



**BİREYLERİN VÜCUT ÖLÇÜMLERİNİ
İZLEYEBİLEN SİSTEMİN GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elif AKTEPE

Danışman

Doç. Dr. Uçman ERGÜN

BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2022

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANSTEZİ

BİREYLERİN VÜCUT ÖLÇÜMLERİNİ
İZLEYEBİLEN SİSTEMİN GELİŞTİRİLMESİ

Elif AKTEPE

Danışman

Doç. Dr. Uçman ERGÜN

BİYOMEDİKAL MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Temmuz 2022

TEZ ONAY SAYFASI

Elif AKTEPE tarafından hazırlanan “Tez Onay Sayfası” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 21/07/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği** ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Uçman ERGÜN

..... İmza.....

Başkan : Doç. Dr. Hüseyin POLAT
Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Uçman ERGÜN
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Gür Emre GÜRAKSIN
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun
...../...../..... tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Prof. Dr. İbrahimEROL
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

21 / 07 /2022

İmza

Elif AKTEPE

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİREYLERİN VÜCUT ÖLÇÜMLERİNİ İZLEYEBİLEN SİSTEMİN GELİŞTİRİLMESİ

Elif AKTEPE

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Uçman ERGÜN

Bu çalışmada, mezura ile yapılan vücut ölçümlerine gerek kalmadan bireyin belli açılarda fotoğraf çekimi ile tüm vücut ölçülerini fotoğraflama yöntemiyle elde edilmesi amaçlanmıştır. Birçok sağlık sorunlarının da kaynağı olan obezite ile mücadelede obezite hastalarının düzenli takibi önemlidir. Obezite hastalarının takibinde hastanın vücut ağırlığı ve vücuttaki yağ oranlarının hesaplanmasının yanı sıra yağlanmanın yoğun olduğu bölgelerdeki incelme oranlarının tespit edilmesi gereklidir. Vücut ölçümleri temelde mezura ile yapılmaktadır. Mezura ile alınan ölçümlerde her seferinde vücudun aynı yerinden ölçüm alınamaması, mezuranın yanlış konumlandırılması ve ölçümü alacak kişiye ihtiyaç duyulması geleneksel ölçüm yöntemindeki önemli sorunlardır. Ölçüm alınırken ölçüm alınacak kişi ile ölçüm alacak kişi arasında yakın temas olmasıyla Covid-19 pandemisinde sosyal mesafe kuralına uyulamadığı gözlemlenmiştir. Bu sorunlar çalışmanın çıkış noktası olmuştur. Mezura ile alınan ölçümlere alternatif olarak 3B tarayıcılar ve 2B fotoğraflar ile ölçü çıkarma teknikleri kullanılmaktadır. 3B tarayıcılar doğru ve temassız ölçüm almalarının yanında maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle erişilebilirlik konusunda sorunlar çıkmaktadır. 2B fotoğraflar ile çıkarılan vücut ölçümlerinin doğruluk payının yüksek olması, sonuçlarının güvenilir olması, temassız bir şekilde ölçüm alınması ve düşük maliyetlerle ölçüm işlemi gerçekleştirilmesinden dolayı bu çalışma da 2B fotoğraflar ile vücut formunun çıkarma yöntemi tercih edilmiştir. Sonuç olarak 2B fotoğraflama ile ölçü çıkarılırken *elips formülü* yerine 30 derece açı ile çekilmiş fotoğraflardan *kosinüs teoremi* ile vücut ölçümleri çıkartılabilmektedir. Geliştirilen

sistemin vücut ölçümlerinin alınmasının yanında tekstil sektöründe de bireyin temassız olarak beden ölçülerinin çıkarılmasına da fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

2022, xiii + 66 sayfa

Anahtar Kelimeler: Vücut ölçümü, görüntü işleme, kosinüs teoremi, obezite



ABSTRACT

M.Sc. Thesis

DEVELOPMENT OF A SYSTEM THAT CAN MONITOR INDIVIDUALS' BODY MEASUREMENTS

Elif AKTEPE

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Biomedical Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Uçman ERGÜN

In this study, it is aimed to obtain all body measurements of the individual by photographing at certain angles without the need for body measurements made with a tape measure. Regular follow-up of obesity patients is important in the fight against obesity, which is also the source of many health problems. In the follow-up of obesity patients, besides calculating the patient's body weight and body fat ratio, it is necessary to determine the thinning rates in the regions where fat is intense. Body measurements are basically made with a tape measure. Not being able to take measurements from the same part of the body every time in measurements taken with a tape measure, incorrect positioning of the tape measure and the need for a person to take the measurement are important problems in the traditional measurement method. It has been observed that the social distance rule could not be followed in the Covid-19 pandemic, as there was close contact between the person to be measured and the person to be measured. These problems have been the starting point of the study. As an alternative to the measurements taken with a tape measure, 3D scanners and 2D photographs and measurement techniques are used. Besides the fact that 3D scanners take accurate and non-contact measurements, there are problems in accessibility due to their high cost. In this study, the method of removing the body form with 2D photographs was preferred because the accuracy of the body measurements taken with 2D photographs is high, the results are reliable, measurement is taken without contact and the measurement process is carried out with low costs. As a result, body measurements can be obtained with the cosine theorem from

photographs taken at an angle of 30 degrees instead of the ellipse formula while measuring with 2D photography. In addition to taking body measurements, the developed system is thought to be beneficial for the non-contact body measurements of the individual in the textile sector.

2022, xiii + 66 pages

Keywords: Body measurement, image processing, cosine theorem, obesity



TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Uçman ERGÜN'e, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Elif AKTEPE

Afyonkarahisar 2022

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	II
ABSTRACT	iv
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
RESİMLER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	5
2.1 İnsan Vücudunun Ölçülerini Çıkarma Yöntemleri	5
2.1.1 Mezura ile Ölçü Çıkarma	5
2.1.2 Ultrasonik Mesafe Sensörü ile Ölçü Çıkarma.....	5
2.1.3 3B Tarayıcılar ile Ölçü Çıkarma	7
2.1.4 2B Fotoğraf ile Ölçü Çıkarma.....	10
2.2 Mobil Uygulama Geliştirme Platformları.....	12
2.2.1 Blok Tabanlı Mobil Uygulama Geliştirme Platformları	12
2.2.2 Blok Tabanlı Olmayan Mobil Uygulama Geliştirme Platformları	14
2.3 Veri Tabanları	15
2.3.1 Cloudinary.....	15
2.3.2 Firebase	15
2.4 Görüntü İşleme	16
2.4.1 Görüntü Segmentasyonu	16
2.4.2 Kenar Belirleme Algoritmaları	17
2.5 Kosinüs Teoremi.....	22
3. MATERYAL ve METOT	23
3.1 Mobil Uygulama	23
3.2 Mobil Uygulama Kontrollü Döner Tabla Tasarımı	26
3.3 Bireylerin 30 Derecede Dönmesi için Tasarlanan Çember	30
3.4 Fotoğrafların Matlab ile İşlenmesi.....	31
4.BULGULAR	39
4.1 Modellerden Alınan Görüntülerin Değerlendirilmesi.....	39

4.1.1 Farklı Mesafelerde Alınan Görüntülerin Değerlendirilmesi	41
4.1.2 Farklı Derecelerde Alınan Görüntülerin Değerlendirilmesi	43
4.1.3 Zayıf ve Kilolu Model Görüntülerin Değerlendirilmesi	46
4.1.4 Modellerden Alınan Görüntülerin Elips ve Kosinüs Teoremi Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	48
4.2 İnsan Görüntülerinin Değerlendirilmesi	50
4.2.1 Tripodun Farklı Yerden Yükseklik Değerleri Karşılaştırılması.....	52
4.2.2 Tripod ve Birey Arasındaki Mesafe Değerleri Karşılaştırılması	54
4.2.3 Gerçek İnsanda Kosinüs Teoremi ve Elips Formülü Sonuç Karşılaştırması	54
4.2.4 10 Bireyin Bel ve Basen Çevresi Sonuç Karşılaştırması	56
5.TARTIŞMA ve SONUÇ	59
6. KAYNAKLAR.....	61
ÖZGEÇMİŞ.....	66

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

mm	Milimetre
cm	Santimetre
mAh	Amper saat
px	Piksel
v	Volt
MP	Megapiksel

Kısaltmalar

2B	İki Boyutlu
3B	Üç Boyutlu
APK	Android Package Kit
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
GUI	Graphical User Interface
LED	Light Emitting Diode
LCD	Liquid Crystal Display
MIT	Massachusetts Institute of Technology
PLA	Polylactic Acid
SaaS	Software as a Service
SDK	Software Development Kit
SVM	Support Vector Machine
SQL	Structured Query Language
URL	Uniform Resource Locator

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Roberts kenar belirleme maskeleme gösterimi	19
Şekil 2.2 Sobel kenar belirleme maskeleme gösterimi.....	20
Şekil 2.3 Prewitt kenar belirleme maskeleme gösterimi	21
Şekil 2.4 Canny kenar belirleme maskeleme gösterimi	21
Şekil 2.5 Kosinüs teoremi üçgende uygulama örneği	21
Şekil 3.1 Döner tabla devresinin bağlantı şeması	29
Şekil 4.1 İnsan modeli üzerinde farklı mesafelerden alınan görüntülerin çevre hesabı sonuçları	41
Şekil 4.2 İnsan modeli üzerinde farklı açılarda alınan görüntülerin çevre hesabı sonuçları	44
Şekil 4.3 İnsan modeli üzerinde farklı açılarda alınan görüntülerin çevre hesabı sonuçları (bel çevresi için için yakınlaştırılmış grafik)	44
Şekil 4.4 Zayıf ve kilolu bireylerin vücut çevrelerinin karşılaştırma grafiği.....	48
Şekil 4.5 Kosinüs teoremi ve elips formülü ile çevre sonuçları grafiği	49
Şekil 4.6 Tripod yerden yükseklik ile çevre hesabı sonuçlarının grafiği	53
Şekil 4.7 Gerçek insan üzerinde kosinüs teoremi ve elips formülü ile çevre hesabı sonuçlarının grafiği.....	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Blok tabanlı mobil uygulama geliştirme platformları genel özellikleri	13
Çizelge 4.1 16 adet modelden alınan bel ve basen çevresi değerlerinin karşılaştırılması hata oranları	40
Çizelge 4.2 Farklı mesafelerden çekilen görüntülerden alınan bel çevresi değerlerinin karşılaştırılması	42
Çizelge 4.3 Farklı mesafelerden çekilen görüntülerden alınan bel çevresi değerlerinin karşılaştırılması	42
Çizelge 4.4 Farklı derecelerde alınan bel çevresi değerlerinin karşılaştırılması	44
Çizelge 4.5 Farklı derecelerde alınan basen çevresi değerlerinin karşılaştırılması	45
Çizelge 4.6 Zayıf ve kilolu birey modeli için X,Y ve Z değerleri	47
Çizelge 4.7 Zayıf ve kilolu birey modelleri için bel çevrelerinin karşılaştırılması	47
Çizelge 4.8 0,30,60,90,120,150,180 derecelerde alınan 7 fotoğrafın kosinüs teoremi uygulama sonuçları	49
Çizelge 4.9 Kosinüs teoremi ve elips formülü uygulama sonuçlarının karşılaştırılması	50
Çizelge 4.10 Tripod yerden yükseklik 69 cm bel ve basen çevresi sonuçları ve hata oranları	52
Çizelge 4.11 Tripod yerden yükseklik 89 cm bel ve basen çevresi sonuçları ve hata oranları	52
Çizelge 4.12 Tripod yerden yükseklik 109 cm bel ve basen çevresi sonuçları ve hata oranları	53
Çizelge 4.13 Tripod ve birey arasındaki mesafe değeri 170 cm için çevre hesabı sonuçları ve hata oranları	54
Çizelge 4.14 Tripod ve birey arasındaki mesafe değeri 190 cm ile çevre hesabı sonuçları ve hata oranları	54
Çizelge 4.15 Tripod ve birey arasındaki mesafe değeri 230 cm ile çevre hesabı sonuçları ve hata oranları	54
Çizelge 4.16 Gerçek insan üzerinde kosinüs teoremi ve elips formülü ile bel çevre hesabı sonuçları	55
Çizelge 4.17 Gerçek insan üzerinde kosinüs teoremi ve elips formülü ile basen çevre hesabı sonuçları	56
Çizelge 4.18 Gerçek insan üzerinde bel çevre hesabı sonuçları ve hata oranları	56
Çizelge 4.19 Gerçek insan üzerinde basen çevre hesabı sonuçları ve hata oranları	57

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 2.1 Sensör kullanarak boyut genişliği tahmini	8
Resim 2.2 Tasarlanan ölçüm platformu ve cihazın “a,b ve c” parametrelerini ölçümü... 9	
Resim 2.3 Vitronic markalı 3B tarayıcı	10
Resim 2.4 Nettolo mobil uygulama ara yüzü.....	12
Resim 2.5 3DLOOK mobil uygulama sayfaları.....	14
Resim 2.6 Kod Blokları	16
Resim 2.7 Grafik tabanlı segmentasyonu etkileşimli olarak uygulamak için Image Segmenter uygulamasını kullanma örneği	19
Resim 2.8 Roberts, Sobel, Prewitt ve Canny kenar belirleme algoritmalarının uygulama örnekleri.....	20
Resim 3.1 Mobil uygulama ana sayfa ekranı	24
Resim 3.2 Mobil uygulama açılı kontrol ekranı.....	25
Resim 3.3 Mobil uygulama görüntü yükleme ekranı.....	25
Resim 3.4 Döner tabla prototipi	26
Resim 3.5 Döner tablanın 3 boyutlu görseli	27
Resim 3.6 Step motor sabitleyici parçanın 3 boyutlu görseli	27
Resim 3.7 Step motora takılan parçanın 3 boyutlu görseli	27
Resim 3.8 Döner tabla devresi prototipi	28
Resim 3.9 30 dereceli çember görseli	30
Resim 3.10 Zemine sabitlenmiş 30 dereceli çember görseli.....	31
Resim 3.11 İnsan modellerinin fotoğraflarının çekildiği ortam.....	31
Resim 3.12 Matlab Image Segmentation uygulaması 1.adım.....	32
Resim 3.13 Matlab Image Segmentation uygulaması 2.adım.....	33
Resim 3.14 Matlab Image Segmentation uygulaması 3.adım.....	33
Resim 3.15 Matlab GUI ile geliştirilen ara yüz	34
Resim 3.16 Bireylerin stüdyo ortamında fotoğraflarının çekiliği ortam.....	35
Resim 3.17 Görüntü işleme basamakları	36
Resim 3.18 Çember içerisine yerleştirilmiş 30 dereceli 12 adet üçgen	37
Resim 4.1 İnsan modelleri.....	39
Resim 4.2 Aynı boydaki 5 adet insan modelleri	39
Resim 4.3 M12 numaralı insan modelinin farklı mesafelerden alınan görüntüleri.....	41
Resim 4.4 M15 Numaralı Model	43

Resim 4.5 Zayıf model.....	47
Resim 4.6 Kilolu model	47
Resim 4.7 LUMION programında hazırlanan 3B ortam	51
Resim 4.8 Çalışma kapsamında kullanılan tripod.....	52



1. GİRİŞ

Fazla kilo ve obezite, sağlık için risk oluşturan anormal veya aşırı yağ birikimi olarak tanımlanır. Bir bireyin zayıf, normal kilolu, aşırı kilolu veya obez olduğunu hesaplamak için vücut kitle indeksi hesabı kullanılır. Bu hesap bireyin kütlelerinin boyunun karesine bölünmesiyle elde edilir. Elde edilen değer 18,5'ten küçükse zayıf, 18,5 ile 24,9 arasındaysa normal, 25 ile 29,9 arasındaysa kilolu, 30 üzerinde olması obez olarak tanımlanır (Budakov vd. 2012).

Dünya çapında 1 milyardan fazla insan obezdir. Bunların 650 milyonu yetişkin, 340 milyonu genç ve 39 milyonu çocuktur. Bu sayı hala artmaktadır. DSÖ (Dünya Sağlık Örgütü), 2025 yılına kadar yaklaşık 167 milyon insanın fazla kilolu veya obez oldukları için daha az sağlıklı olacağını tahmin etmektedir. Obezite çoğu vücut sistemini etkileyen bir hastalıktır. Kalbi, karaciğeri, böbrekleri, eklemleri ve üreme sistemini etkiler. Tip 2 diyabet, kardiyovasküler hastalıklar, hipertansiyon ve felç, çeşitli kanser türleri ve ayrıca zihinsel sağlık sorunları gibi bir dizi bulaşıcı olmayan hastalığa yol açmaktadır. Obezitesi olan kişilerin de Covid-19 için hastaneye yatırılma olasılığı üç kat daha fazladır (DSÖ 2022).

Günümüzde Covid-19 pandemisinde insan hareketliliğinin azalmasıyla obezite hastalarının sayısında daha hızlı artışlar meydana gelmektedir. Obezite takibinde diyetisyen tarafından uygulanan diyetin kontrol edilmesi ve hastanın bu süreçte ne kadar zayıfladığının analiz edilmesi önemlidir. Bu analizin vücut ağırlığından anlaşılmasının yanı sıra hastanın vücut ölçümleri çıkarılarak yağlanmanın çok olduğu bölgelerde ne kadar incelme olduğu tespit edilmesi gereklidir.

Bireylerin vücut ölçümlerinin çıkarılmasında antropometri tekniği kullanılmaktadır. Antropometri, insan vücudunun nasıl ölçüleceğinin incelenmesidir. Genel antropometri, tüm veri toplama, belgeleme, özetleme ve analiz sürecini içerir (Zakaria ve Gupta 2019). Daha dar anlamda antropometri, uzunlukların, genişliklerin, yüksekliklerin, çevrelerin vücut bölümlerini ve genel vücut şeklini sayısal olarak tanımlamak için kullanıldığı vücut ölçümü bilimi olarak tanımlanabilir (Allen vd. 2003). Antropometri tıp, fitness ve moda

endüstrisi vb. alanlarda kullanılmaktadır (Casadei ve Kiel 2019, Donlic 2019, Heymsfield vd. 2018, Zakaria ve Gupta 2019,). Antropometrik ölçümler ise bireydeki büyüme ve gelişmenin takibinde, vücut bölümlerinin birbirine oranlarının tespit edilmesinde, vücut kompozisyonu ve yeterli beslenme takibinde kullanılmaktadır (ISO 2010, KS A ISO 2008).

Antropometrik ölçümlerin bazıları mezura ile yapılmaktadır. Mezura ile alınan ölçümlerde her ölçümün aynı yerden alınamaması, aletlerin yanlış konumlandırılması yanlış ölçümlerin alınmasına ve ölçüm alırken zaman harcanması geleneksel ölçüm yöntemindeki önemli sorunlardır. Bunlara ek olarak bu ölçümü alacak bir kişiye ihtiyaç duyulması, ölçüm alacak kişide yorgunluğa sebep olması, hasta ile ölçüm alacak kişi arasında sosyal mesafe kuralına uyulamaması gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Ama günümüzde Covid-19 salgınında uyulması gereken sosyal mesafe kuralı nedeniyle ölçüm alınacak kişi ile ölçüm alacak kişi arasında yakın temas olması bu çalışmanın çıkış noktası olmuştur.

Geleneksel yöntem olan mezura ile ölçü çıkarma yöntemine alternatif olarak 3B (üç boyutlu) tarayıcı sistemleri ile insan vücudu ölçümleri çıkarılmaktadır. Vücut ölçümleri 3B tarayıcı kullanılarak otomatik olarak elde edilebilir. Hem karşılaştırılabilir olmasını hem de tekrarlanabilir olmasını sağlamak için, vücut ölçümleri, ölçüm duruşları ve vücut işaretlerinin tanımı yoluyla standartlaştırılır. Manuel ölçüm standart olmasına rağmen, birçok rapor insan uzman ölçüm cihazlarının ve 3B tarayıcıların karşılaştırılabilir doğruluklar elde ettiğini ve tekrarlanabilir olması genellikle 3B tarayıcılar için daha iyi olduğunu ifade etmişlerdir (Koepke vd. 2017, Kouchi ve Mochimaru 2011, Medina-Inojosa vd. 2016).

3B tarayıcıları uzman ölçüm cihazlarına göre kullanmanın bir başka avantajı da ölçüm hızıdır. Otomatik taramanın süresi genellikle birkaç saniyenin altındadır ve yüksek kaliteli taramalar için bu süre 30 saniyeye kadar çıkabilir. Bu nedenle, ilk ticari 3B vücut tarayıcıları 1990'lerde ortaya çıkmıştır ve maliyeti yüksektir. Ayrıca eğitilmiş personel ve kapsamlı işlemler gerektiriyordu (Daanen ve van de Water 1998, Olds ve Honey 2006). Tarama teknolojisi şu anda performans açısından insan ölçüm cihazlarıyla

karşılaştırılabilmektedir (Bogo vd. 2014, Hasler vd. 2009, Zhang vd. 2017). Fakat maliyet açısından çok pahalı olmaları sistemlerin erişebilir olması konusunda sıkıntılar çıkarmaktadır.

3B tarayıcılara alternatif olarak 2B (iki boyutlu) fotoğraf çekerek vücudun ölçüleri çıkarılabilmektedir. Bu teknikte bireyin önden ve yandan görüntüleri çekilmektedir. Çekilen görüntüler görüntü işleme tekniklerinden olan kenar belirleme algoritmaları kullanılarak insan vücudunun silueti çıkarılabilmektedir. Çıkarılan siluetler üzerinde *elips çevre formül* ile göğüs, bel ve basen gibi istenen bölgelerin çevreleri hesaplanabilmektedir (Lin ve Wang 2011, Luo 2017, Sehgal vd. 2018).

Geleneksel yöntem olan mezura ile antropometrik ölçü çıkarma ve gelişmiş teknoloji yöntemlerinin kullanıldığı 3B tarayıcılar yerine 2B görüntüler ile antropometrik ölçü çıkarma yönteminin tercih edilmesinin nedeni hem kolay hem de maliyet gerektirmeyen bir yöntem olmasıdır. Bu çalışmada 2B görüntüler ile antropometrik ölçü çıkarma yöntemleri kullanılmıştır.

Bu çalışma ile bireyin bulunduğu yerden, başka bir kişiye ihtiyaç duymadan şahsi cep telefonu üzerinden fotoğraf çekimi ile tüm vücut ölçülerinin fotoğraflama yöntemiyle elde edilmesi amaçlanmıştır. Kişinin şahsi görüntülerinin kendi telefonunda veya bilgisayar ortamında işlenebilmesi için görüntü işleme algoritmaları kullanılmalıdır. Bu nedenle çalışma kapsamında görüntü işleme teknikleri araştırılması gerekmektedir. Kişinin bulunduğu konumda çektiği fotoğrafları değerlendirilebilmesi için arka planın temizlenmesi ve kenar tespit algoritmalarının kullanılması gerekmektedir.

Literatürde 90 derece farkla önden ve yandan fotoğraflar ile çalışılmıştır. Vücut formunun elips veya daire gibi hesaplanabilir bir geometrik şekle benzememesi nedeniyle ön ve yandan alınan 2 fotoğraf ile yapılan çalışma hesaplama hatasına yol açacaktır. Önden veya yandan çekilen fotoğraflar yerine daha fazla fotoğraf kullanılarak gerçeğe yakın ölçülere ulaşılabilir. Bu fotoğraflar görüntü işleme teknikleri ile işlenerek kişinin vücut ölçülerinin belli bir hata oranıyla hesaplanması mümkündür.

Yapılan çalışma ile elde edilen vücut ölçümlerinin sadece sağlık alanında değil tekstil gibi diğer endüstrilerde de pek çok faydalı uygulamaya zemin hazırlayacağı düşünülmektedir. Bütün dünyayı kasıp kavuran pandemi sürecinde insanlar e-ticarete yönelmişlerdir. Fakat her bireyin vücut ölçüleri farklı olduğu için özellikle tekstil sektöründe bazı kişiler bedenine uygun kıyafeti bulma konusunda sıkıntılar yaşamaktadır. Kişinin vücut ölçülerin belirlenmesi ile firmaların kişiye göre tasarım yapması uygun olacaktır. Bu çözümün kullanılması ile rekabetçi bir piyasa olan tekstil sektöründe firmaları bir adım öteye taşıyacaktır.

Tez çalışması 5 temel bölümden oluşmaktadır. Literatür Bilgileri başlığı altında; insan vücudunun ölçülerini çıkarma yöntemleri, görüntü işleme teknikleri, mobil uygulama geliştirme platformları ve *kosinüs teoremi* açıklanmıştır. Ayrıca insan vücudunun ölçülerini çıkarma yöntemleri ve bugüne kadar literatürde konu ile ilgili yapılan akademik çalışmalar irdelenmiştir. Tezin Materyal ve Metot bölümünde mobil uygulama kontrollü döner tabla test düzeneği anlatılmış ve Matlab GUI (Graphical User Interface) ile hazırlanan ara yüz açıklanmıştır. Bulgular bölümünde mobil uygulama kontrollü döner tabla ile uygulamaya tabi tutulan insan modellerinin ve gerçek insanların gerçek vücut ölçümleri ile hesaplanan vücut ölçüm sonuçları kıyaslanmıştır. Tezin son bölümü olan Tartışma ve Sonuçlar başlığı altında çalışmanın sonuçları değerlendirilmiştir ve diğer araştırmacılara öneriler verilmiştir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

2.1 İnsan Vücudunun Ölçülerini Çıkarma Yöntemleri

Günümüzde insan vücudunun antropometrik ölçüleri yaygın olarak mezura ile çıkarılmaktadır. Mezura ile alınan ölçümlerde her ölçümün aynı yerden alınamaması, aletlerin yanlış konumlandırılması yanlış ölçümlerin alınmasına neden olmaktadır. Bunlara ek olarak ölçümü alacak bir kişiye ihtiyaç duyulması, hasta ile ölçüm alacak kişi arasında yakın temas olması ve ölçüm sonuçlarında doğruluk payının düşük olması gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunlara çözüm olarak ultrasonik mesafe sensörü, 3B tarayıcılar ve 2B fotoğraf ile ölçü çıkarma yöntemleri kullanılmaktadır.

2.1.1 Mezura ile Ölçü Çıkarma

Mezura, şerit metre olarak bilinen, vücudun boy ve çevre ölçümlerini çıkarmakta kullanılan 15 mm kalınlığında ve milimetre cinsinden ölçülendirilmiş ölçme aletidir. Mezura ile ölçüm alınırken vücuda tam oturan dar kıyafetler tercih edilmelidir. Ölçü alınırken mezurayı ölçüyü bozacak kadar çok sıkıştırmamak şartıyla mezura sıkı tutulmalıdır. Ölçümdeki değer en yakın bir üst ölçüye yuvarlanmalıdır (Kılıç 2011).

2.1.2 Ultrasonik Mesafe Sensörü ile Ölçü Çıkarma

Ly vd. (2018), ultrasonik sensör olan SRF-04'ü kullanarak insan vücut boyutlarını tahmin etmek için düşük maliyetli, verimli bir cihaz tasarlanmıştır. Bu sensör, 300 cm'ye kadar yakın mesafede iyi ölçümler sağlamaktadır. Ayrıca, bir insan vücudunun boyutları ve ağırlığı arasındaki yakın ilişkiyi kullanarak, ölçülen boyutlardan insan vücut ağırlığını tahmin etmek için uygun bir yaklaşım sunmuşlardır. Farklı vücut şekillerine sahip 50 erkek ve kadından oluşan gönüllü grubu ile ölçümler ve tahminler şeklinde çalışılmıştır. Önerilen yöntemin iyi sonuçlar verdiğini kanıtlanmıştır. Çünkü boyutları %0,3'ten daha az ortalama hata ile ve ağırlıkları %2,8'den daha az ortalama hata ile tahmin etmişlerdir. Ölçülen boy daha az hata ile gerçek yüksekliğe çok yakınken, ağırlık ölçüm işlemi hala bazı önemli hatalar olduğunu tespit etmişlerdir. Kişi nefes aldığı bir insan vücudunun derinliği değiştiği için bu anlaşılabilir bir durumdur. Solunum, insan

vücudunun hacminde değişikliğe ve ardından ağırlık ölçümünde hataya yol açar. Ayrıca kişinin üzerindeki kıyafetlerde sonuçların hatalı olmasına neden olan unsurlardan biridir. Bu nedenle ölçümler sırasında kişilerin nefeslerini tutmalarını ve vücudunu saran giysiler giymeleri önerilmektedir. Resim 2.1’de görüldüğü gibi b değerinden a değeri çıkarıldığında boyut genişliği hesaplanabilmektedir.



Resim 2.1 Sensör kullanarak boyut genişliği tahmini (Ly vd. 2018).

Bilgin vd. (2017), ultrasonik sensörler yardımıyla pantolon bedeni belirleyebilen cihaz tasarımı yapmışlardır. Yapılan çalışmada HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü, Arduino ve LCD (Liquid Crystal Display) kullanmışlardır. Ultrasonik mesafe sensörü ile bireyin belinin en ve boy değerlerini hesaplamışlardır. Belin en değerlerini elipsin kısa çapı, belin boy değerlerini ise elipsin uzun çapı olarak kabul etmişlerdir. Elipsin çevre hesabı formülünden belin çevresini hesaplamışlardır. Ayrıca iç bacak uzunluğunu da ultrasonik mesafe sensörü ile tespit etmişlerdir. Bel çevresi ve iç bacak uzunluğu sayesinde bireyin pantolon bedenini belirlemişlerdir. Resim 2.2’de tasarlanan ölçüm platformu ve a değeri belin en değeri, b değeri belin boy değeri c ise bacak boyu değeri görülmektedir.



Resim 2.2 Tasarlanan ölçüm platformu ve cihazın “a,b ve c” parametrelerini ölçümü (Bilgin vd. 2017).

2.1.3 3B Tarayıcılar ile Ölçü Çıkarma

3B tarayıcı ile moda ve konfeksiyon endüstrisinde vücut ölçü tespiti, sayısal veri tespiti, görsel veri sonuçları, beden analizi, ürün geliştirme ve uygun kıyafet elde etme gibi işlemler gerçekleştirilebilir (Yüksel vd. 2019).

3B tarayıcılar nesnenin 3B modelini elde etmek için kullanılmaktadır. Mevcut olan bir nesneyi 360 derece dönebilen mekanizmanın üzerine yerleştirilmesi ile veya nesnenin sabit 3B tarayıcının nesnenin etrafında dönmesi ile 3B model elde edilir. Elde edilen 3B model aynı boyutta, küçük boyutta veya daha büyük boyutlarda 3B yazıcı ile çıktısı alınabilir.

Piyasadaki ilk sistem, göbek gibi çukurlukların kapatılması gibi sınırlamaları olan bir tarayıcıdır. Daha sonra çoğu sistem lazer tabanlı hale gelmiştir. Yaklaşık 20 saniyede yukarıdan aşağıya hareket eden gövdeye yatay bir çizgi yansıtılmıştır. Belli bir açı altında bir kamera görüntüyü yakalamıştır ve nesnenin kameraya olan mesafesini hesaplamak için trigonometri kullanılmıştır. Lazer tarama kullanan tipik sistemlere Vitronic, Cyberware ve Hamamatsu örnek verilebilir (Daanen ve Psikuta 2018). Resim 2.3’de Vitronic markalı 3B tarayıcı görülmektedir.



Resim 2.3 Vitronic markalı 3B tarayıcı (İnt.Kyn.10).

Moda endüstrisi için tarayıcılar, görsel dikkat dağınıklığını en aza indirirken bir giysinin vücutla ilişkisinin doğru 3B temsiliyi yakalar (Ashdown vd. 2004). Bireyin ya da 3B tarayıcının 360 derece dönebilen hareketli mekanizmalar üzerine yerleştirilmesiyle bireyin 3B modeli elde edilmektedir. Elde edilen model üzerinden bireyin vücut ölçüleri çıkarılmaktadır. Çıkarılan ölçülere uygun giysiyi birey sanal deneme kabinleri sayesinde üzerinde görebilmektedir. 3B görüntü, taramanın geçerliliğine ilişkin anında değerlendirmeye olanak tanır. Tekrar ölçüme gerek kalmadan çeşitli giysiler için boyutlar aynen kullanılabilir. Bu teknoloji kullanılarak elde edilen ölçümler, geleneksel ve fiziksel ölçüm süreciyle elde edilenlerden daha kesin ve tekrarlanabilir. Ölçüm verileri herhangi bir zamanda yenilenebilir veya revize edilebilir. (Apeagyei vd. 2010). Fakat bazı 3B tarayıcılar boyut olarak büyük olmaları ve maliyet olarak pahalı olmalarından dolayı daha az tercih edilmektedir.

Seo (2020), Kinect sensörü kullanarak bel çevresini otomatik olarak ölçme olasılığını araştırmak için 19 gönüllüden oluşan veri seti hazırlamıştır. Her kişinin derinlik görüntüleri saklanmıştır. Klinik deneyde gerçek ölçüler mezura kullanılarak bir tıp uzmanı tarafından kaydedilmiştir. SVM (Support Vector Machine) regresyonunu

kullanan yeni bir bel ölçüm yöntemi sunmuştur. Kinect SDK (Software Development Kit) tarafından sağlanan vücudun 20 özellik noktası kullanılarak ham derinlik görüntüsünden bir bel eğrisi vektörü çıkarmıştır. SVM regresörünün ortalama hatası 4,62 cm olarak hesaplamıştır. Çalışma sonuçlarında gerçek yaşam uygulamaları için umut verici bir beklenti olduğunu göstermiştir. Bel çevresinin önemi çeşitli hastalıklarda göz önüne alındığında, daha fazla algoritma eğitimi ile antropometrik ölçüm yönteminin benimsenmesi, sağlık verilerinin gücünü artıracaklarını söylemiştir.

3B lazer tarama sistemi Konica Minolta VIVID 910'un uygulaması yapıldığında, 3B vücut modellerinden antropometrik veriler çıkarılmıştır. Çalışmaya 20-25 yaş arası 16 öğrenci katılmıştır. Çalışmanın sonucunda 3B vücut modellerinden çıkarılan vücut boyutlarının doğruluğunu test etmek için vücut boyutları manuel olarak da ölçülmüştür. Her iki vücut ölçümlerinden elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında yöntemin vücut ölçülerini çıkarmak için doğru olduğunu göstermişlerdir (Spahiu vd. 2014).

3B tarama yöntemiyle vücut ölçülerini çıkarabilen Nettelo mobil uygulaması incelenmiştir. Nettelo, mobil cihazın kamerasıyla 3B vücut taraması yapabilen ve taradığı vücudu analiz edebilen ücretsiz mobil uygulamadır. Nettelo uygulaması pazara çıkarılmıştır. Fakat yapılan testlerde istenilen performansı göstermediği için başarılı bir uygulama olmadığı düşünülmektedir. Resim 2.4'de Nettelo mobil uygulama ara yüzü görülmektedir.



Resim 2.4 Nettelo mobil uygulama ara yüzü (İnt.Kyn.14).

2.1.4 2B Fotoğraf ile Ölçü Çıkarma

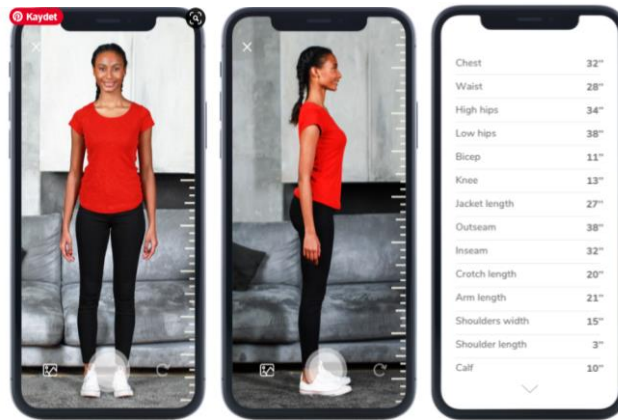
Lin ve Wang (2011), 2B görüntüleri kullanan otomatik bir gövde özelliği çıkarma yöntemini özellik noktalarını belirlemek için önermişlerdir. Önerilen yöntem kullanılarak 60 öznitelik noktası elde etmişlerdir. Önerilen yöntemin etkinliğini doğrulamak için 15 kadın ve 15 erkek olmak üzere 30 deneye test etmişlerdir. 30 denek için tüm özellik noktalarını başarıyla çıkarmışlardır. Deneysel sonuçlar, önerilen özellik çıkarma sisteminin etkililiğini ve sağlamlığını desteklemektedir. Ayrıca, önerilen yöntemin önceki çalışmalarla karşılaştırarak, önerilen yöntemin öznitelik noktalarının çıkarılmasında kanıtlanmış bir performans gösterdiğini ispatlamışlardır. Çıkarılan özellik noktaları, çeşitli uygulamalarda vücut boyutu ölçümlerini otomatikleştirmek için daha fazla kullanılabileceğini söylemişlerdir.

Ouellet ve Michaud (2018), iki boyutlu bir görüntüden otomatik gövde özelliği çıkarımı için Lin ve Wang'ın (2011) çalışmalarını genişletmişlerdir. 45 ön ve 24 yan özellik noktasından 20 ön ve 13 yan ölçüyü çıkarmak için siyah bir arka planın önündeki 2B görüntüden otomatik gövde özelliği çıkarma algoritmasını geliştirmişler ve özellik noktalarının sayısı ve işlem süresinde iyileştirilme sağlamışlardır.

Luo (2017), 2B görüntü tabanlı temassız antropometrik fikirleri özetlemeyi ve giyim e-ticaretinde 2B görüntüler üzerinde vücut çevresi boyutlarının ölçülmesi problemini çözmeyi amaçlamışlardır. Yazar 2B görüntü tabanlı temassız antropometriyi üç adıma ayırır. Bunlar görüntü silüeti çıkarma, karakteristik vücut ölçümü ve çevre hesaplamadır. Çalışma antropometrinin işleyiş özelliklerini ve giyim e-ticaretindeki uygulamasını tartışmaktadır. Yazar 349 denekten (erkek ve kadın) oluşan bir veri tabanı hazırlamıştır. 349 deneyin ön ve yan görüntüleri çekilmiştir. Ön ve yan görüntülerden insan vücudunun konturu üzerindeki özellik noktalarını tespit etmek için sistematik bir yöntem sunmuştur. Zincir kodları algoritmasına dayalı olarak 55 özellik noktası ve 26 vücut ölçüsü otomatik olarak çıkarılmıştır. Yöntem dört insan denek üzerinde test edilmiştir. Geleneksel ölçüm ve fotoğraftan ölçüm yöntemleri arasında karşılaştırma yapıldığında, fotoğraftan ölçümün çok yüksek kesinlik ve güvenilirliğe sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

3B vücut tarama sistemleri, temel vücut ölçüleri hakkında doğru sonuçlar verebilse de endüstride, özellikle küçük işletme kurulumlarında sınırlı bir kullanıma sahiptir. Bir kişinin 2B görüntüleri temel vücut ölçülerini belirlemek için kullanılabilir. Bu çalışma müşterilerine mükemmel bir uyum sağlayarak hazır giyim üreticilerinin küçük işletme kurulumlarına yardımcı olacak maliyet olarak düşük ve otomatik bir sistem önermektedir. Vücut boyutları çıkarmak için 13 adet ölçüm alınmıştır. 13 adet ölçüm; boyun, omuz, göğüs, göğüs altı, bel, kalça, alt kalça, uyluk çevreleri ve gövde boyu, vücut boyu, diz boyu, bel yüksekliği gibi yerlerden hesaplanmıştır. Deneyler, 40 genç kadının ön ve yan 2B görüntüleri üzerinde yapılmıştır. Hepsisi önce manuel olarak ölçülmüştür. Daha sonra çıkarılan ve nihai elde edilen boyutlar arasındaki dönüşüm formüllerini elde etmek için eğitim aşamasında 20 denek kullanılmıştır. Kalan 20 denek test için, yani manuel ölçümler ile 2B görüntüleme sisteminden ölçümler arasında karşılaştırma için kullanılmıştır. Deneyssel olarak, çevre ölçümlerinin yükseklik ölçümlerinden daha yüksek bir korelasyon gösterdiği bulunmuştur. Vücut boyu üzerine daha fazla çalışılması tavsiye edilmiştir (Sehgal vd. 2018).

Piyasada fotoğraflama ile vücut ölçümlerini çıkarabilen 3DLOOK mobil uygulaması incelenmiştir. 3DLOOK bireyin önden ve yandan görüntülerini alarak önceden eğitilmiş yapay sinir ağlarıyla bireyin kilit noktalarını tespit edip vücut çevre ölçümlerini çıkartabilmektedir. 3DLOOK mobil terzi uygulaması olarak kullanılmaktadır. Uygulama ücretli olması nedeniyle çok talep görmediği düşünülmektedir. Resim 2.5’de 3DLOOK mobil uygulamasının sayfaları görülmektedir.



Resim 2.5 3DLOOK mobil uygulama sayfaları (İnt.Kyn.13).

2.2 Mobil Uygulama Geliştirme Platformları

Hayatımızın bir parçası olan mobil cihazlar, tabletler ve giyilebilir cihazlarda bulunan mobil uygulamaların geliştirilebildiği blok tabanlı olan ve blok tabanlı olmayan platformlar mevcuttur. Temel seviyede kodlama bilgisi ile uygulama geliştirebilmek için blok tabanlı mobil uygulama platformları yeterli olacaktır.

2.2.1 Blok Tabanlı Mobil Uygulama Geliştirme Platformları

Blok tabanlı mobil uygulama geliştirme platformları, hazır bulunan yapboz yapısında kod blokları ile kod ezberlemeden blokları sürükleyip bırak yöntemiyle kod yazabilmeyi sağlamaktadır. Piyasada hali hazırda MIT App Inventor, Kodular ve Thunkable platformları bulunmaktadır (MIT App Inventor 2022, Kodular 2022, Thunkable 2022).

Blok tabanlı mobil uygulama geliştirme platformları genel olarak iki temel bölümden oluşmaktadır. Bunlar Designer ve Blocks bölümleridir. Designer bölümünde mobil uygulama için ara yüz tasarımı yapılmaktadır. Blocks bölümünde ise mobil uygulamanın program kod blokları yer almaktadır.

MIT App Inventor ve Kodular platformlarında geliştirilen mobil uygulamalar için oluşturulabilen karekod ile mobil uygulamalar anlık olarak mobil cihazda test edilebilmektedir. Thunkable platformu ise karekoda ihtiyaç duymadan g-mail hesabıyla oturum açılarak mobil cihazda anlık olarak test edilebilmektedir. Uygulama geliştirilmesi tamamlandığında Android cihazlar için oluşturulan APK (Android Package Kit) ile uygulama mobil cihaza indirilebilmektedir.

MIT App Inventor ve Kodular platformları Android temelli platformlardır. Thunkable ise hem IOS hem de Android temelli olan tek blok tabanlı mobil uygulama geliştirme platformudur. Tamamen ücretsiz olan platform MIT App Inventor platformudur. Türkçe dil desteği olan ve emülatör desteği olmayan tek platform Kodular platformudur. Giriş eğitimi ve topluluk desteği MIT App Inventor, Kodular ve Thunkable platformlarında mevcuttur (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 Blok tabanlı mobil uygulama geliştirme platformları genel özellikleri (Yılmaz vd. 2021).

Özellikler	App Inventor	Thunkable	Kodular
Erişim adresi	https://appinventor.mit.edu/	https://thunkable.com/#/	https://www.kodular.io/
Uygulama geliştirilen işletim sistemi	Android	IOS ve Android	Android
Ücret durumu	Ücretsiz	Ücretsiz ve Ücretli	Şarta bağlı ücretsiz
Türkçe Dil desteği	Yok	Yok	Var
Emülatör	Var	Var	Yok
Giriş eğitimi	Var	Var	Var
Topluluk desteği	Var	Var	Var

2.2.1.1 MIT App Inventor

MIT App Inventor, Google tarafından ortaya çıkarılmıştır. Sonrasında MIT (Massachusetts Institute of Technology) tarafından geliştirilmiş, özgür bir blok tabanlı mobil uygulama geliştirme platformudur. Blok tabanlı olması her yaşta ve kodlamaya yeni başlayan kullanıcıların kullanabilmesi için kolaylık sağlamaktadır. Yapboz yapısına benzeyen kod bloklarını sürükleyip bırak işlemiyle mobil uygulamanın kod kısmı oluşturulmaktadır (MIT App Inventor, 2022).

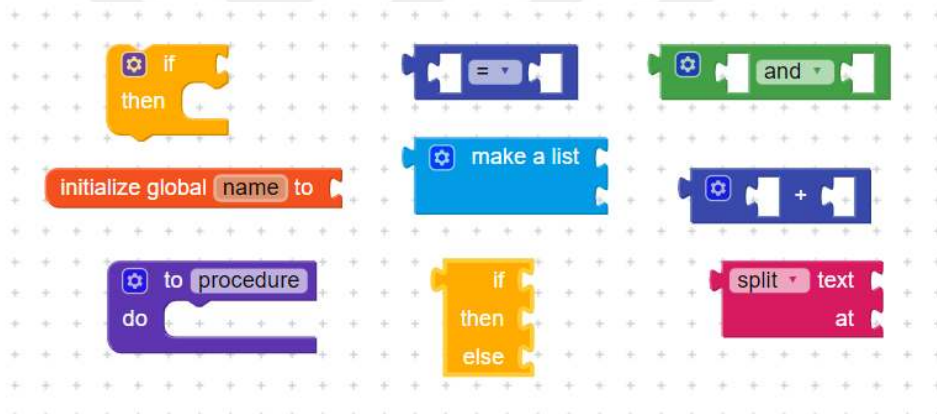
2.2.1.2 Thunkable

Thunkable platformunu MIT App Inventor geliştiricilerinden ayrılan bir grup geliştirmiştir. Thunkable, blok tabanlı mobil uygulama geliştirme platformlarından hem IOS hem de Android temelli olan tek platformdur. Thunkable ücretsiz sürümünde temel seviyede mobil uygulamalar geliştirilmektedir. Geliştirilen mobil uygulamalar öğrenci toplulukları ile açık kaynak olarak paylaşılmaktadır. Thunkable ücretli sürümüne geçildiğinde üst seviyede mobil uygulamalar geliştirilmektedir. Geliştirilen mobil uygulamalar öğrenci toplulukları ile açık kaynak olarak paylaşılmamaktadır. Bu sayede

geliştirilen uygulamaların kaynak kodları sadece geliştiriciye özgün olarak kalmaktadır (Thunkable, 2022).

2.2.1.3 Kodular

Kodular, MIT App Inventor temelli blok tabanlı mobil uygulama geliştirme platformlarından biridir. Hazır olarak yapboz şeklinde bulunan kod blokları sayesinde mobil uygulama geliştirmek daha kolay hale gelmiştir (Resim 2.6). Geliştirilen uygulamalara reklam eklenmediği sürece tamamen ücretsiz olarak hizmet sunmaktadır. Kodlama bilgisine ihtiyaç duymadan Android temelli mobil uygulamalar geliştirmeye olanak sağlamaktadır. Kodular platformu bulut tabanlı ve diğer veri tabanlarıyla bağlantı sağlayabildiğinden dolayı bilgi alışverişi sağlayabilmektedir (Kodular, 2022).



Resim 2.6 Kod Blokları.

2.2.2 Blok Tabanlı Olmayan Mobil Uygulama Geliştirme Platformları

Piyasada Android, IOS ve hibrit işletim sistemli blok tabanlı olmayan mobil uygulama platformları mevcuttur. Android temelli olan Android Studio, Cordova ve Eclipse gibi platformlar mevcuttur. IOS temelli olan Xcode platformu mevcuttur. Hibrit işletim sistemi temelli Xamarin, Flutter, React Native ve Ionic gibi platformlar mevcuttur. İleri seviye mobil uygulama geliştirmek ve geliştirilen mobil uygulamadan kazanç elde edebilmek için bu platformlar tercih edilebilir.

2.3 Veri Tabanları

Veri tabanları verinin veya bilginin depolandığı alanlardır. Veri tabanlarına Microsoft Access, MySQL, Oracle ve PostgreSQL örnek verilebilir. Bu veri tabanları yaygın olarak kullanılmasına rağmen günümüzde daha hızlı pazara giriş süresi, düşük maliyet, daha az risk ve daha hızlı olmasından dolayı bulut veri tabanlarına talep artmaktadır. Bulut veri tabanlarından bazıları SQL (Structured Query Language) tabanlıdır. Bunlara örnek olarak Amazon Aurora, Google Cloud, Microsoft Azure SQL ve Oracle Cloud örnek verilebilir. Piyasada hali hazırda temel seviye mobil uygulama geliştirirken veri tabanı kullanabilmek için ücretsiz platformlar mevcuttur. MIT App Inventor ve Kodular platformlarının *Firebase* veri tabanıyla bağlantılarını yapmak kolay ve belirli miktarda veri depolayabilmek ücretsizdir. Kodular platformunun *Cloudinary* bulut görüntü ve video yükleme temelli veri tabanı ile bağlantılarını yapmak kolay ve belirli miktarda görüntü ve video depolayabilmek ücretsizdir.

2.3.1 Cloudinary

Cloudinary, kullanıcıların web siteleri veya uygulamalar için resim, video yüklemesine ve depolamasına olanak sağlamaktadır. 2011 yılında İsrail’de Itai Lahan, Tal Lev-Ami ve Nadav Soferman tarafından kurulmuştur. 2019’da şirket Kaliforniya’ya taşınmıştır. *Cloudinary*, merkezi Kaliforniya’da bulunan ve İsrail, İngiltere, Polonya ve Singapur’da ofisleri bulunan bir SaaS (Software as a Service) teknoloji şirkettir. Şirket, bulut tabanlı görüntü ve video hizmetleri sunmaktadır. 8.000’den fazla şirkette, 1 milyon web ve mobil uygulama geliştiricisi tarafından kullanılmaktadır (İnt. Kyn. 1).

2.3.2 Firebase

Firebase, 2011 yılında James Tamplin ve Andrew Lee tarafından kurulmuş bağımsız bir şirkettir. Şirketi 2014’te Google satın almıştır. *Firebase*, Google tarafından mobil ve web uygulamaları oluşturmak için geliştirilmiş bir platformdur. Basit kullanımlar için ücretsiz bir platformdur. *Firebase* kullanımı için Google hesabına sahip olmak yeterlidir (İnt. Kyn. 2).

2.4 Görüntü İşleme

Görüntü işleme, görüntülerdeki veya videolardaki nesneleri, kişileri veya istenileni tanımlamayı ve anlamayı sağlayan bilgisayar bilim dalıdır. Tıp'ta bilgisayarlı tomografi, ultrason vb. görüntülerin analizinde, askeri uygulamalarda hedef tanıma ve izlemede, trafikte plaka tanıma ve kontrolünde, endüstride nesne sayımı ve boyutlarına göre nesne ayırımında, tarımsal uygulamalarda, astronomide ve güvenlik gibi birçok alanda daha kullanılmaktadır.

Kuruvilla vd. (2016), görüntü işlemenin amaçlarını beş gruba ayırmışlardır:

1. Halüsinasyon (görünmeyen nesneleri izlemek için)
2. Görüntü restorasyonu ve keskinleştirme (daha iyi görüntü oluşturmak için)
3. Görüntü yeniden elde etme (ilgilene görüntüyü aramak için)
4. Model ölçümü (bir görüntüdeki çeşitli nesneleri ölçmek için)
5. Görüntü tanıma (görüntüdeki nesneleri ayırt etmek için)

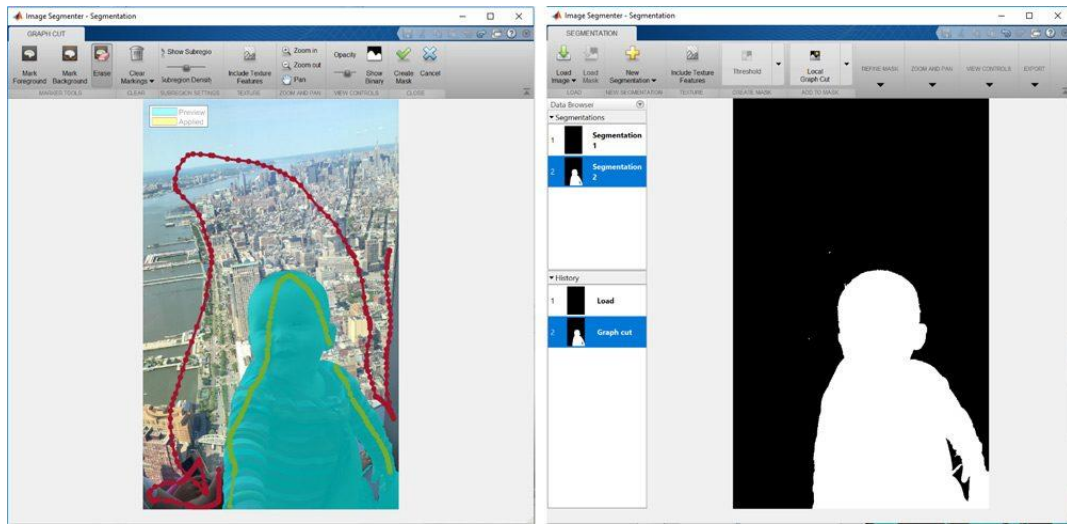
Bir görüntüdeki çeşitli nesneleri ölçmek için model ölçümü yapılırken nesnenin arka plan görüntüsünün temizlenmesi, nesnenin kontur ve kenarları belirlenmesi gereklidir. Görüntü ön işleme adımı olan görüntü segmentasyonu ile nesne ve arka plan birbirinden ayrılabilir ve kenar belirleme algoritmaları kullanılarak nesnenin kontur ve kenarları belirlenebilmektedir.

2.4.1 Görüntü Segmentasyonu

Bir ön işleme adımı olarak, bir görüntünün farklı bölgelere bölünmesini sağlayan görüntü segmentasyonu, bilgisayarlı görme, nesne tanıma, izleme ve görüntü analizinde önemli bir rol oynamaktadır. Literatürde ön planı arka plandan çıkarabilen çok sayıda yöntem mevcuttur. Bu yöntemlerin çoğu, segmentasyon sonucunu büyük ölçüde sınırlayan sınır veya bölgesel bilgilere dayanmaktadır. Grafik kesme tabanlı segmentasyon yöntemi önerildiğinden beri, bu yöntem hem sınır hem de bölgesel bilgileri kullandığı için çok ilgi görmüştür. Ayrıca, grafik kesim tabanlı yöntem, enerji fonksiyonu için küresel olarak en uygun sonucu elde edebildiği için verimlidir. Grafik kesmenin avantajlarından dolayı

çeşitli yöntemler önerilmiştir (Yi ve Moon 2012).

Lazysnapping gibi grafik tabanlı segmentasyon teknikleri, bir görüntüyü ön plan ve arka plan bölgelerine ayırmaya olanak tanır. Matlab, bu segmentasyonu görüntünüzde programlı (lazysnapping) veya Image Segmenter uygulamasını kullanarak etkileşimli olarak gerçekleştirmenizi sağlar (İnt.Kyn.9). Resim 2.7’de grafik tabanlı segmentasyonu etkileşimli olarak uygulamak için Image Segmenter uygulamasını kullanma örneği görülmektedir.



Resim 2.7 Grafik tabanlı segmentasyonu etkileşimli olarak uygulamak için Image Segmenter uygulamasını kullanma örneği (İnt.Kyn.9).

Tıbbi görüntü segmentasyonu, tıbbi görüntüleri analiz etmek için temel ve zorlu bir problemdir. Mevcut farklı tıbbi görüntü segmentasyon yöntemleri arasında, grafik tabanlı yaklaşımlar nispeten yenidir ve klinik uygulamalarda iyi özellikler gösterir. Grafik tabanlı yöntemde, orijinal görüntüdeki pikseller veya bölgeler, bir grafikteki düğümlere yorumlanır (Chen ve Pan 2018).

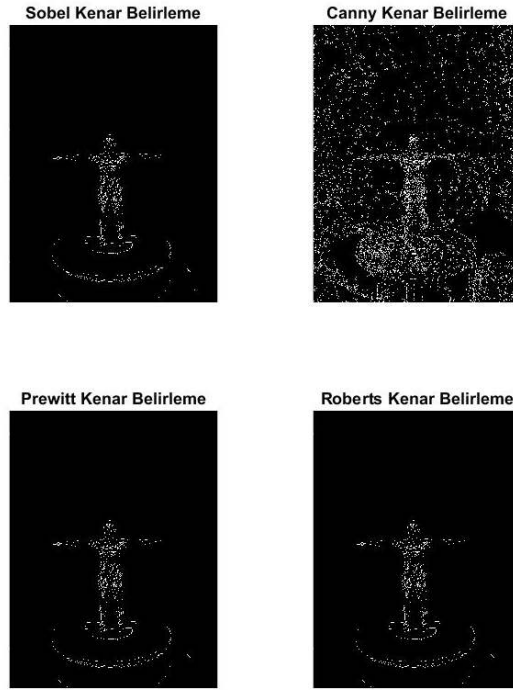
2.4.2 Kenar Belirleme Algoritmaları

Görüntülerdeki kenar ve konturların belirlenmesinde kullanılan görüntü işleme tekniklerindendir. Kenar belirleme, çoğu görüntü işleme uygulamasında, özellik çıkarma ve nesne segmentasyonundan önce çerçevelerden bilgi elde etmek için kullanılan temel

bir araçtır. Bu işlem, bir nesnenin ana hatlarını ve nesneler ile görüntüdeki arka plan arasındaki sınırları algılar. Bulanık veya düşük geçişli filtrelene video akışlarının görünümünü iyileştirmek için kenar belirleme filtresi de kullanılır. Teknik olarak, kenarların daha görünür hale gelmesi için kenarlar ve arka plan arasındaki kontrastı artırmak için kenar piksellerini bulma işlemidir (Seif vd. 2010).

Kenar belirleme algoritmaları, bir resim görüntüsünün yoğunluk değerindeki ani değişiklik için çok uygundur. Bir görüntü için köşeler, eğriler ve çizgiler önemlidir ve kenar algılama tekniği ile çıkarılabilir. Temel olarak, bir görüntünün hacmini ve önemli bilgi gereksinimini azaltır, kenar belirleme görüntü analizinde önemli bir rol oynar (Mohapatra 2019).

Yaygın olarak kullanılan ve en bilinen kenar belirleme algoritmaları arasında Roberts, Sobel, Prewitt ve Canny kenar belirleme algoritmaları yer almaktadır. Her biri kullanım alanı ve işlemeye görüntü özelliklerine göre, diğer kenar tespit algoritma bileşenleri ile optimize edilerek öznelik tespiti, öznelik çıkarımı, bilgisayarla görü gibi alanlarda kullanılabilir (Önal 2018). Roberts, Sobel, Prewitt ve Canny kenar belirleme algoritmalarının uygulama örnekleri Resim 2.8’de verilmiştir.



Resim 2.8 Roberts, Sobel, Prewitt ve Canny kenar belirleme algoritmalarının uygulama örnekleri.

2.4.2.1 Roberts Kenar Belirleme Algoritması

Roberts ilk kenar belirleme algoritması olup 1965’de Lawrence Roberts tarafından tanıtılmıştır. Operatörün girdisi gri tonlamalı bir görüntüdür, çıktıyla aynıdır, bu teknik için en yaygın kullanımdır. Çıktıdaki her noktadaki piksel değerleri, o noktadaki giriş görüntüsünün uzamsal gradyanının tahmini tam büyüklüğünü temsil eder (Muthukrishnan vd. 2011). 2x2’lik maskeleme, x ve y eksen bileşenleri formuyla Şekil 2.1’deki gibi belirtilmektedir.

-1	0
0	+1

a) x -ekseni maskesi

0	-1
+1	0

b) y -ekseni maskesi

Şekil 2.1 Roberts kenar belirleme maskeleme gösterimi.

Bir I görüntüsü üzerindeki $I(x,y)$ pikseli için yapılan Roberts kenar belirleme yöntemine ait gradyan değer çiftinin hesaplanması aşağıdaki gibi olmaktadır (Denklem 2.1 ve Denklem 2.2).

$$G_x = I(x, y) - I(x + 1, y + 1) \quad (2.1)$$

$$G_y = I(x + 1, y) - I(x, y + 1) \quad (2.2)$$

2.4.2.2 Sobel Kenar Belirleme Algoritması

Sobel kenar belirleme yöntemi 1970 yılında Sobel tarafından tanıtılmıştır (Önal 2018). 3x3'lük maskeleme, x ve y eksen bileşenleri formuyla Şekil 2.2'deki gibi belirtilmektedir.

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

a) x-ekseni maskesi

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

b) y-ekseni maskesi

Şekil 2.2 Sobel kenar belirleme maskeleme gösterimi.

Bir I görüntüsü üzerindeki $I(x,y)$ pikseli için yapılan Sobel kenar tespit belirleme ait gradyan değer çiftinin hesaplanması aşağıdaki gibi olmaktadır (Denklem 2.3 ve Denklem 2.4).

$$G_x = 0,5I(x + 1, y - 1) + I(x + 1, y) + 0,5I(x + 1, y + 1) - 0,5I(x - 1, y - 1) - I(x - 1, y) - 0,5I(x - 1, y + 1) \quad (2.3)$$

$$G_y = 0,5I(x - 1, y - 1) + I(x, y - 1) + 0,5I(x + 1, y - 1) - 0,5I(x - 1, y + 1) - I(x, y + 1) - 0,5I(x + 1, y + 1) \quad (2.4)$$

2.4.2.3 Prewitt Kenar Belirleme Algoritması

Prewitt kenar belirleme algoritması, 1970 yılında Prewitt tarafından önerilmiştir. Prewitt algılama, Sobel algılamadan hesaplamalı olarak uygulamak için biraz daha kolaydır. Ancak biraz daha gürültülü sonuçlar üretme eğilimindedir (Muthukrishnan vd. 2011). 3x3'lük maskeleme, x ve y eksen bileşenleri formuyla Şekil 2.3'deki gibi belirtilmektedir.

-1	-1	-1
0	0	0
1	1	1

a) x-ekseni maskesi

-1	0	1
-1	0	1
-1	0	1

b) y-ekseni maskesi

Şekil 2.3 Prewitt kenar belirleme maskeleme gösterimi.

Bir I görüntüsü üzerindeki $I(x,y)$ pikseli için yapılan Prewitt kenar tespit yöntemine ait gradyan değer çiftinin hesaplanması aşağıdaki gibidir (Denklem 2.5 ve Denklem 2.6).

$$G_x = I(x+1, y-1) + I(x+1, y) + I(x+1, y+1) - I(x-1, y-1) - I(x-1, y) - I(x-1, y+1) \quad (2.5)$$

$$G_y = I(x-1, y-1) + I(x, y-1) + I(x+1, y-1) - I(x-1, y+1) - I(x, y+1) - I(x+1, y+1) \quad (2.6)$$

2.4.2.4 Canny Kenar Belirleme Algoritması

Canny kenar belirleme algoritması, John F. Canny tarafından 1986 yılında geliştirilmiştir. 2x2'lik maskeleme, x ve y eksen bileşenleri formuyla Şekil 2.4'deki gibi belirtilmektedir.

1	-1
0	-a

a) x-ekseni maskesi

1	0
-1	-a

b) y-ekseni maskesi

Şekil 2.4 Canny kenar belirleme maskeleme gösterimi.

Bir I görüntüsü üzerindeki $I(x,y)$ pikseli için yapılan Canny kenar belirleme maskeleme işlemine ait gradyan değer çiftinin hesaplanması aşağıdaki gibi olmaktadır (Denklem 2.7 ve Denklem 2.8).

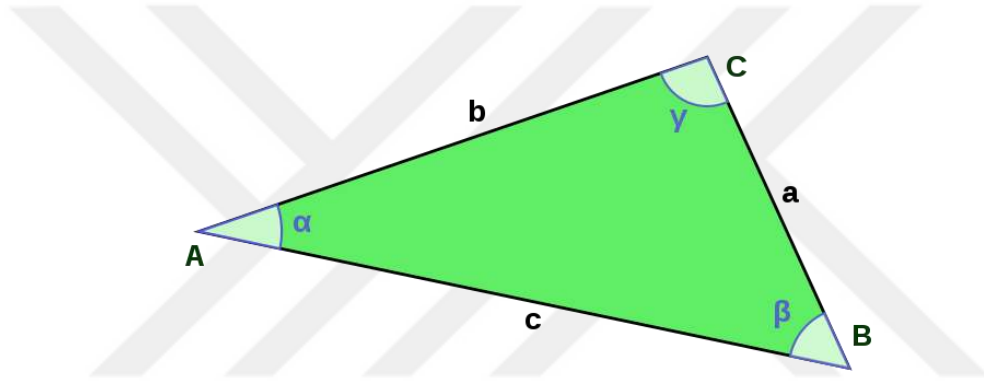
$$G_x = I(x,y) - I(x+1,y) - a I(x+1,y+1) \quad (2.7)$$

$$G_y = I(x,y) - I(x,y+1) - a I(x+1,y+1) \quad (2.8)$$

Buradaki a değeri sıfır olabileceği gibi uygulama alanına göre bu sabitte değişiklikler yapılabilmektedir. Canny kenar belirleme tekniğinde genelde a için yaklaşık $1/\sqrt{2}=0,707$ değeri kullanılmaktadır (Önal,2018).

2.5 Kosinüs Teoremi

Kosinüs teoremi geometride iki kenar uzunluğu ve bu kenarlar arasındaki açı bilindiğinde üçüncü kenar uzunluğunu bulmak için kullanılan bir teoremdir. Ayrıca herkes tarafından bilinen sadece dik üçgenlerde kullanılan Pisagor teoremi de *kosinüs teoreminden* elde edilmektedir.



Şekil 2.5 Kosinüs teoremi üçgende uygulama örneği (İnt.Kyn.11).

Kosinüs teoremi;

$$a^2 = b^2 + c^2 - 2 * b * c * \cos (\alpha) \quad (2.9)$$

$$b^2 = a^2 + c^2 - 2 * a * c * \cos (\beta) \quad (2. 10)$$

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2 * a * b * \cos (y) \quad (2. 11)$$

olarak sunulmuştur.

Örneğin üçgenin a kenarı 4 cm ve b kenarı 6 cm olsun y açısı ise 30 derece olsun. Denklem 2.11’de verilen formülde değerleri yerine yazıldığında $c^2 = 4^2 + 6^2 - 2 * 4 * 6 * \cos (30)$ elde edilir. Denklem sonucunda ise c değerini 5,6 cm olarak hesaplanır. *Kosinüs teoremi* ile bize verilmeyen üçüncü kenarın uzunluğu hesaplanmıştır.

3. MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada 3B yazıcı ile 16 adet insan modelinin çıktısı alınmıştır. Çalışmanın pandemi dönemine gelmesinden dolayı denemeler ilk olarak insan modelleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Basılan modellerin belirli açılarda döndürülmesi için mobil uygulama kontrollü döner tabla tasarımı yapılmıştır. Geliştirilen mobil uygulama ile döner tabla kontrolü sağlanmaktadır ve modellerin çekilen görüntüleri veri tabanına yüklenebilmektedir. Yüklenen görüntüler Matlab programında görüntü işleme teknikleri ile analiz edilmektedir. Modeller için tasarlanan döner tabla insanlar için tasarlanamamıştır. Döner tablanın üzerine insanı çıkartacak olmanın risklerinden kaynaklı ve büyük motorlar kullanılmasıyla tasarım maliyetinin yüksek olacağından dolayı döner tablanın tasarımı insanlar için yapılmamıştır. Döner tabla yerine insanlar için 30 dereceli çember tasarımı yapılmıştır. Tasarlanan çember ile pilates stüdyosunda veya farklı ortamlarda görüntüleri çekilen gönüllü 10 birey üzerinde çalışılmıştır.

3.1 Mobil Uygulama

Mobil uygulama geliştirmek için pek çok alternatif yöntem mevcuttur. Blok tabanlı olan ve blok tabanlı olmayan mobil uygulama geliştirme platformları mevcuttur. Özellikle günümüzde blok tabanlı mobil uygulama platformları giriş seviyesinde çözüm üreten bilim insanlarının tercihidir. Blok tabanlı mobil uygulamaların hazır bulunan yapboz yapısında kod blokları ile kod ezberlemeden blokları sürükleyip bırak yöntemiyle kod yazabilmeyi sağlaması mobil uygulama geliştirme konusunda kolaylık sağlamaktadır ve zaman kazandırmaktadır. Bu çalışmada piyasada bulunan diğer platformlardan bazılarının ücretli olması ve çalışmada kullanılacak olan veri tabanlarının bağlantılarını içermediği için blok tabanlı mobil uygulama geliştirme platformlarından Kodular platformu tercih edilmiştir.

Geliştirilen mobil uygulamanın amaçlarından biri bireylerin çektiği görüntülerin veri tabanına yüklenebilmesi diğeri ise insan modelleri için tasarlanan döner tablanın belli açılarda hareketinin mobil uygulama aracılığıyla kontrol edilmesidir.

Mobil uygulamanın ara yüz tasarımı 3 ekran bulunmaktadır. 1. Ekran *Ana Sayfa*dır ve 2 buton yer almaktadır. Butonlar *Açı Kontrol Butonu* ve *Görüntü Yükleme Butonu* olarak isimlendirilmiştir. Resim 3.1’de mobil uygulama ana sayfa ekranı görülmektedir.

2. Ekran *Açı Kontrol* ekranıdır ve bu ekranda 1 ListPicker, 1 TextBox ve 8 Button kullanılmıştır. ListPicker hazırda bulunan Bluetooth bağlantıları listelemektedir. TextBox ise step motorun kaç derece açı ile döndüğünü göstermektedir. Butonlar sırasıyla Bluetooth bağlantısını kapatma butonu, derece kontrolü için 60 derece, 45 derece, 30 derece, 15 derece, 7,5 derece ve 5 derece isimli butonlar yer almaktadır. İlk ekrana dönebilmek için *Ana Sayfa* isimli buton bulunmaktadır. Resim 3.2’de mobil uygulama açı kontrol ekranı görülmektedir.

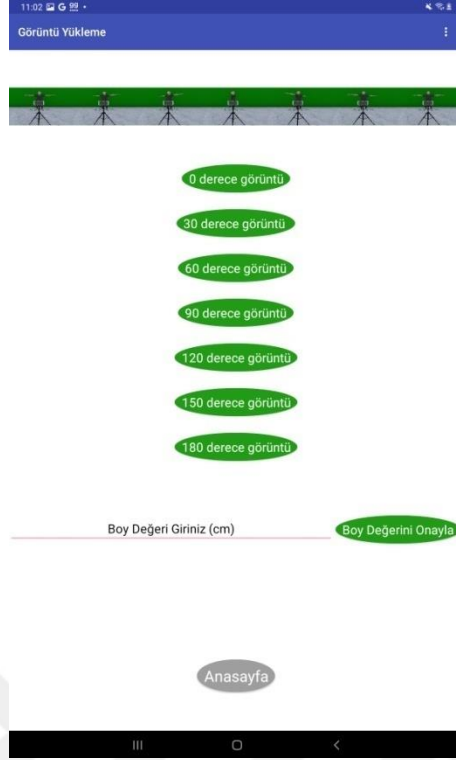
Mobil uygulamadaki 3. Ekran *Görüntü Yükleme* ekranıdır. 9 Button ve 1 TextBox kullanılmıştır. Butonlar sırasıyla 0 derece görüntü, 30 derece görüntü, 60 derece görüntü, 90 derece görüntü, 120 derece görüntü, 150 derece görüntü, 180 derece görüntü ve Onayla butonu olarak isimlendirilmiştir. TextBox ise bireyin gerçek boy değerini cm cinsinden girilmesi için yerleştirilmiştir. Fotoğraflar *Cloudinary* veri tabanına yazdırılmaktadır. *Cloudinary* bulut tabanlı görüntü ve videoların yüklenebildiği bir veri tabanıdır. *Cloudinary* veri tabanına yüklenen fotoğrafların URL (Uniform Resource Locator) adresleri ve bireyin girdiği gerçek boy değeri *Firebase* veri tabanına yazdırılmıştır. Mobil uygulama kapsamında *Firebase* Realtime Database (Gerçek Zamanlı Veritabanı) kullanılmıştır. *Firebase* veri tabanına yazdırılan URL adresleri ve boy değeri Matlab programına direkt olarak çekilmiştir. İlk ekrana dönebilmek için *Ana Sayfa* isimli buton bulunmaktadır. Resim 3.3’de mobil uygulama görüntü yükleme ekranı görülmektedir.



Resim 3.1 Mobil uygulama ana sayfa ekranı



Resim 3.2 Mobil uygulama açı kontrol ekranı



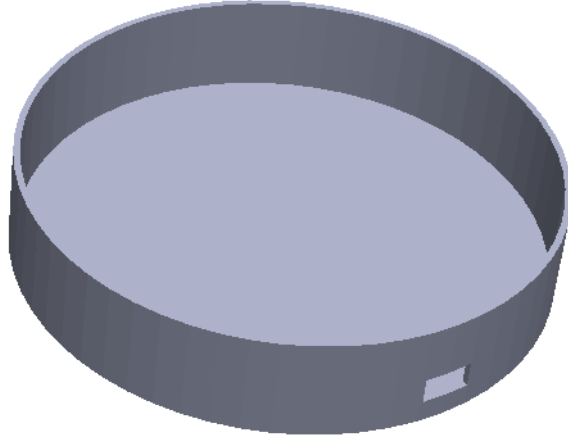
Resim 3.3 Mobil uygulama görüntü yükleme ekranı

3.2 Mobil Uygulama Kontrollü Döner Tabla Tasarımı

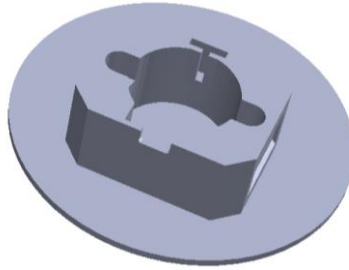
Döner tabla, 3B yazıcı ile çıktısı alınan insan modellerinin belirli açılarda döndürülmesi için tasarlanmıştır. Tasarım SolidWorks programında yapılmıştır. Döner tablanın açısı kontrolü Kodular platformunda hazırlanan mobil uygulama ile yapılmaktadır. Mobil uygulama ve döner tablanın haberleşmesi HC05 Bluetooth modülü ile sağlanmaktadır. Resim 3.4’de döner tabla prototipi görülmektedir. Döner tabla modelinin çapı 16 cm, yüksekliği 3 cm olarak tasarlanmıştır. Döner tabla modeli üzerinde 7,5x1,5 cm ölçülerinde sistemin enerjisini sağlamak için USB girişi bulunmaktadır. Resim 3.5’de döner tablanın 3 boyutlu görseli görülmektedir. Tasarlanan döner tablada 28 BYJ-48 Redüktörlü Step Motor sabitlemek için sabitleyici 3B model tasarımı yapılmıştır. Resim 3.6’da step motor sabitleyici parçanın 3B görseli görülmektedir. Step motorun hareketli ucuna takılabilen 3b model tasarımı yapılmıştır. Resim 3.7’de step motora takılan parçanın 3B görseli görülmektedir. Modellerin çıktıları Creality 3B Ender 3 Pro 3B yazıcı ile tynlab 3B 1,75 mm beyaz PLA (Polylactic Acid) filament kullanılarak alınmıştır.



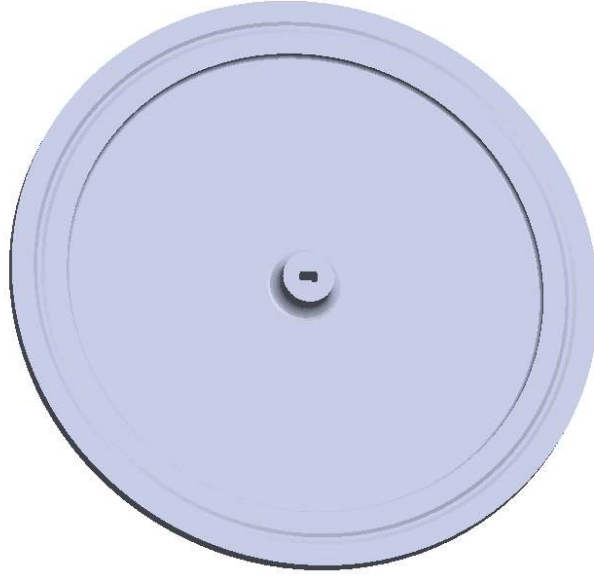
Resim 3.4 Döner tabla prototipi.



Resim 3.5 Döner tablanın 3 boyutlu görseli.

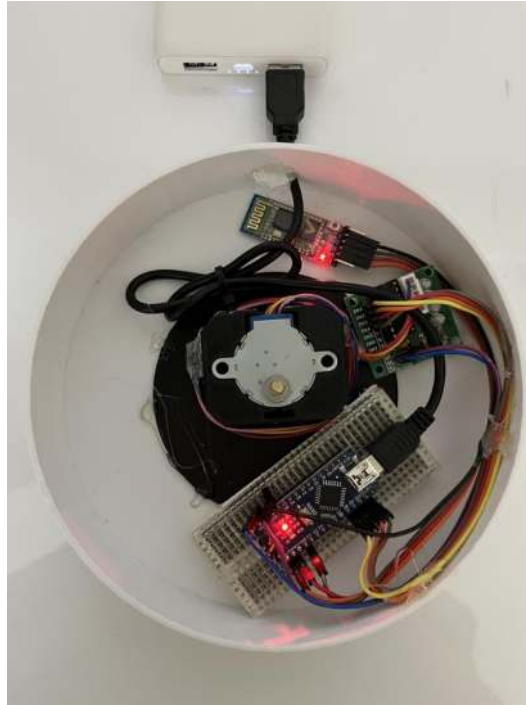


Resim 3.6 Step motor sabitleyici parçanın 3 boyutlu görseli.



Resim 3.7 Step motora takılan parçanın 3 boyutlu görseli.

Tasarlanan hareketli mekanizmanın donanım parçaları olarak Arduino Nano, HC05 Bluetooth modülü, 28 BYJ-48 Redüktörlü Step Motor ve ULN2003A Step Motor Sürücü Kartı, ttec PowerSlim Duo 10000 mAh Taşınabilir Şarj Cihazı ve bağlantıları sağlamak için Jumper kablolar kullanılmıştır. Resim 3.8’de döner tablası devresi prototipi görülmektedir.

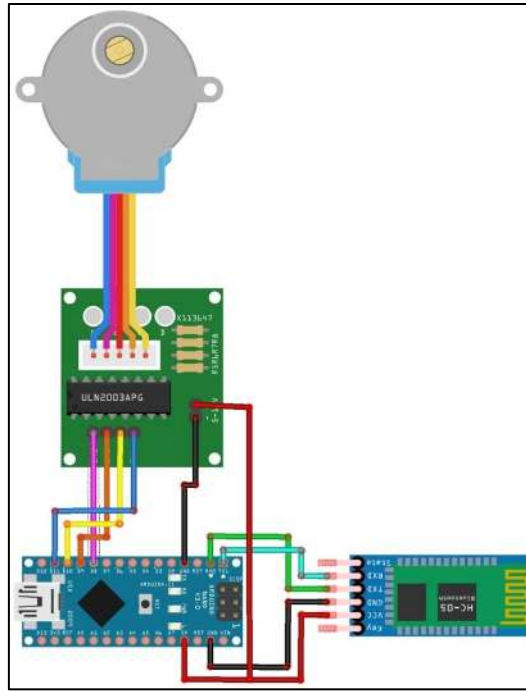


Resim 3.8 Döner tabla devresi prototipi.

ULN2003A Step Motor Sürücü Kartı, herhangi bir mikro denetleyiciden dört bitlik bir komut kabul eder ve sırayla motoru adımlamak için gerekli güç darbesini uygular. Sürücünün merkezinde bir ULN2003A entegre devresi bulunur. Kart, bağımsız bir güç kaynağından motora 5v ile 12v arasında besleme yapabilir. Ayrıca, alınan giriş sinyallerine karşılık gelen bir dizi LED'e sahiptir. Adım atarken güzel bir görüntü sağlarlar (İnt.Kyn.12).

ULN2003A Step Motor Sürücü Kartının IN1, IN2, IN3 ve IN4 pinleri sırasıyla Arduino Nano'nun 8., 10., 9. ve 11. pinlerine bağlantısı yapılmıştır. ULN2003A Step Motor Sürücü Kartının + pini Arduino Nano'nun +5v pinine ve – pini ise Arduino Nano'nun ground pinine bağlanmıştır. Arduino Nano ile taşınabilir şarj cihazı bağlantısı USB kablo ile yapılmıştır.

HC05 Bluetooth modülünün TX pini Arduino Nano'nun RX pinine ve HC05 Bluetooth modülünün RX pini Arduino Nano'nun TX pinine bağlantısı yapılmıştır. HC05 Bluetooth modülünün Vcc pini Arduino Nano'nun +5v pinine ve HC05 Bluetooth modülünün Ground pini Arduino Nano'nun Ground pinine bağlanmıştır. Şekil 3.1'de döner tabla devresinin bağlantı şeması görülmektedir.

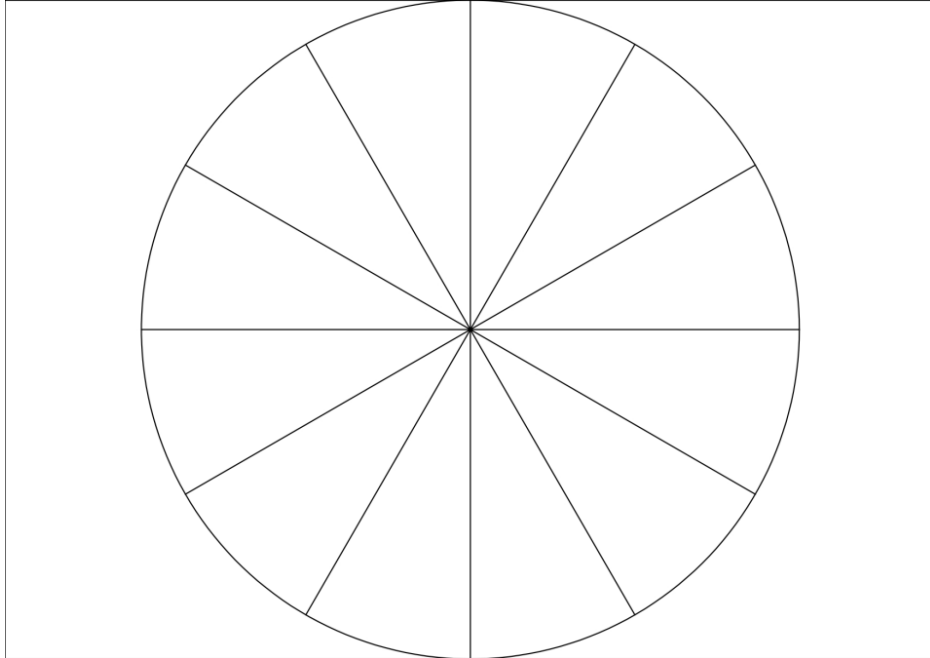


Şekil 3.1 Döner tabla devresinin bağlantı şeması.

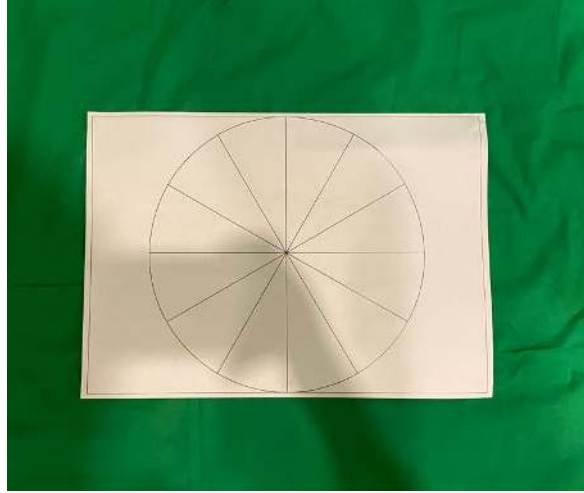
Arduino programına `#include <Stepper.h>` kütüphanesi tanıtılmıştır. 28 BYJ-48 Redüktörlü Step Motorun bir tam turu 2038 adımdır. İstenilen derecede dönebilmesi için 360 derece 2038 adım ise 60 derece 339,67 adım, 45 derece 254,75 adım, 30 derece 169,83 adım, 15 derece 84,97 adım, 7,5 derece 42,46 adım ve 5 derece 28,30 adım olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan adım değerleri Arduino programına işlenmiştir. Step motorun hızı 200 olarak koda yazılmıştır. Hazırlanan kod Arduino Nano kartına yüklenmiştir.

3.3 Bireylerin 30 Derecede Dönmesi için Tasarlanan Çember

Modeller için tasarlanan döner tabla insanlar için tasarlanamamıştır. Çünkü hareketli bir mekanizmanın üzerine insanı çıkartacak olmanın risklerinden dolayı insanlar için döner tabla tasarımı yapılmamıştır. Karton üzerine basılı 30 derece açılı çember hazırlanmıştır. Resim 3.9'da 30 dereceli çember görülmektedir. A3 boyutunda çıktısı alınarak zemine yapıştırılmıştır (Resim 3.10). Bireylerden fotoğraf alınırken bireyin çemberin merkezine geçmesi 0 dereceden başlayarak ve çizgiyi ayaklarının tam arasına alacak şekilde olmasına dikkat edilmiştir.



Resim 3.9 30 dereceli çember görseli.



Resim 3.10 Zemine sabitlenmiş 30 dereceli çember görseli.

3.4 Fotoğrafların Matlab ile İşlenmesi

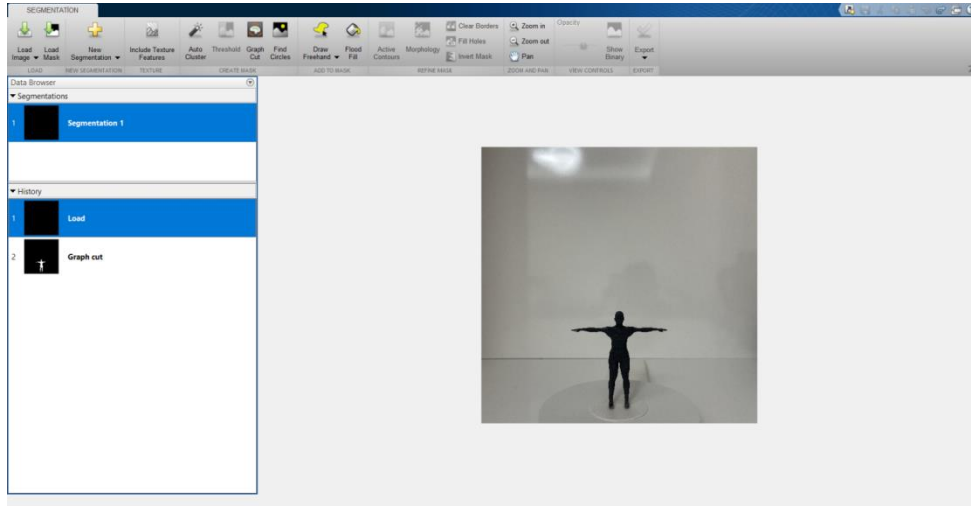
İnsan modellerinin fotoğraflarını çekerken arka planın beyaz olmasına, insan modellerinin dik durduğuna ve döner tablanın merkezine yerleştigiğine emin olunmasına, mobil cihazın tripoda yerleştirilirken dik olarak konumlandırılmasına ve mobil cihaz ile insan modeli arasındaki mesafenin 30 cm olmasına dikkat edilmiştir. Resim 3.12’de insan modellerinin fotoğraflarının çekildiği ortam görülmektedir.



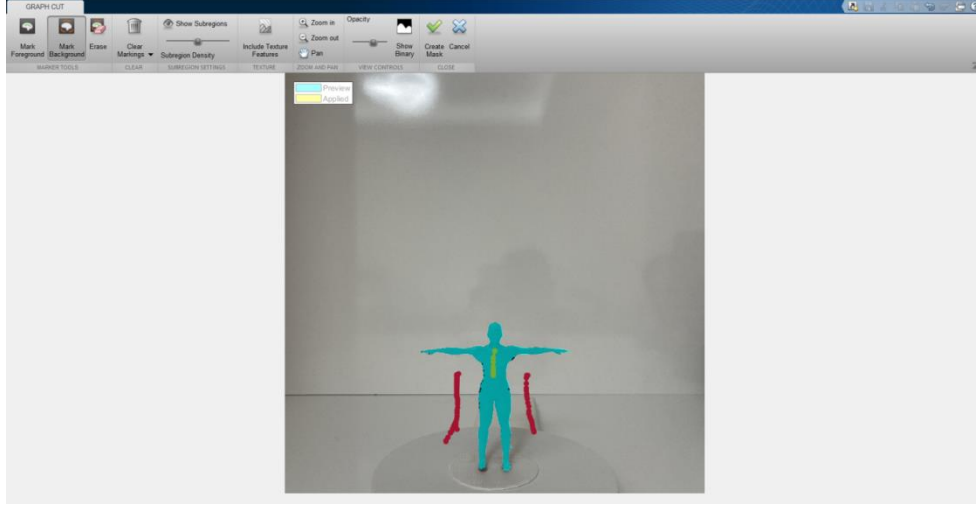
Resim 3.11 İnsan modellerinin fotoğraflarının çekildiği ortam.

Bu şartlar altında insan modelinin 0, 30, 60, 90, 120, 150 ve 180 derecelerde görüntüleri çekilmiştir. Kodlar platformunda geliştirilen mobil uygulama ile çekilen görüntüler *Cloudinary* bulut veri tabanına yüklenmektedir. Yüklenen görüntülerin URL uzantıları ve gerçek boy değeri *Firebase* veri tabanına yüklenmektedir. Matlab programının image segmentation uygulaması aracılığıyla geliştirilen fonksiyon ile görüntünün arka planı temizlenir ve ölçüm işlemine hazır hale getirilir. Geliştirilen ölçü çıkarma algoritmaları ile bütün vücudun ölçüleri çıkarılır. Ölçüleri çıkarılan görüntülerdeki veriler kullanılarak *kosinüs teoremi* ve *elips formülü* ile bireyin fotoğrafındaki her satırın çevre hesabı yapılır. Yapılan çevre hesapları Excel'e yazdırılır.

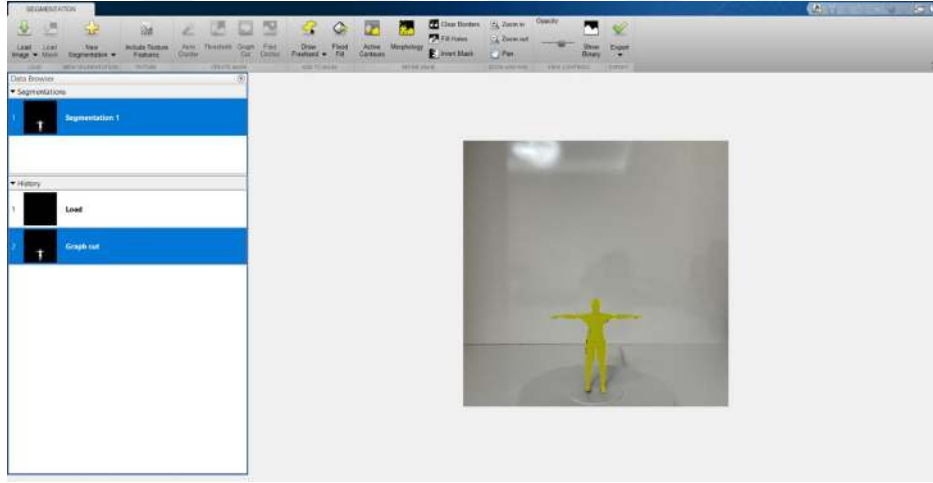
Matlab Image Segmentation uygulaması ile fonksiyon elde edebilmek için ilk olarak görüntü uygulamaya yüklenir (Resim 3.12). Yüklenen görüntünün ilk olarak ön planı daha sonra arka planı seçilir ve maske oluşturulur (Resim 3.13). Daha sonra uygulama arka planı temizlenmiş görüntüyü uygulama hazır hale getirmektedir (Resim 3.14). Arka planı temizlenmiş görüntüyü veya fonksiyonu dışa akatarılabilmektedir. Hazırlanan fonksiyon Matlab programında geliştirilen ölçü çıkarma algoritmalarının ilk kısmına entegre edilir.



Resim 3.12 Matlab Image Segmentation uygulaması 1.adım.



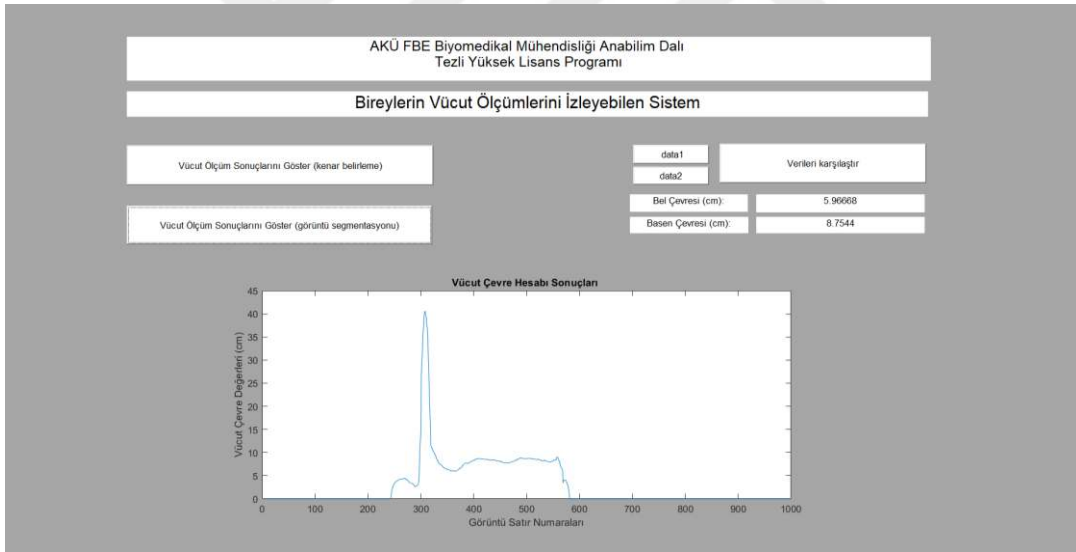
Resim 3.13 Matlab Image Segmentation uygulaması 2.adım.



Resim 3.14 Matlab Image Segmentation uygulaması 3.adım.

Bireylerin stüdyo dışındaki ortamlarda fotoğraflarını çekerken arka planı olabildiğince düz ve sade olması, bireyin kıyafetleri koyu renkli, sade ve üzerine tam oturacak şekilde tercih edilmesi, fotoğrafı çekeceği cihazı tripoda yerleştirilerek sabitlenmesi ve cihaz ile zeminin birbirine dik konumlandırılması gerekmektedir. Zemine yerleştirilen 30 dereceli çember şeklinin merkezine bireyin geçmesi istenir. Bireyin kollarını 180 derece olacak şekilde iki yana açması, ayaklarını birleştirmesi ve dik durması gerekmektedir. Çemberin 0, 30, 60, 90, 120, 150 ve 180 derecelerinde bireyin durması istenir ve fotoğraflar çekilir. Bu şartlar ile fotoğraflar alındıktan sonra Kodular platformunda geliştirilen mobil uygulama ile çekilen görüntüler *Cloudinary* bulut veri tabanına yüklenir. Yüklenen görüntülerin URL uzantıları ve gerçek boy değeri *Firebase* veri tabanına yüklenir.

Yüklenen görüntüler indirilerek ön işlemeden geçirilir. Ön işleme ile arka planı temizlenen görüntüler Matlab programına yüklenir. Renkli görüntünün kenarlarının belirlenebilmesi için gri seviye görüntüye dönüştürülmesi gerekmektedir. Ön işlemeden geçirilen görüntü Matlab’da *rgb2gray()* fonksiyonu ile gri seviye görüntüye dönüştürülmektedir. Gri seviye görüntünün kenarları belirlemek için yani insan silüetini çıkarmak için Canny kenar belirleme algoritması kullanılmıştır. Canny kenar belirleme algoritması insan silüetini belirlemek için literatürde çok tercih edildiğinden dolayı bu çalışmada da tercih edilmiştir. Geliştirilen ölçü çıkarma algoritmaları ile bütün vücudun ölçüleri çıkarılır. Ölçüleri çıkarılan görüntülerdeki veriler kullanılarak *kosinüs teoremi* ve *elips formülü* ile bireyin fotoğrafındaki her satırın çevre hesabı yapılır. Yapılan çevre hesapları Excel’e yazdırılır. Ayrıca Matlab GUI ile geliştirilen ara yüz sayesinde eski ve yeni ölçüleri karşılaştırılabilmektedir. Bu çalışma kapsamında geliştirilen ara yüz Resim 3.15’de verilmiştir.



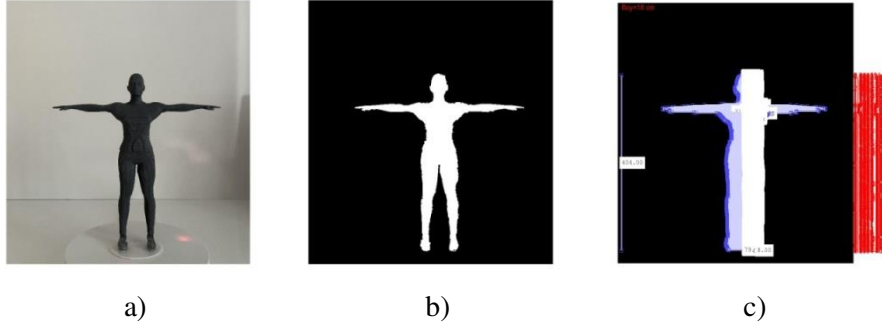
Resim 3.15 Matlab GUI ile geliştirilen ara yüz.

Bireylerin stüdyo ortamında fotoğraflarını çekerken arka plana yeşil fon perdesinin yerleştirilmesi ile arka planın olabildiğince sade olması sağlanmıştır. Resim 3.16’de bireylerin stüdyo ortamında fotoğraflarının çekildiği ortam görülmektedir. Bu nedenle insan modellerinde kullanıldığı gibi Matlab programının image segmentation uygulaması aracılığıyla geliştirilen fonksiyon ile görüntünün arka planı temizlenebilmektedir.



Resim 3.16 Bireylerin stüdyo ortamında fotoğraflarının çekildiği ortam.

Matlab programının image segmentation uygulaması aracılığıyla geliştirilen fonksiyon ile veya ön işlemeden geçirilerek görüntünün arka planı temizlenerek silüeti belirlenen görüntünün en büyük ve en küçük sütun arasındaki piksel değerleri *imdistline()* fonksiyonuyla bulunur ve çizdirilir. Ayrıca kişinin gerçek boy değerinin cm cinsinden bilinmesi gerekmektedir. Gerçek boy değeri ve görüntüden piksel olarak hesaplanan boy değeri arasında orantı oluşturulur ve görüntü için 1 cm'nin kaç piksele eşit olduğu hesaplanır ve bu değer referans değer olarak alınır. Silüeti belirlenmiş görüntüsünden her satırın en büyük ve en küçük piksel değerleri bulunarak genişlikler piksel hesaplanmaktadır. Genişlik piksel değerlerini piksel cinsinden cm cinsine çevirmek için referans değeri kullanılır. Görüntünün her satırının genişliği cm olarak hesaplanır. Bu işlem 7 görüntü için aynı şekilde yapılmaktadır. Resim 3.17'de görüntü işleme basamakları görülmektedir.



Resim 3.17 Görüntü işleme basamakları a) İlk görüntü, b) Arka planı temizlenmiş görüntü c) Genişlik değerleri hesaplanmış görüntü.

Örneğin kişinin hesaplanan bel genişliği 65 piksel, gerçek boyu 168 cm ve hesaplanan boy değeri 275 piksel olsun. Formül 3.1 ile değerleri yerine yazdığımızda $GBG = 168 * 65/275$ gerçek bel genişliği değeri 39,70 cm olarak hesaplanır.

$$GBG(cm) = \frac{GBD(cm) * HBG(px)}{HBD(px)} \quad (3.1)$$

$GBG = \text{Gerçek Bel Genişliği}(cm)$
 $GBD = \text{Gerçek Boy Değeri}(cm)$
 $HBG = \text{Hesaplanan Bel Genişliği}(px)$
 $HBD = \text{Hesaplanan Boy Değeri}(px)$

Örneğin kişinin hesaplanan bel boyu 52 piksel, gerçek boyu 168 cm ve hesaplanan boy değeri 275 piksel olsun. Formül 3.2 ile değerleri yerine yazdığımızda $GBB = 168 * 52/275$ gerçek bel genişliği değeri 30,54 cm olarak hesaplanır.

$$GBB(cm) = \frac{GBD(cm) * HBB(px)}{HBD(px)} \quad (3.2)$$

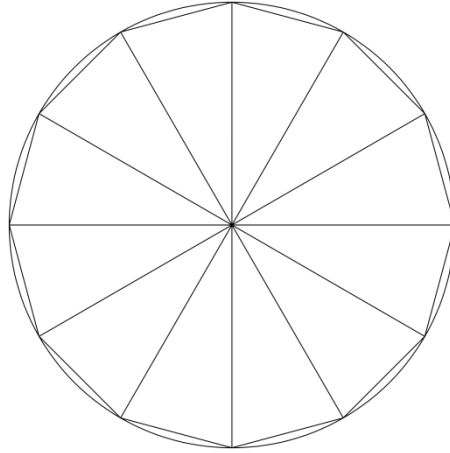
$GBB = \text{Gerçek Bel Boyu}(cm)$
 $GBD = \text{Gerçek Boy Değeri}(cm)$
 $HBB = \text{Hesaplanan Bel Boyu}(px)$
 $HBD = \text{Hesaplanan Boy Değeri}(px)$

Gerçek bel boyu ve genişliği değerleri kullanılarak *elips çevre hesabı formülü* ile bel

çevresi hesaplanmaktadır. Formüldeki $a = GBG/2$ ve $b = GBB/2$ değerleri yazılmalıdır. Formül 3.3 ile a ve b değerlerini yerine yazdığımızda *elips çevre formülünden* 111,21 cm olarak hesaplanır.

$$\text{Elips Çevresi} = 2\pi \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{2}} \quad (3.3)$$

Elips çevresi formülü ile alınan vücut çevre ölçümünde hatalar olduğu fark edilmiştir. Hatanın en aza indirilmesi için *kosinüs teoremi* kullanılmıştır. *Kosinüs teoremi* kullanarak hesap yapıldığında 30 derecede onikigen elde edilir. *Kosinüs teoremi* kullanılırken karşı kenar yani üçüncü kenarın ölçüsü bulunabilmesi için iki kenar ve iki kenar arasındaki açı değeri bilinmelidir. Örneğin 0 derecede çekilmiş fotoğrafın en değerleri ve 30 derecede çekilmiş fotoğrafın en değerleri için y açı değerine 30 vererek 3. kenar hesaplanmıştır. 7 derece için içinde aynı işlem yapılmıştır. Yapılan işlem sonucunda 6 kenar elde edilmiştir. Bu kenar değerlerinin toplanmasıyla yarım çevre hesaplanmıştır. Yarım çevre değerinin 2 ile çarpılmasıyla tam çevre hesaplanmıştır. Resim 3.18’de Çember içerisine yerleştirilmiş 30 dereceli 12 adet üçgen görülmektedir.



Resim 3.18 Çember içerisine yerleştirilmiş 30 dereceli 12 adet üçgen.

Örneğin yarıçapı 5 cm olan bir çember için $2 * \pi * r$ formülü ile çevre 31,4 cm olarak hesaplanır. *Kosinüs teoremi* ile onikigenin 30 derecelik bir dilimini $c^2 = 5^2 + 5^2 - 2 * 5 * 5 * \cos(30)$ hesaplandığında 2,59 cm olarak bulunur. 30 derecelik bir dilim için

hesaplanan değer 12 ile çarpılarak evre 31,08 cm olarak hesaplanır. Yapılan işlem sonucunda hata payı %1,02 olarak hesaplanmıştır. Hata payının oldukça dūřuk olması *kosinüs teoreminin* tercih sebeplerindendir.



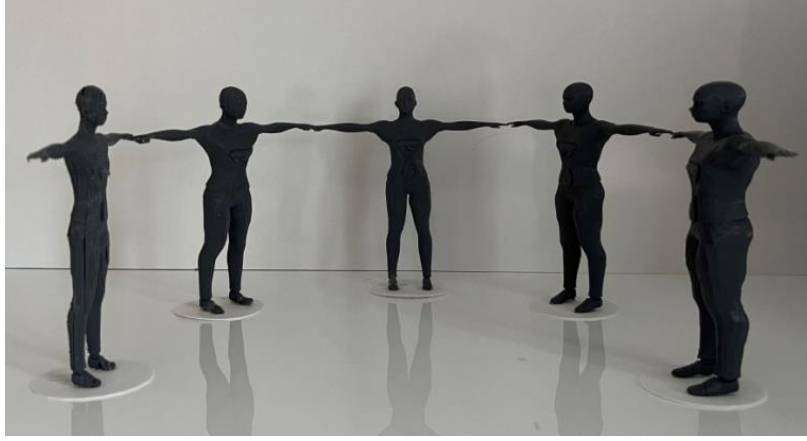
4.BULGULAR

4.1 Modellerden Alınan Görüntülerin Değerlendirilmesi

Çalışmanın ilk denemeleri, Covid-19 pandemisinden dolayı insanlar arasındaki sosyal mesafeyi koruyabilmek için insan modelleri üzerinde yapılmıştır. 16 adet insan modeli 3B yazıcı ile basılmıştır. Resim 4.1’de insan modelleri görülmektedir. Basılan modeller arasından 5 tanesi aynı boyda basılmıştır. Çünkü boylarının aynı olup genişliklerinin farklı olması modellerin karşılaştırılmasına kolaylık sağlamıştır. Resim 4.2’de aynı boydaki 5 adet insan modelleri görülmektedir. 5 model sırasıyla döner tablanın merkezine yerleştirilmiştir. 5 modelin farklı mesafelerden ve farklı açılardan fotoğrafları iPhone 13 mobil cihazının 12 MP (Megapiksel) çift kamera sistemde geniş kamera ile çekilmiştir. Fotoğraflar işlenerek analiz edilmiştir. Hesaplan sonuçlar ve gerçek değerler karşılaştırılarak hata oranı hesaplanmıştır. Hesaplanan hata oranlarının karelerinin toplamının kareköklerinin ortalaması ile ortalama hata oranları hesaplanmıştır.



Resim 4.1 İnsan modelleri.



Resim 4.2 Aynı boydaki 5 adet insan modelleri.

16 modelin değerlendirmeleri yapılmıştır. Gerçek bel ve basen çevresi ölçümleri manuel olarak mezura ile yapılmıştır. 16 modelin değerlendirmeleri yapılırken döner tabla ve mobil cihaz arasındaki mesafe 30 cm olarak ayarlanmıştır. Modellerin 0, 30, 60, 90, 120, 150 ve 180 derecelerde görüntüleri alınmıştır. Görüntüler işlenmiş ve sonuçları kaydedilmiştir. Hesaplanan sonuçlar ve gerçek değerler arasındaki hata oranı yüzde olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan hata oranlarının karelerinin toplamının kareköklerinin ortalaması ile ortalama hata oranları yüzde olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda bel çevresi için ortalama hata oranının %5,16, basen çevresi için %4,58 hesaplanmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4. 1 16 adet modelden alınan bel ve basen çevresi karşılaştırılması hata oranları.

Model No	Boy (cm)	Bel Çevresi GD(cm)	Bel Çevresi HD(cm)	Hata Oranı (%)	Basen Çevresi GD(cm)	Basen Çevresi HD(cm)	Hata Oranı (%)
M 1	18	8,5	8,1585	4,0170	11,5	11,3832	1,0156
M 2	9,8	4,5	4,1990	6,6887	6	5,9416	0,9728
M 3	10	6	5,9069	1,5511	8	7,6983	3,7704
M 4	10	4,7	4,5988	2,1536	6,5	6,0870	6,3534
M 5	11	7,5	6,9686	7,0857	8	7,6379	4,5250
M 6	18	8	7,8053	2,4342	11,5	11,4775	0,1950
M 7	16,5	8	7,5678	5,4022	11	10,9312	0,6252
M 8	14	5,5	4,9746	9,5553	8,5	8,0658	5,1080

Çizelge 4. 1 (Devam) 16 adet modelden alınan bel ve basen çevresi karşılaştırılması hata oranları.

Model No	Boy (cm)	Bel Çevresi GD(cm)	Bel Çevresi HD(cm)	Hata Oranı (%)	Basen Çevresi GD(cm)	Basen Çevresi HD(cm)	Hata Oranı (%)
M 9	14	4	3,9051	2,3722	6,5	6,6780	2,7393
M 10	11	5	4,8544	2,9101	7,3	6,7408	7,6600
M 11	11	4	3,6734	8,1641	5	4,9693	0,6136
M 12	15	6,1	6,0844	0,2553	8,1	8,7645	8,2047
M 13	15	7,1	6,6001	7,0395	9,2	9,0662	1,4533
M 14	15	6,6	6,5813	0,2825	8,6	9,3161	9,6017
M 15	15	7,3	6,9011	5,4637	9,8	10,0061	2,1037
M 16	15	7,6	7,3475	4,5775	10,1	10,0832	0,1658
Ortalama Hata Oranı (%)				5,1587			4,5838

*GD: Gerçek Değer ve HD: Hesaplanan Değer

4.1.1 Farklı Mesafelerde Alınan Görüntülerin Değerlendirilmesi

3B yazıcı ile çıktısı alınan insan modelleri döner tablanın merkezine yerleştirilmiştir. Tripod ile model arasındaki mesafe sırasıyla 25 cm, 30 cm, 40 cm olarak ayarlandıktan sonra her model için 7 adet görüntü çekilmiştir. Resim 4.3’de M12 numaralı insan modelinin farklı mesafelerden alınan görüntüleri görülmektedir. Bu görüntüler işlendikten sonraki hesaplanan çevre değerleri Şekil 4.1’de görülmektedir.



a)

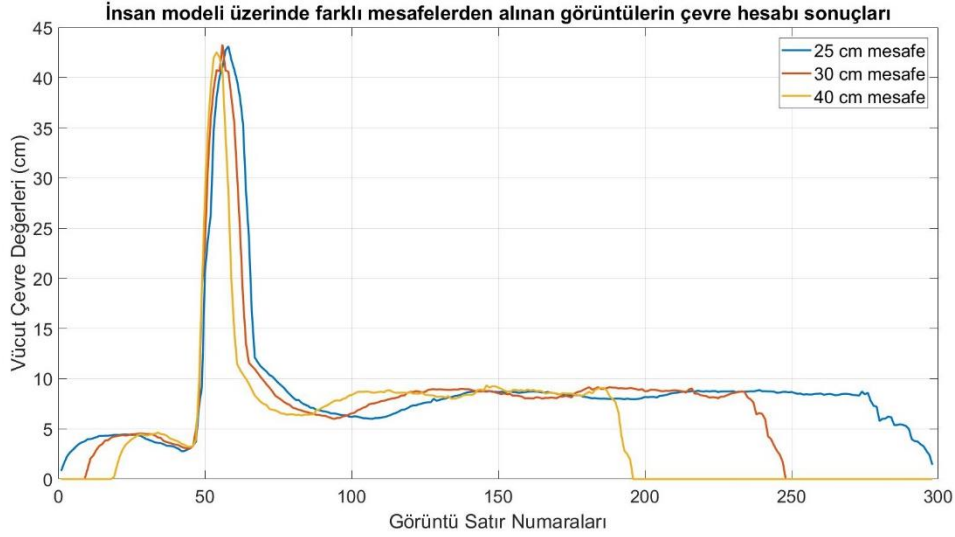


b)



c)

Resim 4. 3 M12 numaralı insan modelinin farklı mesafelerden alınan görüntüleri a) 25 cm mesafenin alınan görüntü, b) 30 cm mesafeden alınan görüntü, c) 40 cm mesafeden alınan görüntü.



Şekil 4. 1 İnsan modeli üzerinde farklı mesafelerden alınan görüntülerin çevre hesabı sonuçları.

Bel çevresi için karşılaştırma sonucunda yüzde ortalama hata oranları 25 cm için %4,59, 30 cm için %2,43, 40 cm için %3,45 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.2’de farklı mesafelerden çekilen görüntülerden alınan bel çevresi değerlerinin karşılaştırılması görülmektedir. Çizelge 4.2 incelendiğinde bel çevresi için 30 cm mesafeden çekilen görüntülerde en az hata oranına sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. 2 Farklı mesafelerden çekilen görüntülerden alınan bel çevresi değerlerinin karşılaştırılması.

Model No	Bel Çevresi GD (cm)	25 cm M. HD (cm)	Hata Oranı (%)	30 cm M. HD (cm)	Hata Oranı (%)	40 cm M. HD (cm)	Hata Oranı (%)
M12	6,1	6,0014	1,6157	5,9961	1,7027	6,3340	3,8363
M13	7,1	6,6474	6,3734	6,8099	4,0850	6,6610	6,18196
M14	6,6	6,5544	0,6905	6,6559	0,8480	6,5856	0,21796
M15	7,3	6,8251	6,5045	6,9374	4,9669	7,0055	4,0331
M16	7,6	7,2664	4,3889	7,2944	4,0200	7,4256	2,2939
Ortalama Hata Değerleri (%)			4,5886		2,4257		3,4490

*GD: Gerçek Değer, HD: Hesaplanan Değer ve M.: Mesafe

Basen çevresi için karşılaştırma sonucunda yüzde ortalama hata oranları 25 cm için %6,30, 30 cm için %5,27, 40 cm için %5,57 olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.3’de farklı mesafelerden çekilen görüntülerden alınan basen çevresi değerlerinin karşılaştırılması görülmektedir. Çizelge 4.3 incelendiğinde bel çevresi hesabında olduğu gibi basen çevresi içinde 30 cm mesafeden çekilen görüntülerde en az hata oranına sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.3 Farklı mesafelerden çekilen görüntülerden alınan basen çevresi değerlerinin karşılaştırılması.

Model No	Basen Çevresi GD (cm)	25 cm M. HD (cm)	Hata Oranı (%)	30 cm M. HD (cm)	Hata Oranı (%)	40 cm M. HD (cm)	Hata Oranı (%)
M12	8,1	8,8131	8,804	8,9826	10,8972	8,8490	9,2481
M13	9,2	9,2879	0,955	9,4718	2,9547	9,3696	1,8443
M14	8,6	9,5179	10,671	9,4929	10,3833	9,2902	8,0263
M15	9,8	9,5583	2,4654	9,7310	0,7033	9,6704	1,3220
M16	10,1	10,0563	0,4324	10,1088	0,0880	10,1370	0,3663
Ortalama Hata Değerleri (%)			6,3030		5,2660		5,5719

*GD: Gerçek Değer, HD: Hesaplanan Değer ve M.: Mesafe

Karşılaştırma sonucunda hem bel çevresi hem de basen çevresi için 30 cm’den çekilen fotoğrafların sonucunun yüzde ortalama hata oranlarının daha düşük çevre değerlerinin ise gerçeğe daha yakın çıktığı gözlemlenmiştir. Bundan sonraki diğer modellerde 30 cm mesafeden fotoğraf çekimi yapılmasına dikkat edilmiştir.

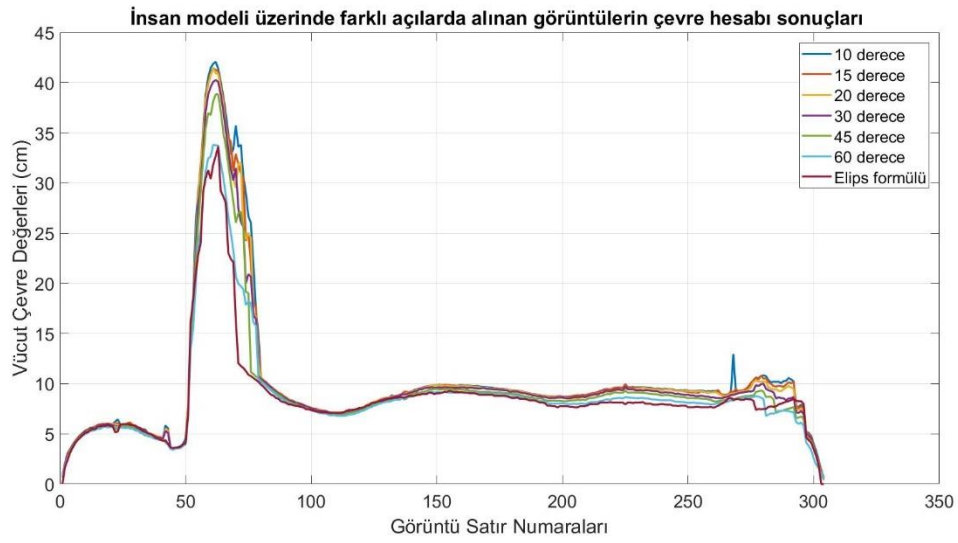
4.1.2 Farklı Derecelerde Alınan Görüntülerin Değerlendirilmesi

3B yazıcı ile çıktısı alınan M15 numaralı insan modeli döner tablanın merkezine yerleştirilerek fotoğrafları çekilmiştir (Resim 4.4). 10 derece için 19 fotoğrafa, 20 derece için 10 fotoğrafa, 30 derece için 7 fotoğrafa, 45 derece için 5 fotoğrafa, 60 derece için 4 fotoğrafa ihtiyaç duyulmuştur. Çekilen fotoğraf Matlab programında işlenmiş ve

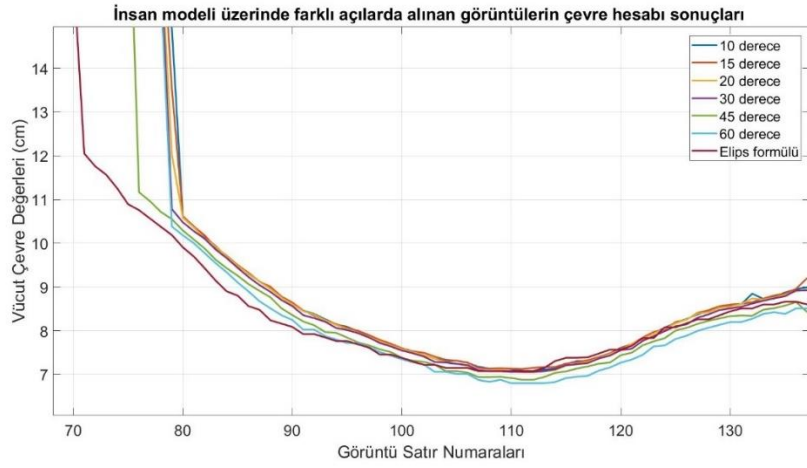
hesaplanan veriler ile 10, 15, 20, 30, 45 ve 60 dereceler için *kosinüs teoremi* ile çevre hesabı yapılmıştır (Şekil 4.2 ve Şekil 4.3). Hesaplanan çevre değerleri Excel'e aktarılmıştır.



Resim 4. 4 M15 Numaralı Model.



Şekil 4. 2 İnsan modeli üzerinde farklı açılarda alınan görüntülerin çevre hesabı sonuçları.



Şekil 4. 3 İnsan modeli üzerinde farklı açılarda alınan görüntülerin çevre hesabı sonuçları (bel çevresi için yakınlaştırılmış grafik).

Çizelge 4. 4 Farklı derecelerde alınan bel çevresi değerlerinin karşılaştırılması.

Model No	Bel Çevresi GD (cm)	10 Derecede HD (cm)	Hata Oranı (%)	15 Derecede HD (cm)	Hata Oranı (%)	20 Derecede HD (cm)	Hata Oranı (%)
M12	6,1	6,1798	1,309	6,1757	1,241	6,1641	1,0515
M14	6,6	6,9947	5,981	7,0235	6,418	6,8700	4,0916
M15	7,3	7,1220	2,4375	7,1314	2,3085	7,0676	3,1826
M16	7,6	7,5300	0,9199	7,5170	1,0909	7,5071	1,2217
Ortalama Hata Değerleri (%)			3,3270		3,5090		2,7143

*GD: Gerçek Değer ve HD: Hesaplanan Değer

Çizelge 4. 4 (Devam) Farklı derecelerde alınan bel çevresi değerlerinin karşılaştırılması.

Model No	Bel Çevresi GD (cm)	30 Derecede HD (cm)	Hata Oranı (%)	45 Derecede HD (cm)	Hata Oranı (%)	60 Derecede HD (cm)	Hata Oranı (%)
M12	6,1	6,0977	0,0372	5,9780	1,9988	5,8187	4,6104
M14	6,6	6,8134	3,233	6,5371	0,9526	6,4072	2,9204
M15	7,3	7,0578	3,3164	6,9176	5,2381	6,7988	6,8650
M16	7,6	7,4794	1,5860	7,3131	3,7742	7,2982	3,9704
Ortalama Hata Değerleri (%)			2,4480		3,4127		4,8134

*GD: Gerçek Değer ve HD: Hesaplanan Değer

Çizelge 4. 5 Farklı derecelerde alınan basen çevresi değerlerinin karşılaştırılması.

Model No	Basen Çevresi GD (cm)	10 Derecede HD (cm)	Hata Oranı (%)	15 Derecede HD (cm)	Hata Oranı (%)	20 Derecede HD (cm)	Hata Oranı (%)
M12	8,1	8,8820	9,655	8,7997	8,6391	8,7975	8,6122
M14	8,6	9,5307	10,821	9,4449	9,8242	9,4476	9,8568
M15	9,8	9,8172	0,1750	9,7926	0,0748	9,7964	0,0357
M16	10,1	10,1856	0,8484	10,0960	0,0388	10,1153	0,1517
Ortalama Hata Değerleri (%)			7,2645		6,5415		6,5450

*GD: Gerçek Değer ve HD: Hesaplanan Değer

Çizelge 4. 5 (Devam) Farklı derecelerde alınan basen çevresi değerlerinin karşılaştırılması.

Model No	Basen Çevresi GD (cm)	30 Derecede HD (cm)	Hata Oranı (%)	45 Derecede HD (cm)	Hata Oranı (%)	60 Derecede HD (cm)	Hata Oranı (%)
M12	8,1	8,6182	6,398	8,3659	3,2832	8,1153	0,4797
M14	8,6	9,2208	7,2194	8,9640	4,2329	8,4873	0,7438
M15	9,8	9,6439	1,5918	9,3910	4,1733	9,0649	6,1907
M16	10,1	9,9904	1,0842	9,7319	3,6437	9,2843	5,5612
Ortalama Hata Değerleri (%)			4,9185		3,8533		4,1843

*GD: Gerçek Değer ve HD: Hesaplanan Değer

Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5 incelendiğinde bel çevresi için ortalama hata değerinin en az 30 derecede çıktığı gözlemlenmiştir fakat basen çevresi için ortalama hata değerinin en az 45 derecede çıktığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde 30 derecedeki bel çevresinin ortalama hata değerinin en düşük olmasından dolayı yapılan insan denemelerinde 30 derecede görüntü alınması tercih edilmiştir.

4.1.3 Zayıf ve Kilolu Modellerden Alınan Görüntülerin Değerlendirilmesi

3B yazıcı ile 2 modelin çıktıları alınmıştır. Basılan ilk model zayıf model olarak basılmıştır (Resim 4.5). Resim 4.5'deki zayıf modelin x değeri (en değeri) %20 oranında,

y değeri (boy değeri) sabit tutulup ve z değeri (yükseklik değeri) %10 oranında büyütülmüştür ve kilolu model elde edilmiştir (Resim 4.6). Çizelge 4.6’da zayıf ve kilolu modellerin X, Y ve Z değerleri verilmiştir. Fotoğraflardan vücut ölçümü çıkarıldıktan sonra gerçek değerlerle bel çevre değerleri karşılaştırılmıştır. Zayıf ve kilolu modelin arasındaki bel çevresi gerçek farkları 1,3 cm ve bel çevresi hesaplanan farkları 1,48 cm olarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.7 yorumlandığında yani modelin bel bölgesinin gerçek ve hesaplanan farklarının birbirine yakın olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 4.7’de zayıf ve kilolu modellerin tüm vücudun çevre ölçümlerinin karşılaştırma grafiği görülmektedir.



Resim 4. 5 Zayıf model (M4 numaralı).



Resim 4. 6 Kilolu model (M3 numaralı).

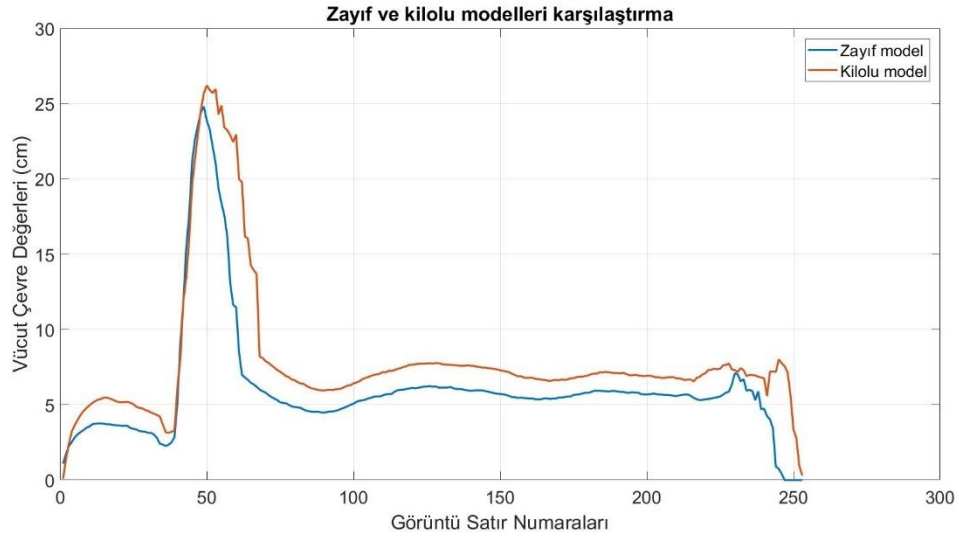
Çizelge 4. 6 Zayıf ve kilolu birey modeli için X, Y ve Z değerleri.

Değerler	Zayıf model	Kilolu model
X (En)	100 mm	120 mm
Y (Boy)	100 mm	100 mm
Z (Yükseklik)	20 mm	30 mm

Çizelge 4. 7 Zayıf ve kilolu birey modelleri için bel çevrelerinin karşılaştırılması.

Modeller	Bel çevresi GD	Bel çevresi HD
Zayıf model	4,7 cm	4,47 cm
Kilolu model	6 cm	5,95 cm
Fark	1,3 cm	1,48 cm

*GD: Gerçek Değer ve HD: Hesaplanan Değer



Şekil 4.4 Zayıf ve kilolu modelleri karşılaştırma grafiği.

4.1.4 Modellerden Alınan Görüntülerin Elips ve Kosinüs Teoremi Sonuçlarının Değerlendirilmesi

4.1.4.1. Kosinüs Teoremi Uygulama Örneği

Boy 15 cm olan model için 0 derecede alınan görüntünün genişliği hesaplanmıştır. Görüntü genişliği değeri ikiye bölünmüştür. Değer 0,7461 olarak elde edilmiştir. Aynı

işlem 30 derece içinde yapıldığında değer 0,7112 elde edilmiştir. Bulunan iki değer arasında *kosinüs teoremi* uygulanmıştır. $0,7461^2 + 0,7112^2 - 2 * 0,7461 * 0,7112 * \cos(30) = 0,3787$ değeri elde edilmiştir. Aynı işlem sırasıyla 30 ve 60 derece arasında, 60 ve 90 arasında, 90 ve 120 arasında, 120 ve 150 arasında, 150 ve 180 dereceleri arasında uygulanmıştır (Çizelge 4.8). Alınan sonuçlar sadece toplamda 180 derece içindir insan vücudunun simetrik olmasından dolayı tam çevreyi hesaplamak için toplam 180 derecede hesaplanan çevre değerinin 2 ile çarpılmak gerekmektedir. *Kosinüs teoreminden* çıkan altı değer toplanıp iki ile çarpılarak çevre değeri 4,1429 hesaplanmıştır.

Çizelge 4. 8 0,30,60,90,120,150,180 derecelerde alınan 7 fotoğrafın kosinüs teoremi uygulama sonuçları.

Dereceler	0-30	30-60	60-90	90-120	120-150	150-180
	dağh(cm)	dağh(cm)	dağh(cm)	dağh(cm)	dağh(cm)	dağh(cm)
Kosinüs teoremi değerleri	0,3787	0,3556	0,3104	0,2986	0,3529	0,3751

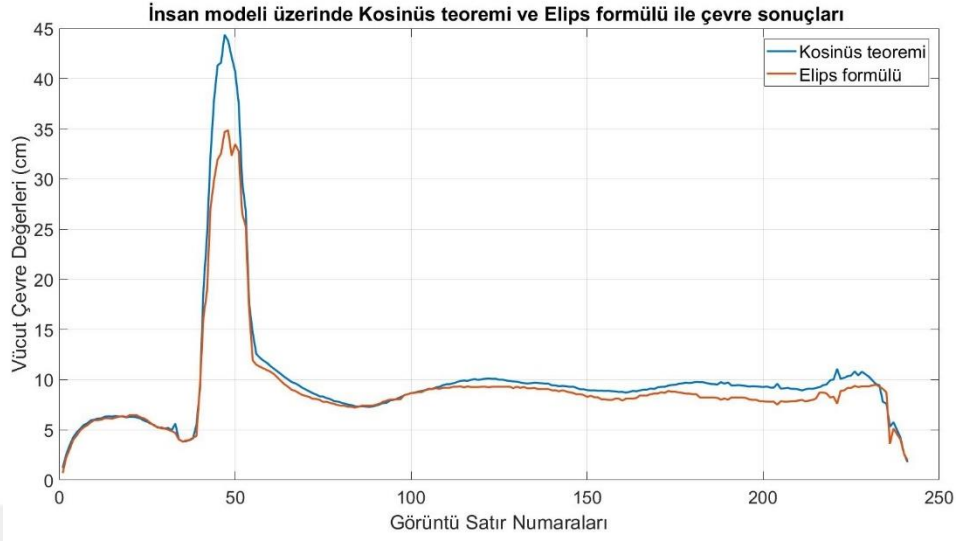
*dağh: derece arası çevre hesabı

Yine aynı model için *elips formülü* ile çevre hesabı yapılmıştır *elips formülünde* 0 ve 90 derecelerdeki bel genişlik değerlerinin bilinmesi yeterlidir. 0 derece için bel genişliğinin yarısı 0,7461 hesaplanmıştır ve 90 derece için bel genişliğinin yarısı 0,5559 hesaplanmıştır. Bu iki değer elipsin uzun ve kısa yarıçapları olarak tanımlanır. *Elips çevresi formül* ile $2\pi \sqrt{\frac{0,7461^2 + 0,5559^2}{2}} = 4,1314$ değeri hesaplanmıştır.

4.1.4.2 Kosinüs Teoremi ve Elips Formülü ile Çevre Hesabı Sonuçları

Alınan fotoğraflarda vücut çevreleri hem *elips formülü* kullanılarak hem de *kosinüs teoremi* kullanılarak hesaplanmıştır ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. M16 numaralı model için sonuç grafiği Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Yapılan karşılaştırma sonucunda bel çevresi için yakın değerler fakat basen çevresi için daha uzak çıktığı gözlenmiştir. Çizelge 4.9 *kosinüs teoremi* ve *elips formülü* ile yapılan çevre hesabı değerleri görülmektedir. Tezin önceki bölümlerinde de gösterildiği gibi 2 fotoğraf yerine 7 fotoğraf çekerek gerçeğe daha

yakın sonuçlar elde edileceği ispatlanmıştır.



Şekil 4. 5 Kosinüs teoremi ve elips formülü ile çevre sonuçları grafiği.

Çizelge 4. 9 Kosinüs teoremi ve elips formülü uygulama sonuçlarının karşılaştırılması.

	Bel Çevre Değerleri (cm)	Basen Çevre Değerleri (cm)
Gerçek Değer	7,6	10,1
Kosinüs Teoremi	7,2944	10,1088
Elips Formülü	7,2161	9,3416
Kosinüs Teoremi		
Hata Oranı (%)	4,0201	0,0880
Elips Formülü		
Hata Oranı (%)	5,0515	7,5084

4.2 İnsan Görüntülerinin Değerlendirilmesi

Yapılan model karşılaştırmaları sonucunda bireylerinde fotoğraflarını 30 derecede çekilmesine karar verilmiştir. Bireylerin fotoğrafları genel olarak pilates stüdyosunda çekilmiştir. Çalışmada gönüllü 10 bireyin görüntüleri alınmıştır. Bireylerin gerçek boy, bel çevresi ve basen çevresi ölçüleri mezura ile manuel olarak alınmıştır. Bel çevresi değeri kişinin bel bölgesindeki en ince yerden alınmasına ve basen çevre ölçümünün ise en kalın bölgeden alınmasına dikkat edilmiştir. Bireylerin görüntüleri alınırken arka plana ürün çekimlerinde kullanılan yeşil fon perdesi yerleştirilmiştir. Yerleştirilen fon perdesi

sayesinde görüntü işlenirken arka plan kolaylıkla temizlenmiş ve bireyin silueti daha iyi bir şekilde çıkarılmıştır. Zemine ise 30 derece açıda çember yerleştirilmiş ve bireylerin kollarını iki yana 180 derece olacak şekilde açmaları istenmiştir. Bireyin tam karşına tripod yerleştirilmiştir. Dereceli çember üzerinde 7 adet fotoğrafları iPhone 13 mobil cihazının 12 MP çift kamera sistemde geniş kamera ile çekilmiştir. Fotoğraflar veri tabanına yüklenerek görüntü işleme teknikleriyle Matlab R2016a programında işlenmiştir. Çalışmaya başlamadan önce pilates stüdyosunda hazırlanacak ortam LUMION programında 3 boyutlu olarak hazırlanmıştır (Resim 4.7).



a)



b)



c)



d)



e)



f)

Resim 4. 7 LUMION programında hazırlanan 3B ortam a)0 derece, b)30 derece, c)60 derece, d)90 derece, e)120 derece, f)150 derece.

Stüdyoda çekilen fotoğraflar arkada yeşil fon perdesi yer alması ölçümlerin hesaplanırken arka planın temizlenmesine kolaylık sağlamıştır. Stüdyo dışındaki yerlerde çekilen görüntüler için arka plan düz olacak şekilde tercih edilmiştir.

4.2.1 Tripodun Farklı Yerden Yükseklik Değerlerinin Karşılaştırılması

Fotoğraf çekilirken dikkat edilecek hususlardan birinin tripodun yerden yüksekliği olacağı düşünülmüştür (Resim 4.8). Tripodun kişiye olan uzaklığı sabitlenerek boy ayarı sırasıyla 69, 89 ve 106 cm olacak şekilde ayarlanarak görüntüler çekilmiştir. Çizelge 4.10’da tripod yerden yükseklik değeri 69 cm için bel ve basen çevre ölçümü sonuçları görülmektedir. Çizelge 4.11’de tripod yerden yükseklik değeri 89 cm için bel ve basen çevre ölçümü sonuçları görülmektedir. Çizelge 4.12’de tripod yerden yükseklik değeri 106 cm için bel ve basen çevre ölçümü sonuçları görülmektedir. Sonuçlar incelendiğinde bel ve basen çevrelerinin gerçek ve hesaplanan değerleri karşılaştırıldığında tripodun yerden yüksekliği 106 cm olarak ayarlandığında en az hata değerine ulaşılmıştır. Bu hata değeri bel çevresi için %2,69 iken basen çevresi için %3,38 olarak hesaplanmıştır. Bundan sonraki diğer insan denemelerinde fotoğraf çekimi yapılırken tripod yüksekliğinin 106 cm olarak ayarlanmasına dikkat edilmiştir.



Resim 4. 8 Çalışma kapsamında kullanılan tripod.

Çizelge 4. 10 Tripod yerden yükseklik 69 cm bel ve basen çevresi sonuçları ve hata oranları.

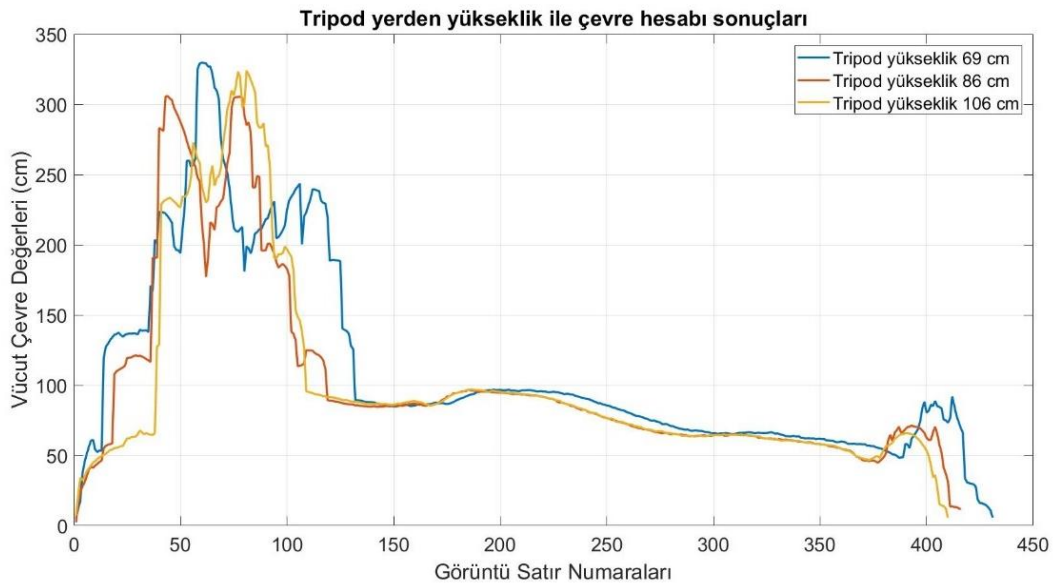
Çevre Değerleri	Gerçek Değer	Yerden Yükseklik	Hata Oranı
		69 cm	(%)
Bel Çevresi	89	85,5529	3,8730
Basen Çevresi	100	94,9976	5,0023

Çizelge 4. 11 Tripod yerden yükseklik 89 cm bel ve basen çevresi sonuçları ve hata oranları.

Çevre Değerleri	Gerçek Değer	Yerden Yükseklik	Hata Oranı (%)
		89 cm	
Bel Çevresi	89	85,5004	3,9320
Basen Çevresi	100	95,4998	4,5001

Çizelge 4. 12 Tripod yerden yükseklik 106 cm bel ve basen çevresi sonuçları ve hata oranları.

Çevre Değerleri	Gerçek Değer	Yerden Yükseklik	Hata Oranı
		109 cm	(%)
Bel Çevresi	89	86,6078	2,6878
Basen Çevresi	100	96,6160	3,3839



Şekil 4. 6 Tripod yerden yükseklik ile çevre hesabı sonuçlarının grafiği.

4.2.2 Tripod ve Birey Arasındaki Mesafe Değerlerinin Karşılaştırılması

Tripod ile birey arasındaki mesafe değeri sırasıyla 170, 190 ve 230 cm olacak şekilde denemeler yapılmıştır. Çizelge 4.13’de tripod ve birey arasındaki mesafe değeri 170 cm için çevre hesabı ve sonuçları görülmektedir. Çizelge 4.14’de tripod ve birey arasındaki mesafe değeri 190 cm için çevre hesabı ve sonuçları görülmektedir. Çizelge 4.15’de tripod ve birey arasındaki mesafe değeri 230 cm için çevre hesabı ve sonuçları görülmektedir. Çizelgeler incelendiğinde en az hata oranının 230 cm mesafe de hesaplandığı bundan sonraki diğer insan denemelerinde 230 cm mesafeden fotoğraf çekimi yapılmasına dikkat edilmiştir.

Çizelge 4. 13 Tripod ve birey arasındaki mesafe değeri 170 cm için çevre hesabı sonuçları ve hata oranları.

Çevre Değerleri	GD (cm)	Mesafe 170 cm	Hata Oranı (%)
Bel Çevresi	80	87,8317	9,7896
Basen Çevresi	102	95,3481	6,5214

Çizelge 4. 14 Tripod ve birey arasındaki mesafe değeri 190 cm ile çevre hesabı sonuçları ve hata oranları.

Çevre Değerleri	GD (cm)	Mesafe 190 cm	Hata Oranı (%)
Bel Çevresi	80	82,3025	2,8782
Basen Çevresi	102	98,7995	3,1377

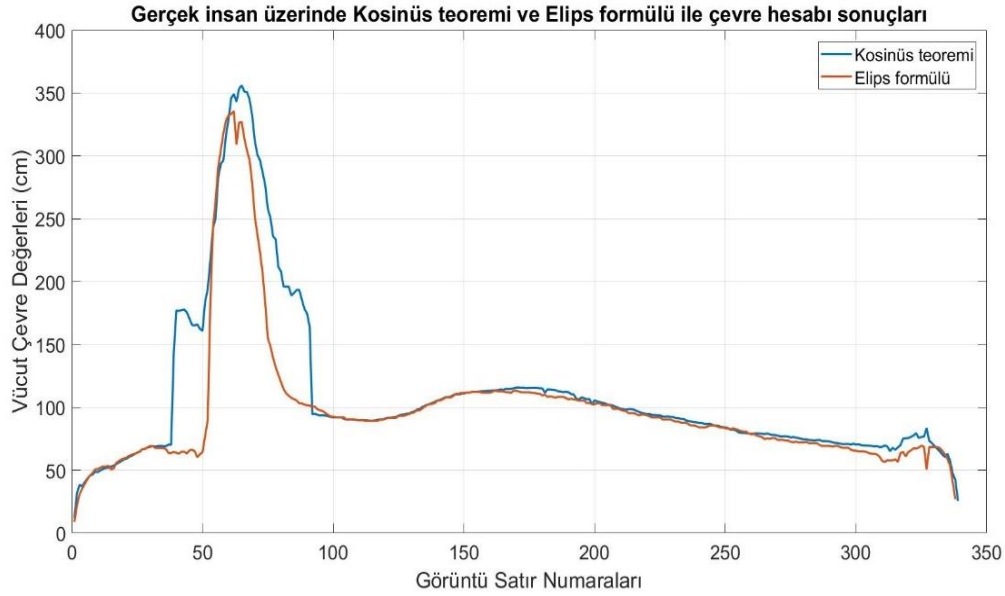
Çizelge 4. 15 Tripod ve birey arasındaki mesafe değeri 230 cm ile çevre hesabı sonuçları ve hata oranları.

Çevre Değerleri	GD (cm)	Mesafe 230 cm	Hata Oranı (%)
Bel Çevresi	80	80,0830	0,1038
Basen Çevresi	102	100,151	1,8127

4.2.3 Gerçek İnsanda Kosinüs Teoremi ve Elips Formülü Sonuç Karşılaştırması

Fotoğrafları çekilen 3 numaralı bireyin gerçek boy değeri, bel çevresi ve basen çevresi mezura ile ölçülmüş ve kaydedilmiştir. Fotoğraflar Matlab programında işlenerek bireyin *Kosinüs teoremi* ve *elips formülü* ile hesaplanan vücut ölçümleri Excel’e yazdırılmıştır.

Şekil 4.7’de Gerçek insan üzerinde *kosinüs teoremi* ve *elips çevre formülleri* ile vücut ölçüm sonuçlarının grafiği görülmektedir.



Şekil 4. 7 Gerçek insan üzerinde kosinüs teoremi ve elips formülü ile çevre hesabı sonuçlarının grafiği.

Çıkan sonuçlar incelendiğinde *kosinüs teoremi* ile hesaplanan bel çevresi için hata oranı %3,87 *elips formülü* ile hesaplanan bel çevresi için hata oranı %3,95 olarak hesaplanmıştır. Yani 2 yönteminde model çalışmalarındaki gibi gerçek insan üzerindeki denemelerde de bel çevresi hata oranlarının birbirine yakın çıktığı gözlemlenmiştir (Çizelge 4.16).

Kosinüs teoremi ile hesaplanan basen çevresi için hata oranı %1,88 *elips formülü* ile hesaplanan basen çevresi için hata oranı %4,55 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.17). Yani 2 yönteminde model çalışmalarındaki gibi gerçek insan üzerindeki denemelerde de basen çevresi hata oranlarının birbirinden uzak çıktığı gözlemlenmiştir.

Literatürde vücut çevre ölçümlerinde *elips formülü* kullanılmasına rağmen bu çalışma sonucunda vücut çevre ölçümlerinin *kosinüs teoremi* ile yapıldığında gerçek değere daha yakın sonuçlar çıktığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 4. 16 Gerçek insan üzerinde kosinüs teoremi ve elips formülü ile bel çevre hesabı sonuçları.

Birey	Boy (cm)	Bel GD (cm)	Bel HD KT (cm)	Hata oranı (%)	Bel HD EF (cm)	Hata oranı (%)
Birey 3	157	93	89,4005	3,8704	89,3254	3,9511

*GD: Gerçek Değer, HD: Hesaplanan Değer, KT: Kosinüs Teoremi, EF: Elips Formülü

Çizelge 4. 17 Gerçek insan üzerinde kosinüs teoremi ve elips formülü ile basen çevre hesabı sonuçları.

Birey	Boy (cm)	Basen GD (cm)	Basen HD KT (cm)	Hata oranı (%)	Basen HD EF (cm)	Hata oranı (%)
Birey 3	157	118	115,7859	1,8763	112,626	4,5542

*GD: Gerçek Değer, HD: Hesaplanan Değer, KT: Kosinüs Teoremi, EF: Elips Formülü

4.2.4 Bireylerdeki Bel ve Basen Çevresi Sonuç Karşılaştırması

Yapılan çalışma sonucunda 10 bireyin bel ve basen çevresi ölçümü hem *elips formülü* ile hem de *kosinüs teoremi* ile yapılmıştır. Çizelge 4.18 incelendiğinde bel çevresi için ortalama hata oranının *kosinüs teoremi* için %2,79 iken *elips formülü* için %4,1 olarak hesaplanmıştır. Örneğin bel çevresi 100 cm olan bireyin geliştirilen uygulama ile sonuçları $100 \pm 2,79$ hesabıyla 102,79 cm veya 97,21 cm olarak hesaplanabilmektedir.

Çizelge 4. 18 Gerçek insan üzerinde bel çevre hesabı sonuçları ve hata oranları.

Bireyler	Boy (cm)	Bel GD (cm)	Bel HD KT (cm)	Hata oranı (%)	Bel HD EF (cm)	Hata oranı (%)
Birey 1	164	89	86,8597	2,4047	87,7451	1,4100
Birey 2	156	80	78,3709	2,0363	77,3521	3,3098
Birey 3	157	93	89,4005	3,8704	89,3254	3,9511
Birey 4	171	126	122,1873	3,0259	118,259	6,1436
Birey 5	172	125	121,5506	2,7595	126,1047	0,8837
Birey 6	158	97	94,7722	2,2966	100,2699	3,3710
Birey 7	163	85	84,7157	0,3344	84,2883	0,8372

Çizelge 4. 18 (Devam) Gerçek insan üzerinde bel çevre hesabı sonuçları ve hata oranları.

Bireyler	Boy (cm)	Bel GD (cm)	Bel HD KT (cm)	Hata oranı (%)	Bel HD EF (cm)	Hata oranı (%)
Birey 8	167	64	66,4352	3,8050	69,0572	7,9019
Birey 9	166	96	99,1824	3,3151	100,3339	4,5144
Birey 10	163	68	66,4190	2,3249	69,6963	2,4946
Ortalama Hata Değerleri (%)				2,7917		4,1011

*GD: Gerçek Değer, HD: Hesaplanan Değer, KT: Kosinüs Teoremi, EF: Elips Formülü

Çizelge 4.19 incelendiğinde basen çevresi için ortalama hata oranının *kosinüs teoremi* için %2,84 iken *elips formülü* için %8,5 olarak hesaplanmıştır. Örneğin basen çevresi 100 cm olan bireyin geliştirilen uygulama ile sonuçları $100 \pm 2,84$ hesabıyla 102,84 cm veya 97,16 cm olarak hesaplanabilmektedir.

Çizelge 4. 19 Gerçek insan üzerinde basen çevre hesabı sonuçları ve hata oranları.

Bireyler	Boy (cm)	Basen GD (cm)	Basen HD KT (cm)	Hata oranı (%)	Basen HD EF (cm)	Hata oranı (%)
Birey 1	164	100	98,3752	1,6247	96,9919	3,0080
Birey 2	156	102	97,5008	4,4109	93,7456	8,0925
Birey 3	157	118	115,7859	1,8763	112,6260	4,5542
Birey 4	171	116	113,6158	2,0553	107,8875	6,9935
Birey 5	172	115	110,2169	4,1592	100,4260	12,6730
Birey 6	158	113	108,7001	3,8051	101,8789	9,8417
Birey 7	163	97	95,5918	1,4516	88,7104	8,5459
Birey 8	167	86	85,9279	0,0838	79,6757	7,3537
Birey 9	166	108	104,6062	3,1423	98,4721	8,8220
Birey 10	163	94	91,4814	2,6792	86,8368	7,6204
Ortalama Hata Değerleri (%)				2,8422		8,1526

*GD: Gerçek Değer, HD: Hesaplanan Değer, KT: Kosinüs Teoremi, EF: Elips Formülü

Gerçek değerlerden daha farklı değerlerin hesaplanmasının nedeni gerçek çevre

ölçümlerinin alındığı halka ile hesaplanan çevre ölçümlerin alındığı halka farklı olabileceği için aynı noktadan ölçüm alınamamasından kaynaklı hatalar ve insanın nefes alıp verirken ölçüm alınmasından dolayı ortaya çıkan hatalardan kaynaklanmaktadır. Literatürdeki kullanılan elips formülü ve bu çalışmada kullanılan kosinüs teoremi karşılaştırıldığında kosinüs teoremi ile daha az hata oranıyla gerçeğe yakın sonuçlar elde edildiği görülmüştür.



5.TARTIŞMA ve SONUÇ

Günümüz sorunlarından obezitenin Covid-19 sebebiyle daha fazla artış gösterdiği görülmüştür. Obezitenin takibinde bireylerin ağırlıklarının kontrol edilmesinin yanı sıra hangi bölgeden ne kadar zayıflandığının tespiti önemlidir. Vücut ölçümleri geleneksel olarak mezura ile yapılmaktadır. Mezura ile alınan ölçümlerde her seferinde vücudun aynı yerinden ölçüm alınamaması, mezuranın yanlış konumlandırılması, yanlış ölçümlerin alınmasına ve ölçümü alacak kişiye ihtiyaç duyulması gibi birtakım sıkıntılar meydana gelmektedir. Bu sıkıntıları en aza indirmek için yapılan tez çalışması kapsamında geliştirilen teknik kullanılabilir.

Yapılan tez çalışmasında bireylerin vücut ölçümleri geleneksel yöntem olan mezura ile ölçü çıkarma ve 3B tarayıcı ile ölçü çıkarma yöntemlerine yerine 2B fotoğraflar ile ölçü çıkarma tekniğini kullanılmıştır. 2B fotoğraflama tekniği literatürde 2 fotoğraf çekerek ve *elips formülü* kullanılarak yapılmıştır. Tez çalışmasında ise 2B fotoğraflama tekniği ile 7 fotoğraf çekerek ve *kosinüs teoremi* ile vücut ölçüleri çıkartılmıştır. Literatürdeki yöntem ve tez çalışması karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışmada literatürdeki yöntemle göre daha az hata oranı ile vücut ölçüleri çıkartılmıştır.

16 modelin bel ve basen çevreleri için hesaplanan hata oranı değerlerinin ortalama hata oranı değeri yüzde olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar sonucunda bel çevresi için ortalama hata oranının %5,16, basen çevresi için %4,58 hesaplanmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda 10 bireyin bel ve basen çevresi ölçümü hem *elips formülü* ile hem de *kosinüs teoremi* ile yapılmıştır. Bel çevresi için ortalama hata oranının *kosinüs teoremi* için %2,79 iken *elips formülü* için %4,1 olarak hesaplanmıştır ve basen çevresi için ortalama hata oranının *kosinüs teoremi* için %2,84 iken *elips formülü* için %8,5 olarak hesaplanmıştır. Çıkan sonuçlar değerlendirildiğinde 2B fotoğraflama ile ölçü çıkarılması durumunda *elips formülü* yerine *kosinüs teoremi* tercih edilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

Çalışmanın pandemi dönemine gelmesi dolayısıyla insan üzerindeki denemeler 10 kişi

ile sınırlı olarak kalmıştır. İleride yapılacak olan çalışmalarda daha fazla kişi üzerinde deneyerek hata oranının en aza indirilmesi tavsiye edilmektedir. Bunlara ek olarak kilolu bireylerin uzun sürede izlenmesiyle bireylerin zayıflama oranı hesaplama işlemi diğer çalışmacılara yeni bir çalışma konu önerisi olarak sunulmuştur. Ayrıca çalışmanın tamamının mobil uygulama üzerinde yapılması ile bireylerin görüntülerini kendilerinin analiz edebilecek olması da diğer çalışmacılara yeni bir çalışma konu önerisi olarak sunulmuştur.

Geliştirilen sistem literatürdeki yöntem ile karşılaştırıldığında geliştirilen sistemin dezavantajı 2 fotoğraf yerine 7 fotoğraf çekilecek olmasıdır. 7 fotoğraf çekerek zaman kaybı olacağı düşünülmektedir. Bireylerin fotoğrafları çekilirken 30 dereceli çemberde ayaklarını tam hizalayamaması gibi durumlar hataya neden olmaktadır buda sistemin dezavantajlarından. Matlab programında yapılan analizler mobil uygulamada yapılamadığından bireylerin görüntülerinin veri tabanlarına yüklenmesi gerekmektedir. Fakat bazı bireyler görüntülerini veri tabanına yüklemek istemeyebilmektedir buda sistemin dezavantajlarından.

Geliştirilen sistem ile temassız bir şekilde vücut ölçümlerinin çıkarılması, çıkarılan vücut ölçümlerinin ortalama hata oranlarının düşük olup gerçeğe yakın sonuçlar elde edilmesi ve çıkarılan vücut ölçümlerinin karşılaştırılabilir olması sistemin avantajları arasında yer almaktadır. Ayrıca vücut ölçümlerinin çıkarılmasının yanında tekstil sektöründe de bireyin temassız olarak beden ölçülerinin çıkarılmasına da fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Allen B, Curless B, Popović, Z, 2003, The space of human body shapes: reconstruction and parameterization from range scans, *ACM transactions on graphics*, 22, 587-594.
- Apeagyei P R, 2010, Application of 3D body scanning technology to human measurement for clothing Fit, *International Journal of Digital Content Technology and its Applications*, 4, 58-68.
- Ashdown S P, Loker S, Schoenfelder K, Lyman-Clarke L, 2004, Using 3D scans for fit analysis, *Journal of Textile and Apparel, Technology and Management*, 4, 1-12.
- Bartol K, Bojanić D, Petković T, Pribanić T, 2021, A review of body measurement using 3D scanning, *IEEE Access*.
- Bilgin G, Arı M, Kavurur A, 2017, Ultrasonik algılayıcılar yardımıyla pantolon bedeni belirleyen cihaz tasarımı, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8, 146-154.
- Bogo F, Romero, J, Loper M, Black M J, 2014, FAUST: Dataset and evaluation for 3D mesh registration, In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 23-28 June, Ohio.
- Budakov N, Bokan D, Rakic D, Bokan D, 2012, Body mass index and physical activity of students of University of Novi Sad, *South Eastern Europe Health Sciences Journal*, 2, 8-14.
- Casadei K, Kiel J, 2019, *Anthropometric measurement*, StatPears Publishing, Florida.
- Chen X, Pan L, 2018, A survey of graph cuts/graph search based medical image segmentation, *IEEE reviews in biomedical engineering*, 11, 112-124.
- Daanen H M, van de Water G J, 1998, Whole body scanners, *Displays*, 19, 111-120.
- Daanen H A, Psikuta A, 2018, 3D body scanning, In *Automation in garment manufacturing*, Woodhead Publishing, 237-252, Sawston.
- Donlić M, 2019, Three-dimensional analysis of back surface under dynamic conditions in scoliosis diagnostics, *University of Zagreb, Faculty of Electrical Engineering*

- and Computing, Ph.D. Thesis, Zagreb.
- Hasler N, Stoll C, Sunkel M, Rosenhahn B, Seidel H P, 2009, A statistical model of human pose and body shape. Blackwell Publishing, 346p, Oxford.
- Heymsfield S B, Bourgeois B, Ng B K, Sommer M J, Li X, Shepherd J A, 2018, Digital anthropometry: a critical review, *European journal of clinical nutrition*, 72, 680-687.
- ISO 20685, 2010, 3-D Scanning Methodologies for Internationally Compatible Anthropometric Databases, International Organisation for Standardization, Geneva.
- Kılıç A, 2011, Antropometrik Ölçüm Sisteminden Yararlanarak Kadınlara Yönelik Yeni Bir Etek ve Pantolon Giysi Kalıbı Hazırlama Yönteminin Geliştirilmesi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 202s, İzmir.
- Koepke N, Zwahlen M, Wells J C, Bender N, Henneberg M, Rühli F J, vd., 2017, Comparison of 3D laser-based photonic scans and manual anthropometric measurements of body size and shape in a validation study of 123 young Swiss men, *PeerJ*, 5, e2980.
- Kohlschütter T, 2012, Human body modelling by development of the automatic landmarking algorithm, technical report, DCSE/TR-2012-11,48p.
- KS A ISO 7250, 2008, Basic human body measurements for technological design-Part 1: Body measurement definitions and landmarks, Korean Standard Association, Seoul.
- Kouchi M, Mochimaru M ,2011, Errors in landmarking and the evaluation of the accuracy of traditional and 3D anthropometry, *Applied ergonomics*, 42, 518-527.
- Kuruvilla J, Sukumaran D, Sankar A, Joy S P, 2016, A review on image processing and image segmentation, In 2016 international conference on data mining and advanced computing, 16-18 March, Ernakulam, 198-203.
- Lin Y L, Wang M J J, 2011, Automated body feature extraction from 2D images, *Expert Systems with Applications*, 38, 2585-2591.
- Luo S, 2017, Application research on 2D image-based non-contact anthropometric

- technology in clothing E-commerce, In 2017 7th International Conference on Applied Science, Engineering and Technology, 20-22 May, Qingdao, 112-118.
- Ly M H, Khang N M, Nhi T T, Dang T T, Dinh A, 2018, June, A non-contact human body height and weight measurement approach using ultrasonic sensor, In International Conference on the Development of Biomedical Engineering in Vietnam, 27-29 June, Singapore, 31-37.
- Medina-Inojosa J, Somers V K, Ngwa T, Hinshaw L, Lopez-Jimenez F, 2016, Reliability of a 3D body scanner for anthropometric measurements of central obesity, Obesity open access, 2, Article number 10.16966/2380-5528.122.
- Mohapatra B N, 2019, Image edge detection techniques, Accents Transactions on Image Processing and Computer Vision, 5, 15.
- Muthukrishnan R, Radha M, 2011, Edge detection techniques for image segmentation, International Journal of Computer Science & Information Technology, 3, 259.
- Olds T, Honey F, 2006, The use of 3D whole-body scanners in anthropometry, In Proceedings of the 9th International Conference of the International Society for the Advancement of Kinanthropometry, August, London, 1-12.
- Ouellet S, Michaud F, 2018, Enhanced automated body feature extraction from a 2D image using anthropomorphic measures for silhouette analysis, Expert Systems with Applications, 91, 270-276.
- Önal Y E, 2018, Gürültüye Karşı Dayanıklı Bir Kenar Tespit Algoritması Geliştirilmesi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 108s, Ankara.
- Sehgal R, Gupta R, Anand N, 2018, Automatic Extraction of 3d body measurements from 2d images of a female form, IOSR Journal of Polymer and Textile Engineering, 5, 07-17.
- Seif A, Salut M M, Marsono M N, 2010, A hardware architecture of Prewitt edge detection, In 2010 IEEE conference on sustainable utilization and development in engineering and technology, 20-21 November, Kuala Lumpur.

- Seo D, Kang E, Kim Y, Kim S, Oh I, Kim M, 2020, SVM-based waist circumference estimation using Kinect, Computer methods and programs in biomedicine, 191, Article number 105418.
- Spahiu T, Shehi E, Piperi E, 2014, Extracting body dimensions from 3D body scanning, In 6th International Conference of Textile, 20 November, Tirana.
- Yılmaz Ö, Üstün A B, 2021, App Inventor ve alternatif blok tabanlı mobil uygulama geliştirme platformlarının karşılaştırmalı incelenmesi, Disiplinlerarası Eğitim Araştırmaları Dergisi, 5, 1-11.
- Yi F, Moon I, 2012, Image segmentation: A survey of graph-cut methods, In 2012 international conference on systems and informatics, 19-20 May, Yantai.
- Yüksel H, Bulut M O, 2019, Üç Boyutlu Tarama Sistemleri, Tekstil ve Mühendis, 26, 406-414.
- Zakaria N, Gupta D, 2019, Anthropometry, apparel sizing and design, Woodhead Publishing, 444p, Sawston.
- Zhang C, Pujades S, Black M J, Pons-Moll G, 2017, Detailed, accurate, human shape estimation from clothed 3D scan sequences, In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 21-26 July, Hawaii.

İnternet Kaynakları

- 1- <https://en.wikipedia.org/wiki/Cloudinary>, 21.06.2022
- 2- <https://en.wikipedia.org/wiki/Firebase>, 21.06.2022
- 3- <https://console.firebase.google.com/u/0/project/cloudinaryurl/database/cloudinaryurl-default-rttdb/data>, 21.06.2022
- 4- https://cloudinary.com/console/c-c7e3753872a4a752069b7d0ee69f57/media_library/folders/home, 21.06.2022
- 5- <https://appinventor.mit.edu/>, 21.06.2022
- 6- <http://ai2.appinventor.mit.edu/#6421784282136576>, 21.06.2022
- 7- <https://www.kodular.io/>, 21.06.2022
- 8- <https://creator.kodular.io/#6203491863232512>, 21.06.2022

- 9- <https://www.mathworks.com/discovery/image-segmentation.html>, 21.06.2022
- 10- <http://www.technofashionworld.com/the-new-color-scanner-vitus/>, 21.06.2022
- 11- https://tr.wikipedia.org/wiki/Kosin%C3%BCs_teoremi, 21.06.2022
- 12- <https://www.electronicoscaldas.com/datasheet/ULN2003A-PCB.pdf>, 21.06.2022
- 13- <https://3dlook.me/>, 21.06.2022
- 14- <http://nettelo.com/>, 21.06.2022

