriner sistem disfonksiyonu (AÜSD) hastalıklarının teşhisi ve tedavisinin takibinde UF-sEMG testine sıklıkla başvurulmaktadır.

Literatürde, UF sinyalleri hem bağımsız hem de sEMG sinyalleri ile birlikte birçok defa derecelendirilmiştir. UF sinyallerinin Yapay Sinir Ağları (YSA) ile

sınıflandırılmasına dair çalışmalar yapılmış olmasına karşın, UF-sEMG sinyallerinin YSA ile sınıflandırıldığı bir çalışma bulunmamaktadır.

Bu tez çalışmasında, Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Ürodinami Merkezinde, pediatrik hastaların UF-sEMG test sonuçları ile oluşturulan **yeni derecelendirme metodunun** YSA kullanılarak sınıflandırılması ve verifikasyonu gerçekleştirilmiştir.

Yaş ortalaması 8 olan (1-14) 967 hasta verisinden 773 adedi (%80) YSA'nın eğitimi, 194 adedi (%20) ise YSA sonuçlarının hekim tanılarıyla karşılaştırılması için test amaçlı olarak kullanılmıştır.

Pediatrik hastalara ait eş zamanlı kaydedilmiş UF ve sEMG sinyallerinden elde edilen öznitelikler Matlab R2016a ile yazılmış kodlar vasıtasıyla çıkarılmıştır. YSA'da giriş olarak kullanılmak üzere her bir hastanın UF sinyalinden 5 adet, sEMG sinyalinden bir adet öznitelik verisine yer verilmiştir. Ayrıca YSA'da yaş ve cinsiyet bilgisi de kullanılmıştır. Daha sonra sEMG sinyalinden elde edilen özneliğin kullanılmadığı başka bir YSA oluşturulmuştur. Bu iki YSA karşılaştırıldığında, sEMG sinyali katkısının doğru tahmin başarısını %58,25'ten %82,99 seviyelerine getirdiği görülmüştür.

Elde edilen sonuçlar; hastaların tanı, takip ve tedavi sürecinde sağlık personeline UF-sEMG sonuçlarını yorumlamada kolaylık sağlamayı, sağlık hizmetine ulaşma imkânı daha az olan bölgelerdeki çocuk hastalara, erken ve kolay ön tanı konularak uygun tedaviye yönlendirme imkânı sağlamayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağları; Üroflovmetre; Sfinkter EMG; Sınıflandırma; Pediatri; Eş Zamanlı Üroflovmetre ve sEMG Sinyali

ABSTRACT

CLASSIFICATION OF UROFLOWMETRY AND EMG SIGNALS OF PEDIATRIC PATIENTS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS

ÇALIŞKAN, Ozan

Kırıkkale Universty

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Electrical and Electronics Engineering, P. G. Thesis

Supervisor: Asst. Prof. Fikret YALÇINKAYA

Co-Supervisor: Prof. Osman EROĞUL

August 2018, 76 pages

Studies on uroflowmetry in children have found wide interest and usage in the meantime. In children, the relationship between dysfunctional symptoms and the combined use of anal sphincter EMG (sEMG) and urodynamic has been studied. Improvements over time has shown that the UF-sEMG assay, in which uroflowmetry (UF) and sphincter electromyography (sEMG) signals are simultaneously recorded, provides great benefits in the medical diagnosis and treatment phase.

The UF-sEMG test is frequently used in the diagnosis and treatment of lower urinary tract dysfunction (LUTD) disease due to its advantages such as noninvasiveness, low cost, and ease of application and interpretation.

In the literature, UF signals are graded standalone independently and with sEMG signals many times together. Although studies have been carried out to classify UF signals with Artificial Neural Networks (ANN), there is no classification study with the ANN in which UF-sEMG signals are used jointly.

This thesis aims to classify and verify via Artificial Neural Networks the **new grading method**, developed at the Urodinami Center of Gülhane Education and Research Hospital by using UF-sEMG test results of pediatric patients.

773 of the 967 patients (age 1-14) with a mean age of 8 (80%) were used for the training of the ANN, and 194 (20%) were used for the test to compare the ANN results with the physician diagnoses.

Attributes were extracted using Matlab R2016a from simultaneously acquired UF and sEMG signals from pediatric patients. While 5 attributes were extracted from the UF signals, only one attribute was derived from the sEMG signals for ANN inputs. In addition, age and gender information was also used in YSA. Then second ANN was created in which the feature obtained from the sEMG signal was not used as an input. When the outcome of these two ANN were compared, it was found that the sEMG signal contribution improves the accuracy of prediction from 58,25% to 82,99%.

Obtained results aim to provide ease in interpreting the results of UF-sEMG in the diagnosis, follow-up and treatment of the patients and to provide the possibility of directing appropriate treatment by making preliminary diagnosis easier and early diagnosis of children in regions with less access to health care.

Key Words: Artificial Neural Networks; Uroflowmeter; Sphincter EMG; Classification; Pediatrics; Simultaneous Uroflowmeter and sEMG Signals

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması esnasında bilgisini ve desteğini paylaşmaktan çekinmeyen danıőmanlarım Sayın Prof. Dr. Osman EROĞUL ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Fikret YALÇINKAYA'ya katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca Davraz Yaőam Hastanesi Üroloji Klinięinde görevli Prof. Dr. H. Cem IRKILATA, Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Üroloji Klinięinde görevli Uzm. Dr. Emrah COĞUPLUGİL ve Kuru Hastanesi Üroloji Klinięinde görevli Uzm. Dr. Burak KÖPRÜ'ye teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
KISALTMALAR DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel	1
1.2. Alt Üriner Sistem	3
1.2.1. Alt Üriner Sistem Anatomisi	3
1.2.2. Alt Üriner Sistem Fizyolojisi ve Miksiyon	4
1.3. Üroflovetri-Elektromiyografi Testi	5
1.3.1. Üroflovetri Kullanım Amacı ve Çalışma Prensibi	7
1.3.2. Elektromiyografi Kullanım Amacı ve Çalışma Prensibi	8
1.4. Yapay Sinir Ağları (YSA)	9
1.4.1. Genel	9
1.4.2. YSA'nın Tarihçesi	10
1.4.3. YSA Kullanım Alanları	11
1.4.4. Biyolojik Sinir Hücresi Yapısı	12
1.4.5. YSA'nın Yapısı	13

1.4.6. YSA'nın Temel Bileşenleri	14
1.4.6.1. Girdiler	15
1.4.6.2. Ağırlıklar	15
1.4.6.3. Birleştirme Fonksiyonu	15
1.4.6.4. Aktivasyon Fonksiyonu	16
1.4.6.5. Çıktılar	19
1.4.7. YSA Öğrenme Türleri	19
1.4.7.1. Öğretmenli Öğrenme	20
1.4.7.2. Öğretmensiz Öğrenme	20
1.4.7.3. Yarı Öğretmenli Öğrenme	20
1.4.8. YSA Öğrenme Kuralları	20
1.4.8.1. Çevrimiçi (Online) Öğrenme Kuralları	21
1.4.8.2. Çevrimdışı (Offline) Öğrenme Kuralları	21
1.4.8.3. Öğrenme Kurallarından Bazıları	21
1.4.8.3.1. Hebb Kuralı	21
1.4.8.3.2. Hopfield Kuralı	22
1.4.8.3.3. Kohonen Kuralı	22
1.4.8.3.4. Delta Kuralı	22
1.4.9. Ağ Yapılarına Göre YSA	22
1.4.9.1. İleri Beslemeli YSA	23
1.4.9.2. Geri Beslemeli YSA	23
1.4.10. Katmalarına Göre YSA	24

1.4.10.1. Tek Katmanlı Algılayıcılar	24
1.4.10.1.1. Basit Algılayıcı (Perceptron)	24
1.4.10.1.2. Tekli Yinelemeli Algılayıcı (Adaline)	25
1.4.10.1.3. Çoklu Yinelemeli Algılayıcı (Madaline) ...	25
1.4.10.2. Çok Katmalı Algılayıcılar	26
2. MATERYAL VE YÖNTEM	27
2.1. Öznitelik Çıkarım Yöntemleri	29
2.1.1. Sfinkter EMG Aktivitesi (sEMG).....	29
2.1.2. Üroflow Eğrisinin Tepe Sayısı	30
2.1.3. Üroflow Eğrisinin Birden Fazla Sıfıra İnmiş Olma Durumu	30
2.1.4. Miksiyonun Maksimum Akış Hızı	30
2.1.5. Miksiyonun Maksimum Akış Hızına Ulaşma Süresi	31
2.1.6. Miksiyonun Ortalama Akış Hızı	31
2.1.7. Cinsiyet	31
2.1.8. Yaş	31
2.2. Geri Yayılım Algoritması ile YSA Eğitimi	32
2.3. Tanı Derecelendirme Sistemi	36
2.3.1. Derece 0 (Grade 0)	36
2.3.2. Derece 1 (Grade 1)	37
2.3.3. Derece 2 (Grade 2)	38
2.3.4. Derece 3 (Grade 3)	39
2.3.5. Derece 4 (Grade 4)	40

2.3.6. Derece NonEMG (Grade NonEMG)	41
2.3.7. Hatalı Görülen EMG (Artefakt)	42
2.4. Matlab R2016a Kullanımı	44
3. BULGULAR	51
3.1. ROC Analizi	54
4. SONUÇ ve ÖNERİLER	58
KAYNAKLAR	60
EKLER	63
EK 1 Matlab R2016a'da Yazılmış Öznitelik Çıkarım Kodları	63
EK 2 Öznitelik Çıkarım Akış Şeması	66
EK 3 YSA Test Verileri ve ROC Analizi Verileri	69
EK 4 UF-sEMG Sinyallerinin Sınıflandırılmasını Gösteren Blok Şema.....	76

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>ÇİZELGE</u>	<u>Sayfa</u>
2.1. Yapay Sinir Ağı Giriş Seti	28
2.2. Öznitelik Çıkarım Kuralları	32
2.3. Derece 0 (Grade 0)'a ait Örnek Şekilden Elde Edilen Öznitelikler	37
2.4. Derece 1 (Grade 1)'e ait Örnek Şekilden Elde Edilen Öznitelikler	38
2.5. Derece 2 (Grade 2)'ye ait Örnek Şekilden Elde Edilen Öznitelikler	39
2.6. Derece 3 (Grade 3)'e ait Örnek Şekilden Elde Edilen Öznitelikler	40
2.7. Derece 4 (Grade 4)'e ait Örnek Şekilden Elde Edilen Öznitelikler	41
2.8. Derece NonEMG (Grade NonEMG)'ye ait Örnek Şekilden Elde Edilen Öznitelikler	42
2.9. Hatalı Görülen EMG (Artefakt)'ye ait Örnek Şekilden Elde Edilen Öznitelikler	43
2.10. Örnek Gösterilen Tüm Derecelere Ait Öznitelikler	43
3.1. YSA ile Sınıflandırılan UF-sEMG Verilerinin Adedi ve Sınıflandırma Doğruluğu	52
3.2. Öznitelik olarak sEMG kullanılmadan sınıflandırılan verilerin adedi ve sınıflandırma doğruluğu	53
3.3. Hasta Verilerinin Hekim Teşhisi ve YSA Sonucuna Göre Karşılaştırılması	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Alt Üriner Sistemin Başlıca Elemanları [13]	3
1.2. Alt Üriner Sistem İşeme Fizyolojisi [16]	5
1.3. Yüzeysel Elektrot Yerleşimi [16]	6
1.4. UF-sEMG Test Odası [17]	7
1.5. Zamana Bağlı İdrar Akım Hızı Ölçümü [20]	8
1.6. EMG Aktivitesi Kaydedilişi Blok Diyagramı	8
1.7. EMG Ölçümü (a) ve (b) [22]	9
1.8. Biyolojik Sinir Hücresi [26]	13
1.9. Yapay Sinir Ağlarının Basit Gösterimi [27]	14
1.10. Yapay Sinir Ağlarının Temel Bileşenleri [28]	15
1.11. Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu	17
1.12. Lineer Aktivasyon Fonksiyonu	18
1.13. Step Aktivasyon Fonksiyonu	18
1.14. Tanjant Hiperbolik Aktivasyon Fonksiyonu	19
1.15. Örnek İleri Beslemeli Ağ	23
1.16. Örnek Geri Beslemeli Ağ	24
1.17. Tekli Yinelemeli Algılayıcı (Adaline)	25
1.18. Çoklu Yinelemeli Algılayıcı (Madaline)	26
1.19. Örnek Çok Katmalı Algılayıcı	26
2.1. Örnek Üroflow Grafiği	27
2.2. MMS marka Solar Uroflow model cihaz [30]	28
2.3. MMS marka Solar Uroflow Model Cihaz Blok Diyagramı	29

2.4.	Örnek Geri Yayılımlı YSA	33
2.5.	Geri Yayılım Algoritması Öğrenme Eğrisi	35
2.6.	Geri Yayılım Algoritması Eğitim Blok Şeması	36
2.7.	Derece 0 (Grade 0)'a ait Örnek Eğri Şekli [20]	36
2.8.	Derece 1 (Grade 1)'e ait Örnek Eğri Şekli [20]	37
2.9.	Derece 2 (Grade 2)'ye ait Örnek Eğri Şekli [20]	38
2.10.	Derece 3 (Grade 3)'e ait Örnek Eğri Şekli [20]	39
2.11.	Derece 4 (Grade 4)'e ait Örnek Eğri Şekli [20]	40
2.12.	Derece NonEMG (Grade NonEMG)'ye ait Örnek Eğri Şekli [20]	41
2.13.	Hatalı Görülen EMG (Artefakt)'ye ait Örnek Eğri Şekli [20]	42
2.14.	Matlab Neural Network / Data Manager [33]	45
2.15.	Matlab Create Network [33]	46
2.16.	Matlab Create Data [33]	46
2.17.	Matlab Create Data [33]	47
2.18.	Matlab Create Data [33]	47
2.19.	Matlab Neural Network / Data Manager [33]	48
2.20.	Matlab View [33]	48
2.21.	Matlab Train Info [33]	49
2.22.	Matlab Simulate [33]	49
2.23.	Matlab View/Edit Weights [33]	50
2.24.	Matlab Test Çıktısı [33]	50
3.1.	Yapay Sinir Ağı Yapısı	51
3.2.	Teşhis Sonuçları	54
3.3.	ROC Eğrisi	57

KISALTMALAR DİZİNİ

UF	Üroflovetri
EMG	Elektromiyografi
sEMG	Sfinkter Elektromiyografi
YSA	Yapay Sinir Ağı
Dİ	Disfonksiyonel İşeme
AÜSD	Alt Üriner Sistem Disfonksiyonu
AAM	Aşırı Aktif Mesane
ICCS	International Children's Continenqe Society
VUR	Veziko Üretral Reflü
V_{mic}	İdrar Hacminin Zamana Bağlı Değişimi
Q_{ura}	İdrar Akış Hızının Zamana Bağlı Değişimi
sps	Saniyedeki Örnekleme (Sample per Second)
a	sEMG Genliği

1.GİRİŞ

1.1. Genel

Çocuklarda üroflovetri (UF) uygulaması ile ilgili ilk raporlar 1950'li yıllarda yayınlanmış olmasına rağmen UF uygulaması 1980'li yıllarda daha geniş kullanım alanı bulmuştur [1]. 1978 yılında çocuklarda anal sfinkter EMG (sEMG) ve ürodinaminin birlikte kullanımı ile disfonksiyonel belirtiler arasındaki ilişki çalışılmıştır [2]. Alan odaklı AR-GE süreci, üroflovetri (UF) ve anal sfinkter elektromiyografi (sEMG) sinyallerinin eşzamanlı olarak kaydedildiği UF-sEMG fizyolojik sinyalinin, medikal tanı ve tedavi aşamasında büyük faydalar sağladığını göstermiştir.

Çocuklarda disfonksiyonel işeme (Dİ) ve aşırı aktif mesane (AAM), alt üriner sistem disfonksiyonu (AÜSD) hastalıkları alt grubudur. Disfonksiyonel işeme (Dİ), International Children's Continence Society (ICCS) tarafından, işeme esnasında eksternal üretral sfinkter kaslarının kasılması olarak tanımlanmıştır [3]. Dİ önemli bir AÜSD hastalığı olduğundan hastaların klinik tanısı özel önem arz etmektedir [4]. AAM ise sık idrara çıkma, ani idrar yapma isteği ve ani idrar kaçırma semptomları ile birlikte ortaya çıkan diğer bir hastalıktır. UF-sEMG testi AAM tanısına yardımcı olduğu gibi, AAM tedavisi sonrası işeme fazı bozukluğuna yönelik tedavi uygulaması gerekebileceğinden, AAM'li hastalarda işeme fazı UF-sEMG ile mutlaka değerlendirilmelidir [5].

Ayrıca tuvalet eğitimi sonrası Veziko Üretral Reflü (VUR) (mesanenin tam olarak boşaltılamaması) tespit edilen çocuk hastalarda, AÜSD'nin sıklıkla görüldüğü ve UF-sEMG verilerinin değerlendirilmesi sonucu AÜSD'nin tedavi edilmesine bağlı olarak VUR'un tedavi edilebilirliği görülmüştür [6]. AÜSD'li çocuklarda, biofeedback tedavisine hastanın verdiği cevabın değerlendirilmesinde UF-sEMG parametrelerinin göz önünde bulundurulması gerektiği belirlenmiştir [7].

Literatürde alt üriner sistem işlev bozukluğu olan çocukların UF-sEMG paternlerinin belirlendiği [8], çocuk hasta grubundaki mevcut ürodinamik çalışma tekniklerinin özetlenip anormal sonuçların nasıl saptanacağına açıklandığı çalışmalar yapılmış [9] ve UF-sEMG testinin alt üriner sistem vakalarında, ürodinamik olarak tanımlanmış koşulları ayırmakta yararlı olduğu ortaya konmuştur [10].

UF ile elde edilen miksiyon eğrisinin şekli oldukça önemli olduğundan [7], Altunay ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, yapay sinir ağı (YSA) başarımlarının yorumlanmasında standardizasyonun sağlanması amacıyla kullanılan ölçüm parametreleri ve bunların neleri ifade ettiği incelenmiş, YSA kullanarak yalnızca UF sinyallerinden bir ön tanı üretilmeye çalışılmıştır. Sistemin YSA çıktıları “sağlıklı”, “olası patolojik” ve “patolojik” olmak üzere üç gruba ayrılmıştır [11,12].

UF-sEMG testi; girişimsel olmaması (noninvaziv), maliyetinin düşük, uygulama ve yorumlanmasının kolay olması gibi avantajları sayesinde AÜSD hastalıklarının teşhisinde ve tedavinin takibinde sıklıkla kullanılmaktadır.

Literatürde UF sinyallerinin YSA ile sınıflandırılmasına yönelik çalışmalar [11,12] yapılmış olmasına karşın UF-sEMG sinyallerinin birlikte kullanıldığı bir YSA sınıflandırma çalışması bulunmamaktadır.

Bu tezde, pediatrik hastaların UF-sEMG test sonuçları ile oluşturulan **yeni derecelendirme metodu**, YSA kullanılarak sınıflandırılacaktır. Bu yeni derecelendirme metodu (Gülhane Grading Systems) [3], Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Üroloji Anabilim Dalı öğretim üyeleri tarafından geliştirilmiş ve yapay sinir ağı bu yeni derecelendirme metoduna göre oluşturulmuştur.

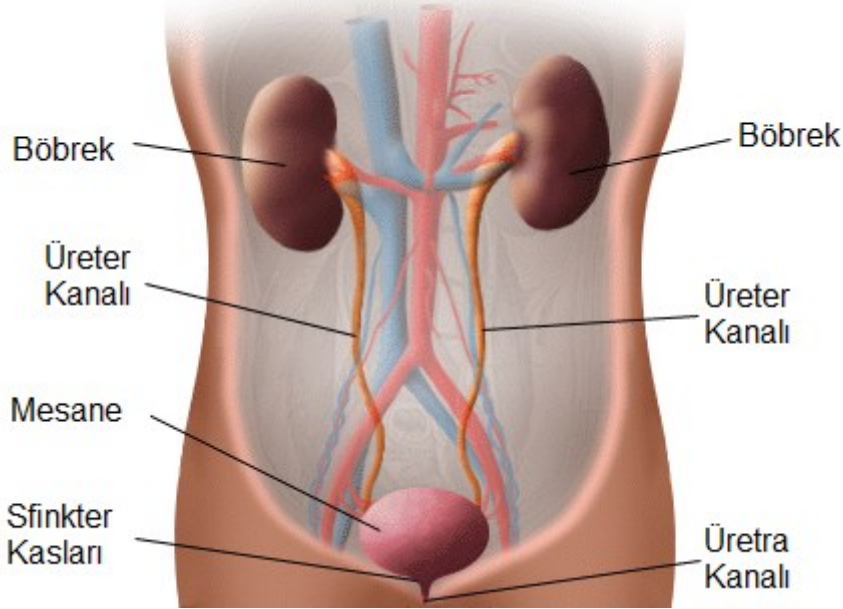
Kullanılan veri seti, Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Üroloji Kliniği ürodinami ünitesinde bulunan MMS marka Solar Uroflow model cihaz ile elde edilmiştir. Gerekli etik kurul izinleri alınarak hazırlanan bu tezde herhangi bir gönüllü kullanılmadan, cihazın arşivinde saklı bulunan verilerden yararlanılmıştır.

Bu tezde, yeni derecelendirme metodu ile tanıları konulan çocuk hastalara ait 967 UF-sEMG sinyaline öznitelik çıkarım işlemleri uygulanmış, elde edilen bu öznitelikler YSA'ya girdi olarak verilmiştir. Yeni derecelendirme metoduna göre konulmuş tanıları ise YSA'nın çıktısı olarak kullanılmıştır. Verilerin 773 adedi (%80) YSA'nın eğitimi, 194 adedi (%20) ise YSA sonuçlarının hekim tanılarıyla karşılaştırılması için test amaçlı olarak kullanılmıştır. Sonuç olarak sınıflandırmanın başarısı ve **sEMG sinyalinin sınıflandırmaya katkısı** irdelenmiştir.

1.2. Alt Üriner Sistem

1.2.1. Alt Üriner Sistem Anatomisi

Alt üriner sistemin başlıca elemanları üretra kanalı, karın kasları, sfinkter kasları, mesane ve üreter kanallarıdır (Şekil 1.1.).



Şekil 1.1. Alt Üriner Sistemin Başlıca Elemanları [13]

Üreter kanalları, böbreklerde oluşan idrarı mesaneye taşıyan ve tek yönlü akışa izin veren yapılardır [14].

Mesane, üreter kanalları ile taşınan idrarı depolayan kesedir ve hacmi genişleyebilen esnek bir organdır. Mesanenin her yöne uzanan düz kasına detrusor kası adı verilir. Detrusor kasları kasıldığında mesane iç basıncını yükseltmektedir.

Üreter kanalları, mesanenin idrar dolumu ile genişmesi durumunda gerilen mesane zarı arasında sıkışarak kapanır ve idrarın böbreklere geri dönüşü engellenir.

Mesane boynunda, iki önemli kas gurubu olan iç ve dış sfinkter kasları bulunmaktadır. Sfinkter kasları, mesanede biriken idrarın kontrolsüz biçimde akışını engelleyen birer vana görevi görürler. İç sfinkterin doğal kasılı hali, idrarın istemsizce mesaneden çıkışını engelleyebilecek güçtedir. İç sfinkter bitiminde, mesane üretraya bağlanır. Üretra, mesane çıkışından başlayıp idrar atım noktasına kadar uzanan ve idrarı vücuttan dışarıya taşıyan bir kanalcıktır. Dış sfinkter ise istemli çalıştırılabilmektedir. İdrar kesesi dolduğunda dış sfinkter kası, beynin kontrolünde istemli olarak kasılarak idrar kesesinin boşalmasını engelleyebilir [15].

1.2.2. Alt Üriner Sistem Fizyolojisi ve Miksiyon

Dolu idrar kesesinin (mesane) boşaltılması işlemine miksiyon denir. Bu işlem iki adımda gerçekleşir. Birinci adımda mesane, duvarlarındaki gerilim eşik düzeyine ulaşıncaya kadar yavaş yavaş dolar ve yükselen mesane basıncı ikinci adımı başlatır. Mesane kasları içerisine dağılmış sinir uçları, yükselen mesane basıncı ile uyarılır. Sinirsel uyarılar omurilikte, miksiyon refleksi adı verilen sinirsel bir refleks oluşturur. Miksiyon refleksi, kendi kendine oluşan ve omurilik tarafından kendi kendine emredilen bir refleks olmasına rağmen, beyin tarafından engellenebilir veya kolaylaştırılabilir [15].

Mesane içerisinde idrar olmadığı durumda kese içi basıncı neredeyse sıfırdır. Mesane basıncı esnek yapısı sayesinde belirli bir hacme kadar sabit kalır. Bu hacimden sonra,

esnemenin devam etmesi basıncı arttırmaya başlar. Artan basınç, detrusor içerisindeki sinir uçlarını uyararak miksiyon refleksinin başlamasını tetikler.

Miksiyon refleksinin oluşması ile detrusor kasına kasılma emri, dış sfinktere ise gevşeme emri verilir. Bu emir beyin tarafından durdurabilir ancak işeme refleksi beyin emirlerinden güçlü ise istemsiz idrar çıkarma gerçekleşir. İşeme refleksi, beyin emirlerinden güçlü değilse, refleks emri güçlenene dek işeme gerçekleşmez.

İdrar çıkarmanın beyin tarafından onaylanması durumunda, işeme refleksi ile detrusor kasları kasılarak mesane iç basıncını yükseltirler. Bu esnada, karın kasları da istemli olarak kasılırlar ve mesane iç basıncını yükselterek işeme refleksinin oluşmasına yardımcı olurlar. Sfinkter kasına gönderilen gevşeme emri ile birlikte idrar atımı gerçekleşir. Normalde idrar, keseden tamamen boşaltılır [15] (Şekil 1.2.).

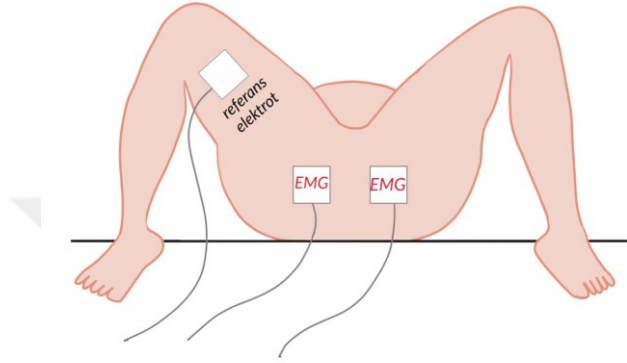


Şekil 1.2. Alt Üriner Sistem İşeme Fizyolojisi [16]

1.3. Üroflovmetri-Elektromiyografi Testi

Üroflovmetri - Sfinkter Elektromiyografi (UF-sEMG) testi, üroflovmetri (UF) ve sfinkter elektromiyografi (sEMG) sinyallerinin eşzamanlı olarak kaydedildiği noninvaziv, düşük maliyetli, uygulama ve yorumlanmasının kolay olduğu bir testtir.

Tüm UF-sEMG testleri erkek ya da kadın teknisyenler tarafından yapılır. Teste başlanmadan önce çocuk hastaya ve ailesine çalışma hakkında bilgi verilir. Tüm hastalara teste dolu mesane ile gelmeleri için sıvı gıdalar alması söylenir. sEMG verisinin alınmasını sağlayacak üç adet yüzeysel pediatrik prop, çocuk ürolojisine ait özel bir odada hastaların eksternal anal sfinkterinin hemen yanına saat “3” ve “9” hizalarına ve uyluk bölgesi üzerine yerleştirilir (Şekil 1.3.).



Şekil 1.3. Yüzeysel Elektrot Yerleşimi [16]

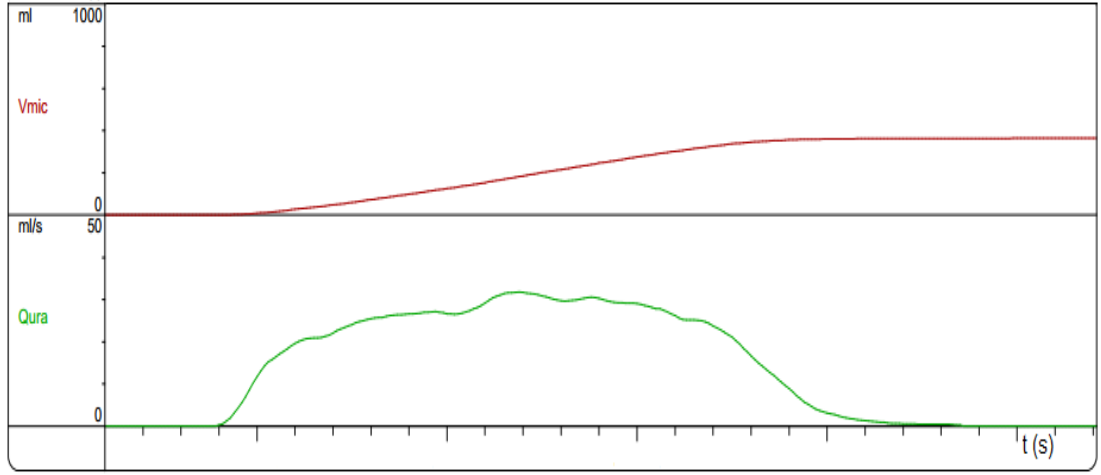
Hasta üroflow klozetine oturtulur. Çocuğa sEMG dalga oluşumu stabilize oluncaya kadar hareket etmemesi ve idrar yapmadan beklemesi söylenir. İstenilen bu şartlar sağlandığında çocuğa idrar yapabileceğine dair izin verilir ve teste başlanır. Bazı testlerde çocuğun tedirginliği veya isteği üzerine teknisyen odadan çıkar ve teste yalnızca ebeveyni içeride kalmak suretiyle başlanır (Şekil 1.4.).



Şekil 1.4. UF-sEMG Test Odası [17]

1.3.1. Üroflovetri Kullanım Amacı ve Çalışma Prensipli

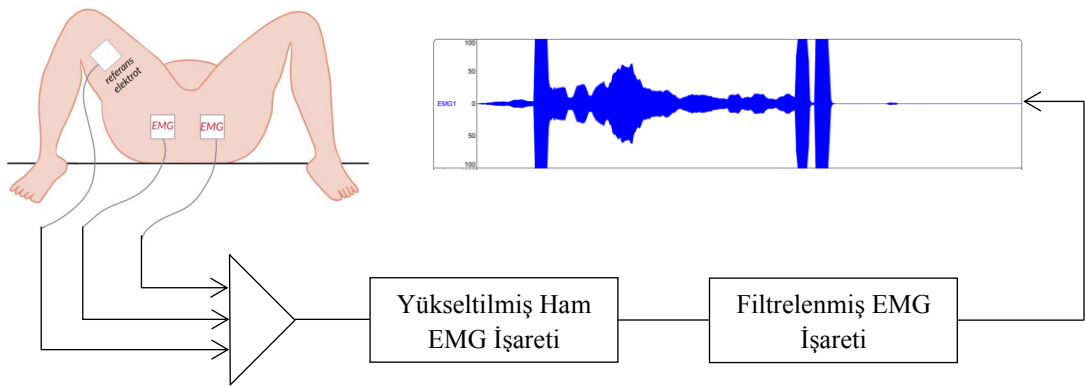
Üroflovetri, idrar akış hızının birim zaman içerisindeki değişiminin kaydedildiği bir ölçüm yöntemidir [18]. Üroflovetride idrar akışı, akış hızı (ml/s) - zaman (s) grafiği ile gösterilir. İdrar akışı mekanizmasının başarısı, üretra ve sfinkter direnci, karın kaslarında oluşturulan ve mesaneye uygulanan basınç, detrusor basıncı ve idrar akışını zorlaştıran veya kolaylaştıran diğer etmenlerin tümünün ortak bir sonucudur [19]. Üroflovetre ile idrar akış hızının izlenebilmesi sayesinde, akışı etkileyen tüm organ ve sistemlerin durumu hakkında bilgi edinilebilmektedir. Günümüzde ağırlık ölçümüne dayalı üroflovetri yaygın olarak kullanılmaktadır. Ağırlık ölçümüne dayalı üroflovetride, uf sinyalinin oluşturulması için yük hücreleri kullanılmaktadır. Yük hücre ile akım hızını belirlemek için toplama kabında biriken idrarın ağırlığı belirli sıklıkta ölçülür ve zamana bağlı olarak değişimi kaydedilir (Şekil 1.5.).



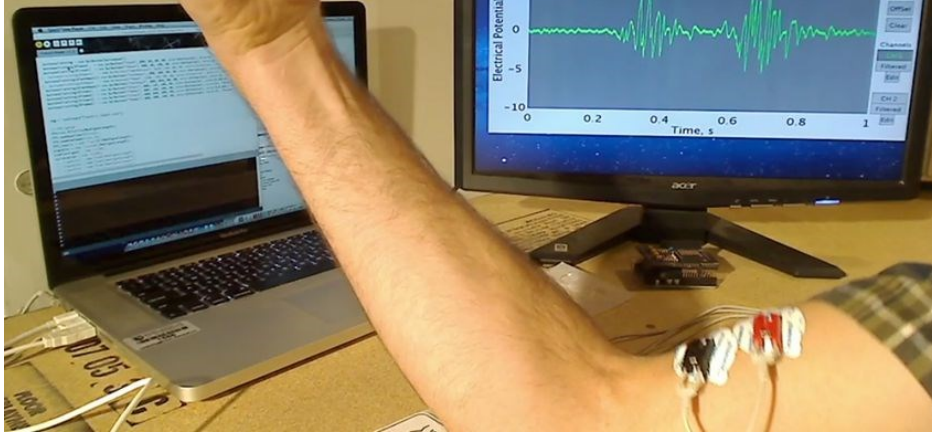
Şekil 1.5. Zamana Bağlı İdrar Akım Hızı Ölçümü [20]

1.3.2. Elektromiyografi Kullanım Amacı ve Çalışma Prensibi

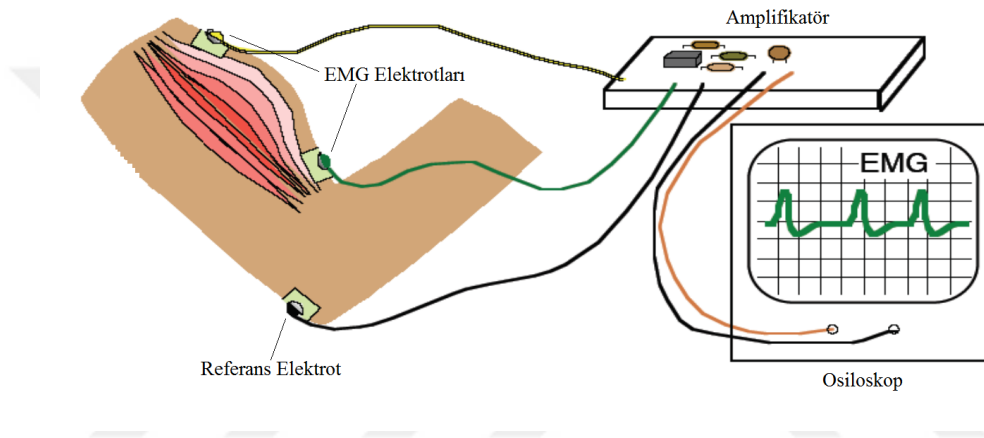
Elektromiyogram, kasların dinlenme ve kasılma durumlarında üzerlerinde oluşan elektriksel aktivite olarak tanımlanır [21]. Bu aktivitenin kaydedildiği sisteme elektromiyografi (EMG) denir. EMG işaretleri, test edilecek kas üzerindeki deriye yüzey elektrotları yerleştirilerek alınır. Yüzey elektrotları aracılığıyla kasın dinlenme ve kasılma hâlinde oluşan biyopotansiyel işaretler kaydedilir (Şekil 1.6.). Şekil 1.7.'de EMG ölçümü sembolik gösterimleri verilmiştir.



Şekil 1.6. EMG Aktivitesi Kaydedilişi Blok Diyagramı



(a)



(b)

Şekil 1.7. EMG Ölçümü [22]

1.4. Yapay Sinir Ağları

1.4.1. Genel

Gelişen teknolojiyle birlikte yazılım ve donanım geliştirme araçlarının tasarımcıya sunduğu imkânlar her geçen gün çeşitlilik kazanmış ve bununla beraber daha karmaşık sistemler ortaya çıkmıştır. Bu durum problemlerin matematiksel modellerinin geliştirilmesini ve bu problemlere önerilen çözümlerde istenen hassasiyetin kazanılmasını zorlaştırmıştır. Bu yönüyle yapay sinir ağları birçok alanda tercih edilen yöntemler haline gelmiştir [23].

Yapay sinir ağı kavramı, beynin çalışma ilkelerinin bilgisayarlar üzerinde taklit edilmesi fikri ile ortaya çıkmış ve ilk olarak beyni oluşturan nöronların matematiksel olarak modellenmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Bugün yapay sinir ağı, birçok nöronun belirli şekillerde bir araya getirilip bir fonksiyonun çözümündeki felsefi, matematiksel ve yapısal sorunlara çözüm arayan bir alan haline gelmiştir [23].

Yapay sinir ağı, öğrenebilen, öğrenerek keşfedebilme ve yeni bilgiler türetebilme gibi özellikleri olan, bunları herhangi bir yardım almadan gerçekleştirebilen, çevreden gelen olaylara karşı nasıl tepkiler üreteceğini belirleyebilen ve gerçek olayları kullanarak öğrenebilen sistemlerdir. Yapay sinir ağı insan beynine benzer şekilde optimizasyon, özellik belirleme, genelleme, sınıflandırma, ilişkilendirme ve öğrenme gibi konularda başarılı bir şekilde kullanılmaktadır [24].

1.4.2. YSA'nın Tarihçesi

YSA alanındaki ilk çalışmanın 1943 yılında yapıldığı kabul edilir. McCulloch ve Pitts ilk olarak “Yapay Sinir” tanımını yaparak hücre modelini geliştirmişlerdir. Öğrenme üzerine çalışmaların yoğunlaştığı 1949’lu yıllarda, bilim adamlarının insan öğrenme sürecini modelleme hakkındaki çalışmaları artış göstermiştir. O yıllarda ortaya atılan Hebb kuralı, bugün halen geçerli olan öğrenme kurallarından birçoğunun da temelini oluşturmuştur [25].

YSA alanında ikinci büyük çalışmayı 1958 yılında Rosenblatt “Tekli Doğrusal Algılayıcı” (Perceptron) modeli ve öğrenme kuralı ile yapmıştır. Çalışmaların hızlandığı 1960’lı yılların başında yeni bir yaklaşım olarak Widrow ve Hoff tarafından “Adaline” (Adaptive Linear Combiner) geliştirilmiştir. Bununla birlikte yeni ve güçlü bir öğrenme kuralı olarak “Widrow-Hoff Öğrenme Kuralı” ortaya atılmıştır. Bu kuralın temel özelliği eğitim boyunca toplam hatayı en aza indirmeyi amaçlamasıdır [25].

1969 yılında matematikçi Minsky ve Papert “Perceptron” adlı kitaplarında tekli doğrusal algılayıcı (perceptron) mimarisinin XOR ve daha birçok mantık

fonksiyonunu gerçekleştiremeyeceğini matematik olarak ispat etmişlerdir. Bu durum YSA üzerindeki çalışmaların bir süreliğine durmasına neden olmuştur [25].

1980'li yılların başında Kohonen ve Anderson tarafından öğretilimsiz ağların geliştirilmesi, Hopfield tarafından da doğrusal olmayan ağların geliştirilmesiyle YSA yeniden yaygın hale gelmiştir [25].

Rumelhart ve arkadaşları tarafından 1986 yılında "Geriye Yayılma" olarak adlandırılan bir eğitim algoritması geliştirilmiştir. Halen en çok kullanılan öğretim sistemlerinden biri olan bu algoritmanın etkin bir öğrenmeyi mümkün kılma yeteneği YSA alanında çığır açmıştır. [25].

1.4.3. YSA'nın Kullanım Alanları

Başarılı uygulamalar incelendiğinde yapay sinir ağlarının, problemin çözümü için özellikle bir algoritmanın ve matematik modelin bulunmaması durumunda ve hata olasılığı yüksek, kusurlu, eksik, kesin olmayan, karmaşık, gürültülü, çok boyutlu, doğrusal olmayan sensör verilerinde sıklıkla kullanıldıkları görülmektedir. Bu amaçla oluşturulan ağlar temel olarak şu fonksiyonları yerine getirmektedirler [24]:

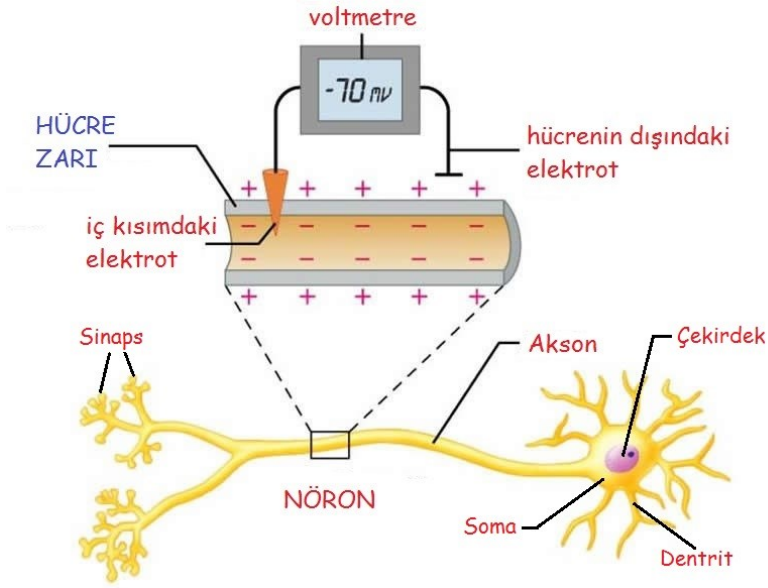
- Zeki ve doğrusal olmayan kontrol
- Optimizasyon
- Doğrusal olmayan sistem modelleme
- Doğrusal olmayan sinyal işleme
- Örüntü tanıma
- Veri sıkıştırma
- Sinyal filtreleme
- Zaman serileri analizleri
- İlişkilendirme veya örüntü eşleştirme
- Sınıflandırma

Yukarıda sıralanan teorik uygulamaların yanı sıra tıp biliminden mühendisliğe ve finansal konulara kadar birçok uygulamadan bahsetmek mümkündür. Bunlardan bazıları ise şu şekilde sıralanabilir [24]:

- Beyin modellemesi çalışmaları
- Kanser, kalp krizi gibi hastalıkların saptanması ve tedavisi
- Kan hücreleri reaksiyonları ve kan analizlerini sınıflandırma
- Radar ve sonar sinyalleri sınıflandırma
- İletişim kanallarındaki trafik yoğunluğunu kontrol etme ve anahtarlama
- İletişim kanallarındaki geçersiz ekoların filtrelenmesi
- Üretim planlama ve çizelgeleme
- Kalite kontrolü
- Mekanik parçaların ömürlerinin ve kırılmalarının tahmin edilmesi
- Robot hareket mekanizmalarının kontrol edilmesi
- Güvenlik sistemlerinde konuşma ve parmak izi tanıma
- Zeki araçlar ve robotlar için optimum rota belirleme
- Ürünün pazardaki performansını tahmin etme
- Banka kredi müracaatlarını değerlendirme
- Optik karakter tanıma ve çek okuma
- Veri madenciliği

1.4.4. Biyolojik Sinir Hücresi Yapısı

Biyolojik sinir ağları milyarlarca nörondan meydana gelir. Beynimizde 1×10^{10} adet sinir hücresi ve minimum 6×10^{13} bağlantısı bulunmaktadır. Biyolojik sinir ağları, duyu organlarından gelen veriler ışığında geliştirdiği anlama ve algılama mekanizmalarını çalıştırarak olaylar arasındaki ilişkileri öğrenir [25].



Şekil 1.8. Biyolojik Sinir Hücresi [26]

Temel sinir hücresi soma, dentrit, akson ve sinaplardan meydana gelmektedir (Şekil 1.8.). Sinapslar bir sinir hücresinden diğerine elektrik sinyallerinin aktarılmasını sağlayan unsurlardır. Sinyaller somaya gider ve burada işlenir. Elektrik sinyalini oluşturan sinir hücresi bunu akson aracılığı ile dentritlere gönderir. Dentritler ise bu sinyalleri sinapslar aracılığı ile diğer hücelere iletir. Yapay sinir ağları, biyolojik sinir hücrelerinin bu özelliklerinden yararlanılarak geliştirilmiştir [24].

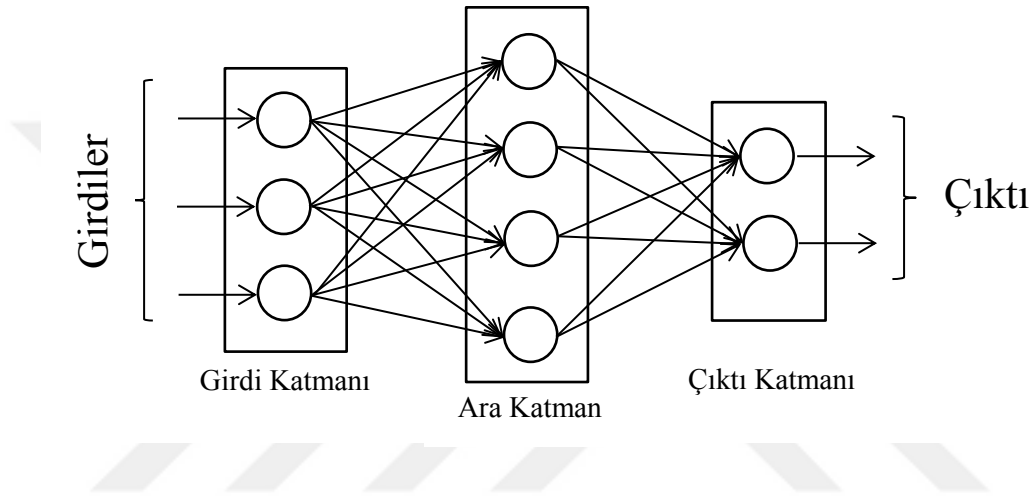
1.4.5. YSA'nın Yapısı

Yapay nöronlar biyolojik nöronlara benzer yapıdadırlar. Yapay sinir hücreleri, birbirleri ile bağlar oluşturarak yapay sinir ağlarını oluştururlar. Biyolojik sinir hücrelerinin olduğu gibi yapay sinir hücrelerinin de bölümleri bulunmaktadır. Yapay sinir ağları giriş sinyallerini aldıkları, bu sinyalleri toplayıp işledikleri ve çıktılarını ilettikleri bölümlerden meydana gelir [25] (Şekil 1.9.).

Girdi katmanı, dış dünyadan veya diğer ağlardan gelen girdileri alarak ara katmana gönderir. Girdi katmanında bilgi işleme olmaz. Gelen her bilgi aynı şekilde bir sonraki katmana gider. Girdi katmanındaki her proses elemanı ara katmanda bulunan proses elemanlarına bağlıdır [24].

Girdi katmanından gelen bilgiler ara katmanda işlenerek bir sonraki katmana gönderilir. Ara katmandaki her nöron sonraki katmanda bulunan tüm nöronlara bağlıdır [24].

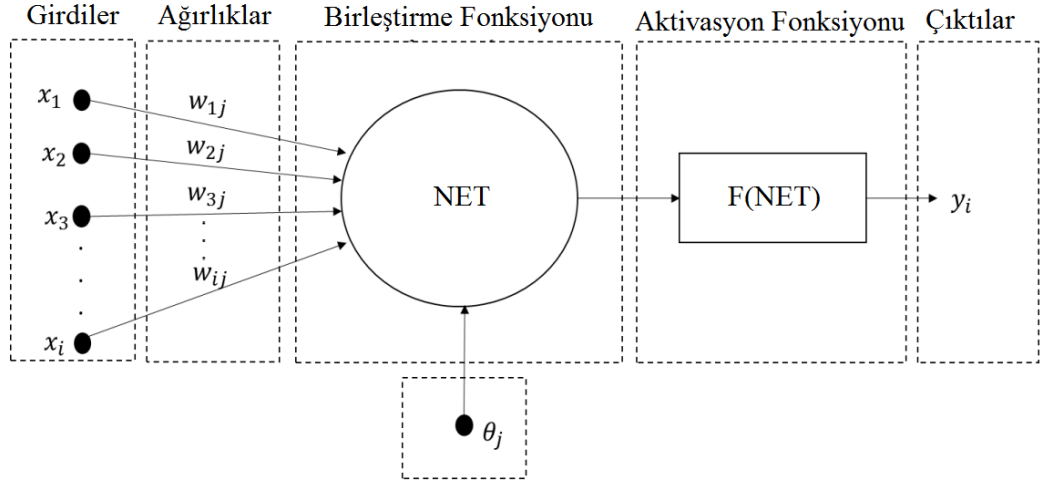
Çıktı katmanı ara katmandan gelen bilgileri işler ve dış dünyaya gönderir. Sadece bir çıktı katmanı vardır. Her nöron bir önceki katmanda bulunan bütün nöronlara bağlıdır ve yalnızca bir tane çıktısı vardır [24].



Şekil 1.9. Yapay Sinir Ağlarının Basit Gösterimi [27]

1.4.6. YSA'nın Temel Bileşenleri

Bir yapay sinir hücresi girdiler, ağırlıklar, birleştirme fonksiyonu, aktivasyon fonksiyonu ve çıktılar olmak üzere beş temel bölümden oluşmaktadır (Şekil 1.10.).



Şekil 1.10. Yapay Sinir Ağlarının Temel Bileşenleri [28]

1.4.6.1.Girdiler

Dış dünyadan veya diğer ağların çıkışlarından hücreye gelen bilgilerdir. Birden fazla girdi bilgisi olabilir ($x_1, x_2, \dots, \dots, x_i$). Bu girdi bilgilerinin tümü girdi katmanını meydana getirir.

1.4.6.2.Ağırlıklar

Ağırlıklar, yapay sinir hücresine gelen girdi bilgileri ile bir sonraki katman arasındaki bağlantıların değerleridir ($w_{1j}, w_{2j}, \dots, \dots, w_{ij}$). Girdi katmanından gelen bilgiler ağırlık değeriyle çarpılmasıyla sonraki katmana iletilmiş olur. Bu sayede girdilerin üretilecek çıktı üzerindeki etkisi ayarlanabilir. Bu ağırlıkların değerleri sıfır, negatif veya pozitif olabilir. [25].

1.4.6.3.Birleştirme Fonksiyonu

Ağırlıklar ile çarpılan giriş bilgilerine, o hücrenin eşik değerinin eklenmesi birleştirme fonksiyonunu (NET) meydana getirir. Bir probleme en uygun birleştirme fonksiyonunun bulunması için geliştirilmiş bir yöntem yoktur. Her hücrenin birleştirme fonksiyonunun aynı olması gerekmez [24].

X_i giriş değeri, W_{ij} o giriş ile sonraki katman arasındaki ağırlık, θ_j eşik değeri temsil etmek üzere bazı birleştirme fonksiyonları şu şekilde yazılabilir.

- “Toplam” birleştirme fonksiyonu: Ağırlık değerleri girdi değerleri ile çarpılır ve bulunan değerler toplanır.

$$NET = \sum(x_i \cdot w_{ij}) + \theta_j \quad (1.1)$$

- “Çarpım” birleştirme fonksiyonu: Ağırlık değerleri girdi değerleri ile çarpılır ve bulunan değerler birbirleriyle çarpılır.

$$NET = \prod(x_i \cdot w_{ij}) + \theta_j \quad (1.2)$$

- “Maksimum” birleştirme fonksiyonu: Ağırlık değerleri girdi değerleri ile çarpılır ve bulunan değerler içerisinde en büyük olanı seçilir.

$$NET = \text{Max}(x_i \cdot w_{ij}) + \theta_j \quad (1.3)$$

- “Çoğunluk” birleştirme fonksiyonu: Ağırlık değerleri girdi değerleri ile çarpılır ve bulunan değerler içerisinde negatif olanların sayısı ile pozitif olanların sayısı karşılaştırılır ve en büyük olanı seçilir.

$$NET = \sum \text{sgn}(x_i \cdot w_{ij}) + \theta_j \quad (1.4)$$

- “Kümülatif toplam” birleştirme fonksiyonu: Ağırlık değerleri girdi değerleri ile çarpılır ve bulunan değerler toplanarak daha önce gelmiş değerler ile birleştirilir.

$$NET = NET(\text{eski}) + \sum(x_i \cdot w_{ij}) + \theta_j \quad (1.5)$$

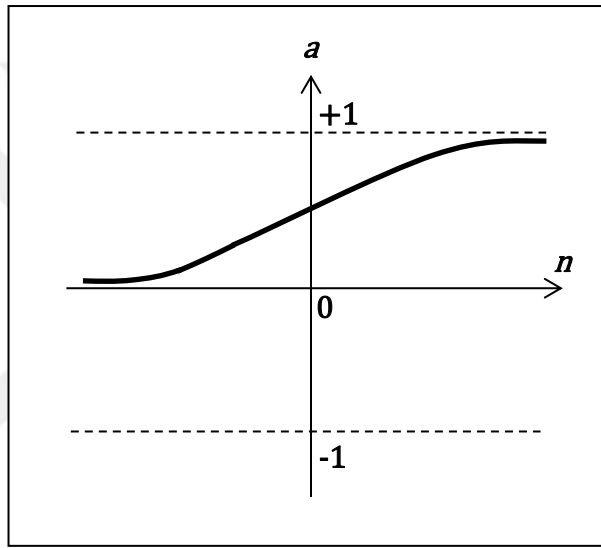
1.4.6.4. Aktivasyon Fonksiyonu

Aktivasyon fonksiyonu hücreye gelen net girdiyi işleyerek bu girdiye karşılık ürettiği çıktıyı belirler. Birleştirme fonksiyonunda olduğu gibi aktivasyon fonksiyonunda da ağın tümünün aynı fonksiyonu kullanması gerekmez. Bazı ağ modellerinde aktivasyon fonksiyonunun türevi alınabilir olması şartı aranmakla birlikte, bir

problem için en uygun aktivasyon fonksiyonu tasarımcı tarafından denemeler sonucunda belirlenebilir [24]. Bazı aktivasyon fonksiyonları şunlardır:

- Tüm girdi değerleri için “0” ve “1” aralığında bir değer üreten “sigmoid aktivasyon fonksiyonu”, doğrusal olmayan özelliğiyle yapay sinir ağlarında en sık kullanılan aktivasyon fonksiyonudur (Şekil 1.11.).

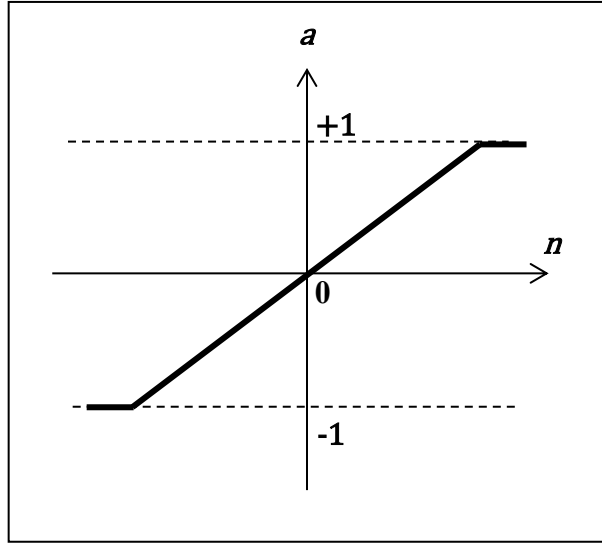
$$F(NE T) = \frac{1}{1+e^{-NE T}} \quad (1.6)$$



Şekil 1.11. Sigmoid Aktivasyon Fonksiyonu

- Gelen NET girdilerin aynen nöronun çıktısı gibi kabul edildiği “lineer aktivasyon fonksiyonu” (Şekil 1.12.).

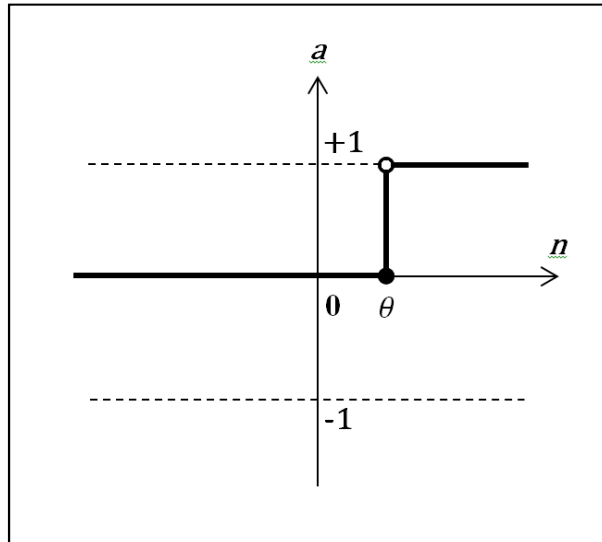
$$F(NE T) = NE T \quad (1.7)$$



Şekil 1.12. Linear Aktivasyon Fonksiyonu

- Gelen NET girdilerin belirlenen bir eşik değerin altında veya üstünde olmasına göre nöron çıktısının “1” veya “0” değerini aldığı “step aktivasyon fonksiyonu” (Şekil 1.13).

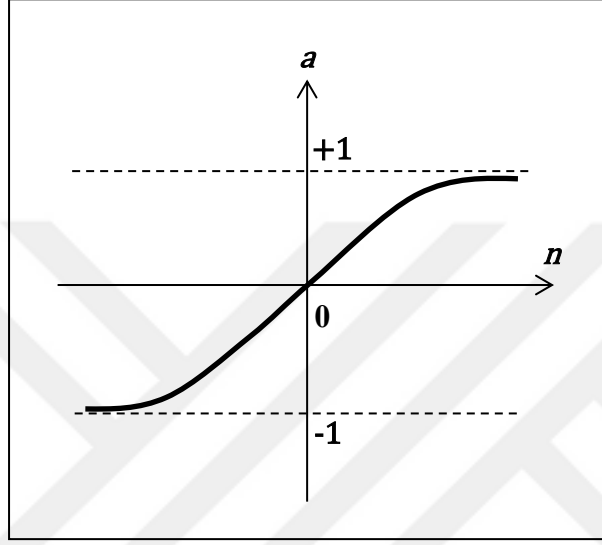
$$F(NET) = \begin{cases} 1, & NET > \theta \text{ (Eşik Değer)} \\ 0, & NET \leq \theta \text{ (Eşik Değer)} \end{cases} \quad (1.8)$$



Şekil 1.13. Step Aktivasyon Fonksiyonu

- Gelen NET girdilerin tanjant fonksiyonundan geçirilmesiyle değerler aldığı “tanjant hiperbolik aktivasyon fonksiyonu” (Şekil 1.14.).

$$F(NET) = \frac{e^{NET} - e^{-NET}}{e^{NET} + e^{-NET}} \quad (1.9)$$



Şekil 1.14. Tanjant Hiperbolik Aktivasyon Fonksiyonu

1.4.6.5.Çıktılar

Başka bir hücreye veya dış dünyaya gönderilen çıktılar, aktivasyon fonksiyonu tarafından üretilen değerlerdir. Ağ şeklinde gösterildiğinden bir nöronun birden fazla çıktısı varmış gibi görünebilmektedir. Aslında bir nöronun çıkan tek bir çıktı değeri vardır [24].

1.4.7. YSA Öğrenme Türleri

Yapay sinir ağları temel olarak üç ayrı öğrenme yaklaşımına sahiptir.

1.4.7.1. Öğretmenli Öğrenme

En sık kullanılan öğrenme türü olan öğretmenli öğrenme, denetimli ya da danışmanlı öğrenme olarak da adlandırılır. Bu öğrenme türünde, yapay sinir ağına girdileri çıktıları olan örnekler tanıtılır. Yapay sinir ağı, girdi ve çıktı katmanları arasındaki bağlantı ağırlıklarını oluşturur. Sonuçta elde edilen çıktı gerçek çıktı ile karşılaştırılır ve aradaki farkı temsil eden hata, ağı yaydırılarak ağırlıkların hatayı azaltacak şekilde değiştirilmesi sağlanır. Öğrenme bittikten sonra ağırlıklar bir daha değiştirilmez.

1.4.7.2. Öğretmensiz Öğrenme

Öğretmensiz öğrenme, denetimsiz ya da danışmansız öğrenme olarak da bilinir. Bu öğrenme türünde öğretmenli öğrenmeden farklı olarak ağı sonuçlar verilmez. Ağın eğitimi yalnızca giriş bilgileri verilerek sağlanır. Yapay sinir ağı, ağırlıkları kendi belirler. Bu öğrenme türü sınıflandırma problemlerinde sıkça kullanılmaktadır.

1.4.7.3. Yarı Öğretmenli Öğrenme

Bu öğrenme türü, öğretmenli öğrenmeye benzerdir ancak burada ağın mevcut çıktılarının ne kadar iyi olduğunu derecelerle ifade eden bir başarımlar fonksiyonu kullanılır. Elde edilen çıktılar doğruluk seviyesine göre ağın kendini eğitmesi sağlanır.

1.4.8. YSA Öğrenme Kuralları

Yapay sinir ağlarında öğrenme, hangi strateji uygulanırsa uygulansın bazı kurallara göre gerçekleştirilmektedir. Bu kurallardan bazıları çevrimiçi (online) bazıları ise çevrimdışı (offline) olarak çalışmaktadır [24].

1.4.8.1. Çevrimiçi (Online) Öğrenme Kuralları

Bu kurallara göre öğrenen sistemler gerçek zamanlı olarak fonksiyonlarını yerine getirirken diğer taraftan öğrenmeye devam ederler. Çevrimiçi öğrenme kuralına Kohonen öğrenme kuralı örnek verilebilir [24].

1.4.8.2. Çevrimdışı (Offline) Öğrenme Kuralları

Çevrimdışı öğrenme kuralına göre öğrenen sistemler öncelikle örnekler üzerinde eğitilirler. Sistem eğitildikten ve kullanıma alındıktan sonra öğrenme olmamaktadır. Sistemin yeni bilgileri öğrenerek eğitilmesi gerektiğinde kullanımdan çıkarılmakta ve çevrimdışı olarak tekrar eğitilmektedir. Eğitim tamamlandığında sistem yeniden kullanıma alınmaktadır. Bu tip öğrenme kurallarına örnek olarak Delta öğrenme kuralı verilebilir [24].

1.4.8.3. Öğrenme Kurallarından Bazıları

Literatürde farklı çalışma alanlarına göre değişik öğrenme kuralları mevcuttur. Günümüzde temel olarak kabul edilen dört ayrı öğrenme kuralı bulunmaktadır.

1.4.8.3.1. Hebb Kuralı

Hebb kuralı, bilinen en eski öğrenme kuralıdır ve diğer öğrenme kurallarının temelini oluşturmaktadır. 1949 yılında geliştirilen bu kurala göre, bir hücre (yapay sinir ağı elemanı) diğer bir hücreden bilgi alırsa ve her iki hücre de aktif ise (matematik olarak aynı işareti taşıyorsa) her iki hücrenin arasındaki bağlantı kuvvetlendirilmelidir. Diğer bir deyişle, bir hücre kendisi aktif ise bağlı olduğu hücreyi aktif yapmaya; pasif ise pasif yapmaya çalışmaktadır. Diğer öğrenme kurallarının çoğu bu felsefeyi temel alarak geliştirilmiştir [24].

1.4.8.3.2. Hopfield Kuralı

Bu kural Hebb kuralına benzemektedir. Yapay sinir ağı elemanlarının bağlantılarının ne kadar kuvvetlendirilmesi veya zayıflatılması gerektiği belirlenir. Eğer beklenen çıktı ve girdilerden ikisi de aktif/pasif ise ağırlık değerlerini öğrenme katsayısı kadar kuvvetlendir/zayıflat denmektedir. Yani ağırlıkların kuvvetlendirilmesi veya zayıflatılması öğrenme katsayısı yardımı ile gerçekleştirilmektedir. Öğrenme katsayısı kullanıcı tarafından atanan genel olarak 0 – 1 arasında sabit ve pozitif bir değerdir [24].

1.4.8.3.3. Kohonen Kuralı

Bu kurala göre ağı elemanları, ağırlıklarını değiştirmek için birbirleri ile yarışır. En büyük çıktıyı üreten hücre, kazanan hücre olmakta ve bağlantı ağırlıkları değiştirilmektedir. Bu o hücrenin yakınındaki hücrelere karşı daha kuvvetli hale gelmesi demektir. Hem kazanan elemanların hem de komşuları sayılan elemanların ağırlıklarının değiştirilmesine izin verilmektedir [24].

1.4.8.3.4. Delta Kuralı

Bu kural, Hebb kuralının biraz daha geliştirilmiş halidir ve beklenen çıktı ile gerçekleşen çıktı arasındaki farklılığı azaltmak için, bağlantı değerlerinin sürekli değiştirilmesi ilkesine dayanarak geliştirilmiştir. Ağı ürettiği çıktı ile üretilmesi gereken (beklenen) çıktı arasındaki hatanın karelerinin ortalamasını en aza indirmek hedeflenmektedir [24].

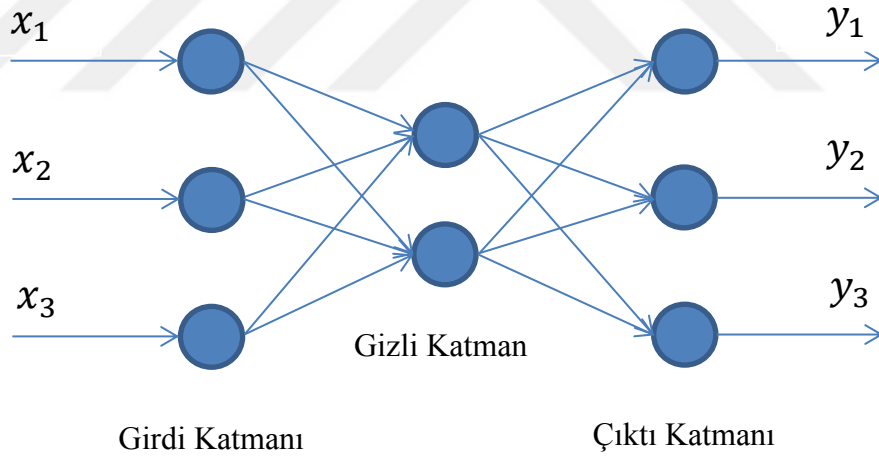
1.4.9. Ağ Yapılarına Göre YSA

Yapay sinir ağları, sinirler arasındaki bağlantıların yönlerine göre ileri beslemeli (feedforward) ve geri beslemeli (feedback) ağlar olma üzere ikiye ayrılır.

1.4.9.1. İleri Beslemeli YSA

Bir ileri beslemeli ağda bilgi, girdi katmanındaki nöronlardan, gizli katmana ve oradan da çıktı katmanına kadar ileri yönde ilerler. Çıktı katmanından girdi katmanı nöronlarına hiçbir geri bağlantı yoktur. Veriler giriş katmanından çıktı katmanına tek yönde aktarılır. Nöronlar aynı katmandaki herhangi bir nörona değil yalnızca bir sonraki katmandaki nöronlara bağlanır (Şekil 1.15.). Ağın başarısı, hatanın geriye yayılıp, ağırlıkların güncellenmesi suretiyle (geriye yayılım) istenilen düzeye getirilir.

İleri beslemeli geri yayımlı YSA; sinyal işleme, nesne tanıma, sistemlerin denetimi gibi konularda yaygın olarak kullanılan en basit yapay sinir ağı biçimidir. Diler (2003) yapmış olduğu araştırmada, incelediği 40 makalenin 26'sının geri yayılım algoritmasının kullanıldığı ileri beslemeli yapay sinir ağı olduğunu söylemektedir [29].

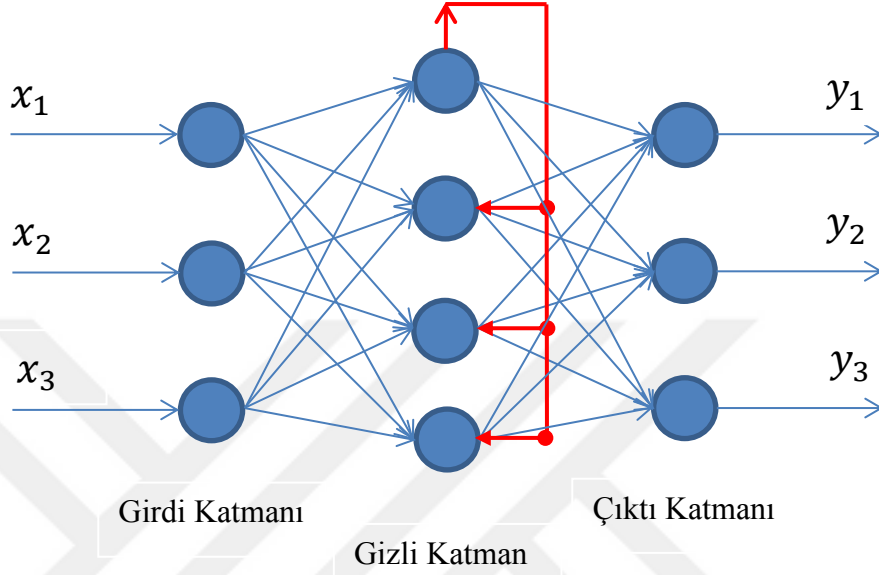


Şekil 1.15. Örnek İleri Beslemeli Ağ

1.4.9.2. Geri Beslemeli YSA

Geri beslemeli yapay sinir ağlarında, hücrenin çıktısı önceki katmana veya aynı katmanda bulunan başka bir hücreye girdi olarak verilebilir (Şekil 1.16.). Çıktı

katmanındaki nöronlardan girdi katmanındaki nöronlara geri dönen bağlantılar olabileceği gibi gizli katmandan, giriş katmanına veya önceki gizli katmanlara geri dönen bağlantılar da mevcut olabilir.



Şekil 1.16. Örnek Geri Beslemeli Ağ

1.4.10. Katmanlarına Göre YSA

Yapay sinir ağları katmanlarına göre tek katmanlı ve çok katmanlı olmak üzere iki bölümde incelenir.

1.4.10.1. Tek Katmanlı Algılayıcılar

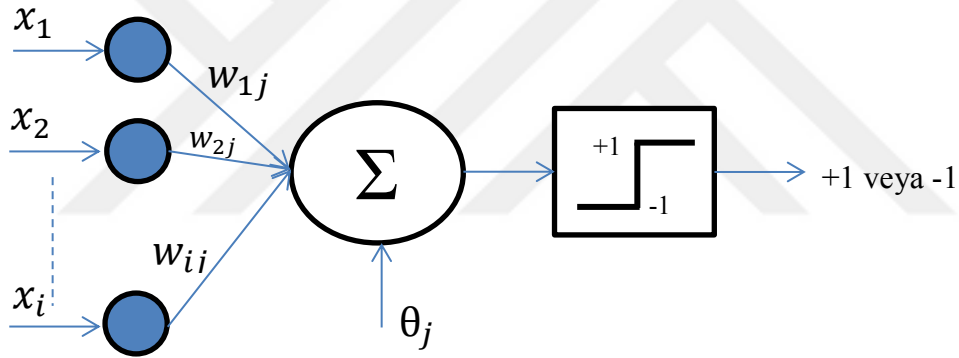
1.4.10.1.1. Basit Algılayıcı (Perceptron)

Perceptron, Rosenblatt tarafından 1958 yılında verilerin kümelere ayrılması amacı ile geliştirilmiştir [25]. Perceptron tek bir yapay sinir hücresinden oluşur ve yapay sinir hücresinin birden çok girdiden tek bir çıktı üretmesi temeline dayanır. Hebb öğrenme kuralının kullanıldığı perceptron'da ağırlıkların değiştirilmesi suretiyle eğitim

gerçekleştirilebilir. Hücreye gelen girişler birleştirme fonksiyonu ile birleştirilerek aktivasyon fonksiyonuna verilir. Çıktı değerinin hesaplanmasında eşik değer fonksiyonu kullanılır. Birleştirme fonksiyonu sonunda oluşan NET girdinin eşik değerden büyük ya da küçük olması durumuna göre çıktı değeri 0 veya 1 olarak üretilir.

1.4.10.1.2. Tekli Yinelemeli Algılayıcı (Adaline)

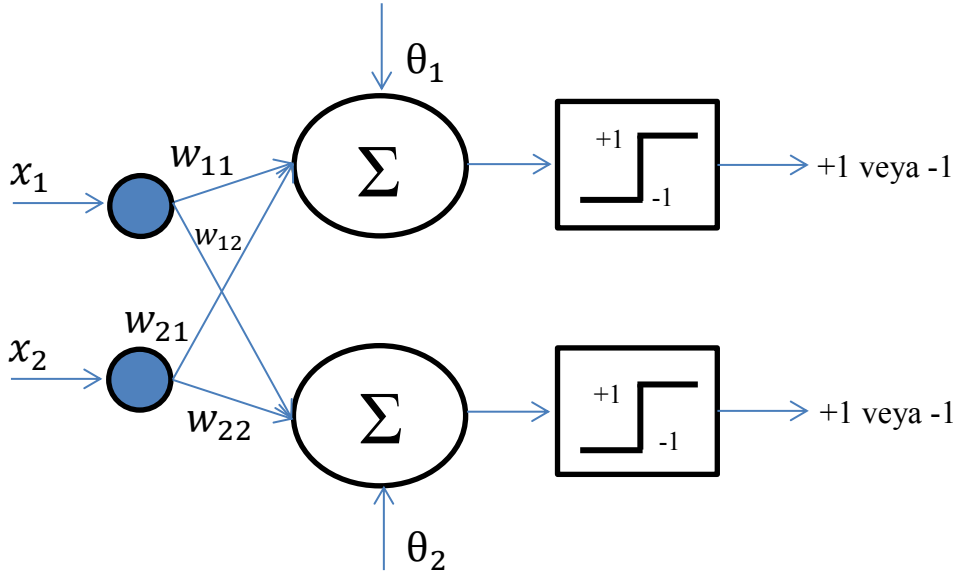
Adaptive Linear Element (Adaline) olarak bilinen tekli yinelemeli doğrusal algılayıcı (Şekil 1.17.), basit doğrusal sinir ağına benzer, Widrow ve Hoff tarafından 1959 yılında geliştirilmiştir. Bünyesinde yine tek bir sinir hücresi bulunmaktadır. Bu ağın öğrenme kuralı, hataların karelerinin ortalamasının en aza indirilmesi ilkesine dayanır [25].



Şekil 1.17. Tekli Yinelemeli Algılayıcı (Adaline)

1.4.10.1.3. Çoklu Yinelemeli Algılayıcı (Madaline)

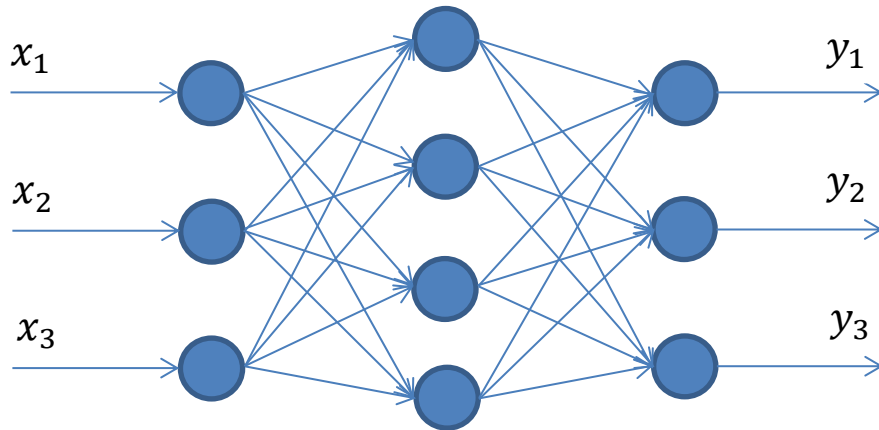
Multiple Adaptive Linear Element (Madaline) adı ile bilinen çoklu yinelemeli doğrusal algılayıcıda (Şekil 1.18.), tek bir Adaline sisteminden elde edilen çıktılar aktif olmayan bir hücreden VE veya VEYA olarak geçirilir ve sonuç çıktısı +1 veya -1 olarak elde edilir [25].



Şekil 1.18. Çoklu Yinelemeli Algılayıcı (Madaline)

1.4.10.2. Çok Katmanlı Algılayıcılar

Tek katmanlı algılayıcılar karmaşık olmayan basit problemlerin çözümünde kullanılabilir, eğitilebilecek tek bir ağırlık matrisinin olması mühendislik uygulamaları için yeterli olmamaktadır. Bu yüzden karmaşık ve doğrusal olmayan problemlerin çözümünde çok katmanlı yapay sinir ağlarına ihtiyaç duyulmuştur. Bu tip algılayıcılarda, giriş ve çıkış katmanlarının yanı sıra bir veya daha fazla ara katman bulunur (Şekil 1.19.).

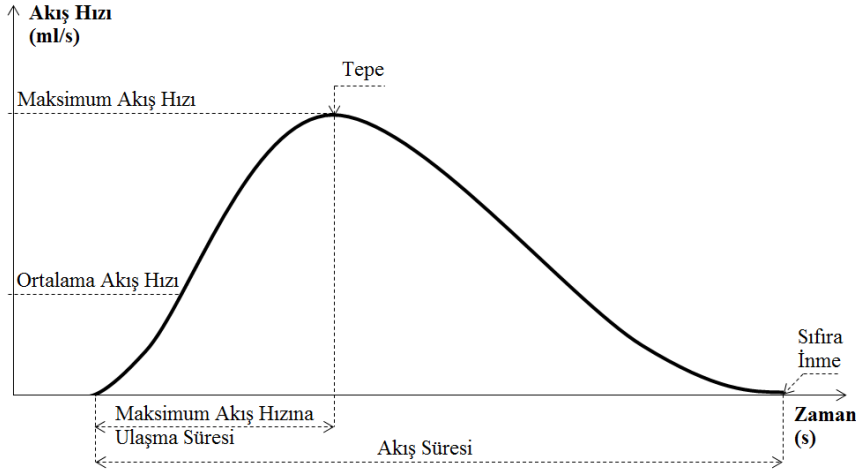


Şekil 1.19. Örnek Çok Katmanlı Algılayıcı

2. MATERYAL ve YÖNTEM

İşeme fonksiyon bozukluğu tanısı almış ve takip süresince UF-sEMG testi yapılmış pediatrik hastaların sonuçları, iki çocuk üroloğu tarafından yeni derecelendirme sistemi ile değerlendirilmiştir. Yeni derecelendirme sistemi ile UF-sEMG testleri yedi farklı gruba ayrılmıştır. Bunlar Derece 0, Derece 1, Derece 2, Derece 3, Derece 4, Derece NonEMG ve Hatalı Görülen EMG şeklindedir.

Hastaların UF-sEMG testlerine bakılarak farklı gruplarda derecelendirilmesi, her bir UF-sEMG testinin 8 ayırt edici özelliği ile gerçekleştirilmiştir. Öznitelik olarak kullanılan bu özelliklerden en önemlisi, tez çalışmasının temelini de oluşturan Sfinkter EMG (sEMG) aktivitesidir. Bununla birlikte üroflow eğrisinden 5 temel veri öznitelik olarak kullanılmıştır. Bunlar üroflow eğrisinin (Şekil 2.1.); tepe sayısı, birden çok sifıra inme durumu, maksimum akış hızı, maksimum akış hızına ulaşma süresi ve ortalama akış hızı verileridir. Daha sonra hastanın cinsiyet ve yaş bilgileri de eklenerek yapay sinir ağı giriş seti oluşturulmuştur (Çizelge 2.1.).



Şekil 2.1. Örnek Üroflow Grafiği

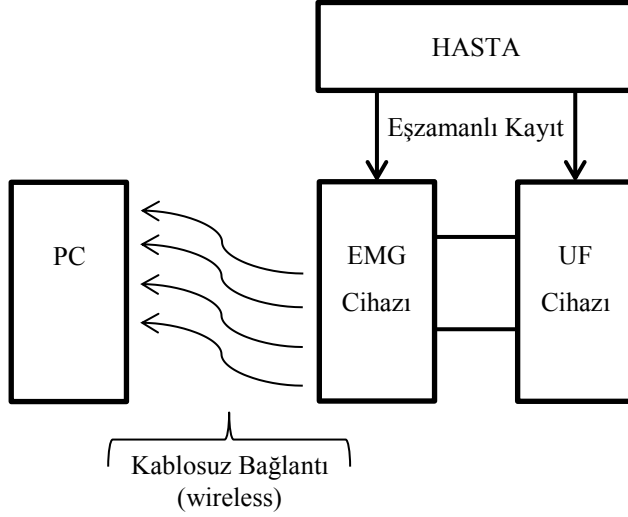
Çizelge 2.1. Yapay Sinir Ağı Giriş Seti

1. Sfinkter EMG aktivitesi
2. Üroflow eğrisinin tepe sayısı
3. Üroflow eğrisinin birden çok sifıra inme durumu
4. Üroflow eğrisinin maksimum akış hızı
5. Üroflow eğrisinin maksimum akış hızına ulaşma süresi
6. Üroflow eğrisinin ortalama akış hızı
7. Hastanın cinsiyeti
8. Hastanın yaşı

Bu tez çalışmasında, Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Üroloji Kliniği Ürodinami Ünitesinde bulunan MMS marka Solar Uroflow model cihazın arşivinde saklı bulunan 967 UF-sEMG test verisinden yararlanılmıştır. MMS marka Solar Uroflow model cihaz, bilgisayar, üroflowmetre ve EMG cihazından oluşan bir sistemdir (Şekil 2.2.). Bu cihazlar birbirlerine kablosuz (wireless) olarak bağlıdır (Şekil 2.3.). Test, UF ve sEMG sinyallerinin eş zamanlı kaydı ile gerçekleşir. Kullanılan her bir parametrenin örnekleme oranı 10 sps'dir. Her bir test verisi bilgisayara FLOW.ASC ve EMG1.ASC şeklinde iki dosya halinde aktarılmıştır. Bu dosyalar Matlab 2016a ile yazılmış kodlardan oluşan dosyaya yüklenmek suretiyle girdi setini oluşturan öznitelikler çıkarılmıştır.



Şekil 2.2. MMS marka Solar Uroflow model cihaz [30]



Şekil 2.3. MMS marka Solar Uroflow Model Cihaz Blok Diyagramı

2.1. Öznitelik Çıkarım Yöntemleri

2.1.1. Sfinkter EMG Aktivitesi (sEMG)

UF-sEMG testindeki elektromiyografi, sfinkter kas aktivitesini göstermede kullanılır. Alt üriner sistem fizyolojisi gereği, sfinkter kasları miksiyon esnasında gevşeyerek diğer alt üriner sistem öğeleriyle birlikte idrar atımının gerçekleşmesine yardımcı olur. Miksiyon esnasında sfinkter EMG aktivitesi istenmeyen bir durum teşkil eder. Sfinkter kaslarının tam olarak gevşeyememesi hastanın zorlanarak idrar yapmasına neden olur ve alt üriner sistem bozukluklarını meydana getirir. Bu durum UF eğrisinin birden çok tepeden oluşmasına, birden çok kez sıfıra inmesine neden olabilir. Öznitelik olarak Sfinkter EMG’de, UF eğrisinin başlayıp bittiği ana kadar olan zaman aralığında sEMG sinyalinin var olup olmama durumu değerlendirilir. Bu değerlendirme yapılırken ampirik olarak 5 ile 200000 mikrovolt arasında genliğe sahip sEMG sinyalleri dikkate alınmıştır. UF eğrisinin başlayıp bittiği ana kadar olan zaman aralığında sfinkter kaslarının 5 mikrovolttan küçük sEMG aktiviteleri yeterli düzeyde görülmemiştir. Bu durumlarda YSA’da sEMG’ye ait öznitelik “1” değeri ile ifade edilmiştir. sEMG sinyalinin 5 ile 200000 mikrovolt arasında olduğu durumlarda “2” değeri verilmiştir. Hastalara bağlanan yüzeyel elektrotların ıslanması veya birbirine teması gibi durumlarda 200000 mikrovoltun üzerinde sEMG sinyali

alınmış ve artefakt meydana gelmiştir. Bu durumdaki sEMG sinyallerine YSA'da kullanılmak üzere "3" değeri verilmiştir.

2.1.2. Üroflow Eğrisinin Tepe Sayısı

Bu parametre tanı koymada dikkat edilen en önemli parametrelerden biridir. İdrar hacminin zamana bağlı değişimi yöntemiyle kaydedilen veriler, üroflow eğrisini meydana getirmektedir. Normal durumda üroflow eğrisinin tek bir tepe oluşturarak sonlanması beklenir (Şekil 2.1.). Fakat bir takım AÜSD hastalıkları nedeniyle bu eğri birden fazla tepe içerebilir. Teşhise karar verilirken üroflow eğrisinin tepe sayısı üç farklı grupta değerlendirilmeye alınmıştır. Üroflow eğrisinin tepe sayısı, bir tane ise "1", iki veya üç tane tepeden meydana gelmişse "2", dört ve daha fazla tepeden oluşmuşsa "3" girişi kullanılarak sınıflandırılmış ve YSA'da girdi olarak kullanılmıştır.

2.1.3. Üroflow Eğrisinin Birden Fazla Sıfıra İnmiş Olma Durumu

Üroflow eğrisi, miksiyonun başladığı andan sonlandığı ana kadar geçen sürede meydana gelir ve miksiyon sonunda tamamen sıfıra inmiş olur. Fakat bir takım AÜSD bozuklukları neticesinde hastalar idrarını bir kerede değil kesik kesik yaparlar. Bu gibi durumlarda üroflow eğrisi bir kereden fazla yükselişe geçtikten sonra sonlanır. Bu durum daha ileri AÜSD bozukluklarına işaret ettiğinden uzman hekimler tarafından tanı koymada önemli bir faktördür. Yapay sinir ağı girdi seti oluşturulurken, üroflow eğrisi normal olarak bir kere sıfıra inerek sonlandıysa "1", birden fazla kez sıfıra inme durumu söz konusu olduysa "2" girişi kullanılmıştır.

2.1.4. Miksiyonun Maksimum Akış Hızı

Üroflow eğrisi, idrarın birim zamandaki akış hızı ölçümüne dayandığından maksimum akış hızı, miksiyonun en kuvvetli olduğu andaki değerdir. Maksimum akış hızı, diğer öznitelikler ile birlikte değerlendirilerek, pediatrik hastalarda alt üriner sistem elemanlarının ne denli uyumlu çalıştığı bilgisini verir. Üroflow eğrisinin maksimum akış hızı değeri doğrudan YSA'da girdi olarak kullanılmıştır.

2.1.5. Miksiyonun Maksimum Akış Hızına Ulaşma Süresi

Üroflow eğrisinin maksimum akış hızına ulaşma süresi, sağlıklı bireylerde, miksiyon süresinin ilk üçte birlik kısmında gerçekleşmelidir. Maksimum akış hızına ulaşma süresi diğer öznitelikler ile birlikte değerlendirildiğinde genel görüşe katkı sağlamaktadır. Üroflow eğrisinin maksimum akış hızına ulaşma süresi doğrudan YSA'da girdi olarak kullanılmıştır.

2.1.6. Miksiyonun Ortalama Akış Hızı

Üroflow eğrisinin ortalama akış hızı da, maksimum akış hızı ve buna ulaşma süresi ile birlikte değerlendirilir. Pediatrik hastalar söz konusu olduğundan bu değer de doğrudan YSA'da girdi olarak kullanılmıştır.

2.1.7. Cinsiyet

Alt üriner sistem anatomisi cinsiyete göre farklılıklar arz etmektedir. Pediatrik hasta grubunda tedavi ve yönlendirme cinsiyete göre de şekillendiğinden, bu faktör bir öznitelik olarak yer almaktadır. YSA girdi setinde cinsiyet bilgisi erkek hastalarda "1", kız hastalarda "2" girişi kullanılarak değerlendirilmiştir.

2.1.8. Yaş

Pediatrik hastalar düşünüldüğünde yaş farkına bağlı anatomik gelişim diğer hasta gruplarına göre daha fazla farklılık göstermektedir. Yaş farkı maksimum akış hızı, maksimum akış hızına ulaşma süresi ve ortalama akış hızı bilgilerini etkileyebilmektedir. Bu öznitelik de diğerleri ile birlikte değerlendirildiğinde doğrudan YSA'da girdi olarak kullanılmıştır.

Yapay sinir ağında girdi setini oluşturan öznitelikler, uzman hekimler tarafından hastanın UF-sEMG testi yorumlanırken değerlendirmede kullanılan kriterleri içermektedir (Çizelge 2.2.). Her UF-sEMG testi sonrasında elde edilen verilerin

Matlab 2016a’da hazırlanan kodlar vasıtasıyla öznitelikleri çıkarılmış, yaş ve cinsiyet bilgileri de eklenerek yorumlama algoritmasına girilmiştir (EK-1).

Çizelge 2.2. Öznitelik Çıkarım Kuralları

ÖZİNİTELİKLER							
sEMG Genliği (a)	Tepe Sayısı	UF Eğrisinin Birden Fazla Sıfıra İnmesi	Cinsiyet	Yaş	Maksimum Akış Hızı	Maksimum Hıza Ulaşma Süresi	Ortalama Akış Hızı
1 ($a < 5 \mu V$)	1 (1)	1 (hayır)	1 (erkek)	yıl	ml/s	s	ml/s
2 ($5 \mu V < a < 200000 \mu V$)	2 (2 veya 3)	2 (evet)	2 (kız)				
3 ($a \geq 200000 \mu V$)	3 (4 ve yukarı)						

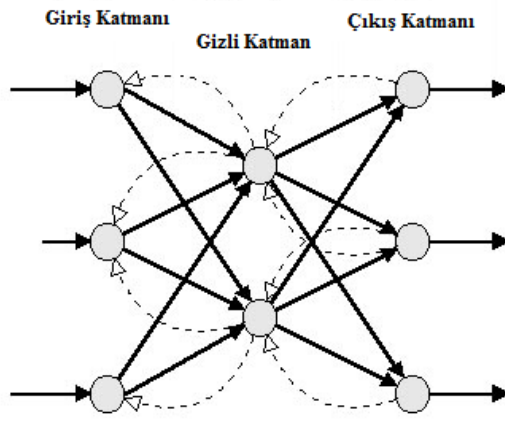
2.2. Geri Yayılım Algoritması ile YSA Eğitimi

UF-sEMG testinden elde edilen veriler kullanılarak oluşturulan YSA’da, sEMG yalnızca miksiyon esnasında var olup olmadığı bilgisi ile katkı sağlarken, UF diğer 5 özniteliği içinde barındırmaktadır.

Her el yazısı, insandan insana farklılık gösteren özellikler ihtiva eder. El yazısında olduğu gibi üroflow sinyallerinde de, aynı temel şekillerin farklı bireylerce üretilmesi söz konusudur [31]. Üroflow sinyallerinin ayırt edici öznitelikleri, el yazısı tanıma sistemlerine benzer şekilde üretilir. Bu tür sorunların çözümünde “Geri Yayılım Algoritması” daha çok tercih edilmektedir [32].

Geri yayılım algoritması, olayların girdileri ve sonuçlarını kullanarak yapay sinir ağının eğitimini içerir. Bu yönüyle danışmalı öğrenme grubunda yer alan geri yayılım algoritması, Genelleştirilmiş Delta Kuralı adı verilen bir eğitim prensibine göre nöron ağırlıklarını güncellemektedir [25].

Genelleştirilmiş Delta Kuralı iki safhadan oluşur. İlki ağın çıktısının hesaplandığı ileri doğru hesaplamadır (Feed Forward). İkincisi ise ağırlıkları değiştirme safhası olan geriye doğru hesaplamadır (Back Propagation) (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. Örnek Geri Yayılımlı YSA

Burada sigmoid aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır. Fonksiyonunun dinamik değişim aralığı YSA girişine uyguladığımız veri setinde olduğu gibi $[0,1]$ 'dir ve fonksiyon bu aralıkta nonlineer bir değişim gösterir. Burada NET, nörona gelen tüm girdilerin birleşimidir. y ise bu girdilerin sigmoid aktivasyon fonksiyonundan geçirilmesi ile elde edilen çıktıdır.

$$y = \frac{1}{1+e^{-NET}} \quad (2.1)$$

Sigmoid aktivasyon fonksiyonunun kullanıldığı YSA'da, çıkış katmanındaki her nörona ait hatayı temsil etmek üzere bir E değeri tanımlanmıştır. Toplam hata (TH) ise bu hataların kareleri toplamından oluşur. Bu delta öğrenme kuralıdır. Delta öğrenme kuralı, bağlantı ağırlıklarını değiştirmek suretiyle ortalama karesel hatayı azaltma prensibine dayanmaktadır. Geri Yayılım Algoritmasının amacı TH değerini **enazlamaktır**. Bunun için Toplam hatanın tüm nöronlara yayılması gerekmektedir. Bu da YSA'daki tüm katmalara ait nöron ağırlıklarını geriye yayarak değiştirmek suretiyle gerçekleştirilir [24].

Çıktı katmanındaki m. nöron için oluşan hata, bu katmandaki beklenen değerden (B_m) sonucun (y_m) çıkarılması suretiyle bulunur:

$$E_m = B_m - y_m \quad (2.2)$$

Toplam hata, çıkış katmanındaki nöron hatalarının (E_m) Delta Öğrenme Kuralının en temel özelliği olan en küçük kareler yöntemiyle hesaplanması sonucunda oluşur.

$$TH = \frac{1}{2} \sum_m E_m^2 \quad (2.3)$$

w ağırlığı temsil etmek üzere, t. iterasyondaki ağırlık değişimi:

$$w(t) = w(t - 1) + \Delta w(t) \quad (2.4)$$

ile hesaplanır. Burada $\Delta w(t)$ ağırlıktaki değişim miktarıdır.

$$\Delta w(t) = \lambda \delta y + \alpha w(t - 1) \quad (2.5)$$

burada λ öğrenme katsayısıdır ve ağırlıkların değişimini belirler. α ise momentum terimidir ve ağırlık değişiminin belli bir oranda bir sonraki değişime eklenmesine yarar. δ ise nöronun hatasını göstermektedir.

Çıkış katmanı nöronları için

$$\delta_m = F'(NET) E_m \quad (2.6)$$

olarak hesaplanır. Gizli katmandaki j. nöron içinse:

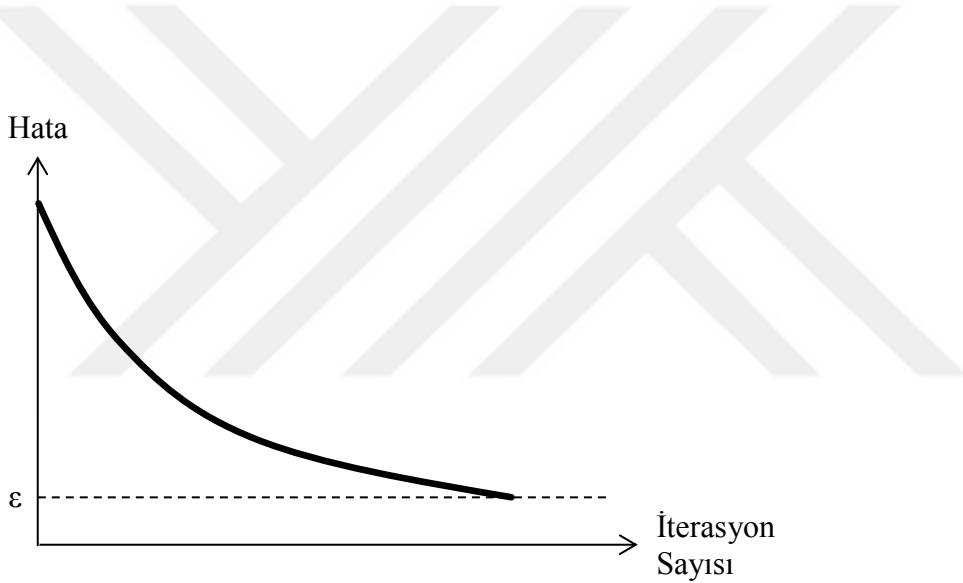
$$\delta_j = F'(NET) \cdot \sum_m \delta_m w_{jm} \quad (2.7)$$

olarak hesaplanır. NET, o nörona gelen tüm girdilerin birleşimini temsil eder:

$$NET = \sum h_{jm} \cdot w_{jm} + \theta_m \quad (2.8)$$

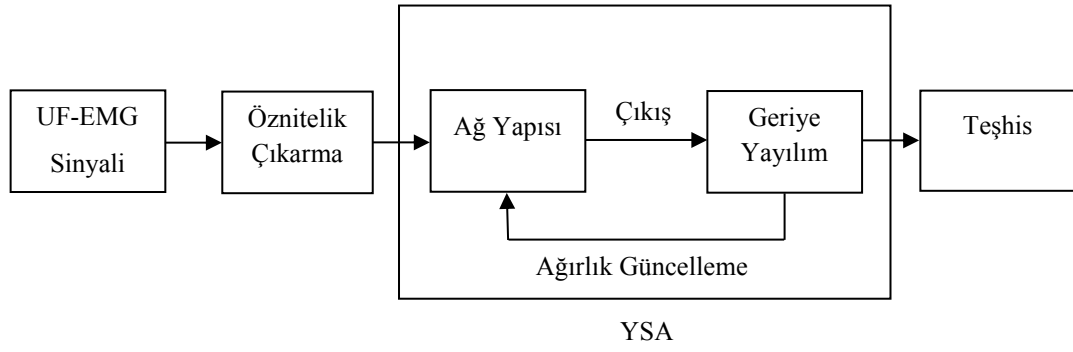
burada θ nörona uygulanan eşik değerdir. Bu da diğer girişler gibi bir değere ve bir ağırlığa sahiptir. θ ünitesinin değeri sabittir ve +1 olarak alınır. Ağırlığı ise aynı yönergeler takip edilerek değiştirilmek suretiyle yenilenir [24].

Sonuç olarak tüm ağırlıkların yenilenmesi suretiyle YSA yeniden yapılandırılmış olur. Toplam hata istenilen değerin (ϵ) altına düşene kadar ağırlık güncellemesine devam edilir ve güncelleme sonlandırılır (Şekil 2.5.). Güncelleme sonlandırıldıktan sonra yapay sinir ağı bir daha eğitilmez ve ağırlıkları değiştirilmez. Bu özelliğiyle ağ çevrimdışı (offline) öğrenme kuralına göre çalışmaktadır.



Şekil 2.5. Geri Yayılım Algoritması Öğrenme Eğrisi

Geril yayılım algoritmasında eğitim, UF-sEMG sinyallerinden elde edilen özniteliklerin YSA'da işlenmesi ve çıkış katmanından elde edilen çıktılar ile hekim tanımlarının karşılaştırılması suretiyle olur. Oluşturulan ağ bu özelliğiyle öğretmenli öğrenme türündedir. Karşılaştırma sonunda, YSA çıktıları ve hekim tanımları arasındaki fark hesaplanır ve tüm katmanlardaki nöron ağırlıklarının değiştirilmesi için kullanılır (Şekil 2.6.).

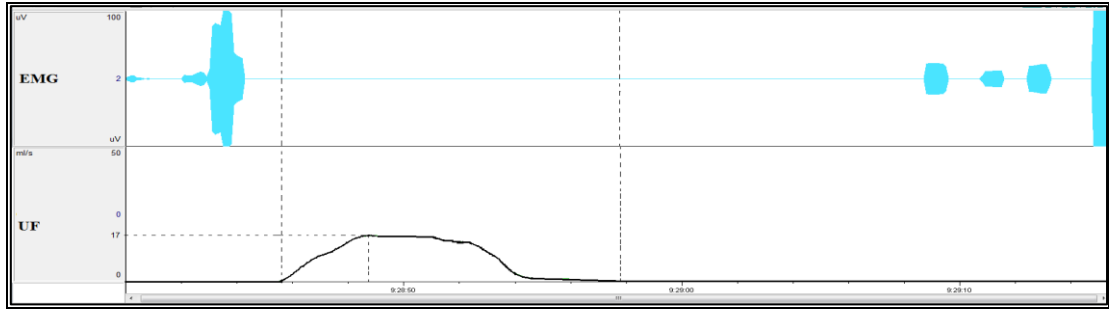


Şekil 2.6. Geri Yayılım Algoritması Eğitim Blok Şeması

2.3. Tanı Derecelendirme Sistemi

2.3.1. Derece 0 (Grade 0)

Derece 0 (Grade 0): Normal miksiyon olarak tanımlanmıştır. Bu miksiyon paterninde, üroflow eğrisi tek bir tepe oluşturarak düzgün bir şekil alır, miksiyon boyunca sEMG aktivitesi olmaz (Şekil 2.7.) (Çizelge 2.3.).



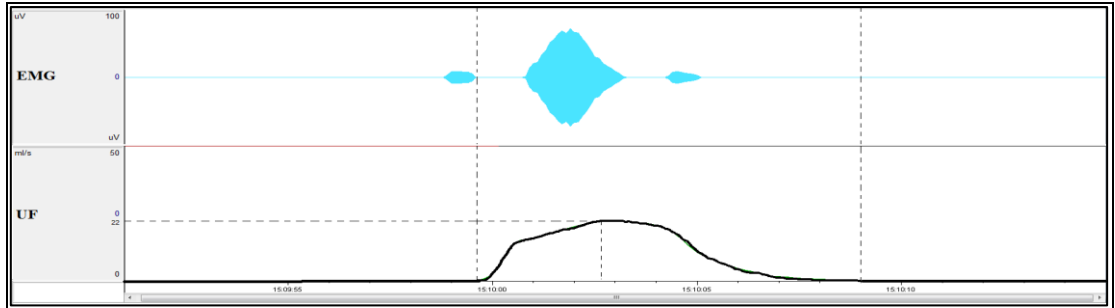
Şekil 2.7. Derece 0 (Grade 0)'a ait Örnek Eğri Şekli [20]

Çizelge 2.3. Derece 0 (Grade 0)'a ait Örnek Şekilden Elde Edilen Öznitelikler

Derece 0 (Grade 0)									Miksiyon
	Tepe Sayısı	UF Sıfıra İnmesi	Maksimum Akış Hızı (ml/s)	Maksimum Hıza Ulaşma Süresi (s)	Ortalama Akış Hızı (ml/s)	Cinsiyet	Yaş (yıl)	sEMG	Normal
Miksiyon Değerleri	1	Yok	17	3	8	E	6	Yok	
Öznitelik Değerleri	1	1	17	3	8	1	6	1	

2.3.2. Derece 1 (Grade 1)

Derece 1 (Grade 1): İşeme paternini bozmayan sEMG aktivitesi olarak tanımlanmıştır. Bu paternde sEMG aktivitesi var olmasına rağmen miksiyon normaldir. Üroflow eğrisi tek bir tepe oluşturarak düzgün bir şekil almış, eğri sadece işeme sonlandığında sıfıra inmiş ve miksiyon esnasında sEMG aktivitesi görülmüştür (Şekil 2.8.) (Çizelge 2.4.).



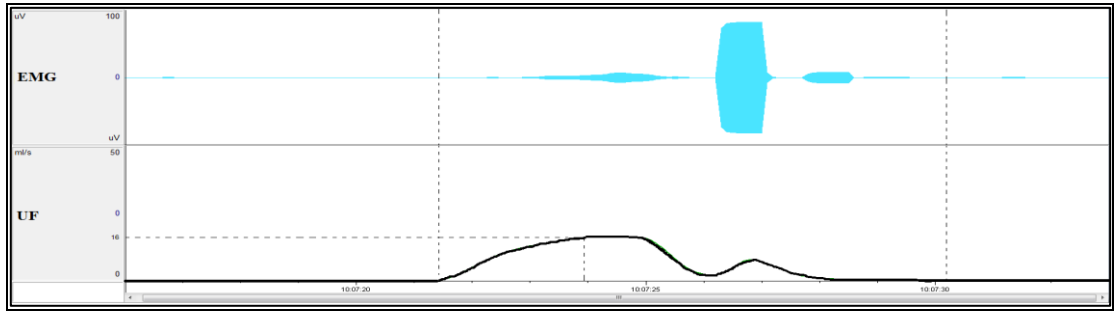
Şekil 2.8. Derece 1 (Grade 1)'e ait Örnek Eğri Şekli [20]

Çizelge 2.4. Derece 1 (Grade 1)'e ait Örnek Şekilden Elde Edilen Öznitelikler

Derece 1 (Grade 1)									Miksiyon
	Tepe Sayısı	UF Sıfıra İnmesi	Maksimum Akış Hızı (ml/s)	Maksimum Hıza Ulaşma Süresi (s)	Ortalama Akış Hızı (ml/s)	Cinsiyet	Yaş (yıl)	sEMG	Normal
Miksiyon Değerleri	1	Yok	22	3	10	K	9	Var	
Öznitelik Değerleri	1	1	22	3	10	2	9	2	

2.3.3. Derece 2 (Grade 2)

Derece 2 (Grade 2): Minimal Staccato, miksiyonun minimal düzeyde bozulduğu UF-sEMG paterni olarak tanımlanmıştır. Bu işeme paterninde sEMG aktivitesi var ve miksiyon normal değildir. Üroflow eğrisi iki veya üç tepeden oluşmuş, eğri sadece miksiyon sonlandığında sıfıra inmiş ve miksiyon boyunca sEMG aktivitesi görülmüştür (Şekil 2.9.) (Çizelge 2.5.).



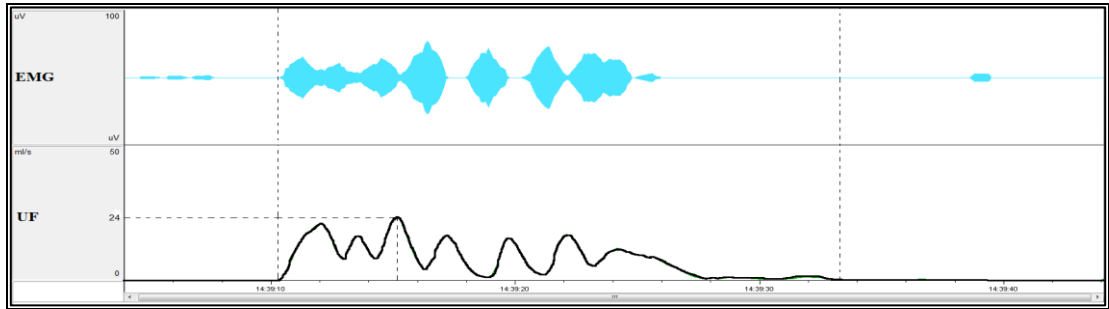
Şekil 2.9. Derece 2 (Grade 2)'ye ait Örnek Eğri Şekli [20]

Çizelge 2.5. Derece 2 (Grade 2)'ye ait Örnek Şekilden Elde Edilen Öznitelikler

Derece 2 (Grade 2)									Miksiyon
	Tepe Sayısı	UF Sıfıra İnmesi	Maksimum Akış Hızı (ml/s)	Maksimum Hıza Ulaşma Süresi (s)	Ortalama Akış Hızı (ml/s)	Cinsiyet	Yaş (yıl)	sEMG	
Miksiyon Değerleri	2	Yok	16	2	10	K	9	Var	Normal Değil
Öznitelik Değerleri	2	1	16	2	7	2	9	2	Minimal Staccato

2.3.4. Derece 3 (Grade 3)

Derece 3 (Grade 3): Staccato, işeme paternini orta derecede bozan UF-sEMG aktivitesi olarak tanımlanmıştır. Bu miksiyon paterninde sEMG aktivitesi var ve miksiyon normal değildir. Üroflow eğrisi dört veya daha fazla tepeden oluşmuş, eğri sadece miksiyon sonlandığında sıfıra inmiş ve miksiyon boyunca sEMG aktivitesi görülmüştür (Şekil 2.10.) (Çizelge 2.6.).



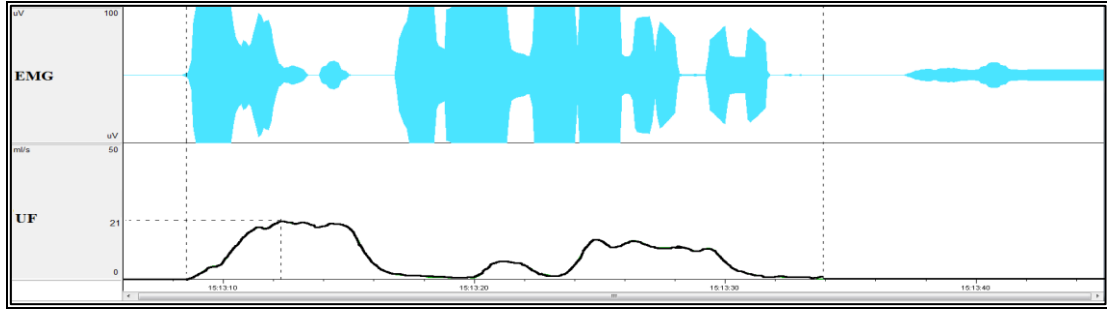
Şekil 2.10. Derece 3 (Grade 3)'e ait Örnek Eğri Şekli [20]

Çizelge 2.6. Derece 3 (Grade 3)'e ait Örnek Şekilden Elde Edilen Öznitelikler

Derece 3 (Grade 3)									Miksiyon
	Tepe Sayısı	UF Sıfıra İnmesi	Maksimum Akış Hızı (ml/s)	Maksimum Hıza Ulaşma Süresi (s)	Ortalama Akış Hızı (ml/s)	Cinsiyet	Yaş (yıl)	sEMG	
Miksiyon Değerleri	7	Yok	24	5	7	K	11	Var	Normal Değil Staccato
Öznitelik Değerleri	3	1	24	5	7	2	11	2	

2.3.5. Derece 4 (Grade 4)

Derece 4 (Grade 4): Intermittance, işeme paternini ileri derecede bozan sEMG aktivitesi olarak tanımlanmıştır. Bu işeme paterninde sEMG aktivitesi var ve miksiyon normal değildir. Üroflow eğrisi birden çok tepe oluşturarak ve miksiyon sonlanmadan birden çok kez sıfıra inecek şekilde oluşmuş ve miksiyon boyunca sEMG aktivitesi görülmüştür (Şekil 2.11.) (Çizelge 2.7.).



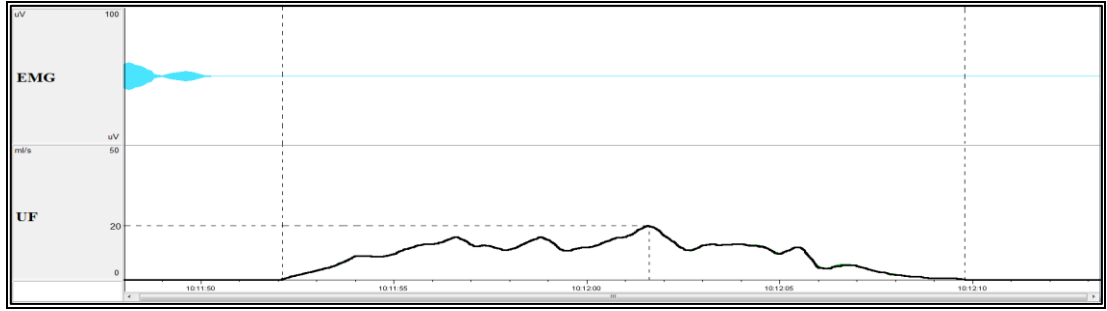
Şekil 2.11. Derece 4 (Grade 4)'e ait Örnek Eğri Şekli [20]

Çizelge 2.7. Derece 4 (Grade 4)'e ait Örnek Şekilden Elde Edilen Öznitelikler

	Derece 4 (Grade 4)								Miksiyon
	Tepe Sayısı	UF Sıfıra İnmesi	Maksimum Akış Hızı (ml/s)	Maksimum Hıza Ulaşma Süresi (s)	Ortalama Akış Hızı (ml/s)	Cinsiyet	Yaş (yıl)	sEMG	Normal Değil
Miksiyon Değerleri	4	Var	21	4	8	K	7	Var	Intermittance
Öznitelik Değerleri	3	2	21	4	8	2	7	2	

2.3.6. Derece NonEMG (Grade NonEMG)

Derece NonEMG (Grade NonEMG): İşeme paterni bozuk olmasına rağmen sEMG aktivitesinin görülmediği grup olarak tanımlanmıştır. Bu miksiyon paterninde sEMG aktivitesi yoktur ve miksiyon normal değildir. Üroflow eğrisi birden çok tepeden oluşmuş ve miksiyon boyunca sEMG aktivitesi görülmemiştir (Şekil 2.12.) (Çizelge 2.8.).



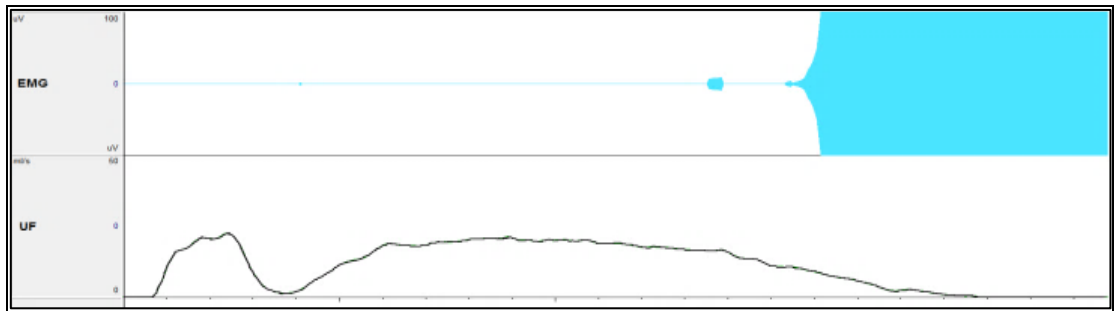
Şekil 2.12. Derece NonEMG (Grade NonEMG)'ye ait Örnek Eğri Şekli [20]

Çizelge 2.8. Derece NonEMG (Grade NonEMG)'ye ait Örnek Şekilden Elde Edilen Öznitelikler

	Derece NonEMG (Grade NonEMG)								Miksiyon
	Tepe Sayısı	UF Sıfıra İnmesi	Maksimum Akış Hızı (ml/s)	Maksimum Hıza Ulaşma Süresi (s)	Ortalama Akış Hızı (ml/s)	Cinsiyet	Yaş (yıl)	sEMG	Normal Değil
Miksiyon Değerleri	4	Yok	20	9	9	E	6	Yok	
Öznitelik Değerleri	3	1	20	9	9	1	6	1	

2.3.7. Hatalı Görülen EMG (Artefakt)

Hatalı Görülen EMG (Artefakt): UF-sEMG testinin çoğunlukla pediatrik yaş grubundaki hastalara uygulanması sebebiyle kayda değer bilgiler elde etmede bazı zorluklar yaşanabilmektedir. Hastaların eksternal anal sfinkterinin yanına bağlanan yüzeysel sEMG propları birbirine temas edebilir veya ıslanabilir. Bu veya benzer istenmeyen durumlarda sEMG işareti, gereğinden büyük gözlemlenir ve test tekrarlanır. (Şekil 2.13.) (Çizelge 2.9.). Hekimler, “Hatalı Görülen EMG” için ampirik olarak 200000 μ V eşik değeri tespiti yapmışlardır. Miksiyon anında 200000 μ V değerini aşan sEMG aktivitesinin olması durumunda YSA doğrudan testin geçersiz ve tekrarlanması gerektiğini bildirmektedir.



Şekil 2.13. Hatalı Görülen EMG (Artefakt)'ye ait Örnek Eğri Şekli [20]

Çizelge 2.9. Hatalı Görülen EMG (Artefakt)'ye ait Örnek Şekilden Elde Edilen Öznitelikler

	Derece Artefakt (Grade Artefact)								Miksiyon
	Tepe Sayısı	UF Sıfıra İnmesi	Maksimum Akış Hızı (ml/s)	Maksimum Hıza Ulaşma Süresi (s)	Ortalama Akış Hızı (ml/s)	Cinsiyet	Yaş (yıl)	sEMG	Normal Değil
Miksiyon Değerleri	2	Yok	22	3	13	E	14	Çok büyük	
Öznitelik Değerleri	2	1	22	3	13	1	14	3	

Tüm dereceler için örnek gösterilen UF-sEMG sinyallerinden (Şekil 2.7. - Şekil 2.13.) elde edilen öznitelikler Çizelge 2.10.'da yer almaktadır.

Çizelge 2.10. Örnek Gösterilen Tüm Derecelere Ait Öznitelikler

ÖZNİTELİKLER								ÇIKIŞ	
Tepe Sayısı	UF Sıfıra İnmesi	Maksimum Akış Hızı	Maksimum Hıza Ulaşma Süresi	Ortalama Akış Hızı	Cinsiyet	Yaş	sEMG	Derece	Sonuç
1	1	17	3	8	1	6	1	Şekil 2.7. (Derece 0)	1
1	1	22	3	10	2	9	2	Şekil 2.8. (Derece 1)	2
2	1	16	2	7	2	9	2	Şekil 2.9. (Derece 2)	3
3	1	24	5	7	2	11	2	Şekil 2.10. (Derece 3)	4
3	2	21	4	8	2	7	2	Şekil 2.11. (Derece 4)	5
3	1	20	9	9	1	6	1	Şekil 2.12. (Derece NonEMG)	6
2	1	22	3	13	1	14	3	Şekil 2.13. (Artefakt)	Hata

2.4. Matlab R2016a Kullanımı

Bu tez çalışmasında mevcut 967 hasta verisinin öznitelikleri, Matlab R2016a kullanılarak yazılan kodlar ile çıkarılmıştır (EK-1). Bunun için hasta verilerinin kaydedildiği MMS Solar Uroflow cihazının arşivinden, her bir hastaya ait FLOW.ASC ve EMG1.ASC olmak üzere iki dosya alınarak Matlab ortamında analiz edilmiştir. Bu dosyalardan 967x8 boyutunda oluşturulan bir öznitelik matrisi elde edilmiştir. Bu öznitelik matrisi, veriler arasındaki farklılığı tek bir düzende ele almak amacıyla normalize edilmiş, bu işlem sonucunda her bir veri için [0,1] arasında bir değer elde edilmiştir. Normalizasyon işlemi için öznitelik matrisindeki her bir öznitelik sütunu (967x1) ayrı ayrı:

$$V_N = 0,8 \cdot \frac{[V_R - V_{min}]}{[V_{maks} - V_{min}]} + 0,1 \quad (2.9)$$

denklemleri ile normalizasyon işlemine tabi tutulmuştur. Burada V_R normalize edilecek veriyi, V_{maks} o öznitelik setindeki en büyük değere sahip veriyi, V_{min} o öznitelik setindeki en küçük değere sahip veriyi, V_N ise normalize edilmiş yeni değeri temsil etmektedir.

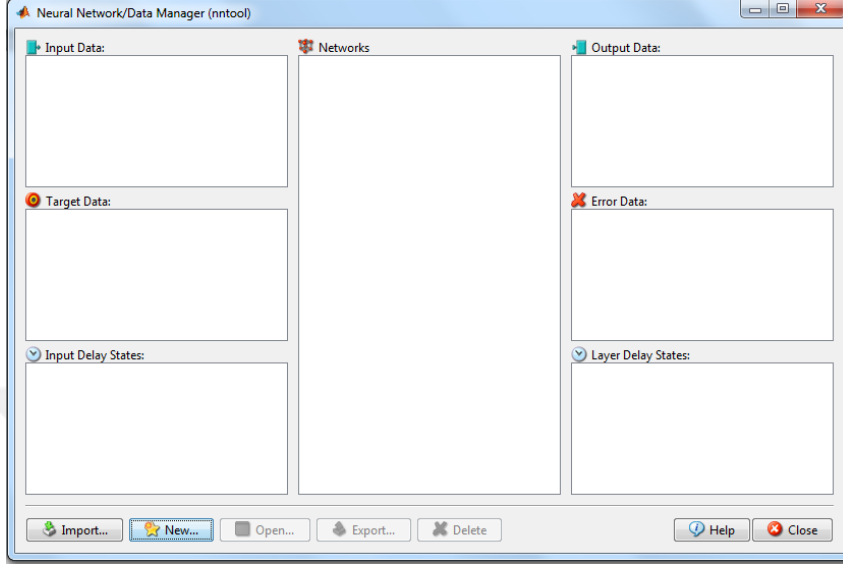
Normalizasyon işleminden sonra her biri 8 ayrı öznitelik ve bir teşhisten oluşan 967 hasta verisi rastgele seçilmek suretiyle %80 (773 adet) eğitim ve %20 (194 adet) test olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Her bir dereceye ait hasta sayısı farklı olduğundan bu ayırım yapılırken, o dereceye ait hasta verileri kendi içlerinde eğitim ve test olmak üzere gruplandırılmıştır.

Bu aşamadan sonra Matlab R2016a programı kullanılarak YSA oluşturulmuş, gruplandırılan verilerle oluşturulan YSA'nın sınıflandırma başarısı hesaplanmıştır.

Matlab'da YSA uygulamaları farklı komutlarla gerçekleştirilebilir. Bu tez çalışmasında "nntool" komutu ile oluşturulan yapay sinir ağı tanıtılacaktır.

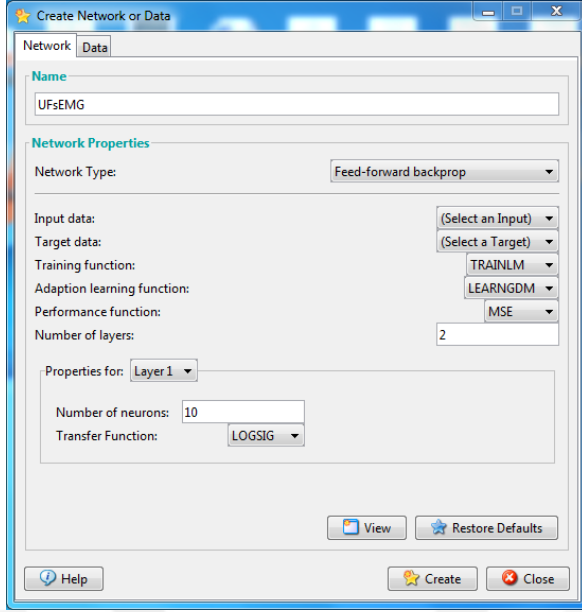
Çalışma aşağıda belirtilen yönergeler takip edilerek gerçekleştirilmiştir.

- i. Matlab command window bölümüne “nntool” komutu yazılır ve bu komutla birlikte “Neural Network / Data Manager” penceresi açılır (Şekil 2.14.).



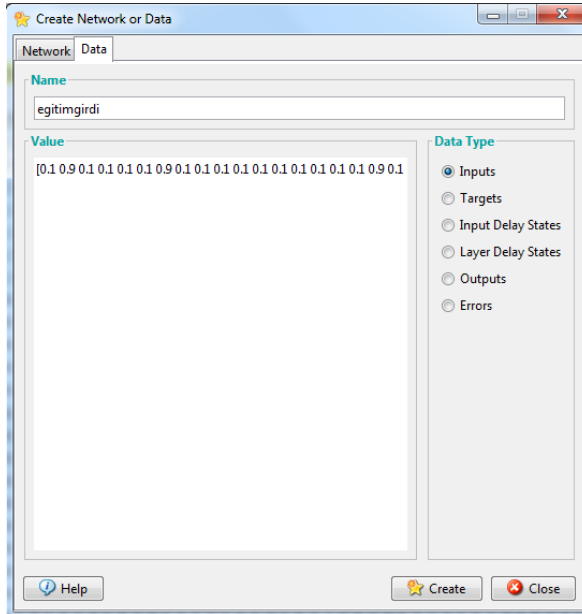
Şekil 2.14. Matlab Neural Network / Data Manager [33]

- ii. “Neural Network / Data Manager” penceresinde bulunan “New Network” butonu ile “Create Network or Data” penceresi açılır. Bu pencerede tez çalışmasına uygun olarak network tipi, eğitim fonksiyonu, adaptasyon eğitim fonksiyonu, performans fonksiyonu, katman sayısı, transfer fonksiyonu, gizli katmandaki nöron sayısı ve gizli katman sayısı değerleri seçilir (Şekil 2.15.).

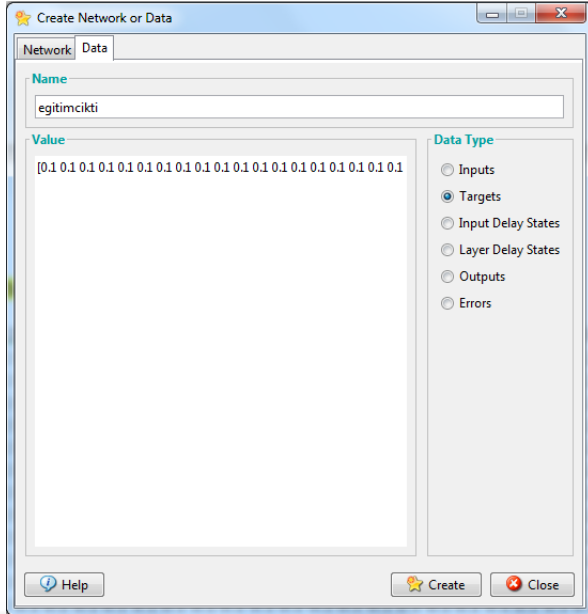


Şekil 2.15. Matlab Create Network [33]

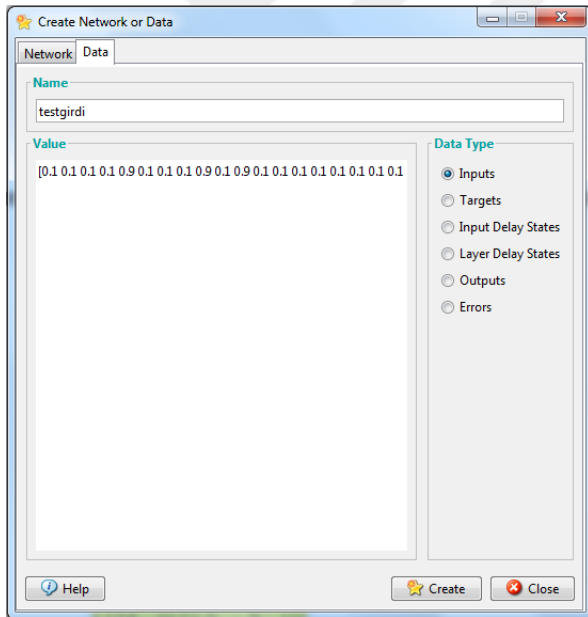
- iii. Bu defa “Create Network or Data” penceresindeki “Data” sekmesi açılarak, daha önce hazırlanan eğitim girdi, eğitim çıktı ve test girdi setleri “Create” butonu ile tanıtılır (Şekil 2.16. Şekil 2.17. Şekil 2.18.).



Şekil 2.16. Matlab Create Data [33]

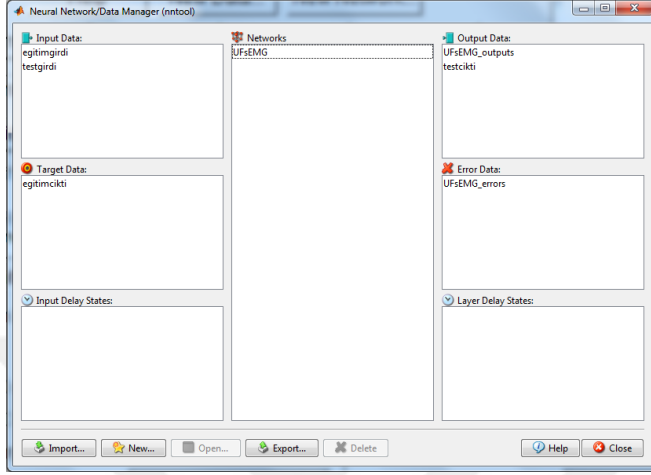


Şekil 2.17. Matlab Create Data [33]



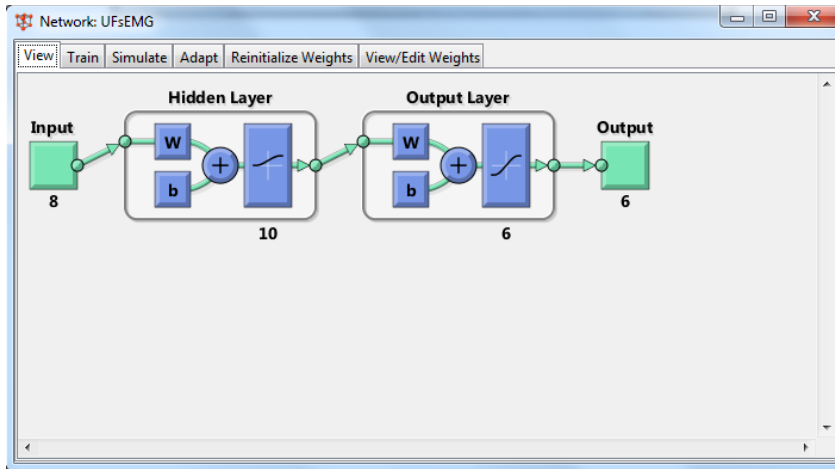
Şekil 2.18. Matlab Create Data [33]

- iv. İşlemlerin tamamlanması ile “Neural Network / Data Manager” araç kutusunda tüm veriler yer alır. Oluşturulan “UFsEMG” ağına giriş yapılarak ağın eğitim safhasına geçilir (Şekil 2.19.).



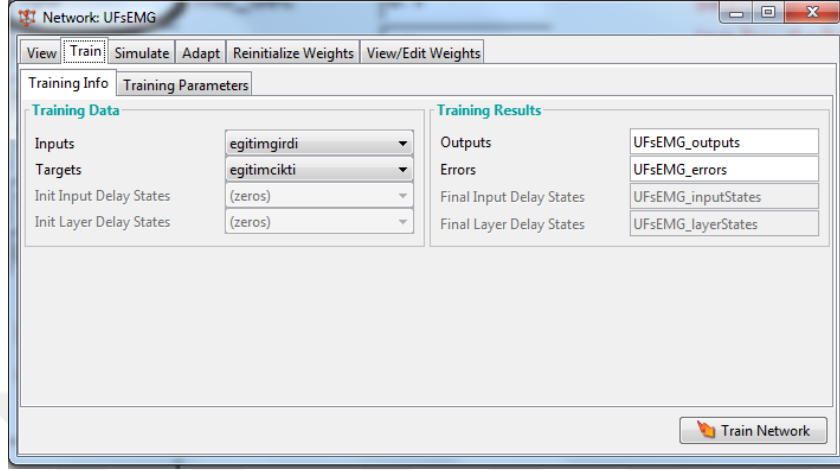
Şekil 2.19. Matlab Neural Network/Data Manager [33]

- v. Açılan “Networks: UFsEMG” penceresinde, oluşturulan ağın yapısı “View” sekmesi ile görülebilir (Şekil 2.20.).



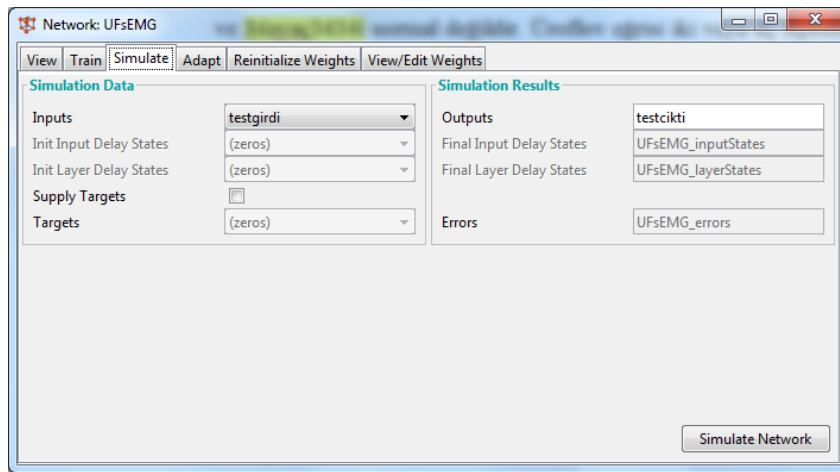
Şekil 2.20. Matlab View [33]

vi. “Train” sekmesinde eğitim girdi / eğitim çıktı değerleri işaretlenir ve “Train Network” butonu ile ağ eğitilir (Şekil 2.21.).

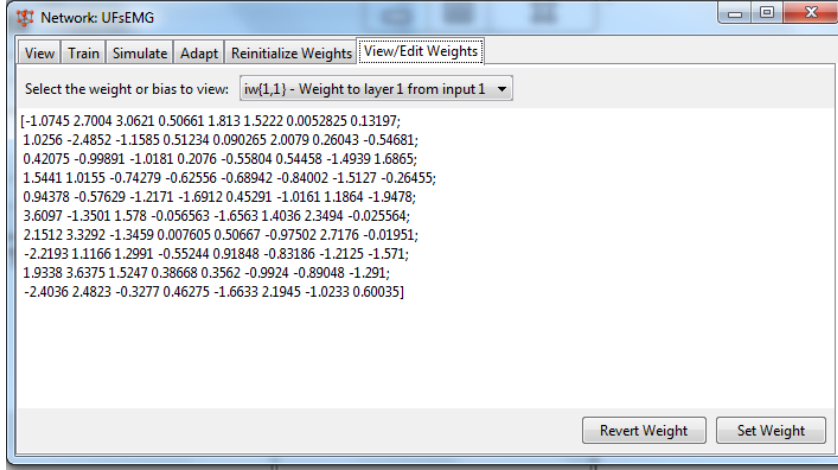


Şekil 2.21. Matlab Train Info [33]

vii. Daha sonra eğitilmiş ağı test etmek üzere “Simulate” sekmesine geçilir. Test verisi girdileri işaretlenir ve ”Simulate Network” butonu ile ağın test işlemi tamamlanmış olur (Şekil 2.22.). “View/Edit Weights” sekmesi ile ağın ağırlık değerleri görülebilir (Şekil 2.23.).

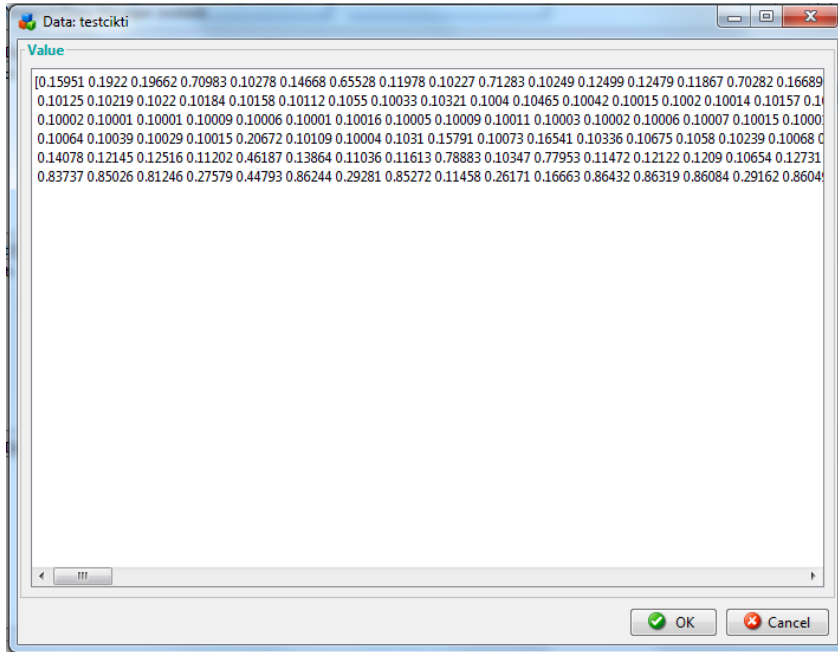


Şekil 2.22. Matlab Simulate [33]



Şekil 2.23. Matlab View/Edit Weights [33]

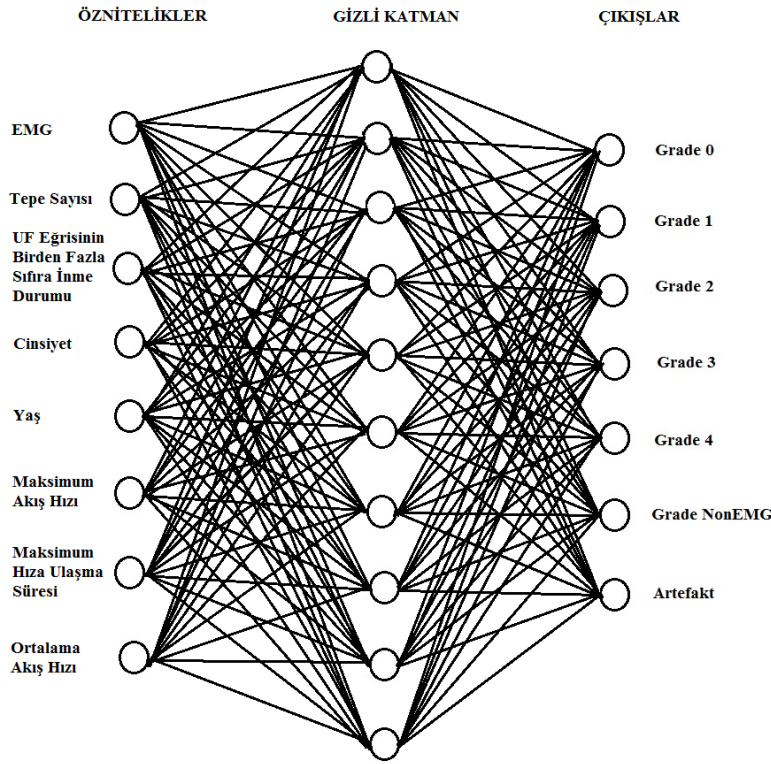
viii. Test edilen yapay sinir ağının başarısını bulunması için ağın test sonuçları ile test amaçlı ayrılmış verilerin doktor tanıları karşılaştırılmalıdır. Bunun için “Neural Network / Data Manager” penceresinde oluşan “testcikti” açılır ve buradaki değerler alınır. Böylece yapay sinir ağının test sonuçları ile gerçek doktor tanılarının karşılaştırılması suretiyle başarı oranı bulunmuş olur (Şekil 2.24.).



Şekil 2.24. Matlab Test Çıktısı [33]

3. BULGULAR

Çocuk ürologları tarafından değerlendirilen 967 pediatrik hasta verisi, geri yayılım algoritması kullanılarak oluşturulan yapay sinir ağına tanıtılmıştır. YSA üç tabakadan oluşmuştur. Giriş katmanına öznitelikler girilmiştir. Gizli katman YSA'nın nöronları arasındaki ilişkileri içerir. Çıktı katmanı ise yedi ayrı derecelendirme grubundan birine karar verir (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Yapay Sinir Ağı Yapısı

Verilerin 773 adedi (%80) eğitim, 194 adedi (%20) test amacıyla kullanılmıştır. Bu veriler doğrultusunda oluşturulan YSA Derece 0'ı (%75,55), Derece 1'i (%92,10), Derece 2'yi (%96,55), Derece 3'ü (%96,15), Derece 4'ü (%100) ve Derece NonEMG'yi (%59,46) başarı ile tespit etmiştir. Genel başarı oranı ortalaması %82,99 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.1.).

Çizelge 3.1. YSA ile Sınıflandırılan UF-sEMG Verilerinin Adedi ve Sınıflandırma Doğruluğu

Hekim Tanısı YSA Tanısı	Derece 0 (45 Hasta)	Derece 1 (38 Hasta)	Derece 2 (29 Hasta)	Derece 3 (26 Hasta)	Derece 4 (19 Hasta)	Derece NonEMG (37 Hasta)	Genel Başarı Ortalaması
Derece 0	34	1	0	0	0	2	%82,99
Derece 1	6	35	1	0	0	0	
Derece 2	1	2	28	0	0	3	
Derece 3	0	0	0	25	0	6	
Derece 4	0	0	0	1	19	4	
Derece NonEMG	6	0	0	0	0	22	
	%71,11	%92,11	%96,55	%96,15	%100	%59,46	

Bu defa sEMG verisi olmadan sadece UF verileri YSA'ya tanıtılmıştır. Verilerin 773 adedi (%80) eğitim, 194 adedi (%20) test amacıyla kullanılmıştır. Bu veriler doğrultusunda oluşturulan YSA Derece 0'ı (%40), Derece 1'i (%47,37), Derece 2'yi (%96,55), Derece 3'ü (%96,15), Derece 4'ü (%68,42) ve Derece NonEMG'yi (%29,73) başarı ile tespit etmiştir. Genel başarı ortalaması %58,25 olmaktadır (Çizelge 3.2.).

Çizelge 3.2. Öznitelik Olarak sEMG Kullanılmadan Sınıflandırılan Verilerin Adedi ve Sınıflandırma Doğruluğu

Hekim Tanısı YSA Tanısı	Derece 0 (45 Hasta)	Derece 1 (38 Hasta)	Derece 2 (29 Hasta)	Derece 3 (26 Hasta)	Derece 4 (19 Hasta)	Derece NonEMG (37 Hasta)	Genel Başarı Ortalaması
Derece 0	18	18	0	0	0	1	%58,25
Derece 1	20	18	1	0	0	0	
Derece 2	7	2	28	0	0	6	
Derece 3	0	0	0	25	1	12	
Derece 4	0	0	0	1	13	7	
Derece NonEMG	0	0	0	0	5	11	
	%40	%47,37	%96,55	%96,15	%68,42	%29,73	

Çizelge 3.1. ve Çizelge 3.2.'den anlaşılacağı üzere, sfinkter kaslarından alınan sEMG sinyalinin kullanılması ile birlikte, YSA'nın başarı oranı %58,25'den %82,99'ye yükselmiştir. Çalışmamızın özünü teşkil eden bu durum, hekimler tarafından da kabul gören, hastaya konulacak tanıda sfinkter EMG bilgisinin UF ile kullanılması görüşünü desteklemektedir.

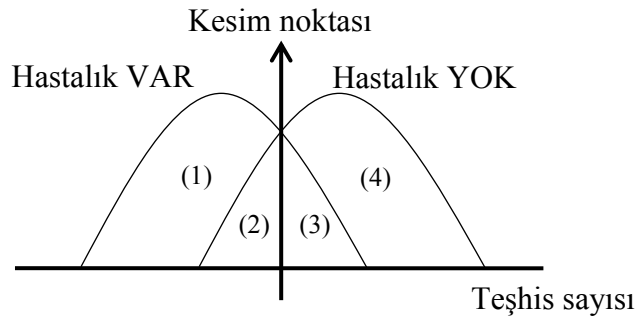
Çizelge 3.1. ve Çizelge 3.2. incelendiğinde özellikle Derece 0, Derece 1 ve Derece 4 grubu hastalarda sEMG'nin doğru tahmin başarısına büyük oranda katkısı olduğu görülmektedir. Ön tanı elde edebilme adına yapılmış bu tez çalışmasında normal üroflow eğrisine sahip Derece 0 ve Derece 1 grubu hastalarda elde edilen doğru tahmin başarısı artışı SEMG sinyalinin önemini ayrıca arttırmaktadır.

3.1. ROC Analizi

Sistemin test edilmesi amacıyla kullanılan 194 adet hasta veri seti için yapay sinir ağından elde edilen sonuçların, hekim tanıları ile karşılaştırılması amacıyla ROC (Receiver Operating Curve) analizi uygulanmıştır.

ROC analizi radarların performansını tespit etmek amacıyla geliştirilmiştir [34] ve biyomedikal uygulamalarda özellikle sınıflandırıcı performansını test etmek amacıyla kullanılır. Sonuçları grafiksel olarak gösterdiğinden ötürü çok kullanışlı olan ROC analizinin performansı, ROC eğrisinin altında kalan alanın bulunmasıyla değerlendirilir [35].

Bu çalışma için UF sinyalinin tek bir tepe oluşturup oluşturmadığı kesim noktası olarak belirlenmiştir. Derece 0 ve Derece 1 grubu hasta verilerinde UF eğrisi, sağlıklı bireylerde görülmek istendiği gibi tek bir tepe oluşturacak şekilde meydana gelmiştir. Her ne kadar Derece 1 grubu hastalarda miksiyon anında sEMG varlığı görülüyor olsa da UF eğrisinin tek bir tepe oluşturacak şekilde meydana gelmiş olmasından dolayı bu iki grup ROC analizinde “Hastalık yok” olarak ayrılmış ve “pozitif” olarak değerlendirilmiştir. Belirlenen kesim noktası sonrasında Derece 2, Derece 3, Derece 4 ve Derece NonEMG grubu hastalar “Hastalık var” olarak ayrılmış ve “negatif” olarak değerlendirilmiştir (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Teşhis Sonuçları

ROC analizinde kullanılan kriterler aşağıda belirtildiği gibidir.

- (1) Doğru Pozitif (DP) : Hastalık VAR ve YSA hastalık VAR olarak tespit etti.
- (2) Yanlış Pozitif (YP) : Hastalık YOK ve YSA hastalık VAR olarak tespit etti.
- (3) Yanlış Negatif (YN) : Hastalık VAR ve YSA hastalık YOK olarak tespit etti.
- (4) Doğru Negatif (DN) : Hastalık YOK ve YSA hastalık YOK olarak tespit etti.

ROC eğrisi oluşturulurken YSA'nın test edilmesi amacıyla ayrılan 194 adet hasta verisi tabloda görüldüğü gibi gruplandırılmıştır (Çizelge 3.3.).

Çizelge 3.3. Hasta sayılarının Hekim teşhisi ve YSA sonucuna göre karşılaştırılması

YSA Sonucu	Gerçek Durum		Toplam
	Hastalık Var Pozitif	Hastalık Yok Negatif	
Hastalık Var Pozitif	DP: 108	YP: 9	117
Hastalık Yok Negatif	YN: 3	DN: 74	77
Toplam	111	83	194

Çizelge 3.3.'e bakıldığında YSA'nın toplamda 12 hastayı yanlış gruplandığı görülmektedir. Bunlardan 9 tanesi "hastalık yok" grubunda olmasına rağmen, "hastalık var" olarak gruplandırılmıştır (YP: Yanlış Pozitif). UF-sEMG testi uygulanabilirliğinin kolaylığı ve doğrudan doğruya ilaç tedavisi veya girişimsel bir müdahale için yeterli bulunmaması gibi özelliklerinden ötürü, bu gruptaki hastalar için verilmiş olan hatalı ön tanı, daha sonra yapılacak tetkikler ile fark edilebilir ve bu sayede yapılan yanlışlık düzeltilebilir. Ancak YSA bunlardan başka 3 hastaya daha yanlış ön tanı koymuştur. Bu üç hasta "hastalık var" grubunda olmasına rağmen, "hastalık yok" olarak gruplandırılmıştır (YN: Yanlış Negatif). Yanlış Negatif bulunan üç hastanın dereceleri EK-2 tablodan bakıldığında görülmektedir. Bunlardan bir tanesi "Derece 2" olmasına rağmen "Derece 1" olarak bulunmuş, iki

tanisi de “Derece NonEMG” olmasına rağmen “Derece 0” olarak bulunmuştur. Bu hatalı ön tanılara bakıldığında, birbirine en yakın derecelerin olduğu görülmektedir. Bu tez çalışmasında doktor olmadan bir **ön tanı** koyma amaçlandığından, hastada rahatsızlığın olmasına rağmen bu rahatsızlığın tespit edilememesi önem verilmesi gereken bir durumdur. İleride yapılacak çalışmalarda yazılım ve YSA'nın geliştirilmesiyle daha başarılı sonuçlar alınabileceği değerlendirilmektedir.

Hasta verilerinin hekim teşhisi ve YSA sonucuna göre karşılaştırıldığı Çizelge 3.3.'ten elde edilen verilerle ROC eğrisi çizdirilebilir. Bunun için ROC analizinden “Doğru Pozitif Oranı” ve “Yanlış Pozitif Oranı” değerlerinin hesaplanması gerekmektedir. Doğru pozitif oranı duyarlılık, yanlış pozitif oranı (1-seçicilik)'dir ve eğri eksenleri bu oranlar belirlenerek çizdirilir.

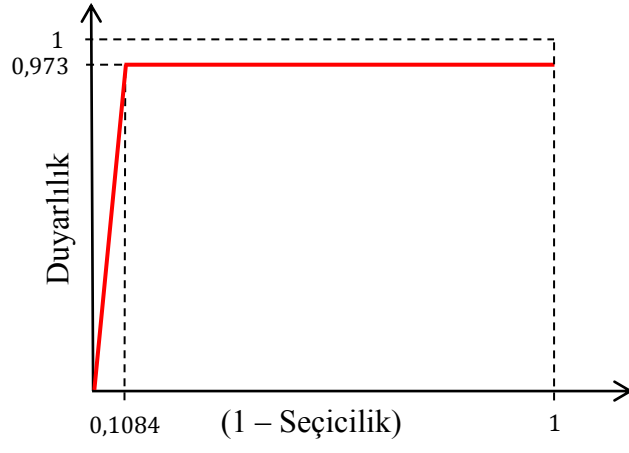
$$\text{Duyarlılık} = \text{DP oranı} = \frac{\text{DP sayısı}}{\text{Toplam Hastalık Var}} \quad (3.1)$$

$$\text{Duyarlılık} = \text{DP oranı} = 108/111 = 0,9730$$

$$1 - \text{Seçicilik} = \text{YP oranı} = \frac{\text{YP sayısı}}{\text{Toplam Hastalık Yok}} \quad (3.2)$$

$$1 - \text{Seçicilik} = \text{YP oranı} = 9/83 = 0,1084$$

Bu veriler ışığında çizilen ROC eğrisi Şekil 3.3.'de görüldüğü gibidir. ROC eğrisinin altında kalan alan 0,92 birim karedir. Bu değer sistemin %92 seviyelerinde doğru sınıflandırma yaptığını göstermektedir. Bu alan 0,9-1 aralığında ise mükemmel, 0,8-0,9 aralığında ise iyi, 0,7-0,8 aralığında ise orta, 0,6-0,7 aralığında ise zayıf, 0,5-0,6 aralığında ise başarısız olarak değerlendirilebilir [35].



Şekil 3.3. ROC Eğrisi

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Alt üriner sistem disfonksiyonu (AÜSD), idrar depolama ve miksiyon gibi alt üriner sistem fonksiyonlarında anormallikler ile karşımıza çıkan durumları ifade eder. AÜSD hastalıklarında üroflovetre testi noninvaziv ve pratik oluşu nedeniyle sıklıkla kullanılmaktadır.

Literatürde üroflovetre (UF) test verilerinden yola çıkarak yorum üreten çalışmalar mevcut olmakla birlikte, UF ile sEMG verisini birlikte değerlendirip yorumlayan bir çalışma mevcut değildir.

Bu çalışmada 2005-2014 tarihleri arasında AÜSD nedeni ile takip ve tedavi edilen çocuk hastalara uygulanan 967 elemanlı test grubu oluşturulmuştur. Bu çocuklara uygulanan UF-sEMG testleri sonrasında, Gülhane Eğitim ve Araştırma Hastanesi Üroloji Anabilim Dalı'nda görevli doktorlar tarafından, yeni ve daha detaylı derecelendirme metodu ile tanıları konulmuştur. Matlab ile yazılan kodlar vasıtasıyla, doktorlar tarafından tanıların konulma sürecinde dikkate alınan tüm bilgiler yapay sinir ağına girdi olarak kullanılmıştır. YSA'nın çıktıları ile doktor tanıları karşılaştırılarak başarı oranı bulunmuştur. Bu başarıda sEMG katkısı ayrıca irdelenmiştir. sEMG'nin ne kadar önemli bir veri olduğu, bu öznelik çıkarılarak yapılan karşılaştırmalarla ortaya konmuş ve büyük oranda etkili olduğu görülmüştür. Yapılan bu çalışma kapsamında sistemin uygulama kalitesinin ve başarımının yükselmesi, daha farklı sınıflandırma yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalarla mümkün olabilecektir. Farklı algoritmalar kullanılarak yapılan çalışmalar başarı oranını arttırılabilir.

Ayrıca bu alanda çalışan doktorlara yeni bir karar desteği olması adına, çalışmada kullanılan Matlab yazılımı geliştirilebilir. Elde edilen sonuçlar; hastaların tanı, takip ve tedavi sürecinde sağlık personeline UF-sEMG sonuçlarını yorumlamada kolaylık sağlayabilir.

EMG ve üroflovetreden oluşacak bir prototipte çevrimiçi ve öğretmensiz öğrenme özelliklerine sahip bir yapay sinir ağı modeli geliştirilerek sağlık hizmetine erişimin daha zor olduğu bölgelerdeki çocuk hastalara, doktor olmadan ön tanı konabilecek gezici ekipler oluşturulabileceği değerlendirilmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] Yağmur, İ., “Normal İdrar Akım Eğrisi”, Çocuk Cerrahisi Dergisi, Kasım 2016, Pages 571–576.
- [2] Allen T.D., Bright T.C., “Urodynamic Patterns in Children with Dysfunctional Voiding Problems”, The Journal of Urology, Volume 119, Issue 2, February 1978, Pages 247 – 249.
- [3] Köprü, B., İrkılata, H., Kibar, Y., Alp, B., Gök, F. ve Dayanç, M., “Alt Üriner Sistem İşeme Disfonksiyonu (AÜSD) Olan Çocuklarda Disfonksiyonel İşeme (Dİ)’nin Şiddetinin Değerlendirilmesinde Yeni Bir Derecelendirme (Grading) Sistemi”, 12.Türk Çocuk Ürolojisi Kongresi, Kasım 2013, Antalya, s. 77.
- [4] Norgaard, J.P., Gool, J.D., Hjalmas., J.C., Djurhuus., J.C. “Standardization and Definitions in Lower Urinary Tract Dysfunction in Children”, British Journal of Urology, Volume 81, Issue 3, 1998, Pages 1-16.
- [5] Köprü, B., İrkılata, H., Kibar, Y., Alp, B. ve Gök, F., “Aşırı Aktif Mesane (AAM) Tanılı Çocuk Hastalarda Elektromiyografili Üroflovmetri (UF-EMG) ile İşeme Fazının Değerlendirilmesi”, 12.Türk Çocuk Ürolojisi Kongresi, Kasım 2013, Antalya, s. 112.
- [6] İrkılata, H., Kibar, Y., Alp, B., Topuz, B., Dayanç, M. ve Gök, F., “Veziko Üreteral Reflü Çocuklarda Alt Üriner Sistem Disfonksiyonu Alt Tiplerinin UF-EMG ile Değerlendirilmesi”, 12.Türk Çocuk Ürolojisi Kongresi, Kasım 2013, Antalya, s. 109.
- [7] Ergin, G., Kibar, Y., Ebioloğlu, T., Köprü, B., İrkılata, H. ve Gök, F., “Alt Üriner Sistem Disfonksiyonlu Çocuklarda Biofeedback Tedavisinin Üroflow-EMG Parametreleri Üzerine Etkileri”, 12.Türk Çocuk Ürolojisi Kongresi, Kasım 2013, Antalya, s. 111.
- [8] İrkılata, H., Örs, A.Ö., Kibar, Y. ve Sakallıoğlu, O., “Alt üriner Sistem İşlev Bozukluğu Olan Çocuklarda Üroflow-EMG Paternleri”, Türk Üroloji Dergisi, Volume 33, Issue 3, Ağustos 2007, Pages 334-338.
- [9] Drzewiecki, B.A. and Bauer, S.B., “Urodynamic Testing in Children: Indications, Technique, Interpretation and Significance”, The Journal of Urology, Volume 186, Issue 4, October 2011, Pages 1190-1197.
- [10] Batavia, J.P., Combs, A.J., Hyun, G., Bayer, A., Medina-Kreppein, D., Schlusel, R.N. and Glassberg, K.I., “Simplifying the Diagnosis Of 4

Common Voiding Conditions Using Uroflow/Electromyography, Electromyography Lag Time and Voiding History”, The Journal of Urology, Volume 186, Issue 4, October 2011, Pages 1721-1727.

- [11] Altunay, S., Telatar, Z., Eroglu, O. and Aydur, E., “A new approach to urinary system dynamics problems: Evaluation and classification of uroflowmeter signals using artificial neural networks”, Expert Systems with Applications, Volume 36, Issue 3, Part 1, April 2009, Pages 4891 – 4895.
- [12] Altunay, A.S., “Üroflowmetre Sistemi Tasarımı ve Üroflow Sinyallerinin Yorumlanması”, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, s. 61., Ankara 2006.
- [13] Stanford Children’s Health, <http://www.stanfordchildrens.org/en/topic/default%3Fid%3DAnatomy-of-the-urinary-system-85-P01468&> (Erişim tarihi: 26.02.2018)
- [14] Tanagho, E.A. and McAninch J.W. Smith’s “General Urology”, McGraw-Hill /Appleton & Lange, 16th Edition, page 830., San Francisco, 2003.
- [15] Guyton, A.C. and Hall, J.E., “Textbook of Medical Physiology”, Saunders/Elsevier, 11th Edition, page 1104., USA, 2005.
- [16] Dayanç, M., <https://www.cocukuroloji.com/tr/hastaliklar/Gunduz-cocuklarda-idrar-Kacirma/amp> (Erişim tarihi: 21.03.2018)
- [17] Dayanç, M., <https://www.cocukuroloji.com/tr/aileler-icin-kilavuzlar/Yatak-islatma-kilavuzu> (Erişim tarihi: 23.03.2018)
- [18] Siroky, M.B., “Interpretation of Urinary Flow Rates”, Urologic Clinics of North America, August 1990, pages 537-42.
- [19] Abdelmagid, M.E. and Gajewski, J.B., “Critical Review of the Uroflowmetry”, Canadian Journal of Urology. 1998, pages 569-575.
- [20] MMS Medical Measurement Systems B.V. The Netherlands, MMS Database ekran görüntüsü (Erişim tarihi: 20.03.2018)
- [21] MEB Biyomedikal Cihaz Teknolojileri, “Kas Sinir Sinyal İzleyicilerde Kurulum” Ankara, 2012.
- [22] Betatom EMAR <http://betatomavcilar.com/hizmetlerimiz/emg-elektromiyografi/> (Erişim tarihi: 24.03.2018)
- [23] Efe Ö., Kaynak O., “Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları” Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, 2000.

- [24] Öztemel E. “Yapay Sinir Ağları” Papatya Yayıncılık, İstanbul, 2006.
- [25] Şen Z., “Yapay Sinir Ağları İlkeleri” Su Vakfı Yayınları, İstanbul, 2004.
- [26] <http://www.biyolojidefteri.com/index.php/impuls-olusumu-ve-iletimi> (Erişim tarihi: 28.03.2018)
- [27] <https://www.hostingdergi.com.tr/yapay-zeka-ve-sinir-aglari/> (Erişim tarihi: 24.03.2018)
- [28] Orçanlı, K., “Çok Değişkenli Kalite Kontrol Grafikleri ve Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Döküm Sanayinde Bir İstatistiksel Süreç Kontrolü Uygulaması”, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum 2017.
- [29] Diler, A.İ., “İMKB Ulusal-100 Endeksinin Yönünün Yapay Sinir Ağlarıyla Hata Geriye Yayıma Yöntemi ile Tahmin Edilmesi”, İMKB Dergisi 7, 2003, s. 25-26, 65-81.
- [30] MMS Medical Measurement Systems, <http://www.mmsinternational.com/usa/1410/urology-urowflowmetry-products-solar-urowflow> (Erişim tarihi: 20.03.2018)
- [31] Kröse, B. and Smagt, P. “An Introduction to Neural Networks”, University of Amsterdam Publication, 131 p., Amsterdam. 1996.
- [32] Freeman, J.A., and Skapura, D.M., Neural Networks Algorithms, Applications and Programming Techniques, Addison-Wesley Publishing, Houston, 1991.
- [33] MATLAB R2016a ekran görüntüsü (Erişim tarihi: 22.03.2018)
- [34] Fawcett, T. “ROC Graphs: Notes and Particular Considerations for Data Mining Researchers”, Hewlett-Packard Company documentation notes, 2003.
- [35] Duman, F. “EEG Sinyallerinin Analizi ile Uyku Durumunun Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, 58 s., Ankara 2005.

EKLER

EK 1 Matlab R2016a'da Yazılmış Öznitelik Çıkarım Kodları

```
clear
clc
load flow.asc;
load emg1.asc;

baslangic = 0;
bitis = 0;
sifir_inme = 0;
oz_maks_ulasma = 0;
esik = 50;
sayac = 1;
load giris.mat;

for i1=1:1:sinyal_uzunlugu;

    if baslangic == 0;
    if flow(i1) > 0
        baslangic = i1;
    end
    end
end

for i2=sinyal_uzunlugu:-1:1

    if bitis == 0;
    if flow(i2) > 0
        bitis = i2;
    end
    end
end

end

for i3=baslangic:1:bitis
    if flow(i3) == 0
        sifir_inme = sifir_inme +1;
    end
end

if sifir_inme > 0
    oz_sifir = 2;
else
    oz_sifir = 1;
end

maks_emg = max (emg1(baslangic:bitis));

if maks_emg < 5
    oz_emg = 1;
end
```

```

if maks_emg > 5 && maks_emg<200000
    oz_emg = 2;
end

if maks_emg>200000
    oz_emg = 3;
end

oz_maks_akis = ceil(max(flow(baslangic:bitis))/fs);

for i4=baslangic:1:bitis
    if oz_maks_ulasma == 0
        if flow(i4) == max(flow)
            oz_maks_ulasma = floor((i4 - baslangic)/fs);

            end
        end
    end

oz_ort_akis = ceil(mean(flow(baslangic:bitis))/fs); % miksyon anında

oz_yas = input ('yaş: ');

oz_cins = input('cinsiyet Erkek (1), Kız (2): ');

while oz_cins > 2
    oz_cins = input('cinsiyet Erkek (1), Kız (2): ');
end

target(sayac,1) = input('Doktor değerlendirmesi: ');

tepe_sayisi =
length(findpeaks(flow(baslangic:bitis),fs,'MinPeakProminence',esik))
;

if tepe_sayisi == 0

    oz_tepe_sayisi = 1;
end

if tepe_sayisi == 1
    oz_tepe_sayisi = 1;
end

if tepe_sayisi == 2
    oz_tepe_sayisi = 2;
end

if tepe_sayisi == 3
    oz_tepe_sayisi = 2;
end

if tepe_sayisi >= 4
    oz_tepe_sayisi = 3;
end

giris(sayac,1) = oz_cins;

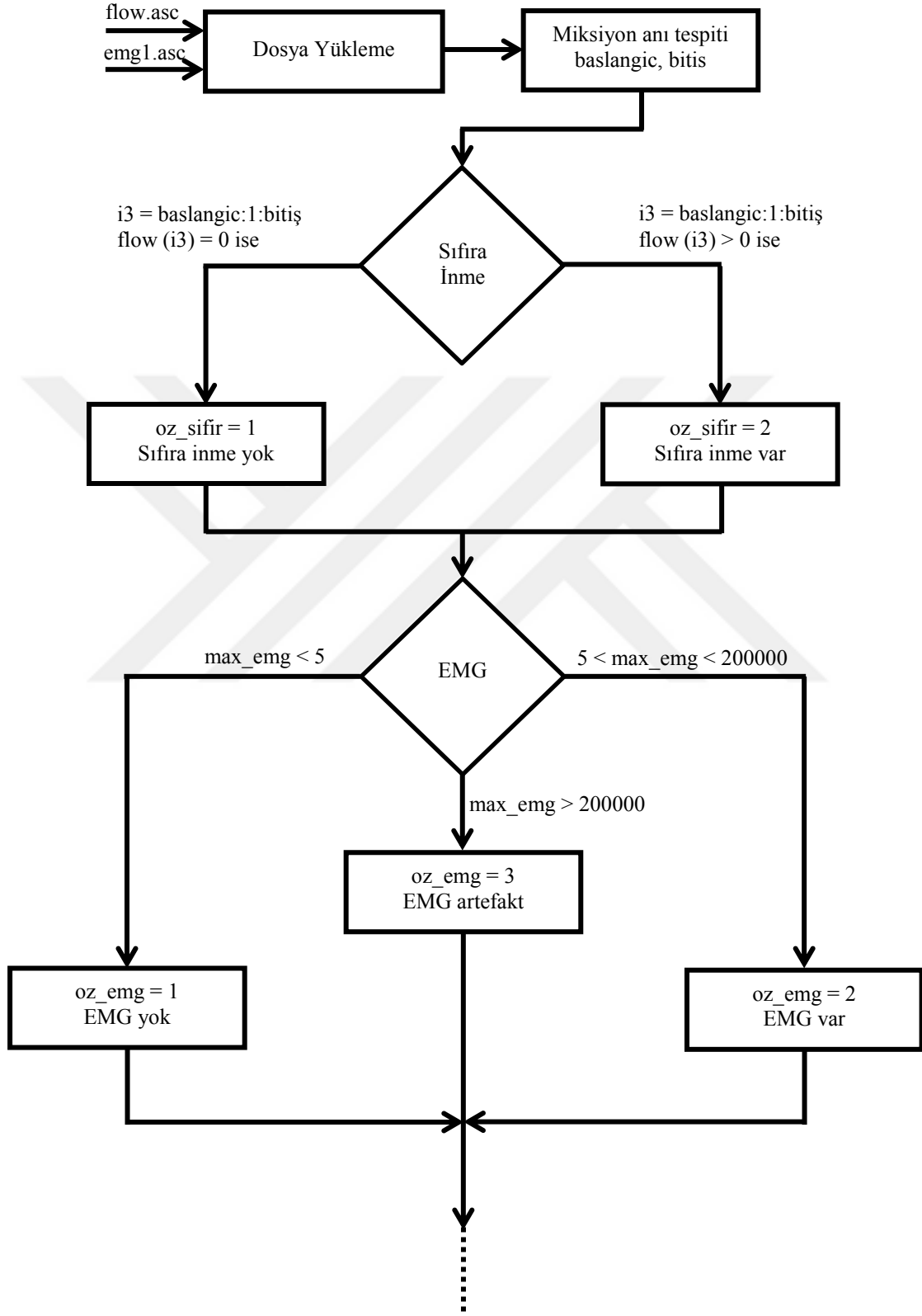
```

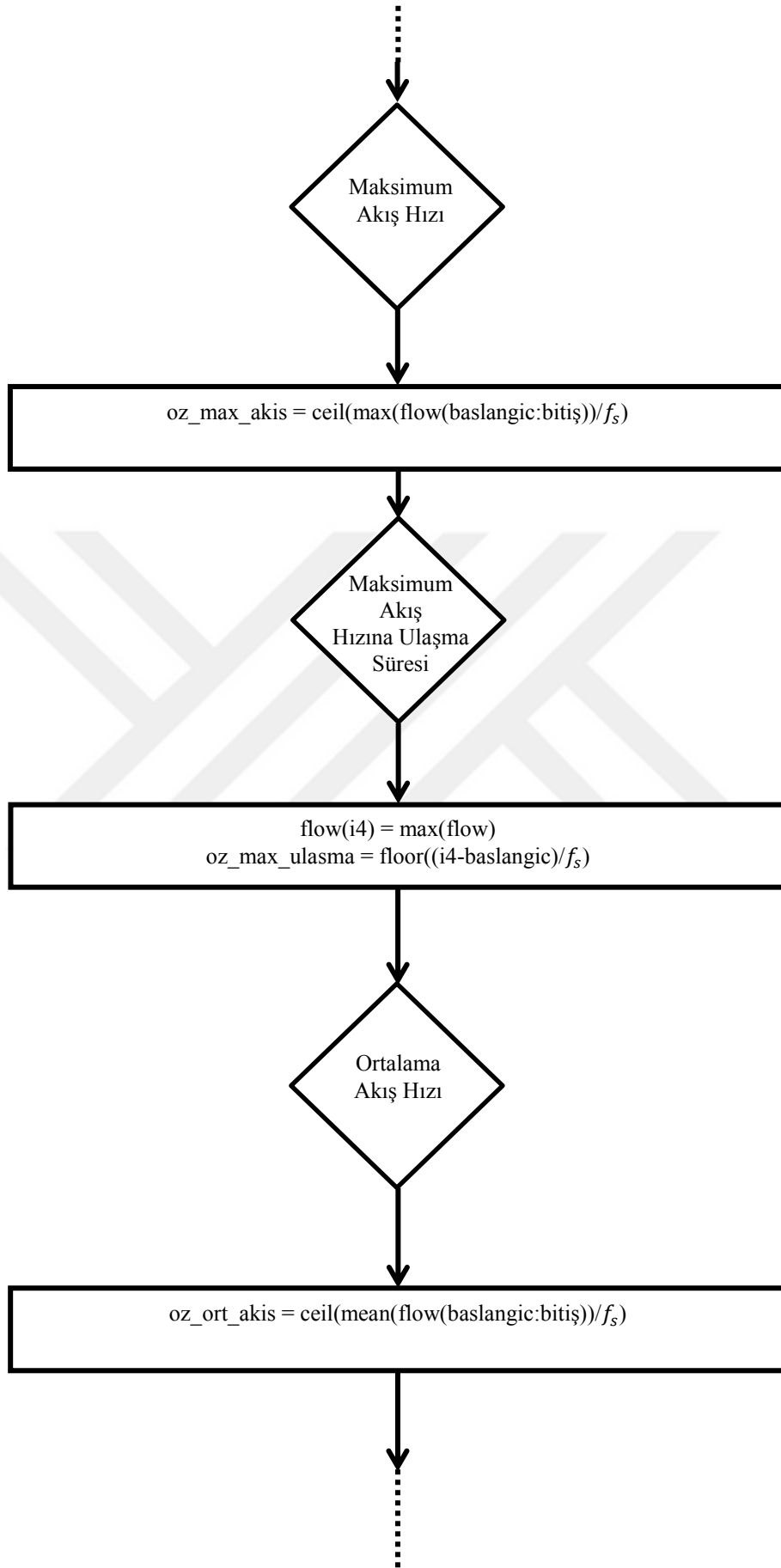


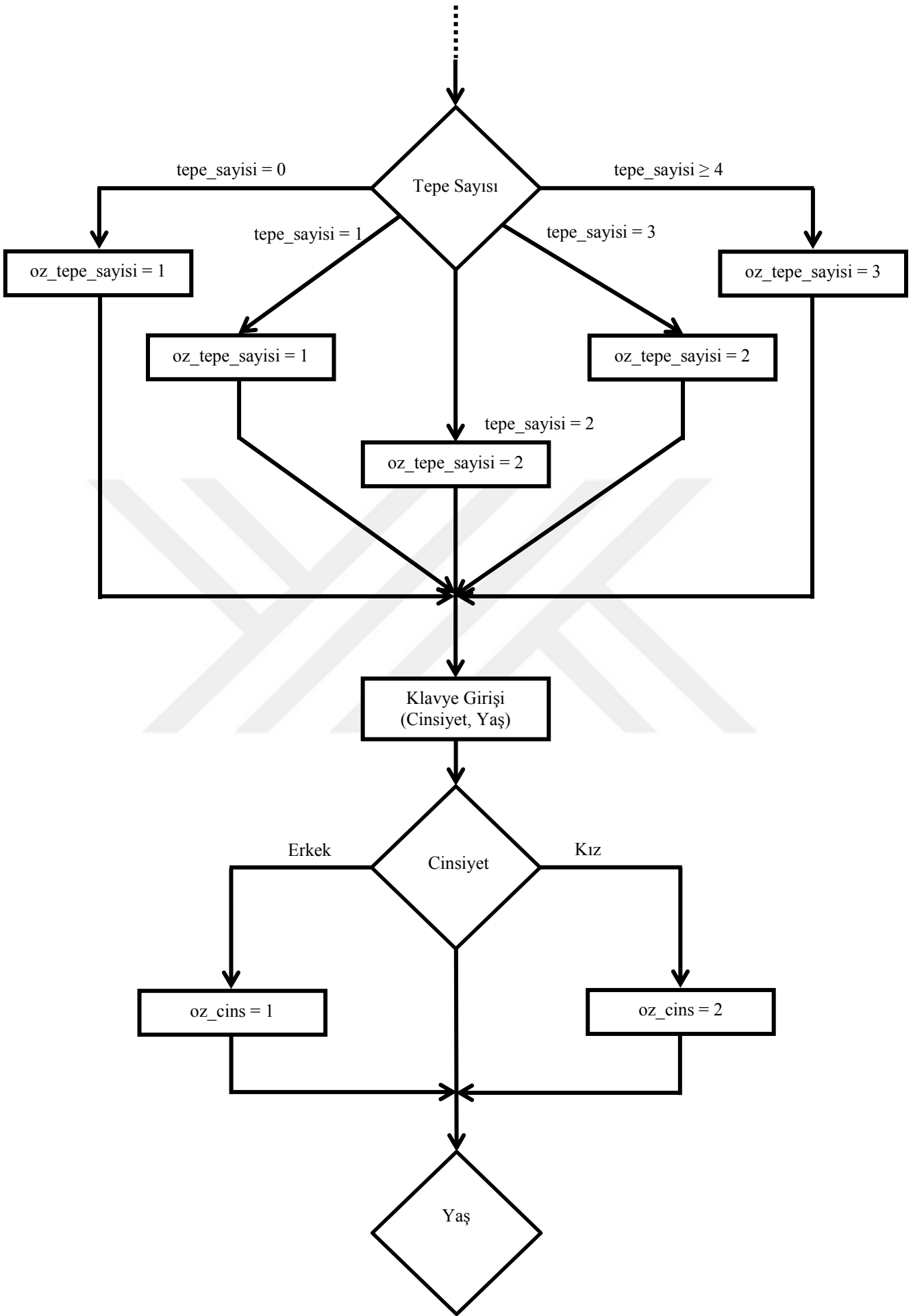
```
giris(sayac,2) = oz_emg;  
giris(sayac,3) = oz_maks_akis;  
giris(sayac,4) = oz_maks_ulasma;  
giris(sayac,5) = oz_ort_akis;  
giris(sayac,6) = oz_sifir;  
giris(sayac,7) = oz_tepe_sayisi;  
giris(sayac,8) = oz_yas;  
sayac = sayac +1;  
save giris.mat giris sayac target;
```



EK 2 Öznitelik Çıkarım Akış Şeması







EK 3 YSA Test Verileri ve ROC Analizi Verileri

Sıra Nu.	sEMG	UF Tepe Sayısı	UF Sıfıra İnme	Cinsiyet	Yaş	Maks. Akış Hızı	Maks. Akış Hızı Süresi	Ort. Akış Hızı	Hekim Tanısı	YSA Tanısı	ROC Analizi
1	1	1	1	1	6	17	3	8	Grade 0	Grade 0	DN
2	1	1	1	1	9	16	3	7	Grade 0	Grade 0	DN
3	1	1	1	1	6	11	6	5	Grade 0	Grade 0	DN
4	1	2	1	1	9	29	8	14	Grade 0	NonEMG	YP
5	2	1	1	2	12	21	4	11	Grade 0	Grade 1	DN
6	1	1	1	1	10	23	5	12	Grade 0	Grade 0	DN
7	1	2	1	1	7	13	8	8	Grade 0	NonEMG	YP
8	1	1	1	2	10	21	6	13	Grade 0	Grade 0	DN
9	2	1	1	1	6	11	7	8	Grade 0	Grade 1	DN
10	1	2	1	2	9	28	4	14	Grade 0	NonEMG	YP
11	2	1	1	2	6	16	5	9	Grade 0	Grade 1	DN
12	1	1	1	2	8	23	2	8	Grade 0	Grade 0	DN
13	1	1	1	2	8	33	3	14	Grade 0	Grade 0	DN
14	1	1	1	2	8	28	9	14	Grade 0	Grade 0	DN
15	1	2	1	2	9	36	7	19	Grade 0	NonEMG	YP
16	1	1	1	1	12	21	4	12	Grade 0	Grade 0	DN
17	1	1	1	2	10	21	9	13	Grade 0	Grade 0	DN
18	1	1	1	2	6	15	6	10	Grade 0	Grade 0	DN
19	1	1	1	1	8	11	4	6	Grade 0	Grade 0	DN
20	2	1	1	2	8	26	6	15	Grade 0	Grade 1	DN
21	1	1	1	2	8	22	4	10	Grade 0	Grade 0	DN
22	1	1	1	2	5	14	3	9	Grade 0	Grade 0	DN
23	1	1	1	1	6	12	8	7	Grade 0	Grade 0	DN
24	1	1	1	2	5	16	4	10	Grade 0	Grade 0	DN
25	1	1	1	2	5	14	4	6	Grade 0	Grade 0	DN
26	2	1	1	2	8	27	3	14	Grade 0	Grade 1	DN
27	2	2	1	2	8	27	3	10	Grade 0	Grade 2	YP

Sıra Nu.	sEMG	UF Tepe Sayısı	UF Sıfıra İnme	Cinsiyet	Yaş	Maks. Akış Hızı	Maks. Akış Hızı Süresi	Ort. Akış Hızı	Hekim Tanısı	YSA Tanısı	ROC Analizi
28	2	1	1	2	7	16	1	8	Grade 0	Grade 1	DN
29	1	1	1	1	6	11	4	7	Grade 0	Grade 0	DN
30	1	1	1	1	6	10	11	7	Grade 0	Grade 0	DN
31	1	2	1	2	7	22	3	11	Grade 0	NonEMG	YP
32	1	1	1	1	7	18	4	10	Grade 0	Grade 0	DN
33	1	1	1	1	9	12	9	7	Grade 0	Grade 0	DN
34	1	2	1	1	5	16	10	10	Grade 0	NonEMG	YP
35	1	1	1	1	5	13	8	9	Grade 0	Grade 0	DN
36	1	1	1	1	6	15	6	9	Grade 0	Grade 0	DN
37	1	1	1	1	5	11	11	8	Grade 0	Grade 0	DN
38	1	1	1	2	8	27	4	13	Grade 0	Grade 0	DN
39	1	1	1	2	4	27	2	14	Grade 0	Grade 0	DN
40	1	1	1	1	5	11	4	7	Grade 0	Grade 0	DN
41	1	1	1	2	12	23	5	11	Grade 0	Grade 0	DN
42	1	1	1	2	7	19	5	8	Grade 0	Grade 0	DN
43	1	1	1	2	7	20	5	11	Grade 0	Grade 0	DN
44	1	1	1	1	6	12	4	7	Grade 0	Grade 0	DN
45	1	1	1	1	5	8	14	5	Grade 0	Grade 0	DN
46	2	1	1	2	8	18	7	10	Grade 1	Grade 1	DN
47	2	1	1	2	12	39	6	15	Grade 1	Grade 0	DN
48	2	1	1	2	9	24	4	10	Grade 1	Grade 1	DN
49	2	1	1	2	8	20	4	10	Grade 1	Grade 1	DN
50	2	1	1	2	6	14	5	7	Grade 1	Grade 1	DN
51	2	1	1	1	11	20	4	6	Grade 1	Grade 1	DN
52	2	1	1	2	11	19	3	10	Grade 1	Grade 1	DN
53	2	2	1	2	10	27	5	14	Grade 1	Grade 2	YP
54	2	1	1	2	10	29	5	15	Grade 1	Grade 1	DN
55	2	1	1	2	7	24	2	10	Grade 1	Grade 1	DN

Sıra Nu.	sEMG	UF Tepe Sayısı	UF Sıfıra İnme	Cinsiyet	Yaş	Maks. Akış Hızı	Maks. Akış Hızı Süresi	Ort. Akış Hızı	Hekim Tanısı	YSA Tanısı	ROC Analizi
56	2	1	1	2	6	19	4	8	Grade 1	Grade 1	DN
57	2	1	1	2	8	33	5	15	Grade 1	Grade 1	DN
58	2	1	1	2	4	14	4	6	Grade 1	Grade 1	DN
59	2	1	1	2	6	19	3	8	Grade 1	Grade 1	DN
60	2	1	1	2	8	15	2	10	Grade 1	Grade 1	DN
61	2	1	1	2	8	9	2	4	Grade 1	Grade 1	DN
62	2	1	1	2	6	14	5	7	Grade 1	Grade 1	DN
63	2	1	1	2	5	18	5	10	Grade 1	Grade 1	DN
64	2	1	1	2	6	13	6	8	Grade 1	Grade 1	DN
65	2	1	1	2	9	12	2	7	Grade 1	Grade 1	DN
66	2	1	1	2	8	32	3	14	Grade 1	Grade 1	DN
67	2	1	1	2	5	12	3	6	Grade 1	Grade 1	DN
68	2	1	1	2	6	23	5	12	Grade 1	Grade 1	DN
69	2	1	1	2	5	20	4	10	Grade 1	Grade 1	DN
70	2	1	1	2	5	20	4	10	Grade 1	Grade 1	DN
71	2	1	1	2	7	20	5	9	Grade 1	Grade 1	DN
72	2	1	1	1	6	17	2	8	Grade 1	Grade 1	DN
73	2	1	1	1	6	10	4	5	Grade 1	Grade 1	DN
74	2	1	1	1	6	6	9	3	Grade 1	Grade 1	DN
75	2	1	1	1	7	10	6	5	Grade 1	Grade 1	DN
76	2	2	1	2	6	12	4	6	Grade 1	Grade 2	YP
77	2	1	1	2	5	9	2	5	Grade 1	Grade 1	DN
78	2	1	1	2	4	21	4	11	Grade 1	Grade 1	DN
79	2	1	1	1	6	21	9	12	Grade 1	Grade 1	DN
80	2	1	1	1	9	21	7	9	Grade 1	Grade 1	DN
81	2	1	1	1	10	14	4	7	Grade 1	Grade 1	DN
82	2	1	1	1	9	17	6	9	Grade 1	Grade 1	DN
83	2	1	1	1	9	17	8	8	Grade 1	Grade 1	DN

Sıra Nu.	sEMG	UF Tepe Sayısı	UF Sıfıra İnme	Cinsiyet	Yaş	Maks. Akış Hızı	Maks. Akış Hızı Süresi	Ort. Akış Hızı	Hekim Tanısı	YSA Tanısı	ROC Analizi
84	2	2	1	2	6	12	10	7	Grade 2	Grade 2	DP
85	2	2	1	2	8	14	3	6	Grade 2	Grade 2	DP
86	2	2	1	2	7	13	4	7	Grade 2	Grade 2	DP
87	2	2	1	2	8	20	8	12	Grade 2	Grade 2	DP
88	2	1	1	2	6	12	2	6	Grade 2	Grade 1	YN
89	2	2	1	2	7	13	6	6	Grade 2	Grade 2	DP
90	2	2	1	1	7	18	6	9	Grade 2	Grade 2	DP
91	2	2	1	1	6	19	5	10	Grade 2	Grade 2	DP
92	2	2	1	2	7	30	6	14	Grade 2	Grade 2	DP
93	2	2	1	2	13	30	5	18	Grade 2	Grade 2	DP
94	2	2	1	2	9	23	9	13	Grade 2	Grade 2	DP
95	2	2	1	2	5	26	4	14	Grade 2	Grade 2	DP
96	2	2	1	2	9	26	13	11	Grade 2	Grade 2	DP
97	2	2	1	2	5	25	8	12	Grade 2	Grade 2	DP
98	2	2	1	2	10	41	7	20	Grade 2	Grade 2	DP
99	2	2	1	2	7	30	6	17	Grade 2	Grade 2	DP
100	2	2	1	2	8	23	4	12	Grade 2	Grade 2	DP
101	2	2	1	2	11	5	2	3	Grade 2	Grade 2	DP
102	2	2	1	2	10	43	4	20	Grade 2	Grade 2	DP
103	2	2	1	2	8	25	7	13	Grade 2	Grade 2	DP
104	2	2	1	2	8	50	5	24	Grade 2	Grade 2	DP
105	2	2	1	2	5	9	3	4	Grade 2	Grade 2	DP
106	2	2	1	2	6	16	11	9	Grade 2	Grade 2	DP
107	2	2	1	2	6	13	7	8	Grade 2	Grade 2	DP
108	2	2	1	1	7	23	6	14	Grade 2	Grade 2	DP
109	2	2	1	2	7	26	5	14	Grade 2	Grade 2	DP
110	2	2	1	2	5	11	6	6	Grade 2	Grade 2	DP
111	2	2	1	1	9	32	6	17	Grade 2	Grade 2	DP

Sıra Nu.	sEMG	UF Tepe Sayısı	UF Sıfıra İnme	Cinsiyet	Yaş	Maks. Akış Hızı	Maks. Akış Hızı Süresi	Ort. Akış Hızı	Hekim Tanısı	YSA Tanısı	ROC Analizi
112	2	2	1	2	9	33	6	19	Grade 2	Grade 2	DP
113	2	3	1	2	8	24	16	9	Grade 3	Grade 3	DP
114	2	3	1	2	11	16	8	9	Grade 3	Grade 3	DP
115	2	3	1	1	8	15	12	8	Grade 3	Grade 3	DP
116	2	3	2	2	5	20	11	5	Grade 3	Grade 4	DP
117	2	3	1	2	13	13	10	7	Grade 3	Grade 3	DP
118	2	3	1	2	8	22	16	14	Grade 3	Grade 3	DP
119	2	3	1	2	8	25	13	15	Grade 3	Grade 3	DP
120	2	3	1	2	8	20	13	10	Grade 3	Grade 3	DP
121	2	3	1	2	5	12	17	6	Grade 3	Grade 3	DP
122	2	3	1	2	7	20	20	9	Grade 3	Grade 3	DP
123	2	3	1	2	7	23	9	15	Grade 3	Grade 3	DP
124	2	3	1	2	13	32	4	16	Grade 3	Grade 3	DP
125	2	3	1	2	13	23	16	11	Grade 3	Grade 3	DP
126	2	3	1	2	13	20	14	11	Grade 3	Grade 3	DP
127	2	3	1	2	13	28	5	13	Grade 3	Grade 3	DP
128	2	3	1	2	11	10	10	6	Grade 3	Grade 3	DP
129	2	3	1	2	11	17	8	10	Grade 3	Grade 3	DP
130	2	3	1	2	10	16	10	7	Grade 3	Grade 3	DP
131	2	3	1	2	11	17	8	8	Grade 3	Grade 3	DP
132	2	3	1	2	8	37	8	20	Grade 3	Grade 3	DP
133	2	3	1	2	8	19	21	10	Grade 3	Grade 3	DP
134	2	3	1	2	5	11	15	6	Grade 3	Grade 3	DP
135	2	3	1	2	5	21	9	12	Grade 3	Grade 3	DP
136	2	3	1	2	5	14	8	7	Grade 3	Grade 3	DP
137	2	3	1	2	7	15	6	6	Grade 3	Grade 3	DP
138	2	3	1	2	8	20	17	10	Grade 3	Grade 3	DP
139	2	3	2	2	6	7	16	3	Grade 4	Grade 4	DP

Sıra Nu.	sEMG	UF Tepe Sayısı	UF Sıfıra İnme	Cinsiyet	Yaş	Maks. Akış Hızı	Maks. Akış Hızı Süresi	Ort. Akış Hızı	Hekim Tanısı	YSA Tanısı	ROC Analizi
140	2	3	2	2	12	17	31	8	Grade 4	Grade 4	DP
141	2	3	2	2	7	8	34	2	Grade 4	Grade 4	DP
142	2	3	2	2	14	32	13	10	Grade 4	Grade 4	DP
143	2	3	2	2	10	18	6	10	Grade 4	Grade 4	DP
144	2	3	2	2	4	25	11	9	Grade 4	Grade 4	DP
145	2	2	2	2	5	12	2	4	Grade 4	Grade 4	DP
146	2	3	2	1	12	17	14	8	Grade 4	Grade 4	DP
147	2	3	2	2	10	7	34	2	Grade 4	Grade 4	DP
148	2	3	2	2	7	8	13	3	Grade 4	Grade 4	DP
149	2	2	2	1	7	14	16	6	Grade 4	Grade 4	DP
150	2	3	2	1	9	4	4	2	Grade 4	Grade 4	DP
151	2	3	2	1	9	8	139	5	Grade 4	Grade 4	DP
152	2	3	2	1	9	10	107	3	Grade 4	Grade 4	DP
153	2	3	2	1	9	8	4	2	Grade 4	Grade 4	DP
154	2	3	2	2	13	36	16	10	Grade 4	Grade 4	DP
155	2	3	2	1	9	27	9	12	Grade 4	Grade 4	DP
156	2	2	2	2	7	8	2	3	Grade 4	Grade 4	DP
157	2	3	2	2	7	15	2	6	Grade 4	Grade 4	DP
158	1	2	1	1	6	16	7	7	NonEMG	NonEMG	DP
159	2	2	2	1	9	14	16	8	NonEMG	Grade 4	DP
160	2	3	1	1	5	17	4	10	NonEMG	Grade 3	DP
161	1	3	1	1	8	19	9	10	NonEMG	NonEMG	DP
162	2	2	1	1	8	15	20	6	NonEMG	Grade 2	DP
163	1	3	1	1	6	20	9	9	NonEMG	NonEMG	DP
164	1	3	2	1	13	26	71	8	NonEMG	Grade 4	DP
165	1	3	1	1	8	13	70	7	NonEMG	NonEMG	DP
166	2	3	1	1	8	15	13	9	NonEMG	Grade 3	DP
167	2	3	2	1	8	15	9	7	NonEMG	Grade 4	DP

Sıra Nu.	sEMG	UF Tepe Sayısı	UF Sıfıra İnme	Cinsiyet	Yaş	Maks. Akış Hızı	Maks. Akış Hızı Süresi	Ort. Akış Hızı	Hekim Tanısı	YSA Tanısı	ROC Analizi
168	1	1	1	1	6	10	9	7	NonEMG	Grade 0	YN
169	2	3	1	2	6	22	10	11	NonEMG	Grade 3	DP
170	2	3	2	1	9	9	21	2	NonEMG	Grade 4	DP
171	2	3	1	2	5	16	2	8	NonEMG	Grade 3	DP
172	1	2	1	1	9	11	14	7	NonEMG	NonEMG	DP
173	1	2	1	2	5	14	4	7	NonEMG	Grade 0	YN
174	2	2	1	2	6	16	3	10	NonEMG	Grade 2	DP
175	2	2	1	2	10	22	10	14	NonEMG	Grade 2	DP
176	2	3	1	2	10	22	14	12	NonEMG	Grade 3	DP
177	1	2	1	1	11	10	15	5	NonEMG	NonEMG	DP
178	1	3	1	2	11	18	7	12	NonEMG	NonEMG	DP
179	1	3	1	2	8	27	3	13	NonEMG	NonEMG	DP
180	1	3	2	2	4	8	21	3	NonEMG	NonEMG	DP
181	1	2	2	2	6	26	5	8	NonEMG	NonEMG	DP
182	1	3	2	2	6	16	59	5	NonEMG	Grade 3	DP
183	1	3	2	2	9	10	18	4	NonEMG	NonEMG	DP
184	1	2	1	1	11	11	7	6	NonEMG	NonEMG	DP
185	1	3	1	2	9	23	11	12	NonEMG	NonEMG	DP
186	1	3	1	1	8	16	7	9	NonEMG	NonEMG	DP
187	1	3	1	1	9	11	9	6	NonEMG	NonEMG	DP
188	1	2	1	1	8	19	8	12	NonEMG	NonEMG	DP
189	1	3	2	2	5	22	10	12	NonEMG	NonEMG	DP
190	1	2	1	2	5	19	7	13	NonEMG	NonEMG	DP
191	1	3	2	2	4	20	9	6	NonEMG	NonEMG	DP
192	1	3	2	2	4	15	13	4	NonEMG	NonEMG	DP
193	1	3	1	1	11	6	5	3	NonEMG	NonEMG	DP
194	1	3	1	1	11	12	3	5	NonEMG	NonEMG	DP

EK 4 UF-sEMG Sinyallerinin Sınıflandırılmasını Gösteren Blok Şema

