

**T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

Yüksek Lisans Tezi

**BİYOMEDİKAL SİNYALLERİN ÖZELLİKLERİ
KULLANILARAK OSTEOPOROZ ÖN TANISI**

Yasemin ALAKOÇ

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Volkan AKDOĞAN

Yozgat-2019

T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

Yüksek Lisans Tezi

BİYOMEDİKAL SİNYALLERİN ÖZELLİKLERİ
KULLANILARAK OSTEOPOROZ ÖN TANISI

Yasemin ALAKOÇ

Tez Danışmanı

Dr. Öğr. Üyesi Volkan AKDOĞAN

Yozgat-2019



YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ

TEZ ONAY FORMU

T.C.
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Enstitümüzün **Elektrik-Elektronik Mühendisliği** Anabilim Dalı Tezli Yüksek Lisans/Doktora Programı 70111515002 numaralı öğrencisi **Yasemin ALAKOÇ**'un hazırladığı “**Biyomedikal Sinyallerin Özellikleri Kullanılarak Osteoporoz Ön Tanısı**” başlıklı tezi ile ilgili tez savunma sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri gereğince 21/06/2019 günü saat 15:00'da yapılmış, tezin onayına oy birliği/oy çokluğu ile karar verilmiştir.

Başkan : Dr.Öğr.Üyesi.Fehim KÖYLÜ

Jüri Üyesi (Danışman) : Dr.Öğr.Üyesi Volkan AKDOĞAN

Jüri Üyesi : Doç.Dr. Orhan ER

ONAY:

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 04../07../19. tarih ve 31. sayılı Enstitü Yönetim Kurulu Kararı ile onaylanmıştır.

04../07../19.

Müdür

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR.....	v
KISALTIMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	viii
GRAFİK LİSTESİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. OSTEOPOROZ HASTALIĞI.....	5
2.1. Giriş.....	5
2.2. Osteoporoz.....	5
2.2.1. Osteoporozun Başlıca Etkileri.....	6
2.2.2. Osteoporozun Ortaya Çıkışı.....	7
2.2.3. Osteoporozda Risk Faktörleri ve Epidemiyoloji.....	8
2.2.4. Osteoporozun Teşhis Edilmesi.....	8
2.2.5. Osteoporozun Nedenleri.....	9
2.2.6. Osteoporozun Belirtileri.....	10
2.2.7. Osteoporozun Tedavisi.....	10
3. ESNEK HESAPLAMA VE BİYOBİLİŞİM TEKNİKLERİ.....	11
3.1. Giriş.....	11
3.2. Yapay Sinir Ağları (YSA).....	11
3.2.1. Yapay Sinir Ağları ve İnsan Beyni.....	12
3.2.2. Yapay Sinir Ağları Hakkında Genel Bilgiler.....	13
3.2.3. Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları.....	14
3.2.4. Yapay Sinir Ağlarının Yapısı.....	14
3.2.5. Yapay Sinir Ağlarının Temel Özellikleri.....	15
3.2.6. Olasılıksal Yapay Sinir Ağları (PNN).....	16
3.2.7. Öğrenmeli Vektör Kuantalama Yapay Sinir Ağı Modeli (LVQ)....	18
3.2.8. Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları (MLNN).....	20
3.3. K-Kat Çaprazlama Yöntemi.....	22

3.4. Karışıklık Matrisi	23
3.5. Uygulama İçin Kullanılan Verilerin Analizi	24
4. SONUÇLAR.....	29
TARTIŞMA VE ÖNERİLER	43
KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ.....	48



BİYOMEDİKAL SİNYALLERİN ÖZELLİKLERİ KULLANILARAK OSTEOPOROZ ÖN TANISI

Yasemin ALAKOÇ

Yozgat Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik
Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

2019, Sayfa: 48

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Volkan AKDOĞAN

ÖZET

Osteoporoz, insan vücudundaki kemiklerin sertliklerinin azalarak kalitelerinin bozulması sonucu daha dayanıksız ve kırılabilir duruma gelmeleri ile kendini gösteren ve tüm iskeletimiz üzerinde etkisi olan sistemik bir hastalıktır. Bu çalışmada, bir iskelet hastalığı olan osteoporozun ön tanısında kullanılan X-ray absorpsiyometri (DEXA) testinin radyasyon dezavantajı sebebiyle, buna alternatif ve yapay zeka tabanlı, doğruluk değeri yüksek bir karar destek sistemi oluşturmak amaçlanmıştır. Gerçekleştirilecek sistem bir ön tanı yöntemi olarak kullanılacaktır. Bunun için, 150 hastadan alınan belirli parametrelerden oluşturulan veri seti ile PNN, LVQ, MLNN-1, MLNN-2 modelleri kullanılmıştır. Elde edilen başarı oranı ile yapay sinir ağlarının osteoporoz hastalığının teşhisinde karar destek sistemi olarak kullanılabileceği görülmüştür. Bu çalışma sayesinde bu hastalığın şüphesi ile ilgili birime gelecek tüm hastalara DEXA testinin uygulanma olasılığı aza indirgenmiş olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Osteoporozun Tanısı; Yapay Sinir Ağları; Karar Destek Sistemleri

PRE-DIAGNOSIS OF OSTEOPOROSIS USING THE PROPERTIES OF BIOMEDICAL SIGNALS

Yasemin ALAKOÇ

**Yozgat Bozok University Institute Of Science Electrical And Electronical
Engineering
Master Thesis**

2019; Page: 48

Supervisor: Dr. Öğr. Üyesi Volkan AKDOĞAN

ABSTRACT

Osteoporosis is a skeletal disorder characterized by low bone intensity and micro-architectural corruption of osseous texture. Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DEXA) uses x-ray beams at two photon energies to predict bone mineral intensity (BMD). This method has been applied extensively to determine osteoporosis. Due to the radiation disadvantage of the DEXA test, alternatively, an artificial intelligence-based decision support system is aimed. The system to be performed will be used as a preliminary diagnosis method for osteoporosis. For this reason; PNN, LVQ, MLNN-1, MLNN-2 are used from 150 patient's specific parameters. It has been observed that artificial neural networks can be used as a decision support system in the diagnosis of osteoporosis. Thanks to this study, the probability of the application of the DEXA test will be reduced to a minimum for all the patients who are suspected of having this disease.

Keywords: Diagnosis of Osteoporosis; Neural Networks; Decision Support Systems

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanma aŐamasında destek ve emeğini esirgemeyen başta değerli danıŐmanım Dr. Öğr. Üyesi Volkan AKDOĞAN ve çalıŐmalarımda emeğini esirgemeyen kıymetli hocam sayın Doç. Dr. Orhan ER'e, tezin medikal alandaki teknik bilgileriyle bizlere ıŐık tutan sayın Doç. Dr. Murat KORKMAZ'a ve emeği geçen herkese teşekkür ederim.

YaŐamımın her aŐamasında üzerimde büyük emeği olan ve bana her zaman maddi manevi destek veren aileme çok teşekkür ederim.

KISALTMA LİSTESİ

OP	: Osteoporoz
DEXA	: Dual Energy X-ray Absorptiometry
KKDS	: Klinik Karar Destek Sistemi
YSA	: Yapay Sinir Ağları
PNN	: Olasılıksal Yapay Sinir Ağı
LVQ	: Öğrenmeli Vektör Kuantalama Yapay Sinir Ağı Modeli
MLNN	: Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Osteoporoz ön tanısı için tasarlanan yapay zeka tabanlı sistem	4
Şekil 2.1. Osteoporoz ve normal kemiğin karşılaştırılması	6
Şekil 3.1. Sinir hücresi	12
Şekil 3.2. Yapay sinir ağı girdi&çıkıtı yolu	13
Şekil 3.3. Çok katmanlı yapay sinir ağı	14
Şekil 3.4. PNN şeması	17
Şekil 3.5. LVQ şeması	19
Şekil 3.6. Çok katmanlı yapay sinir ağı	21
Şekil 3.7. Karışıklık matrisi	23
Şekil 3.8. Osteoporoz tanısı için oluşturulan tarama testi örneği	28
Şekil 4.1. Osteoporoz ön tanısı için tasarlanan yapay zeka tabanlı sistem	29

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1. Yapay sinir ağı modelleriyle eğitim ve test sonuçları	30
Çizelge 4.2. Hatalı eğitim ve test veri sayıları	32
Çizelge 4.3. PNN (1 fold) için karışıklık matrisi (eğitim+ test).	34
Çizelge 4.4. LVQ (1 fold) için karışıklık matrisi (eğitim+ test).	37
Çizelge 4.5. MLNN-I (1 fold) için karışıklık matrisi (eğitim+ test).	39
Çizelge 4.6. MLNN-II (1 fold) için karışıklık matrisi (eğitim+ test).	42

GRAFİK LİSTESİ

Sayfa

Grafik 4.1. PNN için 1 fold için başarı ortalamaları.....	33
Grafik 4.2. PNN için 3 fold için başarı ortalamaları.....	34
Grafik 4.3. LVQ için 1 fold için başarı ortalamaları.....	36
Grafik 4.4. LVQ için 3 fold için başarı ortalamaları.....	37
Grafik 4.5. MLNN-1 için 1 fold için başarı ortalamaları.....	38
Grafik 4.6. MLNN-1 için 3 fold için başarı ortalamaları.....	39
Grafik 4.7. MLNN-2 için 1 fold için başarı ortalamaları.....	40
Grafik 4.8. MLNN-2 için 3 fold için başarı ortalamaları.....	41

1. GİRİŞ

Sağlık alanında bilgisayarlı sistemlerin kullanımı günden güne hızla artmaktadır. Özellikle son 20 yıldaki gelişmelerin kayda değer ölçüde arttığı saptanmıştır. Bilgisayarlı sistemler ilk başta finansal ve idari alanlarda kullanılırken daha sonra klinik karar verme sistemlerinde de ilerleme kaydetmiştir. Klinik karar destek sistemi (KKDS), doktorlara ve diğer sağlık çalışanlarına klinik karar aşamalarında tanı ve tedaviye yönelik destek sağlar ve hastalık ile ilgili kararların verilmesine yardımcı olur. Böylece bu sistemleri kullanıyor olmak bakım kalitesini de iyileştirir. Klinik açıdan günden güne artan yenilikler, yeni bilgiler hekimler tarafından öğrenilmesi güç hale gelebileceğinden; bu açıdan da Klinik Karar Destek Sistemlerin akıl yürütme özelliği kullanılarak fayda sağlanabilir. Klinik Karar Destek Sistemleri hastalığa dair tanı, tedavi seçenekleri, hangi araçlarının kullanılması gerektiği, ilacın yan etkileri gibi konularda güncel bilgiye sahip sistemlerdir [1]. Bu sistemler her bir hastaya özgü bilgileri kullanarak, hastanın en iyi şekilde değerlendirilmesini sağlar [2]. Bunların yanı sıra hastaların verilerini tuttuğu için hastalara özel ilaç tavsiyesinde bulunmak [3], klinik ve finansal bileşenleri bir araya getirerek hizmet kullanımının maliyetin ve klinik performansın değerlendirilmesini sağlar [4,5]. Bu hedefler doğrultusunda bu çalışmamızda Osteoporoz hastalığının teşhisi için hastaya, DEXA testinin yapılıp yapılmaması konusunda bir karar destek sisteminin oluşturulması amaçlanmıştır.

Osteoporoz; kemik mineral yoğunluğu ve kemik gücünde azalma, kemik kırılabilirliği ve kırık riskinde artma, kemik dokusunun mikro-mimarisinde bozulmayla karakterize metabolik kemik hastalığıdır. Osteoporoz yaşla birlikte sıklığı artan, morbidite ve mortaliteye neden olan önemli bir halk sağlığı sorunudur [6,7].

Tüm dünyada yaşam beklentisi yükselmekte ve yaşlı insan sayısı artmaktadır. Dünya nüfusunun yaklaşık üç yüz yirmi milyonunu oluşturan 65 yaş ve üzeri kişi sayısının 2050 yılında bin beş yüz milyona ulaşacağı beklenmektedir [8-10].

Osteoporoz tanı ve takibinde kullanılan dual enerji X-ray absorpsiyometri (DEXA), kemik mineral yoğunluğunu belirlemede doğruluğu kanıtlanmış, yaygın kullanılan, duyarlılığı yüksek ve girişimsel olmayan bir yöntemdir [11-13].

DEXA cihazı hastanın kemiği içinden geçen, iki ayrı enerji piki şeklinde olan ince ve görünmez düşük doz x-ışını demeti gönderir. Piklerden biri yumuşak dokular, diğeri ise kemik tarafından emilir. Yumuşak dokular tarafından emilen miktar total miktardan çıkarılır ve geriye kalan kemik mineral yoğunluğunu verir. Tüm aygıtlar elde edilen bu verileri işleyen ve bilgisayar monitöründe görülebilir hale getiren yazılım programları içerir. Böylelikle kesin ve doğru tanı konulması sağlanırken hasta olunmaması durumunda az da olsa x-ışınına maruz kalınır.

Esnek hesaplama yöntemleri ve yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilen bilgisayar sistemleridir. Bu yetenekleri geleneksel programlama yöntemleri ile gerçekleştirmek oldukça zordur veya mümkün değildir. Bu nedenle, yapay sinir ağlarının, programlanması çok zor olan veya mümkün olmayan olaylar için geliştirilmiş adaptif bilgi işleme ile ilgilenen bir bilgisayar bilim dalı olduğu söylenebilir [14].

Osteoporozun teşhisi için yapılmış çalışmalar olmakla birlikte bu çalışmalar genellikle hastalığın radyolojik ya da morfolojik teşhisi konularına yöneliktir [15-17].

Gül Pınar ve arkadaşları, 2009 yılında gerçekleştirdikleri "Kırk beş yaş ve üstü kadınlarda osteoporoz risk faktörleri" başlıklı çalışmalarında 45 yaş ve üstü 272 postmenapozal kadın üzerinde yaptıkları araştırmalar sonucunda Osteoporoz riski, faktörleri taşıyan kadınların düzenli kontrolünün ve kemik yoğun ölçümlerinin denetim altında incelenmesinin faydalı olacağı sonucuna varmışlardır [10].

Berat Meryem Alkan ve arkadaşları, 2011 senesinde yayınladıkları “Fiziksel tıp ve rehabilitasyon polikliniğimize başvuran hastalarda osteoporoz insidansı” üzerine yaptıkları araştırmalarında retrospektif olarak osteoporozla birlikte oluşan kronik hastalıkları ve düşme sıklığını hem erkeklerde hem de kadınlarda incelemişlerdir. Osteoporoz teşhisini femur boynu ve lomber omurga dual enerji x ışını absorpsiyometri ölçümlerinin sonuçlarıyla gerçekleştirmişlerdir. Araştırmalarının sonucunda kadınlarda osteoporoz görölme oranı erkeklerde görölme oranından 5 kat daha fazla olsa da %7.61 seviyesinde kalmaktadır. Bu osteoporoz teşhis oranı göstermektedir ki %92.39 oranında hasta osteoporoz olmadıkları halde x ışınına maruz kalmıştır. Ayrıca bu çalışma osteoporozlu hastalarda kalp hastalıkları, hipertansiyon, diabet, denge bozukluğu yapan nörolojik hastalıklar ve kas-iskelet sistemi yakınmaları şikâyetlerinin ileri seviyede olduğunu göstermektedir, bu şikâyetler osteoporoz ön teşhisi için önem arz etmektedir [6].

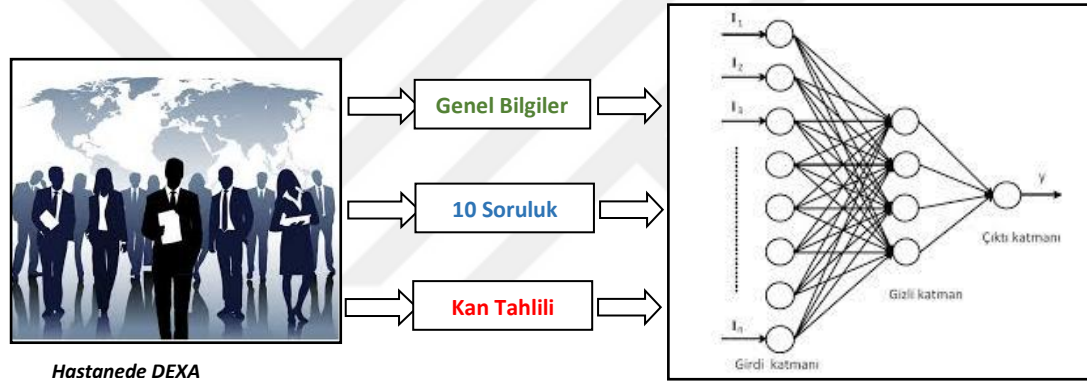
Ali İpek ve arkadaşları, 2011 yılında yaptıkları “Osteoporoz Riskinin Değerlendirilmesi” konulu çalışmada osteoporoz teşhisini 45 yaş ve üstü 537 postmenopozal kadın hastanın L1-L4 vertebra ve femur boynu kemik mineral yoğunluğu ölçümü (KMY) ile gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada KMY ölçümünde öncelikli hastaların tespiti için osteoporoz risk indekslerini kullanmışlardır. Kullanılan indeksler, Osteoporoz Tarama Aracı (OST), Basit Hesaplanan Osteoporoz Risk Tahmini (SCORE), Osteoporoz Risk Değerlendirme Aracı (ORAI), Osteoporoz Risk İndeksi (OSIRIS) ve Dünya Sağlık Örgütü Kırık Riski Değerlendirme Aracı (FRAX) algoritmalarıdır. Osteoporoz görölme oranı %34.3 seviyesinde tespit edilip, yüksek risk gruplarında bu hastalığın görölme oranının daha fazla oluğu belirtilmiştir. Uygulanan birçok indeksin etkinlik sırası OST, SCORE ve FRAX-H olarak gösterilmiştir. Bu araştırmadaki önemli bir bulgu, lomber bölgesi için indeksler ile gözden kaçabilecek hasta oranının yeterince düşük olmamasıdır yani sağlık örgütlerinin belirlediği indeksler doğrudan kullanım için yeterli olmamaktadır. Tezimizde sunduğumuz gibi yapay zeka ve diğer ölçüm parametreleri hesaba katılarak başarı oranı arttırılabilmektedir [18].

Gülay Dinçer ve arkadaşları, 2008 yılında gerçekleştirdikleri “Osteoporozun Kliniği ve Risk Faktörleri” adlı çalışmada osteoporozun önemli bir dizabilite, morbidite ve

mortalite sebebi olduğu, osteoporoz sonucunda oluşan kırıkların da ciddi bir ekonomik zarara yol açtığını söylemişlerdir. Bununla birlikte osteoporoz hastalığıyla birlikte gelen kırıkların çoğunluğunun vertebrada oluştuğunu bunu kalça ve el bilek kırıklarının takip ettiğini belirtmişlerdir. Son olarak osteoporozun karakteristik kırığı olan vertebral kırıkların sadece üçte birinin tespit edilip, 2/3 oranında kırığın gözden kaçtığına değinmişlerdir [19].

Osteoporozun teşhisinde yapay sinir ağlarının kullanılması ile geliştirilen herhangi bir çalışma bulunmaması çalışmanın özgün yanı olarak vurgulanabilmektedir.

Bu amaç için oluşturulan sistem şekil 1.1.'de verilmiştir.



Şekil 1.1. Osteoporoz hastalığı ön tanısı için tasarlanan Yapay Zeka tabanlı sistem.

Olasılıksal yapay sinir ağları ile osteoporozun teşhisi üzerine odaklanan bu çalışmanın sonucunda elde edilen veriler ışığında hastalık ön tanısı konulmayan bireylere DEXA testinin uygulanmaması için ön tanı sistemi oluşturulmuştur. Dolayısıyla bu çalışma ile hastalık teşhisinde doktorlar için yardımcı olabilecek, makine öğrenmesi tabanlı bir karar destek sistemi sağlanması amaçlanmıştır [20].

Bu amaçlar doğrultusunda bu çalışmanın ilk bölümünde giriş ve amaçlar belirlenmiş olup tezin ikinci bölümünde osteoporoz hastalığı tanıtılmıştır. Tezin üçüncü bölümünde esnek ve biyobilisim hesaplama yöntemlerinden bahsedilmiş, özellikle yapay sinir ağları üzerinde durulmuştur. Tezin sonuç bölümünde ise yapılan çalışmanın bulguları, sonuçları ve tartışmalarına yer verilmiştir.

2. OSTEOPOROZ HASTALIĞI

2.1 . Giriş

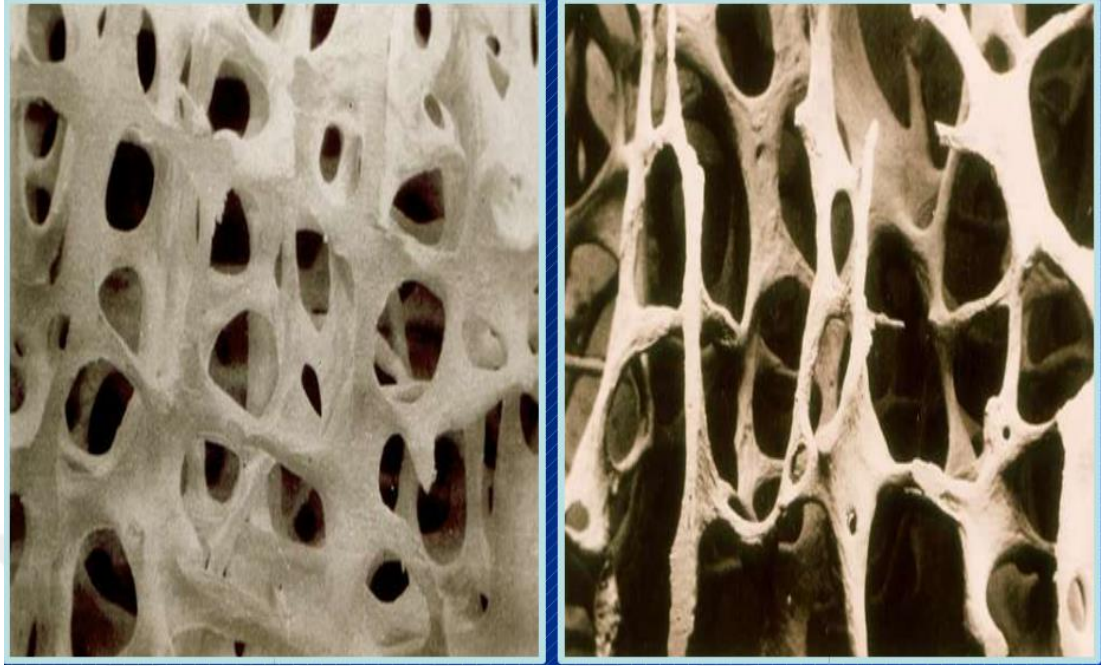
Dünyada ve Ülkemizde en yaygın kemik hastalıklarının başında gelen Osteoporoz, gelişen tıp bilimi sayesinde yaşam süresinin artmasıyla birlikte insanlar için önemli bir sağlık sorunu olarak dikkat çekmektedir. Osteoporoz hastalığının en belirgin özelliği kemik kırılabilirliği artmasıdır. Düşme sonucunda oluşan travmatik durumlarda kırık oluşabilir. Bu hastalığın sık görülme yaş sınırı 45 yaşından itibaren başlar ve yaşın artmasıyla birlikte rastlanma sıklığı da yükselir. Kadınlarda bu hastalığın görülme sıklıklarının 50–60 yaşları arasında %40–55 oranında, 60–70 yaşları arasında %75 oranında ve 70 yaşın üzerinde ise %85–90 aralığında olduğu görülmektedir.

Osteoporozu toplum sağlığı sorunu haline getiren en önemli olgu vücutta oluşan kırık ve yaşam standardının düşmesidir. Bu yüzden günlük aktivitelerin aksaması sonucu hastada olumsuz belirtiler artmaktadır. Toplumların genelinde 50 yaş civarındaki kadınların %40'ı, erkeklerin ise %13'ünün ileriki yaşlarında vücutlarında Osteoporoz nedeniyle oluşabilecek kırık ile tanışmaları öngörülmektedir. Osteoporoz hastalığının neden olduğu kırıklar genellikle omurga, kalça ve el bileği bölgelerinde oluşmaktadır.

2.2 . Osteoporoz

Osteoporoz veya diğer adıyla kemik erimesi hastalığı, kemik metabolizmasındaki bir bozulma neticesinde kemiğin yapısındaki protein örgüsünün seyrelmesine ve böylece kemiklerin rahatlıkla kırılabilir hale gelmesine neden olan bir iskelet hastalığıdır.

Kemiğin birim hacimdeki mineral yoğunluğunun azalmasıyla kemikler daha kolay kırılabilir duruma gelir. Şekil 2.1.'de osteoporoz hastalığına ait bir kemik resmi verilmiştir.



a) Normal kemik

b) Osteoporoz hastasına ait kemik

Şekil 2.1. Osteoporoz ve normal kemiğin karşılaştırılması.

Vücuttaki bütün kemiklerin bu hastalıktan etkilenebilmesi olasıdır. Fakat en çok bilek ve kalça kemikleri ile omurlarda görülür.

Bu hastalık hem kadınlarda hem erkeklerde görülebilir. Hastaların %80'ini kadınlar oluşturur. 80 yaş ve üzeri kadınların %70'inde osteoporoz görülmektedir.

Osteoporoz (OP), en sık rastlanan kemik hastalığıdır. Düşük emik mineral yoğunluğu ve kemik dokunun mikro yapısında bozulma ile karakterize edilir. Kırılma olasılığında artışa sebep olur. Günlük yaşam aktiviteleri esnasında dahi minimal travmalar sonucu kırık oluşması mümkündür.

2.2.1. Osteoporozun başlıca etkileri

Taşınan bazı kalıtsal özellikler ile erken menopoz veya yumurtalıkların alınmasından kaynaklı ani hormon değişimleri, osteoporozun en önemli nedenleri arasında gösterilebilir. Fakat hareketsiz bir yaşam tarzı benimsemek, sigara ve alkol kullanımı, kortizon-heparin gibi çeşitli ilaçların kullanımı, kilo verme diyetleri ya da

uygunsuz beslenme şekli, kalsiyum eksikliğine yol açan etkenler, osteoporoz riskini ciddi ölçüde artırır.

Osteoporozun sebebi menopoz olduğunda, daha çok omurga kemikleri kırılır. Eğer osteoporoz yaşlılıktan kaynaklanıyor ise daha çok femur denilen bacak kemiği kırılmaktadır.

2.2.2. Osteoporozun Ortaya Çıkışı

Osteoporoz, kemik dokusunun gözenekli bir hal alarak kemiğin erimesiyle ortaya çıkar. Bunun sonucunda kemik yoğunluğu azaldığından dolayı kemiğin direnci azalır ve kırılabilirliği artar. Buna, kötüleşmiş protein ağı sebep olur.

Osteoporoz riskini artıran faktörler:

- Kemik yapısı küçük olan kadınlar,
- Açık renk tene sahip insanlar,
- Aile bireylerinin osteoporoz öyküsü,
- Şeker hastalığı,
- Karaciğer, böbrek hastalığı ve tiroid bezi bozuklukları,
- Kortizon, epilepsi ilaçları, antiasitler, diüretikler,
- Alkol ve sigara kullanımı,
- Yeterli güneş ışığı almamak.

Bulguları :

- Sırtta kronikleşen ağrı,
- Boyda kısalma görülmesi,
- Akşamları artan bacak krampları,
- Eklemlerde ağrılar,
- Diş eti problemleri
- Diş kaybı,

2.2.3 . Osteoporozda Risk Faktörleri ve Epidemiyoloji

Osteoporozda risk faktörlerinin erken tanımlanması ve hastalığı önleme programlarının geliştirilmesi; hastalığın artışı durdurmak, kırıkları önlemek ve sağlık bakım giderlerini azaltmak için gereklidir. Çünkü osteoporoz ve osteoporotik kırıklar için risk faktörlerinin tanımlanması ile risk altındaki hastalar belirlenebilmekte, kırık başta olmak üzere oluşacak diğer komplikasyonlar önlenebilmektedir. Risk faktörleri kemik mineral yoğunluğunda azalmaya neden olarak veya düşme olasılığını arttırarak kırık oluşumuna zemin hazırlar.

Hatalı beslenme tarzı, genetik faktörler, alkol ve sigara kullanımı, fiziksel durağanlık, düşük östrojen seviyesi ve travmalar önemli risk faktörleri arasında gösterilir. Yaş, cinsiyet, vücut ağırlığı, menopoz, hormonal sebepler, yaşam biçimi, kullanılan çeşitli ilaçlar ve diğer hastalıklar ise osteoporozdaki diğer önemli risk faktörleridir.

2.2.4 . Osteoporozun Teşhis Edilmesi

Osteoporoz şüphesi ile gelen hastaların değerlendirilmesinde kemik mineral dansitometrisi (KMD) kullanılmaktadır. KMD ölçümünde ilk tercih Dual enerji X-ışını absorptiometrisi (DEXA) yöntemidir. DEXA cihazı hastanın kemiği içinden geçen, iki ayrı enerji piki şeklinde olan ince ve görünmez düşük doz x-ışını demeti gönderir. Piklerden biri yumuşak dokular, diğeri ise kemik tarafından emilir. Yumuşak dokular tarafından emilen miktar total miktardan çıkarılır ve geriye kalan kemik mineral yoğunluğunu verir. Osteoporozun sistemik bir hastalıktır ve tüm iskelet sistemini etkileyebilir. Bu nedenle ölçümün tek bölgeden değil, vücudun farklı bölgelerinden yapılması hastalık durumunun değerlendirilmesinde daha güvenilir sonuçlar verir. Osteoporoz tanısı ölçülen bu KMD değerlerine göre konulmaktadır.

Uluslararası Osteoporoz Vakfı (IOF) tarafından geliştirilen **“Bir dakikalık osteoporoz risk testi”** formu, osteoporozun erken tanısında ve risk faktörlerinin belirlenmesinde önem arz etmektedir.

1. Aile bireylerinizden herhangi birinde hafif bir çarpma veya düşme sonrası kalça kırığı meydana geldi mi?

2. Herhangi bir kemiğinizde hafif bir çarpma veya düşme sonrası kırık meydana geldi mi?
3. Üç aydan uzun süre kortikosteroid (kortizon, prednizon vb.) kullandınız mı?
4. Üç santimetreden fazla boyda kısalmanız oldu mu?
5. Düzenli olarak alkol (günde iki kadehten fazla) alırsınız mı?
6. Günden 20 adetten fazla sigara içer misiniz?
7. Sık sık diyare olur musunuz?
Kadınlar için;
8. 45 yaşından önce mi menopoza girdiniz?
9. Gebelik veya menopoz dışındaki nedenlerle adetinizin 12 ay veya daha uzun süre aksadığı oldu mu?
Erkekler için;
10. Testosteron seviyesinde azalmaya bağlı impotans veya libido kaybınız oldu mu?

2.2.5 . Osteoporozun Nedenleri

Kemik dokumuz yapısı itibarıyla sürekli olarak yıkılıp sonra kendini tekrar yenileme süreci içerisinde olan canlı bir dokudur. Yaşı genç olan insanlarda bu yıkım ve yapım neredeyse eşittir. Fakat yaşın ilerlemesiyle yıkım miktarı yapımdan daha fazla olmaya başlar ve toplam kemik kitlesi giderek azalır. Osteoporoz, kalsiyumun emilimini ve özellikle vücutta tutulmasını sağlayan hormonların salınma miktarının azlığı veya hiç bulunmaması şeklindeki hormonal bozukluklar sonucu da ortaya çıkabilmektedir. Östrojen adı verilen hormon, kadınlarda kemiklerde oluşan yıkımı önler. Özellikle menopoz döneminde (yani adet sonlanmasıyla) östrojen hormonunun miktarı birden azalır ve buna bağlı olarak da hızla kemik yıkımı gerçekleşir. Kemik kaybının en hızlı gerçekleştiği zaman, menopozun ilk beş yılındadır. Sonrasında yıkım yine devam eder ama hızı azalmıştır. Gençlerde ve çocuklarda, kalsiyumun yeterli alınmaması, D vitamini yetersizliği, güneş ışınlarına maruziyetin azlığı gibi sebeplerle kemik kitlesi azalabilir. Kemik kitlesinin ölçülmesi işlemi 5-8 dakika gibi kısa bir zamanda yapılabilir. Ölçüm esnasında herhangi bir rahatsızlık veya ağrı/acı hissi oluşmamaktadır. Ölçümün gerekliliğine doktorlar karar verir.

2.2.6 . Osteoporozun Belirtileri

Osteoporozun en yaygın belirtisi, vücudun çeşitli yerlerinde meydana gelen kırılmalardır. Halk arasında yanlış bilinmesinin aksine, osteoporoz hastalığı, kırık oluşmadığı sürece, vücutta ağrıya neden olmaz. Kırık oluşmadan ağrı duyulması çok nadirdir. Kırık eğer omurga üzerinde oluşursa; boyda kısalma, duruş bozuklukları ve kamburluk gözlenir. Kamburlaşma, kemiklerin karın boşluğuna ve göğse baskı yapmasına neden olur. Bu bölgelerdeki organlar olumsuz etkilenir ve hastanın vücut postürü bozulur. Bunun sonucunda hastada çeşitli psikolojik sorunlar ortaya çıkabilir ve bu da osteoporoz hastasının toplumdan uzaklaşmasına neden olabilir.

2.2.7 . Osteoporozun Tedavisi

Osteoporozun tedavisi için yıllardır akla gelen ilk yöntem hormon tedavisiydi. Fakat son yıllarda yapılan çalışmalar sonucu osteoporozda hormone tedavisi yöntemi önerilmemektedir. Hormon tedavisinin yalnızca menopozun gerginlik, uyku düzensizliği, ateş basması ve terleme gibi etkilerinin şiddetli hale geldiği dönemlerde kullanılması doğru olmalıdır. Bunun haricinde, yalnızca osteoporoz tedavisi için hormon kullanılmaz. Osteoporoz tedavisinin amacı; kırıkların önlenmesi, kemik mineral yoğunluğunun korunması ve hatta artırılması, kırığa ve duruş bozukluğuna bağlı şikayetlerle mücadele ve günlük aktivitelerin maksimuma çıkarılarak yaşam kalitesinin artırılması olmalıdır. Kemik yapı taşı olan kalsiyumun miktarının ve emiliminin çoğaltılması için tedavide D vitaminine mutlaka yer verilmelidir.

3. ESNEK HESAPLAMA VE BİYOBİLİŞİM TEKNİKLERİ

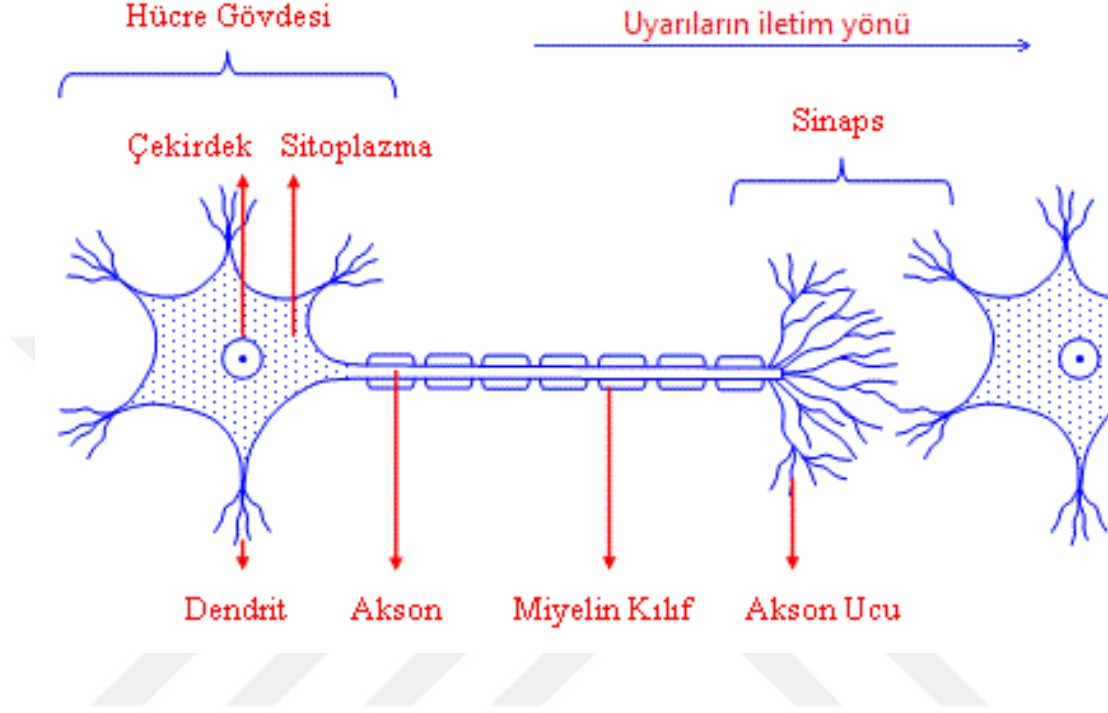
3.1 . Giriş

Teknolojinin gelişmesiyle karşılaşılan kompleks sorunlar bilim insanlarını yeni yöntemler keşfetmeye sevk etmiştir. İnsanlar geçmişten bu güne doğada meydana gelen olayları anlamak için uğraşmışlardır ve bunları taklit ederek karşılaştıkları problemlere çözüm aramışlardır. Bu anlama çabası ve taklit ederek problem çözmeye çalışmakla birlikte ortaya çıkan Yapay Sistemler, özellikle 1900'lü yılların ortalarından itibaren adını sıkça duyurmaya başlamıştır. Arı kolonileri, karıncalar arasındaki işbirliği, sinir sistemindeki işleyiş ve genetik olaylardan esinlenilerek oluşturulmuş sistemler, Yapay Sistemler adı altında tanımlanır. Yapay sistemler içerisinde en büyük yeri Yapay Zekâ teknikleri alır. Yapay Zekâ teknikleri mühendislikte, fen ve doğa bilimlerinde, uzay bilimlerinde, tıpta ve daha birçok alanda geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bunlardan en sık kullanılan; Yapay Sinir Ağları (YSA)'dır. YSA ile ilgili yapılan çalışmalar büyük bir hızla ilerlemiş ve bilimin birçok farklı alanında elde ettiği başarılarla ses getirmiştir. Bu çalışmada yerel bir hastaneden elde edilen osteoporoz hastalığı verileri üzerinde sınıflandırma yöntemleri denenmiştir. Bu sınıflandırma metotları şunlardır: Yapay Sinir Ağları (PNN, LVQ, MLNN-1, MLNN-2). Kullanılan hesaplama yöntemleri ve algoritmalar optimize edilmiş ve başarı sağlanan algoritmalar geliştirilen yazılım uygulaması içerisine alınmıştır.

3.2 . Yapay Sinir Ağları (YSA)

Yapay sinir ağları (YSA), insan beyninin bilgi işleme tekniğinden esinlenerek geliştirilmiş bir bilgi işlem teknolojisidir. YSA ile basit biyolojik sinir sisteminin çalışma şekli taklit edilir. Taklit edilen sinir hücreleri nöronlar içerirler ve bu nöronlar çeşitli şekillerde birbirlerine bağlanarak ağı oluştururlar. Bu ağlar öğrenme, hafızaya alma ve veriler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarma kapasitesine sahiptirler. Diğer bir ifadeyle, YSA'lar, normalde bir insanın düşünme ve gözlemlemeye yönelik doğal yeteneklerini gerektiren problemlere çözüm üretmektedir. Bir insanın, düşünme ve gözleme yeteneklerini gerektiren problemlere yönelik çözümler

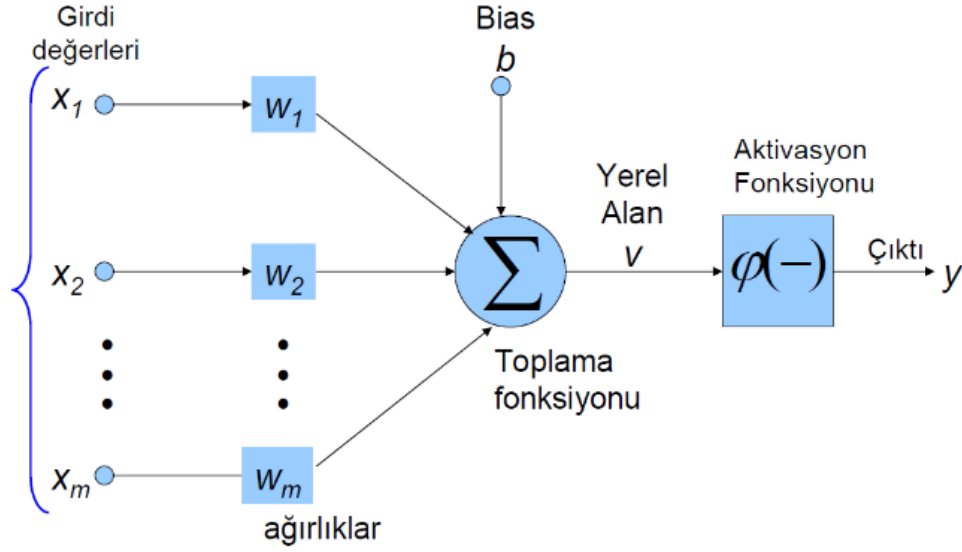
üretebilmesinin temel sebebi ise insan beyninin ve dolayısıyla insanın sahip olduğu yaşayarak veya deneyerek öğrenme yeteneğidir.



Şekil 3.1. Sinir hücresi.

3.2.1 . Yapay Sinir Ağları ve İnsan Beyni

Biyolojik sistemlerde öğrenme, nöronlar arasındaki sinaptik (synaptic) bağlantıların ayarlanması ile olur. Yani, insanlar doğumlarından itibaren bir yaşayarak öğrenme süreci içerisine girerler. Bu süreç içinde beyin sürekli bir gelişme göstermektedir. Yaşayıp tecrübe ettikçe sinaptik bağlantılar ayarlanır ve hatta yeni bağlantılar oluşur. Bu sayede öğrenme gerçekleşir. Bu durum YSA için de geçerlidir. Öğrenme, eğitime yoluyla örnekler kullanarak olur; başka bir deyişle, gerçekleştirme girdi/çıkışı verilerinin işlenmesiyle, yani eğitime algoritmasının bu verileri kullanarak bağlantı ağırlıklarının (weights of the synapses) bir yakınsama sağlanana kadar tekrar tekrar ayarlanmasıyla olur [21].



Şekil 3.2. Yapay sinir ağı girdi & çıktı yolu

3.2.2 . Yapay Sinir Ağları Hakkında Genel Bilgiler

Yapay sinir ağları birbirine bağlanmış bir çok nörondan oluşan matematiksel sistemlerdir. Nöronlar transfer fonksiyonu adı ile de anılan denklemlerdir. Bir nöron diğer nöronlardan sinyaller alır bu sinyalleri birleştirir dönüştürür ve sayısal bir değer elde eder.

Yapay sinir ağları geleneksel işlemcilerden farklı şekilde işlem yapmaktadırlar. Geleneksel işlemcilerde, her hareketi sırasıyla tek bir merkezi işlem birimi gerçekleştirir. Yapay sinir ağlarında ise birden çok sayıda ve her biri problemin bir parçası ile ilgilenen basit işlem birimlerinden oluşmaktadır. Basit bir şekilde anlatacak olursak bir nöron girdiyi ağırlıklandırır dönüşümünü sağlar ve çıktı üretir. İlk bakışta, işlem birimlerinin çalışma şekli yanıltıcı şekilde basittir. Sinirsel hesaplamaların gücü, toplam işlem yükünü paylaşan işlem birimlerinin birbirleri arasındaki yoğun bağlantı yapısından gelmektedir [22].

Yapay sinir ağının ana ögesi olan matematiksel fonksiyon, ağın mimarisi tarafından şekillendirilir. Yani, fonksiyonun temel yapısını, işlem elemanlarının işlem şekli ve ağırlıkların büyüklüğü doğrudan etkiler. Yapay sinir ağlarının davranışları, yani girdi ve çıktının nasıl ilişkilendirildikleri, ilk olarak nöronların transfer fonksiyonlarından, birbirlerine nasıl bağlandıklarından ve bu bağlantıların ağırlıklarından etkilenir.

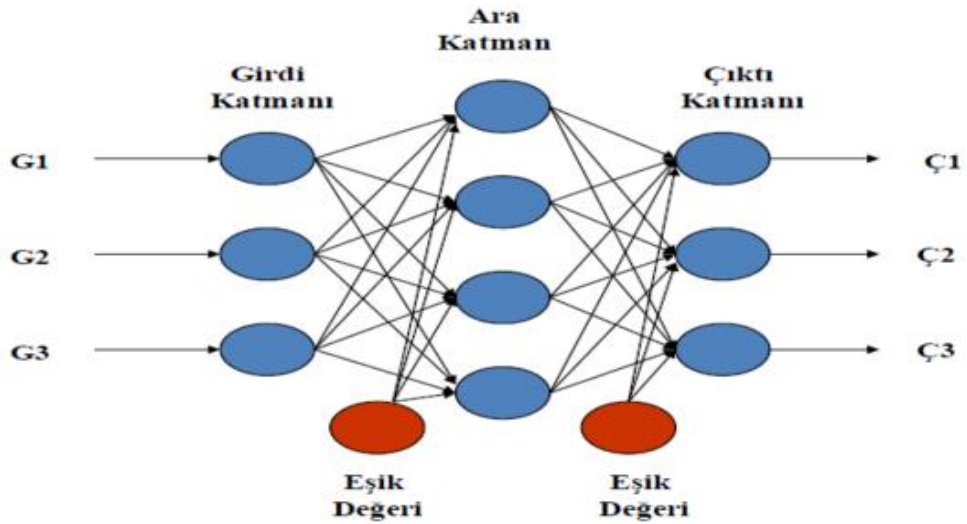
3.2.3 . Yapay Sinir Ağlarının Kullanım Alanları

Sadece sayısal bilgilerle çalışan, bilgiyi saklama, örnekleri kullanarak öğrenme ve görülmemiş örnekler hakkında bilgi üretebilme, sınıflandırma ve şekil tamamlama gibi özelliklere sahip olan Yapay Sinir Ağları, günlük hayatımızda finansal konulardan mühendislik ve tıp bilimine, üretim uygulamalarından arıza tespit ve analizine kadar birçok alanda uygulanabilmektedir [23].

3.2.4 . Yapay Sinir Ağlarının Yapısı

Yapay sinir ağları insan beyninin modellenmesiyle geliştirilmiştir. İnsan beyninde ortalama 100 milyar nöron vardır ve aralarında 1000 – 1000000 arası bağlantı bulunan bu nöronlar bilginin dağıtılmış halinin saklandığı bölümlerdir. Gerektiğinde birden fazla bilgiyi aynı anda çekip kullanabiliriz, yapay sinir ağları da aynı mantıkla çalışır.

Çok katmanlı YSA’larda da durum aynı şekildedir. Her nöron diğerine belli katsayılarla bağlıdır ve eğitim sırasında ağı öğrenilmesi bilginin bu bağlantı noktalarına dağılması ile sağlanır.



Şekil 3.3. Çok katmanlı yapay sinir ağı

Şekil 3.3.’deki gibi çok katmanlı yapay sinir ağı 3 katmandan oluşur. Bunlar; girdi katmanı, ara katman ve çıktı katmanıdır. Mavi kutucuklar nöronlar, oklar ise

bağlantıları temsil eder. Veri seti eğitim için hazırlanmış olup girdi katmanında ağa gösterilir. Bu ağda öğrenilen olayların ağırlıkları ara katman içerisindeki bağlantı noktalarına atılır. Bazı noktaların değeri olmayabilir yani sıfır da olabilir. Bu sıfır değerinin çıktısı sıfır yapmaması için katmanlar arasına bir eşik değeri eklenir.

Bir sonraki adımda ağın test edilmesi aşamasına geçilir. Eğitim için kullanılan veri seti dışında ağa başka bir test seti gönderilir ve bu test setinde her bir durum için bir çıktı üretilir. Çıktı değerleri yorumlanır ve sonuç elde edilir [24].

3.2.5 . Yapay Sinir Ağlarının Temel Özellikleri

Yapay sinir ağları hesaplama özelliğini, paralel dağılmış yapısı sayesinde genelleme ve öğrenme yeteneğinden almıştır. Bu özellik sayesinde karmaşık problemler çözülebilir. Günümüzde bir çok bilim alanında bu temel özellikleri sayesinde etkin olmuş ve uygulama yeri bulmuştur [22-25].

Doğrusal Olmama: Yapay sinir ağının temel işlem elemanı olan hücre doğrusal olmadığı için, hücrelerin birleşimiyle meydana gelen YSA da doğrusal değildir. Bu özelliği ile YSA, doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde çok önemli bir yer almıştır.

Uygulanabilirlik: YSA'lar, ilgilendiği problemdeki değişikliklere göre ağırlıklarını ayarlar, yani belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen yapay sinir ağı problemde bir değişiklik olduğu takdirde tekrar eğitilebilir. Bu özelliğiyle YSA'lar sinyal işleme, sistem tanılama ve denetim alanlarında da uygulanmaktadır.

Öğrenme: YSA'ların istenilen davranışı gösterebilmesi için doğru şekilde öğretilmesi gerekir. Bu da hücrelerin doğru bağlantılar yapmasını ve bağlantıların uygun ağırlıklarının olmasını gerektirir. Ağırlıklar önceden ayarlanmış olarak verilemez. Bu yüzden yapay sinir ağı istenilen davranışı göstermek için aldığı eğitim örneklerini kullanarak problem öğrenmelidir.

Hata Toleransı: YSA'lar, çok sayıda hücrenin çeşitli şekilde birbirlerine bağlanmalarıyla oluşur. Paralel bir yapıya sahiptirler. Dolayısıyla ağın sahip olduğu

bilgi tüm ağı eşit olarak dağılmış bir şekilde bulunmaktadır. Bu yüzden eğitilmiş bir YSA'da bazı bağlantıların etkisiz bir hale gelmesi tüm ağı etkilemez.

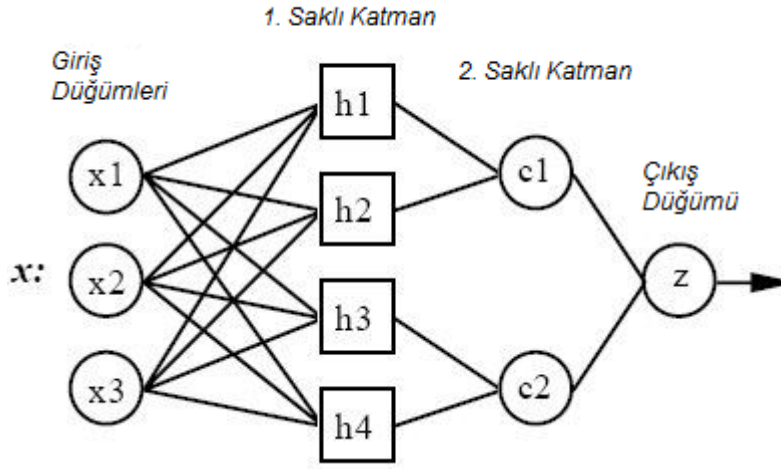
Genelleme: Yapay sinir ağları bir problemi öğrendikten sonra, eğitim sırasında karşılaşmadığı farklı örnekler için de istenilen sonucu üretebilir. Örneğin, karakter tanımlaması amacıyla geliştirilen bir YSA, bozuk karakter girildiğinde de doğru sonucu üretebilir.

Donanım ve Hız: YSA'lar, paralel yapısı nedeniyle büyük ölçekli entegre devre teknolojisi ile gerçekleştirilir. Bu sayede hızlı bilgi işleme özelliği artar. Ancak bir dezavantaj olarak donanımda karşılaşılan her hangi bir problem YSA'nın çalışmamasına neden olabilir.

Analiz ve Tasarım Kolaylığı: Yapay sinir ağlarının temel işlem elemanı olan hücrenin yapısı neredeyse tüm YSA yapılarında aynıdır. Dolayısıyla farklı uygulama alanlarında da olsa standart yapıda olan bu hücre kullanılacaktır. Bu özellik problemlerin YSA ile çözümünde büyük bir avantajdır.

3.2.6 . Olasılıksal Yapay Sinir Ağları (PNN)

Olasılıksal yapay sinir ağı, olasılık yoğunluk fonksiyonunu kullanır. Giriş katmanı, 2 adet saklı katman ve çıkış katmanı olmak üzere 4 katmandan oluşur.



Şekil 3.4. PNN şeması

Bu yapıda;

- 1) İlk saklı katmanda giriş verisinin eğitim verisine olan uzaklığı hesaplanır.
- 2) İkinci saklı katmanda ilk katmanda hesaplanan uzaklıklar toplanır ve net çıkış vektörü olasılıkları bulunur.
- 3) Çıkış katmanında ise bu model sınıflarından en yüksek olasılığa sahip model sınıfı ile YSA'nın çıktısı belirlenir.

Olasılıksal Yapay Sinir Ağı (Probabilistic Neural Network- PNN) Bayes – Parzen kestiriciler olarakta bilinir. K1 ve K2 sınıflarından birine ait m boyutlu bir x vektörü olsun. K1 ve K2 sınıflarına ait olasılık yoğunluk fonksiyonları $F_1(x)$ ve $F_2(x)$ olsun. Bu teoreme göre x vektörü;

$$\frac{F_1(x)}{F_2(x)} > \frac{L_1 P_2}{L_2 P_1} \quad (3.1.)$$

eşitsizliği doğru ise K1 sınıfına, eşitsizliğinin tersi doğru ise K2 sınıfına aittir. Bu eşitsizlikte P_1 ve P_2 , K1 ve K2 sınıflarının görülme olasılığıdır. L_1 , x vektörünün K1 sınıfına ait iken K2 olarak yanlış sınıflama oranı; L_2 ise x vektörünün K2 sınıfına ait iken K1 olarak yanlış sınıflama oranıdır ve maliyet fonksiyonu olarak da adlandırılır.

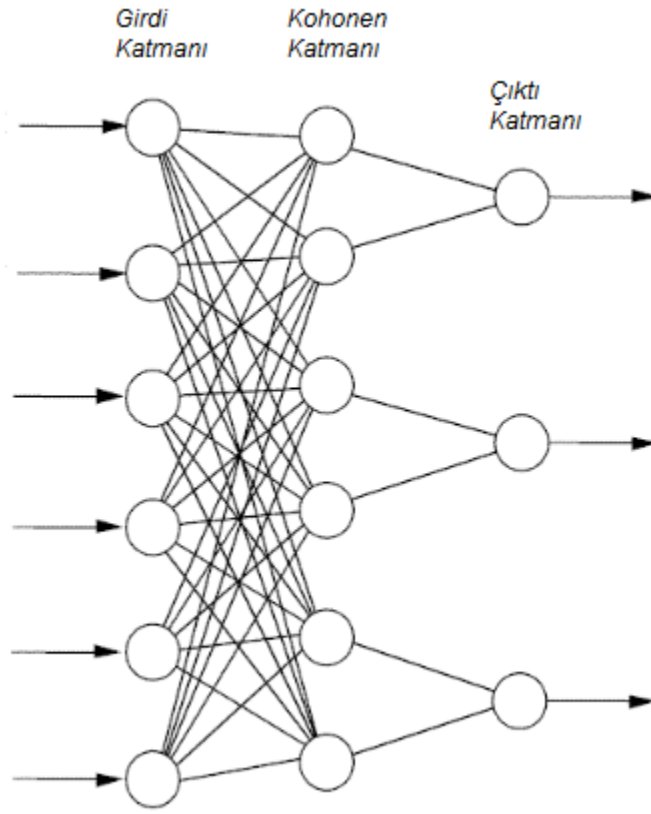
$F_1(x)$ ve $F_2(x)$, L_1 ve L_2 'nin bilinmesi durumunda x vektörünün en yüksek olasılıkla hangi sınıfa ait olduğu saptanabilir. Uygulamada genellikle maliyet fonksiyonları eşit alındığından, sınıflara ait olasılık yoğunluk fonksiyonlarının hesaplanması yeterlidir. Sınıflara ait yoğunluk fonksiyonları Parzen pencereleri kullanılacak aşağıdaki şekilde bulunur.

$$F(x) = \frac{1}{(2\pi)^{m/2} \sigma^m} \sum_{i=1}^n \exp\left[-\frac{(x-x_i)^T(x-x_i)}{2\sigma^2}\right] \quad (3.2.)$$

Buradan n eğitim verisi sayısı, m giriş uzayının boyutu, i örüntü numarası ve σ ise ayarlanabilir bir yumuşatma terimidir [26].

3.2.7 . Öğrenmeli Vektör Kuantalama Yapay Sinir Ağı Modeli (LVQ)

Öğrenmeli vektör kuantalamalı yapay sinir ağları destekli öğrenme stratejisiyle çalışır. Eğitimde ağa sadece öğrenilmesi istenen girdiler verilir ve çıktının kendisinin üretmesi istenir. Ağ çıktı değerini ürettikten sonra ağa sunulan girdiye karşılık gelen çıktının doğru ya da yanlış olduğu söylenir. Bu modelde temel felsefe ağa sunulan girdinin problem uzayını temsil eden referans vektörülerinden birine haritalanmasını sağlamaktır.



Şekil 3.5. LVQ şeması

LVQ'da 3 katmandan oluşur, bu katmanlar;

- Girdi katmanı
- Kohonen katmanı
- Çıktı katmanı

Girdi katmanındaki elemanlar Kohonen katmanındaki elemanlara bağlıdır.

- 1) Girdi katmanından, Kohonen katmanına bağlantıların ağırlıkları bir referans vektörü oluşturur. Öğrenme sırasında sadece bu referans vektörlerinin ağırlık değerleri değiştirilir. Her iterasyonda tek bir vektör değerleri değiştirilir. Öğrenmenin başarı durumu bu referans vektörlerinin başlangıç değerleri ile yakından ilişkilidir.
- 2) Kohonen katmanındaki her eleman çıktı katmanındaki bir elemana bağlıdır. Kohonen ve çıktı katmanı arasındaki vektör ağırlıkları sabit olup 1 değerindedirler. Bu değerler eğitim esnasında değiştirilmezler.

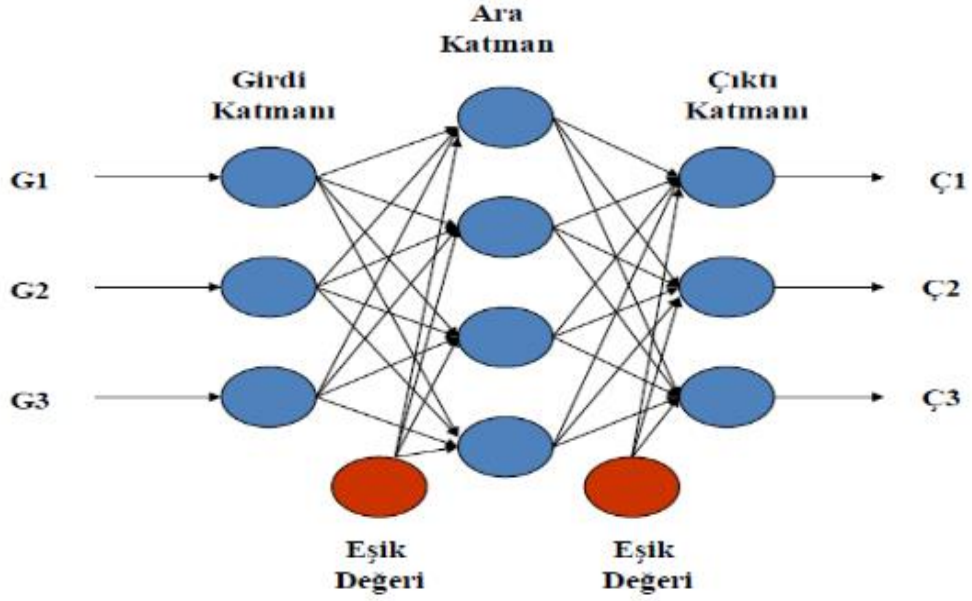
Bu modele göre öğrenme girdi vektörü ve referans vektörü arasındaki öklid mesafesine dayanır. Kohonendeki referans vektörleri birbirleri ile yarışır ve öklid mesafesi en kısa olan eleman yarışmayı kazanır. Yarışmayı kazanan elemanın çıktısı 1 diğerleri ise 0 değerini alır. Yarışmayı kazanan çıktı elemanı ilgili girdinin sınıfını gösterir. Eğer girdi doğru sınıflandırılmış ise ilgili referans vektörü girdi vektörüne yaklaştırılır yanlış sınıflandırılmış ise uzaklaştırılır. Yaklaştırma ve uzaklaştırma öğrenme katsayısı ile gerçekleştirilir.

LVQ'da aynı vektörün sıklıkla kazanması ve öğrenme performansının düşmesi dezavantaj olarak görülebilir. Bu durum zamanla öğrenme yerine ezberle yönelindiğini gösterir. Bu durumu önlemek amacıyla katsayının zamanla azaltılarak sifıra yaklaştırılması ve öğrenme tamamlandığında sıfır değerini alması düşünülmüş ve uygulanmıştır. Çözümün yeterli olmamasıyla öğrenme algoritması geliştirilmiştir. LVQ yöntemiyle öğrenmede sınıflar arasında kalan örnekleri sınıflandırılabilir. Yanı sıra çok kazanan elemanları cezalandırarak diğer elemanlara da kazanma şansı verilmesi için başka bir yöntem geliştirilmiştir [27].

Osteoporoz teşhisinde kullanılacak bu veriler bu teknikle incelenmiştir. Veri setlerinin bir kısmı eğitim ve bir kısmı test serisi olarak yapay sinir ağlarında farklı öğrenme katsayısı, gizli katman ve nöron sayıları değiştirilerek performansı ölçülmüştür.

3.2.8 . Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları (MLNN)

Çok katmanlı yapay sinir ağları içinde de insan beynine benzer şekilde yerleştirilmiş nöronlar bulunmaktadır. Her nöron diğer nöronlara belli katsayılar ile bağlantılıdır. Eğitim sırasında bilgi bu bağlantı noktalarına dağıtılarak ağı öğrenilmesi sağlanır [28].



Şekil 3.6. Çok katmanlı yapay sinir ağı

Şekil 3.6.'da görüldüğü gibi bir sinir ağı girdi katmanı, ara katman(lar) ve çıktı katmanından oluşmaktadır. Burada gösterilen mavi kutucukların her biri nöronları, oklar da bağlantı noktalarını temsil etmektedir.

- 1) Girdi katmanında eğitim için hazırlanan veri seti ağa gösterilir.
- 2) Ağ ara katmandaki bağlantı noktalarına öğrendiği olayların ağırlıklarını atar. Her bağlantı noktasının bir değeri olmak zorunda olmadığı gibi bazı noktaların değeri sıfır da olabilir. Bağlantı noktalarındaki sıfır değerlerinin çıktımızı da sıfır yapmaması için katmanlar arasında bir eşik değeri eklenmektedir.
- 3) Son olarak ağıımızı test etmemiz gerekmektedir. Bunun için veri setinden farklı olarak çıktı sonuçları olmayan bir test seti ağa gösterilir. Ve ağ bize bu test setinin her olayı için bir çıktı değeri verir.
- 4) Bu çıktı değerlerinin yorumlanması ile de sonuçlar elde edilir [28].

Bu çalışmada çok katmanlı YSA'lerden MLNN-1 ve MLNN-2 algoritmaları ile işlem yapılmıştır. Eğitim ve test için farklı gizli katman sayısı, farklı iterasyon sayısı ve farklı hedef adım sayısı ile inceleme yapılarak performansı ölçülmüştür.

3.3 . K-kat çaprazlama yöntemi (K-fold cross validation)

K-kat çaprazlama yöntemi yapısı kullanılarak veriler bölünüp, hem eēitim hem de test içinde homojen kullanılması saēlanır.

150 adet veri ile yapılan bu çalışmada;

Veri setine 1-fold uygulandıēında;

Verilerin %70'ini eēitim, %30'unu test için kullanılır ve işlem sonucu genel sonucu verir.

Veri setine 3-fold uygulandıēında;

150 veri 3'e bölünür, ilk iki parça olan (**50 + 50**) **100** adet veri eēitim için giriş parametresi olarak kullanılırken üçüncü parça olan **50** adet veri ise test için kullanılır. Buradan ilk eēitim ve test teşhis doēruluk oranı elde edilir.

Ardından birinci ve üçüncü parçalardan (**50+50**) **100** adet veri eēitim kümesi için, ikinci parçadan ise **50** adet veri test kümesi için kullanılır. Buradan ikinci eēitim ve test teşhis doēruluk oranı elde edilir.

Sonra olarak ikinci ve üçüncü parçalardan (**50+50**) **100** adet veri eēitim kümesi için kullanılırken birinci parça olan **50** adet veri ise test kümesi için kullanılır. Buradan da üçüncü eēitim ve test teşhis doēruluk oranı elde edilir.

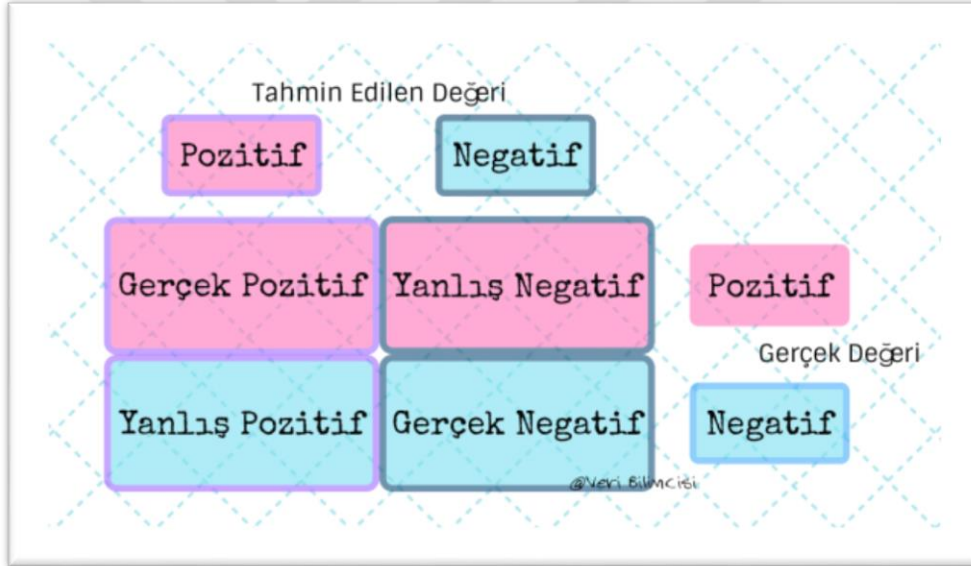
Elde edilen bu üç doēruluk oranı deēerlerinin ortalaması alınır.

3-fold kullanılan sistemlerde bütün veri hem eēitim hem de test işlemlerinde bölünerek kullanıldıēı için yapay zeka tabanlı çalışan karar destek sistemlerinin performansını artıran bir yöntem olarak bilinmektedir. 1-fold kullanılan sistemlerin giriş verileri için eēitim ve test kümeleri birbirinden farklı olduēundan verinin yanlı sonuç çıkarması veya sistemin ezberleme işlemleri ile olumsuz sonuçlar oluşturması sorunları ile karşılaşılmaktadır. Bu yüzden geliřtirdiēimiz çalışmada YSA yöntemleri için 1-fold ve 3-fold' da çalışma yapılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Sistemin performansını analiz etmek için karşılaştırma amaçlı kullanılan diğer yöntemler için ise sadece 3-fold' da çalışma yapılmıştır.

3.4 . Karışıklık Matrisi

Bir karışıklık matrisi, gerçek değerlerin bilinmekte olduğu bir dizi test verisi üzerinde, bir sınıflandırma modelinin performansını tanımlamak için sıklıkla kullanılan bir tablodur. Örnek bir karışıklık matrisi Şekil 3.7.'de verilmiştir. Karışıklık matrisini anlamak kolaydır, ancak terminolojisi hastalığın sınıflandırmadaki başarı ve eksikliklerini göstermek için oldukça faydalıdır.



Şekil 3.7. Karışıklık Matrisi

Burada kullanılan bazı parametrelerin açıklaması şöyledir:

Gerçek Pozitifler (TP): Bunlar gerçek değeri 1 (hasta) ve tahmin ettiğimiz değer de 1 (hasta) olduğu örneklerdir.

Gerçek Negatifler (TN): Bunlar gerçek değeri 0 (hasta değil) ve tahmin ettiğimiz değer de 0 (hasta değil) olduğu örneklerdir.

Yanlış Pozitifler (FP): Bunlar gerçek değeri 0 (hasta değil) ancak tahmin ettiğimiz değerin 1 (hasta) olduğu örneklerdir.

Yanlış Negatifler (FN): Bunlar gerçek değeri 1 (hasta) ancak tahmin ettiğimiz değerin 0 (hasta değil) olduğu örneklerdir.

Karışıklık matrisinden hesaplanan bazı oranlar vardır. TP, TN, FP ve FN'nin birbirleriyle ilişkisini gösteren bu terminolojiler aşağıda verilmiştir.

$$\text{TOPLAM} = \text{TP} + \text{TN} + \text{FP} + \text{FN}$$

$$\text{GERÇEK POZİTİFLER} = \text{TP} + \text{FN}$$

$$\text{GERÇEK NEGATİFLER} = \text{TN} + \text{FP}$$

Doğruluk Oranı (Accuracy Rate): Genel olarak, sınıflayıcının ne sıklıkta doğru tahmin ettiğinin bir ölçüsüdür.

$$\text{Doğruluk Oranı} = (\text{TP} + \text{TN}) / \text{TOPLAM}$$

Yanlış Sınıflandırma Oranı (Misclassification Rate): Genel olarak, sınıflayıcının ne sıklıkta yanlış tahmin ettiğinin bir ölçüsüdür. Hata Oranı olarak da bilinir (Error Rate).

$$\text{Hata Oranı} = (\text{FP} + \text{FN}) / \text{TOPLAM}$$

3.5 . Uygulama İçin Kullanılan Verilerin Analizi

Bu çalışmada, Yozgat Bozok Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi anabilim dalında tedavi için gelmiş 150 bireyden alınan bilgiler ile bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veri setinin 90 tanesi Osteoporoz 60 tanesi Normal olan kişilerden elde edilen verilerden oluşmaktadır.

Veri setindeki temel amaç, sağlıklı kişilere DEXA testinin yapılmasını önlemek ve sağlıklı kişileri Osteoporoz hastası olanlardan ayırabilmektir.

Bu veri seti ölçümleri 150 örnekten oluşmakta olup her bir örnek 23 belirleyici özellik ve 1 çıkış (Osteoporoz var mı yok mu bilgisi) içermektedir. Bu belirleyici özellikler aşağıdaki görüldüğü gibi sıralanmıştır.

A- Genel Bilgiler

1. Yaş
2. Cinsiyet
3. Menopoz olma durumu
4. Gebelik sayısı
5. Ailede osteoporoz

B- 10 Soruluk Test

6. Aile bireylerinizden herhangi birinde hafif bir çarpma veya düşme sonrası kalça kırığı meydana geldi mi? (Evet- Hayır)
7. Herhangi bir kemiğinizde hafif bir çarpma veya düşme sonrası kırık meydana geldi mi? (Evet- Hayır)
8. Üç aydan uzun süre kortikosteroid (kortizon, prednizon vb.) kullandınız mı? (Evet- Hayır)
9. Üç santimetreden fazla boyda kısalmanız oldu mu? (Evet- Hayır)
10. Düzenli olarak alkol (günde 2 kadehten fazla) alırsınız mı? (Evet- Hayır)
11. Günde 20 adetten fazla sigara içer misiniz? (Evet- Hayır)
12. Sık sık diyare olur musunuz? (Evet- Hayır)

Kadınlar için

13. 45 yaşından önce mi menopoza girdiniz? (Evet- Hayır)
14. Gebelik veya menopoz dışındaki nedenlerle adetinizin 12 ay veya daha uzun süre aksadığı oldu mu? (Evet- Hayır)

Erkekler için

15. Testosteron seviyesinde azalmaya bağlı impotans veya libido kaybınız oldu mu? (Evet- Hayır)

C- Kan Testi

16. Calcium
17. Phosphor

- 18. Alkalen Fosfataz
- 19. D Vitamini
- 20. Parathormon
- 21. TSH
- 22. Östrojen
- 23. Testesteron

Bu amaç için oluşturulan bir form sayesinde Yozgat Bozok Üniversitesi Tıp Fakültesi Ortopedi Anabilim Dalına muayene olmak üzere gelen hastalar tarafından Şekil 3.8.'de verilen tarama testi formu doldurulmuştur.

OSTEOPOROZ TARAMA TESTİ		
1	Hasta No :	
2	Yaş:	
3	Cinsiyet:	
4	Kadınsa, menopoz olma/olmama durumu:	
5	Kadınsa, gebelik sayısı	
6	Ailede osteoporoz olup olmaması:	
A. "Bir Dakikalık Osteoporoz Risk Testi"		
7	Aile bireylerinizden herhangi birinde hafif bir çarpma veya düşme sonrası kalça kırığı meydana geldi mi?	
8	Herhangi bir kemiğinizde hafif bir çarpma veya düşme sonrası kırık meydana geldi mi?	
9	Üç aydan uzun süre kortikosteroid (kortizon, prednizon vb.) kullandınız mı?	
10	Üç santimetreden fazla boyda kısalmanız oldu mu?	
11	Düzenli olarak alkol (günde iki kadehten fazla) alırsınız mı?	

12	Günden 20 adetten fazla sigara içer misiniz?	
13	Sık sık diyare olur musunuz?	
14	Kadınlar için; 45 yaşından önce mi menopoza girdiniz?	
15	Kadınlar için; Gebelik veya menopoz dışındaki nedenlerle adetinizin 12 ay veya daha uzun süre aksadığı oldu mu?	
16	Erkekler için; Testosteron seviyesinde azalmaya bağlı impotans veya libido kaybınız oldu mu?	
B. Kan testinden elde edilecek belirli parametreler:		
1	Calcium	
2	Phosphor	
3	Alkale Fosfataz	
4	D Vitamini	
5	Parathormon	
6	Tiroid Hormonları	
7	Östrojen	

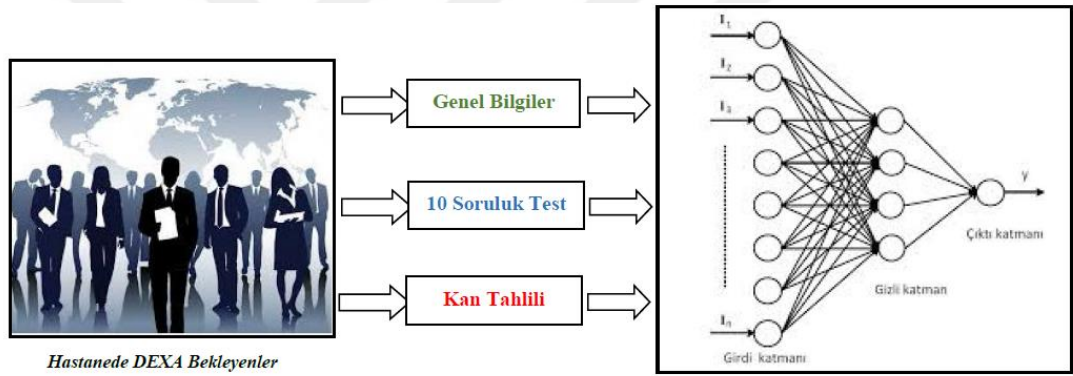
8	Testesteron	
C. DEXA		
9	Kalça T skoru:	
10	Lumbal T skoru:	
11	Sonuç:	

Şekil 3.8. Osteoporoz tanısı için oluşturulan tarama testi örneği.

4. SONUÇLAR

Tıp dünyasında osteoporoz hastalarının hastalık teşhisi için DEXA testi uygulanmakta ve bu testi yaptıran herkes radyasona maruz kalmaktadır.

Bu çalışmada farklı eğitim algoritmalarına sahip yapay sinir ağları modelleri kullanılarak osteoporozun teşhisi üzerine odaklanılmış olup bu çalışmanın sonucunda elde edilen veriler ışığında hastalık ön tanısı konulmayan bireylere DEXA testinin uygulanmaması için alternatif bir sistem oluşturulmuştur. Bu sistem Şekil 4.1.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Osteoporoz hastalığı ön tanısı için tasarlanan Yapay Zeka tabanlı sistem.

Bu amaç doğrultusunda Yozgat Bozok Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi Ortopedi anabilim dalı hekimlerinin klinik çalışmasından temin edilmiş, hastalık şüphesi ile gelen 150 bireye ait parametreler ele alınmış ve hastalığın teşhisine yardımcı olacağı uzman hekimler tarafından düşünülen 23 giriş (**A- Genel Bilgiler: 5 giriş, B- 10 Soruluk Test:10, C- Kan Testi: 8 giriş**) ve 1 çıkış parametresi seçilmiştir. Veriler 90 adet hasta ve 60 adet hasta olmayan vakadan oluşmaktadır. 23 giriş ve 1 çıkıştan oluşan veri setinde toplam 150 örnek üzerinde esnek hesaplama ve biyobilgişim teknikleri kullanılmış ve Çizelge 4.1.'de görülen sonuçlar elde edilmiştir.

Bu çalışmada YSA yapısı için eğitim ve test işlemleri iki kısımda uygulanmıştır. Birinci aşamada, TV (traditional validation) yöntemi ile veri setinin yaklaşık %70'lik kısmı (100 adet) eğitim için ayrılmış geri kalan yaklaşık %30'luk kısmı da (50 adet)

test veri seti olarak kullanılmıştır. TV yöntemi yerine ikinci aşamada 3 katlı çapraz doğrulama tekniği kullanılmıştır. Bu tekniğin kullanılmasıyla veri seti rastgele eğitim ve test olmak üzere iki ayrı kısma ayrılmamıştır. Çünkü 3 katlı çapraz doğrulama tekniği bu işlemin programsal olarak yapılmasını sağlamaktadır. Ayrıca, ağıın düzeltme faktörü de uygun olan aralıklar içinde programsal olarak rastgele tek tek (Random Search Method-RSM) taranmıştır.

Çizelge 4.1. Yapay sinir ağı modelleriyle eğitim ve test sonuçları.

	k-Fold	Eğitim	Test	Eğitim Başarı Ortalaması	Test Başarı Ortalaması
PNN	1 Fold	96.00	92.00	96.00	92.00
	3 Fold	97.00	96.00	97.33	95.33
		98.00	98.00		
		97.00	92.00		
LVQ	1 Fold	94.00	88.00	94.00	88.00
	3 Fold	97.00	92.00	96.67	90.00
		96.00	88.00		
		97.00	90.00		
MLNN – 1 (<i>Tek Katmanlı</i>)	1 Fold	100.00	94.00	100.00	94.00
	3 Fold	100.00	94.00	98.67	92.67
		96.00	90.00		
		100.00	94.00		
MLNN – 2 (<i>İki Katmanlı</i>)	1 Fold	98.00	92.00	98.00	92.00
	3 Fold	98.00	94.00	97.33	93.33
		96.00	94.00		
		98.00	92.00		

Çizelge 4.1’de görüldüğü üzere eğitim işleminde en iyi teşhis doğruluk oranı %100 ile MLNN-1 (1- Fold, TV) yöntemi ile elde edilirken test işlemi için en iyi doğruluk oranı %95.33 ile PNN (3-Fold, CV) yöntemi ile elde edilmiştir. İkinci olarak eğitim için %98.67 doğruluk oranıyla MLNN-1 (3-Fold, CV) yönteminde, test için %94.00

ile MLNN-1 (1-Fold, TV) yöntemi ile elde edilmiştir. Üçüncü olarak eğitim için %98.00 doğruluk oranı ile MLNN-2 (1-Fold, TV) yönteminde, test için de %93.33 başarı oranı ile MLNN-2 (3-Fold, CV) yöntemi ile elde edilmiştir. Sonuncu olarak en kötü doğruluk oranı eğitim için %94.00 ve test için %88.00 ile LVQ (1-Fold, TV) yönteminde elde edilmiştir.

Çizelge 4.1.'den anlaşıldığı üzere kullanılan eğitim veri setindeki vaka sayısı sınırlı olup, başarı oranına direkt etki etmiş örneklere sahiptir. Sınırlı veri seti, eğitim süreçlerinin tam olarak başarısız olduğu sonucunu doğurur. Problemin spesifik olması ve hastaneden elde edilmeye çalışılan bilgilerinin temininin güçlüğünden dolayı eldeki mevcut veriler ile çalışılmıştır. Bunun akabinde veri artırma yöntemlerinden k-kat çaprazlama (k-fold cross validation) metodu kullanılmış olup, sonuçların tatmin edici başarı düzeyinde olduğu görülmüştür. Sınırlı sayıdaki verilerin eğitim esnasında ezberleme yapması da k-kat çaprazlama yöntemi ile engellenmeye çalışılmış ve doğru iterasyonlar ile eğitim sonlandırılmıştır. Burada eğitim esnasındaki grafik incelenmiş ve doğru yerel min/max'lar gözlemlenerek doğru başarı parametreleri ve gerekli gizli katman nöron sayıları denenerak sonuca ulaşılmıştır. Ayrıca karar eğrileri olarak en çok kullanılan sigmoid ve tansigmoid fonksiyonları kullanılmıştır.

Eğitim ve test sonuçlarına göre hatalı eğitime ve hatalı test işlemlerine maruz kalmış örnek vaka sayıları Çizelge 4.2.'de verilmiştir. En çok hatalı teşhisin yapıldığı eğitim ve test işlem veri sayılarının LVQ yöntemiyle oluştuğu görülmüştür.

Çizelge 4.2. Hatalı eğitim ve test veri sayıları.

	Fold sayısı	Eğitim için kullanılan veri sayısı	Hatalı eğitilen veri sayısı (Toplam)	Test için kullanılan veri sayısı	Hatalı test edilen veri sayısı (Toplam)
PNN	1 Fold	100	4	50	4
	3 Fold	100	8 (3-2-3)	50	7 (2-1-4)
LVQ	1 Fold	100	6	50	6
	3 Fold	100	10 (3-4-3)	50	15 (4-6-5)
MLNN - 1	1 Fold	100	0	50	3
	3 Fold	100	2 (0-2-0)	50	11 (3-5-3)
MLNN - 2	1 Fold	100	1	50	4
	3 Fold	100	4 (1-2-1)	50	10 (3-3-4)

Yukarıdaki tablolar; kullanılan algoritmaların osteoporoz hastalığının teşhisinde sınıflandırma görevi için kullanılabileceğini göstermiştir. Bu sonuçlara göre, belirlenen bir hastalığın tanısı için alternatif bir yöntem olarak karar destek sistemi oluşturulabileceği ve bu sistemin hastalığın teşhisine yardımcı olabileceği görülmüş; böylece çalışmanın sonucunun başarılı olduğu kanaatine varılmıştır.

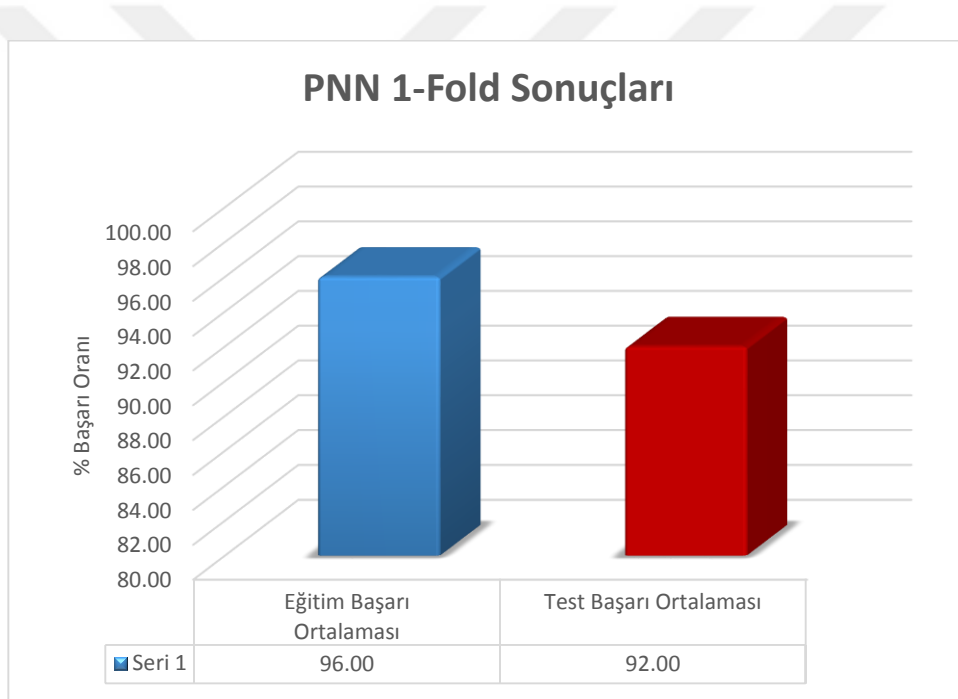
Ayrıca veri seti sayısının hastalık teşhisinde kullanılan bazı karar destek sistemlerinde de benzer sayılarla doğru sonuçlar elde edildiği için yeterli olacağı kanaatine varılmıştır. Fakat veri setinin zenginleştirilmesi performansı artıracaktır. En büyük sorun ise Ortopedi anabilim dalında osteoporoz tanısı konulabilecek vaka sayısının azlığıdır. Bu çalışmada kullanılan örnek vaka sayısı için sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda, veri setinin yeterli olduğu görülmüştür. Bunun yanında sistem dinamik olarak çalıştığı için vaka sayısı artırılarak tekrar performans güncellemesine de olanak tanımaktadır.

Yapay sinir ağlarındaki öğrenme özelliğinin bu çalışmayla bir kez daha birçok alanda olduğu gibi hastalık teşhisinde de olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür.

Gerçekleştirilen sistemin YSA hesaplama yöntemlerinden PNN, LVQ, MLNN-1 ve MLNN-2 ile elde edilen sonuçlar Matlab 2017b yazılımında uygulanmıştır.

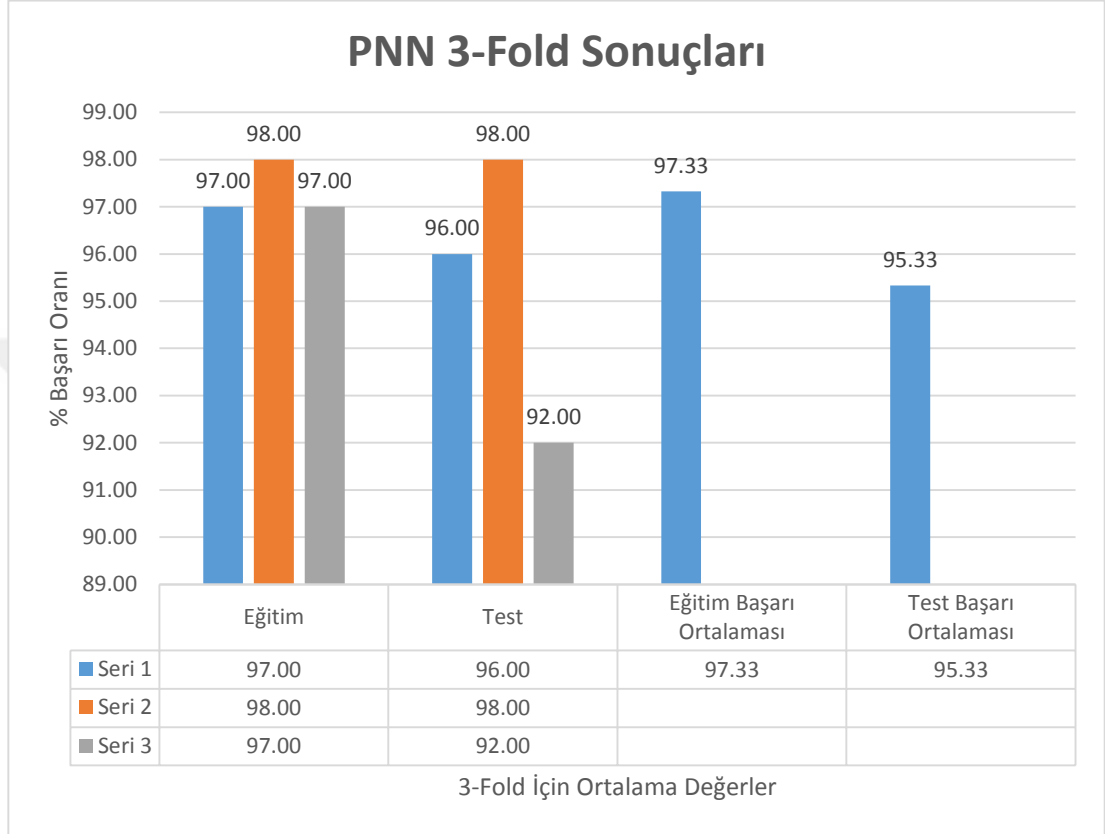
PNN Sonuçları:

Veri setine olasılıksal yapay sinir ağı 1 fold için uygulandığında hata oranı: 0.9510 ile değerlerin eğitim için %96.00, test için ise %92.00 teşhis doğruluk oranı ile sonuçlandığı Grafik 4.1’de verilmiştir.



Grafik 4.1. PNN için 1 fold başarı oranları.

3 fold için uygulandığında ise eğitim için ortalama %97.33, test için %95.33 olduğu Grafik 4.2.'de görülür. Eğitim ve test için ortalama hata oranı: 0.5255 olarak tespit edilmiştir.



Grafik 4.2. PNN için 3 fold başarı ortalamaları.

Çizelge 4.3. PNN (1 fold) için karışıklık matrisi (eğitim+ test).

PNN <i>N:150</i>	Tahmin Değeri: Hasta	Tahmin Değeri: Hasta Değil	TOPLAM
Gerçek Değeri: Hasta	TN= 87	FP= 3	90
Gerçek Değeri: Hasta Değil	FN= 5	TP= 55	60
ORANLAR	Doğruluk Oranı: TN+TP=142	Hata Oranı: FN+FP=8	

Gerçek Negatif Değerlerin Oranı (True Negative Rate): Sınıflayıcının ne kadar gerçek negatif değeri doğru tahmin ettiğinin bir ölçüsüdür. Özgüllük veya Seçicilik (Specificity or Selectivity) olarak da bilinir. PNN için sistemin seçiciliği:

$$\text{Seçicilik} = \text{TN} / \text{GERÇEK NEGATİFLER (TN + FP)} = 87/(87+3) = \%96.67$$

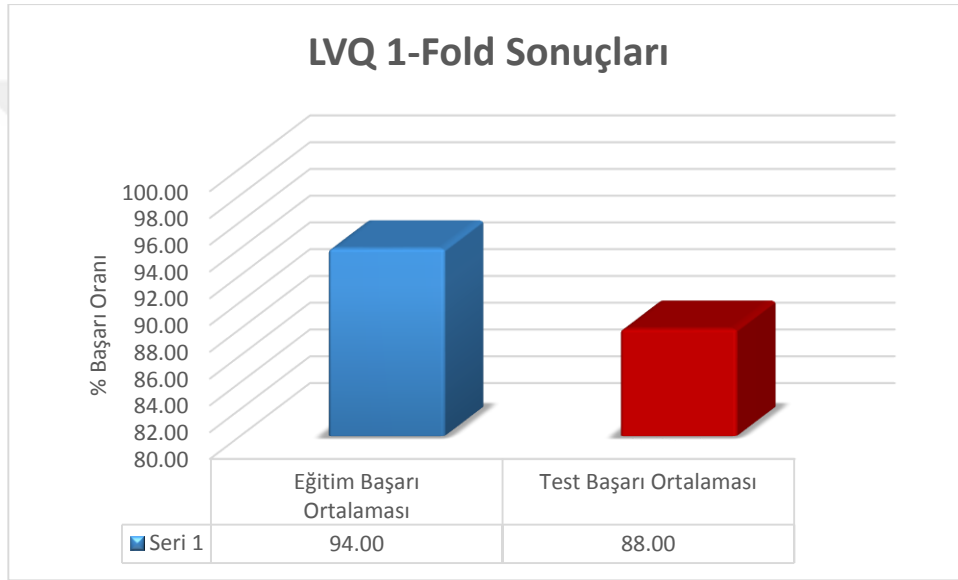
Hassasiyet (Precision): Tüm sınıflardan, doğru olarak ne kadar tahmin edildiğinin bir ölçüsüdür. Mümkün olduğu kadar yüksek olmalıdır. Pozitif Tahmin Edici Değer olarak da bilinir. (Positive Predictive Value). PNN için sistemin hassasiyeti şöyle hesaplanmaktadır:

$$\text{Hassasiyet} = \text{TP} / \text{TP} + \text{FP} = 55/58 = \%94.82$$

LVQ Sonuçları:

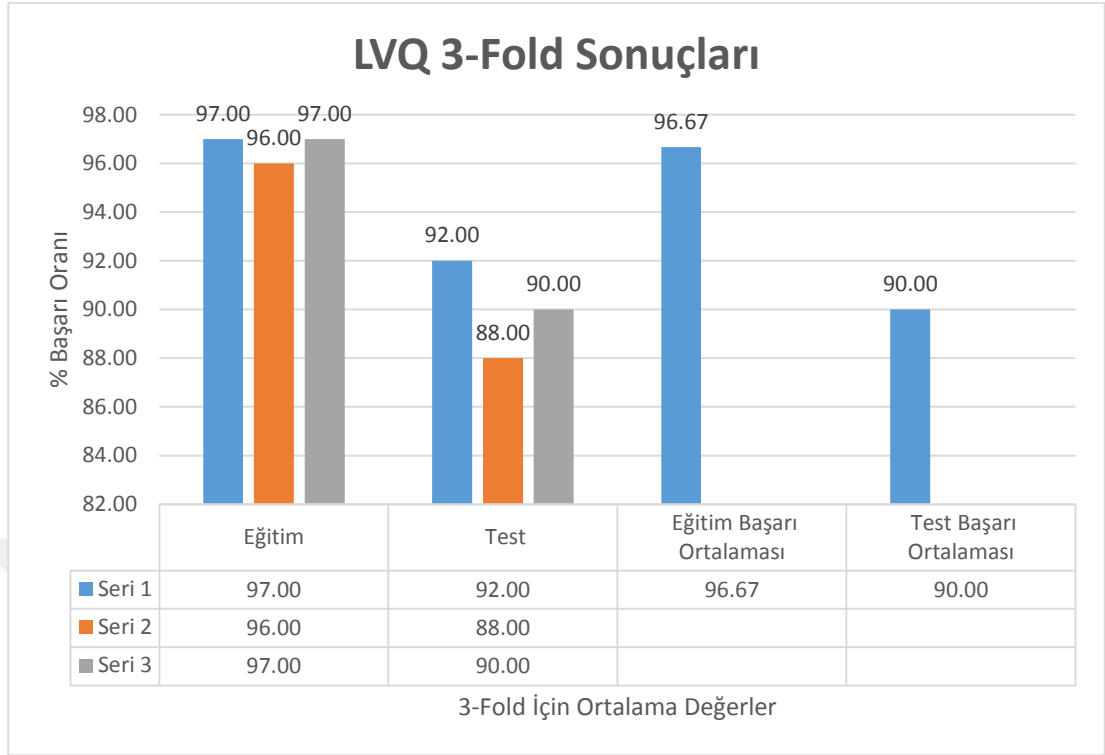
Öğrenmeli vektör kuantalamalı yapay sinir ağı datasetine uygulandığında hata 1 fold için uygulandığında eğitim için %94.00, test için %88.00 teşhis doğruluk oranı ile sonuçlandığı Grafik 4.3.'te verilmiştir.

Kullanılan gizli nöron sayısı: 40, öğrenme oranı: 0.3 'dir.



Grafik 4.3. LVQ için 1 fold başarı ortalamaları.

Öğrenmeli vektör kuantalamalı yapay sinir ağı 3 fold yöntemi için uygulandığında eğitim için ortalama %96.67, test için %90.00 teşhis doğruluk oranı ile sonuçlandığı Grafik 4.4.'te verilmiştir. Eğitim ve test için öğrenme oranı: 0.2, gizli nöron sayısı: 45 'tir.



Grafik 4.4. LVQ için 3 fold başarı ortalamaları.

Çizelge 4.4. LVQ (1 fold) için karışıklık matrisi (eğitim+ test).

LVQ <i>N:150</i>	Tahmin Değeri: Hasta	Tahmin Değeri: Hasta Değil	TOPLAM
Gerçek Değeri: Hasta	TN= 85	FP= 5	90
Gerçek Değeri: Hasta Değil	FN= 7	TP= 53	60
ORANLAR	Doğruluk Oranı: TN+TP=138	Hata Oranı: FN+FP=12	

LVQ için sistemin seçiciliği:

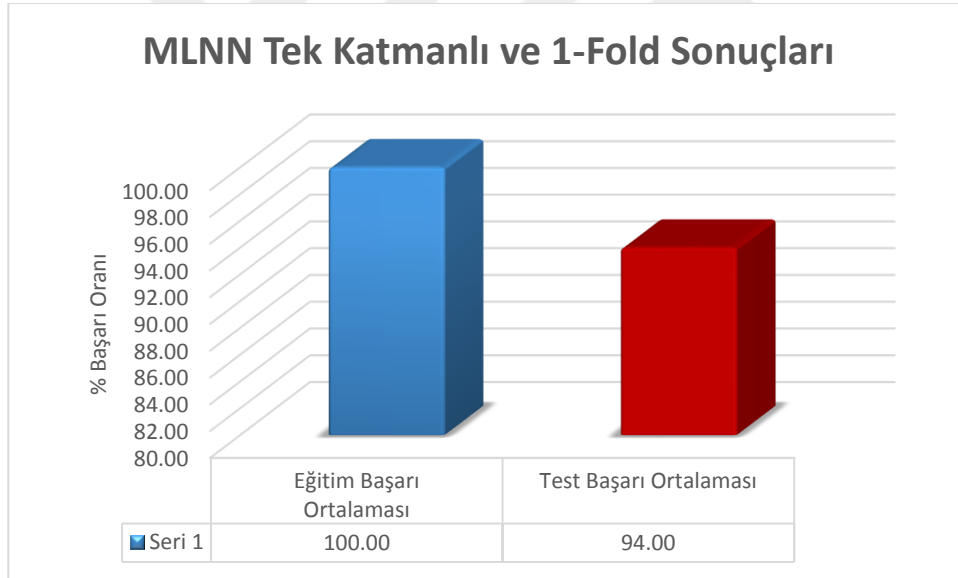
$$\text{Seçicilik} = \text{TN} / \text{GERÇEK NEGATİFLER (TN + FP)} = 85 / (85 + 5) = \%94.44$$

LVQ için sistemin hassasiyeti şöyle hesaplanmaktadır:

$$\text{Hassasiyet} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FP}) = 55/58 = \%91.38$$

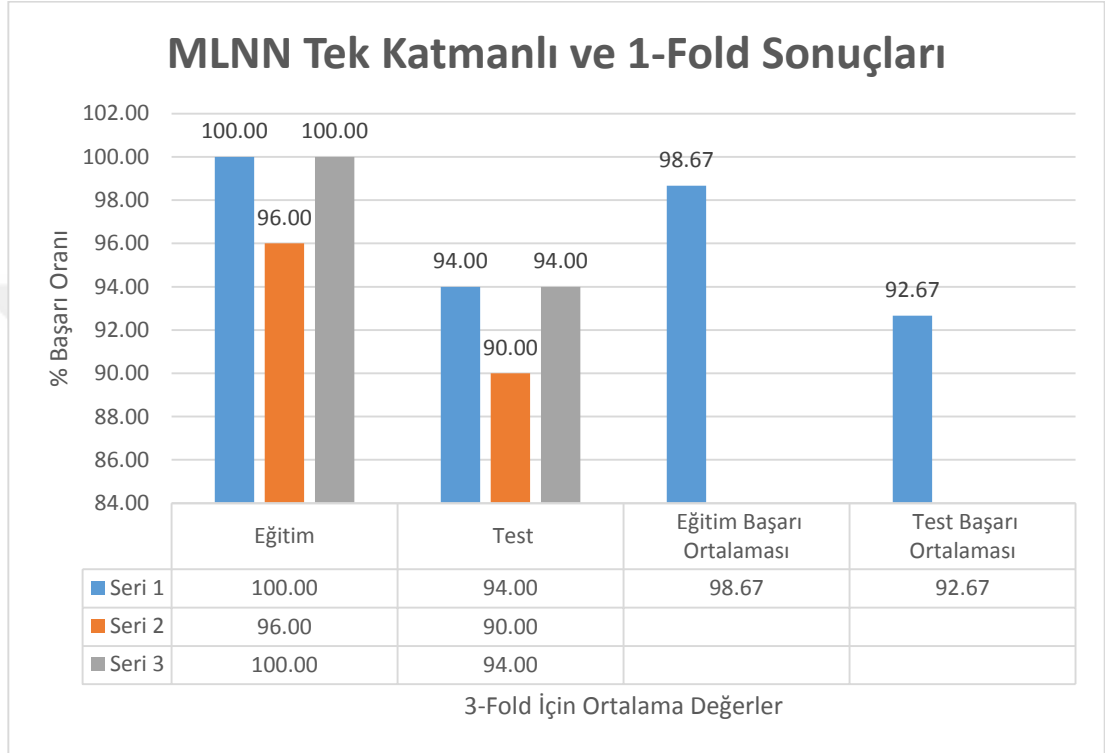
Tek katmanlı MLNN sonuçları:

Çok katmanlı yapay sinir ağı tek gizli katman için uygulandığında 1-fold yönteminde eğitim için %100.00, test için %94.00 teşhis doğruluk oranı ile sonuçlandı. Grafik 4.5.'te verilmiştir. 1 fold yönteminde tek katmanlı MLNN için gizli nöron sayısı: 30, yakınsama oranı(epoch): 800, hedef adım sayısı(goal): $1e-7$ 'dir.



Grafik 4.5. MLNN-1 için 1 fold için başarı ortalamaları.

Çok katmanlı yapay sinir ağı tek gizli katman için uygulandığında 3 foldda ise eğitim için %98.67, test için %92.67 teşhis doğruluk oranı ile sonuçlandı. Grafik 4.6.'da verilmiştir. 3 foldda tek gizli katmanlı MLNN için eğitim ve test için gizli nöron sayısı: 40, yakınsama oranı(epoch): 1000, hedef adım sayısı(goal): $1e-5$ 'dir.



Grafik 4.6. MLNN-1 için 3 fold için başarı ortalamaları.

Çizelge 4.5. MLNN-I (1 fold) için karışıklık matrisi (eğitim+ test).

MLNN-I <i>N:150</i>	Tahmin Değeri: Hasta	Tahmin Değeri: Hasta Değil	TOPLAM
Gerçek Değeri: Hasta	TN= 89	FP= 1	90
Gerçek Değeri: Hasta Değil	FN= 2	TP= 58	60
ORANLAR	Doğruluk Oranı: TN+TP=147	Hata Oranı: FN+FP=3	

MLNN-I için sistemin seçiciliği:

$$\text{Seçicilik} = \text{TN} / \text{GERÇEK NEGATİFLER (TN + FP)} = 89 / (89 + 1) = \%98.89$$

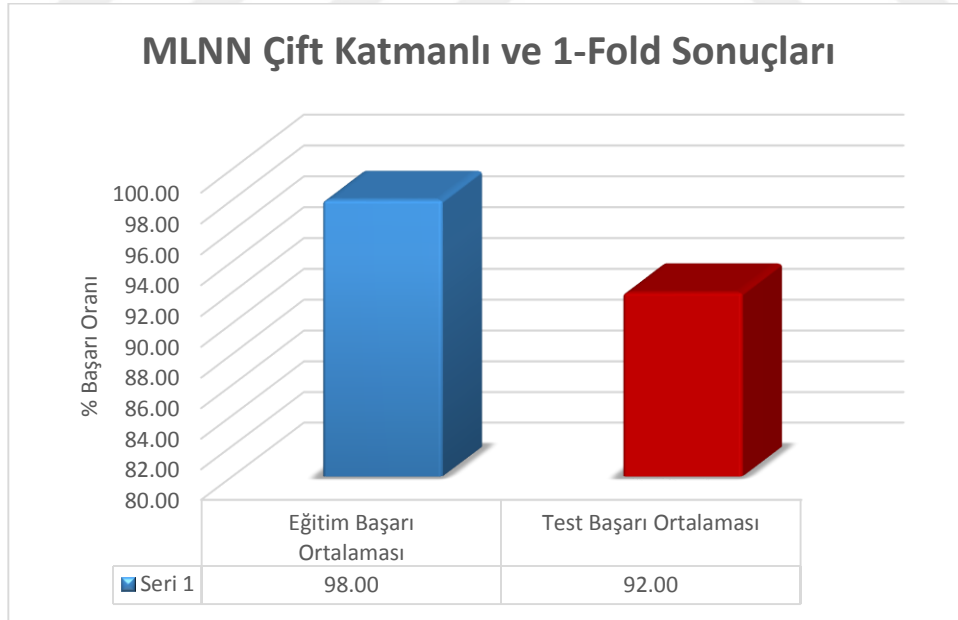
MLNN-I için sistemin hassasiyeti şöyle hesaplanmaktadır:

$$\text{Hassasiyet} = \text{TP} / \text{TP + FP} = 58 / 59 = \%98.30$$

İki katmanlı MLNN Sonuçları:

Çok katmanlı yapay sinir ağı çift gizli katman için uygulandığında 1 fold yönteminde eğitim için %98.00, test için %92.00 teşhis doğruluk oranı ile sonuçlandı. Grafik 4.7.'de verilmiştir.

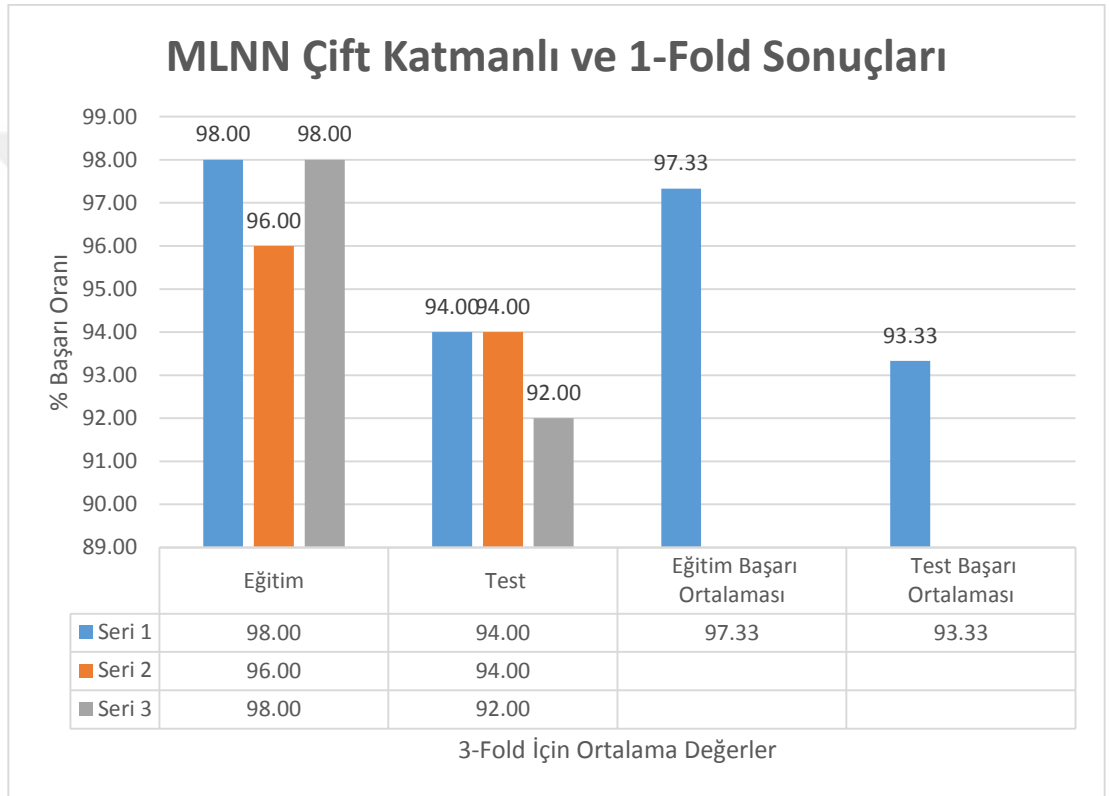
1 fold yönteminde iki katmanlı MLNN için gizli nöron sayısı: [30 30], yakınsama oranı(epoch): 1000, hedef adım sayısı(goal): $1e-5$ 'dir.



Grafik 4.7. MLNN-2 için 1 fold için başarı ortalamaları.

Çok katmanlı yapay sinir ağı çift gizli katman için uygulandığında 3 fold yönteminde eğitim için %97.33, test için %93.33 teşhis doğruluk oranı ile sonuçlandı. Grafik 4.8.'de verilmiştir.

3 fold yönteminde iki katmanlı MLNN için eğitim ve test için gizli nöron sayısı: [40 40], yakınsama oranı(epoch): 800, hedef adım sayısı(goal): $1e-5$ 'dir.



Grafik 4.8. MLNN-2 için 3 fold için başarı ortalamaları.

Çizelge 4.6. MLNN-II (1 fold) için karışıklık matrisi (eğitim+ test).

MLNN-II <i>N:150</i>	Tahmin Değeri: Hasta	Tahmin Değeri: Hasta Değil	TOPLAM
Gerçek Değeri: Hasta	TN= 88	FP= 2	90
Gerçek Değeri: Hasta Değil	FN= 3	TP= 57	60
ORANLAR	Doğruluk Oranı: TN+TP=145	Hata Oranı: FN+FP=5	

MLNN-II için sistemin seçiciliği:

$$\text{Seçicilik} = \text{TN} / \text{GERÇEK NEGATİFLER (TN + FP)} = 88 / (88+2) = \%97.78$$

MLNN-II için sistemin hassasiyeti şöyle hesaplanmaktadır:

$$\text{Hassasiyet} = \text{TP} / \text{TP + FP} = 57 / 59 = \%96.61$$

TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Çalışma genel olarak değerlendirildiğinde ülkemizde osteoporoz hastalığı şüphesiyle hastaneye gelen hastalara DEXA yönteminin uygulanıp uygulanmamasının belirlenmesi konusunda ön tanı işlemi için herhangi bir çalışma bulunmadığı görülmüştür. Literatürde osteoporoz hastalığı ön tanısı konusunda yapılan bir yapay zeka çalışmasının bulunmaması, bu konudaki çalışmaların klinik teşhisten öteye gidemediği, çalışmalarının yeterli ve güncel olmadığı saptanmıştır. Bu alandaki çalışmaların özellikle spesifik konular üzerine yoğunlaştığı ve osteoporoz tanısı konurken tüm hastalara DEXA testinin istisnasız uygulandığı sonucuna varılmıştır. Dolayısıyla literatürde yer alan çalışmalardan farklı olarak Ortopedi ünitesindeki bireylerin hasta olup olmadıkları konusunda ön tanı işlemi için bir karar destek sistemi oluşturmak amaçlanmıştır.

Bu çalışma için gerekli olan veri setinde hastaya uygulanan 1 dakikalık test ve hastanın bazı laboratuvar değerleri kullanılarak 23 parametre üzerinde inceleme yapılmış olup bu amaç için 150 hasta verisi kullanılmıştır. Bu doğrultuda yapılan çalışma ile yeterli bir doğruluk oranı ile önemli bir sonuç elde edilmiştir. Yapılan bu çalışma ile ortopedi ünitesindeki tüm osteoporoz hastaları için yeni ve farklı bir yaklaşımla doktorların erken teşhis ve tanı çalışmalarına katkı sağlanacaktır.

Hekimlerin günlük klinik uygulamalarında kullanabileceği bu karar destek sistemi örnek uygulaması için kullanılan algoritmalar birçok alanda başarılı sonuç verdiği gibi tıbbi alanda da yüksek oranda bir başarı elde edildiği, yapılan benzer çalışmalardan anlaşılmaktadır. Böylece yapay sinir ağlarının uygulamalardaki başarısı bir kez daha bu tez çalışması ile ortaya konulmuştur.

Geliştirilen uygulama belirlenecek pilot hastanelerde klinik ortamlarda kullanılabilecek paket program haline getirilmiştir. Bu uygulama, teşhis doğruluğunu artırmak için diğer çalışmalarla paralel olarak işleme özelliğine sahip olmakla birlikte, bu çalışmaya ilaveten farklı yöntemlerin eklenmesi ile daha geniş kapsamlı bir sınıflandırma yapısına kavuşturulabilecektir. Çalışmanın doğruluğunu görmek

için de farklı algoritmalar ile başarı performansları ölçülmüş olup veri setinin bu amaç için kullanışlı olabileceği belirlenmiştir.

Bu projede osteoporoz hastalığı ön teşhisi işlemine yoğunlaşmıştır. Geliştirilen bu sistem, yapısı itibariyle farklı tıbbi alanlarda da insanlara hizmet imkanı sağlamaktadır. Girdi parametrelerinin değiştirilmesi ile ve farklı bir klinik teşhis işleminde de kullanılabilmesi öngörülmektedir. Yani belirlenecek farklı hastalık türleri üzerinde de başarılı bir sınıflandırma işlemi yapılabileceği düşünülmektedir. Bunun için sisteme girilecek özelliklerin doğru seçilmesi ve hastalıkların bulgularını ortaya koyan verilerin doğru örneklendirilmesi, sonucun başarısını doğrudan etkileyecektir.

Geliştirilen uygulama bir web arayüzü ile yerel kullanıma açılabilir. Bu sayede hastalar, giriş parametrelerini elde etmeleri halinde, bu arayüzde sınıflandırabilirler.

Bu sistemlerin gelişiminin bir uzman doktor denetiminde gerçekleşmesinden ötürü, geliştirilen bu sistemin tıp alandaki diğer çalışmalara zemin olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Persidis, A., & Persidis, A. (1991). Medical Expert Systems: An Overview. *Journal of Management in Medicine*, 5(3), 27-34.
2. Thorsen T., Mäkelä M. (1999). Eds: Changing Professional Practice: Theory and Practice of Clinical Guidelines Implementation. Danish Institute for Health Services Research and Development
3. Trovbridge R and Weingarten S. Clinical Decision Support Systems, İnternet; University of California, San Fransisco School of Medicine. www.apchr.gov/clinic/ptsafety/chap53.htm (Haziran 2019)
4. Akbolat, M, Sağlık Bilgi Sistemleri, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 2016
5. Niederman, F. (1997). Data warehousing at an urban hospital. *Journal of Data warehousing*, 2(4), 2-12.
6. Alkan, B. M., Fidan, F., Tosun, A., & Ardıçoğlu, Ö. (2011). Fiziksel tıp ve rehabilitasyon polikliniğimize başvuran hastalarda osteoporoz insidansı. *Türk Osteoporoz Dergisi*. 17:10-3.
7. Gül, O., Atik, O. S., Erdoğan, D., & Göktaş, G. (2012). Is bone microstructure different between osteopenic and osteoporotic patients with femoral neck fracture. *Eklemler hastalıkları ve cerrahisi= Joint diseases & related surgery*, 23(1), 15-19.
8. World Health Organization. (1994). Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis: report of a WHO study group [meeting held in Rome from 22 to 25 June 1992].
9. Boonen, S., Vanderschueren, D., Cheng, X. G., Verbeke, G., Dequeker, J., Geusens, P. & Bouillon, R. (1997). Age Related (Type II) Femoral Neck Osteoporosis in Men: Biochemical Evidence for Both Hypovitaminosis D–and Androgen Deficiency–Induced Bone Resorption. *Journal of Bone and Mineral Research*, 12(12), 2119-2126.

10. Pınar, G., Pınar, T., Doğan, N., Karahan, A., Algier, L., Abbasoğlu, A., & Kuşçu, E. (2009). Osteoporosis risk factors in the women over 45-years old. *Dicle Med J*, 36(4), 258-267.
11. Çelik, Ö., Salcı, Y., Manisalı, M., & Korkusuz, F. (2009). The effect of hip rotation on bone mineral density of the proximal femur measured by dual energy X-ray absorptiometry. *Eklemler Hastalıkları Cerrahisi*; 20(2):71-77.
12. Baim, S., Binkley, N., Bilezikian, J. P., Kendler, D. L., Hans, D. B., Lewiecki, E. M., & Silverman, S. (2008). Official positions of the International Society for Clinical Densitometry and executive summary of the 2007 ISCD Position Development Conference. *Journal of Clinical Densitometry*, 11(1), 75-91.
13. Aslan, A., Karakoyun, O., Güler, E., Aydın, S., Gök, M. V., & Akkurt, S. (2012). Evaluation of bone mineral density, osteoporosis prevalence and regional risk factors in Turkish women living in Kastamonu: KASTÜRKOS study. *Eklemler Hastalıkları ve Cerrahisi*, 23(2), 62-67.
14. Er, O., Tanrikulu, A. Ç., & Abakay, A. (2015). Use of artificial intelligence techniques for diagnosis of malignant pleural mesothelioma. *Dicle Tıp Dergisi*, 42(1), 5-11.
15. Ulivieri, F. M., Piodi, L. P., Grossi, E., Rinaudo, L., Messina, C., Tassi, A. P., ... & Sardanelli, F. (2018). The role of carboxy-terminal cross-linking telopeptide of type I collagen, dual x-ray absorptiometry bone strain and Romberg test in a new osteoporotic fracture risk evaluation: A proposal from an observational study. *PloS one*, 13(1), 1-12.
16. Lee, J. S., Adhikari, S., Liu, L., Jeong, H. G., Kim, H., & Yoon, S. J. (2019). Osteoporosis detection in panoramic radiographs using a deep convolutional neural network-based computer-assisted diagnosis system: a preliminary study. *Dentomaxillofacial Radiology*, 48(1), 29-44.
17. Cruz, A. S., Lins, H. C., Medeiros, R. V., Jose Filho, M. F., & da Silva, S. G. (2018). Artificial intelligence on the identification of risk groups for osteoporosis, a general review. *Biomedical engineering online*, 17(1), 1-12.

18. İpek, A., Gafuroğlu, Ü., Bodur, H., & Yılmaz, Ö. (2012). Osteoporoz Riskinin Değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Physical Medicine & Rehabilitation/Turkiye Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Dergisi*, 58.
19. DİNÇER, G., & KARS, E. Y. (2008). Osteoporozun kliniği ve risk faktörleri. *Turkiye Klinikleri Orthopaedics and Traumatology-Special Topics*, 1(3), 27-31.
20. Alakoç, Y., Akdoğan, V., Korkmaz, M., & Er, O. (2018). Osteoporoz Ön Tanısının Olasılıksal Sinir Ağları (OSA) Yardımıyla Gerçekleştirilmesi. *Sakarya University Journal of Computer and Information Sciences* Vol. 1, No. 3, B5, Sakarya
21. KARLIK, B., Yapay Sinir Ağları. “Yüksek lisans ders notları”, 1995.
22. Er, O. (2009). Esnek Hesaplama ve Biyobilişim Teknikleri İle Bir Klinik Karar Verme Simülatörünün Oluşturulması, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
23. Kıran, Y.K. (2001). Yapay Zeka Uygulamalı Askeri Proje Değerlendirme Sistem Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, GYTE.
24. Öztemel, E. (1996). Bilgisayarda Öğrenme ve Yapay Sinir Ağları. *Otomasyon*, 3, 134-140.
25. Efe, M. Ö., & Kaynak, O. (2004). Yapay sinir ağları ve uygulamaları. Boğaziçi Üniversitesi.
26. Avcı, M., & Yildirim, T. (2002). Classification of escherichia coli bacteria by artificial neural networks. In *Proceedings First International IEEE Symposium Intelligent Systems*, 3,13-16.
27. Öztemel, E. (2003). Yapay sinir ağları. PapatyaYayincilik, İstanbul.
28. Çayiroğlu, İ. (2015). İleri Algoritma Analizi-5 Yapay Sinir Ağları. Karabük Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.

ÖZGEÇMİŞ

1993 yılı Mart ayında Yalova'da dünyaya gelen Yasemin Alakoç, öğretmen bir ailenin küçük kızıdır.

2000 yılında Yozgat'a taşınarak, ilk ve orta öğrenimini Yozgat Erdoğan Akdağ İlköğretim Okulu'nda, lise öğrenimini Yozgat Erdoğan Akdağ Anadolu Öğretmen Lisesi'nde tamamlamıştır. 2011 yılında Bozok Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'nü kazanarak üniversite eğitimine başlamış ve 2015 yılında bölüm birinciliği derecesi ile mezun olarak mühendis ünvanını almıştır. Aynı sırada 2011-2016 yılları arasında ikinci üniversite kapsamında Eskişehir Anadolu Üniversitesi Açıköğretim Fakültesi'ndeki İşletme lisans eğitimini tamamlamıştır. Yine 2015 yılında Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisansa başlamıştır.

Lisans stajlarını Türk Telekomünikasyon A.Ş. ve Çamlıbel Elektrik Dağıtım A.Ş. şirketlerinde tamamlamıştır. Lisans mezuniyetinden itibaren Bozok Teknopark A.Ş., Bozok Üniversitesi Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Yozgat Çözüm Mühendislik Proje İnşaat Taahhüt Elektrik San. ve Tic. Ltd. Şti., TSP Denetim Eğitim Organizasyon A.Ş. Yozgat Şehir Hastanesi gibi alanlarda çeşitli iş tecrübeleri kazanmıştır. Kasım 2017'den beri Çamlıbel Elektrik Dağıtım A.Ş. şirketinde çalışma hayatına devam etmektedir.

İletişim Bilgileri:

Adres : Bahçeşehir Mah. 1.Selimiye Sok. Buhara Apt. B Blok No:15/10
Merkez/YOZGAT

Telefon : 0544 484 66 77

E-posta : yaseminalakoc@hotmail.com