



**PELVİS BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ
GÖRÜNTÜLERİNDEN ELDE EDİLEN
PARAMETRELER İLE MAKİNE ÖĞRENME
ALGORİTMALARI KULLANILARAK CİNSİYET
TAHMİNİ ÜZERİNE BİR DENEME**

**2020
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ANATOMİ**

Yusuf SEÇGİN

**PELVİS BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ GÖRÜNTÜLERİNDEN ELDE
EDİLEN PARAMETRELER İLE MAKİNE ÖĞRENME ALGORİTMALARI
KULLANILARAK CİNSİYET TAHMİNİ ÜZERİNE BİR DENEME**

Yusuf SEÇGİN

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

**KARABÜK
Ocak 2020**

TEZ ONAYI

Yusuf SEÇGİN'in hazırladığı "Pelvis Bilgisayarlı Tomografi görüntülerinden elde edilen parametreler ile makine öğrenme algoritmaları kullanılarak cinsiyet tahmini üzerine bir deneme" adlı bu çalışma 17/01/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Anatomi Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Zülal ÖNER

Tez Danışmanı



Dr. Öğr. Üyesi M. Kamil TURAN

Ortak Tez Danışmanı



Prof. Dr. Bünyamin ŞAHİN

Üye



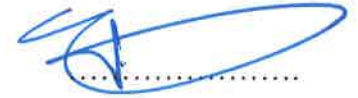
Dr. Öğr. Üyesi Serkan ÖNER

Üye



Dr. Öğr. Üyesi Ahmad YAHYAZADEH

Üye



Bu tez Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu tarafından YÜKSEK LİSANS tezi olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hasan SOLMAZ
Enstitü Müdürü

BEYAN

Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kurallarına göre hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içerisinde yer alan tüm bilgi ve belgeleri akademik kurallara uygun şekilde elde ettiğimi,
- Elde ettiğim tüm bilgi ve sonuçları etik kurallara uygun şekilde sunduğumu,
- Yararlandığım kaynaklara bilimsel normlara uygun şekilde atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum tüm eserleri kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan bilgi ve verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversitede veya farklı bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı beyan ederim.

Yusuf SEÇGİN
17/01/2020

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans Eğitimim ve tez çalışmam boyunca her türlü desteğini sağlayan değerli hocalarım

Karabük Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. İbrahim KÜRTÜL'e

Karabük Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekan Yardımcısı ve tez danışmanım Anatomi Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Dr. Öğr. Üyesi Zülal ÖNER'e

Karabük Üniversitesi Tıp Fakültesi Dekan Yardımcısı ve ortak tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Muhammed Kamil TURAN'a

Karabük Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı Başkanı Dr. Öğr. Üyesi Serkan ÖNER'e

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Rektörü Prof. Dr. Bünyamin ŞAHİN'e

Eğitimim boyunca maddi ve manevi desteğini esirgemeyen annem, babam, kardeşim, eşim; tüm dostlarıma ve sevdiklerime sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	ii
BEYAN.....	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
TABLO DİZİNİ.....	viii
EKLER DİZİNİ.....	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ÖZET.....	xiv
ABSTRACT	xvi
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Antropoloji Hakkında.....	3
2.2. Kimliklendirme.....	3
2.3. Kimliklendirmede Cinsiyet Tespitinin Önemi.....	3
2.4. Cinsiyet Tespitinde Pelvis İskeletinin Önemi	4
2.5. Pelvis İskeleti Anatomisi	4
2.5.1. Os Coxae Anatomisi.....	5
2.6. Kadın ve Erkek Pelvis İskeleti Arasındaki Bazı Anatomik Farklar	9
3. GEREÇ VE YÖNTEM	10
3.1. Görüntü Analiz Metodu.....	10
3.2. Makine Öğrenme Algoritmaları	17
3.2.1. Karar Ağacı (Decision Tree)	17
3.2.2. Rastgele Orman (Random Forest).....	18
3.2.3. Destek Vektör Makine (Support Vector Machine).....	18
3.2.4. Lojistik Regresyon (Logistic Regression).....	18
3.2.5. K-En Yakın Komşular Regresyonu (K-Nearest Neighbors Regression).....	19

3.2.6. Gaussian Naive Bayes Sınıflandırması (Gaussian Naive Bayes Classifier)	19
3.2.7. Bayesian Ağları (Bayesian Networks)	19
3.2.8. Doğrusal Diskriminant Analizi (Linear Discriminant Analysis)....	20
3.2.9. ADA Boost Sınıflandırması (ADA Boost Classifier)	20
3.2.10. Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması (Extra Trees Classifier)	20
3.2.11. Performans Ölçütleri	20
3.3. Sekazu Programı	21
4. BULGULAR	28
5. TARTIŞMA	63
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	66
7. KAYNAKLAR.....	67
8. EKLER.....	71
9. ÖZGEÇMİŞ	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Pelvis iskeletinin önden görünümü.....	5
Şekil 2. Os coxae lateral görünümü	7
Şekil 3. Os coxae anatomisi	8
Şekil 4. Ortogonal düzleme getirilmiş BT görüntüsü	11
Şekil 5. Promontorium'a işaret noktaları yerleştirimi.....	12
Şekil 6. Crista iliaca ve trochanter major'e işaret noktaları yerleştirimi	12
Şekil 7. Art. sacroiliaca, SIAS, trrochanter minor'e işaret noktaları yerleştirimi.....	13
Şekil 8. Linea terminalis ve spina iliaca anterior inferior'a işaret noktaları yerleştirimi	13
Şekil 9. Caput femoris'e işaret noktaları yerleştirimi	14
Şekil 10. Sağ foramen obturatum'a işaret noktaları yerleştirimi	14
Şekil 11. Sol foramen obturatum'a işaret noktaları yerleştirimi.....	15
Şekil 12. Symphysis pubis'e işaret noktaları yerleştirimi.....	15
Şekil 13. Acetabulum'un üst-alt ucuna, tuber ischiadicum'a işaret noktaları yerleştirimi	16
Şekil 14. Art. sacroiliaca alt ucuna işaret noktaları yerleştirimi	16
Şekil 15. Collum ve corpus femoris'e işaret noktaları yerleştirimi	17
Şekil 16. Sekazu programının giriş paneli	21
Şekil 17. Uygulama butonları	22
Şekil 18. Proje Yönetimi ekranı.....	23
Şekil 19. İşaret Noktaları Yönetimi ekranı	24
Şekil 20. Parametre Yönetimi ekranı	25
Şekil 21. Koordinat Yönetimi ekranı	26
Şekil 22. Çözümleyici manager ekranı	27

TABLO DİZİNİ

Tablo 1. Attribute ve kısaltmaları tablosu	28
Tablo 2. KA 1 Çözümleme Tablosu.....	30
Tablo 3. KA 2 Çözümleme Tablosu.....	31
Tablo 4. KA 3 Çözümleme Tablosu.....	32
Tablo 5. KA 4 Çözümleme Tablosu.....	33
Tablo 6. RO 1 Çözümleme Tablosu	34
Tablo 7. RO 2 Çözümleme Tablosu	35
Tablo 8. RO 3 Çözümleme Tablosu	36
Tablo 9. RO 4 Çözümleme Tablosu	37
Tablo 10. RO 5 Çözümleme Tablosu	38
Tablo 11. RO 6 Çözümleme Tablosu	39
Tablo 12. RO 7 Çözümleme Tablosu	40
Tablo 13. ADA 1 Çözümleme Tablosu.....	41
Tablo 14. ADA 2 Çözümleme Tablosu.....	42
Tablo 15. ADA 3 Çözümleme Tablosu.....	43
Tablo 16. ADA 4 Çözümleme Tablosu.....	44
Tablo 17. ADA 5 Çözümleme Tablosu.....	45
Tablo 18. ADA 6 Çözümleme Tablosu.....	46
Tablo 19. LG 1 Çözümleme Tablosu	47
Tablo 20. LG 2 Çözümleme Tablosu	48
Tablo 21. LG 3 Çözümleme Tablosu	49
Tablo 22. DDA 1 Çözümleme Tablosu.....	50
Tablo 23. DDA 2 Çözümleme Tablosu.....	51
Tablo 24. DDA 3 Çözümleme Tablosu.....	52
Tablo 25. DDA 4 Çözümleme Tablosu.....	53
Tablo 26. DDA 5 Çözümleme Tablosu.....	54
Tablo 27. DDA 6 Çözümleme Tablosu.....	55
Tablo 28. DDA 7 Çözümleme Tablosu.....	56

Tablo 29. DDA 8 Çözümleme Tablosu.....	57
Tablo 30. EAS 1 Çözümleme Tablosu.....	58
Tablo 31. EAS 2 Çözümleme Tablosu.....	59
Tablo 32. EAS 3 Çözümleme Tablosu.....	60
Tablo 33. EAS 4 Çözümleme Tablosu.....	61
Tablo 34. Sonuç Tablosu.....	62

EKLER DİZİNİ

Ek 1. Etik Kurul Onay Yazısı.....	71
--	-----------

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

BT	: Bilgisayarlı Tomografi
PACS	: Picture Archiving and Communication System
DICOM	: Digital Imaging and Communications in Medicine
ART.	: Articulatio
SIAS	: Spina İliaca Anterior Superior
MPR	: 3D Curved Multiplanar Reconstruction
KA	: Karar Ağacı
RO	: Rastgele Orman
DVM	: Destek Vektör Makine
LR	: Lojistik Regresyon
K-EYKR	: K-En Yakın Komşular Regresyonu
GNB	: Gaussian Naive Bayes Sınıflandırması
DDA	: Doğrusal Diskriminant Analizi
KDA	: Kuadratik Diskriminant Analizi
ÇÖES	: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması
DP	: Doğru Pozitif
YN	: Yanlış Negatif
YP	: Yanlış Pozitif
DN	: Doğru Negatif
FOR.	: Foramen
LENGTH 1	: Crista iliaca dextra - crista iliaca sinistra arasındaki uzunluk
LENGTH 2	: Promontorium - crista iliaca dextra arasındaki uzunluk
LENGTH 3	: Promontorium - crista iliaca sinistra arasındaki uzunluk
LENGTH 4	: Promontorium - symphysis pubis superior arasındaki uzunluk
LENGTH 5	: Promontorium - symphysis pubis inferior arasındaki uzunluk
LENGTH 6	: Promontorium - linea terminalis dextra arasındaki uzunluk
LENGTH 7	: Promontorium - linea terminalis sinistra arasındaki uzunluk
LENGTH 8	: Art. sacroiliaca dextra - linea terminalis sinistra arasındaki uzunluk
LENGTH 9	: Art. sacroiliaca sinistra - linea terminalis dextra arasındaki uzunluk
LENGTH 10	: SIAS dextra - SIAS sinistra arasındaki uzunluk

LENGTH 11 : Spina iliaca anterior inferior dextra - spina iliaca anterior inferior sinistra arasındaki uzunluk

LENGTH 12 : Linea terminalis dextra - linea terminalis sinistra arasındaki uzunluk

LENGTH 13 : Trochanter major dextra - trochanter major sinistra arasındaki uzunluk

LENGTH 14 : Trochanter minor dextra - trochanter minor sinistra arasındaki uzunluk

LENGTH 15 : Tuber ischiadicum dextra - tuber ischiadicum sinistra arasındaki uzunluk

LENGTH 16 : Acetabulum superior dextra - acetabulum inferior dextra arasındaki uzunluk

LENGTH 17 : Acetabulum superior sinistra - acetabulum inferior sinistra arasındaki uzunluk

LENGTH 18 : Art. sacroiliaca dextra - art. sacroiliaca sinistra arasındaki uzunluk

LENGTH 19 : Caput femoris dextra - caput femoris sinistra arasındaki uzunluk

LENGTH 20 : For. obturatum superior dextra - for. obturatum superior sinistra arasındaki uzunluk

LENGTH 21 : For. obturatum inferior dextra - for. obturatum inferior sinistra arasındaki uzunluk

LENGTH 22 : For. obturatum superior dextra - for. obturatum inferior dextra arasındaki uzunluk

LENGTH 23 : For. obturatum superior sinistra - for. obturatum inferior sinistra arasındaki uzunluk

LENGTH 24 : Symphysis pubis superior - symphysis pubis inferior arasındaki uzunluk

LENGTH 25 : Acetabulum superior dextra - acetabulum superior sinistra arasındaki uzunluk

LENGTH 26 : Acetabulum inferior dextra - acetabulum inferior sinistra arasındaki uzunluk

LENGTH 27 : Art. sacroiliaca dextra - symphysis pubis superior arasındaki uzunluk

LENGTH 28 : Art. sacroiliaca dextra - symphysis pubis inferior arasındaki uzunluk

LENGTH 29 : Art. sacroiliaca sinistra - symphysis pubis superior arasındaki uzunluk

LENGTH 30 : Art. sacroiliaca sinistra - symphysis pubis inferior arasındaki uzunluk

LENGTH 31 : Collum femoris dextra - collum femoris sinistra arasındaki uzunluk

LENGTH 32 : Corpus femoris dextra - corpus femoris sinistra arasındaki uzunluk

LENGTH 33 : Promontorium - caput femoris dextra arasındaki uzunluk

LENGTH 34 : Promontorium - caput femoris sinistra arasındaki uzunluk

ANGLE 35 : Crista iliaca dextra - promontorium - crista iliaca sinistra arasındaki açı

ANGLE 36 : Linea terminalis dextra – promontorium - linea terminalis sinistra arasındaki açı

ANGLE 37 : Tuber ischiadicum dextra - symphysis pubis inferior - tuber ischiadicum sinistra arasındaki açı

ANGLE 38 : Caput femoris dextra - collum femoris dextra - corpus femoris dextra arasındaki açı

ANGLE 39 : Caput femoris sinistra - collum femoris sinistra - corpus femoris sinistra arasındaki açı

ANGLE 40 : For. obturatum superior dextra – promontorium - for. obturatum sinistra arasındaki açı

ANGLE 41 : Linea terminalis dextra - symphysis pubis superior - linea terminalis sinistra arasındaki açı

ANGLE 42 : Caput femoris dextra – promontorium - caput femoris sinistra arasındaki açı

ÖZET

Pelvis Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinden Elde Edilen Parametreler ile Makine Öğrenme Algoritmaları Kullanılarak Cinsiyet Tahmini Üzerine Bir Deneme

Cinsiyet tahmini antropolojik, tıbbi ve adli uygulamalarda önemlidir. Cinsiyet tahmini iskelet sistemini oluşturan kemikler üzerinden yapılabilmektedir. Kemikler içerisinde cinsiyet tahmininde en güvenilir kemik olarak görülen ise pelvis iskeletini oluşturan kemiklerdir. Bu çalışmanın amacı; bilgisayarlı tomografi görüntüleri üzerinden pelvis kemiğine işaret noktaları yerleştirilerek makine öğrenme algoritmaları kullanılarak cinsiyet tahmini denemesi yapmaktır.

Çalışmamız daha önceden çeşitli sağlık problemleri ile Karabük Üniversitesi Eğitim Araştırma Hastanesine başvurmuş 25-50 yaş arası sağlıklı olduğu belirlenen 300 bireye (150 kadın, 150 erkek) ait hastane Picture Archiving and Communication System (PACS) arşiv sistemindeki Bilgisayarlı Tomografi (BT) görüntüleri üzerinden yapılmıştır. Elde edilen görüntüler Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) formatında kaydedilerek kişisel iş istasyonuna (Horos Project, Versiyon 3.0) aktarıldı. Daha sonra görüntüler ortogonal düzleme getirilerek promontorium, crista iliaca, articulatio sacroiliaca, spina iliaca anterior superior, spina iliaca anterior inferior, linea terminalis, foramen obturatum, trochanter major, trochanter minor, caput femoris, collum femoris, tuber ischiadicum, acetabulum, symphysis pubis'e işaret noktaları yerleştirilerek bu bölgelere ait koordinatlar elde edilmiştir. Elde edilen koordinatlar Sekazu programına aktarılarak 34 farklı uzunluk ve 8 farklı açı elde edilmiştir. Toplam 42 farklı uzunluk ve açı Sekazu programındaki makine öğrenme algoritmaları kullanılarak çözümlenmiştir.

Çözümlemenin sonucunda; Karar Ağacı (KA) ile %91-93, Rastgele Orman (RO) ile %90-93, ADA Boost Sınıflandırması (ADA) ile %91-94, Lojistik Regresyon (LR)

ile %90-94, Doğrusal Diskriminant Analizi (DDA) ile %90-96, Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması (EAS) ile %90-93 oranında cinsiyeti tahmin edebildiği tespit edilmiştir. Çalışmamızın sonucunda; pelvis BT görüntüleri üzerinden makine öğrenme algoritmaları kullanılarak yüksek oranlarda cinsiyeti tahmin edilebileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Pelvis, Bilgisayarlı Tomografi, Cinsiyet tahmini, Makine Öğrenme Algoritmaları, Sekazu, Karar Ağacı, Rastgele Orman, ADA Boost Sınıflandırması, Lojistik Regresyon, Doğrusal Diskriminant Analizi, Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması

ABSTRACT

An Experiment on Gender Estimation Using Machine Design Algorithms with Parameters Obtained from Pelvis Computed Tomography Images

Gender prediction is important in anthropological, medical and forensic practices. Gender estimation can be done on the bones that make up the skeletal system; Among the bones, the most reliable bone for sex prediction is the bones forming the pelvic skeleton. The aim of this study is to perform sex determination using machine learning algorithms by placing landmarks on the pelvic bone via computed tomography images.

Our study was performed on the Computed Tomography (CT) images of the hospital Picture Archiving and Communication System (PACS) of 300 individuals (150 females, 150 males) aged 25-50 years who applied to Karabuk University Education and Research Hospital with various health problems. The images were recorded in Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) format and transferred to a personal workstation (Horos Project, Version 3.0). Then the images are reoriented to the orthogonal plane on the promontorium, crista iliaca, articulatio sacroiliaca, spina iliaca anterior superior, spina iliaca anterior inferior, linea terminalis, foramen obturatum, trochanter major, trochanter minor, caput femoris, collum femoris, tuber ischiadicum, acetabulum a landmarks were placed and the coordinates of these regions were obtained. The obtained coordinates were transferred to Sekazu program and 34 different lengths and 8 different angles were obtained. A total of 42 different lengths and angles were analyzed using machine learning algorithms in Sekazu.

As a result of analysis; Haved that it can predict gender by 91-93% with Decision Tree (KA), 90-93% with Random Forest (RO), 91-94% with ADA Boost Classifier (ADA), 90-94% with Logistic Regression (LR), 90-96% with Linear

Discriminant Analysis (DDA), Extra Trees Classifier (EAS) 90-93%. As a result conclusion; it has been demonstrated that high rates of sex predict by can be done using machine learning algorithms on pelvis CT images.

Keywords: Pelvis, Computed Tomography, Gender prediction, Machine Learning Algorithms, Discriminant Analysis, Sekazu, Decision Tree, Random Forest, ADA Boost Classifier, Logistic Regression, Linear Discriminant Analysis, Extra Trees Classifier

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Kimlik, bireyi tanımlamak için kullanılan ve diğer bireylerden ayırt edilmesini sağlayan kişisel özelliklerin tümüne verilen adlandırmadır. Kimlik tespiti ise canlı veya cansız bireye ait bu kişisel özelliklerinin belirlenmesidir. Kimlik tespiti cinsiyet, ırk, yaş, boy, kilo, vücut özellikleri, renk gibi parametreler değerlendirilerek yapılır (Zeyfeoğlu, 2001).

Cinsiyet tahmini, antropoloji ve adli tıbbın en önemli konuları arasında yer almaktadır. Cinsiyet tahmini, diğer kimlik teşhisi için kullanılan bulguların (yaş, boy, soy, kilo) temelini oluşturduğu için adli antropologlar için kilit öneme sahiptir (Colman et al., 2019). Cinsiyet tahmini mevcut kimlik ihtimallerini büyük oranda düşürür ve hızlı karar almayı sağlamaktadır (Decker, Foley, Hazelton, & Ford, 2019). Savaş, doğal afet, kaza ve terör olayları gibi durumlarda cinsiyet tahmininin önemi artmaktadır. Günümüzde kimlik tespitinde DNA teknolojileri güvenilirliği en yüksek yöntem olarak görülse de ulaşılabilirlik ve maliyet konusunda dezavantajları kendinde barındırır. Bunun için maliyeti daha düşük, ulaşılabilirliği daha kolay ve hızlı yöntemler tercih edilmeye başlamıştır (Giurazza et al., 2013). Osteometri, cinsiyet tahmini için maliyeti daha düşük, kolay uygulanabilir, hızlı, uzmanlık gerektirmeyen, yüksek doğruluk oranına sahip ve etkili olduğu için günümüzde tercih edilmektedir (Oner, Turan, Oner, Secgin, & Sahin, 2019).

İnsan iskeletinin hemen hemen bütün bölümleri cinsiyet tahmini için değerlendirilmiş ve hangi bölümün daha dimorfik olduğu tespit edilmeye çalışılmıştır (Oner et al., 2019). İnsan iskeletini oluşturan pelvis ve cranium kemikleri cinsiyet tahmininde en dimorfik bölge olarak kabul edilmektedir (Best, Garvin, & Cabo, 2018; Spradley & Jantz, 2011). Pickering ve Bachman pelvis kemiklerinin cranium kemiklerinden daha güvenilir olduğunu belirtmiştir (Pickering RB, 1997). Pelvis iskeleti farklı coğrafi bölgelerde bile büyük ölçüde benzer dimorfik özellik göstermiştir (Santos, Guyomarc'h, Rmoutilova, & Bruzek, 2019).

Pelvis iskeletinin en dimorfik bölge olmasındaki en önemli faktör cinsiyet hormonlarının (androjen, östrojen) kemik gelişimi üzerine etkisidir. Kadınlarda doğumun gerçekleşebilmesi için biyomekanik olarak pelvis iskeletinin hazırlanması gerekir. Böylece pelvis iskeleti diğer iskelet bölümlerine göre daha dimorfik özellik kazanabilmektedir (Best et al., 2018). Pelvis iskeleti doğum morfolojisi dolayısıyla cinsiyet tahmininde en önemli gösterge olarak kabul edilmiştir (Phenice, 1969). Kısaca kemiklerdeki cinsel dimorfizmi cinsiyet hormonları, kadınların üreme yeteneği, kasların yapısındaki ve kütleindeki farklılık etkilemektedir. Bu sayılan faktörler vücutta en fazla pelvis iskeletini etkilediğinden dolayı pelvis iskeleti %95'e kadar cinsiyet tahmininde doğruluk oranı sağlamaktadır (Fliss et al., 2019).

Geleneksel yöntem olarak antropologlar, gerçek kemiğe ait gözlemsel analizleri kullanırken günümüzde cinsiyet tahmininde modern görüntüleme yöntemi olan Bilgisayarlı Tomografi (BT) yöntemini kullanmaktadır (Decker, Davy-Jow, Ford, & Hilbelink, 2011). Hastaneden elde edilen BT görüntüleri geniş ve modern bir veri kaynağı sunarken aynı zamanda rekonstrüksiyon imkanı sunması ve yaş yanlılığından çok daha az etkilenmesi cinsiyet tahmininde ön plana çıkmasını sağlamıştır (Colman et al., 2019). Savaş, yangın, doğal afet, kaza gibi toplumsal olaylarda ise postmortem kimlik tespitinde hızlı ve etkili sonuç elde etmeyi sağlamaktadır. Bu gibi toplumsal olaylarda bireylerin yumuşak doku kaybı veya bozulmaları olduğu için iskelet sisteminin BT görüntüleri üzerinden cinsiyet tahmininde kullanılması büyük önem kazanmaktadır (Ali et al., 2018).

Bu çalışma; cinsiyet tahmini için en dimorfik bölge olarak kabul edilen pelvis iskeletinin BT görüntüleri üzerinden antropometrik ölçüm teknikleri kullanılarak makine öğrenme algoritmaları ile analiz yapılması amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Antropoloji Hakkında

Antropoloji insan bilimi anlamına gelir. Antropoloji geniş açıda insanın biyolojik (biyolojik olarak gelişimi, diğer türler arasındaki ilişkisi, benzerliği, farklılığı, vb.) ve sosyokültürel (maddi, gelenek, görenek, din, yaşam şekli, yaşam alanı, vb.) yapısını geçmiş ve bugünkü şartlar göz önüne alarak inceleyen insan bilimidir (Ersoy, 2012).

Antropolojinin alt dalları Fizik antropolojisi, Sosyal, Biyolojik, Kültürel antropoloji, Paleoantropoloji, Lingustik antropolojidir. Adli antropoloji ise Fizik antropolojisinin alt dalı olarak yer almaktadır. Adli antropolojinin amacı adli vakalarda yaşamını kaybetmiş bireylerin iskelet sistemi aracılığıyla biyolojik profilinin (cinsiyet, yaş, boy) tespit edilmesidir (Pisor & Surbeck, 2019).

2.2. Kimliklendirme

Kimlik, bireyi diğer bireylerden ayırt edilmesini sağlayan fiziksel özelliklerin tamamına verilen adlandırmadır. Bu kişisel özelliklerin belirlenmesi ve elde edilmesine ise kimliklendirme (kimlik tespiti) adı verilmektedir (Ömeroğlu, 2014). Kimlik adli ve tıbbi olmak üzere sınıflandırılır. Tıbbi kimlik boy, kilo, renk, vücut ağırlığı, yüz yapısı, diş ve ekstremitte özelliklerini kapsamaktadır. Adli kimlik ise cinsiyet, doğum yeri, aile bilgilerini kapsamaktadır. Kimlik tespitinde adli ve tıbbi kimlik belirlemeye çalışılmaktadır. Kimlik tespiti canlı ve cansız bireyler üzerinden yapılabilmektedir (Zeyfeoğlu, 2001).

2.3. Kimliklendirmede Cinsiyet Tespitinin Önemi

Kimlik tespitinde adli ve tıbbi kimlik özelliklerinin arasında en önemli ve kilit rol oynayan biyolojik özellik cinsiyet tespitidir. Bir adli vakada kolay, hızlı ve doğru

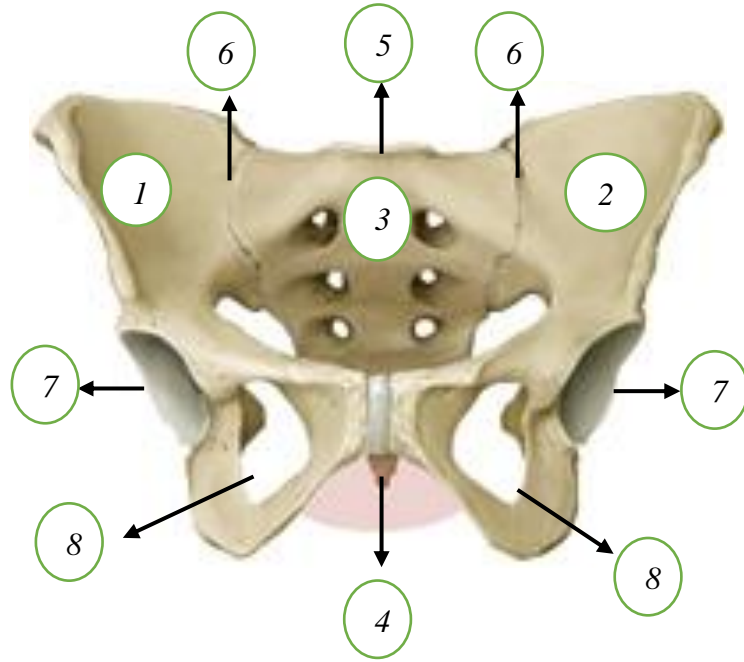
karar verilebilmesi için cinsiyetin tespit edilmesi gerekir (Oner et al., 2019). Cinsiyet tahmini diğer kimlik özellikleri hakkında doğru karar vermeyi sağladığı için kilit öneme sahiptir (Colman et al., 2019). Cinsiyet tahmini herhangi bir acil durum karşısında diğer kimlik ihtimallerini yarıya indirmeyi de sağlar (Decker et al., 2019).

2.4. Cinsiyet Tespitinde Pelvis İskeletinin Önemi

Pelvis iskeleti %95, kafatası iskeleti %90, kafatası+pelvis iskeleti %98 oranında cinsiyeti tahmin etme gücü sağlamaktadır. Bunun temel sebebi cinsiyet hormonlarının iskelet sistemi üzerine etkisidir (Şahiner, 2007). Cinsiyet hormonları olan östrojen ve androjen bireyin yaşam süresi boyunca vücudunda belli bir düzeyde bulunur ve iskelet sistemi üzerine farklılaşmalara sebep olurlar. Cinsiyet hormonları kadınlardaki doğurganlık özelliğinden dolayı en fazla pelvis iskeletini etkilemektedir. Doğuma olanak sağlanabilmesi için pelvis iskeletinin biyomekanik olarak uygun hale gelmesi gerekmektedir. Bu durumda pelvis iskeletini cinsel açıdan en dimorfik bölge olmasını sağlamaktadır (Best et al., 2018).

2.5. Pelvis İskeleti Anatomisi

Pelvis iskeletini os coxae, os sacrum, os coccygis kemikleri oluşturur ve bu kemikler birbirine yarı oynar eklemler aracılığıyla bağlanmışlardır. Önde iki adet os coxae'yi bağlayan ekleme symphysis pubis adı verilir. Pelvis iskeleti yukarı bölgede vertebralar ile aşağı bölgede ise femur ile eklem yapar. Pelvis iskeletindeki boşluğa cavitas pelvis denilmektedir. Bu boşluk linea terminalis vasıtası ile pelvis major ve minor olmak üzere iki bölüme ayrılır. Linea terminalis'in üstündeki boşluğa pelvis major, altındaki boşluğa ise pelvis minor adı verilir (Arıncı, 2016; Taner, 2017).



Şekil 1. Pelvis iskeletinin önden görünümü

1-2. Os coxae **3.** Os sacrum **4.** Os coccygis **5.** Promontorium ossis sacri **6.** Articulatio sacroiliaca **7.** Acetabulum **8.** Foramen obturatum (Gilroy Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir)

2.5.1. Os Coxae Anatomisi

Os coxae'lar çift kemik olup os ilium, os ischii, os pubis adı verilen üç ayrı kemiğin birleşmesi ile oluşan alt taraf kavşak kemikleridir. Bu üç kemik 14-16 yaşlarında birleşerek tek bir kemik halini alırlar. Dış yüzündeki derin çukura acetabulum, bunun alt kenarındaki çentiğe incisura acetabuli, içerisindeki eklem yüzüne facies lunata, ortasındaki çukurluğa ise fossa acetabuli adı verilir (Arıncı, 2016; Taner, 2017).

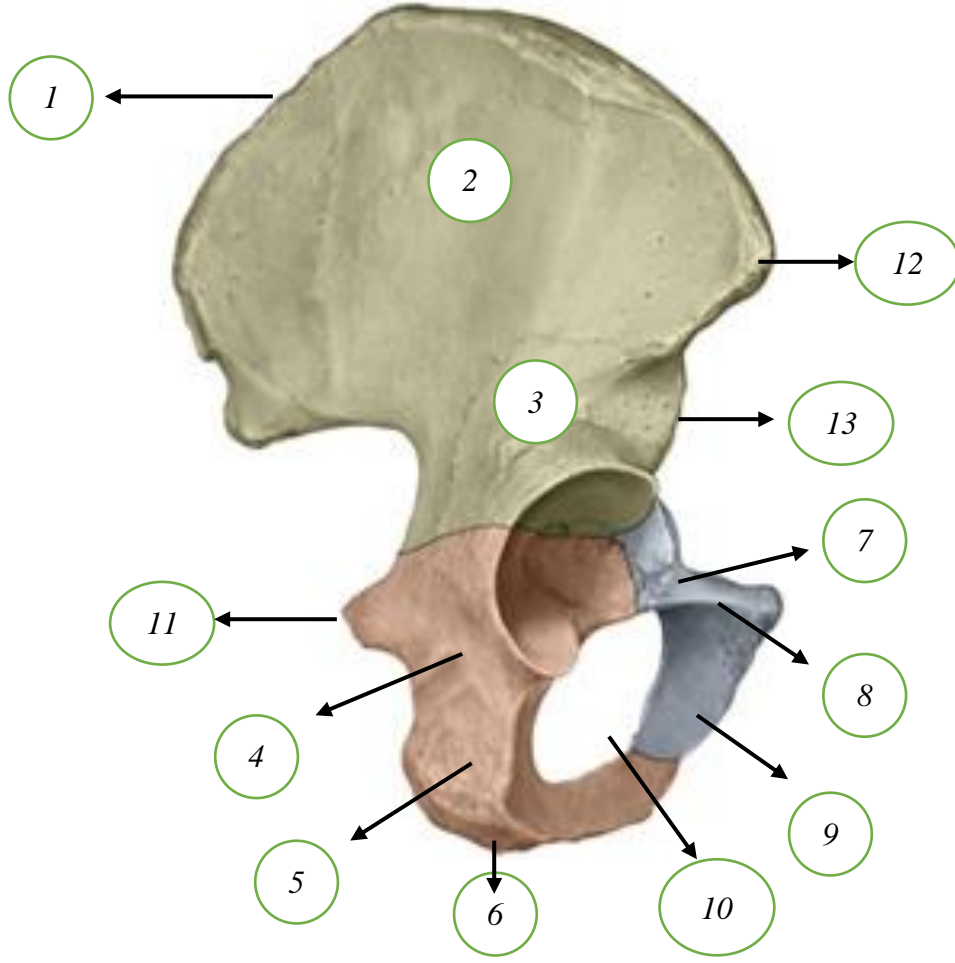
Os ilium, os coxae'nın üst kısmında yer alan geniş kısımdır. Corpus ossis ilii ve ala ossis ilii olmak üzere iki kısımda incelenir. Corpus ossis ilii acetabulum'un üst 2/5'lik kısmını oluşturur. Ala ossis ilii, corpus ossis ilii'nin üstünde yer alan yassı ve geniş bölümü olup; pelvis'i yan taraftan sınırlandırır. Ala ossis ilii'nin facies glutealis, facies iliaca ve facies sacropelvina adı verilen üç adet yüzü vardır.

Ala ossis ilii'nin üst kenarında karın kaslarının yapıştığı üç dudaktan oluşan (dıştaki labium externum, ortadaki linea intermedia, içteki labium internum) üst kenarına crista iliaca adı verilir. Crista iliaca lumbal üçüncü ve dördüncü omurlar arası discus intervertebralis seviyesinde yer alır. Crista iliaca'nın ön ucundaki çıkıntıya spina iliaca anterior superior (SIAS), bunun hemen altındaki çıkıntıya ise spina iliaca anterior inferior adı verilir. Crista iliaca'nın arka ucundaki çıkıntıya spina iliaca posterior superior bunun hemen altındaki çıkıntıya ise spina iliaca posterior inferior adı verilir. Bu çıkıntının altındaki derin çentiğe incisura ischiadica major denilir (Arıncı, 2016; Taner, 2017).

Os ischii, corpus ossis ischii ve ramus ossis ischii olmak üzere iki kısımda incelenir ve os coxae'nın alt arka kısmını oluşturur. Corpus ossis ischii, acetabulum'un 2/5'ini oluşturur. Arka kısmında yer alan belirgin çıkıntıya spina ischiadica adı verilir. Bu çıkıntının hemen altında yer alan çentiğe incisura ischiadica minor adı verilir. Corpus ossis ischii'nin arka alt bölümünde yer alan oturduğumuz zaman hissettiğimiz bu kemiğin en sağlam çıkıntısına tuber ischiadicum denir. Ramus ossis ischii, tuber ischiadicum'un öne ve yukarı doğru uzanan foramen obturatorium'u ön ve alt kısımdan sınırlandıran çıkıntıya denir (Arıncı, 2016; Taner, 2017).

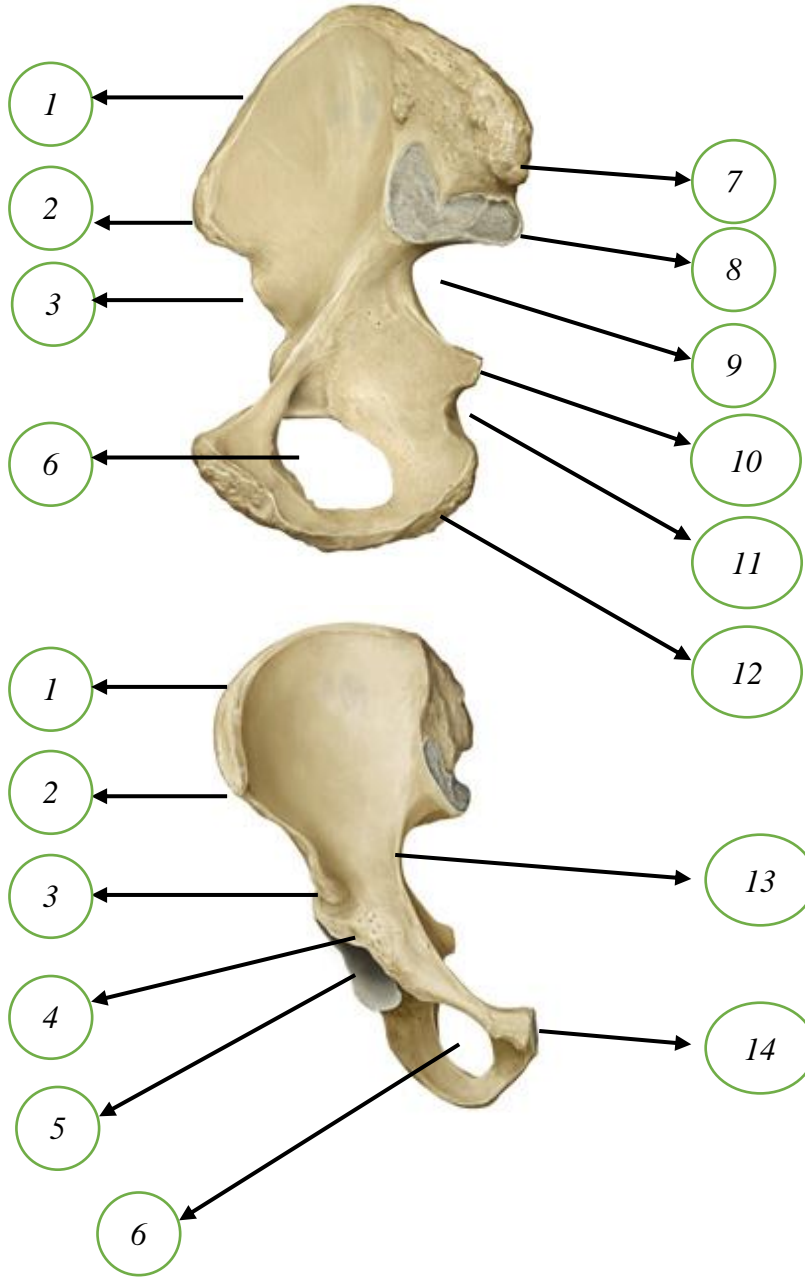
Os pubis, os coxae'nın ön kısmını oluşturur. Corpus ossis pubis, ramus superior ossis pubis ve ramus inferior ossis pubis olmak üzere üç kısımda incelenir. Corpus ossis pubis acetabulum'un yapısına katılır ve 1/5'ini oluşturur. Üst kenarındaki çıkıntıya tuberculum pubicum denilir. Ramus superior ossis pubis acetabulum'dan başlayarak orta hatta kadar uzanır. Ramus inferior ossis pubis, foramen obturatum'u üst ve iç kısımdan sınırlar ve önde ramus superior ossis pubis ile dik olarak birleşir.

Acetabulum, os coxae'nın orta ve dış tarafında yer alan femur başı ile eklem yapan derin çukurdur. Acetabulum'un üst kenarına limbus acetabuli, alt kenarındaki çentiğe incisura acetabuli ve bu çentiğin yukarıya doğru eklem yüzü bulunmayan kısmına fossa acetabuli denilir. Fossa acetabuli ile limbus acetabuli arasındaki yarımay şeklindeki yüze facies lunata adı verilir. Foramen obturatum acetabulum'un ön ve altında kalan büyük deliğe denir (Arıncı, 2016; Taner, 2017).



Şekil 2. Os coxae lateral görünümü

1. Crista iliaca **2.** Ala ossis ilii **3.** Corpus ossis ilii **4.** Corpus ossis ischii **5.** Ramus ossis ischii **6.** Tuber ischiadicum **7.** Corpus ossis pubis **8.** Ramus superior ossis pubis **9.** Ramus inferior ossis pubis **10.** Foramen obturatum **11.** Spina ischiadica **12.** Spina iliaca anterior superior **13.** Spina iliaca anterior inferior (Gilroy Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir)



Şekil 3. Os coxae anatomisi

1. Crista iliaca **2.** Spina iliaca anterior superior **3.** Spina iliaca anterior inferior **4.** Limbus acetabuli **5.** Acetabulum **6.** Foramen obturatum **7.** Spina iliaca posterior superior **8.** Spina iliaca posterior inferior **9.** İncisura ischiadica major **10.** Spina ischiadica **11.** İncisura ischiadica minor **12.** Tuber ischiadicum **13.** Linea arcuata **14.** Facies symphyialis (Gilroy Anatomi Atlası'ndan modifiye edilmiştir).

2.6. Kadın ve Erkek Pelvis İskeleti Arasındaki Bazı Anatomik Farklar

Kadınlarda pelvis iskeleti daha ince, kas ve bağların tutunduğu yerler daha az belirgin, ala ossis ilii daha yayvan, SIAS'lar birbirinden daha uzakta, apertura pelvis superior daha geniş ve yuvarlak, pelvis minor daha sığ ve daha geniş, sacrum daha geniş, acetabulum daha küçük ve angulus subpubicus (erkeklerde 50-60°, kadınlarda 80-85°) daha geniştir. Erkeklerde apertura pelvis superior daha dar ve böbrek şeklindedir (Arıncı, 2016; Taner, 2017).

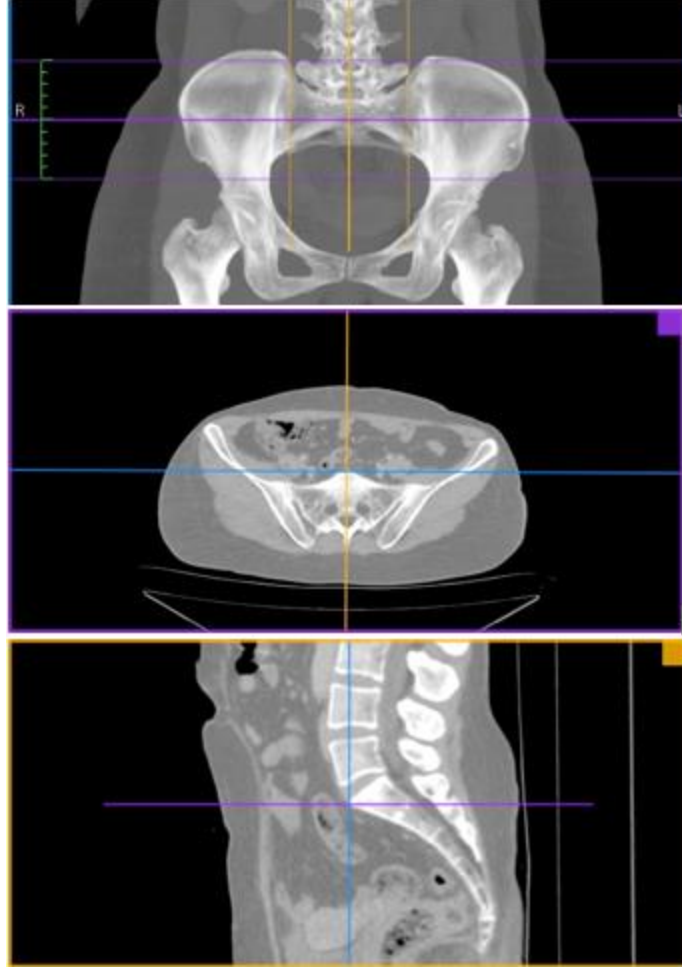
3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, çeşitli hastalıklardan dolayı Karabük Üniversitesi Karabük Eğitim ve Araştırma Hastanesine başvuruda bulunmuş pelvis iskeletinde kırık veya herhangi bir patoloji olmayan 25-50 yaş aralığındaki 300 bireye (150 kadın, 150 erkek) ait BT görüntüleri kullanılarak yapılmıştır.

3.1. Görüntü Analiz Metodu

Karabük Üniversitesi Karabük Eğitim ve Araştırma Hastanesi Picture Archiving and Communication System (PACS) arşiv sisteminden pelvis iskeletinde kırık ve herhangi bir patolojisi olmayan 300 bireye (150 kadın, 150 erkek) ait BT görüntüleri seçilmiştir. PACS arşiv sisteminde yer alan bu görüntüler Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) formatında kaydedilmiştir. Kaydedilen bu görüntüler kişisel iş istasyonuna (Horos Project, Version 3.0, Amerika Birleşik Devletleri) aktarılmıştır.

Kişisel iş istasyonundaki (Horos Project, Version 3.0, Amerika Birleşik Devletleri) BT görüntüleri 3D Curved Multiplanar Reconstruction (MPR) kullanılarak bütün görüntülerin promontorium'u belirlenmiş ve bütün görüntüler ortogonal düzleme getirilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Ortogonal düzleme getirilmiş BT görüntüsü

Daha sonra ortogonal düzleme getirilen BT görüntüleri program üzerindeki ölçüm aracı ile belirlenen anatomik noktalara işaret noktaları yerleştirilmiştir. Promontorium, crista iliaca, articulatio (art.) sacroiliaca, SIAS, spina iliaca anterior inferior, linea terminalis, foramen obturatorum, trochanter major, trochanter minor, caput femoris, collum femoris, tuber ischiadicum, acetabulum, symphysis pubis anatomik olarak belirlenen bölgelerdir.

Promontorium'a işaret noktaları yerleştirilmiş ve bu noktaya ait x, y koordinatları elde edilmiştir (Şekil 5).

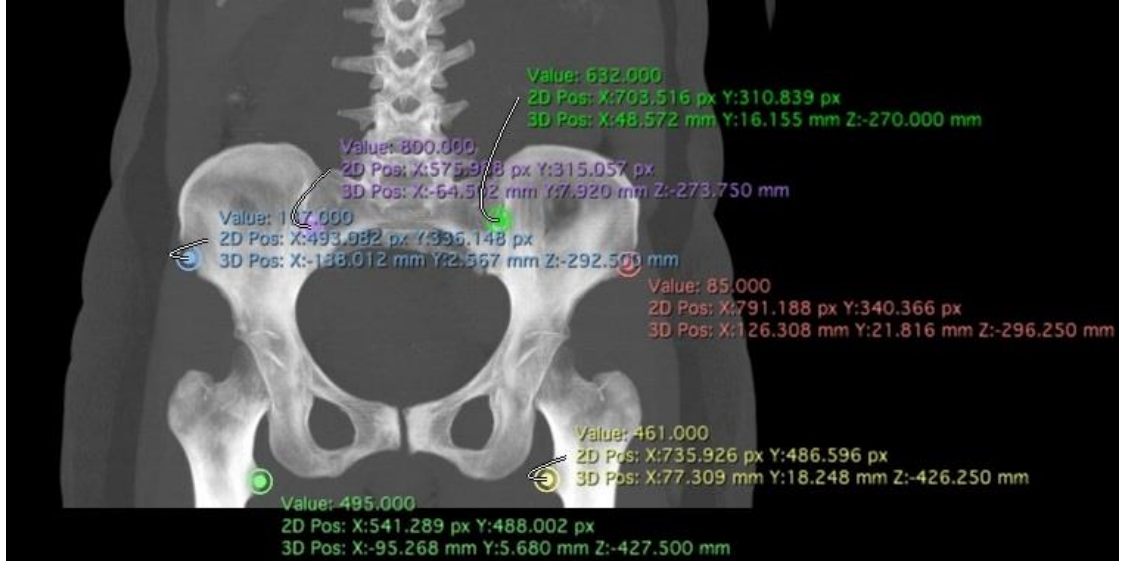


Şekil 5. Promontorium'a işaret noktaları yerleştirimi

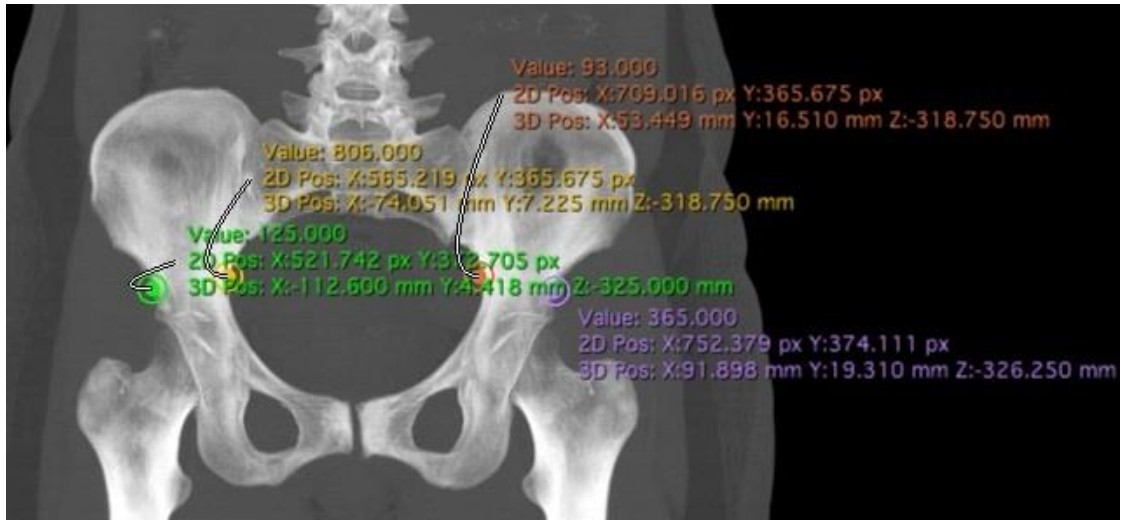
Her iki taraftaki crista iliaca, SIAS, spina iliaca anterior inferior, art. sacroiliaca, caput femoris, trochanter major, trochanter minor, linea terminalis'e işaret noktaları yerleştirilmiş ve bu noktalara ait x, y koordinatları elde edilmiştir (Şekil 6,7,8,9).



Şekil 6. Crista iliaca ve trochanter major'e işaret noktaları yerleştirimi



Şekil 7. Art. sacroiliaca, SIAS, trrochanter minor'e işaret noktaları yerleştirimi



Şekil 8. Linea terminalis ve spina iliaca anterior inferior'a işaret noktaları yerleştirimi



Şekil 9. Caput femoris'e işaret noktaları yerleştirimi

Her iki taraftaki foramen obturatum'ların üst ve alt tarafına işaret noktaları yerleştirilmiş ve x, y koordinatları elde edilmiştir (Şekil 10,11).



Şekil 10. Sağ foramen obturatum'a işaret noktaları yerleştirimi



Şekil 11. Sol foramen obturatum'a işaret noktaları yerleştirimi

Symphysis pubis'in alt ve üst ucuna işaret noktaları yerleştirilmiş ve x, y koordinatları elde edilmiştir (Şekil 12).



Şekil 12. Symphysis pubis'e işaret noktaları yerleştirimi

Acetabulum'un üst ve alt ucuna, tuber ischiadicum'a işaret noktaları yerleştirilmiş ve x, y koordinatları elde edilmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. Acetabulum'un üst-alt ucuna, tuber ischiadicum'a işaret noktaları yerleştirimi

Art. sacroiliaca alt ucuna işaret noktaları yerleştirilmiş ve x, y koordinatları elde edilmiştir (Şekil 14).



Şekil 14. Art. sacroiliaca alt ucuna işaret noktaları yerleştirimi

Collum ve corpus femoris'e işaret noktaları yerleştirilmiş ve x, y koordinatları elde edilmiştir (Şekil 15).



Şekil 15. Collum ve corpus femoris'e işaret noktaları yerleştirimi

3.2. Makine Öğrenme Algoritmaları

Makine öğrenme algoritmaları denetimli öğrenme, denetimsiz öğrenme ve güçlendirilmiş öğrenme olmak üzere üç sınıfa ayrılır. Denetimli öğrenme girdi ve çıktı ilişkilerini modelleyen algoritmadır. Denetimsiz öğrenme önceden bilinmeyen verilere ait özellikleri ortaya koymayı sağlar. Güçlendirilmiş öğrenme, girdileri elde edilmesi istenen çıktılarla eşleştirilen algoritmadır (Krems, 2019).

3.2.1. Karar Ağacı (Decision Tree)

KA, elde edilen çoklu değişkenleri devamlı olarak bölerek hedef değişkeni sınıflandıran bir makine öğrenme algoritmasıdır. Karar ağacı verileri ters bir ağaç yapısında modeller ve kök, düğüm, dal ve yapraktan oluşur. Bu ters ağaç yapısına göre yaprak en altta, kök kısmı ise en üstte yer alır. Düğümler ise veri setindeki her bir niteliktedir ve üç tür düğüm vardır. Kök düğümü, tüm verileri iki veya daha fazla alt bölüme ayırır. İç düğümler, mevcut ihtimallerden birini ifade eder. Son düğüm, diğer adıyla yaprak düğüm olayların sonucunu ifade eder. Karar ağacı günümüzde tıp alanında yoğun olarak kullanılmaya başlamıştır. Bunun temel nedeni, karar ağacı

uygulaması kolay, eksik parametrelerin varlığında bile çalışabilen, belirsizliği olmayan bir makine öğrenme algoritmasıdır (Song & Lu, 2015).

3.2.2. Rastgele Orman (Random Forest)

Birbirinden bağımsız çok sayıdaki çok değişkenli ağaçların kararlarını birleştiren bir topluluk öğrenme algoritmasıdır (Park et al., 2019). İlk olarak 2001 yılında Brierman tarafından ortaya konulan bu algoritma hızlı ve yüklenmeye dirençlidir. RO, iki grup arasındaki problemleri çözmeye avantajlar sunmaktadır. Bundan dolayı cinsiyet tahminlerinde RO tercih edilmektedir (Akkoc, Arslan, & Kok, 2017).

3.2.3. Destek Vektör Makine (Support Vector Machine)

1995 yılında Cortes ve Vapnik tarafından ortaya konulan sınırlı sayıda eğitim verisi ile çalışabilen ikili karar yöntemidir (Denis, Wan, Fatemi, & Alizad, 2018). Elde edilen veriler doğrusal olarak ayrılmıyorsa denetimli öğrenme algoritması olan DVM kullanılabilir. Örneğin egzersiz verileri, kesik kemik görüntüleri doğrusal olmayan verilerde DVM iyi sonuçlar verebilmektedir (Yu, Tan, Sng, Li, & Sia, 2014). DVM yüksek verimliliğe sahip olması dolayısıyla birçok alanda kullanılır. Çevrimiçi sınıflandırma problemlerinde etkin bir biçimde kullanılamamaktadır. Çünkü bir parametre yanlış sınıflandırıldığında tekrar bu yanlış parametre ile beraber tüm parametreler yeniden eğitilmesi gerekmektedir (Wang, Qiao, Zhang, & Wang, 2013).

3.2.4. Lojistik Regresyon (Logistic Regression)

LR, bir veya birden fazla değişkenin her birinin genel sonuca ait benzersiz etkisini ortaya koymak için kullanılır. Bu özelliğinden dolayı tıbbi araştırmalarda birbirinden bağımsız değişkenler arasındaki en güçlü değişkeni bulmak, sonucu tahmin etmek, her bir değişkenin sonuca etkisini bulmak için LR tercih edilmektedir. LR oluşturulurken değişkenlerin bağımsız olmasına, varsayımların geçerliliğine ve uygun bir modellemenin yapılmasına dikkat edilmelidir (Stoltzfus, 2011).

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

Değişkenler arasındaki benzerlik ölçümüne dayanan parametrik olmayan basit ve en temel öğrenme algoritmasıdır (Ozcoban et al., 2018). k-EYKR, yeni elde edilen verileri en yakın benzer komşunun sınıfına atayarak sınıflandırır ve verileri hem eğitim hem de test verisi olarak kullanır. En yakın komşu sayısı “k” aradaki mesafe ise “d” olarak adlandırılmaktadır. Doğru verilerin kullanımı, etkin “k” değeri, doğru mesafe hesaplama modelin performansını doğrudan etkilemektedir (Bui, Jaroonpattanapong, Nguyen, Tran, & Long, 2019).

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

GNB sınıflandırması elde edilen tüm verileri en yakın sınıfa yerleştirir fakat bunu yaparken aradaki mesafeyi Öklid mesafesi yerine sınıf varyansı üzerinden hesaplama yapmayı sağlayan denetimli öğrenme algoritmasıdır. Gauss, 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 (Raizada & Lee, 2013). GNB, sadeliği ve hızlı sonuç alınmasından dolayı yaygın olarak tercih edilmektedir (Lou et al., 2014).

3.2.7. Bayesian Ağları (Bayesian Networks)

Değişkenlere ait ortak olasılık dağılımı modelleyerek hakkında bilgi edinilmek istenen olayın meydana gelme olasılığını ortaya koymamızı sağlar. Bu da bize değişkenlere ait riskleri ortaya koymamızı sağlamaktadır (Bottigliengo et al., 2019). Hakkında çok az bilgi olan belirsiz problemleri ortaya koymada son derece kullanışlıdır (Velikova, Lucas, Samulski, & Karssemeijer, 2013).

3.2.8. Doğrusal Diskiriminant Analizi (Linear Discriminant Analysis)

Birbirinden farklı sınıfları çok iyi bir şekilde ayıran, sınıflar arasındaki farklılıkları ortaya koyan ve yeni sınıfları kategorize edebilen doğrusal diskiriminant analiz yöntemidir (Curate et al., 2017). DDA, antropologlar tarafından çokça tercih edilmektedir. Çünkü uygulaması ve ulaşılması kolay bir metottur. Fakat iskelet sistemi üzerinden yapılan cinsiyet tahminleri analizleri göstermiştir ki kadın ve erkek olma olasılığı doğrusal bir şekilde seyretmemektedir (Santos, Guyomarc'h, & Bruzek, 2014).

3.2.9. ADA Boost Sınıflandırması (ADA Boost Classifier)

Zayıf öğrenilebilir sınıflandırıcı algoritmalarını birleştirerek güçlü öğrenilebilir sınıflandırıcı algoritmalarını oluşturan entegrasyon algoritmasıdır. Bu özelliğinden dolayı kullanılması önerilmiş ve daha yüksek sonuçlar elde edilebileceği düşünülmüştür (Gu, Xie, He, & Zhang, 2018).

3.2.10. Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması (Extra Trees Classifier)

RO sınıflandırmasından daha iyi bir varyansa sahip olması dolayısıyla RO'ye göre etkinliği kanıtlanmış bir sınıflandırıcıdır (Desir, Petitjean, Heutte, Salaun, & Thiberville, 2012). RO'ye çok benzer bir sınıflandırıcı olmasına rağmen iki kritik farkı vardır. Birincisi düğümler rastgele bölünür ve ikinci olarak bir eğitim seti yerine tüm veriler kullanılarak elde edilir (Mishra, Sehgal, & Valadi, 2017).

3.2.11. Performans Ölçütleri

Performans ölçütleri konfüzyon matrisi kullanılarak elde edilen doğruluk, hassasiyet, özgüllük, çok ölçekli eğrilik sınıflandırması katsayıları ve F1 skorudur.

$$\begin{aligned} \text{Doğruluk} &= DPDP + YN + YP + DN \\ \text{Hassasiyet} &= DPDP + YN \\ \text{Özgüllük} &= DNDN + YP \\ \text{Çok ölçekli eğrilik} &= DPDN - YPYNDP + YPDP + YNDN + YPDN + YN \end{aligned}$$

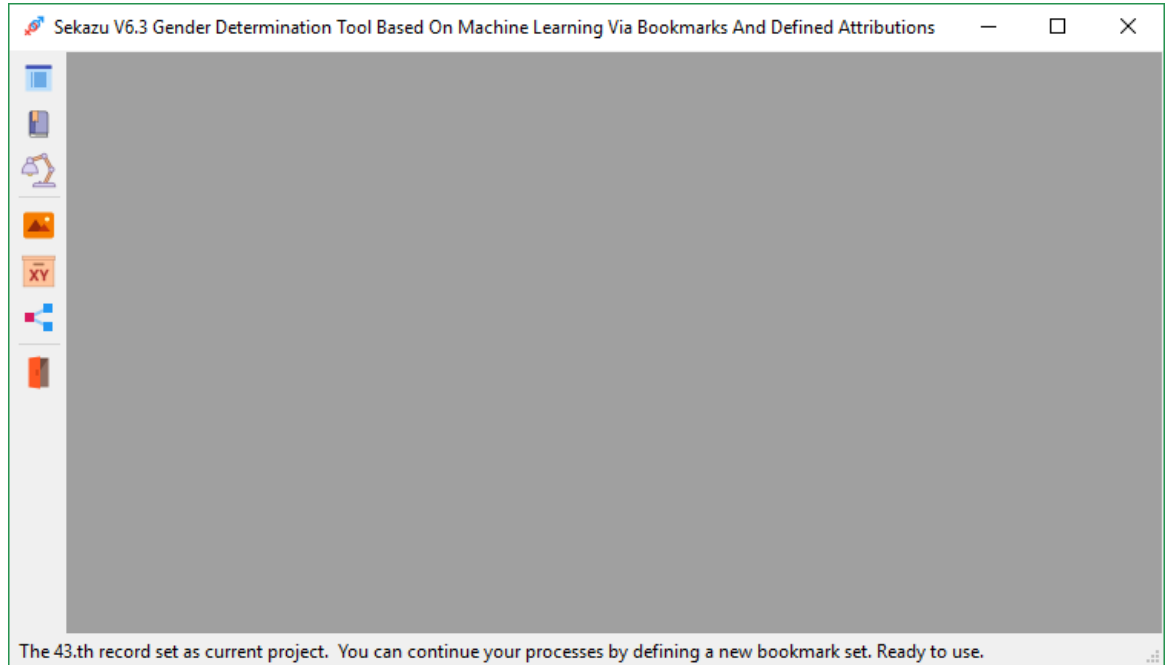
(DP; Doğru Pozitif, YN; Yanlış Negatif, YP; Yanlış Pozitif, DN; Doğru Negatif, ÇÖES; Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması)

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

3.3. Sekazu Programı

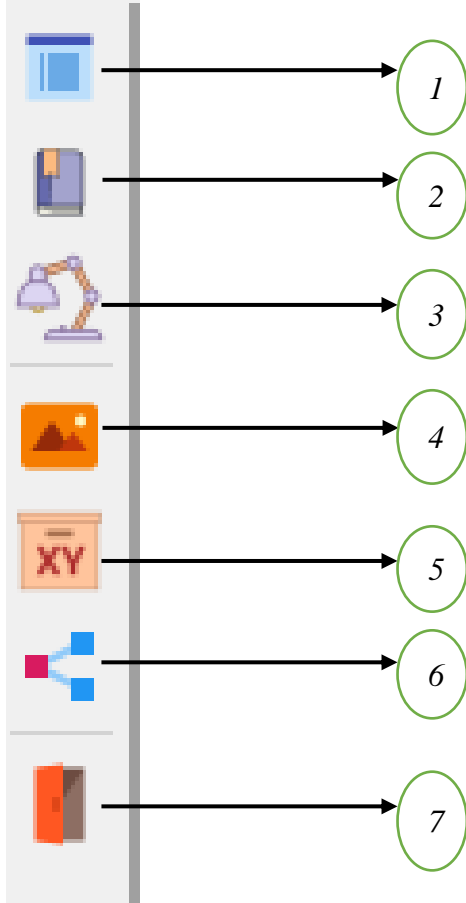
Sekazu Programı, belirlenmiş işaret noktaları ya da üzerinden tanımlanmış uzunluk, açı, çevre gibi nitelikleri otomatik olarak hesaplayan ve makine öğrenme algoritmaları ile cinsiyet tahmini yapabilen grafik tabanlı bir araçtır. Karabük Üniversitesi Tıp Fakültesi Tıbbi Biyoloji, Anatomi, Radyoloji Ana Bilim Dalı Öğretim Üyeleri tarafından geliştirilmiş bir programdır. Bu program BT görüntüleri üzerinden yerleştirilen işaret noktaları belirlenen farklı uzunluk, açı, alan, çevre, dairesel alan, dairesel çevre gibi matematiksel birimlere dönüştürerek koordinatlar üzerinden makine öğrenme algoritmalarını yapmamıza imkan sağlamaktadır.

Sekazu programının giriş paneli (Şekil 16'da gösterilmiştir).



Şekil 16. Sekazu programının giriş paneli

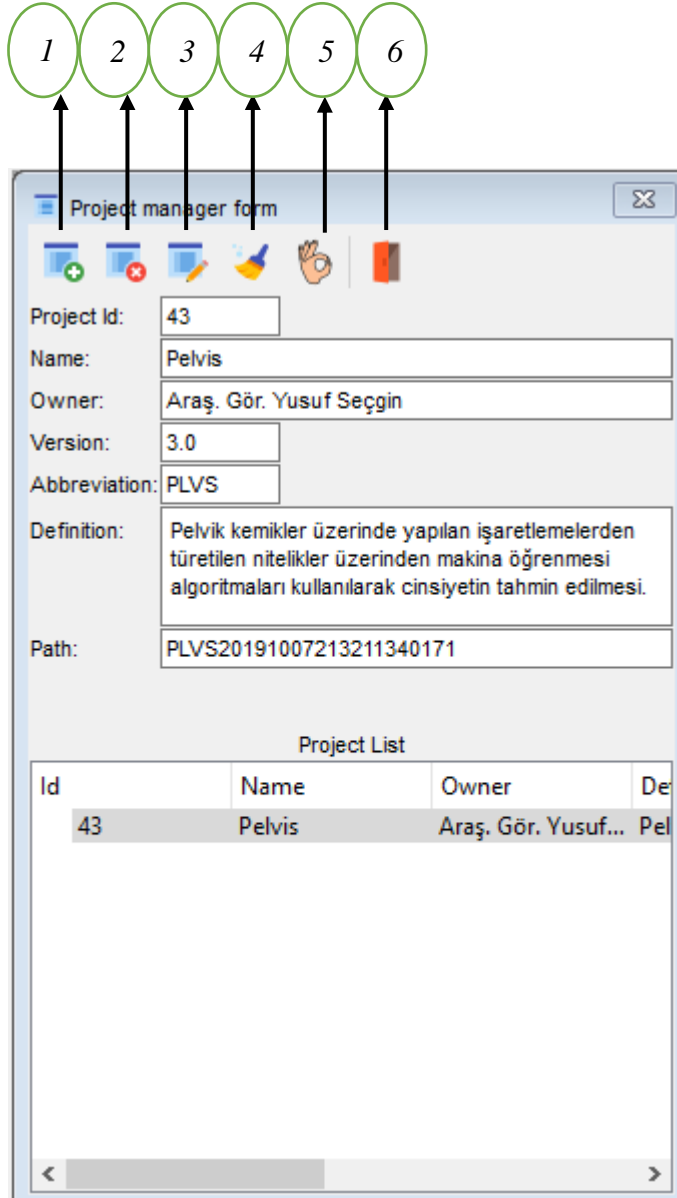
Sekazu programının uygulama butonlarında sırasıyla Proje Yönetimi (Project manager), İşaret Noktaları Yönetimi (İşaret Noktaları Manager), Paremetre Yönetimi (Attribute Manager), Görüntü Açma (Open an image), Koordinat Yapısı (Coordinate form), Çözümleyici (Solver) ve Çıkış (Exit) yer almaktadır (Şekil 17).



Şekil 17. Uygulama butonları

1. Proje Yönetimi **2.** İşaret Noktaları Yönetimi **3.** Parametre Yönetimi **4.** Görüntü Açma **5.** Koordinat Yapısı **6.** Çözümleyici **7.** Çıkış

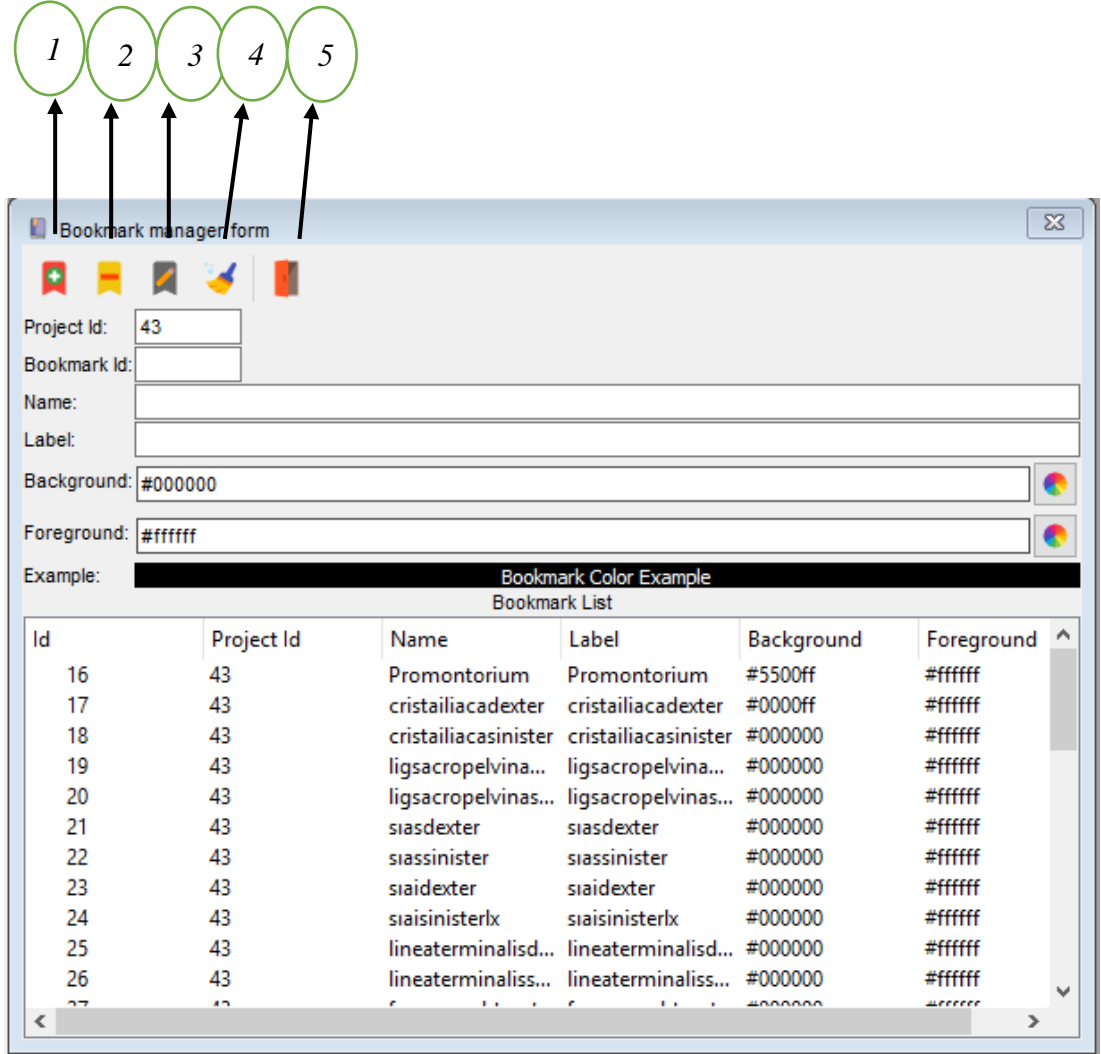
Proje Yönetimi bölümünde yapmayı planladığımız projenin ID numarası, ismi, sahibi, versiyonu, kısa ismi, tanımı, yol (path, disk üzerinde dosya yolu) gibi bilgiler girilerek proje oluşturulur. Bu bölüm bize istediğimiz projeyi ekleme, silme, düzenleme, etkinleştirme imkanı sağlamaktadır (Şekil 18).



Şekil 18. Proje Yönetimi ekranı

1. Proje ekleme 2. Proje silme 3. Proje düzenleme 4. Proje bilgilerini silme 5. Proje etkinleştirme 6. Çıkış

İşaret Noktaları Yönetimi bölümünde Proje ID, İşaret Noktaları ID, isim, etiket, ön ve arka plan renkleri girilerek İşaret Noktaları oluşturulur. Bu bölüm bize istediğimiz İşaret noktaları ekleme, silme, düzenleme, etkinleştirme imkanı sağlamaktadır (Şekil 19).



Şekil 19. İşaret Noktaları Yönetimi ekranı

1. İşaret Noktaları ekleme
2. İşaret Noktaları silme
3. İşaret Noktaları düzenleme
4. İşaret Noktaları bilgilerini silme
5. Çıkış

Parametre Yönetimi bölümünde Proje ID, Parametre ID, isim, Parametre tipi (length, angle, area, perimeter, circular area, circular perimeter) ve belirlenen İşaret Noktaları girilerek istenilen matematiksel birimler oluşturulur. Bu bölüm bize istediğimiz Parametre ekleme, silme, düzenleme, etkinleştirme imkanı sağlamaktadır (Şekil 20).

1 2 3 4 5

Attribute manager form

Project Id: 43

Attribute Id:

Name:

Type: Length

Bookmarks: Promontorium + -

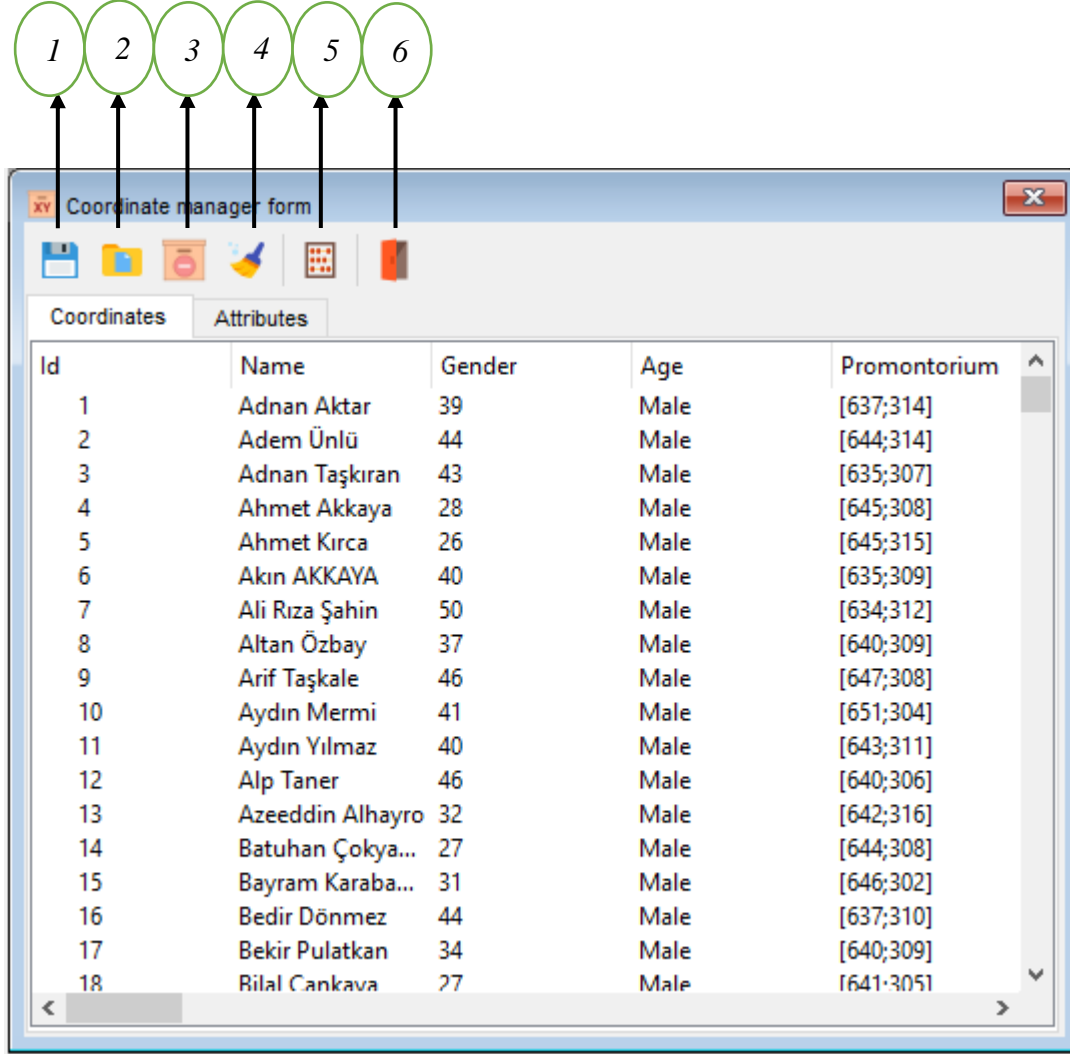
Attribute list:

Id	Project Id	Name	Type
102	43	Angle35	Anç
103	43	Angle36	Anç
104	43	Angle40	Anç
106	43	Angle37	Anç
107	43	Angle38	Anç
108	43	Angle39	Anç

Şekil 20. Parametre Yönetimi ekranı

1. Parametre ekleme 2. Parametre silme 3. Parametre düzenleme 4. Parametre bilgilerini silme 5. Çıkış

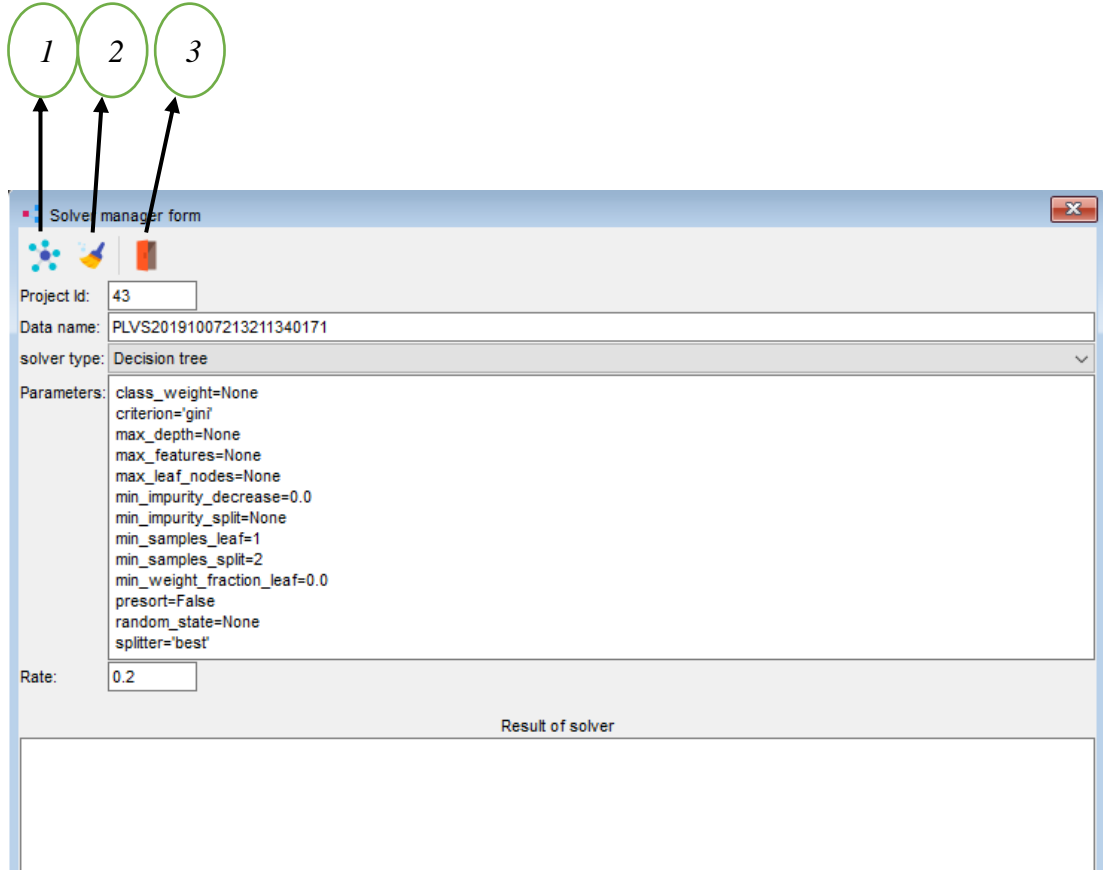
Koordinat yönetimi bölümünde belirlenen parametre'lere göre koordinatların oluşturulduğu bölümdür (Şekil 21).



Şekil 21. Koordinat Yönetimi ekranı

1. Kaydetme 2. Koordinat dosyası seçme 3. Koordinat dosyası silme 4. Koordinat bilgilerini silme 5. Koordinat oluşturma 6. Çıkış

Çözümleyici manager bölümünde belirlediğimiz projenin makine öğrenme algoritmaları kullanılarak çözümlenir. Kullanılan algoritmalar KA, RO, k-EYKR, Gaussian Navie Bayes, GNB, ADA Boost Sınıflandırması (ADA), LR, DDA, Kuadratik Diskriminant Analiz (KDA), Ekstra Trees Classifier (EAS) bunlardır (Şekil 22).



Şekil 22. Çözümleyici manager ekranı

1. Çözümleyici butonu 2. Silme butonu 3. Çıkış

4. BULGULAR

Sekazu programında oluşturulan Parametre ve kısaltmaları aşağıdaki tabloda verilmiştir. Makine öğrenme algoritma çözümlenmeleri Tablo 1’de belirtilen açı (angle) ve uzunluklar (length) kullanılarak yapılmıştır.

Tablo 1. Parametre ve kısaltmaları tablosu

(Length ile uzunluklar, Angle ile açılar nitelendirilmiştir. Uzunluklar iki işaret noktaları ile, açılar üç işaret noktaları ile tanımlanmıştır.)

Kısaltma	Parametre
Length 1	Crista iliaca dextra - crista iliaca sinistra
Length 2	Promontorium - crista iliaca dextra
Length 3	Promontorium - crista iliaca sinistra
Length 4	Promontorium - symphysis pubis superior
Length 5	Promontorium - symphysis pubis inferior
Length 6	Promontorium - linea terminalis dextra
Length 7	Promontorium - linea terminalis sinistra
Length 8	Art. sacroiliaca dextra - linea terminalis sinistra
Length 9	Art. sacroiliaca sinistra - linea terminalis dextra
Length 10	SIAS dextra - SIAS sinistra
Length 11	Spina iliaca anterior inferior dextra - spina iliaca anterior inferior sinistra
Length 12	Linea terminalis dextra - linea terminalis sinistra
Length 13	Trochanter major dextra - trochanter major sinistra
Length 14	Trochanter minor dextra - trochanter minor sinistra
Length 15	Tuber ischiadicum dextra - tuber ischiadicum sinistra
Length 16	Acetabulum superior dextra - acetabulum inferior dextra
Length 17	Acetabulum superior sinistra - acetabulum inferior sinistra
Length 18	Art. sacroiliaca dextra - art. sacroiliaca sinistra
Length 19	Caput femoris dextra - caput femoris sinistra

Length 20	For. obturatum superior dextra - for. obturatum superior sinistra
Length 21	For. obturatum inferior dextra - for. obturatum inferior sinistra
Length 22	For. obturatum superior dextra - for. obturatum inferior dextra
Length 23	For. obturatum superior sinistra - for. obturatum inferior sinistra
Length 24	Symphysis pubis superior - symphysis pubis inferior
Length 25	Acetabulum superior dextra - acetabulum superior sinistra
Length 26	Acetabulum inferior dextra - acetabulum inferior sinistra
Length 27	Art. sacroiliaca dextra - symphysis pubis superior
Length 28	Art. sacroiliaca dextra - symphysis pubis inferior
Length 29	Art. sacroiliaca sinistra - symphysis pubis superior
Length 30	Art. sacroiliaca sinistra - symphysis pubis inferior
Length 31	Collum femoris dextra - collum femoris sinistra
Length 32	Corpus femoris dextra - corpus femoris sinistra
Length 33	Promontorium - caput femoris dextra
Length 34	Promontorium - caput femoris sinistra
Angle 35	Crista iliaca dextra - promontorium - crista iliaca sinistra
Angle 36	Linea terminalis dextra - promontorium - linea terminalis sinistra
Angle 37	Tuber ischiadicum dextra - symphysis pubis inferior - tuber ischiadicum sinistra
Angle 38	Caput femoris dextra - collum femoris dextra - corpus femoris dextra
Angle 39	Caput femoris sinistra - collum femoris sinistra - corpus femoris sinistra
Angle 40	For. obturatum superior dextra - promontorium - for. obturatum sinistra
Angle 41	Linea terminalis dextra - symphysis pubis superior - linea terminalis sinistra
Angle 42	Caput femoris dextra - promontorium - caput femoris sinistra

Sekazu programından elde edilen çözümler tablolar şeklinde verilmiştir. KA kullanılarak elde edilen çözümlere Tablo 2, 3, 4, 5'de, RO kullanılarak elde edilen çözümlere Tablo 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12'de, ADA kullanılarak elde edilen çözümlere Tablo 13, 14, 15, 16, 17, 18'de, LR kullanılarak elde edilen çözümlere Tablo 19, 20, 21'de, DDA kullanılarak elde edilen çözümlere

Tablo 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29’de, EAS kullanılarak elde edilen çözümlemelere Tablo 29, 30, 31, 32, 33’de tablolarda yer verilmiştir.

KA 1 modelinde, 2-3-4-5-6-7-8-33-34 uzunlukları ve 35-36-40 açıları kullanılarak %93 hassasiyet ve %88 özgülük ile %91 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. KA 1 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		Karar Ağacı									
Kod		KA 1									
Parametreler		Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length8, Length33, Length34, Angle35, Angle36, Angle40									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.91	0.93	0.88	0.90	0.82	44	3	5	38
2	Test	Erkek	0.91	0.93	0.88	0.90	0.82	44	3	5	38
3	Test	Kadın	0.91	0.88	0.93	0.90	0.82	38	5	3	44

KA 2 modelinde, 35-36-40-38-39-41-42 açıları kullanılarak %93 hassasiyet, %90 özgüllük ile %92 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. KA 2 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		Karar Ağacı									
Kod		KA 2									
Parametreler		Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.92	0.93	0.90	0.92	0.84	44	3	4	39
2	Test	Erkek	0.92	0.93	0.90	0.92	0.84	44	3	4	39
3	Test	Kadın	0.92	0.90	0.93	0.92	0.84	39	4	3	44

KA 3 modelinde, 2-3-4-5-6-7-33-34 uzunlukları ve 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %93 hassasiyet, %90 özgüllük ile %92 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. KA 3 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		Karar Ağacı									
Kod		KA 3									
Parametreler		Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length33, Length34									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.92	0.93	0.90	0.92	0.84	44	3	4	39
2	Test	Erkek	0.92	0.93	0.90	0.92	0.84	44	3	4	39
3	Test	Kadın	0.92	0.90	0.93	0.92	0.84	39	4	3	44

KA 4 modelinde, 2-3-4-5-6-7-33-34-10-11-12-13-14 uzunlukları ve 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %95 hassasiyet, %90 özgüllük ile %93 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. KA 4 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		Karar Ağacı									
Kod		KA 4									
Parametreler		Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length33, Length34, Length10, Length11, Length12, Length13, Length14									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.93	0.95	0.90	0.93	0.86	45	2	4	39
2	Test	Erkek	0.93	0.95	0.90	0.93	0.86	45	2	4	39
3	Test	Kadın	0.93	0.90	0.95	0.93	0.86	39	4	2	45

RO 1 modelinde, 1-2-3-4-5-6-7-10-11-12-13-14-15-16-17-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-8-9-18 uzunlukları ve 35-36-40-37-38-39-40-41-42 açıları kullanılarak %91 hassasiyet, %88 özgüllük ile %90 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. RO 1 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı	Rastgele Orman										
Kod	RO 1										
Parametreler	Length1, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length10, Length11, Length12, Length13, Length14, Length15, Length16, Length17, Length19, Length20, Length21, Length22, Length23 Length24, Length25, Length26, Length27, Length28, Length29, Length30, Length31, Length32, Length33, Length34, Length8, Length9, Length18, Angle 35, Angle 36, Angle 37, Angle 38, Angle 39, Angle 40, Angle 41, Angle 42										
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.9	0.91	0.88	0.89	0.79	43	4	5	38
2	Test	Erkek	0.9	0.91	0.88	0.89	0.79	43	4	5	38
3	Test	Kadın	0.9	0.88	0.91	0.89	0.79	38	5	4	43

RO 2 modelinde, 2-3-4-5-6-7-8-33-34 uzunlukları ve 35-36-40 açıları kullanılarak %93 hassasiyet, %90 özgüllük ile %92 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 7).

Tablo 7. RO 2 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		Rastgele Orman									
Kod		RO 2									
Parametreler		Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length8, Length33, Length34, Angle35, Angle36, Angle40									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.92	0.93	0.90	0.92	0.84	44	3	4	39
2	Test	Erkek	0.92	0.93	0.90	0.92	0.84	44	3	4	39
3	Test	Kadın	0.92	0.90	0.93	0.92	0.84	39	4	3	44

RO 3 modelinde, 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %93 hassasiyet, %86 özgülük ile %90 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. RO 3 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		Rastgele Orman									
Kod		RO 3									
Parametreler		Angle 35, Angle 36, Angle 40, Angle 37, Angle 38, Angle 39, Angle 41, Angle 42									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgülük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.90	0.93	0.86	0.89	0.80	44	3	6	37
2	Test	Erkek	0.90	0.93	0.86	0.89	0.80	44	3	6	37
3	Test	Kadın	0.90	0.86	0.93	0.89	0.80	37	6	3	44

RO 4 modelinde, 2-3-4-5-6-7-33-34 uzunlukları ve 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %95 hassasiyet, %83 özgüllük ile %90 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 9).

Tablo 9. RO 4 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		Rastgele Orman									
Kod		RO 4									
Parametreler		Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length33, Length34									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.90	0.95	0.83	0.89	0.80	45	2	7	36
2	Test	Erkek	0.90	0.95	0.83	0.89	0.80	45	2	7	36
3	Test	Kadın	0.90	0.83	0.95	0.89	0.80	36	7	2	45

RO 5 modelinde, 2-3-4-5-6-7-33-34-10-11-12-13-14 uzunlukları ve 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %97 hassasiyet, %88 özgüllük ile %93 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 10).

Tablo 10. RO 5 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		Rastgele Orman									
Kod		RO 5									
Parametreler		Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length33, Length34, Length10, Length11, Length12, Length13, Length14									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.93	0.97	0.88	0.92	0.86	46	1	5	38
2	Test	Erkek	0.93	0.97	0.88	0.92	0.86	46	1	5	38
3	Test	Kadın	0.93	0.88	0.97	0.92	0.86	38	5	1	46

RO 6 modelinde, 2-3-4-5-6-7-33-34-10-11-12-13-14-31-32-19 uzunlukları ve 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %97 hassasiyet, %83 özgüllük ile %91 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 11).

Tablo 11. RO 6 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		Rastgele Orman									
Kod		RO 6									
Parametreler		Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length33, Length34, Length10, Length11, Length12, Length13, Length14, Length31, Length32, Length19									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.91	0.97	0.83	0.90	0.82	46	1	7	36
2	Test	Erkek	0.91	0.97	0.83	0.90	0.82	46	1	7	36
3	Test	Kadın	0.91	0.83	0.97	0.90	0.82	36	7	1	46

RO 7 modelinde, 2-3-4-5-6-7-33-34-10-11-12-13-14-31-32-19-15-16-17-20-21-22-23 uzunlukları ve 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları %93 hassasiyet, %90 özgülük ile %92 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 12).

Tablo 12. RO 7 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı	Rastgele Orman										
Kod	RO 7										
Parametreler	Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length33, Length34, Length10, Length11, Length12, Length13, Length14, Length31, Length32, Length19, Length15, Length16, Length17, Length20, Length21, Length22, Length23										
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.92	0.93	0.90	0.92	0.84	44	3	4	39
2	Test	Erkek	0.92	0.93	0.90	0.92	0.84	44	3	4	39
3	Test	Kadın	0.92	0.90	0.93	0.92	0.84	39	4	3	44

ADA 1 modelinde, 2-3-4-5-6-7-8-33-34 uzunlukları ve 35-36-40 açıları kullanılarak %93 hassasiyet, %93 özgüllük ile %93 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 13).

Tablo 13. ADA 1 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		ADA Boost Sınıflandırması									
Kod		ADA 1									
Parametreler		Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length8, Length33, Length34, Angle35, Angle36, Angle40									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.93	0.93	0.93	0.93	0.86	44	3	3	40
2	Test	Erkek	0.93	0.93	0.93	0.93	0.86	44	3	3	40
3	Test	Kadın	0.93	0.93	0.93	0.93	0.86	40	3	3	44

ADA 2 modelinde, 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %89 hassasiyet, %95 özgülük ile %92 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 14).

Tablo 14. ADA 2 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		ADA Boost Sınıflandırması									
Kod		ADA 2									
Parametreler		Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.92	0.89	0.95	0.92	0.84	42	5	2	41
2	Test	Erkek	0.92	0.89	0.95	0.92	0.84	42	5	2	41
3	Test	Kadın	0.92	0.95	0.89	0.92	0.84	41	2	5	42

ADA 3 modelinde, 1-2-3-4-5-6-7-10-11-12-13-14-15-16-17-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-8-9-18 uzunlukları ve 35-36-40-37-38-39-41-42-40 açıları kullanılarak %89 hassasiyet, %93 özgüllük ile %91 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 15).

Tablo 15. ADA 3 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		ADA Boost Sınıflandırması									
Kod		ADA 3									
Parametreler		Length1, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length10, Length11, Length12, Length13, Length14, Length15, Length16, Length17, Length19, Length20, Length21, Length22, Length23, Length24, Length25, Length26, Length27, Length28, Length29, Length30, Length31, Length32, Length33, Length34, Length8, Length9, Length18, Angle 35, Angle 36, Angle 37, Angle 38, Angle 39, Angle 40, Angle 41, Angle 42									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.91	0.89	0.93	0.91	0.82	42	5	3	40
2	Test	Erkek	0.91	0.89	0.93	0.91	0.82	42	5	3	40
3	Test	Kadın	0.91	0.93	0.89	0.91	0.82	40	3	5	42

ADA 4 modelinde, 2-3-4-5-6-7-33-34-10-11-12-13-14-31-32-19 uzunlukları ve 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %93 hassasiyet, %93 özgülük ile 93 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 16).

Tablo 16. ADA 4 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		ADA Boost Sınıflandırması									
Kod		ADA 4									
Parametreler		Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length33, Length34, Length10, Length11, Length12, Length13, Length14, Length31, Length32, Length19									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgülük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.93	0.93	0.93	0.93	0.86	44	3	3	40
2	Test	Erkek	0.93	0.93	0.93	0.93	0.86	44	3	3	40
3	Test	Kadın	0.93	0.93	0.93	0.93	0.86	40	3	3	44

ADA 5 modelinde, 2-3-4-5-6-7-33-34-10-11-12-13-14-31-32-19-15-16-17-20-21-22-23 uzunlukları ve 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %95 hassasiyet, %93 özgüllük ile %94 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 17).

Tablo 17. ADA 5 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		ADA Boost Sınıflandırması									
Kod		ADA 5									
Parametreler		Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length33, Length34, Length10, Length11, Length12, Length13, Length14, Length31, Length32, Length19, Length15, Length16, Length17, Length20, Length21, Length22, Length23									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.94	0.95	0.93	0.94	0.88	45	2	3	40
2	Test	Erkek	0.94	0.95	0.93	0.94	0.88	45	2	3	40
3	Test	Kadın	0.94	0.93	0.95	0.94	0.88	40	3	2	45

ADA 6 modelinde, 2-3-4-5-6-7-33-34-10-11-12-13-14 uzunlukları ve 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %91 hassasiyet, %93 özgüllük ile %92 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 18).

Tablo 18. ADA 6 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		ADA Boost Sınıflandırması									
Kod		ADA 6									
Parametreler		Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length33, Length34, Length10, Length11, Length12, Length13, Length14									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.92	0.91	0.93	0.92	0.84	43	4	3	40
2	Test	Erkek	0.92	0.91	0.93	0.92	0.84	43	4	3	40
3	Test	Kadın	0.92	0.93	0.91	0.92	0.84	40	3	4	43

LG 1 modelinde, 1-2-3-4-5-6-7-10-11-12-13-14-15-16-17-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-8-9-18 uzunlukları kullanılarak %89 hassasiyet, %95 özgüllük ile %92 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 19).

Tablo 19. LG 1 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		Lojistik Regresyon									
Kod		LG 1									
Parametreler		Length1, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length10, Length11, Length12, Length13, Length14, Length15, Length16, Length17, Length19, Length20, Length21, Length22, Length23, Length24, Length25, Length26, Length27, Length28, Length29, Length30, Length31, Length32, Length33, Length34, Length8, Length9, Length18									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.92	0.89	0.95	0.92	0.84	42	5	2	41
2	Test	Erkek	0.92	0.89	0.95	0.92	0.84	42	5	2	41
3	Test	Kadın	0.92	0.95	0.89	0.92	0.84	41	2	5	42

LG 2 modelinde, 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %93 hassasiyet, %86 özgülük ile %90 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 20).

Tablo 20. LG 2 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		Lojistik Regresyon									
Kod		LG 2									
Parametreler		Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.90	0.93	0.86	0.89	0.80	44	3	6	37
2	Test	Erkek	0.90	0.93	0.86	0.89	0.80	44	3	6	37
3	Test	Kadın	0.90	0.86	0.93	0.89	0.80	37	6	3	44

LG 3 modelinde, 2-3-4-5-6-7-33-34 uzunlukları ve 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %95 hassasiyet, %93 özgüllük ile %94 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 21).

Tablo 21. LG 3 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		Lojistik Regresyon									
Kod		LG 3									
Parametreler		Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length33, Length34									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.94	0.95	0.93	0.94	0.88	45	2	3	40
2	Test	Erkek	0.94	0.95	0.93	0.94	0.88	45	2	3	40
3	Test	Kadın	0.94	0.93	0.95	0.94	0.88	40	3	2	45

DDA 1 modelinde, 1-2-3-4-5-6-7-33-34 uzunlukları ve 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %91 hassasiyet, %90 özgüllük ile %91 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 22).

Tablo 22. DDA 1 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı	Doğrusal Diskriminant Analizi										
Kod	DDA 1										
Parametreler	Length1, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length10, Length11, Length12, Length13, Length14, Length15, Length16, Length17, Length19, Length20, Length21, Length22, Length23, Length24, Length25, Length26, Length27, Length28, Length29, Length30, Length31, Length32, Length33, Length34, Length8, Length9, Length18, Angle 35, Angle 36, Angle 37, Angle 38, Angle 39, Angle 40, Angle 41, Angle 42										
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.91	0.91	0.90	0.91	0.82	43	4	4	39
2	Test	Erkek	0.91	0.91	0.90	0.91	0.82	43	4	4	39
3	Test	Kadın	0.91	0.90	0.91	0.91	0.82	39	4	4	43

DDA 2 modelinde, 1-2-3-4-5-6-7-10-11-12-13-14-15-16-17-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-8-9-18 uzunlukları kullanılarak %91 hassasiyet, %95 özgülük ile %93 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 23).

Tablo 23. DDA 2 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		Doğrusal Diskriminant Analizi									
Kod		DDA 2									
Parametreler		Length1, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length10, Length11, Length12, Length13, Length14, Length15, Length16, Length17, Length19, Length20, Length21, Length22, Length23, Length24, Length25, Length26, Length27, Length28, Length29, Length30, Length31, Length32, Length33, Length34, Length8, Length9, Length18									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.93	0.91	0.95	0.93	0.86	43	4	2	41
2	Test	Erkek	0.93	0.91	0.95	0.93	0.86	43	4	2	41
3	Test	Kadın	0.93	0.95	0.91	0.93	0.86	41	2	4	43

DDA 3 modelinde, 2-3-4-5-6-7-8-33-34 uzunlukları ve 35-36-40 açıları kullanılarak %93 hassasiyet, %88 özgülük ile %91 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 24).

Tablo 24. DDA 3 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		Doğrusal Diskriminant Analizi									
Kod		DDA 3									
Parametreler		Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length8, Length h33, Length34, Angle35, Angle36, Angle40									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.91	0.93	0.88	0.90	0.82	44	3	5	38
2	Test	Erkek	0.91	0.93	0.88	0.90	0.82	44	3	5	38
3	Test	Kadın	0.91	0.88	0.93	0.90	0.82	38	5	3	44

DDA 4 modelinde, 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %89 hassasiyet, %95 özgülük ile %92 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 25).

Tablo 25. DDA 4 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		Doğrusal Diskriminant Analizi									
Kod		DDA 4									
Parametreler		Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgülük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.92	0.89	0.95	0.92	0.84	42	5	2	41
2	Test	Erkek	0.92	0.89	0.95	0.92	0.84	42	5	2	41
3	Test	Kadın	0.92	0.95	0.89	0.92	0.84	41	2	5	42

DDA 5 modelinde, 2-3-4-5-6-7-33-34 uzunlukları ve 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %87 hassasiyet, %93 özgülük ile %90 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 26).

Tablo 26. DDA 5 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		Doğrusal Diskriminant Analizi									
Kod		DDA 5									
Parametreler		Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length33, Length34									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.90	0.87	0.93	0.90	0.80	41	6	3	40
2	Test	Erkek	0.90	0.87	0.93	0.90	0.80	41	6	3	40
3	Test	Kadın	0.90	0.93	0.87	0.90	0.80	40	3	6	41

DDA 6 modelinde, 2-3-4-5-6-7-33-34-10-11-12-13-14-31-32-19 uzunlukları ve 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %87 hassasiyet, %93 özgüllük ile %90 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 27).

Tablo 27. DDA 6 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		Doğrusal Diskriminant Analizi									
Kod		DDA 6									
Parametreler		Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length33, Length34, Length10, Length11, Length12, Length13, Length14, Length31, Length32, Length19									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.90	0.87	0.93	0.90	0.80	41	6	3	40
2	Test	Erkek	0.90	0.87	0.93	0.90	0.80	41	6	3	40
3	Test	Kadın	0.90	0.93	0.87	0.90	0.80	40	3	6	41

DDA 7 modelinde, 2-3-4-5-6-7-33-34-10-11-12-13-14-31-32-19-15-16-17-20-21-22 uzunlukları ve 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %95 hassasiyet, %97 özgülük ile %96 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 28).

Tablo 28. DDA 7 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		Doğrusal Diskriminant Analizi									
Kod		DDA 7									
Parametreler		Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length33, Length34, Length10, Length11, Length12, Length13, Length14, Length31, Length32, Length19, Length15, Length16, Length17, Length20, Length21, Length22, Length23									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgülük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.96	0.95	0.97	0.96	0.93	45	2	1	42
2	Test	Erkek	0.96	0.95	0.97	0.96	0.93	45	2	1	42
3	Test	Kadın	0.96	0.97	0.95	0.96	0.93	42	1	2	45

DDA 8 modelinde, 2-3-4-5-6-7-33-34-10-11-12-13-14-31-32-19-15-16-17-20-21-22-23-26-27-28-29 uzunlukları ve 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %93 hassasiyet, %97 özgüllük ile %95 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 29).

Tablo 29. DDA 8 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı	Doğrusal Diskriminant Analizi										
Kod	DDA 8										
Parametreler	Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length33, Length34, Length10, Length11, Length12, Length13, Length14, Length31, Length32, Length19, Length15, Length16, Length17, Length20, Length21, Length22, Length23, Length26, Length27, Length28, Length29										
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.95	0.93	0.97	0.95	0.91	44	3	1	42
2	Test	Erkek	0.95	0.93	0.97	0.95	0.91	44	3	1	42
3	Test	Kadın	0.95	0.97	0.93	0.95	0.91	42	1	3	44

EAS 1 modelinde, 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %93 hassasiyet, %88 özgülük ile %91 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 30).

Tablo 30. EAS 1 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı		Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması									
Kod		EAS 1									
Parametreler		Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42									
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgülük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.91	0.93	0.88	0.90	0.82	44	3	5	38
2	Test	Erkek	0.91	0.93	0.88	0.90	0.82	44	3	5	38
3	Test	Kadın	0.91	0.88	0.93	0.90	0.82	38	5	3	44

EAS 2 modelinde, 2-3-4-5-6-7-33-34-10-11-12-13-14-31-32-19-15-16-17-20-21-22-23 uzunlukları ve 35-36-40-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %93 hassasiyet, %86 özgüllük ile %90 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 31).

Tablo 31. EAS 2 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı	Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması										
Kod	EAS 2										
Parametreler	Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length33, Length34, Length10, Length11, Length12, Length13, Length14, Length31, Length32, Length19, Length15, Length16, Length17, Length20, Length21, Length22, Length23										
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.9	0.93	0.86	0.89	0.80	44	3	6	37
2	Test	Erkek	0.9	0.93	0.86	0.89	0.80	44	3	6	37
3	Test	Kadın	0.9	0.86	0.93	0.89	0.80	37	6	3	44

EAS 3 modelinde, 1-2-3-4-5-6-7-10-11-12-13-14-15-16-17-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-8-9-18 uzunlukları ve 35-36-37-38-39-41-42-40 açıları kullanılarak %91 hassasiyet, %95 özgüllük ile %93 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 32).

Tablo 32. EAS 3 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı	Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması										
Kod	EAS 3										
Parametreler	Length1, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length10, Length11, Length12, Length13, Length14, Length15, Length16, Length17, Length19, Length20, Length21, Length22, Length23, Length24, Length25, Length26, Length27, Length28, Length29, Length30, Length31, Length32, Length33, Length34, Length8, Length9, Length18, Angle 35, Angle 36, Angle 37, Angle 38, Angle 39, Angle 40, Angle 41, Angle 42										
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.93	0.91	0.95	0.93	0.86	43	4	2	41
2	Test	Erkek	0.93	0.91	0.95	0.93	0.86	43	4	2	41
3	Test	Kadın	0.93	0.95	0.91	0.93	0.86	41	2	4	43

EAS 4 modelinde, 2-3-4-5-6-7-33-34-10-11-12-13-14-31-32-19-15-16-17-20-21-22-23-26-27-28-29 uzunlukları ve 35-36-37-38-39-41-42 açıları kullanılarak %95 hassasiyet, %90 özgüllük ile %93 doğruluk oranı elde edilmiştir (Tablo 33).

Tablo 33. EAS 4 Çözümleme Tablosu

(F1: F1 Katsayısı, ÇÖES: Çok Ölçekli Eğrilik Sınıflandırması, DP: Doğru Pozitif, YN: Yanlış Negatif, YP: Yanlış Pozitif, DN: Doğru Negatif)

Model Adı	Ekstra Ağaçlar Sınıflandırması										
Kod	EAS 4										
Parametreler	Angle35, Angle36, Angle40, Angle37, Angle38, Angle39, Angle41, Angle42, Length2, Length3, Length4, Length5, Length6, Length7, Length33, Length34, Length10, Length11, Length12, Length13, Length14, Length31, Length32, Length19, Length15, Length16, Length17, Length20, Length21, Length22, Length23, Length26, Length27, Length28, Length29										
Elde Edilen Sonuçlar											
No	Grup	Cinsiyet	Doğruluk	Hassasiyet	Özgüllük	F1	ÇÖES	DP	YN	YP	DN
1	Test	Genel	0.93	0.95	0.90	0.93	0.86	45	2	4	39
2	Test	Erkek	0.93	0.95	0.90	0.93	0.86	45	2	4	39
3	Test	Kadın	0.93	0.90	0.95	0.93	0.86	39	4	2	45

KA, RO, EAS kullanılarak en çok %93, ADA ve LR kullanılarak en çok %94, DDA kullanılarak en çok %96'ı sonuçları elde edilmiştir (Tablo 34).

Tablo 34. Sonuç Tablosu

Kod	Cinsiyet	Doğruluk
KA 1	Genel	0.91
KA 2	Genel	0.92
KA 3	Genel	0.92
KA 4	Genel	0.93
RO 1	Genel	0.9
RO 2	Genel	0.92
RO 3	Genel	0.9
RO 4	Genel	0.9
RO 5	Genel	0.93
RO 6	Genel	0.91
RO 7	Genel	0.92
ADA 1	Genel	0.93
ADA 2	Genel	0.92
ADA 3	Genel	0.91
ADA 4	Genel	0.93
ADA 5	Genel	0.94
ADA 6	Genel	0.92
LG 1	Genel	0.92
LG 2	Genel	0.9
LG 3	Genel	0.94
DDA 1	Genel	0.91
DDA 2	Genel	0.93
DDA 3	Genel	0.91
DDA 4	Genel	0.92
DDA 5	Genel	0.9
DDA 6	Genel	0.9
DDA 7	Genel	0.96
DDA 8	Genel	0.95
EAS 1	Genel	0.91
EAS 2	Genel	0.9
EAS 3	Genel	0.93
EAS 4	Genel	0.93

5. TARTIŞMA

Toplumunu etkileyen doğal afet (deprem, sel, yangın), savaş, terör olayları, kazalar, yüksek ölüm oranının olduğu herhangi bir durumda kimlik tespiti büyük bir önem taşımaktadır (Giurazza et al., 2013). Kimlik tespiti için belirlenmesi gereken ilk özellik cinsiyet tahminidir. Cinsiyetin belirlenmiş olması, kimliğin biyolojik unsurlarında ki ihtimallerin yarı yarıya azaltılması anlamına gelir (Ahmed, 2013). Diğer biyolojik özellikler cinsiyetin tahminine bağlıdır ve adli antropologlar için büyük öneme sahiptir (Bonczarowska, Bonicelli, Papadomanolakis, & Kranioti, 2019).

Günümüz adli antropologların kullandığı birçok teknik vardır. Örneğin bu tekniklerin içinde en güvenilir olarak görülen DNA teknolojisi, avantajın yanında birçok dezavantajı beraberinde getirmektedir. DNA teknolojisi'nin pahalı, gelişmiş laboratuvar imkanı ve deneyimli personel gerektirmesi, her zaman her biyolojik örneğin DNA izolasyonu için elverişli olmaması ve hızlı sonuç elde edilememesi gibi dezavantajları mevcuttur. Antropometri ise cinsiyet tahmini açısından birçok avantajı kendinde barındırır. Antropometri ucuz, kolay uygulanabilir, yüksek doğruluğa ve geçerliliğe sahip, gelişmiş laboratuvar ve deneyimli personel gerektirmeyen, hızlı sonuç almaya elverişli bir yöntemdir (Ahmed, 2013).

Pelvis iskeleti cinsiyet tahmininde en dimorfik bölge olarak kabul edilir ve adli antropologlar tarafından tercih edilmektedir. Pelvis iskeletinin en dimorfik bölge olmasındaki temel etken doğum morfolojisi kaynaklıdır (Blake & HarDNett-McCann, 2018). Cinsiyet hormonları (östrojenler ve androjenler), bireyin yaşam sürecinde çeşitli düzeyde bulunur ve iskelet sistemi gelişimi üzerine etkileri mevcuttur. Kadınlarda doğumun gerçekleşebilmesi için kemik çatının doğum için gerekli biyomekanik şartları sağlaması gerekmektedir. Erkeklerde ise pelvis iskeleti erkek vücut büyüklüğünü taşıyabilmesi için gerekli biyomekanik özellik taşıması gerekmektedir. Bu biyomekanik farklılık ve hormonların etkisi pelvis iskeletinin en

dimorfik bölge olmasını sağlayan kuvvetli etkenler arasındadır (Best et al., 2018). Yapılan bir çalışmada Phenice, %95 doğruluk oranı elde etmiştir (Phenice, 1969). Başka bir çalışmada Schulter, Ellis ve arkadaşları %96 oranında doğruluk oranı elde etmişlerdir (Schulter-Ellis, Schmidt, Hayek, & Craig, 1983).

Geleneksel osteometrik yöntemlerin yerine görüntüleme teknolojilerinden biri olan BT adli antropolojide kullanılmaya başlamıştır. BT hassas, maliyeti az, öncesinde herhangi bir işlem gerektirmeyen, hızlı ve rekonstrüksiyon imkanı olan bir yöntem olduğu için adli antropologlar tarafından tercih edilmektedir (Djorojevic, Roldan, Garcia-Parra, Aleman, & Botella, 2014). BT kemik dokunun ortogonal düzleme getirilmesine, yönünün değiştirilmesine, kemiğin her bir parçasının görüntülenmesine imkan sağladığı için uzunluk, açı, koordinat ölçümlerinin en minimum şekilde etkilenecek biçimde hesaplanmasına olanak sağlamaktadır (Oner et al., 2019). Yapmış olduğumuz bu çalışmada cinsiyet tahmini için BT görüntüleri kullanılmış olup; yönelimden etkilenmemesi için görüntüler ortogonal düzleme getirilmiştir. Literatürde görüntülerin ortogonal düzleme getirilip getirilmediği hakkında bir bilgi ile karşılaşılmamıştır. Bu sayede geleneksel yöntemlere göre daha objektif, daha az maliyetli ve kısa sürede çalışmamızı tamamlamış olduk.

Literatür incelendiğinde, Pretorius ve ark. Güney Afrikalı siyahi bireyler üzerine yaptığı çalışmada incisura ischiadica'ya işaret noktaları yerleştirerek Geometric Morphometric yöntemi ile %90,27 oranında doğruluk elde etmişlerdir (Pretorius, Steyn, & Scholtz, 2006).

Coelho ve Curate'nin pelvis iskeleti üzerinde yaptığı çalışmada pelvik yükseklik, bispinatik genişlik ve subpubik açığı kullanarak RO ile %86 oranında cinsiyeti tahmin edilebildiğini tespit etmişlerdir (d'Oliveira Coelho & Curate, 2019). Yapmış olduğumuz çalışmada ise 10, 11, 12, 13, 14 numaralı uzunlukları ve 35,36,40,37,38,39,41,42 numaralı açıları kullanarak RO ile %93 doğruluk oranı elde edildi.

Navega ve ark. tarafından Coimbra iskelet koleksiyondaki ossa tarsi kullanılarak yapılan çalışmada LR ve DDA ile %86 doğruluk oranı elde etmişlerdir. Aynı

çalışmadaki 21. yüzyıl ossa tarsi üzerinden yapılan ölçümlerde ise LR ve DDA ile %85 doğruluk oranı elde etmişlerdir (Navega, Vicente, Vieira, Ross, & Cunha, 2015). Yapmış olduğumuz çalışmada ise 2, 3, 4, 5, 6, 7, 33, 34 numaralı uzunlukları ve 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42 numaralı açıları kullanarak LR ile %94 doğruluk oranı, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 33, 34, 10, 11, 12, 13, 14, 31, 32, 19, 15, 16, 17, 20, 21, 22 numaralı uzunlukları ve 35, 36, 40, 37, 38, 39, 41, 42 numaralı açıları kullanarak DDA ile yaptığımız çözümlemede ise %96 oranında doğruluk elde edildi. Pelvis iskeleti üzerinden yapılan bu çalışmada LR ve DDA çözümlenmeleri ossa tarsi ile yapılan çözümlmeye göre daha yüksek doğruluk oranı elde edilmiştir.

Curate ve ark. os femoris üzerinden yaptıkları çalışmada LR ile %84-91, DDA kullanarak %85.5-92.5 doğruluk oranı elde etmişlerdir (Curate et al., 2017). Santos ve ark. Fransa, Portekiz, Amerika Birleşik Devletleri, Tayland halkına ait cranium üzerine yaptıkları çalışmada DDA ve LR ile toplamda %80 oranında ham doğruluk elde etmişlerdir (Santos et al., 2014). Yapmış olduğumuz çalışmada ise DDA ile %90-96, LR ile %90-94 oranında doğruluk oranı elde edilmiştir.

Savall ve ark. os coxae üzerinden yaptıkları çalışmada KA ile %92 doğruluk oranı elde etmişlerdir (Savall et al., 2015). Pelvis iskeleti üzerinde yaptığımız çalışmada ise KA 4 modelinde %93 doğruluk oranı elde edilmiştir.

Literatür incelendiğinde bizim bilgilerimize göre ADA ve EAS ile cinsiyet tahmini yapılmadığı görülmüştür. Yaptığımız bu çalışmada ADA ile %91-94, EAS ile %90-93 arasında doğruluk oranı elde edilmiştir. Bu sonuca dayanarak, yaygın kullanılan makine öğrenme algoritmaların yanı sıra diğer makine öğrenme algoritmalarında cinsiyet tahmininde yüksek oranlarda doğruluk elde edilebileceği gösterilmiştir.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Herhangi bir felaket, kaza, doğal afet, savaş, toplumun genelini etkileyen durumlarda cansız bireylere ait kimlik tespiti için gerekli olmaktadır. Yaptığımız çalışmada 300 bireye (150 kadın-150 erkek) ait pelvis BT görüntüleri üzerinden ölçümler yapılarak makine öğrenme algoritmaları ile analiz edilerek aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

Cinsiyet tahmininde pelvis iskeleti üzerinde yapılan ölçümlerde makine öğrenme algoritması olan KA, RO, LR, ADA, DDA, EAS'nin %90-96 oranında yüksek doğruluğa sahip olduğu tespit edilmiştir.

Öneriler:

Çalışmamızın geometrik morfometrik yöntemi ile de desteklenerek daha fazla doğruluk sonucuna ulaşılabileceğini düşünmekteyiz.

7. KAYNAKLAR

- Ahmed, A. A. (2013). Estimation of sex from the upper limb measurements of Sudanese adults. *J Forensic Leg Med*, 20(8), 1041-1047. doi:10.1016/j.jflm.2013.09.031
- Akkoc, B., Arslan, A., & Kok, H. (2017). Automatic gender determination from 3D digital maxillary tooth plaster models based on the random forest algorithm and discrete cosine transform. *Comput Methods Programs Biomed*, 143, 59-65. doi:10.1016/j.cmpb.2017.03.001
- Ali, Z., Cox, C., Stock, M. K., Zandee vanRilland, E. E., Rubio, A., & Fowler, D. R. (2018). Estimating Sex Using Metric Analysis of the Scapula by Postmortem Computed Tomography. *J Forensic Sci*, 63(5), 1346-1349. doi:10.1111/1556-4029.13751
- Arıncı, K., Elhan, A. (2016). *Anatomi (kemik,eklemler, kaslar, iç organlar)*. ankara.
- Best, K. C., Garvin, H. M., & Cabo, L. L. (2018). An Investigation into the Relationship between Human Cranial and Pelvic Sexual Dimorphism. *J Forensic Sci*, 63(4), 990-1000. doi:10.1111/1556-4029.13669
- Blake, K. A. S., & Hartnett-McCann, K. (2018). Metric Assessment of the Pubic Bone Using Known and Novel Data Points for Sex Estimation. *J Forensic Sci*, 63(5), 1472-1478. doi:10.1111/1556-4029.13732
- Bonczarowska, J. H., Bonicelli, A., Papadomanolakis, A., & Kranioti, E. F. (2019). The posterior portion of the ilium as a sex indicator: A validation study. *Forensic Sci Int*, 294, 216 e211-216 e216. doi:10.1016/j.forsciint.2018.10.031
- Bottigliengo, D., Berchiolla, P., Lanera, C., Azzolina, D., Lorenzoni, G., Martinato, M., . . . Gregori, D. (2019). The Role of Genetic Factors in Characterizing Extra-Intestinal Manifestations in Crohn's Disease Patients: Are Bayesian Machine Learning Methods Improving Outcome Predictions? *J Clin Med*, 8(6). doi:10.3390/jcm8060865
- Bui, X. N., Jaroonpattanapong, P., Nguyen, H., Tran, Q. H., & Long, N. Q. (2019). A Novel Hybrid Model for Predicting Blast-Induced Ground Vibration Based on k-Nearest Neighbors and Particle Swarm Optimization. *Sci Rep*, 9(1), 13971. doi:10.1038/s41598-019-50262-5
- Colman, K. L., van der Merwe, A. E., Stull, K. E., Dobbe, J. G. G., Streekstra, G. J., van Rijn, R. R., . . . de Boer, H. H. (2019). The accuracy of 3D virtual bone models of the pelvis for morphological sex estimation. *Int J Legal Med*. doi:10.1007/s00414-019-02002-7
- Curate, F., Umbelino, C., Perinha, A., Nogueira, C., Silva, A. M., & Cunha, E. (2017). Sex determination from the femur in Portuguese populations with classical and machine-learning classifiers. *J Forensic Leg Med*, 52, 75-81. doi:10.1016/j.jflm.2017.08.011

- d'Oliveira Coelho, J., & Curate, F. (2019). CADOES: An interactive machine-learning approach for sex estimation with the pelvis. *Forensic Sci Int*, 302, 109873. doi:10.1016/j.forsciint.2019.109873
- Decker, S. J., Davy-Jow, S. L., Ford, J. M., & Hilbelink, D. R. (2011). Virtual determination of sex: metric and nonmetric traits of the adult pelvis from 3D computed tomography models. *J Forensic Sci*, 56(5), 1107-1114. doi:10.1111/j.1556-4029.2011.01803.x
- Decker, S. J., Foley, R., Hazelton, J. M., & Ford, J. M. (2019). 3D analysis of computed tomography (CT)-derived lumbar spine models for the estimation of sex. *Int J Legal Med*. doi:10.1007/s00414-019-02001-8
- Denis, M., Wan, L., Fatemi, M., & Alizad, A. (2018). Ultrasound Characterization of Bone Demineralization Using a Support Vector Machine. *Ultrasound Med Biol*, 44(3), 714-725. doi:10.1016/j.ultrasmedbio.2017.11.004
- Desir, C., Petitjean, C., Heutte, L., Salaun, M., & Thiberville, L. (2012). Classification of endomicroscopic images of the lung based on random subwindows and extra-trees. *IEEE Trans Biomed Eng*, 59(9), 2677-2683. doi:10.1109/TBME.2012.2204747
- Djorojevic, M., Roldan, C., Garcia-Parra, P., Aleman, I., & Botella, M. (2014). Morphometric sex estimation from 3D computed tomography os coxae model and its validation in skeletal remains. *Int J Legal Med*, 128(5), 879-888. doi:10.1007/s00414-014-1033-x
- Ersoy, A. (2012). Arkeoloji ve antropoloji. *İnsan Bilim*, 1, 1-5.
- Fliss, B., Luethi, M., Fuernstahl, P., Christensen, A. M., Sibold, K., Thali, M., & Ebert, L. C. (2019). CT-based sex estimation on human femora using statistical shape modeling. *Am J Phys Anthropol*, 169(2), 279-286. doi:10.1002/ajpa.23828
- Giurazza, F., Schena, E., Del Vescovo, R., Cazzato, R. L., Mortato, L., Saccomandi, P., . . . Zobel, B. B. (2013). Sex determination from scapular length measurements by CT scans images in a Caucasian population. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2013, 1632-1635. doi:10.1109/EMBC.2013.6609829
- Gu, W., Xie, X., He, Y., & Zhang, Z. (2018). [Drug-target protein interaction prediction based on AdaBoost algorithm]. *Sheng Wu Yi Xue Gong Cheng Xue Za Zhi*, 35(6), 935-942. doi:10.7507/1001-5515.201802026
- Krems, R. V. (2019). Bayesian machine learning for quantum molecular dynamics. *Phys Chem Chem Phys*, 21(25), 13392-13410. doi:10.1039/c9cp01883b
- Lou, W., Wang, X., Chen, F., Chen, Y., Jiang, B., & Zhang, H. (2014). Sequence based prediction of DNA-binding proteins based on hybrid feature selection using random forest and Gaussian naive Bayes. *PLoS One*, 9(1), e86703. doi:10.1371/journal.pone.0086703
- Mishra, G., Sehgal, D., & Valadi, J. K. (2017). Quantitative Structure Activity Relationship study of the Anti-Hepatitis Peptides employing Random Forests and Extra-trees regressors. *Bioinformatics*, 13(3), 60-62. doi:10.6026/97320630013060

- Navega, D., Vicente, R., Vieira, D. N., Ross, A. H., & Cunha, E. (2015). Sex estimation from the tarsal bones in a Portuguese sample: a machine learning approach. *Int J Legal Med*, 129(3), 651-659. doi:10.1007/s00414-014-1070-5
- Oner, Z., Turan, M. K., Oner, S., Secgin, Y., & Sahin, B. (2019). Sex estimation using sternum part lengths by means of artificial neural networks. *Forensic Sci Int*, 301, 6-11. doi:10.1016/j.forsciint.2019.05.011
- Ozcoban, M. S., Isenkul, M. E., Gunes-Durak, S., Ormanci-Acar, T., Ovez, S., & Tufekci, N. (2018). Predicting permeability of compacted clay filtrated with landfill leachate by k-Nearest Neighbors modelling method. *Water Sci Technol*, 77(7-8), 2155-2164. doi:10.2166/wst.2018.139
- Ömeroğlu, Ö. (2014). Ceza mahkemesinde şüpheli ve sanığın fizik kimlik tespiti. *Türkiye Barolar Birliği*, 115, 62-102.
- Park, S., Park, H., Im, J., Yoo, C., Rhee, J., Lee, B., & Kwon, C. (2019). Delineation of high resolution climate regions over the Korean Peninsula using machine learning approaches. *PLoS One*, 14(10), e0223362. doi:10.1371/journal.pone.0223362
- Phenice, T. W. (1969). A newly developed visual method of sexing the os pubis. *Am J Phys Anthropol*, 30(2), 297-301. doi:10.1002/ajpa.1330300214
- Pickering RB, B. D. (1997). *The use of forensic anthropology: crc press*
- Pisor, A. C., & Surbeck, M. (2019). The evolution of intergroup tolerance in nonhuman primates and humans. *Evol Anthropol*. doi:10.1002/evan.21793
- Pretorius, E., Steyn, M., & Scholtz, Y. (2006). Investigation into the usability of geometric morphometric analysis in assessment of sexual dimorphism. *Am J Phys Anthropol*, 129(1), 64-70. doi:10.1002/ajpa.20251
- Raizada, R. D., & Lee, Y. S. (2013). Smoothness without smoothing: why Gaussian naive Bayes is not naive for multi-subject searchlight studies. *PLoS One*, 8(7), e69566. doi:10.1371/journal.pone.0069566
- Santos, F., Guyomarc'h, P., & Bruzek, J. (2014). Statistical sex determination from craniometrics: Comparison of linear discriminant analysis, logistic regression, and support vector machines. *Forensic Sci Int*, 245, 204 e201-208. doi:10.1016/j.forsciint.2014.10.010
- Santos, F., Guyomarc'h, P., Rmoutilova, R., & Bruzek, J. (2019). A method of sexing the human os coxae based on logistic regressions and Bruzek's nonmetric traits. *Am J Phys Anthropol*, 169(3), 435-447. doi:10.1002/ajpa.23855
- Savall, F., Faruch-Bilfeld, M., Dedouit, F., Sans, N., Rousseau, H., Rouge, D., & Telmon, N. (2015). Metric Sex Determination of the Human Coxal Bone on a Virtual Sample using Decision Trees. *J Forensic Sci*, 60(6), 1395-1400. doi:10.1111/1556-4029.12845
- Schulter-Ellis, F. P., Schmidt, D. J., Hayek, L. A., & Craig, J. (1983). Determination of sex with a discriminant analysis of new pelvic bone measurements: Part I. *J Forensic Sci*, 28(1), 169-180. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6680735>

- Song, Y. Y., & Lu, Y. (2015). Decision tree methods: applications for classification and prediction. *Shanghai Arch Psychiatry*, 27(2), 130-135. doi:10.11919/j.issn.1002-0829.215044
- Spradley, M. K., & Jantz, R. L. (2011). Sex estimation in forensic anthropology: skull versus postcranial elements. *J Forensic Sci*, 56(2), 289-296. doi:10.1111/j.1556-4029.2010.01635.x
- Stoltzfus, J. C. (2011). Logistic regression: a brief primer. *Acad Emerg Med*, 18(10), 1099-1104. doi:10.1111/j.1553-2712.2011.01185.x
- Şahiner, Y. Y., H. (2007). erkek ve bayanlarda kafatası kemiğinden geometrik morfolometri metoduyla cinsiyet tayini ve ramus flexura. *Atatürk Üniversitesi Vet. Bil.*, 2, 134-142.
- Taner, D., Sancak, B., Akşit, D., Cumhuri, M., İlgi, S., Kural, E., Başar, R. (2017). Fonksiyonel Anatomi Ekstremiteler ve Sırt Bölgesi. *ankara*.
- Velikova, M., Lucas, P. J., Samulski, M., & Karssemeijer, N. (2013). On the interplay of machine learning and background knowledge in image interpretation by Bayesian networks. *Artif Intell Med*, 57(1), 73-86. doi:10.1016/j.artmed.2012.12.004
- Wang, D., Qiao, H., Zhang, B., & Wang, M. (2013). Online support vector machine based on convex hull vertices selection. *IEEE Trans Neural Netw Learn Syst*, 24(4), 593-609. doi:10.1109/TNNLS.2013.2238556
- Yu, S., Tan, K. K., Sng, B. L., Li, S., & Sia, A. T. (2014). Feature extraction and classification for ultrasound images of lumbar spine with support vector machine. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc*, 2014, 4659-4662. doi:10.1109/EMBC.2014.6944663
- Zeyfeoğlu, Y. H., İ. H. (2001). İnsanlarda Kimlik Tespiti. *sted*, 10, 375-377.

8. EKLER

Ek 1. Etik Kurul Onay Yazısı



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

Sayı : 77192459-050.99-E.41208
Konu : 6/23 Nolu Karar

07/10/2019

Sayın Dr. Öğr.Üyesi Zülal ÖNER

Etik Kurulumuza sunmuş olduğunuz "**Pelvis Bilgisayarlı Tomografi Görüntülerinden Elde Edilen Parametreler İle Makine Öğrenme Algoritmaları Kullanılarak Cinsiyet Tahmini Üzerine Bir Deneme**" başlıklı çalışmanız incelenmiş olup etik olarak uygun olduğuna kurulumuz üyelerinin oy birliği ile karar verilmiştir.

Bilgilerinize rica ederim.

e-imzalıdır
Dr. Öğr.Üyesi Zafer LİMAN
Kurul Başkanı

30/09/2019 Bilgisayar İşletmeni

İrfan SENCAR

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

Bilgi için: İrfan SENCAR
Unvanı: Bilgisayar İşletmeni

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

9. ÖZGEÇMİŞ

Yusuf SEÇGİN 1993’da Ankara’da doğdu; ilk ve orta öğretimini Denizli’de tamamladı, Denizli Nevzat Erten Anadolu Lisesi’nden mezun olduktan sonra Mustafa Kemal Üniversitesi Veteriner Fakültesi’ne girdi; 2018 yılında Karabük Üniversitesi Tıp Fakültesi Anatomi anabilim dalında araştırma görevlisi olarak görevine başladı ve halen görevine devam etmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Şirinevler Mah. Atlıhan Cad.

Türkdal Apt. No:9 Kat:4 Daire:7

Merkez/KARABÜK

Tel : 0 (507) 784 46 72

E-posta: yusufsecgin@karabuk.edu.tr