



**BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ GÖRÜNTÜLERİ
ÜZERİNDEN MAKİNE ÖĞRENME
ALGORİTMALARI KULLANILARAK 1, 11. VE 12.
TORAKAL VERTEBRALARDAN CİNSİYET
TAHMİNİ**

Beyza YILMAZ

**2022
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ANATOMİ**

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Serkan ÖNER**

**BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ GÖRÜNTÜLERİ ÜZERİNDEN MAKİNE
ÖĞRENME ALGORİTMALARI KULLANILARAK 1, 11. VE 12. TORAKAL
VERTEBRALARDAN CİNSİYET TAHMİNİ**

Beyza YILMAZ

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

**Tez Danışmanı
Doç. Dr. Serkan ÖNER**

**KARABÜK
Ocak, 2022**

Beyza YILMAZ tarafından hazırlanan “BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ GÖRÜNTÜLERİ ÜZERİNDEN MAKİNE ÖĞRENME ALGORİTMALARI KULLANILARAK 1, 11. VE 12. TORAKAL VERTEBRALARDAN CİNSİYET TAHMİNİ ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Serkan ÖNER
Tez Danışmanı, Radyoloji Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Anatomi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 24/01/2022

<u>Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)</u>	<u>İmzası</u>
Başkan : Doç. Dr. Serkan ÖNER (İZBÜ)
Üye : Dr. Öğr. Üyesi Şeyma TOY(KBÜ)
Üye : Doç. Dr. Zülal ÖNER (İZBÜ)

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.”

Beyza YILMA

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ GÖRÜNTÜLERİ ÜZERİNDEN MAKİNE ÖĞRENME ALGORİTMALARI KULLANILARAK 1, 11. VE 12. TORAKAL VERTEBRALARDAN CİNSİYET TAHMİNİ

Beyza YILMAZ

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

**Tez Danışmanı:
Doç. Dr. Serkan ÖNER
Ocak 2022, 67 sayfa**

Bu çalışmada, torakal 1, 11. ve 12. vertebra ların bilgisayarlı tomografi görüntüleri üzerinden makine öğrenme algoritmaları kullanılarak cinsiyet tahmini yapılması amaçlandı.

Retrospektif olarak, 2015-2020 yılları arasında çeşitli sağlık problemleri ile Karabük Üniversitesi Eğitim Araştırma Hastanesi'ne başvuran bireylerin Picture Archiving and Communication System (PACS) arşiv sisteminde bulunan bilgisayarlı tomografi görüntüleri tarandı. Çalışmaya torakal vertebra larında herhangi bir kırık, patoloji veya cerrahi girişim olmayan 25-50 yaş aralığındaki 100 (50K, 50E) birey dahil edildi. Horos programına aktarılan görüntüler üç planda (coronal, sagittal, transvers) Multiplanar Reconstruction (MPR) aracı kullanılarak ortogonal düzleme getirildi.

Corpus vertebra ve proc. spinosus referans alınarak ortogonal düzleme getirilen görüntüler üzerinde ölçüm aracı kullanılarak T1, T11 ve T12 vertebraya ait 15 parametrenin ölçümleri yapıldı: (1) proc. spinosus uzunluğu (lePCS), (2) proc. spinosus ve corpus vertebrae arasındaki en uzak mesafe (vertebranın toplam uzunluğu) (leVRT), (3) corpus vertebrae yüksekliği (heCV), (4) corpus vertebrae genişliği (genCV), (5) proc. spinosus ile proc. transversus dextra arasındaki mesafe (PCS-PTD), (6) proc. spinosus ile proc. transversus sinistra arasındaki mesafe (PCS-PTS), (7) proc. transversus dextra ve sinistra arasındaki mesafe (PTD-PTS), (8) proc. transversus dextra-proc. spinosus-proc. transversus sinistra arasındaki açı (angPCS-PT), (9) for. vertebrae'nin anteroposterior (capFV) ve (10) transvers çapı (ctrFV), (11) facies art. superior dextra (leFAD) ve (12) sinistra'ların genişliği (leFAS), (13) proc. articularis dextra ve sinistra arasındaki en uzak mesafe (PAD-PAS), (14) pediculus arcus vertebrae dextra (lePD) ve (15) sinistra uzunluğu (lePS). Makine öğrenme algoritmaları Sekazu programı kullanılarak uygulandı. Temel istatistiksel analiz için Minitab 17 paket programı kullanıldı. Yapılan analiz sonuçlarına göre, erkeklerin yaşları $36,50 \pm 8,26$, kadınların yaşları $40,26 \pm 7,63$ olarak hesaplandı. T1 vertebra için lePCS, leVRT, heCV, genCV, PCS-PTD, PCS-PTS, PTD-PTS, angPCS-PT, capFV, ctrFV, lePD, lePS parametreleri; T11 vertebra için lePCS, leVRT, heCV, genCV, PCS-PTD, PCS-PTS, PTD-PTS, ctrFV, leFAD, leFAS, PAD-PAS, lePD, lePS parametreleri; T12 vertebra için lePCS, leVRT, heCV, genCV, PCS-PTD, PCS-PTS, PTD-PTS, ctrFV, PAD-PAS, lePD, lePS parametrelerinde cinsiyetlere göre istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p < 0,05$). Her üç vertebra için de erkeklerde ölçülen uzunluk değerleri kadınlardan daha yüksek elde edildi. Makine öğrenme algoritmaları analiz sonuçlarına göre, 0,89-0,95 arasında değişen doğruluk oranı elde edildi.

Bu çalışma sonucunda; T1, T11, T12 vertebralardan makine öğrenme algoritmaları kullanarak yapılan cinsiyet tahmin başarısı 0.89-0.95 arasında olup, bu vertebraların cinsiyet tahmininde kullanılmak için uygun olduğu ortaya konulmuştur.

Anahtar Sözcükler : Bilgisayarlı tomografi, cinsiyet tahmini, makine öğrenme algoritmaları, sekazu, vertebrae thoracicae

Bilim Kodu : 1005

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

GENDER DETERMINATION FROM 1st, 11th, and 12th THORACAL VERTEBRA USING MACHINE LEARNING ALGORITHM ON COMPUTERIZED TOMOGRAPHY IMAGES

Beyza YILMAZ

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

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. Dr. Serkan ÖNER

January 2022, 67 pages

In this study, it was aimed to predict gender using machine learning algorithms on computed tomography images of the 1st, 11th and 12th thoracic vertebrae.

Computed tomography images of individuals who applied to Karabuk University Training and Research Hospital between 2015 and 2020 with various health problems were scanned retrospectively. 100 (50F, 50M) individuals aged 25-50 years without any fracture, pathology or surgical intervention in their thoracic vertebrae were included in the study. The images transferred to the Horos program were brought to the orthogonal plane using the Multiplanar Reconstruction (MPR) tool in three planes (coronal, sagittal, transverse). On the images brought to the orthogonal plane with reference to the vertebral body and spinous process, 15 parameters of the T1, T11 and T12 vertebrae were measured using the measurement tool: (1) length of the spinous process (lePCS), (2) the farthest distance between spinous process and vertebral body

(total length of the vertebrae) (leVRT), (3) length of the vertebral body (heCV), (4) width of the vertebral body (genCV), (5) length between spinous process and right transverse process (PCS-PTD), (6) length between spinous process and left transverse process (PCS-PTS), (7) distance between left and right transverse process (PTD-PTS), (8) angle between right transverse process, spinous process and left transverse process (angPCS-PT), (9) anteroposterior diameter of vertebral foramen (capFV), (10) transverse diameter of vertebral foramen (ctrFV), (11) width of right superior articular facet (leFAD), (12) width of left superior articular facet (leFAS), (13) longest distance between right and left articular process (PAD-PAS), (14) length of right pedicle (lePD), (15) length of left pedicle (lePS) were measured. Machine learning algorithms were implemented using the Sekazu program. Minitab 17 package program was used for basic statistical analysis. According to the results of the analysis, the age of men was calculated as 36.50 ± 8.26 , and the age of women as 40.26 ± 7.63 . For all three vertebrae, the measured length values in males were higher than in females. Parameters of lePCS, leVRT, heCV, genCV, PCS-PTD, PCS-PTS, PTD-PTS, angPCS-PT, capFV, ctrFV, lePD, lePS for T1 vertebrae; parameters of lePCS, leVRT, heCV, genCV, PCS-PTD, PCS-PTS, PTD-PTS, ctrFV, leFAD, leFAS, PAD-PAS, lePD, lePS for T11 vertebrae; for T12 vertebrae, a significant difference was found according to gender in the parameters of lePCS, leVRT, heCV, genCV, PCS-PTD, PCS-PTS, PTD-PTS, ctrFV, PAD-PAS, lePD, lePS ($p < 0,05$). According to the analysis results of machine learning algorithms, an accuracy rate varying between 0.89-0.95 was obtained.

As a result of this study; the gender prediction success of T1, T11, T12 vertebrae using machine learning algorithms is between 0.89-0.95, and it has been shown that these vertebrae are suitable for use in sex prediction.

Key Word : Computed tomography, gender estimation, machine learning algorithms, sekazu, vertebrae thoracicae.

Science Code : 1005

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, her adımda yol gösteren sayın hocam Doç. Dr. Serkan ÖNER'e,

Yüksek Lisans eğitimim boyunca her zaman desteğini hissettiğim, bilgi ve tecrübeleriyle bana yol gösteren, çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Doç. Dr. Zülal ÖNER'e,

Tez çalışmamda bana yol gösteren ve tecrübeleriyle destek olan sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Kamil TURAN'a,

Anatomi Anabilim Dalında görev alan Dr. Öğr. Üyesi Şeyma TOY hocama ve bölümümüz araştırma görevlileri Arş. Gör. Necati Emre ŞAHİN'e, Arş. Gör. Rukiye Sümeyye BAKICI'ya ve Arş. Gör. Yusuf SEÇGİN'e,

Bana güvenip destek olan, sevgilerini her zaman kalbimde hissettiğim aileme ve canım Hakan Burak ÇELİK'e sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
GENEL BİLGİLER	4
2.1. ANTROPOLOJİ.....	4
2.3. CİNSİYET TAHMİNİ	5
2.3.1. Cinsiyet Tahmininde Kullanılan Yöntemler.....	5
2.3.1.1. Morfolojik Yöntemler	6
2.3.1.2. Metrik Yöntemler.....	6
2.3.1.3. Dijital Radyografik Yöntemler: Bilgisayarlı Tomografi Yöntemi ...	6
2.4. COLUMNA VERTEBRALİS ANATOMİSİ	7
2.4.1. Columna Vertebralis'in Eğrilikleri	9
2.4.2. Tipik Bir Vertebranın Genel Anatomik Yapısı	10
2.4.3. Juncturae Columnae Vertebralis.....	11
2.4.4. Articulationes Costo Vertebrales.....	11
2.4.5. Columna Vertebralis'e Ait Ligamentler	11
2.4.6. Columna Vertebralis Kas Sistemi.....	12
2.5. VERTEBRAE THORACICAE.....	13
2.6. KADIN VE ERKEKLERDE COLUMNA VERTEBRALIS	16

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 3	17
GEREÇ VE YÖNTEM	17
3.1. GÖRÜNTÜLERİN ELDE EDİLMESİ.....	17
3.2. GÖRÜNTÜ ANALİZ METODU	17
3.2.1. Horos Projesi (Version 3.3, USA)	17
3.3. SEKAZU PROGRAMI (Version 7.0, 2020).....	19
3.4. MAKİNE ÖĞRENME ALGORİTMALARI.....	25
3.4.1. ADA Güçlendirilmiş Sınıflandırması (ADA Boost Classifier).....	26
3.4.2. Karar Ağaçları (Decision Trees).....	26
3.4.3. Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması (Extra Trees Classifier)	27
3.4.4. Gradyan Güçlendirme Sınıflandırması (Gradient Boosting Classification).....	27
3.4.5. Gaussian Naive Bayes Sınıflandırması (Gaussian Naive Bayes Classifier)	27
3.4.6. K-En Yakın Komşu Algoritması (K-Nearest Neighbors)	28
3.4.7. Doğrusal Diskriminant Analizi (Linear Discriminant Analysis).....	29
3.4.8. Rastgele Orman (Random Forest)	29
3.4.9. Karesel Diskriminant Analizi (Quadratic Discriminant Analysis).....	30
3.4.10. Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine).....	30
3.4.11. Doğrusal Regresyon (Linear Regression).....	31
3.4.12. Lojistik Regresyon (Logistic Regression)	32
3.4.13. Performans Ölçütleri.....	32
3.5. İSTATİSTİKSEL ANALİZ	33
BÖLÜM 4	34
BULGULAR.....	34
4.1. TEMEL İSTATİSTİKSEL ANALİZ	34
4.1.1. Makine Öğrenme Algoritmaları Değerlendirme Sonuçları	38
BÖLÜM 5	52
TARTIŞMA	52
BÖLÜM 6	58
SONUÇ VE ÖNERİLER	58

	<u>Sayfa</u>
KAYNAKLAR	59
EK AÇIKLAMALAR ETİK KURUL ONAY YAZISI	65
ÖZGEÇMİŞ	67

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Columna vertebralis'in önden ve arkadan görünüşü (Gilroy Anatomi Atlasından modifiye edilmiştir).....	8
Şekil 2.2. Vertebrae thoracicae üstten görünüş.....	15
Şekil 2.3. Vertebrae thoracicae sol yandan görünüş	16
Şekil 3.1. Vertebrae thoracicae'nın Horos programında ortogonal düzleme getirilmiş görüntüsü. (capFV (pembe), ctrFV (sarı), PTD-PTS (mavi), PCS-PTS (yeşil), heCV (kırmızı), genCV (beyaz), lePCS (kahverengi), lePS (lacivert), lePD (koyu yeşil), leFAD (koyu pembe), leFAS (turuncu) renklerle işaretlenmiştir.	19
Şekil 3.2. Sekazu programı yer imi yönetim formu.	20
Şekil 3.3. Sekazu programı nitelik yönetim formu.	22
Şekil 3.4. Sekazu programı KA hesaplayıcı.....	25

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Torakal 1, 11 ve 12. vertebralara ait yer imleri.	21
Çizelge 3.2. Torakal 1, 11 ve 12. vertebralara ait parametreler.....	23
Çizelge 4.1. T1 vertebra için normal dağılım göstermeyen parametreler.	34
Çizelge 4.2. T1 vertebra için normal dağılım gösteren parametreler	35
Çizelge 4.3. T11 vertebra için normal dağılım göstermeyen parametreler.	36
Çizelge 4.4. T11 vertebra için normal dağılım gösteren parametreler.	37
Çizelge 4.5. T12 vertebra için normal dağılım göstermeyen parametreler.	37
Çizelge 4.6. T12 vertebra için normal dağılım gösteren parametreler.	38
Çizelge 4.7. ADA algoritması sonuçları.....	39
Çizelge 4.8. Karar ağaçları algoritması sonuçları.....	40
Çizelge 4.9. Extra ağaçlar sınıflandırması sonuçları.	41
Çizelge 4.10. Gradian güçlendirme sınıflandırması sonuçları.....	42
Çizelge 4.11. Gaussian Naive Bayes algoritması sonuçları.	43
Çizelge 4.12. Gauss Süreçleri Sınıflandırması sonuçları.....	44
Çizelge 4.13. K-En Yakın Komşu Algoritması sonuçları.	45
Çizelge 4.14. Doğrusal diskriminant analizi sonuçları.....	46
Çizelge 4.15. Rastgele orman algoritması sonuçları.	47
Çizelge 4.16. Doğrusal Destek Vektör Makinesi algoritması sonuçları.....	48
Çizelge 4.17. NU Destek Vektör Makinesi algoritması sonuçları.....	49
Çizelge 4.18. Karesel diskriminant analizi sonuçları.	50
Çizelge 4.19. Destek vektör makinesi algoritması sonuçları.....	51

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

KISALTMALAR

BT	: Bilgisayarlı Tomografi
DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
proc.	: Processus
for.	: Foramen
inc.	: İncisura
art.	: Articulatio
lig.	: Ligamentum
m.	: Musculus
PACS	: Picture Archiving and Communication System
DICOM	: Tıpta Dijital Görüntüleme ve İletişim
MPR	: Multiplanar Reconstruction
CSV	: Comma Separated Values
PCSA	: Proc. spinosus anterior
PCSP	: Proc. spinosus posterior
CVA	: Corpus vertebra anterior
CVS	: Corpus vertebra superior
CVI	: Corpus vertebra inferior
CVD	: Corpus vertebra dextra
CVS	: Corpus vertebra sinistra
PTD	: Proc. transversus dextra
PTS	: Proc. transversus sinistra
PCS	: Proc. spinosus
FVA	: For. vertebrae anterior
FVP	: For. vertebrae posterior
FVD	: For. vertebrae dextra
FVS	: For. vertebrae sinistra

FADL	: Facies articularis dextra lateralis
FADM	: Facies articularis dextra medialis
FASM	: Facies articularis sinistra medialis
FASL	: Facies articularis sinistra lateralis
PADL	: Proc. articularis dextra lateralis
PASL	: Proc. articularis sinistra lateralis
PEDS	: Pediculus dextra superior
PEDI	: Pediculus dextra inferior
PESI	: Pediculus sinistra inferior
PESS	: Pediculus sinistra superior
lePCS	: Proc. spinosus uzunluk
leVRT	: Vertebra toplam uzunluk
heCV	: Corpus vertebra yükseklik
genCV	: Corpus vertebra genişlik
PCS-PTD	: Proc. spinosus ile proc.transversus dextra arası mesafe
PCS-PTS	: Proc. spinosus ile proc.transversus sinistra arası mesafe
PTD-PTS	: Proc. transversus dextra ve proc.transversus sinistra arası mesafe
angPCS-PT	: Proc. transversus dextra, proc. spinosus ve proc. transversus sinistra arasındaki açı
capFV	: For. vertebrale anteroposterior çap
ctrFV	: For. vertebrale transvers çap
leFAD	: Facies articularis dextra genişlik
leFAS	: Facies articularis sinistra genişlik
PAD-PAS	: Proc. articularis dextra ve sinistra arası en uzak mesafe
lePD	: Pediculus dextra uzunluk
lePS	: Pediculus sinistra uzunluk
ADA	: ADA Güçlendirilmiş Sınıflandırması
KA	: Karar Ağaçları
EAS	: Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması
GGs	: Gradian Güçlendirme Sınıflandırması
GNB	: Gaussian Naive Bayes
GSS	: Gauss Süreçleri Sınıflandırması

K-EYK	: K En Yakın Komşu Algoritması
DDA	: Doğrusal Diskriminant Analizi
DDVM	: Doğrusal Destek Vektör Makinesi
RO	: Rastgele Orman
NuDVM	: Nu Destek Vektör Makinesi
KDA	: Karesele Diskriminant Analizi
DVM	: Destek Vektör Makinesi
ACC	: Doğruluk
SPE	: Belirleyicilik
SEN	: Duyarlılık
MCC	: Matthews Korelasyon Katsayısı
TP	: Doğru Pozitif
TN	: Doğru Negatif
FP	: Yanlış Pozitif
FN	: Yanlış Negatif
F1	: F1 Skoru

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Kimlik, bir insanın diğer insanlardan ayırt edilmesini sağlayan özellikler bütünü olarak tanımlanabilir. Bu özelliklerden bazıları: boy, kilo, cinsiyet, ırk, yüz tipi (kulak, burun, ağız, saç, sakal, kaş, kirpik), ameliyat veya yara izleri, dişler ve ekstremitelere ait özelliklerdir. Canlı birey ya da cansız bir beden üzerinde yapılan çalışmalarla bireye ait özelliklerin ortaya konulması kimlik tespiti olarak adlandırılır [1]. Antropoloji insan bilimi anlamına gelmektedir ve alt dalı olan adli antropolojide odak noktası, iskeletleşmiş insan kalıntılarında kimlik tespiti yapmaktır [2]. Cinsiyet tahmini, kimlik tespiti çalışmalarında mevcut ihtimalleri büyük oranda düşürerek karar aşamasında zamandan tasarruf etmeyi sağladığından sıklıkla kullanılmaktadır. Kişinin biyolojik profili oluşturulurken yapılan boy uzunluğu ve yaş çalışmaları, temelde cinsiyete bağlı olarak yürütüldüğünden, cinsiyet tahmini çalışmaları kimlik tespiti sürecinin ilk aşamasını oluşturmaktadır [3-6].

Özellikle çok sayıda bireyin öldüğü, cesetlerinin kimlik tespiti yapılmasına engel şekilde hasara uğradığı yangın, deprem, sel gibi doğal afetlerde; uçak, hava ve kara taşıtlarının kazalarında, terör saldırıları ve savaş sonucu meydana gelen toplu ölüm olaylarında da kimlik tespiti büyük önem arz etmektedir [7]. Bu tür olaylarda adli antropoloji çalışmaları yaş, cinsiyet, atasal yakınlık ve boy uzunluğu analizi yoluyla biyolojik bir profil oluşturarak iskelet kalıntılarının tanımlanmasına yardımcı olmaktadır [8,9].

Geçmişten günümüze, yetişkin kadın ve erkek bireyler arasındaki cinsiyete bağlı farkları araştıran ve cinsiyet tahmini için farklı yöntemlerin kullanıldığı birçok çalışma yapılmıştır [10,11]. İnsan iskeletinin pelvis, cranium, humerus, femur, kostalar, klavikula, karpal ve tarsal kemikler gibi bölümleri çalışmalarda yaygın olarak kullanılan anatomik yapılardandır [12].

Literatüre bakıldığında servikal, torakal, lumbal ve sakral bölgede bulunan vertebra yapısının da cinsiyet analizinde önemli bir role sahip olduğu görülmektedir [13-16].

Özellikle bazı durumlarda; olayın geniş çaplı bir alanda gerçekleşmesi, hasarın boyutu veya çevresel faktörler gibi sebeplerden dolayı iskeletin tüm parçalarına ulaşamayabilir veya ulaşılsa bile kemik ciddi hasar görmüş olabilir [17-19]. Bu gibi durumlarda elde edilebilen kemik parçalarından kimlik tespitine gidilmektedir. Bu nedenle vertebraların sayıca fazla olmasından ve kütlece hafif olmalarından dolayı kimlik tespitinde önemli bir rol oynayacağı belirtilmektedir [20]. Columna vertebralis'i oluşturan bu kemikler kişinin vücut yapısı, cinsiyeti, yaşı, hatta mesleğiyle ilgili bilgi verecek niteliktedir. Çünkü columna vertebralis, yerçekimine bağlı olarak vücudun duruşunu belirler ve çeşitli meslekler (omurgaya fazla yük binen nakliye şirketi çalışanları, halter sporcuları vb.) bu yapı üzerinde etkili olur [21,22]. İnsan popülasyonlarındaki varyasyonlar gibi nedenlerden dolayı doğru cinsiyet tahmini yöntemini belirlemede zorluklar ortaya çıkabilmektedir [23].

Cinsiyet tahmini için yaygın olarak kullanılan yöntemlerin başında metrik ve morfolojik metotlar olarak sınıflandırılan osteometri gelmektedir. DNA, parmak izi gibi moleküler yöntemler ise güvenilirliği kanıtlanmış olmasına rağmen karmaşık, invaziv, yüksek maliyetli olmaları; gelişmiş ekipman ve uzman bilgisi gerektirmeleri nedeniyle araştırmacılar alternatif yöntemlere yönelmektedirler. Osteometri cinsiyet tahmininde düşük maliyetli, kolay uygulanabilir, zamandan tasarruf sağlayan, özel bir uzmanlık alanı gerektirmeyen, yüksek doğruluk oranına sahip ve etkili bir yöntem olduğu için günümüzde tercih edilmektedir. Morfolojik yöntemler cinsiyet bakımından dimorfik özelliklerin görsel olarak değerlendirmesine dayanırken, metrik yöntemler kemiklerden elde edilen ölçümlerin çok değişkenli veya tek değişkenli modeller ile çeşitli istatistiksel yöntemleri kullanarak cinsiyet tayinini hesaplamaya dayalıdır [24].

Son zamanlarda yaygın olarak kullanılan ve güvenilirliği radyolojik araştırmalarla belirlenmiş olan bir diğer yöntem bilgisayarlı tomografi (BT) yöntemidir. BT görüntüleri; zaman tasarrufu sağlaması, geniş ve modern bir veri kaynağı sunması, rekonstrüksiyon imkanına sahip olması ve yaş yanlılığından daha az etkilenmesi

nedeniyle cinsiyet tahmininde ön plana çıkmıştır. Buna ek olarak, daha önce yapılan araştırmalar, BT görüntülerinin kullanılmasının bireyin biyolojik profilinin oluşturulmasında geleneksel yöntemlere göre doğruluk ve tekrarlanabilirliği artırdığını göstermiştir [25].

Bu çalışmada; cinsiyet tahmini için torakal 1, 11 ve 12. vertebraların BT görüntüleri üzerinden yapılan antropometrik ölçümlerinin makine öğrenme algoritmaları ile analiz edilmesi amaçlanmıştır.

BÖLÜM 2

GENEL BİLGİLER

Bu bölümde öncelikle antropolojinin tanımı ve açıklaması; kimlik, kimliklendirme ve kimlik tespitinde kullanılan yöntemlerden bahsedilmiştir. Sonrasında, columna vertebralis anatomisi ve özellikleri, columna vertebralis'e ait eklem, ligament ve kas yapısı anlatılmıştır. Son olarak torakal vertebralara ait bilgiler ile çalışmamızda kullandığımız torakal 1, 11 ve 12. vertebralara ait karakteristik özelliklere değinilmiştir.

2.1. ANTROPOLOJİ

Antropoloji insan bilimi anlamına gelen bilim dalıdır. Etimolojik olarak antropoloji kelimesinin kökü Yunancadan gelir, anthropos insan ve logos bilim demektir [26]. Antropoloji ya da insanbilimi, 19. yüzyılın ortalarında tarih felsefesi olarak başlamış ve sonrasında bir tür tarih bilgisi olarak gelişmeye devam etmiştir. Dünyanın her yerinde geçmişten günümüze yaşayan insanları konu edinen antropoloji, genel tabirle insan ve insan grupları arasındaki benzerlik ve farklılıkları saptamaya çalışan bilim olarak adlandırılabilir [27]. Çalışma alanlarını daha geniş açıda incelersek; insanların biyolojik gelişimini diğer türler ile olan ilişkilerini ve bu türlerle olan benzerlik ve farklılığını ele alarak araştıran, aynı zamanda sosyal ve kültürel açıdan da aile yapısı, bulunduğu toplumsal ve sosyal çevre, dini, yaşam tarzı gibi özelliklerini de geçmişten bugüne kadarki şartları göz önüne alarak inceleyen insan bilimidir [28].

Antropoloji geniş yelpazeye sahip bir bilim dalıdır. Fizik antropolojisi, sosyal, biyolojik ve kültürel antropoloji, paleoantropoloji, lingistik antropoloji bu bilimin alt dallarıdır. Adli antropoloji, fizik antropolojisinin özel bir bölümüdür ve odak noktası iskeletleşmiş insan kalıntılarından biyolojik özelliklerin saptanarak kimlik tespiti yapılmasıdır [2].

2.2. KİMLİK VE KİMLİK TESPİTİ

Kimlik birçok araştırmacıya ve çalışma konusuna göre farklı tanımlara sahiptir. Hogg ve Abrams kimliği, ‘İnsanların kim olduklarına, ne tür insanlar olduklarına ve başkalarıyla nasıl ilişki kurduklarına dair kavramlardır.’ olarak açıklamışlardır [29]. Jenkins kimlik için, ‘Bireylerin ve toplulukların diğer bireyler ve topluluklarla olan sosyal ilişkilerinde ayırt edilme biçimlerini ifade eder.’ tanımını kullanmıştır [30].

Özetle, bir insanın diğer insanlardan ayırt edilmesini sağlayan özelliklerin tamamına kimlik adı verilir. Tıbbi kimlik ise; kişinin vücut özelliklerinin tümüyle değerlendirilip fotoğraf gibi tanımlanmasıdır. Bu özellikler: boy, kilo, cinsiyet, ırk, yüz tipi (kulak, burun, ağız, saç, sakal, kaş, kirpik), ameliyat veya yara izleri, dişler ve ekstremitelerdir. Canlı birey ya da cansız bir beden üzerinde bireye özelliklerin ortaya konulması ise kimlik tespiti (kimliklendirme) olarak adlandırılır [1].

2.3. CİNSİYET TAHMİNİ

Cinsiyet tahmini birçok alanda olduğu gibi arkeolojik çalışmalarda da büyük önem taşımaktadır. Mevcut kimlik ihtimallerini büyük oranda düşürerek karar aşamalarını kolaylaştırmakta ve zamandan tasarruf etmeyi sağlamaktadır [3]. Bu nedenle kimliklendirme çalışmalarında cinsiyet tahmini sıklıkla kullanılmaktadır [6]. Biyolojik profil oluştururken yapılan boy uzunluğu ve yaş çalışmaları, temelde cinsiyete bağlı olarak yürütüldüğünden, cinsiyet tahmini çalışmaları kimliklendirme sürecinin ilk aşamasını oluşturmaktadır [4,5]

2.3.1. Cinsiyet Tahmininde Kullanılan Yöntemler

Cinsiyet tahmini için yaygın olarak kullanılan yöntemler, genel olarak metrik ve morfolojik metotlar olarak sınıflandırılabilir. Bu yöntemler DNA, parmak izi gibi moleküler teknikler ortaya çıkmasına ve başarıyla uygulanmasına rağmen kimlik tespiti sürecinde çok önemlidir. Çünkü moleküler yöntemler yüksek düzeyde beceri,

uzmanlık bilgisi ve gelişmiş ekipman gerektirir. Ayrıca yüksek güvenilirlik oranına sahip olmasına rağmen; karmaşık, invaziv, yüksek maliyetli ve zaman alıcıdır [24].

2.3.1.1. Morfolojik Yöntemler

Morfolojik yöntemler cinsiyet bakımından dimorfik olan özelliklerin görsel olarak değerlendirmesine dayanır. Hızlı bir şekilde ön değerlendirme sağlar ancak yüksek oranda subjektif bir sonuç verir. Ölçümler sırasında; sınıflandırmada zorluklar, gözlemciden kaynaklanan hatalar gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Bu yöntem sağlam kemiklerde, hasar görmüş iskeletlere göre daha iyi sonuçlar verir [24].

2.3.1.2. Metrik Yöntemler

Bireylerin cinsiyet tahminini yapmak için çeşitli istatistiksel yöntemleri kullanarak oluşturulabilecek modelleri veya denklemleri üretmeye dayalıdır. Metrik çalışmalar sonucunda elde edilen sayısal verileri değerlendirmek ve yorum yapmak daha kolaydır. Bu çalışma yönteminde basit oranlar, regresyon analizi ve diskriminant fonksiyon analizi gibi farklı istatistiksel yaklaşımlar kullanılabilir [24].

2.3.1.3. Dijital Radyografik Yöntemler: Bilgisayarlı Tomografi Yöntemi

İngiliz mühendis Godfrey Newbold Hounsfield tarafından 1972 yılında geliştirilmiştir. X-ışını kullanılarak vücudun incelenen bölgesinin kesitsel görüntüsünü oluşturmaya yönelik bir radyolojik yöntemdir [31]. Bilgisayarlı tomografi (BT), tüm dokuları ve özellikle keskin sınırları olan kemik dokusunu gösterebilen bir görüntüleme yöntemidir [32]. Non-invazivdir. Rekonstrüktif tanıma, dental tanıma, karşılaştırmalı kemik ve lezyon tanıma da kullanılabilir [31]. Antropolojik olarak, kafatası çalışmasında ve adli kimlik belirleme sürecinde de ek bir kaynak olarak kullanılmıştır [6,33]. İnce bir kesit alındığında görüntü yönelimi üç boyutlu olarak yönlendirilebilir ve ortogonal düzlemde alınabilir. Böylece uzunluk ve açı ölçümleri, yönelimi daha az etkileyecek şekilde hesaplanabilir [34]. BT görüntülerinin kullanılması bireyin biyolojik profilinin oluşturulmasında geleneksel yöntemlere göre doğruluk ve

tekrarlanabilirliği artırmaktadır. Geleneksel antropolojik yöntemlerin sistematikleşmesini sağlayarak daha hassas ölçüm imkanı sunmaktadır [35].

2.4. COLUMNA VERTEBRALİS ANATOMİSİ

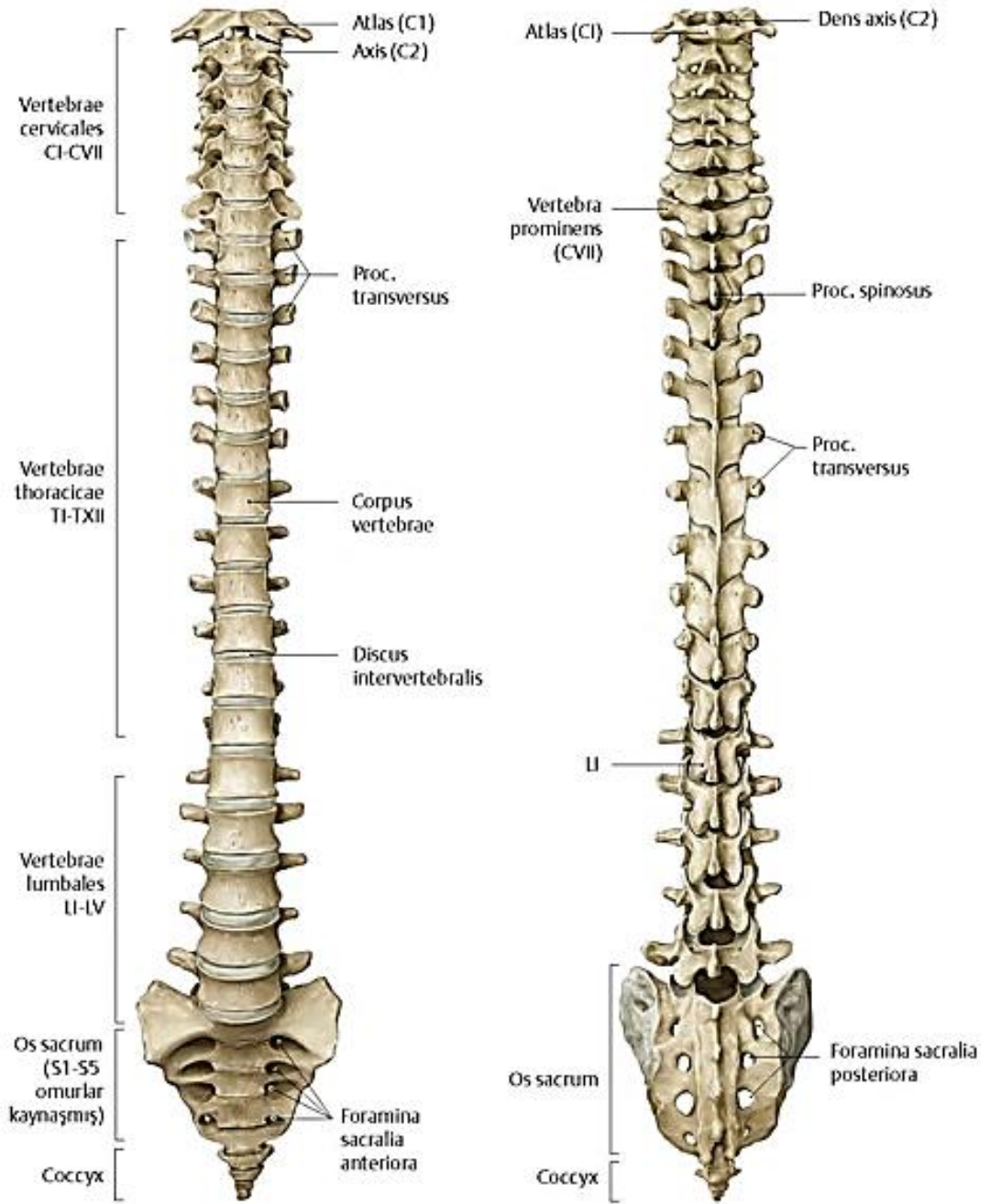
Columna vertebralis, vertebra adı verilen kemiklerin üst üste eklemleşmesi ve birçok ligamentle birbirine bağlanmasından meydana gelen ve gövde hareketlerini sağlayan yapıdır (Şekil 2.1). Yetişkinlerde, toplam 33 adet vertebradan oluşur. Columna vertebralis proksimalde kafa kemikleri, distalde ise pelvis ile eklem yapar.

Temel olarak önemli fonksiyonları şu şekildedir:

- Başın ve gövdenin ağırlığını taşır,
- Vücut ağırlığını pelvis aracılığıyla alt ekstremitte kemiklerine aktarır ve vücut dengesinde rol oynar,
- Vücuda dik duruş için destek olur ve harekete izin verir,
- Canalis vertebralis'te bulunan medulla spinalis'i korur.

Columna vertebralis'i oluşturan vertebralar proksimalden distale 5 gruba ayrılır:

- 7 servikal vertebra (vertebrae cervicales)
- 12 torakal vertebra (vertebrae thoracicae)
- 5 lumbal vertebra (vertebrae lumbales)
- 5 sakral vertebra (vertebrae sacrales)
- 4 koksigeal vertebra (vertebrae coccygeae) [36,37].



Şekil 2.1. Columna vertebralis'in önden ve arkadan görünüşü (Gilroy Anatomi Atlasından modifiye edilmiştir) [38].

Columna vertebralis yetişkinlerde yaklaşık 70-75 cm uzunluğundadır. Bu uzunluğun $\frac{1}{4}$ 'ünü discus'lar, $\frac{3}{4}$ 'ünü vertebralar oluşturur. Servikal, torakal ve lumbal vertebralar posteriorda articulatio (art.) apophysealis yapısı aracılığıyla bir bütün oluştururlar ve aralarında 23 adet discus intervertebralis mevcuttur. Discus intervertebralis 5-12 mm kalınlığında olan fibrokartilaj bir yapıdır. Discus'lar, corpus vertebrae'lar arasında sınırlı hareket imkanı sağlar ve columna vertebralis'e gelebilecek darbeleri absorbe

eder. 1. ve 2. servikal vertebra olan atlas ve axis arasında discus intervertebralis yoktur. Vertebra ve discus'ların kalınlığı servikal bölgeden sakruma doğru artış göstermektedir. Sakral ve koksigeal vertebralar kaynaşmış halde bulunmaktadır. Sakral vertebralar birleşerek os sacrum adı verilen tek bir kemiği oluştururlar. Koksigeal vertebralar ise birleşerek os coccygis'i oluşturur. Sakruma kadar olan 24 vertebra, presacral vertebrae ya da gerçek vertebra olarak adlandırılır ve aralarında bulunan eklem harekete izin verir. Son 9 vertebra ise sabittir ve yalancı vertebra olarak tanımlanır [37,41]

2.4.1. Columna Vertebralis'in Eğrilikleri

İntrauterin yaşamda, önce anteriora konkavite gösteren bir yay şeklinde tam fleksiyon halinde olan columna vertebralis, geç fetal dönemde ve doğumdan sonra çocuğun başını tutması, emeklemesi, ayakta dik durması ve yürüme gibi gelişim periyodlarıyla birlikte bazı eğrilikler kazanır. Bu eğriler, dikey basınç kuvvetlerinin dağıtılmasına yardımcı olarak omurgaya önemli bir şok absorpsiyon kapasitesi sağlar [36,37].

Sagittal planda ortaya çıkan dört eğrilik şu şekildedir:

- Servikal bölgede posteriora doğru konkavite (servikal lordoz)
- Torakal bölgede posteriora doğru konveksite (torakal kifoz)
- Lumbal bölgede posteriora doğru konkavite (lumbal lordoz)
- Sakral bölgede posteriora doğru konveksite (sakral kifoz)

Torakal ve sakral eğriler doğumdan sonra da intrauterin pozisyonlarını koruduklarından primer eğrilik; servikal ve lumbal bölgedekiler sekonder eğrilik olarak adlandırılırlar. Columna vertebralis'in koronal plandaki eğrilikleri skolyoz, sagittal plandaki eğriliklerinin aşırı artması patolojik lordoz ve kifoz olarak adlandırılan patolojik bir durumlardır [36,37].

2.4.2. Tipik Bir Vertebranın Genel Anatomik Yapısı

Düzensiz şekilli kemikler sınıfına dahil olan vertebralar arasında şekil ve boyut olarak bazı farklılıklar olmasına rağmen, temelde ortak bir yapıya sahiptir [37,41].

Tipik bir vertebra: Corpus vertebrae adında bir gövde; arcus vertebrae adında gövdeye bağlı bir kemer ve processus (proc.) adı verilen bazı çıkıntılardan oluşur. Arcus vertebrae'yı, pediculus arcus vertebrae, lamina arcus vertebrae, proc. transversus'lar, proc. spinosus, proc. articularis superior ve inferior'lar oluşturur. Genel olarak corpus vertebrae vücudu desteklemeye yardımcı bir yapıyken, pediküller ve laminalar omuriliğin korunmasında görev alırlar. Arcus vertebrae'nın orta hattında bulunan ve arkaya doğru uzanan çıkıntılar proc. spinosus olarak adlandırılır. Proc. spinosus'lar postüral kaslar ve aktif hareket kasları için kaldıraç görevindedir aynı zamanda ağırlığın desteklenmesinde ve vertebralar arasında yük aktarılmasında görev alır [39,40]. Arcus vertebrae, corpus pediculus vertebrae ile bağlanır. Pediküller, corpus vertebrae ile arcus vertebrae'lar arasında ağırlık aktarımını sağlarlar. Pediculus vertebrae'lerin hemen arkasında vertebralardan yanlara doğru uzanan çıkıntılara proc. transversus adı verilir. Proc. transversus, proc. spinosus ile birlikte columna vertebralis'e ait kasların tutunma yeri olarak hareketliliğin sağlanmasında görev alır [40]. Vertebraların üst ve alt kısımlarında komşu vertebralar ile eklem yapan proc. articularis superior ve proc. articularis inferior adı verilen çıkıntılar mevcuttur. Arcus vertebra'nın, özel levha şeklindeki arka kısmını ise lamina arcus vertebrae oluşturur. Corpus ile arcus vertebrae arasında foramen (for.) vertebrale adında büyük bir delik vardır. Bu deliğin arka yan taraflarını arcus vertebrae çevreler. Vertebraların yan taraflarında, pediculus'larda, incisura (inc.) vertebralis superior ve daha derin olarak inc. vertebralis inferior adı verilen çentikler bulunur; bu çentikler bir araya gelerek for. intervertebrale adı verilen deliği oluştururlar. Bu delikten damarlar ve spinal sinirler geçer. Vertebralar birleşip columna vertebralis'i oluşturduğunda, üst üste gelen delikler de canalis vertebralis'i oluşturur. Bu kanal içinde medulla spinalis bulunur [37,41].

2.4.3. Juncturae Columnae Vertebralis

Columna vertebralis'i oluşturan vertebralar arasında 2 tip eklem vardır:

- Corpus vertebrae'lar arasındaki eklemler
 - a) Symphysis intervertebralis: 2. servikal vertebradan, 1. sakral vertebraya kadar, corpus vertebrae'lar arasında bulunan eklemdir. Corpus'ların eklem yapan üst ve alt yüzleri hyalin kıkırdak ile örtülüdür. Symphysis tip eklemdir. Sınırlı gövde hareketlerine (fleksiyon, ekstansiyon, abduksiyon, adduksiyon) katılır [37].
- Arcus vertebrae'lar arasındaki eklemler
 - a) Syndesmosis columnae vertebralis: Lamina arcus vertebrae, proc. spinosus ve proc. transversus arasındaki fibröz eklemlerdir [42].
 - b) Art. zygapophysialis: Birbirine komşu vertebraların proc. articularis superior ve inferior'ları arasında oluşur. Klinikte faset eklem olarak da isimlendirilir. Plana tip eklemdir. Eklem yüzleri arasındaki kayma hareketine yardımcı olur [37].

2.4.4. Articulationes Costo Vertebrales

Kosta ve vertebralar arası eklemler olup genel olarak solunum hareketlerine katılırlar.

- Art. capitis costae: Caput costae ile corpus vertebrae'daki fovea costalis arasında oluşan plana tip eklemdir.
- Art. costotransversaria: Tuberculum costae'lar üzerindeki eklem yüzü ile proc. transversus'lar üzerindeki eklem yüzü arasında oluşan plana tip eklemdir [37].

2.4.5. Columna Vertebralis'e Ait Ligamentler

- Membrana tectoria: Axis'in corpus'u ile os occipitalis arasında uzanır. Ligamentum (lig.) longitudinale posterior'un yukarıya doğru devamıdır.
- Membrana atlanto-occipitalis anterior: For. magnum'un anterior kenarından, atlasın arcus anterior'una uzanır.

- Membrana atlanto-occipitalis posterior: For. magnum'un posterior kenarından, atlasın arcus posterior'una uzanır.
- Lig. longitidunale anterius: Os sacrum'un facies pelvica'sından os occipitale'deki tuberculum pharyngeum'a kadar uzanır. Seyri boyunca corpus vertebrae'ların ve discusların ön yüzlerine tutunur. Columna vertebralis'in ekstansiyonunu sınırlar.
- Lig. longitidunale posterius: Canalis vertebralis içinde sakrumdan axis'e kadar uzanır. Yukarıda membrana tectoria ile devam eder. Columna vertebralis'in fleksiyonunu sınırlar.
- Lig. flavum: Atlasan, 1. sakral vertebraya kadar uzanır. Görevi, columna vertebralis'in dik durmasını sağlamaktır.
- Lig. supraspinale: 7. servikal vertebradan sakruma kadar proc. spinosus'ların uçlarını birbirine bağlar. Columna vertebralis'in hiperfleksiyon ya da hiperrotasyonunu önler.
- Lig. interspinale: Proc. spinosus'lar arasında 7. servikal vertebradan sacrum'a kadar uzanır.
- Lig. nuchae: 7. servikal vertebranın proc. spinosus'u ile protuberentia occipitalis externa arasında uzanır. Bu seviyede lig. supraspinale ve lig. interspinale'nin karşılığı olarak bulunur [37].

2.4.6. Columna Vertebralis Kas Sistemi

Columna vertebralis, kendisine bağlanan kaslar vasıtasıyla tüm vücudun hareketini sağlar. Bunun için iki temel kas yapısı vardır. Birincisi boyun hareketlerini belirleyen servikal vertebralara bağlanan kaslar ve ikincisi de columna vertebralis vasıtasıyla genel vücut hareketlerini belirleyen ve torakolumbal kısımda bulunan sırt kaslarıdır. Temel hareketleri sağlayanlar; bu kısımda bulunan ve derin grup sırt kasları olarak adlandırılan kaslardır.

Derin grup sırt kasları, pelvisten cranium'a kadar uzanan çok katmanlı bir kas grubudur ve genel fonksiyonu columna vertebralis'e ekstansiyon yaptırmaktır. Kasların üzeri fascia thoracolumbalis ile örtülüdür. Derin sırt kasları yüzeyden derine doğru 2 tabakada incelenir.

1) Yüzeyel Tabaka

a) Musculus (m.) spinotransversalis (m. splenius): Başa ve boyuna ekstansiyon, rotasyon ve lateral fleksiyon yaptırır.

- M. splenius capitis
- M. splenius cervicis

b) M. erector spina (m. sacrospinalis): Columna vertebralis'in esas ekstansör kasıdır. Columna vertebralis ve başa ekstansiyon, rotasyon ve lateral fleksiyon yaptırır.

- M. spinalis
- M. longissimus
- M. iliocostalis

2) Derin Tabaka

a) M. transversospinalis: Baş, boyun ve gövdeye ekstansiyon ve rotasyon yaptırır.

- M. multifidus
- M. rotatoris
- M. semispinalis

b) M. interspinalis: Columna vertebralis'e ekstansiyon yaptırır.

c) M. intertransversalis: Columna vertebralis'e lateral fleksiyon yaptırır.

d) M. levator costae: Kostalara elevasyon yaptırır [37].

2.5. VERTEBRAE THORACICAE

Thorax kafesinin arka kısmında yer alan ve kostalar ile eklem yapan 12 adet torakal vertebra vardır. Torakal bölge çevre yapıların sağladığı stabilizasyon nedeniyle columna vertebralis'in en az hareketli bölgesidir. Torakal vertebraların proc. spinosus'ları uzundur ve aşağıya doğru eğimlidir, çatallanma yoktur. Torakal 5. ile 8. vertebralar arasında proc. spinosus'lar diğer bölgelere göre daha meyilli olarak seyreder [41].

Proc. transversus'ların boyu aşağı doğru gittikçe kısalır. For. transversarium bulunmaz. Corpus vertebraları kalp şeklindedir ve anteroposterior (sagital) çap ile transvers çaplarının uzunlukları birbirine yakındır [37]. Corpus vertebraları, üzerine

binen yükün artması nedeniyle aşağı doğru gittikçe kalınlaşır. For. vertebrale yuvarlak yapıdadır. Lamina arcus vertebrae geniş ve kalın olup, alttaki vertebranın laminası üzerine yaslanmış gibidir [41].

Pedikül ve lamina arasında yukarı doğru uzanan proc. articularis superiorun eklem yüzü düz olup arkaya ve biraz daha dışa-yukarı yönlüdür. Proc. articularis inferior'un eklem yüzü ise öne ve biraz da içe-aşağı bakar. Proc. transversus'ları, arkaya ve dışa doğru uzanmıştır [41].

Torakal vertebraların en karakteristik özelliği corpus'larının yan taraflarında fovea costalis adı verilen kostalarla yaptığı eklem yüzlerinin bulunmasıdır. Birinci torakal vertebrada 1 tam 1 de yarım eklem yüzü, 2., 3., 4., 5., 6., 7., 8., 9. torakal vertebralarda biri üstte (fovea costalis superior) diğeri altta (fovea costalis inferior) olmak üzere yarım eklem yüzleri, 10. torakal vertebrada sadece yarım eklem yüzü (fovea costalis superior), 11. ve 12. torakal vertebrada ise sadece tam bir eklem yüzü (fovea costalis) görülür [37].

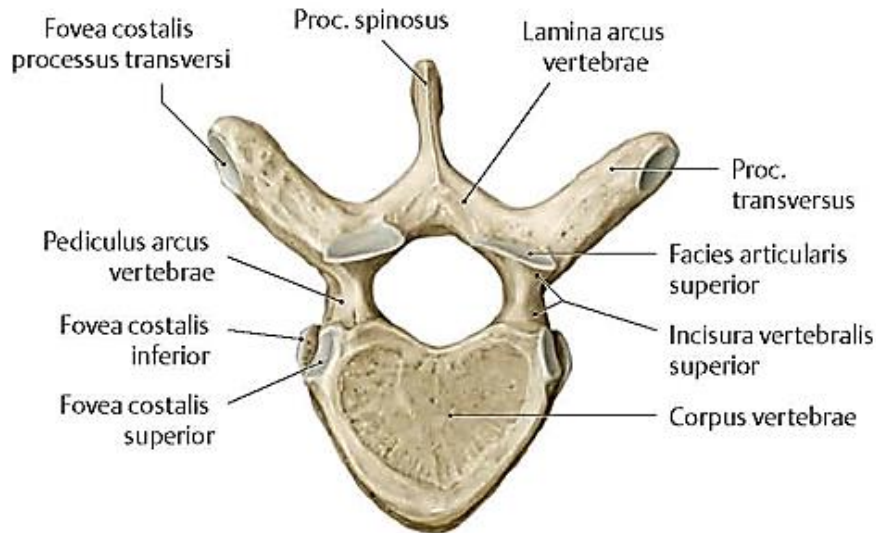
Bir diğerkarakteristik özellikleri ise; proc. transversus'ları üzerinde tuberculum costalar ile eklem yaptığı fovea costalis proc. transversus bulunmasıdır. Bu eklem yüzleri T11. ve T12. vertebralarda hiç bulunmaz. Vertebralar içinde bazıları diğerklerine göre daha belirgin özelliklerle farklılaşırlar ve bu şekilde tek başına bulduklarında dahi vertebral kolondaki yerleri tespit edilebilir. T1, T9, T10, T11. ve T12. vertebralar atipik, diğerkleri tipik olarak bulunur [37]. Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'te torakal vertebraların üstten ve yandan görüntüleri verilmiştir.

Torakal 1 (T1): Proc. spinosus ve corpus vertebrae bakımından torakalden çok servikal vertebralara benzemektedir. Torakal vertebraların kalp şeklindeki tipik gövde şekli yerine servikal vertebralardaki gibi daha yayvan bir gövde şekli vardır ve transvers yönde daha uzundur. Proc. articularis superior yukarı ve arka tarafa doğru uzanır. Proc. spinosus'u uzun ve kalındır, hemen hemen horizontal olarak uzanır. Inc. vertebralis superior diğerk torakal vertebralara göre daha derindir. Üst yüzeyde tam, alt yüzeyde ise yarım eklem yüzüne (fovea costalis) sahiptir. Tam olanla birinci, yarım olanla

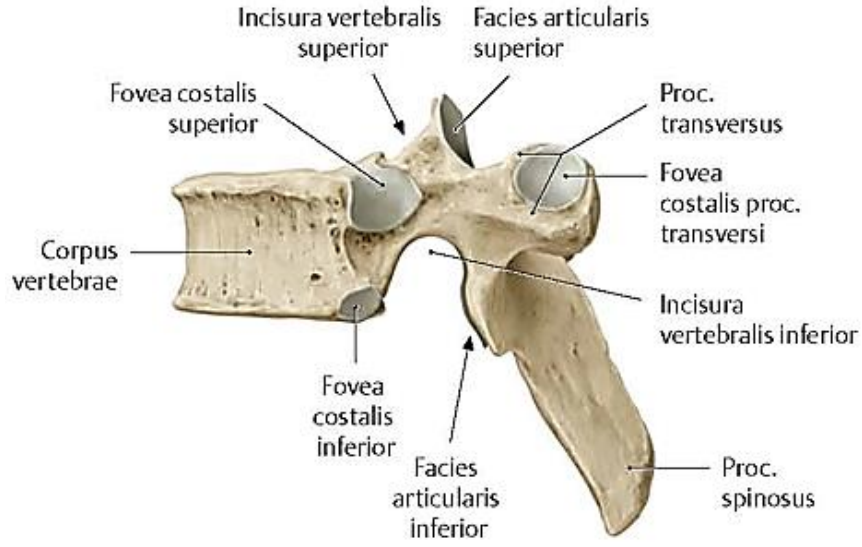
ikinci costae eklem yapar. Proc. transversus üzerinde eklem yüzü (fovea costalis proc. transversi) mevcuttur [41].

Torakal 11 (T11): Corpus vertebrae'sı daha büyük olup, lumbal vertebralarinkine benzemektedir. Proc. transversus'ları diğer torakal vertebralara göre kısalmıştır. Yalnızca üst yüzeyde tek ve tam bir eklem yüzü (fovea costalis) bulunur. Torakal 11. ve 12. vertebraların pedikülleri daha kalındır. Proc. spinosus kısa ve horizontale yakın bir seyir gösterir. Proc. transversus kısadır ve üzerinde eklem yüzü (fovea costalis proc. transversi) bulunmaz [41].

Torakal 12 (T12): Genelde T11. vertebraya benzemekle beraber, proc. articularis inferior'u lumbal vertebralar gibi silindriktir ve eklem yüzü laterale bakar. Corpus'u, lamina'sı ve proc. spinosus'u lumbal vertebralara benzemektedir. Proc. transversus'unda yine lumbal vertebralarda olduğu gibi üst, orta ve altta olmak üzere 3 çıkıntı bulunur. Üst iki çıkıntı lumbal vertebradaki proc. mamillaris ve proc. accessorius'ların karşılığıdır. Yalnızca üst yüzeyde tam bir eklem yüzü (fovea costalis superior) bulunur. T11'de olduğu gibi, proc. transversus'larında eklem yüzü (fovea costalis proc.transversi) bulunmaz [41]



Şekil 2.2. Vertebrae thoracicae üstten görünüş [38].



Şekil 2.3. Vertebrae thoracicae sol yandan görünüş [38].

2.6. KADIN VE ERKEKLERDE COLUMNA VERTEBRALIS

Tarih öncesi dönemde toplumdaki iş bölümünde avcılık görevini erkeklerin üstlenmesiyle birlikte daha kuvvetli kas ve kemik yapısı geliştirdikleri bilinmektedir. Modern insanın ortaya çıkışından sonra da fiziksel güç gerektiren işleri büyük oranda erkeklerin yapması koşulların değişmesine ve erkek ile kadınların vücut yapısı arasındaki farkların daha belirgin hale gelmesine neden olmaktadır. Erkeklerin kadınlara göre daha iri bir yapıya sahip olmasından kaynaklı cinsiyet farklılıkları iskelet yapısının birçok kısmında morfolojik olarak tespit edilmektedir. Columna vertebralis'in vücut ağırlığını taşıması ve yerçekimine bağlı olarak vücudun duruşunu belirlemesi sebebiyle kişinin vücut yapısı ile ilgili bilgi verdiği bilinmektedir [20,43,44]. Yapılan analizlerle de spinal gelişim sırasında cinsi dimorfizmin özellikle torakolumbal bölgede kadınlarda erkeklere göre daha ince bir yapı seyrederek kendini gösterdiği tespit edilmiştir [43].

Bu nedenle vertebralardan cinsiyet tahmini ile ilgili çalışmalar son zamanlarda artmakta, böylece erkek ve kadınlarda vertebra yapısının ve büyüklüğünün farklı olduğu ortaya konmaktadır [20,43,44].

BÖLÜM 3

GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. GÖRÜNTÜLERİN ELDE EDİLMESİ

Bu çalışma retrospektif olarak yapılmıştır. Çalışma öncesinde Karabük Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan 2021\440 sayı ile onay alındı. 2015-2020 yılları arasında çeşitli sağlık problemleri ile Karabük Üniversitesi Eğitim Araştırma Hastanesi'ne başvuran bireylerin Picture Archiving and Communication System (PACS) arşiv sisteminde bulunan toraks BT görüntüleri tarandı. Çalışmaya 25-50 yaş aralığında torakal vertebralarında fraktür bulunmayan ve bu bölgede herhangi bir patolojisi veya geçirilmiş cerrahi öyküsü olmayan 50 kadın, 50 erkek toplam 100 bireyin görüntüleri dahil edildi. 16 kesitli Multidedektör BT tarayıcısıyla (Aquilion 16; Toshiba medical systems, Japan) elde edilen tüm görüntüler DICOM formatında kaydedilerek kişisel iş istasyonuna aktarıldı.

3.2. GÖRÜNTÜ ANALİZ METODU

3.2.1. Horos Projesi (Version 3.3, USA)

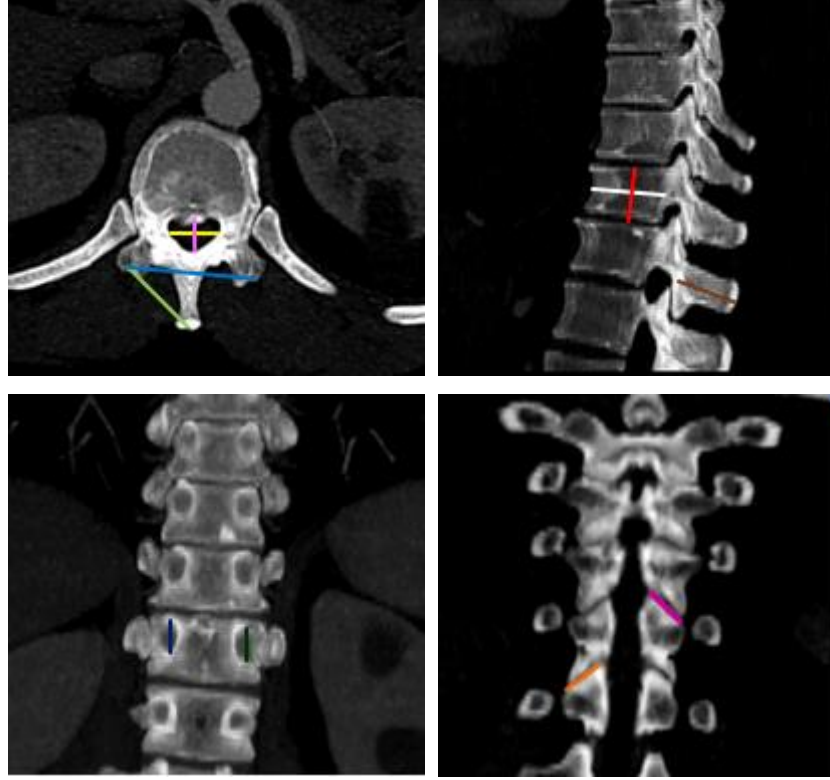
Horos açık kaynak kodlu ve ücretsiz bir DICOM yazılımıdır. Bu yazılımın amacı, Mac OS X için bütünüyle işlevsel, 64-bit tıbbi radyolojik görüntülerin analizini ve çeşitli formlarda kaydedilmesini sağlamaktadır (The Horos Project, 2018).

T1, T11 ve T12 vertebralardan elde edilen görüntüler Horos programına aktarılarak üç planda (coronal, sagittal, transvers) ortogonal düzleme getirildi. Ortogonal düzleme getirmek için 3D Multiplanar Reconstruction (MPR) aracı kullanıldı. Corpus vertebra ve proc. spinosus referans alınarak ortogonal düzleme getirilen görüntüler üzerinde program ölçüm aracı kullanılarak 15 farklı uzunluk ve açı ölçümü gerçekleştirildi.

Şekil 3.1’de vertebrae thoracicae’nın Horos programında ortogonal düzleme getirilmiş görüntüsü verilmiştir.

Horosta yapılan ölçüm dosyasından elde edilen değerler, Sekazu (version 7.0, 2020) programının hesaplayıcılarının kabul ettiği format olan Comma Separated Values (CSV) formatına çevrildi ve makine öğrenme algoritmaları Sekazu programı kullanılarak uygulandı.

Yapılan ölçümler: 1- proc. spinosus uzunluğu (lePCS), 2- proc. spinosus ve corpus vertebrae arasındaki en uzak mesafe (vertebranın toplam uzunluğu) (leVRT), 3- corpus vertebrae yüksekliği (heCV), 4- corpus vertebrae genişliği (genCV), 5- proc. spinosus ile proc. transversus dextra arasındaki mesafe (PCS-PTD), 6- proc. spinosus ile proc. transversus sinistra arasındaki mesafe (PCS-PTS), 7- proc. transversus dextra ve sinistra arasındaki mesafe (PTD-PTS), 8- proc. transversus dextra, proc. spinosus ve proc. transversus sinistra arasındaki açı (angPCS-PT), 9- for. vertebrale anteroposterior çapı (capFV) ve 10- for. vertebrale transvers çapı (ctrFV), 11- facies art. superior dextra genişliği (leFAD) ve 12- facies art. superior sinistra genişliği (leFAS), 13- proc. articularis dextra ve sinistra arasındaki en uzak mesafe (PAD-PAS), 14- pediculus arcus vertebrae dextra uzunluğu (lePD), 15- pediculus arcus vertebrae sinistra (lePS) uzunluğudur.



Şekil 3.1. Vertebrae thoracicae'nın Horos programında ortogonal düzleme getirilmiş görüntüsü. (capFV (pembe), ctrFV (sarı), PTD-PTS (mavi), PCS-PTS (yeşil), heCV (kırmızı), genCV (beyaz), lePCS (kahverengi), lePS (lacivert), lePD (koyu yeşil), leFAD (koyu pembe), leFAS (turuncu) renklerle işaretlenmiştir.

3.3. SEKAZU PROGRAMI (Version 7.0, 2020)

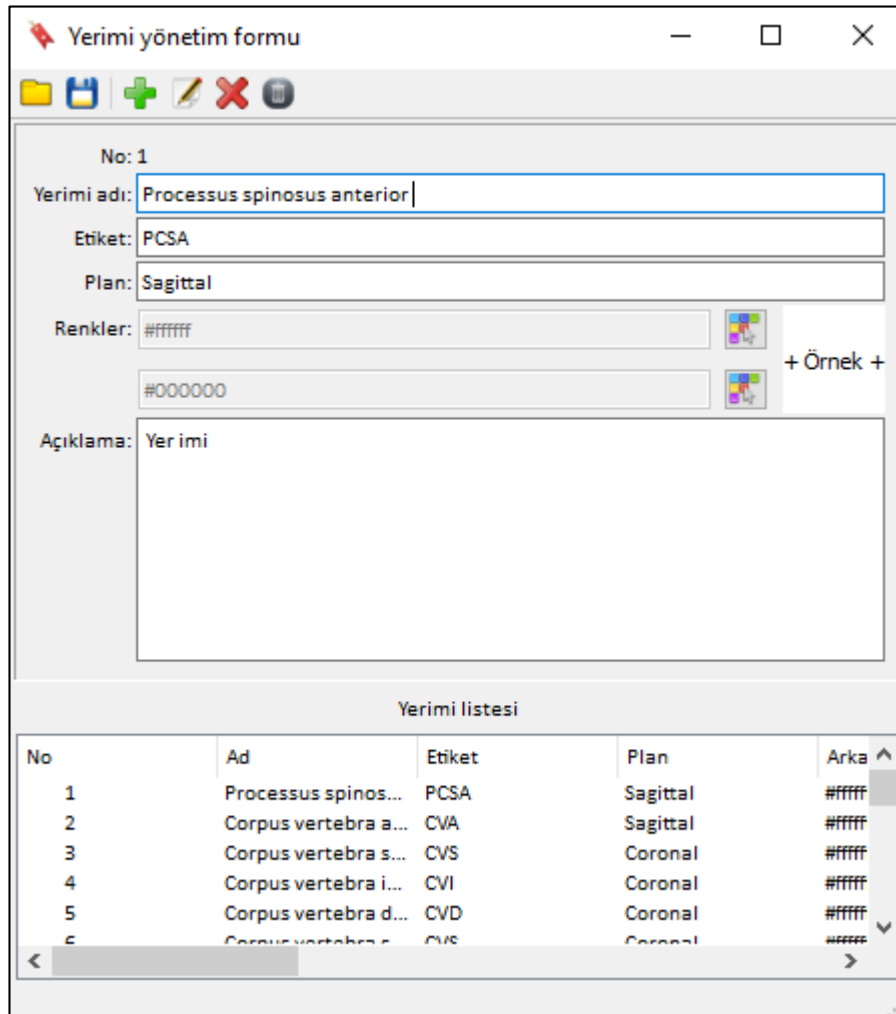
Sekazu Programı, Karabük Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Biyoloji, Anatomi ve Radyoloji Anabilim Dallarında görev yapan öğretim üyeleri tarafından geliştirilmiştir. İşaretlenmiş anatomik noktaları ya da program üzerinden tanımlanmış uzunluk, açı, çevre, alan gibi metrik değerleri otomatik olarak hesaplar. Python programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. BT görüntülerinden elde edilen kemik ölçümleri sonucuna dayalı olarak, hesaplanması istenilen makine öğrenme algoritması çalıştırılır ve cinsiyet tahmininde başarı yüzdesi hesaplanır.

Bir cinsiyet belirleme programı olan Sekazu 5 araç içerir: Yer imlerini tanımlamak için yer imi yönetim formu aracı, yer imlerini kullanarak özellikler oluşturmak için nitelik yönetim formu aracı, özellikleri vaka görüntüleri üzerinde konumlandırarak özelliklerin toplanan koordinatlarını etiketlemek için etiketleme yönetim formu aracı,

toplanan koordinatların özelliklerini mesafe, açı, alan ve çevre ölçümlerine dönüştürmek için hesaplama yönetim formu aracı ve makine öğrenme model aracıdır [45].

1) Yer İmi Yönetim Formu Aracı

Yer imi yönetim formu aracı, ölçümlerde kullanılacak noktaların belirlenmesi amacıyla oluşturulmuştur. Yer imi adı olarak anatomik veya özelleşmiş bir isim kullanılır. Etiket, yer iminde kullanılan adı tanımlayacak harflerden oluşur. Plan, radyolojik görüntülere göre horizontal, koronal veya sagittal olarak yazılır. Etiketlerin arka plan ve yazı rengi seçilebilir. Açıklama kısmında yer imi ile ilgili bilgilere yer verilir [45]. Şekil 3.2’de Sekazu programı yer imi yönetim formu gösterilmiştir.



No	Ad	Etiket	Plan	Arka
1	Processus spinos...	PCSA	Sagittal	#ffff
2	Corpus vertebra a...	CVA	Sagittal	#ffff
3	Corpus vertebra s...	CVS	Coronal	#ffff
4	Corpus vertebra i...	CVI	Coronal	#ffff
5	Corpus vertebra d...	CVD	Coronal	#ffff
6	Corpus vertebra p...	CVS	Coronal	#ffff

Şekil 3.2. Sekazu programı yer imi yönetim formu.

Torakal 1., 11. ve 12. vertebraya ait yer imi yönetim formu aracı kullanılarak kaydedilen yer imleri Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Torakal 1, 11 ve 12. vertebralara ait yer imleri.

No	Yer İmi Adı	Etiket	Plan
1	Proc. spinosus anterior	PCSA	Sagittal
2	Proc. spinosus posterior	PCSP	Sagittal
3	Corpus vertebra anterior	CVA	Sagittal
4	Corpus vertebra superior	CVS	Coronal
5	Corpus vertebra inferior	CVI	Coronal
6	Corpus vertebra dextra	CVD	Coronal
7	Corpus vertebra sinistra	CVS	Coronal
8	Proc. transversus dextra	PTD	Horizontal
9	Proc. transversus sinistra	PTS	Horizontal
10	Proc. spinosus	PCS	Horizontal
11	For. vertebrale anterior	FVA	Horizontal
12	For. vertebrale posterior	FVP	Horizontal
13	For. vertebrale dextra	FVD	Horizontal
14	For. vertebrale sinistra	FVS	Horizontal
15	Facies articularis dextra lateralis	FADL	Coronal
16	Facies articularis dextra medialis	FADM	Coronal
17	Facies articularis sinistra medialis	FASM	Coronal
18	Facies articularis sinistra lateralis	FASL	Coronal
19	Proc. articularis dextra lateralis	PADL	Coronal
20	Proc. articularis sinistra lateralis	PASL	Coronal
21	Pediculus dextra superior	PEDS	Coronal
22	Pediculus dextra inferior	PEDI	Coronal
23	Pediculus sinistra inferior	PESI	Coronal
24	Pediculus sinistra superior	PESS	Coronal

2) Nitelik Yönetim Formu Aracı

Nitelik yönetim formu aracı ile, tanımlı yer imlerinden parametreler oluşturulmaktadır. Her parametrenin adı, etiketi, ölçüm tipi, hangi yer imleri arasında olduğu ve parametrenin ayrıntılı açıklaması bu araç ile belirlenmektedir [45]. Şekil 3.3'te Sekazu programı nitelik yönetim formu gösterilmiştir.

No	Ad	Etiket	Tip	Yerimleri	Açı
1	Processus spinos...	lePCS	Uzunluk	Processus spinosus anterior :PCSA Proce...	
2	Vertebranın topl...	leVRT	Uzunluk	Corpus vertebra anterior :CVA Processus...	
3	Corpus vertebra y...	heCV	Uzunluk	Corpus vertebra superior :CVS Corpus ve...	

Şekil 3.3. Sekazu programı nitelik yönetim formu.

Bu çalışmada kullanılan parametreler Çizelge 3.2’de gösterilmiştir. Çizelgede gösterilen parametreler, nitelik yönetim formu aracı kullanılarak detaylı olarak kaydedilmiştir.

Çizelge 3.2. Torakal 1, 11 ve 12. vertebralara ait parametreler.

No	Ad	Etiket	Tip	Yerimleri
1	Proc. spinosus uzunluk	lePCS	Uzunluk	PCSA, PCSP
2	Vertebra toplam uzunluk	leVRT	Uzunluk	CVA, PCSP
3	Corpus vertebra yükseklik	heCV	Uzunluk	CVS, CVI
4	Corpus vertebra genişlik	genCV	Uzunluk	CVD, CVS
5	Proc. spinosus ile proc. transversus dextra arası mesafe	PCS- PTD	Uzunluk	PTD, PCS
6	Proc. spinosus ile proc.transversus sinistra arası mesafe	PCS- PTS	Uzunluk	PCS, PTS
7	Proc. transversus dextra ve proc. transversus sinistra arası mesafe	PTD- PTS	Uzunluk	PTD, PTS
8	Proc. transversus dextra, proc. spinosus, proc. transversus sinistra arasındaki açı	angPCS- PT	Açı	PTD, PCS, PTS
9	For. vertebrale anteroposterior çap	capFV	Uzunluk	FVA, FVP
10	For. vertebrale transvers çap	ctrFV	Uzunluk	FVD, FVS
11	Facies articulares dextra genişlik	leFAD	Uzunluk	FADL, FADM
12	Facies articulares sinistra genişlik	leFAS	Uzunluk	FASM, FASL
13	Proc. articularis dextra ve sinistra arası en uzak mesafe	PAD- PAS	Uzunluk	PADL, PASL
14	Pediculus dextra uzunluk	lePD	Uzunluk	PEDS, PEDI
15	Pediculus sinistra uzunluk	lePS	Uzunluk	PESI, PESS

3) Etiketleme Yönetim Formu Aracı

Yer imi noktalarının radyolojik görüntü üzerine yerleştirilme işlemi etiketleme yönetim formu aracı ile yapılır. Her ölçüme ait protokol numarası, kişinin adı, yaşı, cinsiyeti ve görüntüye ait plan bilgileri bu araca kaydedilir. Etiketleme yönetim formu

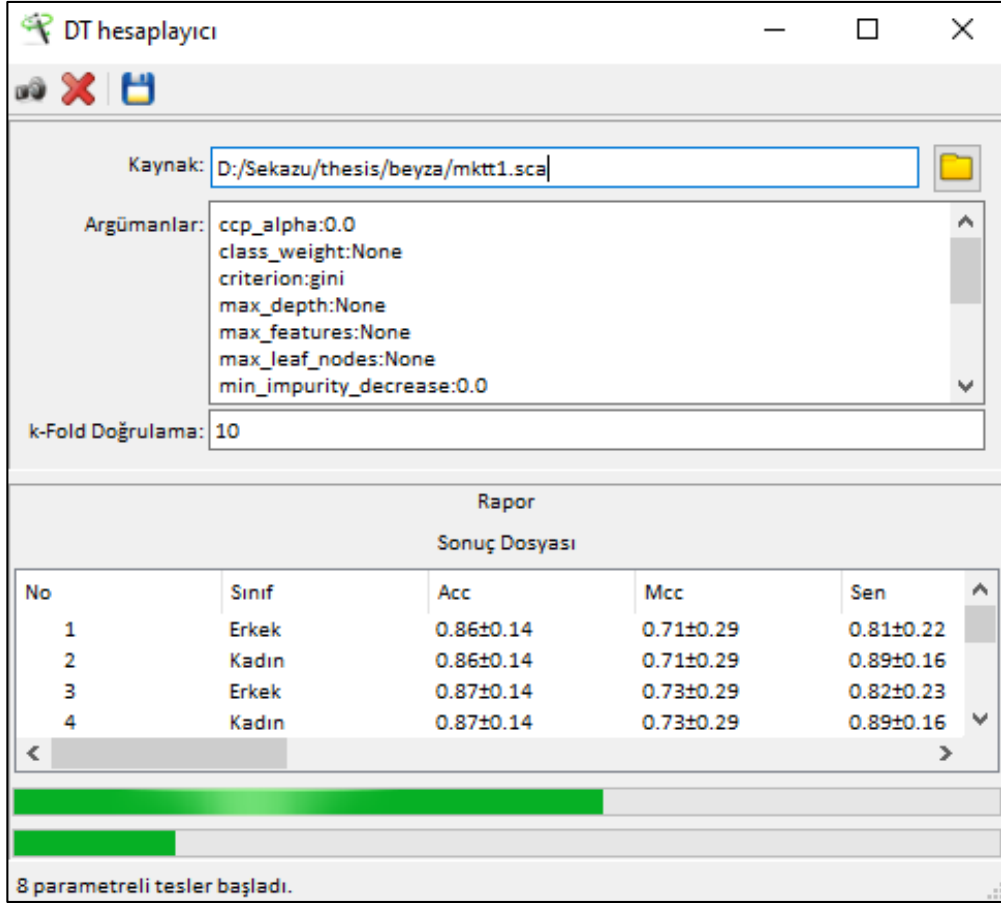
aracında görüntü ve koordinatlar olmak üzere 2 sekme mevcuttur. Görüntü açıldıktan sonra üzerine yer imleri yerleştirilip etiketlemeler yapılır ve kaydedilerek koordinat penceresinde görüntülenebilir [45].

4) Hesaplama Yönetim Formu Aracı

Koordinatları oluşturulan parametrelerin hesaplanması, hesaplama yönetim formu aracı ile gerçekleştirilir. Kaydedilen koordinat dosyası açılarak daha önceden oluşturulan parametrelerin sonuçları otomatik olarak elde edilebilmektedir [45].

5) Makine Öğrenme Algoritmaları Aracı

Sekazu programında bulunan makine öğrenme algoritmaları araçları; ADA Güçlendirme Sınıflandırması (ADA), Karar Ağaçları (KA), Extra Ağaçlar Sınıflandırması (EAS), Gradyan Güçlendirme Sınıflandırması (GGS), Gaussian Naive Bayes (GNB), Gauss Süreçleri Sınıflandırması (GSS), K-En Yakın Komşu (K-EYK), Doğrusal Diskriminant Analizi (DDA), Doğrusal Destek Vektör Makinesi (DDVM), Rastgele Orman (RO), Nu Destek Vektör Makinesi (NuDVM), Karesele Diskriminant Analizi (KDA) ve Destek Vektör Makinesi (DVM) hesaplayıcıdır. Ölçüm sonuçları dosyaları bu hesaplayıcılarda açılarak cinsiyet tahminine yönelik makine öğrenme algoritmaları hesaplamaları yapılır [45]. Şekil 3.4 'te KA algoritması hesaplayıcı verilmiştir. Bu çalışmada, Sekazu makine öğrenme algoritmaları araçlarının tamamı uygulanmıştır.



Şekil 3.4. Sekazu programı KA hesaplayıcı.

3.4. MAKİNE ÖĞRENME ALGORİTMALARI

Makine öğrenimi yapısal olarak öğrenebilen ve veriler üzerinde anlamlı tahminler yapabilen bilgisayar algoritmalarının genel adıdır. Günümüzde mevcut veri kümelerinin fazlalığıyla birlikte, verilerin manuel olarak işlenmesi ve analiz edilmesi neredeyse imkansız hale gelmiş; makine öğrenimine olan talep artmıştır. Makine öğrenme, verilere ilişkin bilgiler veren bir algoritmalar koleksiyonudur. Bu bilgi, pek çok alanda karar verme amacıyla kullanılabilir. Tıptan askeri sistemlere kadar pek çok sektör, ilgili bilgileri elde etmek için bu yöntemi kullanmaktadır [46]. Makine öğrenme iki temel görev için kullanılır: İlki, gelecekteki sonuçlara yönelik tahminde bulunmak, ikincisi nesnelerin özel olarak sınıflandırılmasıdır. Çalışma prensibinde; örnek veriler toplandıktan sonra özellikleri belirlenir ve uygun olan makine öğrenme algoritması seçilir [46].

Daha sonra eğitim seti olarak adlandırılan veri alt kümesi eğitilir. Sınıflandırma veya tahmine dayalı performans kabul edilebilir ise bu model bağımsız bir test setinde ayrıca doğrulanır. Son model seçilene kadar tekrarlanan bu uygulamalar sonucunda karara ulaşılır [46].

3.4.1. ADA Güçlendirilmiş Sınıflandırması (ADA Boost Classifier)

Güçlendirme, öğrenme algoritmasının performansını iyileştirmeye yönelik bir makine öğrenme tekniğidir. Güçlendirme algoritmaları, güçlü bir algoritma oluşturmak için birçok zayıf sınıflandırıcıyı birleştirir. Böylelikle oldukça doğru tahminler üretilebilir. Sınıflandırma veya regresyon için kullanılabilen bir topluluk tekniğidir. Avantajları; kullanımı kolay çok basit bir yaklaşımdır. Sinir ağlarının aksine, karmaşık doğrusal olmayan optimizasyon gerektirmez ve zaman alan ince düzenlemelere gerek kalmadan çalışabilir [46].

Diğer makine öğrenme yöntemlerine göre, aşırı uyuma dirençli olma eğilimindedir. Ayrıca, gereksiz ve alakasız özelliklere karşı duyarlı değildir. Aykırı değerlerin tespiti için de kullanılabilir. Dezavantajı ise karar ağaçları veya doğrusal regresyona göre daha zor yorumlanmasıdır [46].

3.4.2. Karar Ağaçları (Decision Trees)

Karar modelinin en basit biçimlerinden biridir. Ağaç benzeri bir yapı oluşturan karar kuralları oluşturmak için örnek veri özelliklerini kullanırlar. KA verileri ters bir ağaç yapısındadır. Kök, düğüm, dal ve yaprak bölümlerinden oluşur. Bu ters ağaç yapısına göre kök kısmı ise en üstte, yapraklar ise tabanda yer alır. Karar ağaçlarının kökeni, insanların karar alma şeklindedir. Yaygın olarak kullanılmakta olup özellikle tıpta kullanım alanları son zamanlarda artmıştır. Bilgileri görsel olarak, anlaşılması kolay bir ağaç biçiminde sunarlar. Hem sayısal, hem de kategorik verileri işleyebilir. Uygulaması kolay, eksik parametrelerin varlığında bile çalışabilen, belirsizlikleri olmayan bir makine öğrenme algoritmasıdır. Hem regresyon hem de sınıflandırma problemleri için kullanılabilir. Bir veri örneğini, sınıflandırma kararı vermek veya

tahmin yürütmek için kullanılabilir bir kurallar dizisine indirgemektedirler [47].

Bazı dezavantajları da mevcuttur. Veriyi iyi bir şekilde açıklamayan aşırı karmaşık ağaçlar üretilebilir. Bu durumda ağaç dallanması takip edilemeyebilir. Ayrıca, ezber öğrenme (over fitting) yaşanabilir. Bu problemin çözümü için model parametrelere kısıtlamalar ve budama gibi yöntemler kullanılabilir. Budama yöntemi, az sayıda nesneyi barındıran yaprak ve düğümlerin karar ağacı grafiğinden atılması işlemidir [48-50].

3.4.3. Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması (Extra Trees Classifier)

EAS, sınıflandırma ve regresyon için kullanılır. Birçok karar ağacından oluşan rastgele ormanlar algoritmasına benzerdir. Aralarında temel olarak iki fark vardır. Birincisi düğümlerin rastgele bölünmesidir. İkincisi ise ağaçları artırmak için her bir ağacın yeniden örneklenmesi yerine bütün verilerin kullanılması ile elde edilmesidir [51]. Bu algoritma, bazı problemlerin çözümünde karmaşıklığı azaltan ve zamandan tasarruf sağlayan hızlı bir yöntem olmasına rağmen yüksek gürültülü büyük verilerin analizinde performansı düşüktür. İstatistiksel olarak değerlendirildiğinde EAS, bias artışına ve varyansın düşmesine neden olabilmektedir [52].

3.4.4. Gradyan Güçlendirme Sınıflandırması (Gradient Boosting Classification)

Gradyan güçlendirme, regresyon ve sınıflandırma problemleri için bir makine öğrenmesi tekniğidir. Zayıf tahmin modellerinin bir araya gelmesiyle tipik olarak karar ağaçlarından oluşan bir model oluşturur. Algoritmanın amacı, bir kayıp fonksiyonu tanımlamak ve en aza indirmektir [53,54].

3.4.5. Gaussian Naive Bayes Sınıflandırması (Gaussian Naive Bayes Classifier)

Bu sınıflandırıcının, giriş vektörlerinin boyutu yüksek olduğu durumlarda kullanılması uygundur. Özellikle çok sayıda öznitelik veya özelliğin olduğu durumlarda tercih edilmektedir. Elde edilen tüm verileri en yakın sınıfa yerleştiren ve aradaki mesafeyi

sınıf varyansı üzerinden hesaplayan denetimli öğrenme algoritmasıdır. Gaussian, oluşturulan tüm sınıfların normal dağıldığını ve her bir sınıfın bir “p” değeri olduğunu ifade etmiştir. Bayes teoremi ise her bir veriyi diğer verilerden türetmemize imkan sağlar [55].

Avantajları, anlaşılması ve oluşturulmasının nispeten basit olmasıdır. Sayısal olarak, bir grup basit sayımı ve sıradan bölünmeyi içerir. Bu, büyük örneklerle bile sonucun son derece hızlı olmasını sağlar. Özelliklerin bağımsız olması koşuluyla, bir çözümde diğer ayırt edici modellere göre çok daha hızlı birleşecektir. Bu, son derece doğru bir tahmin modeli oluşturmak için daha az veriye ihtiyaç olduğu anlamına gelmektedir. Olasılıksal tahminlerin gerekli olduğu yerlerde kullanılabilir ve alakasız özelliklere duyarlı değildir. Örneklem boyutu ne kadar büyükse, ilgisiz özellikler o kadar az alakalı hale gelir. Ayrıca gerçek ve ayrık verileri işleyebilir ve gerçek zamanlı çevrimiçi sistemlerde kolayca dağıtılabilir. Dezavantajları ise, olasılıkları deneysel verilerden tahmin ettiğinden, olasılıkları doğru bir şekilde tahmin etmek için yeterli gözlem yoksa bazen zorluklarla karşılaşabilmesidir. Bu, daha fazla gözlem toplayarak veya ampirik tahminler yerine önceki bulguları empoze ederek çözülebilir. Birçok makine öğrenme algoritması gibi, sınıflar ciddi şekilde dengesizse, sınıflandırma performansı düşebilir [46].

3.4.6. K-En Yakın Komşu Algoritması (K-Nearest Neighbors)

Anlaşılması çok basit olan ve pratikte son derecede iyi sonuçlar elde edilen en temel makine öğrenme algoritmasıdır. Parametrik olmayan bir algoritmadır. Diğer değişkenler arasındaki benzerlik ölçümüne dayanır. Daha çok hayvan davranışları ve bitki türleri ile ilgili çalışmalarda kullanılmaktadır [46].

Avantajları, anlaşılması ve uygulaması kolay bir algoritma olmasıdır. Süreç şeffaf olduğu için, makine öğrenme veya matematik konusunda bilgili olmayan profesyonellere açıklamak da çok kolaydır. Aynı zamanda örnek tabanlı bir öğrenme algoritmasıdır. Örnek tabanlı öğrenme algoritmaları, örnek verileri ezberler. Açık bir eğitim veya model yoktur. Eğitim örneğinin dışındaki herhangi bir genelleme, sisteme yeni bir veri örneği tarafından bir sorgu yapıldıkça kadar ertelenir. Dezavantajları ise,

çok büyük veri kümeleri için gerçek zamanlı tahmin performansının, diğer algoritmalara kıyasla yavaş olmasıdır. Ayrıca, gereksiz ve alakasız özelliklere karşı hassastır çünkü tüm özellikler mesafe hesaplamasına ve dolayısıyla sınıflandırma tahminine katkıda bulunmaktadır [46].

3.4.7. Doğrusal Diskriminant Analizi (Linear Discriminant Analysis)

Doğrusal Diskriminant Analizi, istatistikçiler ve antropologlar tarafından sıklıkla kullanılan bir tekniktir. DDA'nın amacı, bir örnekteki gruplar arasında mümkün olan en iyi ayrımı sağlayan özellik değişkenlerinin doğrusal kombinasyonlarını bulmak ve kategorize etmektir. İki veya daha fazla grubu sınıflandırmak için kullanılan yaygın bir uygulama alanına sahiptir. Potansiyel kullanımları; kredi riskini tahmin etme gibi ekonomik alanlar, endüstriyel bir ürünün kalitesini sınıflandırma, yüz tanımlama ve tıbbi bir hastalığın aşamasını belirlemeyi içerir [49,56,57]. Normal dağılım gösteren değişkenleri varsayar ve bu varsayımın gerçekleşmesi durumunda doğru sonuçlar verir. DDA, çok değişkenli bir veri kümesini basitleştiren doğrusal denklemler üretir. Diskriminant fonksiyonları incelenebilir ve algoritmanın karar verme sürecine ilişkin bazı ön bilgiler elde edilebilir [46].

Bazı dezavantajları da mevcuttur. DDA'nın merkezinde çok değişkenli normallik varsayımı vardır. Bu genellikle pratikte ihlal edilmektedir, ihlalin derecesi arttıkça, sınıflandırma performansının düşmesi beklenir. Verileri normallik varsayımına daha iyi uyacak şekilde tasarlamak veya ihlalleri görmezden gelmek, bunun için kullanılan çözümlerdendir. Diğer bir dezavantajı ise, tüm ilişkilerin doğrusal olduğuna dair örtülü bir varsayımda bulunmasıdır. Doğrusallık varsayılması, karmaşık doğrusal olmayan ilişkilerin gözden kaçmasına neden olabilir [46].

3.4.8. Rastgele Orman (Random Forest)

Eğitim verilerinin yeniden örneklenmesiyle karar ağaçları ormanının oluşturulduğu parametrik olmayan bir topluluk öğrenme algoritmasıdır. Topluluk yöntemleri, birçok farklı modelin sınıflandırma ve tahmin sonuçlarını birleştirir. Genellikle tek bir karar ağacı üzerinden önemli performans iyileştirmeleri sunarlar. Bir topluluk modelinin

performansı çoğu zaman bireysel modellerin performansından daha iyidir. İki grup arasındaki problemleri çözmeye avantajlar sunmaktadır. RO, sınıflandırma ve regresyon için kullanılabilir. Bundan dolayı cinsiyet tahminlerinde tercih edilmektedir [58].

Avantajları arasında, oluşturulmaları ve çalışmalarının son derece kolay olması ve genellikle çok iyi sonuçlar vermesi sayılabilir [46]. Bununla birlikte, birbirinden farklı çalışmalar, çok çeşitli veri yapıları ve problemlerinde sınıflandırma ve regresyon hatasını azalttığını göstermiştir. Birçok tahmin görevi için sinir ağları ve destek vektör makineleri ile rekabet halindedirler. Ancak, daha az parametreye sahip oldukları için eğitilmeleri çok daha hızlıdır. Dezavantajları ise; regresyon problemleri için kullanılabilse de hedef/özellik değişkenlerinin aralığı dışında tahmin yürütememeleridir. Hedef değişken ile özellik değişkenleri arasındaki ilişki doğrusal olduğunda, RO kullanılması uygun değildir [46].

3.4.9. Karesel Diskriminant Analizi (Quadratic Discriminant Analysis)

Karesel diskriminant analizi, DDA ile yakından ilişkilidir. İki algoritmada da her sınıftan alınan ölçümlerin normal olarak dağıldığı varsayılırken; farklı olarak KDA'da sınıfların her birinin kovaryansının aynı olduğu varsayımı yoktur [59].

3.4.10. Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine)

DVM, hem regresyon hem de sınıflandırma için kullanılabilen denetimli bir makine öğrenme algoritmasıdır. 1963 yılında Vladimir Vapnik ve Alexey Chervonenkis tarafından temelleri atılmıştır ve 1995 yılında Vladimir Vapnik, Bernhard Boser ve Isabelle Guyon tarafından geliştirilmiştir [60]. Çok boyutlu bir uzayda hiper düzlemler oluşturarak çalışır. Diğer regresyon tipi modellerin aksine, DVM model parametreleri yorumlamak, algoritmik karmaşıklıkları yüksek olması nedeniyle zordur [46]. Günümüzde yüz tanıma sistemlerinden, ses analizine kadar birçok sınıflandırma probleminde kullanılmaktadırlar. Elde edilen veriler doğrusal olarak ayrılmıyorsa da kullanılabilir. Egzersiz verileri, kesişen kemik görüntüleri gibi doğrusal olmayan verilerde doğru sonuçlar verebilmektedir [61].

DVM, veri setinin doğrusal olarak ayrılabilme ve ayrılama durumuna göre ikiye ayrılmaktadır. Doğrusal Destek Vektör Makinesi, sınıflandırmada iki sınıfa ait örneklerin doğrusal olarak dağıldığı durumlarda kullanılır. Bu durumda bu iki sınıfın, eğitim verisi kullanılarak elde edilen bir karar fonksiyonu yardımıyla birbirinden ayrılması amaçlanır. Veri setini ikiye ayıran doğru, 'karar doğrusu' olarak isimlendirilmektedir [62,63].

Sonsuz tane karar doğrusu çizebilme imkanı mevcut olsa da önemli olan optimal yani en uygun karar doğrusunu belirlemektir. Karar doğrusunun, yeni katılacak olan veriye karşı dayanıklı olabilmesi için sınır çizgisinin, iki sınıfın sınır çizgisilerine en yakın pozisyonda olması gerekmektedir. Bu sınır çizgisine en yakın noktalar, destek noktaları olarak adlandırılmaktadır. Doğrusal olmayan bir veri kümesinde DVM'ler doğrusal bir hiper-düzlem çizemez. Bu nedenle çekirdek numarası olarak adlandırılan 'kernel trick'ler kullanılır. Çekirdek yöntemi, doğrusal olmayan verilerde makine öğrenimini yüksek oranda arttırmaktadır. En çok kullanılan çekirdek yöntemleri; polynomial kernel ve gaussian radial basis function (RBF) kernel yöntemidir [62,63].

3.4.11. Doğrusal Regresyon (Linear Regression)

Sir Francis Galton'un 1875'teki tatlı bezelye deneyi, verilerdeki ilişkileri modellemek için popüler bir araç olarak doğrusal regresyonu teşvik etmiştir. Daha sonra çok çeşitli disiplinlerde analizin "ilk tercihi" tekniği haline gelmiştir. Kısmen, hesaplama kolaylığı, teorik temeller ve faydalı bilgiler nedeniyle, günümüzde de yararlı bir araç olmaya devam etmektedir. Doğrusal regresyon, hem hedef değişken hem de bir dizi açıklayıcı özellik arasındaki ilişkiyi tanımlamak ve bu ilişkiyi hedef değişkenin değerini tahmin etmede kullanmak için geliştirilmiştir. Bir veya daha fazla özellik ile bir yanıt değişkeni arasındaki ilişkinin incelenmesine olanak sağladığı için; sosyal bilimlerde, işletmelerde, devlet kurumları gibi birçok alanda yaygındır. Dezavantajları, doğrusal regresyon katsayısı tahminlerinin, aykırı değerlere duyarlı olması ve özelliklerin bağımsız olduğunun varsayılmasıdır [46].

3.4.12. Lojistik Regresyon (Logistic Regression)

Lojistik regresyon, hedef değişkenin ikili olduğu özel bir regresyon türüdür. Özellikler kesikli veya sürekli olabilir. Doğrusal regresyonda olduğu gibi, tahmin, tanımlayıcı çalışmalar ve teorik hipotezleri test etmek için kullanılabilir. Ancak esas olarak doğru tahminle ilgili bir tekniktir. Tıbbi araştırmalarda birbirinden bağımsız değişkenler arasındaki en güçlü değişkeni bulmak, sonucu tahmin etmek, her bir değişkenin sonuca etkisini bulmak için tercih edilmektedir [46,64].

3.4.13. Performans Ölçütleri

Algoritmaların performans ölçütleri; Accuracy (Acc), specificity (Spe), sensitivity (Sen), F1 skoru ve Matthews correlation coefficient (Mcc) katsayısına bakılarak değerlendirilmektedir. Accuracy algoritmanın sonucunu, specificity algoritmanın özgünlüğünü, sensitivity algoritmanın hassasiyetini ifade eder.

F skoru, kesinlik ve hatırlamanın harmonik ortalamasıdır. Mümkün olan en yüksek değeri 1' dir. İkili sınıflandırmanın istatistiksel analizinde, testin doğruluğunun bir ölçüsüdür [45].

Mcc katsayısı, 1975 yılında biyokimyacı Brian W. Matthews tarafından tanımlanan ikili sınıflandırmaların kalitesinin bir ölçüsü olarak makine öğreniminde kullanılır.

Doğru pozitif (TP), doğru negatif (TN), yanlış pozitif (FP) ve yanlış negatif (FN) değerlerini hesaba katan bir ölçüttür. Genellikle sınıflar çok farklı boyutlarda olsa bile kullanılabilir dengeli bir ölçüt olarak kabul edilir. Mcc, gözlemlenen ve tahmin edilen ikili sınıflandırmalar arasındaki bir korelasyon katsayısıdır, [-1, +1] arasında değer alır. “-1” değeri sınıfların ters tahmin edildiğini gösterir bu değere yaklaştıkça tahmin edilen ve gerçek koşullar arasındaki benzerlik azalmaktadır. “+1” sınıfların doğru tahmin edildiğini ve benzerliğin fazla olduğunu, ”0” ise sınıfların rastgele dağılım gösterdiğini ifade etmektedir [65-67].

Performans ölçütleri hesaplaması aşağıdaki formüllerle yapılmaktadır:

$$\text{Doğruluk} = \frac{TP}{TP + FN + FP + TN}$$

$$\text{Duyarlılık} = \frac{TP}{TP + FN}$$

$$\text{Belirleyicilik} = \frac{TN}{TN + FP}$$

$$\text{Matthews Korrelasyon Katsayısı} = \frac{TP \times TN - FP \times FN}{\sqrt{(TP+FP) \times (TP+FN) \times (TN+FP) \times (TN+FN)}}$$

$$F1 \text{ Değeri} = 2 \frac{\text{Belirleyicilik} \times \text{Duyarlılık}}{\text{Belirleyicilik} + \text{Duyarlılık}}$$

*[TP: True positive (doğru pozitif), TN: True negative (doğru negatif), FP: False positive (yanlış pozitif), FN: False negative (yanlış negatif)] [45].

3.5. İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Parametrelere ait tanımlayıcı istatistiklerde ortalama ve standart sapma değerlerine yer verildi. Tanımlayıcı istatistikler için Minitab 17 istatistik programı kullanıldı. Verilerin deskriptif istatistiklerinde ortalama, standart sapma, medyan, minimum ve maximum değerleri yer aldı. Verilerin normal dağılıma uygunluğu Anderson Darling testi ile test edildi. Veriler normal dağılım gösteriyor ise birbirleri arasında Two Sample T testi uygulandı, normal dağılım göstermeyenler için ise Mann Whitney U testi uygulandı. Test sonuçlarının değerlendirilmesinde, $p \leq 0,05$ değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

BÖLÜM 4

BULGULAR

4.1. TEMEL İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Erkeklerin yaşları $36,50 \pm 8,26$, kadınların yaşları $40,26 \pm 7,63$ olarak hesaplanmıştır. T1 vertebra için heCV, PCS-PTD, PTD-PTS, leFAS, lePD parametrelerinin en az bir cinsiyette normal dağılım göstermedikleri tespit edildi. Çizelge 4.1’de, heCV, PCS-PTD, PTD-PTS, lePD değerleri, erkeklerde kadınlara göre daha büyük bulunmuş olup fark istatistiksel olarak anlamlıdır (heCV, PCS-PTD, PTD-PTS: $p=0,000$; lePD: $p=0,001$). leFAS parametresinde cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamadı ($p=0,312$).

Çizelge 4.1. T1 vertebra için normal dağılım göstermeyen parametreler.

Parametre	Erkek	Kadın	p değeri
	Ortanca	Ortanca	
	(Min-Max)	(Min-Max)	
heCV	1,812	1,662	0,000
	(1,44-8,66)	(1,18-2,14)	
PCS-PTD	4,23	3,77	0,000
	(2,92-5,66)	(2,51-4,74)	
PTD-PTS	6,96	6,26	0,000
	(0,88-8,051)	(4,75-7,43)	
leFAS	1,12	1,081	0,312
	(0,82-1,48)	(0,86-1,36)	
lePD	1,03	0,96	0,001
	(0,77-3,95)	(0,78-1,15)	

T1 vertebra için, her iki cinsiyette de normal dağılım gösteren parametreler lePCS, leVRT, genCV, PCS-PTS, angPCS-PT, capFV, ctrFV, leFAD, PAD-PAS, lePS olarak tespit edildi. Çizelge 4.2’de, lePCS, leVRT, genCV, PCS-PTS, capFV, ctrFV, lePS değerleri erkeklerde kadınlara göre daha büyük bulunmuş olup fark istatistiksel olarak anlamlıdır (lePCS, leVRT, genCV, PCS-PTS, capFV: p=0,000; ctrFV: p=0,027; lePS: p=0,001). angPCS-PT ise kadınlarda daha yüksek bulundu (p= 0,046). leFAD ve PAD-PAS parametrelerinde cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur (leFAD: p= 0,919; PAD-PAS: p=0,915).

Çizelge 4.2. T1 vertebra için normal dağılım gösteren parametreler

Parametre	Erkek	Kadın	p değeri
	(ort±std)	(ort±std)	
lePCS	3,27±0,31	2,9±0,32	0,000
leVRT	6,62±0,27	5,87±0,36	0,000
genCV	3,07±0,34	2,76±0,26	0,000
PCS-PTS	4,3±0,49	3,85±0,43	0,000
angPCS-PT	107,97±6,71	110,63±6,5	0,046
capFV	1,33±0,16	1,21±0,13	0,000
ctrFV	1,94±0,25	1,83±0,23	0,027
leFAD	1,08±0,14	1,08±0,11	0,919
PAD-PAS	3,75±0,48	3,74±0,38	0,915
lePS	1,03±0,11	0,96±0,09	0,001

T11 vertebra için leVRT, heCV, PCS-PTD, angPCS-PT, leFAD, leFAS, lePS parametrelerinin en az bir cinsiyette normal dağılım göstermedikleri tespit edildi. Çizelge 4.3’te, leVRT, heCV, PCS-PTD, leFAD, leFAS, lePS değerleri erkeklerde daha yüksek olup fark istatistiksel olarak anlamlıdır (leVRT, heCV, PCS-PTD, leFAS, lePS: p=0,000; leFAD: p=0,018). angPCS-PT parametresinde cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur (p=0,059).

Çizelge 4.3. T11 vertebra için normal dağılım göstermeyen parametreler.

Parametre	Erkek	Kadın	p değeri
	Ortanca	Ortanca	
	(Min-Max)	(Min-Max)	
leVRT	7,38	6,65	0,000
	(6,85-8,53)	(4,52-7,37)	
heCV	2,48	2,3	0,000
	(2,19-2,91)	(1,77-2,71)	
PCS-PTD	3,23	2,85	0,000
	(2,39-4,07)	(2,35-3,4)	
angPCS-PT	112,86	105,77	0,059
	(92,85-123,53)	(91,44-123,18)	
leFAD	1,24	1,22	0,018
	(0,99-1,76)	(1,01-1,74)	
leFAS	1,3	1,22	0,000
	(1,02-1,74)	(1,02-1,53)	
lePS	1,77	1,43	0,000
	(0,98-2,22)	(0,97-1,87)	

T11 vertebra için, iki cinsiyette de normal dağılım gösteren parametreler; lePCS, genCV, PCS-PTS, PTD-PTS, capFV, ctrFV, PAD-PAS, lePD olarak tespit edildi. Çizelge 4.4'te, lePCS, genCV, PCS-PTS, PTD-PTS, ctrFV, PAD-PAS, lePD değerleri erkeklerde kadınlardan daha büyük bulunmuş olup fark istatistiksel olarak anlamlıdır (lePCS, genCV, PCS-PTS, PTD-PTS, lePD: $p=0,000$; ctrFV: $p=0,016$; PAD-PAS: $p=0,001$). capFV parametresinde cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p=0,187$).

Çizelge 4.4. T11 vertebra için normal dağılım gösteren parametreler.

Parametre	Erkek	Kadın	p değeri
	(ort±std)	(ort±std)	
lePCS	2,52±0,28	2,21±0,27	0,000
genCV	3,84±0,33	3,43±0,22	0,000
PCS-PTS	3,21±0,26	2,88±0,23	0,000
PTD-PTS	5,28±0,45	4,6±0,35	0,000
capFV	1,38±0,14	1,34±0,14	0,187
ctrFV	1,79±0,19	1,69±0,19	0,016
PAD-PAS	3,75±0,38	3,51±0,32	0,001
lePD	1,73±0,23	1,42±0,25	0,000

T12 vertebra için leVRT, heCV, angPCS-PT parametrelerinin en az bir cinsiyette normal dağılım göstermedikleri tespit edildi. Çizelge 4.5'te, leVRT ve heCV değerleri erkeklerde kadınlara göre daha büyük bulunmuş olup fark istatistiksel olarak anlamlıdır. angPCS-PT parametresinde cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur ($p=0,115$).

Çizelge 4.5. T12 vertebra için normal dağılım göstermeyen parametreler.

Parametre	Erkek	Kadın	p değeri
	Ortanca	Ortanca	
	(Min-Max)	(Min-Max)	
leVRT	7,61	6,89	0,000
	(6,2-8,4)	(4,83-7,68)	
heCV	2,66	2,5	0,000
	(2,28-3,31)	(2,01-3,87)	
angPCS-PT	98,83	95,49	0,115
	(82,15-121,23)	(79,91-123,43)	

T12 vertebra için, her iki cinsiyette de normal dağılım gösteren parametreler lePCS, genCV, PCS-PTD, PCS-PTS, PTD-PTS, capFV, ctrFV, leFAD, leFAS, PAD-PAS, lePD, lePS olarak tespit edildi. Çizelge 4.6'da, lePCS, genCV, PCS-PTD, PCS-PTS,

PTD-PTS, ctrFV, PAD-PAS, lePD, lePS değerleri erkeklerde kadınlara göre daha büyük bulunmuş olup fark istatistiksel olarak anlamlıdır (lePCS, genCV, PCS-PTD, PCS-PTS, PTD-PTS, PAD-PAS, lePD, lePS: $p=0,000$; ctrFV: $p=0,005$). capFV, leFAD, leFAS parametrelerinde cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur (capFV: $p=0,095$; leFAD: $p=0,126$; leFAS: $p=0,235$).

Çizelge 4.6. T12 vertebra için normal dağılım gösteren parametreler.

Parametre	Erkek	Kadın	p değeri
	(ort±std)	(ort±std)	
lePCS	2,57±0,26	2,28±0,26	0,000
genCV	4,075±0,29	3,53±0,22	0,000
PCS-PTD	3,1±0,24	2,71±0,26	0,000
PCS-PTS	3,087±0,25	2,76±0,23	0,000
PTD-PTS	4,69±0,36	4,09±0,38	0,000
capFV	1,5±0,2	1,44±0,16	0,095
ctrFV	2,05±0,21	1,92±0,21	0,005
leFAD	1,28±0,16	1,23±0,12	0,126
leFAS	1,29±0,17	1,25±0,14	0,235
PAD-PAS	3,75±0,36	3,42±0,34	0,000
lePD	1,74±0,19	1,5±0,26	0,000
lePS	1,72±0,18	1,49±0,22	0,000

4.1.1. Makine Öğrenme Algoritmaları Değerlendirme Sonuçları

ADA algoritmasının,

T1 vertebra için doğruluk oranı 0,95; Mcc oranı 0,91'dir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,96; belirleyicilik oranı 0,95'tir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,95; belirleyicilik oranı 0,96'dır.

T11 vertebra için doğruluk oranı 0,93; Mcc oranı 0,87'dir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,92; belirleyicilik oranı 0,95'tir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,95; belirleyicilik oranı 0,92'dir.

T12 vertebra için doğruluk oranı 0,90; Mcc oranı 0,81'dir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,88; belirleyicilik oranı 0,93'tür. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,93; belirleyicilik oranı 0,88'dir (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. ADA algoritması sonuçları.

Algoritma İsmi		Ada Güçlendirilmiş Sınıflandırması					
Elde Edilen Sonuçlar							
Vertebra	No	Cinsiyet	Acc	Mcc	Sen	Spe	F1
T1	1	Erkek	0,95	0,91	0,96	0,95	0,95
	2	Kadın			0,95	0,96	0,95
T11	1	Erkek	0,93	0,87	0,92	0,95	0,91
	2	Kadın			0,95	0,92	0,94
T12	1	Erkek	0,90	0,81	0,88	0,93	0,89
	2	Kadın			0,93	0,88	0,9

Parametreler	T1	lePCS,leVRT,genCV,PCS-PTD,PTD-PTS,ctrFV,leFAD,leFAS,PAD-PAS,lePS
	T11	leVRT,heCV,PCS-PTD,PTD-PTS,capFV,ctrFV, PAD-PAS,lePS
	T12	leVRT,heCV,PCS-PTS,PTD-PTS,leFAS,PAD-PAS, lePD,lePS

(Acc: Doğruluk, Mcc: Matthew Korelasyon Katsayısı, Sen: Duyarlılık, Spe: Belirleyicilik, F1: F1 skoru)

Karar Ağaçları algoritmasının,

T1 vertebra için doğruluk oranı 0,92; Mcc oranı 0,82'dir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,90; belirleyicilik oranı 0,93'tür. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,93; belirleyicilik oranı 0,90'dır.

T11 vertebra için doğruluk oranı 0,89; Mcc oranı 0,81'dir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,89; belirleyicilik oranı 0,92'dir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,92; belirleyicilik oranı 0,89'dur.

T12 vertebra için doğruluk oranı 0,90; Mcc oranı 0,81'dir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,95; belirleyicilik oranı 0,85'dir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,85; belirleyicilik oranı 0,95'tir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8. Karar ağaçları algoritması sonuçları.

Algoritma İsmi		Karar Ağaçları					
Elde Edilen Sonuçlar							
Vertebra	No	Cinsiyet	Acc	Mcc	Sen	Spe	F1
T1	1	Erkek	0,92	0,82	0,90	0,93	0,89
	2	Kadın			0,93	0,90	0,92
T11	1	Erkek	0,89	0,81	0,89	0,92	0,89
	2	Kadın			0,92	0,89	0,88
T12	1	Erkek	0,90	0,81	0,95	0,85	0,89
	2	Kadın			0,85	0,95	0,90

Parametreler	T1	lePCS,leVRT,genCV,PCS-PTD,angPCS-PT,ctrFV
	T11	lePCS,heCV,PCS-PTS,leFAD,leFAS,lePS
	T12	lePCS,leVRT,genCV,PCS-PTD,PCS-PTS,lePD

(Acc: Doğruluk, Mcc: Matthew Korelasyon Katsayısı, Sen: Duyarlılık, Spe: Belirleyicilik, F1: F1 skoru)

Ekstra Ağaçlar algoritmasının,

T1 vertebra için doğruluk oranı 0,94; Mcc oranı 0,9'dur. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,97; belirleyicilik oranı 0,93'tür. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,93; belirleyicilik oranı 0,90'dır.

T11 vertebra için doğruluk oranı 0,94; Mcc oranı 0,88'dir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,93; belirleyicilik oranı 0,96'dır. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,96; belirleyicilik oranı 0,93'tür.

T12 vertebra için doğruluk oranı 0,92; Mcc oranı 0,86'dır. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,94; belirleyicilik oranı 0,93'tür. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,93; belirleyicilik oranı 0,94'tür (Çizelge 4.9).

Çizelge 4.9. Extra ağaçlar sınıflandırması sonuçları.

Algoritma İsmi	Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması						
Elde Edilen Sonuçlar							
Vertebra	No	Cinsiyet	Acc	Mcc	Sen	Spe	F1
T1	1	Erkek	0,94	0,90	0,97	0,93	0,94
	2	Kadın			0,93	0,97	0,94
T11	1	Erkek	0,94	0,88	0,93	0,96	0,95
	2	Kadın			0,96	0,93	0,93
T12	1	Erkek	0,92	0,86	0,94	0,93	0,90
	2	Kadın			0,93	0,94	0,92

Parametreler	T1	lePCS,leVRT,PTD-PTS,angPCS-PT,ctrFV,lePD
	T11	lePCS,leVRT,heCV,PTD-PTS,angPCS-PT,capFV,ctrFV,leFAD,leFAS,PAD-PAS,lePS
	T12	leVRT,genCV,PCS-PTD,PTD-PTS,capFV,leFAS

(Acc: Doğruluk, Mcc: Matthew Korelasyon Katsayısı, Sen: Duyarlılık, Spe: Belirleyicilik, F1: F1 skoru)

Gradian Güçlendirme algoritmasının,

T1 vertebra için doğruluk oranı 0,91; Mcc oranı 0,82'dir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,95; belirleyicilik oranı 0,87'dir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,87; belirleyicilik oranı 0,95'tir.

T11 vertebra için doğruluk oranı 0,92; Mcc oranı 0,83'tür. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,94; belirleyicilik oranı 0,90'dır. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,90; belirleyicilik oranı 0,94'tür.

T12 vertebra için doğruluk oranı 0,89; Mcc oranı 0,79'dur. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,88; belirleyicilik oranı 0,93'tür. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,93; belirleyicilik oranı 0,88'dir (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10. Gradian güçlendirme sınıflandırması sonuçları.

Algoritma İsmi	Gradian Güçlendirme Sınıflandırması						
Elde Edilen Sonuçlar							
Vertebra	No	Cinsiyet	Acc	Mcc	Sen	Spe	F1
T1	1	Erkek	0,91	0,82	0,95	0,87	0,92
	2	Kadın			0,87	0,95	0,88
T11	1	Erkek	0,92	0,83	0,94	0,90	0,90
	2	Kadın			0,90	0,94	0,92
T12	1	Erkek	0,89	0,79	0,88	0,93	0,88
	2	Kadın			0,93	0,88	0,89

Parametreler	T1	lePCS,leVRT,heCV,angPCS-PT,ctrFV,PAD-PAS,lePS
	T11	lePCS,heCV,genCV,PCS-PTD,PTD-PTS,angPCS-PT,ctrFV,leFAD,lePS
	T12	genCV,PCS-PTS,PTD-PTS,capFV,leFAD,lePD

(Acc: Doğruluk, Mcc: Matthew Korelasyon Katsayısı, Sen: Duyarlılık, Spe: Belirleyicilik, F1: F1 skoru)

Gaussian Naive Bayes algoritmasının,

T1 vertebra için doğruluk oranı 0,92; Mcc oranı 0,84'tür. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,92; belirleyicilik oranı 0,92'dir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,92; belirleyicilik oranı 0,92'dir.

T11 vertebra için doğruluk oranı 0,92; Mcc oranı 0,84'tür. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,89; belirleyicilik oranı 0,92'dir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,92; belirleyicilik oranı 0,89'dur.

T12 vertebra için doğruluk oranı 0,92; Mcc oranı 0,85'tir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,89; belirleyicilik oranı 0,94'tür. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,94; belirleyicilik oranı 0,89'dur (Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Gaussian Naive Bayes algoritması sonuçları.

Algoritma İsmi	Gaussian Naive Bayes						
Elde Edilen Sonuçlar							
Vertebra	No	Cinsiyet	Acc	Mcc	Sen	Spe	F1
T1	1	Erkek	0,92	0,84	0,92	0,92	0,91
	2	Kadın			0,92	0,92	0,92
T11	1	Erkek	0,92	0,84	0,89	0,92	0,88
	2	Kadın			0,92	0,89	0,93
T12	1	Erkek	0,92	0,85	0,89	0,94	0,91
	2	Kadın			0,94	0,89	0,92

Parametreler	T1	leVRT,PTD-PTS,capFV,PAD-PAS
	T11	leVRT,genCV,PTD-PTS,angPCS-PT,lePD
	T12	leVRT,genCV,PTD-PTS,angPCS-PT,PAD-PAS,lePD, lePS

(Acc: Doğruluk, Mcc: Matthew Korelasyon Katsayısı, Sen: Duyarlılık, Spe: Belirleyicilik, F1: F1 skoru)

Gauss Süreçleri algoritmasının,

T1 vertebra için doğruluk oranı 0,94; Mcc oranı 0,87'dir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,95; belirleyicilik oranı 0,92'dir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,92; belirleyicilik oranı 0,92'dir.

T11 vertebra için doğruluk oranı 0,92; Mcc oranı 0,81'dir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,88; belirleyicilik oranı 0,91'dir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,91; belirleyicilik oranı 0,88'dir.

T12 vertebra için doğruluk oranı 0,92; Mcc oranı 0,81'dir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,91; belirleyicilik oranı 0,92'dir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,92; belirleyicilik oranı 0,91'dir (Çizelge 4.12).

Çizelge 4.12. Gauss Süreçleri Sınıflandırması sonuçları.

Algoritma İsmi	Gauss Süreçleri Sınıflandırması						
Elde Edilen Sonuçlar							
Vertebra	No	Cinsiyet	Acc	Mcc	Sen	Spe	F1
T1	1	Erkek	0,94	0,87	0,95	0,92	0,93
	2	Kadın			0,92	0,95	0,94
T11	1	Erkek	0,92	0,81	0,88	0,91	0,89
	2	Kadın			0,91	0,88	0,91
T12	1	Erkek	0,92	0,81	0,91	0,92	0,92
	2	Kadın			0,92	0,91	0,89

Parametreler	T1	leVRT,PCS-PTD,PCS-PTS,PTD-PTS,capFV,ctrFV,leFAD,PAD-PAS,lePD,lePS
	T11	leVRT,heCV,PCS-PTS,PTD-PTS,capFV,ctrFV,lePD,lePS
	T12	leVRT,genCV,PCS-PTD,PCS-PTS,PTD-PTS,capFV,ctrFV,leFAD,leFAS,lePD,lePS

(Acc: Doğruluk, Mcc: Matthew Korelasyon Katsayısı, Sen: Duyarlılık, Spe: Belirleyicilik, F1: F1 skoru)

K-En Yakın Komşu algoritmasının,

T1 vertebra için doğruluk oranı 0,95; Mcc oranı 0,90'dır. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,98; belirleyicilik oranı 0,93'tür. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,93; belirleyicilik oranı 0,98'dir.

T11 vertebra için doğruluk oranı 0,91; Mcc oranı 0,84'tür. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,88; belirleyicilik oranı 0,97'dir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,97; belirleyicilik oranı 0,88'dir.

T12 vertebra için doğruluk oranı 0,92; Mcc oranı 0,85'tir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,96; belirleyicilik oranı 0,88'dir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,88; belirleyicilik oranı 0,96'dır (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. K-En Yakın Komşu Algoritması sonuçları.

Algoritma İsmi	K-En Yakın Komşu Algoritması						
Elde Edilen Sonuçlar							
Vertebra	No	Cinsiyet	Acc	Mcc	Sen	Spe	F1
T1	1	Erkek	0,95	0,90	0,98	0,93	0,94
	2	Kadın			0,93	0,98	0,95
T11	1	Erkek	0,91	0,84	0,88	0,97	0,90
	2	Kadın			0,97	0,88	0,91
T12	1	Erkek	0,92	0,85	0,96	0,88	0,92
	2	Kadın			0,88	0,96	0,91

Parametreler	T1	lePCS,leVRT,heCV,PCS-PTD,PTD-PTS,capFV,ctrFV,lePS
	T11	lePCS,heCV,genCV,PCS-PTD,PCS-PTS,capFV,ctrFV,leFAS,lePD
	T12	leVRT,heCV,genCV,PCS-PTD,PTD-PTS,capFV,ctrFV,leFAS

(Acc: Doğruluk, Mcc: Matthew Korelasyon Katsayısı, Sen: Duyarlılık, Spe: Belirleyicilik, F1: F1 skoru)

Doğrusal Diskriminant Analizi algoritmasının,

T1 vertebra için doğruluk oranı 0,94; Mcc oranı 0,89'dur. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,97; belirleyicilik oranı 0,94'tür. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,94; belirleyicilik oranı 0,97'dir.

T11 vertebra için doğruluk oranı 0,94; Mcc oranı 0,87'dir. Erkeklerde ve kadınlarda duyarlılık oranı 0,94; belirleyicilik oranı 0,94'tür.

T12 vertebra için doğruluk oranı 0,92; Mcc oranı 0,82'dir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,87; belirleyicilik oranı 0,94'tür. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,94; belirleyicilik oranı 0,87'dir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Doğrusal diskriminant analizi sonuçları.

Algoritma İsmi		Doğrusal Diskriminant Analizi					
Elde Edilen Sonuçlar							
Vertebra	No	Cinsiyet	Acc	Mcc	Sen	Spe	F1
T1	1	Erkek	0,94	0,89	0,97	0,94	0,93
	2	Kadın			0,94	0,97	0,94
T11	1	Erkek	0,94	0,87	0,94	0,94	0,92
	2	Kadın			0,94	0,94	0,94
T12	1	Erkek	0,92	0,82	0,87	0,94	0,89
	2	Kadın			0,94	0,87	0,91

Parametreler	T1	leVRT,heCV,PCS-PTD,PTD-PTS,angPCS-PT, capFV,ctrFV,lePD
	T11	leVRT,heCV,genCV,PTD-PTS,ctrFV,PAD-PAS, lePD,lePS
	T12	leVRT,genCV,PCS-PTD,PCS-PTS,PTD-PTS, angPCS-PT,ctrFV,leFAS,PAD-PAS

(Acc: Doğruluk, Mcc: Matthew Korelasyon Katsayısı, Sen: Duyarlılık, Spe: Belirleyicilik, F1: F1 skoru)

Rastgele Orman algoritmasının,

T1 vertebra için doğruluk oranı 0,93; Mcc oranı 0,87'dir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,97; belirleyicilik oranı 0,91'dir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,91; belirleyicilik oranı 0,97'dir.

T11 vertebra için doğruluk oranı 0,94; Mcc oranı 0,88'dir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,95; belirleyicilik oranı 0,93'tür. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,93; belirleyicilik oranı 0,95'tir.

T12 vertebra için doğruluk oranı 0,92; Mcc oranı 0,84'tür. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,94; belirleyicilik oranı 0,89'dur. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,89; belirleyicilik oranı 0,94'tür (Çizelge 4.15).

Çizelge 4.15. Rastgele orman algoritması sonuçları.

Algoritma İsmi	Rastgele Orman						
Elde Edilen Sonuçlar							
Vertebra	No	Cinsiyet	Acc	Mcc	Sen	Spe	F1
T1	1	Erkek	0,93	0,87	0,97	0,91	0,93
	2	Kadın			0,91	0,97	0,93
T11	1	Erkek	0,94	0,88	0,95	0,93	0,95
	2	Kadın			0,93	0,95	0,92
T12	1	Erkek	0,92	0,84	0,94	0,89	0,92
	2	Kadın			0,89	0,94	0,90

Parametreler	T1	lePCS,leVRT,heCV,PCS-PTD,PTD-PTS,angPCS-PT, capFV,leFAD,leFAS,lePS
	T11	lePCS,leVRT,heCV,PCS-PTS,angPCS-PT,leFAD,lePS
	T12	leVRT,genCV,PCS-PTD,PTD-PTS,capFV,leFAD,leFAS

(Acc: Doğruluk, Mcc: Matthew Korelasyon Katsayısı, Sen: Duyarlılık, Spe: Belirleyicilik, F1: F1 skoru)

Doğrusal Destek Vektör Makinesi algoritmasının,

T1 vertebra için doğruluk oranı 0,92; Mcc oranı 0,84'tür. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,97; belirleyicilik oranı 0,88'dir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,88; belirleyicilik oranı 0,97'dir.

T11 vertebra için doğruluk oranı 0,90; Mcc oranı 0,81'dir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,93; belirleyicilik oranı 0,88'dir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,88; belirleyicilik oranı 0,93'tür.

T12 vertebra için doğruluk oranı 0,89; Mcc oranı 0,79'dur. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,87; belirleyicilik oranı 0,94'tür. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,94; belirleyicilik oranı 0,87'dir (Çizelge 4.16).

Çizelge 4.16. Doğrusal Destek Vektör Makinesi algoritması sonuçları.

Algoritma İsmi	Doğrusal Destek Vektör Makinesi						
Elde Edilen Sonuçlar							
Vertebra	No	Cinsiyet	Acc	Mcc	Sen	Spe	F1
T1	1	Erkek	0,92	0,84	0,97	0,88	0,92
	2	Kadın			0,88	0,97	0,91
T11	1	Erkek	0,90	0,81	0,93	0,88	0,91
	2	Kadın			0,88	0,93	0,88
T12	1	Erkek	0,89	0,79	0,87	0,94	0,87
	2	Kadın			0,94	0,87	0,90

Parametreler	T1	leVRT, PCS-PTS, PTD-PTS
	T11	leVRT, heCV, ctrFV, lePS
	T12	genCV, PCS-PTD, leFAS, PAD-PAS, lePS

(Acc: Doğruluk, Mcc: Matthew Korelasyon Katsayısı, Sen: Duyarlılık, Spe: Belirleyicilik, F1: F1 skoru)

NU Destek Vektör Makinesi algoritmasının,

T1 vertebra için doğruluk oranı 0,94; Mcc oranı 0,89'dur. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,97; belirleyicilik oranı 0,94'tür. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,94; belirleyicilik oranı 0,97'dir.

T11 vertebra için doğruluk oranı 0,93; Mcc oranı 0,87'dir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,91; belirleyicilik oranı 0,97'dir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,97; belirleyicilik oranı 0,91'dir.

T12 vertebra için doğruluk oranı 0,91; Mcc oranı 0,82'dir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,90; belirleyicilik oranı 0,95'tir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,95; belirleyicilik oranı 0,90'dır (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. NU Destek Vektör Makinesi algoritması sonuçları.

Algoritma İsmi	NU Destek Vektör Makinesi						
Elde Edilen Sonuçlar							
Vertebra	No	Cinsiyet	Acc	Mcc	Sen	Spe	F1
T1	1	Erkek	0,94	0,89	0,97	0,94	0,93
	2	Kadın			0,94	0,97	0,94
T11	1	Erkek	0,93	0,87	0,91	0,97	0,93
	2	Kadın			0,97	0,91	0,93
T12	1	Erkek	0,91	0,82	0,90	0,95	0,88
	2	Kadın			0,95	0,90	0,91

Parametreler	T1	leVRT,heCV,PCS-PTD,PTD-PTS,capFV,leFAD, PAD-PAS,lePD,lePS
	T11	lePCS,leVRT,genCV,PCS-PTD,PCS-PTS,angPCS-PT, capFV,ctrFV,leFAS,lePD,lePS
	T12	lePCS,leVRT,genCV,PCS-PTD,PCS-PTS,PTD-PTS, angPCS-PT,capFV,ctrFV,lePD,lePS

(Acc: Doğruluk, Mcc: Matthew Korelasyon Katsayısı, Sen: Duyarlılık, Spe: Belirleyicilik, F1: F1 skoru)

Karesel Diskriminant Analizi algoritmasının,

T1 vertebra için doğruluk oranı 0,95; Mcc oranı 0,90'dır. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,98; belirleyicilik oranı 0,93'tür. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,93; belirleyicilik oranı 0,98'dir.

T11 vertebra için doğruluk oranı 0,93; Mcc oranı 0,87'dir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,91; belirleyicilik oranı 0,96'dır. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,96; belirleyicilik oranı 0,91'dir.

T12 vertebra için doğruluk oranı 0,90; Mcc oranı 0,81'dir. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,93; belirleyicilik oranı 0,89'dur. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,89; belirleyicilik oranı 0,93'tür (Çizelge 4.18).

Çizelge 4.18. Karesel diskriminant analizi sonuçları.

Algoritma İsmi	Karesel Diskriminant Analizi						
Elde Edilen Sonuçlar							
Vertebra	No	Cinsiyet	Acc	Mcc	Sen	Spe	F1
T1	1	Erkek	0,95	0,90	0,98	0,93	0,95
	2	Kadın			0,93	0,98	0,95
T11	1	Erkek	0,93	0,87	0,91	0,96	0,93
	2	Kadın			0,96	0,91	0,92
T12	1	Erkek	0,90	0,81	0,93	0,89	0,90
	2	Kadın			0,89	0,93	0,87

Parametreler	T1	lePCS,leVRT,genCV,PCS-PTD,PTD-PTS,angPCS-PT,ctrFV,lePS
	T11	lePCS,leVRT,PTD-PTS,leFAS,lePD,lePS
	T12	heCV,genCV,PTD-PTS

(Acc: Doğruluk, Mcc: Matthew Korelasyon Katsayısı, Sen: Duyarlılık, Spe: Belirleyicilik, F1: F1 skoru)

Destek Vektör Makinesi algoritmasının,

T1 vertebra için doğruluk oranı 0,95; Mcc oranı 0,89'dur. Erkeklerde duyarlılık oranı 1; belirleyicilik oranı 0,87'dir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,87; belirleyicilik oranı 1'dir.

T11 vertebra için doğruluk oranı 0,91; Mcc oranı 0,83'tür. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,88; belirleyicilik oranı 0,97'dir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,97; belirleyicilik oranı 0,88'dir.

T12 vertebra için doğruluk oranı 0,91; Mcc oranı 0,83'tür. Erkeklerde duyarlılık oranı 0,88; belirleyicilik oranı 0,95'tir. Kadınlarda ise duyarlılık oranı 0,95; belirleyicilik oranı 0,88'dir (Çizelge 4.19).

Çizelge 4.19. Destek vektör makinesi algoritması sonuçları.

Algoritma İsmi	Destek Vektör Makinesi						
Elde Edilen Sonuçlar							
Vertebra	No	Cinsiyet	Acc	Mcc	Sen	Spe	F1
T1	1	Erkek	0,95	0,89	1	0,87	0,95
	2	Kadın			0,87	1	0,92
T11	1	Erkek	0,91	0,83	0,88	0,97	0,90
	2	Kadın			0,97	0,88	0,91
T12	1	Erkek	0,91	0,83	0,88	0,95	0,89
	2	Kadın			0,95	0,88	0,91

Parametreler	T1	leVRT,PCS-PTS,PTD-PTS,PAD-PAS
	T11	leVRT,PTD-PTS,capFV,leFAD,leFAS,lePS
	T12	leVRT,genCV,PCS-PTS,PTD-PTS,capFV,ctrFV,leFAS,lePD,lePS

(Acc: Doğruluk, Mcc: Matthew Korelasyon Katsayısı, Sen: Duyarlılık, Spe: Belirleyicilik, F1: F1 skoru)

BÖLÜM 5

TARTIŞMA

Antropoloji insanların biyolojik gelişimini, diğer türler ile olan ilişkilerini sosyal ve kültürel çevreyi de göz önüne alarak inceleyen bilim dalıdır. Antropolojinin özelleşmiş bir alt dalı olan adli antropolojinin çalışma alanı ise, insan iskeleti kalıntılarında kimlik tayini yapılmasıdır. Cinsiyet tahmini, kimlik tayini çalışmalarının ilk aşamasını oluşturmaktadır. Cinsiyet tahmini için birçok yöntem kullanılmaktadır [2,3-6]. Son zamanlarda ortaya çıkan moleküler tekniklerin yanısıra osteometrik yöntemler de zaman tasarrufu sağlaması, uzmanlık bilgisi ve gelişmiş ekipman gerektirmemesi sebebiyle sıklıkla kullanılmaktadır. Diğer taraftan, dijital radyografik yöntemler de gelişmiş ve adli antropoloji gibi alanlarda da yaygın uygulanma imkanı bulmuştur [24]. BT görüntüleme yöntemi, bireyin biyolojik görüntüsünün oluşturulmasında geleneksel yöntemlere göre doğruluk ve tekrarlanabilirliği artırmıştır. Geleneksel antropolojik yöntemlerin sistematikleşerek, daha hassas ölçüm imkanı sunmasına olanak sağlamıştır [25]. Yapılan araştırmalara bakıldığında cinsiyet tahmini için insan iskeletinin birçok bölümü kullanılmıştır. Vertebralar da, sayıca fazla ve kütlece hafif olmalarından dolayı, özellikle iskeletin bütün parçalarına ulaşılamayan durumlarda sıklıkla tercih edilmektedir [17,19]. Tarih boyunca fiziksel güç gerektiren işleri genellikle erkeklerin yapmış olması, kadın ve erkek vücudu arasındaki farkların belirginleşmesine sebep olmaktadır [21,22]. Ayrıca yapılan analizler sonucunda, columna vertebralisin özellikle torakolumbal bölgede kadınlarda erkeklere göre daha ince bir yapı seyrederek kendini gösterdiği tespit edilmiştir [43].

Literatürde makine öğrenme algoritmalarıyla cinsiyet analizinin yapıldığı çok az çalışma mevcuttur [46]. Makine öğrenme algoritmaları yapısal olarak öğrenebilen ve veriler üzerinde anlamlı tahminler yapabilen bilgisayar algoritmalarıdır. Günümüzde mevcut veri kümelerinin fazlalığıyla birlikte, verilerin manuel olarak işlenmesi ve analiz edilmesi neredeyse imkansız hale gelmiştir. Özellikle tıpta ve askeri alanda aktif

olarak kullanılmakta ve yüksek doğruluk oranıyla sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır [46].

Literatür incelendiğinde;

Maclaughlin vd. 1991 yılında, Spitalfield Hıristiyan Kilisesi'nde gömülen 205 yetişkinin (97 erkek 108 kadın) iskelet kalıntısı üzerinde çalışmışlardır. Analiz için T11, T12 ve L1 vertebralar değerlendirilmiştir. Ölçümler, her bir vertebradan 0,01 mm hassasiyetindeki dijital kumpas kullanılarak yapılmıştır. Corpus vertebra'nın; posterior transvers çapı (PTD)-AB, anteroposterior çapı (APD)-CD ve anterior transvers çapı (ATD)-EF ölçülmüştür. Yapılan diskriminant fonksiyon analizleri sonucu erkeklerin ölçüm değerlerinin kadınlarınkinden büyük olduğu görülmüştür. Yapılan tüm ölçümlerde cinsiyet tahmin oranının %70'ten büyük olduğu görülmüştür. T12 corpus vertebra ATD tek olarak kullanıldığında ise vertebralar arasındaki en büyük tahmin oranı olan %86,9 oranı elde edilmiştir. T12 corpus vertebra (ATD) ve T11 corpus vertebra (APD) birlikte kullanıldığında ise %89,2 doğruluk payıyla cinsiyet tayini yapılabilmektedir [20]. Bizim çalışmamızda ise 3 torakal vertebradan toplam 15 uzunluk ve açı ölçümü yapılmış olup, makine öğrenme algoritmaları sonuçlarının tamamından %89 üzeri doğruluk oranı elde edildi. T12 vertebra için DDA makine öğrenme algoritması sonucunda, leVRT, genCV, PCS-PTD, PCS-PTS, PTD-PTS, angPCS-PT, ctrFV, leFAS, PAD-PAS parametrelerinden %92 doğruluk oranı elde edildi.

Yu vd.'nin 2008 yılında yaptıkları çalışmada 52 erkek 50 kadın toplam 102 kişinin üç boyutlu T12 vertebra görüntüsünü Katolik Uygulamalı Anatomi Enstitüsü'ndeki Dijital Kore veritabanından yeniden yapılandırılarak elde etmişlerdir. Corpus vertebra, for. vertebrale, pediculus arcus vertebra, proc. articularis, proc. transversus ve proc. spinosusa ait toplam 33 doğrusal ölçüm ve 2 oran değerlendirilmiştir. 23 parametrede cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur, tüm parametrelerde erkeklerin değerleri kadınlara oranlara daha yüksektir. Yapılan tüm ölçümler %62,7 ile %85,3 arasında doğru sonuçlar vermiştir. Corpus vertebra'ya ait ölçümler için %66,7-85,3; pediculus arcus vertebrae için %66,7-72,5; proc. transversus için %62,7-63,7 doğruluk oranı elde edilmiştir. Proc. transversus dextra ve sinistra

arasındaki mesafe, proc. spinosus uzunluğu, corpus vertebra yüksekliği, proc. articularis dextra ve sinistra arasındaki mesafe istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,01$), for. vertebrale sagittal ve coronal çaplarında cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur [68].

Bizim çalışmamızda, T12. vertebra için makine öğrenme algoritmaları analiz sonuçlarında %89-92 arasında doğruluk oranı elde edildi. T12 vertebra için ölçülen 15 parametreden 11 tanesi istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p<0,05$). Ölçüm sonuçları belirtilen ortak parametrelerden benzer sonuçlar elde edilmiş olup, çalışmamız bu çalışmayı destekler niteliktedir.

WB Hou vd.'nin 2012'de 78 erkek, 63 kadın 141 kişinin üç boyutlu T12 vertebra görüntülerinden yaptıkları çalışmada diskriminant fonksiyon analizi ile değerlendirdikleri 30 lineer ölçümün 28'ini cinsiyet açısından dimorfik bulmuşlardır. Yapılan ölçümler %56,4 ile %90,1 oranında doğru tahmin vermiştir. Ölçülen 112 orandan, 62 tanesi cinsiyete göre dimorfik bulunmuştur ve doğruluk oranları %56,7 ile 73,8 arasında değişmektedir. Diskriminant fonksiyon analizinin stepwise yöntemini kullanarak ise dört değişken cinsiyeti %94,2 doğrulukla tahmin etmiştir [69]. Bizim çalışmamızda her vertebra için 15 uzunluk ve açı ölçümü yapılmış ve T12 vertebra için toplam 11 parametre anlamlı bulundu. Makine öğrenme algoritmaları sonuçlarına bakıldığında ise %89 ile %94 arasında değişen doğruluk oranı elde edildi, T12 için en yüksek doğruluk oranı %94 olarak bulundu.

Gambaro vd.'nin 2013 yılında yaptıkları çalışmada 70 kişiye ait iskelet kalıntılarında torakal vertebra üzerinden 0,01 mm hassasiyetindeki dijital kumpas ile toplam 16 ölçüm yapmışlardır. Yapılan ölçümler: vertebranın toplam uzunluğu, proc. spinosus toplam uzunluğu, corpus vertebra uzunluk ve genişliği, for. vertebrale sagittal ve transvers çapı, corpus vertebra anterior ve posterior yükseklikleri, faset eklem uzunluğu ve genişliği, vertebranın toplam genişliği, proc. transversus uzunluğu, superior articular fasetler arası uzaklık ve pediculus arcus vertebrae genişliğidir. Sonuçlar temel istatistiksel analiz ile değerlendirilmiştir. T1 vertebra için en yüksek F skoru 95,82 ile vertebranın toplam genişliği ve 66,46 değeri ile vertebranın toplam uzunluğu olmuştur. Faset eklem uzunluğu dışındaki sonuçlar anlamlıdır. T11 vertebra

için en yüksek F skoru 56,08 değeri ile corpus vertebra inferior genişliği, sonrasında ise 46,33 değeri ile corpus vertebra superior genişliği ve üçüncü olarak 37,60 ile corpus vertebra superior uzunluğu olmuştur. Proc. spinosus uzunluğu dışındaki sonuçlar anlamlıdır. T12 vertebra için en yüksek F skoru 53,16 ile corpus vertebra inferior genişliği, ardından 43,28 ile corpus vertebra superior genişliği olmuştur. Vertebranın toplam uzunluğu 39,63 değeri ile üçüncü sıradadır. Proc. spinosus uzunluğu, faset eklem uzunluğu ve pediculus arcus vertebrae genişliği dışında sonuçlar anlamlı bulunmuştur [70]. Bizim çalışmamızda ise her 3 vertebra için de daha yüksek doğruluk oranları elde edildi. T1 vertebra için en yüksek doğruluk oranı %95, T11 ve T12 vertebra için %94'tür. Parametrelere ait sonuçlara bakıldığında, T11. ve T12. vertebralarda ölçülen proc. spinosus uzunluğu (XLS) istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p>0,05$) [68] . Bizim çalışmamızda, ise her iki vertebra için lePCS parametresinde erkeklerin değerleri kadınların değerlerinden daha büyük olup, cinsiyetler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulundu ($p=0,00$).

Ünlütürk vd.'nin 2013 yılında, Güney Afrika Pretoria Üniversitesi Anatomi Departmanı'nda bulunan Pretoria Kemik Koleksiyonundan 144 kişinin iskelet kalıntısını kullanarak yürüttükleri çalışmalarında; vertebra, sakrum ve uzun kemiklerden 0,01 mm hassasiyetinde dijital kumpas ve uzun kemikler için de osteometrik tahta kullanarak toplam 163 ölçü almışlardır. Çalışmada C7, T1, T11 ve L5 vertebralar değerlendirilmiştir. Ölçülen anatomik kısımlar: Corpus verterba'nın anterior ve posterior yüksekliği, superior transvers genişlik, inferior transvers genişlik, orta transvers genişlik, inferior anteroposterior çap, superior anteroposterior çap'tır.

T12'de anterior yükseklik, T1'de superior anteroposterior çap dışındaki parametrelerde cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,05$), erkeklerin değerleri kadınlara göre yüksektir. Torakal vertebralardan cinsiyet tayini sonucunda, beyazlarda %89, siyahlarda %85 doğruluk oranı elde etmişlerdir. Her iki ırkta da T1 en yüksek (beyaz ırkta: %88,9; siyah ırkta: %84,30), L5 ise en düşük (beyaz ırkta: %80, siyah ırkta: %64,3) tayin oranını sunmaktadır [71]. Çalışmamızda kullanılan benzer parametrelerden T1 ve T12 vertebra için corpus vertebraya ait genCV, heCV ölçümleri istatistiksel olarak anlamlı olup ($p=0,000$), erkeklerin

değerleri kadınlara göre daha yüksek elde edildi. Makine öğrenme algoritmaları sonuçlarına göre, T1 için en yüksek doğruluk oranı %95; T12 için %94 olarak bulundu. Navega vd. tarafından 2014 yılında yürütülen çalışmada, Coimbra iskelet koleksiyonundaki 300 kadın ve erkeğe ait tarsal kemiklerden makine öğrenme algoritmaları kullanılarak cinsiyet tayini yapılmıştır. Doğrusal Diskriminant Analizi algoritması doğruluk oranı %86 olarak bulunmuştur. Gaussian Naive Bayes algoritması ise %89 olarak elde edilmiştir [72]. Bizim çalışmamızda ise DDA doğruluk oranı %92-94; GNB doğruluk oranı %92 olarak elde edildi. T1, T11 ve T12 vertebra ölçülerek yapılan çalışmamızda DDA ve GNB algoritmaları için daha yüksek doğruluk oranı elde edildi. Çalışmamızda makine öğrenme algoritmalarının tamamı kullanılmış olup doğruluk oranı %89'un üzerinde bulundu.

El Dine vd.'nin 2015'te yaptıkları çalışmada Mısır'da yaşayan 31-43 yaş arası 120 bireyin (54 erkek, 66 kadın), multislice bilgisayarlı tomografi ile elde edilen, T12 ve L1 vertebra görüntüleri kullanılmıştır. Corpus vertebra'nın lateral yönden superior ve inferior genişliği, corpus vertebra'nın posterior yönden superior ve inferior genişliği, corpus vertebra'nın anterior ve posterior yükseliği, for. vertebrale'nin sagittal ve coronal çapları, pediculus arcus vertebrae uzunluğu ve genişliği, proc. mamillaris uzunluğu, proc. articularis yüksekliği, proc. articularis'ler arası en uzak mesafe, proc. transversus'un iki ucu arasındaki mesafe, proc. spinosus uzunluğu ve yüksekliği, vertebra'nın toplam uzunluğu ölçülmüştür. Çalışmalar sonucunda, T12 vertebra'nın, L1'e göre daha yüksek oranda cinsiyet tayini sunduğu elde edilmiştir. Sadece T12 vertebra kullanıldığında %93,1, L1 vertebra kullanıldığında %68, her ikisi birlikte kullanıldığında %96,3 tahmin oranı bulunmuştur. Kullanılan 28 parametre ve orandan 14 tanesi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. [73]. Çalışmamızda da ortak olan lePCS, genCV, ctrFV, PAD-PAS, leVRT, heCV, PTD-PTS parametrelerinde cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulundu ($p < 0,05$). lePD ve lePS parametrelerinde El Dine vd. çalışmasında istatistiksel olarak fark bulunamazken bizim çalışmamızda $p=0,00$ olarak bulundu. Makine öğrenme algoritmaları sonucunda ise T12 vertebradan %94 ile daha yüksek doğruluk oranı elde edildi.

Ramadan vd. tarafından Mısır'da 123 kadın ve erkeğe ait T12. vertebra'nın BT görüntüleri üzerinden yürütülen çalışmada, toplam 15 parametre ölçülmüş ve 13

parametre için cinsiyetler arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0,01$). Ortak olan parametreler lePCS, lePD, lePS, leVRT, heCV 'dir. lePCS dışındaki parametreler istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0,01$) [74]. Bizim çalışmamızda da belirtilen parametrelerin tamamında ölçüm sonuçlarımız istatistiksel olarak anlamlıdır ($p=0,00$), çalışmamız bu çalışmayı destekler niteliktedir.

Coelho vd. 2019 yılında, Coimbra iskelet koleksiyonundaki 256 kişiye ait pelvis iskelet kalıntısı üzerinden makine öğrenme algoritmaları kullanarak cinsiyet tayini çalışması yapmıştır. K-EYK algoritmasını kullanarak %92, DDA algoritmasını kullanarak %92, KA algoritmasını kullanarak %81, RO algoritması ile %87 doğruluk oranı elde edilmiştir [34]. Bizim çalışmamızda ise K-EYK doğruluk oranı %91-95, DDA ile %92-94, KA ile %89-92, RO ile %92-94 olarak elde edildi. Bu algoritmalara bakıldığında T1, T11 ve T12 vertebralar ölçülerek yapılan çalışmamızda daha yüksek doğruluk oranı elde edildi.

Çalışmamızdaki sonuçların literatürdeki diğer çalışmalara göre farklılıklar göstermesinin birkaç nedene bağlı olabileceğini düşünmekteyiz. Bunlar arasında özellikle ırksal, çevresel ve yöntemsel farklar önem arz etmektedir. Osteometrik yöntemle yapılan ilk çalışmaların daha çok kadaverik olduğu görülürken, günümüzde radyolojik ölçümlerle yapılan çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bunda büyük örneklem arşivine kolay ulaşılması, üç boyutlu tomografi gibi çalışmaların gerçeğe yakın veriler sunması, verilerin tekrarlanabilir olması etken olarak gösterilebilir. Çalışmamızdaki ölçüm parametrelerinin farklılığı ve fazla sayıda parametre kullanılması önceki literatüre göre daha yüksek doğruluk oranları elde etmemizde katkısı olduğunu düşünmekteyiz. Bununla birlikte çalışmamızdaki örnek sayısının diğer çalışmalara göre az olması bir limitasyon olarak kabul edilebilir.

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmanın sonucunda, ölçüm yaptığımız T1, T11 ve T12 vertebraların cinsiyet açısından dimorfik olduğu ortaya kondu. Çalışmaya dahil edilen erkeklerin yaşları $36,50 \pm 8,26$, kadınların yaşları $40,26 \pm 7,63$ olarak hesaplandı. Her üç vertebra için de erkeklerde ölçülen uzunluk değerleri kadınlardan daha yüksek bulundu.

T1 vertebra için lePCS, leVRT, heCV, genCV, PCS-PTD, PCS-PTS, PTD-PTS, capFV, ctrFV, lePD, lePS değerleri; T11 vertebra için lePCS, leVRT, heCV, genCV, PCS-PTD, PCS-PTS, PTD-PTS, ctrFV, leFAD, leFAS, PAD-PAS, lePD, lePS değerleri; T12 vertebra için lePCS, leVRT, heCV, genCV, PCS-PTD, PCS-PTS, PTD-PTS, ctrFV, PAD-PAS, lePD, lePS değerleri erkeklerde kadınlara göre büyük bulunmuş olup cinsiyetler arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır ($p \leq 0,05$). Her 3 vertebra için bakıldığında, ölçülen 15 parametreden 10 tanesinde erkeklerin ölçüm değerleri kadınlarınkinden büyük bulundu ($p \leq 0,05$). Makine öğrenme algoritmaları analiz sonuçlarına göre, %89 ile %95 arasında değişen doğruluk oranı elde edildi. En yüksek doğruluk oranı %95 ile T1 vertebrada elde edildi. T11 ve T12 vertebra için en yüksek doğruluk oranı %94'tür.

Bu çalışma sonucunda; T1, T11, T12 vertebralardan makine öğrenme algoritmaları kullanarak yapılan cinsiyet tahmin başarısı %89 ile %95 arasında olup, belirtilen torakal vertebraların cinsiyet tahmininde kullanılmak için uygun olduğu ortaya konuldu.

KAYNAKLAR

1. Zeyfeöglu, Y., & Hancı, H., “İnsanlarda Kimlik Tespiti”, *Türk Tabipleri Birliği Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, 375 (2001).
2. Çeker, D., “İnsan Kemiklerinin Analizi ve Adli Antropoloji’de Kimliklendirmede Önemi”, *Masrop E-Dergi*, 11(17), 1-13.n (2017).
3. Decker, S. J., Foley, R., Hazelton, J. M., & Ford, J. M., “3D analysis of computed tomography (CT)–derived lumbar spine models for the estimation of sex”, *International journal of legal medicine*, 133(5), 1497-1506 (2019).
4. Thompson, T., & Black, S. (Eds.), “Forensic Human Identification: an introduction”, CRC press (2006).
5. Srivastava, R., Saini, V., Rai, R. K., Pandey, S., & Tripathi, S. K., “A study of sexual dimorphism in the femur among North Indians”, *Journal of forensic sciences*, 57(1), 19-23 (2012).
6. Steyn, M., & İşcan, M. Y., “Metric sex determination from the pelvis in modern Greeks”, *Forensic science international*, 179(1), 86-e1 (2008).
7. Atamtürk, D. “ Adli Antropoloji ”, *İstanbul Tıp Kitabevleri*, İstanbul (2016).
8. Gill, G. W., “Racial variation in the proximal and distal femur: heritability and forensic utility”, *Journal of Forensic Science*, 46(4), 791-799 (2001).
9. Kranioti, E. F., Vorniotakis, N., Galiatsou, C., İşcan, M. Y., & Michalodimitrakis, M., “Sex identification and software development using digital femoral head radiographs”, *Forensic science international*, 189(1-3), 113-e1 (2009).
10. Gonzalez, P. N., Bernal, V., & Perez, S. I. “Geometric morphometric approach to sex estimation of human pelvis”, *Forensic science international*, 189(1-3), 68-74 (2009).
11. Karakas, H. M., Harma, A., & Alicioglu, B., “The subpubic angle in sex determination: anthropometric measurements and analyses on Anatolian Caucasians using multidetector computed tomography datasets”, *Journal of forensic and legal medicine*, 20(8), 1004-1009 (2013).
12. İşcan, M. Y., “Forensic anthropology of sex and body size”, *Forensic Science International*, 147(2-3), 107-112 (2005).
13. Hora, M., & Sládek, V., “Population specificity of sex estimation from vertebrae”, *Forensic science international*, 291, 279-e1 (2018).

14. Gaya-Sancho, B., Aguilera, I. A., Navarro-Muñoz, J. J., & López, M. B., “Sex determination in a Spanish population based on sacrum”, *Journal of forensic and legal medicine*, 60, 45-49 (2018).
15. Ostrofsky, K. R., & Churchill, S. E., “Sex determination by discriminant function analysis of lumbar vertebrae”, *Journal of forensic sciences*, 60(1), 21-28 (2015).
16. Tsubaki, S., Morishita, J., Usumoto, Y., Sakaguchi, K., Matsunobu, Y., Kawazoe, Y., ... & Ikeda, N., “Sex determination based on a thoracic vertebra and ribs evaluation using clinical chest radiography”, *Legal Medicine*, 27, 19-24 (2017).
17. Krogman, W. M., & İşcan, M. Y., “The human skeleton in forensic medicine”, Charles C. *Thomas, Springfield, IL*, 202-08 (1986).
18. Steyn, M., & İşcan, M. Y., “Anthropology Bone Pathology and Antemortem Trauma in Forensic Cases” (2000).
19. İşcan, M. Y., & McCabe, B. Q., “Anthropology Animal Effects on Human Remains”, (2000).
20. MacLaughlin, S. M., & Oldale, K. N. M., “Vertebral body diameters and sex prediction”, *Annals of human biology*, 19(3), 285-292 (1992).
21. Ortner, D. J., & Putschar, W. G. J., “Identification of Pathological Conditions in Human Skeletal Remains”, *Washington: Smithsonian Institution Press*, (1981).
22. Kennedy, K. A “Reconstruction of life from the skeleton”, M. Y. İşcan (Ed.). *New York: Alan R. Liss*, p 161-89 (1989).
23. Torimitsu, S., Makino, Y., Saitoh, H., Sakuma, A., Ishii, N., Yajima, D., Iwase, H., “Morphometric analysis of sex differences in contemporary Japanese pelvises using multidetector computed tomography”, *Forensic science international*, 257, 530-e1 (2015).
24. Krishan, K., Chatterjee, P. M., Kanchan, T., Kaur, S., Baryah, N., & Singh, R., “KA review of sex estimation techniques during examination of skeletal remains in forensic anthropology casework”, *Forensic science international*, 261, 165-e1 (2016).
25. Decker, S. J., Davy-Jow, S. L., Ford, J. M., & Hilbelink, D. R., “Virtual determination of sex: metric and nonmetric traits of the adult pelvis from 3D computed tomography models”, *Journal of forensic sciences*, 56(5), 1107-1114 (2011).
26. Beals, R. L., Hoişer, H., & Erginer, G., “Antropolojinin konusu ve alanı”, *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 35(2) (2018).
27. Kolankaya, T. “Antropoloji”, Felsefe Söyleşileri VII-VIII, *Hayalist Reklam ve İletişim Hizmetleri*, İstanbul, 27-31 (2013).

28. Ersoy, A., “Arkeoloji ve Antropoloji”, *İnsanbilim Dergisi*, 1(1), 1-5. (2012).
29. Hogg, M. A., & Abrams, D., “Social identifications: A social psychology of intergroup relations and group processes”, *Taylor & Frances/Routledge* (1988).
30. Jenkins, R., “Ethnicity etcetera: social anthropological points of view”, *Ethnic and racial studies*, 19(4), 807-822 (1996).
31. Dedouit, F., Savall, F., Mokrane, F. Z., Rousseau, H., Crubézy, E., Rougé, D., & Telmon, N., “Virtual anthropology and forensic identification using multidetector CT”, *The British journal of radiology*, 87(1036), 20130468 (2014).
32. Yekeler, E., Tunaci, M., Tunaci, A., Dursun, M., & Acunas, G., “Frequency of sternal variations and anomalies evaluated by MDCT”, *American Journal of Roentgenology*, 186 (4), 956-960 (2006).
33. Alias, A., Ibrahim, A., Bakar, S. N. A., Shafie, M. S., Das, S., Abdullah, N., Nor, F. M., “Anthropometric analysis of mandible: an important step for sex determination”, *La Clinica Terapeutica*, 169(5), e217-e223 (2018).
34. Coelho, J. D. O., & Curate, F., “An interactive machine-learning approach for sex estimation with the pelvis”, *Forensic science international*, 302, 109873. (2019)
35. Grabherr, S., Cooper, C., Ulrich-Bochsler, S., Uldin, T., Ross, S., Oesterhelweg, L., Thali, M. J., “Estimation of sex and age of “virtual skeletons”–a feasibility study”, *European radiology*, 19(2), 419-429 (2009).
36. Alison Middleditch, M. C. S. P., & Jean Oliver, M. C. S. P., “Functional anatomy of the spine”. *Elsevier Health Sciences*, p 5-7 (2005).
37. Arifoğlu, Y., “Her Yönüyle Anatomi”, *İstanbul Tıp Kitapevleri*, İstanbul (2020)
38. Gilroy, A. M., MacPherson, B. R., Ross, L. M., Broman, J., & Josephson, A., “Atlas of Anatomy”, *Thieme, Stuttgart* (2008).
39. Standring, S. (Ed.), “Gray's anatomy e-book: the anatomical basis of clinical practice”, *Elsevier Health Sciences* (2015).
40. Pal, G. P., Cosio, L., & Routal, R. V., “Trajectory architecture of the trabecular bone between the body and the neural arch in human vertebrae”, *The anatomical record*, 222(4), 418-425 (1988).
41. Arıncı, K., & Elhan, A., “Anatomi 5. baskı. ed.”. *Güneş Tıp Kitapevleri*, Ankara (2014)
42. Yıldırım, M., “İnsan Anatomisi 9.baskı”, *Nobel Tıp Kitapevleri*, İstanbul (2018)
43. Taylor, J. R., & Twomey, L. T., “Sexual dimorphism in human vertebral body shape”, *Journal of anatomy*, 138(Pt 2), 281 (1984).

44. Marlow, E. J., & Pastor, R. F., “Sex determination using the second cervical vertebra—a test of the method”, *Journal of forensic sciences*, 56(1), 165-169 (2011).
45. Turan, M. K., Sehirli, E., Oner, Z., & Oner, S., “Sekazu: an integrated solution tool for gender determination based on machine learning models”, *Medicine*, 10(2), 367-73 (2021).
46. Lewis, D. N., “Machine Learning Made Easy with R: An Intuitive Step by Step Blueprint for Beginners”, *CreateSpace Independent Publishing Platform*, Kalifornia (2017).
47. Song, Y. Y., & Ying, L. U., “Decision tree methods: applications for classification and prediction”, *Shanghai archives of psychiatry*, 27(2), 130 (2015).
48. Breiman, L., Friedman, J., Olshen, R., & Stone, C., “Classification and regression trees—crc press”, *Boca Raton, Florida* (1984).
49. Hastie, T., Tibshirani, R., Friedman, J., & Franklin, J., “Reviews-the elements of statistical learning: data mining, inference and prediction”, *Mathematical Intelligencer*, 27(2), 83-84 (2005).
50. Salzberg, S. L., “C4. 5: Programs for machine learning by j. ross quinlan. morgan kaufmann publishers, inc” (1993).
51. Mishra, G., Sehgal, D., & Valadi, J. K., “Quantitative structure activity relationship study of the anti-hepatitis peptides employing random forests and extra-trees regressors”, *Bioinformatics*, 13(3), 60 (2017).
52. Geurts, P., Ernst, D., & Wehenkel, L.,” Extremely randomized trees”, *Machine learning*, 63(1), 3-42 (2006).
53. Nusrat, F., Uzbaş, B., & Baykan, Ö. K. “Prediction of Diabetes Mellitus by using Gradient Boosting Classification”, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 268-272 (2020).
54. Sarıkaya, B. S., “AES Algoritmasına Yapılan Zaman Odaklı Önbellek Saldırılarının Makine Öğrenmesi ile Tespiti”, *Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi*, 13(1), 57-68 (2020).
55. 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).
56. Fisher, R. A., “The use of multiple measurements in taxonomic problems”, *Annals of eugenics*, 7(2), 179-188 (1936).
57. Mardia, K. V., Kent, J. T., & Bibby, J. M., “Multivariate Analysis Academic Press inc London Ltd”, 15, 518 (1979).

58. Akkoç, B., Arslan, A., & Kök, H., “Automatic gender determination from 3D digital maxillary tooth plaster models based on the random forest algorithm and discrete cosine transform”, *Computer methods and programs in biomedicine*, 143, 59-65 (2017).
59. Tharwat, A., “Linear vs. quadratic discriminant analysis classifier: a tutorial”, *International Journal of Applied Pattern Recognition*, 3(2), 145-180 (2016).
60. Öztürk, E. & Kurnaz, Ç., “Görünüm Tabanlı Yüz Tanıma Yöntemleri Kullanılarak Cinsiyet Belirleme”, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 111-120 (2020).
61. Yu, S., Tan, K. K., Sng, B. L., Li, S., & Sia, A. T. H., “Feature extraction and classification for ultrasound images of lumbar spine with support vector machine” , in 2014 *36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society* pp. 4659-4662 (2014).
62. Kavzoğlu, T., & Çölkesen, İ., “Destek vektör makineleri ile uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında kernel fonksiyonlarının etkilerinin incelenmesi”, *Harita Dergisi*, 144(7), 73-82 (2010).
63. Osuna, E. E., “Support vector machines: Training and applications” , Doctoral Dissertation, *Massachusetts Institute of Technology* (1998).
64. Stoltzfus, J. C., “Logistic regression: a brief primer”, *Academic Emergency Medicine*, 18(10), 1099-1104 (2011).
65. Matthews, B. W., “Comparison of the predicted and observed secondary structure of T4 phage lysozyme”, *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Protein Structure*, 405(2), 442-451 (1975).
66. Boughorbel, S., Jarray, F., & El-Anbari, M., “Optimal classifier for imbalanced data using Matthews Correlation Coefficient metric”, *PloS one*, 12(6), e0177678 (2017).
67. Chicco, D., Tötsch, N., & Jurman, G., “The Matthews correlation coefficient (MCC) is more reliable than balanced accuracy, bookmaker informedness, and markedness in two-class confusion matrix evaluation”, *BioData mining*, 14(1), 1-22 (2021).
68. Yu, S. B., Lee, U. Y., Kwak, D. S., Ahn, Y. W., Jin, C. Z., Zhao, J., Han, S. H., “Determination of sex for the 12th thoracic vertebra by morphometry of three-dimensional reconstructed vertebral models”, *Journal of forensic sciences*, 53(3), 620-625 (2008).

69. Hou, W. B., Cheng, K. L., Tian, S. Y., Lu, Y. Q., Han, Y. Y., Lai, Y., & Li, Y. Q., “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).
70. Gambaro, L. A. U. R. A.. “Sexual dimorphism of the thoracic vertebrae in a modern Cretan population: a comparison of the individual vertebrae in terms of accuracy in estimating sex”, Doctoral Dissertation, *Bournemouth University*, (2013).
71. Ünlütürk, Ö., & İşcan, M. Y., “Tanınabilir vertebralardan cinsiyet tayini”, *Adli Tıp Bülteni*, 18(1), 4-13. (2013).
72. Navega, D., Vicente, R., Vieira, D. N., Ross, A. H., & Cunha, E., “Sex estimation from the tarsal bones in a Portuguese sample: a machine learning approach”, *International journal of legal medicine*, 129(3), 651-659 (2015).
73. El Dine, F. M. B., & El Shafei, M. M., “Sex determination using anthropometric measurements from multi-slice computed tomography of the 12th thoracic and the first lumbar vertebrae among adult Egyptians”, *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 5(3), 82-89. 71 (2015).
74. Ramadan, N., El-Salam, M. H. A., Hanoon, A. M., El-Sayed, N. F., & Al-Amir, A. Y., “Age and sex identification using multi-slice computed tomography of the last thoracic vertebrae of an Egyptian sample”, *J Forensic Res*, 8(386), 2 (2017).

EK AÇIKLAMALAR

ETİK KURUL ONAY YAZISI

Tarih ve Sayı: 21.01.2021 - E.3063



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

Sayı : E-77192459-050.99-3063
Konu : 2021/440 Nolu Karar

Sayın Dr. Öğr. Üyesi Serkan ÖNER

Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulumuza sunmuş olduğunuz "**Bilgisayarlı Tomografi Görüntüleri Üzerinden Makine Öğrenme Algoritmaları Kullanılarak 1., 11. Ve 12. Torakal Vertebralardan Cinsiyet Tahmini**" başlıklı araştırma projeniz amaç, gerekçe, yaklaşım ve yöntemle ilgili açıklamaları açısından Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurul Yönergesine göre incelenmiş olup etik açıdan uygun olduğuna oy birliği ile karar verilmiştir.

Bilgilerinize rica ederim.

Prof. Dr. Orhan ÖNALAN
Kurul Başkanı

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Belge Doğrulama Kodu: BEKR50EUB

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

Adres: Karabük Üniversitesi Demir Çelik Kampüsü Merkez/Karabük

Telefon: (370) 418 9446

e-Posta: giroletik@karabuk.edu.tr

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

Kep Adresi: karabukuniversitesi@hs01.kep.tr

Bilgi için: İrfan SENCAR

Unvanı: Bilgisayar İşletmeni



ÖZGEÇMİŞ

Beyza YILMAZ, İlk ve orta öğrenimini Karabük'te tamamladı. Karabük Mehmet Vergili Fen Lisesi'nden mezun olduktan sonra Yeditepe Üniversitesi Fizyoterapi ve Rehabilitasyon Bölümünü kazandı ve 2014-2019 yılları arasında lisans eğitimini yüksek onur derecesi ile tamamladı. 2019 yılında Karabük Üniversitesi Temel Tıp Bilimleri, Anatomi Anabilim dalında Lisansüstü eğitimine başladı.