

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

**YAPAY SİNİR AĞLARI İLE KEMİK KIRIKLARININ  
GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI TESPİTİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ziya EKŞİ**

**Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Murat ÇAKIROĞLU**

**Mayıs 2012**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

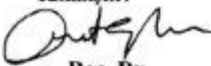
YAPAY SINIR AĞLARI İLE KEMİK KIRIKLARININ  
GÖRÜNTÜ İŞLEME TABANLI TESPİTİ


YÜKSEK LİSANS TEZİ

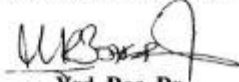
Ziya EKŞİ

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ

Bu tez 23 / 05 / 2012 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
Doç. Dr.  
Murat ÇAKIROĞLU  
Jüri Başkanı

  
Doç. Dr.  
Özdemir ÇETİN  
Üye

  
Yrd. Doç. Dr.  
Mehmet Recep BOZKURT  
Üye

## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmamın gerçekleőtirilmesinde yardım ve desteğini esirgemeyen, her türlü sorunlarımla ilgilenen ve büyük bir sabırla rehberlik yapan danıőman hocam Doç. Dr. Murat AKIROęLU'na, tecrübe ve fikirlerinden faydalandığım Doç. Dr. zdemir ÇETİN'e, tez çalıőmamın tamamlanmasında bilgilerini paylaőmaktan kaçınmayan Öęr. Gör. Emre DANDIL'a ve bu süreçte beni yorumlarıyla yönlendiren emeği geçen tüm hocalarıma katkılarından dolayı teőekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelebilmemde maddi ve manevi hiçbir fedakrlıktan kaçınmayan anneme ve babama teőekkürü borç bilirim.

Yapılan tez çalışması 2012-50-01-001 proje numarası ile Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüęü (BAPK) tarafından desteklenmiőtir.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	vi
TABLolar LİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY.....	x
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Tez Çalışmasının Amacı.....	2
1.2. Tez Çalışmasının Katkısı.....	3
1.3. Tez Organizasyonu.....	3
BÖLÜM 2.	
KEMİKLER.....	4
2.1. Kemiklerin Genel Yapısı.....	4
2.2. Kemiklerin Sınıflandırılması.....	6
2.2.1. Şekillerine göre kemiklerin sınıflandırılması.....	6
2.3. Kemik Kırıkları.....	8
2.3.1. Kırık tipleri ve sınıflandırılması.....	8
2.4. Kemik Kırıklarını Görüntüleme Yöntemleri.....	10
2.4.1. Röntgen.....	11
2.4.2. Bilgisayarlı tomografi (BT).....	13
2.4.3. Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) .....	14
2.4.4. Ultrasonografi (US) .....	15

BÖLÜM 3.	
KIRIK KEMİK TESPİT SİSTEMİ İÇİN POPÜLER BÖLÜTLEME	
ALGORİTMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.....	16
3.1. Giriş.....	16
3.2. K-ortalama.....	16
3.3. Bulanık C-ortalama (FCM).....	18
3.4. OTSU.....	21
3.5. Bölütleme Algoritmalarının Değerlendirilmesi.....	22
BÖLÜM 4.	
YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA) TABANLI KIRIK KEMİK TESPİTİ.....	
4.1. Giriş.....	25
4.2. Önışleme.....	26
4.2.1. Filtreleme.....	26
4.3. YSA Tabanlı Yeni Kırık Kemik Tespit Sistemi.....	28
4.3.1. Yapay sinir ağları (YSA) .....	28
4.3.2. Kırık kemik tespiti.....	31
BÖLÜM 5.	
YSA TABANLI KIRIK KEMİK TESPİT SİSTEMİNİN BAŞARIM	
DEĞERLENDİRİLMESİ.....	37
BÖLÜM 6.	
SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER.....	
6.1. Çalışmanın Faydaları.....	43
6.2. Gelecekteki Çalışmalar.....	43
KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	49

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ANNs	: Artificial Neural Networks
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
GLCM	: Gray Level Co-occurrence Matrix
IOF	: International Osteoporosis Foundation
JPEG	: Joint Photographic Experts Group
MRG	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
SVM	: Support Vector Machine
US	: Ultrasonografi
YSA	: Yapay Sinir Ağları

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	İnsan iskelet yapısı.....	5
Şekil 2.2.	Şekillerine göre sınıflandırılmış kemikler.....	6
Şekil 2.3.	Uzun kemiklere ait örnekler.....	7
Şekil 2.4.	Kırıkların sınıflandırılması.....	9
Şekil 2.5.	Sık karşılaşılan uzun kemik kırıkları.....	10
Şekil 2.6.	İlk röntgen resmi.....	11
Şekil 2.7.	Elektromanyetik spektrum.....	12
Şekil 2.8.	X-ışını kırık kemik resmi.....	12
Şekil 2.9.	Bilgisayarlı tomografi.....	13
Şekil 2.10.	Manyetik rezonans görüntüleme.....	14
Şekil 2.11.	Ultrasonik görüntüleme.....	15
Şekil 3.1.	2 farklı uzun kırık kemiğin K-ortalama algoritmasına göre bölütlenmesi.....	17
Şekil 3.2.	Uzun sağlam kemiğin K-ortalama algoritmasına göre bölütlenmesi.....	18
Şekil 3.3.	Kırık uzun kemik görüntüsü ve FCM algoritması ile bölütlenmiş hali.....	20
Şekil 3.4.	Kırık uzun kemik görüntüsü ve FCM algoritması ile bölütlenmiş hali.....	20
Şekil 3.5.	Sağlam uzun kemik görüntüsü ve FCM algoritması ile bölütlenmiş hali.....	20
Şekil 3.6.	Kırık uzun kemik görüntüsü ve OTSU algoritması ile bölütlenmiş hali.....	21
Şekil 3.7.	Sağlam uzun kemik görüntüsü ve OTSU algoritması ile bölütlenmiş hali.....	21
Şekil 3.8.	Bölütleme sürelerinin kıyaslanması.....	23

Şekil 3.9.	Bölütleme algoritmalarının başarımlarının kıyaslanması.....	24
Şekil 4.1.	İşlem basamakları.....	25
Şekil 4.2.	Aritmetik ortalama filtreleme.....	27
Şekil 4.3.	X-ışını orijinal kemik resmi ve filtrelenmiş hali.....	27
Şekil 4.4.	Yapay sinir ağı hücresi (nöron).....	28
Şekil 4.5.	YSA'nın genel ağ yapısı.....	30
Şekil 4.6.	YSA tabanlı kırık kemik tespit sisteminin ayrıntılı blok diyagramı.....	31
Şekil 4.7.	Sistemin giriş/çıkış parametrelerinin girilmesi.....	32
Şekil 4.8.	35x84 boyutunda örnek kemik resimleri.....	33
Şekil 4.9.	Kemik resimlerinden giriş değerlerinin oluşturulması.....	33
Şekil 4.10.	Kemik resimlerinden alınan değerlerin arayüzde gösterimi.....	35
Şekil 5.1.	Doğru tespit yüzdesi.....	38
Şekil 5.2.	Yanlış tespit yüzdesi.....	39
Şekil 5.3.	Test verilerinden yararlanılarak önerilen YSA tabanlı sistemle Bayes yönteminin karşılaştırılması.....	40
Şekil 5.4.	Eğitim verilerinden yararlanılarak önerilen YSA tabanlı sistemle Bayes yönteminin karşılaştırılması.....	40



## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 4.1.	YSA'nın giriş ve çıkış verileri.....	34
Tablo 5.1.	Epoch sayısına göre başarımlar yüzdeleri.....	39

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Kırık Kemik Tespiti, Biyomedikal Görüntü İşleme, Bölütleme, Yapay Sinir Ağları, Önışleme Teknikleri

Tespit edilemeyen veya yanlış teşhis edilen kırık vakaları ortopedi alanında karşılaşılan önemli sorunların başında gelmektedir. Gerçekleştirilen yanlış teşhisler neticesinde hastalara yanlış tedavi yöntemleri uygulanabilmekte ve bundan dolayı tedavi süreleri uzayabilmektedir. Her yıl, yanlış teşhis ve tedavi uyguladığı gerekçesiyle bir çok hekim'e tazminat davası açılmaktadır.

Bu tez çalışmasında, hekimlere katkı sağlamak ve kırık vakalarında tespit başarımını yükseltmek amacıyla "Yapay Sinir Ağları (YSA) tabanlı kırık kemik tespit sistemi" tasarımı gerçekleştirilmiştir. Önerilen sistem, en çok karşılaşılan kırık vakaları olan uzun kemik kırıklarının tespitine yönelik olarak tasarlanmıştır. Gerçekleştirilen tespit sistemi, temel olarak görüntü işleme ve YSA basamaklarından oluşmaktadır. Görüntü işleme basamağında, x-ışını şeklindeki resimler çeşitli görüntü işleme teknikleri yardımıyla iyileştirilmiştir. Buna ek olarak kas dokusu ile kemik kısımlarının birbirinden ayrıştırılabilmesi için bölütleme işleminden faydalanılmıştır. Uzun kemiklerin bölütlenmesinde başarımı en yüksek olan algoritmayı bulabilmek için çeşitli deneyler gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlara göre K-ortalama algoritması önerilen sistemde kullanılacak bölütleme algoritması olarak seçilmiştir. Tasarımı gerçekleştirilen tespit sisteminin bir sonraki işlem basamağında ise iyileştirilmiş ve bölütlenmiş resimler boyutlandırılıp sayısallaştırılarak YSA girişlerine göre uygunlaştırılmıştır. Bu aşamada, girişlerin YSA'ya göre uygunlaştırılması, YSA'nın eğitilmesi ve test edilmesi gibi işlem prosedürlerinin kolaylaştırılması için C# tabanlı bir YSA arayüzü kullanılmıştır. Önerilen YSA tabanlı kırık kemik tespit sisteminin başarımı detaylı deneyler yardımıyla ölçülmüş ve elde edilen sonuçlara göre her kırık vakasının %89'u başarı ile tespit edilebilmiştir.

# **BONE FRACTURE DETECTION BASED ON IMAGE PROCESSING USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS**

## **SUMMARY**

Keywords: Bone Fracture Detection, Biomedical Image Processing, Segmentation, Artificial Neural Networks, Pre-processing Techniques

Undetectable fractures or misdiagnosis are the most important problems in orthopaedics field. As a result of misdiagnosis, wrong treatment is practiced to patients, and therefore duration of treatment may be extended. Every year, many doctors are lawsuited for misdiagnosing and wrong treatment.

In this thesis, “Artificial Neural Networks (ANNs) based bone fracture detection system” has been designed in order to contribute to doctors and improve the performance of fracture detection. The proposed system has been designed for the detection of long-bone fractures which are the most common cases of fractures. The detection system is mainly consists of image processing and ANNs sections. In image processing section, x-ray images are enhanced with the help of several image processing techniques. In addition, segmentation is utilized to differentiate bone and muscle tissue from each other. Various experiments are performed to learn the highest segmentation performance in long-bone segmentation. According to the experimental results, K-means algorithm has been selected as segmentation algorithm for the proposed system. In ANN section of the designed system, the enhanced and segmented images have been resized and digitized for the appropriate ANN inputs. Then, ANN has been trained and tested by the given inputs. In this thesis, we have used C# based ANN interface to facilitate the procedures of training and testing. Performance of the proposed ANNs based bone fracture detection system has been evaluated with the help of detailed experiments. According to the results the proposed system is able to detect bone fractures with 89% success rate.

## BÖLÜM 1. GİRİŞ

Organik/inorganik maddelerden oluşan ve dayanıklı bir yapıya sahip olan kemik vücudun desteğini sağlamada en önemli organizmadır. İnsan vücudunda 206 kemik bulunmaktadır ve bu oran vücut kitlesinin %20'sini oluşturmaktadır [1]. Dayanaklı olduğu kadar hafif bir yapıya sahip olan kemik fazla yüke maruz kaldığında çatlayabilmekte veya kırılabilmektedir. Ayrıca, kemik zayıflamasına yol açan osteoporoz gibi rahatsızlıklar ilerleyen yaşlarda kemiklerin kırılması ile sonuçlanmaktadır. Uluslararası Osteoporoz Vakfı (IOF) verilerine göre osteoporoz rahatsızlığının bayanlarda görülme riski %40-50 iken erkeklerden bu oran %13-22 arasındadır [2]. Osteoporoz rahatsızlığının dışında düşme, spor yaralanmaları, trafik kazaları gibi nedenler kemik kırıklarına neden olabilmektedir. Yapılan bir araştırmada Amerika'da her yıl 6,8 milyon kişi kemik kırığı ile karşılaşmaktadır [1].

Günümüzde, medikal cihaz teknolojilerinin gelişmesi ile beraber röntgen, bilgisayarlı tomografi gibi cihazlar kullanılarak kemik kırığı tespit edilebilmektedir. Doktorlar ya da radyologlar elde edilen x-ışını resimleri inceleyerek kemiklerin kırık olup olmadığı teşhisini koymaktadırlar. Ancak, belirlenmesi zor kırık veya çatlak tespitinde yanlış teşhis konulabilmekte ve bunun sonucunda hem doktorlar hem de hastalar zor durumda kalabilmektedir. Örneğin; yapılan bir çalışmada A.B.D'de her yıl 5 radyologdan bir tanesinin yanlış tedavi uyguladığı ve bu tedavilerin %40'na yanlış radyolojik teşhis durumlarının neden olduğu ve bu grubun da %40'nı tespit edilemeyen kırıklar olduğu vurgulanmaktadır [3,4]. Yanlış teşhisin sonucunda hastaya yanlış tedavi yöntemleri uygulanabilmekte ve bundan dolayı tedavi süresi uzayabilmektedir.

Son yıllarda biyomedikal alanında gerçekleştirilen birçok çalışmada çeşitli hastalıkların tespitini kolaylaştırmak için bilgisayar destekli teşhis sistemleri üzerine odaklanılmıştır. Bu çalışmalarda genellikle yanlış teşhis oranını düşürmek

hedeflenmektedir. Günümüzde mamogramda kitle teşhisi, göz hastalıkları, kanser teşhisi gibi birçok tıbbi uygulama alanında görüntü işleme tekniklerinin kullanımı oldukça artmıştır. Son yıllarda ortopedi alanında da kırık kemiklerin bilgisayar destekli olarak tespitine yönelik bazı çalışmalar yapılmakta ve bu çalışmalarda genellikle belli kırık tipleri üzerine odaklanılmaktadır. Bu çalışmalardan bir tanesi 2001 yılında Donnelley tarafından bilgisayar destekli uzun kemik (long bone) segmentasyonu ve kırık tespiti uygulamasıdır. Donnelley yaptığı bu çalışmada öncelikle kırık kemiklerde bölütleme işlemini gerçekleştirmiştir. Sonrasında Hough dönüşümü ve gradient analizinden yararlanarak kırıkları tespit etmiştir [1]. 2003 yılında yapılan diğer bir çalışmada ise, Tian ve arkadaşları boyun eksen ve şaft eksen arasındaki açıyı hesaplayarak uyluk kırıklarının tespitini gerçekleştirmiştir [5]. Lim ve arkadaşları yaptıkları çalışmada uyluk ve ön kol kırıklarını markov rasgele alan (MRV) ve destek vektör makinaları (SVM) gibi özellik çıkarım ve sınıflama algoritmalarından yararlanarak tespit etmişlerdir [6]. 2011 yılında yapılan bir çalışmada ise Linda ve arkadaşları bulanık sıra ölçüm (fuzzy index measure) yöntemini kullanarak çatlak tespitini gerçekleştirmişlerdir [7]. Chai ve arkadaşları tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise gray level co-occurrence matrix (GLCM) yöntemini kullanarak kırık kemik tespiti ve sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir [8]. Yine 2011 yılında Mahendran tarafından yapılan diğer bir çalışmada görüntü işleme ve sınıflama tekniklerinden yararlanılarak kaval kemiği kırıkları tespit edilmiştir [9]. Wu ve arkadaşları 2012 yılında pelvis kemik kırıklarının tespitini bilgisayarlı tomografi (BT) görüntülerinden faydalanarak ve registered active shape modelini kullanarak gerçekleştirmişlerdir [10].

### **1.1. Tez Çalışmasının Amacı**

Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında ise uzun kırık kemiklerin tespitine yönelik Yapay Sinir Ağları (YSA) tabanlı kırık kemik tespit sistemi tasarımı gerçekleştirilmiştir. Önerilen sistemde x-ışını görüntüleri önce filtreleme ve bölütleme işlemlerine tabi tutulmakta daha sonra küçültülerek sayısallaştırılmaktadır. Bu ön işleme tekniklerinden sonra işlenmiş resimler YSA arayüzüne uygulanarak tespit işlemleri gerçekleştirilmektedir. Gerçekleştirilen deneysel sonuçlara göre önerilen YSA tabanlı kırık kemik sistemi kırık vakalarını %89 oranında tespit edebilmektedir.

## 1.2. Tez Çalışmasının Katkısı

Bu tez çalışmasının literatüre katkıları şunlardır:

1. Kırık kemiklerin bilgisayar destekli teşhisi günümüzde yeni çalışılmaya başlanmış bir konudur. Bu tez çalışmasında bu alanda çalışacak olan araştırmacılara katkı sağlayacak sistematik bir literatür taraması sunulmuş ve ayrıca kemik türleri, kırık türleri gibi temel alanlarla ilgili doyurucu bilgiler verilmiştir.
2. Kırık kemiklerin bilgisayar destekli olarak teşhisinde önışleme tekniği olarak kullanılabilir olan popüler bölütleme tekniklerinin başarıml değerlendirilmesi gerçekleştirilerek kemik resimleri için en başarılı bölütleme algoritması belirlenmiştir.
3. Son olarakta uzun kemik kırıklarının yapay sinir ağları tekniği ile yüksek başarımla tespit edilebileceği gösterilmiş ve detaylı deneysel çalışmalarla ispatlanmıştır.

## 1.3. Tez Organizasyonu

Tezin diğer bölümleri řu şekilde organize edilmiştir. 2. bölümde kemiklerin yapısı, sınıflandırılması, kemik kırıkları ve kırık görüntüleme yöntemleri hakkında bilgi verilmiştir. 3. bölümde ise uzun kemikler üzerinde popüler bölütleme algoritmaları ve performans analizleri gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen yapay sinir ağları tabanlı kırık kemik tespit sisteminin ayrıntıları ve işlem basamakları 4. bölümde açıklanmıştır. 5. bölümde ise gerçekleştirilen sisteme ait deneysel sonuçlar sunulmuştur. Tezden elde edilen sonuçlar ve gelecekteki çalışmalar bölüm 6'da açıklanmıştır.

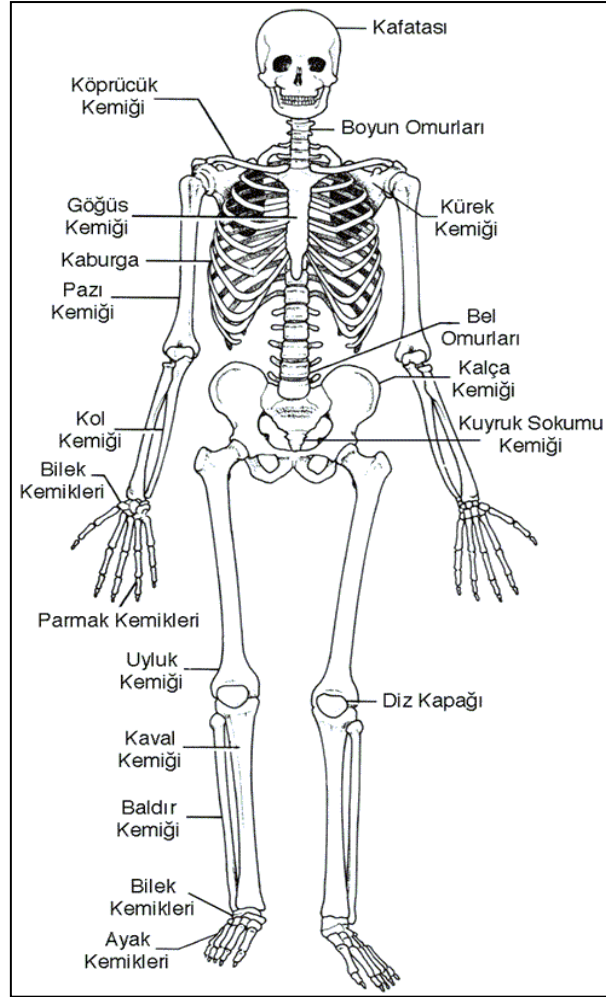
## **BÖLÜM 2. KEMİKLER**

Organik ve inorganik maddelerden oluşan ve oldukça hafif olmasına karşın son derece dayanıklı bir kompozit malzeme olan kemik, insan vücudunun temel yapı taşlarından birisidir. Kemikler organizmayı dış etkilere karşı korurken aynı zamanda kaslar yardımıyla vücut hareketlerini sağlamaktadırlar [11]. Ayrıca kemikler kan hücrelerinin oluşumu ve mineral depolama (kalsiyum ve fosfat) görevini de gerçekleştirirler [1].

Tezin bu bölümünde kemiklerin genel yapısı, sınıflandırılması, kemik kırıklarının çeşitleri ve kırıkları görüntüleme yöntemleri genel hatları ile açıklanmıştır.

### **2.1. Kemiklerin Genel Yapısı**

İskelet sisteminin temelini oluşturan kemikler, vücudun ayakta durmasını sağlamaktadır. Erişkin bir insan vücudunda 206 kemik bulunmakta ve bu kemikler vücut kitlesinin %20'sini oluşturmaktadır [1]. Şekil 2.1'de iskelet sistemini oluşturan kemiklerin isimleri ve vücutta buldukları yerler görülmektedir [12]. Şekilde de görüldüğü üzere insan vücudunda çok farklı kemik türleri bulunmaktadır. Bu sebeple bilgisayar destekli kırık kemik tespitinde genelde belli kırık türleri üzerine odaklanılmaktadır. Bu tez çalışmasında da kaval kemiği, baldır kemiği ve kol kemiklerini de içine alan uzun kemikler ele alınmıştır.



Şekil 2.1. İnsan iskelet yapısı [12]

Kemikler, yapısında bulunan kalsiyumdan ötürü sert bir yapıya sahiptir ve sanıldığı gibi cansız madde olmayıp yaşayan, dinamik bir dokudur. Kemik dokusu esas olarak matriks adı verilen temel maddeden oluşmaktadır [13]. Bu temel madde %35 organik ve %65 inorganik maddeleri içerir [11]. Organik maddeler kemiğin elastik bir yapıda olmasını, inorganik maddeler ise sert bir yapıda olmasını sağlamaktadır. Kemik dokusu kemik hücrelerini de içermektedir. Bu hücreler; osteoprogenitor hücreler (osteojenik hücre), osteoblastlar, osteositler ve osteoklastlar olarak adlandırılmaktadırlar.

Temel olarak osteoprogenitor (osteojenik hücre) ve osteoblast hücreler kemik yapımından sorumlu hücrelerdir. Osteosit hücreler ise osteoblast hücrelerden oluşmaktadırlar ve kemik dokunun devamını sağlamaktadırlar. Osteoklastlar hücreler ise kemik dokunun yıkımı sağlayan hücrelerdir [14].



## 2.2. Kemiklerin Sınıflandırılması

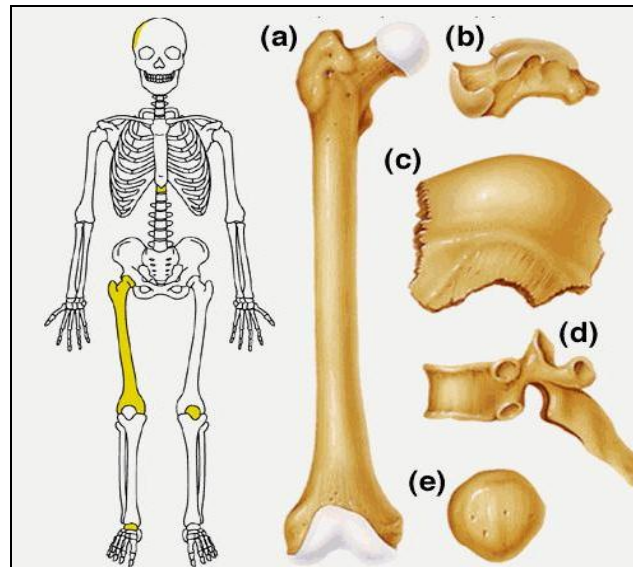
Kemikler genel olarak şekillerine, makroskopik yapısına, mikroskopik yapısına ve histogenezine göre 4 sınıfa ayrılmaktadırlar [15].

### 2.2.1. Şekillerine göre kemiklerin sınıflandırılması

Kemikler şekillerine göre sınıflandırıldığında 5 gruba ayrılırlar [14,16]:

1. Uzun kemikler – humerus (kol kemiği), femur (uyluk kemiği)
2. Kısa kemikler – phalanxlar (parmak kemiği)
3. Yassı kemikler – scapula (kürek kemiği)
4. Düzensiz kemikler – vertebra (omur kemiği)
5. Sesamoid kemikler – patella (diz kapağı kemiği)

Şekil 2.2’de şekillerine göre sınıflandırılmış kemikler ve iskelet sisteminde buldukları yerler görülmektedir [17].

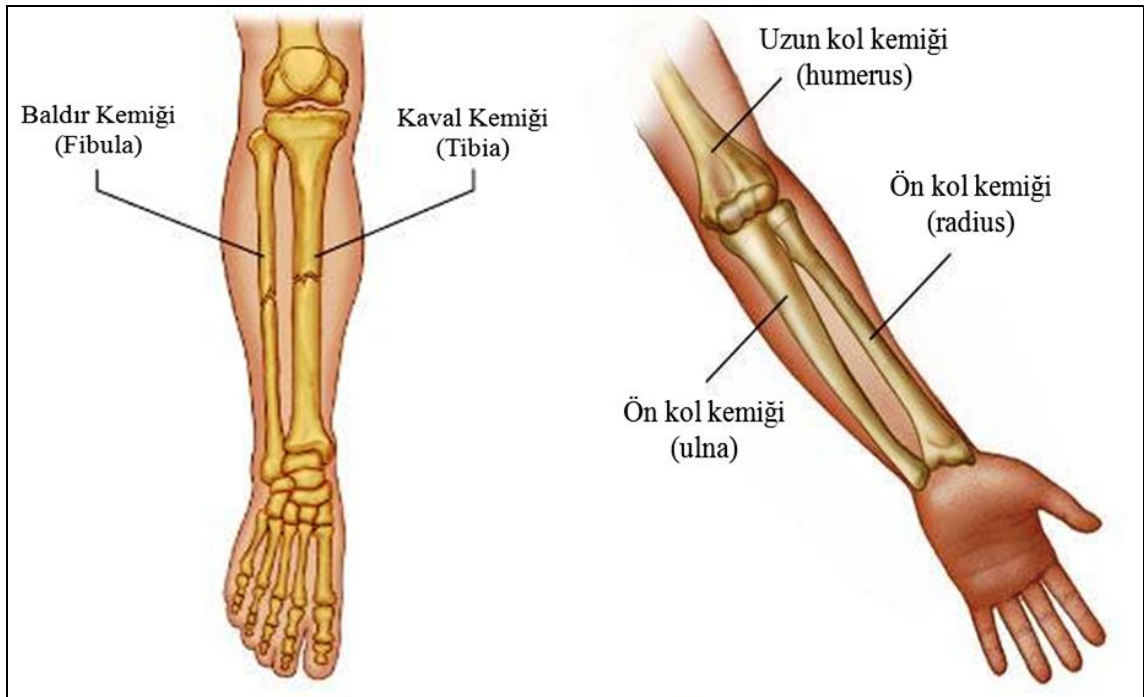


Şekil 2.2. Şekillerine göre sınıflandırılmış kemikler [17]

a) Uzun kemikler b) Kısa kemikler c) Yassı kemikler d) Düzensiz kemikler e) Sesamoid kemikler

Şekil 2.2.'de görüldüğü üzere tez çalışmasının konusunu oluşturan uzun kemikler, kol ve bacak kemiklerini içermektedir ve şekil olarak doğrusal bir yapıya sahiptirler. Boyu eninden büyük olan kemikler uzun kemik sınıfına girmektedir. Uzun kemikler diafiz, epifiz ve metafiz bölümlerini içermektedir. Diafiz, uzun kemiğin orta kısmına verilen addır. Yani uzun kemiklerin sert ve ana kısmı diafiz bölümüdür. Uç kısımları ise epifiz olarak adlandırılmaktadır ve epifizler hyalin kıkırdakla kaplı eklem uçlarıdır. Epifizler süngerimsi kemik yapısına sahiptirler ve ince kompakt bir kemik tabakası ile kaplıdır. Metafiz bölümü ise büyümekte olan kemiklerde diafiz ile epifiz arasında kalan bölümdür [14,15].

Tezin uygulama bölümünde uzun kemiklerden fibula, tibia, ulna ve radius kemikleri eğitim ve test amaçlı kullanılmıştır. Radius ve ulna kol kemikleri, fibula ve tibia ise baldır ve kaval kemiği olarak isimlendirilmektedir. Şekil 2.3'te uzun kemiklere ait örnek resimler görülmektedir [18,19].



Şekil 2.3. Uzun kemiklere ait örnekler [18,19]

Omurga kemikleri, el, ayak bilekleri ve parmak kemikleri kısa kemiklerdir. Genel olarak eni, boyu ve kalınlıkları birbirine eşit olan kemikler kısa kemik olarak adlandırılmaktadır.

Vücudumuzda bulunan kafatası kemiği, şakak kemiği, kürek kemiği, kalça kemiği ve kaburga kemikleri yassı kemiklere örnektirler. İnce ve yassı bir yapıya sahip olan yassı kemiklerin kalınlıkları, boyundan ve eninden daha azdır.

Belirli bir geometrik şekle benzemeyen kemikler düzensiz kemikler olarak adlandırılmıştır. Omur kemikleri düzensiz kemikler grubunda yer almaktadır.

Sesamoid kemikler ise kemiklerle kasların tutunma bölgelerinin yakınında ya da bunların tutunmasına yardımcı olan tendon içerisinde bulunurlar. Sesamoid kemiklere en güzel örnek diz kapağıdır [20].

Şekillerine göre sınıflandırma türleri içerisinde uzun kemikler en çok kırıkların görüldüğü kemik türleridir.

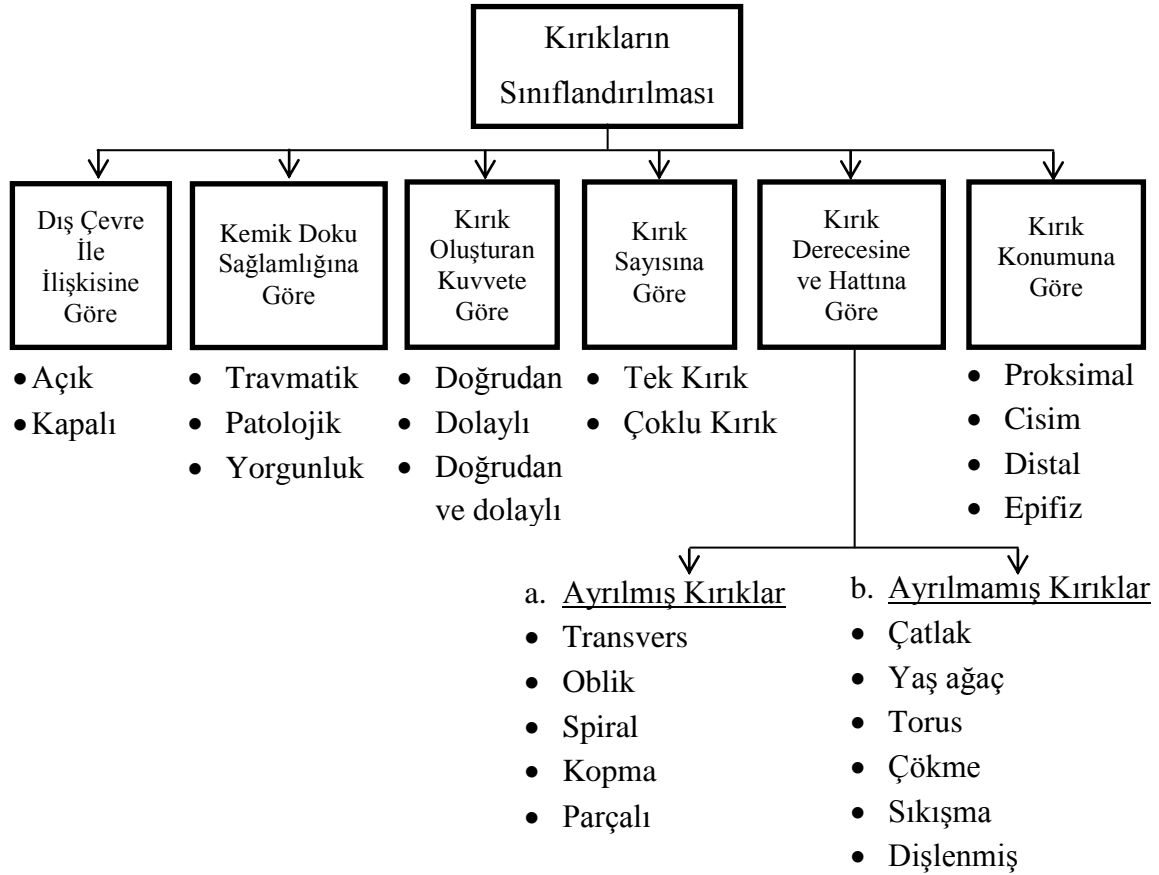
### **2.3. Kemik Kırıkları**

Dıştan veya içten etki eden kuvvetlerle kemik üzerinde oluşan kısmi ya da bütünsel ayrılmalara ve bozulmalara kemik kırığı adı verilir. Kırıklar, üzerine etki eden kuvvetin derecesine bağlı olarak ufak bir çatlak ya da birden fazla kemiğin bütünsel kırılması şeklinde gözlenebilmektedir. Kemik kırıkları yeni doğan dönemde doğum travmaları, çocukluk ve gençlik döneminde düşme, spor kazaları gibi nedenlerden, ilerleyen yaşlarda ise iş ve trafik kazaları gibi etkenlerden meydana gelebilmektedir. Yaşlılık döneminde ise osteoporoz adı verilen kemik rahatsızlığından kaynaklanan kırıklar sıkça görülmektedir. En sık karşılaşılan kırık türleri uzun kemikler sınıfında yer alan kol ve bacak kırıklarıdır [21]. Bu kırıklarda kemiğin doğrusal yapısında bozulma meydana gelmektedir.

#### **2.3.1. Kırık tipleri ve sınıflandırılması**

Kemik kırıkları vücudun değişik bölgelerinde meydana gelebilmektedir. Literatürde, kemiklerin çatlamasından parçalı kırıklara kadar birçok kırık türüne rastlanılmaktadır. Kırıklar sınıflandırılırken kırığın derecesi, etki eden kuvvet, kemik

doku sağlamlığı gibi faktörler göz önüne alınmaktadır [22]. Şekil 2.4'te kırıkların dış çevre ile ilişkisi, kırık derecesi ve hattı gibi faktörler esas alınarak sınıflandırılması görülmektedir.

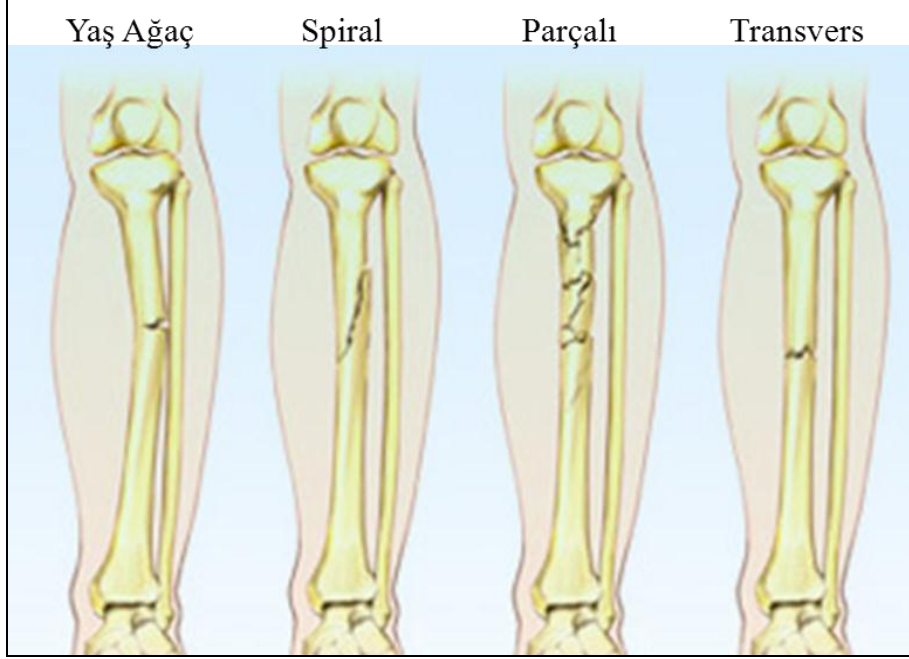


Şekil 2.4. Kırıkların sınıflandırılması

Bu tez çalışmasında uzun kemikler ele alındığından sadece uzun kemiklerde karşılaşılan kırık türleri detaylandırılmıştır. Tezde, uzun kemiklerde karşılaşılan kırık derecesine ve kırık hattına göre ayrılmış ve ayrılmamış kırıklar olarak sınıflandırılan kırıkların bazıları açıklanmıştır.

Transvers kırıklar, saf tensil (gerilme) veya bükülme kuvvetlerinden kaynaklanmaktadır. Bu kırıklarda parçalanma yoktur ve oluşan kırık çizgisi kemiğin uzun eksenine dik şekildedir. Benzer şekilde oblik kırıklarda ise kırık çizgisi kemiğin uzun eksenine göre eğik şekildedir. Spiral kırıklarda ise kemik üzerinde iki farklı kırık çizgisi mevcuttur ve kemik üzerinde helezoni şeklinde görülür. Parçalı kırıklarda

ise kırılan kemik iki veya daha fazla parçaya ayrılmaktadır. Torus ve yaş ağaç kırıkları ise genellikle çocuklarda ön kol ve bileklerde görülmekte ve bu tip kırıklarda kemiğin bir tarafı kırılırken diğer tarafı ise eğilmektedir [23,24]. Şekil 2.5’de bu kırıklara ait resimler görülmektedir [25].



Şekil 2.5. Sık karşılaşılan uzun kemik kırıkları [25]

#### 2.4. Kemik Kırıklarının Görüntüleme Yöntemleri

Teknolojinin hızla gelişmesine paralel olarak görüntüleme cihazları da oldukça gelişmiştir. Özellikle tıpta tanı ve teşhis amaçlı olarak kullanılan medikal görüntüleme cihazları ortopedi alanında da yerini almıştır. Günümüzde, kemik kırıklarının tespiti medikal görüntüleme cihazları yardımıyla yapılmaktadır. Sıkça kullanılan görüntüleme teknikleri ise şöyledir:

1. Röntgen (x-ışını),
2. Bilgisayarlı tomografi (CT),
3. Manyetik rezonans görüntüleme (MRG),
4. Ultrasonografi (US).

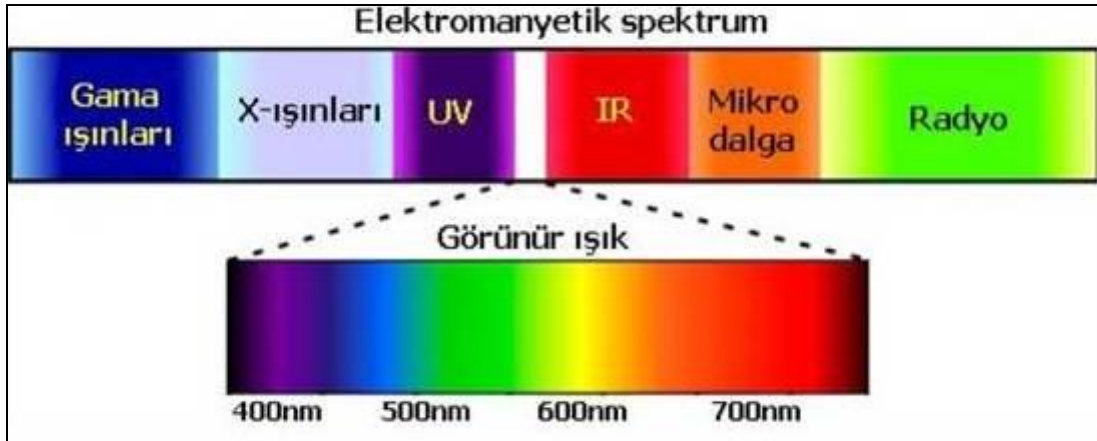
### 2.4.1. Röntgen (X-Işını)

Günümüzde kullanılan medikal görüntü tekniklerinin temelini oluşturan x-ışınları 1895 yılında Alman Fizik profesörü Wilhelm Conrad Roentgen tarafından keşfedilmiştir. İlerleyen yıllarda x-ışınlarına röntgen adı verilmiştir [26, 27]. Şekil 2.6'da Roentgen tarafından çekilen ilk x-ışını resmi görülmektedir [28].



Şekil 2.6. İlk röntgen resmi [28]

X-ışınlarının üretimi röntgen tüpü yardımıyla gerçekleşmektedir. Yüksek gerilim, tüp içerisindeki katot ile karşısına yerleştirilmiş anot arasına uygulandığında elektronlar hızla anoda çarparlar ve bu elektronlarda yüksek bir enerji oluşur. Uygulanan gerilim ne kadar yüksek olursa oluşan x-ışının dalga boyu o kadar kısa, enerjisi de o kadar yüksek olur [29]. X-ışınlarının dalga boyları  $10^{-9}$  ile  $10^{-11}$  cm aralığında değişmektedir. Şekil 2.7'de görüldüğü gibi x-ışınları elektromanyetik spektrumda gama ışınları ile mor ötesi ışınları (UV) arasında yer almaktadır [30].



Şekil 2.7. Elektromanyetik spektrum [30]

X-ışınları vücutta incelenecek olan bölgeye uygulanarak görüntüleme işlemi başlatılır. Vücut bölgesindeki organların yapılarının birbirinden farklı olmasından dolayı x-ışınları bu organlarda farklı oranlarda düşer. İncelenen bölgenin iki boyutlu görüntüsü röntgen filmi (röntgenogram) üzerine düşen farklı miktarlardaki ışın yardımıyla oluşmaktadır. Oluşan görüntü siyah ile beyaz arasında değişen gri tonlardan oluşmaktadır [31].

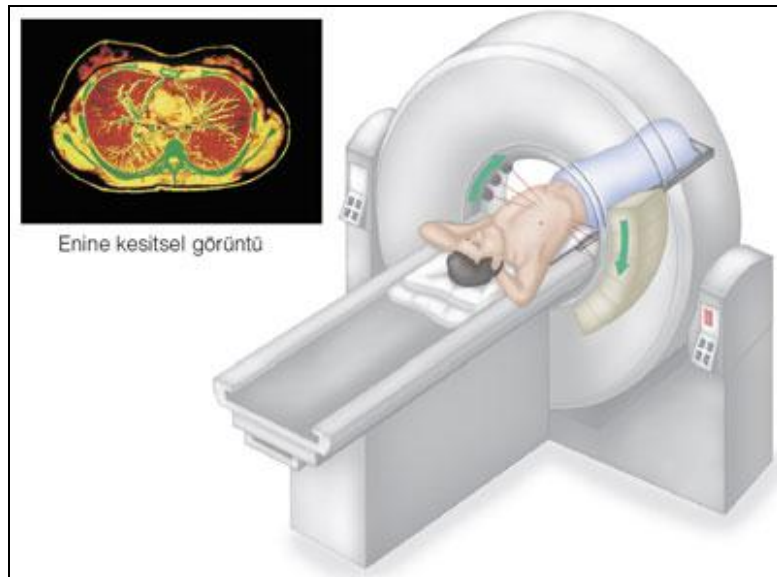
Tezde x-ışını resimler bilgisayar yardımıyla işlenip üzerinde gerekli işlemler yapıldıktan sonra kırık tespit işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.8’de x-ışını kırık kemik resmine bir örnek görülmektedir.



Şekil 2.8. X-ışını kırık kemik resmi

### 2.4.2. Bilgisayarlı tomografi (BT)

X-ışını kullanılarak yapılan kesitsel bir görüntüleme yöntemidir. 1970'li yıllarda kullanılmaya başlanan BT, bilgisayar aracılığı ile görüntülerin elde edildiği ilk medikal görüntüleme yöntemidir [32]. Röntgen cihazlarına göre daha gelişmiştir ve görüntüleri röntgene göre daha ayrıntılıdır. BT aygıtları, x-ışını kaynağı ve dedektörlerin bulunduğu tarayıcı ünitesi, bilgilerin toplandığı ve işlendiği bilgisayar ünitesi ve görüntülerin kaydedildiği görüntüleme ünitesi olmak üzere 3 bölümden oluşmaktadır. Tarama ünitesi x-ışını tüpü ve dedektörlerin bulunduğu gantri ve hasta masasını içeren gantri açıklığından oluşmaktadır. Gantri açıklığına hasta masası yardımıyla hasta sokulur ve kesit alma işlemi sırasında tüp hastanın etrafında döner. Tüp kesit alma sırasında hastanın çevresinde döner. Hasta masası alınan kesitlere göre her kesitten sonra hareket eder. Kesit alma işleminde hastayı geçerek dedektörler üzerine düşen X-ışınlarının ölçülür ve sayısallaştırılır. Elde edilen sayısallaştırılmış veriler bilgisayarda işlenir ve değerlendirilir. Burada kullanılan bilgisayarların donanımı çok iyi olmalıdır. En son ünite olan görüntüleme ünitesi ise monitör ve kayıt sisteminden oluşmaktadır. Sayısal değerlerden oluşan görüntüler bu üniteye işlenir ve kaydedilir [29,33]. Şekil 2.9'da bilgisayarlı tomografi ile görüntüleme ve buna ait bir görüntü görülmektedir [34].

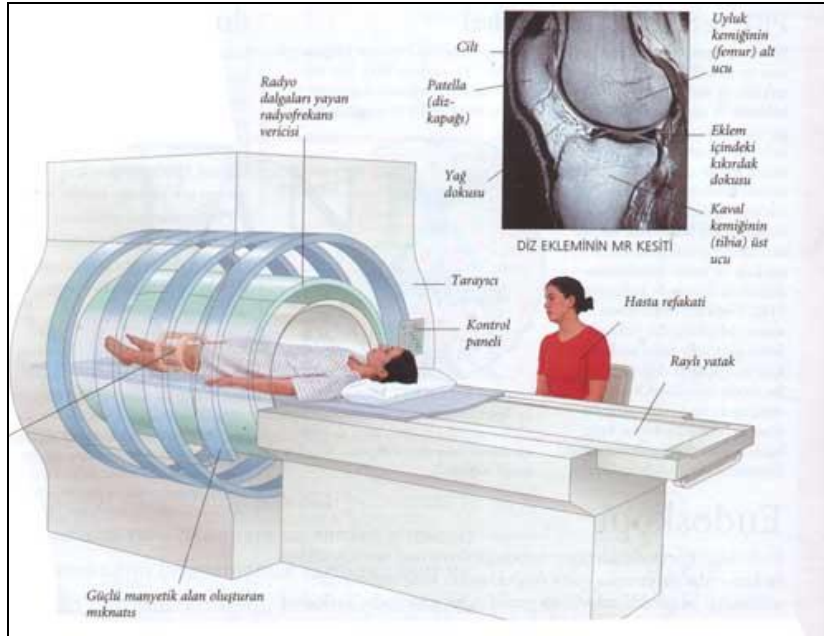


Şekil 2.9. Bilgisayarlı Tomografi [34]



### 2.4.3. Manyetik rezonans görüntüleme (MRG)

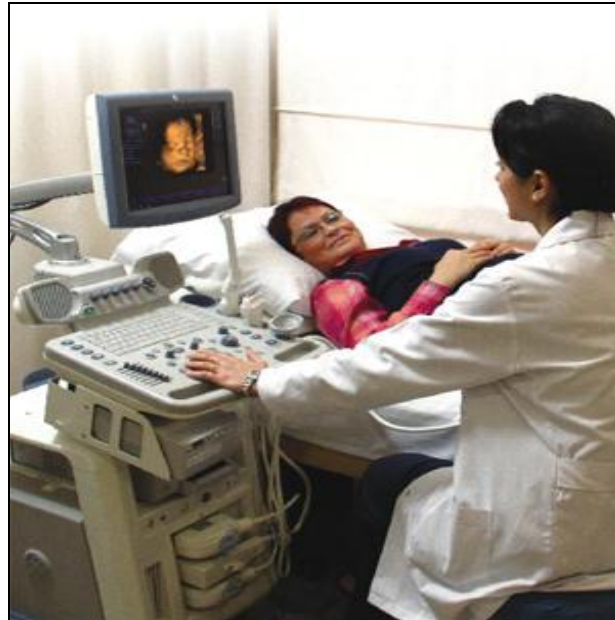
1973 yılında ilk kez insan vücuduna Paul Lauterbur tarafından uygulanan MRG, insan vücudunun yüksek çözünürlükte görüntülenmesine imkan vermektedir [35]. MRG’de de, BT’de kullanılan kesit görüntüleme yöntemi kullanılmaktadır [29]. MRG, vücudumuzun büyük bir bölümünün yapısında bulunan hidrojen atomlarının titreştirilmesi sonucu oluşan sinyallerin görüntüye dönüştürülmesi ile elde edilmektedir. Hidrojen atomları güçlü bir manyetik alan içerisinde radyofrekans (RF) dalgası yardımıyla uyarılarak rezonansa uğrattılır. Bunun sonucunda oluşan sinyaller görüntüye dönüştürülür. MRG’nin tercih edilmesinin birçok nedeni bulunmaktadır. Başlıca nedeni, insan vücudunun büyük bölümünde bulunan yumuşak dokuların yüksek çözünürlükte ayrıştırılmasına ve görüntülenmesine imkan sağlamaktadır. Ayrıca hastanın pozisyonunu değiştirmeden değişik düzlemlerden görüntüler alınabilmektedir. [35]. MR çekimleri genel olarak beyin, omurilik, kalp ve damar rahatsızlıkları, diz, omuz, el-ayak bilekleri yaralanmalarının teşhisinde kullanılmaktadır [35,29]. Şekil 2.10’da diz ekleminden alınmış bir MR görüntüsüne örnek görülmektedir [36].



Şekil 2.10. Manyetik rezonans görüntüleme [36]

#### 2.4.4. Ultrasonografi (US)

Tıpta teşhis amacıyla kullanılan ultrasonografi görüntüleme teknikleri arasından en çok bilinenlerden bir tanesidir. US ile görüntülemede insan kulağının duyamayacağı frekansta ses dalgalarından yararlanılmaktadır. İnsan kulağının duyabildiği ses frekans aralığı 20 Hz ile 20 KHz'dir. Bu frekans aralığının üstünde insanın işitemediği akustik dalgalara ultrasonik dalgalar denilmektedir. Tıpta kullanılan ultrason dalgalarının frekans aralığı 2 - 10 MHz 'dir [37]. Ultrason cihazında ses dalgaları vücuda gönderilir ve değişik yoğunlukta olan dokular içerisinde ilerlemesi ve yansması mantığına göre çalışmaktadır. Temel olarak darbe-yansıma prensibine dayanır. Ultrason cihazında bulunan algılayıcı/çevirici tarafından oluşturulan ses dalgaları, istenilen dokuyla temas ettirilir, burada bir darbe işlemi gerçekleştirilmiş olur. Dokuya ulaşan ses dalgaları hedeften yansır, gelen ekolar tekrar algılayıcı/çeviriciye ulaşır. Gelen ekolar sonucu oluşan titreşimler elektrik darbelerine dönüşmektedir ve bu darbeler işlenerek görüntü oluşturulmaktadır [29,37]. Şekil 2.11'de ultrasonun hamilelik döneminde cinsiyet tespitinde kullanıma ait bir resim görülmektedir [38].



Şekil 2.11. Ultrason ile görüntüleme [38]

## **BÖLÜM 3. KIRIK KEMİK TESPİT SİSTEMİ İÇİN POPÜLER BÖLÜTLEME ALGORİTMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

### **3.1. Giriş**

Kırık kemik tespiti gerçekleştirilirken kemik rengi ile doku renginin birbirinden başarılı bir şekilde ayrılması oldukça önemlidir. Ancak x-ışını resimlerde kemik ile doku renk tonları birbirine oldukça yakındır. Kemik yüzeyinde ve kenarında oluşan kırıkların tespiti açısından kemik bölgesinin en iyi şekilde dokudan ayrılması gerekmektedir. Kullanılacak olan bölütleme tekniğinin başarımı kemik kırığının doğru tespit edilmesini kolaylaştıracaktır. Literatürde birçok bölütleme tekniği bulunmaktadır [39]. Bu tez çalışmasında, K-ortalama (K-means), Bulanık C-ortalama (FCM) ve OTSU metotları incelenerek uzun kemikler için en başarılı bölütlemeyi gerçekleştiren algoritma tespit edilmiş ve tez çalışmasında kullanılması öngörülmüştür.

### **3.2. K - ortalama**

K-ortalama algoritması bölütleme teknikleri arasında başarımı yüksek olan bir algoritmadır ve verilerin benzer özelliklerini esas alarak  $k$  adet kümeye ayırma esasına dayanır [39]. Benzer özelliklere sahip veriler merkezi bir noktaya göre kümelenmektedir. Kümeleme işlemi sonucunda kümeler arasındaki benzerlikler düşük olmalıdır. Ancak herhangi bir küme içerisinde bulunan veriler arasındaki benzerlikler yüksek olmalıdır [40].

K-ortalama algoritmasının işlem basamakları ise şöyledir:

1. Kullanıcı tarafından başlangıç küme adeti belirlenir,
2. Kümeler arası tüm uzaklıklar ve uzaklık matrisi hesaplanır,

3. Bulunan uzaklık matrisinden yararlanılarak her nokta kendine yakın olan kümeye atanır,
4. Yenilenen küme içerisinde merkezler tekrar belirlenir,
5. Kümeler arası benzerlikler düşük, küme içi benzerlikler yüksek ise ve algoritmanın istenilen sayıda çalıştırılması gerçekleştirilmişse algoritma sonlandırılır, bu şartlar sağlanmamışsa tekrar 2. adıma dönülür ve algoritma tekrarlanır.

Karesel hata kriteri (SSE) K-ortalama algoritmasının başarımını değerlendirmede kullanılmaktadır [41]. Denklem 1'de karesel hata kriterinin hesaplanmasında kullanılacak formül görülmektedir. Formülde verilen  $C_i$  kümeyi temsil etmektedir.  $m_i$  indisi küme merkezini,  $x$  ise kümedeki herhangi bir elemanı göstermektedir.

$$SSE = \sum_{i=1}^K \sum_{x \in C_i} d(m_i, x)^2 \quad (1)$$

Şekil 3.1'de uzun kemik kırıklarına ait x-ışını resimlerin orijinal ve K-ortalama algoritmasına göre bölütlenmiş halleri görülmektedir.



Şekil 3.1. 2 farklı uzun kırık kemiğin K-ortalama algoritmasına göre bölütlenmesi

Şekil 3.2'de ise uzun kemiklere ait sağlam x-ışını resimlerin orijinal ve K-ortalama algoritmasına göre bölütlenmiş halleri görülmektedir.



Şekil 3.2. Uzun sağlam kemiğin K-ortalama algoritmasına göre bölütlenmesi

### 3.3. Bulanık C-Ortalama (FCM)

Bulanık C-ortalama algoritması 1981 yılında Bezdek tarafından geliştirilmiştir [42]. Bulanık C-ortalama algoritması literatürde Fuzzy C-means (FCM) algoritması olarak da adlandırılmaktadır. FCM, sınıflama ve kümeleme işlemlerinde en çok kullanılan algoritmalarından bir tanesidir. Bu algoritma yardımıyla görüntü iki veya daha fazla kümeye ayrılarak bölütleme gerçekleştirilmiş olur. Kümelere ait olma, verinin üyelik değerlerine göre belirlenmektedir. Her verinin kendine ait bir üyelik değeri vardır ve bu değerler 0 ile 1 arasında değişmektedir [43]. Bulanık C-ortalama algoritmasının çalışma mantığı ise şu şekildedir:

1. Öncelikle bir üyelik matrisi tanımlanır. Matriste yer alan her bir elemana ( $u_{ij}$ ) üyelik değerleri atanır. Bu değerler ilk aşamada rasgele atanmaktadır ve 0-1 arasındadır. Üyelik matrisi Denklem 2’de verilmiştir. Matriste yer alan  $p$  indisi küme sayısını ifade etmektedir ve bu değer kullanıcı tarafından belirlenir.

$$U = \begin{pmatrix} u_{11} & \cdots & u_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{p1} & \cdots & u_{pn} \end{pmatrix} \quad (2)$$

2. Üyelik matrisinin değerleri rasgele atandıktan sonra kümeler için merkez vektörleri hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalara ait denklemler, Denklem 3 ve 4'de görülmektedir. Formülde yer alan  $x_i$  d boyutlu verinin  $i$ . elemanını temsil ederken  $u_{ij}$  ise j kümesinde yer alan  $x_i$ 'nin üyelik derecesini göstermektedir.  $C_j$  ise kümenin d boyutlu merkezini ifade etmektedir [41,43].

$$J_m = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^C u_{ij}^m \|x_i - c_j\|^2, 1 \leq m < \infty \quad (3)$$

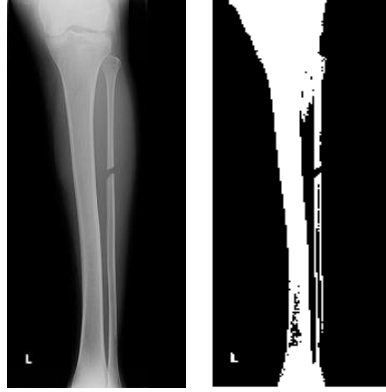
$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^N u_{ji}^m x_i}{\sum_{i=1}^N u_{ji}^m} \quad (4)$$

3. Formülde yer alan c indisi küme merkezlerini temsil eder, hesaplanan küme merkezi değerlerinden yararlanılarak üyelik değerleri ( $u_{ij}$ ) Denklem 5'de yer alan formüle göre hesaplanır. Hesaplanan yeni değerlere göre verinin hangi kümeye ait olduğu belirlenmiş olur [39].

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^C \left( \frac{\|x_i - c_i\|}{\|x_i - c_k\|} \right)^{2/(m-1)}} \quad (5)$$

FCM algoritmasına göre bölütleme gerçekleştirildiğinde her üye, bir kümeye ait olmaktadır. X-ışını resimdeki pikselleri esas alındığında piksellerin ait oldukları kümeye göre yeni değerleri belirlenmiş olur.

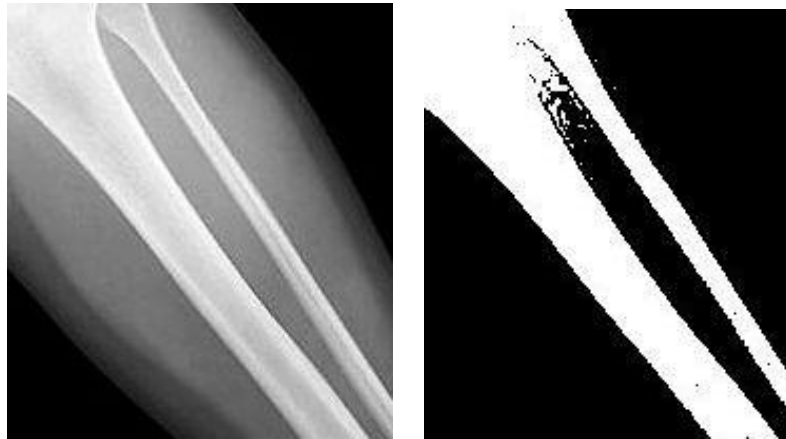
Şekil 3.3, 3.4 ve 3.5'de FCM algoritmasına göre bölütlenmiş 3 adet sağlam ve kırık x-ışını resimleri görülmektedir.



Şekil 3.3. Kırık uzun kemik görüntüsü ve FCM algoritması ile bölütlenmiş hali



Şekil 3.4. Kırık uzun kemik görüntüsü ve FCM algoritması ile bölütlenmiş hali

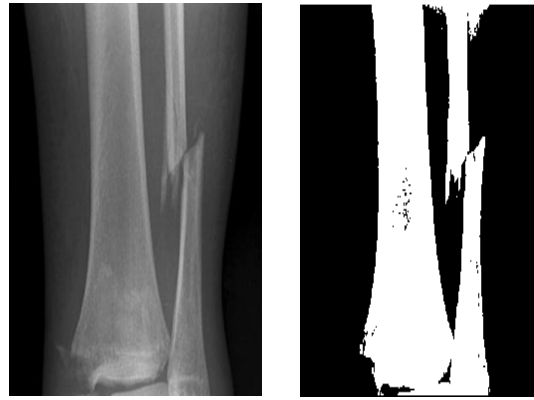


Şekil 3.5. Sağlam uzun kemik görüntüsü ve FCM algoritması ile bölütlenmiş hali

### 3.4. OTSU

Nobuyuki Otsu tarafından geliştirilen OTSU [44] algoritması görüntü bölütleme algoritmaları arasında sıkça kullanılan algoritmalarından bir tanesidir. OTSU, resimlerde bulunan piksel değerlerinin dağılımlarına göre kümeleme işlemini gerçekleştirir. OTSU algoritmasında gri tonlu bir resim siyah beyaza dönüştürülecekse piksel değerlerine göre bir eşik değeri belirlenir. Belirlenen bu eşik değerinin altındaki pikseller siyah, üstündeki pikseller ise beyaz yapılarak resim siyah beyaz resme dönüştürülmüş olur.

Şekil 3.6 ve 3.7’de OTSU algoritmasına göre bölütlenmiş 2 adet sağlam ve kırık kemik resimleri görülmektedir.



Şekil 3.6. Kırık uzun kemik görüntüsü ve OTSU algoritması ile bölütlenmiş hali



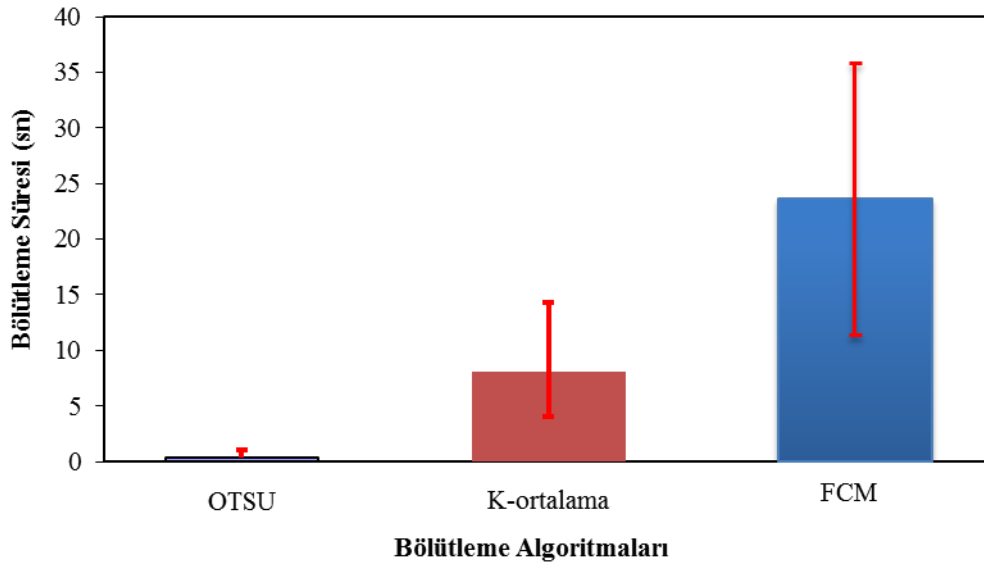
Şekil 3.7. Sağlam uzun kemik görüntüsü ve OTSU algoritması ile bölütlenmiş hali



### 3.5. Bölütleme Algoritmalarının Değerlendirilmesi

Seçilen 3 adet popüler bölütleme algoritmasının kırık kemik resimleri üzerindeki başarımlarını değerlendirmesini gerçekleştirmek için rasgele belirlenen 75 adet kırık ve sağlam kemik resmi kullanılmıştır. K-ortalama, Bulanık C ortalama ve OTSU algoritmalarının başarımlarını değerlendirmesi “Bölütleme Başarımların Yüzdesi” ve “Bölütleme Süresi” kriterleri esas alınarak Pentium Centrino Duo işlemci ve 1 GB RAM’e sahip bir bilgisayar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bölütleme başarımlarını, algoritmaların kemik ile doku rengini kırık bölgenin ayrıntılarını da kaybetmeden ne derece ayırt ettiğini ölçmek için kullanılırken bölütleme süresi seçilen algoritmaların kemik doku bölütlemesini ne kadar sürede gerçekleştirebildiğini ölçmek için kullanılmıştır.

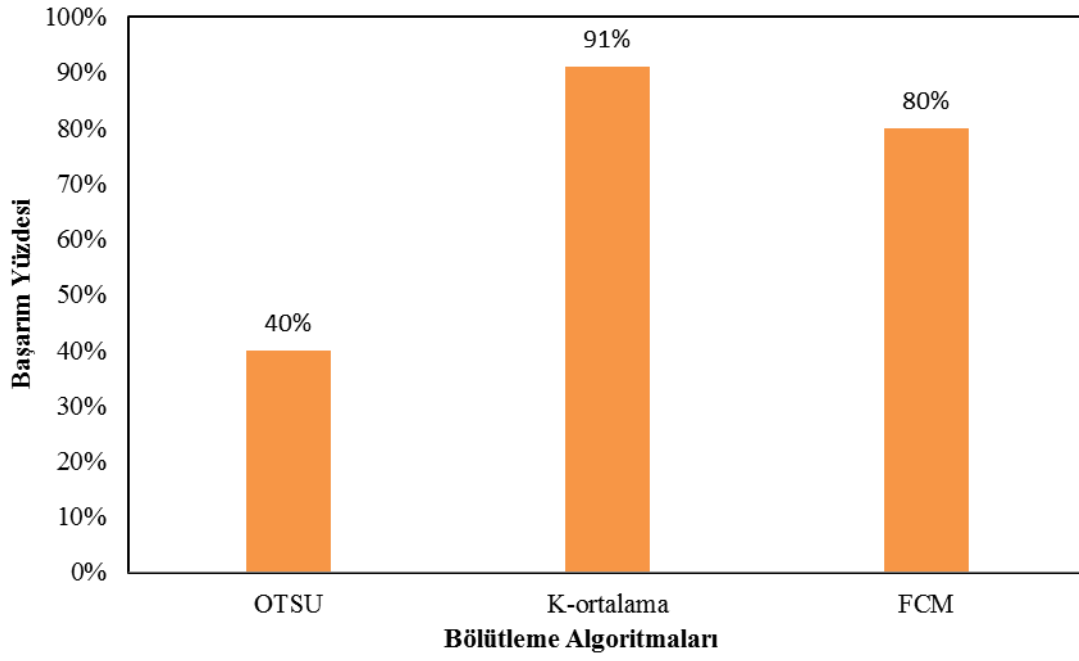
Şekil 3.8’de bölütleme algoritmalarının minimum, ortalama ve maksimum bölütleme süreleri görülmektedir. Tez çalışmasında seçilen üç algortmadan OTSU diğer algortmalara oranla daha hızlı bölütleme gerçekleştirebilmiştir. OTSU, ortalama 0,315 sn’de kemik – doku bölütlemesini gerçekleştirirken FCM algoritması en yüksek süreye sahip algoritma olarak görülmekte ve seçilen resimleri ortalama 23,624 sn’de bölütleyebilmektedir. Bu sürenin yüksek çıkmasının sebebi ise merkez vektörlerin ve üyelik değerlerinin hesaplaması gibi yüksek yoğunluklu işlemler içermesidir. K-ortalama algoritması, FCM’ye göre daha az işlem yüküne sahip olduğundan dolayı bölütleme süresi biraz daha düşüktür. K-ortalama kemik ile doku bölütlemesini ortalama 8,09 sn’de gerçekleştirebilmiştir.



Şekil 3.8. Bölütleme sürelerinin kıyaslanması

Şekil 3.9’da ise bölütleme algoritmalarının başarımları görülmektedir. Seçilen üç algoritma içerisinde bölütleme süresi olarak en hızlı algoritma olan OTSU 75 resmin 30 tanesinde kemik ile doku bölütlemesini başarı ile gerçekleştirebilmiştir. FCM algoritması ise 75 x-ışını resimden 60 tanesini başarılı bir şekilde bölütleyebilmiş yani %80’lik başarımları yüzdesi ile bölütleme gerçekleştirebilmiştir. K-ortalama algoritmasının bölütleme performansı ise diğer algoritmalara göre daha yüksektir ve seçilen resimleri %91’lik bir başarımları yüzdesi ile bölütleyebilmiştir.

Gerçekleştirilen deneysel sonuçlar ışığında önerilen YSA tabanlı kırık tespit sisteminde bölütleme algoritması olarak K-ortalama algoritmasının kullanılmasının daha elverişli olduğu gözlemlenmiştir. Bu sebeple x-ışını resimleri temel görüntü iyileştirme işlemlerinden geçirildikten sonra ve YSA aşamasına sunulmadan önce bölütlemek amacıyla K-ortalama algoritmasına verilmiş ve kemik ile doku ayrımı gerçekleştirilmiştir.

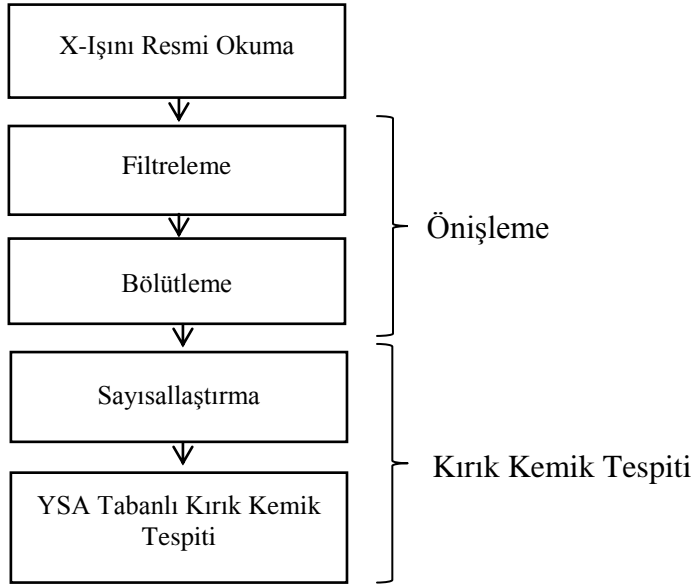


Şekil 3.9. Bölütleme algoritmalarının başarımlarının kıyaslanması

## BÖLÜM 4. YAPAY SİNİR AĞLARI (YSA) TABANLI KIRIK KEMİK TESPİTİ

### 4.1. Giriş

Tezin bu bölümünde, yapılan çalışmaya ait işlem basamaklarının ayrıntıları yer almaktadır. Yapılan çalışma, ön işleme basamakları ve kırık kemik tespiti olmak üzere 2 bölümden oluşmaktadır. Ön işleme basamağında görüntü işleme tekniklerinden yararlanılmıştır. Seçilen x-ışını resimler üzerinde filtreleme ve bölütleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bölütleme işleminden sonra kırık tespiti bölümünde yapay sinir ağlarından (YSA) yararlanılarak kırık kemik tespiti gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.1'de kırık kemik tespitinin işlem basamakları görülmektedir.



Şekil 4.1. İşlem basamakları

## 4.2. Önışleme

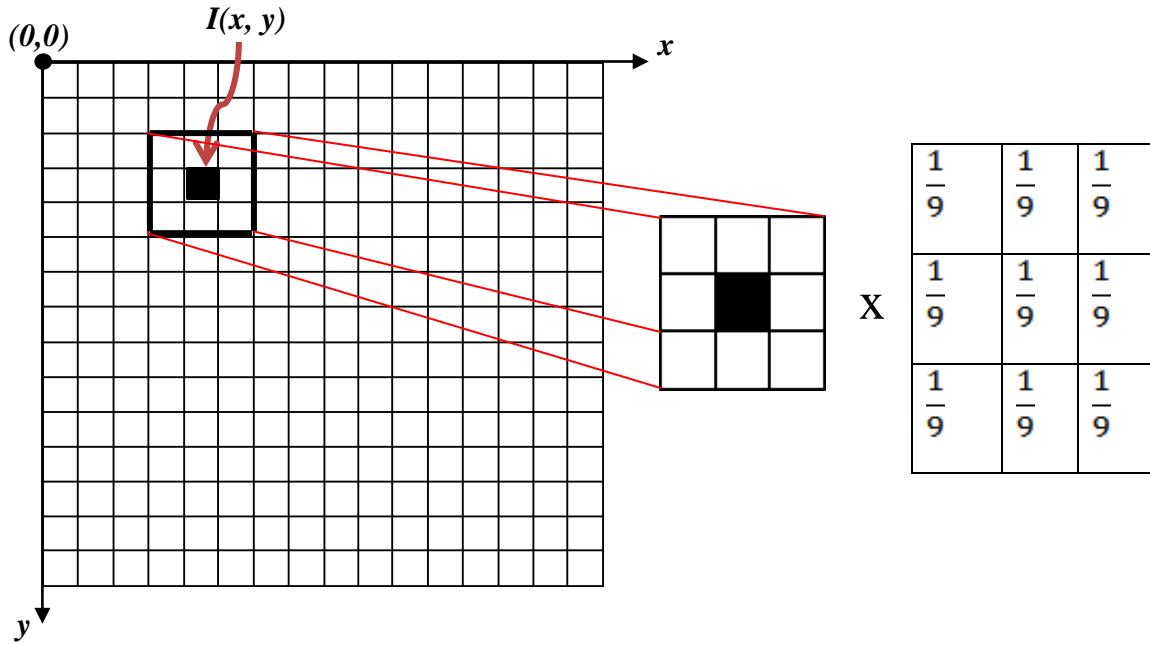
Gerçekleştirilen uygulamanın ilk basamağı önışlemedir ve önışleme aşamasında JPEG formatında seçilen x-ışını resimleri okunmaktadır. Daha sonra seçilen resimler üzerindeki gürültüleri yok etmek için filtreleme işlemleri gerçekleştirilmektedir. Filtreleme işleminden sonra ise, kemik ve doku rengini ayırt etmek için bölütleme işlemi yapılmaktadır. Bölütleme işlemi Bölüm 3’de ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

### 4.2.1. Filtreleme

Filtreleme işlemleri genelde görüntü üzerinde kenar keskinleştirmek, kenar belirlemek, görüntü yumuşatmak ve resim içerisindeki istenmeyen gürültüleri yok etmek amacıyla kullanılmaktadır. Filtreler, görüntü alınan cihazlardan veya ortamdan kaynaklanan pürüzlerin giderilmesi için tercih edilebilmektedir. Filtre işlemlerinde bir çekirdek matris kullanılır ve bu matris görüntü üzerinde gezdirilerek istenilen amaca yönelik işlemler gerçekleştirilir. Bu tez çalışmasında görüntü üzerindeki gürültüleri ve pürüzleri en aza indirmek için aritmetik ortalama filtresi kullanılmıştır. Aritmetik ortalama filtresinin matematiksel formülü Denklem 6’da verilmiştir.

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t) \quad (6)$$

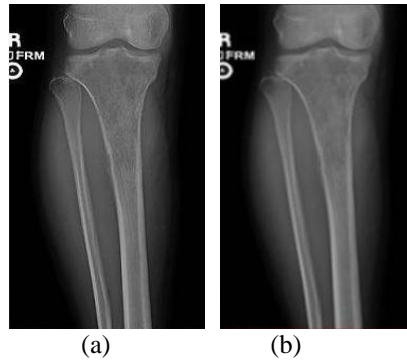
Yeni piksel değeri resim üzerinde gezdirilen  $m \times n$  çekirdek ile o piksel ve komşu değerlerinin ortalaması alınarak hesaplanmaktadır. Formül 6’da  $g(s, t)$  resim üzerinde filtre uygulanan pikseli göstermektedir. Şekil 4.2’de aritmetik ortalama filtrelemenin çalışma mantığı görülmektedir.



Şekil 4.2. Aritmetik ortalama filtreleme

$$\begin{aligned}
 \text{ortalama} = \frac{1}{9} \times [ & I(x-1, y-1) + I(x, y-1) + I(x+1, y-1) + I(x-1, y) \dots \\
 & + I(x, y) + I(x+1, y) + I(x-1, y+1) + I(x, y+1) \dots \\
 & + I(x+1, y+1)]
 \end{aligned}$$

3x3 çekirdek matris pikseller üzerinde gezdirilir. Piksel değerleri toplanıp 9 ile bölünerek o noktadaki pikselin yeni değeri hesaplanmış olur. Her piksel için hesaplamalar yapılarak filtreleme işlemi gerçekleştirilir. Şekil 4.3'de uzun kemik resminin orijinal ve filtrelenmiş hali görülmektedir.



Şekil 4.3. X-ışını orijinal kemik resmi ve filtrelenmiş hali

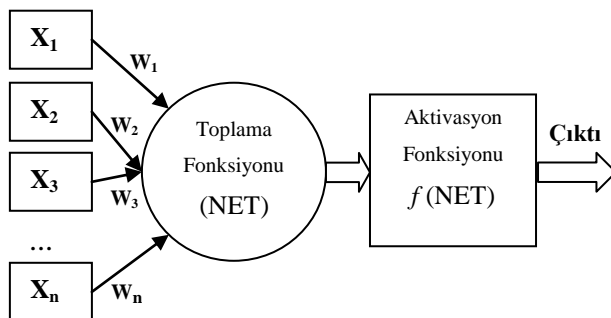
(a) Orijinal x-ışını görüntü (b) Filtrelenmiş görüntü

### 4.3. YSA Tabanlı Yeni Kırık Kemik Tespit Sistemi

Tez çalışmasında kırık kemiklerin tespitini bilgisayar destekli olarak gerçekleştirmek için YSA tabanlı tespit sistemi tasarlanmıştır. Tespit sisteminde YSA'nın kullanılmasının en büyük sebebi öğrenme kabiliyetlerinin çok iyi olması, son derece basit olması ve YSA ile ilgili çok fazla kaynak bulunmasıdır. Bir alt bölümde YSA ile ilgili temel bilgiler açıklandıktan sonra tasarım aşamaları detaylandırılacaktır.

#### 4.3.1. Yapay sinir ağları (YSA)

Matematiksel modeli çıkarılamayan karmaşık sistemler hakkında değerlendirmeler yapılması günümüz teknolojilerinde oldukça sık rastlanan konulardan birisi olmuştur. Karakter tanıma, sınıflandırma, tahmin etme gibi çalışmalar için birçok teknik geliştirilmiştir. Bu tekniklerden en çok tercih edilenlerden bir tanesi de yapay sinir ağları (YSA)'dır [45,46]. Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beyninin öğrenme modeline benzer yeni bir sistem oluşturmaya çalışmaktadır [47]. YSA yapısı oluşturulurken beynimizde bulunan biyolojik sinir hücreleri esas alınmıştır. İnsan beyninde olduğu gibi öğrenme ve öğrenilen bilgilere göre karar verme mekanizmaları YSA yapısında da bulunmaktadır [48,49]. YSA, birbirine hiyerarşik olarak bağlı, Şekil 4.4'de gösterilen yapay hücrelerden (nöron) meydana gelmektedir.



Şekil 4.4. Yapay sinir ağı hücresi (nöron) [49]

Şekildeki  $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$  bir YSA'nın giriş değerlerini  $W_1, W_2, W_3, \dots, W_n$  ise YSA'nın ağırlık değerlerini göstermektedir. Sinir hücresine gelen net bilginin

hesaplanması için Toplama Fonksiyonu (NET) kullanılmaktadır ve net değerini hesaplamak için kullanılan formül Denklem 7'de verilmiştir. Burada  $X_i$   $i$ . girişin değerini,  $W_i$  ise bu giriş değerine ait ağırlığı ve NET ise fonksiyonun toplam değerini gösterir.

$$NET = \sum_i^n X_i W_i \quad (7)$$

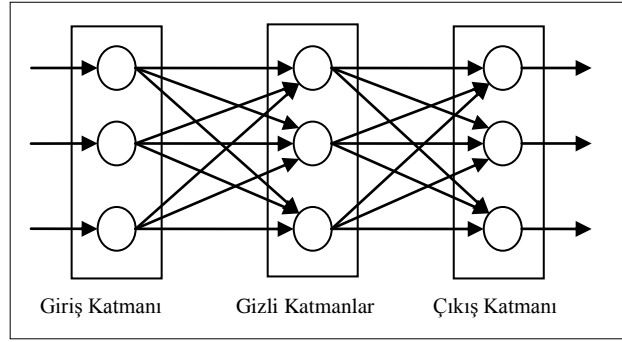
Toplam fonksiyonundan gelen net girdi değerleri Aktivasyon İşlevi Fonksiyonu  $f(NET)$  yardımıyla hesaplanarak üretilecek olan çıktı değeri belirlenir. Üretilen çıktı değeri ya başka hücreye ya da kendisine tekrar gönderilerek değerlendirme işlemi gerçekleştirilir [49].

Yapay sinir ağı hücresinde aktivasyon fonksiyonlarının hiperbolik tanjant fonksiyonu, doğrusal (lineer) fonksiyon, adım (step) fonksiyon ve sigmoid fonksiyonu gibi gösterimleri bulunmaktadır. Yapılan uygulamalarda yapay sinir ağı hücreleri çok katmanlı algılayıcı şeklinde tasarlandığı için genel olarak sigmoid fonksiyonu tercih edilmektedir [50].

YSA kendisi için giriş değerlerini ifade eden eğitim veri setini kullanarak çıkış değerleri üretmektedir. Bu işlem sırasında YSA varolan probleme ait örnekler yardımıyla eğitilir, bu ağın öğrenmesi anlamına gelmektedir. Artık eğitilmiş olan YSA varolan problem için çözüm ve çıktı değerlerini üretmeye hazırdır [51].

YSA biyolojik sinire benzer şekilde sinir hücrelerinin bir araya gelmesiyle oluşur. Biyolojik siniri esas alırken hücrelerin yapısı ve katmanları önemlidir. Genel olarak hücreler giriş katmanı, gizli katman ve çıkış katmanı olmak üzere 3 katman halinde bulunmaktadır. Bu katmanlar kendi içinde paralel halde ağı oluştururlar. Bu katmanlardan giriş katmanı giriş bilgilerini gizli katmana ulaştırılmaktadır. Gizli katman giriş katmanı ile çıkış katmanı arasında bulunan bir katmandır ve giriş katmanından gelen bilgilerin işlenerek çıkış katmanına gönderilmesinde görevlidir. Çıkış katmanında ise üretilen çıkışlar varolan probleme ait çözümü içermektedir [52]. Bu katmanları içeren genel ağ yapısı Şekil 4.5' te gösterilmiştir.





Şekil 4.5. YSA'nın genel ağ yapısı

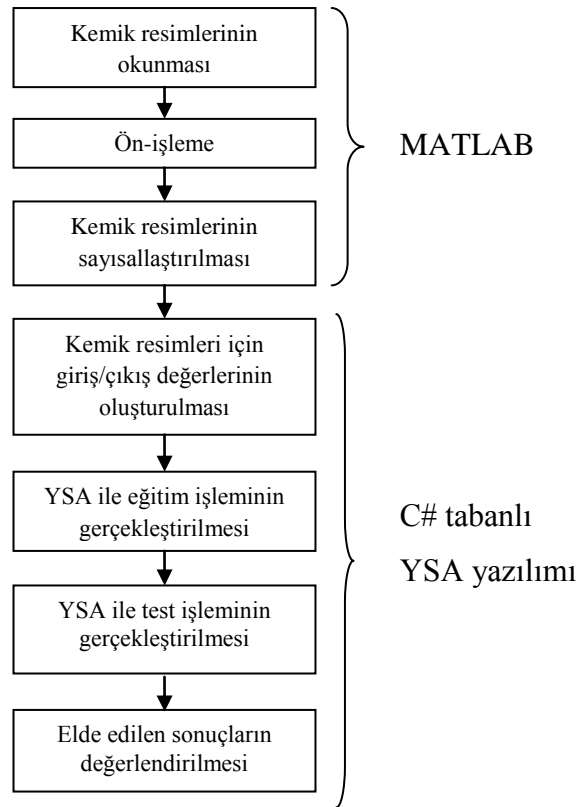
YSA'da ağı eğitilmesi ve ağı öğrenmesi işlemleri başarılı sonuçlar elde etmek için önemlidir. Ağı eğitilmesi, hücre elemanları için ağırlık değerlerinin belirlenmesi işlemidir. İlk anda bu değerler rasgele belirlenmektedir ve elde edilen çıktı değerlerine göre bu değerler güncellenerek gerçek değerlere ulaşılmaktadır. Bu değerlere ulaşıldıktan sonra ağı öğrenmesi gerçekleşmiştir. Ağı öğrenmesi işlemi sırasında veriler ağı sunulmakta ve ağırlık değerleri bu veriler yardımıyla güncellenmektedir. Perceptron ve Adaline, Çok Katmanlı Algılayıcı Modelleri (Hatayı geriye yayma modelleri-backpropagation), Hopfield Ağları gibi farklı öğrenme modelleri bulunmaktadır [53,54].

YSA finansal uygulamalar, robotik uygulamalar, tıp bilimleri, görüntü işleme gibi birçok kullanım alanına sahiptir. Bu çalışmalara örnek olarak parmak izi tanıma, borsa ve enflasyon tahmin işlemleri, tıpta teşhis uygulamaları, radar işaretlerinin sınıflandırılması örnek olarak verilebilir [55].

Kırık kemiklerin tespiti için geliştirilen sistemde kullanılan YSA çok katmanlı algılayıcı biçiminde tasarlanmış olup, tek gizli katmanlı, ileri beslemeli, hatayı geriye yayma modeline sahiptir ve sigmoid aktivasyon fonksiyonunu kullanmaktadır. YSA prosedürlerini basitleştirmek, kullanımı daha da kolay hale getirmek, tez için gerekli olmayan ayrıntı kısımlarını kaldırmak ve böylece YSA eğitme ve test aşamalarını daha da hızlandırmak için bu tez çalışmasında popüler mühendislik yazılımı olan MATLAB kullanmak yerine [49] numaralı çalışmadaki C# tabanlı YSA yazılımı kullanılmıştır.

### 4.3.2. Kırık kemik tespiti

C# tabanlı YSA yazılımı ve MATLAB aracılığıyla tümleşik olarak gerçekleştirilen kırık tespit sisteminin akışı Şekil 4.6'da görülmektedir. Öncelikle MATLAB aracılığıyla x-ışını resimleri okunmakta ön-işlemeden (gürültü giderme, bölütleme vs.) geçmekte sonra C# tabanlı YSA yazılımına sunulacak formata getirilmektedir.



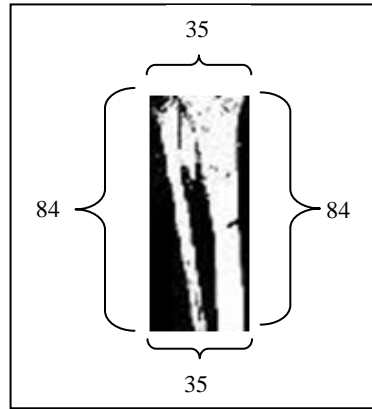
Şekil 4.6. YSA tabanlı kırık kemik tespit sisteminin ayrıntılı blok diyagramı

X-ışını resimleri YSA yazılımına sunulurken ilk önce giriş/çıkış değerleri ve parametreleri belirlenmelidir. Buna ait işlemler şekil 4.7'de görülmektedir.

Şekil 4.7. Sistemin giriş/çıkış parametrelerinin girilmesi

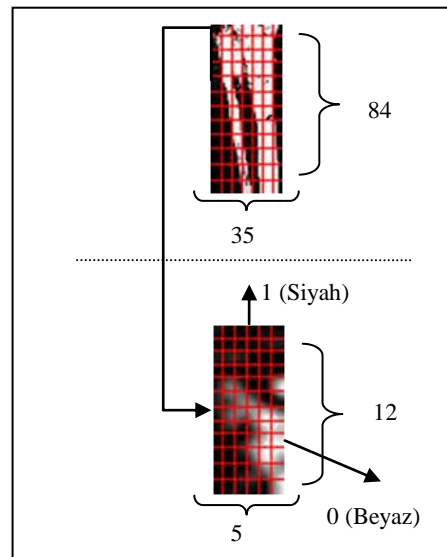
Şekil 4.7’de kullanılan arayüzün giriş/çıkış parametreleri görülmektedir. Bu kısımda giriş değerleri, çıkış değerleri ve nöron sayısı gibi değerler ayarlanmaktadır. Şekilde görülen “Girişleri Yönet” kısmında veriler excel dosyasından okunabilmektedir. Ayrıca okunan verilere ait satır ve sütun ayarlamaları yine bu kısımda gerçekleştirilir. Bununla birlikte okunan değerlerin normalizasyonu “normalize et” butonu yardımıyla gerçekleştirilebilir. Ayrıca ağıma ait parametre ayarları yine kullanıcı tarafından bu bölüm kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Giriş değerleri, çıkış değerleri ve nöron sayısı girilerek ağı parametre girişi tamamlanmış olur. Bu işlemlerden sonra yine şekilde görülen “Yönetim Ekranı” bölümünde ise istenilen hata miktarı, aktivasyon fonksiyonu, maksimum adım gibi değerler kullanıcı tarafından belirlenir ve bu değerler arayüz yardımıyla girilmektedir. Yapay sinir ağlarına ait öğrenme hızı ve bias değerleri bu bölüm kullanılarak ayarlanabilmektedir. Bu kısımda, girişten okunan verilerin ne kadarının eğitimde kullanılacağı da kullanıcının isteğine bağlı olarak değiştirilebilmektedir. Ayrıca ağımanın aktivasyon fonksiyonu da kullanıcı tarafından opsiyonel olarak ayarlanabilmektedir. Gerekli parametre ayarlamaları gerçekleştirildikten sonra YSA, “Ağı Eğit” butonu yardımıyla eğitilir. YSA eğitimi gerçekleştirilirken istenilen adımda YSA durdurulup o andaki ağırlık değerlerine göre test edilebilir. Bu işlem “Test Et” butonu yardımıyla gerçekleştirilmektedir.

YSA yazılımında giriş/çıkış parametrelerinin belirlenmesi aşamasından sonra gerçekleştirilen bir diğer aşama ise YSA girişlerinin ayarlanmasıdır. Ön işleme adımlarından bölütleme aşamasında x-ışını resimler Siyah=1 ve Beyaz=0 renk değerlerinden oluşacak şekilde ikili resme dönüştürülmüştür. Ancak ikili resme dönüştürülen bu resimlerinin boyutları yapay sinir ağı girişi için oldukça yüksektir. Bu sebeple x-ışını resimleri Şekil 4.8’de görüldüğü gibi 35x84 piksel boyutlarına küçültülmüş ve her bir resim 5x12’lik alt bölümlere ayrılmıştır. Bu sayede  $35 \times 84 = 2940$  adet pikseli YSA’ya giriş olarak vermek yerine 5x12 boyutlarına sahip toplam  $7 \times 7 = 49$  adet giriş değerini YSA’ya sunmak mümkün olmuştur.



Şekil 4.8. 35x84 boyutunda örnek kemik resmi

Şekil 4.9’da x-ışını resimlerinden YSA giriş değerlerinin oluşturulması görülmektedir.



Şekil 4.9. Kemik resimlerinden giriş değerlerinin oluşturulması

5x12 boyutlarındaki resim bölümlerinde bulunan piksellerin ortalama renk değeri ağa giriş değeri olarak verilmiştir. Bunun için ızgaralanmış resmin her bölümünde ortalama renk değeri Denklem 8 kullanılarak bulunmuştur.

$$Od = \frac{\sum_{i=1}^{60} R_i}{60} \quad (8)$$

Denklem 8'deki  $Od$ , ortalama renk değeri;  $R_i$  ise  $i$ . pikselin renk değeridir.

35x84 boyutlarındaki x-ışını kemik resimleri 5x12 boyutlarından oluşan bölümlere ayrıldıktan sonra YSA için 49 giriş değeri oluşmaktadır. Bunun içinde 5x12' lik bölümlerdeki renk ortalamaları alınarak oluşturulan 49 girişe karşılık çıkış değerlerini gösteren örnek veriler Tablo 4.1' de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. YSA'nın giriş ve çıkış verileri

GİRİŞLER											ÇIKIŞLAR	
G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	...	G47	G48	G49	Ç0	Ç1
1	0.4	0.2	1	0.8	0.9	0.4	...	0.9	0.8	0.3	1	0
1	0.6	0.6	1	1	1	0.6	...	1	1	0.4	0	1
0.1	1	1	0.1	1	1	1	...	1	1	0.1	1	0
0	0.2	0	0	0	0	0.2	...	0	0	0.35	0	1
1	0.1	0.1	1	0.8	0.6	0.1	...	0.6	0.8	0.3	1	0
1	0.5	0.1	1	1	1	0.5	...	1	1	0.4	0	1
0.1	0.2	0.3	0.1	1	1	0.2	...	1	1	0.1	1	0
0	0.2	0	0	0	0	0.2	...	0	0	0.2	1	0
1	1	0.2	1	0.8	0.6	1	...	0.6	0.8	0.7	1	0
0.1	0.8	1	0.1	1	0.9	0.8	...	0.9	1	0.1	0	1

Şekil 4.10'da ise tasarlanan arayüzün çıkış değerlerinin gözlemlendiği arayüz ekranı görülmektedir. Tablo 4.1'de yer alan giriş ve çıkış değerleri Excel veri dosyasından okunarak arayüz ekranına çağırılmıştır.

Bulunan Sonuçlar	Istenilen Sonuçlar	Hata Miktarları
Giriş Ağırlıkları	Çıkış Ağırlıkları	Ortalama Hata Miktarı
		Genel Hata Miktarı
		Ağırlıkları Kaydet
		Ağırlıkları Al

Şekil 4.10. Kemik resimlerinden alınan değerlerin arayüzde gösterimi

Şekil 4.10'da görülen arayüzde YSA'nın girişlerinden alınan kemiklere ait veriler eğitilerek ve test edilerek bunlara ait sonuçlara ulaşılmaktadır. YSA eğitim işlemi gerçekleştirildikten sonra test işlemi sırasında çıkışta bulunan sonuç ile istenilen sonuç karşılaştırılmaktadır. Ayrıca hata miktarına da arayüz ekranından ulaşılmaktadır. YSA'ya ait giriş ve çıkış ağırlık değerleri de bu arayüz yardımıyla görülebilmektedir. Ayrıca simülasyon sonucunda oluşan ortalama ve genel hata miktarları da kullanılan arayüz yardımıyla hesaplanabilmektedir. Kullanılan arayüzün diğer bir özelliği ise simülasyon sonucunda oluşan ağırlık değerlerinin kaydedilerek ilerleyen çalışmalarda tekrar kullanılabilmesidir. Bu sayede her defasında ağı eğitime işlemi zorunluluğu ortadan kalkmış olur.

Arayüz yardımıyla giriş parametreleri ayarlanıp eğitim ve test verileri Excel dosyasından okunduktan sonra istenilen maksimum epoch sayısı (adım sayısı) belirlenmektedir. Kemiklere ait sayısal veriler YSA yardımıyla eğitilmekte ve test

edilmektedir. Burada kullanılan eğitim ve test verileri tek bir dosyadan okunmakta ve bu verilerin sayısı kullanıcıya bağımlı olarak değiştirilebilmektedir. Yani 700 kırık ve sağlam x-ışını resimlerden ne kadarının eğitim ve test için kullanılacağı kullanıcının isteğine bağlı olarak arayüzden gerçekleştirilebilmektedir. Test işlemi sonucunda istenilen sonuç ve bulunan sonuçlar kıyaslanarak başarımlar yüzdeleri hesaplanmaktadır. Giriş ve çıkış değerlerinin yer aldığı bölümdeki herhangi bir verinin üzerine gelerek o değere ait bulunan sonuç ve istenilen sonuç değerleri kıyaslanabilmektedir. Her bir kemiğe ait veriler için bulunan hata miktarı da bu arayüz yardımıyla kolaylıkla görülebilmektedir.

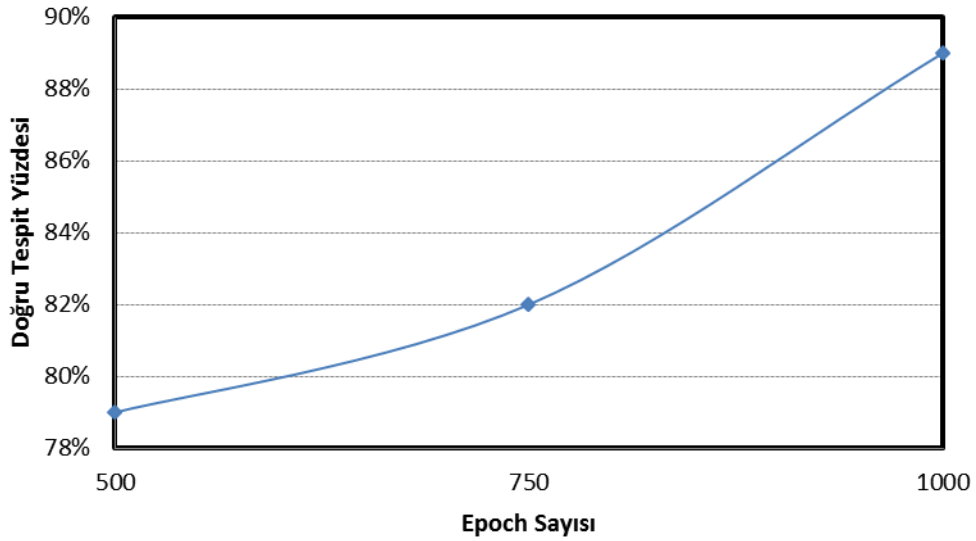
## **BÖLÜM 5. YSA TABANLI KIRIK TESPİT SİSTEMİNİN BAŞARIM DEĞERLENDİRMESİ**

YSA tabanlı kırık kemik tespit sisteminin başarımlarını analizini gerçekleştirmek için sağlam ve kırık uzun kemik resmi 700 adet x-ışını resmi seçilmiştir. Bu resimlerden 500 adedi eğitme için kalan 200 adet resim ise test etmek için kullanılmıştır. Eğitim resimlerinin 400 tanesi kırık kemik içermekte diğer 100 tanesi ise sağlam kemik resimleri içermektedir. Test amacıyla kullanılan 200 adet resmin ise 100 adeti kırık ve 100 adeti sağlam olarak seçilmiştir. Mevcut sağlam ve kırık resimler, eğitim ve test amaçlı olarak 35x84 boyutlarına getirilmiş ve sayısallaştırılmıştır. Resimleri küçültmedeki amaç ağımızın simülasyon hızını artırmaktır. Eğitim ve test amaçlı kullanılan resimler farklı özelliklere sahip uzun kemikleri içermektedir. Çalışmanın doğruluğu ve güvenilirliği açısından farklı açılardan çekilmiş ve farklı özelliklere sahip kemik kırıkları tercih edilerek başarımların değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Yapılan ön işleme basamakları Matlab programının görüntü işleme eklentisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Eğitim ve test işlemlerini de içeren YSA çalışmaları ise C# tabanlı bir arayüz yardımıyla yapılmıştır. Yapılan tüm işlemler Pentium Centrino Duo işlemci ve 1 GB RAM'i bulunan dizüstü bilgisayarda gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışmanın performans analizi gerçekleştirilirken “ Doğru Tespit Yüzdesi” ve “Yanlış Tespit Yüzdesi” kriterleri esas alınmıştır. Doğru tespit yüzdesi eğitilen YSA'nın kırık x-ışını resimleri ne kadar başarı ile tespit edebildiği, yanlış tespit yüzdesi ise sağlam x-ışını resimleri kırık bulma oranını ifade etmektedir. Bu kriterler 500, 750 ve 1000 epoch için hesaplanmış ve performans analizleri gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan arayüz yardımıyla 500 epoch için gerçekleştirilen analizde 100 kırık x-ışını resminden 79 resim doğru olarak tespit edilmiştir. 500 epoch için doğru tespit yüzdesi %79 bulunmuştur. Epoch sayısı artırıldığında sistem başarımının yükseldiği Şekil 5.1'de görülmektedir. Epoch sayısı 750'ye

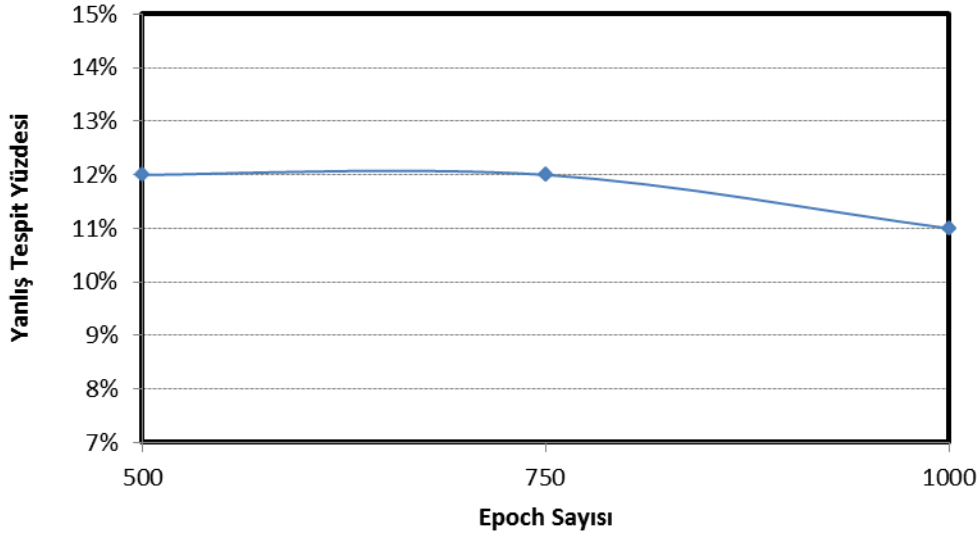


çıkarıldığında doğru tespit yüzdesi %82 olmaktadır. 1000 epoch için ise performans analizi gerçekleştirildiğinde en yüksek başarımla ulaşılmıştır. 1000 epoch sonucunda 100 resimden 89'u kırık olarak tespit edilebilmiştir ve doğru tespit yüzdesi %89 olmuştur.



Şekil 5.1. Doğru Tespit Yüzdesi

Şekil 5.2'de ise sistem başarımla değerlendirmesinde kullanılan diğerk bir kriter olan yanlış tespit yüzdesi görülmektedir. İlk olarak 500 epoch için yapılan testte 100 sağlam resimden 12 adet resim kırık olarak bulunmuştur ve sistemin yanlış tespit yüzdesi %12 olmuştur. 750 epoch için elde edilen sonuçlarda ise yine 12 resim kırık olarak tespit edilmiştir. 1000 epoch için yanlış tespit yüzdesi hesaplandığında ise %11'lik bir hata oranı bulunmuştur. Yani 100 sağlam x-ışını resminden sadece 11 tanesi kırık olarak tespit edilmiştir.



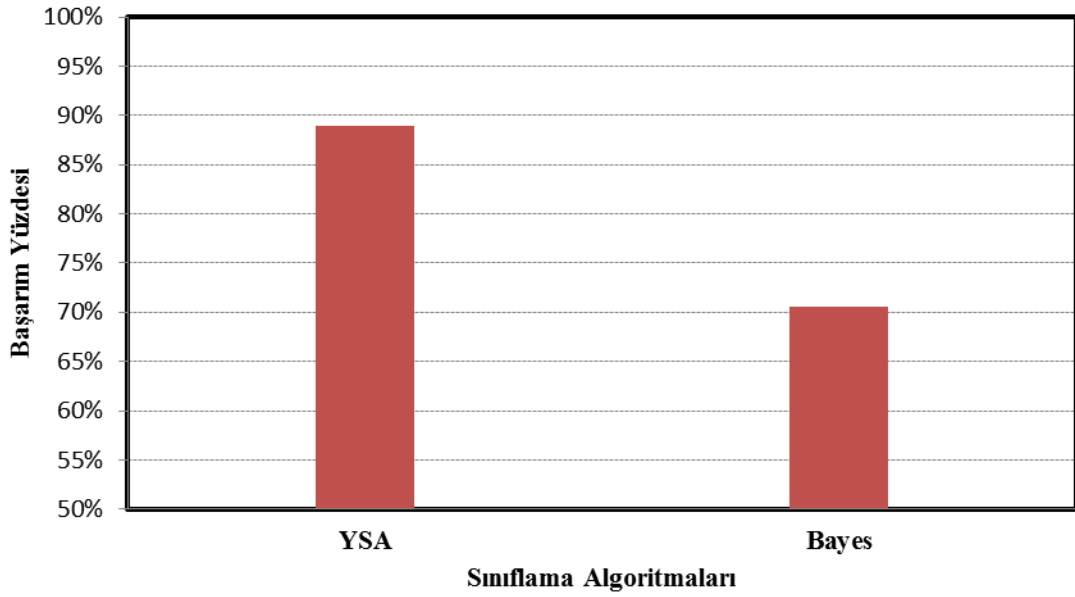
Şekil 5.2. Yanlış Tespit Yüzdesi

Başarım değerlendirilmesinde kullanılan her iki kriter sonucunda 1000 epoch için en iyi değerlere ulaşılmıştır. Doğru tespit yüzdesinde epoch sayısının artırılması başarımlarını önemli şekilde değiştirirken, yanlış tespit yüzdesinde ise değişim miktarı çok az olmaktadır. Deneysel sonuçlara göre elde edilen başarımların değerlendirme kriterleri Tablo 5.1’de ayrıntılı olarak görülmektedir.

Tablo 5.1. Epoch sayılarına göre başarımlar yüzdeleri

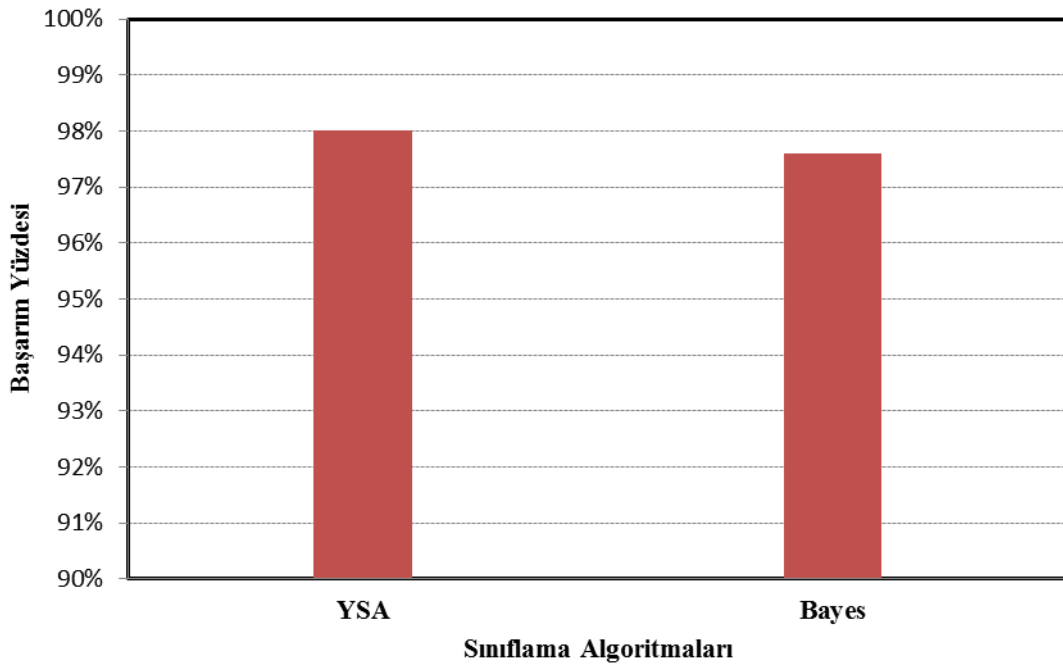
Epoch sayısı \ Başarım Yüzdesi	500	750	1000
Doğru Tespit Yüzdesi	%79	%82	%89
Yanlış Tespit Yüzdesi	%12	%12	%11

Bu tez çalışmasında önerilen YSA tabanlı kırık tespit sisteminin başarımlarını bir başka yöntemle kıyaslamak için Bayes yöntemi [56] kullanılmıştır. Her iki yöntemin başarımları 1000 epoch için değerlendirilmiştir. Şekil 5.3’de seçilen resimler için elde edilen başarımlar sunulmuştur.



Şekil 5.3. Test verilerinden yararlanarak önerilen YSA tabanlı sistemle Bayes yönteminin karşılaştırılması

Eğitim amacıyla kullanılan resimler üzerinde başarımlar değerlendirildiğinde ise önerilen YSA tabanlı tespit sistemi 500 adet resmin %98'ni başarıyla tespit ederken Bayes yöntemi %97.6 'sını başarı ile tespit edebilmektedir.



Şekil 5.4. Eğitim verilerinden yararlanarak önerilen YSA tabanlı sistemle Bayes yönteminin karşılaştırılması

Tez çalışmasında kullanılan YSA başarımları yüzdeleri açısından kıyaslandığında Bayes teoremine göre çok daha başarılıdır. Yapılan deneysel sonuçlara göre test verilerinde %89, eğitim verilerinde ise %98'lik bir başarı elde edilmiştir.

## BÖLÜM 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Bu çalışmada, ortopedi alanında sıkça karşılaşılan rahatsızlıklardan birisi olan kemik kırıklarının tespitine yönelik bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Çalışmada eğitim ve test veri olarak x-ışını resimler kullanılmıştır. Tasarlanan sistem temel olarak görüntü işleme ve yapay sinir ağları (YSA) olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır. Görüntü işleme bölümünde filtreleme ve bölütleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Filtreleme basamağında aritmetik ortalama filtresi kullanılmıştır. Bölütleme kısmında ise popüler 3 farklı bölütleme algoritması kıyaslanarak uzun kemikler için en uygun algoritma tercih edilmiştir. K-ortalama, Bulanık C ortalama ve OTSU algoritmalarının performansları değerlendirildiğinde uzun kemikler için K-ortalama algoritmasının kemik ve doku bölütlemesinde daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Bölütleme işleminden sonra YSA tabanlı kırık kemik tespiti işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için seçilen x-ışını resimler uygun boyuta indirgenmiştir. Sonrasında YSA giriş ve çıkış değerleri için ızgaralama işlemi yapılarak x-ışını resimler sayısallaştırılmıştır. Eğitim ve test işlemlerini gerçekleştirebilmek için C# tabanlı YSA arayüzü kullanılmıştır. Gerçekleştirilen sisteme ait performans analizleri de bu arayüz kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Test işlemi sonucunda performans analizini gerçekleştirmek için “Doğru Tespit Yüzdesi” ve “Yanlış Tespit Yüzdesi” kriterleri esas alınmıştır. Üç farklı epoch sayısı için yapılan değerlendirmelerde 1000 epoch için en başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Analiz sonucunda doğru tespit yüzdesi %89 olurken, yanlış tespit yüzdesi ise %11 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca yapılan çalışma sınıflama tekniklerinden olan bayes teoremi ile de kıyaslanmıştır ve daha başarılı bir sonuç elde edilmiştir.

## 6.1. Çalışmanın Faydaları

Yapılan tez çalışmasının faydaları şu şekilde sıralanabilir:

1. Bu tez çalışmasının 2. Bölümünde sunulan kemikler, kırık vakaları, kırık türleri gibi temel alanlar ile ilgili sistematik bir literatür taraması sunulmuştur. Bu bağlamda gerçekleştirilen tez çalışması bu alanda çalışacak yeni araştırmacılar için bir ön çalışma niteliğindedir.
2. Tez çalışmasının 3. Bölümde gerçekleştirilen deneysel çalışmalara göre kemik ile doku görüntülerini en başarılı şekilde birbirinden ayıracak bölütleme yöntemi belirlenmiştir.
3. Uzun kemik kırıklarının bilgisayar destekli olarak teşhis edilebileceği gösterilmiştir.
4. Gerçekleştirilen uygulama ile ortopedi alanında sıkça karşılaşılan uzun kırık kemiklerinin teşhisini kolaylaştıracak ve doktorlara destek olabilecek bir araç tasarlanmıştır.
5. Yanlış teşhis ve tedaviyi azaltmayı hedefleyen bu sistem ile karşılaşılan ve tespiti zor olan kırıkların başarılı bir şekilde tespiti sağlanmıştır.

## 6.2. Gelecekteki Çalışmalar

1. Bu çalışmada önerilen YSA tabanlı uzun kemikler için kırık kemik tespit sistemi ileriki çalışmalarda farklı kırık türlerini kapsayacak şekilde genişletilebilir.
2. Daha gelişmiş önışleme tekniklerinden yararlanılarak tasarlanan sistemin başarımı daha da yükseltilebilir.

3. Literatürde varolan daha kompleks bölütleme algoritmalarının kullanımı ile doğru tespit yüzdesi arttırılabilir.
4. YSA dışında değişik sınıflama ve yapay zeka tekniklerinden yararlanılarak sistemin başarımı arttırılabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] DONNELLEY, M., Computer aided long-bone segmentation and fracture detection, Ph. D. Thesis, Flinders University of South Australia, 2008.
- [2] <http://www.iofbonehealth.org/patients-public/about-osteoporosis/symptoms-risk-factors/fix.html>, (Erişim tarihi: Şubat 2012).
- [3] BERBAUM, K. S., KHOURY G. Y., et al., Impact of clinical history on fracture detection with radiography, *Radiology*, Vol. 168, No. 2, pp. 507–511, 1988.
- [4] BERBAUM, K. S., J. FRANKEN, et al., Impact of clinical history on radiographic detection of fractures: A comparison of radiologists and orthopedists, *American Journal of Roentgenology*, vol. 153, no. 6, pp. 1221–1224, 1989.
- [5] TIAN, T. P., CHEN, Y., LEOW, W. K., HSU, W., HOWE, T. S., PNG, M. A., Computing neck-shaft angle of femur for x-ray fracture detection, in *Proc. Int. Conf. on Computer Analysis of Images and Patterns (LNCS 2756)*, pp. 82–89, 2003.
- [6] LIM, S. E., XING, Y., CHEN, Y., LEOW, W. K., HOWE, T. S., PNG, M. A., Detection of femur and radius fractures in x-ray images, in *Proc. 2nd Int. Conf. on Advances in Medical Signal and Info. Proc.*, 2004.
- [7] LINDA, C. H., AND JIJ, G.W., Crack detection in X-ray images using fuzzy index measure, *Applied Soft Computing*, Volume 11, Issue 4, Pages 3571-3579, 2011.
- [8] CHAI, H.Y., WEE, L.K., SWEE, T.T., SALLEH, H., ARIFF, A.K., KAMARULAFIZAM, Gray-Level Co-occurrence Matrix Bone Fracture Detection, *American Journal of Applied Sciences* 8 (1): 26-32, ISSN 1546-9239, 2011.
- [9] MAHENDRAN, S.K., BABOO, S.S., An Enhanced Tibia Fracture Detection Tool Using Image Processing and Classification Fusion Techniques in X-Ray Images, *Global Journal of Computer Science and Technology*, Volume 11 Issue 14, 2011.



- [10] WU, J., DAVULURI, P., WARD, K. R., COCKRELL, C., HOBSON, R., NAJARIAN, K., Fracture Detection in Traumatic Pelvic CT Images, International Journal of Biomedical Imaging, 2012.
- [11] AKPOLAT, V., Kemik Mineral Yoğunluğunun Yapay Sinir Ağlarıyla Saptanması, Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [12] <http://guncelortopedi.com/kirikvetedavi.php>, (Erişim tarihi: Şubat 2012).
- [13] TÜTÜNCÜ, Ş., Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Histoloji Ders Notları.
- [14] [80.251.40.59/sports.ankara.edu.tr/koz/antr-kursu/anatomi2.pdf](http://80.251.40.59/sports.ankara.edu.tr/koz/antr-kursu/anatomi2.pdf), (Erişim tarihi: Şubat 2012).
- [15] ÖZŞAHİN, E., Başkent Üniversitesi Adana Uygulama ve Araştırma Merkezi, Anatomi ders notları.
- [16] ŞAHİN, B., UZUN A., EMİRZEOĞLU, M., Yüksek Okullar için Anatomi Ders Notları.
- [17] [legacy.owensboro.kctcs.edu/gcaplan/anat/notes/api/fractures.htm](http://legacy.owensboro.kctcs.edu/gcaplan/anat/notes/api/fractures.htm), (Erişim tarihi: Şubat 2012).
- [18] [www.mdguidelines.com/fracture-tibia-or-fibula](http://www.mdguidelines.com/fracture-tibia-or-fibula), (Erişim tarihi: Şubat 2012).
- [19] [www.bboy.org/forums/beginner-help/139934-injury-forearm-splints.html](http://www.bboy.org/forums/beginner-help/139934-injury-forearm-splints.html), (Erişim tarihi: Şubat 2012).
- [20] TUNCEL, N., AYDİN, S., ZEYTİNOĞLU, M., İnsan Anatomisi ve Fizyolojisi, Anadolu Üniversitesi Yayını, No:1246, 2003.
- [21] [www.medicine.ankara.edu.tr/surgical\\_medical/orthopaedics/turkish/kadro/kus/khkgb.html](http://www.medicine.ankara.edu.tr/surgical_medical/orthopaedics/turkish/kadro/kus/khkgb.html), (Erişim tarihi: Şubat 2012).
- [22] [www.yusufunal.com/?/kiriklar-hakkinda-genel-bilgiler](http://www.yusufunal.com/?/kiriklar-hakkinda-genel-bilgiler), (Erişim tarihi: Şubat 2012).
- [23] [www.ortopedi.web.tr/Kiriklar.html](http://www.ortopedi.web.tr/Kiriklar.html), (Erişim tarihi: Mart 2012).
- [24] GÜRSOY, G., Humerus cisim kırıklarında ilizarov eksternal fiksator ile tedavi sonuçları, Trakya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2006.
- [25] [www.medicinenet.com/fracture/article.htm](http://www.medicinenet.com/fracture/article.htm), (Erişim tarihi: Mart 2012).
- [26] ARSLAN, T., X-ışınları ve Kullanım Alanları, Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fizik Eğitimi Anabilim Dalı, 2010.
- [27] ÜNAL, D., Tıpta Kullanılan Görüntüleme Teknikleri, Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fizik Eğitimi Anabilim Dalı, 2008.

- [28] [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Anna\\_Berthe\\_Roentgen.gif](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Anna_Berthe_Roentgen.gif), (Erişim tarihi: Mart 2012).
- [29] ÖZEKES, S., Tıbbi Görüntüleme Bilgisayar Destekli Tespit, Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.
- [30] EROL, Y., Kızılötesi Işıklı Cihaz Kontrolü, Bilim ve Teknik Dergisi, 2004.
- [31] ULU, M. O., Parçacık Dedektörlerinin Tıpta Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2008.
- [32] [http://en.wikipedia.org/wiki/Computed\\_tomography](http://en.wikipedia.org/wiki/Computed_tomography), (Erişim tarihi: Mart 2012).
- [33] GÜZEL, H., Selçuk Üniversitesi Fizik Uygulamaları Ders Notları.
- [34] [www.saglikpark.com/haber/kanser\\_tanisi\\_nasil\\_konulur\\_.htm](http://www.saglikpark.com/haber/kanser_tanisi_nasil_konulur_.htm), (Erişim tarihi: Mart 2012).
- [35] OYAR, O., Magnetik Rezonans Görüntüleme (MRG)'nin Klinik Uygulamaları ve Endikasyonları, Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi, Sayfa 31-40, 2008.
- [36] <http://www.biliyormuyuz.com/manyetik-rezonans-mr-nedir>, (Erişim tarihi: Mart 2012).
- [37] Megep Modül: [megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/modul\\_pdf/523EO0209.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/523EO0209.pdf)
- [38] <http://www.centralhospital.com/root/bebeginizle-dogmadan-tanisin.aspx>, (Erişim tarihi: Mart 2012).
- [39] EKŞİ, Z., ÇAKIROĞLU, M. Performance Evaluation of the Popular Segmentation Algorithms for Bone Fracture Detection, 2. World Conference on Information Technology, 2011.
- [40] DİNÇER, E., Veri Madenciliğinde K-means Algoritması ve Tıp Alanında Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, 2006.
- [41] YILDIZ, K., ÇAMURCU, Y., DOĞAN, B., Veri Madenciliğinde Temel Bileşenler Analizi ve Negatif Matris Çarpanlarına Ayırma Tekniklerinin Karşılaştırmalı Analizi, Akademik Bilişim 2010.
- [42] HOPNER, F., KLAWONN, F., KRUSE, R., AND RUNKLER, T., Fuzzy Cluster Analysis, Wiley, 1999.
- [43] [http://home.dei.polimi.it/matteucc/Clustering/tutorial\\_html/cmeans.html](http://home.dei.polimi.it/matteucc/Clustering/tutorial_html/cmeans.html), (Erişim tarihi: Mart 2012).

- [44] OTSU, N., A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms, IEEE Transactions on System Man. and Cybernetics, Vol. 9, No. I, 62-66, 1979.
- [45] UĞUR, A., Binici, E., Java ile Yapay Zeka Yazılımları Geliştirme, II. Ulusal Meslek Yüksekokulları Sempozyumu, 2003.
- [46] ELMAS, Ç., Yapay Sinir Ağları, Seçkin Yayınevi, Ankara, 2003.
- [47] ÖZ, C., KÖKER, R., ÇAKAR, S., Yapay Sinir Ağları ile Karakter Tabanlı Plaka Tanıma, Elektrik Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu (ELECO), 2002.
- [48] SAĞIROĞLU, Ş., BEŞDOK, E., ERLER, M., Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları-1 Yapay Sinir Ağları, Ufuk Yayıncılık, Kayseri, 2003.
- [49] ÇEVİK, K. K., DANDIL, E., Yapay Sinir Ağları İçin NET Platformunda Görsel Bir Eğitim Yazılımının Geliştirilmesi, Bilişim Teknolojileri Dergisi, Cilt:5, Sayı:1, 2012.
- [50] ÖZTEMEL, E., Yapay Sinir Ağları, Papatya Yayınevi, İstanbul, 2003.
- [51] KAASTRA, I., BOYD, M., Designing a Neural Network for Forecasting Financial and Economic Time Series, Neurocomputing, Cilt 10, 215-236, 1995.
- [52] UĞUR, A., KINACI, A. C., Yapay Zeka Teknikleri ve Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Web Sayfalarının Sınıflandırılması, XI. Türkiye' de İnternet Konferansı (inet-tr'06), TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, 2006.
- [53] ERKAYMAZ, H., YAŞAR, Ö., Yapay Sinir Ağı ile Hava Sıcaklığı Tahmini, 5<sup>th</sup> International Computer & Instructional Technologies Symposium, Fırat Üniversitesi, 2011.
- [54] HAYKIN, S., Neural Networks and Learning Machines (Third Edition), Pearson Prentice Hall, Inc., 2009.
- [55] ANDERSON, J.A., An Introduction to Neural Networks, Massachusetts Institute of Technology, 1995.
- [56] TÜRKEÇ, M.B., Bayes Sınıflandırıcı Kullanarak Yüz Sezimi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, 2007.

## ÖZGEÇMİŞ

Ziya EKŞİ 1987 yılında Afyonkarahisar ili Emirdağ ilçesinde doğdu. İlköğretimini Yeniköy İlkokulu, ortaöğretimini Eskişehir Sami Sipahi İlköğretim Okulu'nda tamamladı. Lise eğitimine ise Eskişehir Yunus Emre Anadolu Meslek Lisesi'nde devam etti. Lisans eğitimine 2005 yılında Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik - Haberleşme Öğretmenliği bölümünde başladı. 2010 yılında lisans eğitimini tamamladı. Aynı yıl içerisinde Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya başladı. Aynı zamanda Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi ABD'de yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.