



**İKİNCİ SERVİKAL VERTEBRANIN  
ANTROPOMETRİK ÖLÇÜMLERİ İLE MAKİNE  
ÖĞRENME ALGORİTMALARI KULLANILARAK  
CİNSİYET TAYİNİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

**Hatice YENİGÜL**

**2021  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ANATOMİ**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Kamil TURAN**

**İKİNCİ SERVİKAL VERTEBRANIN ANTROPOMETRİK ÖLÇÜMLERİ  
İLE MAKİNE ÖĞRENME ALGORİTMALARI KULLANILARAK  
CİNSİYET TAYİNİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

**Hatice YENİGÜL**

**T.C.  
Karabük Üniversitesi  
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü  
Anatomi Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi Olarak Hazırlanmıştır**

**Tez Danışmanı  
Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Kamil TURAN**

**KARABÜK  
Mart 2021**

Hatice YENİGÜL tarafından hazırlanan “İKİNCİ SERVİKAL VERTEBRANIN ANTROPOMETRİK ÖLÇÜMLERİ İLE MAKİNE ÖĞRENME ALGORİTMALARI KULLANILARAK CİNSİYET TAYİNİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Kamil TURAN  
Tez Danışmanı, Anatomi Anabilim Dalı

.....

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Anatomi Ana bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 23/03/2021

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Doç. Dr. Zülal ÖNER (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Kamil TURAN (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Abdullah ELEN (BANÜ)

.....

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Hatice YENİGÜL

## ÖZET

**Yüksek Lisans Tezi**

### **İKİNCİ SERVİKAL VERTEBRANIN ANTROPOMETRİK ÖLÇÜMLERİ İLE MAKİNE ÖĞRENME ALGORİTMALARI KULLANILARAK CİNSİYET TAYİNİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA**

**Hatice YENİGÜL**

**Karabük Üniversitesi**

**Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Anatomi Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Kamil TURAN**

**Nisan 2021, 71 sayfa**

Cinsiyet tayini, adli antropoloji ve adli tıbbın önemli konularındandır. Cinsiyet tahmininde kullanılan pelvis ve cranium en dimorfik kemikler olmasına rağmen incelenmesi zor olduğu durumlarda vertebrae cervicales de tercih edilmektedir. Çalışmamızın amacı; Sekazu programında axis'e ait Bilgisayarlı Tomografi (BT) görüntüleri üzerinde yer imlerinin belirlenmesi ile makine öğrenme algoritmaları kullanılarak cinsiyet tayini çalışması yapmaktır. Çalışmamızda Karabük Üniversitesi Eğitim Araştırma Hastanesi'ne çeşitli sağlık problemleriyle müracaat etmiş 20-50 yaş arası sağlıklı 100 erkek, 100 kadın bireylerin Picture Archiving and Communication System (PACS) arşiv sistemindeki BT görüntüleri kullanıldı. Bu görüntüler Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) formatında kaydedildi. Kaydedilen görüntüler kişisel iş istasyonuna (Horos Project, Versiyon 3.0) aktarıldı. Kişisel iş istasyonunda bulunan BT görüntüleri Curved Multiplanar Reconstruction (3D MPR) kullanılarak ortogonal düzleme getirildi. Koronal ve horizontal

düzlemlerde ortogonale getirilen görüntüler DICOM formatında dışa aktarım yapılarak Sekazu programına aktarılmıştır. Programa aktarılan görüntüler; dens axis, apex dentis, corpus vertebrae, processus spinosus, processus transversus, facies articularis superior, foramen vertebrale, foramen transversarium üzerine etiketlerin yerleştirilmesiyle nitelikler etiketlerin koordinatları kullanılarak hesaplandı. Hesaplanan nitelikler üzerinden makine öğrenme algoritmaları kullanılarak 13 farklı uzunluk ve 2 farklı açı çözümlendi. Çözümlemenin sonucunda en yüksek doğruluk oranları şunlardır: Rastgele Orman %88, Karar Ağacı %84, Destek Vektör Makinesi %86, Kuadratik Diskriminant Analizi %87, Doğrusal Olmayan Destek Vektör Sınıflandırması %89, Ada Boost Sınıflandırması %86, Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması %89, K-En Yakın Komşular Regresyonu %88, Doğrusal Diskriminant Analizi %89, Gaussian Naive Bayes Sınıflandırması %84, Gauss Süreç Sınıflandırıcısı %84, Gradyan Arttırma Modeli %86'dır. Çalışmamızın sonucunda axis BT görüntüleri üzerinden makine öğrenme algoritmaları kullanılarak yüksek oranda cinsiyet tayini yapılabileceği öngörülmüştür.

**Anahtar Kelimeler :** Bilgisayarlı Tomografi, Cinsiyet Tahmini, Axis, Sekazu, Rastgele Orman.

**Bilim Kodu** : 1005

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **A STUDY ON GENDER DETERMINATION WITH MACHINE LEARNING ALGORITHMS BY MAKING ANTHROPOMETRIC MEASUREMENTS OF THE SECOND CERVICAL VERTEBRA**

**Hatice YENİGÜL**

**Karabük University  
Institute of Graduate Programs  
Department of Anatomy**

**Thesis Advisor:**

**Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Kamil TURAN**

**April 2021, 71 pages**

Gender determination is an important topic in forensic anthropology and forensic medicine. Although the pelvis and cranium used in gender prediction are the most dimorphic bones, vertebrae cervicales are also preferred when it is difficult to examine. The purpose of our study; In Sekazu program, determination of bookmarks on Computerized Tomography (CT) images of axis and gender determination by using machine learning algorithms. In our study, CT images of 100 healthy males and 100 females between the ages of 20-50 who applied to Karabuk University Education and Research Hospital with various health problems were used in the Picture Archiving and Communication System (PACS) archive system. These images were recorded in Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) format. The recorded images were transferred to a personal workstation (Horos Project, Version 3.0). CT images on the personal workstation were brought to the orthogonal plane using Curved

Multiplanar Reconstruction (3D MPR). Images that were orthogonalized in coronal and horizontal planes were exported in DICOM format and transferred to the Sekazu program. Images transferred to the program; by placing tags on the dens axis, apex dentis, corpus vertebrae, processus spinosus, processus transversus, facies articularis superior, foramen vertebrale, foramen transversarium, the attributes were calculated using the coordinates of the tags. 13 different lengths and 2 different angles were analyzed using machine learning algorithms based on the calculated features. As a result of the analysis, the highest accuracy rates are: Random Forest 88%, Decision Tree 84%, Support Vector Machine 86%, Quadratic Discriminant Analysis 87%, Nonlinear Support Vector Classifier 89%, Ada Boost Classifier 86%, Extra Trees Classifier 89%, K-Nearest Neighbors Regression 88%, Linear Discriminant Analysis 89%, Gaussian Naive Bayes Classifier 84%, Gaussian Process Classifier 84%, Gradient Boosting Model 86%. As a result of our study, it was predicted that gender determination can be made at a high rate by using machine learning algorithms on axis CT images.

**Keywords** : Computed Tomography, Gender Determination, Axis, Sekazu, Random Forest.

**Science Code** : 1005



## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın planlanmasında, araştırılmasında, hazırlanma süresince elinden gelen her türlü desteği sağlayan, akademik bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan saygıdeğer tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Kamil TURAN'a,

Yüksek lisans eğitim hayatım ve tez çalışmam boyunca bilgi ve desteğini esirgemeyen, kıymetli fikirleri ile bana yol gösteren Anatomi Anabilim Dalı Başkanı Sayın Doç. Dr. Zülal ÖNER'e,

Radyolojik görüntüleri benimle paylaşan ve ölçümler konusunda yardımcı olan Radyoloji Anabilim Dalı Başkanı Sayın Doç. Dr. Serkan ÖNER'e,

Bilgilerini benimle paylaşan ve fikirleri ile yol göstererek tezimde katkısı olan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Abdullah ELEN'e,

Tez çalışmam boyunca bilgi ve tecrübelerini paylaşan, istatistiksel yöntemler hakkında yardımcı olan değerli hocalarım Arş. Gör. Yusuf SEÇGİN, Arş. Gör. Necati Emre ŞAHİN ve Arş. Gör. Rukiye Sümeyye BAKICI'ya,

Hayatımın her alanında olduğu gibi tez çalışmam boyunca da bana anlayış gösteren, bana inanıp destek olan aileme, arkadaşlarıma, içten teşekkürlerimi sunarım. Rahmetli BABAM yüksek lisans eğitim hayatımda yanımda olmasa dahi benimle gurur duyacağını bildiğim için minnettarım.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET .....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
BÖLÜM 2 .....	3
GENEL BİLGİLER .....	3
2.1. ANTROPOLOJİ HAKKINDA .....	3
2.2. KİMLİKLENDİRME.....	3
2.3. KİMLİKLENDİRMEDE CİNSİYET TESPİTİNİN ÖNEMİ.....	4
2.4. CİNSİYET TESPİTİNDE VERTEBRALARIN ÖNEMİ.....	4
2.5. COLUMNA VERTEBRALİS (OMURGA) ANATOMİSİ.....	5
2.5.1. Vertebraların Genel Özellikleri .....	9
2.5.2. Axis (İkinci Boyun Omuru) Anatomisi .....	11
BÖLÜM 3 .....	13
GEREÇ VE YÖNTEM .....	13
3.1. GÖRÜNTÜ ANALİZ METODU .....	13
3.2. MAKİNE ÖĞRENME ALGORİTMALARI.....	16
3.3.1. Karar Ağacı (Decision Tree) .....	17
3.3.2. Rastgele Orman (Random Forest) .....	17
3.3.3. Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machine) .....	17

	<b><u>Sayfa</u></b>
3.3.4. Doğrusal Olmayan Destek Vektör Sınıflandırılması (NonLinear Support Vector Classifier) .....	18
3.3.5. Doğrusal Destek Vektör Sınıflandırılması (Linear Support Vector Classifier).....	18
3.3.6. Lojistik Regresyon (Logistic Regression) .....	18
3.3.7. K-En Yakın Komşular Regresyonu (K-Nearest Neighbors Regression) .....	18
3.3.8. Gaussian Naive Bayes Sınıflandırması (Gaussian Naive Bayes Classifier).....	19
3.3.9. Bayesian Ağları (Bayesian Networks).....	19
3.3.10. Doğrusal Diskriminant Analizi (Linear Discriminant Analysis).....	19
3.3.11. ADA Boost Sınıflandırması (ADA Boost Classifier).....	20
3.3.12. Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması (Extra Trees Classifier) .....	20
3.3.13. Gradyan Arttırma Modeli (Gradient Boost Model).....	20
3.3.14. Gauss Süreci Sınıflandırıcısı (Gauss Process Classifier) .....	20
3.3.15. Kuadratik Diskriminant Analizi (Quadratic Discriminant Analysis) ...	21
3.3.16. Performans Ölçütleri.....	21
3.3. SEKAZU PROGRAMI .....	21
BÖLÜM 4 .....	36
BULGULAR.....	36
4.1. GENEL BAKIŞ.....	49
BÖLÜM 5 .....	53
TARTIŞMA .....	53
BÖLÜM 6 .....	61
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61
6.1. ÖNERİLER .....	61
KAYNAKLAR .....	62
EK AÇIKLAMALAR .....	68
ÖZGEÇMİŞ .....	71

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Columna vertebralis'in önden görünüşü .....	6
Şekil 2.2. Columna vertebralis'in yandan ve arkadan görünüşü .....	7
Şekil 2.3. Vertebrae cervicales'in arkadan görünüşü .....	8
Şekil 2.4. Tipik bir vertebranın üstten görünüşü .....	10
Şekil 2.5. Tipik bir vertebranın üstten görünüşü .....	10
Şekil 2.6. Tipik bir vertebranın sol yandan görünüşü.....	11
Şekil 2.7. Axis'in önden görünüşü .....	12
Şekil 2.8. Axis'in üst-arka taraftan görünüşü .....	12
Şekil 3.1. Görüntülerin ortogonal düzleme getirilme akış şeması.....	14
Şekil 3.2. a) Sagittal düzlem BT görüntüsü, b) Koronal düzlem BT görüntüsü, c) Horizontal düzlem BT görüntüsü .....	15
Şekil 3.3. Sekazu iş akış şeması. ....	16
Şekil 3.4. Sekazu programı yer imi yönetim formu ekranı ve uygulama butonları.	23
Şekil 3.5. Sekazu programı nitelik yönetim formu ekranı ve uygulama butonları..	24
Şekil 3.6. Etiketleme yönetim formu ekranı ve uygulama butonları.....	25
Şekil 3.7. Hesaplama yönetim formu ekranı .....	26
Şekil 3.8. Kuadratik diskriminant analizi (KDA) hesaplama ekranı ve uygulama butonları.....	27
Şekil 3.9. Sekazu programı nitelik yönetim formu ekranı (Horizontal düzlem). ....	29
Şekil 3.10. Sekazu programı nitelik yönetim formu ekranı (Koronal düzlem).....	30
Şekil 3.11. Horizontal düzlemdeki görüntüde etiket noktalarının yerleşimi .....	32
Şekil 3.12. Horizontal düzlemdeki görüntüde etiket noktalarının yerleşimi .....	32
Şekil 3.13. Horizontal düzlemdeki görüntüde etiket noktalarının yerleşimi .....	33
Şekil 3.14. Koronal düzlemdeki görüntüde etiket noktalarının yerleşimi. ....	34
Şekil 3.15. Koronal düzlemdeki görüntüde etiket noktalarının yerleşimi .....	34
Şekil 3.16. Etiketleme yönetim formunda koordinatların elde edildiği ekran. ....	35

## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 3.1.	Horizontal düzlemdeki görüntü üzerinde belirlenen yer imi adları ve etiketleri.....	28
Çizelge 3.2.	Koronal düzlemdeki görüntü üzerinde belirlenen yer imi adları ve etiketleri.....	29
Çizelge 3.3.	Bu çalışmada ölçülen parametreler ve kısaltmalar (Length (len) uzunluklar iki yer imi ile angle (ang) açı ise üç yer imiyle tanımlanmıştır). .....	30
Çizelge 4.1.	Kadın ve erkek bireylere ait normal dağılım gösteren parametrelerde uygulanan Two Sample t testi .....	36
Çizelge 4.2.	Kadın ve erkek bireylere ait normal dağılım göstermeyen parametrelerde uygulanan Mann Whitney U testi.....	37
Çizelge 4.3.	RO Algoritması çözümleme çizelgesi.....	38
Çizelge 4.4.	KA Algoritması çözümleme çizelgesi.....	39
Çizelge 4.5.	DVM Algoritması çözümleme çizelgesi .....	40
Çizelge 4.6.	KDA Algoritması çözümleme çizelgesi.....	41
Çizelge 4.7.	DODVS Algoritması çözümleme çizelgesi.....	42
Çizelge 4.8.	ADA Algoritması çözümleme çizelgesi.....	43
Çizelge 4.9.	EAS Algoritması çözümleme çizelgesi.....	44
Çizelge 4.10.	GAM Algoritması çözümleme çizelgesi.....	45
Çizelge 4.11.	K-EYKR Algoritması çözümleme çizelgesi.....	46
Çizelge 4.12.	DDA Algoritması çözümleme çizelgesi .....	47
Çizelge 4.13.	GSS Algoritması çözümleme çizelgesi.....	48
Çizelge 4.14.	GNB Algoritması çözümleme çizelgesi.....	49
Çizelge 4.15.	Axis'e ait kullanmış olduğumuz 15 parametrenin makine öğrenme algoritmalarında kaç kere kullanıldığının gösterilmesi .....	50
Çizelge 4.16.	Axis'e ait kullanmış olduğumuz 15 parametrenin makine öğrenme algoritmalarında minimum-maksimum normalizasyon ve ortalama değerleri.....	52

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### KISALTMALAR

BT	: Bilgisayarlı Tomografi
PACS	: Picture Archiving and Communication System
DICOM	: Digital Imaging and Communications in Medicine
3D MPR	: Curved Multiplanar Reconstruction
RO	: Rastgele Orman
KA	: Karar Ağacı
DVM	: Destek Vektör Makinesi
KDA	: Kuadratik Diskriminant Analizi
DODVS	: Doğrusal Olmayan Destek Vektör Sınıflandırması
ADA	: Ada Boost Sınıflandırması
EAS	: Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması
K-EYKR	: K-En Yakın Komşular Regresyonu
DDA	: Doğrusal Diskriminant Analizi
GNB	: Gaussian Naive Bayes
GAM	: Gradyan Arttırma Modeli
GSS	: Gauss Süreç Sınıflandırıcısı
DDVS	: Doğrusal Destek Vektör Sınıflandırması
LR	: Lojistik Regresyon
DNA	: Deoksiribonükleik Asit
ÇÖES	: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması
DP	: Doğru Pozitif
YN	: Yanlış Negatif
YP	: Yanlış Pozitif
DN	: Doğru Negatif
For.	: Foramen
Proc.	: Processus

Lig.	: Ligamentum
PSA- I	: Processus Spinosus Axis-I
PSA- II	: Processus Spinosus Axis-II
PSA- III	: Processus Spinosus Axis-III
ANAVO	: Varyans Analizi
CVA	: Corpus Vertebra Anterior
CVP	: Corpus Vertebra Posterior
CVM	: Corpus Vertebra Medialis Uç Nokta
CVL	: Corpus Vertebra Lateralis Uç Nokta
FTAS	: Foramen Transversarium Anterior Sinistra
FTPS	: Foramen Transversarium Posterior Sinistra
FTLS	: Foramen Transversarium Lateralis Sinistra
FTMS	: Foramen Transversarium Medialis Sinistra
FTMD	: Foramen Transversarium Medialis Dextra
FTLD	: Foramen Transversarium Lateralis Dextra
FTAD	: Foramen Transversarium Anterior Dextra
FTPD	: Foramen Transversarium Posterior Dextra
FVP	: Foramen Vertebra Posterior
FVA	: Foramen Vertebra Anterior
FVL	: Foramen Vertebra Lateralis Uç Nokta
FVM	: Foramen Vertebra Medialis Uç Nokta
PTD	: Processus Transversus Dextra
PTS	: Processus Transversus Sinistra
AD	: Apex Dentis
DAI	: Dens Axis Inferior
DAS	: Dens Axis Sinistra
DAD	: Dens Axis Dextra
FASS-S	: Facies Articularis Superior Sinistra (Superior)
FASS-I	: Facies Articularis Superior Sinistra (Inferior)
FASD-S	: Facies Articularis Superior Dextra (Superior)
FASD-I	: Facies Articularis Superior Dextra (Inferior)
Len CVAP	: Corpus Vertebrae'nin Anterior-Posterior Uzunluğu
Len CVM	: Corpus Vertebrae'nin Maksimum Genişliği

Len FTDAP	: Sağ For. Transversarium'un Anterior-Posterior Uzunluğu
Len FTDM	: Sağ For. Transversarium'un Maksimum Genişliği
Len FTSAP	: Sol For. Transversarium'un anterior-posterior uzunluğu
Len FTSM	: Sol For. Transversarium'un maksimum genişliği
Len FVAP	: For. Vertebrale'nin Anterior-Posterior Uzunluğu
Len FVM	: For. Vertebrale'nin Maksimum Genişliği
Len FASSM	: Sol Facies Articularis Superior'un Maksimum Uzunluğu
Len FASDM	: Sağ Facies Articularis Superior'un Maksimum Uzunluğu
Len DAM	: Dens Axis'in Maksimum Y¼ksekliđi
Len DAP	: Dens Axis'in Anterior-Posterior Uzunluğu
Len PTM	: İki Proc. Transversus arasındaki maksimum uzaklık
Ang PS	: Proc. Spinosus Açıısı
Ang AP	: Arcus Posterior Açıısı



## BÖLÜM 1

### GİRİŞ VE AMAÇ

Bir bireyin kişisel özellikleri ile tanımlanmasına ve diğer bireylerden ayırt edilmesini sağlayan özelliklerin tümüne 'kimlik' adı verilir. Adli bilimin temel konularından biri olan kimlik tespiti ise ölü ya da canlı kişilere ait özelliklerin saptanmasıdır. Kimlik tespiti, cinsiyet, yaş, parmak izleri, dişler ve vücut ağırlığı gibi değişkenler kullanılarak yapılır (Yıldıray Zeyfeoğlu & Hancı, 2001).

Kimliği belirli olmayan bir kişinin özelliklerinin tespit edilmesi antropoloji ve adli bilimin en önemli konusudur. Adli tıp alanından cinsiyetin tahmini özellikle savaş, doğal afetler, kazalar, cinayet gibi olaylar sonucunda ölen kişinin kimlik tespitinin saptanmasında önemlidir. Kimlik tespitinde elde edilen başarının artırılmasında cinsiyetin belirlenmesi önemli bir adımdır (Uzbaş, 2017).

Cinsiyetin tespit edilmesinde genellikle deoksiribonükleik asit (DNA) analizi, osteometri ve odontometri yöntemleri kullanılır. DNA analizi yöntemi, kimlik tespitinde %99 oranında doğru sonucu verir. DNA analiz yöntemi ile cinsiyet saptama pahalı ve ulaşılabilirliği zor olmasından dolayı çoğu zaman tercih edilmez (Oner, Turan, Oner, Secgin, & Sahin, 2019). Osteometri yöntemi, maliyetinin ucuz olması, kolayca uygulanabilmesi ve kolay bir şekilde tekrarlanabilir olduğu için günümüzde daha çok tercih edilmektedir (Ramazan et al., 2010; Uzbaş, 2017).

Cinsiyet tahmini üzerine yapılan çalışmalarda femur, pelvis, sternum, patella ve calcaneus olmak üzere çeşitli insan iskeleti bölümleri değerlendirilmiştir (Darmawan, Yusuf, Kadir, & Haron, 2015). Literatürde, cinsiyet tahmininde en önemli dimorfik bölge olan pelvis ve cranium kemikleri incelenmiştir (Franklin et al., 2012). Pelvis ve cranium kemiklerinin zarar gördüğü incelemenin zor olduğu durumlarda ise insan iskeletinin daha az dimorfik bölümleri ile cinsiyet tahmini yapılmaya çalışılmaktadır.

Daha önceki çalışmalarda vertebrae cervicales'in daha iyi korunmuş olduğu tespit edilmiştir. Axis'in atipik özellikte ve morfolojik olarak dens axis'inin olmasından dolayı önemli derecede cinsel dimorfizm göstermiştir (Torimitsu et al., 2016).

Wescott, cinsiyet tahmininde axis'e ait sekiz parametreyi kullanarak metrik analiz geliştirmiş ve doğruluk oranını %81,7-83,4 bulmuştur (Wescott, 2000). Torimitsu ve ark. çağdaş Japon popülasyonunda axis'e ait Bilgisayarlı Tomografi (BT) görüntülerini kullanarak yapmış oldukları çalışmada en yüksek doğruluk oranını %92,9 bulmuşlardır (Torimitsu et al., 2016).

Adli antropolojik çalışmalarda cinsiyetin tespit edilmesinde günümüzde yaygın olarak BT yöntemi kullanılır. Doğal afetler, kazalar ve benzeri (vb.) kitlesel ölüm olaylarında BT yöntemi cinsiyetin belirlenmesinde hızlı ve güvenilir sonuçlar verir (Ali et al., 2018).

Bu çalışmada, axis'e ait BT görüntüleri üzerinden yapılan antropometrik ölçümlerle makine öğrenme algoritmaları kullanılarak cinsiyet analizi yapılması amaçlanmıştır.

## **BÖLÜM 2**

### **GENEL BİLGİLER**

Bu bölümde antropolojinin konusu ve alt dalları, kimliklendirme, kimliklendirmede cinsiyet tespitinin öneminden genel olarak bahsedilmektedir. Cinsiyetin tespitinde vertebraların önemine vertebraların içerisinde axis'in anatomik yapısı hakkında bilgi içermektedir.

#### **2.1. ANTROPOLOJİ HAKKINDA**

Antropoloji Anthropos (Yunanca'da insan) ve Logos (bilim) kelimelerinin birleşmesiyle oluşan, insanı biyolojik ve kültürel olarak bütün yönleriyle inceleyen bir bilim dalıdır (Öz & Suata Alpaslan, 2017). Antropoloji biliminin konusu toplum, kültür ve insanlardır. Antropoloji genel olarak fiziksel (biyolojik) ve sosyal (kültürel) antropoloji olmak üzere ikiye ayrılır. Biyolojik antropoloji, kişinin biyolojik yapısını ve fiziksel özelliklerini inceler. Kültürel antropoloji ise toplumların yapısını, gelişimini ve kültürdeki değişimleri inceler (Bostan, 2016).

Fiziksel antropolojinin alt dallarından olan Adli antropoloji ise bilinmeyen insan kalıntılarının cinsiyet, yaş, boy ve soy tespiti ile kişinin biyolojik profilinin belirlenmesinde yardımcı olur (Gulhan, Harrison, & Kiris, 2015; Hishmat et al., 2015).

#### **2.2. KİMLİKLENDİRME**

Kimlik, kişinin tanınmasında ve diğer kişilerden ayırt edilmesinde etkili olan özelliklerin (parmak izi, saç rengi, göz rengi vb.) tamamına denir. Ölmüş ya da hayatta olan bireyin fiziksel özelliklerinin tamamının belirlenip tespit edilmesine kimliklendirme ya da kimlik tespiti denir. Kimlik tespiti ölü veya yaşayan bireylerde yapılmaktadır (Bingöl, 2011; Ömeroğlu, 2014). Hukuk uygulamalarında, adli tıpta

tıbbi kimlik ve adli kimlik olmak üzere iki tür kimlik tanımı yapılır (Yıldıray Zeyfeolu & Hancı, 2001). Kişinin tıbbi kimliği boy, yaş, cinsiyet, dişler, saç rengi, göz rengi, parmak izi gibi vücut özelliklerinin değerlendirilmesi sonucunda ortaya çıkan bulgular bütünü oluşturur (Atılğan & Akkoyun, 2017). Adli kimlik ise kişinin cinsiyeti, doğum yılı, doğum yeri gibi nüfus kaydında bulunan bilgilerden oluşur (Yıldıray Zeyfeolu & Hancı, 2001).

### **2.3. KİMLİKLENDİRMEDE CİNSİYET TESPİTİNİN ÖNEMİ**

Doğal afetlerde (sel, yangın, deprem, heyelan, çığ vb.) ve kazalarda (motorlu taşıt kazaları, iş kazaları vb.) ortaya çıkan tanınmayacak durumda olan bireylerde adli kimlik ve tıbbi kimlik belirlenmesinde cinsiyet tespiti önemlidir (Krishan et al., 2016). İnsan iskelet kalıntılarında biyolojik profilin oluşmasına katkı sağlayan önemli adımlardan biri cinsiyet tespitidir (Gonzalez-Colmenares, Sanabria Medina, Rojas-Sanchez, Leon, & Malpud, 2019).

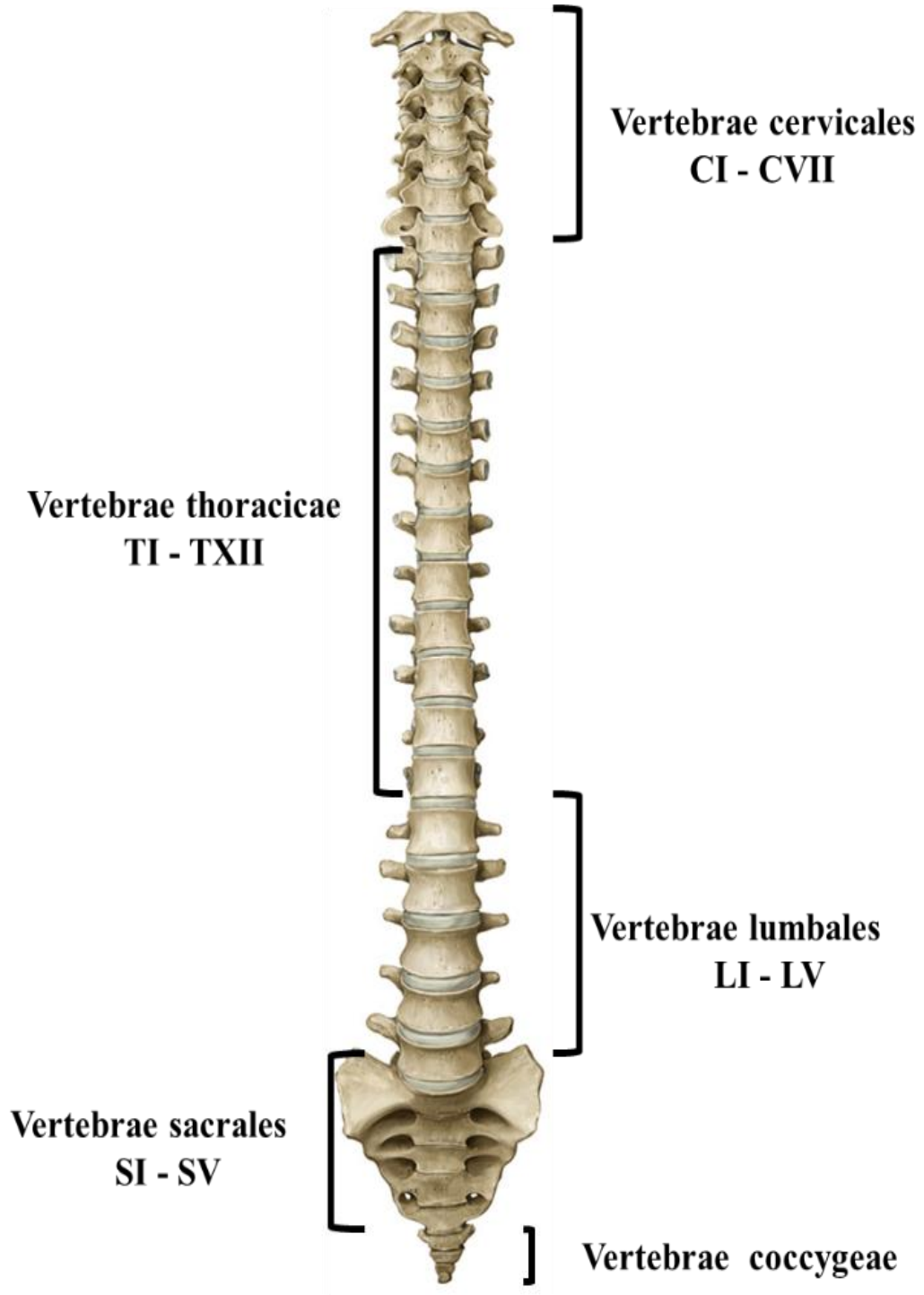
### **2.4. CİNSİYET TESPİTİNDE VERTEBRALARIN ÖNEMİ**

Kimlik tespitinde ilk adım olan cinsiyeti tahmin etmektir. Cinsiyet tahmininde en güvenilir iskelet yapıları pelvis ve cranium olup morfolojik olarak incelenmeleri gerekir. Pelvis ve cranium iskeletinin zarar gördüğü durumlarda deforme olmamış kemikler tercih edilmektedir. Daha önceki çalışmalarda insan iskeleti bölümlerinden ossa metatarsi, uzun kemikler, axis, sternum ve costae cinsiyet tespitinde incelenmiştir (Çölölu, İşcan, Yavuz, & Sari, 1998; Krüger, L'Abbé, & Stull, 2017; Oner et al., 2019; Torimitsu et al., 2016; Turan, Oner, Secgin, & Oner, 2019).

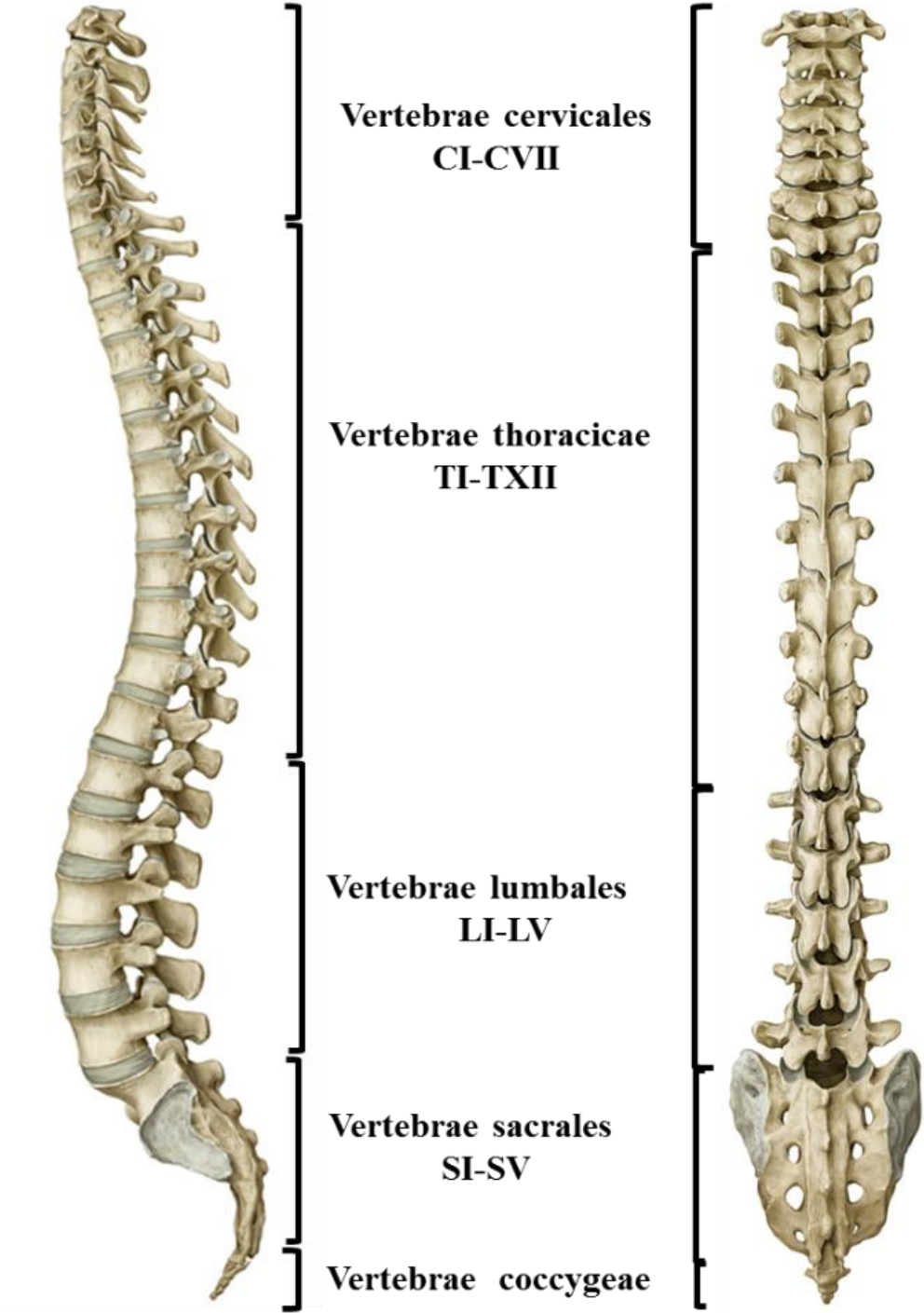
Olay yerinde bulunan iskeletin zarar görmesi ve parçaların tam olarak bulunamamasından dolayı sayıca fazla, kütleli olarak daha hafif olan vertebralar cinsiyet tahmininde kolaylık sağlamaktadır. Vertebralar yapısından dolayı ölen kişiler hakkında bilgiler (vücut yapısı, skolyoz, tüberküloz vb.) verir (Ünlütürk, 2017). Cinsiyet tespitindeki araştırmaların daha çok axis üzerinde yapılmasının nedeni atipik özelliği ve morfolojik olarak dens axis'inin olmasından kaynaklanır. Axis ile yapılan çalışmalarda yüksek cinsel dimorfizm göstermiştir (Torimitsu et al., 2016).

## 2.5. COLUMNA VERTEBRALİS (OMURGA) ANATOMİSİ

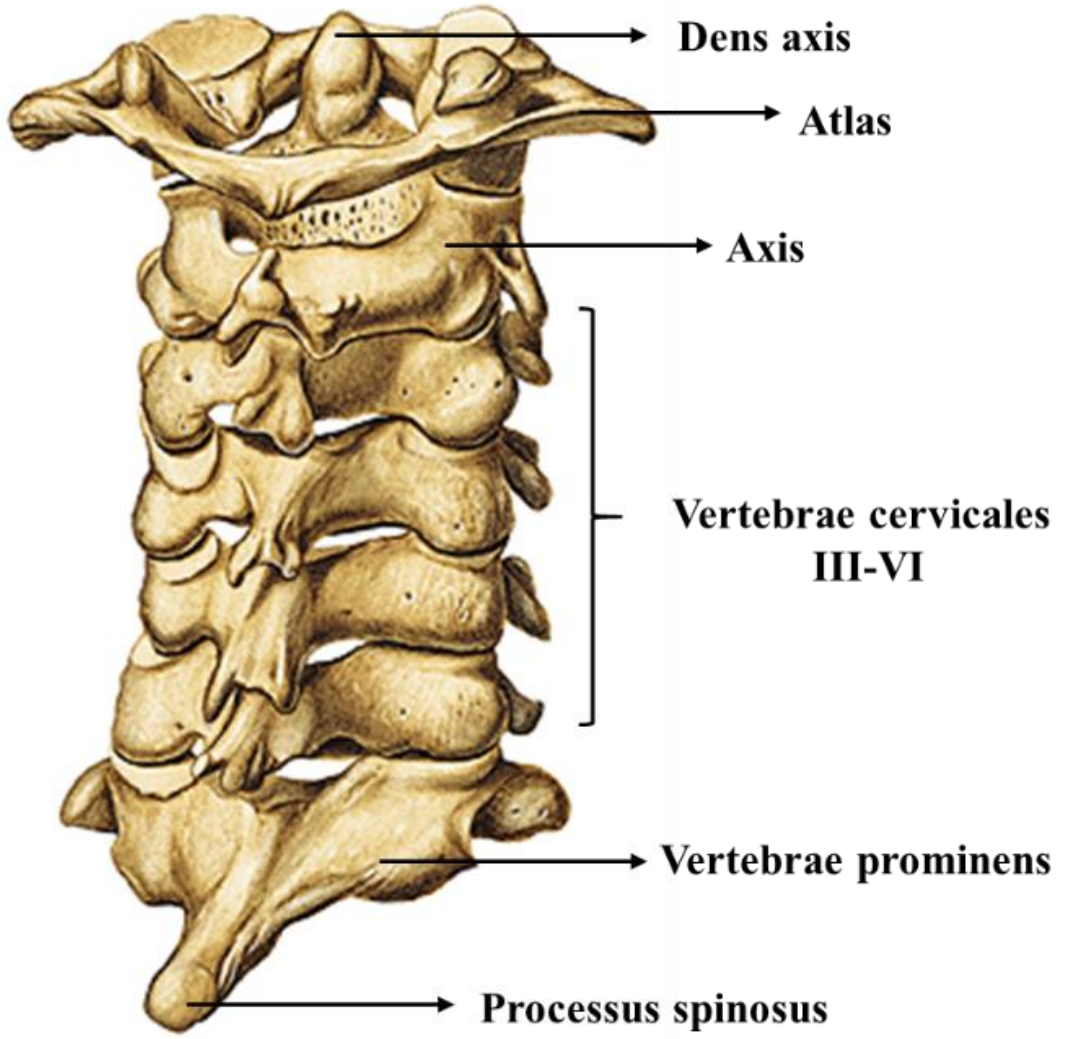
Columna vertebralis (omurga), 7 vertebrae cervicales, 12 vertebrae thoracicae, 5 vertebrae lumbales, 5 vertebrae sacrales ve 4 tane vertebrae coccygeae'nın üst üste eklemleşmesiyle oluşur (Arifoğlu, 2017). Columna vertebralis erkeklerde ortalama 70 cm, kadınlarda 60 cm uzunluğundadır (Polat, 2017). Columna vertebralis üstte cranium, altta pelvis ve ortada costae ile eklem yapar. Medulla spinalis'i korumada, vücudun ağırlığını taşımada ve vücudun hareketinde önemli görev alır. Vertebrae cervicales, vertebrae thoracicae, vertebrae lumbales eklemler aracılığıyla birleşirler ve aralarında fibröz kıkırdak özelliğinde olan discus intervertebralis yer alır (Arifoğlu, 2017). Birbirine eklemler aracılığı ile bağlanan bu 24 adet vertebraya presakral vertebra ya da hareketli vertebra adı verilir. Geriye kalan 9 vertebranın 5'i kendi aralarında birleşmesi ile os sacrum'u, geriye kalan 4'ü ise os coccygis'i oluşturur. Bu vertebralara yalancı vertebra veya hareketsiz vertebra denir. Toplamda 23 adet discus intervertebralis bulunur ve ikinci boyun omuru ile os sacrum arasında yer alır (Sunar & Kapakin, 2013; Taner, 2017).



Şekil 2.1. Columna vertebralis'in önden görünüşü (Gilroy Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir) (Gilroy, MacPherson, & Ross, 2010).



Şekil 2.2. Columna vertebralis'in yandan ve arkadan görünüşü (Gilroy Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir) (Gilroy et al., 2010).



Şekil 2.3. Vertebrae cervicales'in arkadan görünüşü (Sobotta Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir (Putz & Pabst, 2006).



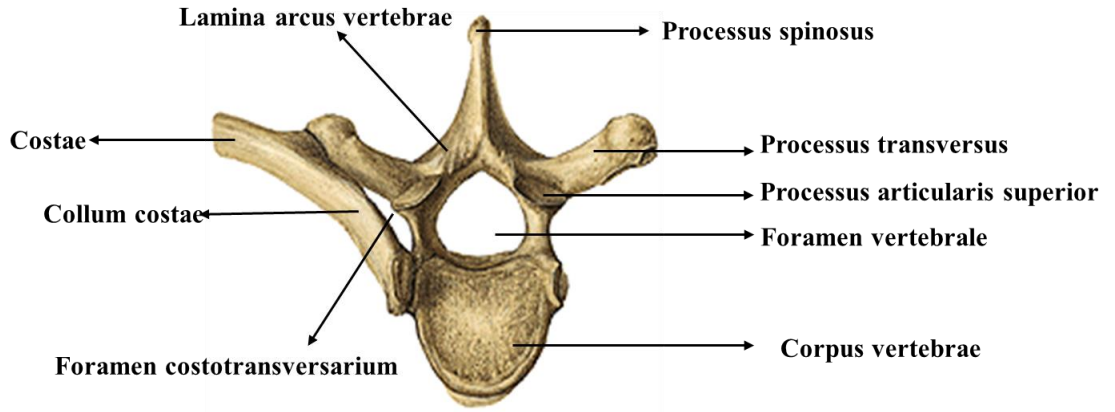
### 2.5.1. Vertebraların Genel Özellikleri

Tipik bir vertebranın ön kısmında corpus vertebrae (omur gövdesi), arka kısmında arcus vertebrae ve bazı processus (proc.) yapıları bulunur. Proc.'lar şunlardır; vertebraların üst kısmında komşu vertebralarla eklem yapan iki tane proc. articularis superior, vertebraların alt kısmında komşu vertebralarla eklem yapan iki tane proc. articularis inferior, ikisi yanlarda proc. transversus, bir tanesi de arkaya doğru uzanan proc. spinosus'tur (Arifoğlu, 2017; Arıncı, 2016). Vertebraların arka kısmında bulunan uzun çıkıntıya proc. spinosus, yan taraflarındaki çıkıntıya ise proc. transversus denir (Arifoğlu, 2017). Corpus vertebrae, kısa bir silindir şeklinde olup üst ve alt yüzleri komşu vertebralara discus intervertebralis aracılığı ile bağlanır (Taner, 2017).

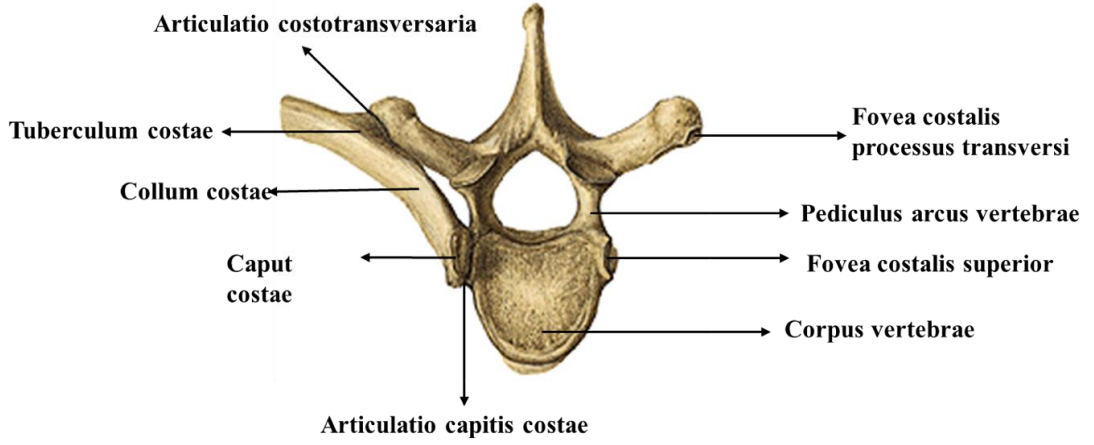
Arcus vertebrae; corpus vertebrae'nın arka kısmında bulunan kemer şeklindeki kısımdır. Arcus vertebrae, corpus vertebrae'ya, pediculus arcus vertebrae aracılığı ile tutunur. Arcus vertebrae'nın pediculus arcus vertebrae ile proc. spinosus arasında bulunan kısmına lamina arcus vertebrae denir. Pediculus arcus vertebrae'nın üst kısmında bulunan çentiğe incisura vertebralis superior, alt kısmındaki çentiğe ise incisura vertebralis inferior denir. Bu çentiklerin birleşmesiyle foramen (for.) intervertebrale oluşur. For. intervertebrale'nin içinden spinal sinirler ve damarlar geçer (Arifoğlu, 2017).

Arcus vertebrae ve corpus vertebrae arasında for. vertebrale bulunur. For. vertebrale'ler üst üste gelerek canalis vertebralis'i oluşturur ve içerisinden medulla spinalis (omurilik) geçer (Arıncı, 2016).

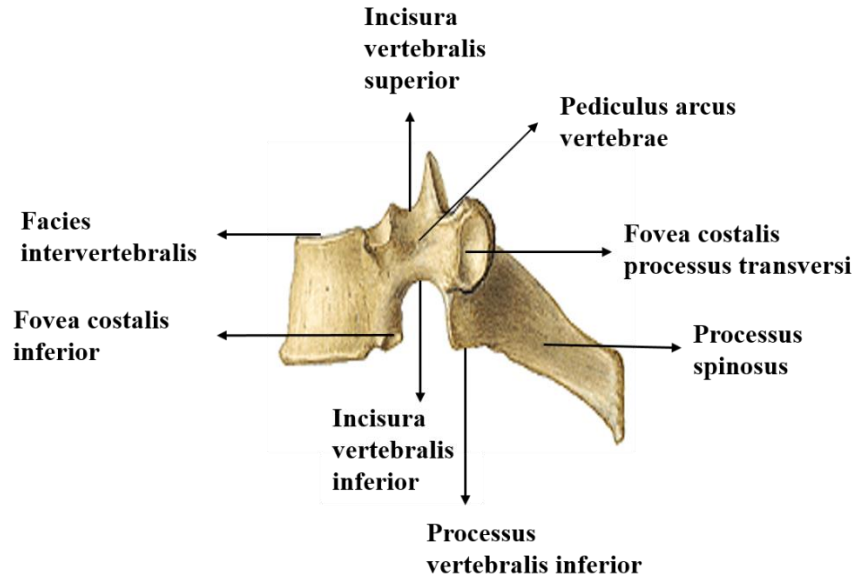
Vertebrae cervicales 7 tane vertebrae'dan oluşur. 1., 2. ve 7. cervical vertebra'lar atipik özellikte, diğerleri ise tipik cervical vertebra olarak isimlendirilir. 1. ve 7. cervical vertebra'lar dışındaki vertebraların proc. spinosus'ları çatallıdır. Vertebrae cervicales'lerin proc. transversus'larında for. transversarium'un bulunması en önemli ayırt edici özelliğidir. For. transversarium'dan beyni besleyen arteria vertebralis geçer (Arifoğlu, 2017).



Şekil 2.4. Tipik bir vertebranın üstten görünüşü (Sobotta Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir) (Putz & Pabst, 2006).



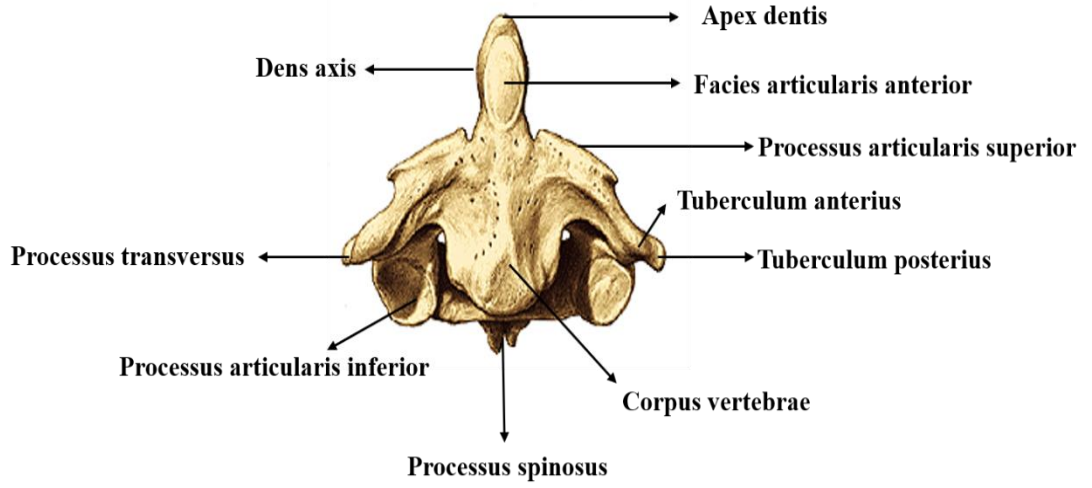
Şekil 2.5. Tipik bir vertebranın üstten görünüşü (Sobotta Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir) (Putz & Pabst, 2006).



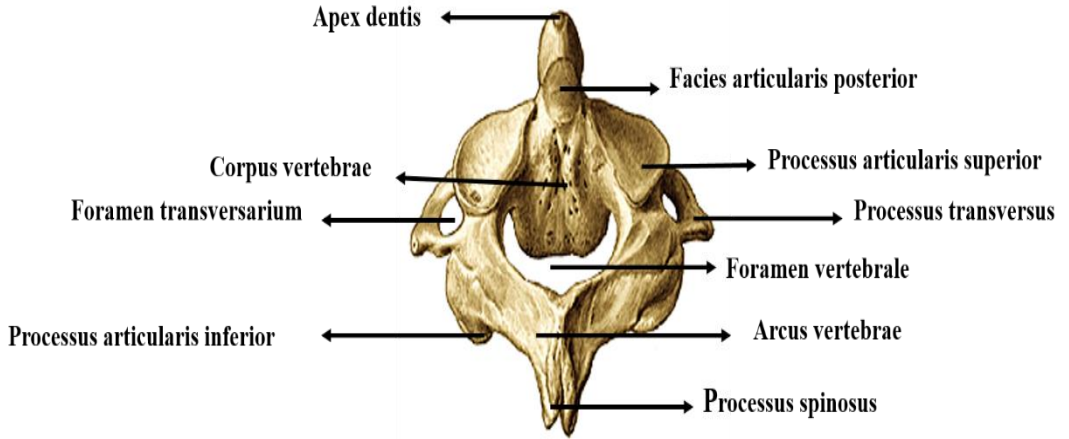
Şekil 2.6. Tipik bir vertebranın sol yandan görünüşü (Sobotta Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir) (Putz & Pabst, 2006).

### 2.5.2. Axis (İkinci Boyun Omuru) Anatomisi

İkinci boyun omurun en belirgin özelliği corpus'un üst kısmının ortasından yukarıya doğru uzanan yaklaşık olarak 1,5 cm uzunluğunda dens axis'inin olmasıdır. İkinci boyun omuruna axis denir. Dens axis'in corpus ile birleştiği kısma collum dentis, tepesindeki sivri kısmına ise apex dentis denir. Dens axis'in ön yüzünde bulunan facies articularis anterior, atlas'ın arcus anterior'unda bulunan fovea dentis ile eklem yapar. Arka yüzünde bulunan facies articularis posterior ise ligamentum (lig.) transversus atlantis ile eklem yapar (Arıncı, 2016). Corpus'un üst ucundaki çıkıntıya proc. articularis superior, eklem yüzüne ise facies articularis superior; alt ucundaki çıkıntıya ise proc. articularis inferior, eklem yüzüne ise facies articularis inferior denir. Axis'in for. transversarium'u atlas'a göre küçük, diğer vertebralara göre daha büyüktür. Proc. transversus'lar küçük ve tek tuberculum yapısı bulunur (Arifoğlu, 2017). Axis'in lamina arcus vertebra'sı, pediculus arcus vertebra'sı ve proc. spinosus'u diğer cervical vertebrae'lara göre daha kalındır. Proc. spinosus'un arka ucu çatallı ve alt yüzü olukludur (Arıncı, 2016).



Şekil 2.7. Axis'in önden görünüşü (Sobotta Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir) (Putz & Pabst, 2006).



Şekil 2.8. Axis'in üst–arka taraftan görünüşü (Sobotta Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir) (Putz & Pabst, 2006).

## BÖLÜM 3

### GEREÇ VE YÖNTEM

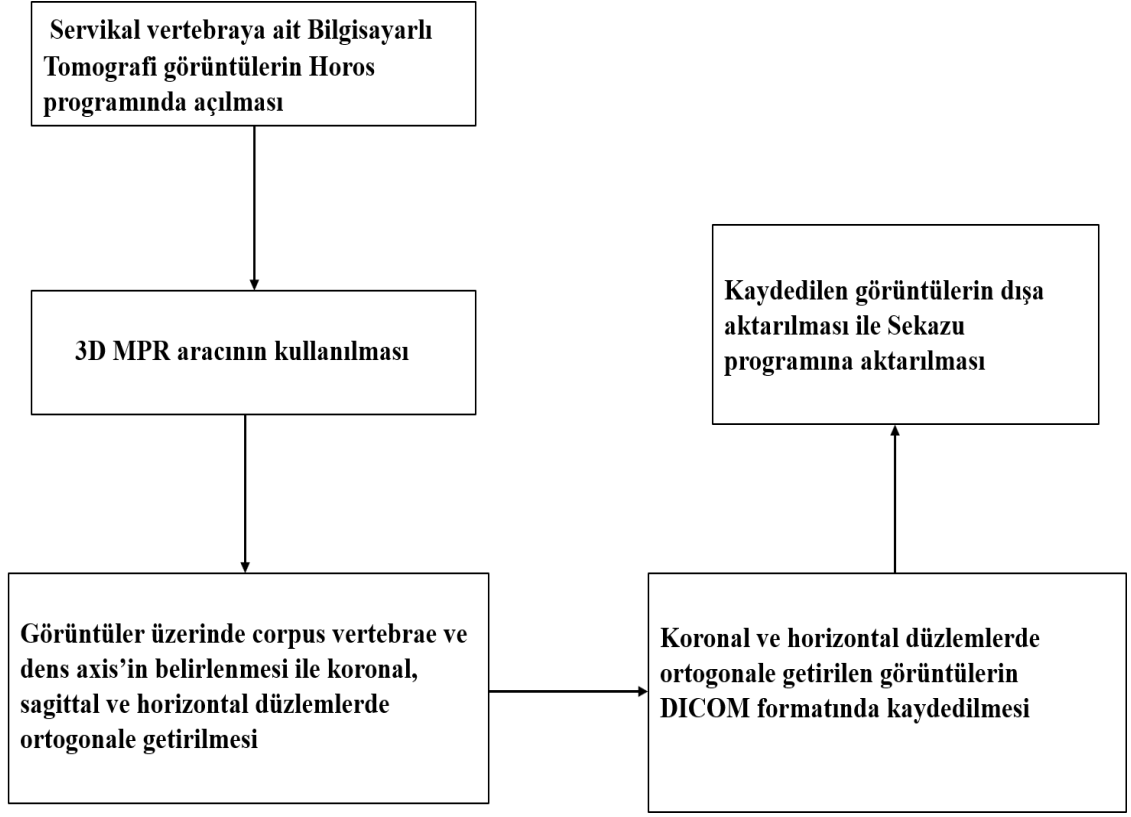
Bu çalışma, Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 08/12/2019 tarihinde 2019/114 no'lu karar ile onaylanmıştır. Çalışmaya daha önce çeşitli sağlık problemleri ile Karabük Üniversitesi Karabük Eğitim Araştırma Hastanesi'ne müracaat etmiş vertebrae cervicales'te patolojisi olmayan ve ortopedik cerrahi geçirmemiş olan 20-50 yaş grubundaki 200 bireye ait (100 Erkek, 100 Kadın) BT görüntüleri dahil edilmiştir.

#### 3.1. GÖRÜNTÜ ANALİZ METODU

Karabük Üniversitesi Karabük Eğitim ve Araştırma Hastanesi Picture Archiving and Communication System (PACS) arşiv sisteminden vertebrae cervicales'te patolojisi olmayan ve ortopedik cerrahi geçirmemiş 200 kişiye (100 Erkek, 100 Kadın) ait BT görüntüleri seçildi. Seçilen BT görüntüleri Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) formatında kaydedildi. Kaydedilen görüntüler kişisel iş istasyonuna (Horos Project, Version 3.0, Amerika Birleşik Devletleri) aktarıldı.

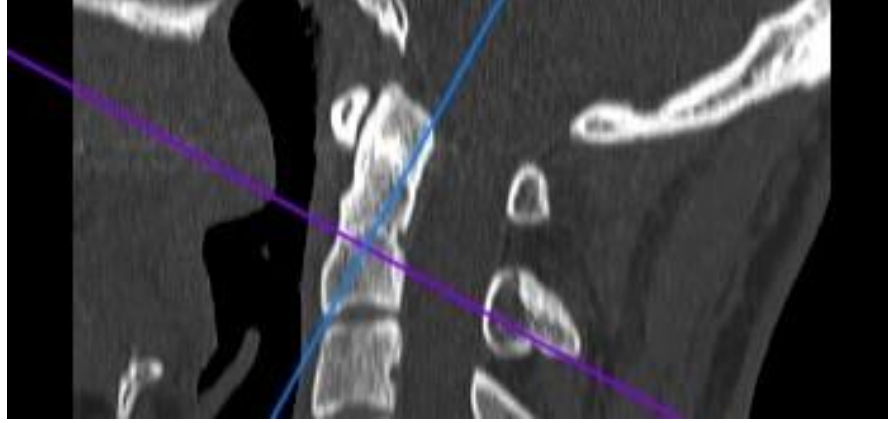
Kişisel iş istasyonunda bulunan bütün BT görüntüleri Curved Multiplanar Reconstruction (3D MPR) kullanılarak üç planda (sagittal, koronal ve horizontal) ortogonal düzleme getirildi. 200 bireye ait BT görüntüleri DICOM dosyası olarak kaydedildi.

Görüntülerin ortogonal düzleme getirilme akış şeması Şekil 3.1’de gösterilmiştir.

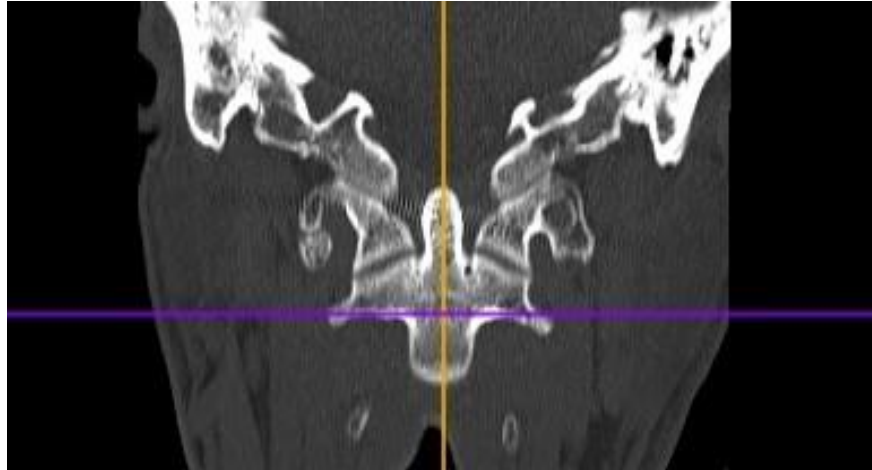


Şekil 3.1. Görüntülerin ortogonal düzleme getirilme akış şeması.

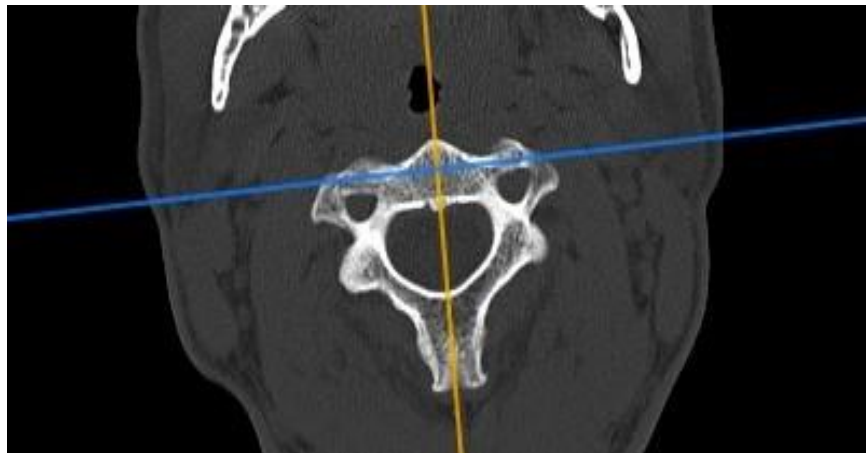
Axis'e ait sagittal, koronal ve horizontal düzlemlerde ortogonale getirilmiş BT görüntüleri Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



(a)



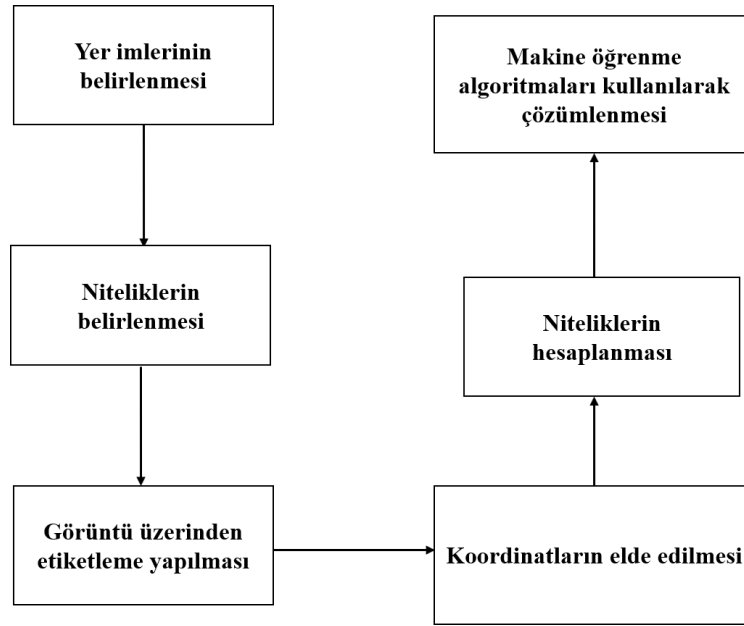
(b)



(c)

Şekil 3.2. a) Sagittal düzlem BT görüntüsü, b) Koronal düzlem BT görüntüsü, c) Horizontal düzlem BT görüntüsü

Koronal ve horizontal düzlemlerde ortogonale getirilen axis'e ait BT görüntüleri Sekazu (V7.02.) programında belirlenen parametrelere göre yer imlerine ait etiketlerin yerleştirilmesi ile koordinatlar elde edilir. Parametrelere göre koordinatların hesaplanması ile makine öğrenme algoritmaları kullanılarak çözümleme işlemi yapılır. Anatomik olarak belirlenen ve yerleştirilen yer imleri şunlardır; dens axis, apex dentis, corpus vertebrae, proc. spinosus, proc. transversus, for. vertebrale, facies articularis superior ve for. transversarium'dur. Sekazu iş akış şeması Şekil 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Sekazu iş akış şeması.

### 3.2. MAKİNE ÖĞRENME ALGORİTMALARI

Makine öğrenme metodu olarak birden çok öğrenme çeşiti bulunur. Öğrenmenin ne türde gerçekleşeceğini saptayan sistem ve sistemde kullanılacak olan öğrenme algoritması, öğrenme çeşidine göre farklılık gösterir (Karslı, 2019). Üç tür makine öğrenme algoritması vardır. Bunlar denetimli öğrenme, denetimsiz öğrenme ve güçlendirilmiş öğrenmedir (Seçgin, 2020). Denetimli öğrenme, girdi ve çıktı verileri arasındaki ilişkiyi modelleyen algoritmadır (Karslı, 2019). Denetimsiz öğrenme, gözlemlere dayalı makine öğrenme algoritmasıdır. Denetimsiz öğrenme makine öğrenme algoritmasında çıktı verilerini kullanmadan sadece girdiler üzerine öğrenme



işlemini ortaya koymaya çalışır (Kutlugün, 2017). Güçlendirilmiş öğrenme ise girdi verilerini, ulaşılması istenen çıktı verileri ile bağdaştıran algoritmadır (Seçgin, 2020).

### **3.3.1. Karar Ağacı (Decision Tree)**

Karar Ağacı (KA), tanımlayıcı tahmin edici ve kolayca uygulanabilen bir yöntemdir (Haciefendioğlu, 2012). En fazla kullanılan denetimli öğrenme kapsamında yer alan KA, herhangi bir olayı sorunun cevabından yola çıkarak bulur (Yılmaz, 2013). KA'nın yapısı kök, karar düğümleri, dallar ve yapraklardan oluşur. İşlem ilk olarak kök kısmından başlar. En alt kısmında yaprak bulunur (Karşlı, 2019). Düğümler, veri grubunda bulunan her bir nitelik olmak üzere üç tür düğüm yer alır. Kök düğümü, bütün verileri iki veya daha fazla sınıflara böler. İç düğüm, ağaç yapısında yer alan olası seçeneklerden birini ifade eder. Son düğüm ise sonucun verildiği sınıftır (Song & Lu, 2015).

### **3.3.2. Rastgele Orman (Random Forest)**

Rastgele Orman (RO) algoritması, 2001 yılında Brierman tarafından geliştirilmiştir. Bu algoritma tek bir ağaca bağlı kalmayarak çok sayıda ağacın kararlarını birleştirir. RO algoritmasında karar ağacı oluşturabilmek için Classification and Regression Tree (CART) algoritması kullanılır. Karar ağacında bulunan düğüm ve dallar CART algoritmasının özelliklerine uygun olarak oluşturulur (Daş & Türkoğlu, 2014).

### **3.3.3. Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machine)**

Destek Vektör Makineleri (DVM), 1960 yılının sonlarına doğru Vladimir Vapnik ve Alexey Chervonenkis tarafından geliştirilmiştir ve temeli istatistiksel öğrenme kuramına dayanır (Güven & Bilgin, 2014). DVM, çok sınıflı ve iki sınıflı sınıflandırılma sorunlarının çözülmesi amacı ile geliştirilmiş makine öğrenme algoritmalarıdır (Ayhan & Erdoğmuş, 2014).

### **3.3.4. Doğrusal Olmayan Destek Vektör Sınıflandırılması (NonLinear Support Vector Classifier)**

Doğrusal Olmayan Destek Vektör Sınıflandırılması (DODVS), veri setinin belirli bir hata veya doğrusal bir fonksiyon şeklinde ayrılmaması durumunda kullanılan makine öğrenme modelidir (Ayhan & Erdoğmuş, 2014). DODVS'ler yüksek doğrulukları olmasından dolayı hastalıkların otomatik olarak teşhisinde kullanılır (Cho et al., 2008).

### **3.3.5. Doğrusal Destek Vektör Sınıflandırılması (Linear Support Vector Classifier)**

Doğrusal Destek Vektör Sınıflandırılması (DDVS), veri setinin bir doğru yardımıyla ayrılması durumunda oluşur (Guran, Uysal, & Dogrusoz, 2014). DDVS, iki büyük veri grubu arasında ayırım yapmak ve doğrusal programlama algoritması oluşturmak için kullanılır (Bradley & Mangasarian, 2000).

### **3.3.6. Lojistik Regresyon (Logistic Regression)**

Lojistik Regresyon (LR), bağımlı değişkenin bir veya birden fazla bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi sayısal verilerle saptayabilmenin en etkili istatistiksel analiz metodudur (Pala, 2013; Stoltzfus, 2011). Regresyon teknikleri, sonuçların tahmin edilebilmesi ve ilişkilerin ölçülebilir olmasından dolayı tıp uygulamalarında çok yönlü olarak tercih edilmektedir (Stoltzfus, 2011). Aynı zamanda biyoloji, veterinerlik ve ekonomi alanlarında da yaygın bir şekilde LR yöntemi kullanılmaktadır (Bircan, 2004).

### **3.3.7. K-En Yakın Komşular Regresyonu (K-Nearest Neighbors Regression)**

K-En Yakın Komşular Regresyonu (K-EYKR), Fix ve Hodges tarafından 1950 yılında geliştirilen denetimli makine öğrenme algoritması modelinin en basit ve parametrik olmayan sınıflandırma metodudur (Muazu Musa et al., 2019). Bu algoritmada, mesafeleri dikkate alan en yakın komşu sayısı 'k', aradaki uzaklığı ise 'd' olarak

isimlendirilmektedir. Uzaklığın hesaplanmasında Manhattan ve Öklid gibi yöntemler kullanılmaktadır (Karşlı, 2019).

### **3.3.8. Gaussian Naive Bayes Sınıflandırması (Gaussian Naive Bayes Classifier)**

Gaussian Naive Bayes (GNB), bütün verileri en yakın yere yerleştirir. Ancak aradaki mesafeyi hesaplamak için Öklid mesafesi yerine, ortalamadan uzaklığı ile sınıf varyansını dikkate alarak hesaplama yapan algoritmadır. Gauss teoremi, oluşan bütün sınıfların normal olarak dağıldığını varsayarak her bir sınıfın 'p' değerine karşılık geldiğini belirtmiştir (Raizada & Lee, 2013). Bayes ise ismini Thomas Bayes tarafından alır ve temeli olasılık teorisine dayanır. Amaç belirsizlik durumları olduğunda olasılık teorisi ile tespit edilmesini sağlamaktır (Karşlı, 2019).

### **3.3.9. Bayesian Ağları (Bayesian Networks)**

Bayesian Ağları, bir dizi değişkene sahip ortak olasılık ilişkilerini grafiksel bir modelle tanımlayabilme hipotezidir. Böylelikle değişkenlere ait olan nitel ve nicel risk faktörlerini ortaya çıkarır. Bayesian ağları yapay zeka, madencilik, makine öğrenme verileri hakkında olasılığın yer aldığı alanlarda kullanılmaktadır (Beken & Eminağaoğlu).

### **3.3.10. Doğrusal Diskriminant Analizi (Linear Discriminant Analysis)**

R. Fisher tarafından geometrik kurallar kullanılarak geliştirilen Doğrusal Diskriminant Analizi (DDA), eski ve çok fazla tercih edilen denetimli öğrenme metodudur. Cinsiyeti bilinmeyen iskelet kısımlarının tespitinde daha çok kullanılmıştır (Santos, Guyomarc'h, & Bruzek, 2014). DDA, farklı grupları en iyi şekilde birbirinden ayıran, gruplar arasında farkları ortaya koyarak yeni grupları sınıflandırabilen metottur (Curate et al., 2017; Etili, Asirdizer, Hekimoglu, Keskin, & Yavuz, 2019).

### **3.3.11. ADA Boost Sınıflandırması (ADA Boost Classifier)**

ADA algoritması, 1996 yılında Freund ve Schapire tarafından geliştirilmiştir. Zayıf öğrenilebilir sınıflandırıcı grupları birleştirilerek güçlü sınıflandırıcı algoritmaları oluşturan yöntemdir (Mathanker, Weckler, Bowser, Wang, & Maness, 2011).

### **3.3.12. Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması (Extra Trees Classifier)**

Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması (EAS), birden fazla karar ağaçlarının oluşturduğu RO algoritmasına aşırı benzerdir. Fakat RO algoritması ile arasında başlıca iki fark vardır. İlki düğümlerin tesadüfen bölünmesidir. İkincisi ise her bir ağacın yeniden örneklenmesi yerine bütün verilerin kullanılması ile elde edilmesidir (Mishra, Sehgal, & Valadi, 2017).

### **3.3.13. Gradyan Arttırma Modeli (Gradient Boost Model)**

Gradyan Arttırma Modeli (GAM), belirli kurallara uyarak zayıf tahmin modellerini yineleyerek güçlü tahmin modeline dönüştürme yöntemidir. Bu model Leo Breiman tarafından ortaya atılmıştır (Nusrat, Uzbaş, & Baykan, 2020; Sarıkaya, 2020).

### **3.3.14. Gauss Süreci Sınıflandırıcısı (Gauss Process Classifier)**

Gauss Süreci Sınıflandırıcısı (GSS), çok değişkenli modellerin normal dağılımlarını sonsuz boyutlu genelleştirme yapan çekirdek tabanlı olasılık teknikleridir (Zhang & Leatham, 2018).

### 3.3.15. Kuadratik Diskriminant Analizi (Quadratic Discriminant Analysis)

Kuadratik Diskriminant Analizi (KDA) algoritmasında, verilerin normal olarak dağıldığı gözlemlenir. Fakat grupların kovaryans-varyans matrislerinin farklı olduğu durumlarda kullanılır (Burmaoğlu, Oktay, & Özen, 2009).

### 3.3.16. Performans Ölçütleri

Hassasiyet, doğruluk, çok ölçekli eğrilik sınıflandırması katsayıları ve F1 skoru performans kriterleri içerisinde yer alır ve konfüzyon matrisi oluşturularak elde edilir.

$$\text{Doğruluk} = \frac{DP}{DP+YN+YP+DN}$$

$$\text{Sensitivite} = \frac{DP}{DP + YN}$$

$$\text{Spesifite} = \frac{DN}{YN+DP}$$

$$\text{ÇÖES} = \frac{DP+YN+YP+DN}{\sqrt{(DP+YP) \times (DP+YN) \times (DN+YP) \times (DN+YN)}}$$

$$F1 = 2 \frac{\text{Hassasiyet} \times \text{Özgüllük}}{\text{Hassasiyet} + \text{Özgüllük}}$$

(DP; Doğru Pozitif, YN; Yanlış Negatif, YP; Yanlış Pozitif, DN; Doğru Negatif, ÇÖES; Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması).

## 3.3. SEKAZU PROGRAMI

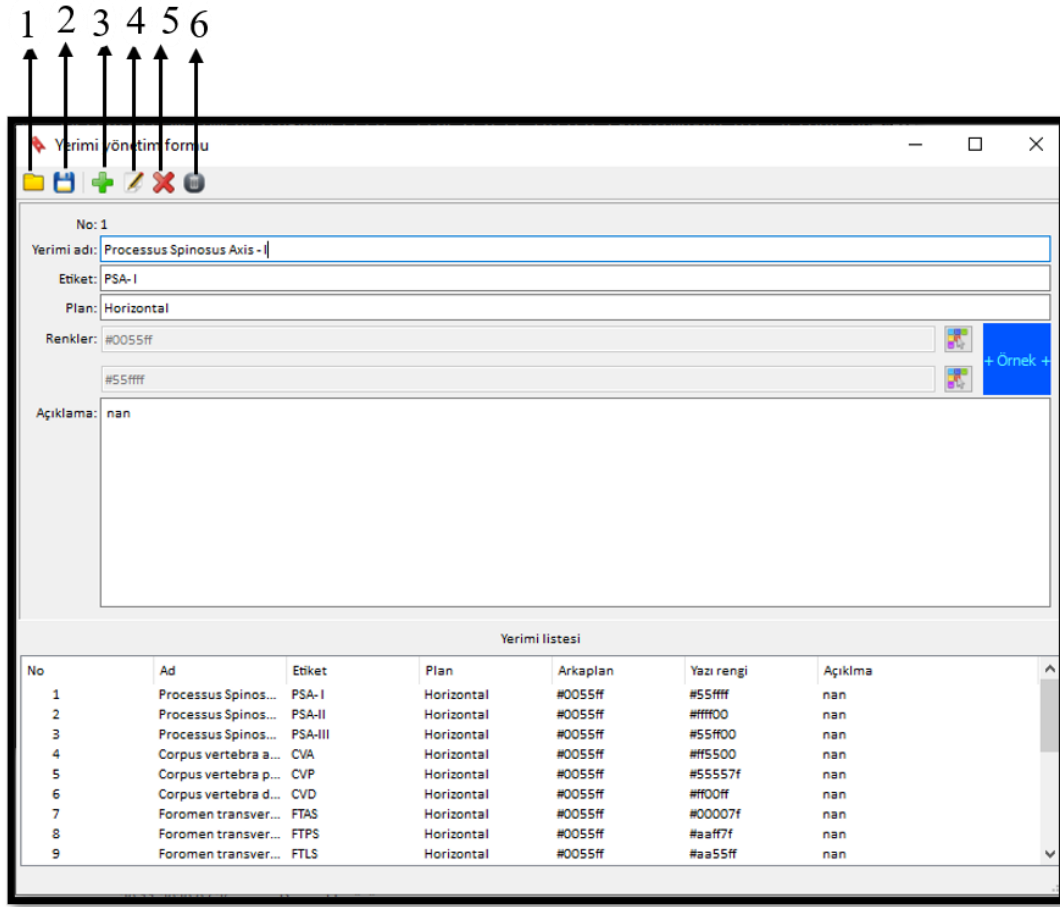
Sekazu Programı, Karabük Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Biyoloji, Anatomi ve Radyoloji Ana Bilim Dalı Öğretim Üyeleri tarafından geliştirilen ve birden fazla düzlem üzerinde çalışma sağlayan bir programdır.

Sekazu programı ile, BT görüntüleri üzerinde yer imlerinin belirlenmesi, etiketlerin yerleştirilmesi, niteliklerin yerleştirilen etiketlerin koordinatları kullanılarak hesaplanması ve hesaplanan nitelikler üzerinden makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak cinsiyet tahmin modellerinin geliştirilmesi işlemleri yapılmıştır.

Program beş bölümden oluşmaktadır: Yer İmi Yönetim Formu, Nitelik Yönetim Formu, Etiketleme Yönetim Formu, Hesaplama Yönetim Formu ve Makine Öğrenme Modelleri kullanılarak çözümlendiği bölümlerden oluşmaktadır.

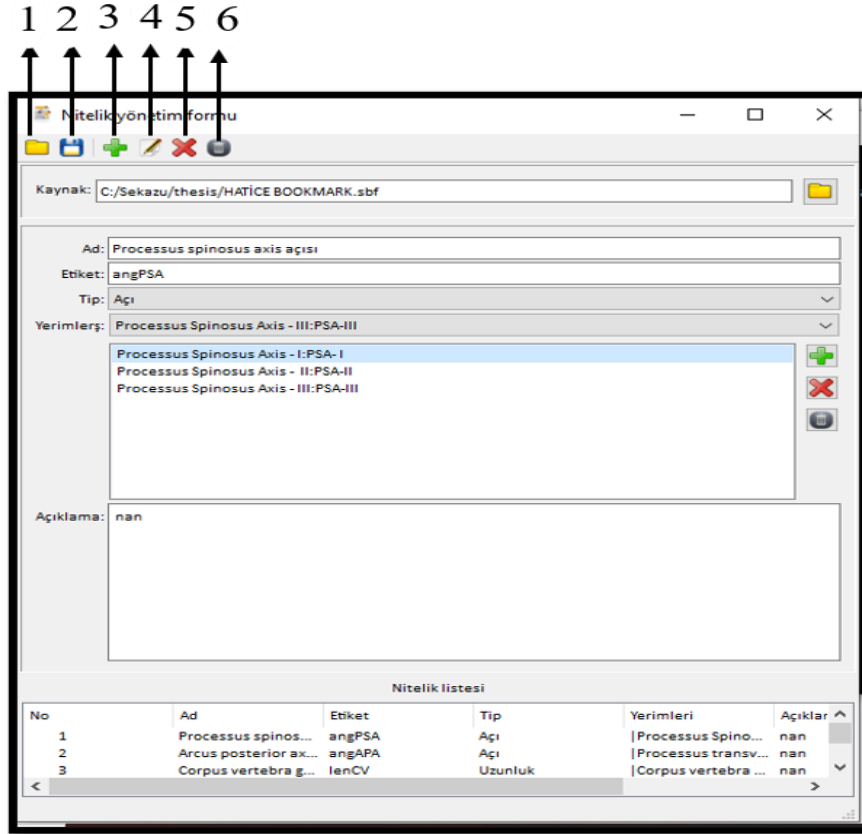
Sekazu programında ilk olarak Yer İmi Yönetim Formu ekranındaki yer imi adı, anatomik veya özelleşmiş bir isim girilir. Etiket, yer imi adını tanımlayacak şekilde harflerden oluşur. Radyolojik görüntülerin planına göre horizontal, koranal veya sagittal olarak yazılır. Etiketlerin arka plan ve yazı rengi seçilir. Açıklama kısmı yer imi hakkında bilgi içerir.

Sekazu programındaki Yer İmi Yönetim Formu uygulama butonları şunlardır; yer imi dosyaların yüklenmesi, tanımlanmış yer imi listesinin kaydedilmesi, tanımlanmış yer imini yer imi listesine ekleme, tanımlanmış yer imlerini değiştirme, seçilmiş yer imini listeden kaldırma ve yer imi listesini temizlemeden oluşmaktadır. Yer İmi Yönetim Formu ekranı Şekil 3.4'te gösterilmiştir.



Şekil 3.4. Sekazu programı yer imi yönetim formu ekranı ve uygulama butonları. (1) Yer imi dosyalarının yüklenmesi, (2) Tanımlanmış yer imi listesinin kaydedilmesi, (3) Tanımlanmış yer imini yer imi listesine ekleme, (4) Tanımlanmış yer imlerini değiştirme, (5) Seçilmiş yer imini listeden kaldırma, (6) Yer imi listesini temizleme.

Nitelik Yönetim Formu ekranında, ad kısmına parametreler, parametrelere uygun şekilde de etiket isimleri girilir. Tip; uzunluk, alan, açı, dairesel alan ve dairesel çevreden oluşur. Parametrelere uygun bir şekilde yer imleri seçilir. Kaynak dosyası olarak belirlemiş olduğumuz yer imi dosyası seçilir. Uygulama butonları şunlardır; nitelik dosyası yükleme, tanımlanmış niteliği listeye kaydetme, tanımlanmış niteliği yer imi listesine ekleme, tanımlanmış niteliğin özelliklerini değiştirme, seçilmiş niteliği listeden kaldırma ve nitelik listesini temizlemedir. Nitelik Yönetim Formu ekranı Şekil 3.5'te gösterilmiştir.

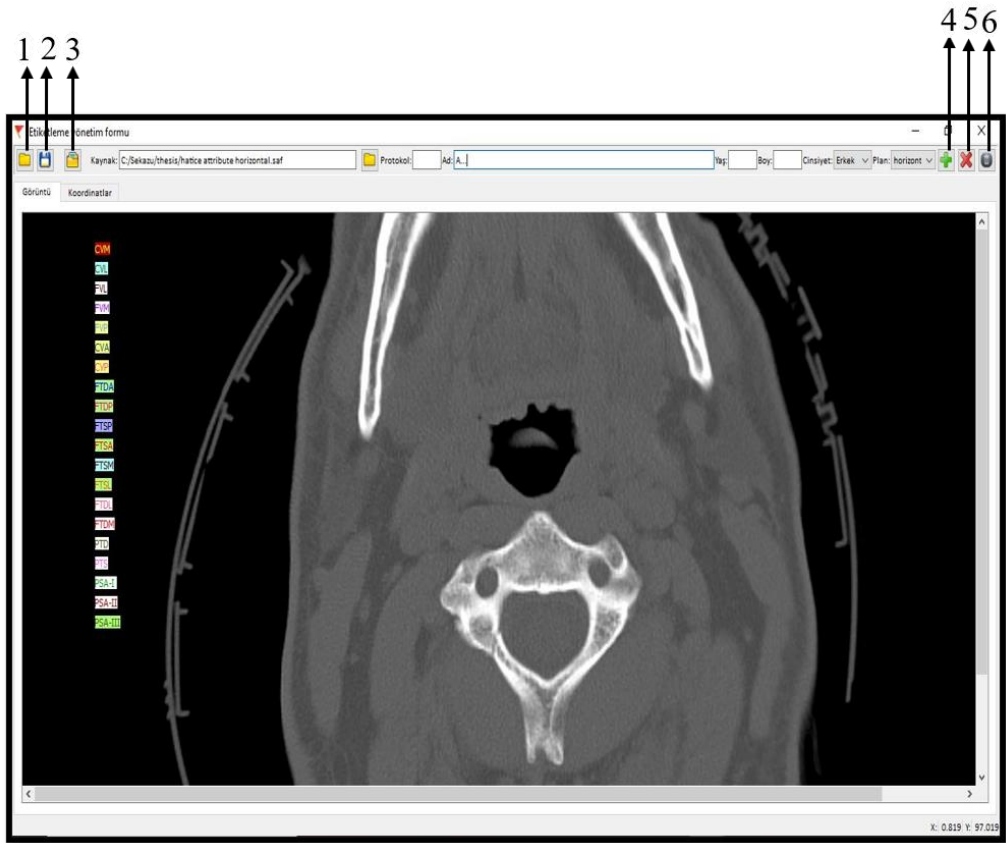


Şekil 3.5. Sekazu programı nitelik yönetim formu ekranı ve uygulama butonları.  
 (1) Nitelik dosyası yükleme, (2) Tanımlanmış niteliği listeye kaydetme,  
 (3) Tanımlanmış niteliği yer imi listesine ekleme, (4) Tanımlanmış niteliğin özelliklerini değiştirme, (5) Seçilmiş niteliği listeden kaldırma, (6) Nitelik listesini temizleme.

Sekazu programı Etiketleme Yönetim Formu ekranı radyolojik görüntü üzerine belirlenen yer imlerin etiketleri yerleştirilir. Kaynak dosyası olarak belirlemiş olduğumuz nitelik dosyasını ekleriz. Protokol numarası Sekazu programında çalışmanın kaçınıcı kez yapıldığı girilir. Ad, yaş, cinsiyet ve boy bilgilerini kişilere göre girilir. Plan olarak BT görüntüsünün düzlemine (sagittal, koronal veya horizontal) göre seçilir. Uygulama butonları sırasıyla etiket dosyası yükleme, etiket dosyası kaydetme, görüntü yükleme, yer imi koordinatlarını koordinat listesine ekleme, seçilmiş koordinatı listeden kaldırma, koordinat listesini temizleme yer almaktadır.

Axis'e ait horizontal düzlem BT görüntüsü ve uygulama butonları Şekil 3.6'da gösterilmiştir.





Şekil 3.6. Etiketleme yönetim formu ekranı ve uygulama butonları. (1) Etiket dosyası yükleme, (2) Etiket dosyası kaydetme, (3) Görüntü yükleme, (4) Yer imi koordinatlarını koordinat listesine ekleme, (5) Seçilmiş koordinatı listeden kaldırma, (6) Koordinat listesini temizleme.

Hesaplama Yönetim Formu ekranında, kaynak dosyası olarak kaydettiğimiz koordinat dosyası seçilir. Uygulama butonları şunlardır; hesaplanmış nitelikler dosyası olarak kaydetme ve kaydettiğimiz koordinat dosyasıdır. Parametrelere göre hesaplama işlemi milimetre (mm) cinsinden yapılmıştır. Hesaplama Yönetim Formu ekranı Şekil 3.7’de gösterilmiştir.

1

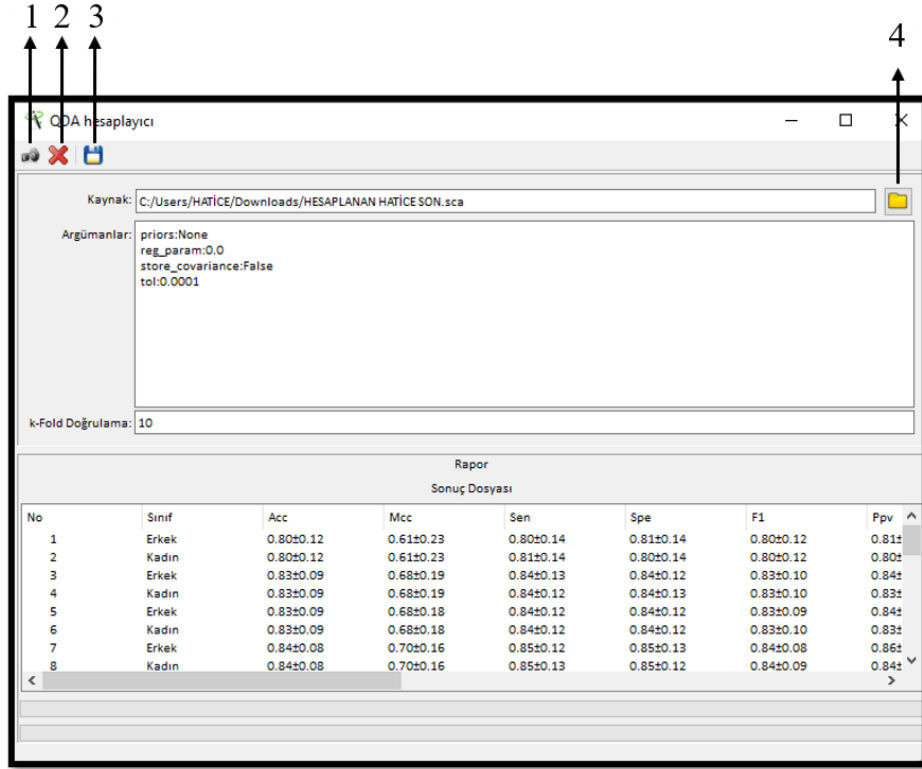
2

No	Protokol	Ad	Yaş	Boy	Cinsiyet	Kaynak	angPSA	angAPA	IenCV	IenCVRP
1	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	98.13010235415...	40.6617332085718	18.9858726647075	14.7451960782
2	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	80.7676481490997	43.09303785636...	19.98266699999...	12.9832806530
3	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	101.1194235185...	42.11025698854...	15.18306158236...	13.2634410536
4	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	89.436453129186	50.94743992148...	18.68815371265...	12.6093519483
5	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	124.5907263452...	43.67151009726...	15.96964862075...	10.8484714390
6	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	77.71904559490...	39.92547691453...	20.77777131157...	16.9389054797
7	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	74.00416780647...	44.71705078342...	20.11740598826...	11.6339674479
8	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	87.07502205084...	43.59197844946...	16.927171747776...	10.0149320941
9	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	70.09625046269...	41.38090610314...	17.190811308375...	11.1337323509
10	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	66.11181323807...	44.95106643668...	15.82674025614...	11.5226413539
11	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	127.1116505551...	47.75113585369...	20.88831907938...	11.8802787205
12	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	91.54815769897...	39.27269675437...	17.09922910036...	13.0723728232
13	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	91.52752544213...	40.42607874009...	17.52420243709...	12.7491800275
14	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	83.33869836022...	38.41242430999...	18.65662878760...	11.6073160686
15	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	92.72631093930...	41.16210539204...	18.1649451170536	10.5064474774
16	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	75.46117486535...	38.58504488556...	19.17537121259...	13.4571820186
17	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	71.7812606395404	39.4495891088939	18.02586425456...	14.3630089150
18	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	76.59249156293...	40.55771834470...	19.6368052526821	14.3789779310
19	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	96.34019174590...	42.71716577038...	19.28866792946...	14.8897445863
20	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	93.3109415146117	44.29268063145...	18.02154313391...	12.8745315659
21	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	71.56505117707...	45.24130040566...	18.09879012515...	11.9360695758
22	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	86.82016988013...	48.09380307118...	17.05732710456...	13.4747346452
23	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	107.3621195471...	43.71090175859...	24.62545800000...	12.0740846460
24	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	96.79039197986...	44.01904687011...	18.60381911275...	13.3074634075
25	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	98.44319092917...	38.61031848307...	20.28044680273...	15.0018426262
26	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	92.89576197346...	40.02586778117...	17.4775652961142	11.8957556695
27	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	88.75463573323...	44.79779443473...	21.67600039317...	12.6885199999
28	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	91.3322198538696	50.71381571894...	22.35509424608...	12.6136374732
29	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	102.7243556854...	45.60392846832...	17.50129603939...	13.0237913494
30	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	115.20112364654...	43.27063236764...	16.383067395054...	13.4858698250

Tüm nitelikler hesaplanarak listeye aktarıldı. Kayıt için hazır.

Şekil 3.7. Hesaplama yönetim formu ekranı. (1) Hesaplanmış nitelikler dosyası olarak kaydetme, (2) Kaydettiğimiz koordinat dosyası.

Hesaplamalar bittikten sonra makine öğrenme modelleri kullanılarak çözümlenme işlemi yapılır. Kullanılan makine öğrenme modelleri şunlardır: RO, KA, DVM, KDA, DODVS, ADA, EAS, K-EYKR, DDA, GNB, GAM, GSS' dir. DDVS algoritması kullanılarak yapılan işlem sonucundaki doğruluk oranı düşük olduğu için çalışmamıza dahil edilmemiştir. Uygulama butonları şu şekildedir; kaynak dosyası seçme, makine öğrenme algoritmalarını uygulama, argüman listesini temizleme ve rapor dosyası olarak kaydetmedir. Kuadratik Diskriminant Analizi (KDA) hesaplama ekranı Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Kuadratik diskriminant analizi (KDA) hesaplama ekranı ve uygulama butonları. (1) Makine öğrenme algoritmalarını uygulama, (2) Argüman listesini temizleme, (3) Rapor dosyası olarak kaydetme, (4) Hesaplanmış dosya seçimi.

Bu programda axis'e ait horizontal ve koronal düzlem BT görüntüleri üzerinden bu çalışma yapıldı. Horizontal düzlem BT görüntüsü üzerinde belirlenen yer imleri ve etiketler Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Horizontal düzlemdeki görüntü üzerinde belirlenen yer imi adları ve etiketleri.

Yer İmi Adı	Etiket
Processus spinosus axis- I	PSA- I
Processus spinosus axis- II	PSA- II
Processus spinosus axis- III	PSA- III
Corpus vertebra anterior	CVA
Corpus vertebra posterior	CVP
Corpus vertebra medialis uç nokta	CVM
Corpus vertebra lateralis uç nokta	CVL
Foramen transversarium anterior sinistra	FTAS
Foramen transversarium posterior sinistra	FTPS
Foramen transversarium lateralis sinistra	FTLS
Foramen transversarium medialis sinistra	FTMS
Foramen transversarium medialis dextra	FTMD
Foramen transversarium lateralis dextra	FTLD
Foramen transversarium anterior dextra	FTAD
Foramen transversarium posterior dextra	FTPD
Foramen vertebra posterior	FVP
Foramen vertebra anterior	FVA
Foramen vertebra lateralis uç nokta	FVL
Foramen vertebra medialis uç nokta	FVM
Processus transversus dextra	PTD
Processus transversus sinistra	PTS

Axis'e ait koronal düzlem BT görüntüsü üzerinden belirlenen yer imleri ve etiketler Çizelge 3.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2. Koronal düzlemdeki görüntü üzerinde belirlenen yer imi adları ve etiketleri.

Yer imi adı	Etiket
Apex dentis	AD
Dens axis inferior	DAI
Dens axis sinistra	DAS
Facies articularis superior sinistra (Superior)	FASS-S
Facies articularis superior sinistra (Inferior)	FASS-I
Facies articularis superior dextra (Superior)	FASD-S
Facies articularis superior dextra (Inferior)	FASD-I
Dens axis dextra	DAD

Nitelik Yönetim Formu ekranında belirlemiş olduğumuz iki düzlem için parametreler oluşturuldu. Parametrelere uygun bir şekilde yer imleri seçildi. Horizontal düzlem için Nitelik Yönetim Formu ekranı Şekil 3.9'da ve koronal düzlem için Şekil 3.10'da gösterilmiştir.

The screenshot shows a software window titled 'Yerimi yönetim formu'. The form contains the following fields:

- No: 1
- Yerimi adı: Processus Spinosus Axis - I
- Etiket: PSA- I
- Plan: Horizontal
- Renkler: #0055ff (with a color picker icon)
- #55ffff (with a color picker icon)
- Açıklama: nan

Below the form is a table titled 'Yerimi listesi' (Location List) with the following columns: No, Ad, Etiket, Plan, Arkaplan, Yazı rengi, Açıklama.

No	Ad	Etiket	Plan	Arkaplan	Yazı rengi	Açıklama
1	Processus Spinos...	PSA-I	Horizontal	#0055ff	#55ffff	nan
2	Processus Spinos...	PSA-II	Horizontal	#0055ff	ffff00	nan
3	Processus Spinos...	PSA-III	Horizontal	#0055ff	#55ff00	nan
4	Corpus vertebra a...	CVA	Horizontal	#0055ff	ff5500	nan
5	Corpus vertebra p...	CVP	Horizontal	#0055ff	#55557f	nan
6	Corpus vertebra d...	CVD	Horizontal	#0055ff	#f00ff	nan
7	Foromen transver...	FTAS	Horizontal	#0055ff	#00007f	nan
8	Foromen transver...	FTPS	Horizontal	#0055ff	#aaff7f	nan
9	Foromen transver...	FTLS	Horizontal	#0055ff	#aa55ff	nan

Şekil 3.9. Sekazu programı nitelik yönetim formu ekranı (Horizontal düzlem).

No	Ad	Etiket	Tip	Yerimleri	Açıklama	Kaynak
1	Sol facies articularis...	lenFAS	Uzunluk	Facies Articularis...	nan	C:/Sekazu/thesis/HATICE BOOKMARK.sbf
2	Sağ facies articularis...	lenFAD	Uzunluk	Facies Articularis...	nan	C:/Sekazu/thesis/HATICE BOOKMARK.sbf
3	Dens axis yüksekliği	lenDA	Uzunluk	Apex densitis:AD ...	nan	C:/Sekazu/thesis/HATICE BOOKMARK.sbf

Şekil 3.10. Sekazu programı nitelik yönetim formu ekranı (Koronal düzlem).

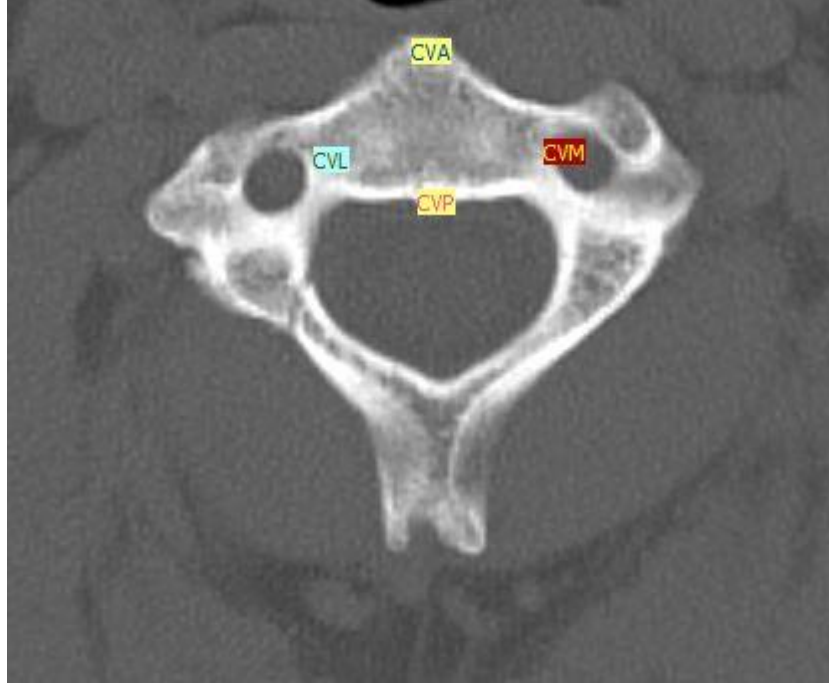
Çizelge 3.3. Bu çalışmada ölçülen parametreler ve kısaltmalar (Length (len) uzunluklar iki yer imi ile angle (ang) açı ise üç yer imiyle tanımlanmıştır).

Kısaltma	Parametreler
Len CVAP	Corpus vertebrae'nin anterior-posterior uzunluğu
Len CVM	Corpus vertebrae'nin maksimum genişliği
Len FTDAP	Sağ for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu
Len FTDM	Sağ for. transversarium'un maksimum genişliği
Len FTSAP	Sol for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu
Len FTSM	Sol for. transversarium'un maksimum genişliği
Len FVAP	For. vertebrae'nin anterior-posterior uzunluğu
Len FVM	For. vertebrae'nin maksimum genişliği
Len FASSM	Sol facies articularis superior'un maksimum uzunluğu
Len FASDM	Sağ facies articularis superior'un maksimum uzunluğu
Len DAM	Dens axis'in maksimum yüksekliği
Len DAP	Dens axis'in anterior-posterior uzunluğu
Len PTM	İki proc. transversus arasındaki maksimum uzaklık
Ang PS	Proc. spinosus açısı
Ang AP	Arcus posterior açısı

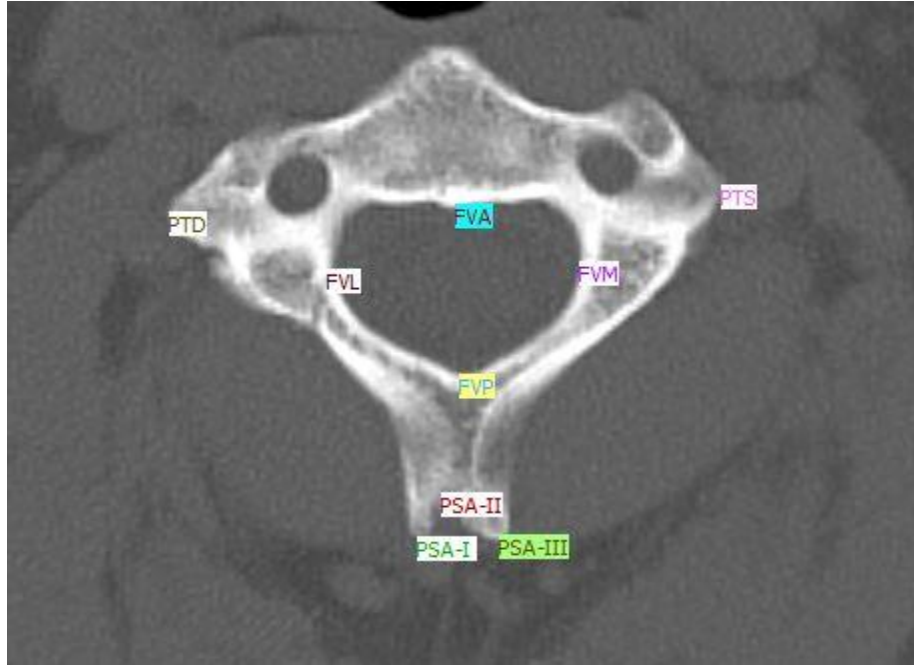
Sekazu programında Etiketleme Yönetim Formu ekranında axis'e ait horizontal ve koronal düzlem BT görüntüleri üzerinde etiket noktaları yerleştirildi. Horizontal düzlem BT görüntüsü üzerine yerleştirilen etiket noktaları Şekil 3.11-13'te gösterilmiştir. Koronal düzlem BT görüntüsü üzerine yerleştirilen etiket noktaları Şekil 3.14 ve Şekil 3.15'te gösterilmiştir.

A) Horizontal düzlemde;

- 1) Len CVAP: CVA ile CVP noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.11.),
- 2) Len CVM: CVM ile CVL noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.11.),
- 3) Len FVM: FVL ile FVM noktaları arasındaki uzaklık (Şekil 3.12.),
- 4) Len FVAP: FVA ile FVP noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.12.),
- 5) Len PTM: PTD ile PTS noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.12.),
- 6) Ang PS: PSA- I, PSA-II ve PSA-III noktaları arasında kalan açı (Şekil 3.12.),
- 7) Ang AP: PTS, PSA-II ve PTD noktaları arasında kalan açı (Şekil 3.12.),
- 8) Len FTDAP: FTAD ile FTPD noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.13.),
- 9) Len FTSAP: FTAS ile FTPS noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.13.),
- 10) Len FTSM: FTLS ile FTMS noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.13.),
- 11) Len FTDM: FTLD noktası ile FTMD noktaları arasında kalan uzaklık parametreleri X ve Y koordinatları elde edilerek ölçüldü (Şekil 3.13).

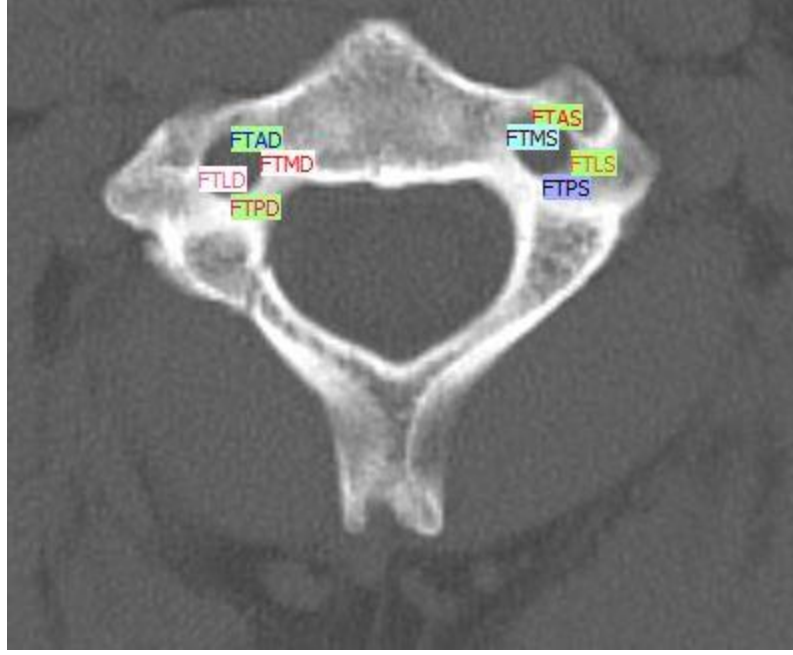


Şekil 3.11. Horizontal düzlemdeki görüntüde etiket noktalarının yerleşimi (CVP; Corpus vertebrae posterior, CVA; Corpus vertebrae anterior, CVM; Corpus vertebrae medialis uç nokta, CVL; Corpus vertebrae lateralis uç nokta).



Şekil 3.12. Horizontal düzlemdeki görüntüde etiket noktalarının yerleşimi (PTD; Proc. transversus dextra, PTS; Proc. transversus sinistra, FVP; For. vertebrae posterior, FVA; For. vertebrae anterior, FVL; For. vertebrae lateralis uç nokta, FVM; For. vertebrae medialis uç nokta, PSA-I Proc. spinosus axis-I, PSA-II; Proc. spinosus axis- II, PSA-III; Proc. spinosus axis-III).

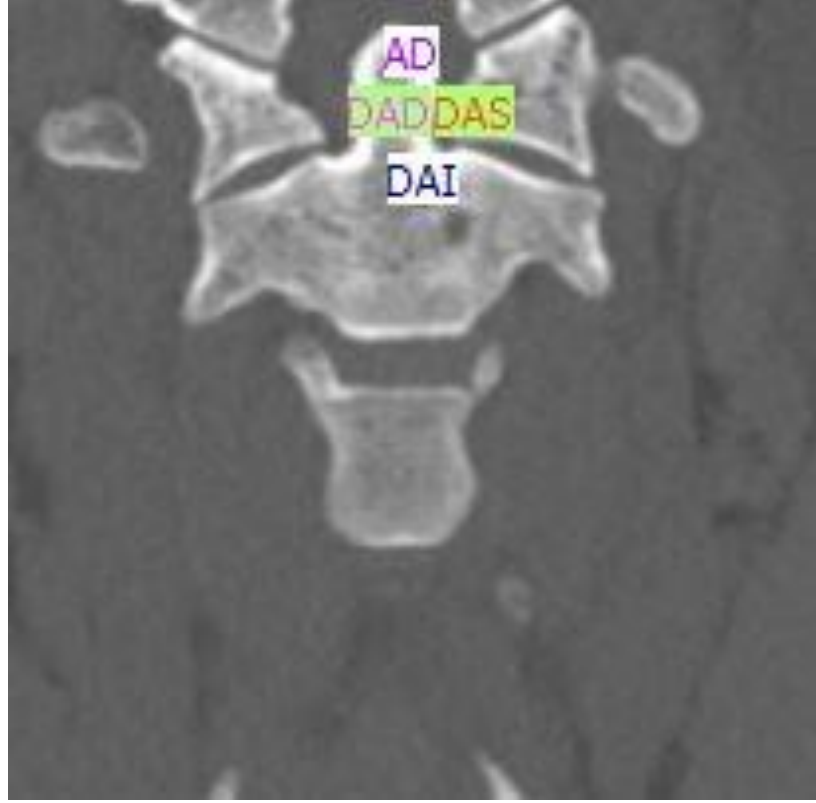




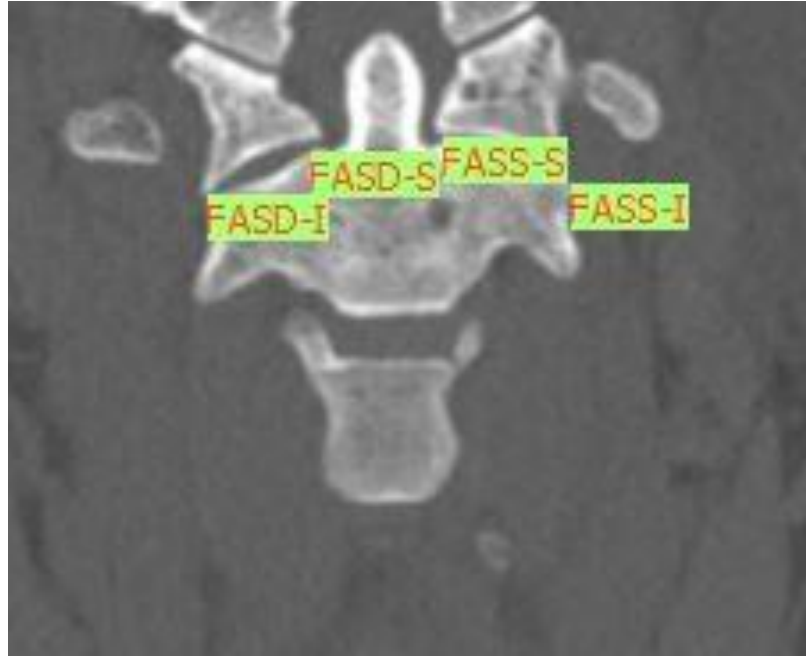
Şekil 3.13. Horizontal düzlemdeki görüntüde etiket noktalarının yerleşimi (FTAS; For. transversarium anterior sinistra, FTPS; For. transversarium posterior sinistra, FTAD; For. transversarium anterior dextra, FTPD; For. transversarium posterior dextra, FTLS; For. transversarium lateralis sinistra, FTMS; For. transversarium medialis sinistra, FTMD; For. transversarium medialis dextra, FTLD; For. transversarium lateralis dextra).

B) Koronal düzlemde;

- 1) Len DAM: AD noktası ile DAI noktası arasında kalan uzaklık (Şekil 3.14.),
- 2) Len DAP: DAD noktası ile DAS noktası arasında kalan uzaklık (Şekil 3.14.),
- 3) Len FASSM: FASS-S noktası ile FASS-I noktası arasında kalan uzaklık (Şekil 3.15.),
- 4) Len FASDM: FASD-S ile FASD-I noktaları arasındaki kalan uzaklık (Şekil 3.15).



Şekil 3.14. Koronal düzlemdeki görüntüde etiket noktalarının yerleşimi (AD; Apex dentis, DAI; Dens axis inferior, DAD; Dens axis dextra, DAS; Dens axis sinistra).



Şekil 3.15. Koronal düzlemdeki görüntüde etiket noktalarının yerleşimi (FASS-S; Facies articularis superior sinistra (Superior), FASS-I; Facies articularis superior sinistra (Inferior), FASD-S; Facies articularis superior dextra (Superior), FASD-I; Facies articularis superior dextra (Inferior)).

Etiketleme Yönetim Formu ekranında axis'e ait BT görüntüleri üzerine yerleştirilen etiket noktalarına göre X ve Y koordinatları elde edilir (Şekil 3.16).

No	Protokol	Ad	Yaş	Boy	Cinsiyet	Kaynak	PSA-I	PSA-II	PSA-III	CVA
1	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	214.4181779999...	218.4638039999...	226.2438539999...	218.775006:97.7...
2	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	273.096449:175...	277.4064360000...	285.634593:176...	278.19007:127.3...
3	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	275.7103820000...	280.8974030000...	289.27645:175.1...	282.09444:140000...
4	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	160.638283:118...	164.135458:114...	166.798428:118...	166.000664:72.9...
5	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	130.952029:105...	136.273737:102...	141.785506:104...	134.563188:60.8...
6	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	155.82408:119.4...	160.34072:112.6...	166.889848:119...	160.792384:66.1...
7	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	114.050244:94.2...	117.0428160000...	121.697928:95.2...	118.7053560000...
8	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	148.810809:107...	153.707302:103...	156.687759999...	150.726828:67.4...
9	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	125.9447109999...	133.52809:95.6...	135.79128:100.1...	133.716591:56.9...
10	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	117.2887249999...	120.1169739999...	123.9434149999...	118.286937:50.0...
11	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	146.41254:111.2...	151.02066:109.5...	154.58148:111.8...	147.87876:65.14...
12	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	156.702666:122...	161.126664:117...	164.619294:121...	166.947714:75.6...
13	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	128.8340639999...	134.7986039999...	139.570236:108...	141.558416:60.0...
14	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	161.290679:113...	165.918819:108...	170.084145:114...	163.836156:71.2...
15	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	205.025200000...	210.373704:133...	213.939360000...	209.779426:96.2...
16	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	127.0414699999...	131.121634:99.9...	134.089026:103...	130.008862:58.4...
17	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	131.378445:103...	134.4382049999...	137.880435:103...	135.2031449999...
18	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	153.824524:118...	156.515332:113...	160.103076:116...	160.103076:67.4...
19	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	122.04984:100.3...	126.64509:97.60...	129.58605:101.4...	131.05653:53.85...
20	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	202.466766:137...	206.527704:133...	211.7489100000...	204.787302:92.5...
21	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	122.8508399999...	126.4640999999...	128.812719:103...	128.27073:54.74...
22	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	143.5300799999...	147.72888:105.0...	151.3063599999...	148.14976:63.97...
23	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	119.338758:97.4...	122.782878:94.3...	127.43244:97.12...	121.749642:50.9...
24	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	130.200742:100...	133.427291:97.5...	139.3109979999...	136.084449:56.7...
25	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	226.800395:154...	231.11724:149.0...	238.42267:153.7...	237.75854:106.9...
26	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	240.2991360000...	245.1889440000...	251.8251120000...	249.0309360000...
27	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	133.912668:105...	137.056018:101...	142.50184:106.7...	138.795888:59.9...
28	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	132.136473:110...	136.405159:106...	141.64409:111.5...	138.927628:59.9...
29	1				Kadın	C:/Sekazu/thesis/...	146.042134:110...	150.625482:107...	154.375494:112...	146.458802:63.5...

Şekil 3.16. Etiketleme yönetim formunda koordinatların elde edildiği ekran.

Oluşturmuş olduğumuz koordinat dosyamız seçildi ve parametrelerimize göre hesaplama işlemi mm cinsinden yapıldı. Koronal ve horizontal düzlem için yapılan hesaplamalar bittikten sonra makine öğrenme modelleri kullanılarak çözümleme işlemi yapıldı.

## BÖLÜM 4

### BULGULAR

Çalışmanın verilerini değerlendirmek için Minitab 17 kullanıldı. Parametrelerin her birine Normality testi olan Anderson-Darling testi yapıldı. Kadın ve erkek bireylerin yaş ortalamaları sırası ile  $34,93 \pm 10,09$  ve  $37,67 \pm 7,43$  olarak elde edildi. Kadın ve erkek bireylerin yaş ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olmadığı tespit edilmiştir ( $p=0,14$ ). Normal dağılım gösteren parametrelere Two Sample t testi; normal dağılım göstermeyenlere ise nonparametrik analiz olan Mann Whitney U testi uygulandı ( $p \leq 0,05$ ).

Çizelge 4.1. Kadın ve erkek bireylere ait normal dağılım gösteren parametrelerde uygulanan Two Sample t testi (Len CVM: Corpus vertebrae'nin maksimum genişliği, Len FVM: For. vertebrae'nin maksimum genişliği, Len FASDM: Facies articularis superior dextra'nın maksimum uzunluğu, Len PTM: Proc. transversus'lar arası maksimum uzaklık, Len FVAP: For. vertebrae anterior-posterior uzunluğu).

Parametreler	Kadın Ort $\pm$ Std	Erkek Ort $\pm$ Std	p
Len CVM	$17,78 \pm 2,07$	$19,68 \pm 3,28$	<b>0,00*</b>
Len FVM	$24,39 \pm 1,64$	$24,45 \pm 1,87$	0,82
Len FASDM	$11,79 \pm 2,87$	$13,05 \pm 2,27$	<b>0,00*</b>
Len PTM	$44,72 \pm 3,02$	$47,72 \pm 2,62$	<b>0,00*</b>
Len FVAP	$17,89 \pm 1,64$	$17,13 \pm 1,50$	<b>0,00*</b>

(Ort: Ortalama, Std: Standart deviasyon, \*:  $p \leq 0,05$ )

Çizelge 4.2. Kadın ve erkek bireylere ait normal dağılım göstermeyen parametrelerde uygulanan Mann Whitney U testi (Ang PS: Proc. spinosus açısı, Ang AP: Arcus posterior açısı, Len CVAP: Corpus vertebrae'nın anterior-posterior uzunluğu, Len FTDAP: For. transversarium dextra'nın anterior-posterior uzunluğu, Len FTDM: For. transversarium dextra'nın maksimum genişliği, Len FTSM: For. transversarium sinistra'nın maksimum genişliği, Len FTSAP: For. transversarium sinistra anterior-posterior uzunluğu, Len FASSM: Facies articularis superior sinistra'nın maksimum uzunluğu, Len DAP: Dens axis'in anterior-posterior uzunluğu, Len DAM: Dens axis'in maksimum yüksekliği).

Parametreler	Kadın Ortanca (Min-Max)	Erkek Ortanca (Min-Max)	p
Ang PS	90,23 (60,74 - 151,84)	97,80 (1,96 - 132,40)	0,14
Ang AP	41,49 (31,48 - 50,94)	44,91 (25,75 - 55,45)	<b>0,01*</b>
Len CVAP	12,82 (9,74 - 19,93)	14,39 (11,74 - 18,36)	<b>0,00*</b>
Len FTDAP	7,84 (4,75 - 12,38)	7,80 (5,22 - 12,78)	0,28
Len FTDM	11,60 (6,74 - 15,70)	11,94 (6,91 - 24,90)	0,06
Len FTSM	11,47 (6,20 - 16,91)	11,87 (7,69 - 20,60)	0,26
Len FTSAP	7,77 (5,15 - 11,28)	7,69 (5,22 - 38,45)	0,84
Len FASSM	12,93 (7,66 - 18,87)	13,33 (7,95 - 21,34)	0,10
Len DAP	14,55 (10,42 - 20,09)	15,80 (8,73 - 28,35)	<b>0,00*</b>
Len DAM	14,49 (11,11 - 21,82)	15,71 (11,25 - 23,91)	<b>0,00*</b>

(Ortanca: Medyan, Min: minimum, Max: maksimum \*:  $p \leq 0,05$ )

Sekazu programında makine öğrenme modelleri kullanılarak çözümlene işlemi yapıldı. Yapmış olduğumuz bu çalışmada kullanılan algoritmalar %80'in eğitim veri seti %20'si test seti olacak şekilde eğitildi. Makine öğrenme modelleri kullanılarak çözümlene işlemi yapılan parametrelerinden her birinden en yüksek doğruluk oranı gösterenler Çizelge 4.3-14'te belirtilmiştir.

RO algoritmasında Ang PS, Ang AP, Len CVAP, Len FTDAP, Len FTDM, Len FTSAP, Len FVM, Len FVAP, Len PTM, Len FASDM, Len DAM parametreleri

kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %88, sensitivite %89, spesifite %88; kadınlarda doğruluk oranı %88, sensitivite %88, spesifite %89 olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. RO Algoritması Çözümleme Çizelgesi (Ang PS: Processus spinosus açısı, Ang AP: Arcus posterior açısı, Len CVAP: Corpus vertebrae'nın anterior-posterior uzunluğu, Len FTDAP: Foramen transversarium dextra anterior-posterior uzunluğu, Len FTDM: Foramen transversarium dextra maksimum genişliği, Len FTSAP: Foramen transversarium sinistra anterior-posterior uzunluğu, Len FVM: Foramen vertebrale maksimum genişliği, Len FVAP: Foramen vertebrale anterior-posterior uzunluğu, Len PTM: Processus transversus'lar arası maksimum uzaklık, Len FASDM: Facies articularis superior dextra'nın maksimum uzunluğu, Len DAM: Dens axis'in maksimum yüksekliği, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

Algoritma İsmi	Rastgele Orman										
Kod Adı	RO										
Parametreler	Ang PS, Ang AP, Len CVAP, Len FTDAP, Len FTDM, Len FTSAP, Len FVM, Len FVAP, Len PTM, Len FASDM, Len DAM										
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,88	0,89	0,88	0,88	0,77	9	1	1	9
2	Test	Kadın	0,88	0,88	0,89	0,88	0,77	9	1	1	9

KA algoritmasında Ang PS, Len CVAP, Len FTDAP, Len FTDM, Len FTSAP, Len FVM, Len FVAP, Len PTM, Len FASDM, Len DAM parametrelerine göre erkeklerde doğruluk oranı %84, sensitivite %80 ve spesifite %88; kadınlarda ise doğruluk oranı %84, sensitivite %88, spesifite %80 elde edilmiştir (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. KA Algoritması Çözümleme Çizelgesi (Ang PS: Proc. spinosus açısı, Len CVAP: Corpus vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len FTDAP: For. transversarium dextra'nın anterior-posterior uzunluğu, Len FTDM: For. transversarium dextra'nın anterior-posterior uzunluğu, Len FTSAP: For. transversarium sinistra'nın anterior-posterior uzunluğu, Len FVM: For. vertebra maksimum genişliği, Len FVAP: For. vertebra anterior-posterior uzunluğu, Len PTM: Proc. transversus'lar arası maksimum uzaklık, Len FASDM: Facies articularis superior dextra'nın maksimum uzunluğu, Len DAM: Dens axis'in maksimum yüksekliği, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

Algoritma İsmi		Karar Ağacı									
Kod Adı		KA									
Parametreler		Ang PS, Len CVAP, Len FTDAP, Len FTDM, Len FTSAP, Len FVM, Len FVAP, Len PTM, Len FASDM, Len DAM									
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,84	0,80	0,88	0,82	0,67	8	2	1	9
2	Test	Kadın	0,84	0,88	0,80	0,84	0,67	9	1	2	8

DVM algoritmasında Ang AP, Len CVAP, Len FTDM, Len FTSM, Len FTSAP, Len FVM, Len FVAP, Len PTM, Len FASSM, Len FASDM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %86, sensitivite %86, spesifite %87; kadınlarda doğruluk oranı %86, sensitivite %86, spesifite %87 oranı elde edilmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. DVM Algoritması Çözümleme Çizelgesi (Ang AP: Arcus posterior açısı, Len CVAP: Corpus vertebrae'nin anterior-posterior uzunluğu, Len FTDM: For. transversarium dextra'nın maksimum genişliği, Len FTSM: For. transversarium sinistra maksimum genişliği, Len FTSAP: For. transversarium sinistra anterior-posterior uzunluğu, Len FVM: For. vertebrale maksimum genişliği, Len FVAP: For. vertebrale anterior-posterior uzunluğu, Len PTM: Proc. transversus'lar arası maksimum uzaklık, Len FASSM: Facies articularis superior sinistra maksimum uzunluğu, Len FASDM: Facies articularis superior dextra maksimum uzunluğu, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

Algoritma İsmi		Destek Vektör Makineleri									
Kod Adı		DVM									
Parametreler		Ang AP, Len CVAP, Len FTDM, Len FTSM, Len FTSAP, Len FVM, Len FVAP, Len PTM, Len FASSM, Len FASDM									
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,86	0,86	0,87	0,86	0,73	9	1	1	9
2	Test	Kadın	0,86	0,86	0,87	0,86	0,73	9	1	1	9



KDA algoritması kullanılarak Ang AP, Len CVM, Len CVAP, Len FTDAP, Len FVM, Len FVAP, Len PTM, Len FASSM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %87, sensitivite %85, spesifite %89; kadınlarda doğruluk oranı %87, sensitivite %89, spesifite %85 elde edilmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. KDA Algoritması Çözümleme Çizelgesi (Ang AP: Arcus posterior açısı, Len CVM: Corpus vertebrae maksimum genişliği, Len CVAP: Corpus vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len FTDAP: For. transversarium dextra anterior-posterior uzunluğu, Len FVM: For.vertebrale maksimum uzunluğu, Len FVAP: For. vertebrale anterior-posterior uzunluğu, Len PTM: Proc. transversus'lar arası maksimum uzaklık, Len FASSM: Facies articularis superior sinistra maksimum uzunluğu, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

Algoritma İsmi		Kuadratik Diskriminant Analizi									
Kod Adı		KDA									
Parametreler		Ang AP, Len CVM, Len CVAP, Len FTDAP, Len FVM, Len FVAP, Len PTM, Len FASSM									
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,87	0,85	0,89	0,87	0,74	9	2	1	9
2	Test	Kadın	0,87	0,89	0,85	0,87	0,74	9	1	2	9

DODVS algoritmasında Ang PS, Ang AP, Len CVAP, Len FTDAP, Len FTDM, Len FTSAP, Len FVM, Len FVAP, Len PTM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %89, sensitivite %90, spesifite %88; kadınlarda doğruluk oranı %89, sensitivite %88, spesifite %90 olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. DODVS Algoritması Çözümleme Çizelgesi (Ang PS: Proc. spinosus açısı, Ang AP: Arcus posterior açısı, Len CVAP: Corpus vertebrae'nın anterior-posterior uzunluğu, Len FTDAP: For. transversarium dextra anterior-posterior uzunluğu, Len FTDM: For. transversarium dextra'nın maksimum genişliği, Len FTSAP: For. transversarium sinistra anterior-posterior uzunluğu, Len FVM: For. vertebrale maksimum genişliği, Len FVAP: For. vertebrale anterior-posterior uzunluğu, Len PTM. Proc. transversus'lar arası maksimum uzaklık, F1: Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

Algoritma İsmi		Doğrusal Olmayan Destek Vektör Sınıflandırması									
Kod Adı		DODVS									
Parametreler		Ang PS, Ang AP, Len CVAP, Len FTDAP, Len FTDM, Len FTSAP, Len FVM, Len FVAP, Len PTM									
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,89	0,90	0,88	0,88	0,78	9	1	1	9
2	Test	Kadın	0,89	0,88	0,90	0,88	0,78	9	1	1	9

ADA algoritmasında Ang AP, Len CVM, Len CVAP, Len FTDAP, Len FTDM, Len FTSM, Len FVM, Len FVAP, Len PTM, Len FASDM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %86, sensitivite %87, spesifite %87; kadınlarda doğruluk oranı %86, sensitivite %87, spesifite %87 olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. ADA Algoritması Çözümleme Çizelgesi (Ang AP: Arcus posterior açısı, Len CVM: Corpus vertebrae maksimum genişliği, Len CVAP: Corpus vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len FTDAP: For. transversarium dextra anterior-posterior uzunluğu, Len FTDM: For. transversarium dextra maksimum genişliği, Len FTSM: For. transversarium sinistra maksimum genişliği, Len FVM: For. vertebrae maksimum genişliği, Len FVAP: For. vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len PTM: Proc. transversus'lar arası maksimum uzaklık, Len FASDM: Facies articularis superior dextra maksimum uzunluğu, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

Algoritma İsmi		Ada Boost Sınıflandırması									
Kod Adı		ADA									
Parametreler		Ang AP, Len CVM, Len CVAP, Len FTDAP, Len FTDM, Len FTSM, Len FVM, Len FVAP, Len PTM, Len FASDM									
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,86	0,87	0,87	0,85	0,73	9	1	1	9
2	Test	Kadın	0,86	0,87	0,87	0,86	0,73	9	1	1	9

EAS algoritmasında Ang PS, Ang AP, Len CVAP, Len FTDM, Len FTSM, Len FVM, Len FVAP, Len PTM, Len FASDM, Len DAM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %89, sensitivite %87, spesifite %91; kadınlarda doğruluk oranı %89, sensitivite %91, spesifite %87 olduğu görülmüştür (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. EAS Algoritması Çözümleme Çizelgesi (Ang PS: Proc. spinosus açısı, Ang AP: Arcus posterior açısı, Len CVAP: Corpus vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len FTDM: For. transversarium dextra maksimum genişliği, Len FTSM: For. transversarium sinistra maksimum genişliği, Len FVM: For. vertebrae maksimum genişliği, Len FVAP: For. vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len PTM: Proc. transversus'lar arası maksimum uzaklık, Len FASDM: Facies articularis superior dextra maksimum uzunluğu, Len DAM: Dens axis'in maksimum yüksekliği, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

Algoritma İsmi		Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması									
Kod Adı		EAS									
Parametreler		Ang PS, Ang AP, Len CVAP, Len FTDM, Len FTSM, Len FVM, Len FVAP, Len PTM, Len FASDM, Len DAM									
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,89	0,87	0,91	0,87	0,78	9	1	1	9
2	Test	Kadın	0,89	0,91	0,87	0,89	0,78	9	1	1	9

GAM algoritması Ang PS, Ang AP, Len CVAP, Len FTSM, Len FVM, Len FVAP, Len PTM, Len FASSM, Len FASDM, Len DAM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %86, sensitivite %83, spesifite %87; kadınlarda doğruluk oranı ise %86, sensitivite %87, spesifite %83 elde edilmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. GAM Algoritması Çözümleme Çizelgesi (Ang PS: Proc. spinosus açısı, Ang AP: Arcus posterior açısı, Len CVAP: Corpus vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len FTSM: For. transversarium sinistra maksimum genişliği, Len FVM: For. vertebrae maksimum genişliği, Len FVAP: For. vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len PTM: Proc. transversus'lar arası maksimum uzaklığı, Len FASSM: Facies articularis superior sinistra maksimum uzunluğu, Len FASDM: Facies articularis superior dextra maksimum uzunluğu, Len DAM: Dens axis'in maksimum yüksekliği, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

Algoritma İsmi		Gradyan Arttırma Modeli									
Kod Adı		GAM									
Parametreler		Ang PS, Ang AP, Len CVAP, Len FTSM, Len FVM, Len FVAP, Len PTM, Len FASSM, Len FASDM, Len DAM									
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,86	0,83	0,87	0,84	0,70	8	2	1	9
2	Test	Kadın	0,86	0,87	0,83	0,85	0,70	9	1	2	8

K-EYKR algoritmasında Ang AP, Len CVM, Len CVAP, Len FTDM, Len FTSAP, Len FVM, Len PTM, Len FASDM, Len DAM, Len DAP parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %88, sensitivite %86, spesifite %87; kadınlarda ise doğruluk oranı %88, sensitivite %87, spesifite %86 olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. K-EYKR Algoritması Çözümleme Çizelgesi (Ang AP: Arcus posterior açısı, Len CVM: Corpus vertebrae maksimum genişliği, Len CVAP: Corpus vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len FTDM: For. transversarium dextra maksimum genişliği, Len FTSAP: For. transversarium sinistra anterior-posterior uzunluğu, Len FVM: For. vertebrae maksimum genişliği, Len PTM: Proc. transversus'lar arası maksimum uzaklığı, Len FASDM: Facies articularis superior dextra maksimum uzunluğu, Len DAM: Dens axis'in maksimum yüksekliği, Len DAP: Dens axis'in anterior-posterior uzunluğu, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

Algoritma İsmi		K-En Yakın Komşular Regresyonu									
Kod Adı		K-EYKR									
Parametreler		Ang AP, Len CVM, Len CVAP, Len FTDM, Len FTSAP, Len FVM, Len PTM, Len FASDM, Len DAM, Len DAP									
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,88	0,86	0,87	0,87	0,74	9	1	1	9
2	Test	Kadın	0,88	0,87	0,86	0,86	0,74	9	1	1	9

DDA algoritmasında Ang AP, Len CVAP, Len FTDAP, Len FTDM, Len FTSM, Len FVM, Len FVAP, Len PTM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %89, sensitivite %87, spesifite %90; kadınlarda doğruluk oranı %89, sensitivite %90, spesifite %87 olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. DDA Algoritması Çözümleme Çizelgesi (Ang AP: Arcus posterior açısı, Len CVAP: Corpus vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len FTDAP: For. transversarium dextra anterior-posterior uzunluğu, Len FTDM: For. transversarium dextra maksimum genişliği, Len FTSM: For. transversarium sinistra maksimum genişliği, Len FVM: For. vertebrae maksimum genişliği, Len FVAP: For. vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len PTM: Proc. transversus'lar arası maksimum uzaklık, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

Algoritma İsmi		Doğrusal Diskriminant Analizi									
Kod Adı		DDA									
Parametreler		Ang AP, Len CVAP, Len FTDAP, Len FTDM, Len FTSM, Len FVM, Len FVAP, Len PTM									
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,89	0,87	0,90	0,87	0,77	9	1	1	9
2	Test	Kadın	0,89	0,90	0,87	0,88	0,77	9	1	1	9

GSS algoritmasında Ang AP, Len CVAP, Len FVM, Len PTM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %84, sensitivite %84, spesifite %84; kadınlarda doğruluk oranı %84, sensitivite %84, spesifite %84 elde edilmiştir (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. GSS Algoritması Çözümleme Çizelgesi (Ang AP: Arcus posterior açısı, Len CVAP: Corpus vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len FVM: For. vertebrae maksimum genişliği, Len PTM: Proc. transversus'lar arası maksimum uzaklık, (F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

Algoritma İsmi		Gauss Süreci Sınıflandırıcısı									
Kod Adı		GSS									
Parametreler		Ang AP, Len CVAP, Len FVM, Len PTM									
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,84	0,84	0,84	0,84	0,68	8	2	2	9
2	Test	Kadın	0,84	0,84	0,84	0,83	0,68	9	2	2	8



GNB algoritmasında Ang PS, Ang AP, Len CVAP, Len FTSAP, Len FVM, Len FVAP, Len PTM, Len FASDM, Len DAM, Len DAP parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %84, sensitivite %76, spesifite %92; kadınlarda ise doğruluk oranı %84, sensitivite %92, spesifite %76 oranları elde edilmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. GNB Algoritması Çözümleme Çizelgesi (Ang PS: Proc. spinosus açısı, Ang AP: Arcus posterior açısı, Len CVAP: Corpus vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len FTSAP: For. transversarium sinistra anterior-posterior uzunluğu, Len FVM: For. vertebrae maksimum genişliği, Len FVAP: For. vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len PTM: Proc. transversus'lar arası maksimum uzaklık, Len FASDM: Facies articularis superior dextra maksimum uzunluğu, Len DAM: Dens axis'in maksimum yüksekliği, Len DAP: Dens axis'in anterior-posterior uzunluğu, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

Algoritma ismi	Gaussian Naive Bayes										
Kod adı	GNB										
Parametreler	Ang PS, Ang AP, Len CVAP, Len FTSAP, Len FVM, Len FVAP, Len PTM, Len FASDM, Len DAM, Len DAP										
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,84	0,76	0,92	0,82	0,70	8	2	1	9
2	Test	Kadın	0,84	0,92	0,76	0,85	0,70	9	1	2	8

#### 4.1. GENEL BAKIŞ

Yapmış olduğumuz bu çalışmada kullanmış olduğumuz 15 parametrenin (Len CVAP, Len CVM, Len FTDAP, Len FTDM, Len FTSAP, Len FTSM, Len FVAP, Len FVM, Len FASSM, Len FASDM, Len DAM, Len DAP, Len PTM, Ang PS, Ang AP) ADA, DDA, DODVS, DVM, EAS, GAM, GNB, GSS, KA, KDA, K-EYKR ve RO algoritmalarında kaç kere kullanıldığı Çizelge 4.15'te gösterilmiştir. Çizelge 4.15'te

gösterilen değerlerin minimum-maksimum normalizasyon ve ortalama değerleri hesaplanmıştır (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.15. Axis'e ait kullanmış olduğumuz 15 parametrenin makine öğrenme algoritmalarında kaç kere kullanıldığının gösterilmesi (Len CVM: Corpus vertebrae'nin maksimum genişliği, Len FVM: For. vertebrae'nin maksimum genişliği, Len FASDM: Facies articularis superior dextra'nın maksimum uzunluğu, Len PTM: Proc. transversus'lar arası maksimum uzaklık, Len FVAP: For. vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Ang PS: Proc. spinosus açısı, Ang AP: Arcus posterior açısı, Len CVAP: Corpus vertebrae'nin anterior-posterior uzunluğu, Len FTDAP: For. transversarium dextra'nın anterior-posterior uzunluğu, Len FTDM: For. transversarium dextra'nın maksimum genişliği, Len FTSM: For. transversarium sinistra'nın maksimum genişliği, Len FTSAP: For. transversarium sinistra anterior-posterior uzunluğu, Len FASSM: Facies articularis superior sinistra'nın maksimum uzunluğu, Len DAP: Dens axis'in anterior-posterior uzunluğu, Len DAM: Dens axis'in maksimum yüksekliği).

	ADA	DDA	DODVS	DVMEAS	GAM	GNB	GSS	KA	KDA	K-EYKR	RO		
<b>Len CVAP</b>	11	13	13	12	12	13	14	12	12	14	13	13	14
<b>Len CVM</b>	6	5	4	5	3	5	6	8	2	8	6	5	1
<b>Len FTDAP</b>	6	10	7	6	3	5	5	4	11	7	5	5	
<b>Len FTDM</b>	9	11	10	7	9	4	4	8	7	5	11	8	
<b>Len FTSAP</b>	4	5	6	9	5	3	7	3	6	1	7	6	
<b>Len FTSM</b>	8	6	6	8	5	7	3	7	7	7	3	4	
<b>Len FVAP</b>	10	14	13	12	11	5	10	10	10	14	10	12	
<b>Len FVM</b>	7	7	10	9	11	10	7	12	6	9	9	9	
<b>Len FASSM</b>	8	5	8	6	5	7	7	6	5	7	4	4	
<b>Len FASDM</b>	8	3	4	12	9	10	10	5	9	2	10	10	
<b>Len DAM</b>	2	7	2	4	7	6	6	12	9	7	10	8	
<b>Len DAP</b>	4	2	4	3	4	4	9	8	6	6	6	3	
<b>Len PTM</b>	13	12	11	13	14	14	14	11	13	12	12	11	
<b>Ang PS</b>	7	5	9	1	7	10	6	1	10	7	1	8	
<b>Ang AP</b>	11	13	12	10	14	14	11	11	3	12	12	12	

Minimum-maksimum normalizasyon değerlerin hesaplanması ile elde edilen verilen her bir satırda bulunan parametrelerin ortalamaları hesaplanmıştır. Her bir satırda bulunan parametrelerin minimum-maksimum normalizasyon değerlerin hesaplamaları bittikten sonra renklendirme işlemi yapılmıştır.

Hesaplamalar sonucunda %40 ve altı değerlere sahip olan Len CVM, Len FTDAP, Len FTSAP, Len FTSM, Len FASSM, Len DAP, Len Ang PS parametreleri bu çalışmada makine öğrenme algoritmaları kullanılarak çözümleme işlemi sonucunda cinsiyet ayrımında düşük olduğu gözlemlendi. Ortalamaları %40'ın üzerinde değer gösteren Len CVAP, Len FTDM, Len FVAP, Len FVM, Len FASDM, Len DAM, Len PTM ve Ang AP parametreleri makine öğrenme algoritmaları kullanılarak yapılan çözümleme işlemi sonucunda cinsiyet ayrımında yüksek olduğu gözlemlendi (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Axis'e ait kullanmış olduğumuz 15 parametrenin makine öğrenme algoritmalarında minimum-maksimum normalizasyon ve ortalama değerleri (Len CVM: Corpus vertebrae'nin maksimum genişliği, Len FVM: For. vertebrae'nin maksimum genişliği, Len FASDM: Facies articularis superior dextra'nın maksimum uzunluğu, Len PTM: Proc. transversus'lar arası maksimum uzaklık, Len FVAP: For. vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Ang PS: Proc. spinosus açısı, Ang AP: Arcus posterior açısı, Len CVAP: Corpus vertebrae'nin anterior-posterior uzunluğu, Len FTDAP: For. transversarium dextra'nın anterior-posterior uzunluğu, Len FTDM: For. transversarium dextra'nın maksimum genişliği, Len FTSM: For. transversarium sinistra'nın maksimum genişliği, Len FTSAP: For. transversarium sinistra anterior-posterior uzunluğu, Len FASSM: Facies articularis superior sinistra'nın maksimum uzunluğu, Len DAP: Dens axis'in anterior-posterior uzunluğu, Len DAM: Dens axis'in maksimum yüksekliği).

	K-												Ortalama
	ADA	DDA	DODVS	DVM	EAS	GAM	GNB	GSS	KA	KDA	EYKR	RO	
Len CVAP	0,7692	0,9231	0,9231	0,8462	0,8462	0,9231	1	0,8462	0,8462	1	0,9231	0,9231	0,8974
Len CVM	0,3846	0,3077	0,2308	0,3077	0,1538	0,3077	0,3846	0,5385	0,0769	0,5385	0,3846	0,3077	0,3269
Len FTDAP	0,3846	0,6923	0,4615	0,3846	0,1538	0,3077	0,3077	0,2308	0,7692	0,4615	0,3077	0,3077	0,3974
Len FTDM	0,6154	0,7692	0,6923	0,4615	0,6154	0,2308	0,2308	0,5385	0,4615	0,3077	0,7692	0,5385	0,5192
Len FTSAP	0,2308	0,3077	0,3846	0,6154	0,3077	0,1538	0,4615	0,1538	0,3846	0	0,4615	0,3846	0,3205
Len FTSM	0,5385	0,3846	0,3846	0,5385	0,3077	0,4615	0,1538	0,4615	0,4615	0,4615	0,1538	0,2308	0,3782
Len FVAP	0,6923	1	0,9231	0,8462	0,7692	0,3077	0,6923	0,6923	0,6923	1	0,6923	0,8462	0,7628
Len FVM	0,4615	0,4615	0,6923	0,6154	0,7692	0,6923	0,4615	0,8462	0,3846	0,6154	0,6154	0,6154	0,6026
Len FASSM	0,5385	0,3077	0,5385	0,3846	0,3077	0,4615	0,4615	0,3846	0,3077	0,4615	0,2308	0,2308	0,3846
Len FASDM	0,5385	0,1538	0,2308	0,8462	0,6154	0,6923	0,6923	0,3077	0,6154	0,0769	0,6923	0,6923	0,5128
Len DAM	0,0769	0,4615	0,0769	0,2308	0,4615	0,3846	0,3846	0,8462	0,6154	0,4615	0,6923	0,5385	0,4359
Len DAP	0,2308	0,0769	0,2308	0,1538	0,2308	0,2308	0,6154	0,5385	0,3846	0,3846	0,3846	0,1538	0,3013
Len PTM	0,9231	0,8462	0,7692	0,9231	1	1	1	0,7692	0,9231	0,8462	0,8462	0,7692	0,8846
Ang PS	0,4615	0,3077	0,6154	0	0,4615	0,6923	0,3846	0	0,6923	0,4615	0	0,5385	0,3846
Ang AP	0,7692	0,9231	0,8462	0,6923	1	1	0,7692	0,7692	0,1538	0,8462	0,8462	0,8462	0,7885

## BÖLÜM 5

### TARTIŞMA

Yaşanan kitlesel ölüm olaylarında tanınmayacak durumda parçalanmış ve yanmış iskelet kalıntılarının analizinde kimlik tespitinin belirlenmesi ilk adımdır. Aynı zamanda kimlik tespitinin yapılması, ceza davalarında, adli soruşturmalarda büyük önem taşımaktadır. Cinsiyetin saptanması kimlik tespiti için önemli özelliktir. Çünkü saptanmış olan cinsiyet, genellikle yaş, boy ve soy gibi bilgilerin tahmin edilmesinde temel olarak kullanılır (Fliss et al., 2019; Krishan et al., 2016; Torimitsu et al., 2018).

Adli antropologlar, cinsiyet tespiti çalışmalarında genellikle morfolojik ve metrik yöntemler kullanırlar. Cinsiyetin saptanmasında morfolojik yöntemler dimorfik özelliklerin gözlemlere dayalı değerlendirmesidir (Krishan et al., 2016). Antropometri tekniği, insan vücut ve iskelet yapısının metrik ve oransal olarak değerlerini bünyesinde barındırır (Ozsoy, Oner, & Oner, 2019). Antropometri, cinsiyet tahmininde LR ve ayırıcı fonksiyon analizleri gibi istatistiksel yöntemler kullanılarak yüksek oranda doğruluk sağlar (Krishan et al., 2016). Kolay uygulanabilir, ucuz olması aynı zamanda kalifiye eleman ve laboratuvar ortamına gerek olmaması hızlı sonuçlar vermesinden dolayı antropometri elverişli bir metottur (Seçgin, 2020). Cinsiyet tahmininde gelişen DNA ve parmak izi teknolojisine rağmen geleneksel tekniklerin kullanımı daha yaygındır. Çünkü DNA ve parmak izi teknolojisi ile yanmış kemik veya kemiklerden cinsiyetin tespit edilmesi çok zor olmakla beraber pahalı, ulaşılabilirliği zor, uzun zaman alması ve bünyesinde kalifiye personelin bulunması gerektiğinden dezavantajlara sahiptir (Ahmed, 2013; Fliss et al., 2019).

Literatürde cinsiyetin tahmin edilmesinde çeşitli kemikler kullanılmıştır. Adli tıp ve biyoarkeolojide pelvis ve cranium kemikleri cinsiyet tahmini çalışmalarında kullanılan en önemli dimorfik bölge olarak kabul edilir (Krishan et al., 2016). Çünkü pelvis ve cranium kemiklerinin bazı bölgeleri cinsiyete özgü morfolojik olarak farklılık gösterir

(Demir, 2014). Kadın pelvis iskeleti doğum yapmak için anatomik olarak özelleşmiş yapıya sahiptir. Yapılan bir çalışmada 50 (25 Kadın, 25 Erkek) bireylere ait pelvis kemiğin BT görüntüleri temel alınarak oluşturulan 3 boyutlu pelvis görüntüleri kullanılmıştır. Bu çalışmada 5 metrik ölçümün çok değişkenli diskriminant analizi sonucunda %96 doğruluk oranı tespit edilmiştir (Gülhan, 2018). Zaafrane ve ark. Tunus popülasyonuna ait cranium'dan BT tarama analizi cinsiyet tespiti çalışmasında dokuz değişkenli modelle %90, altı değişkenli modelle %85,9 doğruluk oranı tespit etmişlerdir (Zaafrane et al., 2018). Literatürde cinsiyet tespitinde pelvis ve cranium kemiklerinin yanı sıra femur, humerus, vertebrae, patella, tibia, talus ve calcaneus üzerine çalışmalar yapılmıştır (Dayal & Bidmos, 2005; Gualdi-Russo, 2007; İşcan, Loth, King, Shihai, & Yoshino, 1998; Kotěrová et al., 2017; Srivastava, Saini, Rai, Pandey, & Tripathi, 2012; Ünlütürk & İşcan, 2013).

Vertebralar cinsiyet tespitinde kullanılan nadir kemikler arasındadır. Ancak olay yerinde sayıca fazla bulunmaları, kütlece hafif ve atipik vertebralar (C1, C2, C7, T1, T9, T10, T11 ve T12) olmasından dolayı cinsiyet tayini üzerine çalışmalar yapılmıştır (Mostafavi, Memarian, Amiri, & Motamedi, 2020; Padovan et al., 2019; Ünlütürk & İşcan, 2013). Ünlütürk ve İşcan'nın çalışmasında C7, T1, T11, T12 ve L5 vertebrae ile Güney Afrikalı siyah ve beyaz popülasyonunda cinsiyet tayini çalışması yapmışlardır. Bu çalışmada, diskriminant fonksiyon analizi kullanılarak yapılan analizde beyaz popülasyonunda %89; siyah popülasyonunda ise %85 doğruluk oranı elde etmişlerdir (Ünlütürk & İşcan, 2013). Literatüre göre vertebrae cervicales'in daha iyi korunduğu için inceleme açısından daha kolaylık sağlayacağı düşünülmüştür ve bu vertebralar arasında axis'in morfolojik olarak farklılık göstermesi, kolayca ayırt edilebilmesinden dolayı cinsiyet tespitinde farklı popülasyonlar için araştırma konusu olmuştur (Gama, Navega, & Cunha, 2015). Bu sebeplerden dolayı bu çalışmada axis kullanıldı.

Gelişen görüntüleme teknolojileri ile BT yöntemi adli antropoloji alanında kullanılmaktadır. Günümüzde adli antropologlar, BT görüntüleme tekniğini cinsiyet ve yaş tespiti çalışmalarında tercih etmektedirler (Zech, Hatch, Siegenthaler, Thali, & Lösch, 2012). BT, maliyetinin az olması, hızlı ve güvenilir sonuçlar veren, girişimsel olmayan bir yöntemdir (Djorojevic, Roldán, García-Parra, Alemán, & Botella, 2014). BT, kemik dokusunun her bir parçasının görüntülenmesini, kemiğin ortogonal

düzleme getirilmesini ve yönünün değiştirilmesine olanak sağlayarak açı, uzunluk ve koordinat hesaplamalarının minimal seviyede etkilenmesine imkan sağlar (Oner et al., 2019). Bu çalışmada, cinsiyet tespiti için kullandığımız BT görüntülerini daha iyi sonuç vermesi ve görüntülerin yönelimden etkilenmemesi adına sagittal, koronal ve horizontal düzlemlerde ortogonal hale getirilerek yapıldı.

Wescott axis'e ait cinsiyet tespiti çalışmasında 400 kuru kemik üzerinde 8 parametreye dayalı diskriminant fonksiyon analizini kullanarak %81,7-83,4 arasında doğruluk oranı elde etmiştir (Wescott, 2000). Bu çalışmada ise Len FASSM, Len FASDM, Len FVAP, Ang PS, Ang AP, Len CVAP, Len FTSM, Len FVM, Len PTM, Len DAM parametreleri kullanılarak GAM algoritması ile %86 doğruluk oranı elde edilmiştir.

Marlow ve Pastor axis'i kullanarak yapmış olduğu cinsiyet tayini çalışmasında 153 kuru kemik üzerinde dijital sürgülü kaliper ile 9 parametreye dayalı ölçüm yapmıştır. Marlow ve Pastor'un bu çalışmasında dört parametresinde aşamalı diskriminant fonksiyon analizi kullanarak %83,3 doğruluk oranı bulmuştur (Marlow & Pastor, 2011). Yapmış olduğumuz bu çalışmada ise DVM algoritması kullanılarak %70-86, KDA modelinde %79-87 doğruluk oranı elde edilmiştir.

Bethard ve Seet'in axis'ten cinsiyet tayini çalışmasında Wescott tarafından geliştirilen 5 parametreye dayalı yöntemi, Amerika popülasyonunda, 258 kuru kemik üzerinde diskriminant fonksiyon analizi yaparak, doğruluk oranı %82,3-%86,7 arasında bulmuşlardır (Bethard & Seet, 2013). Bu çalışmada kullanılan makine öğrenme modellerinden GNB ile %78-84; GSS algoritması ile %73-84 doğruluk oranı elde edildi.

Torimitsu ve ark. çağdaş bir Japon popülasyonunda axis'e ait cinsiyet tayini çalışmasında, 224 BT görüntüsü üzerinde 9 parametreye dayalı olarak yapmış olduğu çalışmada, varyans analizi (ANAVO) ve aşamalı diskriminant fonksiyon analizini kullanmışlardır. En yüksek doğruluk oranını %92,9 olarak elde etmişlerdir (Torimitsu et al., 2016). Bu çalışmada ise Ang AP, Len CVM, Len CVAP, Len FTDAP, Len FTDM, Len FTSM, Len FVM, Len FVAP, Len PTM, Len FASDM parametreleri kullanılarak ADA ile %86 doğruluk oranı elde edilmiştir.

Gama ve ark. axis'i kullanarak yapmış oldukları cinsiyet tahmini çalışmasında 190 kuru kemik kullanmışlardır. 13 parametreye dayalı yaptıkları bu çalışmada dört değişkenli model ile LR analizini kullanarak doğruluk oranı %86,7-89,7 elde etmişlerdir (Gama et al., 2015). DDA çözümlemesi yapılan bu çalışmadaki doğruluk oranı %78–89; KA algoritması ile %70-84 doğruluk oranı elde edildi.

Mostafavi ve ark. yetişkin İran popülasyonunda ikinci boyun omuruna ait 70 BT görüntüsü üzerinden 15 parametreyle cinsiyet tahmini çalışmasında LR modelini kullanarak en yüksek doğruluk oranını %81,4 bulmuşlardır (Mostafavi et al., 2020). RO modeli ile çözümleme yapılan bu çalışmada %79–88 doğruluk oranı; DODVS çözümlemesi ile de %56–89 doğruluk oranı elde edildi.

Len DAM parametresi yapmış olduğumuz bu çalışma ile Mostafavi ve ark. yapmış oldukları çalışmasında erkeklerde kadınlara göre daha uzun olduğu ve cinsiyet ayrımında anlamlı fark olduğunu bulmuşlardır (Mostafavi et al., 2020). Gama ve ark. çalışmasında Len DAM parametresi erkeklerde kadınlara daha yüksek olduğu fakat cinsiyet ayrımında anlamlı olmadığı bulunmuştur (Gama et al., 2015). Yapmış olduğumuz bu çalışma ile Gama ve ark.'ın çalışmasında Len DAM parametresi cinsiyet ayrımında farklılık göstermesi; çalışmaya dahil edilen kişi sayısı, yaş, uygulanan istatistiksel modellerin farklı olmasından ötürü kaynaklandığını düşünmekteyiz.

Literatürdeki yapılan çalışmalara göre Len CVM parametresi kadınlara göre erkeklerde daha uzun olduğu ve cinsiyet ayrımında anlamlı fark olduğunu bulmuşlar (Mostafavi et al., 2020; Torimitsu et al., 2016). Yapmış olduğumuz bu çalışmada ise Len CVM parametresi kadınlara göre erkeklerde daha uzun olduğu ve cinsiyet ayrımında anlamlı olduğu bulunmuştur. Len CVM parametresi bu çalışmada Torimitsu ve ark. ile Mostafavi ve ark. çalışmalarını destekler niteliktedir.

Len FVM parametresi, Torimitsu ve ark. (Torimitsu et al., 2016), çalışmasında kadınlara göre erkeklerde daha uzun olduğu ve cinsiyet ayrımında anlamlı farkın olduğunu bulmuşlardır. Mostafavi ve ark. çalışmasında Len FVM parametresi kadınlara göre erkeklerde daha uzun ve cinsiyet ayrımında anlamlı fark olmadığını



bulmuşlardır (Mostafavi et al., 2020). Yapmış olduğumuz bu çalışmada ise erkeklerde kadınlara göre Len FVM parametresi daha uzun ancak cinsiyet ayrımında anlamlı bir fark yoktur. Len FVM parametresi yapmış olduğumuz bu çalışmada cinsiyet ayrımında anlamlı fark gözlenmemesinde çalışmada kullanılan kişi sayısı, uygulanan istatistiksel analiz, ırk, yaş ve metotların farklılık göstermesi sebeplerinden ötürü kaynaklandığı düşüncesindeyiz.

Gama ve ark. (Gama et al., 2015) ile Mostafavi ve ark. (Mostafavi et al., 2020) yapmış oldukları ikinci boyun omuruna ait cinsiyet tahmini çalışmalarında Len FVAP parametresi erkeklerde kadınlara oranla daha uzun olduğu ancak cinsiyet ayrımında anlamlı olmadığını bulmuşlardır. Yapmış olduğumuz bu çalışmada ise Len FVAP parametresi erkeklere göre kadınlarda daha uzun olduğu ve cinsiyet ayrımında anlamlı olduğu bulunmuştur. Len FVAP parametresinde bu farklılığın olmasındaki sebebin; kişi sayısı, kullanılan metotların farklı olması, popülasyon, cinsiyet, yaş etmenlerinin etkili olabileceği kanaatindeyiz.

Len CVAP parametresi, Torimitsu ve ark. (Torimitsu et al., 2016) ile Mostafavi ve ark. (Mostafavi et al., 2020) çalışmalarında kadınlara göre erkeklerde daha uzun olduğu ve cinsiyete göre anlamlı fark olduğunu bulmuşlardır. Yapmış olduğumuz bu çalışmada ise Len CVAP parametresi kadınlara oranla erkeklerde daha uzun olduğu gözlenmiştir ve cinsiyet ayrımında anlamlı olduğu gözlenmiştir. Bu çalışma Torimitsu ve ark. ile Mostafavi ve ark. yapmış oldukları çalışmalarını desteklemektedir.

Curate ve ark. (Curate et al., 2017) Portekiz popülasyonuna ait Coimbra Tanımlanmış İskelet Koleksiyonundan 200 kuru kemik ile yapmış oldukları femurdan cinsiyet tayini çalışmasında 15 parametre ölçmüşlerdir. Yapmış oldukları çalışmada doğruluk oranlarını DDA kullanarak %85-92,5; LR da ise %84-91 bulmuşlardır. Yapmış olduğumuz bu çalışmada ise axis'ten DDA modeli ile %78-89 doğruluk oranı elde edilmiştir.

Dong ve ark. Çin Han popülasyonunda mandibula'nın cinsiyet analizi çalışmasında 203 koni ışın BT görüntüleri kullanmışlardır. Bu çalışmada 11 parametre (9 uzunluk ve 2 açı) kullanarak çok değişkenli üzerinde çapraz doğrulanmış cinsiyet dağılımı

doğrudan DDA ile %84,2, aşamalı diskriminant analizi ile %83,3 doğruluk oranı; doğrudan LR analizi ile %83,5, aşamalı LR analizinde %80,5 doğruluk oranı bulmuşlardır (Dong et al., 2015). Yapmış olduğumuz bu çalışmada ise EAS algoritmasında %79-89 doğruluk oranı elde edilmiştir.

Gama ve ark. yapmış oldukları çalışmasında FASSM ve FASDM parametreleri cinsiyet ayrımında anlamlı farkın olduğunu bulmuşlardır (Gama et al., 2015). Bu çalışmada ise Len FASDM parametresinde cinsiyet ayrımında anlamlı fark gözlenmesine rağmen Len FASSM parametresinde gözlenmemiştir. Len FASSM parametresinde bu farklılığın gözlenmesindeki etmenlerin; yöntem, kişi sayısı, çalışmada kullanılan kişilerin beslenme şekli, popülasyonun farklı olmasından kaynaklanacağı düşüncesindeyiz.

Yapmış olduğumuz bu çalışmada Len CVAP ve Len PTM parametrelerin minimum-maksimum normalizasyon değerleri kullanmış olduğumuz makine öğrenme algoritmaların (ADA, RO, KA, DVM, KDA, DODVS, EAS, GAM, K-EYKR, DDA, GSS ve GNB) hepsinde cinsiyet ayrımında yüksek olduğu gözlemlendi. Len CVM parametresi ise sadece KDA ve GSS algoritmalarında cinsiyet ayrımında yüksek olduğu tespit edildi. Len CVAP ve Len PTM parametreleri axis'e ait cinsiyet analizi çalışmalarında makine öğrenme algoritmaları ile desteklenerek cinsiyet tespitinde yüksek oranda doğruluk oranı elde edileceği düşüncesindeyiz.

Ang AP ve Len FVM parametrelerinde sadece KA algoritmasında cinsiyet ayrımında doğruluk oranı düşük olduğu tespit edildi. Len FVAP parametresinde ise sadece GAM algoritmasında cinsiyet ayrımında doğruluk oranı düşük olduğu gözlemlendi. Bu farklılığın sebebi kullanmış olduğumuz algoritmaların kendine özgü yapısı ve işleyişi olmasından dolayı kaynaklandığı kanaatindeyiz.

Len FTDAP parametresi KDA, KA, DODVS ve DDA algoritmalarında cinsiyet analizinde yüksek oranda doğruluk oranı elde edilmiştir. Len FTDM parametresinde ise GAM, GNB ve KDA algoritmalarında cinsiyet ayrımında düşük oranda doğruluk oranı elde edildi.

Kullanmış olduğumuz DVM, GNB ve K-EYKR algoritmalarında Len FTSAP parametresi cinsiyet ayrımında yüksek oranda doğruluk oranı elde edildi. DDA, DODVS, EAS, GNB, K-EYKR ve RO algoritmalarında ise kullanmış olduğumuz Len FTSM parametresi cinsiyet ayrımında düşük doğruluk oranı elde edildi.

Len FASSM parametresi kullanmış olduğumuz KDA, GNB, GAM, DODVS ve ADA algoritmalarında cinsiyet ayrımında istatistiksel olarak yüksek oranda doğruluk oranı elde edildi. Len FASDM parametresinde ise DDA, DODVS, GSS ve KDA algoritmalarında cinsiyet ayrımında düşük oranda doğruluk oranı tespit edildi.

Len DAM parametresi ADA, DODVS, DVM, GAM ve GNB algoritmalarında; Ang PS parametresi DDA, DVM, GNB, GSS ve K-EYKR algoritmalarında cinsiyet ayrımında düşük oranda doğruluk oranı elde edildi. Len DAP parametresinde ise sadece GNB ve GSS algoritmalarında yüksek oranda doğruluk oranı olduğu gözlemlendi.

Cinsiyet analizi çalışmalarında Ang AP, Ang PS, Len PTM, Len DAP, Len FTSAP, Len FTSM, Len FTDAP, Len FTDM parametreleri yapmış olduğumuz literatür taramasına göre rastlanılmamıştır. Yapmış olduğumuz bu çalışmada Ang PS, Len FTDM ve Len FTSM parametreleri erkeklerde kadınlara göre daha fazla olduğu görülmüştür. Ancak bu parametreler cinsiyete göre anlamlı fark olmadığı gözlenmiştir. Len FTDAP ve Len FTSAP parametreleri erkeklere göre kadınlarda daha uzun olduğu gözlenmesine rağmen cinsiyete göre fark gözlenmedi. Len PTM, Ang AP ve Len DAP parametrelerinde ise kadınlara göre erkeklerde fazla olduğu gözlenmiştir. Bu parametreler cinsiyet ayrımında anlamlı fark olduğu gözlenmiştir. Len PTM, Len DAP ve Ang AP parametreleri ileride yapılacak olan yeni çalışmalarda katkı sağlayacağı kanaatindeyiz.

Bu çalışmada Ang AP, Ang PS, Len PTM, Len DAP, Len DAM, Len FASDM, Len FASSM, Len FVM, Len FVAP, Len FTSAP, Len FTSM, Len FTDAP, Len FTDM, Len CVM, Len CVAP parametreleri makine öğrenme modelleri kullanılarak yapılan ölçümlerin doğruluk oranları şunlardır: ADA %74–86, KA %70-84, EAS %79 – 89,

GAM %76-86, GNB %78-84, GSS %73-84, K-EYKR %77-88, DDA %78-89,  
DODVS %56-89, KDA %79-87, RO %79-88, DVM %70-86' dir.

## **BÖLÜM 6**

### **SONUÇ VE ÖNERİLER**

Yapmış olduğumuz bu çalışmada sağlıklı 200 bireyin (100 Erkek – 100 Kadın) BT görüntüleri üzerinden axis'te belirlenen yer imleri ile 15 parametre Sekazu (V7.02.) programında mm cinsinden hesaplanmıştır. Hesaplanan parametreler makine öğrenme modelleri kullanılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Axis üzerindeki ölçümlerle yapılan cinsiyet tahmini çalışmamızda makine öğrenme modellerin en yüksek doğruluk oranları; RO %88, KA %84, DVM %86, KDA %87, DODVS %89, ADA %86, EAS %89, K-EYKR %88, DDA %89, GNB %84, GAM %86, GSS %84 olarak elde edilmiştir.

#### **6.1. ÖNERİLER**

Çalışmamızda kullanılan BT görüntülerin ve parametre sayıları artırılarak farklı popülasyonlar için geometrik morfometrik yöntemi ile de desteklenerek daha fazla doğruluk oranı elde edileceği kanaatindeyiz.

## KAYNAKLAR

Ahmed, A. A., "Estimation of sex from the upper limb measurements of Sudanese adults", *Journal of forensic and legal medicine*, 20(8), 1041-1047 (2013).

Ali, Z., Cox, C., Stock, M. K., Zandee vanRilland, E. E., Rubio, A., & Fowler, D. R. "Estimating sex using metric analysis of the scapula by postmortem computed tomography", *Journal of forensic sciences*, 63(5), 1346-1349 (2018).

Arifoğlu, Y. "Her Yönüyle Anatomi, 1. baskı ed.", *İstanbul Tıp Kitapevleri*, İstanbul, 82-84 (2017).

Arıncı, K., Elhan, A. "Anatomi, 5. baskı ed.", *Güneş Tıp Kitapevleri*, Ankara, 58-60 (2016).

Atılğan, M., & Akkoyun, M. "Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Adli Tıp Anabilim Dalından Yaş Tayini İstenen Olguların Değerlendirilmesi", *The Bulletin of Legal Medicine*, 22(1), 34-39 (2017).

Ayhan, S., & Erdoğan, Ş. "Destek vektör makineleriyle sınıflandırma problemlerinin çözümü için çekirdek fonksiyonu seçimi", *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 9(1), 175-201 (2014).

Beken, S., & Eminağaoğlu, M. "An information security risk assessment model based on bayesian network and fuzzy inference system", *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 10(1), 13-33 (2019).

Bethard, J. D., & Seet, B. L. "Sex determination from the second cervical vertebra: a test of Wescott's method on a modern American sample", *Journal of forensic sciences*, 58(1), 101-103 (2013).

Bingöl, S., "Osmanlı Devleti'nde Tanzimattan Sonra Kriminal Kimlik Tespit Yöntemlerine Dair Notlar ve Belgeler", *Belleten*, 274, 845-890 (2011).

Bircan, H., "Lojistik regresyon analizi: Tıp verileri üzerine bir uygulama", *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (8), 185-208 (2004).

Bostan, H., "Antropoloji, Kültür ve Güvenlik", *Güvenlik Bilimleri Dergisi*, 5. (2016).

Bradley, P., & Mangasarian, O. "Massive data discrimination via linear support vector machines", *Optimization methods and software*, 13(1), 1-10 (2000).

Burmaoğlu, S., Oktay, E., & Özen, Ü. "Birleşmiş Milletler kalkınma programı beşeri kalkınma endeksi verilerini kullanarak diskriminant analizi ve lojistik regresyon sınıflandırma performanslarının karşılaştırılması", *Savunma Bilimleri Dergisi*, 8(2), 23-49 (2009).

Cho, B. H., Yu, H., Lee, J., Chee, Y. J., Kim, I. Y., & Kim, S. I., "Nonlinear support vector machine visualization for risk factor analysis using nomograms and localized radial basis function kernels", *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 12(2), 247-256 (2008).

Curate, F., Umbelino, C., Perinha, A., Nogueira, C., Silva, A. M., & Cunha, E., "Sex determination from the femur in Portuguese populations with classical and machine-learning classifiers", *Journal of forensic and legal medicine*, 52, 75-81 (2017).

Çölölu, A., İşcan, M., Yavuz, M. F., & Sari, H., "Sex determination from the ribs of contemporary Turks", *Journal of Forensic Science*, 43(2), 273-276 (1998).

Darmawan, M., Yusuf, S. M., Kadir, M. A., & Haron, H., "Comparison on three classification techniques for sex estimation from the bone length of Asian children below 19 years old: an analysis using different group of ages", *Forensic science international*, 247, 130. e131-130. e111 (2015).

Daş, B., & Türkoğlu İ, "DNA dizilimlerinin sınıflandırılmasında karar ağacı algoritmalarının karşılaştırılması", *Elektrik – Elektronik – Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu*, Bursa, 381-383 (2014).

Dayal, M. R., & Bidmos, A., "Discriminating sex in South African blacks using patella dimensions", *Journal of Forensic Science*, 50(6), JFS2004306-2004304 (2005).

Demir, S. "Klivus ve foramen magnum ölçüleri ile posterior kranial fossa hacminin temporal bt görüntüleri aracılığıyla cinsiyet tahmininde kullanılması", *Uzmanlık tezi, Pamukkale Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 39-48 (2014).

Djorojevic, M., Roldán, C., García-Parra, P., Alemán, I., & Botella, M. "Morphometric sex estimation from 3D computed tomography os coxae model and its validation in skeletal remains", *International journal of legal medicine*, 128(5), 879-888 (2014).

Dong, H., Deng, M., Wang, W., Zhang, J., Mu, J., & Zhu, G. "Sexual dimorphism of the mandible in a contemporary Chinese Han population", *Forensic science international*, 255, 9-15 (2015).

Etli, Y., Asirdizer, M., Hekimoglu, Y., Keskin, S., & Yavuz, A. "Sex estimation from sacrum and coccyx with discriminant analyses and neural networks in an equally distributed population by age and sex", *Forensic Sci Int*, 303, 109955 (2019).

Fliss, B., Luethi, M., Fuernstahl, P., Christensen, A. M., Sibold, K., Thali, M., & Ebert, L. C. "CT-based sex estimation on human femora using statistical shape modeling", *American journal of physical anthropology*, 169(2), 279-286 (2019).

Franklin, D., Flavel, A., Kuliukas, A., Cardini, A., Marks, M. K., Oxnard, C., & O'Higgins, P. "Estimation of sex from sternal measurements in a Western Australian population", *Forensic science international*, 217(1-3), 230. e231-230. e235 (2012).

Gama, I., Navega, D., & Cunha, E. "Sex estimation using the second cervical vertebra: a morphometric analysis in a documented Portuguese skeletal sample", *International journal of legal medicine*, 129(2), 365-372 (2015).

Gilroy, A., MacPherson, B., & Ross, L. ", "Anatomi Atlası, 2. baskı", Cemil Cen Denk, Hakan Hamdi Çelik, *Palme Yayıncılık*, Ankara, 4-21 (2010).

Gonzalez-Colmenares, G., Sanabria Medina, C., Rojas-Sanchez, M. P., Leon, K., & Malpud, A. "Sex estimation from skull base radiographs in a contemporary Colombian population", *J Forensic Leg Med*, 62, 77-81 (2019).

Gualdi-Russo, E. "Sex determination from the talus and calcaneus measurements", *Forensic science international*, 171(2-3), 151-156 (2007).

Gulhan, O., Harrison, K., & Kiris, A. "A new computer-tomography-based method of sex estimation: Development of Turkish population-specific standards", *Forensic Sci Int*, 255, 2-8 (2015).

Guran, A., Uysal, M., & Dogrusoz, O. "Effects of support vector machines parameter optimization on sentiment analysis", *DEU Engineering Faculty The Journal Of Engineering Sciences*, 16, 86-93 (2014).

Gülhan, Ö. "Pelvis'ten Radyolojik yöntemler ile Cinsiyet Tayini: Türkiye Örnekleme", *Antropoloji*, (36), 53-69 (2018).

Güven, Z. B., & Bilgin, T. T. "Zaman Serileri Madenciliği Kullanılarak Nüfus Artışı Tahmin Uygulaması", *Akademik Bilişim*, 5-7 (2014).

Haciefendioğlu, Ş. "Makine öğrenmesi yöntemleri ile glokom hastalığının teşhisi", Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 22-60 (2012).

Hishmat, A. M., Michiue, T., Sogawa, N., Oritani, S., Ishikawa, T., Fawzy, I. A., . . . Maeda, H. "Virtual CT morphometry of lower limb long bones for estimation of the sex and stature using postmortem Japanese adult data in forensic identification", *Int J Legal Med*, 129(5), 1173-1182 (2015).

İşcan, M. Y., Loth, S. R., King, C. A., Shihai, D., & Yoshino, M. "Sexual dimorphism in the humerus: a comparative analysis of Chinese, Japanese and Thais", *Forensic science international*, 98(1-2), 17-29 (1998).

Karlı, Ö. B. "Makine öğrenme yöntemleri ile karaciğer hastalığının teşhisi", Yüksek Lisans Tezi, *Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ağrı, 7-14 (2019).

Kotěrová, A., Velemínská, J., Dupej, J., Brzobohatá, H., Pilný, A., & Brůžek, J. "Disregarding population specificity: its influence on the sex assessment methods from the tibia", *International journal of legal medicine*, 131(1), 251-261 (2017).

Krishan, K., Chatterjee, P. M., Kanchan, T., Kaur, S., Baryah, N., & Singh, R. "A review of sex estimation techniques during examination of skeletal remains in forensic anthropology casework", *Forensic science international*, 261, 165. e161-165. e168 (2016).



Krüger, G. C., L'Abbé, E. N., & Stull, K. E. "Sex estimation from the long bones of modern South Africans", *International journal of legal medicine*, 131(1), 275-285 (2017).

Kutlugün, M. A. "Gözetimli makine öğrenmesi yoluyla türe göre metinden ses sentezleme", Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 30-50 (2017).

Marlow, E. J., & Pastor, R. F. "Sex determination using the second cervical vertebra—a test of the method", *Journal of forensic sciences*, 56(1), 165-169 (2011).

Mathanker, S., Weckler, P., Bowser, T., Wang, N., & Maness, N. "AdaBoost classifiers for pecan defect classification", *Computers and electronics in agriculture*, 77(1), 60-68 (2011).

Mishra, G., Sehgal, D., & Valadi, J. K. "Quantitative structure activity relationship study of the anti-hepatitis peptides employing random forests and extra-trees regressors", *Bioinformatics*, 13(3), 60 (2017).

Mostafavi, R. S., Memarian, A., Amiri, A., & Motamedi, O. "Estimating Sex from second and seventh cervical vertebrae in Iranian adult population using Computed Tomography scan images" *Research Square* (2020).

Muazu Musa, R., A, P. P. A. M., Taha, Z., Chang, S. W., Ab Nasir, A. F., & Abdullah, M. R. "A machine learning approach of predicting high potential archers by means of physical fitness indicators", *PLoS One*, 14(1), e0209638 (2019).

Nusrat, F., Uzbaş, B., & Baykan, Ö. K. "Prediction of Diabetes Mellitus by using Gradient Boosting Classification", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 268-272 (2020).

Oner, Z., Turan, M. K., Oner, S., Secgin, Y., & Sahin, B. "Sex estimation using sternum part lengths by means of artificial neural networks", *Forensic science international*, 301, 6-11 (2019).

Ozsoy, T., Oner, Z., & Oner, S. "An attempt to gender determine with phalanx length and the ratio of phalanxes to whole phalanx length in direct hand radiography", *Medicine*, 8(3), 692-697 (2019).

Ömeroğlu, Ö. "Ceza muhakemesinde şüpheli ve sanığın fizik kimlik tespiti", *Türkiye Barolar Birliği Dergisi*, (115), 61-102 (2014).

Öz, H., & Suata Alpaslan, F. "Zeytinli ada topluluğuna ait kafatası iskeletlerinin paranazal sinüs (bt) boşluğu morfolojilerinin bilgisayarlı tomografi görüntüleme yöntemi ile incelenmesi", *Sosyal Bilimler Dergisi/Journal of Social Sciences*, 41(2) (2017).

Padovan, L., Ulbricht, V., Groppo, F. C., Neto, J. S. P., Andrade, V. M., & Júnior, L. F. "Sexual dimorphism through the study of atlas vertebra in the Brazilian population", *Journal of Forensic Dental Sciences*, 11(3), 158 (2019).

Pala, T. "Tıbbi karar destek sisteminin veri madenciliği yöntemleriyle gerçekleştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul,8-26 (2013).

Polat, M. "Bilgisayarlı tomografi yöntemiyle vertebral osteofitlerin yapı ve yerleşimlerinin yaşa ve cinsiyete göre sınıflandırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 4-7 (2017).

Putz, R., & Pabst, R. "Sobotta-Atlas of Human Anatomy: Head, Neck, Upper Limb, Thorax, Abdomen, Pelvis, Lower Limb; Two-volume set, 1st ed", *Germany Elsevier*, Munich, (2006).

Raizada, R. D., & Lee, Y.-S. "Smoothness without smoothing: why Gaussian naive Bayes is not naive for multi-subject searchlight studies", *PLoS One*, 8(7), e69566 (2013).

Ramazan, S. U., Türkmen, N., Dolgun, N. A., Gökharman, D., Menezes, R. G., Kacar, M., & Koşar, U. "Sex determination from measurements of the sternum and fourth rib using multislice computed tomography of the chest", *Forensic science international*, 197(1-3), 120. e121-120. e125 (2010).

Santos, F., Guyomarc'h, P., & Bruzek, J. "Statistical sex determination from craniometrics: Comparison of linear discriminant analysis, logistic regression, and support vector machines", *Forensic science international*, 245, 204. e201-204. e208 (2014).

Sarıkaya, B. S. "AES Algoritmasına Yapılan Zaman Odaklı Önbellek Saldırılarının Makine Öğrenme ile Tespiti", *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 13(1), 57-68 (2020).

Seçgin, Y."Pelvis bilgisayarli tomografi görüntülerinden elde edilen parametreler ile makine öğrenme algoritmaları kullanılarak cinsiyet tahmini üzerine bir deneme" Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Karabük ,17-20 (2020).

Song, Y. Y., & Lu, Y. "Decision tree methods: applications for classification and prediction", *Shanghai Arch Psychiatry*, 27(2), 130-135 (2015).

Srivastava, R., Saini, V., Rai, R. K., Pandey, S., & Tripathi, S. K. "A study of sexual dimorphism in the femur among North Indians", *Journal of forensic sciences*, 57(1), 19-23 (2012).

Stoltzfus, J. C. "Logistic regression: a brief primer", *Acad Emerg Med*, 18(10), 1099-1104 (2011).

Sunar, M., & Kapakin, S. "Manyetik rezonans görüntüleme yöntemi ile craniocervical bileşkenin morfolometrik değerlendirilmesi", Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, 4-9 (2013).

Taner, D., Sancak, B., Akşit, D., Cumhuri, M., İlgi, S., Kural, E., Başar, R. "Fonksiyonel Anatomi Ekstremiteler ve Sırt Bölgesi, 3.baskı ed", **HYB Basım Yayın**, Ankara, 214-217 (2003).

Torimitsu, S., Makino, Y., Saitoh, H., Ishii, N., Yajima, D., Inokuchi, G., . . . Hoshioka, Y. "Determination of sex on the basis of hyoid bone measurements in a Japanese population using multidetector computed tomography", **International journal of legal medicine**, 132(3), 907-914 (2018).

Torimitsu, S., Makino, Y., Saitoh, H., Sakuma, A., Ishii, N., Yajima, D., . . . Yamaguchi, R. "Sexual determination based on multidetector computed tomographic measurements of the second cervical vertebra in a contemporary Japanese population", **Forensic science international**, 266, 588. e581-588. e586 (2016).

Turan, M. K., Oner, Z., Secgin, Y., & Oner, S. "A trial on artificial neural networks in predicting sex through bone length measurements on the first and fifth phalanges and metatarsals", **Computers in biology and medicine**, 115, 103490 (2019).

Uzbaş, B. "Sayısal dental modellerden otomatik cinsiyet tespiti", Doktora Tezi, **Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Konya, 39-56 (2017).

Ünlütürk, Ö. "Metric assessment of ancestry from the vertebrae in South Africans", **International journal of legal medicine**, 131(4), 1123-1131 (2017).

Ünlütürk, Ö., & İşcan, M. Y. "Tanınabilir vertebralardan cinsiyet tayini", **The Bulletin of Legal Medicine**, 18(1), 4-13 (2013).

Wescott, D. J. "Sex variation in the second cervical vertebra", **Journal of Forensic Science**, 45(2), 462-466 (2000).

Yıldıray Zeyfeoğlu, & Hancı, H. "İnsanlarda Kimlik Tespiti", **Türk Tabipleri Birliği Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi**, 375 (2001).

Yılmaz, R. "Türkçe dokümanların sınıflandırılması", Yüksek Lisans Tezi, **Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Aydın, 7-19 (2013).

Zaafrane, M., Khelil, M. B., Naccache, I., Ezzedine, E., Savall, F., Telmon, N., . . . Hamdoun, M. "Sex determination of a Tunisian population by CT scan analysis of the skull", **International journal of legal medicine**, 132(3), 853-862 (2018).

Zech, W.-D., Hatch, G., Siegenthaler, L., Thali, M. J., & Lössch, S. "Sex determination from os sacrum by postmortem CT", **Forensic science international**, 221(1-3), 39-43 (2012).

Zhang, N., & Leatham, K. "Neurodynamics-Based Nonnegative Matrix Factorization for Classification", **Paper presented at the International Conference on Neural Information Processing**, Springer, 519-529 (2018).

## **EK AÇIKLAMALAR**

### **ETİK KURUL ONAY YAZISI VE ETİK KURUL BAŞLIK DEĞİŞİKLİĞİ**



T.C.  
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ  
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : E-77192459-050.99-52774  
Konu : 2019/114 Nolu Karar

14.12.2020

Sayın Dr. Öğr.Üyesi Muhammed Kamil TURAN

Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulumuza sunmuş olduğunuz "**İkinci Servikal Vertebranın Antropometrik Ölçümleri Yapılarak Makine Öğrenme Algoritması İle Cinsiyeti Tayini Üzerine Bir Çalışma**" başlıklı araştırma projeniz amaç, gerekçe, yaklaşım ve yöntemle ilgili açıklamaları açısından Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurul yönergesine göre incelenmiş olup etik açıdan uygun olduğuna oy birliği ile karar verilmiştir.

Bilgilerinize rica ederim.

Prof. Dr. Orhan ÖNALAN  
Kurul Başkanı

**Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.**

Belge Doğrulama Kodu: BENNSAIPA

Belge Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/karabuk-universitesi-ebys>

Adres: Karabük Üniversitesi Demir Çelik Kampüsü Merkez/Karabük

Telefon: (370) 418 9446

e-Posta: [giroletik@karabuk.edu.tr](mailto:giroletik@karabuk.edu.tr)

İnternet Adresi: <http://tip.karabuk.edu.tr/giroletik>

Kep Adresi: [karabukuniversitesi@hs01.kep.tr](mailto:karabukuniversitesi@hs01.kep.tr)

Bilgi için: İrfan SENCAR  
Unvanı: Bilgisayar İşletmeni



İarın ve Sayı: 06.04.2021 - E.23359



T.C.  
KARABÜK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ  
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : E-77192459-050.99-23359  
Konu : Başlık Değişikliği Talebi

Sayın Dr. Öğr.Üyesi Muhammed Kamil TURAN

08/12/2019 tarihli 114 nolu karardaki "**İkinci Servikal Vertebranın Antropometrik Ölçümleri Yapılarak Makine Öğrenme Algoritması İle Cinsiyet Tayini Üzerine Bir Çalışma**" adlı çalışmanın başlığının "**İkinci Servikal Vertebranın Antropometrik Ölçümleri İle Makine Öğrenme Algoritmaları Kullanılarak Cinsiyet Tayini Üzerine Bir Çalışma**" olarak değiştirilmesinin Etik açıdan uygun olduğuna oy birliği ile karar verilmiştir.

Bilgilerinize rica ederim.

Prof. Dr. Orhan ÖNALAN  
Kurul Başkanı

**Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.**

Belge Doğrulama Kodu: BSR52V9LJB

Belge Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/karabuk-universitesi-ebys>

Adres: Karabük Üniversitesi Demir Çelik Kampüsü Merkez/Karabük

Bilgi için: Songül DOYMUŞ

Telefon: (370) 418 9446

Unvanı: Sürekli İşçi

e-Posta: [giroletik@karabuk.edu.tr](mailto:giroletik@karabuk.edu.tr) İnternet Adresi: <http://tip.karabuk.edu.tr/giroletik>

Keş Adresi: [karabukuniversitesi@hs01.kep.tr](mailto:karabukuniversitesi@hs01.kep.tr)



## ÖZGEÇMİŞ

HATİCE YENİGÜL Adıyaman/Besni’de doğdu; ilk, orta ve lise öğrenimini Besni’de tamamladı; Besni Lisesi’nden mezun oldu. 2013 yılında Karabük Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu’na girdi ve 2018’de mezun oldu.