



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

Esra ÇETİN

**2021
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ANATOMİ**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Zülal ÖNER**

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

Esra ÇETİN

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

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Zülal ÖNER**

**Karabük
Haziran 2021**

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

Doç. Dr. Zülal ÖNER

.....

Tez Danışmanı, Anatomi Ana Bilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Anatomi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 18/06/2021

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Bünyamin ŞAHİN (TOGÜ)

.....

Üye : Doç. Dr. Zülal ÖNER (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Şeyma TOY (KBÜ)

.....

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.”

Esra ÇETİN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

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

Esra ÇETİN

**Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anatomi Anabilim Dalı**

Tez Danışması:

Doç. Dr. Zülal ÖNER

Haziran 2021, 62 sayfa

Cinsiyetin tespit edilmesi adli tıbbın ve adli antropolojinin önemli konularındandır. Cinsiyetin tespit edilmesi için yapılan çalışmalarda pelvis ve cranium kemikleri en çok tercih edilenlerdir. Pelvis ve cranium kemiklerinin incelenmesinin zor olduğu durumlarda vertebralar cinsiyet analizi çalışmalarında araştırma konusu olmuştur. Çalışmamızın amacı; vertebra prominens'in Bilgisayarlı Tomografi (BT) görüntüleri (100 Erkek, 100 Kadın) kullanılarak cinsiyetin tespit edilmesidir. Karabük Eğitim ve Araştırma Hastanesi'ne çeşitli sebeplerden ötürü başvuru yapmış yaşları 20-50 arasında sağlıklı 100 erkek, 100 kadın bireye ait Picture Archiving and Communication System (PACS) arşiv sisteminde bulunan BT görüntüleri kullanıldı. BT görüntüleri Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) formatında kaydedilen görüntüler kişisel iş istasyonuna (Horos Project, Versiyon 3.0) aktarıldı. Kişisel iş istasyonunda BT görüntüleri Curved Multiplanar Reconstruction (3D MPR) kullanılarak horizontal, sagittal ve koronal düzlemlerde ortogonele

getirildi. Sagittal ve horizontal düzlemlerde ortogonele getirilen görüntüler DICOM formatında kaydedilerek Sekazu programına aktarıldı. Sekazu programında vertebra prominens üzerinde belirlemiş olduğumuz yer imlerine ait etiketler görüntüler üzerine yerleştirildi. Parametreler etiketlerin koordinatları doğrultusunda Sekazu programında hesaplandı. Makine öğrenme algoritmaları kullanılarak 16 uzunluk, 3 açılı parametreleri çözümlendi. Çözümleme işlemi sonucunda elde edilen cinsiyet tayininde doğruluk oranları şunlardır: Ada Boost Sınıflandırması %87-91, Karar Ağacı %85-92, Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması %87-93, Gradyan Arttırma Modeli %85-91, Gaussian Naive Bayes %87-91, Gauss Süreci Sınıflandırıcısı %81-91, K-En Yakın Komşular Regresyonu %84-93, Doğrusal Diskriminant Analizi %88-94, Doğrusal Destek Vektör Sınıflandırması %88-92, Doğrusal Olmayan Destek Vektör Sınıflandırması %83-93, Kuadratik Diskriminant Analizi %87-90, Rastgele Orman %83-92, Destek Vektör Makineleri %84-92'dir. Çalışmamızda vertebra prominens'e ait BT görüntüleriyle makine öğrenme algoritmaları kullanılarak yüksek oranda cinsiyet tayini yapılabileceği öngörülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Bilgisayarlı Tomografi, Cinsiyet Tahmini,
Vertebra Prominens, Sekazu, Kuadratik Diskriminant Analizi

Bilim Kodu : 1005

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

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

Esra ÇETİN

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

**Thesis Advisor:
Assoc.Prof.Dr Zülal ÖNER**

June 2021, 62 pages

Determination of gender is an important issue in forensic medicine and forensic anthropology. Pelvis and cranium bones are the most preferred in studies to determine gender. In cases where it is difficult to examine the pelvis and cranium bones, vertebrae have been the subject of research in gender analysis studies. The purpose of our study; It is aimed to determine the gender by using Computed Tomography (CT) images (100 Male, 100 Female) of vertebra prominens. The CT images in the Picture Archiving and Communication System (PACS) archive system of 100 healthy males and 100 females between the ages of 20-50 who applied to Karabuk University Training and Research Hospital for various reasons were used. CT images were recorded in Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) format and transferred to a personal workstation (Horos Project, Version 3.0). On the personal workstation, CT images were brought to orthogonally in the

horizontal, sagittal and coronal planes using Curved Multiplanar Reconstruction (3D MPR). Images that were orthogonalized in sagittal and horizontal planes were saved in DICOM format and transferred to Sekazu program. In the Sekazu program, the tags belonging to the bookmarks we have determined on the vertebra prominens were placed on the images. Parameters were calculated in the Sekazu program in line with the coordinates of the labels. Using machine learning algorithms, 16 length and 3 angle parameters were analyzed. The accuracy rates in sex determination obtained as a result of the analysis process are as follows: ADA Boost Classifier 87-91%, Decision Tree 85-92%, Extra Trees Classifier 87-93%, Gradient Boost Model 85-91%, Gaussian Naive Bayes 87-91%, Gaussian Process Classifier 81-91%, K-Nearest Neighbors Regression 84-93%, Linear Discriminant Analysis 88-94%, Linear Support Vector Classifier 88-92%, Nonlinear Support Vector Classifier 83-93%, Quadratic Discriminant Analysis% 87-90, Random Forest 83-92%, Support Vector Machines 84-92%. In our study, it was predicted that high rates of gender determination can be made using machine learning algorithms with CT images of vertebra prominens.

Keywords : Computed Tomography, Gender Determination, Vertebra Prominens, Sekazu, Quadratic Discriminant Analysis

Science Code : 1005

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmam boyunca her türlü desteğini, emeğini ve bilgisini aktararak, bana yol gösteren değerli hocam Anatomi Anabilim Dalı Başkanı Sayın Doç.Dr. Zülal ÖNER'e,

Yüksek lisans tez çalışmamın planlanması ve hazırlanmasında desteğini esirgemeyen Sayın Dr. Öğr. Üyesi Muhammet Kamil TURAN'a

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

Tez çalışmam boyunca benimle bilgi ve tecrübelerini paylaşan değerli arkadaşlarım Arş. Gör. Yusuf SEÇGİN, Arş. Gör. Rukiye Sümeyye BAKICI, Arş. Gör. Necati Emre ŞAHİN'e

Hayatımın her alanında olduğu gibi yüksek lisans eğitimim boyunca benden desteğini esirgemeyen annem, babam ve abilerime: bunların dışında bana manevi desteklerini esirgemeyen arkadaşlarıma, sevdiklerime sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
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.....	3
2.4. CİNSİYET TESPİTİNDE VERTEBRALARIN ÖNEMİ.....	4
2.5. COLUMNA VERTEBRALİS (OMURGA) ANATOMİSİ.....	4
2.5.1. Vertebra­ların Genel Özellikleri	5
2.5.2. Vertebra Prominens (Yedinci Servikal Vertebra) Anatomisi.....	8
BÖLÜM 3	10
GEREÇ VE YÖNTEM	10
3.1. GÖRÜNTÜ ANALİZ METODU	10
3.2. MAKİNE ÖĞRENME ALGORİTMALARI.....	12
3.2.1. Karar Ağacı (Decision Tree)	12
3.2.2. ADA Boost Sınıflandırması (ADA Boost Classifier).....	12
3.2.3. Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machine)	13

Sayfa

3.2.4. Doğrusal Destek Vektör Sınıflandırması (Linear Support Vector Classifier).....	13
3.2.5. Doğrusal Olmayan Destek Vektör Sınıflandırması (NonLinear Support Vector Classifier).....	13
3.2.6. Gaussian Naive Bayes Sınıflandırması (Gaussian Navie Bayes Classifier).....	13
3.2.7. Gauss Süreç Sınıflandırması (Gaussian Process Classifier).....	14
3.2.8. Kuadratik Diskriminant Analizi (Quadratik Discriminant Analysis)...	14
3.2.9. Rastgele Orman (Random Forest)	14
3.2.10. Gradyan Arttırma Modeli (Grandyan Boost Classifier).....	15
3.2.11. Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması (Ekstra Trees Classifier).....	15
3.2.12. K-En Yakın Komşular Regresyonu (K-Nearest Neighbors Regression)	15
3.2.13. Doğrusal Diskriminant Analizi (Linear Discriminant Analysis).....	16
3.2.14. Performans Ölçütleri.....	16
3.3. SEKAZU PROGRAMI	17
BÖLÜM 4	32
BULGULAR.....	32
BÖLÜM 5	46
TARTIŞMA	46
BÖLÜM 6	53
SONUÇ VE ÖNERİLER	53
6.1. ÖNERİLER	53
KAYNAKLAR	54
EK AÇIKLAMALAR ETİK KURUL ONAY YAZISI	61
ÖZGEÇMİŞ	63

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Columna vertebralis'in yandan, arkadan ve önden görünüşü (Gilroy Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir).	5
Şekil 2.2. Tipik bir servikal vertebranın üstten görünüşü (Gilroy Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir)	7
Şekil 2.3. Tipik bir servikal vertebranın sol yandan görünüşü (Gilroy Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir)	8
Şekil 2.4. Vertebra prominens'in önden görünümü (Gilroy Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir)	9
Şekil 2.5. Vertebra prominens'in üstten görünümü (Sobotta Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir)	9
Şekil 3.1. Vertebra prominens'e ait BT görüntüsünün ortogonal düzleme getirilmesi.	11
Şekil 3.2. 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.	18
Şekil 3.3. 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.	19
Şekil 3.4. 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.	20
Şekil 3.5. Hesaplama Yönetim Formu ekranı ve Uygulama butonları. 1. Hesaplanmış nitelikler dosyası olarak kaydetme 2. Kaydettiğimiz koordinat dosyası... ..	21
Şekil 3.6. Gauss Süreç Sınıflandırması (GSS) hesaplama ekranı ve Uygulama butonları. 1. Makine öğrenme algoritmalarını uygulama 2. Argüman listesini temizleme 3. Rapor dosyası olarak kaydetme 4. Hesaplanmış dosya seçimi.	22
Şekil 3.7. Sekazu programı nitelik yönetim formu ekranı (horizontal düzlem).....	25
Şekil 3.8. Sekazu programı nitelik yönetim formu ekranı (sagittal düzlem).	26
Şekil 3.9. Horizontal düzlem BT görüntüsü üzerine etiketlerin yerleşimi (CVA: Corpus vertebrae anterior, CVP: Corpus vertebrae posterior, CVL: Corpus vertebrae lateralis, CVM: Corpus vertebrae medialis).	27

Şekil 3.10. Horizontal düzlem BT görüntüsü üzerine etiketlerin yerleşimi (FTAS: For. transversarium anterior sinistra, FTPS: For. transversarium posterior sinistra, FTAD: For. transversarium anterior dextra, FTPD: For. transversarium posterior dextra).	28
Şekil 3.11. Horizontal düzlem BT görüntüsü üzerine etiketlerin yerleşimi (FTLS: For. transversarium lateralis sinistra, FTMS: For. transversarium medialis sinistra, FTMD: For. transversarium medialis dextra, FTLD: For. transversarium lateralis dextra, PTD: Proc. transversus dextra, PTS: Proc. transversus sinistra).	28
Şekil 3.12. Horizontal düzlem BT görüntüsü üzerine etiketlerin yerleşimi (CVA: Corpus vertebrae anterior, FVP: For. vertebrae posterior, FVA: For. vertebrae anterior, FVL: For. vertebrae lateralis, FVM: For. vertebrae medialis, PTD: Proc. transversus dextra, PTS: Proc. transversus sinistra, PSP: Proc. spinosus distali).	29
Şekil 3.13. Horizontal düzlem BT görüntüsü üzerine etiketlerin yerleşimi (AVL: Arcus vertebrae lateralis, AVM: Arcus vertebrae medialis, PSP: Proc. spinosus proksimal).	29
Şekil 3.14. Sagittal düzlem BT görüntüsü üzerine etiketlerin yerleşimi (CVS: Corpus vertebrae superior, CVI: Corpus vertebrae inferior, PSL: Proc. spinosus lateralis, PSM: Proc. spinosus medialis).	30
Şekil 3.15. Koordinatların elde edildiği ekran.	30

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Horizontal düzlemdeki görüntü üzerinde ölçülen yer imi adları ve etiketleri.....	23
Çizelge 3.2. Sagittal düzlemdeki görüntü üzerinde kullanılan yer imi adları ve etiketleri.....	23
Çizelge 3.3. Yapmış olduğumuz bu çalışmada ölçülen parametreler ve kısaltmalar (Length (len) uzunluklar iki yer imi ile angle (ang) açı ise üç yer imiyle tanımlanmıştır).	24
Çizelge 4.1. Erkek ve kadın bireylere ait normal dağılım gösteren parametrelere uygulanan Two-Sample t testi (Len CVAP: Corpus vertebrae'nin anterior-posterior uzunluğu, Len FTDM: Sağ for. transversarium'un maksimum genişliği, Len PTM: İki proc. transversus arasındaki maksimum uzaklık, Len FVM: For. vertebrae'nin maksimum genişliği, Len FVAP: For. vertebrae'nin anterior-posterior uzunluğu, Len CVPSM: Corpus vertebrae ile proc. spinosus arası maksimum uzaklık, Len PTD: Sağ proc. transversus uzunluğu).....	33
Çizelge 4.2. Erkek ve kadın bireylere ait normal dağılım gösteren parametrelere uygulanan Two-Sample t testi (Len PTS: Sol proc. transversus uzunluğu, Len PTDPS: Sağ proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık, Len PTSPS: Sol proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık, Len PSM: Proc. spinosus maksimum uzunluğu).....	33
Çizelge 4.3. Erkek ve kadın bireylere ait normal dağılım gösteren parametrelere uygulanan Two-Sample t testi (Ang AP: Arcus posterior açısı, Ang CVA: Corpus vertebrae anterior açısı, Ang AV: Arcus vertebrae açısı).	34
Çizelge 4.4. Erkek ve kadın bireylere ait normal dağılım göstermeyen parametrelere uygulanan Mann Whitney U testi (Len CVM: Corpus vertebrae'nin maksimum genişliği, Len FTDAP: Sağ for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len FTSM: Sol for. transversarium'un maksimum genişliği, Len FTSAP: Sol for. transversarium'un anterior- posterior uzunluğu, Len CVM-I: Corpus vertebrae maksimum yüksekliği).....	34
Çizelge 4.5. KA algoritması çözümlene çizelgesi.....	35
Çizelge 4.6. DVM algoritması çözümlene çizelgesi.	35
Çizelge 4.7. KDA algoritmasında çözümlene çizelgesi.....	36
Çizelge 4.8. DODVS algoritması çözümlene çizelgesi.....	37
Çizelge 4.9. ADA algoritması çözümlene çizelgesi.....	38
Çizelge 4.10. EAS algoritması çözümlene çizelgesi.	39
Çizelge 4.11. GAM algoritması çözümlene çizelgesi.....	40

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.12. K-EYKR algoritması çözümlene çizelgesi.	40
Çizelge 4.13. DDA algoritması çözümlene çizelgesi.	41
Çizelge 4.14. GSS algoritması çözümlene çizelgesi.	42
Çizelge 4.15. GNB algoritması çözümlene çizelgesi.	43
Çizelge 4.16. DDVS algoritması çözümlene çizelgesi.	44
Çizelge 4.17. RO algoritması çözümlene çizelgesi.	45

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

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
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
Art.	: Articularis
Len CVAP	: Corpus vertebrae'nın 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 CVPSM : Corpus vertebrae ile proc. spinosus arası maksimum uzaklık
Len PTD : Sağ proc. transversus uzunluğu
Len PTS : Sol proc. transversus uzunluğu
Len PTDPS : Sağ proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık
Len PTSPS : Sol proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık
Len PTM : İki proc. transversus arasındaki maksimum uzaklık
Len CVM-I : Corpus vertebrae maksimum yüksekliği
Len PSM : Proc. spinosus maksimum uzunluğu
Ang CVA : Corpus vertebrae anterior açısı
Ang AP : Arcus posterior açısı
Ang AV : Arcus vertebrae açısı
ANAVO : Varyans Analizi
PSD : Processus spinosus distali
PSP : Processus spinosus proksimal
AVL : Arcus vertebrae lateralis
AVM : Arcus vertebrae medialis
CVA : Corpus vertebrae anterior
CVP : Corpus vertebrae posterior
CVM : Corpus vertebrae medialis uç nokta
CVL : Corpus vertebrae 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 vertebrale posterior
FVA	: Foramen vertebrale anterior
FVL	: Foramen vertebrale lateralis
FVM	: Foramen vertebrale medialis
PTD	: Processus transversus dextra
PTS	: Processus transversus sinistra
CVS	: Corpus vertebrae superior
CVI	: Corpus vertebrae inferior
PSM	: Processus spinosus medial uç nokta
PSL	: Processus spinosus lateral uç nokta

BÖLÜM 1

GİRİŞ VE AMAÇ

Bir kişinin veya cesedin tanınması, tanımlanması ve diğer kişilerden ayırt edilmesi için kullanılan özelliklerin bütünü "kimlik" olarak tanımlanırken; bu özellikler ile insan kalıntılarının belirli bir kişi ile eşleştirilme işlemi ise "kimliklendirme" veya "kimlik tespiti" olarak ifade edilmiştir (Çöloğlu, 1999). Her an deprem, sel, yangın gibi doğal afetlerin, uçak, tren ve deniz kazaları gibi kitlesel felaketlerin, savaşların, patlamaların, terör olaylarının yaşandığı, güvenlik unsurlarının son derece önem kazandığı dünyamızda kimliklendirme ve kimliklendirmeye yardımcı adli tıp çalışma alanlarının önemi her geçen gün artmaktadır (Ö., 2017). Kimlik tespiti, cinsiyet, ırk, yaş, boy, kilo, vücut özellikleri, renk gibi parametreler değerlendirilerek yapılır (Zeyfeoğlu vd., 2001).

Kimliklendirmede en önemli evreler cinsiyetin belirlenmesi ve boy uzunluğunun tahmini olarak hesaplanmasıdır (Zeybek, 2011). Cinsiyet tanımlama genellikle osteometri, Deoksiribonükleik Asit (DNA) analizi ve odontometri ile elde edilir. DNA analizi en doğru sonuçları veren bir yöntemdir, pahalı olması, ulaşılması zor olması kalifiye personel gerektirmesi ve DNA her zaman elde edilememesi gibi birçok durumda kullanılamaz. Öte yandan osteometri, kolay ve tekrarlanabilir olması, düşük maliyetli olması, yüksek doğruluk oranları olması ve uzmanlık gerektirmemesi nedeniyle cinsiyet tanımlamasında etkili ve tercih edilen bir yöntemdir (Oner vd., 2019).

Literatürde cinsiyet tahmini çalışmalarında insan iskeleti kemikleri kullanılarak yapılmıştır. Pelvis ve cranium kemikleri üzerinde yapılan cinsiyet tahmini çalışmalarında en yüksek doğruluk oranı elde edilmiştir (Ogawa et al., 2013). Pelvis'ten %95, cranium'dan %92 ve pelvis+cranium kemiklerinden %98 doğruluk oranı bulmuşlardır (Iscan vd., 2013). Pelvis ve cranium kemiklerinin zarar görmesi

durumunda cinsiyet tahmininde talus, femur, patella, humerus, ossa metatarsi'ler, vertebralar vb. çeşitli insan iskeleti kemikleri kullanılmıştır (İşcan vd., 1998; Kumar et al., 2008; Mostafavi et al., 2020; Peckmann et al., 2016; Rissech et al., 2008; Turan vd., 2019).

Olay yerinde vertebraların sayıca fazla olmalarından ötürü cinsiyet tahmini çalışmalarında incelenmiştir. Servikal vertebralarda yapılan çalışmalarda cinsel dimorfizm göstermiştir. Mostafavi ve ark. İran popülasyonunda yedinci cervical vertebra üzerinde cinsiyet tahmini çalışmasında en yüksek doğruluk oranı %78,6 elde etmişlerdir (Mostafavi et al., 2020). Servikal vertebralar içerisinde yedinci servikal vertebra, processus (proc.) spinosus'u çatalsız ve en uzun olmasından ötürü atipik özelliktedir. Bu sebeplerden ötürü farklı popülasyonlarda yedinci servikal vertebra üzerinde cinsiyet tahmini çalışmaları yapılmıştır (İscan vd., 2013; Mostafavi et al., 2020).

Adli antropolojide modern görüntüleme yöntemi olan Bilgisayarlı Tomografi (BT) cinsiyet tahmininde kullanılmaktadır. BT maliyetinin az olması, güvenilir sonuçlar elde edilmesi, kemiklerin üç boyutlu rekonstrüksiyon imkanı sağlayan girişimsel olmayan yöntemdir (Ramsthaler et al., 2010). Toplu kitlesel olaylarda (sel, yangın, deprem vb.) bireye ait yumuşak dokunun kaybı veya bozulmasında ötürü iskelet kemiklerinden cinsiyet tespitinin yapılmasında BT yönteminin kullanılması önemlidir (Ali vd., 2018).

Yapmış olduğumuz bu çalışmada yedinci servikal vertebraya ait BT görüntüleri üzerinden antropometrik yöntemler kullanılarak makine öğrenme algoritmaları ile çözümlene yapılması amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

2.1. ANTROPOLOJİ HAKKINDA

Antropoloji genel olarak insanın biyolojik (fiziksel) ve kültürel (sosyal) yapısını inceleyen insan bilimidir. Fiziksel olarak antropoloji denildiğinde insanın fiziksel özelliklerini, diğer canlılarla benzerliklerini ve farklılıklarını inceler. Sosyal antropoloji ise toplumların yapısını, gelenek ve göreneklerini inceler (Ayhan, 2012; Bostan, 2016).

Adli antropoloji, biyolojik antropolojinin alt dalıdır. Adli antropoloji kimliği belirli olmayan insan iskeleti bölümlerinden cinsiyet, yaş ve boy analizi ile bireyin biyolojik profilinin belirlenmesinde yardımcı olan bilim dalıdır (Gulhan vd., 2015).

2.2. KİMLİKLENDİRME

Bir bireyin tanımlanması ve diğer bireylerden ayırt edilmesini sağlayan fiziksel özelliklerin bütününe 'kimlik' denir. Kimlik tespiti ise fiziksel özelliklerin (cinsiyet, yaş, boy ve kilo vb.) değerlendirilerek elde edilmesidir (Ömeroğlu, 2014). Kimlik, adli tıp ve hukuk uygulamalarında adli ve tıbbi kimlik olmak üzere sınıflandırılır (Zeyfeoğlu vd., 2001). Adli kimlik bireyin cinsiyeti, doğum yılı ve yerini kısaca nüfus bilgilerini içermektedir. Tıbbi kimlik ise yaş, cinsiyet, kilo, vücut özelliklerinin tamamını kapsamaktadır (Atılgan vd., 2017).

2.3. KİMLİKLENDİRMEDE CİNSİYET TESPİTİNİN ÖNEMİ

Kimliklendirmenin yapılmasında cinsiyetin tespit edilmesi önemli rol oynar. Herhangi bir adli olayda kişinin kimlik tespitinin hızlı ve kolay bir şekilde yapılması

için ilk olarak cinsiyetin saptanması önemlidir (Oner vd., 2019). Çünkü biyolojik özelliklerin (yaş, boy, kilo vb.) tahmin edilmesinde büyük oranda cinsiyetin doğru tahminine bağlıdır (Colman et al., 2019).

2.4. CİNSİYET TESPİTİNDE VERTEBRALARIN ÖNEMİ

Cinsiyetin tespit edilmesinde en yüksek doğruluk oranı insan iskeleti kemikleri içerisinde cranium %92, pelvis %95 ve cranium+pelvis %98 elde edilmiştir (Iscan vd., 2013). Cranium ve pelvis kemiklerinin zarar görmesi, incelenmesinin zor olduğu durumlarda femur, tibia, vertebra cinsiyet tespitinde incelenmiştir (Curate et al., 2016; Kotěrová et al., 2017; Torimitsu et al., 2016).

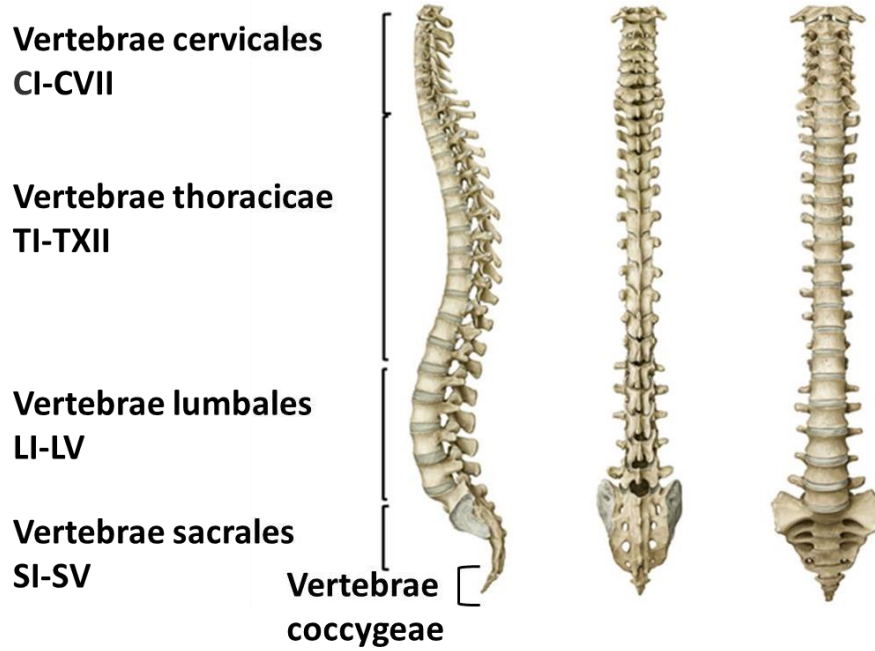
Vertebraların sayıca çok kütlece hafif olmaları farklı popülasyonlar için cinsiyet tespiti çalışmalarında araştırma konusu olmuştur (Bethard et al., 2013; Iscan vd., 2013).

Servikal vertebra içerisinde yedinci servikal vertebra (vertebra prominens) diğer vertebralardan kolayca ayırt edilebilmesi ve atipik özellikte olmasından dolayı cinsiyetin tespit edilmesinde kullanılmıştır (Amores-Ampuero et al., 2020).

2.5. COLUMNA VERTEBRALİS (OMURGA) ANATOMİSİ

Columna vertebralis (omurga), yetişkin bireylerde 26, çocuklarda 33-34 vertebra'nın üst üste eklenmesi ile oluşan yayvan S harfi şeklinde bir sütundur. Columna vertebralis ortalama erkeklerde 70; kadınlarda 60 cm'dir. Columna vertebralis 7 vertebrae cervicales, 12 vertebrae thoracicae, 5 vertebrae lumbales, 5 vertebrae sacrales ve 4 tane vertebrae coccygeae'den oluşmaktadır. Vertebrae cervicales, vertebrae thoracicae ve vertebrae lumbales eklemler aracılığı ile birleşir ve aralarında fibröz özellikte 23 adet discus intervertebralis yer alır. Birinci servikal vertebra (atlas) ile ikinci servikal vertebra (axis) arasında discus intervertebralis yoktur (Arifoğlu, 2017; Arıncı ve Elhan, 2016). Discus intervertebralis, axis ile os sacrum arasında yer alır. 7 vertebrae cervicales, 12 vertebrae thoracicae, 5 vertebrae lumbales olmak üzere bu 24 vertebraya presakral (hareketli) vertebra denir. Geriye

kalan 5 vertebra'nın kendi aralarında birleşmesi ile os sacrum; 4 vertebra'nın aralarında birleşmesi ile os coccygis oluşur. Bu 9 vertebra'ya hareketsiz (yalancı) vertebra denir (Sunar vd., 2013; Taner, 2017) (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Columna vertebralis'in yandan, arkadan ve önden görünüşü (Gilroy Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir) (Gilroy et al., 2010).

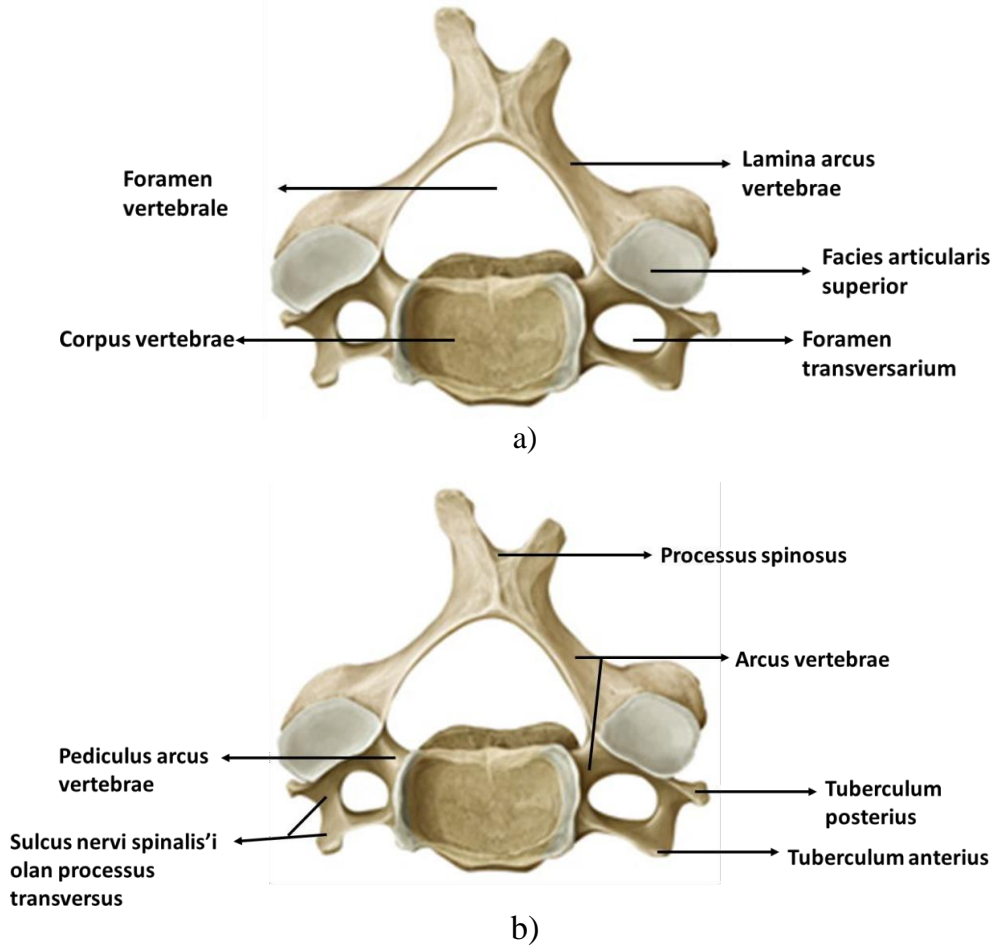
2.5.1. Vertebraların Genel Özellikleri

Tipik bir vertebra'nın ön kısmında kısa ve silindirik şeklinde corpus vertebrae yer alır. Axis'ten os sacrum'a doğru kademeli bir şekilde corpus vertebrae büyür. Corpus vertebrae'nın alt yüzleri komşu vertebralara discus intervertebralis aracılığı ile bağlanır (Arifoğlu, 2017).

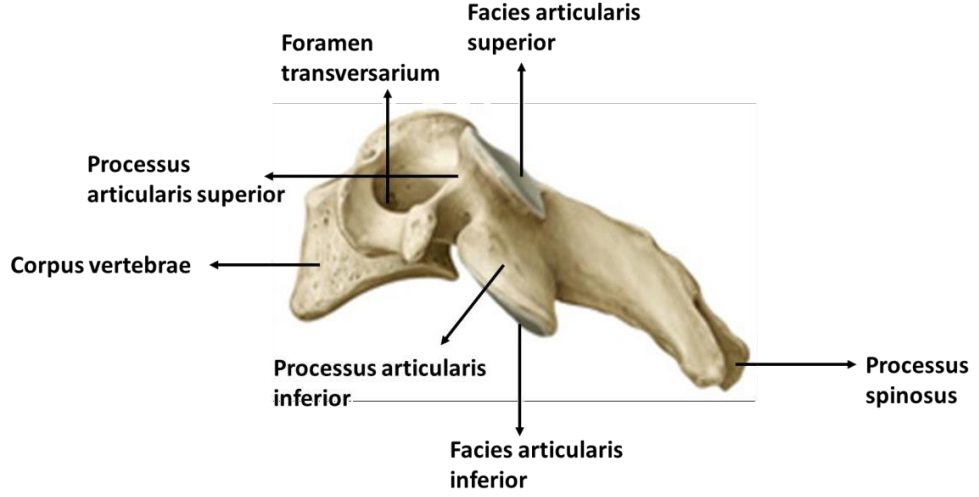
Corpus vertebrae'nın arka kısmında kemer şeklinde arcus vertebrae yer alır. Arcus vertebrae ile corpus vertebrae arasında foramen (for.) vertebrale bulunur. For. vertebrale'lerin üst üste gelmesi ile canalis vertebralis oluşur. Canalis vertebralis'in içerisinden medulla spinalis geçer (Arıncı ve Elhan, 2016). Arcus vertebrae'da vertebrae'ların üst kısmında komşu vertebralarla eklem yapan 2 tane proc. articularis (art.) superior, alt kısmında komşu vertebralarla eklem yapan 2 tane proc. art. inferior, yan taraflarında bulunan çıkıntılar 2 tane proc. transversus ve 1 tane arkaya

doğru uzanan proc. spinosus bulunur (Arifoğlu, 2017) (Şekil 2.2 a, b ve Şekil 2.3). Corpus vertebrae'ya arcus vertebrae pediculus arcus vertebrae aracılığıyla tutunur. Arcus vertebrae'nın proc. spinosus ile pediculus arcus vertebrae arasında lamina arcus vertebrae bulunur. Pediculus arcus vertebrae'nın alt kısmında bulunan çentiğe incisura vertebralis inferior, üst kısmında bulunan çentiğe ise incisura vertebralis superior denir. Incisura vertebralis superior ile incisura vertebralis inferior'un birleşmesiyle for. intervertebralis oluşur. For. intervertebralis'in içerisinden damarlar ve sinirler geçer (Arifoğlu, 2017).

Vertebrae cervicales 7 adet vertebra'dan oluşur. Atlas, axis ve vertebra prominens atipik özelliktedir. Diğer 4 adet servikal vertebralardan biridir ve tipik servikal vertebralardır (Arifoğlu, 2017). Vertebrae cervicales'in corpus vertebrae'ları küçük ve for. vertebrale'leri daha geniş üçgen şeklindedir (Arifoğlu, 2017).



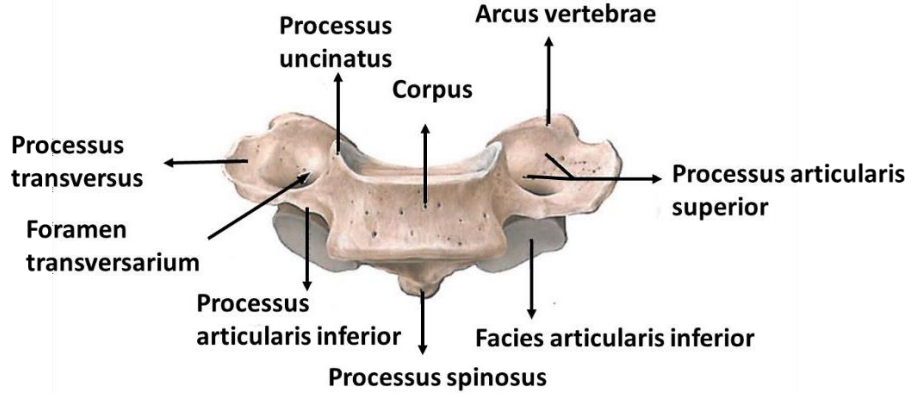
Şekil 2.2. Tipik bir servikal vertebranın üstten görünüşü (Gilroy Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir) (Gilroy et al., 2010).



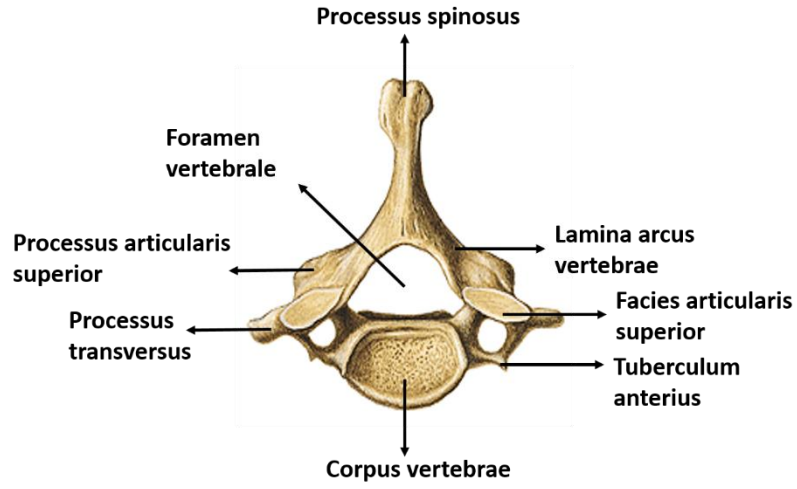
Şekil 2.3. Tipik bir servikal vertebranın sol yandan görünüşü (Gilroy Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir) (Gilroy et al., 2010).

2.5.2. Vertebra Prominens (Yedinci Servikal Vertebra) Anatomisi

Vertebra prominens, torakal vertebralara benzer ancak proc. transversus'larında for. transversarium bulunmasıyla torakal vertebralardan ayrılmaktadır. Diğer servikal vertebraların for. transversarium'undan arteria (a.) vertebralis ve vena (v.) vertebralis geçerken yedinci servikal vertebranın for. transversarium'undan sadece v. vertebralis geçer (Arifoğlu, 2017; Arıncı ve Elhan, 2016). Boyun bölgesinde el palpasyonu ile rahatça hissedilir. Bu durum adaptasyon noktası olmasıyla klinik açıdan önemlidir. Vertebra prominens'in proc. spinosus'u diğer servikal vertebra'ların proc. spinosus'una göre daha uzun ve ucu çatalıdır (Arıncı ve Elhan, 2016) (Şekil 2,4 ve Şekil 2,5).



Şekil 2.4. Vertebra prominens'in önden görünümü (Gilroy Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir) (Gilroy et al., 2013).



Şekil 2.5. Vertebra prominens'in üstten görünümü (Sobotta Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir) (Putz et al., 2006).

BÖLÜM 3

GEREÇ VE YÖNTEM

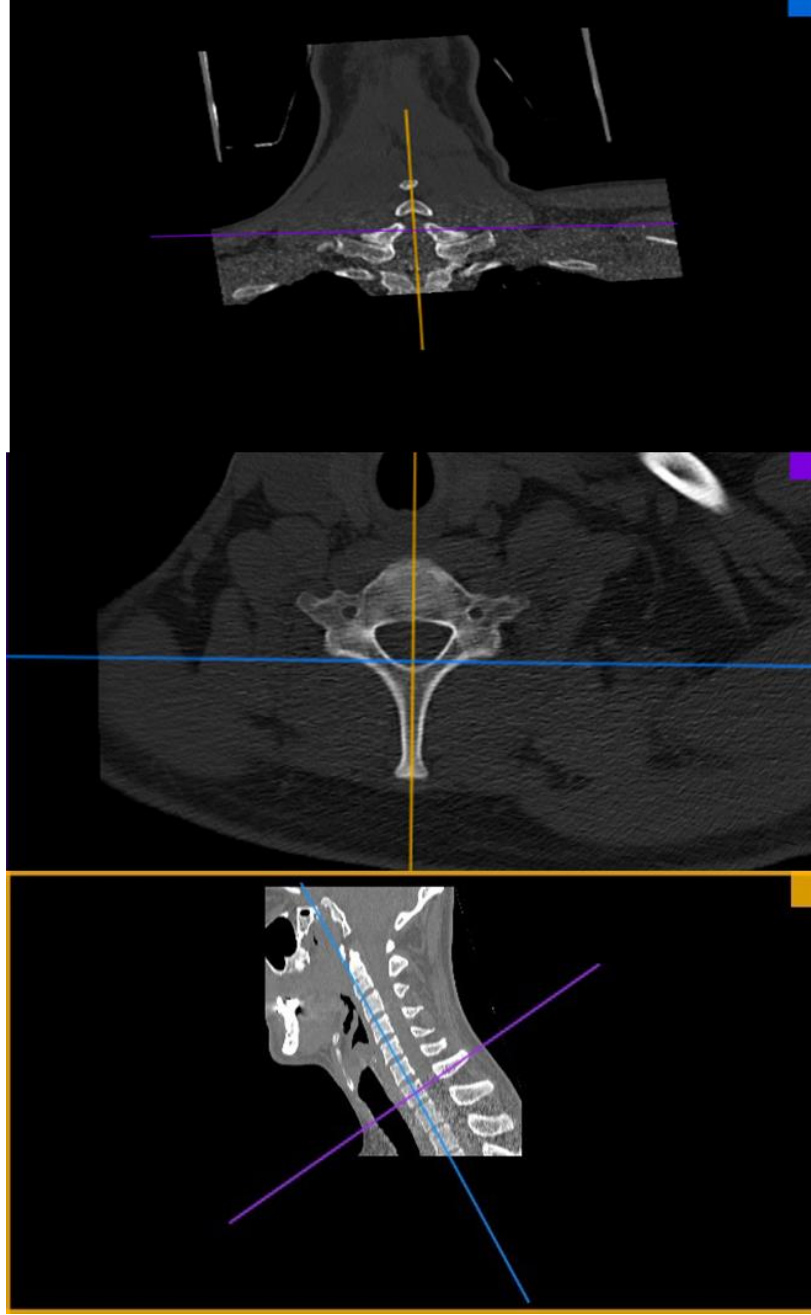
Yapmış olduğumuz bu çalışma Karabük Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu tarafından 08/12/2019 tarihinde 2019/116 no'lu karar ile onaylanmıştır. Bu çalışmada Karabük Üniversitesi Karabük Eğitim Araştırma Hastanesi'ne çeşitli sebeplerden dolayı başvuru yapmış 200 bireye (100 Kadın, 100 Erkek) ait vertebrae cervicales'in BT görüntüleri kullanılarak yapılmıştır. Bu çalışmaya dahil edilme kriterleri olarak cervical vertebrae'lerinde herhangi bir cerrahi işlem ve patoloji gözlenmeyen bireylerin BT görüntüleri seçilmiştir.

3.1. GÖRÜNTÜ ANALİZ METODU

Bu çalışmada Karabük Üniversitesi Karabük Eğitim Araştırma Hastanesi'ne ait Hastanesi Picture Archiving and Communication System (PACS) arşiv sisteminden vertebrae cervicales'te herhangi bir cerrahi işlem geçirmemiş ve herhangi bir patoloji gözlenmeyen 200 bireye (100 kadın, 100 erkek) ait BT görüntüleri kullanıldı. BT görüntüleri Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) formatında kaydedilerek kişisel iş istasyonuna (Horos Project, Version 3.0, Amerika Birleşik Devletleri) aktarıldı.

Kişisel iş istasyonuna aktarılan BT görüntüleri Curved Multiplanar Reconstruction (3D MPR) kullanılarak sagittal, koronal ve horizontal düzlemlerde ortogonale getirildi. Ortogonal düzleme getirilmiş BT görüntüleri DICOM dosyası olarak kaydedildi.

Vertebra prominens'e ait sagittal, koronal ve horizontal düzlemlerde ortogonale getirilmiş BT görüntüleri Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Vertebra prominens'e ait BT görüntüsünün ortogonal düzleme getirilmesi.

Vertebra prominens'e ait sagittal ve horizontal düzlemlerde ortogonal düzleme getirilen BT görüntüleri Sekazu (V7.02.) programında belirlenen yer imlerine göre parametreler oluşturuldu. BT görüntüleri üzerine yerleştirilen etiket noktalarından parametrelere göre koordinatlar elde edildi. Koordinatların hesaplanması ile makine öğrenme modelleri kullanılarak çözümlenme işlemi yapıldı. Vertebra prominens üzerinde belirlenen yer imleri şunlardır; corpus vertebrae, arcus vertebrae, proc. spinosus, proc. transversus, for. transversarium, for. vertebrale'dir.

3.2. MAKİNE ÖĞRENME ALGORİTMALARI

Makine öğrenimi, model oluşturmayı otomatikleştiren özel bir veri analizi yöntemidir. Belirli algoritmaları kullanmayı öğrenen makinelerle, verilerden istenilen bilgilere ulaşılabilir (Bhardwaj et al., 2017).

Birden fazla farklı makine öğrenimi türü varken, çoğu uygulama 3 kategoriden oluşmaktadır. Bunlar: denetimli, denetimsiz ve güçlendirilmiş öğrenmedir (Wiens et al., 2018). Denetimli öğrenme girdi ve çıktı ilişkilerini modelleyen algoritmadır. Denetimsiz öğrenme önceden bilinmeyen verilere ait özellikleri ortaya koymayı sağlar. Güçlendirilmiş öğrenme ise girdileri elde edilmesi istenen çıktılarla eşleştirilen algoritmadır (Seçgin, 2020).

3.2.1. Karar Ağacı (Decision Tree)

Karar Ağacı (KA), basitlik, anlaşılabilirlik, parametresizlik ve karışık tipteki verilerin işleyişi gibi çeşitli özelliklerinden dolayı en başarılı öğrenme algoritmalarından biridir (Su et al., 2006). KA, daha çok sınıflandırma için kullanılır. Her ağaç düğümlerden ve dallardan oluşur. Düğümlerden her biri sınıflandırılacak bir gruptaki öznitelikleri temsil eder ve her dal düğümün alabileceği bir değeri temsil eder (Das et al., 2015). Ağacın düğümü kökten başlayarak sınıflandırılır. Bir yaprak ise bize tahmin edilen sınıfı verir (Podgorelec et al., 2002).

3.2.2. ADA Boost Sınıflandırması (ADA Boost Classifier)

ADA algoritması, toplu öğrenmeye dayalı bir sınıflandırma modelidir. İlk olarak 1997 yılında Freund ve Schapire tarafından önerilmiştir (Hu, 2017). Bu algoritma, zayıf sınıflandırıcılar yinelemeli olarak seçilir ve verileri sınıflandırmak için güçlü bir sınıflandırıcı oluşturmak üzere doğrusal olarak birleştirilir (Hu et al., 2008). Temel amaç, çeşitli tahminleri birleştirerek onu güçlü bir sınıflandırıcı haline getirebilmektir (Rajesh et al., 2018).

3.2.3. Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machine)

Bir yapay zeka öğrenmesi ve veri madenciliği tekniği olarak Destek Vektör Makineleri (DVM), Vladimir Vapnik tarafından literatüre kazandırılmış ve bu bağlamda, regresyon ve sınıflandırma tabanlı problemler için önerilmiştir (Utku, 2019).

DVM’de amaç, sınıfları birbirinden ayırabilen optimum hiper düzlemi bulabilmektir. Sınıfları ayırabilmek için ayrılan bölge arasında birçok hiper düzlem uygulanabilir. Fakat DVM, bunlar arasında ayrımı en iyi yapan ve sınıflar arasındaki sınırnın maksimum olduğu bir hiper düzlemi belirlemeye çalışır (Atasoy vd., 2018).

3.2.4. Doğrusal Destek Vektör Sınıflandırması (Linear Support Vector Classifier)

Doğrusal Destek Vektör Sınıflandırması (DDVS), orijinal sınıflandırıcılardan farklı olarak insanlar tarafından kolayca yorumlanabilen bir algoritmadır (Fung et al., 2005). DDVS, iki büyük küme arasında ayırım yapmak ve doğrusal programlama algoritması oluşturmak için kullanılır. DDVS, bir seferde veri parçalarını ayıran yeterince küçük doğrusal programlar dizisi oluşturur (Bradley et al., 2000).

3.2.5. Doğrusal Olmayan Destek Vektör Sınıflandırması (NonLinear Support Vector Classifier)

Doğrusal Olmayan Destek Vektör Sınıflandırması (DODVS), yüksek doğrulukları nedeniyle hastalıkların otomatik teşhisi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, sınıflandırıcıları görselleştirmek zordur ve dolayısıyla sonuçları hekimlerin yorumlamasını sağlamak da zordur (Cho et al., 2008). Fakat fazladan ölçümleri ortadan kaldırması, toplu işlem izleme için yüksek performanslı model geliştirme açısından önemlidir (Onel vd., 2018).

3.2.6. Gaussian Naive Bayes Sınıflandırması (Gaussian Navie Bayes Classifier)

Gaussian Naive Bayes (GNB) sınıflandırıcısı, tıbbi görüntü analizlerinde sınıflandırma için en etkili ve kullanışlı denetimli makine öğrenme algoritmalarından biridir (Kavitha et al., 2018). GNB, sınıf araçlarından Öklid mesafesini kullanarak hesaplamak yerine, sınıf varyanslarını da hesaba katar (Raizada et al., 2013). Bu olasılık sınıflandırıcı ailesi, daha karmaşık sınıflandırıcılara (Örneğin; Destek Vektör Makinaları) kıyasla oldukça basit bir ilkeye dayanmasına rağmen, yüksek boyutlu veri kümeleri üzerinde çalışma ve tahminde son derece hızlı performans gösterirler. İlgili parametrelerin hesaplanması için sadece az sayıda çalışma verisine ihtiyaç duyarlar ve sonuçları kolayca yorumlanabilir (Petschke et al., 2019).

3.2.7. Gauss Süreç Sınıflandırması (Gaussian Process Classifier)

Gauss Süreç Sınıflandırması (GSS), girdi değişkenleri ile çıktı arasındaki yapısal biçim hakkında hiçbir varsayım gerektirmeyen, paramedik olmayan bir sınıflandırıcıdır (Li et al., 2015). GSS, hem ikili hem de çok kategorili sınıflandırma için gelecek vadeden istatistiksel bir sınıflandırmadır (Wang et al., 2008).

3.2.8. Kuadratik Diskriminant Analizi (Kuadratik Discriminant Analysis)

Diskriminant analizi, farklı sınıfların bilinen bir olasılık fonksiyonuna ait olduğunu varsayan bir sınıflandırıcı türüdür. Sınıfların ortalama ve kovaryans matrisi bulunur ve örnekler en yüksek olasılığa sahip sınıflara yerleştirilir. Doğrusal diskriminant analizinde farklı sınıfların dağılımı benzer kovaryans ve farklı araçlara sahipken Kuadratik Diskriminant Analizi'nde (KDA) farklı sınıfların hem kovaryans hem de sınıf modelleri araçları farklıdır (Ehrampoosh et al., 2016).

KDA, klasik ve popüler bir sınıflandırma aracıdır, ancak p boyutunun n örneklem büyüklüğünden daha büyük olduğu durumlarda çalışmaz (Xiong et al., 2016).

3.2.9. Rastgele Orman (Random Forest)

Rastgele Orman (RO), bir mekanik öğrenme yöntemidir ve karar ağaçlarından oluşur. Sınıflandırma ve tahmin etmede, RO yöntemi birçok karar ağacını birleştirir

(Aprilliani et al., 2018). Tüm karar ağaçlarının oylanmasından sonra sınıflandırma sonucu elde edilir. RO, aşırı uyum ve toleransın üstesinden gelir (Sun et al., 2017).

3.2.10. Gradyan Arttırma Modeli (Grandyan Boost Classifier)

Gradyan Arttırma Modeli (GAM), karar ağaçları temelli bir yöntemdir ve ön yükleme yığına dayalı RO'dan farklı olan bir gradyan artışına dayanır. Bu yaklaşım genellikle karar ağaçları sabit büyüklükte temel bir öğrenici olarak kullanılır ve bu bağlamda gradyan ağacı güçlendirmesi olarak adlandırılır. Bu makine öğrenme yöntemi, bazı zorlu veri setlerinde en gelişmiş sonuçları sağlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu modelin ana fikri, istenen son kombinasyonu elde etmek için çoklu yineleme yoluyla zayıf sınıflandırıcıları geliştirerek güçlü bir sınıflandırıcı oluşturmaktır. Her yineleme, önceki modelin kalıntılarını azaltır. Kalan yönde yeni bir kombinasyon modeli oluşturarak önceki sonucu iyileştirmek için tasarlanmıştır (Çelik vd., 2020).

3.2.11. Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması (Ekstra Trees Classifier)

Ekstra ağaçlar sınıflandırması (EAS), inşa sürecine rastgelelik getirerek geleneksel karar ağaçlarını genişleten bir topluluk sınıflandırma yöntemidir (Scalzo et al., 2012). RO'ya oldukça benzerdir fakat karar ağaçlarını inşa etme biçimi farklılık göstermektedir (Kaur et al., 2020). EAS'de her bir düğüm rastgele seçilir ve her bir regresyon ağacını eğitmek için tüm eğitim veri kümesi kullanılır (Ahmad et al., 2018).

3.2.12. K-En Yakın Komşular Regresyonu (K-Nearest Neighbors Regression)

K-En Yakın Komşular Regresyonu (K-EYKR), regresyon ve sınıflandırma için kullanılan parametrik olmayan, örnek tabanlı bir yöntemdir (Cadenas et al., 2018). Çok yönlü ve çok değişkenli istatistiksel bir yöntem olan K- EYKR, standart Öklid uzaklığı ve ayırt edici özellikleri değerlendirir. K-EYKR, özellik uzayındaki en yakın çalışma örneklerine bağlı olarak sınıf özelliğini tahmin eder. Bir veri kümesi olduğunda verilen sınıflandırılmış çalışma verilerinden en yakın k numunesini seçer

ve sınıfını dikkate alarak belirler. Öklid uzaklığını benzer ölçülü, komşuları seçmek için kullanır ve denklem kullanılarak hesaplanır (Eyupoglu, 2018).

3.2.13. Doğrusal Diskriminant Analizi (Linear Discriminant Analysis)

Doğrusal Diskriminant Analizi (DDA)'nin amacı, küçültülmüş boyutsal uzayda sınıf ayrımını en üst düzeye çıkararak doğrusal bir dönüşüm bulmaktır. Basit konsepti ve hesaplamadaki kolaylığı nedeniyle birçok uygulama alanında kullanılırken, verilerdeki doğrusal olmayan bir ilişkiyi doğrusal bir fonksiyonla yakalamak zordur (Park et al., 2008).

3.2.14. Performans Ölçütleri

Doğru pozitif (DP), doğru negatif (DN), yanlış pozitif (YP), yanlış negatif (YN), çok ölçekli eğrilik sınıflandırması (ÇÖES) ve F1 skoru makine öğrenme metotları için performans ölçütleri olarak seçilmiştir (Turan et al., 2021).

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

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

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

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

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

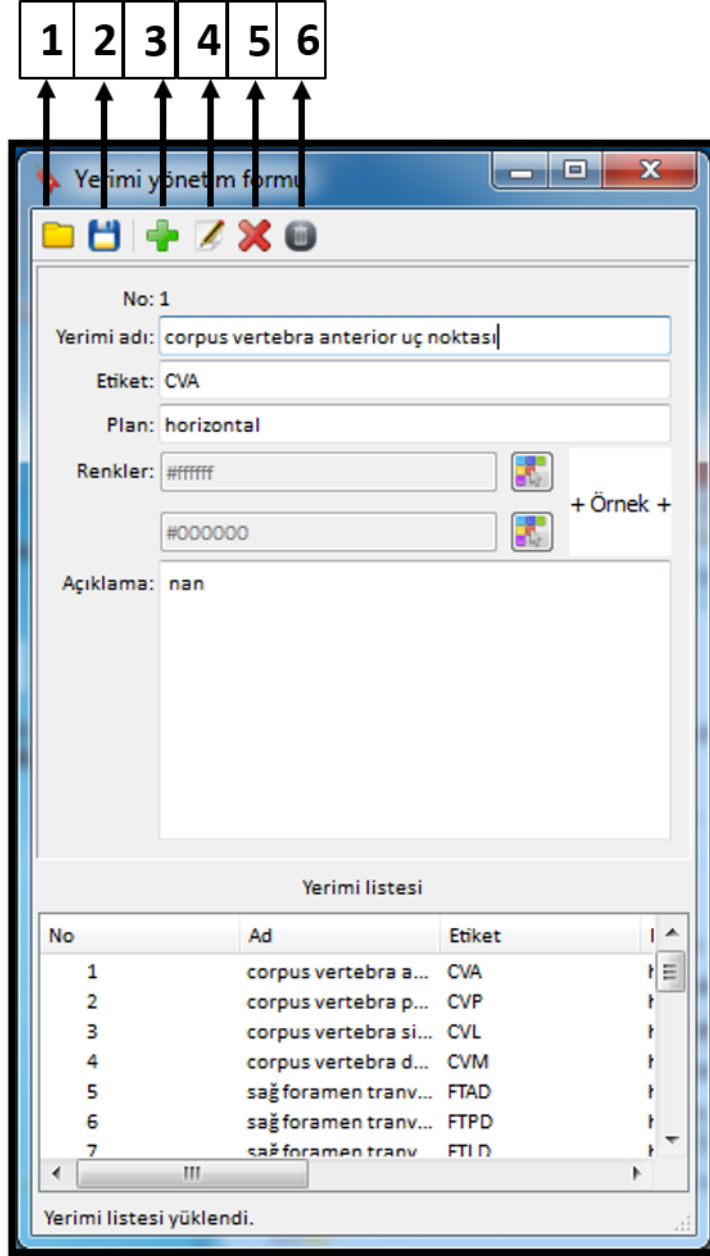
(DP; Doğru Pozitif, YN; Yanlış Negatif, YP; Yanlış Pozitif, DN; Doğru Negatif, ÇÖES; Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması).

3.3. SEKAZU PROGRAMI

Sekazu Programı, Karabük Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Biyoloji, Anatomi ve Radyoloji Ana Bilim Dalı Öğretim Üyeleri tarafından geliştirilen cinsiyet tahmini yapmaya imkân sağlayan yazılımdır. Bu program birden fazla düzlemde çalışma imkânı sağlar. BT görüntüleri üzerinden saptanan yer imlerinin belirlenmesi için etiketleme işlemi yapılır. Parametrelere uygun şekilde koordinatlar elde edilir. Koordinatların hesaplanması ve hesaplama işleminin yapılmasıyla makine öğrenme algoritmaları kullanılarak çözümlenebilir. Program Yer İmi Yönetim Formu, Nitelik Yönetim Formu, Etiketleme Yönetim Formu, Hesaplama Yönetim Formu ve Makine Öğrenme Modelleri kullanılarak çözümlendiği bölümlerden oluşmaktadır.

Sekazu programında Yer İmi Yönetim Formu ekranında yer İmi adları anatomik olarak belirlenmiş bir şekilde girilir. Etiket ismi yer İmi adını tanımlayacak bir şekilde harflerden oluşturulur. Radyolojik görüntünün düzlemine göre plan kısmı yazılır. Etiketlerin yazı rengi ve arka plan rengi seçilir. Açıklama kısmında ise yer İmi hakkında bilgi verilir.

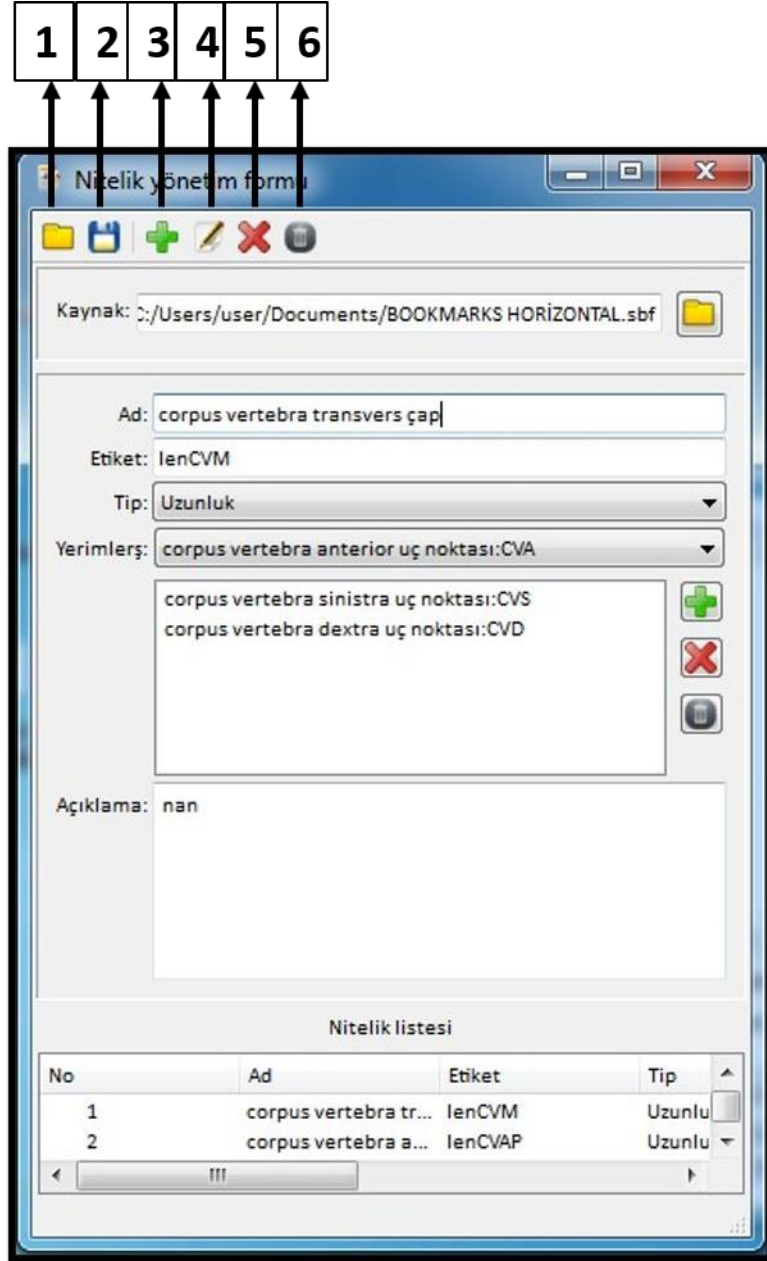
Sekazu programındaki Yer İmi Yönetim Formu uygulama butonları şunlardır; yer İmi dosyalarının yüklenmesi, tanımlanmış yer İmi listesinin kaydedilmesi, tanımlanmış yer İmini yer İmi listesine ekleme, tanımlanmış yer İmlerini değiştirme, seçilmiş yer İmini listeden kaldırma ve yer İmi listesini temizlemeden oluşmaktadır. Yer İmi Yönetim Formu ekranı Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. 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 imilerini değiştirme 5. Seçilmiş yer imini listeden kaldırma 6. Yer imi listesini temizleme.

Nitelik Yönetim Formu ekranında kaynak dosyası olarak yer imi dosyası seçilir. Ad kısmına parametreler ve parametrelere uygun şekilde etiket ismi yazılır. Tip alan, açılı, dairesel alan, uzunluk ve dairesel çevreden oluşur. Parametrelere göre yer imleri 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 3.3'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. 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.

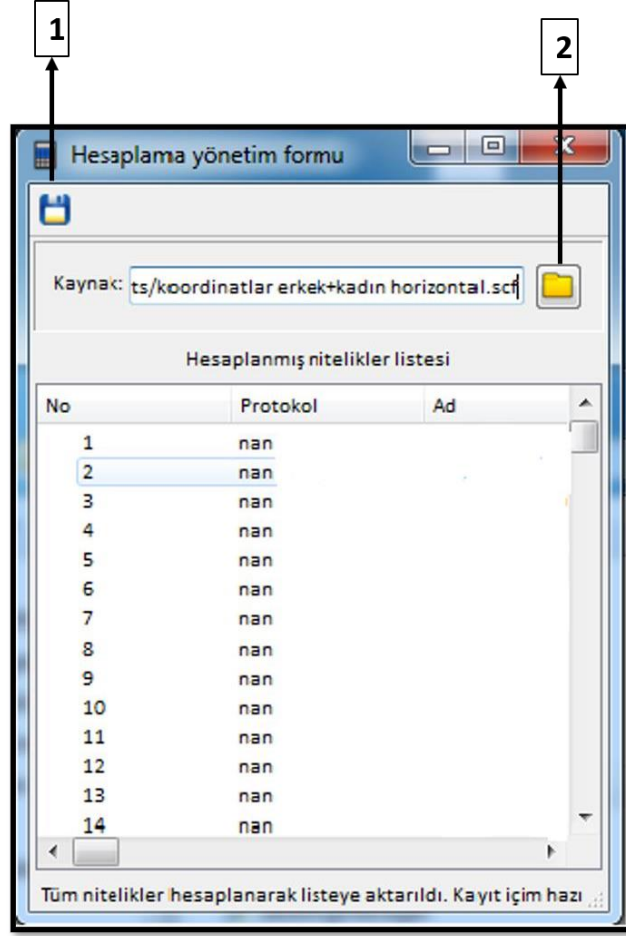
Etiketleme Yönetim Formu ekranında kaynak dosyası olarak belirlenmiş olan nitelik dosyası seçilir. Ad, yaş, boy ve cinsiyet bilgileri kişilere göre girilir. Görüntü üzerinde etiketler yerleştirilir. Protokol numarası bu programda kaçınıcı kez yapıldığını gösterir. Görüntünün düzlemine göre plan kısmı seçilir. Etiketleme Yönetim Formu ekranında uygulama butonları şunlardır; görüntü yükleme, etiket dosyası yükleme, yer imi koordinatlarını koordinat listesine ekleme, koordinat listesini temizleme, etiket dosyası kaydetme, seçilmiş koordinatı listeden kaldırmadır.

Yedinci servikal vertebraya ait görüntünün Etiketleme Yönetim Formu ekranındaki görünümü Şekil 3.4’te gösterilmiştir.



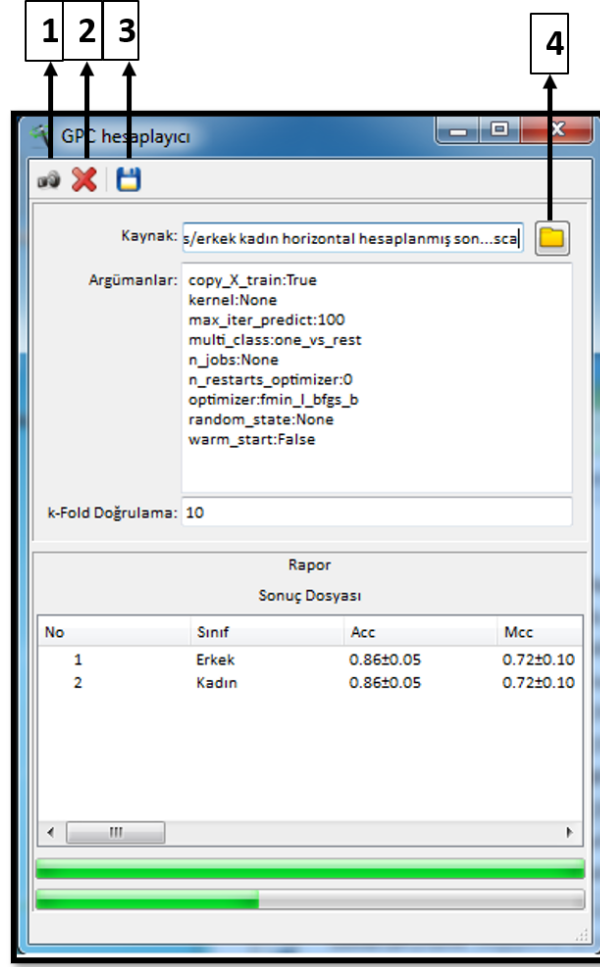
Şekil 3.4. Etiketleme Yönetim Formu ekranı ve Uygulama butonları. 1. Etiket dosyası yükleme 2. Etiket dosyası kaydetme 3. Görüntü yükleme 4. Yer imi koordinatlarını koordinat listesine ekleme 5. Seçilmiş koordinatı listeden kaldırma 6. Koordinat listesini temizleme.

Hesaplama Yönetim Formu ekranında kaydettiğimiz koordinat dosyası doğrultusunda parametrelere göre hesaplama işlemi yapılır. Uygulama butonları kaydettiğimiz koordinat dosyası ve hesaplanmış nitelikler dosyası olarak kaydetmeden oluşur. Hesaplama Yönetim Formu ekranı Şekil 3.5’te gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Hesaplama Yönetim Formu ekranı ve Uygulama butonları. 1. Hesaplanmış nitelikler dosyası olarak kaydetme 2. Kaydettiğimiz koordinat dosyası.

Hesaplama işlemi tamamlandıktan sonra Sekazu programında bulunan makine öğrenme algoritmaları kullanılarak çözümlenme işlemi tamamlanır. Makine öğrenme algoritmaları şunlardır: KA, GNB, DVM, KDA, DODVS, ADA, EAS, RO, K-EYKR, DDA, GAM, GSS, DDVS'dır. Kaynak dosyası seçme, makine öğrenme algoritmalarını uygulama, argüman listesini temizleme ve rapor dosyası olarak kaydetme uygulama butonlarıdır. GSS hesaplama ekranı Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6. Gauss Süreç Sınıflandırması (GSS) hesaplama ekranı ve Uygulama butonları. 1. Makine öğrenme algoritmalarını uygulama 2. Argüman listesini temizleme 3. Rapor dosyası olarak kaydetme 4. Hesaplanmış dosya seçimi.

Sekazu programında vertebra prominens'e ait horizontal ve sagittal düzlem görüntüleri üzerinde çalışma yapıldı. Horizontal ve sagittal düzlem görüntü üzerinde belirlenen yer imi adları ve etiketler Çizelge 3.1 ve 3.2'de gösterilmiştir.

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

Yer imi adı	Etiket
Processus spinosus distalis	PSD
Processus spinosus proksimal	PSP
Arcus vertebrae lateralis	AVL
Arcus vertebrae medialis	AVM
Corpus vertebrae anterior	CVA
Corpus vertebrae posterior	CVP
Corpus vertebrae medialis	CVM
Corpus vertebrae lateralis	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 vertebrale posterior	FVP
Foramen vertebrale anterior	FVA
Foramen vertebrale lateralis	FVL
Foramen vertebrale medialis	FVM
Processus transversus dextra	PTD
Processus transversus sinistra	PTS

Çizelge 3.2. Sagittal düzlemdeki görüntü üzerinde kullanılan yer imi adları ve etiketleri.

Yer imi adı	Etiket
Corpus vertebrae superior	CVS
Corpus vertebrae inferior	CVI
Processus spinosus medial uç nokta	PSM
Processus spinosus lateral uç nokta	PSL

Nitelik Yönetim Formu ekranında horizontal ve sagittal düzlem için parametreler belirlendi. Parametrelere uygun bir şekilde yer imleri seçildi. Yapmış olduğumuz bu çalışmada belirlenen parametreler ve kısaltmalar Çizelge 3.3'te gösterilmiştir.

Horizontal düzlem için Nitelik Yönetim Formu ekranı Şekil 3.7'de gösterilmiştir.

Sagittal düzlem Nitelik Yönetim Formu ekranı ise 3.8’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.3. Yapmış olduğumuz 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 CVPSM	Corpus vertebrae ile proc. spinosus arası maksimum uzaklık
Len PTD	Sağ proc. transversus uzunluğu
Len PTS	Sol proc. transversus uzunluğu
Len PTDPS	Sağ proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık
Len PTSPS	Sol proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık
Len PTM	İki proc. transversus arasındaki maksimum uzaklık
Len CVM-I	Corpus vertebrae maksimum yüksekliği
Len PSM	Proc. spinosus maksimum uzunluğu
Ang CVA	Corpus vertebrae anterior açısı
Ang AP	Arcus posterior açısı
Ang AV	Arcus vertebrae açısı

Nitelik yönetim formu

Kaynak: C:/Users/user/Documents/bookmark düzenlenmiş.sbf

Ad: corpus vertebra transvers çap

Etiket: lenCVM

Tip: Uzunluk

Yerimlerş: corpus vertebra anterior uç noktası:CVA

corpus vertebra sinistra uç noktası:CVL
corpus vertebra dextra uç noktası:CVM

Açıklama: nan

Nitelik listesi

No	Ad	Etiket	Tip
1	corpus vertebra tr...	lenCVM	Uzunlu
2	corpus vertebra a...	lenCVAP	Uzunlu

Şekil 3.7. Sekazu programı nitelik yönetim formu ekranı (horizontal düzlem).

Kaynak: Users/user/Documents/bookmark sagittal düzenlenmiş.sbf

Ad: corpus vertebra yüksekliği

Etiket: lenCVM-I

Tip: Uzunluk

Yerimlerş: corpus vertebra superior:CVS

corpus vertebra superior:CVS
corpus vertebra inferior:CVI

Açıklama: nan

Nitelik listesi

No	Ad	Etiket	Tip
1	corpus vertebra y...	lenCVM-I	Uzunluk
2	processus spinos...	lenPSM	Uzunluk

Nitelik listesi yüklendi.

Şekil 3.8. Sekazu programı nitelik yönetim formu ekranı (sagittal düzlem).

Etiketleme Yönetim Formu ekranında BT görüntüleri üzerine etiket noktaları yerleştirildi. Horizontal düzlem görüntüsü üzerine yerleştirilen etiketler Şekil 3.9-13'te gösterilmiştir. Sagittal düzlem görüntüsü üzerine yerleştirilen etiketler ise Şekil 3.14'te gösterilmiştir.

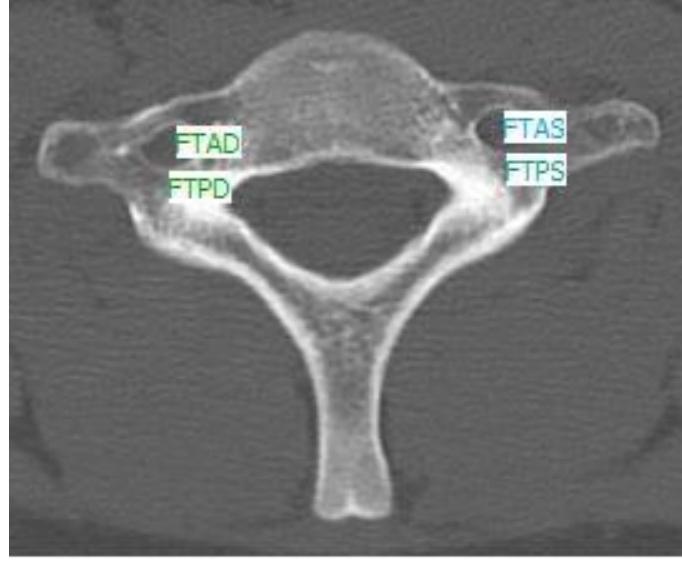
A) Horizontal düzlemde;

- 1) Len CVAP: CVA ile CVP noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.9),
- 2) Len CVM: CVM ile CVL noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.9),
- 3) Len FTDAP: FTAD ile FTPD noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.10),

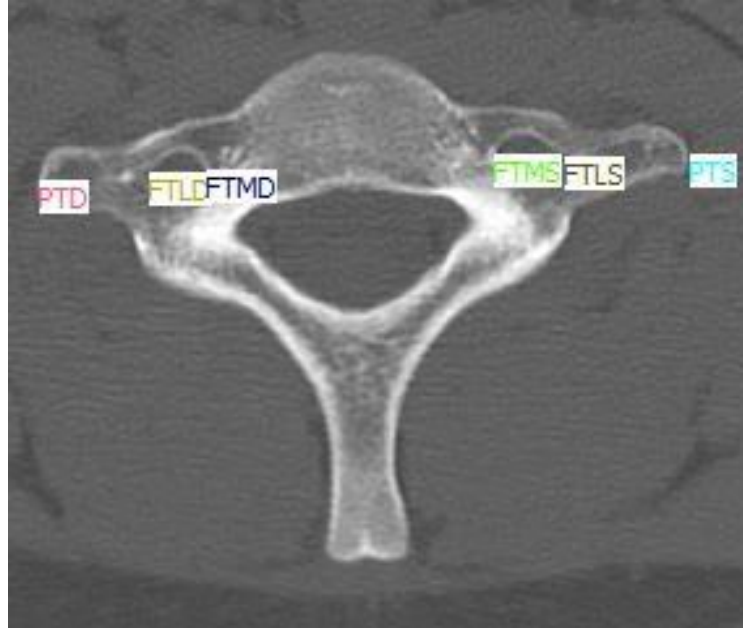
- 4) Len FTSAP: FTAS ile FTSP noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.10),
- 5) Len FTSM: FTLS ile FTMS noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.11),
- 6) Len FTDM: FTLD noktası ile FTMD noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.11),
- 7) Len PTD: FTLD ile PTD noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.11),
- 8) Len PTS: FTLS ile PTS noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.11),
- 9) Len FVM: FVL ile FVM noktaları arasındaki uzaklık (Şekil 3.12),
- 10) Len FVAP: FVA ile FVP noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.12),
- 11) Len PTM: PTD ile PTS noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.12),
- 12) Ang CVA: PTD, PTS ve CVA noktaları arasında kalan açı (Şekil 3.12),
- 13) Ang AP: PTD, PSP ve PTS noktaları arasında kalan açı (Şekil 3.12),
- 14) Len CVPSM: CVA ile PSD noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.12),
- 15) Len PTSPS: PTS ile PSP noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.12),
- 16) Len PTDPS: PTD ile PSP noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.12),
- 17) Ang AV: AVL, PSP ve AVM noktaları arasında kalan açı (Şekil 3.13).



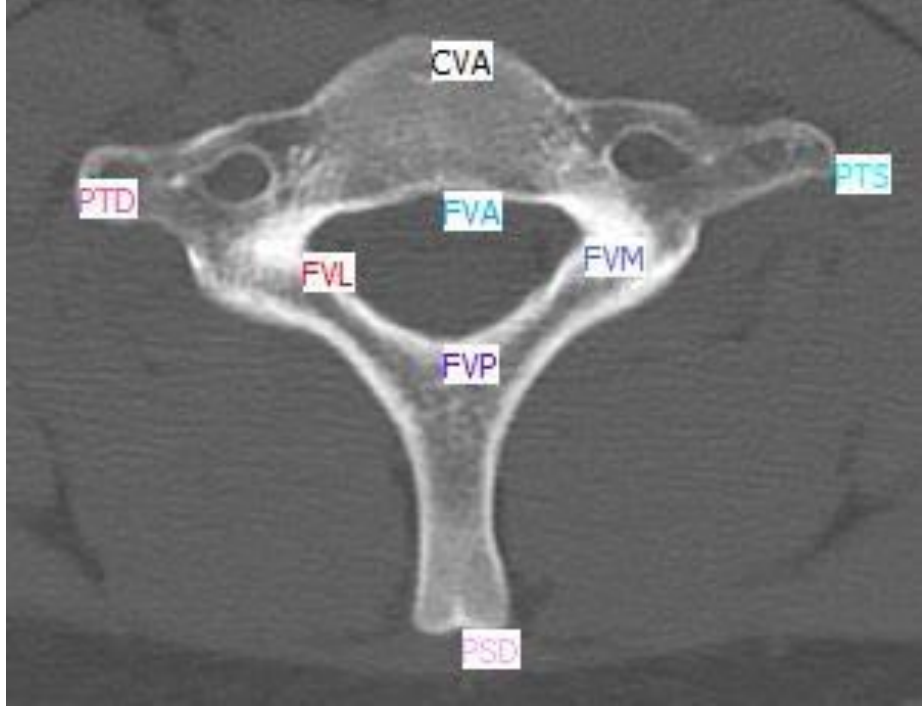
Şekil 3.9. Horizontal düzlem BT görüntüsü üzerine etiketlerin yerleşimi (CVA: Corpus vertebrae anterior, CVP: Corpus vertebrae posterior, CVL: Corpus vertebrae lateralis, CVM: Corpus vertebrae medialis).



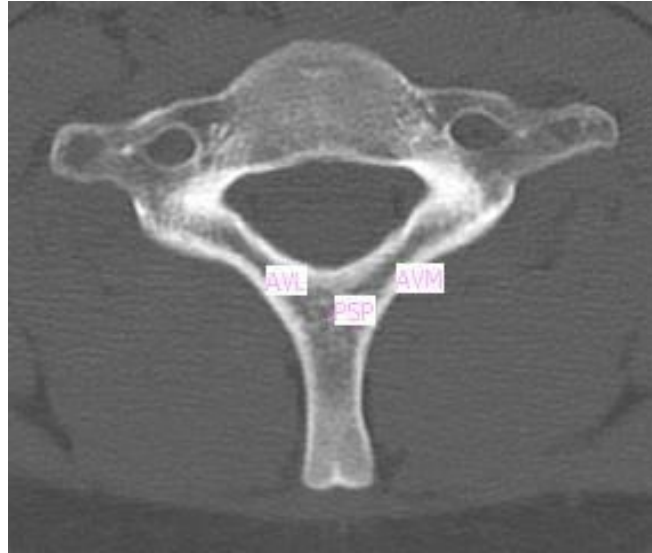
Şekil 3.10. Horizontal düzlem BT görüntüsü üzerine etiketlerin yerleşimi (FTAS: For. transversarium anterior sinistra, FTSP: For. transversarium posterior sinistra, FTAD: For. transversarium anterior dextra, FTPD: For. transversarium posterior dextra).



Şekil 3.11. Horizontal düzlem BT görüntüsü üzerine etiketlerin yerleşimi (FTLS: For. transversarium lateralis sinistra, FTMS: For. transversarium medialis sinistra, FTMD: For. transversarium medialis dextra, FTLD: For. transversarium lateralis dextra, PTD: Proc. transversus dextra, PTS: Proc. transversus sinistra).



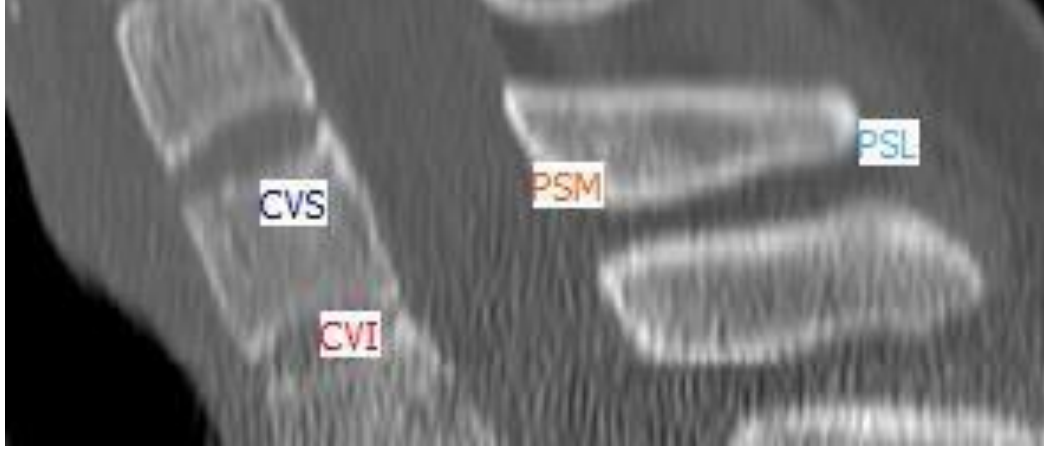
Şekil 3.12. Horizontal düzlem BT görüntüsü üzerine etiketlerin yerleşimi (CVA: Corpus vertebrae anterior, FVP: For. vertebrae posterior, FVA: For. vertebrae anterior, FVL: For. vertebrae lateralis, FVM: For. vertebrae medialis, PTD: Proc. transversus dextra, PTS: Proc. transversus sinistra, PSP: Proc. spinosus distali).



Şekil 3.13. Horizontal düzlem BT görüntüsü üzerine etiketlerin yerleşimi (AVL: Arcus vertebrae lateralis, AVM: Arcus vertebrae medialis, PSP: Proc. spinosus proksimal).

B) Sagittal düzlemde;

- 1) Len CVM-I: CVS ile CVI noktaları arasında kalan uzaklık (Şekil 3.14),
- 2) Len PSM: PSL ve PSM arasında kalan uzaklık (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Sagittal düzlem BT görüntüsü üzerine etiketlerin yerleşimi (CVS: Corpus vertebrae superior, CVI: Corpus vertebrae inferior, PSL: Proc. spinosus lateralis, PSM: Proc. spinosus medialis).

Etiket Yönetim Formu ekranında vertebra prominens'e ait horizontal ve sagittal düzlem BT görüntüleri üzerine, etiketlerin yerleştirilmesiyle koordinatlar elde edildi. Koordinatların oluştuğu Etiket Yönetim Formu ekranı Şekil 3.15'te gösterilmiştir.

No	Protokol	Ad	Yaş	Boy	Cinsiyet	Kaynak	CVA	CVP	CVS	CVD	FTAD	FTPO	FTI
1	nan		43	175	Erkek	C:/Users/user/Do...	167.9835360000...	167.9835360000...	155.984712.56 0...	181.2865800000...	187.544636.61.2...	187.544636.66.2...	194
2	nan		41	178	Erkek	C:/Users/user/Do...	130.870272.32.5...	131.709184.48.6...	118.915776.44.4...	147.2290569999...	152.891712.44.4...	152.891712.49.4...	159
3	nan		38	180	Erkek	C:/Users/user/Do...	163.80331.44.16...	163.28982.61.36...	150.45257.95.97...	178.18103.55.97...	184.8564.59.308...	184.8564.62.389...	187
4	nan		32	174	Erkek	C:/Users/user/Do...	174.3683040000...	174.3683040000...	159.5634480000...	190.2698160000...	196.3014240000...	196.3014240000...	194
5	nan		28	172	Erkek	C:/Users/user/Do...	160.91776.47.01...	161.169194.61.3...	147.08889.55.06...	175.751366.55.8...	182.5410839999...	182.28965.64.11...	181
6	nan		22	175	Erkek	C:/Users/user/Do...	176.052448.52.9...	176.052448.69.0...	161.0099919999...	190.5377769999...	197.78044.66.57...	197.5018759999...	191
7	nan		24	182	Erkek	C:/Users/user/Do...	308.930636.113...	308.930636.133...	294.036624.123...	323.344196.125...	330.070524.129...	329.590072.136...	331
8	nan		27	178	Erkek	C:/Users/user/Do...	366.1418670000...	366.1418670000...	355.220838.154...	377.637687.155...	385.1099700000...	385.6847610000...	388
9	nan		31	177	Erkek	C:/Users/user/Do...	384.4201099999...	385.630882.167...	372.917776.161...	400.160146.161...	406.214006.165...	406.819392.170...	41
10	nan		24	184	Erkek	C:/Users/user/Do...	201.492581.62.5...	201.492581.80.4...	187.661577.72.9...	213.437539.73.5...	219.4100179999...	219.4100179999...	22
11	nan		34	177	Erkek	C:/Users/user/Do...	269.981621.100...	269.981621.119...	255.995132.110...	284.815776.110...	289.477939.114...	289.901772.117...	29
12	nan		44	174	Erkek	C:/Users/user/Do...	270.405454.99.6...	269.981621.117...	257.266631.109...	283.120444.110...	289.477939.114...	290.315605.117...	29
13	nan		21	179	Erkek	C:/Users/user/Do...	259.704592.95.5...	258.494788.110...	245.590212.102...	272.2059.105.25...	280.27126.110.8...	280.27126.114.1...	28
14	nan		48	174	Erkek	C:/Users/user/Do...	189.78188.60.34...	190.0836.75.12828	176.20448.69.3956	205.47132.68.79...	213.91948.75.12...	213.91948.75.12...	21
15	nan		43	175	Erkek	C:/Users/user/Do...	362.5639159999...	363.1321979999...	351.1982759999...	375.6344019999...	383.021068.161...	383.021068.168...	387

Şekil 3.15. Koordinatların elde edildiği ekran.

Koordinatların uygun parametrelere göre hesaplanma işlemi yapıldı. Sekazu programında bulunan makine öğrenme algoritmaları kullanılarak çözümlene işlemi yapıldı.

BÖLÜM 4

BULGULAR

Yapmış olduğumuz bu çalışmada verilerin değerlendirilmesi için Minitab 17 kullanıldı. Yaşa ait verilere Anderson Darling testi uygulanmıştır. Kadınların yaş ortalamaları $33,90 \pm 7,43$; erkeklerin yaş ortalamaları $32,66 \pm 8,21$ yaş olarak elde edildi. Erkek ve kadın bireylerin yaş ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark görülmemiştir ($p=0,23$).

Bu çalışmada değerlendirme yapılan vertebra prominense ait parametrelerin normal dağılım gösterip göstermediklerini analiz etmek için Anderson Darling testi uygulandı. Normal dağılım gösteren Len CVAP, Len FTDM, Len PTM, Len FVM, Len FVAP, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Len PTSPS, Len PSM, Ang AP, Ang CVA, Ang AV parametrelerine Two Sample t testi; normal dağılım göstermeyen Len CVM, Len FTDAP, Len FTSM, Len FTSAP, Len CVM-I parametrelerine ise nonparametrik analiz olan Mann Whitney U testi uygulandı ($p \leq 0,05$). Erkek ve kadın bireylere ait normal dağılım gösteren parametrelere uygulanan Two-Sample t testi sonucunda Len CVAP, Len FTDM, Len PTM, Len FVM, Len FVAP, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Len PTSPS, Len PSM parametreleri erkeklerde kadınlara göre daha büyük bulunmuştur ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p \leq 0,05$). Two-Sample t testi sonucunda Ang AP parametresi kadınlarda erkeklere göre daha büyük bulunmuş ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p \leq 0,05$). Ang CVA ve Ang AV parametreleri kadınlarda erkeklere göre daha büyük bulunmuş fakat istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır (Ang CVA $p=0,20$), (Ang AV $p=0,06$). Erkek ve kadın bireylere ait normal dağılım göstermeyen parametrelere uygulanan Mann Whitney U testi sonucunda ise Len CVM, Len FTDAP, Len FTSM, Len FTSAP, Len CVM-I parametreleri erkeklerde kadınlara göre daha büyük bulunmuş ve fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p \leq 0,05$). Normal dağılım gösteren parametreler için tanıtıcı istatistikler olan ortalama ve

standart sapma ile ifade edildi (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3). Normal dağılım göstermeyen parametreler için ise medyan, minimum ve maksimum değerleri ifade edildi (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.1. Erkek ve kadın bireylere ait normal dağılım gösteren parametrelere uygulanan Two-Sample t testi (Len CVAP: Corpus vertebrae'nin anterior-posterior uzunluğu, Len FTDM: Sağ for. transversarium'un maksimum genişliği, Len PTM: İki proc. transversus arasındaki maksimum uzaklık, Len FVM: For. vertebrae'nin maksimum genişliği, Len FVAP: For. vertebrae'nin anterior-posterior uzunluğu, Len CVPSM: Corpus vertebrae ile proc. spinosus arası maksimum uzaklık, Len PTD: Sağ proc. transversus uzunluğu).

Parametreler	Erkek Ort ± Std	Kadın Ort ± Std	p
Len CVAP	16,79 ± 1,41	14,17 ± 1,21	0,00*
Len FTDM	5,18 ± 0,96	4,34 ± 0,89	0,00*
Len PTM	73,50 ± 5,40	67,81 ± 5	0,00*
Len FVM	27,66 ± 2,19	25,82 ± 1,86	0,00*
Len FVAP	15,94 ± 2	14,96 ± 1,52	0,00*
Len CVPSM	64,31 ± 2,92	56,66 ± 2,86	0,00*
Len PTD	13,70 ± 2,47	12,51 ± 2,23	0,00*

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

Çizelge 4.2. Erkek ve kadın bireylere ait normal dağılım gösteren parametrelere uygulanan Two-Sample t testi (Len PTS: Sol proc. transversus uzunluğu, Len PTDPS: Sağ proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık, Len PTSPS: Sol proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık, Len PSM: Proc. spinosus maksimum uzunluğu).

Parametreler	Erkek Ort ± Std	Kadın Ort ± Std	p
Len PTS	14,05 ± 2,44	13,17 ± 2,11	0,00*
Len PTDPS	61,09 ± 3,49	54,76 ± 3,02	0,00*
Len PTSPS	60,59 ± 3,90	53,96 ± 3,49	0,00*
Len PSM	33,50 ± 2,85	27,71 ± 2,33	0,00*

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

Çizelge 4.3. Erkek ve kadın bireylere ait normal dağılım gösteren parametrelere uygulanan Two-Sample t testi (Ang AP: Arcus posterior açısı, Ang CVA: Corpus vertebrae anterior açısı, Ang AV: Arcus vertebrae açısı).

Parametreler	Erkek Ort ± Std	Kadın Ort ± Std	p
Ang AP	74,33 ± 4,32	77,20 ± 4,71	0,00*
Ang CVA	133,18 ± 6,60	134,42 ± 7,20	0,20
Ang AV	93,01 ± 8,95	95,32 ± 8,25	0,06

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

Çizelge 4.4. Erkek ve kadın bireylere ait normal dağılım göstermeyen parametrelere uygulanan Mann Whitney U testi (Len CVM: Corpus vertebrae'nın maksimum genişliği, Len FTDAP: Sağ for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len FTSM: Sol for. transversarium'un maksimum genişliği, Len FTSAP: Sol for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len CVM-I: Corpus vertebrae maksimum yüksekliği).

Parametreler	Erkek Ortanca (Min-Max)	Kadın Ortanca (Min-Max)	p
Len CVM	31,26 (22,42 – 35,94)	27,19 (22,85 – 32,13)	0,00*
Len FTDAP	4,49 (2,20 – 7,22)	3,06 (1,76 – 5,97)	0,00*
Len FTSM	5,23 (3,05 – 7,89)	4,46 (2,52 – 8,39)	0,00*
Len FTSAP	4,20 (2,20 – 8,16)	3,18 (1,59 – 5,79)	0,00*
Len CVM-I	14,88 (7,89 – 21,87)	12,04 (6,22 – 19,03)	0,00*

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

Sekazu programında bulunan makine öğrenme algoritmaları kullanılarak yapılan çözümlene işlemi sonucunda elde etmiş olduğumuz veriler Çizelge 4.3 – 15'te gösterilmiştir.

KA algoritmasında Len CVAP, Len FTSM, Len FVM, Len PTS, Len CVM-I parametreleri kullanarak erkeklerde doğruluk oranı %92, sensitivite %89, spesifite %92; kadınlarda doğruluk oranı %91, sensitivite %92, spesifite %89 elde edilmiştir (Çizelge 4.5).

Çizelge 4.5. KA algoritması çözümlene çizelgesi.

Algoritma ismi		Karar Ağacı									
Kod adı		KA									
Parametreler		Len CVAP, Len FTSM, Len FVM, Len PTS, Len CVM-I									
Sonaçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,92	0,89	0,92	0,93	0,83	10	1	1	9
2	Test	Kadın	0,91	0,92	0,89	0,94	0,83	9	1	1	10

(Len CVAP: Corpus vertebrae anterior- posterior uzunluğu, Len FTSM: Sol for. transversarium'un maksimum genişliği, Len FVM: For. vertebrae'nin maksimum genişliği, Len CVM-I: Corpus vertebrae maksimum yüksekliği, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

DVM algoritmasında Len CVM, Len CVAP, Len FTDM, Len FTDAP, Len FTSM, Len FTSAP, Len PTM, Len FVM, Len FVAP, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Len PTPPS, Ang AP, Ang CVA, Ang AV, Len CVM-I, Len PSM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %92, sensitivite %91, spesifite %93; kadınlarda doğruluk oranı %92, sensitivite %93, spesifite %91 elde edilmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. DVM algoritması çözümlene çizelgesi.

Algoritma ismi		Destek Vektör Makinesi									
Kod Adı		DVM									
Parametreler		Len CVM, Len CVAP, Len FTDM, Len FTDAP, Len FTSM, Len FTSAP, Len PTM, Len FVM, Len FVAP, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Len PTPPS, Ang AP, Ang CVA, Ang AV, Len CVM-I, Len PSM									
Sonaçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,92	0,91	0,93	0,90	0,86	10	1	1	9
2	Test	Kadın	0,92	0,93	0,91	0,90	0,86	9	1	1	10

(Len CVM: Corpus vertebrae'nin maksimum genişliği, Len CVAP: Corpus vertebrae'nin anterior-posterior uzunluğu, Len FTDM: Sağ for. transversarium'un maksimum genişliği, Len FTDAP: Sağ for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len FTSM: Sol for. transversarium'un maksimum genişliği, Len FTSAP: Sol for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len PTM: İki proc. transversus arasındaki maksimum uzaklık, Len FVM: For. vertebrae'nin maksimum genişliği, Len FVAP: For. vertebrae'nin anterior-posterior uzunluğu, Len CVPSM: Corpus vertebrae ile proc. spinosus arası maksimum uzaklık, Len PTD: Sağ proc. transversus uzunluğu, Len PTS: Sol proc. transversus uzunluğu, Len PTDPS: Sağ proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık, Len PTPPS: Sol proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık, Ang AP: Arcus posterior açısı, Ang CVA: Corpus vertebrae anterior açısı, Ang AV: Arcus vertebrae açısı, Len CVM - I: Corpus vertebrae maksimum yüksekliği, Len PSM: Proc. spinosus maksimum uzunluğu, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN:

Doğru Negatif).

KDA algoritmasında Ang AV, Len CVPSM, Len CVAP, Len FTDAP, Len CVM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %90, sensitivite %89, spesifite %88; kadınlarda doğruluk oranı %90, sensitivite %88, spesifite %89 elde edilmiştir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. KDA algoritmasında çözümlene çizelgesi.

Algoritma ismi		Kuadratik Diskriminant Analizi									
Kod Adı		KDA									
Parametreler		Ang AV, Len CVPSM, Len CVAP, Len FTDAP, Len CVM									
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,90	0,89	0,88	0,90	0,86	10	1	1	9
2	Test	Kadın	0,90	0,88	0,89	0,90	0,86	9	1	1	10

(Ang AV: Arcus vertebrae açısı, Len CVPSM: Corpus vertebrae ile proc. spinosus arası maksimum uzaklık, Len CVAP: Corpus vertebrae'nın anterior-posterior uzunluğu, Len FTDAP: Sağ for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len CVM: Corpus vertebrae'nın maksimum genişliği, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

DODVS algoritmasında Len CVM, Len CVAP, Len FTDM, Len FTDAP, Len FTSM, Len FTSAP, Len PTM, Len FVM, Len FVAP, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Ang AP, Ang CVA, Ang AV, Len CVM-I, Len PSM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %93, sensitivite %91, spesifite %89; kadınlarda doğruluk oranı %92, sensitivite %89, spesifite %91 elde edilmiştir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. DODVS algoritması çözümlene çizelgesi.

Algoritma ismi	Doğrusal Olmayan Destek Vektör Sınıflandırması										
Kod Adı	DODVS										
Parametreler	Len CVM, Len CVAP, Len FTDM, Len FTDAP, Len FTSM, Len FTSAP, Len PTM, Len FVM, Len FVAP, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Ang AP, Ang CVA, Ang AV, Len CVM-I, Len PSM										
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,93	0,91	0,89	0,81	0,78	9	1	1	9
2	Test	Kadın	0,92	0,89	0,91	0,85	0,78	9	1	1	9

(Len CVM: Corpus vertebrae'nın maksimum genişliği, Len CVAP: Corpus vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len FTDM: Sağ for. transversarium'un maksimum genişliği, Len FTDAP: Sağ for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len FTSM: Sol for. transversarium'un maksimum genişliği, Len FTSAP: Sol for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len PTM: İki proc. transversus arasındaki maksimum uzaklık, Len FVM: For. vertebrale maksimum uzunluğu, Len FVAP: For. vertebrale anterior-posterior uzunluğu, Len CVPSM: Corpus vertebrae ile proc. spinosus arası maksimum uzaklık, Len PTD: Sağ proc. transversus uzunluğu, Len PTS: Sol proc. transversus uzunluğu, Len PTDPS: Sağ proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık, Ang AP: Arcus posterior açısı, Ang CVA: Corpus vertebrae anterior açısı, Ang AV: Arcus vertebrae açısı, Len CVM-I: Corpus vertebrae maksimum yüksekliği, Len PSM: Proc. spinosus maksimum uzunluğu, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

ADA algoritmasında Len CVM, Len CVAP, Len FTDM, Len FTSM, Len FTSAP, Len PTM, Len FVM, Len FVAP, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Ang AP, Ang CVA, Ang AV, Len CVM-I, Len PSM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %91, sensitivite %87, spesifite %85; kadınlarda doğruluk oranı %91, sensitivite %85, spesifite %87 olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. ADA algoritması çözümleme çizelgesi.

Algoritma ismi		Ada Boost Sınıflandırması									
Kod adı		ADA									
Parametreler		Len CVM, Len CVAP, Len FTDM, Len FTSM, Len FTSAP, Len PTM, Len FVM, Len FVAP, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Ang AP, Ang CVA, Ang AV, Len CVM- I, Len PSM									
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,91	0,87	0,85	0,88	0,83	10	1	1	10
2	Test	Kadın	0,91	0,85	0,87	0,88	0,83	10	1	1	10

(Len CVM: Corpus vertebrae'nin maksimum genişliği, Len CVAP: Corpus vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len FVM: For. vertebrae maksimum uzunluğu, Len FTDM: Sağ for. transversarium'un maksimum genişliği, Len FTSM: Sol for. transversarium'un maksimum genişliği, Len FTSAP: Sol for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len PTM: İki proc. transversus arasındaki maksimum uzaklık, Len FVAP: For. vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len PTD: Sağ proc. transversus uzunluğu, Len PTS: Sol proc. transversus uzunluğu, Len PTDPS: Sağ proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık, Ang AP: Arcus posterior açısı, Ang CVA: Corpus vertebrae anterior açısı, Ang AV: Arcus vertebrae açısı, Len CVM-I: Corpus vertebrae maksimum yüksekliği, Len PSM: Proc. spinosus maksimum uzunluğu, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

EAS algoritmasında Len CVAP, Len CVM, Len FTDM, Len FTDAP, Len FTSAP, Len PTM, Len FVAP, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Len PTPPS, Ang AP, Ang CVA, Ang AV, Len CVM- I, Len PSM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %93, sensitivite %91, spesifite %90; kadınlarda doğruluk oranı %93, sensitivite %90, spesifite %91 elde edilmiştir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. EAS algoritması çözümleme çizelgesi.

Algoritma ismi	Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması										
Kod Adı	EAS										
Parametreler	Len CVAP, Len CVM, Len FTDM, Len FTDAP, Len FTSAP, Len PTM, Len FVAP, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Len PTPPS, Ang AP, Ang CVA, Ang AV, Len CVM- I, Len PSM										
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,93	0,91	0,90	0,90	0,86	10	1	1	10
2	Test	Kadın	0,93	0,90	0,91	0,89	0,86	10	1	1	10

(Len CVAP: Corpus vertebrae anterior- posterior uzunluğu, Len CVM: Corpus vertebrae'nin maksimum genişliği, Len FTDM: Sağ for. transversarium'un maksimum genişliği, Len FTDAP: Sağ for. transversarium'un anterior- posterior uzunluğu, Len FTSAP: Sol for. transversarium'un anterior- posterior uzunluğu, Len PTM: İki proc. transversus arasındaki maksimum uzaklık, Len FVAP: For. vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len CVPSM: Corpus vertebrae ile proc. spinosus arası maksimum uzaklık, Len PTD: Sağ proc. transversus uzunluğu, Len PTS: Sol proc. transversus uzunluğu, Len PTDPS: Sağ proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık, Len PTPPS: Sol proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık, Ang AP: Arcus posterior açısı, Ang CVA: Corpus vertebrae anterior açısı, Ang AV: Arcus vertebrae açısı, Len CVM-I: Corpus vertebrae maksimum yüksekliği, Len PSM: Proc. spinosus maksimum uzunluğu, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

GAM algoritması Len CVM, Len CVAP, Len FTDAP, Len FVAP, Len PSM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %91, sensitivite %92, spesifite 90; kadınlarda doğruluk oranı ise %91, sensitivite %90, spesifite %92 olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. GAM algoritması çözümleme çizelgesi.

Algoritma ismi		Gradyan Arttırma Modeli									
Kod adı		GAM									
Parametreler		Len CVM, Len CVAP, Len FTDAP, Len FVAP, Len PSM									
Sonaçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,91	0,92	0,90	0,94	0,84	10	1	1	10
2	Test	Kadın	0,91	0,90	0,92	0,94	0,84	10	1	1	10

(Len CVAP: Corpus vertebrae anterior- posterior uzunluğu, Len CVM: Corpus vertebrae'nın maksimum genişliği, Len FTDAP: Sağ for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len FVAP: For. vertebrae anterior- posterior uzunluğu, Len PSM: Proc. spinosus maksimum uzunluğu, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

K-EYKR algoritmasında Len CVAP, Len FTDAP, Len FVAP, Len PSM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %93, sensitivite %91, spesifite %90; kadınlarda ise doğruluk oranı %92, sensitivite %90, spesifite %91 olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. K-EYKR algoritması çözümleme çizelgesi.

Algoritma ismi		K-En Yakın Komşular Regresyonu									
Kod adı		K-EYKR									
Parametreler		Len CVAP, Len FTDAP, Len FVAP, Len PSM									
Sonaçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,93	0,91	0,90	0,89	0,85	10	1	1	10
2	Test	Kadın	0,92	0,90	0,91	0,91	0,85	10	1	1	10

(Len CVAP: Corpus vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len FTDAP: Sağ for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len FVAP: For. vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len PSM: Proc. spinosus maksimum uzunluğu, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

DDA algoritmasında Len CVM, Len CVAP, Len FTDAP, Len FTSAP, Len PTM, Len FVM, Len FVAP, Len PTD, Len PTS, Len PTPPS, Ang CVA, Ang AV, Len PSM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %94, sensitivite %90, spesifite %91; kadınlarda doğruluk oranı %94, sensitivite %91, spesifite %90 olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. DDA algoritması çözümleme çizelgesi.

Algoritma ismi	Doğrusal Diskriminant Analizi										
Kod Adı	DDA										
Parametreler	Len CVM, Len CVAP, Len FTDAP, Len FTSAP, Len PTM, Len FVM, Len FVAP, Len PTD, Len PTS, Len PTPPS, Ang CVA, Ang AV, Len PSM										
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,94	0,90	0,91	0,89	0,88	10	1	1	10
2	Test	Kadın	0,94	0,91	0,90	0,90	0,88	10	1	1	10

(Len CVM: Corpus vertebrae'nin maksimum genişliği, Len CVAP: Corpus vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len FTDAP: Sağ for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len FTSAP: Sol for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len PTM: İki proc. transversus arasındaki maksimum uzaklık, Len FVM: For. vertebrale maksimum uzunluğu, Len FVAP: For. vertebrale anterior-posterior uzunluğu, Len PTD: Sağ proc. transversus uzunluğu, Len PTS: Sol proc. transversus uzunluğu, Len PTPPS: Sol proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık, Ang CVA: Corpus vertebrae anterior açısı, Ang AV: Arcus vertebrae açısı, Len PSM: Proc. spinosus maksimum uzunluğu, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

GSS algoritmasında Len CVAP, Len CVM, Len FTDAP, Len FVAP, Len PSM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %91, sensitivite %92 spesifite %90; kadınlarda doğruluk oranı %91, sensitivite %90, spesifite %92 elde edilmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. GSS algoritması çözümleme çizelgesi.

Algoritma ismi		Gauss Süreci Sınıflandırıcısı									
Kod adı		GSS									
Parametreler		Len CVAP, Len CVM, Len FTDAP Len FVAP, Len PSM									
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,91	0,92	0,90	0,94	0,84	10	1	1	10
2	Test	Kadın	0,91	0,90	0,92	0,94	0,84	10	1	1	10

(Len CVAP: Corpus vertebrae anterior- posterior uzunluğu, Len CVM: Corpus vertebrae'nin maksimum genişliği, Len FTDAP: Sağ for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len FVAP: For. vertebrae anterior- posterior uzunluğu, Len PSM: Proc. spinosus maksimum uzunluğu F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

GNB algoritmasında Len CVM, Len CVAP, Len FTDAP, Len FTSAP, Len PTM, Len FVM, Len CVPSM, Len PTD, Len PTDPS, Len PTPPS, Ang CVA, Ang AV, Len CVM-I, Len PSM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %91, sensitivite %92, spesifite %91; kadınlarda ise doğruluk oranı %91, sensitivite %91, spesifite %92 oranları elde edilmiştir (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. GNB algoritması çözümleme çizelgesi.

Algoritma ismi	Gaussian Naive Bayes										
Kod adı	GNB										
Parametreler	Len CVM, Len CVAP, Len FTDAP, Len FTSAP, Len PTM, Len FVM, Len CVPSM, Len PTD, Len PTDPS, Len PTPPS, Ang CVA, Ang AV, Len CVM-I, Len PSM										
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,91	0,92	0,91	0,91	0,84	10	1	1	10
2	Test	Kadın	0,91	0,91	0,92	0,92	0,84	10	1	1	10

(Len CVM: Corpus vertebrae'nın maksimum genişliği, Len CVAP: Corpus vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len FTDAP: Sağ for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len FTSAP: Sol for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len PTM: İki proc. transversus arasındaki maksimum uzaklık, Len FVM: For. vertebrae maksimum uzunluğu, Len CVPSM: Corpus vertebrae ile proc. spinosus arası maksimum uzaklık, Len PTD: Sağ proc. transversus uzunluğu, Len PTDPS: Sağ proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık, Len PTPPS: Sol proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık, Ang CVA: Corpus vertebrae anterior açısı, Ang AV: Arcus vertebrae açısı, Len CVM-I: Corpus vertebrae maksimum yüksekliği, Len PSM: Proc. spinosus maksimum uzunluğu, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

DDVS algoritmasında Len CVM, Len CVAP, Len FTDM, Len FTDAP, Len FTSM, Len FTSAP, Len PTM, Len FVM, Len FVAP, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Len PTPPS, Ang AP, Ang CVA, Ang AV, Len CVM-I, Len PSM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %92, sensitivite %90, spesifite %92; kadınlarda doğruluk oranı %92, sensitivite %92, spesifite %90 olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. DDVS algoritması çözümlene çizelgesi.

Algoritma ismi	Doğrusal Destek Vektör Sınıflandırması										
Kod adı	DDVS										
Parametreler	Len CVM, Len CVAP, Len FTDM, Len FTDAP, Len FTSM, Len FTSAP, Len PTM, Len FVM, Len FVAP, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Len PTPPS, Ang AP, Ang CVA, Ang AV, Len CVM-I, Len PSM										
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,92	0,90	0,92	0,91	0,84	9	1	1	9
2	Test	Kadın	0,92	0,92	0,90	0,92	0,84	9	1	1	9

(Len CVM: Corpus vertebrae'nın maksimum genişliği, Len CVAP: Corpus vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len FTDM: Sağ for. transversarium'un maksimum genişliği, Len FTDAP: Sağ for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len FTSM: : Sol for. transversarium'un maksimum genişliği, Len FTSAP: Sol for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len PTM: İki proc. transversus arasındaki maksimum uzaklık, Len FVM: For. vertebrale maksimum uzunluğu, Len FVAP: For. vertebrale anterior-posterior uzunluğu, Len CVPSM: Corpus vertebrae ile proc. spinosus arası maksimum uzaklık, Len PTD: : Sağ proc. transversus uzunluğu, Len PTS: Sol proc. transversus uzunluğu, Len PTDPS: Sağ proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık, Len PTPPS: Sol proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık, Ang AP: Arcus posterior açısı, , Ang CVA: Corpus vertebrae anterior açısı, Ang AV: Arcus vertebrae açısı, Len PSM: Proc. spinosus maksimum uzunluğu, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN:Doğru Negatif).

RO algoritmasında Len CVM, Len CVAP, Len FTDM, Len FTDAP, Len FTSM, Len FTSAP, Len PTM, Len FVM, Len FVAP, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Len PTPPS, Ang AP, Ang CVA, Ang AV, Len CVM-I, Len PSM parametreleri kullanılarak erkeklerde doğruluk oranı %92, sensitivite %84, spesifite %83; kadınlarda doğruluk oranı %92, sensitivite %83, spesifite %84 olarak elde edilmiştir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. RO algoritması çözümlene çizelgesi.

Algoritma İsmi	Rastgele Orman										
Kod adı	RO										
Parametreler	Len CVM, Len CVAP, Len FTDM, Len FTDAP, Len FTSM, Len FTSAP, Len PTM, Len FVM, Len FVAP, Len CVPSM, Len PTM, Len PTS, Len PTDPS, Len PTPPS, Ang AP, Ang CVA, Ang AV, Len CVM-I, Len PSM										
Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Sensitivite	Spesifite	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Erkek	0,92	0,84	0,83	0,81	0,81	9	1	1	9
2	Test	Kadın	0,92	0,83	0,84	0,81	0,84	9	1	1	9

(Len CVM: Corpus vertebrae'nın maksimum genişliği, Len CVAP: Corpus vertebrae anterior-posterior uzunluğu, Len FTDM: Sağ for. transversarium'un maksimum genişliği, Len FTDAP: Sağ for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len FTSM: : Sol for. transversarium'un maksimum genişliği, Len FTSAP: Sol for. transversarium'un anterior-posterior uzunluğu, Len PTM: İki proc. transversus arasındaki maksimum uzaklık, Len FVM: For. vertebrale maksimum uzunluğu, Len FVAP: For. vertebrale anterior-posterior uzunluğu, Len CVPSM: Corpus vertebrae ile proc. spinosus arası maksimum uzaklık, Len PTD: : Sağ proc. transversus uzunluğu, Len PTS: Sol proc. transversus uzunluğu, Len PTDPS: Sağ proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık, Len PTPPS: Sol proc. transversus ile proc. spinosus arası uzaklık, Ang AP: Arcus posterior açısı, , Ang CVA: Corpus vertebrae anterior açısı, Ang AV: Arcus vertebrae açısı, , Len CVM-I: Corpus vertebrae maksimum yüksekliği, Len PSM: Proc. spinosus maksimum uzunluğu, F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif).

BÖLÜM 5

TARTIŞMA

Kitlesel afetler (deprem, sel, tsunami vb.), ceza davalarında ve insan haklarının ihlali davalarında bilinmeyen insan iskeleti kalıntılarında cinsiyetin tespit edilmesi, adli tıp olaylarında önemlidir (Gapert et al., 2009). Çünkü kimlik tespitinin yapılması boy, yaş ve soy gibi bilgilerin geliştirilmesinde önemli bir adımdır (Krishan et al., 2016).

Adli antropologlar, cinsiyetin değerlendirilmesinde morfolojik ve metrik yöntemler kullanırlar. Morfolojik yöntemler, iskelet kalıntılarında gözleme dayalı ve hızlı sonuçlar elde edilir (Bonczarowska et al., 2019). Ancak bu yöntemde öznellik düzeyinden etkilenir. Morfolojik yöntemde sağlam kemiklerden doğru sonuçlar elde edilirken, deforme olmuş insan iskeleti kalıntılarında ise doğruluk oranlarında düşme gözlemlenir (Krishan et al., 2016). Metrik yöntemlerde ise biyolojik profilin saptanmasında hızlı sonuçlar elde edilir ve sıklıkla popülasyona özgüdür. Metrik yöntemde farklı istatistiksel yöntemlerin kullanılması ile elde edilen sayısal verilerin değerlendirilip yorumlanması daha kolaydır (Bonczarowska et al., 2019; Krishan et al., 2016). DNA ve parmak izi analizi yönteminde cinsiyetin tespit edilmesinde yüksek doğruluk oranı elde edilen girişimsel olmayan metottur. Ancak pahalı, zaman alması, maliyetli ve ulaşılabilirliği zor olduğu için dezavantajlıdır (Krishan et al., 2016).

Cinsiyetin tespit edilmesi için yapılan çalışmalarda pelvis, cranium ve uzun kemikler en sık kullanılan kemiklerdir (Giles et al., 1963; Steyn et al., 1997; Tague, 1989). İşçan ve ark. Yunan popülasyonuna ait 192 pelvisten (97 Erkek, 95 Kadın) 17 parametre ile yapılan cinsiyet tahmininde çeşitli kombinasyonlarla çalıştıkları diskriminant analizinde pelvis için %79,7-95,4 elde edilmiştir (Steyn et al., 2008). Güleç ve ark. Osmanlı döneminden kalan 87 kadın, 77 erkek cranium kemiklerinden

for. magnum'un 3 ölçüsü ve cranium'un 26 ölçüsü temel alınarak yapılan cinsiyet tahmini çalışmasında, diskriminant fonksiyon analizinin altı değişken parametre kullanılması sonucu doğruluk oranının %81,50 olduğu görülmüştür (Güleç vd., 2017). Pelvis ve cranium kemiklerinin deforme olduğu durumlar göz önüne alınarak yapılan çalışmalarda çeşitli insan iskeleti kemikleri kullanılmıştır. Örneğin; vertebralar, ulna, humerus, radius, femur, talus ve calcaneus çeşitli çalışmalarda araştırma konusu olmuştur (Ayşe, 2014; Iscan vd., 2013; Otağ vd., 2003; Tellioglu vd., 2013).

Vertebralar kullanılarak yapılan cinsiyet tespiti çalışmalarında sayıca fazla olmaları, atipik özellikte vertebraların olması sebebiyle çalışmalarda kullanılmıştır. Torimitsu ve ark. atipik özellikte olan axis'i kullanarak 224 BT görüntüsünde belirlenen 9 parametreyle ANAVO ve aşamalı diskriminant fonksiyon analizi yapılan cinsiyet analizi çalışmasında en yüksek %92,6 doğruluk oranını elde etmişlerdir (Torimitsu et al., 2016). Ünlütürk ve İşcan'nın 73'ü beyaz; 71'i siyah popülasyonunda C7, T1, T11 ve T12 vertebraları kullanılarak yapmış oldukları cinsiyet analizi çalışmasında doğruluk oranları siyah popülasyonunda %85; beyaz popülasyonunda %89 doğruluk oranı elde etmişlerdir (Iscan vd., 2013). Yapılan çalışmalarda vertebraların cinsiyet analizinde doğruluk oranı araştırılmıştır ve yüksek doğruluk oranı elde edilmiştir (Mostafavi et al., 2020). Vertebra prominens'in diğer vertebralardan ayırt edilebilmesi ve proc. spinosus'unun uzun olmasından dolayı cinsiyet tahmini araştırmalarına konu olmuştur. Bu sebeplerden ötürü yapmış olduğumuz bu çalışmada vertebra prominens kullanılmıştır.

Cinsiyetin tespit edilmesinde yumuşak doku kaybının yaşandığı durumlarda insan iskeleti kemiklerinin radyolojik olarak incelenmeleri oldukça önemli hale gelmektedir (Musa vd., 2018). BT yöntemi, gelişen görüntüleme teknikleriyle sürekli değişen popülasyonlar için daha duyarlı ve doğru kılmaktadır. BT yöntemi cinsiyet tahmini çalışmalarında hızlı ve güvenilir sonuç veren girişimsel olmayan bir metottur (Djorojevic et al., 2014; Krishan et al., 2016). Bu yöntem ile kemiğin ortogonal düzleme getirilmesine, her bir parçasının görüntülenmesine ve yönünün değiştirilmesine imkân sağlar. Böylece kemiğin uzunluk, açı ve koordinat hesaplamalarında minimal düzeyde etkilenmesini sağlar (Oner vd., 2019). Yapmış

olduğumuz bu çalışmada BT görüntüleri daha iyi sonuç vermesi adına sagittal, koronal ve horizontal düzlemlerde ortogonal hale getirildi.

Savall ve ark. 113 os coxae'dan yaptıkları cinsiyet tahmini çalışmasında KA modeli ile %92 doğruluk oranı saptanmıştır (Savall et al., 2015). Yapmış olduğumuz bu çalışmada Len CVAP, Len FTSM, Len FVM, Len PTS, Len CVM-I parametreleri ile KA modeli kullanarak %92 doğruluk oranı elde edildi.

Curate ve ark. Coimbra tanımlanmış iskelet koleksiyonundan 100 erkek ve 100 kadına ait os femoris üzerinden 15 parametre kullanarak doğruluk oranlarını DDA ile %85,5-92,5; lojistik regresyon modeli ile %84-91 olarak bulmuşlardır (Curate et al., 2017). Bu çalışmada ise 19 parametre kullanılarak DDA modeli ile %88-94 doğruluk oranı saptandı.

İşçan ve ark. çağdaş Güney Afrika beyaz popülasyonuna ait kadavra koleksiyonunda 56 erkek ve 50 kadın bireye ait tibia ve femur kemikleri kullanılarak cinsiyet tahmini çalışması yapmışlardır. Çalışmalarında 6 parametre femur'dan, 7 parametre tibia'dan ölçerek SPSS programında diskriminant istatistiksel analizi ile doğruluk oranını %86-92 bulmuşlardır (Steyn et al., 1997). Bu çalışmada ise ADA modeli ile %87-91; KA modeli ile de %85-92 doğruluk oranı elde edildi.

Bidmus ve ark. Güney Afrika siyahi popülasyonuna ait 116 kuru kemik (58 Erkek-58 Kadın) calcaneus'un 9 parametresi ile diskriminant analizi yapılarak en iyi cinsiyet tahmini %79-86 oranında doğruluk elde etmişlerdir (Bidmos et al., 2004). Yapmış olduğumuz bu çalışma DDVS modelinde Len CVM, Len CVAP, Len FTDM, Len FTDAP, Len FTSM, Len FTSAP, Len PTM, Len FVM, Len FVAP, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Len PTPPS, Ang AP, Ang CVA, Ang AV, Len CVM-I, Len PSM parametrelerinin analizi ile %92 doğruluk oranına ulaşıldı.

Seçgin ve ark., 300 (150 Kadın, 150 Erkek) sağlıklı bireyin pelvise ait BT görüntüleri kullanılarak yaptıkları çalışmada makine öğrenme algoritmalarından KA ile doğruluk oranı %93, spesifite %90, sensitivite %95 ve ÇÖES %86 elde

etmişlerdir (Secgin vd., 2021). Yapmış olduğumuz bu çalışmada KA algoritması ile Len CVAP, Len FTSM, Len FVM, Len PTS, Len CVM-I parametreleri kullanarak en yüksek doğruluk oranı %93 elde edildi.

Gama ve ark. axis'ten cinsiyet tahmini çalışmasında 13 parametre kullanmışlardır. Yapmış oldukları bu çalışmada lojistik regresyon analizi dört değişken model ile %86,7-89,7 doğruluk oranlarını bulmuşlardır (Gama et al., 2015). Yapmış olduğumuz bu çalışmada ise Len CVM, Len CVAP, Len FTDM, Len FTDAP, Len FTSM, Len FTSAP, Len PTM, Len FVM, Len FVAP, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Ang AP, Ang CVA, Ang AV, Len CVM-I, Len PSM parametreleri ile DODVS modeli ile %93 doğruluk oranı elde edilmiştir. Bu farklı doğruluk oranı elde edilmesinde kullanılan vertebraların, yöntemin, istatistiksel analizin farklı olması ve görüntüleri ortogonale getirerek hatayı en aza indirilmesinden kaynaklandığı düşüncesindeyiz.

Mahfouz ve ark. 228 patelladan (95 Kadın, 133 Erkek) 3D boyutlu BT görüntüleme yardımıyla yapılan cinsiyet tahmini çalışmasında DDA modeli ile %90,3 oranında en yüksek doğruluk elde etmişlerdir (Mahfouz et al., 2007). Yapmış olduğumuz bu çalışmada DDA modelinde Len CVM, Len CVAP, Len FTDAP, Len FTSAP, Len PTM, Len FVM, Len FVAP, Len PTD, Len PTS, Len PTPPS, Ang CVA, Ang AV, Len PSM parametreleri ile enyüksek doğruluk oranı %94 olduğu görüldü. Böylelikle cinsiyet analizi çalışmalarında makine öğrenme modelleri ile desteklenerek daha hızlı ve daha yüksek doğruluk oranı elde edilebileceği düşüncesindeyiz.

Amores ve ark. 20. yüzyılda Granada'da ölen 60 kadın; 61 erkek bireye ait vertebra prominens ve 12. torakal vertebra kullanarak cinsiyet tahmini çalışmasında 0,01 milimetre (mm) hassasiyette dijital kumpas ile ölçüm yapmışlardır. Vertebra prominens üzerinde kullandıkları parametreler şunlardır: For. vertebrae anterior-posterior uzunluğu, for. vertebrae transvers uzunluğu, facies art. superior uzunluğu, facies art. inferior uzunluğu, corpus vertebrae transvers uzunluğu ve corpus vertebrae'nın alt yüzeyinin uzunluğudur. ANOVA kullanılarak her iki vertebra için doğruluk oranı yaklaşık %80 olarak elde etmişlerdir (Amores et al., 2014). Yapmış olduğumuz bu çalışmada ise vertebra prominens üzerinde belirlediğimiz Len CVM,

Len CVAP, Len FTDM, Len FTDAP, Len FTSM, Len FTSAP, Len PTM, Len FVM, Len FVAP, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Len PTPPS, Ang AP, Ang CVA, Ang AV, Len CVM-I, Len PSM parametreleri kullanarak DVM modeli ile %84-92 doğruluk oranı elde edilmiştir. Amores ve ark. yapmış oldukları çalışma ile yapmış olduğumuz bu çalışma arasında doğruluk oranlarının farklılık göstermesi incelenen parametrelerin, kullanılan istatistiksel analizin, kişi sayısı, yöntem ve popülasyonun farklılık göstermesinden kaynaklandığı kanaatindeyiz.

Hou ve ark. Çin'de bulunan çağdaş kuzey doğulularda cinsiyet tahmini çalışmasında 12. torakal vertebraya ait 78 erkek; 63 kadına ait BT görüntüleri kullanılmıştır. 18 parametre kullanılarak yapılan bu çalışmada ANOVA kullanılarak en yüksek doğruluk oranı %94,2 elde edilmiştir (Hou et al., 2012). Yapmış olduğumuz bu çalışmada Len CVAP, Len CVM, Len FTDM, Len FTDAP, Len FTSAP, Len PTM, Len FVAP, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Len PTPPS, Ang AP, Ang CVA, Ang AV, Len CVM- I, Len PSM parametreleri EAS algoritmasında çözümlendiğinde %93 doğruluk oranı görüldü. Hou ve ark. yapmış olduğu bu çalışma ile bizim çalışmamızda vertebra prominens'in kullanılması vertebraların cinsiyet tahmini çalışmalarında yüksek oranda doğruluk elde edileceği düşüncesindeyiz.

Mostafavi ve ark. İran popülasyonunda 70 vertebra prominens'e ait BT görüntülerini kullanarak yapmış oldukları cinsiyet analizi çalışmasında 10 parametreden LR analizi ile %78,6 en yüksek doğruluk oranı elde etmişlerdir (Mostafavi et al., 2020). Bu çalışmada Ang AV, Len CVPSM, Len CVAP, Len FTDAP, Len CVM parametrelerinden KDA modeli ile %90 doğruluk oranı saptandı. Len CVAP, Len CVM, Len FTDM, Len FTDAP, Len FTSAP, Len PTM, Len FVAP, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Len PTPPS, Ang AP, Ang CVA, Ang AV, Len CVM-I, Len PSM parametreleri de EAS modelinde %93 doğruluk oranı görüldü.

Len FVAP parametresi Mostafavi ve ark., Amores ve ark. ve Ekizoglu ve ark. çalışmalarında kadınlara göre erkeklerde daha uzun olduğu ve cinsiyet ayrımında istatistiksel olarak anlamlı olduğunu tespit etmişlerdir (Amores et al., 2014; Eyupoglu, 2018; Mostafavi et al., 2020). Rozendaal ve ark. çalışmasında Len FVAP

parametresi erkeklerde kadınlara göre uzun olmasına rağmen cinsiyet ayrımında anlamlı olmadığını tespit etmişlerdir (Rozendaal et al., 2020). Yapmış olduğumuz bu çalışmada ise Len FVAP parametresi kadınlara oranla erkeklerde daha uzun ve cinsiyet ayrımında anlamlıdır. Mostafavi ve ark., Amores ve ark. ve Ekizoglu ve ark. çalışmalarını yapmış olduğumuz bu çalışma destekler niteliktedir (Amores et al., 2014; Mostafavi et al., 2020).

Bu çalışmada Len FVM parametresi kadınlara oranla erkeklerde daha uzun ve cinsiyet ayrımında anlamlı farkın olduğu gözlemlendi. Mostafavi ve ark., Rozendaal ve ark., Amores ve ark., Ekizoğlu ve ark. çalışmalarında da Len FVM parametresi kadınlara göre erkeklerde daha uzun ve cinsiyet ayrımında anlamlı olduğu gözlemlenmiştir. Len FVM parametresi, yapmış olduğumuz literatür taramalarımıza göre uyumlu olduğu gözlemlendi (Amores et al., 2014; Ekizoglu vd., 2021; Mostafavi et al., 2020; Rozendaal et al., 2020).

Mostafavi ve ark.'ın yapmış olduğu çalışmasında Len PSM parametresi erkeklerde daha uzun ancak cinsiyet ayrımında anlamlı bir farkın olmadığını bulmuşlardır (Mostafavi et al., 2020). Bu çalışmada ise Len PSM parametresi erkeklerde kadınlara göre daha uzun ve cinsiyet ayrımında anlamlı olduğunu tespit edildi. Bu farkın gözlenmesinde bu çalışmada kullandığımız kişi sayısının, istatistiksel analizlerin ve uygulamış olduğumuz metodun farklı olmasından kaynaklandığı düşüncesindeyiz.

Bu çalışmada Len CVM parametresi erkeklerde kadınlara göre daha uzun ve cinsiyet ayrımında istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlemlendi. Amoros ve ark.'ın çalışması bu çalışmayı destekler niteliktedir (Mostafavi et al., 2020).

Ünlütürk ve İşcan'ın çalışmasında Len CVAP parametresi beyaz ve siyah popülasyonunda kadınlara göre erkeklerde daha uzun olduğu tespit edilmiştir. Beyaz popülasyonunda Len CVAP parametre cinsiyet ayrımında anlamlı iken siyah popülasyonunda anlamlı olmadığını saptanmıştır (Iscan vd., 2013). Bu çalışmada ise Len CVAP parametresi erkeklerde daha uzun ve cinsiyet ayrımında anlamlı olduğu tespit edildi.

Yapmış olduğumuz literatür taramasına göre Len FTDAP, Len FTDM, Len FTSAP, Len FTSM, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Len PTSPS, Len PTM, Len CVM–I, Ang CVA, Ang AP ve Ang AV parametrelerine rastlanılmamıştır. Len FTDM, Len PTM, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Len PTSPS, Len FTDAP, Len FTSM, Len FTSAP ve Len CVM–I parametreleri erkeklerde kadınlara göre daha uzun ve cinsiyet ayrımında anlamlı olduğu gözlemlendi. Ang CVA ve Ang AV parametreleri kadınlarda erkeklere göre daha fazla olmasına rağmen cinsiyet ayrımında anlamlı olmadığı saptandı. Ang AP parametresi ise erkeklere göre kadınlarda daha fazla ve cinsiyet ayrımında anlamlıdır. Len FTDM, Len PTM, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Len PTSPS, Len FTDAP, Len FTSM, Len FTSAP, Len CVM–I ve Ang AP parametreleri için yapılacak olan çalışmalara katkı sağlayacağı düşüncesindeyiz.

Yapmış olduğumuz bu çalışmada Len CVAP, Len CVM, Len FTDAP, Len FTDM, Len FTSAP, Len FTSM, Len FVAP, Len FVM, Len CVPSM, Len PTD, Len PTS, Len PTDPS, Len PTSPS, Len PTM, Len CVM–I, Len PSM, Ang CVA, Ang AP ve Ang AV parametreleri makine öğrenme algoritmaları kullanılarak çözümlenme işlemi sonucunda doğruluk oranları şunlardır: ADA %87-91, KA %85-92, EAS %87-93, GAM %85-91, GNB %87-91, GSS %81-91, K-EYKR %84-93, DDA %88-94, DDVS %88-92, DODVS %83-93, KDA %87-90, RO %83-92, DVM %84-92'dir.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada sağlıklı kişilere ait 200 (100 Kadın-100 Erkek) vertebra prominens'in BT görüntüleri üzerinde belirlenen yer imleri yerleştirildi ve uygun parametrelere göre Sekazu (V7.02.) programında hesaplandı. Hesaplamalar yapıldıktan sonra Sekazu programında bulunan makine öğrenme modelleri ile çözümlene işlemi yapıldı.

Vertebra prominens'e ait cinsiyet tahmini çalışmamızda makine öğrenme modellerinin çözümlenmesi ile elde edilen en yüksek doğruluk oranları şunlardır: KA %92, DVM %92, KDA %90, DODVS %93, ADA %91, EAS %93, GAM %91, K-EYKR %93, DDA %94, GSS %91, GNB %91, DDVS %92 ve RO %92 elde edilmiştir.

6.1. ÖNERİLER

Kullanmış olduğumuz BT görüntüleri ve parametre sayıları artırılarak geometrik morfometrik metot ile de desteklenerek doğruluk oranının artacağı düşüncesindeyiz.

KAYNAKLAR

Ahmad, M. W., et al. Predictive modelling for solar thermal energy systems: A comparison of support vector regression, random forest, extra trees and regression trees. *Journal of cleaner production*, 203, 810-821 (2018).

Ali, Z., Cox, C., Stock, M. K., Zandee van Rilland, 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).

Amores-Ampuero, A., et al. Sexual dimorphism from vertebrae: its potential use for sex estimation in an identified osteological sample. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 1-13 (2020).

Amores, A., et al. Sexual dimorphism in the 7th cervical and 12th thoracic vertebrae from a Mediterranean population. *J Forensic Sci*, 59(2), 301-305. doi:10.1111/1556-4029.12320 (2014).

Aprilliani, U., et al. Osteoarthritis disease prediction based on random forest. *Paper presented at the 2018 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS)* (2018).

Arifoğlu, Y. "Her Yönuyle 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).

Atasoy, N. A., et al. Destek Vektör Makineleri Kullanılarak Yüz Tanıma Uygulaması Geliştirilmesi. *Engineering Sciences*, 13(2), 119-127 (2018).

Atılgan, 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, E. (2012). *Arkeoloji ve Antropoloji*. ,1, 1-5 (2012).

Ayşe, A. Yoncatepe toplumunda Calcaneus ve Talus kemiklerinden cinsiyet ve boy tahmini. *Antropoloji* (28), 109-122, (2014).

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).

Bhardwaj, R., et al. A study of machine learning in healthcare. *Paper presented at the 2017 IEEE 41st Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC)* (2017).

Bidmos, M. A., et al. Sexual dimorphism of the calcaneus of South African blacks. *Journal of Forensic Science*, 49(3), JFS2003254-2003255 (2004).

Bonczarowska, J. H., et al. The posterior portion of the ilium as a sex indicator: A validation study. *Forensic science international*, 294, 216. e211-216. e216 (2019).

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

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

Cadenas, J. M., et al. A fuzzy K-nearest neighbor classifier to deal with imperfect data. *Soft Computing*, 22(10), 3313-3330 (2018).

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).

Colman, K. L., et al. The accuracy of 3D virtual bone models of the pelvis for morphological sex estimation. *International journal of legal medicine*, 133(6), 1853-1860 (2019).

Curate, F., et al. A method for sex estimation using the proximal femur. *Forensic science international*, 266, 579. e571-579. e577 (2016).

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).

Çelik, Ö., et al. Yeniden Örnekleme Teknikleri Kullanarak SMS Verisi Üzerinde Metin Sınıflandırma Çalışması. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 36(3), 434-443 (2020).

Çöloğlu, S. Adli Olgularda Kimlik Belirlemesi, Adli Tıp İst. *Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Yayınları*, 1, 73-92 (1999).

Das, S., et al. Applications of artificial intelligence in machine learning: review and prospect. *International Journal of Computer Applications*, 115(9) (2015).

Djorojevic, M., et al. 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).

Ehrampoosh, A., et al. EMG-based estimation of shoulder kinematic using neural network and quadratic discriminant analysis. *Paper presented at the 2016 4th*

International Conference on Robotics and Mechatronics (ICROM) (2016).

Ekizoglu, O., et al. Virtual morphometric method using seven cervical vertebrae for sex estimation on the Turkish population. *International journal of legal medicine*, 1-12 (2021).

Eyupoglu, C. Breast cancer classification using k-nearest neighbors algorithm. *The Online Journal of Science and Technology*, 8(3), 29-34 (2018).

Fung, G., et al. Rule extraction from linear support vector machines. *Paper presented at the Proceedings of the eleventh ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery in data mining* (2005).

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).

Gapert, R., et al. (2009). Sex determination from the foramen magnum: discriminant function analysis

in an eighteenth and nineteenth century British sample. *International journal of legal medicine*, 123(1), 25-33 (2009).

Giles, E., et al. Sex determination by discriminant function analysis of crania. *American journal of physical anthropology*, 21(1), 53-68 (1963).

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

Gilroy, A., et al. Prometheus Atlas of Anatomy. *In: New York, EE. UU.: Panamericana* (2013).

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).

Güleç, E., et al. İnsan İskeletlerinde Foramen Magnum'dan Cinsiyet Tayini. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 43(1) (2017).

Hou, W. B., et al. Metric method for sex determination based on the 12th thoracic vertebra in contemporary north-easterners in China. *Journal of forensic and legal medicine*, 19(3), 137-143 (2012).

Hu, J. Automated detection of driver fatigue based on AdaBoost classifier with EEG signals. *Frontiers in computational neuroscience*, 11, 72 (2017).

Hu, W., et al. Adaboost-based algorithm for network intrusion detection. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B (Cybernetics)*, 38(2), 577-583 (2008).

Iscan, M. Y., et al. The human skeleton in forensic medicine: *Charles C Thomas*

Publisher (2013).

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).

Kaur, K., et al. Classification of mammography image with CNN-RNN based semantic features and extra tree classifier approach using LSTM. *Materials Today: Proceedings* (2020).

Kavitha, M. S., et al. Computerized colony classification of induced pluripotent stem cells using Gaussian naive Bayes model on phase contrast images. *Biomedical Research*, 29 (10): 2142-2146 (2018).

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).

Kumar, A., et al. Sex determination by morphology of talus bone. *Journal of Forensic Medicine and Toxicology*, 25(1), 54-57 (2008).

Li, L., et al. A data-driven grasp planning method based on Gaussian Process Classifier. *Paper presented at the 2015 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA)* (2015).

Mahfouz, M., et al. Patella sex determination by 3D statistical shape models and nonlinear classifiers. *Forensic science international*, 173(2-3), 161-170 (2007).

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).

Musa, A., et al. Sakrum'un Multidedektör Bilgisayarlı Tomografi Yöntemi İle Morfometrik Analizi. *Kırıkkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 20(2), 125-130 (2018).

Ogawa, Y., et al. Discriminant functions for sex estimation of modern Japanese skulls. *Journal of forensic and legal medicine*, 20(4), 234-238 (2013).

Onel, M., et al. Big data approach to batch process monitoring: Simultaneous fault detection and diagnosis using nonlinear support vector machine-based feature selection. *Computers & chemical engineering*, 115, 46-63 (2018).

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).

Otağ, İ., et al. Femurdan morfometrik yöntemlerle cinsiyet tayini. *CÜ Tıp Fak Dergisi*, 25(4), 165-170 (2003).

Ö., U. Üst Ekstremitte Antropometrik Ölümünün Boy ve Cinsiyet Tahmini Açısından Değerlendirilmesi. *Karadeniz Teknik Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon 10-25 (2017).

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

Park, C. H., et al. A comparison of generalized linear discriminant analysis algorithms. *Pattern Recognition*, 41(3), 1083-1097 (2008).

Peckmann, T. R., et al. Determination of sex from the patella in a contemporary Spanish population. *Journal of forensic and legal medicine*, 44, 84-91 (2016).

Petschke, D., et al. A supervised machine learning approach using naive Gaussian Bayes classification for shape-sensitive detector pulse discrimination in positron annihilation lifetime spectroscopy (PALS). *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 947, 162742 (2019).

Podgorelec, V., et al. Decision trees: an overview and their use in medicine. *Journal of Medical Systems*, 26(5), 445-463 (2002).

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).

Rajesh, K. N., et al. Classification of imbalanced ECG beats using re-sampling techniques and AdaBoost ensemble classifier. *Biomedical Signal Processing and Control*, 41, 242-254 (2018).

Ramsthaler, F., et al. Digital forensic osteology: morphological sexing of skeletal remains using volume-rendered cranial CT scans. *Forensic science international*, 195(1-3), 148-152 (2010).

Rissech, C., et al. Development of the femur—Implications for age and sex determination. *Forensic science international*, 180(1), 1-9 (2008).

Rozendaal, A. S., et al. Estimating sex from the seven cervical vertebrae: an analysis of two European skeletal populations. *Forensic science international*, 306, 110072 (2020).

Savall, F., et al. Metric sex determination of the human coxal bone on a virtual

- sample using decision trees. *Journal of forensic sciences*, 60(6), 1395-1400 (2015).
- Scalzo, F., et al. Intracranial hypertension prediction using extremely randomized decision trees. *Medical engineering & physics*, 34(8), 1058-1065 (2012).
- Secgin, Y., et al.. Gender prediction with parameters obtained from pelvis computed tomography images and decision tree algorithm. *Medicine*, 10(2), 356-361 (2021).
- Steyn, M., et al. Metric sex determination from the pelvis in modern Greeks. *Forensic science international*, 179(1), 86. e81-86. e86 (2008).
- Steyn, M., et al. Sex determination from the femur and tibia in South African whites. *Forensic science international*, 90(1-2), 111-119 (1997).
- Su, J., et al. A fast decision tree learning algorithm. *Paper presented at the AAAI* (2006).
- Sun, G., et al. Cervical Cancer Diagnosis based on Random Forest. *International Journal of Performability Engineering*, 13(4) (2017).
- Sunar, M., & Kapakin, S. "Manyetik rezonans görüntüleme yöntemi ile craniocervical bileşkenin morfometrik değerlendirilmesi", Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, 4-9 (2013).
- Tague, R. G. Variation in pelvic size between males and females. *American journal of physical anthropology*, 80(1), 59-71 (1989).
- Taner, D., Sancak, B., Akşit, D. ,Cumhur, M. ,İlgi, S. ,Kural, E.,Başar , R. "Fonksiyonel Anatomi Ekstremiteler ve Sırt Bölgesi, 3.baskı ed", *HYB Basım Yayın*, Ankara, 214-217 (2003).
- Tellioğlu, A. M., et al. Humerus' tan Morfometrik Yöntemlerle Cinsiyet Tayini. *Fırat University Journal of Medical Sciences*, 27(2), 75-79 (2013).
- 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., et al. (2019). A trial on artificial neural networks in predicting sex through bone length 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).
- Turan, M. K., et al. Sekazu: an integrated solution tool for gender determination based on machine learning models. *Medicine*, 10(2), 367-373 (2021).
- Utku, K. Zeki optimizasyon tabanlı destek vektör makineleri ile diyabet teşhisi. *Politeknik Dergisi*, 22(3), 557-566 (2019).

Wang, X., et al. Bootstrap Gaussian Process classifiers for rotating machinery anomaly detection. *Paper presented at the 2008 IEEE International Joint Conference on Neural Networks (IEEE World Congress on Computational Intelligence)* (2008).

Wiens, J., et al. Machine learning for healthcare: on the verge of a major shift in healthcare epidemiology. *Clinical Infectious Diseases*, 66(1), 149-153 (2018).

Xiong, C., et al. Ridge-forward quadratic discriminant analysis in high-dimensional situations. *Journal of Systems Science and Complexity*, 29(6), 1703-1715 (2016).

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

Zeybek, F. G. Ayak antropometrik ölçümlerinin cinsiyet tespiti ve boy tahmini açısından değerlendirilmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 43-70 (2011).

EK AÇIKLAMALAR

ETİK KURUL ONAY YAZISI



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

Sayı : 77192459-050.99-E.50689
Konu : 2019/116 Nolu Karar

08/12/2019

Sayın Dr. Öğr.Üyesi Zülal ÖNER

Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulumuza sunmuş olduğunuz "YEDİNCİ SERVİKAL VERTEBRANIN ANTROPOMETRİK ÖLÇÜMLERİ İLE MAKİNE ÖĞRENME ALGORİTMALARI KULLANILARAK CİNSİYET TAYİNİ ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA" başlıklı araştırma projeniz amaç, gerekçe, yaklaşım ve yöntemle ilgili açıklamaları açısından Girişimsel Olmayan Etik Kurulu yönergesine göre incelenmiştir. Etik açıdan bir sakınca olmadığına oy birliği ile karar verilmiş ve uygun görülmüştür.

Bilgilerinize rica ederim.

e-İmzalıdır

Dr. Öğr.Üyesi Zafer LİMAN
Kurul Başkanı

04/12/2019 Sürekli İşçi

Simge ACAR TURGUT

Adres: Karabük Üniversitesi Demir Çelik Kampüsü Merkez/Karabük
Telefon: (370) 418 9446
e-Posta: giroletik@karabuk.edu.tr Elektronik Ağ: http://tip.karabuk.edu.tr/giroletik

Bilgi için: Simge ACAR TURGUT
Unvanı: Sürekli İşçi

Bu belge 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Esra ÇETİN ilk, orta ve lise öğrenimini Karabük'te tamamladıktan sonra Başkent Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Bölümü'ne girdi. 2017 yılında bu bölümden mezun olduktan sonra Aylin Özel Eğitim ve Rehabilitasyon Merkezi'nde çalışmaya başladı. Halen bu kurumda fizyoterapist olarak çalışmaktadır.