

**T.C.**

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ**

**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**ANTROPOLOJİ (FİZİK ANTROPOLOJİ) ANABİLİM DALI**

**İNSAN KULAĞINDAN GEOMETRİK MORFOMETRİ ANALİZİ İLE YAŞ  
TAHMİNİ**

Doktora Tezi

**VAHDET ÖZKOÇAK**

ANKARA - 2017

**T.C.**

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ**

**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**ANTROPOLOJİ (FİZİK ANTROPOLOJİ) ANABİLİM DALI**

**İNSAN KULAĞINDAN GEOMETRİK MORFOMETRİ ANALİZİ İLE YAŞ  
TAHMİNİ**

**Doktora Tezi**

**VAHDET ÖZKOÇAK**

**Tez Danışmanı**

**Prof. Dr. Timur GÜLTEKİN**

**ANKARA - 2017**

T.C.

ANKARA ÜNİVERSİTESİ

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

ANTROPOLOJİ (FİZİK ANTROPOLOJİ) ANABİLİM DALI

İNSAN KULAĞINDAN GEOMETRİK MORFOMETRİ ANALİZİ İLE YAŞ

TAHMİNİ

Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Timur GÜLTEKİN

Tez Jürisi Üyeleri

**Adı ve Soyadı**

**İmzası**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Tez Sınav Tarihi:

**TÜRKİYE CUMHURİYETİ**

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ**

**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE**

Bu belge ile bu tezdeki bütün bilgilerin akademik kurallara ve etik davranış ilkelerine uygun olarak toplanıp sunulduğunu beyan ederim. Bu kural ve ilkelerin gereği olarak, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce ve sonuçları andığımı ve kaynağını gösterdiğimi ayrıca beyan ederim. ( / / 2017)

Tezi Hazırlayan Öğrencinin

Adı ve Soyadı

Vahdet ÖZKOÇAK

İmzası

## ÖNSÖZ

Bu Doktora tezinin ana konusu ve çalışma alanı, başta biyolojik antropoloji olmak üzere adli bilimler ve adli kimliklendirme alanlarında bilim insanlarının sıklıkla kullandığı geometrik morfometri tekniği ile kulaktan yaş tahmini olmuştur. İnter disiplinler çalışmalarda antropoloji, biyoloji, zooloji, arkeoloji, adli bilimler ve hatta enformatik alanında sıklıkla kullanılan bu yöntem Türkiye’de henüz yeteri kadar bilinmemekte, özellikle bilimsel çalışmalarda ve lisansüstü tezlerde pek kullanılmamaktadır. Yapılan çalışmalar zooloji alanında bal arıları, biyoloji alanında ise insan üzerinde yumuşak dokudan bazı hesaplamaların yapılması ile sınırlıdır. İnsan üzerinde yapılan çalışmalar iskelet, özellikle kafatası kemikleri üzerinde ve antik toplumlardan kalan materyal üzerine sınırlanmıştır. Özellikle ülkemizde insan yumuşak dokusu üzerine yapılan çalışma ve araştırmalar, lisansüstü seviyede sayıca azdır. Bu sebeple de yapmış olduğumuz bu tez, yaşayan insanda dış kulaktan (auricle) geometrik morfometri teknikleri kullanılarak yaş tahmini üzerine regresyon formülünün ortaya konduğu ilk çalışma olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmada atılan tüm adımlar şekil ve görsellerle detaylandırılmış ve 15 farklı istatistik analiz ile de örneklemden elde edilen veriler açıklanmış olup, bu alanda çalışma yapmak isteyen bilim insanlarına, lisans ve lisansüstü öğrencilere önemli bir kaynak olması da hedeflenmiştir. Çalışmada kullanılan materyalin özelliklerinden, istatistiki verilerin yorumlanacağı programa ve örneklemin fotoğraflanmasına kadar atılan tüm adımlar alanında uzman bilim insanlarının katkıları ile ortaya çıkmıştır. Ayrıca örneklemin bulunması ve fotoğraflarının çekilmesinde ayrı bir çaba sarf edilmiştir. Ele alınan bu tez çalışmasının her aşamasında ayrı emek sarf edilmiştir. Kullanılan

yöntem ve örneklem bakımından yapılan bu tez çalışması, kulaktan yaş tahmini konusunda ilk çalışma olarak bilim dünyasına önemli katkılar sağlayacaktır.

Ankara Üniversitesi Antropoloji bölümüne girdiğim andan beri desteğini esirgemeyen Lisans, Yüksek Lisans ve Doktorada danışmanlığımı yapmayı kabul eden, bu tezin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, Fizik Antropoloji alanında yapılan ve Adli Antropoloji alanına da katkı sağlar nitelikte olan bu tez çalışmasında desteklerini her zaman sunan Sayın Prof. Dr. Timur GÜLTEKİN'e sonsuz teşekkürlerimi arz ederim.

Tez İzleme Komitelerimde yer alan ve engin bilgilerinden yararlandığım Bozok Üniversitesi Turizm Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Galip AKIN'a ve yine Tez İzleme Komitelerimde yer alan Ahi Evran Üniversitesi Antropoloji Bölümü, Fizik Antropoloji ABD Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Yener BEKTAŞ'a, Bölüm Başkanım ve Adli Antropoloji'yi bize sevdiren Sayın Prof. Dr. Ayla SEVİM EROL hocama, tezin en son gözden geçirilmesinde desteklerini esirgemeyen Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Türk Dili Okutmanı hocam Sayın Ahmet ESATOĞLU'na, Süleyman Demirel Üniversitesi Tıp Fakültesi Arş. Gör. arkadaşım Vehbi Atahan TOĞAY'a, Osmangazi Üniversitesi Eğitim Fakültesi Arş. Gör. arkadaşım Erman KAYIŞDAĞ'a, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uzman arkadaşım Hüseyin KARAOĞLU'na ve Doktora tez çalışması kapsamında iskelet materyalden alanında ilk çalışmayı yapan, her zaman yardımlarını esirgemeyen Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi'nden değerli arkadaşım Arş. Gör. Dr. Ahmet İhsan AYTEK'e ve veri madenciliği alanında uzman olan, engin bilgileri ile tezimde kullandığım istatistiksel analizlerin sonuçlarını yorumlamamda yardımcı olan Adnan

Menderes Üniversitesi'nden değerli arkadaşım Yrd. Doç. Dr. Asil ALKAYA'ya teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Son olarak tezin tashih işlerinde ve diğer tüm adımlarda bana yardımcı olan, manevi desteklerini esirgemeyen, çalışmamı başarı ile tamamlamamı sağlayan ve kendisi de Antropolog olan sevgili eşim Esra ÖZKOÇAK'a ve oğlum Mert ÖZKOÇAK'a içten teşekkürlerimi sunarım.



## İçindekiler

Önsöz.....	i
İçindekiler.....	iv
Şekiller Dizini.....	viii
Tablolar Dizini.....	xii
<b>1. BÖLÜM: GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. BÖLÜM: KURAMSAL BİLGİLER.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1 Adli Antropolojinin Gelişimi ve Tarihçesi.....</b>	<b>5</b>
<b>2.1.1 Adli Bilimlerde ve Kimliklendirmede Kulağın Yeri, Önemi ve Tarihçesi.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2 Adli Antropolojide Kulaktan Kimliklendirme İşlemleri.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.1 Adli Yüz Tanıma ve Otomatik Yüz Tanıma.....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.2 Profil Yüz Resimlerinde Kulak Bölgesi Algılama.....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.3 Kayıtlı Verilerden Otomatik Kulak Bölme Prosedürleri.....</b>	<b>32</b>
<b>2.2.4 İki Boyutlu ve Üç Boyutlu Çalışmalar.....</b>	<b>39</b>
<b>2.3 Kulağın Yapısı ve Özellikleri: Biyolojik ve Anatomik Yaklaşım...43</b>	
<b>2.3.1 Dış Kulak (Auris Externa) Embriyolojisi ve Anatomisi.....</b>	<b>50</b>
<b>2.3.2 Kulak Biyometrisi.....</b>	<b>54</b>
<b>2.3.3 Kulakta Oluşan Varyasyonlar, Şekil Bozuklukları ve Önemi.....</b>	<b>60</b>
<b>2.4 Geometrik Morfometri.....</b>	<b>64</b>



2.4.1	Geometrik Morfometri Analizi, Kullanım Alanları ve Sistematikteki Yeri.....	64
2.4.2	Türkiye’de Geometrik Morfometri ve Antropometrik Kulak Bölgesi Çalışmaları.....	77
2.4.3	Dünyada Geometrik Morfometri ve Antropometrik Kulak Bölgesi Çalışmaları.....	83
2.4.4	Adli Kulak Kimliklendirme Araştırma Projesi (Forensic Ear Identification –FearID) ve Kulak İzi Edinmede Tekrarlanabilirlik ve Uyarlılık.....	92
2.5	Genel Şekil Analizi.....	96
2.6	Anatomik Noktalar (Landmark).....	97
2.7	Amaç.....	98
<b>3</b>	<b>BÖLÜM: MATERYAL VE METOT.....</b>	<b>100</b>
3.1	Materyal.....	100
3.2	Metot.....	102
3.2.1	Örneklemin Fotoğraflanması.....	104
3.2.2	Yumuşak Dokudan ve Kulaktan Yaş Belirleme Noktaları.....	106
3.2.3	TPS Dosyalarının Hazırlanması.....	106
3.2.4	Anatomik Noktaların (Landmarkların) Belirlenmesi.....	107
3.2.5	Anatomik Noktaların (Landmarkların) İşaretlenmesi.....	107

<b>3.3</b>	<b>İstatistiksel Analizler</b> .....	120
<b>3.3.1</b>	Temel Bileşenler Analizi (PCA).....	120
<b>3.3.2</b>	T Testi (Eşit Ortalamalar Testi).....	120
<b>3.3.3</b>	F Testi (Eşit Varyanslar Testi).....	121
<b>3.3.4</b>	Eşit Medyanlar Testi (Mann- Whitney Testi).....	121
<b>3.3.5</b>	Kolmogorov-Smirnov Testi.....	121
<b>3.3.6</b>	Tek Yönlü Varyans Analizi (One-way ANOVA).....	122
<b>3.3.7</b>	Normal Yapıya Göre Artık Analizi (Residual Analysis).....	123
<b>3.3.8</b>	Kruskan Wallis Testi .....	124
<b>3.3.9</b>	Normal Dağılım Testi.....	124
<b>3.3.10</b>	Doğrusal Uygunluk (Linear Fit).....	125
<b>3.3.11</b>	Normal En Küçük Kareler Regresyonu (Ordinary Least Squares Regression: G1X-G1Y).....	126
<b>3.3.12</b>	Saçılım (Scatter).....	126
<b>3.3.13</b>	Genelleştirilmiş Doğrusal Model (Generalized Linear Model).....	127
<b>3.3.14</b>	Morfoloji Procrustes Landmark Merkezli Uygunluk Analizi (Morphoj Procrustes Fit).....	127
<b>3.3.15</b>	Regresyon Analizi (Regression Analysis).....	128
<b>4 BÖLÜM:</b>	<b>BULGULAR</b> .....	130
<b>4.1</b>	Grup 1 (20-39 Yaş Arası).....	134
<b>4.2</b>	Grup 2 (40-59 Yaş Arası).....	153

4.3	Grup 3 (60 Yaş ve Üzeri).....	169
5 BÖLÜM:	TARTIŞMA.....	198
6 BÖLÜM:	SONUÇ.....	212
7 BÖLÜM:	ÖNERİLER.....	215
	Kaynakça.....	217
	Özet.....	236
	Summary.....	238
	EK-1.....	240
	EK-2.....	241
	EK-3.....	246

## Şekiller Dizini

Şekil 1	Dış kulak mesafe hesaplama noktaları (Kumar ve ark., 2011).....	20
Şekil 2	Uzun süre sonra yakalanan Radovan Karadziç (Nixon ve ark., 2010).....	29
Şekil 3	Kulaktan görüntü alma prosedürü (Kumar ve ark.,2011).....	33
Şekil 4	Fourier tanımlayıcıları kullanmadan önce kulak şekli sınırları 4. Otomatik yerleştirme – (c) ve Fourier tanımlayıcıları kullandıktan sonra (d) – (f), (Kumar ve ark., 2011).....	34
Şekil 5	a ve c rotasyon öncesi b ve d rotasyon sonrası (Kumar ve ark., 2011).....	34
Şekil 6	Log-Gabor yöntemi ile resimden eşleştirme (Kumar ve ark., 2011).....	35
Şekil 7	Veri tabanından otomatik olarak çıkarılan görüntülerde mesafe noktalarının konumu (Kumar ve ark., 2011).....	35
Şekil 8	Veri tabanında kullanılan kulak görüntüleri (a) taranmış kulak ve (b) kesit alınmış kulak görüntüsü (Kumar ve ark., 2011).....	37
Şekil 9	Kulağın embriyolojik gelişimi (Yahyaoglu, 2015).....	52
Şekil 10	Biyometri model gelişimi (Nixon ve ark., 2010).....	55
Şekil 11	Anotia ve microtia durumu oluşumu (Bartel F. ve Wulk, 2007).....	61
Şekil 12	Auriculanın biçiminde meydana gelebilecek çeşitli bozukluklar (Bartel F. ve Wulk, 2007).....	62
Şekil 13	Toplanan verilere genel bakış (Alberink ve Ruifrok, 2008).....	96
Şekil 14	Belirlenmiş 11 Semi-Landmark (anatomik nokta).....	101
Şekil 15	Dış mekânda çekim pozisyonu 1.....	105
Şekil 16	Dış mekânda çekim pozisyonu 2.....	105
Şekil 17	Soldan gönüllü kulak çekimi.....	106
Şekil 18	tpsUtil 1.69'a eldeki görsellerin Tps dosyasına dönüştürülmesi adım 1...108	
Şekil 19	tpsUtil 1.69'a eldeki görsellerin Tps dosyasına dönüştürülmesi adım 2...109	
Şekil 20	tpsUtil 1.69'a eldeki görsellerin Tps dosyasına dönüştürülmesi adım 3...110	
Şekil 21	tpsUtil 1.69'a eldeki görsellerin Tps dosyasına dönüştürülmesi adım 4...110	
Şekil 22	tpsUtil 1.69'a eldeki görsellerin Tps dosyasına dönüştürülmesi adım 5...111	

<b>Şekil 23</b> tpsUtil 1.69'a eldeki görsellerin Tps dosyasına dönüştürülmesi adım 6...	112
<b>Şekil 24</b> tpsUtil 1.69'a eldeki görsellerin Tps dosyasına dönüştürülmesi adım 7...	112
<b>Şekil 25</b> tpsUtil 1.69'a eldeki görsellerin Tps dosyasına dönüştürülmesi adım 8...	113
<b>Şekil 26</b> tpsUtil 1.69'a eldeki görsellerin Tps dosyasına dönüştürülmesinde son adım olan 9.adım.....	113
<b>Şekil 27</b> Kulak işaretleme işlemi.....	114
<b>Şekil 28</b> tpsdig programına görsellerin landmarklarının belirlenerek verilerin alınması adım 1.....	114
<b>Şekil 29</b> tpsdig programına görsellerin landmarklarının belirlenerek verilerin alınması adım 2.....	115
<b>Şekil 30</b> tpsdig programına görsellerin landmarklarının belirlenerek verilerin alınması adım 3.....	115
<b>Şekil 31</b> tpsdig programına görsellerin landmarklarının belirlenerek verilerin alınması adım 4.....	116
<b>Şekil 32</b> tpsdig programına görsellerin landmarklarının belirlenerek verilerin alınması adım 5 ve 6.....	117
<b>Şekil 33</b> tpsdig programına görsellerin landmarklarının belirlenerek verilerin alınması adım 7 ve 8.....	118
<b>Şekil 34</b> tpsdig programına görsellerin landmarklarının belirlenerek verilerin alınması adım 9 ve 10.....	119
<b>Şekil 35</b> tpsdig programına görsellerin landmarklarının belirlenerek verilerin alınması adım 10.....	119
<b>Şekil 36</b> Grup 1 Temel Bileşenler Analizi özdeğer varyans grafiği.....	136
<b>Şekil 37</b> Grup 1 bireylerinin x-y koordinatlarına göre gösterimi.....	137
<b>Şekil 38</b> Grup 1 bireylerinin x-y koordinatlarına göre %95 güven elipsi gösterimi.....	137
<b>Şekil 39</b> Grup 1 bireylerinin x-y koordinatlarına göre nokta güven aralığı gösterimi.....	138
<b>Şekil 40</b> Grup 1'in normal sıra istatistik medyanlarına göre elde edilen artık değerleri.....	145
<b>Şekil 41</b> Grup 1'in normal sıra istatistik medyanlarına göre elde edilen artık değerleri frekans dağılımı.....	145

<b>Şekil 42</b> Grup 1 doğrusal uygunluk grafiği (En küçük kareler yöntemi, eğim=0,62983 sabit=262,18 $G1Y=262,18+0,62983(G1X)$ ).....	147
<b>Şekil 43</b> Grup 1 bireylerinin verilerinin regresyon sonucunda x koordinatına göre artık değerleri grafiği.....	148
<b>Şekil 44</b> Grup 1 bireylerinin verilerinin regresyon sonucunda x koordinatına göre artık değerlerinin frekans dağılımı.....	149
<b>Şekil 45</b> Grup 1 verilerinin Procrustes dönüşümü.....	150
<b>Şekil 46</b> Grup 2 Temel bileşenler Analizi grafiği vektörel.....	155
<b>Şekil 47</b> Grup 2 bireylerinin x-y koordinatlarına göre nokta güven aralığı gösterimi.....	156
<b>Şekil 48</b> Grup 2'nin normal sıra istatistik medyanlarına göre elde edilen artık değerleri.....	161
<b>Şekil 49</b> Grup 2'nin normal sıra istatistik medyanlarına göre elde edilen artık değerleri frekans dağılımı.....	162
<b>Şekil 50</b> Grup 2 doğrusal uygunluk grafiği.....	163
<b>Şekil 51</b> Grup 2 bireylerinin verilerinin regresyon sonucunda x koordinatına göre artık değerleri grafiği.....	164
<b>Şekil 52</b> Grup 2 bireylerinin verilerinin regresyon sonucunda x koordinatına göre artık değerlerinin frekans dağılımı.....	165
<b>Şekil 53</b> Grup 2 verilerinin Procrustes dönüşümü.....	166
<b>Şekil 54</b> Grup 3 Temel Bileşenler Analizi özdeğer varyans grafiği.....	171
<b>Şekil 55</b> Grup 3 bireylerinin x-y koordinatlarına göre gösterimi.....	172
<b>Şekil 56</b> Grup 1 bireylerinin x-y koordinatlarına göre %95 güven elipsi gösterimi.....	173
<b>Şekil 57</b> Grup 3 bireylerinin x-y koordinatlarına göre %95 güven elipsi gösterimi.....	174
<b>Şekil 58</b> Grup 3'ün normal sıra istatistik medyanlarına göre elde edilen artık değerleri.....	178
<b>Şekil 59</b> Grup 3'ün normal sıra istatistik medyanlarına göre elde edilen artık değerleri frekans dağılımı.....	179
<b>Şekil 60</b> Grup 3 doğrusal uygunluk grafiği.....	182

<b>Şekil 61</b> Grup 3 bireylerinin verilerinin regresyon sonucunda x koordinatına göre artık değerleri grafiği.....	183
<b>Şekil 62</b> Grup 3 bireylerinin verilerinin regresyon sonucunda x koordinatına göre artık değerlerinin frekans dağılımı.....	183
<b>Şekil 63</b> Grup 3 verilerinin Procrustes dönüşümü.....	184
<b>Şekil 64</b> Bağımlı değişken 4’de tahminlenen, gözlemlenen ve artık değerler .....	EK-3
<b>Şekil 65</b> Bağımlı değişken 5’te tahminlenen, gözlemlenen ve artık değerler.....	EK-3
<b>Şekil 66</b> Bağımlı değişken 6’da tahminlenen, gözlemlenen ve artık değerler.....	EK-3



## Tablolar Dizini

<b>Tablo 1</b> Veri tabanında kullanımların performansları (Kumar ve ark., 2011).....	38
<b>Tablo 2</b> Kulaktan elde edilen görüntülerden biyometrik sistem çalışmaları ve veri tabanları (Yahyaoğlu, 2015).....	57
<b>Tablo 3</b> Grup 1 Temel Bileşenler Analizi Varyans Değerleri.....	134
<b>Tablo 4</b> Özdeğer varyansı-Toplam varyans karşılaştırması.....	136
<b>Tablo 5</b> Procrustesve tanjant kareler toplamı.....	136
<b>Tablo 6</b> Grup 1 bireyelerine ait verilerin iki boyutlu tek değişkenli istatistik analizi.....	139
<b>Tablo 7</b> Grup 1 bireyelerine ait verilerin iki boyutlu F ve T testleri.....	140
<b>Tablo 8</b> Grup 1 bireyelerine ait verilerin iki boyutlu temel istatistiği.....	140
<b>Tablo 9</b> Grup 1 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının ortalamaları arasındaki fark istatistiği.....	140
<b>Tablo 10</b> Grup 1 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının ortalamalarıarasındaki fark istatistiği .....	141
<b>Tablo 11</b> Grup 3 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit medyan testi (Mann-Whitney testi).....	141
<b>Tablo 12</b> Grup 3 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit medyan testi (Mann-Whitney testi).....	141
<b>Tablo 13</b> F Testi (Eşit Varyanslar Testi).....	142
<b>Tablo 14</b> Mann- Whitney Testi (Eşit Medyanlar Testi).....	142
<b>Tablo 15</b> Mann- Whitney Testi (Eşit Medyanlar Testi).....	142
<b>Tablo 16</b> Grup 1 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit medyan test istatistiği (Mood medyan testi).....	143
<b>Tablo 17</b> Grup 1'in ortalamasının, Grup 2 ve Grup 3 gruplarının ortalamalarının eşitliği üzerine tek yönlü varyans analizi.....	143
<b>Tablo 18</b> Grup 1 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit dağılım test istatistiği (Kolmogorov-Smirnov testi).....	143



<b>Tablo 19</b> Grup 1 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının varyans homojenite test istatistiği (Levene testi).....	144
<b>Tablo 20</b> Grup 1 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit varyasyon katsayısı test istatistiği (Fligner-Kileen testi).....	144
<b>Tablo 21</b> Grup 1'in ortalamasının, Grup 2 ve Grup 3 gruplarının ortalamalarının eşitliği üzerine tek yönlü varyans analizi ile birlikte Levene testi karşılaştırması...	144
<b>Tablo 22</b> Grup 1 Kruskal-Wallis testi.....	146
<b>Tablo 23</b> Grup 1 normal dağılım testleri.....	146
<b>Tablo 24</b> G1X-G1Y Grup 1 x ve y koordinatlarına göre En Küçük Kareler Regresyonu.....	147
<b>Tablo 25</b> Grup 1 verilerinin ikili boyutta genelleştirilmiş doğrusal modeli.....	149
<b>Tablo 26</b> Grup 1 verilerinin Procrustes sonrası ortalama değerleri (11 landmark, 2 boyut, 157 gözlem).....	151
<b>Tablo 27</b> Grup 1 verilerinin çoklu regresyon katsayıları.....	151
<b>Tablo 28</b> Temel Bileşenler Analizi Varyans Değerleri.....	153
<b>Tablo 29</b> Özdeğer varyansı-Toplam varyans karşılaştırması.....	154
<b>Tablo 30</b> Procrustes ve tanjant kareler toplamı.....	154
<b>Tablo 31</b> Grup 2 bireyelerine ait verilerin iki boyutlu tek değişkenli istatistik analizi.....	157
<b>Tablo 32</b> Grup 2 bireyelerine ait verilerin iki boyutlu F ve T teorik testleri ile Grup 2 bireyelerinin x-y koordinatlarına göre gösterimi.....	158
<b>Tablo 33</b> Grup 2 bireyelerine ait verilerin iki boyutlu temel istatistiği.....	158
<b>Tablo 34</b> Grup 2 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit medyan testi (Mann-Whitney testi).....	158
<b>Tablo 35</b> Grup 2 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit medyan testi (Mann-Whitney testi).....	159
<b>Tablo 36</b> Grup 2 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit dağılım test istatistiği (Kolmogorov-Smirnov testi).....	159
<b>Tablo 37</b> Grup 2 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit varyasyon katsayısı test istatistiği (Fligner-Kileen testi).....	160
<b>Tablo 38</b> Grup 2 tek ve çift paylaşım oranları.....	160

<b>Tablo 39</b> Grup 2'in ortalamasının, Grup 1 ve Grup 3 gruplarının ortalamalarının eşitliği üzerine tek yönlü varyans analizi ile birlikte Levene testi karşılaştırması...	160
<b>Tablo 40</b> Grup 2 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının varyans homojenite test istatistiği (Levene testi).....	161
<b>Tablo 41</b> Grup 2 Kruskal-Wallis testi.....	162
<b>Tablo 42</b> Grup 2 Mann-Whitney ikili testi.....	162
<b>Tablo 43</b> Grup 2 normal dağılım testleri.....	163
<b>Tablo 44</b> G1X-G1Y Grup 2 x ve y koordinatlarına göre En Küçük Kareler Regresyonu.....	164
<b>Tablo 45</b> Grup 2 verilerinin ikili boyutta genelleştirilmiş doğrusal modeli.....	165
<b>Tablo 46</b> Grup 2 verilerinin Procrustes sonrası ortalama değerleri (11 landmark, 2 boyut, 152 gözlem).....	166
<b>Tablo 47</b> Grup 2 verilerinin çoklu regresyon katsayıları.....	168
<b>Tablo 48</b> Grup 2 tahminlenen yüzdelik.....	169
<b>Tablo 49</b> Grup 3 Temel Bileşenler Analizi Varyans Değerleri.....	169
<b>Tablo 50</b> Özdeğer varyansı-Toplam varyans karşılaştırması.....	170
<b>Tablo 51</b> Procrustes ve tanjant kareler toplamı.....	170
<b>Tablo 52</b> Grup 3 bireyelerine ait verilerin iki boyutlu tek değişkenli istatistik analizi.....	175
<b>Tablo 53</b> Grup 3 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının ortalamaları arasındaki fark istatistiği.....	175
<b>Tablo 54</b> Grup 3 bireyleri için F testi.....	176
<b>Tablo 55</b> Grup 3 bireyleri için F testi.....	176
<b>Tablo 56</b> Grup 3 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit medyan test istatistiği (Mood medyan testi).....	176
<b>Tablo 57</b> Grup 3 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit dağılım test istatistiği (Kolmogorov-Smirnov testi).....	177
<b>Tablo 58</b> Grup 3 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit varyasyon katsayısı test istatistiği (Fligner-Killeen testi).....	177
<b>Tablo 59</b> Grup 3 tek ve çift paylaşım oranları.....	177
<b>Tablo 60</b> Grup 3'ün ortalamasının, Grup 2 ve Grup 1 ortalamalarının eşitliği üzerine tek yönlü varyans analizi ile birlikte Levene testi karşılaştırması.....	178
<b>Tablo 61</b> Grup 3 tek ve çift paylaşım oranları.....	179

<b>Tablo 62</b> Grup 3 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının varyans homojenite test istatistiği (Levene testi).....	180
<b>Tablo 63</b> Grup 3 Kruskal-Wallis testi.....	180
<b>Tablo 64</b> Grup 3 Mann-Whitney ikili Testi.....	180
<b>Tablo 65</b> Grup 3 normal dağılım testleri.....	181
<b>Tablo 66</b> G3X-G3Y Grup 1 x ve y koordinatlarına göre En Küçük Kareler Regresyonu.....	182
<b>Tablo 67</b> Grup 3 verilerinin ikili boyutta genelleştirilmiş doğrusal modeli.....	184
<b>Tablo 68</b> Grup 3 verilerinin Procrustes sonrası ortalama değerleri (11 landmark, 2 boyut, 151 gözlem).....	185
<b>Tablo 69</b> Grup 3 verilerinin çoklu regresyon katsayıları.....	185
<b>Tablo 70</b> Kareler toplamı yüzde tahminlenen oran.....	186
<b>Tablo 71</b> Genel doğrusal modelde değişken tahminleri .....	EK-2
<b>Tablo 72</b> Tahminlenen marjinal ortalamalar .....	EK-3

## 1. GİRİŞ

Biyolojik Antropoloji ve Adli Antropoloji için Geometrik Morfometri tekniklerinin ayrı bir önemi vardır. Özellikle Antropometrik çalışmalarda, yeni ürünlerin ergonomik tasarımında şekil analizi ve toplumsal fizyolojik özelliklerin belirlenebilmesi de hedeflenmektedir. Bu sebeple yeni gelişen teknolojilerle geometrik morfometrik çalışmalar Antropologlar için önemli bir kılavuz, bilimsel çalışmalarda sıklıkla başvuru olan bir metot olacaktır.

Adli bilimlerde kimliklendirme cam üzerinden, suç mahallinde kullanılan alet üzerinden, parmak izinden, el yazısından veya ses datalarından yapılabilmektedir. Ayrıntılı olarak yapılan çalışmalarda ve araştırmalarda ise elde edilen verilerin güvenilirliği önemlidir. Kulaktan kimliklendirme yarı otomatik olarak (verilerin sisteme girmesinden analiz sonucuna kadar tamamen bilgisayar ortamının kullanılmadığı, landmarkların elle belirlenerek sisteme girildiği yöntem) nitelendirilen çalışmalar bütünü iken, üç boyutlu çalışmalar ile farklı bir boyut kazanmıştır.

Toplumlar arası farklılık, cinsiyet, yaş ve boy tahmini ile biyolojik profil oluşturulması, adli uygulamalarda bir bireyin kimlik tespitinde en önemli adımların başında gelmektedir. Bu kimlik tespitlerinde daha kesin sonuç verecek araçlar, DNA ve parmak izi gibi yüzde yüze yakın yöntemlerdir. Görece diğer yöntemlere göre doğruluk payının yüksek olduğu bu testlerde yapılan eşleşmeler ile hata payı en aza indirgenebilmektedir. Bazı durumlarda elde edilen verilerin bozuk ya da silik olmasına ve azalan eşleşmeye rağmen kimlik tespiti yüksek oranda yapılabilmektedir (Scheuer, 2002). Bu nedenle, adli kimliklendirmede kullanılan ve doğruluk payı

yüksek olan dört önemli parametreyi (DNA, parmak izi, ayak izi ve avuç izi) elde etmek için farklı vücut uzuvları ve teknikleri kullanmak doğru bir yaklaşım olacaktır. Bir suç mahallinde, olayı aydınlatmak için DNA, parmak izi, ayak izi ve avuç izi kadar kulak izini kullanarak kimliklendirmeye de ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle son yıllarda Earology (kulak bilimi) adli kimliklendirmede büyük bir ivme kazanmıştır. Hem iki boyutlu hem de bilgisayarlı tekniklerin gelişmesi ile üç boyutlu tekniklerle adli bilimcilere kimliklendirme konusunda büyük faydalar sağlamaktadır (Ahmed, 2014; Meijerman ve ark., 2004; Ahmed, 2013).

Her geçen yıl giderek artan sayılarda bireylerin kendi ülkelerinde ve farklı ülkeler arasında yolculuk yapması, internet ve özellikle de sosyal medya hesap kullanıcılarının kişisel bilgilerini içeren geniş kullanım alanlarının oluşması gibi gelişmeler yeni ve biyometri tabanlı güvenlik önlemlerinin alınmasını temel ihtiyaçlardan biri olarak karşımıza çıkarmaktadır. Nihayetinde otomatik ve online veya CCTV görüntülerden elde edilen verilerden biyometrik sistemlere uyarlama yaygın olarak hayatımıza girmiştir. Son çeyrekte kişisel şifre veya vatandaşlık-kurumsal kimlik numarasını soran, kişisel bilgi temelli tanıma sistemleri (knowledge-based identification systems) kullanılmaktadır. Ayrıca kimlik ve pasaporta dayalı sembol temelli tanıma sistemlerinin (token-based identification systems) yanı sıra kişiye özel karakteristik ve eşsiz özelliklerin tanınmasına dayalı olan biyometrik tanıma sistemleri (avuç izi, el izi, kulak izi, parmak izi gibi) daha güvenilir kabul edilmektedir (Bolle ve Pankanti, 1998).

Şu ana kadar adli vakalarda kayıt altına alınmış, olay yerinde kulak baskı izi bulunma oranı %15'tir. Adli bilimlerde kulaktan kimliklendirme vakalarının ilklerinden biri 1997'de Washington'da bir kriminal olayda gerçekleşti. David

Wayne Kunze, işlediği cinayet mahalinde yatak odası dinlerken kulak izini bırakmış ve tanıklık eden iki uzmanın sunduğu deliller neticesinde ömür boyu hapse mahkum edilmiştir. Sonrasında Hollanda ve Amerika’da yaşanan diğer vakalarda da elde edilen kulak baskı izi ile kulaktan kimliklendirme işlemlerinin gerçekleştirilerek suçlunun hüküm giymesi, sıklıkla görülmektedir (Nixon ve ark., 2010).

Adli Bilimlerde ve Adli Antropolojide yüz bölgesinin önemi; fotoğrafçılığın gelişimiyle, devlet kurumları ve özel kuruluşların insanların yüz fotoğraflarını (örneğin kişisel kimlik belgeleri, pasaport, üyelik kartları vb.) arşivlerinde tutmaya başlamasıyla daha dikkat çekici olmaya başlamıştır. Dijital kameralar, akıllı telefonlar ve CCTV’nin geniş kullanımı ile yüz görüntüleri kolayca her alanda kullanılabilir. Günümüzde buna ek olarak, bu görüntülere hızla ulaşılabilir ve internet üzerinden paylaşılabilir hale gelmiştir. Yüz, günlük hayatımızda ulaşılabilirlik anlamında en yaygın ve bilinen biyometrik özelliktir. Bu nedenle adli soruşturma amaçlı yapılan yüz tanımlama araştırmaları, sorgudaki kişinin (şüpheli, tanık ya da mağdur) yüz görüntülerini almak ve analiz etmeye olanak sağlamaktadır. Diğer biyometrik özellikler ile karşılaştırıldığında, yüz insan tanımlaması için en çok tercih edilen biyometrik özelliklerden biridir (Ianerelli, 1989).

Yüz görüntüleri, parmak izi ve iristen elde edilen verilerle kimliklendirme işlemlerinden farklı olarak, diğer yöntemlere göre daha kolay bir şekilde ve fiziksel temas olmadan, belli bir mesafeden elde edilebilir. Suç mahallinden temin edilebilecek herhangi bir video veya resim malzemesi varsa ve bu yüz tanıma sistemlerinin biri kullanılarak ele geçmişse, bunların tümü adli soruşturmalarda çalışan ve dışarıdan destek veren Adli Bilimciler ve Adli Antropologların en önemli verilerini oluşturmaktadır (Peer, 2005; Pete E. ve Lestrel, 1997).

İnsan kulağı, yüzün en belirgin özelliği ve kafanın karakteristik parçalarından biridir. Çeşitli çalışmalarda bilim insanları kulakların morfolojik özelliklerini bireysel tanımlama için kullanmıştır (Galdámez ve ark., 2015). Kulak uzunluğu, tragus üzerindeki kulak uzunluğu, tragus altındaki kulak uzunluğu, tragus uzunluğu, kulak genişliği, konka uzunluğu, konka genişliği, lobül yüksekliği, dış kulak lobülü genişliği gibi çeşitli kulak bölgelerinin üzerinde yapılan çalışmalar neticesinde, bireylerin kimlikleri yüksek doğruluk ile tespit edilmiştir. Dış kulak anatomisi, birçok bilimsel çalışmada ele alınmıştır. Dış kulak özellikleri çeşitli parametrelerle değerlendirilmiştir (El Kollali, 2009).

Kısaca yüz bölgesinin önemi adli bilimlerde yerini almıştır. Çünkü birini tanımanın en kolay şekillerinden biri kişinin yüzüne bakmaktır. CCTV kameralardan elde edilen görüntülerden veya fotografik verilerden yürüyüş şekli ve bacak arası açıklığı son dönemlerde kimliklendirmede önemli bir yere sahip olsa da arkadaş çevresi ve yakın aile bireyleri tarafından kişileri tanımada yüz bölgesi her zaman bir adım önde olacaktır. Öyle ki bir görgü tanığı veya video kaydından suçluların tespitinde yüz bölgesi hayati öneme sahiptir (Kleinberg, 2008).

## 2. KURAMSAL BİLGİLER

### 2.1 Adli Antropolojinin Gelişimi ve Tarihçesi

1930'ların sonlarında bilimsel bir disiplin olarak Adli Antropolojinin şöhret kazanması, bir yüzden elde edilen serinin üzerinde Wilton Krogman'ın çalışması ve FBI Yasa Uygulama Bülteni'nde makalelerinin yayınlanması ile olmuştur. Polis teşkilatı ile ortak çalışma yapan Krogman, "Adli Antropoloji" çalışmalarının ilk ünlü pratisyeni olarak kabul edilebilir. Krogman parlak bir Akademisyen, araştırmacı idi. Kendisi gibi bir akademisyen olan Sir Arthur Keith gibi Büyük Britanya ve Cleveland'daki Western Reserve Üniversitesi'nde T. Wingate Todd ile de Ohio'da çalışma fırsatı bulmuştur. Krogman daha sonra Chicago ve Pennsylvania üniversitelerinde çalışmalar yapmıştır. İnsan biyolojisi alanında kendini geliştirmesine rağmen onun kariyeri ve araştırma çalışmaları büyük oranda çocuk gelişimi üzerine olmuştur. İnsan kimliklendirmede tanınan bir uzman olsa da maktüllerin biyolojik profilinin çıkarılmasına yardımcı olmak için polis tarafından çok sık bilirkişilik yaptırıldı. Özellikle Polis Laboratuvarına getirilen bilinmeyen insan iskelet kalıntıları için Uzman olarak çağrılan yegane bilim insanlarındandı. Bu laboratuvara dayalı ve adli olgularda episodik katılım olarak bilinen yöntem, 1970'lerden önce, günümüz diğer uygulayıcılarının çoğuna fazlasıyla benzerlik göstermekte idi. Krogman'dan önce de Anatomistler, Morfologlar ve Antropologlar'ın katkıları ile, insan iskeletinde çeşitlilik araştırması yapılmıştır (Haviland, 1994; Kerley 1978; Pearson ve Bell, 1919).

Adli Antropoloji alanında ünlüler statüsüne kavuşmuş olsa da, Krogman yalnız değildi. T. Wingate Todd'un yanı sıra Aleš Hrdlička, Earnest Hooton ve



yirminci yüzyılın ilk yarısında birkaç ünlü Antropolog, Polis için aralıklarla insan kemiklerinden tanımlama ve kimlik ayırt etme hizmetleri de sağladı. İskelet üzerine Hrdlička'nın çalışmaları diğer Fizik Antropologlardan çok daha fazla idi. Washington DC'de Polis, özellikle de Federal Soruşturma Bürosu (FBI), 1936'dan 1943'e kadar çok sayıda ölüm neticesinde açılan davada, Smithsonian Enstitüsü'nde çalışılan ergenlik öncesi çocukların kimlik tayini konusu Adli Antropologların üstün çabaları ile başarılı bir şekilde tamamlanmıştır. Bu sürekli birlikte çalışma neticesinde, ikili ilişkilerde Hrdlička'nın halef, T.D. Stewart'ın selef olduğunu göstermiştir. Stewart'ın medikolegal ilgisi ile alanında öncü olan birçok önemli çalışma ve çalışmaların bilimsel makalesi ortaya çıkmıştır. Todd, öte yandan, Adli Tıp çalışmalarında Adli Antropolojinin de hak ettiği değeri alması gerektiğini ve iskeletten kimliklendirme konusunda gelecek vaat ettiğini tespit etti. İnsan iskelet kalıntılarının önemli bir koleksiyonunun oluşturulması, incelemeye yönelik çalışmaların doğal bir neticesi olarak ortaya çıkmıştır. İnsanın biyolojik değişimi ve temel araştırma sorularına cevap verilmesi bu koleksiyonların ortaya çıkmasında ana nedenlerden biri idi. Bu amaçla, Todd, Carl A. Hamann'ın başlattığı küçük bir koleksiyonu genişletmeye başladı. Case Western Reserve Tıp Fakültesi'nde öncül koleksiyonlar toplanmaya başlandı. Todd'un çalışmalarının sonuçları, o dönem en büyük iskelet topluluğu olan "Hamann-Todd Koleksiyonu"nun temelini oluşturmuştur. Todd ve arkadaşları tarafından, Dünyadaki 3300'den fazla modern insan kalıntılarında oluşan koleksiyonu Montague Cobb ve Krogman dahil birçok bilim insanı kullanmıştır. İnsan iskelet biyolojisinde temel araştırmaları yaparken özellikle, kraniyal dikişlerde yaşa bağlı değişikliklere ve pubis kemiğine bakmışlardır. Bu çalışmalar, Antropolojinin alanları olan Adli Antropoloji,

Biyoarkeoloji ve hatta Paleoantropoloji için temel referanslar ve birçok araştırmacı için de önemli bir başlangıç noktası olmuştur. Bu değerli koleksiyon şu anda Cleveland Müzesi'nde barındırılmaktadır. Ohio'da Doğa Tarihi müzesi olan Cleveland Müzesi, ABD ve ötesinden gelen çok sayıda araştırmacıyı bu koleksiyon sayesinde kendine çekmektedir. Hamman-Todd Koleksiyonu, örneklem büyüklüğünün yanı sıra, Lyman M. ve Jellema'nın koleksiyona verdiği önem ve bilge gözetimi altında, dünyada İnsan iskeletlerinin en iyi düzenlenmiş karřılařtırılmalđ örneklerinden biri olarak kabul edilmektedir. Krogman 1931'den 1938'e kadar Todd'un laboratuvarında çalışmıştır. Laboratuara gelen adli olgular, Krogman'ın daha geniş kapsamda insan iskeleti ile çalışma yapmasını da sağlamıştır. Biyolojiden medikolegale kadar diğer disiplinlerarası uygulamaların yapılmasına olanak sağlaması sebebi ile yapılan adli soruştırmalarda Krogman hak ettiği yeri almıştır (Ubelaker, 1999; Stewart, 1951; Todd ve Lyon 1925; Todd, 1921; İşcan 1988; Dirkmatt, 2012).

Hamann-Todd koleksiyonunun oluşması esnasında, Washington'da ve Louisiana'da Missouri Üniversitesinden William Terry, kimsesizlerin ve bağış yapanların cesetlerini topluyorlardı. Bu koleksiyon, Missouri Tıp Fakóltesinde ve diğer Missouri kurumlarındaki anatomi derslerinin temelini oluşturmuştur. 1941'de, Mildred Trotter bu içi Terry'den devraldı ve koleksiyonların boyutunu daha da arttırdı. 1967'de, Smithsonian Enstitüsü o zamanlardaki koleksiyonu oluşturan 1728 ceseti, araştırmalarına devam etmeleri için kullandı. Savařlar sırasında elde edilen ceset ve iskelet serileri Adli Antropologların istihdamda kalmalarına ve onların Adli Antropoloji ile meşgul olmalarına yardımcı olmuştur. Ceset ve iskeletler üzerinden ilk seriye başlanmasından yıllar sonra, Charles Snow, Mildred Trotter ve Harry

Shapiro, İkinci Dünya Savaşı sırasında ABD savaş ölülerinin tespit edilmesine yardım etti ve hatta bu savaş sonrasında ortaya çıkan biyolojik veriler Adli Antropolojinin de temelini oluşturdu. Stewart, McKern, Kerley ve Warren ise Kore Savaşı ve Vietnam Savaşı sırasında aynı çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Tüm bu gelişmeler neticesinde, 1970'lerin başında başlayıp ortalarında tamamlanan, Tayland ve Hawaii'de ABD federal hükümetinin Merkezi Kimlik Laboratuvarı (CILHI) açılmıştır. Bilimsel bir disiplin olarak Adli Antropolojiyi meşrulaştıran tüm bu gelişmeler, 1950'lerde ABD Silahlı Kuvvetleri'nin yapmış olduğu çalışmalar ve savaşta elde ettikleri deneyimlerle olmuştur. Bu zaman zarfında üretilen askeri kaynaklı araştırmaların sunduğu en önemli adımlardan biri de Mildred tarafından sunulan yetişkin boylarını belirlemeye yönelik Trotter sonrası çalışmaların Avrupa'da gözden geçirilmesi olmuştur. Bu dönemde yapılan çalışmaların çoğu İnsan vücudunun bölümünde yaşa bağlı değişiklikler üzerine olmuştur. Savaşlarda elde edilen bireylerin büyük çoğunluğu beyaz erkeklerdi ve yaşları 17 ile 30 arasında değişmekteydi. Bu sebeple örneklem yeterli değildi ve çalışmaların sonuçlarına bakıldığında istatistiksel dağılımlar çarpıktı (Hunter ve Albanese, 2005; Trotter ve Gleser, 1952; Trotter, 1970; Ubelaker, 2001, Dirkmaat, 2012).

Adli Tıpta 1962 yılının önemli gelişmelerinden biri Krogman'ın "İnsan İskeleti" adlı yapıtı olmuştur. Bu yayının hem Adli Tıp hem de Biyoloji alanlarına önemli katkılar sağlamıştır. Bu çalışmalar sonrasında emniyet birimleri, 1960'lı yılların sonunda ve 1970'lerin başında, Antropologların fiziksel veriler üzerinden yaptıkları analizlere daha fazla güvenmeye başlamışlardır. Antropologlar, İskelet kalıntıları üzerinden yaptıkları araştırmaları ile önemli bilgiler sunmuşlardır. Bu ilgi neticesinde, temel araştırmalarda gözle görülür bir artış oldu ve yakın zamanda

ölenlerin ölüm sebeplerinin tespiti ile ilgili farklı yöntemler kullanılmaya başlandı. Bu araştırmaların daha detaylı açıklanmaya başlaması ile Fizik Antropoloji dergilerinde yaş ve cinsiyetin etraflıca incelendiği yayınların artışı göze çarpmıştır. Bu durum, son 30 yıldaki önemli makale ve konuların listesinde de görülmektedir (İşcan, 1989; Bass, 1979; Dirkmaat, 2012).

Akademik olarak, iskelet biyolojisi katkılarına odaklanan birkaç kurum ortaya çıkmıştır. Bu türden araştırmalara yoğunlaşan ilk kurum 1960'lı yıllarda Kansas Üniversitesi olmuştur. Önemli Adli Antropologların çoğu bu fakültede eğitim almış (Bass, Kerley ve McKern), mezun olmuş ya da çalışmalarını yapmışlardır (Birkby, Rathbun, Jantz, Gill, Suchey ve Ubelaker). Bass'ın ilk öğrencilerinden biri olan Birkby, daha sonra 1983'te Arizona Üniversitesi'nde ayrı bir program kurdu. Bu bölümler de, 1968'de William Maples tarafından kurulan Florida Üniversitesi programı ile birlikte, ABD'de Adli Antropoloji araştırma ve eğitime odaklanma hızlanmış oldu. 1980'ler ve 1990'lar boyunca bu eğilim arttı. Akademik eğitim merkezlerine ek olarak, Clyde Snow'un "İnsan Hakları" dersi, 1980'lerde tarihsel davaları içeren çalışmalar, mumyalar üzerine yapılan çalışmalar ve felaket kurbanlarının kimliklendirmesi konuları dünya geneline yayılmaya başladı (Ubelaker, 1997; Rhine, 1998; Maples ve Brewling, 1994; Joyce ve Stover, 1991; Bass, 2001).

Krogman, Snow, Kerley ve birkaç Fizik Antropolog 1970'lerde, Amerikan Adli Bilimler Akademisi toplantılarına katıldı. Bilim insanları için de çalışma yapma zamanları giderek arttı. Adli tıp davaları ile araştırma yürütmek ve sonuçlarını öğrencilerine öğretmek, Adli Antropolojinin tanınması için önemli olmuştur. 1972'de Fizik Antropoloji bölümü Polis ve Silahlı Kuvvetler bünyesinde Akademi olarak

belirmeye başlamıştır. Kısa süre sonra, 1977'de Amerikan Adli Antropoloji Kurumu kuruldu ve Kuzey Amerika'da Adli Antropologlar için resmi bilirkişilik belgelendirmesi yapıldı."Adli Antropologlar" ın bu çekirdek grubu da bir ad üzerine yerleşti: "Adli Antropoloji". Burada amaç adli birimlere, olağandışı koşullarda bulunan cesetler ve felaket kurbanlarının kimliklendirme ipuçlarını sunabilmektir. Ancak unutulmamalıdır ki Adli Antropoloji, başta Almanlar tarafından kullanılmıştır. 1940 ve 1950'lerde İkinci Dünya Savaşından sonra Almanların başlangıçta bu terimi kullandıkları görülmektedir. Bu çalışmalarda amaç savaşta yetim kalan çocukların ailelerini ve ailesel ilişkilerini belirlemek olmuştur (Kerley, 1978; Stewart, 1984, Dirkmaat, 2012).

Adli Antropoloji, Adli Tıp alanında yenilenen bir tecrübe yaşıyordu. Bilim dalının ve kolluk kuvvetlerinin araştırmalarında önemli ve güvenilir bir alan olarak önemini artırmaya başlamıştı. Bu yenilenen ilgi neticesinde, insan iskeletinde yeni araştırmalar Adli Antropoloji alanını ortaya çıkardı. 1980'ler ve 1990'lar boyunca biyolojik birikiminin modernizasyonu ile ilgili daha acil meselelerden olan; yakın zamanda ölenlerin profili: kronolojik yaş belirteçlerinin yeniden değerlendirilmesi, pubik simfizis, kranyal dikişler, auriküler yüzey ve kaburga uçları üzerinden cinsiyet tahmini ve kimliklendirme konularını Adli Antropoloji ele almaya başladı Modern bireylerde ataları değerlendirmeyi yeniden düşünme; boy ve büst yükseklik tahmini, bu önemli çalışmalara verilebilecek örneklerdendir. Şu iddia edilebilir: 1920'lerden sonra Adli Antropolojinin bilim dünyasında yükselişi nedeniyle modern insan iskeleti biyolojisi, rönesans yaşamıştır (Lovejoy ve ark., 1985; İşcan ve Loth, 1986; Dirkmaat, 2012).

Yirminci yüzyılın sonuna gelindiğinde, Adli Antropoloji, kullanılan son teknikler ve teknolojinin de gelişmesi ve bu alanda kullanılması ile son 50 yılda kazandığı ivmenin de üzerine çıkmıştır. Adli Antropoloji özellikle Amerikan ekolünde şu an var olan Biyolojik Antropolojinin ve Adli Bilimlerin bir alt alanı olarak kabul edilmiş, sadece laboratuvar temelli değil akademik bakımdan da gerektiği gibi yerini almıştır. Yine de, yeni yüzyılın başlangıcında, nispeten kısa tarihsel geçmişi nedeniyle, Adli Antropoloji biliniyordu. Adli Antropologlar, elde edilen kalıntılardan iskelet biyolojik yapısının çözülebilmesi sayesinde, insanın ölüm zamanının belirlenmesi konusunda suçluların analiz edilmesi için en yetkin kişilerdir (Wolf, 1986; Kerley, 1978; Dirkmaat, 2012).

Adli Antropolojinin 1990'lı yıllar boyunca yeniden değerlendirilmesinin bir parçası olarak ve İnsan iskelet biyolojisi, eski güvenilir iskelet analitik yöntemleri ve bunların Modern adli vakalara uygulanabilirlik incelenmeye başlamıştır. Felaket Kurbanlarının Kimliklendirmesi (DVI) ile popülaritesi artan ve ülkemizde de Prof. Dr. Ayla SEVİM EROL'un katkılarıyla, Ankara Üniversitesi Adli Tıp Enstitüsü'nde Antropoloji alt bilimi olarak gelişimini sürdüren Adli Antropolojinin önemli konularından birinin de görüntülerden kimliklendirme olacağı düşünülmektedir. Görüntü incelemede de yüzün değişmez parçası olan kulak çalışmalarının ülkemizde bu çalışma sonrasında ilerleyeceğini düşünmekteyiz. Bu tez çalışmasında da kulaktan yaş tahmini çalışmalarının gerekliliğini ortaya koymaktayız.

### **2.1.1 Adli Bilimlerde Kimliklendirmede Kulağın Yeri, Önemi ve Tarihçesi**

Fransız polis memuru ve kriminolog Alphonse Bertillon 1880'lerde biyometrik verileri kullanmak için antropometrik ölçümlere dayalı bir yöntem

geliştirdi. Bertillon sınıflandırılması, bireylerin kayıtlarını sıralamak ve aramak için bir araç olarak önerilmektedir. 1890 yılında, Bertillon adli fotoğrafçılık için bir dizi standart ortaya koymuştur. Burun, alın ve kulak dahil olmak üzere, fizyolojik bazı özellikleri açıklamak için bir sınıflandırma geliştirmiştir. Buna konuşan portre denilmektedir. Bertillon tarafından geliştirilen antropometrik ölçümlerin kombinasyonuna ‘‘sözlü portre-konuşan portre’’ anlamına gelen ‘‘Bertillonage’’ denir. Bu yöntem adli yargılamada ele alınabilecek yöntemlerden biri olarak kabul edilmiştir. Hendry Faulds ise adli kimliklendirmede bireyi tanımlama için parmak izi kullanımını önermiştir (Faulds, 1880). Parmak izleri, önceleri şüphle ile karşılanmasına karşın, özellikle Bertillon ile adli kimliklendirmede ana yöntem olarak yerini almıştır. Parmak izinin avantajları kullanım kolaylığı ve parmak izlerinin suç mahallinde sıklıkla elde ediliyor olması adli kimliklendirmede önemini artırmıştır. Biyometri alanında yapılan çalışmalar ve sonraki gelişmeler, bilgisayarlı görüntü tekniklerinin adli bilimlerde tanımlama sistemlerine entegrasyonu olmuştur (Bertillon, 1893, Zavar, 2014).

Armédé Joux, 1854'te Paris'te yayımlanan bir gazetede şunları yazdı: ‘‘Bana kulağınızı gösterin ve size kim olduğunuzu, nereden geldiğinizi ve nereye gittiğiniz hakkında her řeyi söyleyeceğim.’’ Kulaktan adli kimliklendirme konusunda 1910 Londra'da ilk adli tanımlama, 1965 İsviçre Bern'de ilk Avrupa'da yapılan kulaktan kimliklendirme, 1986'da Hollanda'da ilk kanıt olarak kabul etme ve akabinde de 1987 yılında kulak izinin adli bilimlerde ilk resmi delil olarak kabul edilmesi olduğunu literatürde çeşitli kaynaklardan görebiliyoruz. Ayrıca Dünya'da yaşayan yaklaşık 7.4 milyar insanın iki kulağından ve 10 parmağından izleri olarak onlardan bir veri bankası kurmak neredeyse imkansız. Bu sebeple elde edilen verilerin

kıyaslanması için veri bankaları adli mercilerce kullanıma açık olmalı ve elde edilen veriler kıyaslanabilmek üzere gizlenmeden ortak kullanıma sunulmalıdır (Lugt, 2001).

Parmak izleri 1880 yılında adli kimliklendirme için önerildiğinde, bilimsel testler ve istatistikî yöntem eksikliklerinden dolayı hatalı sonuçlanıyordu. 1993 yılında ABD’de ilaç uzmanlarının farmakolojiyi adli kimliklendirmeye sokmasından sonra Saks ve Koehler 2005 yılında ‘‘paradigma kayması’’ adını verdikleri teknik ile parmak izi çalışmalarının interdisipliner olması gerekliliğini ortaya koymuşlardır. Parmak izinin adli bilimlerde kullanılması, veri tabanı şeklini alması ise 2009 yılında Cole tarafından yapılmıştır. Bireyselleşme olarak adlandırılan bir tekniği adli tıpa sokmuş ve bilim insanları tarafından kısa süre içerisinde adli kimliklendirmede önemli bir yer edinmiştir. Farklı veritabanları ve atölyelerin kurulması ile 2013 yılında Biyometri çalışmaları ön plana çıkmıştır. Biyometri alanında yaşanan teknolojik gelişmeler sonrasında ise yüz, parmak izi, kulak izi ve diğer biyometrik unsurlar adli bilimlerde sıklıkla kullanılmaya ve bilim insanları tarafından geliştirilmeye başlanmıştır (Zavar, 2014; Polihronakis, 2006).

Kulaklar bilim insanları tarafından bireyi en iyi tanımlayan bir kafa parçası olarak görülmüş ve kulak sınıflandırılması için farklı yöntemler önerilmiştir. Fransız Kriminolojide polis memuru Bertillon’un çalışması öncü olarak kabul edilir. Kulak uzunluğu ve çeşitli açılar kullanılan ölçümlerden bazılarıdır (Zavar, 2014).

Adli kimliklendirmede kulağın ayrı bir önemi vardır. Özellikle son yıllarda yapılan çalışmalar ile kulağın adli bilimlerdeki önemi daha fazla anlaşılmıştır. Kulaklar başın harici bir parçasıdır. Suç mahallerinde yaygın bulunabilir izler parmak izi, avuç içi ve ayak izidir. Kulaklardan potansiyel kimlik belirleme



çalışmaları Iannarelli ve arkadaşları tarafından 38 yılda 10.000'den fazla kulak örneği incelendiğinde ortaya çıkmıştır. Kulaktan kimliklendirmede Iannarelli kendi adını verdiği ‘Iannarelli Sistemi’ni geliştirmiştir. Bu sistem kulak üzerinde belirlenen noktaların bir dizi ölçümlerinin alınabiliyor olması üzerine kurulmuştur (Iannarelli, 1989).

Earology (kulak bilimi) 38 yıl boyunca yazılı, görsel, fotoğrafik veriler, kulak baskıları ve diğer binlerce verinin incelenmesi sonucu iki kulağın da birbirinden kesin şekilde ayrı olduğu tespit edilmesi ile ortaya konmuştur. 1985 yılında Florida eyalet mahkemesinde kulağın narin yapısı nedeni ile birlikteliği ve hazırlanmış olduğu raporunu tanımamıştı. Mahkeme birlikteliği ve görüşlerini kabul etmeme kararını ise kulağın görünüşüne, kulak baskısının karşılaştırılma zorluğuna, literatür çalışmalarının eksikliğine ve baskıda oluşan basınç ile görüntünün dezenformasyonuna bağlı olarak endişelerini dile getirmesiyle vermiştir. Bunların tam anlamı ile kimlik tespitinde kullanılacak kanıtlar olmadığı kararını vermiştir. Daha sonra yapılan çalışmalar ile Earology (kulak bilimi) de adli bilimlerde parmak izi, avuç içi izi ve ayak baskı izi gibi kullanılmaya başlandı (Meijerman ve ark., 2007).

2007 yılında yapılan Ulusal Veri Tabanlı Adli Kimliklendirme (Forensic Identification National Database-FIND) pilot uygulamasında Lancashire, West Yorkshire ve Merseyside polis departmanları birlikte ulusal veri tabanlı bir pilot çalışma yapmıştır. Diğer taraftan İngiliz Ulaşım Polisine bağlı (BTP) Devon ve Cornwall birimleri, Kuzey Doğu Bölgesi Greater, Manchester (GMP) ve Kuzey Galler Polisinin salt okunur erişimi bulunmaktadır. Polislerin yüz görüntüleri ve / veya video görüntüleri aramak, almak, saklamak ve iletmek için kullanacakları bir

sistem oluşturmaya amaçlamışlardır. Bunlar tutuklanan kişilerin görüntüleri üzerinden çalışmayı yürütmüşlerdir. Polis Ulusal Bilgisayar (PNC) siteminden de veriler alınmıştır. Polisler yasa gereği resimler ve tanımlayıcı verileri, gerekli görüldüğü hallerde kolayca kaldırabilir veya yeniden sınıflandırabilir. Her departman kendi görüntülerini alır, bunları merkezi olarak depolar ve onları Merkezi Ulusal veri deposu olan, Hendon Veri Merkezi'nde (HDC) saklar. Emniyet güçleri suçluları araştırırken faydalı olan bir görüntüye hemen erişim sağlayarak sınır ötesi bir çalışma gerçekleştirebilmektedir. FIND İngiltere, Galler, İskoçya ve adalarda kullanılan bir veri tabanı haline gelmiştir ve yüz tanıma sistemleri konusunda Uluslararası iş birliğinde de kullanılmaktadır (Kleinberg, 2008).

İlk ünlü kulak baskısı kullanımı 1998 yılında M. Dallager tarafından Birleşik Krallık'ta olmuştur. Eldeki verilerden yararlanılarak, şüpheli cinayetten suçlu bulundu. Suçlunun, yaşlı kurbanın evinin penceresinde, kulak izini bıraktığı saptandı. İngiltere ve ABD mahkemelerinde kulaktan kimliklendirme çalışmaları sonucunda suçlu bulunma hukuk sistemlerine girmiş ve yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bazı durumlarda kulaktan kimliklendirme işlemleri için ek delil, yeni delil veya temyiz istenebilmektedir. Eski metotlar ile DNA kayıtları da 90'lı yılların sonundan itibaren hukuk sisteminde kullanılmaya başlanmıştır. 1999 yılında Washington Temyiz Mahkemesi, o dönem bilim dünyasının pek bilmediği kulak baskısından kimliklendirme metodunu kullanmaya başlamıştır. 1999'da görülen davada kurbanın yatak odasının kapısını dinlerken kulak baskısı ile iz bırakmış ve elde edilen baskı izi sayesinde sanık hüküm giymişti. Hollanda polis biriminde çalışan kanıt teknisyeninin vermiş olduğu kulak baskısından bir form elde edilerek suçlunun belirlenmesi ise adli bilimciler için kulak baskısı ve kulak izi suçlu bulmada önemli bir adli vaka

olarak tarihte yerini aldı. Ancak bu durum toplumsal olgulara ve adli bilimcilerin konuya yaklaşımına göre her ülkede farklı bir şekil almıştır. Yukarıdaki davalarda olduğu gibi yargılama ve mahkeme sürecinden Polis biriminde uzmanlaşan personele kadar birçok faktör önemlidir. Günümüz adli bilimcilerinin detaylı bilgisayarlı sistemleri kullanması ile kulaktan kimliklendirme işlemleri daha önemli bir hal almıştır. Kimliklendirme işleminin diğer önemli adımı istatistiktir. Özellikle rotasyona uğramış kulak baskı izlerinde istatistik verileri kullanılarak suçlu tayini yapılabilmektedir. Aynı kulak üzerinde bile baskı şiddeti ve rotasyona bağlı olarak farklı sonuçların elde edilmesi kaçınılmazdır. Tüm bu aksayan yönlerin kapatılması ise gelişen ve kulaktan tanıma işlemlerine uyarlanan teknolojinin ve istatistik biliminin kullanılması ile mümkündür. Hollanda'da güvenlik kamerası görüntüsü ile kulak baskısı arasındaki farklara dikkat çekilerek suçlu tanımlaması yapılmış ve suçlu mahkum edilebilmiştir. Kapı, pencere gibi sert yüzeyde bırakılan izler sonrasında karşılaştırma yapmak oldukça kolaydır (Meijerman ve ark., 2005b). Ancak mahkemeler suçlu hakkında kararını verirken bu verilerin tam yeterli olamayacağı görüşünü ortaya koyabilmektedir. Kimliklendirme konusunda ortaya çıkan şüpheli yaklaşımlar güvenlik kamera sistemlerinin sadece belirli alanlarda değil evlerde de kullanılmasına sebep olmuştur. Güvenlik kameralarının aldığı kayıtlar saklanmakta ve suçlu bulunmasında kullanılmaktadır. Kayıtların saklanma zorunluluğu da çoğu ülkede yasal düzenlemeler ile bir zorunluluk haline getirilmiştir. Günümüzde adli görüntüleme uzmanları tarafından da kulaktan kimliklendirmede bu kayıtlar sıklıkla kullanılmaktadır. Bilim insanlarına ve bu alanda çalışan uzmanlara göre; yine de bu görüntüler ve eski usül olan kulak baskı karşılaştırması yeterince güvenli değildir ve geliştirilmesi gerekmektedir (Abbas ve Rutty, 2003).

Earprints (kulak baskı izi) kapıda, pencerede veya sert bir yüzeyde girmeyi planladığı yeri dinlerken, kulağın baskısı sonucu yüzeyde geride kalan baskılardır. Elde edilen delil sonrası bir şüphelinin aleyhine ya da olası şüphelilerin belirlenmesi için, yasal bağlamda, kulak baskı izine ilişkin kanıtlardan yararlanılmaktadır (Meijerman ve ark., 2004).

Kulak izinde bazı olumsuzluklarla da karşılaşmaktadır. Özellikle kulak baskısından çalışma yapılıyor ise karşılaşılan temel sorun baskı deformasyonudur. Kulak baskı deformasyonuna farklı yükseklik ve esneklik, kulak sırtlarında oluşan basınç değişiklikleri, kulak içi yapısı gibi durumlar sebep olmaktadır. Esasında bu baskıdan oluşan farklılıklar elde edilen sonuçlarla adli kimliklendirme konusunda büyük farklılıklara neden olmaktadır. Basınç deformasyonunun bilinmeyen etkileri kulak baskı izinin kanıt olarak kullanılmasında itirazların ana nedenlerinden biridir. Bu sorunu aşmak için, farklı miktarlarda basınç kullanılarak her bir kulak için kontrol grubu baskıların yakalanması gerekliliği ileri sürülmüştür. Elde edilen tüm baskılar (kontrol grubu baskılar dahil), baskılar karşılaştırılırken en iyi eşleşme için kullanılmaktadır. Aynı zamanda bir Earprint (kulak izi) modeli oluşturmak için bir kulağın farklı kulak izi örneklerini birleştirme metodu da önerilmiştir (Johnson, 2005).

Purkait'in 2015 yılında yapmış olduğu değerlendirme çalışmasında da dile getirdiği gibi yaş gruplarında yapılan kulaktan kimliklendirme çalışmalarında yeni bilgisayar programları ve özel programlamalar ile Adli Bilimcilere özel bir alan oluşturulmuştur. Otomatik algoritma tanıma sistemleri bu alanda yapılan en değerli çalışmalardandır. Dış kulak (auricle) anatomisi, parmak izi gibi bireye özgü olduğu ve değişmediği için önemlidir. Son dönemlerde saklanan biyometrik resimler ve

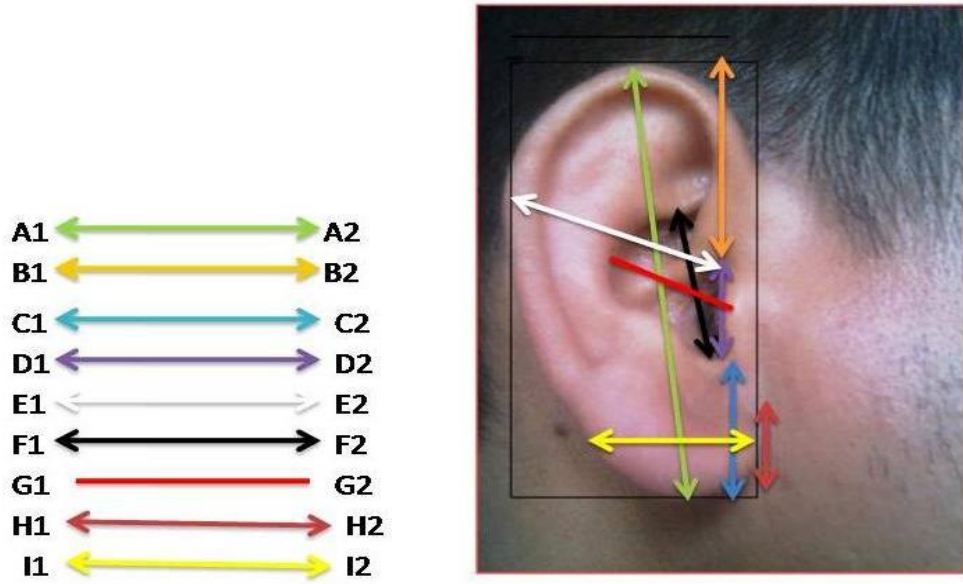
CCTV kamera sistemlerinden alınan görüntülerin veritabanlarında saklanması sayesinde kulaktan kimliklendirme ve suçlu tanımlama son 30 yılın önemli atılım yapan alanlarından biri haline gelmiştir. Ancak kulak anatomisi ve yapısı gereği 60 yaşından sonra hızlı bir değişime uğradığını bu tez çalışmasında istatistiksel analizler yardımı ile regresyon formülleri ile ortaya koyduk. Literatürde yer alan çalışmalarda genelde 30 yaşlarından 60 yaşlarına kadar özellikle cinsiyete bakıldıktan sonra 30 yaş 18 yaş arası, 30 ve 60 yaş arası olmak üzere gruplandırma yapıldığı gözlenmektedir. Ancak bu gruplandırmalar sadece yaş tahmini için yapılmamıştır. Cinsiyetler arasında her iki kulakta da yaş ile birlikte uzunluk ve genişlikte belli oranlarda artmalar olduğu tespit edilebilmiştir. Buna rağmen yaşamı boyunca insanın dış kulağı istikrarlı bir büyüme ve genişleme oranına sahiptir. Kadın ile erkek arasında kulak lobule (memesi) bölgesinde iki mm kadar genişlik farklılığı gözlemlenen çalışmalara rastlamak mümkündür (Purkait, 2015).

Kişisel kimlik doğrulaması havaalanları güvenliğinden bankacılığa kadar birçok uygulama alanlarındaki sıkı güvenlik gereksinimleri için önemli bir konudur. İnsanlarda birçok fizyolojik özellik, yani biyometrik özellikler, zaman içinde değişmez. Fizyolojik yani biyometrik verileri elde etmek kolaydır ve her bireye özeldir. Bu nedenle biyometrik özellikler giderek kişiselleştirilmiş uygulamalar için kabul edilir olmuştur ve artık adli tanımlamalar için özeldir. Biyometrik güncel araştırmaların çoğu yüz, parmak izi, ayak tabanı izi, imza, iris, avuç içi izi ya da kulak izi konularında odaklanmıştır (H. Chen ve ark., 2007). Adli Bilimlerde kulaktan kimliklendirme çalışmalarının ana konusu olan kulak izi tanımı, literatürde şöyle geçmektedir: Kulak izi herhangi bir yüzey ile kulağın baskısından ötürü oluşan temas sonucu üretilen işaretler bütünüdür. Ancak, adli bilimlerde önemli rol

oynamasına rağmen, kişisel kimlik doğrulaması için insan kulağı araştırma çabaları önceleri yetersiz kalmıştır. Kulak, adli bilimciler tarafından biyometrik olarak doğumdan beri korunmuş ve bireylerde oldukça benzersiz olan zengin ve istikrarlı bir yapı olarak kabul edilmektedir. Kulak şekli ve yüz şeklinin değişmez olduğu bilinmektedir. Bu nedenle bilim insanları tarafından, adli kimliklendirme alanında sıklıkla kullanılması giderek daha olası olan adli uygulamalar için kulak görüntüleri çalışması, kişisel kimlik doğrulama için oldukça önemlidir (Kumar ve ark., 2011).

Earology yani kulak bilimi bilirkşi raporu olarak ilk Johann Casper Lavater tarafından rapor edilmiştir; son yüzyılın başında Danimarka'da suçlulardan kulak ölçümleri ve kulak kalıpları kullanılarak kulağın morfolojisi kayıt sistemi ile adli bilimlerde kullanılır olmuştur. Haken Jorgensen tarafından adli kimliklendirmede kullanılmıştır. Özellikle 1940'larda, 1862 yılında Alphonse Bertillon ve Alfred Iannarelli, tarafından çeşitli girişimlerde, başarılı bir değişken olarak kulaktan kimliklendirme alanında sınıflandırma sistemi kurmak için kullanılmıştır (Kumar ve ark., 2011).

Bertillon ve arkadaşlarının dış kulak (auricle) üzerinden yapmış olduğu adli bilimlere yönelik çalışmalarda kulak, kişi tanımlamada iyi bir referans noktası olarak görülmesi sebebiyle çalışılmıştır. Her bireyin kulak anatomisinin farklı olduğunu, kişileri karşılaştırmada kulakların, elde var olacak az veriye rağmen kimliklendirmede kullanılabileceğini vurgulamışlardır. Ancak tartışmalı bir konu olarak günümüze kadar gelen bu süreç şimdilerde adli bilimlerin temel konularından biri haline gelmeye başlamıştır (Pflug ve Busch, 2012).



Şekil 1: Dış kulak mesafe hesaplama noktaları (Kumar ve ark., 2011).

Biyometrik verilerle adli tıp ve adli kimliklendirme alanlarında yeni bakış açıları geliştirilmiştir. Adli Bilimler büyük ölçüde suç analizi ile ilgilenmektedir. Biyometri bilimi de kişisel özelliklere göre bireylerin belirlenmesi için kullanılacak yaklaşımlar geliştirmektedir. Biyometrik analizlerin ana sorusu, eldeki veriler adli vakalarda ne derece güvenilir sonuç vermektedir. Adli Bilimciler için Biyometri olarak kullanılabilir kişisel özellikler yüz, parmak, iris, yürüyüş, kulak, elektroensefalografi (EEG), el yazısı ve sestir. Alman Adli Bilimcileri ise güvenlik kamerası görüntülerinden şüphelilerin kimlikleri ile ilgili kanıt toplamak için diğer görüntü tabanlı özellikleri ile bağlantılı olarak kulağın fiziksel özelliklerini yani biyometrik verilerini kullanmıştır (Kumar ve ark., 2011).

Auricle sarmal-antihelix kompleksi, konka kompleksi ve lobül başlıca dış kulak bölümleridir. Retina ve iris gibi diğer tanımlayıcı adli kimliklendirme referanslarına göre, yüzün yan tarafında ve sabit konumlu olduğu için, kulak adli

uygulamalarda kullanılan önemli bir referans haline gelmiştir. Ayrıca kulaktan elde edilen görüntüler, yüz ifadesi ile karşılaştırıldığında şekil ve yönlendirme açısından stabil özellik göstermektedir. Buna ek olarak, dış kulak özellikleri de kişileri tespit etmede bir bireye özgü olduğundan destekleyici bir kanıt olarak kullanılmaktadır (Grgic ve ark., 2011).

Kulak yüzeyi karakteristik bazı özelliklerinden ötürü, kimlik tespitinde önemli bir belirleyicidir. Morfolojik yapıların boyutlarını ölçmek için antropometri teknikleri, adli bilimlerde kulak boyutlarını ölçmek için kullanılmaktadır. Biyometri ve fizyoloji adli uygulama, antropoloji, anatomi, pediatri ve plastik cerrahi için önemli bilgiler sağlamıştır. Bununla birlikte çalışmacıların önceden alınan bazı önlemlerle, kullanılan araçların ve tekniklerin standardizasyonunun yanı sıra hassas ve güvenilirlik testlerinden geçirilmesi, sürecin tekrarlanabilirliğini sağlamak için gereklidir. Bu faktörler, uluslararası alanda ortak yapılarak ortaya koyulan literatür çalışmalarında yakından takip edilmiştir. Ayrıca, kulağın yaştan etkilendiği bilinmektedir ve bu nedenle bilim insanlarının büyüme ve cinsiyet tahmini için bir referans olarak daha önce kullanılmış olan cinsel olgunluk ile ilişkili yaş aralığı verilerini çalışılan topluma uyarlayarak kullandığı görülmüştür (Ianerelli, 1964; Ianerelli, 1998; Sforza ve ark., 2009).

Dış kulak görünümünde zamanla değişiklikler gözlemlenebilir. Bu değişikliğin asıl nedeni yaşlılıktır. Yaşlılık, cildin elastikiyetini azaltır, kulakta kıkırdak değişiklikleri görülür. Kulak mikroskobik yapısının değişimi de yaşlanma ile açıklanabilmektedir. Kulaktan kimliklendirme üzerine yapılan çalışmalarda tek başına olmasa da yaşlanmanın etkisi ile kulak yapısının değiştiği hep vurgulanmıştır.



Bir profil yüz görüntüsünden kulak algılama biyometrik tanıma dahil olmak üzere birçok uygulamada önemli bir adımdır. Fakat gerçek zamanlı uygulamalar için kulağın kendine has özellikleri ile doğru ve hızlı algılanması gerekir ve bu oldukça zor bir iştir. Profil yüzden elde edilen görüntülere dayalı kulak tespiti için kullanılan teknik, hızlı, doğru ve sağlamdır. Bilim insanları belli protokolleri kullanarak, kademeli yüz profilinden iki boyutlu profil yüz görüntülerini kulak tespit yaklaşımlarına adapte etmişlerdir. Profilden yüz görüntüsü giriş bilgilendirme unsuru olarak görülmektedir. Profilden yüz görüntüsünden kulak görüntüsü elde etmek zordur ve ancak bölgesel veri elde edilmesine olanak sağlar. Bu durumda da kesin olmayan tahmini sonuçlar ortaya konulmaktadır. Bir çerçeve dahilinde alınan profil veya yan yüz görüntüsünden kulak bölgesi kırılmış olarak alınan resimler yeniden gözden geçirildikten sonra, kulak bölgesi tanıma çalışmaları yapılabilmektedir.

## **2.2 Adli Antropolojide Kulaktan Kimliklendirme İşlemleri**

### **2.2.1 Adli Yüz Tanıma ve Otomatik Yüz Tanıma**

Bertillon'un 1893 yılında yapmış olduğu çalışma, adli tıpta yüz tanıma için yapılmış olan sistematik yaklaşımların ilki olarak kabul edilmektedir. Günümüzde, teknolojik veriler kullanılmadan yapılan tüm çalışmalarda, adli yüz tanıma ağırlıklı olarak bilgisayar kullanılmadan elle yapılmıştır. Tipik bir adli yüz tanıma senaryosunda, bir adli tıp uzmanına iki boyutlu ve birbirinden farklı birden fazla yüz görüntüleri verilmiştir. Adli tıp uzmanı "İki resimde aynı kişiden mi bahsediliyor yoksa bunlar farklı bireyler midir?" sorusuna yanıt aramıştır. Adli bilimcinin asıl amacı, eldeki fotoğraf veya görüntü kayıtlarından bireylerin aynı olup olmadığının

derecesini temsil eden bir değer belirlemektir. Çalışma yapan uzmanın kullandığı yöntemler genellikle; bütünsel karşılaştırma, morfolojik analiz, antropometri ve çakıştırma metotlarıdır. FBI Yüz Tanıma Bilimsel alışma Grubu (FISWG2), Uluslararası Nüfus Birliği (IAI3) ve Adli Bilimler Enstitüleri Avrupa Açı (ENFSI4) gibi bazı çalışma grupları adli yüz karşılaştırma için standartlar ve kurallar geliştirmek için ortak çalışmalar yürütmektedir (Kumar ve ark., 2011).

Yüz tanıma dedektörü, karakteristik özellikleri çıkarıcı ve eşleştirici yüz tanıma modüllerini bünyesinde barındıran bir sistemden oluşmaktadır. Karakteristik zellikleri çıkardıktan sonra farklı bireylerin ayırt edilebilmesi için, yüz görüntülerinden kişileri ayırt etmede etkili olan bilgiler ayıklanır. Ayıklanarak elde edilen verilerden çıkarılan karakteristik kişi yüz profili özellikleri ile iki yüzü karşılaştırarak kesine yakın sonuç ortaya konulmaktadır. Bu adli yüz tanıma sistemleri ve prosedürleri, antropometri tabanlı yöntemlere yakın özelliklere sahiptir. Otomatik yüz tanıma konusunda yapılan ilk çalışma, bir dizi insanın yüz hatlarının fotoğraflanarak çıkarılmasından elde edilmiştir. İlk tam otomatik yüz tanıma sistemi çalışmanın yapıldığı dönemde bir dönüm noktası olarak kabul edilmiştir. Bu sistem 1973 yılında Kanade tarafından tekrar ele alınarak geliştirilmiştir. 1990'lı yılların başlarında, lineer alt uzayının analizi ile çözümlmelerine ait yaklaşımlar ve farklı sisteme uygun olan uyarlanabilir istatistiksel modeller çalışmaların devamında gelmiştir (Kumar ve ark., 2011; Arbab-Zavar ve Nixon, 2011; Ianerelli, 1989).

Yüzden elde edilen görüntülerden kenar algılama algoritması kullanımı, ön işleme yapılmış görüntüdeki toplanan verilerin grileştirilerek dönüşümünden oluşmaktadır. Bu dönüşüm her pikselin kırmızı, yeşil ve mavi kısımların değerini belirlemek amacıyla sırasıyla 0.11, 0.59 ve 0.3 çarpımından oluşan gri görüntülerin

alınması ile yapılır. Sonrasında, kenarları belirlemek amacıyla kenarları algılama algoritmaları uygulanır. Bu amaçla bazı filtreler, türleri algılama ve sınıflandırma için kenar algılama birimlerini kullanmaktadır. Filtreyi keskinleştirme, nesnelerin kenarlarını geliştirmek ve nesnenin arka plan geçişlerinin kontrastını ayarlamak için kullanılır. Bileme ve uygun kalitede filtre kullanılması, yüksek frekans bileşenlerini analiz etmeyi ve gerektiğinde hataları sorunsuz silmeyi sağlar. Bir görüntünün çalışmalarda kullanılabilirliğinin artırılması için yüksek geçirgenli filtreden geçirilmesi, merkeze yakın katsayıların pozitif ve dış çevresinin negatif olarak ayarlanmış olması gerekmektedir (Ahmed, 2013).

Morfolojik analizler, yüzün bireysel ve toplumsal özelliklerinin etüt edilmesi ve bu disiplinde eğitilmiş adli tıp uzmanları tarafından karşılaştırılması ile ortaya konulmuştur. Uzmanlar benzerlik açısından burun, ağız, kaş, benler, kırışıklıklar ve diğer yüz özelliklerine bakarlar. Bu tez çalışmasında yapılan çalışmalar yumuşak doku üzerindedir ve prosedürler diğer materyallere göre farklıdır. Bu prosedürlerin tamamı şekil ve açıklamalar ile ele almış olduğumuz bu tezin ilerleyen aşamalarında detaylı anlatılmaktadır.

Adli makamlarda suçlunun analizi için yüz tanıma önemlidir. Bazı adli durumlarda ve özellikle görüntü inceleme çalışmalarında önemini daha da artırmaktadır. Kalabalık içerisinde yer alan bir kişinin görüntüsünden veri tabanında yer alan bir çizim veya görüntü ile eşleştirme yapılabilmesini sağlayabilir. Edimsel yüz imgeleri ile daha önce sorguya alınmış ya da krimilastik olaya karışmış kişinin görüntüleri hızlı bir şekilde kıyaslanabilir. Bunun da maliyeti neredeyse yoktur. Çünkü var olan veri tabanından elde edilen görüntüler kullanılacaktır. Sadece tarama için vakit gereklidir. Şüpheli gözaltında iken elde edilen verilerle kıyaslama

yapılarak kişinin suçlu olup olmadığı hakkında kesin bilgiye ulaşmada yardımcı olur. Yeniden yüzlendirme zaman alan ve kişisel faktörlerle hata payı yüksek, maliyeti daha az ama güvenilirliği de daha düşük olan bir yöntemdir. Bu sebeple dijital verilerden ve mevcut veri tabanlarından yüz tanıma, Adli Bilimciler ve Adli Antropologlar tarafından sıklıkla kullanılan yöntemlerin başında gelmektedir (Kleinberg, 2008).

Otomatik (elle-manuel olarak müdahelenin olmadığı) veya yarı otomatik (isonuç alınacak sistemlere elle-mauel verilerin girilmesi) kulak tanımlama işlemleri günümüzde adli bilimlerde ve suçluların yakalanmasında sıklıkla kullanılan bir yöntem olup, düşük kaliteli görsellerde dahi bu sistemin kullanılacağı görülmektedir (Anwar ve ark., 2015).

1989 yılında İskoçya'da "kupa atışı" adında bir test yapılır. Farklı emniyet birimlerinden 36 yerel polis merkezinde suçluların fotoğrafları çekilir. Deneyimsiz polis memurlarına yasal prosedürlerden biri olarak (DNA, Parmak izi, ayak izi, avuç izi gibi) bu verilerin veri tabanına girmesi istenir. İlk kez veritabanına giriş yapacakların, yapabilecekleri hatalar da gözlemlenmiştir. Veriler, Polis özel veri tabanı olan Strathclyde sistemine girilir. Mevcut tutuklama için de her bir kişiye bir numara verilir. Geleneksel bir şekilde profilden resimler alınır ve bilgisayar veri tabanına işlenir. Kişiler oturtularak alınan çekimlerde yükseklik ile ilgili bir ayarlamaya gidilmemiştir. Aynı zamanda belirli bir mesafa ayarlaması yapılmamış ve objektif odak noktası dışında özel ayarlama uygulanmamıştır. Gözlerin kapalı olmaması da fotoğrafların çekilmesi konusunda hassas olunması gereken konulardan biri olarak gösterilmiştir (Kleinberg, 2008).

Güvenlik teknolojilerini kapsayan çeşitli konular arasında, biyometrik tanıma sistemleri önemli bir yere sahiptir. Biyometrik tanıma sistemleri, araştırmacılar, geliştiriciler ve tüketicilerin ilgisini çeken bir aktif alan olarak karşımıza çıkmaktadır. Kısaca, adli vakalarda biyometrik özelliklere göre otomatik tanımlama teknolojileri, özellikle endüstriyel toplumlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Parmak izi, muhtemelen en popüler biyometrik tanıma aracı olmasına rağmen, avuç içi izi veya kulak izi gibi diğer özelliklerin cezai soruşturmalarda sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Adli kimliklendirmede biyometrik özelliklere göre otomatik tanımlama teknolojileri, CCTV kamera sistemlerini ülke genelinde kullanan ve endüstrileşmiş toplumlarda adli bilimcilerin sıklıkla kullandığı teknolojilerdendir (Iannarelli, 1989). Parmak izi tüm dünyada en popüler biyometrik veri olmasına rağmen avuç içi izi ve kulak izinin de elde edilmiş biçimleri ve kişisel özellikleri yansıtması sebebi ile adli soruşturmalarda genellikle kabul görmektedir (Iannarelli, 1998). Kulak izi birçok adli ceza soruşturmalarında olağan kanıtlardan sayılmış ve cezai işlemlerde asıl rolü oynamışlardır (Arbab-Zavar ve Nixon, 2011). Bazı durumlarda suçlular eldiven kullanarak parmak izini bırakmayabilir ancak pencere veya kapı dinlerken kulak baskı izi bırakabilir. Adli soruşturmalarda da bu durum göz ardı edilmez ve kulak baskısından yani kulak izinden kimliklendirme yapılarak suçlu tespit edilebilir (Arbab-Zavar ve Nixon, 2011). Kulak izi herhangi bir yüzey ile kulağın baskısı sonucu oluşan temas sonucu üretilen işaretler bütünüdür. Kulak izi Adli Tıp uzmanları ve hukukçular tarafından sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak kendine has biyometrik özelliklerinin bulunması ve kıkırdak dokusunun esnek olmasından ötürü kimliklendirmede bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu sebeple de literatür ve adli vaka araştırmaları üzerine yapılacak çalışmaların geliştirilmesi ve Adli Bilimlere

yardımcı yeni bir alt disiplin olarak yerini alması gerekmektedir (Kumar ve ark., 2011).

Üç farklı ülkede yapılan Avrupa Adli Kulaktan Kimliklendirme Projesi (Forensic Ear Identification Project-FearID) çalışması sayesinde adli bilimlerde kulaktan kimliklendirme konusunda yeni eşleştirme algoritmaları ve yeni yöntemlerin sunulması ile adli bilimlere büyük bir katkı sağlanmış oldu. Alberik ve arkadaşları bu projeden farklı olarak, kulağın geometrik morfometri özellikleri ve elde edilmiş baskı şeklinden adli kimliklendirme materyalinden, yumuşak doku bütünü olan kulağın anatomik özellikleri ve noktalarını (landmarklar) detaylandırarak yarı otomatik bir doğrulama sistemi önerisinde bulunmuşlardır. Junod ve arkadaşları ise iki boyutlu Pearson-Bravais korelasyon katsayısına dayalı yeni bir yarı otomatik tanıma sistemi önermişlerdir (Arbab-Zavar ve Nixon, 2011). Her iki sistemden elde edilen veriler ise hem adli kimliklendirme çalışan bilim insanları hem de hukukçular tarafından umut verici bulunmuştur. Düşük kaliteli görüntüler ile sonuca ulaşmak neredeyse imkansızken yüksek kaliteli görüntüler ile kulaktan kimliklendirmede doğru tespit yüzdesi artmaktadır. Otomatik veya yarı otomatik kulak tanımlama işlemleri günümüzde adli bilimlerde ve suçluların yakalanmasında sıklıkla kullanılan bir yöntem olup, düşük kaliteli görsellerde dahi bu sistemin kullanılabileceği görülmektedir (Kumar ve ark., 2011).

Literatürde, görüntüden dış kulak algılama, tespit etme ve kulaktan kimliklendirme yöntemleri belli kurallar ve prosedürler toplamı olarak aktarılmaktadır. Yapılan çalışmalarda, gelen görüntülerin filtreleme ve optimizasyonu, kulağın köşelerinin algılanması, mozaiklenme ve piksel kaybından

oluşan görüntü kalitesi sorunlarının eldeki verilerde ortadan kaldırılmasının önemli bir yeri vardır. Kulak morfolojisi ve profilden yüzleri tanıma gibi birçok alt bölümle adli kimliklendirmede kulağın kullanım alanları belirtilmektedir (Boczek, 2015).

Yüzden elde edilen resimlerden kulak tespitinde, profil veya direkt kulaktan alınan görseller çalışmaya uygundur. Genel olarak kadın ve erkeklerin yüz anatomileri aynıdır. Ancak kişiden kişiye bazı anatomik noktalarda değişebilecek farklılıklar olabilir. Yükseklik ve uzunluğun alınan ölçülerde toplamı, kimliklendirme çalışmalarında yapılan araştırmaların temel unsuru olarak görülmektedir. Bireylerin yüzlerinde, dudaklarından kulaklara doğru düz bir çizgi çektiğimizde, bu hat dudaktan göze doğru çekilen hattı uzunluk olarak geçer. Çekilen düz çizgi buruna teğet ve dudak ucundan geçer. Üst dudak ve burnun küçük bir bölümü hat olarak öne çıkar. Adli kimliklendirmede insan kafatasından profil çıkarma işlemlerinde farklı açılar ve özel hesaplamalar yapılmıştır. Belli noktalar arasındaki mesafelerin bölünmesi sonucu bölgesel çalışmalar yapılabilmektedir. Ancak bölgesel çalışmaların sonuçları ile elde edilen değerlendirmeler doğru sonuçlar vermeyebilir (Ahmed, 2015).

Yapılan bazı çalışmalarda yüz tanımlama ve adli bilimlerde görüntülerin kullanılması için önerilen yöntem CVL yüz veritabanı üzerinde MATLAB yazılımı ile simüle edilmesidir. Adı geçen çalışmada CVL veritabanında 114 birey için 798 yüz görüntüsünden her farklı açı ile 7 farklı yüz görüntüsü ele alınmıştır. Görüntüler JPEG formatında 640 x 480 piksel olarak alınmıştır. Kadın ve erkeklerin yüz görüntüleri yer almaktadır. Görüntülerin tamamı CVL veri tabanına işlenmiştir (Corrucini, 1987). Yüz görüntülerinin simülasyonu CVL görüntü veri tabanı üzerinde yapılmıştır. Bu simülasyonda CVL veri tabanında bulunan profil görüntüleri

kullanılmıştır. Yüzden kulak algılama yöntemini 5 farklı aşama ile göstermek mümkündür. Bu aşamalar bilim insanları tarafından sırası ile filtreleme ve yapılacak çalışma için en uygun şekle sokma, kenar algılama, mozaikleşme-bozulmaların ortadan kaldırılması, morfoloji ve elde olan tüm yüz görüntülerini sistem içerisinde uygun yöntemle sonlandırma olarak belirtilmektedir (Kumar ve ark., 2011).



Şekil 2: Uzun süre sonra yakalanan Radovan Karadziç (Nixon ve ark., 2010).

### 2.2.2 Profil Yüz Resimlerinde Kulak Bölgesi Algılama

Bir bireyin ölçülebilir fiziksel ve davranışsal özelliklerini tanıyarak kimlik saptamak üzere geliştirilmiş otomatik sistemler bütününe biyometri denir. Başlıca biyometrik kaynaklar ise parmak izi, avuç içi baskı şekli, gözde retina ve iris, elin ve yüzün genel yapısı, ses, dişler, yürüyüş, konuşma, kulak yapısı, el yazısı, imza, el damarları şeklini içeren avuç içi tarama verileri ve DNA'dır (Nabiyev, 2009). Biyometrik yaklaşımlar genellikle eldeki verilerin özelliklerine bağlı olarak, iki ana kola ayrılır. Kişilerin sırayla belirlenmesine ve kimlik doğrulanmasına iki ana koldan



gelen verilerle başlanır. Otomatik olarak bireylerin kimliğini doğrulamak için giderek büyüyen bir ihtiyaç ortaya çıktığından, biyometri son on yıl boyunca özellikle adli bilimciler için aktif bir araştırma alanı olmuştur. İnsan dış kulağı veya kepçesinin karakteristik görünümü dış helix, antiheliks ve lobtan oluşmaktadır. Tragus, antitragus ve konka ise kulağın iç yapısını oluşturan bölgelerin isimleridir (Habiboghli, 2014). Dış kulak yüzeyinde çok sayıda sırt olarak tabir edilen çıkıntılar ve vadi olarak gösterilen noktalar akustik rezonatörler olarak adlandırılırlar. Düşük frekanslar için kulak kepçesi, kulak kanalına doğru akustik sinyal yansıtır. Yüksek frekanslar için bu ses dalgaları ve frekansları komşu çıkıntılar ve girintiler keserek kulak içine yansıtmakla görevlidirler (Al Nizami ve ark., 2009).

Organizmalar için şekil, fenotipin en göze çarpan özelliği olduğundan ve genotip ve çevre arasındaki bağlantıyı sağladığından bilimsel olarak yüzyıllardır dikkat çekici bir özellik olmuştur. Yakın zamana kadar kafatası kemikleri ve tür-alt tür kıyaslaması yapılan bal arıları da dahil birçok canlıda şekil varyasyonu, uzuvlar arasındaki uzaklık ölçüleri ve açı değerleri kullanılarak geleneksel morfometrik yöntemler ile ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Şekil varyasyonunu ortaya çıkarmak için bu yaklaşım, son zamanlarda yerini “Geometrik Morfometri” metoduna bırakmış olup (Rohlf ve Marcus, 1993), farklı amaçlara yönelik yapılan biyolojik çalışmalarda bu yöntem kullanılmaya başlanmıştır. Matematiksel bir temele dayanan “Geometrik Morfometri” metodu, şekil analizi ile varyasyonun sebep olduğu çeşitliliği ve morfolojik dönüşümü ortaya koymaktadır (Zelditch ve ark., 2004; Koca, 2012).

1960 ve 1970’li yıllarda uzunluk ölçüleri kullanılarak ve bu ölçülerden elde edilen veriler çok değişkenli istatistiksel analizler ile değerlendirilerek grup içi veya gruplar arası şekil farklılıkları ortaya çıkarılmaktaydı. Morfolojik değişken setinin

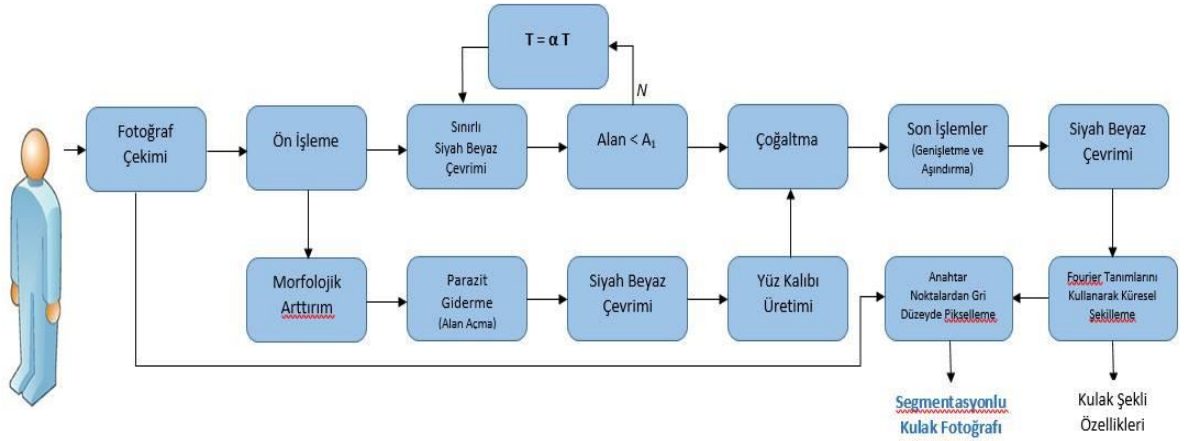
çok değişkenli istatiksels analizler ile test edildiği bu yaklaşım günümüzde “Klasik Morfometri” (Marcus, 1990) veya “Çok Değişkenli Morfometri” olarak adlandırılmaktadır. Lineer uzaklık ölçüleri genellikle büyüklük ile yüksek korelasyon gösterdiği için büyüklük ve şekil analizi düzeltmesi için metotlar geliştirmeye çalışılmıştır (Jungers ve ark., 1995). Büyüklük ve şekil analizi düzeltmesi için birçok metot tasarlanmış, fakat bu metotlar birbirlerinden farklı sonuçlar verdiği için geliştirilen metotlar üzerinde fikir birliğine varılamamıştır. İkinci olarak, birçok uzaklık (örneğin maksimum genişlik) birbirine benzer (homolog) noktalar ile tanımlanamadığı için lineer uzaklıkların homolojisini değerlendirmek oldukça zor olmaktadır. Bu zorluklardan dolayı araştırmacılar, morfolojik şekillerin niceliğini belirtmek ve bunları analiz edebilmek için alternatif metotlar geliştirmişlerdir (Adams ve ark., 2004). 1984’te David Kendall ve bazı istatikçiler biyolojik şekillerde çok değişkenli istatiksels metotların ve görsel olarak şekil farklılıklarının görüldüğü metotların birlikte kullanıldığı şekil analizi için istatiksels bir teori geliştirmiştir (Kendall, 1984). 1999 yılında Bookstein ve ark., tarafından bu teori “Morfometrik Sentez” olarak adlandırılmış ve günümüzde geometrik morfometri olarak bilinen metot ortaya çıkmıştır (Adams ve ark., 2004). Geometrik morfometri metodunun yapılan çalışmaya ve eldeki verilere göre değişen farklı uygulamaları mevcuttur. Geometrik morfometri yaklaşımı içerisinde; Öklid Uzaklık Matriks Analizi (Lele ve Richtsmeier, 1991) ve Eliptik Fourier Analizi (EFA) ilk başvuru olan metotlardır. Birçok geometrik morfometri yaklaşımı içerisinde Landmark Metodu (Procrustes Metot) en yaygın olarak kullanılan metottur ve bilim insanları tarafından bu metodun matematiksels ve istatiksels özelliklerinin tüm detayları kısa sürede anlaşılmuştur (Bookstein, 1996). Özellikle iskelet materyalden yapılan çalışmalarda sıklıkla

kullanılan Landmark Metodu, yumuşak doku analizlerinde ve çalışmalarında da en verimli, detayları analizlere en uygun metot olarak kullanılabilir olduğu düşünülmektedir (Koca, 2012).

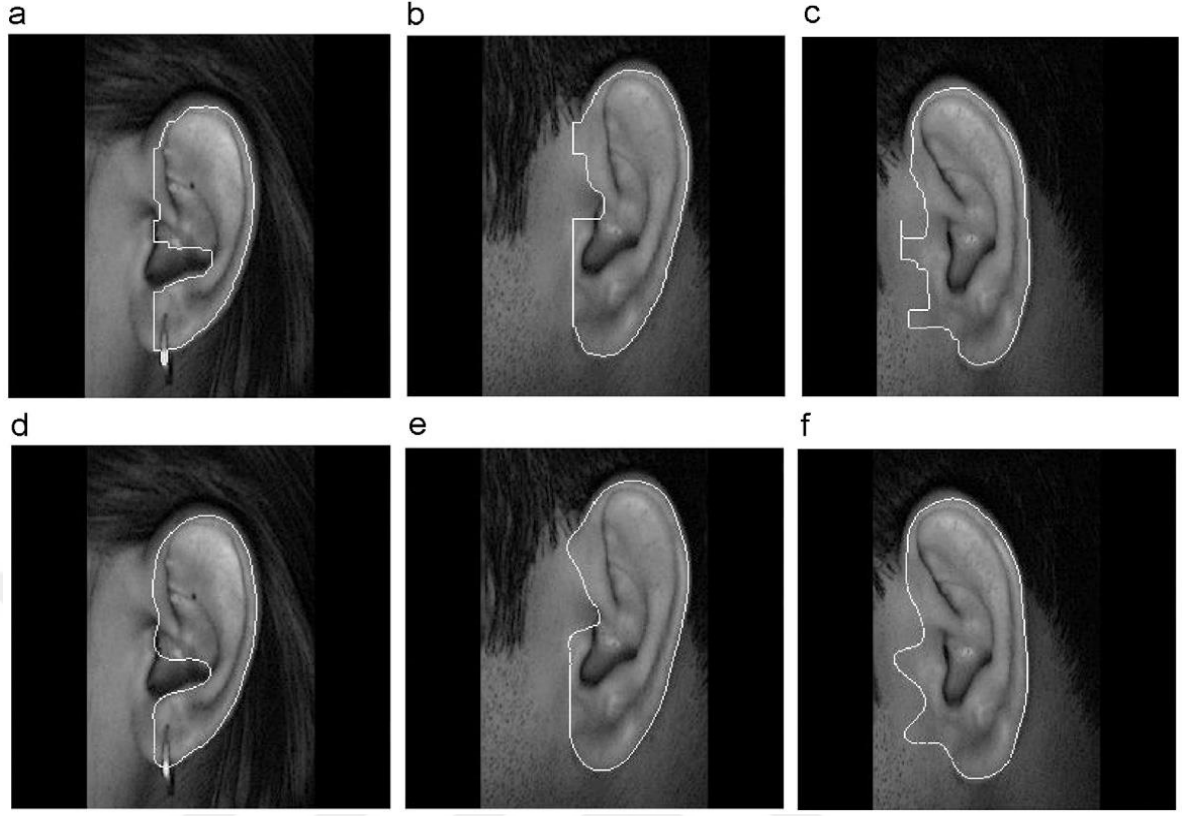
### **2.2.3 Kayıtlı Verilerden Otomatik Kulak Bölme Prosedürleri**

İki boyutlu otomatik kulak tanımlamada kullanılan metotların en zor yönlerinden biri kulağın otomatik ve doğru tespit edilebilmesi veya literatürde aktarıldığı üzere diskriminant analizindeki ilgili gri renkte bölgeye ayrılmasıdır. İnsan kulağının üç boyutlu görsellerinde yüzeyi çok kavisli görünüme sahiptir ve gölgeleri oluşturan düzensiz bir genel yapı görülmektedir. Bu nedenle elde edilen görüntüler yetersiz bir ışıklı ortamda, düşük kontrastta, genellikle pigmentasyonu değişen, kulak tüyleri ve deri ile çevrili halini bir bütün olarak görmekteyiz. Bu görüntüleri iyi ayırabilmek için otomatik kulak tanımlamanın sınıflama işlemlerinde daha kararlı özelliklerin bulunabilmesi oldukça zordur. Zor durumu kolaylaştıran en basit yolu ise algoritmaları sağlam oluşturmak ve kısımlara ayırma şemaları kullanarak kulağı parçalı hale getirmektir. Aşağıda Şekil 3'te gösterilen ise önceden yapılmış bir çalışmada uygulanan kısımlara ayırma şeması ve kulağı parçalı hale getirme metodudur. Şekil 4'te gösterildiği üzere elde edilen görüntüler histogramlar halinde eşitlenerek, Gauss filtre kullanılarak yumuşatma işlemine tabi tutulmuştur. Ortaya çıkan görüntülerde bölgeyi ana hatları ile çevrelemekte ve ikili maske olarak görüntüyü ikiye ayırmaktadır. Nihayetinde ortaya çıkan görüntü, farklı boyutlarda maskelenmiş ve eşik sınırı otomatik olarak ayarlanmıştır. Farklı boyutlarda ele alınan maske alanı ise sıfıra yakın indirgenebilmiştir (Singh, 2014).

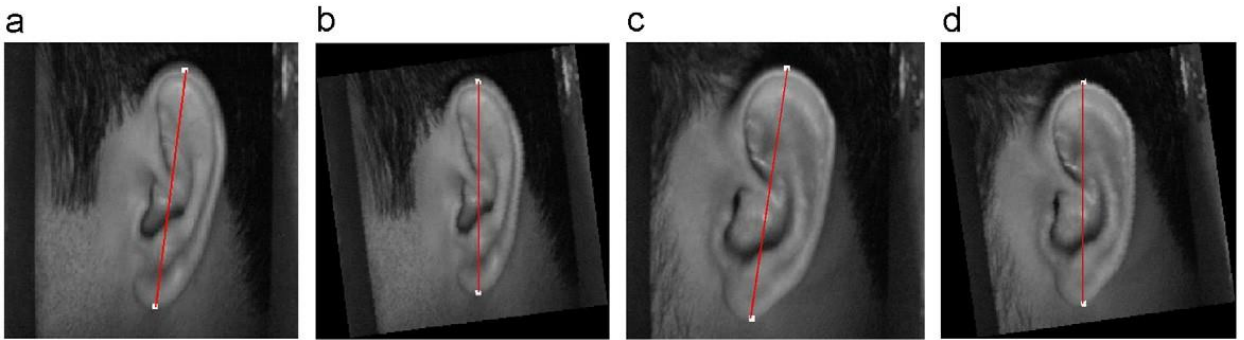
Önceden işlenmiş görüntü de aynı zamanda güvenilir bir kulak şekli yakalamamızı sağlar ve maskeleye sistemi için kullanılabilir. Ancak maskeleye sisteminde kullanılacak olan bu bölgeler stabil olmadığında kötü sonuçlar verebilmektedir. Kötü sonuçların nedenleri arasında gölgeler, kulak çevresindeki deri ile saç ve elde edilen verilerin yetersiz ışıklı ortamdan alınmış olmasıdır. Kötü koşullardan etkilenmiş, filtre kullanarak kulak şekli lokalize çabaları ile verileri sağlıklı biçimde kullanmak oldukça zordur. Bilim insanları bu gibi sorunların üstesinden gelmek zorundadırlar. Bu nedenle kulak şekli ayıklamak için gri skala denilen ve kulaktan kimliklendirmede sıklıkla kullanılan morfolojik yapı düzenleme operasyonları adli bilimciler tarafından sıklıkla uygulanmaktadır.



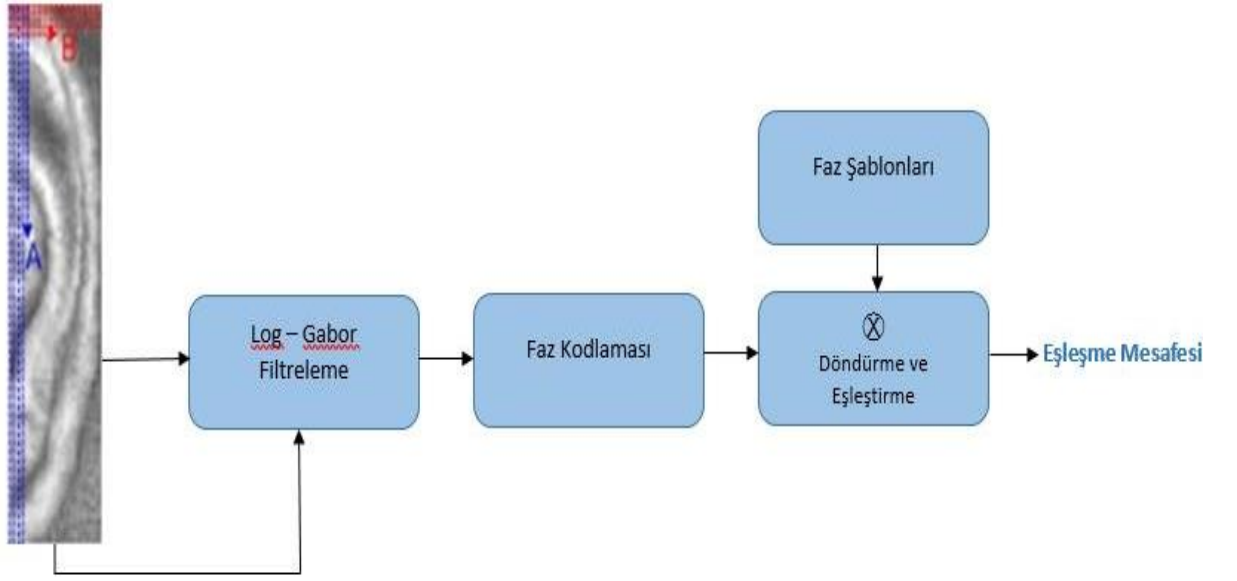
Şekil 3: Kulaktan görüntü alma prosedürü (Kumar ve ark., 2011).



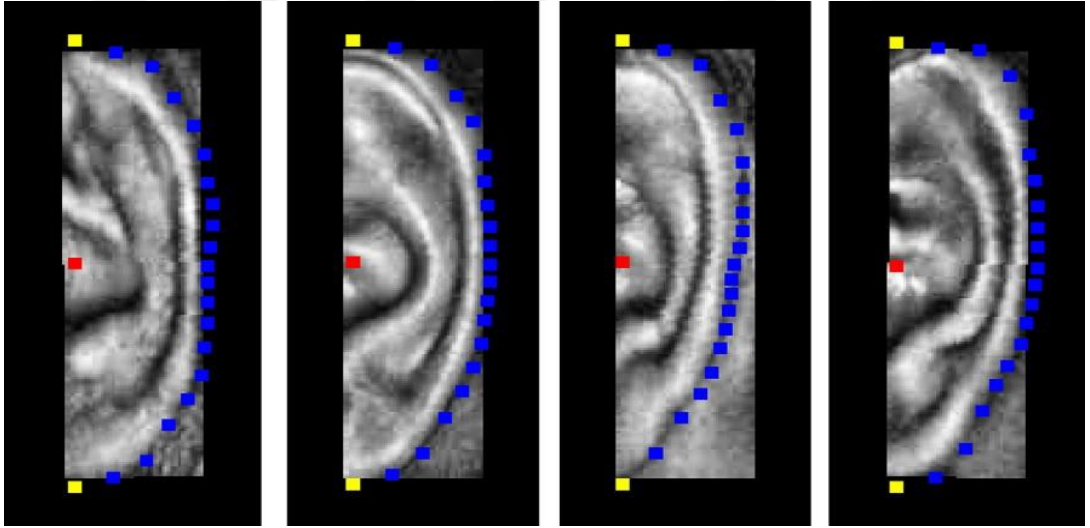
Şekil 4: Fourier tanımlayıcıları kullanmadan önce kulak şekli sınırları 4. Otomatik yerleştirme - (c) ve Fourier tanımlayıcıları kullandıktan sonra (d) - (f), (Kumar ve ark., 2011).



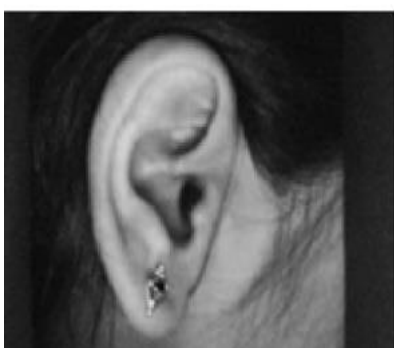
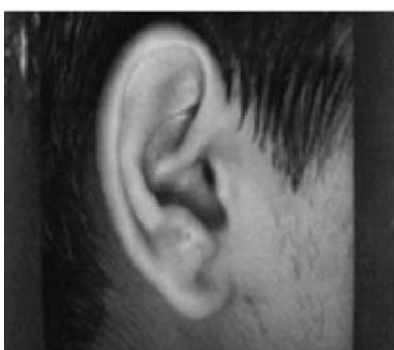
Şekil 5: (a) ve (c) rotasyon öncesi (b) ve (d) rotasyon sonrası (Kumar ve ark., 2011).



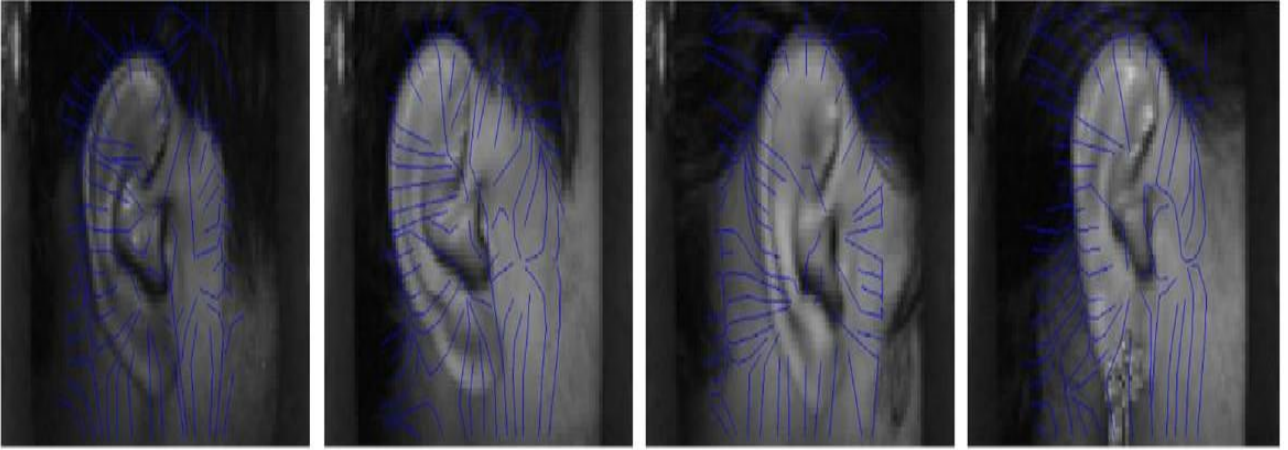
Şekil 6: Log-Gabor yöntemi ile resimden eşleştirme (Kumar ve ark., 2011).



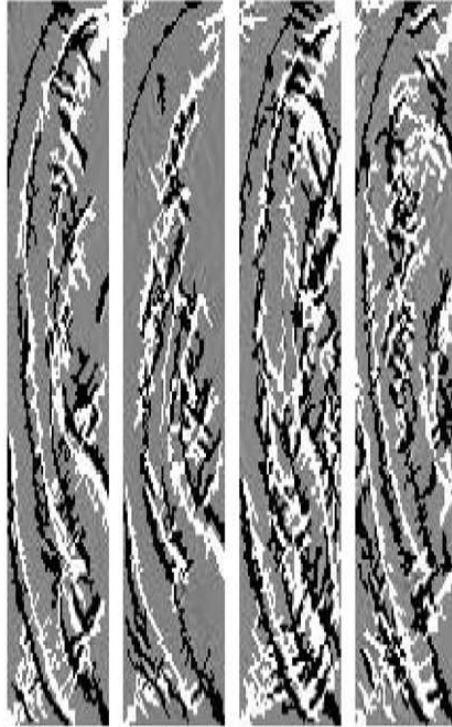
Şekil 7: Veri tabanından otomatik olarak çıkarılan görüntülerde mesafe noktalarının konumu (Kumar ve ark., 2011).



a



b



Şekil 8: Veri tabanında kullanılan kulak görüntüleri (a) taranmış kulak ve (b) kesit alınmış kulak görüntüsü (Kumar ve ark., (2011).



Tablo 1: Veri tabanında kullanımların performansları (Kumar ve ark., 2011)

Kaynak	Kulak Segmentasyonu	Özellikler	Sınıflandırma	Onay	Doğrula	Araştırma Veritabanı (Denek)	Performans (%) <sup>a</sup>
Mu vd.	Manuel	Şekil Özellikleri (Dış ve İç Kulak)	BP Ağ	Evet	Hayır	77	85 (seviye-1)
<b><i>Hurley</i></b> vd.	<b><i>Otomatize</i></b>	<b><i>Kuvvet alanı dönüşümü, PCA</i></b>	<b><i>K-NN</i></b>	<b><i>Evet</i></b>	<b><i>Hayır</i></b>	<b><i>63</i></b>	<b><i>99.2 (seviye-1)</i></b>
Abate vd.	Manuel	Genel Fourier tanımlayıcısı	<i>K-NN</i>	Evet	Hayır	70	88 (seviye-1, 15/301) 96
Chang vd.	Manuel	PCA	<i>K-NN</i>	Evet	Hayır	111	71.6 (seviye-1) (Araştırma)
Moreno vd.	Manuel	Şekil ve kırıksıklıkları temsil eden kulak	Nöral Ağ	Evet	Hayır	28	93 (seviye-1) (Araştırma)
Nanni et al.	Manuel	SFFS kullanarak renk alanı seçimi	<i>K-NN</i>	Evet	Evet	64	84 (seviye-1) (Araştırma)
Abdel Mottaleb et al.	Otomatize	Yüzey eğrilik noktaları için Hausdorff mesafesi	<i>K-NN</i>	Evet	Hayır	29	87.93 (seviye-1) (Araştırma)
Bustard and Nixon	Otomatize	SIFT özelliklerinden homografi dönüşümü	<i>A-NN</i>	Evet	Hayır	63	96 (seviye-1) (Araştırma)
Bu yayın	Otomatize	Ortogonal log-Gabor Filtre Çifti	<i>K-NN</i>	Evet	Evet	125, 221	96.27, 95.93 (seviye-1) (Araştırma)

#### 2.2.4 İki Boyutlu ve Üç Boyutlu Çalışmalar

Suç ve suçlunun tamamen değişime uğradığı günümüzde görsel materyallerden ve fotoğraflardan suçlu yaşı ve sonrasında kimliklendirmesi durumu adli bilimlerde önemli bir yere sahiptir. Adli kimliklendirmede iki boyutlu ve üç boyutlu çalışmalar önemini her geçen gün artırmaktadır.

Filtreleme ve optimizasyon konusu adli kimliklendirme çalışmalarında önemli bir yer tutmaktadır. Filtreleme yöntemi eldeki görüntüyü değiştirerek kaliteli görüntü elde edilmesi ihtimalini artırmak için kullanılan bir tekniktir. Örneğin, eldeki görüntünün belirli özelliklerini vurgulamak veya diğer özellikleri kaldırmak için bir görüntüyü filtreleyebilmekteyiz. Filtreleme ile uygulanan görüntü işleme, işlenen görüntüleri yumuşatma, keskinleştirme ve kenar kesitlerini düzenleme olarak sıralanabilir. Özellikle 2B çalışmalarda filtreleme sonrası çıktı alınan görüntüdeki herhangi bir pikselin değerine karşılık gelen piksel değerlerine bazı algoritma uygulanarak, önceden belirlenen bir bölge için çalışma yapılarak işlemler sonlandırılmaktadır (Ahmed, 2014).

Kleinberg'in 2008 yılında yapmış olduğu doktora çalışmasında 3B çalışmaların gerekçeleri ve avantajları etraflıca ele alınmıştır. Özellikle modern tekniklerle lazer sisteminin birleştirilerek kullanılması sonucunda geleneksel yeniden yüzlendirmeye göre daha kolay veri elde etme, veri tabanından çekilen verilerin eski verilerle kıyaslanması-karşılaştırılması ve yeniden yüzlendirmenin bilgisayar teknikleri ile sadece iki saatte yapılabileceği vurgulanmıştır. Heykeltraş ile yapılacak bu yeniden yüzlendirme ise günlerce sürebilmektedir (Kleinberg, 2008).

Üç boyutlu anatomik bir yapının bilgisayar ortamında 2B veya 3B olarak yeniden görselleştirilmesi arasında yapının temsili açısından yarattığı fark olmuştur. Fotoğraf ve video gibi 2B görüntülerden kimlik tespiti amacıyla yararlanılması yaygın bir uygulama olmasına karşın 3B anatomik bir yapı olan insan dış kulağının sahip olduğu kişiye özgü morfolojik karakterlerin bu 2B görüntülerde ne kadar kendini gösterebildiği ortaya konmamıştır (Singh, 2014).

Yahyaoğlu'nun 2015'te yapmış olduğu Yüksek Lisans tez çalışmasında bireyler arasında dış kulak morfolojisinin gösterdiği varyasyonun incelenmesi ile dış kulağın bilgisayar ortamında 2B ve 3B görüntülerle ifadesinin karşılaştırılmasını yapmıştır. Çalışmasında, 33 katılımcıdan (n=33, 22♀,11♂) Breuckmann triTOS-HE (Breuckmann GmbH, Germany) yapılandırılmış ışık tarayıcı kullanılarak üç boyutlu sol dış kulak görüntüleri alınmıştır. Görüntüler landmark tabanlı geometrik morfometrik yöntemlerle incelenmiştir. Bireyler arasında görülen varyasyonun incelenebilmesi amacıyla bu tez çalışmasında da kullanılan Temel Bileşen Analizi (PCA) yöntemine başvurulmuştur. Temel bileşen analizi sonucunda, dış kulağın boyuyla ilişkili olduğu belirlenen birinci temel bileşenin toplam varyasyonun yaklaşık %70' ini temsil ettiğini vurgulamıştır. Bununla birlikte, ikinci temel bileşen heliksin üst kısmında görülen farklılıklar ile tragus ve heliks arasındaki mesafeyi (kulak genişliği) hesaplamış ve toplam varyasyonu açıklaması da %13 olduğunu tespit etmiştir (Yahyaoğlu, 2015).

2015 yılında yapılan bir diğer tez çalışması da Anika Pflug tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada 2B ve 3B kıyaslaması etraflıca yapılarak tartışılmıştır. 2B görsellerin varyasyon ve rotasyon güçlüklerinin, 3B sistemler ile derinlik ve özellikle kalite artırma ile nasıl aşıldığı hakkında detaylı açıklama yapılmıştır. Pflug'a göre 3B

çalışmalar 2B çalışmalara göre pahalı olmasına rağmen, daha önce ICP ve LSP sistemlerinin kullanılması ile kulaktan kimliklendirmede elde edilen oranlar 2B çalışma sonrası elde edilen oranlara göre daha yüksektir. Öyle ki bu oranlar Chen ve Bhanu'nun yapmış olduğu çalışmalarda %96.3'tür. Dış helix baz alınarak elde edilen bu yüksek yüzdeler Adli Bilimciler ve Adli Antropologlar için parmak izi kadar değerlidir (Pflug, 2015).

Yine Chen ve Bhanu ile Yan ve Bowyer 2B CCTV kamera görsellerinden gölgeleme tekniği ile gerçek zamanlı kulak görüntüsü elde etmişlerdir. Bu görüntülerin saklandığı galeriden alınan görseller referans 3B görüntülerle karşılaştırılmıştır. Model hizalama ve Farklılık ölçütlerinin hesaplanması ICP ile yapılmıştır. 402 bireyden oluşan veri tabanında %95'lik doğru tanımlama oranı elde edilmiştir. En son yapılan analizlerde ise EER ve ICP'ye dayalı karşılaştırmada bu oran %1.6 olarak daha doğru çıkmıştır. Bu sebeple de 3B çalışmalar ne kadar maliyetli olursa olsun ısrarla önerilmiştir (Pflug, 2015).

Liu ve arkadaşlarının 2016 yılında, Online elde edilen görsellerin 3B olarak küresel ve yerel özelliklerine baktığı araştırma en güncel kulaktan kimliklendirme çalışmalarındandır. Bu çalışmada 500 bireyden toplamda 2000 farklı sonuç elde edilmiştir. En yakın nokta algoritması (Close Point- ICP) ile kulağın eşleştirilmesi yapılmıştır. Chen ve Bhanu'nun önerdiği şekilde de yüzey üzerinde yerel yüzey düzeltme eki (Local Surface Patch-LSP) kullanılmıştır. Lazer bir projektör üzerinden alınan online görüntüler, online lazer projektör imajlama ile işlenerek çalışma sürdürülmüştür. Elde edilen görüntüler ise 0-45 ve 90 derecelik açılarla rotasyona tabi tutulmuştur (Liu Y. ve ark., 2016).

Bandal ve arkadaşları, 3B görüntülerden elde edilen verilerden biyometrik kimliklendirme çalışmasında, 2B çalışmaların ne kadar gölge, aydınlatma, rotasyona uğratma gibi sorunları iyileştirmeye tabi tutulsa da 3B çalışmalara göre daha az verimli olacağını aktarmışlardır. 2B çalışmaların en iyi alternatifi olarak 3B çalışmaları göstermişlerdir. 3B kulak biyometriğini kullanarak bir kişinin tanımlanabilmesi oldukça umut vericidir. Çünkü yüz tanıma kimliklendirme için önemli bir tanımlama metodudur. Biyometrik tanımlama yöntemleri, kullanıcıların geleneksel kimlik tespit yöntemlerine göre çok daha verimli, çok daha doğal ve kolaydır. Aslında Adli Bilimciler için, yalnızca biyometrik yöntemler ile insanları tanımlamak en bilimsel metot olarak gösterilmiştir (Bandal ve ark., 2016).

Tré ve arkadaşları, Belçika Federal Polisi, Leuven Katolik Üniversitesi Medikal Görüntüleme Araştırma Merkezi ve Gent Üniversitesi ile ortaklaşa olarak yapılan, Afet Kurbanlarının Kimliklendirme (DVI) ekiplerinin de katıldığı, ölüm öncesi ve sonrası kulak değişimlerini ölçmek üzere yapılan 3B proje çalışmasını ortaya koymuşlardır. Görüntülerin saç, piercing, kulaklık ve küpe gibi cisimlerle kulak kısımlarını engelleyici maddelerden arındırılması öncelik verilen konulardan biri olmuştur. Tipik bir çalışmada kullanılan yöntemler kuvvet alanına dayalı dönüşümler, 2B kulak eğriler geometrisi , Fourier tanımlayıcıları, dalga dönüşümü , Gabor filtreleri veya ölçeğe göre değişmez özellik dönüşümleridir. Postmortem 70 yaş üzeri bir birey ile antemortem genç bir bireyin kulak lobule (memesi) şekil karşılaştırmasında uyumsuzluk net ortaya konulabilmiştir. Bu veriler genelde kulak karşılaştırmasında önemli sonuçları göstermektedir. 2B imajlardan elde edilen verilerin 3B verilerle analizi büyük bir avantajdır. Özellikler, ölüm öncesi çekilen 2B resimler ve imajlar ölüm sonrasında değerlendirilebilmektedir. 2B görüntülerin 3B

veri karşılaştırılması yapıldığında her zaman olumlu sonuç verdiği ve yüksek kaliteli görüntülerde etkili olduğu gözlemlenmiştir (Tré ve ark., 2016).

Son olarak 2B ve 3B görüntü analizleri ile kulaktan kimliklendirme çalışmalarının artıları ve eksileri kıyaslandığında bazı sonuçlar oldukça önemlidir. Son 30 yılda 2B ve son 15 yılda da 3B görüntüler üzerinden kimliklendirme çalışmaları yapılmaktadır. 2B çalışmalarda poz varyasyonları ve son sistemlerin uyarlanamaması sebebi ile 3B çalışmalara yönelim artmıştır. Ancak unutulmamalıdır ki 3B çalışmalarda da kullanılan sistemler geliştirilmek ve 2B çalışmalarla ortak yürümek zorundadır. Çünkü her zaman derinlik veya poz varyasyonu sorunu karşımıza çıkmamaktadır. Bazen kameranın kalitesi, bazen yansıyan ışık ve bazen de elde edilen görüntünün bütünlüğü 3B çalışmaların da yapılmasına engel olmaktadır. Bu sebeple yapılacak olan çalışmalar sistemlerin geliştirilmesine, 3B çalışmalar için maliyetlerin düşürülmesine yönelik olmalıdır.

### **2.3 Kulağın Yapısı ve Özellikleri: Biyolojik ve Anatomik Yaklaşım**

“Adli kimliklendirmede kulak biyometrisi ve morfolojik yaklaşımlardan suçlu tanımlama, adli bilimlere yardımcı olabilir mi?” sorusunun cevabı 20. yüzyılın başlarından beri tartışma konusu olmuştur. Kulak biyometrik tanıma, 2B veya 3B kulak görüntüleri kullanarak insan tanımlama veya doğrulama için otomatik veya yarı otomatik yöntemlerle yapılan çalışmalar bütünüdür. Kulaktan biyometrik çalışmaların adli kimliklendirme alanına iki yönlü avantaj sunabilir. İlk olarak, ileri teknolojileri adli bilimlerde kullanmak ve kulak izi tanıma yöntemlerini bilgilendirmek, ikincisi ise elde edilen verileri kullanılacak sistemlere tanıtmak ve belli mesafeye kadar olan eldeki görüntüleri adli kimliklendirmede kullanımdır.

Kulaktan kimliklendirmede belli bölgede oluşan basınç, eldeki verilerin bozulmasının, kullanılmaz ya da az kullanılabilir hale gelmesinin ana nedenlerinden biridir. Üç boyutlu görsel verilerde ise sunulan basınca maruz kalan kulaklarda kimliklendirme yapılabilir hatta bazı durumlarda faydalı olabilir. Biyometrik yöntemlerde basınç ile kulak görüntüsünde dezenformasyonlar kimliklendirmede engelleyici faktör olmaktan çıkmaktadır. Ancak kulak görüntülerinden elde edilen verilerin kimliklendirmede daha az hata payı ile çalışmasındaki en büyük etken teknolojinin en üst düzeyde kullanılmasıdır (Islam ve ark., 2011).

Adli kimliklendirme ve adli bilimlerde kulak biyometrisi üzerinden çalışma yapmak ne kadar güvenlidir ve nasıl bir yaklaşımda bulunmak gerektiği sorularının cevabı her zaman önemli olmuştur. Kulak biyometrisinin önemli avantajlarından biri, kulağın hızlı tanınması ve belli bir mesafeden tanımlama yapılabilir olmasıdır. Bir gözetim sistemi tarafından yakalanan görüntüler genellikle kalitesiz; kısmen bozuk olabilir. Ayrıca poz tanımlanması için uygun olmayabilir. Kötü aydınlatma ve eldeki veriler üzerinde oluşan gölgeler de görüntü kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle deforme olan görüntüler otomatik işleme yöntemlerinin kullanılmasını gerektirir. Bazı bilim insanları kulağın biyometrik olarak en iyi tanıma oranlarını elde etmek için görüntü numunelerini, kontrollü koşullarda yakalanması gerekliliğine dikkat çekmişlerdir (Toy ve Nixon, 2010b).

Kulak morfolojisi ve özellikleri konusunda birçok çalışma yapılmıştır. Belki de adli kimliklendirmede karşılaşılan ana sorulardan biri: Kulaktan elde edilen verilerden doğruluk payı yüksek tanımlama yapmak için yeterli bilgi var mıdır (Hoogstrate ve ark., 2001)? Bu sorunun cevabını bulmak için, standart gözetim ekipmanları kullanılarak çoklu video ve görüntülerden farklı koşullar altında 22

denekten kulak görüntüsü alınmıştır. Her katılımcının eşleştirilmiş videoları 40 setlik görüntü ile ve onların her bir çifti için sunulmuştur. ‘‘Kişileri tanımlama ve o kişiye ait olup olmadığını anlama için görüntüde yeterli bilgi var mı?’’ ve ‘‘İki farklı görüntü aynı bireylerin mi?’’ sorularına yanıt aranmıştır. Hoogstrate ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir çalışmada elde edilen iki temel sonuç ortaya konmuştur. Sonuçlardan ilki görüntünün kalitesi, kulaktan kimliklendirme konusunda yeterli bilgi olup olmadığı kararını etkilemektedir. İkinci sonuç ise adli bilimler için yeterli bilgi olduğunda kulaktan kimliklendirmenin başarılı bir şekilde yapılabileceğidir. Hoogstrate ve arkadaşlarının yapmış olduğu bu çalışma için veri kümesi küçüktü ve deney kapalı küme varsayımı altında yapılmıştı. Bu önemli bir soruyu akla getiriyor olsa da hangi kulağın ayırt edici özellikleri daha fazla ve nasıl performans doğruluğu göstermektedir. Özellikle eldeki verilerin güven aralığı, kulağın tümünün değil de farklı bölgelerinin seçilmesi halinde nasıl değişmekte idi. Tüm bu soruların cevabını vermek ve kulaktan kimliklendirme için adli bilimlerin kulak biyometri alanı detayları ile ele alınmıştır (Kursheed ve ark., 2014).

Kulak morfolojisi Hoogstrate ve arkadaşları tarafından ayrılma ve değişkenlik olmak üzere iki çok farklı yaklaşımla araştırılmıştır. İlk yaklaşım kulakların bir veri kümesi içinde şekillerin istatistiksel analizine dayanıyordu. Bu analiz, bir parçaya dayalı kulak görüntülerinin veri setinden analiz edilmesidir. Bu analize ayrılma ya da ayırma denilmektedir. Bir bölge veya nokta tabanlı model daha sonra tespit edilen farklı görüntüler ile kıyaslanarak tamamının kümelenmesi yoluyla ayırma yapılmaktadır. İkinci yaklaşım dış kulak embriyolojik gelişiminin seyri ve doğuştan gelen kulak anormalliklerinin, insanın embriyolojik kökenine dayanmasıdır (Adhikari ve ark., 2015).



Kulak biyometrik olarak doğumdan beri korunan ve bireylerde oldukça benzersiz olan zengin ve istikrarlı bir yapı sergilemektedir. Genellikle kulak şeklinin herkeste farklı olduğunu Biyolojik Antropologlar, Anatomistler ve Adli Bilimciler dışında pek fazla bilmemekteyiz. Her bireyin kulak anatomisinin farklı olduğunu, kişileri karşılaştırmada kulakların az veriye rağmen kimliklendirmede de kullanılabileceğini bilmekteyiz.

Parmak izi gibi kulak izi de kişiye özeldir. Kişiden kişiye değişiklik gösterir. Bireyin her iki kulağı birbirine benzememektedir. Bu durumun başlıca sebebi ise gebeliğin dördüncü ve beşinci haftalarından itibaren kafanın iki yanında yer alan ve çıkıntı yapan altı parçanın gelişmesi ile kulağın oluşumunun tamamlanmasıdır. Büyümekte olan çıkıntılar daha sonra birbirine kaynar. Dış kulağın fenotipik durumu miras gelen genlere bağlı olsa da, ana rahmindeki şartlar da kulakların şeklinde önemli bir etkiye sahiptir. Kulaklar ana rahminde doğumdan önce şekillendikten sonra şekil değiştirmezler ancak yaşa bağlı olarak hacimde ve görünümde değişikliğe uğrarlar. Kulaktan bireyleri kimliklendirmek, özellikle cinsiyet ve yaş tahmini yapmak için Adli Antropologlar ile Kriminologlar çalışma yapmaktadırlar. Literatürde yer alan çalışmalara göre dış kulak görüntüsü üzerinden bireyleri kimliklendirmek, yarı otomatik (2B) ve otomatik (3B) yüz tanıma yöntemleri ile mümkündür ve diğer yüz tanıma yöntemleri ile yakın doğruluk payına sahiptir (İbrahim ve Tharwat, 2014).

Dış kulak embriyolojisi genişlik hesaplarından sağlanan verilerle, dış kulak (auricular) tepeciklerinin bireysel gelişmesi ile birlikte, dış kulağın aldığı son şekli ayrıntılandığı sağlam ve sürekli bir yapı olarak meydana geleceği önerildi

(Streeter, 1922). Diđer bazı Őekil bozuklukları ve farklılıklar normalite eŐik altında aŐırı bűyűme ya da az geliŐmiŐlik olarak tarif edilebilir. Kayda deđer farklılıklar olabilir, bu dıŐ kulak yapısında anormallik daha sabit yapıların gűzlemlenmesi ile ortaya konulur. Kulak izi bulgularından kimlik dođrulamada eksik olan veriler, terminolojide yer alan bilgilerle ve sıklıkla uygulanan prosedűrlerle tamamlanabilir (Arbab-Zavar ve Nixon, 2011).

Biyometrik alıŐmalar son zamanlarda popűler medyada dikkat çekmektedir. Fiziyojik veya davranıŐsal űzelliklerine gűre bireylerin belirlenmesi ile Biyometri ilgilenir. Yaygın biyometrik kimliklendirme çalıŐmalarının, Adli Antropolojide kullanılan teknolojinin űnemli bir parçası olacađı dűŐűnűlmektedir. Biyometri fiziyojik ve davranıŐsal olmak űzere iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Biyometri; kilo, boy, vűcut Őekli, yűz Őekli, el Őekli, ten rengi, saç rengi, retina, iris, parmak izi ve kulak Őekli gibi dıŐ fiziksel űzelliklerin, űlűmlerine dayanmaktadır. DavranıŐsal űlűmler ise genellikle yűrűyűŐ, vűcut duruŐu, konuŐma, el yazısı, kalp atıŐı ve solunum paterni gibi űđrenilmiŐ davranıŐlardır (Alexander ve ark., 2009).

Yapılan tanımlama ve çalıŐmalarda iki űnemli problemden bahsedilmektedir. Adli kimliklendirmede veri kaynađı olarak kulađın insan tanımlanması için birçok avantajı vardır. Birincisi, kulak insan yaŐamı boyunca űnemli űlűde deđiŐmez. Ancak belli bir yaŐtan sonra kulak memesi (lobule) deđiŐiklikleri gűrűlebilmektedir. İkincisi, kulaklar bir mesafeden incelendiđinde gűvenilir ve sađlam űzelliklere sahiptir. Ŭűncűsű, kulak baskısı suç mahallinde bırakılabilmektedir. İnsanları tanımlamak için kulak gűrűntűsűnűn kullanımında bazı zorluklar vardır. Saçların pozisyonu ve sıklıđı zorlukların baŐında gelmektedir. Műslűman kadınlar tarafından da takılan baŐűrtűsű kullanımı da űnemli zorluklardan biridir (Ahmed ve ark., 2015).

Geometrik özellikler kökeni ile insan kulağı tanıma çalışmasında bireyler kameradan iki metre mesafede oturtularak, 300 x 400 boyutları kullanılmıştır. Tandel ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da geriye yayılım kullanılarak %85 oranında bir tanıma doğruluğu elde edilmiştir. Ancak doğruluk oranı bilim insanlarına göre düşük bulunmuştur. Jitendra ve arkadaşları kulak biyometrisi ile Öklid teoremini kullanarak geometrik özellik bulma yöntemini ortaya koymuşlardır. Kendi veri tabanlarını kullanarak yan yüz görüntülerini aydınlatma değişikliği yapmadan eşit aydınlatma koşullarında dijital kamera çekimleri ile gerçekleştirmişlerdir (Tandel ve ark., 2012).

Yaygın olarak kullanılmaya başlanan biyometrik tanıma teknolojisinin adli bilimlerde önemli bir yeri olacağı düşünülmektedir. Kulak görünür olduğundan kulağın kendi görüntülerinin alınması ve kulak yapısının zamanla kolayca radikal değişmemesi, insan tanımlama ve kimliklendirme konusunda iyi bir çözüm yöntemi olacağı belirtilmektedir (Tandel ve ark., 2012).

Dış kulak anatomik yapısı kişilerin, deneklerin ve suçluların kişisel tanımlaması için kullanılmaktadır. Dış kulak, sadece yaşayanlar için değil, ölünün de kişisel tanımlaması için kullanılabilir. Son yıllarda suçluların mahkum edilmesinde geniş ölçüde kanıt olarak kabul edilmeye başlanması ile kulağın analiz edilmesi ve süreçleri, gündeme daha sık gelmeye başlamıştır (Tandel ve ark., 2012).

Kişisel kimlik için insan kulağının potansiyeli Fransız kriminolog Alphonse Bertillon tarafından 1890 yılında ortaya konmuştur. Kulak, kimlik açısından önemli bir faktördür. Çevre etkilerine dayanıklı, doğumdan beri biçimi değişmeyen kulağın kalıtımı, kişinin manevi mirası olduğu için tüm ömrü boyunca aynı kalır. Ancak değişikliği zamanla göze çarpan bir kısmı vardır kulağın. Bu da kulak memesidir.

Kulaktan yapılan ilk araştırma Iannarelli ve arkadaşları tarafından insan biyometrisi kullanılarak yapılan çalışmadır. Bu çalışma için 10.000 'den fazla kulak örneği karşılaştırılmıştır. Gözdeki iris veya diğer biyometrik parametrelere göre adli bilimlerde kullanımı sıklıkla görülmektedir. Tıp literatüründe kulağın büyümesi doğumdan yaklaşık dört ay sonra başlamakta, dört aya kadar orantı aynı kalmakta ve 70 yaşa kadar radikal değişim göstermemektedir. Bu sebeple kişiyi tanımlama konusunda kulağın doğadaki kusursuz özellikleri sayesinde insan tanımlamada da biyometrik çalışmalar için mükemmel bir araçtır. Bu kulak tanımlama metotları özellikle adli görüntü analizi ve akıllı gözetim görevlerinin yapılabilmesinde bilim insanlarına büyük katkı sağlamaktadır. Günümüzde gözleme özellikleri ile adli soruşturmalar için kulaktan tanımlama standart bir tekniktir ve vakalarda yüzlerce kez delil olarak kullanılmıştır. Ancak bu kanıtların elde edilmesi ve suçluların mahkum edilmesindeki Adli Bilimcilere sundukları verilerin güvenilirliği birçok batılı ülkede olduğu gibi, Hollanda'da mahkemeler tarafından sorgulanmaktadır. Delil olarak kulak baskı gücünü incelemek amacıyla, Adli Kulak Kimlik Projesi (FearID) İtalya, İngiltere ve Hollanda'da dokuz farklı kurumun test sisteminde 2006 yılında Hollanda öncülüğünde başlatılmıştır. Proje sonrasında kulak baskıları delil olarak kullanılabilir sonucuna varılmıştır. Avrupa'da yapılan diğer biyometri veri tabanlı çalışmada ise, Alman polisi güvenlik kamerası görüntülerinden şüphelilerin kimlik kanıt toplamak için diğer görünüm tabanlı özellikleri ile bağlantılı olarak kulağın fiziksel özelliklerini kullanmıştır (Kumar ve ark., 2011).

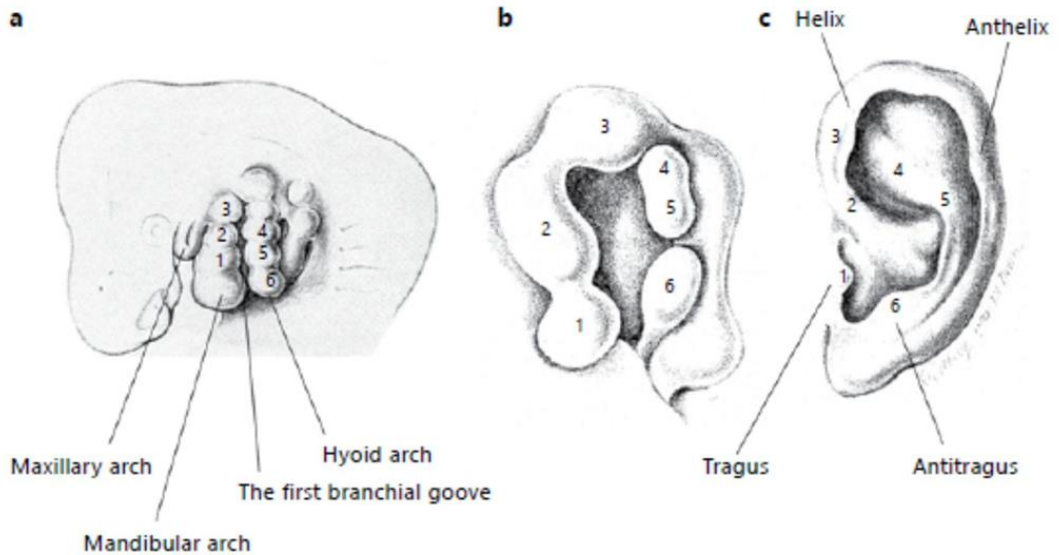
Biyometrik doğrulama, kişinin kimliğini tanımlamak için fiziksel veya davranışsal özelliklerini ölçme çalışmasıdır. Biyometrik teknikler en güvenli ve doğru kimlik doğrulama araçları arasında, kamu güvenliği ve ulusal güvenlik

kapsamında adli bilimcilerin ihtiyaçlarını karşılar. Parmak izi, yüz ve iris gibi dış fiziksel özellikler adli kimliklendirme alanında yoğun ilgi görmüştür. Parmak izi ve iris, genellikle yüze göre daha doğru biyometrik tanımaya olanak sağlayan veriler olarak kabul edilir. Ancak parmak izi ve irisin elde edilemediği durumlarda yüz daha kolay yakalanabilir ve bilim insanları tarafından kullanılır. Ancak, tek başına yüzden çalışma yaparken bazı olumsuz durumlar ortaya çıkabilmektedir. Bunlar; aydınlatma açısı farklılıkları, yüzdeki ifade değişiklikleri, yapılmış olan makyajın yoğunluğu ve gzlk kullanılmasıdır. Kulak görüntülerinden oluşan baskıyla kulak şekli eksiksiz elde edilebilir ve araştırmacılar kulağın biyometrik olarak pratik kullanımına başvurabilir. Bazı durumlarda iki boyutlu çalışma tarzı pek mümkün olmamaktadır. Birçok araştırmacı iki boyutlu kulak görüntüleri özelliklerini kullanarak kişi tanımlama yapabiliyorken, bilgisayar destekli sistemlerle üç boyutlu ve daha rahat çalışma yapabilmektedir. Kulak tanımada karşılaşılan en büyük sorun saçların, kulak görüntüsü ve baskısı üzerinde oluşturduğu negatif durumdur (Abaza ve Ross, 2010).

### **2.3.1 Dış Kulak (Auris Externa) Embriyolojisi ve Anatomisi**

Omurgalı hayvanlarda her bir organ, embriyonik gelişimin erken evresinde meydana gelen üç germ tabakasından; ektoderm (dış tabaka), mezoderm (orta tabaka) ve endodermden (iç tabaka) köken alır (Kuru, 2009). Fetüsün (gebelikte 3. aydan doğum zamanına kadar ana rahmindeki canlı) gelişimi esnasında baş bölgesinde embriyonun ventralinde yer alan altı çift brakial yay ve her brakial yay çiftinin arasında yer alan beş brakial oyuk meydana gelir. Gebeliğin dördüncü haftasında nöral krest hücrelerinin brakial bölgeye göç etmesi ile birlikte birinci brakial yay (mandibular yay) ile ikinci brakial yay (hiyoid yay) mezoderm

hücreleri farklılaşarak auriculanın gelişimi başlar (Ozeki, 2014). Altıncı haftaya gelindiğinde bu iki brakial yay üzerinde ilk üçü birinci brakial yayda diğer üçü ikinci brakial yayda olmak üzere altı adet mezenkimal tepecik (hillocks of His) gelişir. Anne karnında 11-12. haftalarda bu tepecikler kaynaşarak auriculayı meydana getirirler ve tragus, crus helicis, heliks, antihelix, antitragus ve kulak memesi bu tepeciklerden köken alır (Şekil 2). Kulak memesi dış kulakta gelişen ilk yapıdır. Kıkırdağın oluşumu ise yedinci haftada conchanın birinci brakial oyuğun ektoderminden köken almasıyla başlar (Sancak ve Cumhuriyet, 2010). Gelişim esnasında çeşitli bozukluklar meydana gelebilmektedir. Örneğin; conchal oyuk gelişimi sırasında meydana gelebilecek bozukluklar kulak kepçesinin baş ile yaptığı açının artmasına, antihelixin kıvrılmasında meydana gelebilecek bozukluklar ise scaphanın dışa doğru eğilmesine yol açmaktadır (Sforza ve ark., 2009; Yahyaoğlu, 2015).



Şekil 9: Kulağın embriyolojik gelişimi a. Embriyonik gelişimin 6. haftasında mandibular ve hiyoid yay üzerinde gelişen altı mezenkimal tepecik b. Embriyonik gelişimin 7. haftası c. Erişkin kulağında altı mezenkimal tepecikten gelişen yapılar (Yahyaoglu, 2015).

Dış ortamdaki seslerin toplanması ve orta kulağa iletilmesi görevi dış kulağındır. Dış kulak (auricle), morfolojisi açısından primatlarda kayda değer bir farklılık göstermektedir ve bu farklılığın filogenetik ilişkileri yansıttığı bilinmektedir (Coleman ve Ross, 2004). Coleman ve Ross, primatların işitsel farklılıklarını, dış kulak morfolojilerini ve işitme performanslarını filogenetik ilişkileriyle birlikte ele almıştır. Yapmış oldukları çalışmanın bulgularına göre antropoidler hemen hemen yüksekliği genişliğine eşit kulaklara sahipken, anthropoid olmayanlar dar ve uzun kulaklara sahiptir. Uzun ve dar dış kulak yapısına sahip prosimianların düşük frekanslı sesleri algılamalarının yüksek frekanslara göre daha düşük olduğunu, geniş ya da büyük kulaklara sahip primatların ise düşük ve yüksek frekanslı sesleri algılamalarının yüksek olduğu ortaya konmuştur.

İnsan dış kulağı bireyin yaşı ve cinsiyetine göre dış farklılıklar göstermektedir. Sforza ve arkadaşları, 4-73 yaşları arasındaki 346 kadın ve 497 erkekten oluşan grupta yaş ve cinsiyete bağlı olarak dış kulak morfolojisinde meydana gelen değişimleri ele aldıkları çalışmalarında kadın ve erkekte kulağın uzunluğunun bireyin yaşamı boyunca arttığını ortaya koymuşlardır. Ayrıca kulak genişliğinin de yaşa bağlı olarak arttığı aynı çalışmanın bulguları arasındadır. Yaşa bağlı bu şekil değişiklikleri, başlıca kulak kepçesinde yer alan kıkırdak dokunun fibrillerinin gevşemesi ve kondrosit hücrelerinin yoğunluğunun azlamasıyla beraber kulağın büyümesi olarak gözlenir. Buna ek olarak pretragal deri kıvrımlarının yaş

tespiti amacıyla kullanılabileceği öne sürülmüştür (Niemitz ve ark., 2007; Yahyaoğlu, 2015).

Dış kulak, anne karnında olan bebeğin dördüncü ayında doğum öncesi son şeklini kazanır. Bununla birlikte bir kişinin kulak genişliğine bağlı olarak doğum sonrası kulak şekli üzerine çalışma yapılabilme sınırının Kuzey Amerikalı çocuklar için altı yaş ve Hintli çocuklar için ortalama 6.6 yıl olarak tespit edilmiştir. Kulak boyutsal olarak doğum sonrası büyümeye devam etmektedir. Erkeklerin kulak yapısı tespitinde tahmin aralığının Kuzey Amerikalılar ve Kızılderililer için ortalaması yedi yaş olarak tespit edilmiştir. Bunun aksine Hintliler ve Kuzey Amerikalılarda kulak anatomisi üzerine yapılan çalışmalar sonucu belli bir olgunluğa erişme yaşı kız çocukları için 12 yaş, erkekler için ise 13 yaş olarak saptanmış ve çevresel faktörlerin kulak lobülü dışında pek bir etkisi olmadığı görülmüştür. Kulak lobülü değişikliği ise maksimum lobül gerilemesine sebep olan yer çekimi kuvveti ile dış doğrusal boyutların değişikliklere neden olması ile ortaya çıkmaktadır. Genişliğine göre kulak uzunluğu tamamlanmış büyük değerlere sahip yaşlı bireylerle, auricular boyutlarında anlamlı değişiklikler olmaktadır. Bu durumu bilim insanları uzunluk, lob ve elastik lifler ile ilgili değişiklikleri gözlemleyerek ortaya koymuştur. Bunun tersine, lobül genişliği, yaş arttıkça ters ilişki göstermektedir (Kumar ve ark., 2011; Abbas A., Rutty G., 2003 ).

İnsan embriyosunda dış kulağın ilk görünümü, embriyonik hayatın beşinci haftasında meydana gelen altı ayrı tepecik şeklindedir (Streeter, 1922). Bu tepecikler auricular olarak geçer ve embriyonun 6. haftası itibari ile net gözlemlenebilmektedir. Dış kulağa neden olan yapı, bir yarık ile ayrılmış olan alt gömülü doku ve hiyoid kemerlerdir. Yeni doğmuş bir bebekte kulak embriyo sonrası şeklini almaktadır ve



bu altı auricular yapı farklı büyüme ve birleşme eğilimi göstermektedir. Kulak embriyoloji gelişimi bilim insanlarının auricula içinde yerel ve bağımsız yapıların öncül sınıflandırma amacına hitap etmektedir (Purkait, 2013).

### **2.3.2 Kulak Biyometrisi**

Biyometrik (biometrics), bireylerin fiziksel ya da davranışsal karakterlerinin yani özelliklerinin temel alınarak tanınması ile ilgili çalışma yapılan alandır. Biyometrinin tarihçesine baktığımızda, mağara duvarlarındaki resimlerin yanında imza olarak yapıldığı düşünülen el izlerine veya asırlar önce Çin’de yeni doğan bebeklerin karışmasını önlemek için ayaklarının ve ellerinin izlerinin alınmasını görmekteyiz (Yahyaoglu, 2015).

Choraś ‘ın 2008 yılında yapmış olduğu kulak biyometrisi çalışmasında 3B çalışma yerine 2B çalışma yapmayı tercih etmiştir. Çalışmasında tercih sebebini de açıklamıştır. 2B görüntü işleme ve tanımlamaya odaklandıklarını, çünkü standart dijital kameraların daha yaygın kullanılmakta olduğunu ve algoritmalarını 3B tarayıcılardan daha ucuza mal ettiklerini, gerçek hayatta kontrol erişim uygulamalarında da daha uygulanabilir olduğunu, -dahası 3B görüntü analizi algoritmalarının Adli tıp veya polis kriminal dairelerinde kullanılan usullerle daha uyumlu olmasına karşın çalışmada kullanılan yöntemlerden daha karmaşık olduğunu belirtmiştir (Choraś, 2008).

Kulağın jest ve mimik gibi duygusal ifadelerden etkilenmemesi, yaşlanmayla birlikte özellikle ciltte oluşan bozulma ve kırışıklıklarla birlikte yüze kıyasla daha az değişmesi ve parmak izi gibi kişiden kişiye değişen karakteristik biçim farklılıkları nedeniyle Adli Bilimciler ve Adli Antropologlara biyometrik çalışmalarda yaklaşık 30 yıldır yardımcı olmaktadır. Bertillon’un öncü çalışmalarından sonra Alfred V.

Iannarelli'nin 1989 yılında yayına dönüştürdüğü çalışmaları kulağın biyometrik sistemlerde kullanımının ilk örneği olarak bilim insanları tarafından kabul edilmektedir (Iannarelli, 1989; Yahyaoğlu, 2015).

Adli kimliklendirme ve adli bilimlerde kulak biyometrisi üzerinden çalışma yapmak ne kadar güvenlidir ve nasıl bir yaklaşımda bulunmak gerektiği sorularının cevabı her zaman önemli olmuştur. Kulak biyometrisinin önemli avantajlarından biri, kulağın hızlı tanınması ve belli bir mesafeden tanımlama yapılabilir olmasıdır. Bir gözetim sistemi tarafından yakalanan görüntüler kalitesiz ya da kısmen bozuk olabilir. Ayrıca poz tanımlanması için uygun da olmayabilir. Kötü aydınlatma ve eldeki veriler üzerinde oluşan gölgeler de görüntü kalitesini olumsuz etkileyebilmektedir. Bu nedenle deforme olan görüntüler otomatik işleme yöntemlerinin kullanılmasını gerektirir. Bazı bilim insanları kulağın biyometrik olarak en iyi tanıma oranlarını elde etmek için görüntü numunelerini, kontrollü koşullarda yakalanması gerekliliğine dikkat çekmişlerdir (Toy ve Nixon, 2010b).

	<b>Biometric Modalities</b>	<b>Technology; architecture</b>	<b>Deployment area</b>	<b>Database size</b>
<b>1960-</b>	Finger, Voice	Manual	Forensic	
<b>1970-</b>	Palm, Face	Dec VAX; 7400	University dining	<100
<b>1980-</b>	Iris, Signature	PDP 11; TTL	Buildings	1000
<b>1990-</b>	Vein, <i>Gait</i> , <i>Ear</i> , Keystroke	<386; PAL	Buildings	100000
<b>2000-</b>	DNA, EEG, Dental, Shoe	Pentium/ mult-thread; FPGA	Immigration, laptops	10 <sup>7</sup>
<b>2010-</b>	!	Cloud computing	Health, forensics, media	6*10 <sup>9</sup> ?

Şekil 10: Biyometri model gelişimi (Nixon ve ark., 2010)

Biyometri teknikleri kullanımı ile yüz ve kulaktan elde edilen verileri tanımlayarak kimliklendirme çalışmaları adli bilimlerde son dönemlerde önemli bir yer almıştır. Literatürde yer alan çalışmalarda konular arasındaki tarihi bağlantılar anlatılmakta ve daha sonra ayrıntılı olarak yüz ve kulak biyometrisi incelemelerinden bahsedilmektedir. Araştırmalarda yüzün detaylı incelenmesi için, en yaygın ve bilinen biyometrik özellikler kullanılmıştır. Yüz, insanların birbirini tanması için sıklıkla kullandıkları yoldur. Yüzdeki biyometrik uygulamalar, yaygın olarak günlük hayatımızda kullanılmaktadır. Adli bilimlerde kullanılacak manuel ve bilgisayar destekli, otomatik yüz tanıma sistemi (biyometri), adli anlamda farkları açıklar ve yüz tanıma ile mevcut sorunların çözümünde doğru ilerleme sağlar. Kulak biyometrisi, potansiyel olarak önemli bir biyometrik özelliktir ve çok sayıda araştırma ile bu alanda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Bu özellikleri ile ilişkili terminolojide adli vakalarda, yargılamada etkili bir kanıt olarak adli bilimler alanında kullanımında önemli bir artış olmuştur. Elde edilen verilerden kulak karşılaştırma sonuçları, suçlunun kim olduğuna karar vermede ve şüphelinin suçlu olup olmadığı konusunda yargı mensuplarına büyük ölçüde yardımcı olmaktadır. Gelişen teknolojilerin kullanımı ile diğer disiplinlerle ortak çalışmaların yapılması da kaçınılmazdır (P. Yan., K.W. Bowyer, 2007).

Bilimsel araştırmalarda kullanılmak üzere geliştirilen bu veri bankaları, farklı aydınlatma koşulları altında ve/veya farklı açılardan çekilmiş kulak ve yüz fotoğrafları ve video sekansları, 3B görüntüleri içerebilmektedir (Tablo 1). Geliştirilen veri bankaları araştırmacılara açık olabileceği gibi lisanslı olarak erişilebilen bankalar da bulunmaktadır (Yahyaoglu, 2015).

Tablo 2: Kulaktan elde edilen görüntülerden biyometrik sistem çalışmaları ve veri tabanları (Yahyaoğlu, 2015).

<b>Eldeki Veri Bankası</b>	<b>Araştırmayı Yapan Kurum</b>	<b>Veri Bankası İçeriği</b>
Midas's Ear	İstanbul Teknik Üniversitesi	50 bireyden toplam 300 resim
WVU	West Virginia University	402 bireye ait toplam 460 video sekansı, 54 bireye ait çoklu sekans (multisequence)
USTB	The University of Science and Technology Beijing	CCD kamera kullanılarak farklı açılardan elde edilen 4 gruba ayrılmış görüntüler
UCR	The University of California Riverside	155 bireyden alınan 902 sıra (range) görüntüler
UND	The University of Notre Dame	Farklı yıllarda oluşturulan katılımcıların 2B ve 3Bprofil görüntüleri
IIT Delhi	Honk Kong Polytechnic University	125 bireyden elde edilen 493 kulak görüntüsü

Chen ve Bhanu'nun 2005'te yapmış olduğu çalışma, 3B kulak biyometrik sisteminin düzenlenmesi ve geliştirilmesi üzerine yapılan ilk çalışmadır (Abaza ve ark., 2013; Chen ve Bhanu, 2005). Bu çalışmada, 3B görüntülerin eşleştirilmesinde Iterative Closest Point (ICP) algoritmaları kullanılarak, tekniğin kullanılan 30 görüntüde iki yanlış eşleştirme yaptığını ortaya koymuşlardır. 2007

yılında Chen ve Bhanu yapılan bir diğer çalışmada ise University of California Riverside (UCR) tarafından geliştirilen veri bankasından 155 bireye ait 952 adet 3B görüntü ve University of Notre Dame (UND) veri bankasından 302 bireye ait 3B ve 2B görüntülerden oluşan 942 görüntü kullanılmıştır. Kullanılan görüntüler, kulağın belirlenmesi için şekil-model tabanlı teknik ile kulağın tanınması için Local Surface Patch (LSP) ve Iterative Closest Point (ICP) algoritmaları kullanılarak analiz edilmiştir. Bu çalışmanın sonucunda UCR veri bankasından alınan görüntülerde %96.77, UND veri bankasından alınan görüntülerle ise %96.36 oranında görüntülerden kulak tanınması doğru olarak gerçekleşmiştir. Bu da Adli Bilimciler ve Adli Antropologlar için kulaktan biyometri çalışmalarının ne kadar önemli olduğunun göstergesi olmuştur (Cehan ve Bhanu 2007; Yahyaoğlu, 2015).

Kulak tanıma sistemlerindeki en büyük sorun belirli anahtar noktaları çıkarmak için kullanılacak otomatik yöntemin keşfi ve sonrasında da uygulanmasıdır. Kulak biyometrisi konusunda 2008 yılında yapılan detaylı çalışmalardan birini Choraş gerçekleştirmiştir. Kulak baskısı veya kulak görselinden elde edilen verileri gelişmiş geometrik morfometri metotları ile, yükseklik, genişlik ve kulak memesi (lobule) topolojisi yani kulak otoskopisini (ear otoscopy) kullanarak açıklamaya çalışmıştır. Bu çalışmasında 2B çalışmalara odaklanmıştır ve 3B yöntemler yerine kullanmayı tercih etmiştir. Yan ve Bowyer'in geliştirdiği 2B ve 3B tekniklerini inceleyerek yapılan çalışmada özgün teknikler kullanılmıştır. Bu çalışmada da PCA Analizi temel olarak kullanılan veri analizi metodu olarak karşımıza çıkmaktadır. Kulak biyometrisi çalışmasında Choraş görselleri normalize etmek için kamera açısını 0, 30, -30, 60 ve -60 derece

olarak rotasyona tabii tutmuştur. Görsellerden geometrik özellik çıkarma ve alma için farklı metotlar kullanmıştır. Bunlar; konsantrik çevreler tabanlı yöntem (CCM), kontur izleme yöntemi (CTM), açı tabanlı kontur gösterim yöntemi (ABM) ve geometrik parametre bazlı metot (GPM)'tur. Çalışma neticesinde kulak biyometrisi verileri ile 2B hibrit yüz tanıma sisteminin kurulabileceği vurgulanmıştır (Choraś, 2008).

Kulak biyometrisi üzerinden özellikle de cinsiyet üzerinden yapılan kimlik tahminleme çalışmalarında, kullanılan yöntemler ve teknolojiler bakımından 2B ve 3B olarak ele alma şekline göre farklı yüzdelerde doğruluk payı karşımıza çıkmaktadır. Örneğin Hurley ve arkadaşlarının 252 dataset üzerinden yapmış olduğu çalışmada bu oran %99.2'dir. Chen ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada 415 bireyden alınan verilerden, ICP methodu kullanılarak %97.8 oranında kimliklendirme yapılabilmektedir. Tüm bunlara rağmen 2B çalışmalar yeterli olsa da 3B çalışma metotları ile performansın artırılacağı da Nixon ve arkadaşları tarafından vurgulanmıştır (Nixon ve ark., 2010).

İnsan kulağı nispeten istikrarlı bir biyometrik yaklaşımdır. Kulak tanıma, kişisel tanımlama için yeni bir teknik ve gelecekteki önemli bir eğilimdir. Bilim insanları tarafından kulak yapısının zamanla radikal olarak değişmediği görülmüştür. Kulak biyometrisi, Adli Tıp ve Adli Bilimlerde önemli bir yere sahiptir. Kulak biyometrisi, 2B gri tonlama veya renkli resim, 3B aralıklı görüntü veya 2B ve 3B görüntülerin birleşimine dayanabilir. Kullanıcı herhangi bir özel çaba sarf etmeden uzaktan kulağın görüntüsüne kolayca ulaşabilir ve bunu gelişen teknolojilerle kimliklendirmede kullanabilir (Bandal ve ark., 2016).

### 2.3.3 Kulakta Oluşan Varyasyonlar, Şekil Bozuklukları ve Önemi

Sinir sistemi gelişimi esnasında meydana gelebilecek malformasyonların minor fiziksel anomalilere (Minor Physical Anomalies, MPA) yol açtığı bilim insanları tarafından ortaya konmuştur (Boztaş ve ark. 2012). Sforza ve arkadaşları 2005'te Down sendromlu bireylerin kulak boyunun genişliğine oranının ve kulağın yüz orta hattıyla yaptığı açının kontrol grubuna göre daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Bunun yanı sıra, Apert-Crouzon sendromlu bireylerde de diğer kromozom bozukluklarında fenotipte görülen en önemli durumlardan olan geniş kulaklar görülebilmektedir (Bozkır ve ark. 2006). Daha az seviyede rastlanılan kulak deformitesi Noonan sendromlu bireylerde görülebilirken, yapışık kulak deformitesine Turner sendromu olan bireylerde rastlanabilmektedir (Sforza ve ark. 2009).

Dış kulakta (auricula) meydana gelen bozukluklar gelişimsel olarak meydana gelebildiği gibi doğuştan da görülebilmektedir. Bu sebeple dış kulakta meydana gelen bozuklukları bilim insanları ikiye ayırarak incelemektedir (Azaria ve ark., 2003; Bartel ve ark., 2007).

#### 1. Doğumsal (Konjenital) bozukluklar

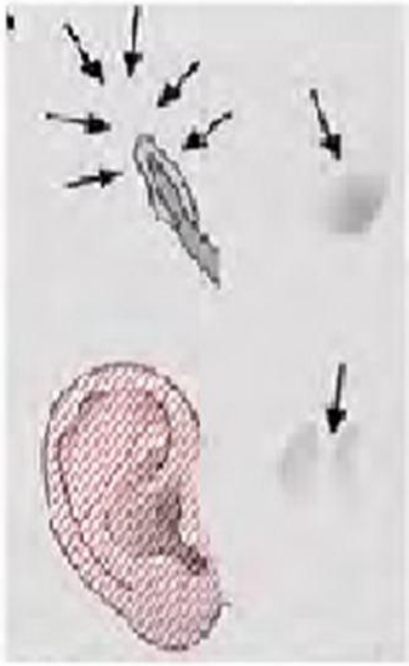
Embriyolojik dönemde brankiyal arkların normal gelişimini tamamlayamaması sonucu ortaya çıkmaktadır.

##### a. Sayvanın büyüklüğü ile ilgili olarak (Şekil 6) ;

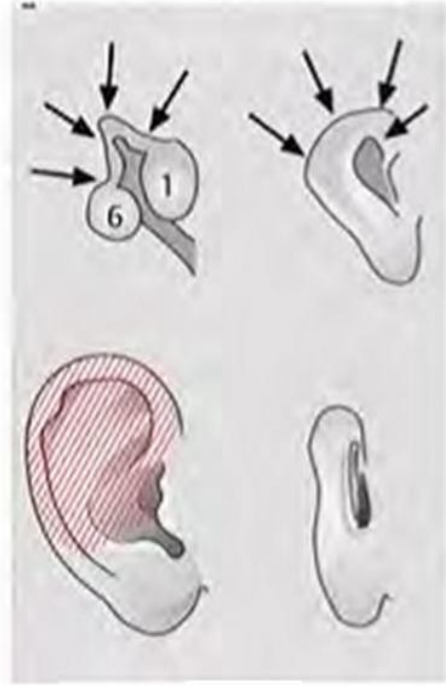
1- Anotia; kulak kepçesi yokluğu ve dış kulak yolunun kapalı olması durumu.

2- Microtia; küçük kulak kepçesi görülen durum.

3- Macrotia; auriculanın büyük olduğu durum.



A



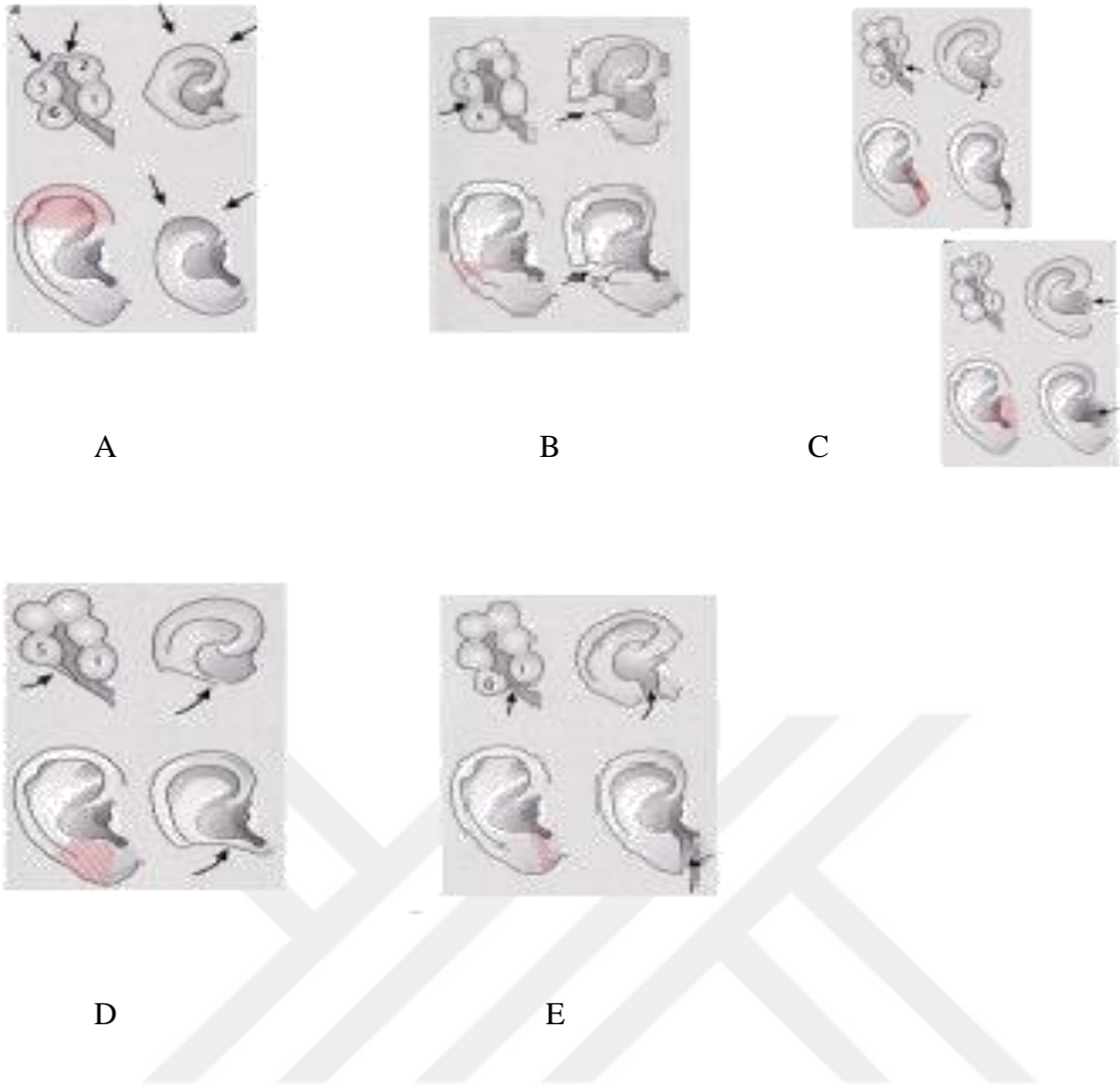
B

Şekil 11: Anotia ve micrtio durumu oluşumu A. Anotia, B. Microtia (Bartel F.ve  
Wulke, 2007)

b. Dış kulağın (auricula) biçimiyle ilgili olarak (Şekil 6);

- 1- Kepçe kulak deformitesi
- 2- Helikste meydana gelebilecek deformiteler
- 3- Kulak memesinde meydana gelen malformasyonlar





Şekil 12: Auriculanın biçiminde meydana gelebilecek çeşitli bozukluklar. A.B. Helikstemeydana gelen deformiteler C, D, E Kulak memesinde meydana gelebilecek deformiteler (Bartel F.ve Wulke, 2007)

c. Pozisyonuyla ilgili olarak:

1- Melotia; kulakların yanak hizasında bulunmasıdır.

2- Synotia; kulakların yüzün orta hattına doğru birbirilerine yakın bulunmasıdır.

Alçak konumlu kulak; kromozomal anomalisi ya da annenin gebelik esnasında ilaç kullanması gibi durumlarda meydana gelebilecek bir bozukluktur.

Bunların yanı sıra kulak gelişimine bağlı olarak çevresinde, aksesuar auricular

kabartılarının gelişmesi sonucu oluşan auricula ekleri olarak adlandırılan çeşitli yapılar bulunmaktadır (Tunalı S., 2005). Bunlar;

Auricular fistula; auriculanın yüze bağlandığı yerin ön kısmında küçük oyuk şeklinde görülen bozukluktur.

Auricular appendage; genellikle tragusun ve crus heliksin dışarısında gelişen genellikle deriden oluşmuş kimi zaman ise kıkırdak içeren kabartılardır (Moore ve ark., 2013).

## 2. Sonradan gelişen bozukluklar

Travma, yanık, donma gibi çevresel etkenler sonucu dış kulakta (auricula) çeşitli deformiteler gelişebilmektedir.

1- Otohematoma: Çarpma ya da darbe alma gibi travmalar sonucu perikondrium ile kondrium arasında kan birikimine otohematom denir. Özellikle güreş, boks gibi yakın temas sporcularında travmaya bağlı olarak bu hastalık görülmektedir (Roy ve Smith, 2010).

2- Perikondritis: Kıkırdak dokuyu besleyen perikondriyumun iltihaplanmasıdır. Hastalığın etkin tedavi edilmemesi sonucu kıkırdak dokunun tahribatı ve buna bağlı olarak da kulak kepçesinde şekil bozuklukları meydana gelmektedir (Hanif ve ark., 2001).

3- Auricula tümörleri: Metastaz yapmayan (benign) tümörlere rastlanabildiği gibi özellikle ilerleyen yaşlarda malign tümörlere daha sıklıkla rastlanmaktadır. Başlıca tümörler arasında, anjioma, kist, fibroa, papilloma, eksoztoz ve adenoma sayılabilir (Tunalı S., 2005).

## 2.4 Geometrik Morfometri

### 2.4.1 Geometrik Morfometri Analizi, Kullanım Alanları ve Sistematikteki Yeri

Morfometri; Yunanca bir kelime olup, biçim anlamındaki “*morphe*” ile ölçüm anlamına gelen “*metron*” kelimelerinin bir araya gelmesiyle oluşmuştur. Organizmaların görünümde, kıvrım karakterleri, aç, hacim, alan yüzeyi ve uzunluk gibi ölçüm alınmasının ülkemizde uzun bir geçmişi olmasa da, ABD’de ve özellikle Avrupa’da 17. yy.’a kadar dayanan uzun bir tarihçesi vardır (Mitteroecker ve Gunz, 2009). 1980’lerin sonu ile 1990’ların başlarında morfolojik yapıların verilerinin nasıl analiz edileceği konusunda gelişmeler olurken, son 20 yılda geometrik morfometri program yazımında da oldukça büyük ilerlemeler kaydedildi. Adli bilimlerde özellikle adli kimliklendirmede özel yazılımlar konusunda multi disiplinler çalışmaları görebilmekteyiz. 1993 yılında morfometri alanında geometrik morfometri diye adlandırılan ve son 20 yılda hızlı bir ivme kazanan yeni bir yaklaşım ileri sürüldü (Adams ve ark., 2004). Geometrik morfometri tekniklerini, Zelditch ve arkadaşları 2004’te, “Geometric Morphometrics for Biologist” adlı kitabı ile biyologların hizmetine sunmakla birlikte, tekniğin uygulanmasına olanak sağlayacak şekilde bilgisayar programlarını ise J.F.Rohlf, Landmark usulüyle Thin Plate Spline (Tps) programının matematiksel alt yapısını ise Bookstein 1989’da geliştirmiştir. Daha sonrasında tez çalışmamda da kullandığım tpsDig ve tpsUtil programlarının farklı versiyonları bilim insanları tarafından sürekli güncellenerek geometrik morfometri çalışmalarında önemli bir yere sahip olmuştur (Bookstein, 1989). The Stony Brook Morphometrics, konuyla ilgililerin biyografilerini, morfometrik data

setlerini ve paket yazılım programlarına link vermektedir (Mitteroecker ve ark., 2009).

Geometrik morfometri yaklaşımları Antropometrik ölçümlerin direkt olmayan yani indirekt olan metotlarını kullanır. Birey üzerinden Antropometrik aletlerle (küçük-büyük çap pergeli, antropometri tahtası vs) alınmayan ancak antropometrik ölçümlere olanak sağlayan verilerin başında bireylerin genel veya spesifik alan fotoğrafları gelir. Dış kulak (auricle) resimleri de bunlardan bir tanesidir. Bu resimler dolaylı indirekt Antropometri ölçümleri için kullanıldığından Geometrik Morfometriyi de Antropometrik ölçümlerden faydalanan yeni bir disiplin olarak görebiliriz. Geniş kapsamlı bilginin gerekliliği hakkında fotoğraf çekiminde kullanılan lensler, fotoğrafların işlendiği özel alanlar ve hatta bu tez çalışmasında olduğu gibi özel ortamlara gerek kalmadan uygun ayarlamaların yapılması ile (ışık, açı, mesafe gibi) özel olmayan ortamlarda bile fotoğraflar elde edilebilir. Bu fotoğraflar gerekirse son teknoloji ile donatılmış laboratuvarlarda, ışıklandırma, netlik ve konumlandırma için hemen kontrol edilebilir. Gerekli değişiklikler yapılabilir ve fotoğraflar tekrar kullanılabilir. Bu işlemlerden sonra Geometrik Morfometri teknikleri kullanılarak cinsiyet ve yaş çalışmaları yapılabilir (Murgod ve ark., 2013).

Geometrik morfometri, önceden belirlenmiş anatomik noktaların, özellikle de, kartezyen koordinatları ile formun geometrisini tanımlayarak analizine olanak sağlayan çok değişkenli istatistiksel bir yöntemdir. Çok sayıda şekil değişkenini bir arada incelemeye olanak sağlamanın yanı sıra analiz sonuçlarının grafiksel gösterimine de olanak sağlaması ile geometrik morfometri yöntemi, şekil analizinde Adli Bilimciler ve Adli Anropologlar tarafından sıklıkla tercih edilen bir metottur (Yahyaoğlu, 2015).

Geometrik morfometri yaklaşımı sistematik çalışan bilim insanları tarafından morfometride devrim olarak görüldü (Adams ve ark., 2004). Çünkü geometrik morfometri, morfolojik karakterlerin daha iyi değerlendirilmesine olanak veren ve analizleri istatistiki verilerle sağlamlaştıran sayısal ve şekilsel analizleri yapmaya elverişli bir yöntemdir (Pretorius ve ark., 2004). Bu anlamda form varyasyonlarının nicel analizleri için kullanılan bir teknik olmuştur (Cardini ve ark., 2007b).

Biçim analizi birçok biyolojik araştırmanın, özellikle varyasyon tespit çalışmalarının önemli bir bölümünü kapsar (Adams ve ark., 2004). Bu sebeple morfometri, biyologların ve son dönemlerde antropologların ilgisini çeken biçim karşılaştırmalarına dayalı yapılan çalışmalarda sıklıkla kullanılan bir yöntem olmuştur. Hayvan ve bitkilerin morfolojik değişimlerinin çalışılmasında çok değişkenli teknikler kullanıldığından beri, çok değişkenli istatistiksel analizler de uygulanmış ve bu analizler hızla geliştirilmiştir. Daha sonrasında da bu çalışmalara insan popülasyonları eklenmiştir. Nitel çalışmalar, resimler ve detaylı tanımlamalar üretmesine karşın, morfometri teknik ve yöntemleri nicel yöntemler tablolar ve grafikler üretir. Morfometri aynı zamanda yüksek oranda hesap ve matematik demektir. Bu açıdan morfometri, morfoloji kadar cebir ve istatistiğe de yakın olup matematiksel biçim analizinin önemli bir koludur. Geometrik morfometri, geometrik metotların biçim varyasyonları analizine uygulanması ve teori geliştirilmesiyle ortaya çıkmıştır (Zelditch ve ark., 2004).

Geometrik morfometri, önceden belirlenmiş ve kullanılacak materyal üzerinde işaretlenmiş landmark ya da x,y koordinatları kullanılarak organizmaların şekillerinin yorumlanmasında kullanılmaya başlanan ve hızla gelişen bir tekniktir (Pretorius, 2004). 2007'de çalışma yapan Slice'ye göre, geometrik morfometriden

elde edilen bilgilerin doğruluğu ve kullanılabilirliği, klasik morfometrik çalışmalarına ve sonrasında ortaya çıkan sonuçlarına göre istatistiksel analizler bakımından daha verimlidir. Geleneksel veya klasik olarak adlandırılan morfometri, hacim, açı ve uzaklık gibi ölçümleri içerir. İstatistiki analizler ise çok değişkenli teknikler temelinde uygulanmaktadır. Geleneksel morfometride oldukça popüler olan çoklu regresyon, korelasyon analizi ve varyans analizi geometrik morfometride kullanışlı değildirler. Çünkü bunlar önceden belirlenmiş olan noktalar arasındaki uzaklığı vermezler ve landmark varyans-covaryans analizinde sonuç elde etmeye elverişli olmayabilirler (Mitteroecker ve Gunz, 2009). Geleneksel yaklaşımdan ziyade geometrik morfometrideki gelişmeler, sonuçların grafiksel olarak temsili için yeni tekniklerin gelişmesi ve biçim çalışmaları için özelleşmiş istatistiki metotlardaki ilerlemelerle birlikte, mesafe katsayısıyla tanımlanan çok boyutlu biçim uzayının özelliklerinin tanımlanması ve noktalar arası mesafeleri kullanarak biçimler arası farklılık miktarının ölçülmesini içerir (Rohlf, 2000).

Geometrik morfometri teknikleri, orijinal örneğin fiziksel yapısının aynı türde yer alan varyasyonlarını ve varsa farklılıklarını yani çok değişkenli sonuçlarını kolayca özetleyebilmektedir. Geometrik morfometri istatistiksel olarak güçlü analizlere olanak vererek etkili bir çalışma sağlamak amacı ile ileri geometrik bilgileri ve elde edilen işaretlemeleri kullanmaktadır. Geometrik morfometride landmarklar kullanılarak örneklerin geometrik yapısı sayısallaştırılır ve hiçbir veri kaybolmadan sonuçlar analiz edilir (Özden, 2008). Morfometrik yaklaşım aynı zamanda biçim analizinde farklılıkları ortaya koymak için oldukça önemli bir yöntemdir (Brucker ve ark., 2003). 90'lı yıllardan bu yana yapılan çalışmalar sonrasında, geometrik morfometri alanında biçim; bir objeden rotasyonel etkiler,

ölçü ve lokasyon farklılıkları ortadan kaldırıldıktan sonraki bütün geometrik bilgiler olarak tanımlanmıştır (Zelditch ve ark., 2004).

Landmark, çalışmada yer alan tüm örneklerin aynı alanında tanımlanabilen, anatomik olarak ayrılmış, homolog olan noktasal yapılardır. Bir landmark, populasyon içerisinde ve karşılaştırılan popülasyonlar arasında her bir objede birbirinin eş değeri noktalarıdır. Landmarklar biyolojik anlamlılığı keşfetmeyi ve şekli tanımlamayı sağlayan referans noktaları bütünüdür. Bu referans noktalarının koordinatları, tanımlanan koordinat eksenleri ve her örneğin tek lokasyon ve oryantasyonunu yansıtan sayısal değerleridir. Yapılan çalışmalarda koordinat verilerini standardize etmek için birçok yöntem önerilmiştir. Teorik olarak en gelişmiş metot Procrustes metot olarak bilinen landmark tekniğidir. Bu teknik eldeki değişken veriler için önceden belirlenmiş landmark koordinatlarının hesaplanmış ölçülerini içeren translasyon, rotasyon ve ölçeklendirme datalarının en küçük kareler olarak tahminlemesine göre işler. Generalized Procrustes Analysis (GPA) denilen bu işaretleme ve çözümlenme yöntemi her örneğin translasyon ve rotasyonu için kullanılan bir analizdir. Örneklemeden elde edilen veriler bireysel olarak alınarak landmark veri tabanına genel koordinat sistemi üzerinden kategorize edilmek üzere düzenlenir. Bu aktarma şekline Süperimpozisyon denilir. Süperimpozisyon ile farklı şekil yapılandırmalarından kaynaklanan landmark koordinat ayrışmaları sorunsuz bir şekilde ayıklanır ve sonuçlara olumlu yansımalar gerçekleştirilir (Özden, 2008). Landmarklar, geometrik morfometrik analizlerin ve çalışmaların temelinde rol oynamaktadır. Landmark konfigürasyonu ise, bir objeyi temsil eden landmark gruplarının koordinatlardaki pozisyonudur. İdeal durumda landmarklar;

1. Homolog anatomik noktalardır,

2. Morfolojiye uygunluk sağlar,
3. Diğer landmarklarla olan ilişkisi onların topolojik pozisyonunu değiştirmez,
4. Güvenilir bir şekilde tekrar tekrar bulunabilir,
5. Aynı düzlemde dururlar (Zelditch ve ark., 2004).

Antropoloji alanında geometrik morfometri tekniklerinin kullanımı pek yaygın değildir. Ancak Ergonomi ve Antropometri alanında kullanıldığı çalışmalar literatürde mevcuttur. Özellikle şekil analizleri yapılarak bir ürünün dizaynı ve kişiye uygun sanayi ürünlerinin ortaya konulmasında Fizik Antropologlara önemli katkılar sunacağı şüphesizdir.

Ayrıca Biyolojik Antropolojinin ve Adli Bilimlerin ülkemizde yeni alt bilimi olan Adli Antropoloji alanında geometrik morfometrik analizler sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Yeniden yüzlendirme ve suçluların kimliklendirilmesinde başvurulan önemli tekniklerin başında gelir geometrik morfometri. Önceden belirlenen referans noktalarının çalışılacak olan örnekleme göre üç tipten (Tip 1, Tip 2, Tip 3) biri seçilerek şekil analizlerinin yapılması sonucunda kesin veriler elde edilebilmektedir. Ancak ülkemizde kemik materyal dışında Adli Antropolojide kullanımı yoktur. Bu tez çalışmasında yumuşak dokularda nasıl kullanılacağı ve doğruluk payının ne kadar olduğu ortaya konulmaya çalışılacaktır.

Geometrik morfometri teknikleri farklılıkların ortaya konulmasında tercih edilir bir teknik olarak adli bilimlerde ve özellikle adli kimliklendirmede kullanımı da hızla artmaktadır (Önel, 2010). Bu sebeple insan kemik materyali üzerinde yapılan çalışmaların yanı sıra yumuşak dokudan elde edilen çalışmaların da artacağı kanısındayız.



Geometrik morfometrik yöntemlerin kullanım alanları ve sistematikte edildiği yeri bilim insanları son dönemlerde daha iyi kavramışlardır. Morfometri, sınıflandırma işlemleri yapmak amacıyla sayısal hale getirilmiş her türlü verinin kullanıldığı, kendine özgü sistematığı olan yöntemdir. 1990'a kadar doğrusal ölçüler ve açılar gibi canlının sahip olduğu karakter durumlarını, sayısal nicelik halinde alıp bunları benzerlik katsayıları kullanarak ölçekleme tekniği sıklıkla kullanılmıştır (Sokal ve Rohlf, 1973). Görece ile vücudun çeşitli bölgelerde büyüme farklılıkları sonucu oluşan değişikliklerin tamamına allometri denmektedir. Aynı bölgeden sürekli ölçüm alındığında tekrarlama sonucu tarafgirlik gibi sorunlar ortaya çıkabilmektedir. Türkiye'de yapılan sistematik araştırma çalışmalarında, bu sorun hemen her yayında dile getirilmiştir. Ayrıca bu sorun 2004 yılında Zelditch ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmalarda eleştirel olarak ele alınmıştır. Aynı bölgeden doğru şekilde ölçü almak zordur ve hemen her çalışmada bu zorluklarla karşılaşmıştır (Özenirler, 2010).

Organizmanın kompleks şeklini klasik morfometrinin temelini oluşturan doğrusal (lineer) ölçümler ile özetlemek kolay değildir (Pavlinov, 2001). Doğrusal ölçümler karakterin (organizmanın) büyüklüğüyle de doğrudan ilişkilidir ve elde edilen datanın standardizasyonu oldukça zordur (Zelditch ve ark., 2004; Özenirler, 2010).

Klasik morfometrinin yetersiz kaldığı durumlarda, yapıların morfolojik özellikleri ile ilgili çalışmalar yapabilmek için alternatif teknikler geliştirilmiştir (Adams ve ark.,2004). Geometrik Morfometri tekniği ile bir taksondaki herhangi bir karakter durumu daha önce elde edilmiş verilerin boyutlarından ayrıştırılarak incelenmektedir. Bu amaçla geliştirilen çok sayıda yaklaşım bulunmaktadır. Bu tür

yöntemler 20. yüzyılın başlarında D'Arcy Thompson tarafından da, ana formdan deformasyonlar biçiminde ortaya atılmıştır. Geometrik Morfometri bilgisayar teknolojisinin gelişimine paralel olarak da yaygınlaşabilmiştir (Lynch, 2004).

Geometrik Morfometri kafatası ya da kemikler gibi üç boyutlu yapıların karşılaştırılmasında kullanılabileceği gibi, iki boyutlu yapılarda da kullanılmaktadır. İki boyutlu yapılardan elde edilen verinin güvenilirliği, teknik hatalar göz önüne alındığında daha fazladır. Ancak yeterli sayıda birey ve landmark kullanılması halinde, bulunacak deformasyonlar biyolojik anlamlar bakımından yararlı olabilmektedir (Zelditch ve ark., 2004). Bilgisayar teknolojisinin gelişimine paralel olarak morfometrik incelemelerin yapılacağı örnekleme ait görsellerin dijital ortama aktarılması ve depolanması kolaylaşmıştır (Rohlf, 1990). Her türlü özel uygulama alanları, elde daha önceden belirlenmiş veriler için geliştirilmiş çok sayıda bilgisayar programı bulunmaktadır. Bunlar arasında verinin tipine, örneklem büyüklüğüne, grafik yöntemine, canlının kendine has özelliklerine ya da yalnızca estetik kaygılara bağlı olarak tercih yapılabilir. Bu programların çoğu temelde aynı algoritma ve birbirine yakın prensipler ile çalışırlar (Özenirler, 2010).

Geometrik morfometrik çalışmalarda organizmanın biçimsel özelliklerini incelemek için landmark tabanlı teknikler ve Eliptik Fourier analizler gibi çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Bu tekniklerden bazıları aşağıda yer almaktadır.

1) Outline Tekniği: Outline tekniği (Eğriler tekniği) ilk olarak kullanılan geometrik morfometri tekniklerindedir. Bu teknikte homolog olarak kabul edilen bölge veya yapıda, şekli belirleyen sınır boyunca noktalardan oluşan bir eğri (curve) çizilmektedir. Outline tekniğinde bu noktalardan elde edilen x, y koordinat değerleri matematiksel fonksiyonlara dönüştürülerek fonksiyonların katsayıları (coefficient)

şekil değişkenleri olarak kullanılarak eğriler karşılaştırılmaktadır. Bu şekli belirleyen eğrilerin karşılaştırılması ile şekil farklılıkları tespit edilebilmektedir (Lestrel, 1997).

Kapalı eğrilerin fonksiyon katsayıları ile analizi için farklı Fourier teknikler bulunmaktadır. Her bir tekniğin etkinliğini ve doğruluğunu tam olarak belirlemek zordur. Fakat Rohlf ve Archie (1984) tarafından bu tekniklerin bazılarının karşılaştırılması yapılmıştır.

Karşılaştırılması yapılan teknikler:

1. Row Polar Tekniği (Ehrlich ve Weinberg 1970).
2. Tangent Açılı Fonksiyonu (Zahn ve Roskies 1972).
3. Dual Axis Yaklaşımı (Moellering ve Rayner 1981).
4. Eliptik Formülasyon (Kuhl ve Giardina 1982).

2) Sistematik: Landmarklar biyolojik formları biçim ve büyüklük açısından özetlemeye yarayan ve her formda aynı ismi alan homolog noktalar. Özellikle dokuların yan yana geldiği yerler Tip I olarak isimlendirilen ve görece daha güvenli kabul edilen landmarklardır (Bookstein, 1991). Yapı üzerinde belirlenmiş homolog noktalar arasında lineer ölçümler yapmak yerine, bu homolog noktaların iki ya da üç boyutlu kartezyen koordinatlarını tanımlayarak takson içi ya da taksonlar arası ilişkilerin çeşitli istatistiksel analizler ile değerlendirilmesi prensibi ile çalışılır (Alibert ve ark., 2001). Landmarklardan elde edilen verinin analizinde kullanılan görece warplar ve biçimsel koordinatlar (BC: Bookstein's Shape Coordinates), 1991'de Bookstein tarafından geliştirilmiştir.

3) Procrustes Analizi'nde tüm landmarkların ağırlık merkezine uzaklığının karesi olarak bilinen "ağırlık merkezi büyüklüğü" değeri temel alınarak, bu noktanın tanjant düzlemine olan mesafesi üzerinden landmarkların özetlendiği yapı üst üste

bindirilir ve böylece aradaki farklılıklar gözlemlenebilir (Dryden ve Mardia, 1998). Bu yapıldıktan sonra ikinci aşama, ortaya çıkan farkların yeni bir düzlemde özetlenmesidir. Bu amaçla Temel Öğeler Analizi (PCA), Kanonik Varyans Analizi (CANOVAR) ya da UPGMA soyağaçları kullanılabilir. Son aşamada ise çoklu varyans analizi (MANOVA) gibi yöntemler ile özetlenen farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı test edilir. Landmarklar kullanılarak bir yapının biçimi belirlenirken üst üste bindirme yöntemleriyle yapı skala etkisinden arındırılır. Böylelikle ortaya çıkan olası sonuç büyüklükten etkilenmez (Bookstein, 1991).

4) Eliptik Fourier Analizi: Eliptik Fourier Analizi (EFA), yapının şeklinin matematiksel yöntemler kullanılarak özetlenmesini sağlayan yöntemlerden birisidir (Kuhl ve Giardina, 1982). Temelde yapıyı iki boyutlu olarak kabul edip, dış hat çizgilerini oluşturan tüm x,y koordinatlarının Fourier katsayılarına dönüştürülmesi prensibi ile çalışır. Rohlf ve Archie (1984), Fourier analizlerinin temel öğeler analizleri ile özetlenebileceği fikrini ortaya koymuşlardır. Ayrıca yapının şeklini analiz edebilmek için temel öğeler analizi sonuçlarının normal nicel karakterler gibi kullanılabilmesini de belirtmişlerdir (Yoshioka ve ark.,2004).EFA, bitkilerde ve hayvanlarda farklı taksonomik düzeylerdeki karmaşık şekil varyasyonlarını açıklamak adına (Bertin ve ark., 2002; Garnier ve ark., 2005; Polihronakis, 2006), özellikle de landmarklarda etkin biçimde yararlanılmadığı durumlarda, çok kullanışlı bir araçtır (Monti ve ark., 2001; Tatsuta ve ark., 2004; Kergoat ve Alvarez, 2008).

EFA-PCA temelli çalışmaları üç önemli avantajı vardır. Birincisi, bu teknik ile küçük şekil varyasyonları bile değerlendirilebilmektedir. İnsan gözü ile bu tür farklılıkların anlamlandırılabilmesi oldukça güçtür. İkinci olarak, EFA-PCA ile

çalışılan materyalin biçimsel analizi büyüklüğünden ayrı tutularak gerçekleştirilmektedir. Bir cismin büyüklüğü insanın görsel algısını yanıltıcı özellikte olabilmektedir. Üçüncüsü ise amorf yapıda olmayan ancak üç tip landmarkın da bulunmadığı yapılarda biçimsel analizlerin yapılabilmesidir (Yoshioka ve ark., 2004). Zincir kodlaması nesne üzerindeki herhangi bir başlangıç noktasında tekrar o nokta ile sonlanacak şekilde düzenlenmiş ve düzgün aralıklarla ilerleyen bir seri x ve y koordinatına eş değerdir. Veri 0-7 rakamları ile kodlanır. 0-7 rakamları, objenin dış hat çizgileri belirlenirken, hat üzerindeki her bir noktanın x-y koordinat düzlemindeki yerlerini kaydedebilmek adına başlangıç noktasından çıkan vektörel zincirin yönünü ifade eder (Özenirler, 2010).

Fourier biçim analizleri, yapının biçimsel özelliklerini kantitatif kalıtım çerçevesinde incelemek ve gelişime bağlı olarak gerçekleşen biçimsel değişimleri izleyebilmek için kullanışlı bir araçtır (Kennedy ve ark.,1990). Kaesler ve Waters'ın 1972'de Fourier analizleri ile organizmaların biçimsel olarak değerlendirdiği çalışmaları, sistematik ile yorumlamanın yapıldığı çalışmaların ilk örneklerindedir (Rohlf ve Archie, 1984).

Analizlerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi ve grafiksel gösterimlerle derlenmesi için çeşitli paket programlar (SPSS, Statistica, Mintab vs) ya da araştırma konusuna özgü gerekli işlemler için özel komutlar verilebilecek programlar bulunmaktadır. Bunların en önemlilerinden birisi de R-Project'tir.

R Project, istatistiksel hesaplama ve grafik verileri göstermek üzere hazırlanmış özel bir program ve kendine özgü özellikleri olan bir dildir. R Project, esnek programlama dili sayesinde araştırmacıya etkili veri işleme, depolama imkânı verir. Yeni Zelanda'da yer alan Auckland Üniversitesi çalışanları Ross Ihaka ve

Robert Gentleman ikilisinin hazırladığı R, halen R AR-GE kurucu ekibi tarafından geliştirilmektedir. R Projectin kaynak kodları açık kaynak kodlu olup uygun modellemeler üzerinden, işletim sistemleri için farklı versiyonları geliştirilmiştir (Dalgaard, 2008; Özenirler, 2010).

R-Project'in önemli bir özelliği de farklı perspektiflerden bakmayı sağlayan çok boyutlu ve geniş perspektifte, istatistiksel ve grafiksel açıklama imkanı verir (Claude, 2008). R'nin önemli bir yanı da metamatiksel sembollerini de karşılayabilen akademik çalışmalar için grafikler sunabilmesidir. R Project, programlama dili olarak geliştirildi ve her kullanıcının kendi çalışmasına uygun olarak işlevsellik katmasına olanak sağlandı. R, kullanıcı dostudur ve yeni paketlerle farklı çalışmalar için uyarlanabilir (Crawley, 2006). R'nin yetenekleri kullanıcılarca eklenen paketlerle geliştirilmektedir. R'nin standart sürümünde temel paketler mevcuttur. Ayrıca kullanıcılar iki bini aşkın pakete ulaşabilmektedir (Özenirler, 2010).

Geometrik morfometride şekil, bir objeden lokasyon, ölçekleme ve döndürme etkisinden sonra elde edilen tüm geometrik verilerdir (Zelditch ve ark., 2004). Şekil fenotipin en göze çarpan özelliği olduğu için farklı taksonomik kategorideki organizmalar ile yapılan sistematik çalışmalarda en çok kullanılan karakterlerden biri olmuştur. Şekil varyasyonu konusunda literatürde yer alan çalışmalarda genellikle derinlik, genişlik ve uzunluk ölçüleri ile açı değerlerinden faydalanılmıştır. Geleneksel yöntemlerle elde edilen bu veriler ise şekil farklılıklarını ortaya koymakta yeterli olamamıştır (Özden, 2008).

Geometrik morfometrinin kullanımındaki üstünlük varyasyonun çeşitli sebeplerini ortaya çıkarmasına bağlıdır. Özellikle spesifik bölgelerdeki filogenetik değişimleri anlamayı sağlamaktadır. Geometrik morfometriden elde edilen bilgiler

klasik morfometrik çalışmalara göre istatistiksel analizlere daha yakındır. Landmarkların kartezyen koordinatlarına bağlı, analizlerde tüm geometrik bilgileri saklayan morfometrik teknikleridir. Geometrik Morfometri metotları orijinal örneğin şekil olarak farklılık ve benzerliliklerini basitçe ortaya koyar ve veriye özgü istatistiksel analizleri yaparak etkili bir çalışmayı ortaya koymaya olanak sağlar (Slice, 2007). Ayrıca bu teknik ile iki boyutlu veriler dışında üç boyutlu şekillerin de analizi yapılabilmektedir. Geometrik morfometride landmarklar kullanılarak örneklerin geometrik yapısı sayısallaştırılır ve hiçbir veri kaybı olmadan sonuçlar analiz edilir (Özden, 2008).

Landmarklar, anatomik bölgeler ile homolog, diğer landmarklara göre topografik pozisyonu göreceli olarak değişmeyen güvenilir ve tekrarlanabilir noktalardır. Landmarklar biyolojik anlamlılığı keşfetmeyi ve şekli tanımlamayı sağlayan referans noktalarıdır. Bu referans noktalarının koordinatları, tanımlanan koordinat eksenleri ve her örneğin tek lokasyon ve oryantasyonunu yansıtan nümerik değerleridir. Koordinat verilerini standardize etmek için birçok yöntem önerilmiştir. Teorik olarak en gelişmiş teknik Procrustes tekniği olarak bilinir. GPA (Generalized Procrustes Analysis) her örneğin translasyon ve rotasyonu için kullanılan bir analizdir. Her örneğe ait landmark koordinatları şekil değişkeni olarak kullanılabilir (Özden, 2008).

Bu koordinatlar aynı zamanda çok değişkenli istatistiksel analizlerde kovaryans yapısını hesaplamak, grup farklılıklarını ve fonksiyonel ilişkiyi tanımlamak için kullanılır. Bu tez çalışmasında da kullandığımız Thin Plate Spline (Tps) landmarkların konumunu bildiren haritalardır. Bir grubun sahip olduğu

landmarkları diğer grubunkiler ile karşılaştırma imkânı sağlar. Bu haritalarda landmarklar arasındaki farklılıklar ile varyasyonu açıklayan deformasyonlar görülür.

Son yıllarda biyolojinin birçok alanında şekil varyasyonunu ortaya koymak için geleneksel morfometri yerini geometrik morfometrik çalışmalara bırakmıştır. Bilişim teknolojilerinde son dönem yapılan atılımlar ile geometrik morfometri analizleri için yeni programların gelişimi de artmıştır. Ayrıca farklı (Tps, IMP, Morphueus, Morphologika) programlar da geliştirilmiştir. Birçok canlının taksonomik durumunu ortaya koymak için gerek tek başına gerekse diğer metodlar ile beraber geometrik morfometri kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknik ile yüz ve kafatası kemiklerinde yapılan landmark işaretlemesi ile farklı insan grupları ayırt edilmeye çalışılmıştır (O'Higgins, 2000). Aynı zamanda birçok tür ve alt tür için varyasyon geçmişini detaylandırarak açıklamak için geometrik morfometri tekniğine başvurulmuştur. Bunun yanı sıra farklı türlerde eşeyssel dimorfizm ve büyüme gelişmesini incelemek için geometrik morfometri tekniğinden yararlanılmıştır (Claude ve ark., 2008, Özden, 2008).

#### **2.4.2 Türkiye'de Geometrik Morfometri ve Antropometrik Kulak Bölgesi Çalışmaları**

Geometrik Morfometri çalışmaları Türkiye'de son yıllarda oldukça artmıştır. Bu çalışmalar genel olarak biyoloji ve zooloji alanlarında yapılmaktadır.

Önel 2010 yılında gerçekleştirdiği doktora tezi çalışmasında, Elazığ ve Malatya illerinden toplam 43 adet yabani tavşan (*Lepus europaeus*) örneğini geometrik morfometri yöntemi ile incelemiştir. Üst çeneden (12 dorsal ve 23 ventral) ve alt çeneden (on lateral) alınan anatomik noktalar ile Elazığ ve Malatya tavşan



populasyonlarını geometrik morfometri yöntemi ile incelenmiştir. Dişi ve erkek bireylerin arasında bir fark olmadığı ortaya konmuştur. Yine aynı çalışmada üst çenenin dorsal ve alt çenenin lateral anatomik noktalarının Malatya ve Elazığ populasyonlarını ayırmada yeterli olmadığı ortaya konmuştur (Önel, 2010).

Özkan Koca 2012 yılında doktora tezi çalışmasında Ortadoğu'da yayılış gösteren bir bal arısı türü olan *Apis mellifera* alttürlerinin geometrik morfometri yöntemiyle analizini gerçekleştirmiştir. Çalışmada Türkiye, Kıbrıs, İran, Irak ve Kazakistan'dan 495 arı kolonisinin ön kanatları üzerinden anatomik noktalar belirleyerek, kanatların şekil analizlerini gerçekleştirmiştir. Yapılan istatistiksel analizler ile geometrik morfometri yöntemiyle yapılan şekil analizinin, bal arılarının alttürlerinin ve populasyonlarının ayrılmasında doğru sonuçlar verdiğini göstermiştir. Bu çalışma haricinde yine arılar üzerinde yapılan geometrik morfometri çalışmaları, geometrik morfometri yönteminin arıların ayrılmasında işe yarar bir yöntem olduğunu göstermektedir (Aytekin ve ark., 2007; Özden, 2008; Özenirler, 2010).

Yalçın ve Kaya ise yaptıkları çalışmada geometrik morfometri yöntemini kullanarak Anadolu yaban koyunu ile Akkaraman koyununun kafa kemiklerini karşılaştırmışlardır. 15 yetişkin dişi Anadolu yaban koyunu ile 11 yetişkin dişi Akkaraman koyununun kafataslarının sağ yarımından 13 dorsal ve 17 ventral yönde anatomik nokta belirlenmiştir. Çalışma iki türün kafa kemiklerinde görülen morfolojik farklılıkların, geometrik morfometri yöntemi ile ortaya koyulabileceğini göstermiştir. Yalçın ve arkadaşlarının yine aynı türlerin karşılaştırılması üzerine yaptıkları başka bir çalışmada ise alt çene kemikleri üzerinden geometrik morfometri analizi yapılmış ve bir önceki çalışmayı destekleyecek şekilde bu yöntemin iki türü ayırmada etkili olduğu ortaya konmuştur. Zooloji ve biyoloji alanlarında yapılan tüm

bu çalışmalar geometrik morfometri yönteminin, tür ve populasyon ayırımındaki etkinliğini ortaya koymaktadır (Aytekin ve ark., 2007).

Geometrik morfometrinin, biyolojide ve zoolojideki kullanımına karşın bu yöntemin antropolojik çalışmalarda kullanımı yaygın değildir. Yüksek Öğretim Kurulu Tez Merkezi verilerine göre insan kemikleri üzerinde bir tanesi yüksek lisans, bir tanesi de doktora tezi olmak üzere yalnızca iki çalışma bulunmaktadır. Bu iki çalışmanın da güncel örnekler üzerinde yapılmasından dolayı, antik toplumlar üzerinde 2016 yılında Ahmet İhsan Aytek'in kafataslarından yaptığı tek bir tez çalışması olduğu görülmektedir. Ayrıca yumuşak doku ve kulak üzerinden kimliklendirmede lisans ve lisansüstü düzeyde hiçbir tez çalışması olmadığı da görülmektedir.

Bozkır ve arkadaşları 2006'da 18-25 yaş arası, travma ve doğuştan anomali hikayesi olmayan 191 genç erkek ve 150 genç kadın toplamda 341 genç birey kulağından çeşitli ölçüler alarak cinsiyet tahmini çalışması yapmışlardır. Bu çalışmalarında dış kulağı tüm anatomik yapıları ile gören ön açıdan ve arkadan fotoğraflama işlemi yapmışlardır. Fotoğraflama sonrası çeşitli morfometrik metotlar kullanılmıştır. Kulak memesi (lobule) genişliği, üst-alt ve yanlar genişliği ile kulak arkası kafatası ve kulak kepçesi genişliği olmak üzere ölçümler 3 temele dayandırılmıştır. Çalışma neticesinde kulak genişliği ve yüksekliği bakımından erkek ve kadınlarda anlamlı farklılıklar bulunmuştur ve kulak görüntülerinden cinsiyet tahmini yapılabilirliğini ortaya koymuşlardır (Bozkır ve ark., 2006).

Barut ve arkadaşlarının 2006'da yapmış olduğu 6-13 yaş grubundan 87 erkek 66 kız çocuğu toplamda 153 ilkökul çağı çocuğunun kulak ölçüleri alınmıştır. Bu

resimler tez çalışmamda da olduğu gibi Frankfurt düzleminde alınmıştır. Bu çalışmada sağ ve sol kulak resimleri alınarak T testi uygulaması ile Bozkır ve arkadaşlarının yaptığı gibi kulak yükseklik ve genişliğinin yanı sıra kulak memesi (lobule) yükseklik ve genişliği incelenmiştir. Kız ve erkek öğrenciler arasında alınan ölçülerde anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiştir. Kız çocuklarının kendi aralarında sol lobule ölçüleri sağ lobule ölçülerine göre daha geniş olduğu saptanmıştır. Toplamda 120 çocuğun kulak lobule sebest (yapışık olmayan) olanların oranı %78.4 saptanmıştır. Geri kalan 33 çocuğun ise kulak lobule ise bitişikti ve bu oran %21.6 olarak hesaplanmıştır (Barut ve Aktunç, 2006).

Şahiner'in 2007 yılında yüksek lisans tezi kapsamında yaptığı çalışmada geometrik morfometri yöntemi ile cinsiyet tayini yapmayı amaçlamıştır. Çalışmada 15-17 yaşlarında 12 erkek ve 13 kız çocuğunun sol lateral cranofacial ve mandibular röntgenleri üzerinden çalışma yapılmıştır. 14 anatomik nokta ile gerçekleşen analizler sonucunda cinsiyet ayrımının açıkça yapılabildiği ortaya konulmuştur (Şahiner, 2007).

Barutçu ise doktora tezi kapsamında yine geometrik morfometri yönteminin cinsiyet belirlemedeki etkinliğini değerlendirmiştir. 12 kadın ve 11 erkek kafatası üzerinde 29 ölçü alarak yaptığı çalışmada cinsiyet farklılıklarını açıkça ortaya koymuştur (Barutçu, 2012).

İnsan üzerinde gerçekleştirilen çalışmalar kemik ile sınırlı olmayıp yumuşak dokuyu da kapsamaktadır. Ocakoğlu ve arkadaşları dış kulağın şekil değişkenliğini belirlemek amacı ile bir geometrik morfometri çalışması yürütmüşlerdir (2013). Çalışmada 177 kadın ve 153 erkek olmak üzere toplam 330 genç erişkin bireyin

yüzlerinin sağ ve sol taraflarının fotoğrafları çekilmiştir. Kulak üzerinde belirlenen 12 anatomik nokta ile geometrik morfometri analizleri yapılmıştır. Analizler kulağın genel şeklini meydana getiren bileşenlerde bölgesel farklılıklar olduğunu ortaya koymuştur (Ocakoglu ve ark., 2013).

Tatlısumak ve arkadaşlarının 2015'te yaptığı çalışmada 200 erkek 200 kız üniversite öğrencisinin dış kulak (auricle) ölçüleri alınmıştır. Bu ölçüler sağ ve sol kulaktan üç farklı bölgeden yedi farklı açının özel hesaplaması ile ortaya konmuştur. Uzunluk ve genişlik üzerine elde edilen doğrulama oranları %90'ın üzerinde çıkmıştır. Sağ ve sol kulak kıyaslamalarında anlamlı farklılıklar olmamakla birlikte bazı ölçümlerde gözden kaçmayacak kadar farklılıkların olduğu ortaya konmuştur (Tatlısumak ve ark., 2015).

Antik toplumlar ele alındığında ise yapılmış çalışmalar çok azdır. Antik toplumlar üzerinde yapılan ilk çalışmada Osmanlı dönemine ait kafatasları incelenmiştir. Çalışmanın temelini, Geç Osmanlı dönemine ait 52 kadın ve 56 erkek kafatasından olmak üzere toplamda 103 adet kafatası oluşturmuştur. Kafataslarına ait şekilleri belirlemek üzere frontal yönden 20 ve lateral yönden 10 adet olmak üzere toplam 30 anatomik nokta belirlenmiştir. Frontal ve lateral yönden alınan noktalara göre yapılan analizler, erkek ve kadın kafataslarında frontal yönde anlamlı şekil farklılıkları ortaya koyarken, lateral yönden anlamlı bir şekil farkı gözlenmemiştir (Özer ve ark., 2009).

Antik toplumlar üzerinde yapılan diğer bir geometrik morfometri çalışmasında ise Özdemir ve arkadaşları Geç Bizans dönemi insanları ile modern insanların kafataslarını geometrik morfometri yöntemi ile karşılaştırmışlardır. 21

kafatasının değerlendirildiği çalışmada kafataslarının frontal ve lateral yönden fotoğrafları çekilmiş ve frontal yönden 21, lateral yönden ise 13 anatomik nokta belirlenmiştir. Yapılan istatiksels analizler bu iki grup arasında kafatası şekilleri açısından önemli bir farklılık olmadığını ortaya koymuştur (nel, 2010).

Geometrik morfometri alanındaki son çalışma ise Aytek tarafından yapılan ‘‘Antik Anadolu Toplumlarının Geometrik Morfometrik Karşılaştırılmaları’’ başlıklı doktora tezi olmuştur. Bu tez ile Aytek, antik toplum alanında ilk lisansüstü-doktora çalışmasını ortaya koymuştur. Aytek’in yapmış olduğu tezin araştırma konusu; Anadolu antik toplumlarının kafatası şekillerinin iki boyutlu geometrik morfometri metodu ile belirlenmesi, toplumlar arası ve dönemler arası şekil farklılıklarının ortaya konulmasıdır. Bu şekilde iki boyutlu 26 geometrik morfometri tekniğinin kullanılabilirliği test edilmiştir. Aytek bu doktora tez çalışmasında Anadolu’nun farklı bölgelerinde bulunan sekiz farklı arkeolojik kazıdan elde edilmiş 120 kafatasını kullanmıştır. Tez alışması şekil farklılıklarının belirlenmesine yönelik olduğu için; şekil bozukluğuna neden olabilecek deformasyona maruz kalmış ve analiz için belirlenen landmarklara sahip olmayan kafataslarını örnekleme dışında tutmuştur. Ayrıca, ocuk ve yaşlı bireylere ait kafatasları da örnekleme dışında tutulmuştur. Örnekleme 120 kafatasından oluşan bu çalışmada, kafataslarının hepsi bütün olarak korunmuş halde çıkarılmadığı için, her bir analizde sadece uygun landmark bölgelerini koruyan kafatasları örnekleme dahil etmiştir. Dört farklı istatistik kullanılarak şekil analizi ile farklılıkları ortaya koymaya çalışmıştır. Yapılan bu tez çalışması ile iskeletten kimliklendirme konusunda sonuç, tartışma ve öneriler başlıkları altında Adli Antropoloji ve geometrik morfometri alanında önemli bir katkı sağlamıştır (Aytek, 2016).

### 2.4.3 Dünyada Geometrik Morfometri ve Antropometrik Kulak Bölgesi Çalışmaları

Dünyada kimliklendirme için kullanılan verilerle geometrik morfometri alanında yapılan çalışmalarda, büyüme ve konjenital anomaliler antropometri, fotogrametrik ölçümler kullanılarak kulak boyutları ve morfolojisi değerlendirilmiştir.

Alexander ve arkadaşlarının 1968’de yaptığı çalışmada kulak uzunluğu ve genişliği güncel 500 erkek uçuş personelinin ölçümlerinin 1957 ve 1967 USAF verilerinin kıyaslamasına dayanmaktadır. USAF,17 yaşından büyük erkek uçuş personelinin 1957’de 2236, 1967’de ise 2420’ sinin fotografik verilerini almıştır. 1968’de ise bu iki veri güncel 500 kişinin verisi ile kıyaslanmıştır. Burada kullanılan fotografik metotların en önemli özelliği helix (en üst nokta) ve lobule (kulak memesi altı) uzunluğunun ve auricle (dış kulak) genişliğinin kullanılmış olmasıdır. Bu çalışmanın diğer bir önemli özelliği ise Tragus Radiusun 15-30-45-60-75-90-105-120-135-150-165 derecelerle rotasyona tabi tutularak ölçülmüş olmasıdır. Çalışma neticesinde çıkan sonuçlara göre yaş ortalaması 27.82, ölçülerin doğruluk oranları rotasyon kıyaslamaları ve mevcut verilerle karşılaştırmalarda büyük oranda çıkmıştır ( $r \geq 80$ ). Boy ortalamaları 176.01, kilo ortalamaları ise 75.53 olarak hesaplanmıştır. Kulak ölçümlerinde ise anlamlı bir farklılık gözlemlenmemiş olup, varyasyona da rastlanılmamıştır (Alexander ve ark., 1968).

Literatürde yer alan bir çalışmada, Kafkasyalılar, Amerikalılar, Türkler, İtalyanlar, Asyalılar, Hintliler ve Çinlilerden elde edilen verilerin kıyaslandığı görülmektedir. Buna karşılık, kulak morfolojisinin kimliklendirme hususunda yetersiz kaldığı çalışmalar da vardır. Örneğin, Afrikalıların Afro-Karayip grubunun

incelendiği çalışma, gruplama ve kimliklendirmede yetersiz kalan çalışmalardan biridir. Bilim insanları Down sendromu ile kulak lobu morfolojisi ilişkisini araştıran çalışmalar da yapmışlardır. Araplar ve karışık Arap-Afrikalı bireylerin kulak morfolojisi üzerine yapılan çalışmada, erkeklerin kızlara göre daha büyük kulaklara sahip olduğu görece ortaya çıksa da literatürde bu konuda net bilgilere ulaşılamamıştır (Sforza ve ark., 2011).

Chattopadhyay'nin 2009 yılında Hindistan'da yapmış olduğu çalışmada kulağın kişisel verilerin başında geldiği, yapılan diğer çalışmalara bakıldığında çok farklı sonuçların ortaya çıkmadığı, kıyaslama yapılarak veri tabanlarının oluşmasının Adli Bilimciler için verimli olacağı tespitinde bulunmuştur. Tüm bunları yaparken de Morfolojik ve Geometri metotları kullanmıştır. Yapmış olduğu çalışmada, farklı kulak tipleri (uzun-geniş- kulak memesi bakımından yapışık veya ayrık) ele alınmıştır. Fotografik görüntüler üzerinden de bazı hesaplamalara gidilmiştir. Kulak kepçesi ve boyu endeksine göre çalışmada bazı bilgiler verilmiştir. Farklı endekslere rastlanmıştır ve çoğunlukla yüzde on seviyelerinde kalmıştır. Bu farkın sebebi ise bazı ayrıntıların fotografik verilerden, her zaman tam olarak mevcut kulak ölçülerinde olamayabildiği için, beklenmedik şekilde elde edilememesine bağlıdır. Endekslerin ortalamasındaki farklılıklar, birbirinden önemli ölçüde farklı olan kulak çeşitlerinden dolayı da meydana gelmiştir. Kulak lobu tipleri, kulağın kafa ile ilgili pozisyonu, yanal fotoğraflarda kulağın görünümü, dış kulak (auricle) çeşidi de çalışmada gösterilmiştir. Mevcut seride elde edilen kulakların çoğunda, eldeki fotoğraflardan elde edilen görüntülere göre, kulağın toplam görünümünün başın arkasında bulunduğu tespit edilmiştir. Bu oran toplamda yaklaşık olarak 1/3'üne denk gelmiştir. Çalışmalardaki verilerin endekslere dayalı olarak incelenmesi ve dış kulak

gözlemleri, herhangi bir örtüşme ortaya koymamıştır. Morfolojik çalışmalarda kişiler arasında kulak muayenesinin önceden yapılmış olması en azından eliminasyon işlemlerinde yardımcı olabilecektir. Dış kulaktan yapılan bu çalışmalar Adli Bilimciler ve Kriminologlar için bir yandan önemli bir kanıt olacak, diğer taraftan da suçlu veya kişi tanımlama amaçlarına hizmet edecektir. Devam eden çalışmalar mevcuttur ve bu Hindistan'da ortaya konan çalışma, kulağın bireysel eşsizliği sorununu aydınlatmak için yapılmıştır (Chattopadhyay. P.K., Bhatia S., 2009).

Ayrıca kulak büyüklüğüne göre cinsiyet tahmini konusunda da literatürde yeterli çalışma bulunamamıştır. Kızılderililerin üzerine yapılan cinsiyet tayini çalışması ise bu alanda yapılan detaylı ve tek çalışmadır. Kulak uzunluğu ve genişliğinden, kulak kepçesinden, lobül (kulak memesi) uzunluğu ve genişliğinden, fizyonomik kulak endeksi baz alınarak Kızılderililerde çalışma yapılmıştır. Araştırmayı yapan bilim insanları bu çalışmada diskriminant fonksiyonu kullanılarak %67,7 ve %71 arasında doğruluk tespit etmişlerdir (Sforza ve ark., 2011).

Bir toplumun veya ülkenin yerel kulak morfolojisi hakkındaki bilgilerini toplamak ve değerlendirmek, birden fazla amaç taşır. Literatürde yer alan bir çalışmada Sudan'da yaşayan topluluklar ve diğer populasyonlar arasındaki, farklı Sudan etnik grupları arasında ileri karşılaştırmalı çalışmalar için önemli bilgiler sağlamıştır. Sudan toplumlarında, kimlik tespiti için, nüfusa özgü standartlara da bakılmıştır. Ortaya konan bu çalışmanın bulguları tıp alanında çalışma yapan bilim insanlarına, ergonomik tasarımlarda, konjenital anomalilerin tespitinde ve kulakta uygulanacak plastik cerrahi uygulamalarının nasıl yapılması gerektiği gibi birçok konuda yol gösterici olmuştur (Ahmed, 2013; Ahmed, 2014; Ahmed, 2015).



Sudan toplumlarında yapılan çalışma neticesinde vücut parçası boyutları açısından dünyanın farklı bölgelerinden gelen insanlar arasında nüfus varyasyonlarının olduğu tespit edilmiştir. Sudan, Kuzeydoğu Afrika'da yer alan ve Nil Nehri varlığını hisseden, Araplar ve çağdaş Sudan halkının çoğunluğunu oluşturan yerel Afrikalı nüfusunun benzersiz bir karışımı ile sonuçlanan, çoklu kültüre sahip bir ülkedir. İç savaş ve kabile çatışmaları nedeniyle Sudan'da şiddetin tırmanması, kulaktan tanımlama sistemi standartlarının oluşturulması ve Sudanlıların kimliklerinin doğru tanımlanması için önem arz etmiştir. Doğru verileri elde etmek için ise kimliklendirme çalışmalarında tespit oranlarını yükseltmek gerekmektedir. Yapılan bu çalışma, boyutları açısından genç Sudanlı yetişkinler arasında kulak morfolojisi hakkında temel bilgiler kurmak ve ikili asimetri varlığını ölçmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmada öncelikle Sudan popülasyonunun kulak ölçümleri ile cinsel dimorfizmini keşfetmek ve bu ölçümlere dayalı cinsiyet tayini belirlemek için nüfusa özgü standartları ortaya koymak amaçlanmıştır (Sforza ve ark., 2011).

Hartum Üniversitesi tarafından çalışmaya katılan bilim insanları Sudan'ın farklı bölgelerinde ve Sudanlı Arapların da içinde olduğu toplumlarda çalışma yapmıştır. Her deneğe temel demografik verilerin sorulduğu genel bir anket doldurtulmuştur. Ayrıca, bir onam formu imzalamaları istenmiştir. Bireylerin yaş ortalaması 18-30 arasında değişmektedir. Bu çalışmaya katılan erkeklerde yaş ortalaması  $21.82 \pm 2.71$  yıl, kadınlar için, bu  $21.59 \pm 2.74$  yıldır. Maksillofasiyal (ağız-çene ve yüz bölgesi) deformite, konjenital (doğuştan) anomaliler, kanser, kulak travması, kulak hastalıkları veya kulak cerrahisi öyküsü olan denekler örnekleme dahil edilmemiştir. Çalışma protokolü, Hartum Üniversitesi Tıp Fakültesi etik kurulundan onay almıştır (Sforza ve ark., 2011).

Çalışmayı yapan bilim insanları tarafından, Lobüler uzunluğu hariç ortalama erkek değerlerinin kadınlara ( $p<0.001$ ) göre anlamlı derecede yüksek olduğu görülmüştür. Bu çalışmalar neticesinde elde edilen bulgular doğrultusunda, örnekleme cinsel dimorfizmin varlığını göstermektedir. Elde edilen sonuçları ile sonraki çalışmalar için örnek olmuştur (Sforza ve ark., 2011).

Her iki cinsiyette de kulak boyutlarının oransal farklılıklarını değerlendirmek için, kulakta iki taraflı asimetrik indeksleri kullanılarak değerlendirilme yapılmıştır. Kulak kepçesi genel yapısı ve lobül endeksleri her iki cinsiyette de sağ kulakta önemli ölçüde daha büyük olduğunu göstermiştir. Buna karşılık, konka uzunluğu ve kulak lobül endeksi asimetrisi her iki cinsiyette de önemsiz olduğu saptanmış ve her iki cinsiyette de sol kulakta önemli ölçüde farklılıklar olduğu görülmüştür. Ölçülerin karşılaştırmasında sağ kulağa oranla sol kulağın büyük olduğu saptanmıştır. Elde edilen bu bilgi Adli Antropoloji alanında yapılacak diğer çalışmalar için önemli bir yer tutmaktadır (Sforza ve ark., 2011).

Sudan popülasyonu çalışmasının sonucunda kulağın tüm boyutlarıyla, erkeklerde kadınlara göre daha büyük olduğunu göstermektedir. Ayrıca, her iki cinsiyette de aynı ölçümler kullanılarak daha önce benzer yaş kategorisi ile yapılmış çalışma sonuçlarıyla karşılaştırıldığında farklılıkların, çoğunlukla çevresel faktörlere, beslenme faktörlerine ve buna ek olarak, genetik faktörlere bağlı olduğunu görmekteyiz. Bu durum kimlik tespitinde belirli standartlar kullanarak, nüfusa özgü norm ve cinsiyet tahmin denklemleri geliştirmenin önemini de göstermektedir (Sforza ve ark., 2011).

Murgod ve arkadaşlarının Hindistan'da 18-30 yaş arası, 150 kadın 150 erkek toplam 300 bireyde kulak görüntüsünden elde ettikleri görüntülerle yaptıkları

çalışmada cinsiyet tahmini yapılmıştır. Diskriminant fonksiyon analizi neticesinde %68-71 oranlarında doğru yaş tahminleme yapılmıştır. Ayrıca dış kulak (auricle) genişliği ve uzunluğu erkeklerde kadınlara oranla daha fazla iken kulak memesi (lobule) genişliği ve uzunluğu erkeklere oranla kadınlarda daha fazla bulunmuştur (Murgod ve ark., 2013).

An ve arkadaşları 2016 yılında yaptığı çalışmada, Yakın Kızılötesi Spektrum (Near Infrared Spectra-NIR) metotunu kullanarak mısır türleri varyasyonları üzerinden yaptıkları çalışmalarında, mısır kulağında da uygulanabileceğini ortaya koymuştur. Öncelikle Çin'in iki bölgesinde toplamda 130 yeni nesil yetiştirme hattında 12.350 mısır çekirdeği örneği üzerinde analiz yapılmıştır. Mısıra özgü alanların işlevselliği parmak izi ve kulak izi gibi türden türe değişebildiği ve NIR tekniği ile çeşitli varyasyonların ortaya çıkarılabileceği görülmüştür. Mısırın alanlarını, kulaklarını ve kulak konumlarını üreten çeşitlerin yakın kızılötesi alanlara etkileri (NIR) spektrumları araştırılarak NIR parmak izindeki farklılıklara neden olan faktörler belirlendi Mısır çeşitleri. Çin'de iki bölgede toplam 130 yeni nesil yetiştirme hattı oluşturuldu, mısır kulağı ve kulak tutma yerleri üzerinde yapılan bu çalışma Geometrik Morfometri yöntemlerinin ne kadar geniş bir yelpazede kullanılabileceği hakkında bizlere önemli bilgiler vermiştir. Yani mısır yetiştiriciliği ve mısırların daha tutarlı üretilebilmesi için de Geometrik Morfometri çalışmalarından faydalanılmıştır (An ve ark., 2016).

Verma ve arkadaşlarının 2016 yılında yapmış olduğu kulakta morfolojik varyasyon ve kulak biyometrisi çalışma en güncel kulaktan kimliklendirme çalışmalarından biridir. Bu çalışmada kuzeydoğu ve kuzeybatı Hindistan'dan, dişçilik fakültesinden 18-25 yaş arası 33 erkek ve 47 kız öğrenci olmak üzere toplam

80 öğrenci ile çalışma yapılmıştır. Öğrencilerden dış kulak toplam uzunluğu ve genişliği, kulak lobule (memesi), tragus ve concha uzunluğu ve genişliği olmak üzere toplamda 8 farklı ölçü alınmıştır. Kulak lobule üzerinden cinsiyet tahminlemesi %35 serbest ve %65 bağımsız olarak yapılmıştır. Kulak şekil analizinde %100 simetriklik tespit edildi. Her iki cinsiyette de sıklıkla oval, sonrasında üçgen, dikdörtgen ve yuvarlak izlemiştir. Alınan ölçülerden edilen veriler doğrultusunda kız ve erkek kulak lobule de erkeklerin daha dar, kızların daha geniş yapıya sahip olduğu görülmüştür. Kulak toplam uzunluğu ise erkeklerde daha fazla iken kız öğrencilerde daha azdır. Her iki grupta da sol kulak daha uzun olarak tespit edilmiştir (Verma ve ark., 2016).

Singh ve arkadaşları 2016 yılında orta kulak yapılarından olan ve vücudumuzun en küçük kemikleri olarak da bilinen kemiklerden biri olan Incus (örs kemiği) morfometrisi üzerine hazırladıkları çalışma ile cinsiyet tahmini yapmıştır. Sahipsiz ve bilinmeyen kadavralardan elde edilen 120 Incus kemiği ile yaptıkları bu çalışmada diskriminant analizine göre %67'lik oranlar doğru cinsiyet tahmini yapabilmişlerdir. Yumuşak doku dışında da cinsiyet tahmini yapmayı planmaları ve kullandıkları morfometrik metotlar (toplum uzunluk-genişlik, açı ve ağırlık hesaplamaları) ile kulaktan yapılan çalışmalara farklı bir bakış açısı kazandırmışlardır (Singh ve ark., 2016).

Ragan ve arkadaşlarının 2016 yılında kulak biyometrisi üzerine yaptığı çalışma fotoğraf üzerinden sağ ve sol kulağın birlikte alınarak yapıldığı en güncel çalışmalardandır. Bilim insanları zaman ve mekan konusunda yaptıkları bazı çalışmalarla halk sağlığı problemlerine de çözüm aramak istemektedir. Teknolojik gelişmelerin başında mobil teknolojiler ve bunun türevleri gelmektedir. Mobil

teknolojilerle de yapılan en önemli çalışmaların başında da parmak izi, retina taraması, avuç içi izi ve kulaktan kimliklendirme gelmektedir. Biyometrik çalışmalardan da 2B olanları basit, maliyeti düşük ve hızlı çözüm olanağı sağlamaktadır. Bununla birlikte kulağın kimliklendirmesi de son dönemlerde biyometrinin en aktif kullanıldığı alanlardandır. Ragan ve arkadaşları bir tanımlama algoritması geliştirmişlerdir. Sonrasında kesitsel bir araştırma yapmışlardır ve 25 yetişkinden sağ ve sol kulak fotoğraflanmıştır. Daha sonra tekrar kimlik tespiti ve istatistiksel analizler gerçekleştirmişlerdir. Yaklaşımlarının doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini çeşitli analizlerle belirlemişlerdir. Temel bileşen analizi ile kulak helezonunun eğrisinin en güvenilir anatomik yaklaşımlardan olduğu bulunmuştur. Tek bir kulağın yüksekliğinin yeniden tanımda kabul edilebilir oranda olmasına rağmen (% 88.3), hem sağ hem de sol kulak çiftleri bir araya getirildiğinde, potansiyel havuzun yeniden tanımlama oranı % 100 olmuştur. Ragan ve arkadaşlarının yapmış olduğu bu çalışma sonucunda özel algoritmalar ile kulak biyometri çalışmalarının yapılabilirliği ortaya konulmuştur (Ragan ve ark., 2016).

Shoaib ve arkadaşlarının 2016 yılında yapmış olduğu dalgaboyu özelliklerini kullanarak kulak tanıma çalışmada, kulaktan elde edilen görüntülerin mozaiklenme ve diğer sorunların nasıl giderilmesi gerektiği hakkında bilim insanlarına yardımcı olmaya çalışılmıştır. Özellikle bazı görüntüler ya düşük kalitede ya da mozaiklenme sebebi ile kullanılamaz hale gelebilmektedir. Bu durumda görüntüden kulak tanıma işlemlerinde farklı ve rutin olmayan prosedürler ele alınmalıdır. Genelde elde edilen verilerin 2B olduğu düşünülürse çeşitli teknolojiler ve farklı seviyelerde iyileştirme prosedürlerinin uygulanması konusunda verdiği bilgiler bakımından çalışma önemlidir. Genellikle klasik kulak tanıma işlemi 3 aşamada gerçekleştirilir. Ön

işleme, kulak özelliklerinin çıkarılması ve eşleştirme. Eşleştirme için müsaade edilen ulusal ve uluslararası veri tabanlarına erişim şarttır. Bir diğer rutinleşmiş kulak tanıma prosedüründe görüntü işleme prosedürü ise; kenar algılama, dönüşüm, bölütleme ve dönüştürme yapılır. Bu araştırma çalışmasında, yalnızca kulağın görüntüsüne ihtiyaç duyulduğundan kulak resmi, elde edilen ana bütün haldeki kişinin baş özelliklerini içeren görüntülerden faydalanılmıştır. Normalleştirme prosedürü uygulanmıştır. Bu prosedür aynı uzunlukta özellik elde etmek için gerçekleştirilmiştir. Her resim için vektörel olarak ön işleme yapıldı ve tüm görüntüler bu sayede aynı boyuta sahip olmuşlardır. Bu sayede kulak görüntüleri bi-kübik enterpolasyonu ile belirli bir boyutta sabitlenebilmiştir. Renkli normalize edilmiş kulak görüntüleri, daha hızlı ve kolay çalışabilmesi için gri tonlamaya dönüştürülmüştür. Kulak tanıma özelliklerin çıkarılmasına kadar olan süreç çalışmada detayları ile anlatılmıştır (Shoab ve ark., 2016).

Saranya ve arkadaşları, 2016 yılında yaptıkları çalışmada kulaktan kimliklendirme konusunda, dış kulak özellikleri çıkarma alanında çalışma yapacak bilim insanlarına ve araştırmacılara özel bir perspektif kazandırmıştır. Bu çalışmada yeni bir kavram olarak otomatik kulak bölütlemesinde "uyarlanabilir bloklar" tabanlı özellikli ekstraksiyon tekniği önerilmiştir. Bu yaklaşımda, segmente edilen kulak resmi 'N' adaptif bloklara bölünecektir. Yani blokların sayısı aynı olacak, ancak blokların yüksekliği ve genişliği, eldeki dış kulağın (auricle) yüksekliğine ve genişliğine göre değişmiştir. Bu yaklaşımın avantajı, seçilen noktalara göre elde edilen özellik vektörü daha anlamlı ve daha fazla bilgi tanımlama sürecine açık olmasıdır. Kulak biyometrisi ile kimliklendirmenin kilit aşamaları yani kulak görselinden özellik çıkarmanın basamakları; Görüntü Geliştirme, Görüntü

Bölümlenme ve Özellik Ekstraksiyonlarının çıkarılmasıdır. Saranya ve arkadaşlarının otomatik kulak algılama prosedürlerinde ise klasik metotların dışında sekiz aşamalı bir önerileri olmuştur. Uygulamada yer alan çeşitli modüller ve aşamalar yani önerilen sistem; Görüntü Edinimi, Ön İşleme, Şablon Oluşturma, Şablon Eşleştirme, Otomatik Kulak Bölünmesi, Özellik Ekstraksiyonu, Kulak İmaj Veritabanı ve Kulak Özellik Veritabanıdır. 2016 yılında yapılan bu çalışma sonrasında ileride yapılacak olan 3B çalışmalarda bu aşamaların kullanılması muhtemeldir (Saranya ve ark., 2016).

#### **2.4.4 Adli Kulak Kimliklendirme Araştırma Projesi (Forensic Ear Identification- FearID) ve Kulak İzi Edinmede Tekrarlanabilirlik ve Uyarlılık**

Çoğu ülkede adli tıpta adli kimliklendirme prosedürlerinin kullanımı genellikle alt yapısı yeterli olmayan ve eksik donanımlı kurumlar tarafından engellenmektedir. Ülkelerin sadece sınırlı sayıda düzgün araştırma ve suçları kovuşturma gibi gerekli altyapı, bilgi, uzmanlık ve eğitimi tam olan kurumları vardır. Kulağın kendine özgü morfolojisi ve anatomik formuna bağlı olarak kişisel farklılıkların olması nedeniyle, faillerin tespiti için öncelikli uygulamalardan biri olarak yer edinmiştir. Tanımlama için kullanılacak insan kulağına ilişkin özellikler piercing, lokalize dövme, farklı kulak patolojileri veya anormallikleri, travma ve kulak cerrahisi sayılabilir (Johnson, 2003). Ayrıca bu tür helix iç kenarı boyunca kırışıklıklar, papül, benler, yara izleri, kulak tepeciklerinin özellikleri konumu ve büyüklüğü gibi karakteristik ayrıntıların, kişiye bağlı olabileceğini eklemiştir (Alberink ve Ruifrok, 2007).

Günümüzde kulak, özellikleri nedeni ile adli soruşturmada standart bir teknik olarak yüzlerce adli vakada delil olarak kullanılmıştır. Eldeki kanıtların kimliklendirmedeki gücü, Hollanda mahkemeleri tarafından sorgulanmıştır. Delil olarak kulak baskı izini incelemek amacıyla, Adli Kulak Kimliklendirme Araştırma Projesi (Forensic Ear Identification –FearID) İtalya, İngiltere ve Hollanda’da 2006 yılında dokuz farklı kurum tarafından başlatılmıştır. Eşit Hata Oranı (EER ) %4 olarak belirlenmiş ve kulak baskıları yarı otomatik sistemlerle çalışılarak adli bilimlerde delil olarak kullanılabilir sonucuna varılmıştır. Bu sonuçlar Alman polis teşkilatı güvenlik kamerası görüntülerinden şüphelilerin kimliklendirmesinde kanıt toplamak için FearID Projesinin genel bilgilendirmesini, veri tabanını diğer görünüm tabanlı özellikleri ile bağlantılı olarak kulağın fiziksel özelliklerini kullanmıştır (Alberink ve Ruifrok, 2008).

Adli bilimlerde kimliklendirme cam üzerinden, suç mahallinde kullanılan alet üzerinden, parmak izinden, el yazısından veya ses datalarından yapılabilmektedir. Ayrıntılı olarak yapılan çalışmalarda ve araştırmalarda ise elde edilen verilerin güvenilirliği önemlidir. Kulaktan kimliklendirme yarı otomatik olarak nitelendirilen çalışmalar bütünü iken, üç boyutlu çalışmalar ile farklı bir boyut kazanmıştır. Adli Kulak Tanımlama Projesi olarak bilinen FearID 2002-2005 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Kulaktan kimliklendirme tanımlanması ve adli bilimlerde kullanımının zemini sağlamlaştırılarak çalışma yapılmıştır. Proje AB tarafından finanse edilmiştir. Polis akademileri ve üniversiteler tarafından İtalya, İngiltere ve Hollanda’da Adli Tıp Kurumları ve ticari ortaklarla dokuz farklı kurum tarafından yönetilmiştir. 1229 kişiden sağ ve sol kulaklardan alınan görüntülerle veri tabanı oluşturulmuştur (Alberink ve Ruifrok, 2008).

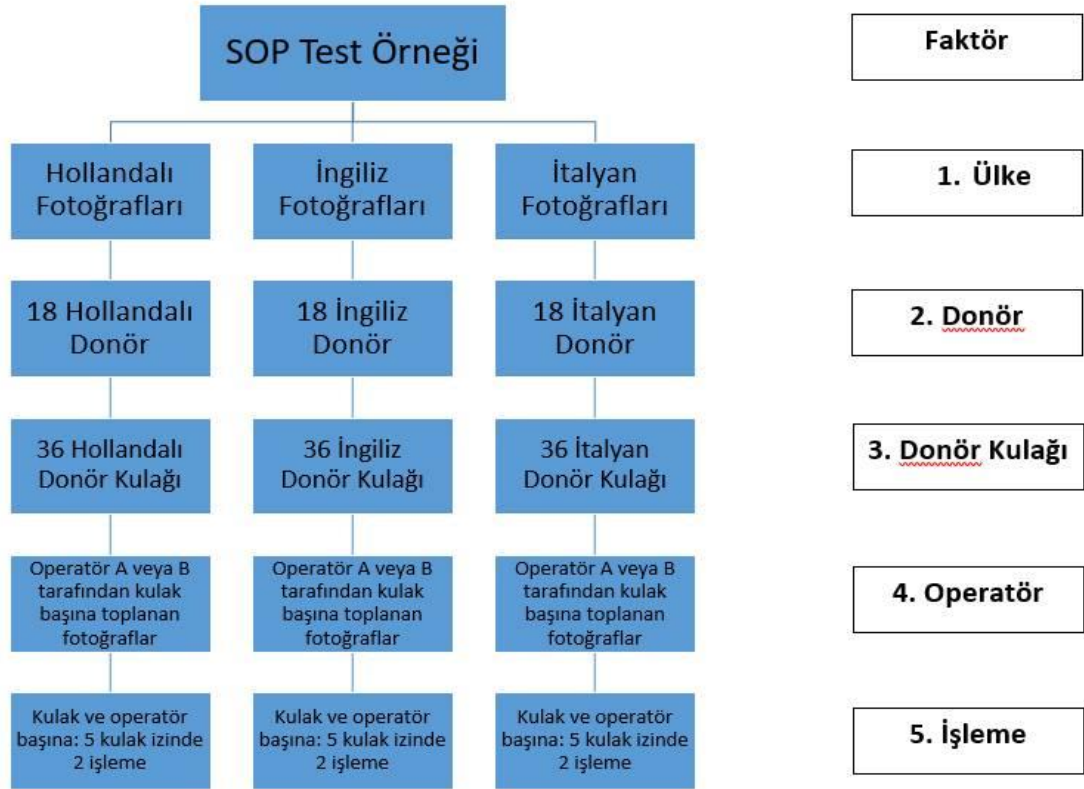


Cam plaka üzerine denekler sağ ve sol kulaklarının baskısını bırakmışlardır. Gönüllüler fonksiyonel kuvvet etkisinde kulaktan kimliklendirme yöntemine tabi olmuşlardır. Fonksiyonel kuvvet ile deney yapmanın amacı ise kontrol edilebilme avantajına sahip olması idi. Daha sonrasında bu cam plaka üzerindeki baskı izleri yazılım üzerinde depo edilmiştir. Opsiyonel yazılım sistem depolanması sonrasında kulak tanımlamaya özgü tarama yazılımları kullanılmıştır. Analizlerde görüntü işleme ve kavislerden detay çıkarma yöntemleri kullanılmıştır. Sistemin performansı ile istatistiki sonuçlar ortaya konulmuştur. Eşit hata oranı (EER) ile laboratuvar kalitesi baskıların karşılaştırılmasında elde edilen eşleştirmede çıkan oran %8,5 iken, tercih edilen yüzeyde suç tahlili oranı %15 olmuştur. Standart İşlem Prosedürü (SOP) toz ve kulak izi baskısından nasıl işlem yapılacağını açıklayan yöntem olarak kullanılmıştır. Bu sayede baskı ve tozdan etkilenmeyen ekipmanlar konusunda araştırmacılara güvenilirlik anlamında katkıda bulunmuştur (Alberink ve Ruifrok, 2008).

Tekrarlanabilirlik konusunun (SOP) tasarımı ve baskı eşleştirme ile bağlantısı da çalışmada tartışılmıştır. “Aynı operatör tarafından aynı koşullar tekrar tekrar alındığında aynı kulağa ait kulak baskı izi bulunabilir mi?” sorusuna yanıt aranmıştır. Diğer yanıt aranan soru ise; “Farklı operatörler tarafından arka arkaya çekilen farklı koşullar altında art arda alınan aynı kulağın izi birbirine benzer mi?” Bu soruların cevapları kulaktan kimliklendirme sisteminin uygulanabilirliği ve eldeki çalışma hakkında bilgi vermektedir. Toz ve baskı kaldırma etkileri sistem performansının değerlendirilmesinde oldukça önemli yer tutmaktadır. FearID de alınan örnekler ve toplanması usulü yukarıda sıralanan sorulara cevap verme konusunda bilim insanlarına net bilgi verememiştir. Raporlar ve elde edilen çıktılar

tartışılarak FearID üzerinden adli bilimcilere kulak baskısından kimliklendirme konusunda detaylı bilgilendirme yapılmıştır. Son olarak bu çalışma ile sonuçlar tartışılmıştır (Alberink ve Ruifrok, 2008).

FearID projesinin ele alınış şekli de önemlidir. Proje üç katılımcı ülke üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bu ülkeler İtalya, Hollanda ve İngiltere olmuştur. SOP için jel liftler kullanılmıştır. Ardışık olarak 18 gönüllüden elde edilen verilerle dört kez giriş yapılmıştır. Gönüllü başına bu şekilde 40 kulak baskısı alınmıştır. Toplamda ise  $3 \times 18 \times 40 = 2160$  kulak baskısı elde edilmiştir. Ülke başına 18 gönüllü alınmış oldu. Beş farklı kulak faktörü ve etkisi gözlemlenmiştir. Yapılan çalışmada gönüllülerden kulak baskısı verilerinin elde edildiği ülke, kulağın resminin çekildiği yön, operatörün aldığı sağ-sol kulak görüntüsü ve kulak baskısı sayısı (bir en fazla dört) belirtildi. Bu veriler ışığında AB destekli olan FearID Projesi sonlandırılmıştır (Alberink ve Ruifrok, 2008).



Şekil 13: Toplanan verilere genel bakış (Alberink ve Ruifrok, 2008).

## 2.5 Genel Şekil Analizi

Şekil, boyutlara göre bir türün grupları arasında daha fazla çeşitlilik gösterdiği için gruplandırma çalışmalarında sıklıkla kullanılır. Şekil ölçümlerinin de boyut ölçümlerine göre daha uygun olduğundan birçok bilim insanı tarafından kabul edilmektedir (Corrucini, 1987). Değişik biyolojik süreçler bireylerin şekilleri üzerinde farklı etkiler bırakır. Bunlar; hastalık veya sakatlık, ontojenik (döllenen yumurtadan olgun foruma ulaşma evresi) gelişim, bölgesel coğrafik faktörlere uyum ve uzun dönem evrimsel çeşitlilik olarak tanımlanabilir (Zelditch ve ark., 2004). Morfometri çalışmaları aynı zamanda dış (coğrafya) ve iç faktörlerin (büyüme) ilişkisini de çözmeyi sağlar (O'Higgins, 2000).

İki boyutlu koordinatlar fotoğraf, röntgen veya tarama gibi iki boyutlu yüzeylerden alınırken, üç boyutlu koordinatlar üç boyutlu lazer tarayıcı veya bilgisayarlı tomografi gibi üç boyutlu veri sağlayan makineler tarafından oluşturulan ya da üç boyutlu dijitalleştirme aletleri ile elden edilen üç boyutlu görüntü üzerinden alınır. Üç boyutlu görüntüler iki boyutlu görüntülere göre çok daha fazla veri sağlar. Hem görüntü almayı sağlayan makinelerin hem de bu görüntülerin işlenmesini sağlayan yazılımların pahalı olması sebebi ile her zaman kullanımı mümkün olmamaktadır. Ayrıca üç boyutlu çalışmalarda hem görüntüyü almak hem de bu görüntü üzerinde çalışmak, iki boyutlu görüntü üzerinde çalışmaya göre çok daha fazla zaman ve uğraşı gerektirir.

## **2.6 Anatomik Noktalar (Landmark)**

Geometrik morfometri çalışmaları landmark olarak adlandırılan anatomik noktalardan gelen verilerin analizine dayanmaktadır. Bu anatomik noktalar yapılacak çalışmanın amacına göre belirlenip, iki boyutlu veya üç boyutlu düzlemde alınabilir. Bu noktalar şekli ortaya koyabilecek homolog bölgeler olup, güvenilirliği ve tekrarlanırlığı olmalıdır. Başka bir deyişle, bu noktalar çalışmayı oluşturan tüm örneklerde bulunan ve aynı şekilde tanımlanabilen noktalardır (Zelditch, 2004).

Landmarklar, Zelditch ve arkadaşlarına göre homologdurlar, morfolojiye uygundurlar, diğer landmarklar ile ilişkilerine göre pozisyonları değişmez, güvenilir bir şekilde her tekrarda aynı şekilde bulunabilirler ve aynı düzlemde dururlar. Geometrik morfometri çalışmalarının öncülerinden olan Bookstein, buldukları yere göre Tip I, II ve III olmak üzere üç tip landmark belirlemiştir. Tip I, homolojiye göre belirlenmiş landmarklardır. Tip II landmark, hem biyolojik hem de geometrik kriterlere göre belirlenmiştir. Tip III ise geometrik olarak belirlenir ve bir eğri

boyunca eğrinin uç noktalarında yer alırlar. Bu üç landmark tipinin yanı sıra bir eğri üzerinde, eğri boyunca yer alan ve semi-landmark olarak adlandırılan noktalar da geometrik morfometri çalışmalarında kullanılabilirler (Aytek, 2016).

Bu tez çalışmasında Tip III landmarklar yani başka landmarklara baz alınarak belirlenen noktalar kullanılmıştır. Bu üç landmark tipinin yanı sıra bir eğri üzerinde eğri boyunca yer alan ve semi-landmark olarak adlandırılan noktalar da geometrik morfometri çalışmalarında kullanılabilirler. Tip III landmarklar semi-landmark olarak da adlandırılabilir ve bu yüzden bazı çalışmalarda Tip III landmarklar Tip II landmark olarak gösterilir (Aytek, 2016). Bu tez çalışmasında kullanılan ve çalışmanın amacına (kulakta topluluk ve topluluklar arası varyasyona bakılmaksızın, belirlenen yaş grupları arasında yaş tahmini yapmak) uygun olarak seçilen, 11 farklı landmark Tip II landmark dediğimiz, hem biyolojik hem de geometrik kriterlere göre belirlenen genel kullanım landmark türüne de girmektedir. Yukarıda belirttiğimiz nedenlerden ötürü bu tez çalışmasında kullanılan semi landmark verileri hem Tip II hem de Tip III landmark sistemine dahildir.

## **2.7 Amaç**

Bu tez çalışmasında insanda kulak yapısının geometrik morfometrik analizi ile 20-39, 40-59 ve 60 yaş ve üzeri temel alınarak, üç farklı yaş grubunun iki boyutlu örneklere ait önceden belirlenen referans bazlı semi-landmarkların (anatomik noktalar), x ve y düzlemindeki kartezyen koordinat sistemi üzerinde temellendirilmesine dayanarak yaş tahmininin yapılması amaçlanmıştır.

Bu tez çalışmasında, Biyolojik Antropolojinin ve Adli Bilimlerin yeni gelişen alt disiplini olan Adli Antropoloji alanında geometrik morfometri metodu

uygulanarak, daha önceden yumuşak dokudan ve özellikle insan kulağından yaş tahmini üzerine yapılmamış olan bir Doktora tezinin ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Bu maksatla 15 farklı istatistiksel analiz kullanılmıştır. Kullanılan 15 Analiz için tek tek modelleme yapılarak tezin istatistik verileriyle daha detaylı açıklanması sağlanmıştır. Tüm bu yapılanlar çalışma yapacak olan bilim insanlarına ve araştırmacılara, Fizik Antropoloji ve Adli Antropoloji alanlarında geometrik morfometri tekniği uygulanarak kulaktan yaş tahmini konusunda yapılmamış olan bir çalışmanın ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.



### 3. Materyal ve Metot

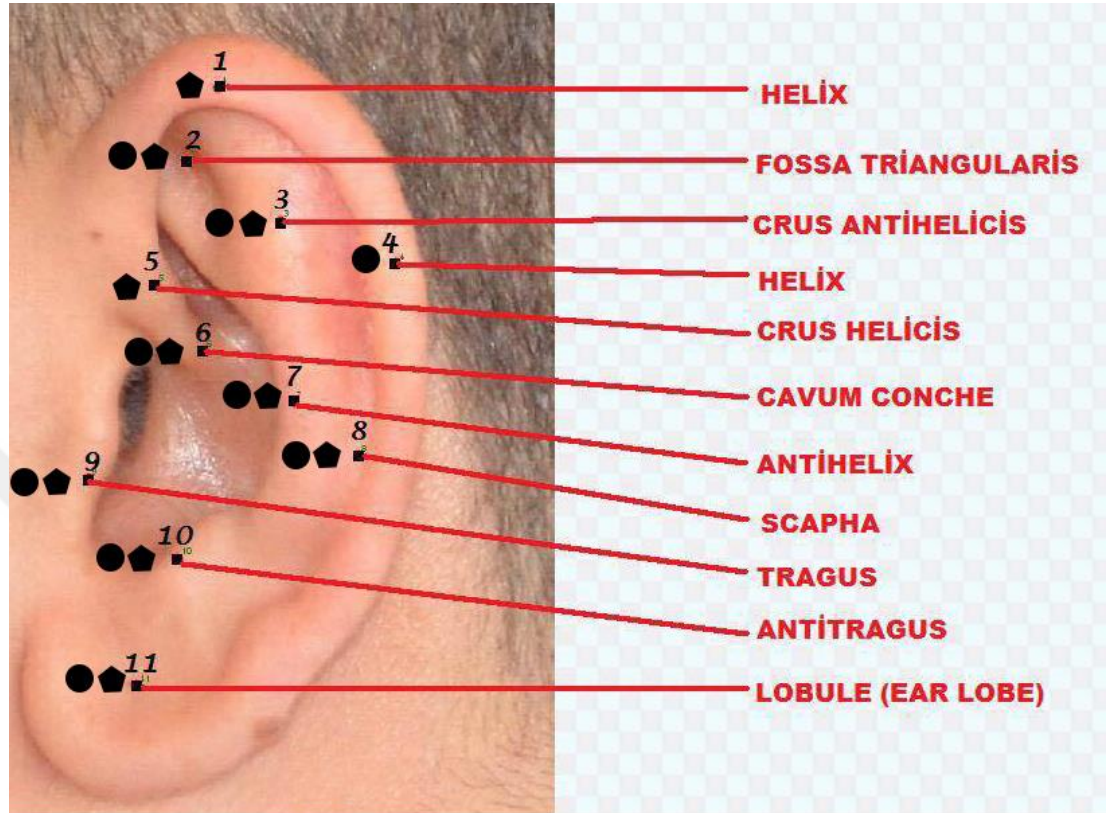
#### 3.1 Materyal

Bu tez çalışmasının örneklemini 3 ayrı grubun her birinden 150 kişi toplamda 450 kişi oluşturmaktadır. Bu örneklem 20-39, 40-59 ve 60 yaş üzeri grupların her birinden 150 erkek bireyin sol kulaklarının, literatürde sıklıkla kullanılan 11 Landmark (anatomik nokta) Şekil 14’de belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında kullanılan 11 farklı landmark ise semi-landmarktır. Yani bu çalışmada kullanılan 11 landmark biyolojik ve geometrik kriterlere göre belirlenen Tip II landmark grubuna hem de başka landmarklar baz alınarak belirlenen noktalara göre belirlenen Tip III landmark grubuna aittir. Kulak memesi genişliğe göre yaşlılarda, auricular boyutlarda anlamlı değişiklikler saptandığından, 60 yaş ve üzeri yaş grubu da bu tez çalışmasında ele alınmıştır. Lobül (kulak memesi) uzar ve sarkarken tam tersine genişlik azalır. Kulak lobül değişikliği yer çekimi ve dış etkilere bağlı olarak görülür. Yapılan çalışmalarda çevresel faktörlerin kulak lobül değişikliği dışında etkisi olmadığı da görülmüştür (Tandel, 2012).

Örneklem seçimi Ankara Üniversitesi Etik Kurulundan çıkan onay (EK 1) tarihinden hemen sonra başlamış olup, Kasım ayının sonuna kadar devam etmiştir. Bireylerin kulak bütünlüğünde hasar olmaması ve estetik müdahale edilmemesi dışında fenotipik bir değişkene dikkat edilmemiştir. Örneklem Ankara ilinin farklı bölgelerinden seçilmesine dikkat edilmiş bu sebeple 7 farklı ilçeden (Keçiören, Yenimahalle, Çankaya, Gölbaşı, Sincan, Etimesgut ve Kızılcahamam) 450 erkek bireyin kulak görüntüleri alınmıştır.

Ayrıca bu tez çalışmasında 13 veya dokuz noktanın değil de neden 11 referans noktasının ele alındığının ve noktaların özelliklerinin anatomik

açıklaması Tandel ve arkadaşlarının 2012’de yaptığı çalışmada da detaylı olarak ele alınmıştır.



◆ Tandel ve ark., 2012, Survey Report on Ear Biometrics System

● Kapil ve ark., 2014, Morphological Variation of ear for Individual Identification in Forensic Cases: A study of an Indian Population

Şekil 14: Belirlenmiş 11 Semi-Landmark (anatomik nokta).

Kulak anatomik noktaları ve bu tez çalışmasında referans bazlı seçilerek kullanılan semi-landmarkların açıklamaları şöyledir:

1. Helix Rim: Auriculanın belirgin kenar sarmalıdır.
2. Fossa Triangularis: Antiheliksın iki Crus arasındaki üçgen alandır.
3. Crus Antihelicis: Tragus üzerindeki Crus çıkıntısıdır.
4. Helix: Dış kulağın en dış sarmalı.
5. Crus Helicis: Dış kulağın en içteki sarmalı.



6. Cavum Conchae: Auriculanın en derin bölgesinde yer alan, Antitragus üzerinde yer alan çıkıntıdır.
7. Antihelix: Scapa üzerinde bulunan kıkırdak kavisli çıkıntıdır.
8. Scapha: Tragus karşısında dış kulağın deliğe bakan iç kenarı.
9. Tragus: Dış kulağın geriye doğru olan çıkıntısıdır.
10. Antitragus: Cavum conchae üzerindeki dışa bakan kısımdır.
11. Lobule: Kulağın elastikiyeti bulunan aerolar ve adipoz bağ dokulardan oluşan yumuşak meme kısmıdır. (Tandel ve ark., 2012).

### **3.2 Metot**

İnsanları tanımlamak için kulak görüntüsünün kullanımında bazı zorluklar vardır. Saçların pozisyonu ve sıklığı zorlukların başında gelmektedir. Kültürel olgulardan biri olan Müslüman kadınlar tarafından takılan başörtüsü kullanımı da önemli zorluklardan biridir. Ayrıca süs eşyası olarak kullanılan küpe ve piercing gibi takılar da kadınlarda kulaktan fotografik verilerle analiz yapmayı güçleştirmektedir. Bu sebeple tez çalışmamda sadece sağlıklı ve operasyon geçirmemiş erkeklerin kulak fotoğrafları kullanılmıştır.

Tez çalışmasında çalışılan yaş grupları 20 yaştan önce başlamamaktadır. Nedeni ise dört yaşına kadar yetişkin kulağının %92'sinin, ergen bir bireyde ise %98'inin gelişiminin tamamlanmış olmasıdır.

Bu tez çalışmasında diğer Antropolojik çalışmalarda olduğu gibi beşerli veya onarlı yaş gruplamasına gidilmemiştir. Bunun yerine kulağın gelişimini tamamladığı dönem olan 20 yaştan başlanarak, Grup 1; 20-39, Grup 2; 40-59 ve Grup 3; 60 yaş ve üzeri olmak üzere, üç farklı gruplamaya gidilmiştir. Yaş gruplarının kısa aralıklarla

değil de yirmişerli olarak belirlenmesindeki asıl sebep, kulağın kısa yaş aralıklarında önemli şekilsel değişikliklere uğramaması ve bu tez çalışmasının ana konusu olan yaş aralığı tahmininde yüksek doğrulama oranının kısa yaş aralıklarında elde edilemeyeceğidir. Çünkü yüz bölgesinde en az değişen bölüm kulaktır. Nedeni de dış kulakta kıkırdak deriye çok yakındır, kas azdır ve deformasyona uğrama durumu nadirdir.

Bu tez çalışmamızda belli bir örneklem üzerinde çalışıldı ve sağ sol kulak arasında, birbirine bire bir benzememesine rağmen, anlamlı bir fark olmadığı görüldüğü ve literatürde genelde tek kulaktan çalışma yapıldığı için sadece sol kulak üzerinde analiz yapılarak yaş tahmini yapıldı. Ankara iline bağlı ilçelerden, üç farklı yaş grubundan toplam 450 örnekten sol kulak görüntüsü analiz edilerek sonuçlar ortaya konuldu.

Bu tez çalışmasında ele alınan ölçülerin tamamı homolog noktalardır. Landmark (anatomik noktalar) referans tabanlıdır ancak tüm örneklemde homolog olması ve aynı yerlerden işaretlenmesi çalışmanın neticesinde ortaya çıkan sonuçların doğruluğunu etkilemektedir. Bu sebeple noktaların homolog olup olmadığı ve doğru alınıp alınmadığını test etmek için Scatter (saçılım) testi uygulanmıştır. Bu test neticesinde sapkın olan yerlerden tekrar işaretlenerek yapılarak gerekli düzeltmeler yapılmıştır.

Ianerelli ve arkadaşları 38 yılda on binden fazla kulak incelemesi yapmıştır. Literatürde yer alan diğer çalışmalar incelendiğinde kulaklardan baskı üzerine alınmış şekiller ile çalışılmış ve eldeki verilerin, fotografik veri olmadıkları için, baskı dezenformasyonundan etkilendiklerinden hemen her yayında bahsetmişlerdir.

Bu ve benzeri sebeplerden ötürü bu tez çalışmasında kullanılan veriler, kulak baskı izi yerine fotografik iki boyutlu resimler ile tez tamamlanmıştır (Iannarelli, 1998).

Biyometrik analizlerin ana sorusu, eldeki verilerin adli vakalarda ne derece güvenilir sonuç verdiği. Bu tez çalışmasında 15 farklı istatistiksel analiz yöntemi ile kulaktan kimliklendirmenin bireyin yaş tahmininde adli bilimcilere ve antropologlara ne sıklıkta başvurulabileceği, hangi oranda doğruluk payı sunacağı ve kulaktan kimliklendirmenin ileride hangi çalışmalarla ortak bir geleceği olduğunun gösterilmesi hedeflenmiştir.

### **3.2.1 Örneklemin Fotoğraflanması**

Nikon D7000 marka profesyonel fotoğraf makinesiyle en iyi derinliği sağlamak amacı ile yaklaşık beş feet (1.54 metre) mesafeden gönüllülerin resimleri çekilmiştir. Çekilen fotoğraflarda ışığın yansımaması ve programlara tanıtma işlemlerinde resimlerin rahat ayıklanabilmesi için Şekil 17 ve Şekil 18’de gösterildiği üzere arka fon siyah olarak, poz süresi 1/60 sn, odak uzaklığı 50 mm, 3,1 açıklıkla, 24 bit derinliğinde, sekiz megapixel, 600 dpi çözünürlüğünde, bireylerin soldan JPG formatında fotoğrafları çekilmiştir. Fotoğraf makinası şekil 12’de görüldüğü gibi su terazili tripod üzerine yerleştirilerek fotoğraf çekimleri yapılmıştır. Tüm fotoğrafların şekil 14’de olduğu üzere aynı açıdan (lateral) ve aynı pozisyonda (Frankfurt düzlemi) çekilmesi sağlanmıştır. Elde edilen fotoğraflar bilgisayar ortamına aktarılarak sırası ile yapılacak işlemler için ayrı bir alanda depolanmıştır.



Şekil 15: Dış mekanda çekim pozisyonu 1.



Şekil 16: Dış mekanda çekim pozisyonu 2.



Şekil 17: Soldan gönüllü kulak çekimi.

### **3.2.2 Yumuşak Dokudan ve Kulaktan Yaş Belirleme Noktaları**

Yapılan literatür taramasında yumuşak dokudan özellikle kulaktan yaş tahmini ve sonraki adımlarda üç boyutlu görseller ile görüntüden yaş ve kimlik tayini yapılabilme şansı olduğunu görebiliyoruz (Brucker, 2003).

### **3.2.3 TPS Dosyalarının Hazırlanması**

Bu tez çalışmamda geometrik morfometri metodu kullanılarak landmarkların işaretlenmesi amacı ile kullanılan farklı programlar bulunmaktadır. Landmark ve TPS programı Bookstein'e (1989), analizler ise Rohlf'e (2000) çalışmalarına uygun olacak şekilde geometrik morfometrik tekniklerle çalışmak üzere, New York State Üniversitesi Öğretim Üyesi Profesör F. James Rohlf tarafından geliştirilen Thin-Plate Spline (TPS) programları kullanılmıştır. Geometrik morfometri tekniğinin

uygulamadaki ilk adımı örneklemin bulunduğu dosyaların, TPS'e tanıtılmasıdır (Önel, 2010; Koca, 2012; Aytek, 2016).

### **3.2.4 Anatomik Noktaların (Landmarkların) Belirlenmesi**

Literatürde kulaktan kimliklendirme çalışmalarında 9 ile 12 arasında nokta belirlendiğini görmekteyiz. Ancak en sağlam verileri kulağın tüm yüzeylerini kapsayacak noktaların belirlenmesi ile alabileceğimizin farkına vardığımdan, 11 nokta ile belirleme yapılmıştır. Bu landmarklar yaş tahmini çalışmasında en iyi verileri sunmada yardımcı olacağı düşünülerek geniş literatür taraması sonrasında belirlenmiştir. Bunlar 20-39, 40-59 ve 60 yaş üzeri üç gruba da uygulanarak farklı yaş gruplarında, yaş tahmini elde edilebilirlik derecelerini ortaya koymak için özenle seçilmiştir. Kullanılan 11 landmark ve kodlamaları Şekil 20'de verilmiştir.

### **3.2.5 Anatomik Noktaların (Landmarkların) İşaretlenmesi**

Literatürde ve daha önce landmarklar üzerinden yapılan çalışmalarda işaretleme konusunda yapılan en önemli uyarı gözlemciler arası hatayı (inter-observer error) ortadan kaldırma prosedürleri olmuştur. Bunun en önemli adımı da tek bir Antropolog tarafından ve iki hafta sonra tekrar denenerak alınan landmarkların sağlamasını yapmak olacaktır. Bu tez çalışmamda tek bir Antropolog tarafından landmark işaretlemesi yapılarak iki hafta sonra yeniden tüm gruplar denenerak işaretleme işlemi sonlandırılmıştır.

Fotoğrafların eldesinden sonra, en önemli adım işaretlemedir. İşaretleme ise Tps programlarının kullanımı ile olmaktadır. Landmarklar iki aşamadan geçerek çalışmanın istatistiksel analizleri elde edilmiştir. Öncelikle fotoğraflar aynı klasöre

eklenmelidir ve sürekli o tek klasörden fotoğraflar çekilmelidir. İlk aşamada tpsUtil version 1.69 programı kullanılarak fotoğraflar tps formatında klasöre alınarak tpsDIG Version 2.26'ya hazır hale getirilmiştir. İkinci aşamada ise tpsDIG e tanımlanarak işleme başlanmaktadır. Sonrasında ise veriler üzerinden landmarklar tek tek işlenerek sistemden sayısal veriler çekilmektedir. Sayısal veriler daha sonra wordpad dosyasında çıkarılmakta ve istatistiksel analizler için kaynak oluşturulmuştur (Rohlf, 2015).

Yukarıda sayılan işlemlerin tamamı (tpsDig ve tpsUtil programlarına tanıma ve işleme) aşağıda şekillerle detaylı olarak açıklanmaktadır.

### **tpsUtil Programında Görsellerin Tps dosyasına dönüştürülmesi (9**

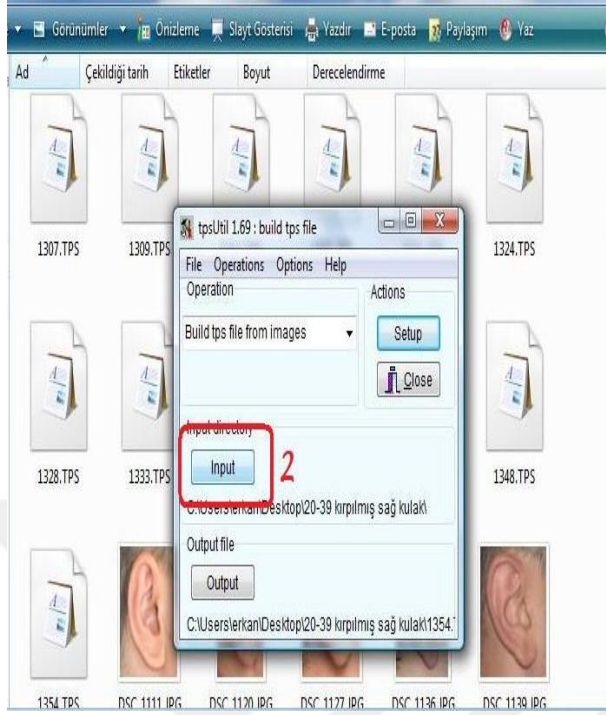
#### **Adımda Anlatılmıştır)**

1. tpsUtil programı açılarak Operation bölümünde bulunan "Build tps file from images" seçeneği seçilir.



Şekil 18: tpsUtil 1.69 'a eldeki görsellerin Tps dosyasına dönüştürülmesi adım 1.

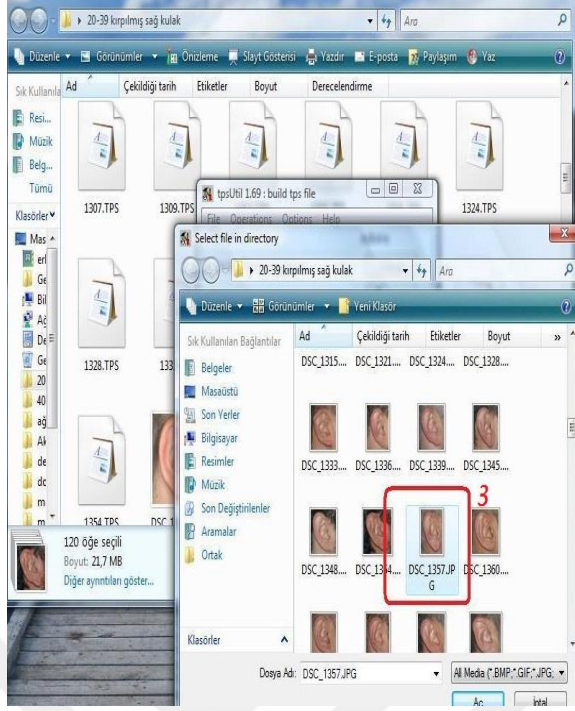
2. Yine aynı pencerede bulunan ‘‘Input’’ butonu seçilir.



Şekil 19: tpsUtil 1.69 ‘a eldeki görsellerin Tps dosyasına dönüştürülmesi adım 2.

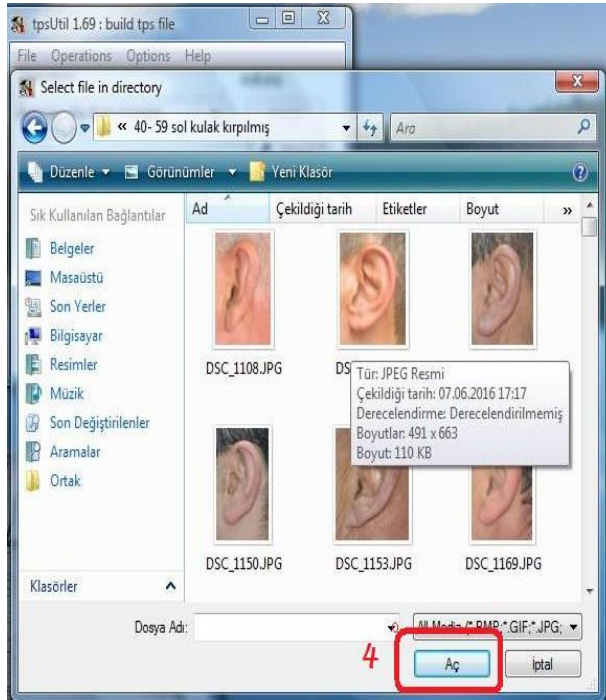
3. Input butonu tıklandığında açılan pencerede fotoğraflarımızın bulunduğu klasör bulunarak açılır ve tps dosyasına dönüştürmek istediğimiz fotoğraf imleç ile seçilir.





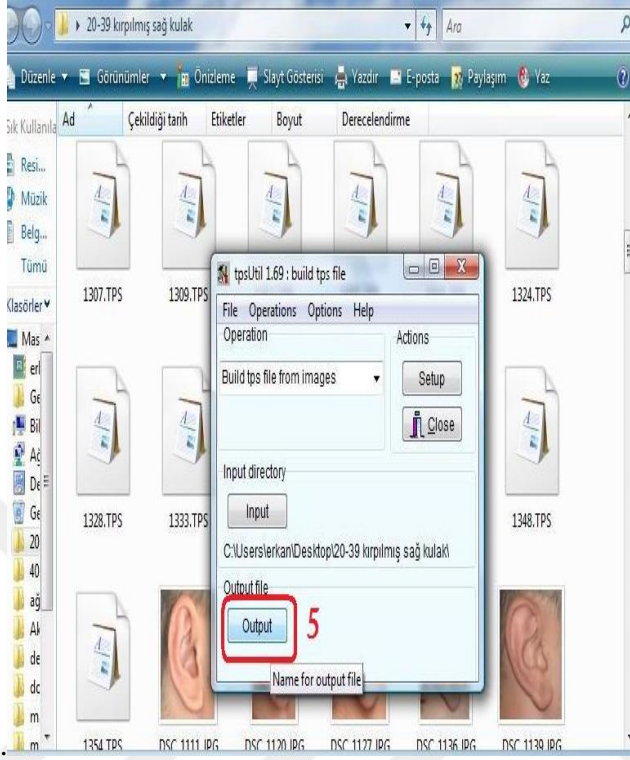
Şekil 20: tpsUtil 1.69 'a görsellerin Tps dosyasına dönüştürülmesi adım 3.

4. Fotoğraf seçimi yapıldığında pencerenin sağ alt köşesinde bulunan "aç" butonu imleç ile tıklanır.



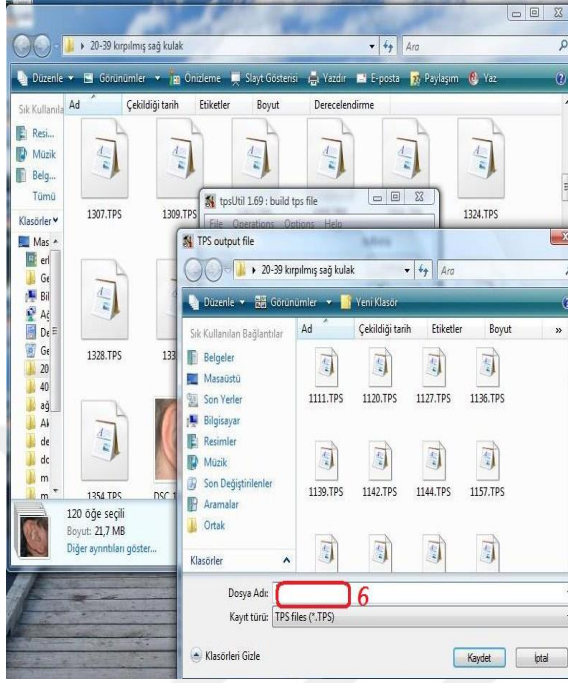
Şekil 21: tpsUtil 1.69 'a eldeki görsellerin Tps dosyasına dönüştürülmesi adım 4.

5. Yine aynı pencerede Input butonunun hemen altında yer alan ‘Output’ butonu imleç ile seçilir.



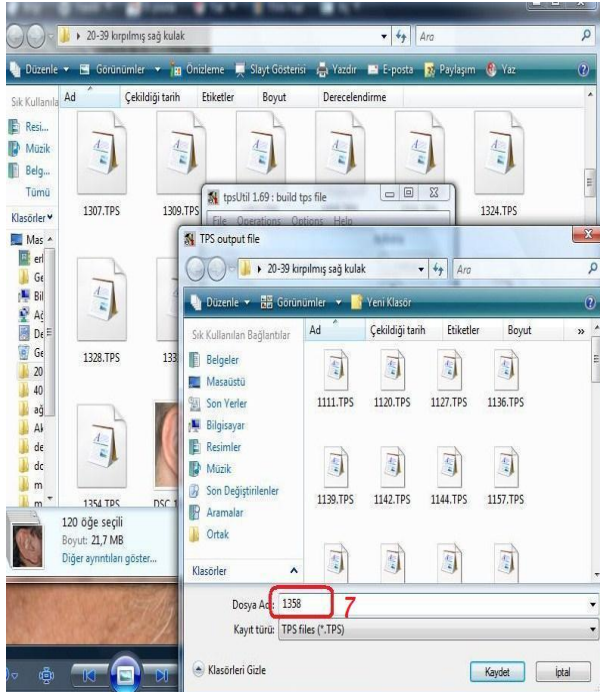
Şekil 22: tpsUtil 1.69 ‘a eldeki görsellerin Tps dosyasına dönüştürülmesi adım 5.

6. Açılan pencerede daha önce Input butonu ile tanımladığımız fotoğraflarımızın bulunduğu pencere açılır ve dosya adı kısmı imleç ile seçilir.



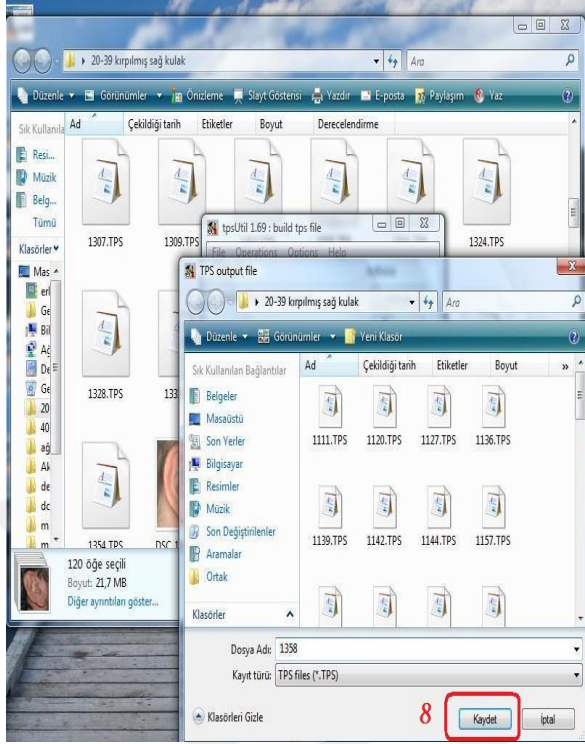
Şekil 23: tpsUtil 1.69 'a eldeki görsellerin Tps dosyasına dönüştürülmesi adım 6.

7. "Dosya adı" bölümüne seçilen fotoğrafın adı verilir.



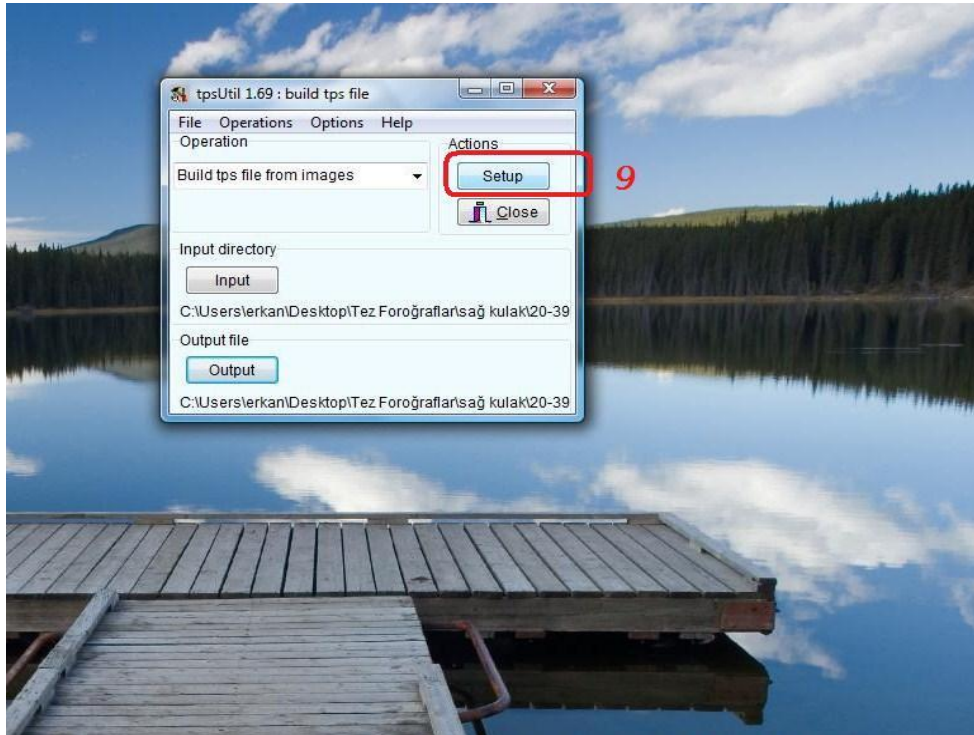
Şekil 24: tpsUtil 1.69 'a eldeki görsellerin Tps dosyasına dönüştürülmesi adım 7.

8. Fotoğraf numarası verildikten sonra ‘kaydet’ seçeneği imleç ile seçilir.



Şekil 25: tpsUtil 1.69 ‘a eldeki görsellerin Tps dosyasına dönüştürülmesi adım 8.

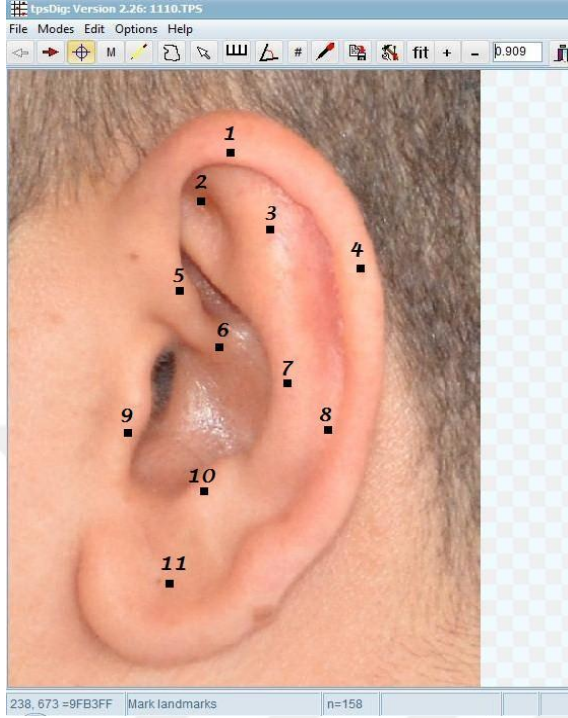
9. Karşımıza gelen pencerede bulunan ‘Setup’ butonu ile işlem bitirilir.



Şekil 26: tpsUtil 1.69 ‘a görsellerin Tps dosyasına dönüştürülmesinde son adım olan 9.adım.

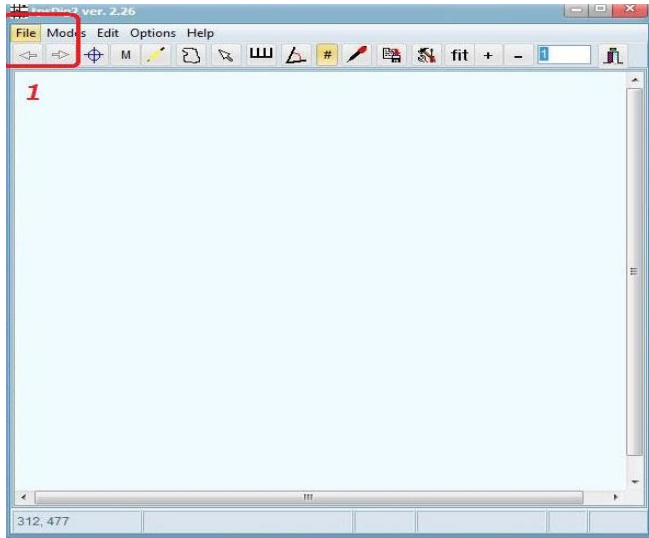
## tpsDig Programına Görsellerin Landmarklarının Belirlenerek Verilerin

Alınması (10 adımda anlatılmıştır).



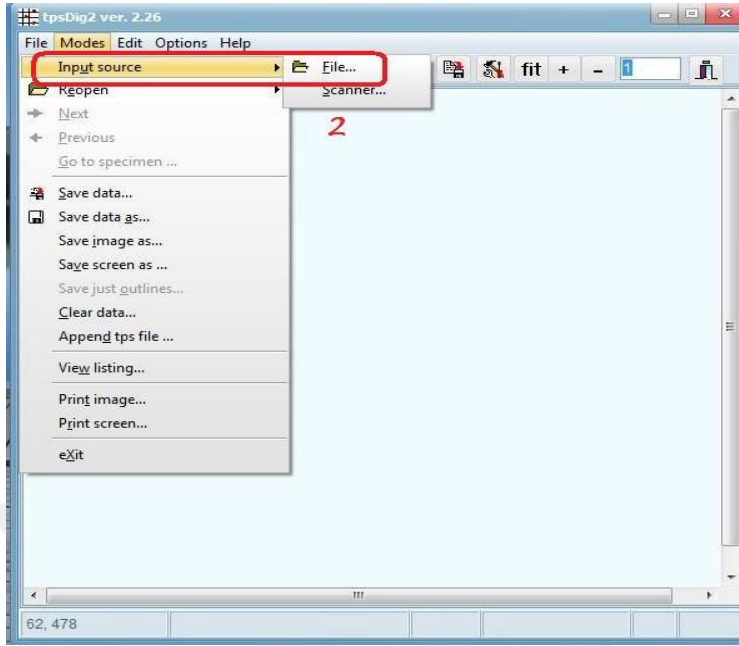
Şekil 27: Kulak işaretleme işlemi.

1. tpsDig programı çalıştırılarak açılan pencerede “file” sekmesi seçilir.



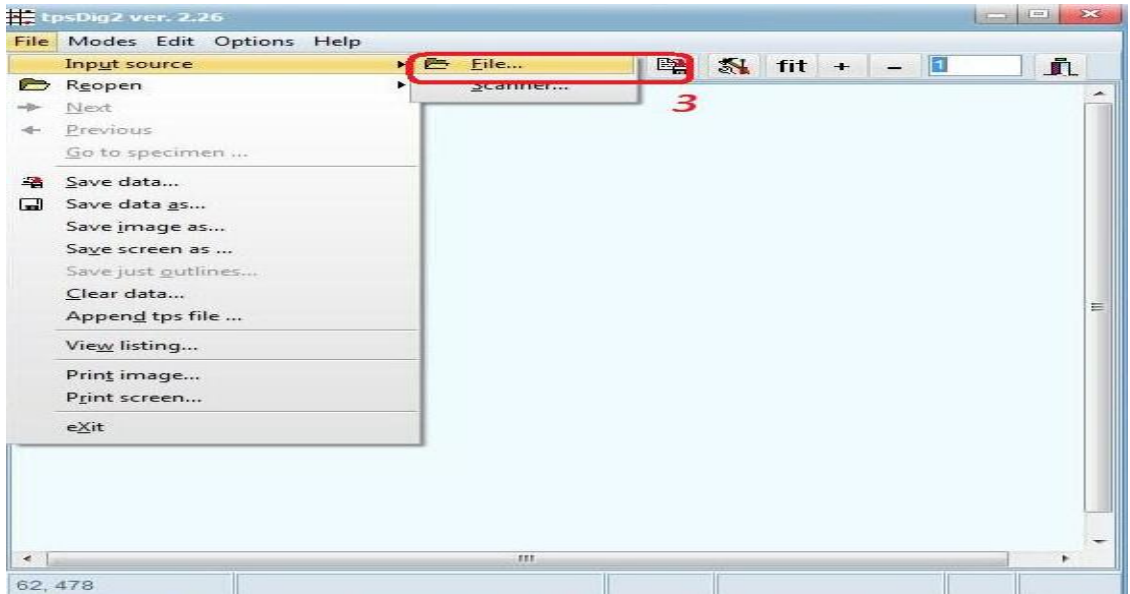
Şekil 28: tpsdig programına görsellerin landmarklarının belirlenerek verilerin alınması adım 1.

2. Açılan bölümde Mouse ile imleç "Input source" üzerine sürüklenir.



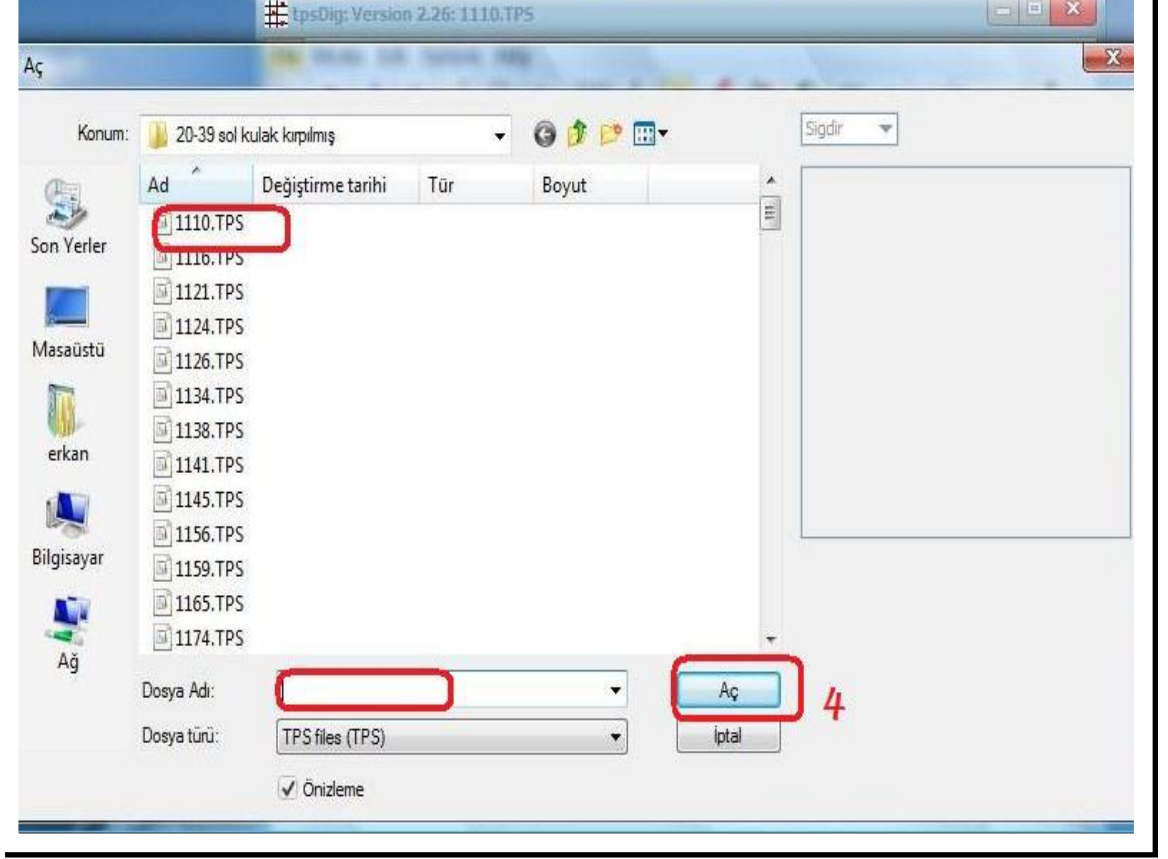
Şekil 29: tpsdig programına görsellerin landmarklarının belirlenerek verilerin alınması adım 2.

3. "Input source" üzerine sürüklenen imleç ile sağ kısımda açılan file bölümü seçilir.



Şekil 30: tpsdig programına görsellerin landmarklarının belirlenerek verilerin alınması adım 3.

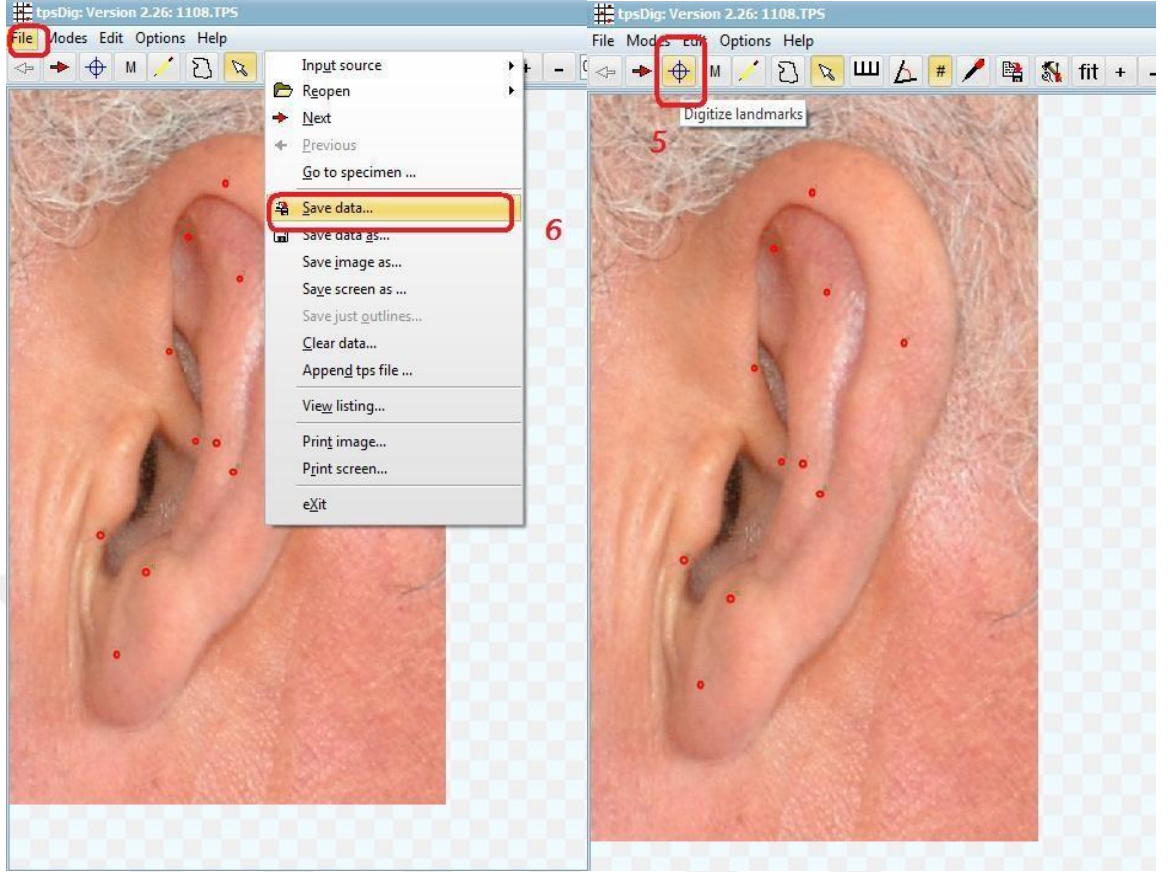
4. Açılan pencerede landmark işaretlemesi yapılacak olan daha önce hazırladığımız tps dosyası seçilir ve sağ alt köşede bulunan ‘‘aç’’ butonu Mouse ile tıklanır.



Şekil 31: tpsdig programına görsellerin landmarklarının belirlenerek verilerin alınması adım 4.

5. Pencere üzerinde seçtiğimiz tps dosyası fotoğraf olarak karşımıza gelir, araçlar menüsünde bulunan ‘‘Digitize landmarks’’ aracı seçilerek belirlenen noktaların işaretlenmesi yapılır.

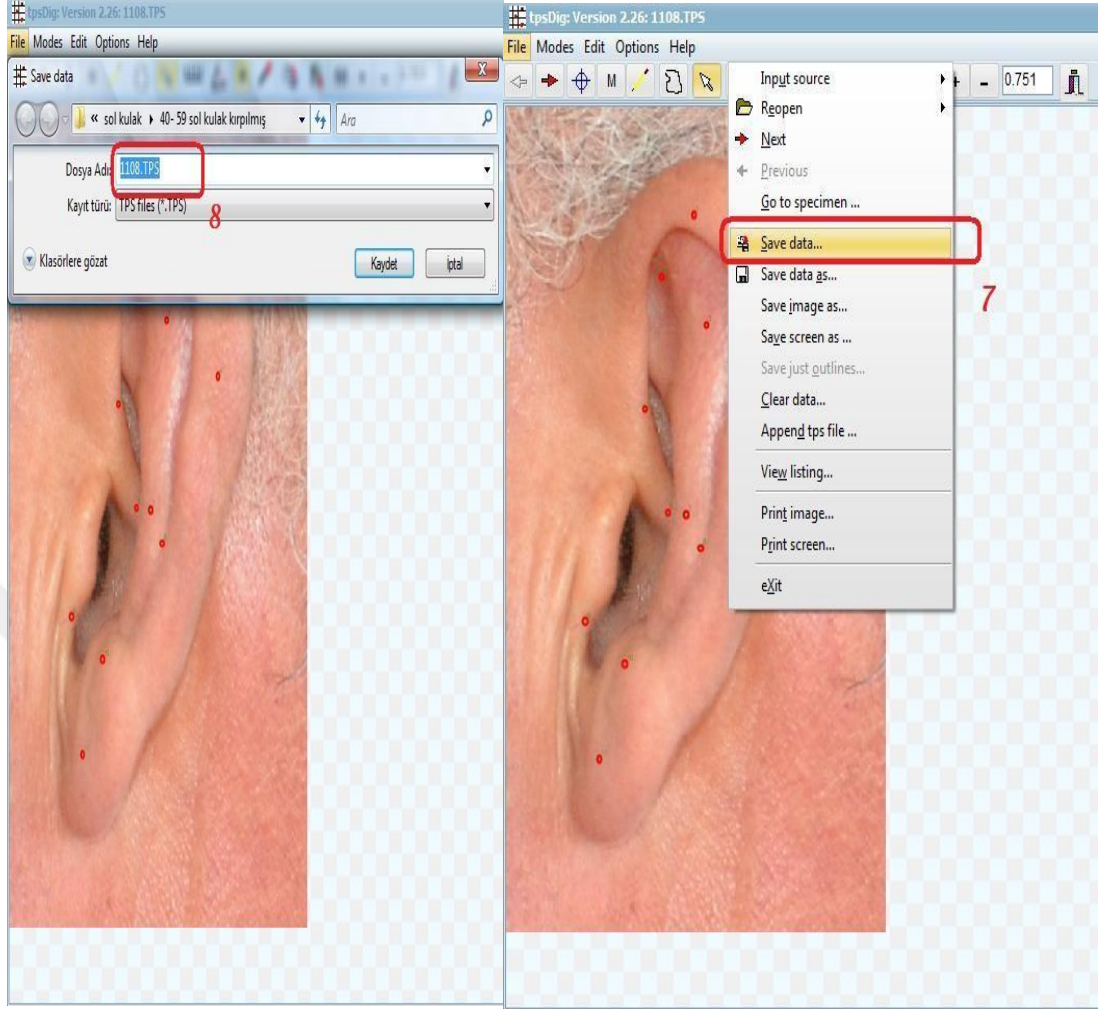
6. İşaretlememiz bittiğinde ‘‘file’’ sekmesi imleç ile açılır ve açılan sütunda imleç sütun üzerinde aşağı kaydırılır ve ‘‘save data’’ satırının üzerine getirilir.



Şekil 32: tpsdig programına görsellerin landmarklarının belirlenerek verilerin alınması adım 5 ve 6.

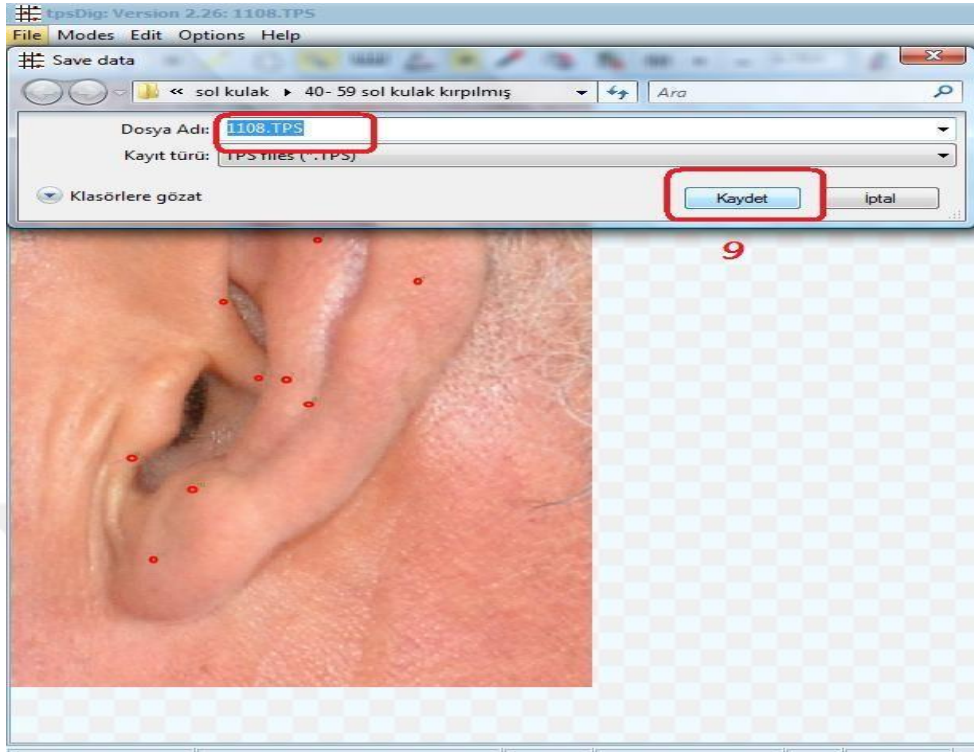
7. "Save data" satırı imleç ile tıklanır.
8. Açılan pencerede Dosya adı seçeneğine işaretleme yaptığımız dosyanın adı yazılır.



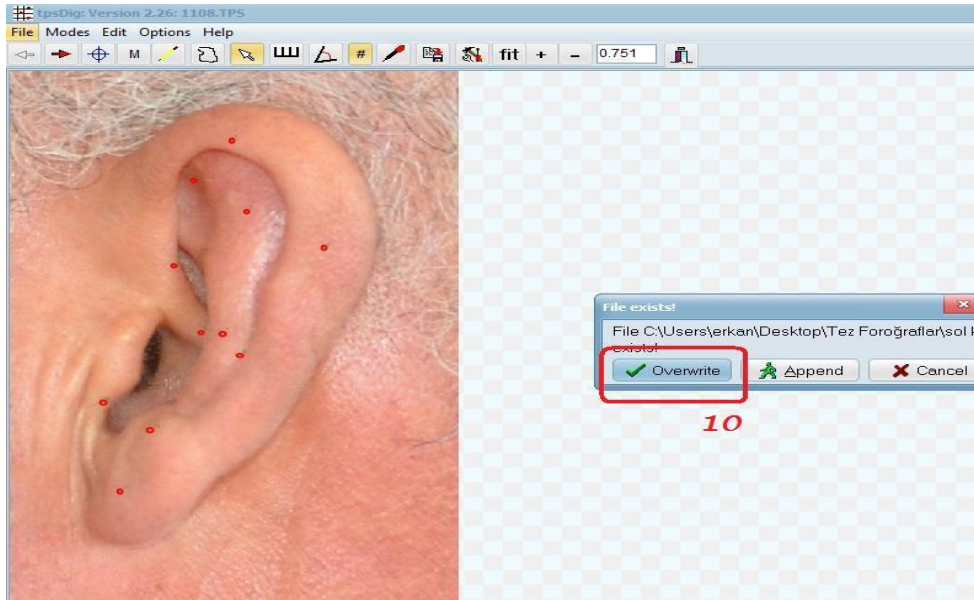


Şekil 33: tpsdig programına görsellerin landmarklarının belirlenerek verilerin alınması adım 7 ve 8.

9. Yalnız burada dikkat edilecek husus, işaretleme yaptığımız dosyanın adının aynısı yazılmalıdır ve daha sonra kaydet seçeneği seçilmelidir.
10. Kaydet seçeneğini seçtiğimizde karşımıza küçük bir pencere açılır ve burada “Overwrite” bölümü seçilerek işaretleme işlemi kaydedilerek bitirilir.



Şekil 34: tpsdig programına görsellerin landmarklarının belirlenerek verilerin alınması adım 9.



Şekil 35: tpsdig programına görsellerin landmarklarının belirlenerek verilerin alınması adım 10.

### 3.3 İstatistiksel Analizler

#### 3.3.1 Temel Bileşenler Analizi

Temel Bileşenler Analizi kısa adı ile PCA görüntülerden yüz tanıma, eldeki verileri paketleme ve veri bankasından ya da özel çalışmalardan elde edilen görüntüleri tanıma gibi çalışmalarda sıklıkla kullanılan istatistiksel metotlardan biridir. Bu metot, değişkenlerin birbirlerine olan bağımlılığını ortadan kaldırma ve örneklem verilerinin boyutlarını en aza indirmek için sıklıkla başvuru alan bir yöntemdir. Tanıma, sınıflandırma, boyut indirgenmesi ve yorumlanmasını sağlayan, çok değişkenli bir istatistik yöntemidir. Temel bileşenler analizi (PCA), eldeki değerlerin içindeki en güçlü örüntüyü bulmaya çalışır. Bu sebeple de örüntü bulma tekniği olarak da kullanılmaktadır. Yüksek olasılıkla kullanılan verilerin sahip olduğu çeşitlilik, tüm boyut takımından seçilen küçük bir boyut setiyle çözümlenebilir.

Temel bileşenler analizinin çalışmalarda kullanılmasının üç ana unsuru bulunmaktadır:

1. Verilerin boyutunu azaltmak,
2. Tahminleme yapmak,
3. Veri setini, bazı analizler için görüntülemek (Demiröz, 2012).

#### 3.3.2 T Testi (Eşit Ortalamalar Testi)

T sına ma istatistiği (Eşit Ortalamalar Testi) tekniği, çalışma yapılan örneklemden alınan örnek kütle sayısı yeterli güven aralığında olmadığında ( $n < 30$ ) veya ana kütle dağılımının normal olduğuna dair şüphe uyandığında uygulanan test etme yöntemidir. Küçük örnekler sına ma tekniği olarak da tanımlanmaktadır. T testi

ile sadece ilişkinin olup olmadığı söylenebilir, miktardan söz edilemez. T testi örnek boyutunun küçük olduğu ve evrene ait standart sapmaların bilinemediği durumlarda da kullanılmaktadır (Tekin, 2009; Altunışık, 2010).

### **3.3.3 F Testi (Eşit Varyanslar Testi)**

F testi diğer bilinen adı ile ‘‘Eşit Varyanslar Testi’’ istatistik bilimi içinde bir sıra değişik problemlerde kullanılan parametrik çıkarımsal test tekniğidir. F testi sıfır hipotezine göre gerçekte bir F dağılımı gösteren sına istatistiği bulunduğu kabul edilen hallerde, herhangi bir istatistiksel sına şeklidir. F testi birçok değişik parametrik çıkarımsal istatistik analizi için kullanılmaktadır (Draper, 1998).

### **3.3.4 Eşit Medyanlar Testi (Mann- Whitney Testi)**

En az iki alt grubu olan bir bağımsız değişken ile bağımlı değişkenin sıralı (sürekli de olabilir) veri şeklini taşıması durumunda, Eşit Medyanlar Testi diğer adı ile ‘‘Mann-Whitney U’’ testi yapılabilir. Bu koşulda bağımlı değişkenin veri tipi ‘‘sürekli’’ olduğunda bağımsız örnekleme T Testi yani Eşit Ortalamalar Testi uygulanmaktaydı. Mann-Whitney U Testi bu açıdan bakıldığında ise T Testinin çeşitli nedenlerle uygulanamadığı hallerde devreye giren yardımcı bir testtir. Dolayısıyla Eşit Medyanlar Testi, T Testinin parametrik olmayan bir alternatifidir. Mann-Whitney U Testi iki bağımsız (ilişkilendirilememiş) grubun dağılımlarının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını ortaya koyar (Özdamar, 2011).

### **3.3.5 Kolmogorov-Smirnov Testi**

İstatistikte, Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi, parametrik olmayan (non parametric) istatistik olup iki değişkenli problemlerde hipotez sınaması olarak kullanılmaktadır.

Tek Örneklem K-S Sınaması: Hedef, verilmiş olan bir deneysel olasılık dağılımı gösteren örneklem verilerinin, dağılım parametreleri tam olarak bilinen, tam tanımlanmış bir teorik ile olasılık dağılımına uyum gösterip göstermediğini sınamaktır. Bu tarz bir problemde sıfır hipotez ( $H_0$ ) örneklem verilerinin deneysel dağılımının tam tanımlanmış olması, olasılık dağılımından gelen sonuçlar ile analiz edilir. Örneklem hacmi küçük olduğu için ki-kare sınaması uygulanamadığı durumlarda Kolmogorov-Smirnov testi devreye girmektedir. Tek örneklem Kolmogorov-Smirnov (K-S) sınaması çok popüler bir normallik sınaması olarak, yani örneklem verilerinin tanımlanmış bir ana kitle normal olasılık dağılımına uyumluluk gösterip göstermemesini sınamak için kullanılır (Suner ve Çelikoğlu, 2008).

"İki örneklem Kolmogorov-Smirnov (K-S) testi" hem genel durumlarda uygulanabilen hem de spesifik durumlarda çok kullanılan bir "parametrik olmayan sınama" yöntemidir. Çünkü bu test hem konum hem de dağılım şekline duyarlıdır ve bu tarz problemlerin çözümü için sıklıkla kullanılmaktadır.

### **3.3.6 Tek Yönlü Varyans Analizi (One-way ANOVA)**

Tek yönlü varyans analizi (One-way ANOVA) normal dağılımlı veri tabanında üç ve daha fazla bağımsız ortalama arasındaki farkın anlamlılığının hesaplanarak yorumlanmasına yardımcı olmak için başvuru istatistiksel analizdir. ANOVA yöntemi üç veya daha fazla grubun aritmetik ortalamalarını kümülatif olarak karşılaştırır. Bu karşılaştırmalardan en az birisi anlamlı olduğunda ANOVA sonucu da anlamlı bulunur. Bu durumda hipotezler şu şekilde açıklanır;

$H_0$ : Ortalamalar arasında fark yoktur.

H1: En az iki ortalama arasında anlamlı bir farklılık vardır.

Sonuç anlamlı çıkmadığında, yani  $H_0$  hipotezi kabul edildiği durumlarda işlem burada sonlandırılır. Ancak sonucun anlamlı bulunması durumunda, farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek üzere tamamlayıcı hesaplamalara geçmek gerekir. Bu tekniklere post-hoc teknikler adı verilir. Çok sayıda post hoc teknik mevcuttur. Bu tekniklerden hangisinin kullanılacağına karar verirken öncelik her zaman belirleyici olan varyansların homojenliğidir. Varyansların homojen bulunmasına veya bulunmamasına bağlı olarak farklı teknikler tercih edilir. Bu teknikler ANOVA işlem penceresi içinde bulunmaktadır (Özdamar, 2011).

### **3.3.7 Normal Yapıya Göre Artık Analizi (Residual Analysis)**

Regresyon analizi, iki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılan analiz metodudur. Eğer tek bir değişken kullanılarak analiz yapılıyorsa buna tek değişkenli regresyon, birden çok değişken kullanılıyorsa çok değişkenli regresyon analizi olarak isimlendirilir. Regresyon analizi ile değişkenler arasındaki ilişkinin varlığı, eğer ilişki var ise bunun gücü hakkında bilgi edinilebilir. Regresyon, iki (ya da daha çok) değişken arasındaki doğrusal ilişkinin fonksiyonel şeklini, biri bağımlı diğeri bağımsız değişken bir doğru denklemi olarak göstermekle kalmaz, değişkenlerden birinin değeri bilindiğinde diğeri hakkında varsayım yapılmasına olanak tanır. Genellikle bu iki veya daha fazla değişkenlerin tamamının niceliksel ölçekli olması zorunluluğu vardır (Koç ve Cengiz, 2012).

Regresyonda, değişkenlerden biri bağımlı diğeri bağımsız değişken olmalıdır. Buradaki mantık eşitliğin solunda yer alan değişkenin sağında yer alan değişkenlerden etkilenmesidir. Sağda yer alan değişkenlerse diğeri değişkenlerden

etkilenmemektedir. Burada etkilenmemek matematiksel anlamda bu değişkenleri bir doğrusal denkleme koyduğumuzda etki yapması anlamındadır. Çoklu doğrusallık, ardışık bağımlılık sorunları kastedilmemektedir (Koç ve Cengiz, 2012).

### 3.3.8 Kruskal Wallis Testi

İstatistikte Kruskal-Wallis sıralamalı tek-yönlü varyans analizi, bağımsız gruplar arası ana kütle medyanlarının eşitliğini test etmek için kullanılan ve parametrik olmayan (non parametric) istatistik testidir. Bu testin isimlendirilmesi, bu yöntemi ilk kez kullanan ve istatistiğe sunan William Kruskal ve W. Allen Wallis'e atıfla yapılmıştır. Matematiksel olarak ayrı olmakla beraber, tek yönlü varyans analizinin bir değişik şekli olarak da görülmektedir. Ayrıca bu test üç veya daha çoklu gruplara genişletilerek de uygulanabilir.

Kruskal-Wallis sıralamalı tek yönlü varyans analizinin amacı, içinde  $\{g\}$  farklı grupları bulunan bir ana kütle grubu medyanlarının eşit olup olmadığını araştırmaktır. Parametrik olmayan (non parametric) istatistiksel yöntemlerden biri olduğu için Kruskal-Wallis testi ana kütle grubunun normal dağılım gösterdiğini varsaymamaktadır ve bu sebeple şeklen benzeri olan tek yönlü varyans analizinden farklılık göstermektedir. Ancak bu test için öngörülen sonuç ise, analizi yapılan her ana kütle grubunun, grup medyan değerlerindeki farklılıkların dışında, aynı dağılımı göstereceğidir (Kruskal ve Wallis, 1952).

### 3.3.9 Normal Dağılım Testi

Normal dağılım testi istatistik biliminin sıklıkla başvurduğu sınamalardan biridir. Örneklem ortalaması için örnek dağılımı, örneğin kaynağı olan ana kütle için

dağılımda normal olmadığı belirgin bir şekilde görünse de, her zaman yaklaşık bir normal dağılım göstermektedir. Ayrıca değerleri bilinen ortalaması ve varyansı olan bütün dağılımlar içinde sonuçlarının kullanım alanı bakımından en güçlü testlerden birinin normal dağılım testi olduğu görülmüştür. İstatistikte kullanılan dağılım testleri arasında normal dağılım pratikte en çok başvurulmuş sınımalardandır ve birçok istatistiksel test, normal dağılımın var olduğu varsayımına dayanılarak geliştirilerek kullanılmaktadır. Bu test, olasılık kuramı için de rassal değişkenlerin yakınsama analizinde yerini ve önemini almıştır. Bu dağılım ailesinin her bir üyesi sadece iki parametre ile tam olarak tanımlanabilir. Bunlar konum gösteren ortalama ( $\mu$  aritmetik ortalama) ve ölçek gösteren varyanstır ( $\sigma^2$  “yayılım”)(Tekin, 2009).

### **3.3.10 Doğrusal Uygunluk (Linear Fit)**

Doğrusal Uygunluk Analizi (Linear Fit), kategorik verilerin yorumlanmasını sağlayan, çapraz tablolarda satır ve sütun değişkenleri arasında benzerlik, farklılık ve ilişkilerin yorumlanmasını kolaylaştıran, birlikte değişimlerini daha az boyutlu bir uzayda grafiksel olarak gösteren sınımadır. Kategorik ya da kategorize edilmiş sürekli değişkenlerin, kategorileri arasındaki benzerliklerin ya da farklılıkların uzaklıklar cinsinden ifade edilmesini, hangi alt kategorinin diğer kategorilere göre daha çok benzer olduklarını bulmayı sağlayarak, çapraz tablolardaki değişkenlerin kategorileri arasındaki benzerlikleri daha az sayıda ve daha küçük boyutta grafiksel olarak görüntülemeyi amaçlar (Tekin, 2009).



### **3.3.11 Normal En Küçük Kareler Regresyonu (Ordinary Least Squares Regression: G1X-G1Y)**

Normal En Küçük Kareler Regresyonu yöntemi (Ordinary least Squares Regression: G1X-G1Y), birbirine bağılı olarak değişen iki fiziksel büyüklük arasındaki matematiksel bağlantıyı, mümkün olduğunca gerçeğe uygun bir denklem olarak yazmak için kullanılan, standart bir regresyondur.

Bu regresyon yöntemi, ölçüm sonucu elde edilmiş veri noktalarına "mümkün olduğu kadar yakın" geçecek bir fonksiyon eğrisi bulmaya yarar. Gauss-Markov Teoremi 'ne göre en küçük kareler yöntemi, regresyon için en optimal yöntemdir. En küçük kareler yöntemi, denklemin verdiği (teorik) Y değerleri ile ölçümlerin verdiği (gerçek) Y değerleri arasındaki farkların karelerinin toplamını küçültme fikrine dayanır. Bu yöntem, denklemdeki a ve b sayılarını, bahsedilen kareler toplamını en küçük yapacak şekilde seçer. Bu test adını da buradan almıştır (Alma ve Vupa, 2008).

### **3.3.12 Saçılım (Scatter)**

Saçılım (Scatter) iki boyutlu bir grafik üzerinde veri noktalarının görüntülenerek iki değişken arasındaki ilişkisini ortaya koymaktadır. Açıklayıcı olarak düşünülen değişken x eksenine üzerine ve bağımlı değişken de y eksenine üzerine konumlandırılır.

Saçılım grafikleri, özellikle çoklu değişkenlerde ve fazla veri noktası mevcudiyetinde yararlılığını göstermektedir. İki değişken arasındaki ilişki hakkında aşağıdaki bilgileri detaylı olarak ortaya koyarlar. Bunlar:

1)Kuvvet,

2)Şekil - doğrusal, eğrisel vb..

3)Yön - artı veya eksi,

4)Uç değerlerin varlığı.

Değişkenler arasındaki bağıntı (korelasyon), bir çizgi boyunca kümeleşen veri noktaları sonucunu verir. Saçılım grafikleri, veriye bir eğri uydurarak "yumuşatılabilir". Bu eğri, değişkenler arasındaki ilişkinin rastgele olmayan ögesini gösterir. Rastgele değişimlerden rastgele olmayan bir ögenin çıkarılması, açıklayıcı değişkenin değerine bağlı olarak bağımlı değişkenin değerinin kestirilmesine olanak tanır (Kaya, 2010).

### **3.3.13 Genelleştirilmiş Doğrusal Model (Generalized Linear Model)**

Genelleştirilmiş Lineer Karma Modeller (Generalized Linear Model), genelleştirilmiş lineer model ile lineer tahmin edicilerin rastgele etkilerinin birleştirilmesiyle elde edilmiştir. İstatiksel alanda uygulamalarda ise geniş bir alana sahip olup sıklıkla başvurulan yöntemlerdendir. “Genelleştirme” kelimesi ile bağımlı değişkenin sadece normal dağılmadığı, “Karma” kelimesiyle de modeldeki genel sabit etkilere rastgele etkilerin de eklenmesi anlatılmak istenmiştir (Işık, 2011).

### **3.3.14 Morfoloji Procrustes Landmark Merkezli Uygunluk Analizi (Morphoj Procrustes Fit)**

Landmark tabanlı morfometrik metot, cinsiyet farklılıkları ve varyasyonlara bakarak evrimsel süreci takip etmenin yanında organizmanın şekliyle ilgili bilgileri yakalamada daha etkili ve şekillerdeki farklılıkları test etmek için güçlü bir istatistiksel prosedür sunar.

Landmark, bir örnekten diğere homolog olduğu farz edilen iyi tanımlanmış noktaları ifade etmektedir. Landmark tabanlı çalışmalarda şekli parametrize etmede, şekil değışimlerini görüntüleme ve hipotezleri istatistiksel olarak test etmede kolaylık sağlamaktadır (Aytekin, 2007).

### **3.3.15 Regresyon Analizi (Regression Analysis)**

Regresyon analizi, aralarında sebep-sonuç ilişkisi bulunan iki veya daha fazla değışken arasındaki ilişkiyi belirlemek ve bu ilişkiyi kullanarak o konu ile ilgili tahminler (estimation) ya da kestirimler (prediction) yapabilmek amacıyla uygulanır. Doğada birçok olayda sebep sonuç ilişkisine rastlamak mümkündür.

Bu analiz tekniğinde iki (basit regresyon) veya daha fazla değışken (çoklu regresyon) arasındaki ilişki açıklamak için matematiksel bir model kullanılır ve bu model regresyon modeli olarak adlandırılır. Aşağıda basit regresyon analizi anlatılmıştır.

Basit regresyon modeli  $Y = \alpha + \beta X + \epsilon$  şeklinde bir bağımlı ve bir de bağımsız değışken içeren bir modeldir.

Burada;

Y; bağımlı (sonuç) değışken olup belli bir hataya sahip olduğu varsayılır.

X; bağımsız (sebep) değışkeni olup hatasız ölçüldüğü varsayılır.

$\alpha$ ; sabit olup  $X=0$  olduğunda Y'nin aldığı değerdir.

$\beta$  ise regresyon katsayısı olup, X'in kendi birimi cinsinden bir birim değışmesine karşılık Y'de kendi birimi cinsinden meydana gelecek değışme miktarını ifade eder.  $\epsilon$ ; tesadüfi hata terimi olup ortalaması sıfır varyansı  $\sigma^2$  olan

normal dağılış gösterdiği varsayılır. Bu varsayım parametre tahminleri için değil, katsayıların önem kontrolleri için gereklidir (Draper, 1998).



#### 4. Bulgular

Özellikle Temel Bileşenler Analizi (PCA) ve diğer analizlerden elde edilen sonuçlar neticesinde bu tez çalışmasında önceden belirlenen 11 noktadan yaş tahmini yapmak yerine dört, beş ve altıncı landmarklar üzerinden çalışmaların yapılmasının yeterli olacağı anlaşılmıştır. Bu sebeple genel analizler dışında landmark bulgularında her grup için dört, beş ve altıncı landmarklara ait tablo ve şekiller ile değerlendirme yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında ölçülen bireylere ait istatistiksel analizler ve fotoğraflar üzerinden alınan ölçülerden elde edilen verilere göre; Şekil 40'da 20-39 yaş arası bireylere ait landmark noktalarının, Şekil 62'de 40-59 yaş arası bireylere ait landmark noktalarının, Şekil 80'de 60 yaş ve üzeri bireylere ait landmark noktalarının iki boyutta ele alınan grafikleri görülmektedir. Bu üç grafiğe göre; elde edilen veriler, yaş arttıkça referans alınan landmark noktalarından uzaklaşmaktadır. Bireylere ait landmark noktalarının %95 güven elips grafikleri; 20-39 yaş arası için Şekil 41'de, 40-59 yaş arası için Şekil 62'de ve 60 yaş ve üzeri bireyler için Şekil 80'de verilmiştir.%95 güven elips grafiklerine göre yaşla birlikte elipsin dışında kalan noktaların elipsten uzaklaştığı görülmektedir. Bu uzaklaşmadan yaşla birlikte bireylere ait verilere ait varyansın(değişimin) arttığı öngörüsüne ulaşılmıştır.

20-39 yaş arası bireyleri Grup 1, 40-59 yaş arası bireyleri Grup 2, 60 yaş ve üzeri bireyleri Grup 3 olarak tanımlanırsa, her bir gruba ait bireylerin x ve y değerleri, iki sütun halinde, temel istatistik değerleri elde edilerek Grup 1 için Tablo 7'de, Grup 2 için Tablo 39'da ve Grup 3 için Tablo 66'da gösterilmiştir.

Grup 1 için 1737, Grup 2 için 1672 ve Grup 3 için 1657 nokta elde edilmiş olup Tablo 10-11, Tablo 42-43 ve Tablo 67-70 karşılaştırıldığında; her x koordinatına ait verilerin; ortalaması, standart hatası, varyansı, standart sapması, medyanı ve geometrik ortalaması; y koordinatına göre daha düşük olmasına rağmen; çarpıklık değerleri y koordinatına göre daha fazla dağılımın sola yatık olduğunu göstermektedir. X koordinatına ait verilerin varyasyon katsayısı, y koordinatındaki verilerin varyasyon katsayısına göre Grup 1 için %8,67, Grup 2 için %10,66 ve Grup 3 için %7,88 fazla olmasına karşın, çarpıklık değerinin fazla olması toplam varyasyon üzerinde azaltıcı etki göstermektedir.

Grup 1, Grup 2 ve Grup 3'teki verilerden Tablo 23, Tablo 49, Tablo 76, Tablo 20, Tablo 22, Tablo 47, Tablo 48, Tablo74, Tablo 77 parametrik test ön şartlarına bakıldıktan sonra (varyansların homojenliği ve normal dağılım) F ve t testleri teorik uygulandığında elde edilen verilerle ifade edilen değerlere göre üç grup arasında grup ortalamaları ve varyansları arasında anlamlı farklılıklar olduğu görülmektedir ( $p<0.05$ ).

Parametrik test ön şartlarına bakıldıktan sonra(varyansların homojenliği ve normal dağılım) yapılan t testi ile bireylerin x ve y koordinatlarına göre verilerinin aritmetik ortalamaları karşılaştırılmaktadır. Parametrik test ön şartları sağlandığı için ortalamalar arası farka bakılmıştır ve t testi kullanılmıştır. Grup 1 için Tablo 8, Grup 2 için Tablo 40 ve Grup 3 için Tablo 67 için değerlendirildiğinde grup ortalamaları arası fark için yapılan t testinde anlamlı bir farklılık görülmektedir ( $p<0,05$ ).

Grup 1 için Tablo11-14, Grup 2 için Tablo 40-41 ve Grup 3 için Tablo 67-68'deki Parametrik test ön şartlarına bakıldığında normal dağılım gösterdiği fakat

varyansların homojen olmadığı belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Medyanlar arası fark için yapılan testte (Mann-Whitney U testi) (Tablo 15-16 Tablo 52, Tablo 80) tüm gruplar için anlamlı bir farklılık olduğu görülmektedir ( $p<0.05$ ).

X ve Y koordinatlarına ilişkin veriler için parametrik test ön şartlarına bakılmıştır. Normal dağılım varsayımı (Kolmogorov-Smirnov testi) (Tablo 19, Tablo 44, Tablo 71) ile test edilmiştir. Varyansların homojenliği ise Levene's testi ile değerlendirilmiştir. Yapılan ön şart kontrolü sonucunda parametrik test önşartları sağlandığında Tek yönlü varyans analizi, sağlanmadığında ise Kruskal Wallis testi ile karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu durumda gruplar arasında anlamlı farklılıklar olduğu belirlenmiştir ( $p<0,05$ ;  $p<0,01$ ).

Tüm gruplara artık analizi uygulandığında; normal sıra istatistiği medyan değerlerine göre artıklar karşılaştırıldığında (Şekil 43-44, Şekil 63-64, Şekil 83-84) tüm grupların normal dağılıma uygun olduğu belirlenmiştir ( $p>0,05$ ).

Eşit medyanlar için yapılan Kruskal-Wallis testinde (Tablo 25, Tablo 51, Tablo 79 ) ve örneklem medyanları arasında yapılan Mann-Whitney-U ikili testinde (Tablo 12-13, Tablo 42-43, Tablo 80 ) tüm gruplar için anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ( $p<0,05$ ;  $p<0,01$ ).

Tablo 28'de Grup 1 için, Tablo 57'de Grup 2 için, Tablo 82'de Grup 3 için verilerin x ve y koordinatlarından oluşan (x koordinat verileri bağımsız değişken, y koordinat verileri bağımlı değişken olmak üzere) en küçük kareler yöntemi uygulanarak regresyon denklemleri elde edilmiştir (Grup 1 için;  $G1Y=262,18+0,62683 G1X$ ), (Grup 2 için;  $G2Y=311,42+0,60005G2X$ ), (Grup 3 için  $G3Y=338,32+0,59447G3X$ ).

Tablo 28’de Grup 1 için, Tablo 54’te Grup 2 için ve Tablo 82’de Grup 3 için regresyon denklemindeki sabit ve eğim değerleri için belirlenen güven aralıkları görülmektedir. Her grup için regresyon denkleminde elde edilen değerler ile gerçek değerler arasında oluşan farklar (artık değerler), artık analizi olarak Grup 1 için Tablo 30’da, Grup 2 için Tablo 56’da ve Grup 3 için Tablo 84’te gösterilmiştir.

Her gruba ait verilerin x koordinat değerleri ile regresyon sonucu oluşan artıklar arasındaki fark saçılım grafikleri Grup 1 için Şekil 47’de, Grup 2 için Şekil 67’de ve Grup 3 için Şekil 87’de; her gruba ait verilerin y koordinat değerleri ile regresyon sonucu oluşan artıklar arasındaki fark saçılım grafikleri Grup 1 için Şekil 46’da, Grup 2 için Şekil 66 ‘da ve Grup 3 için Şekil 86’da gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda regresyon denklemini oluşturan parametreler olan eğim ve kesim noktalarının standart hatalarının ele alındığı genelleştirilmiş doğrusal model; Grup 1 için Tablo 31 ‘de, Grup 2 için Tablo 57’de ve Grup 3 için Tablo 85’te gösterilmiştir.

Morphoj programı aracılığı ile 11 landmark merkezli Procrustes uygunluk analizi yapılmış olup mevcut 11 landmark noktaları (Grup 1 için Şekil 48’de, Grup 2 için Şekil 68’de, Grup 3 için Şekil 88’de) üzerine üst üste bindirme (süperimpozisyon) uygulanarak varyasyonun azaltılması hedeflenmiştir.

Procrustes analizi sonucunda iki boyutlu 11 landmark noktasında üst üste bindirmeden elde edilen ortalama Tablo 32-58-86’ daki x ve y koordinat değerleri; Grup 1 için (157 gözlem değeri) Tablo 32’de, Grup 2 için (152 gözlem değeri) Tablo 58’de ve Grup 3 için (151 gözlem değeri) Tablo 86’da ifade edilmiştir.



Temel bileşenler analizi (PCA), K adet landmark noktasının bulunduğu iki boyutlu konfigürasyonda şekil uzayının sahip olması gerekli boyut sayısı (Procrustes koordinat sayısı)  $[(2*K)-4]$  olarak belirlenir. Dört boyut sayısının azalmasının sebepleri; büyüklük (bir boyut), ötelenme (iki boyut) ve rotasyondur (bir boyut). K=11 landmark noktası göz önüne alındığında boyut sayısı  $[(2*11)-4]=18$ 'dir. Grup 1 için Tablo 3'te, Grup 2 için Tablo 35'te, Grup 3 için Tablo 62'de özdeğerler ve bu değerlere ait varyans ve toplam varyans değerleri verilmiş ve Grup 1 için Şekil 39'da, Grup 2 için Şekil 61'de, Grup 3 için Şekil 79'da grafik olarak temsil edilmiştir.

#### **4.1 Grup 1 (20-39 Yaş Arası)**

##### **Temel Bileşenler Analizi (PCA)**

K adet landmark noktasının bulunduğu iki boyutlu konfigürasyonda şekil uzayının sahip olması gerekli boyut sayısı  $[(2*K)-4]$  olarak belirlenir. Dört boyut sayısının azalmasının sebepleri; büyüklük (bir boyut), ötelenme (iki boyut) ve rotasyondur (bir boyut). K=11 landmark noktası göz önüne alındığında boyut sayısı  $[(2*11)-4]=18$ 'dir. Tablo 3'te özdeğerler ve bu değerlere ait varyans değerleri verilmiş ve Şekil 34'te grafik olarak temsil edilmiştir.

Tablo 3: Grup 1 Temel Bileşenler Analizi Varyans Değerleri

	Özdeğerler	% Varyans	% Kümülatif

1.	0,00373810	27,131	27,131
2.	0,00197506	14,335	41,466
3.	0,00165415	12,006	53,471
4.	0,00101102	7,338	60,809
5.	0,00098381	7,140	67,950
6.	0,00076225	5,532	73,482
7.	0,00070107	5,088	78,570
8.	0,00055212	4,007	82,578
9.	0,00046733	3,392	85,970
10.	0,00040048	2,907	88,876
11.	0,00033328	2,419	91,295
12.	0,00030025	2,179	93,474
13.	0,00020875	1,515	94,989
14.	0,00018824	1,366	96,356
15.	0,00016414	1,191	97,547
16.	0,00013664	0,992	98,539
17.	0,00011272	0,818	99,357
18.	0,00008861	0,643	100,000

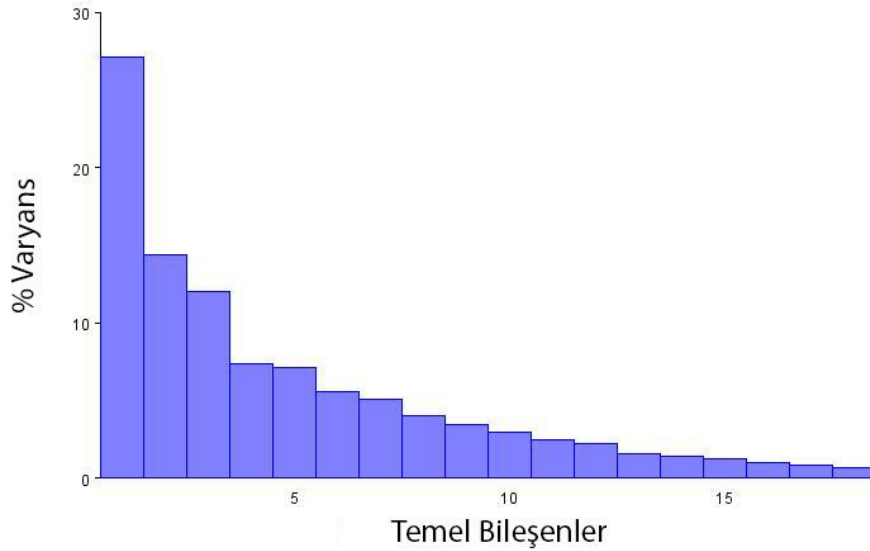
Tablo 4: Özdeğer varyansı-Toplam varyans karşılaştırması

Toplam varyans	0,01377803
Özdeğerlerin varyansı	0,0000007864845
Özdeğer varyansının toplam varyansa oranı	0,00414
Özdeğer varyansının toplam varyans ve değişken sayısına oranı	0,07896

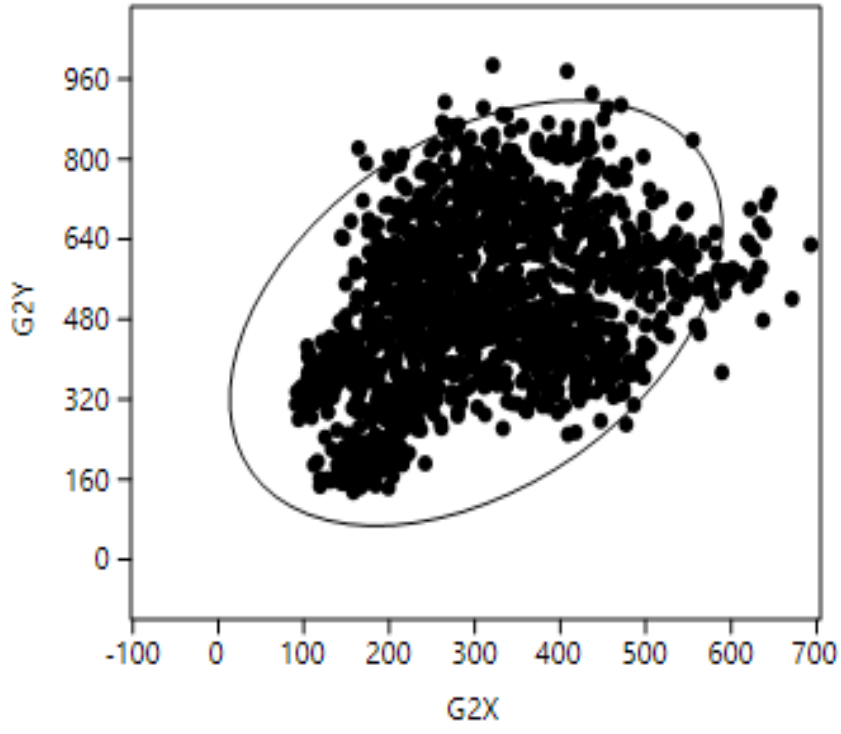
Tablo 5: Procrustes ve tanjant kareler toplamı

Procrustes kareler toplamı	2.190043407791981
Tanjant kareler toplamı	2.149371962524381

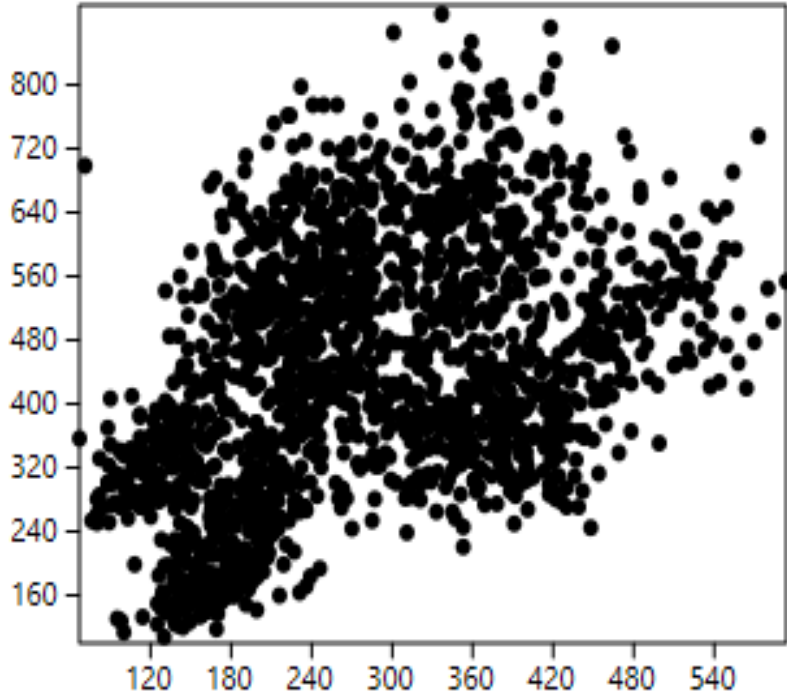
Tablo 4 'te elde edilen özdeğer varyanslarının toplam varyansa olan etkileri oranlarla ifade edilmiştir. Tablo 5'te rotasyon sonucu oluşan mesafeler ele alınarak Procrustes ve tanjant kareler toplamı açısından az bir fark olduğu görülmektedir.



Şekil 36: Grup 1 Temel bileşenler Analizi özdeğer varyans grafiği



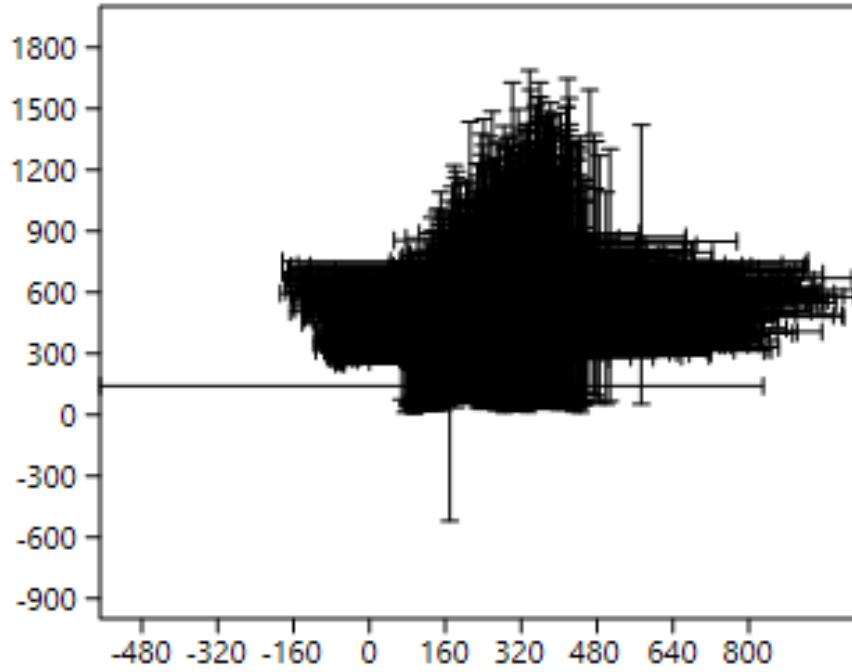
Şekil 37: Grup 1 bireylerinin x-y koordinatlarına göre gösterimi



Şekil 38: Grup 1 bireylerinin x-y koordinatlarına göre %95 güven elipsi gösterimi

Şekil 37’de Grup 1’e ait bireylerin verilerinin x ve y noktalarından oluşan grafiği verilmiştir. Şekil 38 ‘de ise Grup 1’e ait verilerin %95 güven elipsi içeren hali sunulmuştur. Elips dışında kalan noktalar %95 güven aralığının dışında kalan noktalardır.

### Tek Değişkenli İstatistik Analizleri



Şekil 39: Grup 1 bireylerinin x-y koordinatlarına göre nokta güven aralığı gösterimi

Şekil 39’da Grup 1 bireyelerine ait (N=1737) verilerin X ve Y koordinatlarına ait (iki boyutlu) iki sütun halinde ifade edilerek temel istatistik değerleri elde edilmiştir.

Tablo 6: Grup 1 bireylerine ait verilerin iki boyutlu tek değişkenli istatistik analizi

	G1X	G1Y
N	1737	1737
En Küçük	67	108
En Büyük	594	889
Toplam	485611	759805
Ortalama	279,5688	437,4237
Standart hata	2,642174	3,804183
Varyans	12126,14	25137,53
Standart Sapma	110,1188	158,5482
Medyan	264	428
% 25 çeyreklik	190	321
75 çeyreklik	365	557
Çarpıklık	0,3822743	0,118418
Basıklık	9,954364	10,12608
Geometrik Ortalama	257,2339	405,3668
Varyasyon Katsayısı	39,38879	36,24591

Elde edilen verilerden F ve t testleri teorik uygulandığında

Tablo 7: Grup 1 bireyelerine ait verilerin iki boyutlu F ve T testleri

F :	2,073	p (eşit varyasyon):	2,6508E-51
t :	-34,062	p (eşit ortalama):	1,1761E-219
Eşit olmayan varyans t :	-34,062	p (eşit ortalama):	3,0487E-216

Tablo 8: Grup 1 bireyelerine ait verilerin iki boyutlu temel istatistiği

G1X	G1Y
N: 1737	N: 1737
Ortalama: 279,57	Ortalama: 437,42
%95 güven aralığı: (274,39 284,75)	%95 güven aralığı: (429,96 444,88)
Varyans: 12126	Varyans: 25138

Tablo 9: Grup 1 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının ortalamaları arasındaki fark istatistiği

Ortalamalar arası fark:	157,85
%95 güven aralığı (parametrik):	(148,77 166,94)
%95 güven aralığı (ön yükleme):	(148,82 167,13)

### F testi (Eşit varyanslar için test)

Tablo 10: Grup 1 bireylerine ait verilerin x ve y koordinatlarının ortalamaları arasındaki fark istatistiği

F : 2,073	p (eşit varyans): 2,6529E-51
Monte Carlo permutasyonu:	p (eşit varyans): 0,0001

**Eşit medyanlar için test (Mann-Whitney Testi)**

Tablo 11: Grup 3 bireylerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit medyan testi (Mann-Whitney testi)

G3X	G3Y
N: 1657	N: 1657
Ortalama: 576,61	Ortalama: 1080,9
Mann-Whitn U : 5,3723E05	
z: -30,341	p (eşit medyan): 3,3512E-202
Monte Carlo permutasyonu:	p (eşit medyan): 0,0001

Tablo 12: Grup 3 bireylerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit medyan testi (Mann-Whitney testi)

t: -34,081	p (ortalama benzer): 7,1593E-220
Eşsiz varyans t değeri: -34,081	p (ortalama benzer): 1,8833E-216
Monte Carlo permutasyon:	p (ortalama benzer): 0,0001



### F Testi (Eşit Varyanslar Testi)

Tablo 13: F Testi (Eşit Varyanslar Testi)

G1X	G1Y
N: 1737	N: 1737
Varyans: 12126	Varyans: 25138
F : 2,073	p (ortalama benzer var.) 2,6529E-51
Monte Carlo permutasyon:	p (ortalama benzer var.): 0,0001

### Eşit Medyanlar Testi (Mann- Whitney Testi)

Tablo 14: Mann- Whitney Testi (Eşit Medyanlar Testi)

G1X	G1Y
N: 1737	N: 1737
Ortalama değer: 23,25	Ortalama değer: 1114,2

Tablo 15: Mann- Whitney Testi (Eşit Medyanlar Testi)

Mann-Whitn U:	6,5573E05
z: -28,853	p (benzer ortalama): 4,6561E-183
Monte Carlo permutasyon:	p (benzer ortalama): 0,0001

## Mood Medyan testi

Tablo 16: Grup 1 bireylerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit medyan test istatistiği (Mood medyan testi)

G1X	G1Y
N: 1737	N: 1737
Chi2: 507,65	p (benzer ortalama): 2,0558E-112

Tablo 17: Grup 1'in ortalamasının, Grup 2 ve Grup 3 gruplarının ortalamalarının eşitliği üzerine tek yönlü varyans analizi

	Kareler Toplamı	df	Ortalama değer	F	p (benzer)
Gruplar arası:	2,16414E07	1	2,16414E07	1162	7,159E-22
Grup içi:	6,46897E07	3472	8631,8		
Toplam:	8,63312E07	3473			

## Kolmogorov-Smirnov Testi

Tablo 18: Grup 1 bireylerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit dağılım test istatistiği (Kolmogorov-Smirnov testi)

G1X	G1Y
N: 1737	N: 1737
D: 0,40933	p (eşit dağılım.): 6,9867E-128
Monte Carlo permutasyon:	p (eşit dağılım.): 0,0001

Tablo 19: Grup 1 bireylerine ait verilerin x ve y koordinatlarının varyans homojenite test istatistiği (Levene testi)

omega2: 0,2816	
Levene's test (Ortalamalardan varyans homojenlik testi)	p (benzer): 3,511E-62
Levene's test, (Medyanlardan varyans homojenlik testi)	p (benzer): 1,707E-61
Welch F testi (Eşit olmayan varyanslar durumunda) :	F=1300, df=2858, p=6,343E-235

Tablo 20: Grup 1 bireylerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit varyasyon katsayısı test istatistiği (Fligner-Kileen testi)

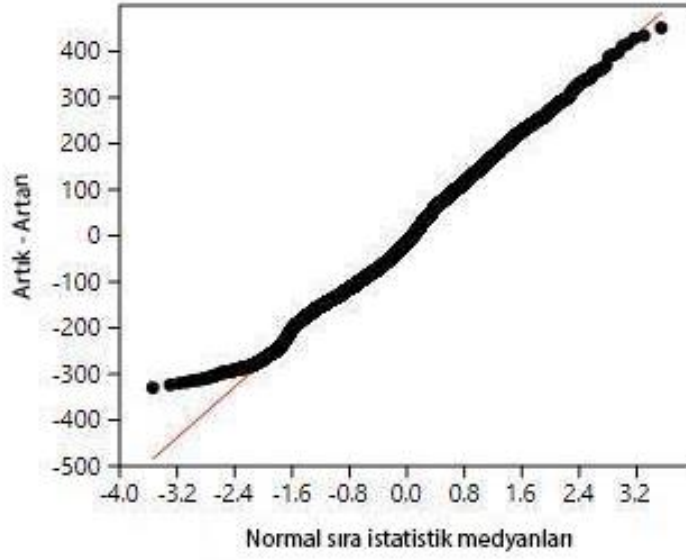
G1X	G1Y
N: 1737	N: 1737
Varyasyon katsayısı (yüzde) : 39,389	Varyasyon katsayısı (yüzde): 36,246
%95 güven aralığı: (38,346 40,45)	%95 güven aralığı: (35,155 37,378)

### Tek Yönlü Varyans Analizi (One-way ANOVA)

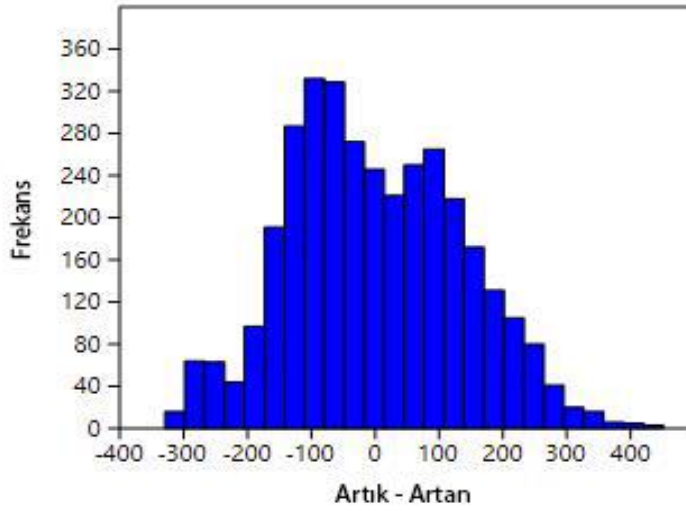
Tablo 21: Grup 1'in ortalamasının, Grup 2 ve Grup 3 ortalamalarının eşitliği üzerine tek yönlü varyans analizi ile birlikte Levene testi karşılaştırması

	Kareler Toplamı	df	Ortalama	F	p (benzer)
Gruplararası	2,16414E07	1	2,16414E07	1162	7,159E-220
Grupiçi:	6,46897E07	3472	18631,8		
Toplam:	8,63312E07	3473			
Omega2:	0,2504				

## Normal Yapıya Göre Artık Analizi (Residual Analysis)



Şekil 40: Grup 1'in normal sıra istatistik medyanlarına göre elde edilen artık değerleri



Şekil 41: Grup 1'in normal sıra istatistik medyanlarına göre elde edilen artık değerleri frekans dağılımı

## Kruskal Wallis Testi

Tablo 22: Grup 1 Kruskal-Wallis testi

H (chi2)	832,1
Hc (tiecorrected)	832,1
p (benzer)	5,786E-183

## Normal Dağılım Testi

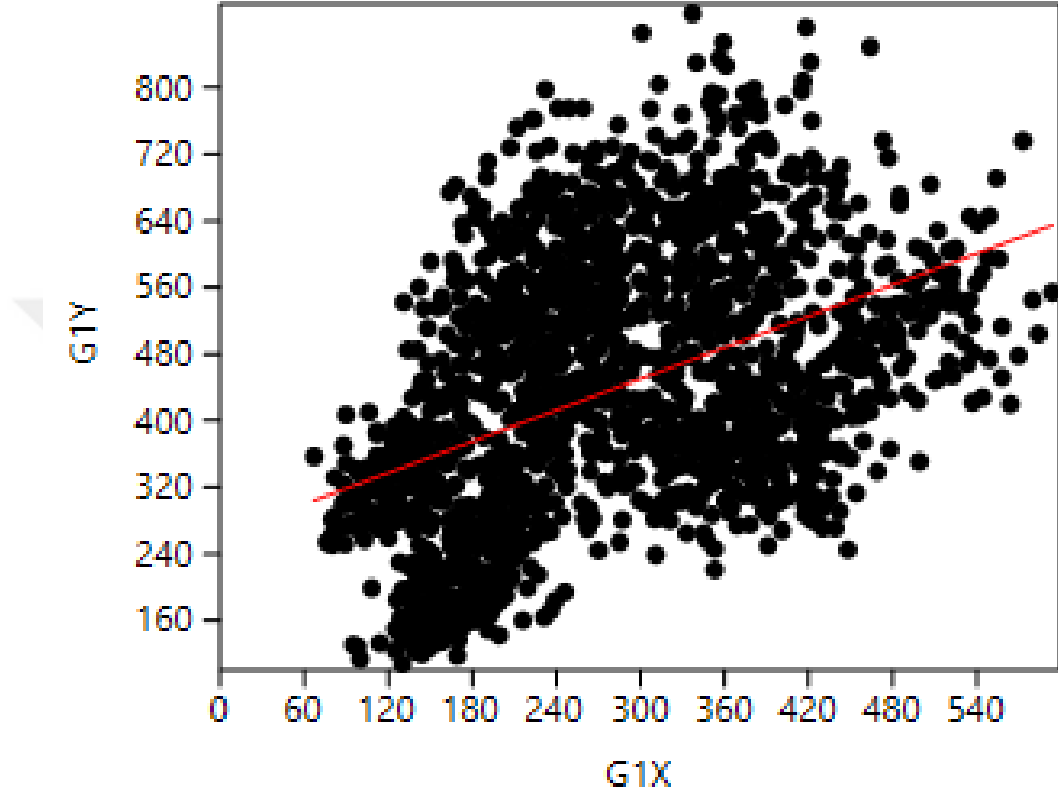
Tablo 23: Grup 1 normal dağılım testleri

	G1X	G1Y
N	1737	1737
Shapiro-Wilk W	0,9693	0,9877
p (normal)	8,694E-19	5,372E-11
Anderson-Darling A	16,62	4,655
p (normal)	3,798E-39	1,552E-11
p (Monte Carlo)	0,0001	0,0001
Jarque-Bera JB	78,15	36,94
p (normal)	1,071E-17	9,535E-09
p (Monte Carlo)	0,0001	0,0001

## Doğrusal Uygunluk (Linear Fit)

Plot (Ordinary LS, eğim=0,62983 eğerinin kesişim noktası=262,18

$$\square y=262,18+0,62983)$$

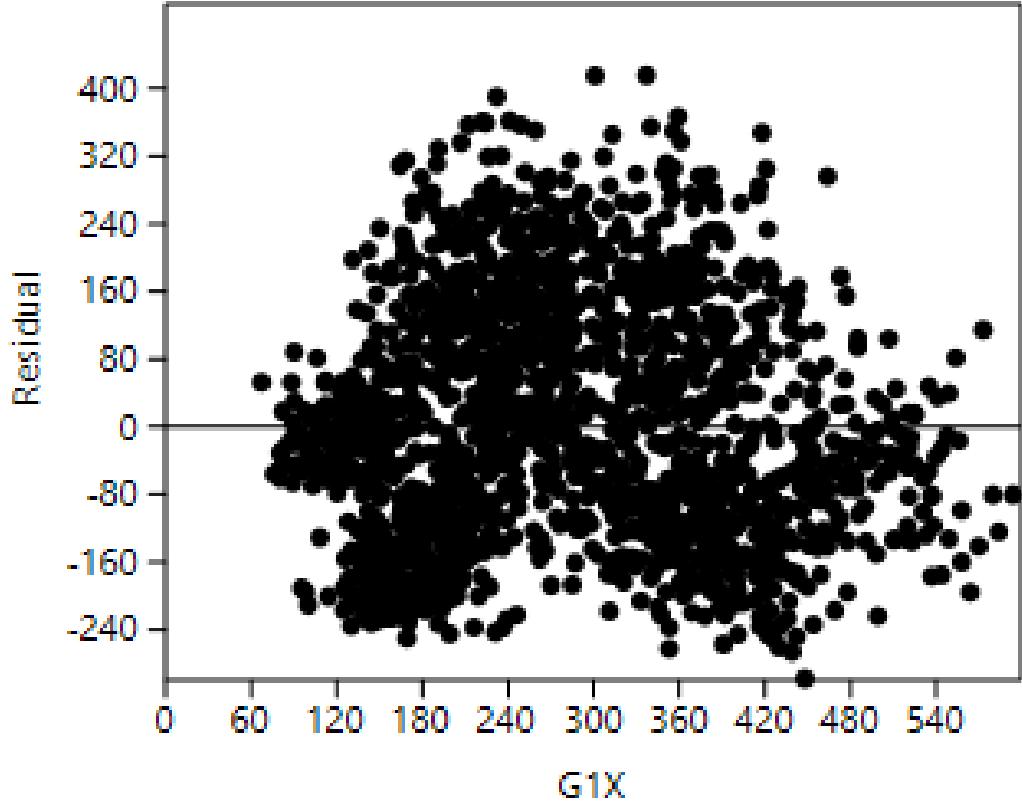


Şekil 42: Grup 1 doğrusal uygunluk grafiği (En küçük kareler yöntemi, eğim=0,62983 sabit=262,18  $G1Y=262,18+0,62983(G1X)$ )

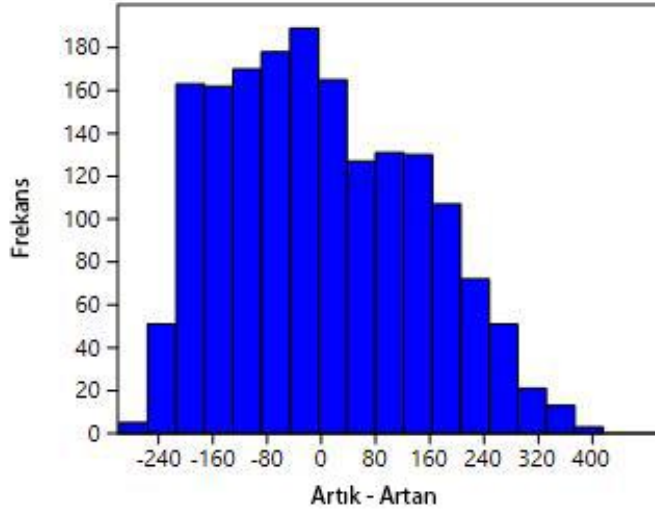
Tablo 24: G1X-G1Y Grup 1 x ve y koordinatlarına göre En Küçük Kareler Regresyonu

Eğim	0,62683	Eğimin standart hatası	0,031118
Sabit	262,18	Sabit değerinin standart hatası	9,3499

## Saçılım (Scatter)



Şekil 43: Grup 1 bireylerinin verilerinin regresyon sonucunda x koordinatına göre artık değerleri grafiği



Şekil 44: Grup 1 bireylerinin verilerinin regresyon sonucunda x koordinatına göre artık değerlerinin frekans dağılımı

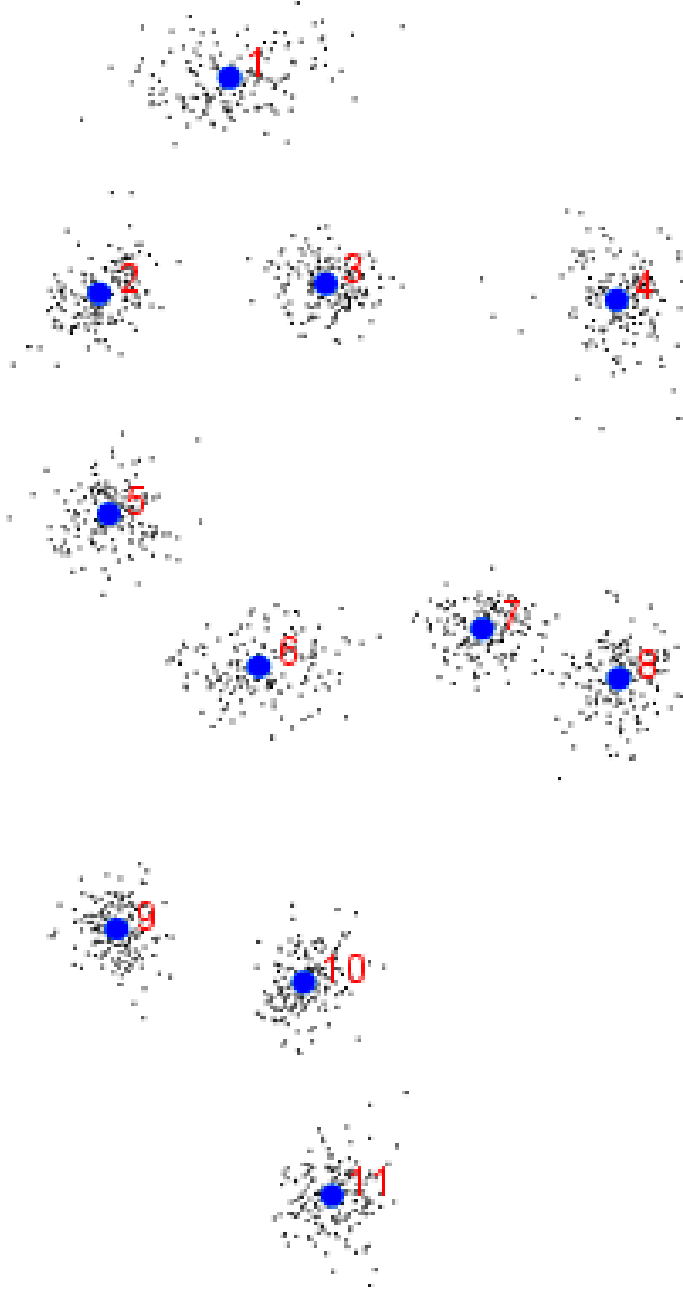
### Genelleştirilmiş Doğrusal Model (Generalized Linear Model)

Tablo 25: Grup 1 verilerinin ikili boyutta genelleştirilmiş doğrusal modeli

Eğim a	0,62683	Std. err. A	0,031118
Eğrinin kesişim noktası b	262,18	Std. err. B	9,3499
Log olabilirlik	-867,5		
G	405,76	p (eğim=0)	3,0622E-90



## Morfoloji (Morpho Procrustes Fit)



Şekil 45: Grup 1 verilerinin Procrustes dönüşümü

Tablo 26: Grup 1 verilerinin Procrustes sonrası ortalama değerleri (11 landmark, 2 boyut, 157 gözlem)

Landmark	Eksen 1 (x)	Eksen 2 (y)
1	-0,06893997	0,42117069
2	-0,17149016	0,24549859
3	0,00656417	0,25353961
4	0,23500690	0,24026658
5	-0,16394403	0,06615933
6	-0,04597377	-0,05788121
7	0,12953860	-0,02710841
8	0,23658258	-0,06749448
9	-0,15804806	-0,27142745
10	-0,01084856	-0,31459634
11	0,01155228	-0,48812692

### Çoklu Regresyon Analizi (Regression Analysis)

Tablo 27: Grup 1 verilerinin çoklu regresyon katsayıları

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
x1	0,56899933	-0,38348619	0,29088311	-0,05636158	-0,13865283	-0,05204858	0,03711246
y1	0,11144373	-0,07558369	-0,14390849	-0,05569507	-0,54011887	-0,04829183	-0,26683510
x2	-0,20421807	-0,18405540	-0,02761227	0,11653768	0,34636063	0,07861683	-0,27752120
y2	-0,32732896	-0,09498860	0,03800449	-0,21153355	0,01710921	-0,00370724	0,00507025

x3	-0,04993845	0,08295387	0,19672229	0,07925659	0,20349903	-0,22991721	0,32493605
y3	0,02461702	-0,23598373	-0,19180263	-0,05694928	0,08335579	-0,14090141	0,08476990
x4	0,12322335	0,37367904	-0,10265636	-0,14750851	-0,01744376	0,50156363	-0,12137099
y4	0,23982184	-0,30183665	-0,30010572	0,25914916	0,50317574	0,13396314	0,08105786
x5	-0,24144520	-0,20947854	-0,23428994	0,14665304	-0,03467488	0,10470637	-0,34890860
y5	-0,22797290	-0,03532566	0,21917316	-0,22853391	0,10734873	-0,17917176	0,29577175
x6	-0,40396416	-0,19266129	-0,11828174	0,31631172	-0,43505446	0,15580173	0,42444217
y6	-0,18480010	0,18669928	0,16967007	-0,22439246	0,11870289	0,17323821	-0,11547824
x7	0,04713864	0,30315066	-0,12585817	0,23308663	-0,02943512	-0,43649820	0,05651210
y7	0,02817008	0,04437588	0,34918083	0,16938863	-0,00864015	-0,01405572	-0,11974000
x8	0,10906432	0,37276520	-0,02017899	0,19467605	0,12390618	0,10928489	0,07776868
y8	0,01739414	0,06113038	0,50332446	0,45873237	-0,10393146	0,09841807	-0,19591820
x9	-0,08591793	-0,20552159	0,02664433	-0,26123704	-0,01082996	-0,15201596	-0,28824651
y9	-0,08248479	0,23935399	-0,12045975	-0,09466165	0,03011240	0,01796004	-0,00884620
x10	0,06857333	0,14113637	-0,00608893	-0,24581910	0,02060648	-0,35924176	-0,19112712
y10	0,12208763	0,15945217	-0,34068676	0,02851973	-0,10891178	-0,24827048	0,05214974
x11	0,06848484	-0,09848213	0,12071668	-0,37559548	-0,02828132	0,27974827	0,30640297
y11	0,27905232	0,05270664	-0,18238966	-0,04402396	-0,09820250	0,21081896	0,18799823

Kareler toplamı

Toplam kareler Toplamı: 2,14937196

Tahminlenen Kareler Toplamı SS: 1,68877170

Artık Kareler Toplamı: 0,46060026

Tahminlenen % : **%78,5705**

**Bağımsızlık yönündeki hipoteze karşılık permutasyon testi**

**Rastgele sayı üretim çevrim sayısı: 10000**

## 4.2 Grup 2 (40-59 Yaş Arası)

Tablo 28: Temel Bileşenler Analizi Varyans Değerleri

	Özdeğerler	% Varyans	Kümülatif %
1.	0,00368884	29,582	29,582
2.	0,00183754	14,736	44,317
3.	0,00132690	10,641	54,958
4.	0,00114669	9,196	64,154
5.	0,00087819	7,042	71,196
6.	0,00060055	4,816	76,012
7.	0,00054369	4,360	80,372
8.	0,00045492	3,648	84,020
9.	0,00043273	3,470	87,490
10.	0,00030592	2,453	89,943
11.	0,00026784	2,148	92,091
12.	0,00022957	1,841	93,932
13.	0,00017432	1,398	95,330
14.	0,00014277	1,145	96,475
15.	0,00014094	1,130	97,605
16.	0,00011949	0,958	98,564
17.	0,00009578	0,768	99,332
18.	0,00008336	0,668	100,000

Tablo 29: Özdeğer varyansı-Toplam varyans karşılaştırması

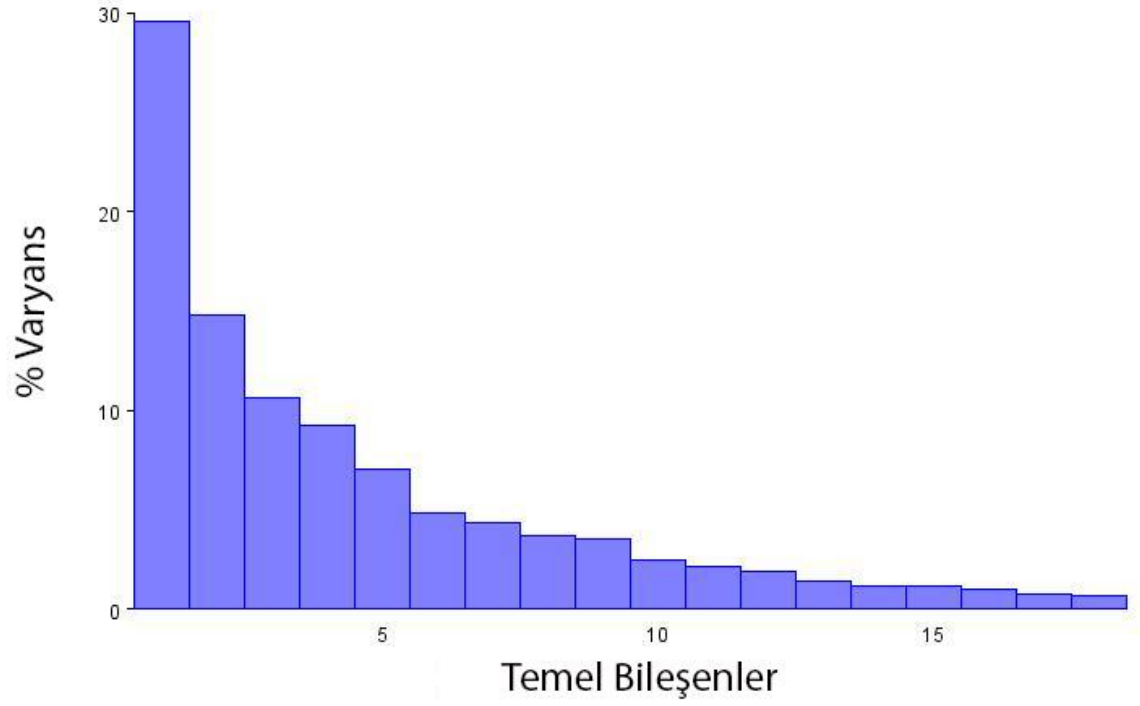
Toplam varyans	0,01247004
Özdeğerlerin varyansı	0,0000007534146
Özdeğer varyansının toplam varyansa oranı	0,00485
Özdeğer varyansının toplam varyans ve değişken sayısına oranı	0,09234

Tablo 30: Procrustes ve tanjant kareler toplamı

Procrustes kareler toplamı	1.916673489230689
Tanjant kareler toplamı	1.8829760873415045

Burada ilk beş komponent varyasyonu etkilemektedir. %5' e kadar olan varyasyonları etkilediği göz önüne alınmıştır.

Tablo 29 'da elde edilen özdeğer varyanslarının toplam varyansa olan etkileri oranlarla ifade edilmiştir. Tablo 30'da rotasyon sonucu oluşan mesafeler ele alınarak Procrustes ve tanjant kareler toplamı açısından az bir fark olduğu görülmektedir.

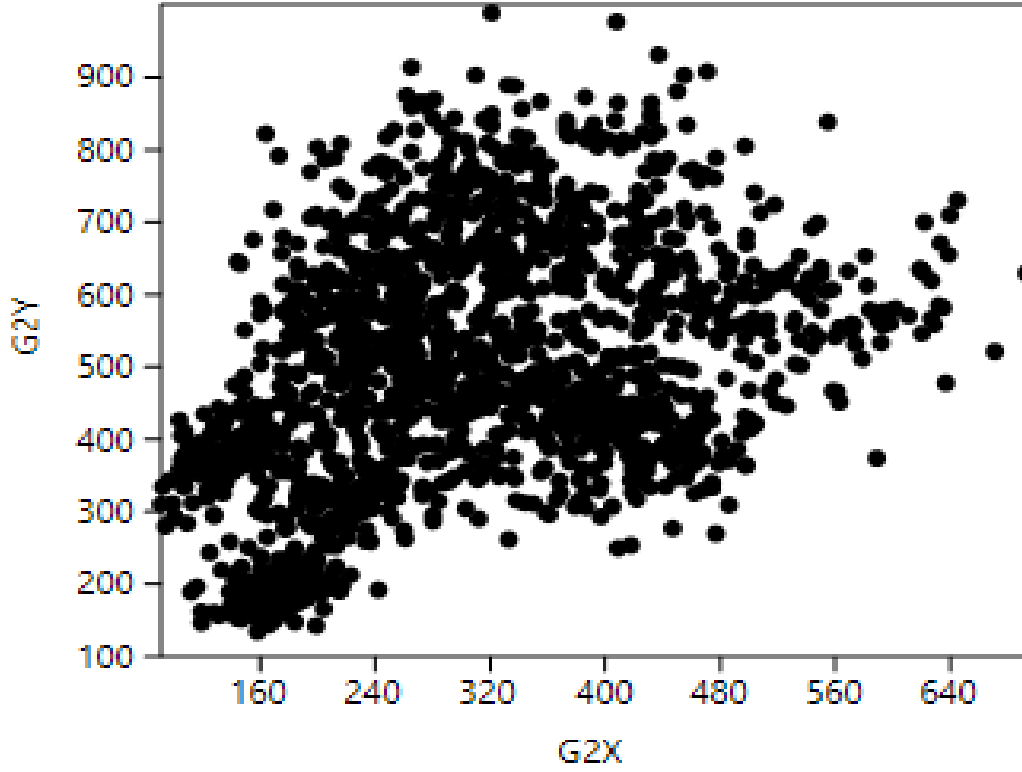


PC Shape Changes (vektörel)

Şekil 46: Grup 2 Temel Bileşenler Analizi grafiği vektörel

XY Bar

Burada 40-59 yaş arası verilerin X-Y noktaları olarak grafiği bulunmaktadır



Şekil 47: Grup 2 bireylerinin x-y koordinatlarına göre nokta güven aralığı gösterimi

Elde edilen verilerden F ve t testleri teorik uygulandığında

### **Two Sample Testleri**

**T testi (eşit ortalamalar için test)**

Tablo 31: Grup 2 bireylerine ait verilerin iki boyutlu tek değişkenli istatistik analizi

G2X	G2Y		
N:	1672	N:	1672
Ortalama:	301,31	Ortalama:	492,22
95% güven aralığı.:	(295,67 306,94)	95% güven aralığı.:	(483,9 500,54)
Varyans:	13803	Varyans:	30079
Ortalamalar arası farklar:		190,91	
%95 güven sınırları (parametrik):		(180,87 200,96)	
95% güven aralığı interval (ön yükleme):		(180,65 200,97)	
t :	-37,266	p (ortalama benzerortalama):	1,6322E-254
Eşsiz varyans t değeri:	-37,266	p (ortalama benzerortalama):	2,9042E-249
Monte Carlo permutasyon:	p (ortalama benzerortalama):	0,0001	

Şekil 56'da Grup 2'ye ait bireylerin verilerinin x ve y noktalarından oluşan grafiği verilmiştir. Şekil 57 'de ise Grup 2'ye ait verilerin %95 güven elipsi içeren hali sunulmuştur. Elips dışında kalan noktalar %95 güven aralığının dışında kalan noktalardır.

Elde edilen verilerden F ve t testleri teorik uygulandığında

### **F testi (Eşit varyanslar için test)**



Tablo 32: Grup 2 bireyelerine ait verilerin iki boyutlu F ve T teorik testleri ile Grup 2 bireyelerinin x-y koordinatlarına göre gösterimi

G2X	G2Y
N: 1672	N: 1672
Varyans: 13803	Varyans: 30079
F: 2,1791	p (ortalama benzer var.): 5,2323E-56
Monte Carlo permutasyonu	p (ortalama benzer var.): 0,0001

### **F testi (Eşit varyanslar için test)**

Tablo 33: Grup 2 bireyelerine ait verilerin iki boyutlu temel istatistiği

F: 2,1791	p (ortalama benzer var.): 5,2323E-56
Monte Carlo permutasyonu	p (ortalama benzer var.): 0,0001

### **Mann-Whitney Testi (Eşit medyanlar için test)**

Tablo 34: Grup 2 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit medyan testi (Mann-Whitney testi)

G2X	G2Y
N: 1672	N: 1672

Ortalama rank: 576,59	Ortalama rank: 1095,9
Mann-Whitn U: 5,2949E05	
z: -31,105	p (medyan benzer): 2,0677E-212
Monte Carlo permutasyonu	p (medyan benzer): 0,0001

Tablo 35: Grup 2 bireylerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit medyan testi (Mann-Whitney testi)

G2X	G2Y
N: 1672	N: 1672
Chi2: 690,91	p (medyan benzer): 2,8339E-152

### Kolmogorov-Smirnov

Tablo 36: Grup 2 bireylerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit dağılım test istatistiği (Kolmogorov-Smirnov testi)

G2X	G2Y
N: 1672	N: 1672
D: 0,46172	p (eşit dağılım) 1,4734E-156
Monte Carlo permutasyonu	p (eşit dağılım) 0,0001

Tablo 37: Grup 2 bireylerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit varyasyon katsayısı test istatistiği (Fligner-Kileen) testi

G2X	G2Y
N: 1672	N: 1672
CV: 38,992	CV: 35,235
95% güven aralığı:.(37,899 40,15)	95% güven aralığı:.(34,133 36,36)

Tablo 38: Grup 2 tek ve çift paylaşım oranları

T: 1628,4
ExpectedT: 1667,4
z: -0,96125
p (tek taraflı): 0,16821
p (çift taraflı): 0,33642

### Tek Yönlü Varyans Analizi (One-way ANOVA)

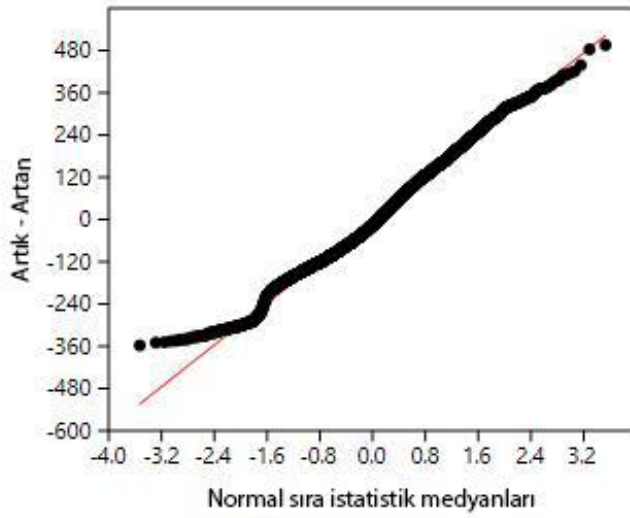
Tablo 39: Grup 2'nin ortalamasının, Grup 1 ve Grup 3'ün ortalamalarının eşitliği üzerine tek yönlü varyans analizi ile birlikte Levene testi karşılaştırması

	Kareler	df	Ortalama	F	p (benzer)
	Toplamı				
Gruplar arası:	3,04704E07	1	3,04704E07	1389	1,632E-254
Grup içi:	7,33266E07	3342	21940,9		
Toplam:	1,03797E08	3343			

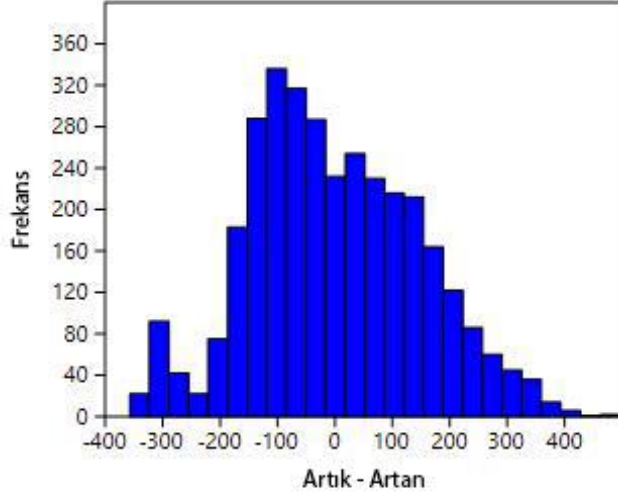
Tablo 40: Grup 2 bireylerine ait verilerin x ve y koordinatlarının varyans homojenite test istatistiği (Levene testi)

omega2: 0,2933	
Levene's test (Ortalamalardan varyans homojenlik testi)	p (benzer): 2,128E-57
Levene's test, (Medyanlardan varyans homojenlik testi)	p (benzer): 1,246E-55
Welch F testi (Eşit olmayan varyanslar durumunda)	F=1389, df=2938, p=2,904E-249

### Normal Yapıya Göre Artık Analizi (Residual Analysis)



Şekil 48: Grup 2'nin normal sıra istatistik medyanlarına göre elde edilen artık değerleri



Şekil 49: Grup 2'nin normal sıra istatistik medyanlarına göre elde edilen artık değerleri frekans dağılımı

### Kruskal-Wallis Test

Tablo 41: Grup 2 Kruskal-Wallis testi

H (chi2):	967,5
Hc (tiecorrected)	967,5
p (benzer)	2,067E-212

Tablo 42: Grup 2 Mann-Whitney ikili testi

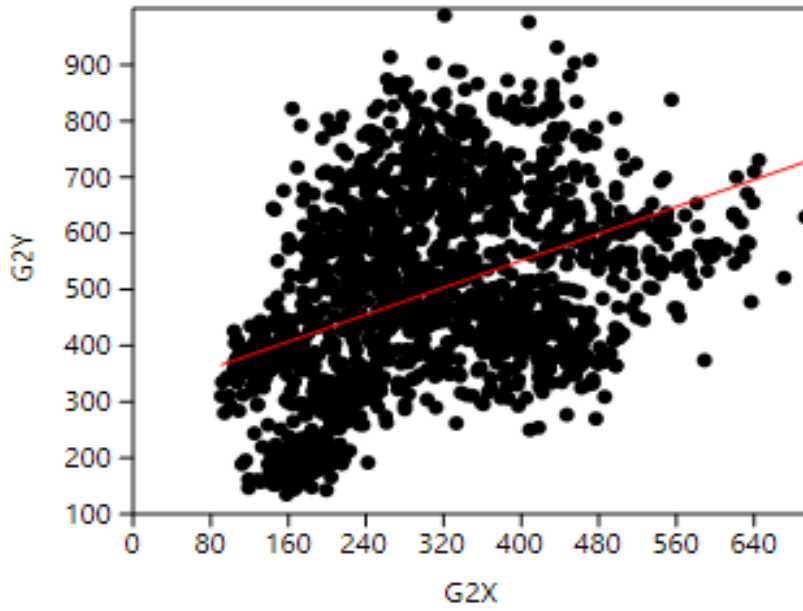
	G2X	G2Y
G2X		<b>2,068E-212</b>
G2Y	<b>2,068E-212</b>	

## Normal Dağılım Testi

Tablo 43: Grup 2 normal dağılım testleri

	G2X	G2Y
N	1672	1672
Shapiro-Wilk W	0,9682	0,9868
p (normal)	<b>1,001E-18</b>	<b>2,947E-11</b>
Anderson-Darling A	14,24	4,547
p (normal)	<b>7,491E-34</b>	<b>2,818E-11</b>
p (Monte Carlo)	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>
Jarque-Bera JB	81,9	32,52
p (normal)	<b>1,646E-18</b>	<b>8,692E-08</b>
p (Monte Carlo)	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>

## Doğrusal Uygunluk (Linear Fit)

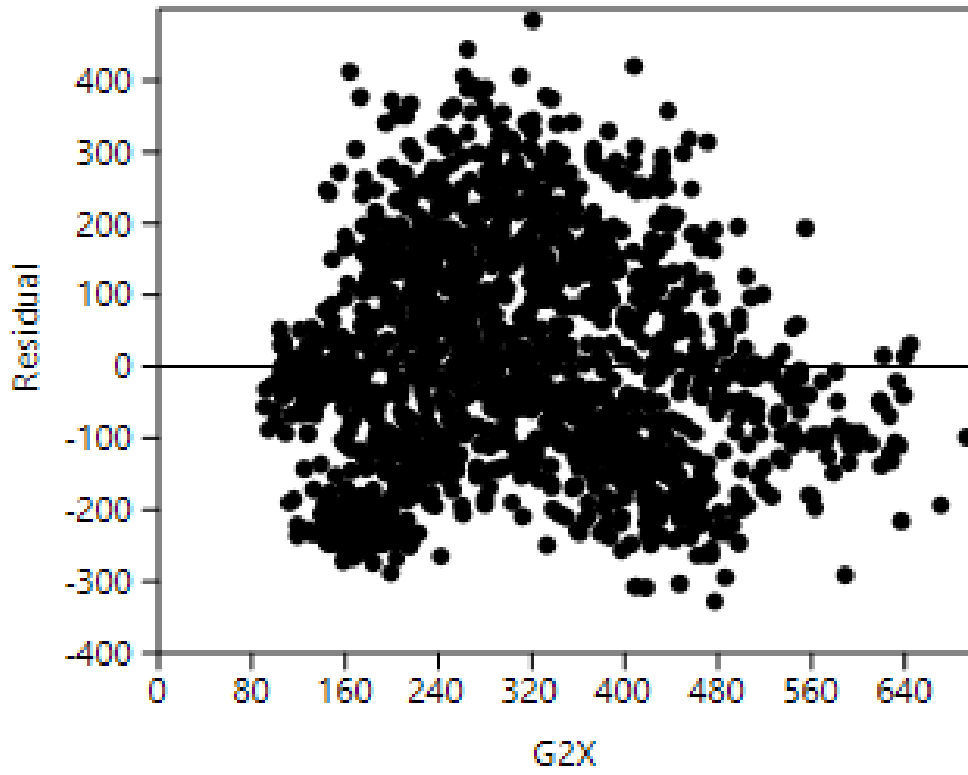


Şekil 50: Grup 2 doğrusal uygunluk grafiği

Tablo 44: G1X-G1Y Grup 2 x ve y koordinatlarına göre En Küçük Kareler Regresyonu

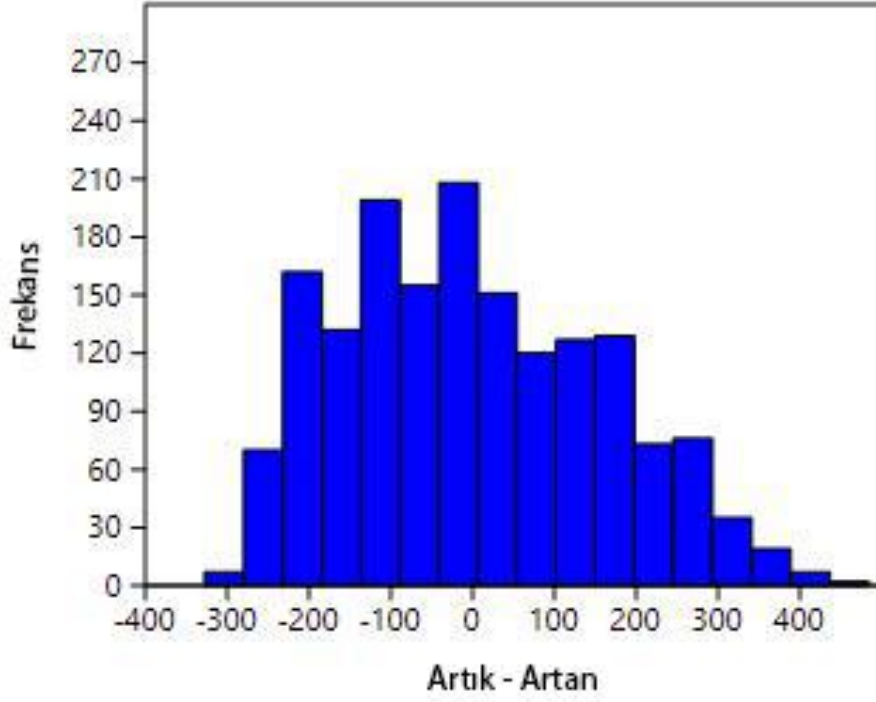
Eğim	0.60005	Eğimin standart hatası	0.033004
Sabit	311.42	Sabit değerin standart hatası	10.673

### Saçılım (Scatter)



Şekil 51: Grup 2 bireylerinin verilerinin regresyon sonucunda x koordinatına göre artık değerleri grafiği

## Histogram



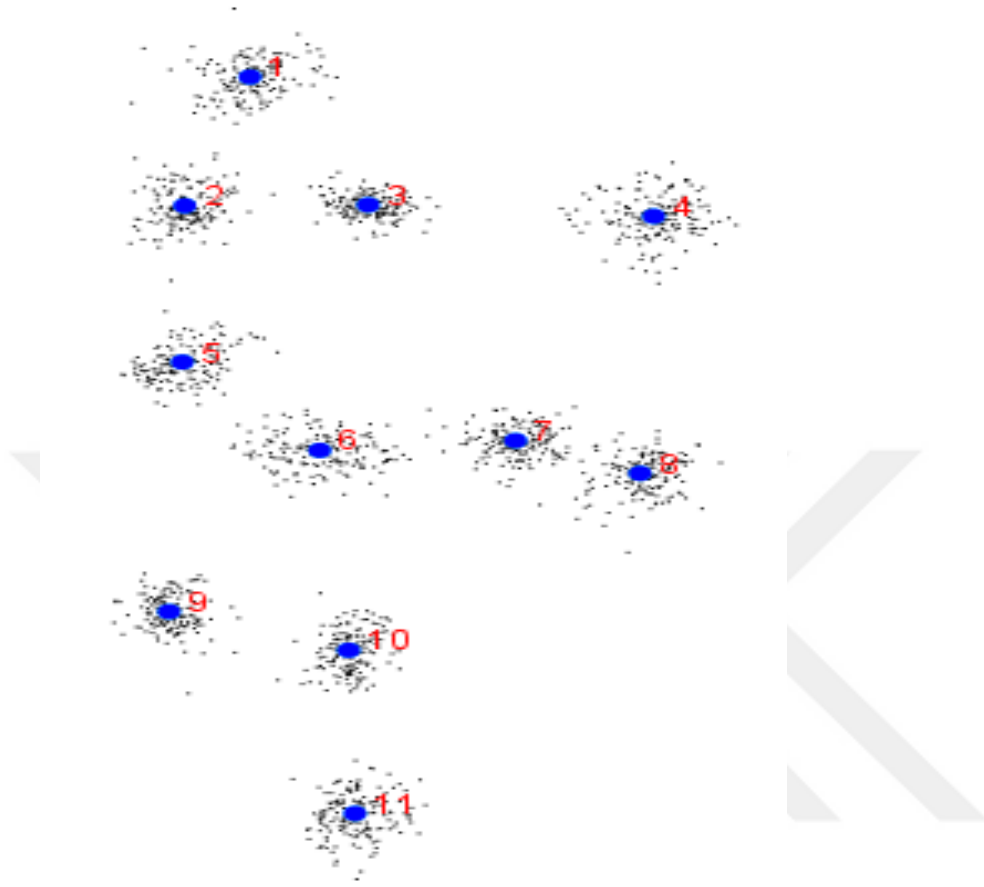
Şekil 52: Grup 2 bireylerinin verilerinin regresyon sonucunda x koordinatına göre artık değerlerinin frekans dağılımı

Tablo 45: Grup 2 verilerinin ikili boyutta genelleştirilmiş doğrusal modeli

Eğim0.60005	Std. err. A	0.033004
Sabit311.42	Std. err. B	10.673
Log likelihood-835		
G	p(eğim=0)	7.2976E



## Morphoj Procrustes Fit



Şekil 53: Grup 2 verilerinin Procrustes dönüşümü

Tablo 46: Grup 2 verilerinin Procrustes sonrası ortalama değerleri (11 landmark, 2 boyut, 152 gözlem)

Landmark	Eksen 1 (x)	Eksen 2 (y)
1	-0,09418570	0,41685856
2	-0,14882032	0,25546844
3	0,00477091	0,25650459

4	0,24396874	0,24205207
5	-0,15093946	0,05946137
6	-0,03566800	-0,05110905
7	0,12817674	-0,03888030
8	0,23265594	-0,07984685
9	-0,16206547	-0,25306531
10	-0,01149203	-0,30147629
11	-0,00640137	-0,50596722

## Çoklu Regresyon Analizi (Regression Analysis)

Tablo 47: Grup 2 verilerinin çoklu regresyon katsayıları

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
x1	0,20052776	0,39816000	0,27075268	-0,18969260	0,09416706
y1	-0,03017301	0,31011082	-0,16969083	-0,16944534	0,40521461
x2	-0,12835485	0,15605475	0,25615432	0,10639766	-0,20175738
y2	-0,29966306	-0,13550166	0,03660637	-0,14539443	-0,09963751
x3	0,13626580	-0,04810946	0,11971966	0,15246989	0,03617050
y3	-0,05015514	0,18712473	-0,06367414	0,00315279	-0,15187883
x4	0,35619112	-0,22474175	-0,05598474	-0,13353853	0,05686872
y4	0,16704465	0,41702074	-0,08274131	0,17703741	-0,47052252
x5	-0,33979304	0,13155718	-0,10569279	0,13826534	0,01710437
y5	-0,26313477	-0,23366529	0,10070568	-0,20702826	-0,10850397
x6	-0,50379507	0,06111954	-0,17722716	0,27924864	-0,04478832
y6	-0,06332245	-0,35374148	0,23198887	-0,18748204	-0,14122847
x7	0,11582279	-0,19961323	-0,22202869	0,21722497	-0,00744931
y7	0,08512429	-0,05698274	0,33402435	0,24824126	0,22314225
x8	0,25939128	-0,28206052	-0,20892930	0,25509010	-0,05895248
y8	0,08810041	-0,03808943	0,40565237	0,43519391	0,30134914
x9	-0,16998383	0,07728187	-0,00209341	-0,14708762	0,10544003
y9	0,01352186	-0,27940807	-0,14811344	-0,01879077	-0,14704224
x10	-0,00633769	-0,10065672	-0,13056096	-0,21673734	0,05234613
y10	0,03348470	0,04650745	-0,40792342	-0,08746328	0,47754959
x11	0,08006572	0,03100834	0,25589038	-0,46164051	-0,04914931
y11	0,31917252	0,13662493	-0,23683450	-0,04802126	-0,28844207

Tablo 48: Grup 2 tahminlenen yüzdeler.

Toplam SS	1,88297609
Tahmin SS	1,34060348
Artık SS	0,54237260
% tahmin	71,1960%

Permutasyon test against the null hypothesis of independence

Number of randomization rounds: 10000, P-value: <.0001

### 4.3 Grup 3 (60 Yaş ve Üzeri)

Tablo 49: Grup 3 Temel Bileşenler Analizi Varyans Değerleri

	Özdeğerler	% Varyans	%Kümülatif
1.	0,00576541	32,449	32,449
2.	0,00282347	15,891	48,340
3.	0,00163561	9,206	57,546
4.	0,00133614	7,520	65,066
5.	0,00108836	6,126	71,192
6.	0,00091116	5,128	76,320
7.	0,00073551	4,140	80,460
8.	0,00064163	3,611	84,071
9.	0,00059454	3,346	87,417
10.	0,00054547	3,070	90,487

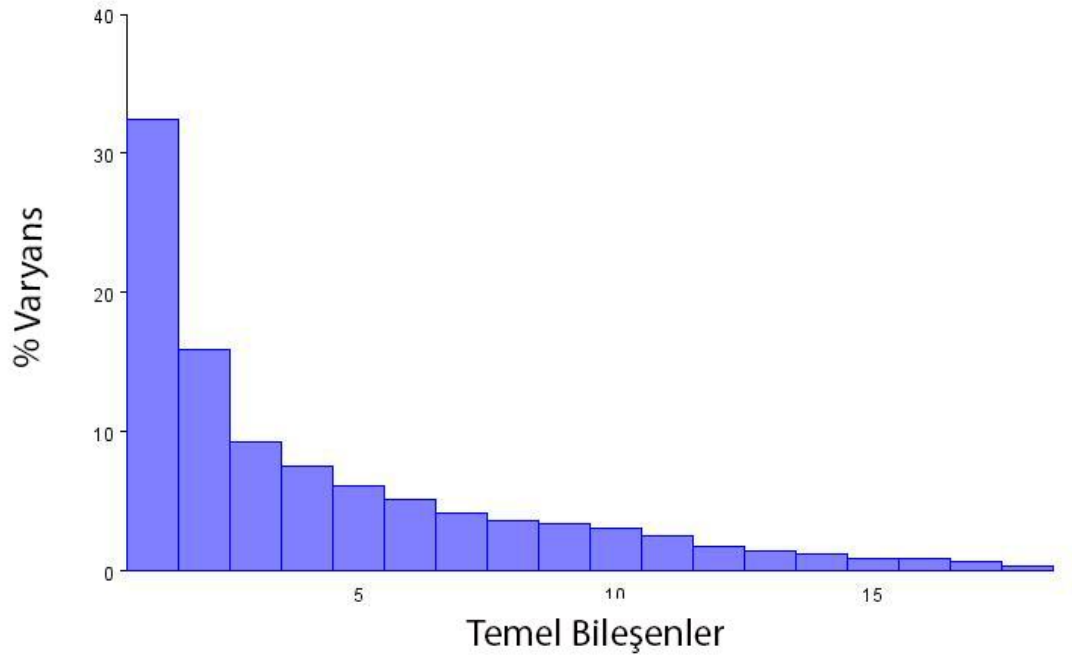
11.	0,00044527	2,506	92,993
12.	0,00030024	1,690	94,683
13.	0,00024313	1,368	96,052
14.	0,00021342	1,201	97,253
15.	0,00016301	0,917	98,170
16.	0,00014687	0,827	98,997
17.	0,00011443	0,644	99,641
18.	0,00006380	0,359	100,000

Tablo 50: Özdeğer varyansı-Toplam varyans karşılaştırması

Toplam varyans	0,01776750
Özdeğerlerin varyansı	0,0000017895144
Özdeğer varyansının toplam varyansa oranı	0,00567
Özdeğer varyansının toplam varyans ve değişken sayısına oranı	0,10804

Tablo 51: Procrustes ve tanjant kareler toplamı

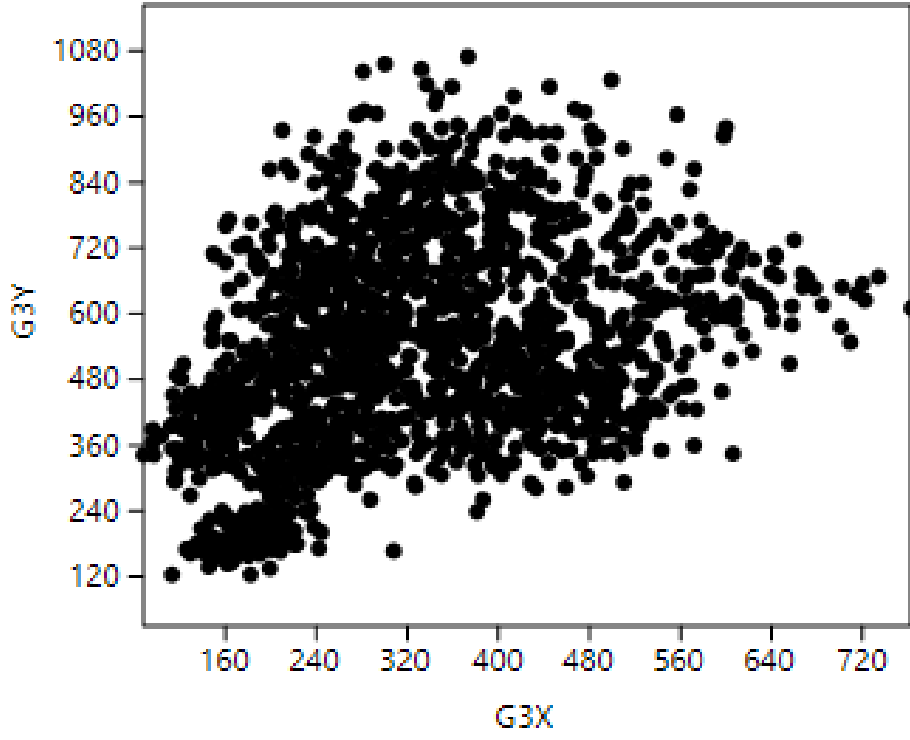
Procrustes kareler toplamı	3.0549506332122167
Tanjant kareler toplamı	2.665125315253104



PC Shape Changes (vektörel)

Şekil 54: Grup 3 Temel Bileşenler Analizi özdeğer varyans grafiği

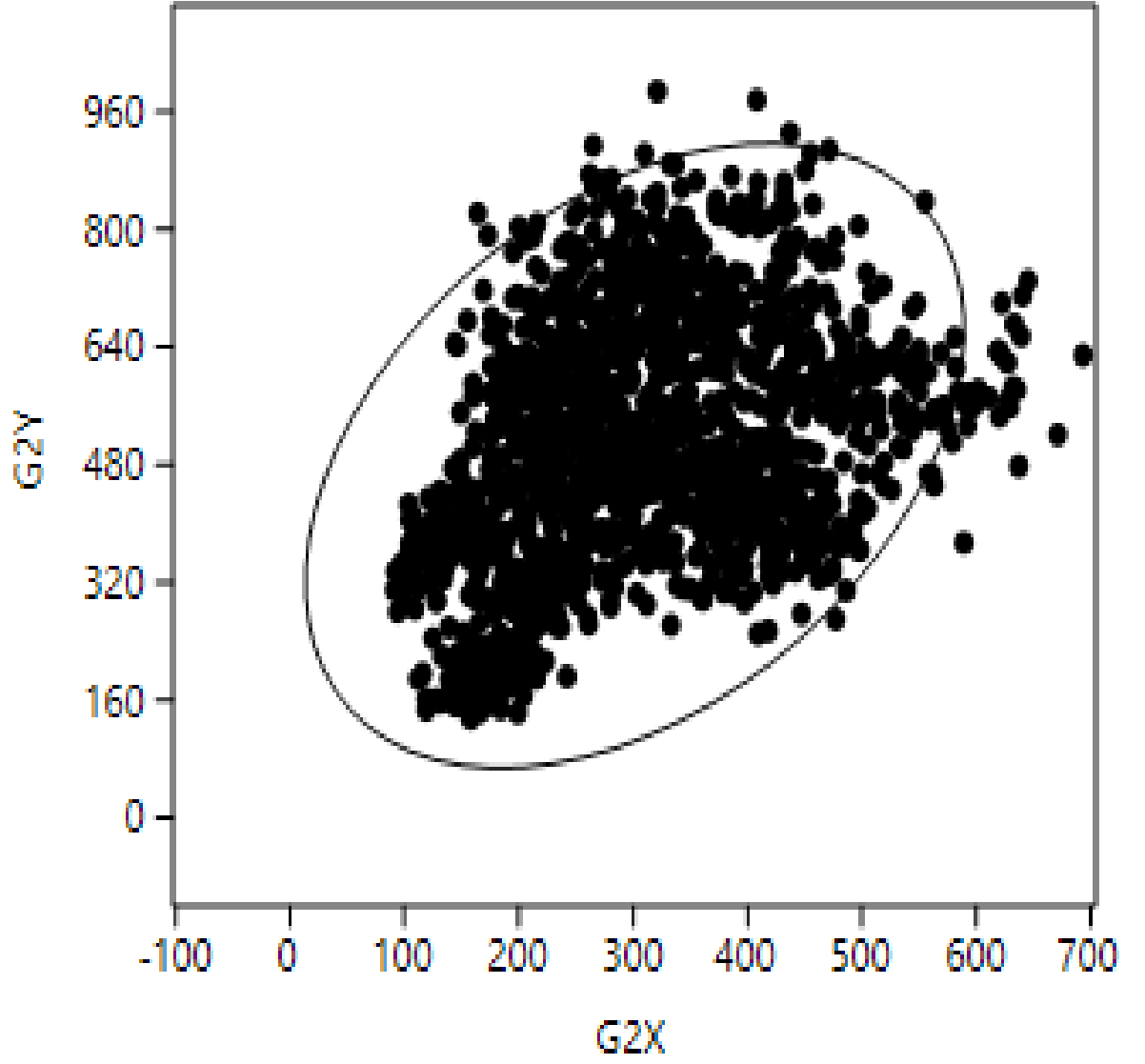
Burada 60 yaş ve üstü verilerin x-y noktaları olarak grafiği bulunmaktadır.



Şekil 55: Grup 3 bireylerinin x-y koordinatlarına göre %95 güven elipsi gösterimi

Şekil 54'de Grup 1'e ait bireylerin verilerinin x ve y noktalarından oluşan grafiği verilmiştir. Şekil 55 'te ise Grup 1'e ait verilerin %95 güven elipsi içeren hali sunulmuştur. Elips dışında kalan noktalar %95 güven aralığının dışında kalan noktalardır.

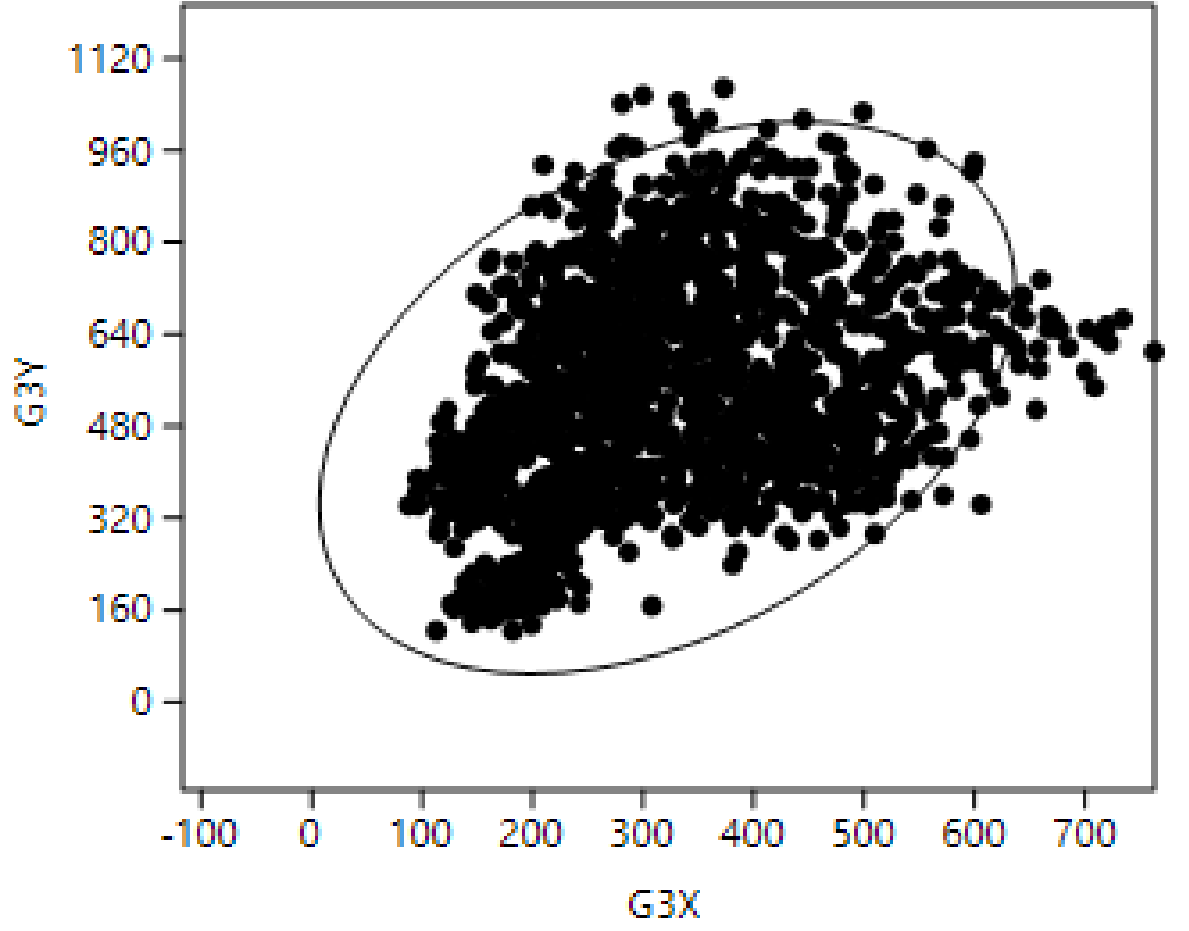
%95 elipsler ile tekrar gösterilirse



Şekil 56: Grup 1 bireylerinin x-y koordinatlarına göre %95 güven elipsi gösterimi



%95 elipsler ile tekrar gösterilirse



Şekil 57: Grup 3 bireylerinin x-y koordinatlarına göre %95 güven elipsi gösterimi

Elde edilen verilerden F ve t testleri teorik uygulandığında

## Two Sample Testleri

### T testi (eşit ortalamalar için test)

Tablo 52: Grup 3 bireyelerine ait verilerin iki boyutlu tek değişkenli istatistik analizi

G3X	G3Y		
N:	1657	N:	1657
Ortalama:	321,9	Ortalama:	529,68
95% güven aralığı.:	(315,71 328,1)	95% güven aralığı.:	(520,22 539,13)
Varyans:	16545	Varyans:	38493
Ortalamalar arası farklar:		207,77	
%95 güven sınırları (parametrik):		(196,47 219,07)	
95% güven aralığı interval (ön yükleme):		(196,23 219,04)	
t:	-36,051	p (ortalama benzerortalama):	2,1422E-240
Eşsiz varyans t değeri:	-36,051	p (ortalama benzerortalama):	6,3426E-235
Monte Carlo permutasyonu	p (ortalama benzerortalama):	0,0001	

### F testi (Eşit varyanslar için test)

Tablo 53: Grup 3 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının ortalamaları arasındaki fark istatistiği

G3X	G3Y
N: 1657	N: 1657

Varyans: 16545	Varyans: 38493
F : 2,3266	p (ortalama benzer var.): 1,2871E-64
Monte Carlo permutasyonu	p (ortalama benzer var.): 0,0001

### F testi (Eşit varyanslar için test)

Tablo 54: Grup 3 bireyleri için F testi

G3X	G3Y
N: 1657	N: 1657
Varyans: 16545	Varyans: 38493

Tablo 55: Grup 3 bireyleri için F testi

F : 2,3266	p (ortalama benzer var.): 1,2871E-64
Monte Carlo permutasyonu	p (ortalama benzer var.): 0,0001

Tablo 56: Grup 3 bireyelerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit medyan test istatistiği (Mood medyan testi)

G3X	G3Y
N: 1657	N: 1657
Chi2: 678,95	p (medyan benzer) 1,1305E-149

## Kolmogorov-Smirnov

Tablo 57: Grup 3 bireylerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit dağılım test istatistiği (Kolmogorov-Smirnov testi)

G3X	G3Y
N: 1657	N: 1657
D : 0,45866	p (eşit dağılım) 4,0608E-153
Monte Carlo permutasyonu	p (eşit dağılım) 0,0001

Tablo 58: Grup 3 bireylerine ait verilerin x ve y koordinatlarının eşit varyasyon katsayısı test istatistiği (Fligner-Killeen testi)

G3X	G3Y
N: 1657	N: 1657
CV: 39,958	CV: 37,041
95% güven aralığı.: (38,833 41,141)	95% güven aralığı.: (35,83 38,234)

Tablo 59: Grup 3 tek ve çift paylaşım oranları

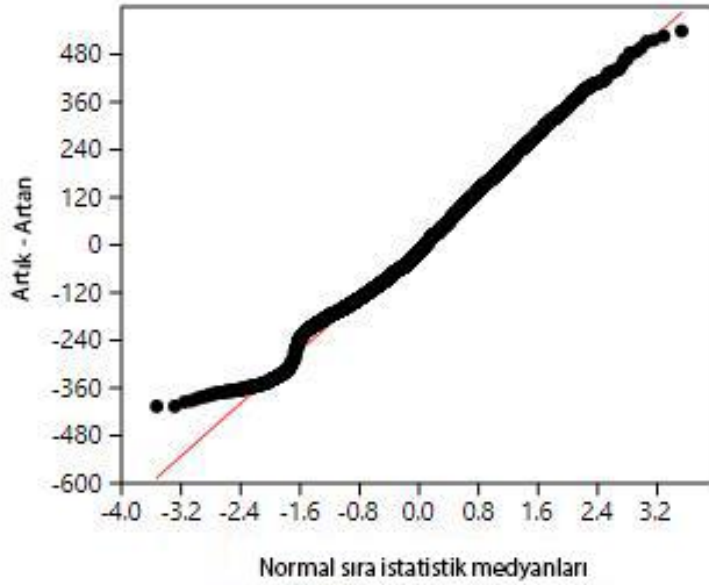
T : 1677,3
Expected T : 1652,4
z : 0,61872
p (tek taraflı): 0,26805
p (çift taraflı): 0,5361

## Tek Yönlü Varyans Analizi (One-way ANOVA)

Tablo 60: Grup 3'ün ortalamasının, Grup 2 ve Grup 1 ortalamalarının eşitliği üzerine tek yönlü varyans analizi ile birlikte Levene testi karşılaştırması

	Kareler Toplamı	df	Ortalama	F	p (benzer)
Gruplar arası	3,57665E07	1	3,57665E07	1300	2,142E-240
Grup içi:	9,11424E07	3312	27518,8		
Toplam:	1,26909E08	3313			

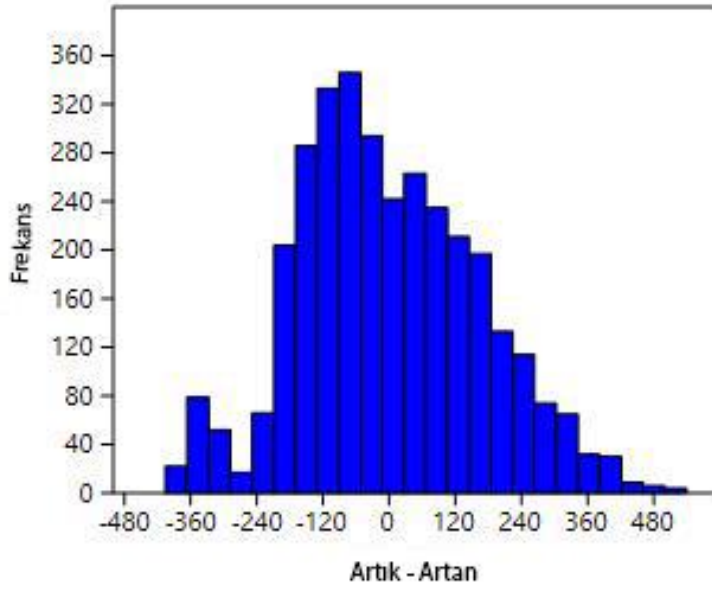
## Normal Yapıya Göre Artık Analizi (Residual Analysis)



Şekil 58: Grup 3'ün normal sıra istatistik medyanlarına göre elde edilen artık değerleri

Tablo 61: Grup 3 tek ve çift paylaşım oranları

T : 1677
ExpectedT : 1732,3
z: -1,34
p (tek taraflı): 0,090119
p (çift taraflı): 0,18024



Şekil 59: Grup 3'ün normal sıra istatistik medyanlarına göre elde edilen artık değerleri frekans dağılımı

Tablo 62: Grup 3 bireylerine ait verilerin x ve y koordinatlarının varyans homojenite test istatistiği (Levene testi)

Levene's test (Ortalamalardan varyans homojenlik testi)	p (benzer)	4,427E-51
Levene's test, (Medyanlardan varyans homojenlik testi)	p (benzer)	4,761E-50
Welch F test in the case of unequal Varyans		
(Eşsiz varyans F testi) F=1162, df=3095 p=1,883E-216		

### Kruskal-Wallis Testi

Tablo 63: Grup 3 Kruskal-Wallis Testi

H (chi2)	918
Hc (tiecorrected)	918
p (benzer)	1,187E-201

Tablo 64: Grup 3 Mann-Whitney ikili Testi

	G3X	G3Y
G3X		<b>3,351E-202</b>
G3Y	<b>3,351E-202</b>	

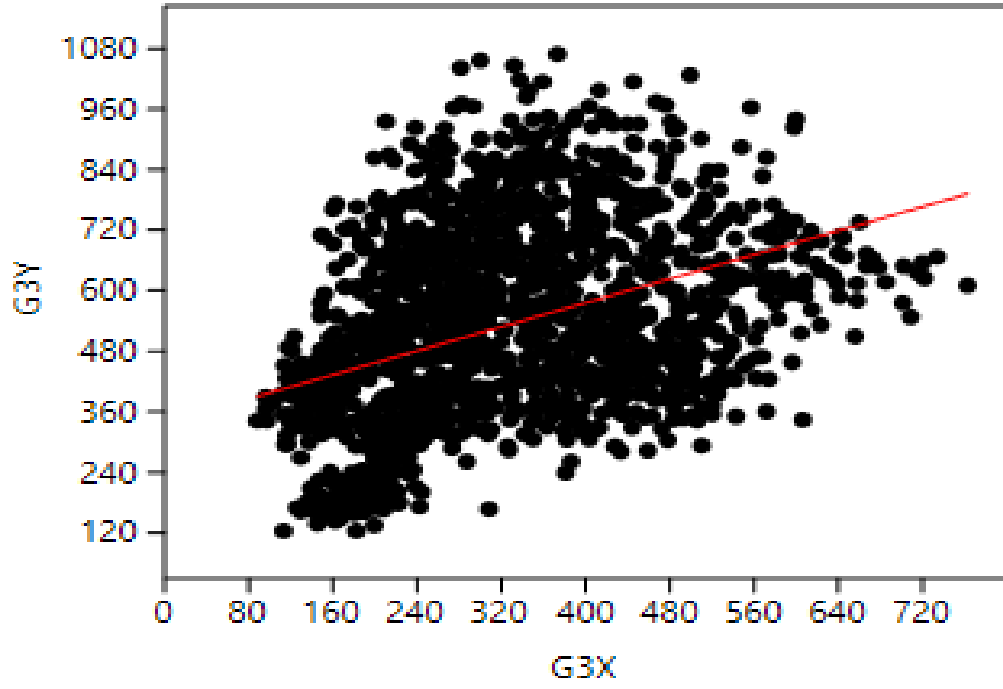
## Normal Dağılım Testi

Tablo 65: Grup 3 normal dağılım testleri

	<b>G3X</b>	<b>G3Y</b>
N	1657	1657
Shapiro-Wilk W	0,9652	0,988
p (normal)	<b>1,599E-19</b>	<b>1,682E-10</b>
Anderson-Darling A		
p (normal)	<b>6,573E-36</b>	<b>2,464E-09</b>
p (Monte Carlo)	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>
Jarque-Bera JB	93	28,83
p (normal)	<b>6,389E-21</b>	<b>5,497E-07</b>
p (Monte Carlo)	<b>0,0001</b>	<b>0,0002</b>



### Doğrusal Uygunluk (Linear Fit)

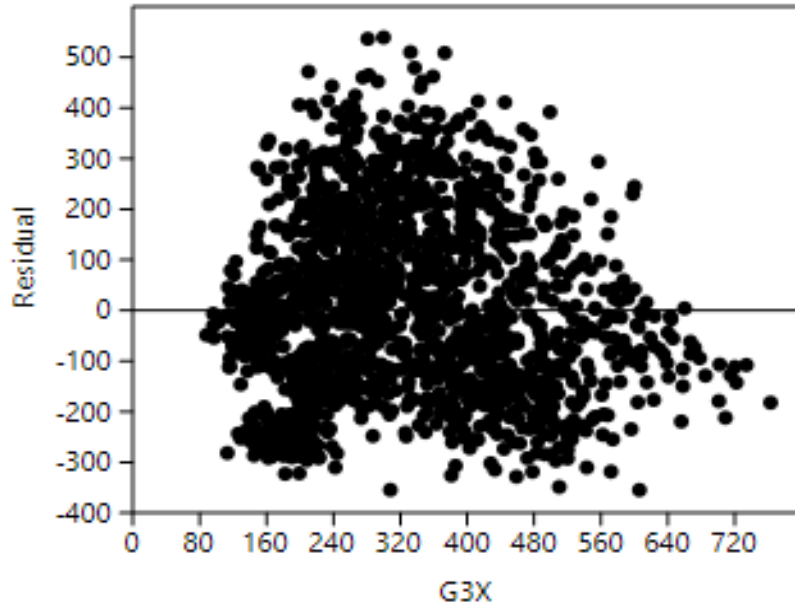


Şekil 60: Grup 3 doğrusal uygunluk grafiği

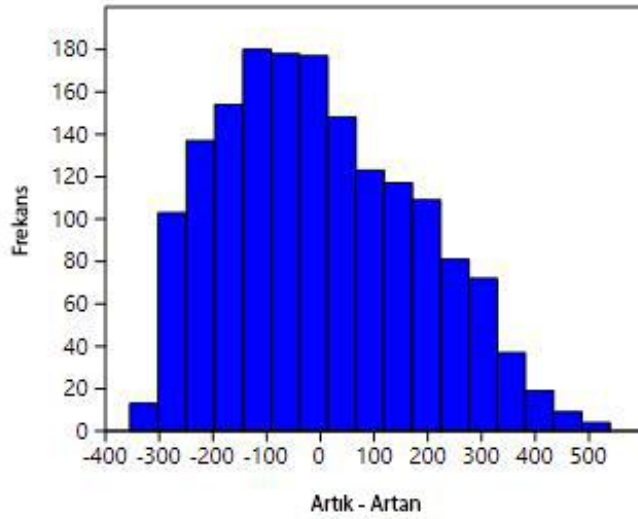
Tablo 66: G3X-G3Y Grup 1 x ve y koordinatlarına göre En Küçük Kareler Regresyonu

Eğim	0,59447	Sabit	0,034529
Sabit	338,32	Eğimin standart hatası b	11,969

## Saçılm Scatter



Şekil 61: Grup 3 bireylerinin verilerinin regresyon sonucunda x koordinatına göre artık değerleri grafiği

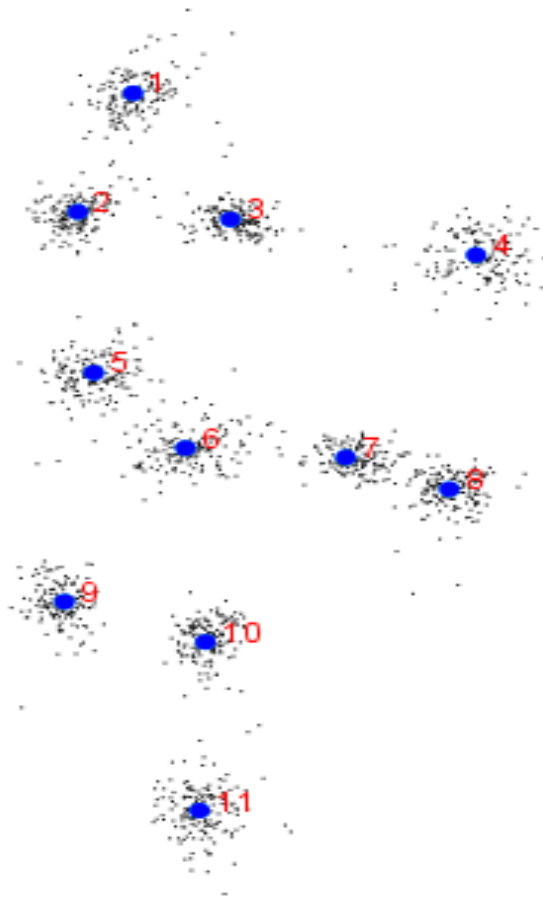


Şekil 62: Grup 3 bireylerinin verilerinin regresyon sonucunda x koordinatına göre artık değerlerinin frekans dağılımı

Tablo 67: Grup 3 verilerinin ikili boyutta genelleştirilmiş doğrusal modeli

Eğim	0,59447	Std. err. a	0,034529
Sabit	338,32	Std.err. b	11,969
Log likelihood	-827,5		
G	296,41	p(eğim=0)	1,991E-66

### Morphoj Procrustes Fit



Şekil 63: Grup 3 verilerinin Procrustes dönüşümü

Tablo 68: Grup 3 verilerinin Procrustes sonrası ortalama değerleri (11 landmark, 2 boyut, 151 gözlem)

Landmarklar	Eksen 1 (x)	Eksen 2 (y)
1	-0,09059480	0,42713074
2	-0,14569850	0,27118890
3	0,00649564	0,26144683
4	0,25184797	0,21447590
5	-0,12961468	0,05994410
6	-0,03815646	-0,03895375
7	0,12170086	-0,05135176
8	0,22521986	-0,09333648
9	-0,15905004	-0,24090679
10	-0,01805405	-0,29411659
11	-0,02409582	-0,51552111

### Çoklu Regresyon Analizi (Regression Analysis)

Tablo 69: Grup 3 verilerinin çoklu regresyon katsayıları

	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
x1	-0,12999617	-0,22881230	-0,00836585	-0,33469467	0,07684836	0,02849910
y1	-0,16774314	-0,30263594	-0,20959142	-0,10261999	-0,36595784	0,20096307
x2	-0,30506939	0,07350727	-0,04456971	-0,25176261	0,12978732	-0,25932661
y2	-0,22610749	0,16950361	0,04410182	0,09899778	-0,15917762	0,01534619

x3	0,22651312	-0,04737068	0,05582149	-0,27814157	0,22359118	0,22535348
y3	-0,11619356	-0,02113962	-0,13111714	-0,06855926	0,00645231	-0,11336955
x4	0,27225845	-0,26781749	0,36361988	0,33697400	0,01833219	-0,01798468
y4	0,05836672	-0,17345156	-0,42086261	-0,06673214	0,42798575	-0,32055049
x5	-0,25434057	0,24695009	-0,16183997	0,15631395	-0,08966405	-0,19053032
y5	-0,05471211	0,24301932	0,14227135	0,04072835	0,08722627	0,24263277
x6	0,01377141	0,43417391	-0,39711451	0,22141770	-0,01356139	0,18525916
y6	-0,07180534	0,26409261	0,32395186	0,03257068	0,06804493	-0,03560660
x7	0,55876442	0,19781313	-0,27546084	-0,06615460	0,01704100	0,05354206
y7	0,00290679	0,07404162	0,19620894	-0,08388101	0,20575705	0,12044309
x8	0,14841636	-0,11433364	0,17980008	0,31037452	-0,03936163	-0,27812973
y8	0,13101689	0,10477825	0,19907667	-0,19564656	0,23859602	0,24000837
x9	-0,34526987	-0,28363972	-0,07735351	0,38740418	0,15424170	0,50903995
y9	0,02760171	0,07515318	0,08641418	0,31820614	0,02815211	-0,35809158
x10	-0,04722530	0,10702366	0,11243372	-0,24104279	-0,46318432	-0,07517986
y10	0,29771741	-0,03612312	-0,04334946	-0,07097637	-0,46770138	0,09320650
x11	-0,13782247	-0,11749421	0,25302922	-0,24068812	-0,01407035	-0,18054255
y11	0,11895212	-0,39723834	-0,18710420	0,09791237	-0,06937761	-0,08498179

Tablo 70: Kareler toplamı yüzde tahminlenen oran

Toplam SS	2,66512532
Tahmin SS	2,03402251
Artık SS	0,63110280
% tahmin	76,3200%

Temel bileşenler analizi sonucunda ele alınan 18 temel bileşen üzerinde 11 landmark noktasının her grup için değerlendirilmesi yapıldığında;

a) Birinci temel bileşende; Grup 1 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; altı, bir, iki, beş, dört numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte 11 numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 2 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; altı, beş, dört, iki numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte 11 numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 3 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; yedi, iki, dokuz, dört, beş, bir numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte on ve 11 numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Birinci temel bileşende tüm gruplar için dört, beş, altı, iki numaralı landmark noktaları başta olmak üzere dışa doğru şekil değişimi gerçekleştirirken on ve 11 numaralı landmark noktası ise zıt yönlü bir şekilde içe doğru şekil değişimi yapmaktadır.

b) İkinci temel bileşende; Grup 1 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; dört, bir, dokuz, altı, beş, sekiz numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte 10 ve 11 numaralı landmark noktalarında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 2 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; bir, dört, beş, altı, dokuz, üç numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte sekiz, beş, yedi, iki, 11, on numaralı landmark noktalarında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 3 için landmark noktalarının,

vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; 11, dokuz, yedi, iki numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte altı, beş, bir, dört, sekiz numaralı landmark noktalarında zıt yönde olup içe doğrudur. İkinci temel bileşende bir, dört, beş ve altı numaralı landmark noktaları; 20-39 yaş arası ve 40-59 yaş arası bireylerde dışa doğru şekil değişimi gösterirken 60 yaş ve üstü bireylerde içe doğru şekil değişimi gerçekleştirmektedir. Sekiz numaralı landmark noktası sadece 20-39 yaş arası bireylerde dışa doğru şekil değiştirmektedir.

c) Üçüncü temel bileşende; Grup 1 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; on, 11, altı, beş, dokuz numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte sekiz, yedi, altı numaralı landmark noktalarında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 2 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; on, 11, beş, bir numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte sekiz, yedi, dört, altı numaralı landmark noktalarında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 3 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; altı, dört, 11, sekiz, beş numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte yedi, bir, üç numaralı landmark noktalarında zıt yönde olup içe doğrudur. Üçüncü temel bileşende tüm gruplar için on, 11, beş, sekiz numaralı landmark noktaları başta olmak üzere dışa doğru şekil değişimi gerçekleştirirken altı numaralı landmark sadece 60 yaş ve üstü bireylerde dışa doğru şekil değiştirmektedir.

ç) Dördüncü temel bileşende; Grup 1 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; 11, sekiz, on, dokuz, dört

numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte altı, beş, iki numaralı landmark noktalarında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 2 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; sekiz, 11, yedi, on, dört, bir numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte altı, beş, iki numaralı landmark noktalarında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 3 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; sekiz, dört, bir, 11, on, üç, iki numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte dokuz, altı, beş numaralı landmark noktalarında zıt yönde olup içe doğrudur. Dördüncü temel bileşende tüm gruplar altı, beş numaralı landmark noktaları içe doğru şekil değişimi gerçekleştirirken; sekiz, dört, on, numaralı landmark noktaları dışa doğru şekil değiştirmektedir.

d) Beşinci temel bileşende; Grup 1 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; dört, altı, üç, iki, sekiz, on, 11 numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte bir, iki numaralı landmark noktalarında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 2 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; bir, 11, iki, beş, altı numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte on, dört, sekiz, yedi, üç numaralı landmark noktalarında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 3 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; on, dört, üç, beş numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte bir, iki, yedi, sekiz, dokuz numaralı landmark noktalarında zıt yönde olup içe doğrudur. Beşinci temel



bileşende 40-59 yaş için landmark noktalarının şekil değişimleri diğer gruplara göre zıt yöndedir.

e) Altıncı temel bileşende; Grup 1 için landmark noktalarının vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; on, dört, altı, beş, dokuz numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte 11, yedi, beş, altı, üç numaralı landmark noktalarında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 2 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; 11, yedi, altı, beş, üç numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte dört, on, bir, dokuz numaralı landmark noktalarında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 3 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; beş, 11, iki, üç, bir numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte dokuz, sekiz, dört, altı, on numaralı landmark noktalarında zıt yönde olup içe doğrudur. Altıncı temel bileşende tüm gruplar için on, beş, üç, yedi numaralı landmark noktaları dışa doğru şekil değişimi gerçekleştirirken yaş arttıkça genel olarak landmark noktalarının içe doğru şekil değişimi gerçekleştirdikleri görülmektedir.

f) Yedinci temel bileşende; Grup 1 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; beş, dokuz, iki, sekiz, iki, üç numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte 11, altı, dört, bir numaralı landmark noktalarında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 2 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; üç, on, iki, yedi, sekiz numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte dokuz, bir, dört numaralı landmark noktalarında zıt yönde

olup ie doğrudur. Grup 3 için landmark noktalarının vektörel bakımdan ele alındığında, Şekil değişimi sırasıyla; altı, dört, 11, sekiz, beş numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte on, dokuz, iki, beş, yedi numaralı landmark noktasında zıt yönde olup ie doğrudur. Yedinci temel bileşende tüm gruplar için beş, sekiz, üç numaralı landmark noktaları başta olmak üzere dışa doğru Şekil değişimi gerçekleştirirken 11 numaralı landmark sadece 60 yaş ve üstü bireylerde dışa doğru Şekil değiştirmektedir.

g) Sekizinci temel bileşende; Grup 1 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, Şekil değişimi sırasıyla; on, yedi, sekiz, iki numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte üç, dokuz, 11, altı, dört numaralı landmark noktasında zıt yönde olup ie doğrudur. Grup 2 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, Şekil değişimi sırasıyla; bir, on, üç, beş, yedi, altı numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte 11, sekiz, dört, dokuz numaralı landmark noktasında zıt yönde olup ie doğrudur. Grup 3 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, Şekil değişimi sırasıyla; bir, on, dokuz, iki, dört numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte beş, sekiz, yedi, altı, üç, 11 numaralı landmark noktasında zıt yönde olup ie doğrudur. Birinci temel bileşende tüm gruplar için on, iki, bir numaralı landmark noktaları dışa doğru Şekil değişimi gerçekleştirirken üç, altı, 11 numaralı landmark noktaları içe doğru Şekil değiştirmektedir. Sekiz numaralı landmark noktası sadece 20-39 yaş arası bireylerde dışa doğru Şekil değiştirmektedir.

h) Dokuzuncu temel bileşende; Grup 1 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, Şekil değişimi sırasıyla; on, bir, üç, yedi numaralı

landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte 11, dokuz, sekiz numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 2 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; 11, bir, altı numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte dokuz, iki, dört, beş, on numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 3 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; bir, altı, yedi, beş, on, 11 numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte dokuz, dört, iki numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Dokuzuncu temel bileşende tüm gruplar için altı, yedi numaralı landmark noktaları dışa doğru şekil değişimi gerçekleştirmektedir. 11 numaralı landmark noktası sadece 20-39 yaş bireylerde içe doğru şekil değişimi gerçekleştirirken, iki numaralı landmark noktası sadece 20-39 yaş bireylerde içe doğru şekil değişimi yapmamaktadır.

ı) Onuncu temel bileşende; Grup 1 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; 11, on, bir, üç, yedi, altı numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte dokuz, beş, sekiz, dört, iki numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 2 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; on, dört, altı, bir numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte 11, dokuz, yedi, iki, beş, üç numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 3 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; altı, dört, 11, on, sekiz, beş numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte üç, iki, dört, dokuz numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Onuncu

temel bileşende tüm gruplar için on, altı numaralı landmark noktaları dışa doğru şekil değişimi gerçekleştirilen dokuz numaralı landmark içe doğru şekil değiştirmektedir.

i) Onbirinci temel bileşende; Grup 1 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; yedi, altı, on, dokuz numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte üç, dört, iki, 11, beş, bir numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 2 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; on, dokuz, beş, yedi, sekiz, bir numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte iki, üç, dört, 11 numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 3 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; sekiz, 11, altı, yedi, bir numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte dokuz, iki, beş, üç, dört, on numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Onbirinci temel bileşende tüm gruplar için yedi ve altı numaralı landmark noktaları dışa doğru şekil değişimi gerçekleştirirken, beş numaralı landmark içe doğru şekil değiştirmektedir.

j) Onikinci temel bileşende; Grup 1 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; dokuz, beş, bir, sekiz, yedi numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte altı, iki, dört, üç, 11, on numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 2 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; iki, beş, on, dört, yedi, bir numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte altı, sekiz, dokuz, üç numaralı landmark noktasında zıt

yönde olup içe doğrudur. Grup 3 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; on, sekiz, dokuz, bir numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte 11, beş, dört, üç, iki numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Onikinci temel bileşende tüm gruplar için bir numaralı landmark noktası dışa doğru şekil değişimi gerçekleştirirken; sekiz ve dokuz numaralı landmark sadece 40-59 yaş arası bireylerde içe doğru şekil değiştirmektedir.

k) Onüçüncü temel bileşende; Grup 1 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; beş, altı, bir, 11, sekiz numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte iki, üç, dokuz, yedi, on numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 2 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; iki, sekiz, on, bir numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte altı, beş, üç, dört numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 3 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; dört, üç, on, yedi, bir, beş, altı numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte sekiz, iki, 11 numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Onüçüncü temel bileşende tüm gruplar için bir numaralı landmark noktası dışa doğru şekil değişimi gerçekleştirirken; üç numaralı landmark noktası içe doğru şekil değişimi gerçekleştirilmektedir. Beş ve altı numaralı landmark noktaları sadece 40-59 yaş arası bireylerde içe doğru şekil değiştirmektedir.

l) Ondördüncü temel bileşende; Grup 1 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; iki, altı, on, sekiz numaralı

landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte üç, yedi, beş, dört, 11 numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 2 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; sekiz, on, altı, üç numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte beş, yedi, dört numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 3 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; bir, altı, dört, on numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte iki, üç, beş, 11, yedi, sekiz numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Ondördüncü temel bileşende tüm gruplar için on ve altı numaralı landmark noktaları dışa doğru şekil değişimi gerçekleştirirken; beş ve yedi numaralı landmark noktaları içe doğru şekil değiştirmektedir.

m) Onbeşinci temel bileşende; Grup 1 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; on, sekiz, yedi, iki, bir, 11 numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte dokuz, altı, üç, beş, dört numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 2 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; on, altı, yedi, dört numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte dokuz, beş, üç, iki, sekiz numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 3 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; altı, yedi, dört, bir, on numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte üç, beş, dokuz, sekiz numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Onbeşinci temel bileşende tüm gruplar için on, bir, 11 numaralı landmark noktaları dışa

doğru Şekil değişimi gerŐekleŐtirirken; , beş, dokuz numaralı landmark noktaları işe doğru Şekil değiştirmektedir.

n) Onaltıncı temel bileşende; Grup 1 iÇin landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, Şekil değişimi sırasıyla; beş, sekiz,  numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte dokuz, on, yedi, iki, dört numaralı landmark noktasında zıt yönde olup işe doğrudur. Grup 2 iÇin landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, Şekil değişimi sırasıyla; sekiz, dört, beş, bir numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte , iki, yedi, altı numaralı landmark noktasında zıt yönde olup işe doğrudur. Grup 3 iÇin landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, Şekil değişimi sırasıyla; beş, sekiz, bir,  numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte altı, iki, yedi numaralı landmark noktasında zıt yönde olup işe doğrudur. Onaltıncı temel bileşende tüm gruplar iÇin beş, sekiz numaralı landmark noktaları dışa doğru Şekil değişimi gerŐekleŐtirirken; iki ve altı numaralı landmark noktaları işe doğru Şekil değiştirmektedir.

o) Onyedinci temel bileşende; Grup 1 iÇin landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, Şekil değişimi sırasıyla; sekiz, , iki numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte yedi, altı, beş, dört numaralı landmark noktasında zıt yönde olup işe doğrudur. Grup 2 iÇin landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, Şekil değişimi sırasıyla; beş, , sekiz numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte yedi, altı, dört numaralı landmark noktasında zıt yönde olup işe doğrudur. Grup 3 iÇin landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele

alındığında, şekil değişimi sırasıyla; beş, bir, dört, iki numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte üç, yedi, altı numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Onyedinci temel bileşende tüm gruplar için sekiz, üç, iki numaralı landmark noktaları dışa doğru şekil değişimi gerçekleştirirken altı ve yedi numaralı landmark noktaları içe doğru şekil değiştirmektedir.

p) Onsekizinci temel bileşende; Grup 1 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; yedi, dört, iki, beş, on numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte sekiz, üç, bir numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 2 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; yedi, dokuz, iki, altı numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte sekiz, beş numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Grup 3 için landmark noktalarının, vektörel bakımdan ele alındığında, şekil değişimi sırasıyla; sekiz, beş numaralı landmark noktalarında dışa doğru olmakla birlikte yedi ve altı numaralı landmark noktasında zıt yönde olup içe doğrudur. Onsekizinci temel bileşende yedi ve altı numaralı landmark noktaları sadece 60 yaş ve üstü bireylerde içe doğru şekil değiştirmektedir.



## 5. Tartışma

İnsanlar vücut şekli, boyutu, deri rengi, göz rengi ve birçok antropolojik karakter bakımından çeşitlilik gösterir. Gözlenen bu geniş biyolojik varyasyon insanları birbirinden ayırır ve benzersiz yapar. Diğer vücut bölümleri gibi insan yüzü de bu varyasyonun belirgin şekilde gözleendiği kısımlardan biridir. Bu nedenle farklı topluluklarda yüz bölgesinde gözlenen varyasyonların çalışılması önemlidir.

Günümüzde dijital kameralar, akıllı telefonlar ve CCVT'lerin kullanımı ile yüz görüntüleri her gün kolayca elde edilebilmekte, bu görüntüler hızlı bir şekilde transfer edilebilmekte, sosyal ağlar aracılığı ile paylaşılabilen, kamu kurum ve kuruluşları ile özel organizasyonlar tarafından saklanabilmektedir. Dolayısıyla yüz, gündelik yaşantımızda en yaygın ve bilinen biyometrik özellik olarak karşımıza çıkmakta ve bu özelliği nedeniyle adli çalışmalarda da sıklıkla kullanılmaktadır. Bununla birlikte otomatik yüz tanımlamada temel problemlerden bir tanesi yaşın ilerlemesi ya da yaşlanma ile birlikte meydana gelen değişimlerdir. Sürücü belgesi, nüfus kağıdı ve pasaport gibi kişisel belgeler yıllarca kullanılabilen ve otomatik yüz tanıma sistemlerinde iki fotoğrafın da aynı bireye ait olup olmadığını değerlendirmede problemlerle karşılaşılabilir (Kaur ve ark., 2014).

Kimliklendirmeye ilgili bilgilerin başın kısımları arasında daha az sıklıkta kullanılan kulak yapısından elde edilebilmesi daha zor görünmekle birlikte (Brucker ve ark., 2003), son zamanlarda kulaktan cinsiyet ve yaş tahmini ile ilgili araştırmaların sayısında artış olduğu görülmektedir. Bunlar arasında ise cinsiyet tahmini çalışmaları ile karşılaştırıldığında yaş tahminini içeren araştırmaların

sayısının daha az olduğu dikkat çekmektedir (Kearney, 2003; Taura ve ark., 2015, Jung ve Jung, 2003).

Yaşlanma ile birlikte ortaya çıkan kemik hareketleri, yumuşak deri deformasyonları ve kas tonusundaki değişimler nedeniyle yüzde değişimler meydana gelebilmektedir (Kaur ve ark., 2014). Bu nedenle yaşa bağlı olarak yumuşak dokuda meydana gelen değişimlerin incelenmesi önemlidir. Son zamanlarda diğer yüz kısımlarının yanında kulak görüntülerinin de adli kimliklendirme çalışmalarında kullanılmaya başlanması, kimlik tespiti yapılırken kulakta da yaşa bağlı olarak meydana gelebilecek değişimlerin araştırılması problemini ortaya çıkarmıştır.

Kulağın boyutları ile ilgili çalışmalar uzak geçmişe uzanmakla birlikte, son 20 yıl gibi kısa bir zamanda daha fazla ilgi gören bir alan olarak karşımıza çıkmaktadır (Azaria ve ark., 2003; Bozkır ve ark., 2006; Meijerman ve ark., 2007; Sforza ve ark., 2009;). Bu çalışmalarda genel olarak kulak boyutlarının yaşın ilerlemesiyle birlikte artış gösterdiği belirtilmektedir (Brucker ve ark., 2003, Kearney, 2003). Bu artışın kısmen kulaktaki doku büyümelerinden ve kısmen de derinin zamanla gerilmesinden kaynaklandığı öne sürülmekte, çoğunlukla kulak memesinde ortaya çıktığı vurgulanmaktadır (Azaria ve ark., 2003). Yapılan bir araştırmada 21 yaş ve 60+ yaş arasında kulak uzunluğunun erkeklerde 8.7 mm, kadınlarda 8 mm, kulak genişliğinin ise erkeklerde 2.9 mm kadınlarda 1.9 mm artış gösterdiği rapor edilmiştir (Sforza ve ark., 2009).

Literatürde büyüme dönemi ve yaşlılık sırasında kulağın lineer boyutlarında yaşa bağlı olarak gözlenen varyasyonların Kafkasya kökenli Hollandalı, Alman, İtalyan, Kuzey Amerikalı, Türk, Hindistanlı, Japon, Nijeryalı, Aşkenazi ve Sephardi

Yahudileri gibi bazı etnik gruplarda çalışıldığı görülmektedir (Taura ve ark., 2015). Fakat bu çalışmaların genelde kulağın anatomik değişimi üzerine yoğunlaştığı adli kimliklendirme alanında bu değişime çok daha az önem verildiği görülmektedir (Taura ve ark., 2015). Bu tür çalışmalara Kafkasyalı Avrupalılarda nadiren rastlandığı da not edilmiştir (Sforza ve ark., 2009). Bununla birlikte günümüz Batı toplumlarında bu tür çalışmaların genelde 20-60 yaş aralığında yapıldığı belirtilmektedir. Yaşlı nüfusundaki artış ve adli olayların daha geniş yaş aralıklarına dağılması sebebiyle yeni referans verilerinin farklı etnik gruplarda ortaya konulmasının gerekliliği üzerinde durulmaktadır. Tüm bunlara ek olarak yeniden yüzleştirme çalışmalarında da kulak yapısı ve boyutlarına ilişkin verilerin farklı topluluklar için belirlenmesinin adli açıdan önemli olduğu belirtilmiştir (Sforza ve ark., 2009).

Ito ve arkadaşlarının (2001) Japonya’da gerçekleştirmiş oldukları araştırmada dış kulağın morformetrik ölçülerinin bir bireyin cinsiyet ve yaş tahmininde kullanılabileceğini rapor etmişlerdir. Yine gençlik döneminde gelişimi tamamlandıktan sonra da kulak kepçesinin boyut olarak artış gösterdiği görülmüş ve bu bilgiler ışığında yetişkinlik döneminde de yaşla ilişkili olarak değişimlerin devam ettiği sonucuna ulaşılmıştır (Ito ve ark, 2001; Sforza ve ark., 2009). Hindistan’da 415 erkek üzerinde gerçekleştirilen başka bir araştırmada yaşın ilerlemesine bağlı olarak kulağın tüm lineer ölçülerinde artış gösterdiği not edilmiştir. Üç farklı etnik gruptan 420 kişinin incelendiği bir diğer araştırmada etnik varyasyona ek olarak yaşla ilişkili değişimler rapor edilmiştir (Alexander ve ark., 2009). Bunlara ek olarak hem kesitsel ve hem de uzunlamasına çalışmalarda yaşlı insanların daha büyük kulaklara sahip olduklarına ilişkin bilgilere de ulaşılmıştır (Meijerman ve ark., 2007; Azaria ve ark.,

2003). Araştırmamız bulguları da incelediğimiz gruplar arasında yaşa bağlı olarak meydana gelen değişimleri doğrulamaktadır.

Yaşlanma ile birlikte, deri elastikiyetinde ve dayanıklılığında azalma (Purkait ve Singh, 2007) ile kulak kıkırdağının mikroskobik yapısında elastik fiberlerde ve kıkırdak yoğunluğunda azalma gibi modifikasyonların gözlemlendiği rapor edilmiştir (Ito ve ark., 2001; Sforza ve ark., 2009). Yine erkeklerin kadınlara oranla daha büyük kulak boyutlarına sahip oldukları da bazı çalışmalarda vurgulanmaktadır (Barut ve ark., 2006; Bozkır ve ark., 2006; Meijerman ve ark., 2007; Azaria ve ark., 2003; Niemitz ve ark., 2007; Sforza ve ark., 2005).

Dünyada kimliklendirme için kullanılan verilerle geometrik morfometri alanında yapılan çalışmalarda, büyüme ve konjenital anomaliler antropometri, fotogrametrik ölçümler kullanılarak kulak boyutları ve morfolojisi değerlendirilmiştir. Buna karşılık, kulak morfolojisinin kimliklendirme hususunda yetersiz kaldığı çalışmalar da vardır. Örneğin, Afrikalıların Afro-Karayip grubunun incelendiği çalışma, gruplama ve kimliklendirmede yetersiz kalan çalışmalardan biridir. Bilim insanları, Down sendromu ile kulak lobu morfolojisi ilişkisini araştıran çalışmalar da yapmışlardır. Araplar ve karışık Arap-Afrikalı bireylerin kulak morfolojisi üzerine yapılan çalışmada, erkeklerin kızlara göre daha büyük kulaklara sahip olduğu görece ortaya çıksa da literatürde bu konuda net bilgilere ulaşılamamıştır (Sforza ve ark., 2011).

Taura ve ark. (2015) Nijerya'da gerçekleştirdikleri araştırmada ise kulak boyutlarından yararlanılarak yaş tahmini yapılmış ve çalışmamıza benzer şekilde regresyon formülleri oluşturulmuştur.

Ülkemizde ise antropoloji alanında iskelet, özellikle kafatası kemikleri ve antik toplumlardan kalan meteryaller üzerinde yapılan çalışmalara ek olarak (Aytek, 2016; Barutçu, 2012; Şahiner, 2007), geometrik morfometri tekniği kullanılarak yumuşak dokuların değerlendirildiği araştırmalara da son yıllarda rastlanmaktadır. Örneğin Ocakoğlu ve ark. (2013) dış kulağın değişkenliğini belirlemek amacı ile bir geometrik morfometri çalışması yürütmüşlerdir. Çalışmada 177 kadın ve 153 erkek olmak üzere toplam 330 genç erişkin bireyin yüzlerinin sağ ve sol taraflarının fotoğrafları çekilmiştir. Kulak üzerinde belirlenen 12 anatomik nokta ile geometrik morfometri analizleri yapılmıştır. Analizler ile kulağın genel şeklini meydana getiren bileşenlerde bölgesel farklılıklar olduğu ortaya konulmuştur. Fakat bu çalışmalarda adli kimliklendirme amaçlı bir yaklaşıma yönelinmediği görülmektedir. Bu noktadan hareketle bu tezin, yaşayan insanda dış kulaktan (auricle) geometrik morfometri teknikleri kullanılarak yaş tahmini yapılması açısından önemi ortadadır.

Literatürde kültürel olguları (başörtüsü) da ön plana çıkaran çalışmalara rastlanmaktadır. Özellikle İslam ülkelerinde yüz bölgesinden yapılan çalışmalarda, kadınların kullandıkları başörtüsü ve kapanma biçimlerinden dolayı, kadınlardan daha fazla erkeklerin tercih edildiği görülmektedir. Kulak üzerinde yapılan araştırmalarda görüntünün elde edilmiş şekli ve süresinin önemli olduğu görülmektedir. Özellikle kadınların kullanmış oldukları küpe ve diğer süs eşyaları, çalışma için kullanılacak görüntünün sağlıklı kullanımını da etkilemektedir. Öyle ki hacimce büyük ve kulak kepçesinde önemli bir yer kaplayan bazı süs eşyalarının kadınların kulaklarında olması, denekten elde edilen fotoğrafik verilerin kimliklendirme ve yaş tahmininde kullanılamamasına, dolayısı ile zaman kaybına neden olmaktadır. Yine yapılan çalışmalarda önem verilen diğer bir önemli nokta ise

kulağın deformasyona uğramamış, cerrahi müdahale ve estetik operasyon geçirmemiş, kulak bütünlüğü tam olan bireylerden elde edilen verilerin kullanılmasıdır. Bahsedilen sebeplerden dolayı bu araştırma erkek bireyler üzerinde yürütülmüştür. Gözle görülür bir farklılık gözlemlenen bireylere özel sorular yöneltilmiş, kaza, yaralanma ve estetik veya cerrahi operasyon geçiren erkek bireylerin kulak görüntüleri alınmamıştır.

Üç farklı ülkede yapılan Avrupa Adli Kulaktan Kimliklendirme Projesi (Forensic Ear Identification Project-FearID) çalışması landmarklar üzerinden yarı otomatik sistemlerle elde edilen görüntülerin yüksek kalitede olması gerektiği konusunda önemli bilgiler sunmuştur (Arbab-Zavar ve Nixon, 2011). Düşük kaliteli görüntüler ile sonuca ulaşmak neredeyse imkansızken, yüksek kaliteli görüntüler ile kulaktan kimliklendirme yüzdesi de artmaktadır. Çünkü kulaktaki anatomik noktaları (landmarklar) belirleyip kimliklendirme ve yaş tahmini yapabilmek için ayrıntılı inceleme gerekeceğinden kaliteli görüntü elde etmek önemlidir. Fotoğrafın görüntü kalitesi yani çözünürlüğünün yüksek olması araştırmacılar için yanılma payını azaltan etkenlerdendir. Otomatik veya yarı otomatik kulak tanımlama işlemleri günümüzde adli bilimlerde ve suçluların yakalanmasında sıklıkla kullanılan bir yöntem olup, düşük kaliteli görsellerde dahi bu sistemin kullanılabilceği görülmektedir (Kumar ve ark., 2011). Bu tez çalışmasında da yüksek kaliteli görüntüleme teknikleri kullanılarak 3B ve tam otomatik yapılamadığından, 2B ve yarı otomatik teknik kullanılmıştır. Mozaiklenmenin olmadığı, kamera çözünürlüğünün yüksek olduğu görüntülerden önceden belirlenen anatomik noktalar (landmarklar) üzerinden çalışma sağlıklı bir şekilde yapılarak, regresyon formülü ile yaş tahmini yapılabilmektedir.

Yapılan bazı çalışmalarda yüz tanımlama ve adli bilimlerde görüntülerin kullanılması için önerilen yöntem CVL yüz veri tabanı üzerinde MATLAB yazılımı ile simüle edilmesidir. Adı geçen çalışmada CVL veri tabanında 114 birey için 798 yüz görüntüsünden her farklı açı ile 7 farklı yüz görüntüsü ele alınmıştır. Görüntüler JPEG formatında 640 x 480 piksel olarak alınmıştır. Kadın ve erkeklerin yüz görüntüleri yer almaktadır. Görüntülerin tamamı CVL veri tabanına işlenmiştir (Corrucini, 1987; Kumar ve ark., 2011). Bu tez çalışmasında veri tabanına işlemek yerine özel prosedürler ile istatistiksel analizler kullanılmıştır. Bu sayede özgün bir veri tabanına sahip 450 bireyden oluşan örneklem ile daha sonra kıyaslama yapılabilmesi için bilim insanlarının hizmetine sunulmuştur.

Kumar ve arkadaşları 2011 yılında yaptıkları çalışmada 9 farklı uzunluk mesafesi hesaplaması yöntemiyle kulaktan kimliklendirme yapmaya çalışmışlardır. Bunu dış kulak mesafe hesaplama noktaları ile ortaya koymuşlardır. Bu tez çalışmasında uzunluk ve açı hesaplamalarının yerine, önceden belirlenmiş olan anatomik noktalar (landmarklar) üzerinden mesafe ve şekil hesaplamaları yapılmıştır. Bu işlemler neticesinde yaş tahmini ve daha sonra cinsiyet tahmini yapılmasında diğer veri tabanları ile çalışmaya kapı aralanmıştır. Çünkü literatürde yapılan kimliklendirme çalışmalarında da bu tez çalışmasında olduğu gibi, kullanılan teknik ve prosedürler sıklıkla kullanılmıştır. Dolayısıyla ortaya konan sonuçları ilerleyen zamanlarda değerlendirme ve diğer çalışmalarda ortaya çıkan veri tabanlarıyla kıyaslama imkanı olacağını düşünüyoruz.

Yahyaoğlu, 2015'te yapmış olduğu Yüksek Lisans tez çalışmasında bireyler arasında dış kulak morfolojisinin gösterdiği varyasyonu incelemiş ve dış kulağın

bilgisayar ortamında 2B ve 3B görüntüleriyle ifadesini karşılaştırmıştır. Çalışmasında 33 bireyden 3B görüntüleri almış, landmark tabanlı geometrik morfometrik analizler ile inceleme yapmıştır. Bireyler arasında görülen varyasyonun incelenebilmesi amacıyla bu tez çalışmasında da kullanılan Temel Bileşen Analizi (PCA) kullanılmış olup, dış kulak boyu toplam varyasyonu için birinci Temel bileşende yaklaşık %70 olarak tespit etmiştir. Bu tez çalışmasında ise yaş tahminleme oranları hesaplanmıştır (Yahyaoğlu, 2015). Gruplar arası farklılıklar ve benzerlikler üzerinden yapılan bu tez çalışmasında oranlar 2B ve yarı otomatik sistemler (tam otomatik olmayan) kullanılmasına rağmen Grup 1 için %78.5705, Grup 2 için %71.1960 ve Grup 3 için %76.32 olarak tahminleme oranı bulunmuştur.

2015 yılında yapılan bir diğer tez çalışmasında da 2B ve 3B kıyaslamasının etraflıca yapılarak tartışıldığı görülmektedir. Pflug'a göre 3B çalışmalar 2B çalışmalara göre pahalı olmasına rağmen, daha önce ICP ve LSP sistemlerinin kullanılması ile kulaktan kimliklendirmede elde edilen oranlar 2B çalışma sonrası elde edilen oranlara göre daha yüksektir. Öyle ki bu oranlar Chen ve Bhanu'nun yapmış olduğu çalışmalarda %96.3'tür. Dış helix baz alınarak elde edilen bu yüksek yüzdeler Adli Bilimciler ve Adli Antropologlar için parmak izi kadar değerlidir (Pflug, 2015). Bu sebeple bu tez çalışmasından sonra yapılacak olan kulaktan yaş tahminleme çalışmalarının, özel projeler dahilinde ve 3B yazılımların kullanıldığı, teknolojinin daha ön planda olduğu farklı Enstitüler ve Araştırma Merkezlerinin ortaklığında yapılması gerektiğini vurgulamaktayız. Multi disiplinler (Adli Antropolog, Bilgi İşlem Uzmanı, Yazılım Mühendisleri, Görüntü Uzmanları, Anatomist vd.) yapılacak bir çalışma ile ülkemize özgü görüntüden kimliklendirme



veri tabanının on yıl gibi kısa bir sürede alt yapısı ile birlikte tamamlanabileceğini düşünmekteyiz.

Chen ve Bhanu ile Yan ve Bowyer 2B CCTV kamera görsellerinden gölgeleme tekniği ile gerçek zamanlı kulak görüntüsü elde etmişlerdir ve 402 bireyden oluşan örneklemden alınan görseller referans 3B görüntülerle mukayese edilmiştir. Eldeki veri tabanında %95'lik doğru tanımlama oranı elde edilmiştir. Bu sebeple de 3B çalışmalar ne kadar maliyetli olursa olsun ısrarla önerilmiştir (Pflug, 2015). Bu tez çalışmasının yüksek bir proje veya destek bütçesinin olmaması ve 3B teknolojilerin bazı kurumlar dışında (Emniyet ve Jandarma Kriminal Daireleri Görüntü İnceleme Merkezleri, TÜBİTAK ve diğer istihbarat kurumları) yaygın olarak kullanılmıyor olması gibi çeşitli nedenlerden ötürü 2B ve yarı otomatik (tam otomatik olmayan) metod kullanılmıştır. Pflug'un elde ettiği %95'lik orana yakın olmasa da kabul edilebilir düzeyde olan yaş tahminleme oranını da bu çalışmada elde edebildik (Grup1 için %78.5705). Elbette bu doğru yaş tahminleme oranı yeterli değildir ancak ilerleyen dönemlerde ve Adli Antropolojinin ilgili birimlerinde Akademik olarak daha fazla yer alması neticesinde, kulaktan yaş ve cinsiyet tahmini yapma konusunda 3B çalışmaların artacağını düşünmekteyiz.

Liu ve arkadaşlarının 2016 yılında, Online elde edilen görsellerin 3B olarak küresel ve yerel özelliklerine baktığı çalışmada 500 bireyden 2000 farklı sonuç elde edilmiştir ve en güncel kulaktan kimliklendirme çalışmalarından biri olarak literatürde yer almaktadır. Örneklemden elde edilen görüntüler 0-45 ve 90 derecelik açılarla rotasyona tabi tutulmuştur (Liu Y. ve ark., 2016). Bu tez çalışmasında rotasyona tabi tutma işlemi yapılmamıştır. Çünkü önceden belirlenen anatomik noktalar (landmarklar) için rotasyona tabi tutma işlemi başvurulan yöntemlerden biri

değildir. Ancak 3B çalışmaların genelinde rotasyon işlemi yapılmıştır. 2B çalışmaların rotasyona tabi tutulması için özel programların kullanılması gerekmektedir ve bunların neticesinde tam otomatik sisteme geçiş yapılmaktadır. Bu geçişin sonrasında 3B çalışmaya uygun veriler ortaya çıkmaktadır. İlerleyen çalışmalarda yukarıda da sıklıkla söz edildiği üzere Liu ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmaya benzer bir çalışmanın yapılmasını düşünmekteyiz. Çünkü elde edilecek veriler dünyada yapılan 3B çalışmalar ile kıyaslanabilecek ve varsa toplumlar arası varyasyonların ortaya konulmasında bilim insanlarına yararlı olacaktır.

Bandal ve arkadaşlarının 2016 yılında yapmış oldukları çalışma, 3B görüntülerden elde edilen verilerden biyometrik kimliklendirmenin, 2B çalışmaların ne kadar gölge, aydınlatma, rotasyona uğratma gibi sorunları iyileştirmeye tabi tutulsa da 3B çalışmalara göre daha az verimli olacağının önemli bir göstergesi olmuştur. Yarı otomatik 2B çalışmaların en iyi alternatifi olarak, tam otomatik ve teknolojinin imkanlarının daha iyi kullanıldığı 3B çalışmalarını göstermişlerdir (Bandal ve ark., 2016). Aslında Adli Bilimciler için, yalnızca biyometrik yöntemler ile insanları tanımlamak en bilimsel tekniklerden biri olacaktır. Ancak bu tez çalışmasında olduğu gibi elde edilen verilerin kalitesi ve tabi tutulan işlemlerin şekli de biyometrik verileri ele alarak yapılan çalışmaların çeşitliliğini göstermiştir. Bazı çalışmalarda 3B teknikler kesinlikle tavsiye edilirken, bazı çalışmalarda da yarı otomatik 2B çalışmaların iyileştirmelere uğrayarak tam otomatik olmayan ve araştırmacının da katkı sağladığı sistemleri daha detaylı açıklama konusunda önde görülmektedir. Bizim çalışmamızda ise 3B çalışmalar multi disiplinler anlayışla ve özel bir bütçe ile yapılmalıdır vurgusu ön plana çıkmıştır.

Tré ve arkadaşlarının üç farklı kurum ile ortaklaşa yaptıkları, Afet Kurbanlarını Kimliklendirme (DVI) ekiplerinin de katıldığı, ölüm öncesi ve sonrası kulak değişimlerini ölçmek üzere yapılan 3B çalışmasında ölüm öncesi 2B görüntüleri ile ölüm sonrası 3B verilerin karşılaştırıldığı çalışma önemli bir kaynaktır. Postmortem 70 yaş üzeri bir birey ile antemortem genç bir bireyin kulak lobule (memesi) şekil karşılaştırmasında uyumsuzluk net ortaya konulabilmiştir. Tré ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada 2B görüntülerin 3B veri karşılaştırılması yapıldığında her zaman olumlu sonuç verdiği ve yüksek kaliteli görüntülerde etkili olduğu gözlemlenmiştir (Tré ve ark., 2016). Bu tez çalışmasının 2B çalışma yöntemleri ile kulaktan yaş tahminleme oranlarına baktığımızda da, ölüm öncesi görüntülerden elde edilebilirse, ölüm sonrası bütünlüğü korunmuş olan kulağın 3B verileri ile kıyaslama yapılabileceği görülmektedir. Bu durum bu tez çalışmasının ülkemizde kulaktan yaş tahminleme konusunda önemli bir 2B veri tabanı oluşturulmasının ilk adımı olarak görülmesini sağlayacaktır.

Taura ve arkadaşlarının Nijerya'da yapmış oldukları araştırmada ise kulak boyutlarından yararlanılarak yaş tahmini yapılmış ve çalışmamıza benzer şekilde regresyon formülleri oluşturulmuştur. 137 erkek 82 kadın olmak üzere toplamda 219 bireyden elde edilen verilerle yaş ve kulak genişliği-uzunluğu arasında korelasyonu hesaplamaya çalışan Taura ve arkadaşları sonuç olarak, sol kulak uzunluğunda pozitif yüksek korelasyon ( $r = 0.24$ ,  $P < 0.001$ ) ve az da olsa sol kulak indeksini ( $r = 0.002$ ,  $P > 0.05$ ) hesaplamışlardır. Yaptıkları çalışmada yaş grupları 18-24 üzerinde yoğunudur ve geneli ise 40 yaş altı olarak görülmektedir. Bu tez çalışmasında ise üç farklı yaş grubu ele alınarak özellikle 60 yaş üzeri kulak memesi (lobule) değişikliği ile yaş tahminlemesinin ne kadar doğru olduğu ve özellikle yaş grupları arasında da

(Grup 1: %78,5705, Grup 2: %71,1960 ve Grup 3: %76,3200) farklılıklar olduğu gösterilmiştir. Ayrıca 11 landmark için ayrı ayrı regresyon formülü ortaya konularak, varyasyonları ve diğer önemli verileri sunan üç landmark (dördüncü, beşinci ve altıncı landmarklar) üzerinden yapılacak olan hesaplamalarla diğer sekiz landmarka bakılmaksızın daha hızlı sonuçların ortaya konulabileceği aktarılmıştır.

Bu tez çalışmasında ele alınan örneklem genel bir değerlendirme yapmak için yeterli değildir. Bu sebeple daha fazla örnekleme ulaşmak için, farklı bilimler ve kurumlar arası işbirliği ve gayret gerekmektedir. Ayrıca örneklemin sadece erkeklerle değil kadınların da dahil olduğu bir çalışma ile kıyaslama yapılması daha sonra çalışacak araştırmacılar için önemli bir durumdur. Fizik Antropoloji alanında çalışma yapan araştırmacıların ilerleyen zamanlarda kulaktan yaş tahmini konusunda çalışma yapması kaçınılmazdır; bu tez çalışmasında yapılamayan ve eksik kalan işlemlerin tamamlanması oldukça önemlidir.

Çalışmamızın örneklemini oluşturan il Ankara'dır. Kulaktan yapılan çalışmalara bakıldığında tek bir bölge yerine genele yayılan bir örneklem dağılımı görülmektedir. Ancak bu çalışmaların tamamında farklı enstitü ve kurumlarla işbirliği yapıldığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple bu çalışma Ankara ilinde sınırlı kalmıştır. İlerleyen zamanlarda örneklem üzerine daha farklı bir strateji ve işbirliği ile çalışma yapılması kaçınılmazdır.

Diğer çalışmalarda yapılan istatistiksel analizlere göre bu çalışmada daha fazla sayıda ve daha farklı analizler kullanılmıştır. Bu sebeple doğrulama işlemleri daha hızlı ve daha detaylı olmuştur. Öyle ki homolog noktalarda bir sapıklık var ise Scatter (saçılım) ile hemen tespit edilmiş ve o referans noktası üzerinden alınan ölçü tekrarlanmıştır. Bu sayede hata payı en aza indirilmiştir.

Diğer referans noktalı ve semi-landmark üzerinden yapılan çalışmalarda olduğu gibi bu tez çalışmasında da, seçilen referans noktalarının tamamı ile değil de sonuçları daha kolay verebilen noktaların seçildiği gözlemlenmiştir. Öyle ki 11 landmarktan dört, beş ve altıncı landmarkların istatistiksel analizler (özellikle PCA) sonucu yaş tahmini konusunda yeterli olduğu görülmüştür.

Yaş gruplarının beşerli veya onarlı değil de yirmişerli olarak ele alınmasının isabetli bir tercih olduğu, yapılan istatistiksel analizler sonrasında ortaya çıkmıştır. Özellikle 11 landmark içerisinde üç noktanın (dört, beş ve altıncı landmarklar) yaş gruplarında vermiş olduğu sonuçlar dikkate alındığında yaş aralığının geniş seçilmesinin önemi bir kez daha ortaya çıkmıştır. 2B çalışmaların 3B çalışmalara göre daha zor ve daha kolay yanları vardır. Özellikle Türkiye’de 3B teknolojilerinin ve özel yazılımların sahip olduğu kurumların azlığı sebebi ile bu tez çalışmasında olduğu gibi araştırmacılar genellikle 2B çalışmalara yönelmektedir. Ancak 3B çalışmalarda, 2B ve yarı otomatik çalışmalarda olduğu gibi manuel işlemler yapılmadığından yaş gruplarının özel yazılımlarla beşerli hatta üçerli yaş gruplarına inebileceği de unutulmamalıdır.

Kulağın biyolojik ve anatomik gelişimini tamamladığı yaş aralığı olan (18-20 yaş arası) dönemden sonra gruplama yapılmıştır. Bu sayede elde edilecek veriler daha net olacak ve sapmalar olmayacaktır. Nitekim çıkan sonuçlar da bize (cerrahi veya estetik operasyon geçirmemiş, doğuştan anomalisi olmayan gönüllüler seçildiğinden) yaş gruplamalarının başlangıç yaşının ne kadar doğru seçildiğini göstermiştir.

Bu tez çalışmasının konusuna yakın olan çalışmalar mevcuttur. Ancak doğrudan kulaktan yaş tahmini yapılan çalışmalara pek rastlanmamıştır. Bu sebeple

de karşılaştırma konusunda yeterli veriye ulaşamamıştır. Genelde cinsiyet üzerine yapılan tahmin çalışmaları vardır ve bu çalışmaların bazı bölümlerinde kulaktan yaş tahmini yapılabileceği hususunda detaylı olmayan açıklamalarla çalışmalar sonlandırılmıştır. Geometrik morfometrinin Fizik Antropolojide kullanımı çok fazla değildir. Ülkemizde geometrik morfometri tekniği ile kulaktan yaş tahmini konusunda yapılan çalışma olmadığından detaylı karşılaştırma da yapılamamıştır.

Bu tez ile amaçlanan, örneklem üzerinde geometrik morfometri analizleri ve bunların istatistiksel 15 farklı analiz ile ele alınarak kulaktan yaş tahmini yapmaktır. Ayrıca bu çalışma ile diğer hedeflenen durum ise geometrik morfometri tekniğinin Biyolojik Antropolojinin ve Adli Bilimlerin alt disiplini olan Adli Antropoloji çalışmalarında önemli bir kaynak olduğunun ortaya konulmasıdır. Bu sebeple tez çalışmasında uygulanan her aşama, detaylı açıklamaları yapılarak hem yazılı hem de (ilgili fotoğraflar eklenerek) görsel olarak araştırmacıların kullanımına sunulmuştur.

## 6. Sonuç

Bu tez çalışmasında yumuşak dokudan ve son yıllarda adli kimliklendirmede sıklıkla kullanılan kulaktan yaş tahmini yapılmıştır. Bu çalışma neticesinde belirlenen gruplar arasında, dış kulakta (auricle) anlamlı farklılıkların ve bazı benzerliklerin ortaya konulabilmesi ile adli bilimcilere destek olması düşünülmüştür.

1- 20-39 yaş arası, 40-59 yaş arası ve 60 yaş ve üstü bireyler göz önüne alındığında; bu üç veri grubunun anlamlı farklılıklar içerdiği tespit edilmiştir. Bireylerde yaş arttıkça bireylere ait verilerin elde edilen temel istatistik sonuçları aracılığıyla, seçilen landmark noktalarından uzaklaştığı ve değişkenliğinin arttığı gözlenmiştir. Bu tez çalışmasında beklentilerimizi doğrulayan yaş ile birlikte özellikle üç noktada ve en önemlisi kulak lobül (memesinde) yaşa bağlı varyasyon ortaya çıkmıştır.

2- Tüm gruplara artık analizi uygulandığında, tüm grupların normale yakın dağılım gösterdiği anlaşılmaktadır.

3- En küçük kareler yöntemi ile uygulanan regresyon analizi sonuçlarına dayanarak; her grubun regresyon eğim değerleri 0,60 sayısı civarında olup birbirine çok yakındır. Bu durumda, ele alınan landmark noktalarındaki büyümenin ölçeklenebilir bir seviyede olduğu anlaşılmaktadır. Sadece y koordinat değerleri; kesişim noktasının yaş arttıkça artmasından dolayı birinci maddedeki sonuçları destekler niteliktedir.

4- Basit doğrusal regresyonda elde edilen değerlerin determinasyon katsayısının çok düşük olması yani elde edilen regresyon modelinin açıklanabilirliğinin çok az olması sebebiyle çoklu regresyon analizine başvurulmuştur. Daha önce temel bileşenler

analizinde elde edilen temel bileşen değerlerinin varyans yüzdeleri göz önüne alınarak; özdeğer varyans yüzdeleri %5 ve yukarıdaki temel bileşenler, regresyon analizinde bağımsız değişkenler olarak ele alınmıştır. Yapılan çoklu regresyon analizi sonucunda, her grup için; her bir temel bileşene karşılık gelen landmark noktasının x ve y koordinatlarına karşılık gelen (2\*11=22 nokta) katsayıları elde edilmiştir. Böylece, iki boyutlu landmark noktalarına ait çoklu regresyon modeli oluşturulmuştur. **Çoklu regresyon analizi sonuçları incelendiğinde, mevcut 22 landmark verileri ile regresyon sonucu değerleri karşılaştırıldığında; Grup 1 için % 78.5705; Grup 2 için % 71.1960; Grup 3 için % 76.3200 oranlarında doğrulukla öngörüleme yaptığı görülmektedir.**

Genel Doğrusal modelde EK-2’de yer alan tabloda değişken tahminleri görülmektedir. Her landmark noktasının x eksenindeki nokta değerlerinin, her landmark noktasına ait y eksenine noktası için tahminleme yapılarak %5 önem düzeyin göz önüne alınmıştır. Bu durumda  $p \geq 0,05$  olan değerler model dışında bırakılmıştır.

$$Y1= 196,038-0,596X1-0,485X2+1,202X4+0,771X6+0,516X8+0,522X10$$

$$Y2=187,131-0,582X1+0,887X4+0,680X6+0,616X8-0,331X9+0,433X10$$

$$Y3= 173,244-0,433X1-0,528X3+0,958X4+0,619X6+0,516X8+0,467X10$$

$$Y4=176,411-0,370X1-0,363X3+0,593X4+0,566X6+0,658X8+0,418X10+0,359X11$$

$$Y5= 187,792-0,347X1+0,490X4+0,499X6+0,631X8+0,306X10$$

$$Y6= 133,802-0,540X1+0,537X4+0,593X8+0,391X10+0,297X11$$

$$Y7=155,210-0,336X1+0,252X4+0,392X6-0,656X7+0,919X8+0,274X10+0,353X11$$

$$Y8=147,678-0,360X1+0,413X6-0,365X7+0,858X8+0,288X10+0,269X11$$

$$Y9=79,119-0,369X1+0,275X2+0,422X4+0,321X8+0,254X10$$



$$Y_{10}=100,955-0,287X_1+0,378X_4-0,379X_7+0,644X_{10}$$

$$Y_{11}=81,980+0,216X_9+0,132X_{10}+0,134X_{11}$$

### **Tahminlenen Marjinal Ortalamalar**

- a.  $X_1 = 353,14$ ,  $X_2 = 269,03$ ,  $X_3 = 368,03$ ,  $X_4 = 506,80$ ,  $X_5 = 226,31$ ,  $X_6 = 264,09$ ,  $X_7 = 368,42$ ,  $X_8 = 420,71$ ,  $X_9 = 141,16$ ,  $X_{10} = 217,94$ ,  $X_{11} = 172,86$ .

Bu tez çalışmasının ortaya koyduğu en önemli sonuç; dış kulak görüntüsünden elde edilen verilerle referans noktaları (semi-landmarklar) üzerinden, geometrik morfometri tekniği kullanılarak yaş tahmininin yapılabilmesidir. Adli Antropologlara ve Adli Bilimcilere eldeki verilerin ve görüntü kalitesinin uygun olması durumunda, suçluların doğru teşhis edilebilmesine, dolayısıyla faili meçhul vakaların çözülebilmesine yardımcı olacaktır.

## 7. Öneriler

- 1- Çalışmada ele alınan örneklemin sadece erkek bireylerden oluşması kadınlarda kulakta oluşan yaşa bağlı değişmelerin ele alınmaması anlamına gelmiştir. Ancak toplumsal olgular, örtünme ve kullandıkları kulak takıları (küpe, piercing vs) nedeni ile geride kalan bu durum diğer çalışmalarda özel bir gayretle ele alınması ve mevcut erkek bireylerle de kıyaslanması önerilmektedir.
- 2- Çalışmada ele alınan örneklemin sadece Ankara bölgesinden olması sebebi ile örneklem sayısının ve bölge çeşitliliğinin artırılarak Türkiye'yi kapsayacak şekilde ele alınması özel proje destekleri ile onbinleri bulacak bir veri tabanı elde edilmesi önerilmektedir.
- 3- Çalışma iki boyutlu tekniklerle yapıldığından daha detaylı konun irdelenmesi ve gelişen teknolojilerle revize edilmesi açısından üç boyutlu özel tekniklerin kullanılarak yapılması önerilmektedir.
- 4- Çalışmada kullanılan 15 genel ve özel istatistik analizleri dışında geometrik morfometri ile çalışılabilecek ücretli spesifik analiz programları kullanılarak yeni bir çalışmanın yapılması önerilmektedir.
- 5- Adli Antropoloji ve kimliklendirme alanında Adli Antropologlar, Biyologlar, Yazılım Mühendisleri ve Görüntü uzmanlarından oluşan bir ekip kurularak geometrik morfometri alanında özel yazılımların ortaya konulması ve çalışmaların bu yazılımlarla daha detaylı ele alınması önerilmektedir.
- 6- Çalışmada ergenlik sonrası yaş aralığı örneklem olarak ele alınmış olup, çocuk suçlular için de 7-18 yaş arası ayrı bir planlama yapılarak, Fizik Antropoloji alanında güncel veri tabanı sunulması önerilmektedir.

7- İnsan dış kulağının Adli Bilimciler ve Adli Antropologlar tarafından biyometrik bir karakter olarak geniş kabul gördüğü günümüzde gelecek çalışmaların kulak biyometrisine dayalı sistemlerin genel kullanıma açık hale getirilmesine yönelik olması gerektiği görüşü yaygınlaşmaktadır. Bu sebeple biyometrik tanıma ya da doğrulama yapacak donanımların, yeni teknolojik veriler ışığında geliştirilmesiyle, kulağın bireylerde yaşlanmayla birlikte geçirdiği morfolojik değişimin incelenmesi önerilmektedir.

Yukarıdaki öneriler doğrultusunda yapılacak çalışmaların tamamlanması halinde uluslararası alanda Adli Antropolojik veri tabanları oluşturulması, hem bilim insanlarına hem de istihbarat ve güvenlik güçlerine katkı sağlanması düşünülmektedir.

## Kaynakça

1. Abaza, A. ve Ross, A., (2010), **Towards understanding the symmetry of human ears: A biometric perspective**. In: Fourth IEEE International Conference on Biometrics: Theory Applications and Systems (BTAS).
2. Abaza, A. ve arkadaşları, (2013), A survey on ear biometrics. **ACM Computing Surveys**, **45(2)**.
3. Abbas., A., ve Ruttu G.N., (2003), Forensic Web Watch, **Journal of Clinical Forensic Medicine** 10, 129–131.
4. Abbas., A. ve Ruttu, G., (2003), The Role of the Human Ear in the process of Forensic Identification, **BMedSci**.
5. Adams, D.C. ve arkadaşları, (2004), Geometric morphometrics: Ten years of progress following the revolution, **Italian Journal of Zoology**, 71(1), 5-16.
6. Adhikari, K. ve arkadaşları, (2015), A genome-wide association study identifies multiple loci for variation in human ear morphology, **Nature Communications**, | DOI: 10.1038/ncomms8500.
7. Ahmed A.A., (2014), A study of correlations within the dimensions of lower limb parts for personal identification in a Sudanese population. **Sci World J**;2014: 1–6.
8. Ahmed, A.A., (2013), Estimation of stature using lower limb measurements in Sudanese Arabs. **J Forensic Leg Med**; 20: 483–8.
9. Ahmed, A.A. ve arkadaşları, (2015), Estimation of sex from the anthropometric ear measurements of a Sudanese population, Elsevier, **Legal Medicine** 17, 313–319.
10. Al Nizami, H.A. ve arkadaşları, (2009), '**A biometric database with rotating head videos and hand- drawn face sketches**'. In: Proceedings of the 3rd IEEE international conference on Biometrics: Theory, applications and systems.

- BTAS'09. Piscataway, NJ, USA: IEEE Press.
11. Alberink, I. ve Ruifrok A., (2008), Repatability and Reproducibility of Earprint Acquisition, **J Forensic Sci**, Vol. 53, No: 2, 324-327.
  12. Alberink, I. ve Ruifrok A., (2007), Performance of the FearID earprint identification system. **Forensic Sci Int** 2007;166: 145–54.
  13. Alexander, M. ve arkadaşları, (1968), **Anthropometry of the Human Ear**, Aerospace Medical Research Laboratories Aerospace Medical Division Air Force Systems Command Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, AMRL-TR-67-203.
  14. Alexander, K.S, ve arkadaşları, (2009), A morphometric study of the human ear. **J Plast Reconstr Aesthet Surg** 2011;64: 41–7.
  15. Alibert, P. ve arkadaşları, (2001), Differentiation at a microgeographical scale within two species of ground beetle, *Carabusauronitens* and *C. nemoralis* (Coleoptera, Carabidae): A geometrical morphometric approach, **Zoologica Scripta** 30, 4, pp. 299- 316.
  16. Alma Ö. G. ve Vupa Ö., (2008), Regresyon analizinde kullanılan en küçük kareler ve en küçük medyan kareler yöntemlerinin karşılaştırılması. **SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi** 2008, 3(2) 219-229.
  17. An. D. ve arkadaşları, (2016), Effects of Varieties, Producing Areas, Ears, and Ear Positions of Single Maize Kernels on Near-Infrared Spectra for Identification and Traceability, **PLOS ONE**, DOI:10.1371/journal.pone.0161489.
  18. Anwar, A.S. ve arkadaşları, (2015), Human Ear Recognition Using Geometrical Features Extraction, Elsevier, **Procedia Computer Science** 65, 529 – 537.
  19. Arbab-Zavar, B, ve Nixon, M.S., (2011), On guided model-based analysis for ear biometrics. **Computer Vision and Image Understanding** 115(4), 487–502.

20. Armin, B.B. ve arkadaşları, (2011), **Partial Auricular Reconstruction**. Seminars in Plastic Surgery, 25(4): p. 249-256.
21. Aytek, İ., (2016), Antik Anadolu Toplumlarının Geometrik Morfometrik Karşılaştırılmaları, **Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Antropoloji Anabilim Dalı**, Doktora Tezi.
22. Aytekin, M.A. ve arkadaşları, (2007), Landmark based geometric morphometric analysis of wing shape in *Sibiricobombus Vogt* (Hymenoptera: Apidae: *Bombus Latreille*), **Annales de la Société entomologique de France (N.S.): International Journal of Entomology**, 43: 1, 95-102.
23. Azaria, R. ve arkadaşları, (2003), Morphometry of the adult human earlobe: a study of 547 subjects and clinical application. **Plastic Reconstructive Surgery**, 111(7): p. 2398-402; discussion 2403-4.
24. Bandal, P. ve arkadaşları, (2016), Biometric Identification Using 3D Ear Recognition System, **International Journal of Engineering Science and Computing**, Vol. 6, Issue No.4, pp: 3567-69.
25. Barut Ç. ve Aktunç E., (2006), Anthropometric Measurements of the External Ear in a Group of Turkish Primary School Students, **Aesth. Plast. Surg.** 30:255259, DOI: 10.1007/s00266-005-0182-1.
26. Barutçu, S., (2012), Geometrik Morfometri Yöntemi ile Cinsiyet Belirleme Üzerine Bir Örnek. **İstanbul Üniversitesi, Adli Tıp Enstitüsü, Fen Bilimleri Anabilim Dalı**, Doktora Tezi.
27. Bartel-Friedrich, S. ve Wolke, C., (2007), Classification and diagnosis of ear malformations. *GMS Current Topics in Otorhinolaryngology*, **Head and Neck**

**Surgery**, 6: p. Doc05.

28. Bass, W.M., (1979), Developments in the identification of human skeletal material (1968–1978) . **American Journal of Physical Anthropology**, 51 : 555 – 562.
29. Bass, W.M., (2001), A tribute to Ellis R. Kerley: The Kansas Years. **Journal of Forensic Sciences**, 46 (4): 780–781.
30. Bertillon, A., (1893), Identification anthropom'etrique; instructions signal'etiques. Impr. administrative, **Melun**.
31. Bertin, A., ve arkadaşları, (2002), Quantification of sexual dimorphism in *Asellus aquaticus* (Crustacea: Isopoda) using outline approaches, **Biological Journal of the Linnean Society**, 77, pp. 523–533.
32. Boczek, M., (2015), Ear Scan Based Biometric Authentication, **Patent Application Publication, US**.
33. Bolle, R. ve Pankanti, S., (1998), Biometrics, Personal Identification in Networked Society: Personal Identification in Networked Society, ed. K.J. **Anil: KluwerAcademic Publishers**.
34. Bookstein, F.L., (1996). Biometrics, biomathematics and the morphometric synthesis. **Bull. Math. Biol.**, Vol. 58(2); pp. 313–365.
35. Bookstein, F.L., (1991), Morphometric tools for landmark data, **Cambridge University Press**.
36. Bookstein, F.L., (1989), Principal Warps: Thin-Plate Splines and the Decomposition of Deformations, **IEEE Transactions on Pattern analysis and Machine Intelligence**, 11(6), 567-585.

37. Bozkır, M.G. ve arkadaşları, (2006), Morphometry of the external ear in our adult population, **Aesthetic Plast Surg**;30: 81–5.
38. Boztaş, M.H. ve arkadaşları, (2012), Severity of minor physical anomalies as a possible trait marker in schizophrenia. **Noropsikiyatri Arşivi**, 49(3): p. 188-191.
39. Brucker, M.J. ve arkadaşları, (2003), A morphometric study of the external ear: age and sex-related differences. **Plast Reconstr Surg** 112: 647–52 [discussion 53–4].
40. Byrd, H.S. ve arkadaşları, (2010), Ear molding in newborn infants with auricular deformities. **Plast Reconstr Surg**, 126(4): p. 1191-200.
41. Cardini, A. ve arkadaşları, (2007b), A geometric morphometric approach to the study of ecogeographical and clinal variation in vervet monkeys, **Journal of Biogeography**, 34 (10), 1663-1678.
42. Chattopadhyay, P.K., ve Bhatia, S., (2009), Morphological examination of ear: A study of an Indian population, **Legal Medicine** 11, S190–S193.
43. Chen, H. ve Bhanu, B., (2005), Contour matching for 3D ear recognition in Application of Computer Vision, 2005. **WACV/MOTIONS'05 Volume 1. Seventh IEEE Workshops on: IEEE.**
44. Chen, H. ve Bhanu, B., (2007), Human ear recognition in 3D, **IEEE Transactions on Pattern Analysis Machine Intelligence** 29 (4) 718–737.
45. Choraś, M., (2008), Perspective methods of human identification: Ear biometrics, **Opto-Electronics Review** March 2008, Volume 16, Issue 1, pp 85–96.
46. Claude, J., (2008), Morphometrics with R, Springer, United States, 314.



47. Coleman, M.N. ve Ross C.F., (2004), Primate auditory diversity and its influence on hearing performance. **The Anatomical Record Part A: Discoveries in Molecular, Cellular, and Evolutionary Biology**, 281(1): p. 1123-1137.
48. Corrucini, R. S., (1987), Shape in Morphometrics: Comparative Analyses. **American Journal of Physical Anthropology**, 73: 289-303.
49. Crawley, J.M., (2006), **The R book**, 949p.
50. Dalgaard, P., (2008), **Data sets and scripts for text examples and exercises in 'Introductory Statistics with R'**, 2nd ed., Springer Verlag, ISBN 978-0387790534.
51. Demiröz, B. E., (2012), **Temel Bileşenler Analizi (PCA) Çıkarımı**.
52. Dirkmaat, C. D., (2012), **A Companion to Forensic Anthropology**, Blackwell Publishing Ltd.
53. Draper, N.R. ve Smith, H., (1998), **Applied Regression Analysis Wiley Series in Probability and Statistics**.
54. El Kollali, R., (2009), Earlobe morphology: a simple classification of normal earlobes. **J Plast Reconstr Aesthet Surg**;62: 277–80.
55. Farkas, L.G. ve arkadaşları, (1992), **Anthropometric growth study of the ear Cleft Palate Craniofac J**;29: 324–9.
56. Faulds, H., (1880), On the skin-furrows of the hand. **Nature** 22(574), 605. Frye v.
57. Galdámez, P.L. ve arkadaşları, (2015), A small look at the ear recognition process using a\_\_hybridapproach, Elsevier, **Journal of Applied Logic**. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jal.2015.09.004>.
58. Galeria, V. ve arkadaşları, (2015), Anthropological study of ear tubercles in a Spanish sample, **Article in Homo-Journal of Comparative Human Biology** 66,

- Elsevier, 343–356.
59. Garnier, S. ve arkadaşları, (2005), When morphometry meets genetics: inferring the phylogeography of *Carabus solieri* using Fourier analyses of pronotum and male genitalia, **Journal of Evolutionary Biology**, 18, pp. 269–280.
60. Grgic, M. ve arkadaşları, (2011), 'SCface Surveillance cameras face database'. **Multimedia Tools Appl.** 51(3): 863-879.
61. Habiboghli, A. ve arkadaşları, (2014), SPROC - Academic World Education & Research Center. Ear Region Detection in Profile Face Images, **Global Journal on Technology**: 08, pp 67-73.
62. Hanif, J. ve arkadaşları, (2001), Lesson of the week: “high” ear piercing and the rising incidence of perichondritis of the pinna. **BMJ: British Medical Journal**, 322 (7291): p. 906.
63. Haviland, W.A., (1994), Wilton Marion Krogman. National Academy of Sciences. **Biographical Memoirs** 63:292 – 321.
64. Ho, T.S.A. ve Li, S., (2001), **Handbook Of Digital Forensics Of Multimedia Data And Devices**, U.K.
65. Hoogstrate, A.J. ve arkadaşları, (2001), **Ear identification based on surveillance camera images**. *Science & Justice*, 41(3), 167-172.
66. Hunt, D.R. ve Albanese, J., (2005), History and demographic composition of the Robert J. Terry Anatomical Collection. **American Journal of Physical Anthropology**, 127 (4): 406–417.
67. Iannarelli, A.V., (1998), Ear identification. Fremont, **California: Paramount Publishing Company**.
68. Iannarelli, A.V., (1964), Iannarelli System of Ear Identification, Foundation, New

York.

69. Iannarelli, A.V., (1989), Ear identification. **Paramont Publishing Company**.
70. Islam, S.M. ve arkadaşları, (2011), “Efficient detection and recognition of 3D ears,” **International Journal of Computer Vision**, vol. 95, no. 1, pp. 52–73.
71. İbrahim., A. ve Tharwat., A., (2014), Biometric Authentication Methods Based on Ear and Finger Knuckle Images, **IJCSI International Journal of Computer Science Issues**, Vol. 11, Issue 3, No 1.
72. İşcan, M.Y. ve Loth, S.R., (1986), Estimation of age and determination of sex from the sternal rib. In K.J. Reichs (ed.), **Forensic Osteology: Advances in the Identification of Human Remains** (pp. 68–89).
73. İşcan, M.Y., (1988), Wilton Marion Krogman, Ph.D. (1903–1987): the end of an era . **Journal of Forensic Sciences** 33 (6): 147 –1476.
74. İşcan, M.Y. ve Kennedy, K., (1989), **The Reconstruction of Life from the Skeleton**. Alan Liss, New York.
75. **Johnson, Z., (2003), Standard operating procedure for the taking of earprints.** Internal FearID report, <http://forensic.to/fearid/Procedure.doc>.
76. Jung, S.H., (2003), Surveying the dimensions and characteristics of Korean ears for the ergonomic design of ear-related products, **International Journal of Industrial Ergonomics** 31, p:361–373 Surveying.
77. Jungers, W.L. ve arkadaşları, (1995), Shape, relative size, and sizeadjustments in morphometrics. Yearb. **Phys. Anthropol.**, Vol. 38; pp. 137-161.
78. Kaur, M. ve arkadaşları, (2014), Analysis of facial soft tissue changes with aging and their effects on facial morphology: **A forensic perspective**, **Egyptian Journal of Forensic Sciences** 5, p:46–56.

79. Kearney, B., (2002), Variations of the External Ear in an Austaralian Population of the Purposes of Identification. **B.Sc.**
80. Kendall, D.G., (1984), Shape-manifolds, Procrustean metrics and complex projective spaces. **Bull. London Math. Soc.**, Vol. 16; pp. 81-121.
81. Kennedy, MB. ve arkadaşları, (1990), Structure and regulation of type II calcium/calmodulin-dependent protein kinase in central nervous system neurons. **Cold Spring Harb Symp Quant Biol** 55: 101– 110.
82. Kergoat, G.J. ve Alvarez, N., (2008), Assessing the phylogenetic usefulness of a previously neglected morphological structure through elliptic Fourier analyses: a case study in *Bruchus* seed-beetles (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae), **Systematic Entomology**, 33, 2, pp. 289-300.
83. Kerley, E.R., (1978 ), Recent developments in Forensic Anthropology . **Yearbook of Physical Anthropology**, 21.160 – 173.
84. Kleinberg, Krista, F., (2008), Facial anthropometry as an evidential tool in forensic image comparison. **PhD thesis.**
85. Koç T. ve Cengiz M.A., (2012), Genelleştirilmiş Lineer Karma Modellerde Tahmin Yöntemlerinin Uygulamalı Karşılaştırılması, **Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi / Karaelmas Science and Engineering Journal** 2 (2), 47-52.
86. Krogman, W.M. ve arkadaşları, ( 1948 ), A problem in human skeletal remains . **FBI Law Enforcement Bulletin**, 17 ( 6 ): 7 – 12.
87. Kuhl, F.P. ve Giardina, C.R., (1982), **Elliptic Fourier features of a closed contour, computer graphics and image processing**, 18, pp. 236-258.
88. Kumar, A. ve arkadaşları, (2011), Automated human identification using ear

- imaging. **Pattern Recognition**; 45(3): 956-968.
89. Kuru, M. (2009), Omurgalı Hayvanlar. 9. baskı, Ankara: **Palme Yayıncılık**.
90. Kursheed, F. ve arkadaşları, (2014), AR Model Based Human Identification using Ear Biometrics, **International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition** Vol.7, No.3, pp.347-360.
91. Lele, S. ve Richtsmeier, J.T., (1991), Euclidean distance matrix analysis: A coordinate free approach for comparing biological shapes using landmark data. **Am. J. Phys. Anthropol.**, Vol. 86; pp. 415–428.
92. Lestrel, P.E., (1982), A Fourier analytic procedure to describe complex morphological shape, In: A Factors and mechanisms influencing bone growth. Dixon, A.D. and Sarnat, B.G. (eds), **Alan Liss Inc.**, pp. 393–409, New York.
93. Liu Y. ve arkadaşları, (2016), Online 3D Ear Recognition by Combining Global and Local Features, **PLoS ONE** 11(12): e0166204. doi:10.1371/journal.pone.0166204.
94. Lynch, J.M., (2004), D'Arcy: **An online bibliography of landmark-based morphometrics**: <http://www.public.asu.edu/~jmlynch/geomorph/index.html>.
95. Lovejoy, C.O. ve arkadaşları, (1985), Chronological metamorphosis of the auricular surface of the ilium: a new method for the determination of adult skeletal age at death. **American Journal of Physical Anthropology**, 68:15–28.
96. Lugt. C., (2001), Ears And Earprints, Individualising Crime Scene Marks?!, **Problems of Forensic Sciences**, vol. XLVI, 38–45.
97. Maples, W.R. ve Browning, M., (1994), **Dead Men Do Tell Tales**. Doubleday, New York.
98. Marcus, L.F., (1990), Traditional morphometrics, In: Proceedings of the Michigan

- morphometrics workshop. Rohlf, F.J. and Bookstein, F.L. (eds), **University of Michigan Museum of Zoology**, pp. 77-122.
99. Meijerman, L. ve arkadaşları, (2004), et al. Exploratory study on classification and individualization of earprints, **Forensic Sci Int.**,140, 91–99
- 100.Meijerman, L. ve arkadaşları, (2004), Crosssectional anthropometric study of the external ear, FearID report.
- 101.Meijerman, L. ve arkadaşları, (2005), **Individualization of earprints: Variation in prints of monozygotic twins**, FearID report.
- 102.Meijerman, L. ve arkadaşları, (2005 b), Earprints in forensic investigations, **Forensic Science, Medicine and Pathology**, 1(4), 247–256
- 103.Meijerman, L. ve arkadaşları, (2007), Ear. **Journal of Forensic Sciences**, 52(2), 286-293.
- 104.Mitteroecker, P. ve Gunz, P.,(2009), Advances in Geometric Morphometrics, **Evol.Biol.** 36, 235-247.
- 105.Monti, L. ve arkadaşları, (2001), Elliptic Fourier analysis of the form of genitalia in two Spodoptera species and their hybrids (Lepidoptera: Noctuidae), **Biological Journal of the Linnean Society**, 72, pp. 391–400.
- 106.Moore, K.L. ve arkadaşları, (2013), **The developing human clinically oriented embryology**.
- 107.Murgod, V. ve arkadaşları, (2013), Anthropometric study of the external ear and its applicability in sex identification: assessed in an Indian sample, **Australian Journal of Forensic Sciences**, Vol. 45, No. 4, 431–444.
108. Nabiyev, V. (2009). Kulak Biometrisine Göre Kimlik Tespiti. **Mühendislik ve Teknoloji Sempozyumu**, pp: 279- 280.

109. Niemitz, C. ve arkadaşları, (2007), Human ears grow throughout the entire lifetime according to complicated and sexually dimorphic patterns--conclusions from a cross-sectional analysis. **Anthropologie Anzeiger**, 65(4): p. 391-413.
110. Nixon, M.S. ve arkadaşları, (2010), **On Use Of Biometrics In Forensics: Gait And Ear**.
111. Ocakoğlu, G. ve arkadaşları, (2013), The Shape of the External Human Ear: A Geometric Morphometric Study, **Türkiye Klinikleri Journal of Medical Sciences**, 33(1):184-90.
112. O'Higgins, P., (2000), The study of morphological variation in the hominid fossil record: biology, landmarks and geometry. **Journal of Anatomy**, 197: 103-120.
113. Ozeki, H., (2014), Development of the auricle and external auditory canal. **Adv Otorhinolaryngol**, 75: p. 30-5.
114. Önel, A., (2010), Elazığ ve Malatya İlleri Yabani Tavşan (*Lepus europaeus* Pallas, 1778) Populasyonlarının Geometrik Morfometrik Yöntemler Kullanılarak Karşılaştırılması, **Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı**, Doktora Tezi.
115. Özdamar, K., (2011), Paket Programlar ile İstatistiksel Veri Analizi, **Kaan Kitabevi**, 8.baskı.
116. Özden, B.,(2008), İran küçük bal arısı (*Apis florea* Fabricius) populasyonlarında geometrik morfometrik analizi, Bilim Uzmanlığı Tezi, **Karadokuz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak**.
117. Özenirler, Ç., (2010), Türkiye Bombus (Hymenoptera: Apidae, Bombus latreille) Türleri Sistematğinde Geometrik Morfometrik Yöntemlerin Kullanılması, **Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı**,

Yüksek Lisans Tezi.

- 118.Özer, İ., Sağır, M., Kandemir, İ. ve Güleç, E., (2009), Osmanlı Dönemi Kafataslarının Geometrik Morfometrik Analizi, 25. **Arkeometri Sonuçları Toplantısı**, 57-68.
- 119.Özkan Koca, A., (2012), Ortadoğu’da Yayılış Gösteren *Apis mellifera* L.(Hymenoptera: Apidae) Alttürlerinin Geometrik Morfometri Yöntemleriyle Analizi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, **Doktora Tezi**.
- 120.Yan, P., ve Bowyer, K.W., (2007), “**Biometric recognition using 3D ear shape**” Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on, vol. 29, no. 8, pp. 1297–1308.
- 121.Pavlinov, I.Y.,( 2001), **Geometric morphometrics, a new analytical approach to comparison of digitized images**. Information Tecnology in Biodiversity Research. Abstracts of the 2nd. International Symposium, St. Petersburg, pp. 41-90.
- 122.Pete, E., Lestrel, (1997), **Fourier descriptors and their applications in Biology**. Cambridge Univ. Press.
- 123.Pearson, K. ve Bell, J., (1919), **A study of the long bones of the English skeleton I, the femur (chapters 1 to 6)**. Draper’s Co. Res Mem (Biometric Series X). Department of Applied Statistics, University College, University of London, London.
- 124.Peer, P., (2005), **Cvl face database**, Computer vision lab.,faculty of computer and information science, University of Ljubljana, Slovenia.
125. Pflug, A., ve Busch, C., (2012), Ear biometrics: a survey of detection, feature



- extraction and recognition methods. *Biometrics*, **IET**, 1(2), 114-129.
126. Pflug, A., (2015), Ear Recognition: Biometric Identification using 2- and 3 Dimensional Images of Human Ears, **Doctor of Philosophy in Information Security**, Faculty of Computer Science and Media Technology Gjøvik University College.
127. Polihronakis, M., (2006), Morphometric analysis of intraspecific shape variation in male and female genitalia of *Phyllophaga hirticula* (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae), **Annals of the Entomological Society of America**, 99, pp. 144–150.
128. Pretorius, E. ve arkadaşları, (2004), Investigation into the usability of geometric morphometric analysis in assessment of sexual dimorphism, **Physical Anthropology**, 129 (1), 64-70.
129. Purkait, R., ve Singh, P., (2007), Anthropometry of normal human auricle: A study on adult Indian men. **J. Aesthet. Plast. Surg.**, 31:372-379.
130. Purkait R., (2013), Progression of growth in the external ear from birth to maturity: a 2- year follow-up study in India. **Aesthetic Plast Surg**;37: 605–16.
131. Purkait, R., (2015), Role of External Ear in Establishing Personal Identity - A Short Review, **Austin Journal of Forensic Science and Criminology**, Volume 2 Issue 2.
132. Ragan J. E. ve arkadaşları, (2016), Ear biometrics for patient identification in global health: a cross-sectional study to test the feasibility of a simplified algorithm, Ragan et al., **BMC Res Notes**, 9:484 DOI 10.1186/s13104-016-2287-9.
133. Rhine, S., (1998), **Bone Voyage: A Journey in Forensic Anthropology**. University of New Mexico Press.

- 134.Rohlf F.J. ve Archie J.W., (1984), A comparison of Fourier methods for the description of wing shape in mosquitoes (Ritera culicidae), **Systematic Zoology**, 33, pp. 302–317.
- 135.Rohlf, F. J., (1990), Morphometrics, **Annual Review of Ecology and Systematics**, 21, pp. 299-316.
- 136.Rohlf, F.J. ve Marcus, L.F. (1993), A revolution in morphometrics. **Trends Ecol. Evol.**, Vol. 8; pp. 129–132.
- 137.Rohlf, F.J., (2000), Geometric morphometrics and phylogeny, Department of Ecology and Evolution, **State University of New York, Stony Brook, New York, USA**.
- 138.Roy, S. ve Smith L.P., (2010), A novel technique for treating auricular hematomas in mixed martial artists (ultimate fighters). **American Journal of Otolaryngology**, 31(1): p. 21-24.
- 139.Sancak, B. ve Cumhuri M., (2010), Fonksiyonel anatomi : **Baş-boyun ve iç organlar**. 5. basım, Ankara, ODTÜ Yayıncılık.
- 140.Saranya, M. ve arkadaşları, (2016), **An Approach towards Ear Feature Extraction for Human Identification**, International Conference on Electrical, Electronics, and Optimization Techniques (ICEEOT).
- 141.Scheuer, JL., (2002), Application of osteology to forensic medicine. **Clin Anat** ;15: 297–312.
- 142.Shoaib. M., ve arkadaşları, (2016), Multi-resolution Analysis for Ear Recognition using Wavelet Features, **American Institute of Physics**, 1787, 080011, doi: 10.1063/1.4968150.
- 143.Sforza, C. ve arkadaşları, (2005), Morphometry of the ear in Down's syndrome

- subjects. A three-dimensional computerized assessment. **International Journal Oral Maxillofacial Surgery**, 34(5): p. 480-6.
- 144.Sforza, C. ve arkadaşları, (2009), Age-and sex-related changes in the normal human ear. **Forensic Science International**, 187(1), 110-e1.
- 145.Sforza, C. ve arkadaşları, (2011), Morphometry of the ear in north Sudanese subjects with Down syndrome: a three-dimensional computerized assessment. **J Craniofac Surg**; 22: 297–301.
146. Singh, D., (2014), A Survey on Human Ear Recognition System Based on 2D and 3D Ear Images, **Open Journal Of Information Security And Applications** ISSN(Print): 2374-6262 ISSN(Online): 2374-6289 DOI: 10.15764/ISA.2014.02003 Volume 1, Number 2.
147. Singh. K., ve arkadaşları, (2016), Incus Morphometry: A Possible Tool in Sex Determination, **Journal of Forensic Research**, Kamal et al., J Forensic Res 2016, 7:2.
- 148.Slice, D.E., (2007), Geometric Morphometrics, **Annual Review of Anthropology**, 261-281.
- 149.Sokal, R.R., ve Rohlf, F.J.,(1973), **Introduction to biostatistics**. **Freeman: SanFransisco**, 368 p.
- 150.Stewart, T.D., (1951), What the bones tell . **FBI Law Enforcement Bulletin** 20 (2): 2–5, 19.
- 151.Stewart, T.D., (1984), Perspective on the reporting of forensic cases. In T.A. Rathbun and J.E. Buikstra (eds), Human Identification: **Case Studies in Forensic Anthropology** (pp. 15 – 18 ). Charles C. Thomas, Springfield, IL.
- 152.Streeter, GL., (1922), Development of the auricle in the human embryo.

- Contribution to Embryology** (69), 111–139.
- 153.Suner, A., ve Çelikoğlu C.C. (2008), “Uygunluk Analizinin Benzer Çok Değişkenli Analiz Yöntemleri İle Karşılaştırılması” **İstatistikçiler Dergisi**, 1, 9-15.
- 154.Şahiner, Y., (2007), Erkek ve Bayanlarda Kafatası Kemiğinden Geometrik Morfometri Metoduyla Cinsiyet Tayini, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Anatomi (Vet) Anabilim Dalı, **Yüksek Lisans Tezi**.
- 155.Tandel, G.S. ve arkadaşları, (2012), Survey Report On Ear Biometrics System, International **Journal of Advanced Technology & Engineering Research (IJATER)**, ISSN No: 2250-3536 Volume 2, Issue 5, 97.
- 156.Tatlısamak, E.; ve arkadaşları, (2015), Asymmetry, Handedness and Auricle Morphometry Asimetría, Lateralidad y Morfometría de la Oreja, **Int. J. Morphol.**, 33(4):1542-1548.
157. Tatsuta, H., ve arkadaşları, (2004), Relationship between size and shape in the sexually dimorphic beetle *Prosopocoilus inclinatus* (Coleoptera: Lucanidae), **Biological Journal of the Linnean Society**, 81, pp. 219–233.
158. Taura, G.M., ve arkadaşları, (2015), Application of external ear morphometry in age prediction: a pilot study, **International Journal of Research in Medical Sciences** 3(7):1775-1779.
- 159.Tekin, V.N., (2009), SPSS Uygulamalı İstatistik Teknikleri (1.Baskı). Ankara, **Seçkin Yayıncılık San. ve Tic. A.Ş.**
- 160.Todd, T.W., (1921), Age changes in the pubic bone: II the pubis of the male Negro-white hybrid; III: the pubis of the white female; IV: the pubis of the female white-Negro hybrid. **American Journal of Physical Anthropology** 4:1–70.

161. Tré., G., ve arkadaşları, (2016), Human Centric Recognition of 3D Ear Models, **International Journal of Computational Intelligence Systems**, Vol.9, No.2, pp. 296-310.
162. Trotter, M., (1970), Estimation of stature from intact long limb bones . In T.D. Stewart (ed), **Personal Identification in Mass Disasters** (pp. 71–83). National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington DC.
163. Trotter, M. ve Gleser, G.C., (1952), Estimation of stature from long bones of American whites and negroes. **American Journal of Physical Anthropology**, 10: 463–524.
164. Tunalı, S., (2005), Erişkin Türk Bireylerde Auricula Morfometrisi ve Varyasyonları, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü: Ankara.
165. Ubelaker, D.H., (1997), Forensic Anthropology. In F. Spenser (ed), **History of Physical Anthropology: An Encyclopedia**, vol. 1 (pp.392 –396). Garland Publishing, New York.
166. Ubelaker, D.H. (1999), Aleš Hrdlička's role in the history of forensic anthropology. **Journal of Forensic Sciences**, 44 (4): 724–730.
167. Ubelaker, D.H., (2001), Contributions of Ellis R. Kerley to Forensic Anthropology. **Journal of Forensic Sciences**, 46 (4): 773–776 .
168. Kruskal, W.,H., ve Wallis, A.,W., (1952), "Use of ranks in one-criterion Varyans analysis, **Journal of the American Statistical Association**, Cilt 47 No.26 Say. 614–617.
169. Wolf, D.J., (1986), Forensic anthropology scene investigations. In Reichs, K.J. (ed). **Forensic Osteology:Advances in the Identification of Human Remains** (pp. 3 – 23 ).

- 170.Verma. P., ve arkadaşları, (2016), Morphological Variations and Biometrics of Ear: An Aid to Personal Identification, **Journal of Clinical and Diagnostic Research**, India.
- 171.Yahyaoğlu, Ö., (2015), Adli Bilimlerde Geometrik Morfometrik Yöntemlerin Uygulanması, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, **Yüksek Lisans Tezi**.
- 172.Yoshioka, Y., ve arkadaşları, (2004), Analysis of petal shape variation of *Primula sieboldii* by elliptic Fourier descriptors and principal component analysis. **Annals of Botany**, 94, pp. 657–664.
- 173.Zavar, A.B., (2014), **On Forensic Use of Biometrics, with Face and Ear Recognition**, John Wiley & Sons, Ltd.
- 174.Zelditch, M.L. ve arkadaşları, (2004), Geometric Morphometrics For Biologists: A Primer, Elsevier.

## Özet

Bu tez çalışmasında insanda kulak yapısının geometrik morfometrik analizi ile 20-39, 40-59 ve 60 yaş ve üzeri temel alınarak, üç farklı yaş grubunun iki boyutlu şekillere ait önceden belirlenen anatomik landmark noktalarının, x ve y düzlemindeki kartezyen koordinat sistemi üzerinde temellendirilmesine dayanarak yaş tahmininin yapılması amaçlanmıştır. Her gruptan 150'şer olmak üzere kulak şekli bozulmamış, sağlıklı ve estetik veya cerrahi operasyon geçirmemiş toplamda 450 erkek bireyin sol kulak resimleri alınmıştır. Bununla birlikte yaş grupları arasında belirlenen noktalar ele alınarak şekil farklılıklarının yaş tahmininde ne kadar etkili olduğu da araştırma amaçlarındandır. Bu tez çalışması, Türkiye'de yumuşak dokudan, dış kulaktan (auricle) yaş tahmini konusunda geometrik morfometri yönteminin kullanıldığı ilk çalışmadır ve bu yönüyle büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada üç yaş grubundan alınan iki boyutlu görseller 11 farklı landmark serisi üzerinden analiz yapılmıştır. Tip III ise başka landmarklara baz alınarak belirlenen noktalardır. Bu üç landmark tipinin yanı sıra bir eğri üzerinde eğri boyunca yer alan ve semi-landmark olarak adlandırılan noktalar da geometrik morfometri çalışmalarında kullanılabilirler. Tip III landmarklar semi-landmark olarak da adlandırılabilir ve bu yüzden bazı çalışmalarda Tip III landmarklar Tip II landmark olarak gösterilir (Aytek, 2016). 11 farklı landmark ise Tip II landmark dediğimiz, hem biyolojik hem de geometrik kriterlere göre belirlenen genel kullanım landmark çeşididir. Bu tez çalışmasında kullanılan semi landmark verileri ise hem Tip II hem de Tip III landmark sistemine dahildir ve iki farklı analiz programı ile detaylı ele alınarak yaş tahmini serileri oluşturulmuştur. Sonrasında ise 15 farklı

istatistiksel analiz ile detaylı bir çalışma ortaya konulmuştur. Ayrıca yaş grupları arasında temel farklılıkları açığa çıkaran noktalar da gösterilmiştir.

Bu tez çalışmasında, Antropoloji Bilimlerinin yeni gelişen alt disiplini olan Adli Antropoloji alanında geometrik morfometri metodu uygulanarak yapılmamış olan bir Doktora tezinin ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Bu maksatla 15 farklı istatistiksel analiz kullanılmıştır. Bunlar sırası ile; Temel Bileşenler Analizi (PCA), T Testi (Eşit Ortalamalar Testi), F Testi (Eşit Varyanslar Testi), Eşit Medyanlar Testi (Mann-Whitney Testi), Kolmogorov-Smirnov Testi, Tek Yönlü Varyans Analizi (One-way ANOVA), Normal Yapıya Göre Artık Analizi (Residual Analysis), Kruskal Wallis Testi, Normal Dağılım Testi, Doğrusal Uygunluk (Linear Fit), Normal En Küçük Kareler Regresyonu (Ordinary Least Squares Regression: G1X-G1Y), Saçılım (Scatter), Genelleştirilmiş Doğrusal Model (Generalized Linear Model), Morfoloji Procrustes Landmark Merkezli Uygunluk Analizi (Morphoj Procrustes Fit), Regresyon Analizi (Regression Analysis). Kullanılan 15 Analiz için tek tek modelleme yapılarak tezin istatistik verileriyle daha detaylı açıklanması sağlanmıştır.

Çoklu regresyon analizi sonuçları incelendiğinde, mevcut 22 landmark verileri ile regresyon sonucu değerleri karşılaştırıldığında; Grup 1 için % 78.5705; Grup 2 için % 71.1960; Grup 3 için % 76.3200 oranlarında doğrulukla öngörüleme yapıldığı görülmektedir.

Bu tez çalışmasının amacı Araştırmacıların, kulaktan yaş tahmini konusunda geometrik morfometri tekniğini uygulayarak alanında yapılmamış olan bir çalışmanın ortaya çıkarılabilmesini sağlamaktır.



## Summary

This study aims to make a prediction on ages of three different age groups, considering the 20-39, 40-59 and 60+ age-ranges based on the geometrical morphometric analysis of human ear structure, in regard to re-determined two-dimensional anatomical landmark points grounded on the cartesian coordinate system on x and y planes. The photographs left ears of 450 male participants, 150 from each age group, were taken. These participants are healthy individuals with no aesthetical or surgical operation and whose ear structures are not deformed. In addition, considering the determined distinguishing features among the age groups, it is also aimed to find out how effective the differences in ear forms are in the prediction of participants' ages. This thesis has significant importance for it is the very first study in the Republic of Turkey in which the morphometry method was used in age prediction based upon the soft issue, which is external ear.

In this study, two-dimensional visuals gathered from three age groups were analyzed on 11 different landmark serials. Type III is the points based on different landmarks. Besides these three landmark types, semi-landmarks, which are points landed on and through a catenary, can be used. Type III landmarks are also named as semi-landmarks, therefore, they can be mentioned as Type II in some studies (Aytek, 2016). 11 different landmarks are landmark types determined according to both biological and geometrical criterion and called as Type II landmarks. The semi-landmark data used in this study are included in both Type II and Type III landmark systems and analyzed in detail using two different analysis programs in order to constitute two different age prediction serials. Later, a more detailed study was

presented using 15 different statistical analysis. Besides, the points clarifying the basic differences between age groups were provided.

In this study, it is aimed to produce a doctoral thesis, implementing a not-previously-used method which is geometrical morphometry method in the field of Forensic Anthropology which is a sub-discipline of a newly-emerging Anthropology Sciences. For this purpose, 15 different statistical analysis were applied. These are, respectively, Principal Components Analysis (PCA), T-Test (Equal Means Test), F Test (Equal Variations Test), Equal Medians Test (Mann-Whitney Test), Kolmogorov-Smirnov Test, One Way Analysis of Variance (One-way ANOVA), Residual Analysis, Kruskal Wallis Test, Normal Distribution Test, Linear Fit, Ordinary Least Squares Regression:  $G1X-G1Y$ , Scatter, Generalized Linear Model, Morfoloji Procrustes Landmark Centered Convenience Analysis (Morphoj Procrustes Fit) and Regression Analysis. Each Analysis was modelled singly and the thesis was supported by detailed statistical data.

As the Multiple Regression Analysis indicates, and the present 22 landmark data and regression results were compared, it is observed that the true prediction rate is 78.5705% for Group 1; 71.1960% for Group 2 and 76.3200% for Group 3.

The aim of this study is to produce a first-in-the-field study using a geometrical morphometry method by researchers on age prediction based on ear structure of individuals.

**EK-1**

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
ETİK KURULU  
KARAR ÖRNEĞİ**

**Karar Tarihi : 01/08/2016**

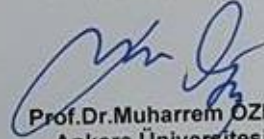
**Toplantı Sayısı: 18**

**Karar Sayısı :257**

257-Üniversitemiz Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi Antropoloji Bölümü Fizik Antropoloji Anabilim Dalı doktora öğrencilerinden **Arş.Gör.Vahdet Özkoçak**'ın "Anadolu İnsanında Kulağın Geometrik Morfometrik Analizi ile Yaş Tahmini" başlıklı doktora tezi ile ilgili 08/06/2016 tarihli "İnsan Üzerinde Yapılan Klinik Dışı Araştırmalar Başvuru Formu" Etik Kurulumuzca incelenmiştir.

Üniversitemiz Dil ve Tarih Coğrafya Fakültesi Antropoloji Bölümü Fizik Antropoloji Anabilim Dalı doktora öğrencilerinden **Arş.Gör.Vahdet Özkoçak**'ın "Anadolu İnsanında Kulağın Geometrik Morfometrik Analizi ile Yaş Tahmini" başlıklı çalışmasının araştırma protokolüne uyulması ve etik onay tarihinden itibaren geçerli olması koşuluyla uygulanmasının etik açıdan uygun olduğuna oy birliği ile karar verildi

**ASLININ AYNIDIR  
01/08/2016**



**Prof.Dr.Muharrem ÖZEN  
Ankara Üniversitesi  
Etik Kurulu Başkanı**

**EK-2**

Ayrıca genel lineer denklem kurularak modellemeler üzerinden tez çalışmasında yaş tahmin aralıkları belirlenmeye çalışılmıştır.

Tablo 71: Genel doğrusal modelde değişken tahminleri

		<b>Parametre Tahminleri</b>					
Bağımlı Değişken	Parametre	B	Std. Hata	t	Sig.	95% Güven Aralığı	
						Alt Sınır	Üst Sınır
Y1	Kesme	196,038	25,919	7,563	,000	145,098	246,977
	X1	-,596	,115	-5,192	,000	-,822	-,371
	X2	-,485	,207	-2,346	,019	-,891	-,079
	X3	-,193	,212	-,911	,363	-,611	,224
	X4	1,202	,150	8,006	,000	,907	1,497
	X5	-,353	,290	-1,219	,223	-,923	,216
	X6	,771	,218	3,538	,000	,343	1,200
	X7	-,188	,251	-,749	,454	-,680	,305
	X8	,516	,228	2,264	,024	,068	,963
	X9	-,228	,170	-1,343	,180	-,561	,106
	X10	,522	,184	2,835	,005	,160	,884
X11	,083	,177	,469	,639	-,265	,431	
Y2	Kesme	187,131	22,901	8,171	,000	142,123	232,139
	X1	-,582	,101	-5,734	,000	-,781	-,382
	X2	-,304	,183	-1,667	,096	-,663	,055
	X3	-,091	,188	-,487	,626	-,460	,277
	X4	,887	,133	6,690	,000	,627	1,148
	X5	-,116	,256	-,453	,651	-,619	,387
	X6	,680	,193	3,529	,000	,301	1,058
	X7	-,349	,221	-1,577	,115	-,784	,086
	X8	,616	,201	3,063	,002	,221	1,012
	X9	-,331	,150	-2,207	,028	-,625	-,036
X10	,433	,163	2,661	,008	,113	,753	

	X11	,185	,156	1,183	,237	-,122	,492
Y3	Kesme	173,244	22,947	7,550	,000	128,147	218,342
	X1	-,433	,102	-4,257	,000	-,633	-,233
	X2	-,205	,183	-1,120	,263	-,565	,155
	X3	-,528	,188	-2,806	,005	-,897	-,158
	X4	,958	,133	7,209	,000	,697	1,219
	X5	-,137	,257	-,535	,593	-,642	,367
	X6	,619	,193	3,207	,001	,240	,998
	X7	-,207	,222	-,934	,351	-,643	,229
	X8	,516	,202	2,559	,011	,120	,912
	X9	-,291	,150	-1,939	,053	-,586	,004
	X10	,467	,163	2,861	,004	,146	,787
	X11	,280	,157	1,788	,074	-,028	,588
Y4	Kesme	176,411	22,428	7,866	,000	132,333	220,490
	X1	-,370	,099	-3,727	,000	-,566	-,175
	X2	-,158	,179	-,886	,376	-,510	,193
	X3	-,363	,184	-1,973	,049	-,724	-,001
	X4	,593	,130	4,566	,000	,338	,848
	X5	-,267	,251	-1,064	,288	-,760	,226
	X6	,566	,189	3,001	,003	,195	,937
	X7	-,269	,217	-1,242	,215	-,696	,157
	X8	,658	,197	3,337	,001	,270	1,045
	X9	-,175	,147	-1,191	,234	-,463	,114
	X10	,418	,159	2,619	,009	,104	,731
	X11	,359	,153	2,345	,019	,058	,659
Y5	Kesme	187,792	19,622	9,570	,000	149,228	226,356
	X1	-,347	,087	-3,994	,000	-,518	-,176
	X2	,035	,157	,222	,824	-,273	,342
	X3	-,076	,161	-,471	,638	-,392	,240
	X4	,490	,114	4,312	,000	,267	,713
	X5	-,350	,219	-1,597	,111	-,782	,081
	X6	,499	,165	3,021	,003	,174	,823
	X7	-,366	,190	-1,931	,054	-,739	,006

	X8	,631	,172	3,658	,000	,292	,970
	X9	-,210	,128	-1,636	,103	-,462	,042
	X10	,306	,139	2,197	,029	,032	,580
	X11	,262	,134	1,959	,051	-,001	,525
Y6	Kesme	133,802	18,168	7,365	,000	98,097	169,508
	X1	-,540	,081	-6,706	,000	-,698	-,382
	X2	,191	,145	1,318	,188	-,094	,476
	X3	-,093	,149	-,622	,535	-,385	,200
	X4	,537	,105	5,105	,000	,330	,744
	X5	-,209	,203	-1,028	,305	-,608	,190
	X6	,172	,153	1,123	,262	-,129	,472
	X7	-,334	,176	-1,902	,058	-,679	,011
	X8	,593	,160	3,714	,000	,279	,907
	X9	-,191	,119	-1,611	,108	-,425	,042
	X10	,391	,129	3,032	,003	,138	,645
	X11	,297	,124	2,397	,017	,053	,541
Y7	Kesme	155,210	18,458	8,409	,000	118,935	191,485
	X1	-,336	,082	-4,111	,000	-,497	-,175
	X2	-,058	,147	-,392	,695	-,347	,232
	X3	-,088	,151	-,581	,561	-,385	,209
	X4	,252	,107	2,355	,019	,042	,462
	X5	-,145	,206	-,702	,483	-,551	,261
	X6	,392	,155	2,526	,012	,087	,697
	X7	-,656	,178	-3,679	,000	-1,007	-,306
	X8	,919	,162	5,668	,000	,600	1,238
	X9	-,159	,121	-1,317	,188	-,396	,078
	X10	,274	,131	2,089	,037	,016	,532
	X11	,353	,126	2,803	,005	,105	,600
Y8	Kesme	147,678	18,903	7,812	,000	110,527	184,829
	X1	-,360	,084	-4,294	,000	-,524	-,195
	X2	-,062	,151	-,413	,680	-,359	,234
	X3	-,094	,155	-,610	,542	-,399	,210
	X4	,064	,109	,582	,561	-,151	,279

	X5	-,223	,211	-1,054	,292	-,638	,193
	X6	,413	,159	2,598	,010	,101	,726
	X7	-,365	,183	-1,998	,046	-,724	-,006
	X8	,858	,166	5,167	,000	,532	1,185
	X9	-,111	,124	-,896	,371	-,354	,132
	X10	,288	,134	2,141	,033	,024	,552
	X11	,269	,129	2,090	,037	,016	,523
Y9	Kesme	79,119	15,205	5,203	,000	49,236	109,002
	X1	-,369	,067	-5,473	,000	-,501	-,236
	X2	,275	,121	2,263	,024	,036	,513
	X3	-,164	,125	-1,319	,188	-,409	,080
	X4	,422	,088	4,797	,000	,249	,595
	X5	-,126	,170	-,738	,461	-,460	,209
	X6	,250	,128	1,958	,051	-,001	,502
	X7	-,098	,147	-,665	,506	-,387	,191
	X8	,321	,134	2,400	,017	,058	,583
	X9	-,038	,099	-,380	,704	-,233	,158
	X10	,254	,108	2,355	,019	,042	,467
	X11	,057	,104	,554	,580	-,146	,261
Y10	Kesme	100,955	15,219	6,633	,000	71,044	130,865
	X1	-,287	,067	-4,262	,000	-,420	-,155
	X2	,073	,121	,604	,546	-,165	,312
	X3	-,118	,125	-,943	,346	-,363	,128
	X4	,378	,088	4,294	,000	,205	,552
	X5	-,003	,170	-,017	,987	-,337	,332
	X6	,121	,128	,948	,344	-,130	,373
	X7	-,379	,147	-2,573	,010	-,668	-,089
	X8	,247	,134	1,847	,065	-,016	,510
	X9	,003	,100	,032	,975	-,193	,199
	X10	,644	,108	5,956	,000	,432	,857
	X11	,022	,104	,216	,829	-,182	,227
Y11	Kesme	81,980	8,895	9,216	,000	64,497	99,462
	X1	-,062	,039	-1,576	,116	-,140	,015

X2	,128	,071	1,800	,072	-,012	,267
X3	-,027	,073	-,373	,709	-,170	,116
X4	,099	,052	1,929	,054	-,002	,201
X5	-,146	,099	-1,472	,142	-,342	,049
X6	-,007	,075	-,093	,926	-,154	,140
X7	-,120	,086	-1,397	,163	-,289	,049
X8	,110	,078	1,403	,161	-,044	,263
X9	,216	,058	3,718	,000	,102	,331
X10	,132	,063	2,093	,037	,008	,257
X11	,134	,061	2,200	,028	,014	,253

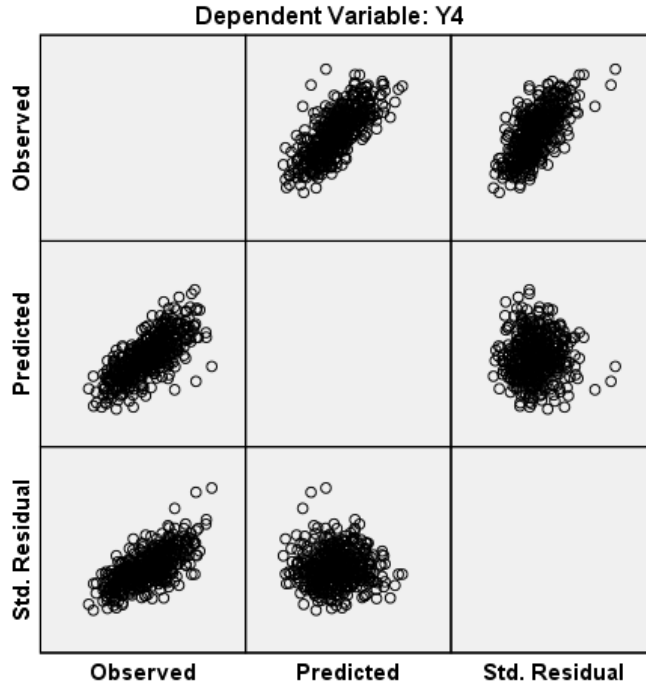




**EK-3****Genel Ortalama**

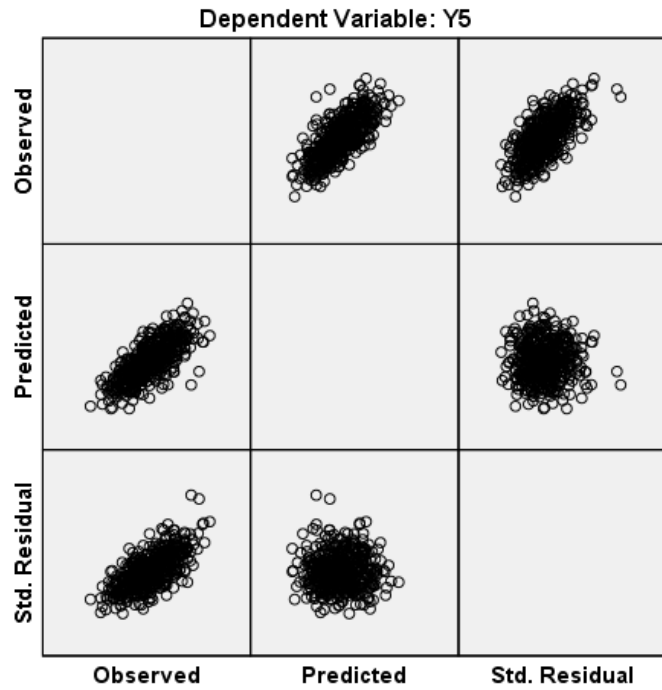
Tablo 72: Tahminlenen marjinal ortalamalar

Bağımlı Değişken	Ortalama	Std. Hata	%95 Güven Aralığı	
			Alt Sınır	Üst Sınır
Y1	760,346 <sup>a</sup>	3,067	754,318	766,375
Y2	679,344 <sup>a</sup>	2,710	674,018	684,671
Y3	638,739 <sup>a</sup>	2,716	633,402	644,076
Y4	564,950 <sup>a</sup>	2,654	559,733	570,166
Y5	560,158 <sup>a</sup>	2,322	555,594	564,722
Y6	466,724 <sup>a</sup>	2,150	462,498	470,949
Y7	430,167 <sup>a</sup>	2,184	425,874	434,460
Y8	380,270 <sup>a</sup>	2,237	375,873	384,666
Y9	372,985 <sup>a</sup>	1,799	369,448	376,521
Y10	308,281 <sup>a</sup>	1,801	304,741	311,821
Y11	184,110 <sup>a</sup>	1,053	182,041	186,179



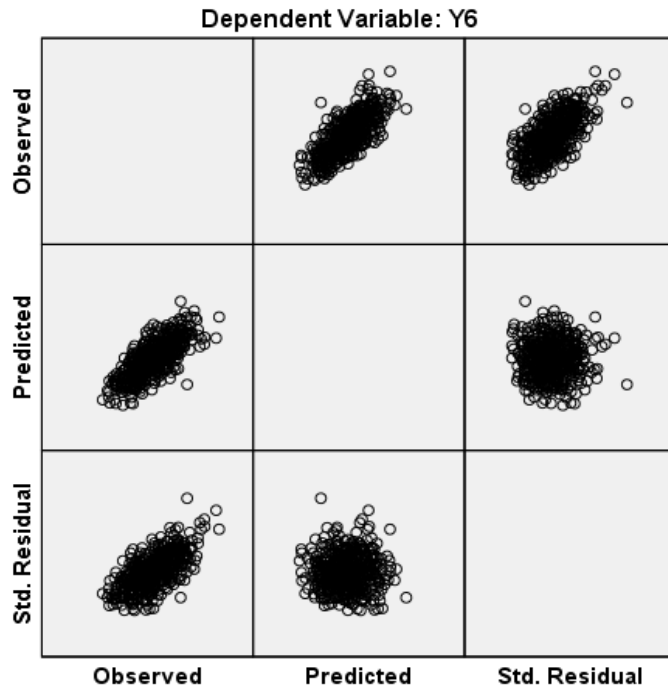
Model: Intercept + X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11

Şekil 64: Bağımlı değişken 4'te tahminlenen, gözlemlenen ve artık değerler



Model: Intercept + X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11

Şekil 65: Bağımlı değişken 5'te tahminlenen, gözlemlenen ve artık değerler



Model: Intercept + X1 + X2 + X3 + X4 + X5 + X6 + X7 + X8 + X9 + X10 + X11

Şekil 66: Bağımlı değişken 6'da tahminlenen, gözlemlenen ve artık değerler