

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



KINECT DERİNLİK İMGELERİNDEN
EL HAREKETİ TANIMA

Zeynep YELOĞLU

Yüksek Lisans Tezi
Elektrik Elektronik Mühendisliği
Teknolojileri Programı Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Abdulkadir ŞENGÜR

OCAK-2018

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KINECT DERİNLİK İMGELERİNDEN EL HAREKETİ TANIMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Zeynep YELOĞLU
132138102

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 8 Ocak 2018

Tezin Savunulduğu Tarih: 18 Ocak 2018

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Abdulkadir ŞENGÜR (F.Ü.) 
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Mehmet GEDİKPINAR (F.Ü.) 
Yrd. Doç. Dr. Ömer Faruk ALÇİN (B.Ü.) 

OCAK-2018

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının hazırlanmasında biz öğrencilerinden her türlü bilgi ve desteği esirgemeyen Sayın Hocam Prof. Dr. Abdulkadir ŞENGÜR'e

Ayrıca ilgilerinden dolayı değerli Aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Zeynep YELOĞLU

ELAZIĞ-2018



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	VI
SUMMARY	VII
ŞEKİLLER LİSTESİ	VIII
TABLolar LİSTESİ	X
KISALTMALAR.....	IX
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Tezin Amacı	1
2. KINECT KAMERA YAPISI VE DONANIMI	5
2.1. Kinect'in Yapısı	5
2.2. Çalışma Mantığı	6
2.3. Xbox ve Windows Kinect'lerinin Farkı.....	8
2.3.1. Çalışma Mesafesi.....	8
2.3.2. Sensör ve Lensler	9
2.3.3. Yakın Mod.....	9
2.3.4. LED	9
2.3.5. Tasarım.....	9
2.3.6. Kablo Boyu.....	9
2.3.7. Uyumluluk.....	9
2.3.8. Ücret	10
2.4. Xbox ve Kinect Gizliliği ve Çevrimiçi Güvenliği.....	11
2.4.1. İşletim Verileri.....	11
2.4.2. Oturum Verileri	12
2.4.3. Profil verileri	12
2.4.4. Kinect ile oturum açmak için kullanılan veriler	12
2.4.5. Ses Verileri	12
2.4.6. Fotoğraflar ve videolar	12
2.4.7. Oyun Klipleri.....	13
2.5. Kinect'e Alternatif Olarak ToF Kamera.....	13

2.5.1.	TOF Kamera Yapısı	17
3.	KİNECT UYGULAMALARI	18
3.1.	Kinect for Windows: Kinect ile LEGO Mindstorms NXT Robot Kontrolü	18
3.1.1.	Çalışma Mantığı	19
3.2.	Kinect for Windows: Kinect Human Interface Guidelines	19
3.3.	Biyomedikal Uygulamalarda Kinect ile Eklem Açılarına Ulaşım	19
3.3.1.	Ön gereksinimler	20
3.3.2.	Temel Bilgiler.....	20
3.3.3.	Uygulama	20
3.4.	Kinect for Windows: Kinect ile BingMaps Kontrolü	20
3.4.1.	Ön gereksinimler	21
3.4.2.	Çalışma Mantığı	21
3.5.	Standart Bir WebCam'i Kinect'e Dönüştürme.....	22
3.6.	Kinect İle Yürüme Analizi	22
3.7.	Microsoft Kinect İle Piyano Tasarımı	22
3.8.	Microsoft Kinect İle Sanal Giyinme odası Tasarımı	24
3.9.	TOF Derinlik Uygulamaları	25
3.9.1.	TOF Kamera İle Eşzamanlı El Hareketi Tanıma	26
3.9.2.	El Tanıma İçin Önerilen Metod.....	27
3.9.2.1.	Metodun Gözden Geçirilmesi.....	27
3.9.2.2.	El Tespiti	28
3.9.2.3.	Parmak ve avuç bölütlemesi	28
3.9.2.4.	Parmakların tanınması	33
3.9.2.5.	El İşaretlerinin tanınması.....	34
3.9.2.6.	DeneySEL Sonuçlar	34
3.9.2.7.	Veri Setleri.....	34
3.9.2.8.	Veri Seti Üzerindeki Performans Değerlendirmesi	37
3.9.2.9.	Veri Setinde Performans Karşılaştırılması-2.....	38
4.	KİNECT DERİNLİK İMGELERİDEN EL HAREKETİ TANIMA	41
4.1.	Eğrilik Ölçek Uzayı.....	41
4.2.	Öznitelik Seçme.....	42
4.3.	K-En Yakın Komşu	43
4.4.	Önerilen Yöntem	44

4.4.1.	Deneyisel Çalışmalar	46
5.	SONUÇLAR	48
	KAYNAKLAR	49
	ÖZGEÇMİŞ	53



ÖZET

Bu çalışmada derinlik imgelerine dayalı bir el hareketleri sınıflandırma yöntemi önerilmiştir. Yöntem; eşikleme, öznitelik çıkarma, öznitelik seçme ve sınıflandırma aşamalarından oluşmaktadır. Derinlik imgelerinden elin bölütlenmesi için aralık eşikleme, öznitelik çıkarımı için eğrilik ölçek uzayı, öznitelik indirgeme için sıralı öznitelik seçme ve sınıflandırma için de K-En Yakın Komşu yöntemi kullanılmıştır. Önerilen yöntemin başarımlarını değerlendirmesi için 1000 örnekten oluşan bir veri seti kullanılmıştır. Deneysel çalışmalar önerilen yöntemin 0'dan 9'a kadar olan el işaretlerini %98,33'lük bir doğrulukla sınıflandırabildiğini göstermiştir. Bu oran karşılaştırılan yöntemden %4 civarında daha iyidir.

Anahtar Kelimeler: Derinlik İmgeleri, El Hareketi, Eğrilik Ölçek Uzayı, Sınıflandırma.

SUMMARY

Hand Gesture Recognition from Kinect Depth Images

In this study, a hand gesture classification method based on depth images is proposed. The proposed method is composed of interval thresholding, feature extraction, feature selection and classification stages. Hand segmentation on the depth images is carried out based on interval thresholding, curvature scale space is used for feature extraction, sequential feature selection is considered for feature selection and K-Nearest Neighbor method is used for classification. The performance evaluation of the proposed method is tested on 1000 sampled dataset. Experimental works show that the hand gestures which indicate from 0 to 9 can be recognized with 98.33 % accuracy. This accuracy rate is about 4% better than the compared method.

Keywords: Depth Images, Handgestures, Curvaturescalespace, Classification.

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1. Kinect yapısı	5
Şekil 2.2. Kinect çalışma mantığı.....	6
Şekil 2.3. Kinect kesişim noktaları.....	7
Şekil 2.4. Kinect donanım girişi.....	10
Şekil 2.5. Kinect güç bağlantısı.....	10
Şekil 2.6. Çizgi lazer kaynağı.....	13
Şekil 2.7.Kızılötesi Işık kaynağı	14
Şekil 2.8.Stereovision Kamera	14
Şekil 2.9. Fringe Projection	15
Şekil 2.10 Kinect Grubu	15
Şekil 2.11. Active Stereo Vision Tekniği.....	16
Şekil 2.12. ToF Sensörü Çalışma Mantığı	17
Şekil 3.1.NXT Robot.....	18
Şekil 3.2. Kinect eklem açıları	20
Şekil 3.3. BingMap.....	21
Şekil 3.4. Piyano Tasarım Tuşları	23
Şekil 3.5. Piyano Tasarımının Son görüntüsü	23
Şekil 3.6. İmgelerin tanınması için yöntemin genel görünüşü	27
Şekil 3.7. El algılama prosedürü	28
Şekil 3.8. Tespit edilen el bölgesi	29
Şekil 3.9. Mesafe değişimine bir örnek: (a) ikili bir resim; (b) mesafe dönüşümüdür	30
Şekil 3.10. El görüntüsünün uzaklık dönüşümü.....	31
Şekil 3.11. Avuç içi maskesi	31
Şekil 3.12. Avuç içi noktası, bilek noktaları	31
Şekil 3.13. Döndürülmüş ve kesilmiş el görüntüsü.....	32
Şekil 3.14. Bölmeli parmaklar.....	32
Şekil 3.15. Minimum sınırlayıcı kutu.....	32
Şekil 3.16. Parmakların tanınması.....	34

Şekil 3.17. Deneylerde kullanılan el hareketleri görüntüsü seti. Soldan sağa ve sonra yukarıdan aşağıya; Bu jestler 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, S1, S2 ve S3 olarak etiketlenmiştir.	35
Şekil 3.18. El hareketinin tanınması 1	35
Şekil 3.19. El hareketinin tanınması 2.....	36
Şekil 3.20. El hareketinin tanınması 4.....	36
Şekil 3.21. El hareketinin tanınması 8.....	36
Şekil 3.22. El hareketinin tanımlanması S2.	37
Şekil 4.1. Derinlik imgesi.....	45
Şekil 4.2. Eşiklenmiş imge	45
Şekil 4.3. (1) İlgili dairelerin belirlenmesi, (2) Kol fazlalığı, (3) Kol fazlalığının silinmesi	46
Şekil 4.4. (1) Elips uydurma, (2) Elips eksenlerinin belirlenmesi, (3) EÖU için gerekli olan kenarlar	46
Şekil 4.5. El işaretleri	47

TABLÖLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. 3D Tekniklerin Farklılıkları	16
Tablo 3.1. Veriler üzerinde el hareket tanıma konusundaki karışıklık matrisi	39
Tablo 3.2. El hareket tanıma çalışma zamanı.	39
Tablo 3.3. Yöntemimizin veri seti 2'deki karışıklık matrisi.	39
Tablo 3.4. FEMD'nin veri seti 2'deki karışıklık matrisi.....	40
Tablo 4.1. K değerine bağlı doğruluk oranları	47
Tablo 4.2. Başarım karşılaştırması	47



KISALTMALAR

AÖM	: Aşırı Öğrenme Makinesi
DVM	: Destek Vektör Makinesi
İBE	: İnsan Bilgisayar Etkileşimi
K-EYK	: K-En Yakın Komşu Sınıflandırma
K-NN	: K-en Yakın Komşu Algoritması
RGB	: Red, Green, Blue
TOF	: Time Of Flight Kamera



1.GİRİŞ

1.1.Tezin Amacı

Görüntü işleme; ölçülmüş veya kaydedilmiş olan dijital görüntü verilerini, elektronik ortamda (bilgisayar ve yazılımlar yardımı ile) amaca uygun şekilde değiştirmeye yönelik yapılan çalışmalardır. Görüntülerin Sinyal İşleme'den farklı olarak daha çok kaydedilmiş olan, mevcut görüntüleri işlemek, yani mevcut resim ve grafikleri değiştirmek, yabancılaştırmak ya da iyileştirmek için kullanılır. Gelişen teknolojiyle birlikte görüntü işleme alanı; tıp, film ve video üretimi, fotoğraf, uzaktan algılama ve güvenlik gibi başlıca kullanım alanlarına sahiptir [1]. Görüntü işleme teknikleri ile bu önemli alanlarda veri ve maliyetten büyük kazanç elde edilir [2].

El mimikleri algısı, İnsan Bilgisayar Etkileşiminde (İBE) gerçeklik, işaret dili algısı ve bilgisayar oyunları gibi yaygın uygulamaları sayesinde büyük öneme sahiptir. Önceden yapılmış birçok çalışmaya rağmen optik algı kalitesinin yapısı, elde edilen resimlerin ışığa maruz kalması ve karmaşık arka plandan dolayı geleneksel görsele dayalı mimik algısı metotları hala gerçeklikten uzaktır[3]. Bu yüzden optik sensöre dayalı yöntemler el mimikleri algılamasını etkileyen tarama ve net izler sürme konusunda genellikle yetersizdir [4,5]. Daha etkili el mimiği algısı sağlamak için etkili yöntemlerden biri “elektrik eldiveni” aracılığıyla el mimiği ya da görüntüsünü yakalamak için başka sensörler kullanmaktır. Optik sensörlerin aksine bu tarz sensörler daha güvenilir ve ışık veya karmaşık arka plan gibi durumlardan etkilenmezler. Ayrıca bu tarz elektronik eldivenler genellikle optik sensör, kamera vb. den daha pahalıdır. Ucuz derinlik kameralarının son zamanlardaki gelişimi ile “kinectsensör” birçok uygulamada karşımıza çıkmaktadır. Hareket algılayan kameralar bulunduran bir donanım ve güçlü bir yazılımla hareketlerinizi bilgisayar ortamında tasarım yapar hale getirmek mümkündür. Karşısına geçtiğiniz bilgisayarda kinematik veriler komutlara dönüştürülmekte ve sonuç olarak hareket tabanlı tasarımlar ortaya çıkmaktadır. Kimi donanımlar bazı sensörleri elinize “giydirerek” bu verileri toplayabiliyor ve çeşitli teknolojilerle iyi seviyede hareket algılayan sistemler oluşturabilmektedir. Ayrıca bu teknolojiyen animasyon alanı da çokça faydalanmaktadır.

Türkiye'ye 2010'un son aylarına doğru gelen ve satışa çıkan Kinect Teknolojisi el ve kol hareketleriyle oyunlarda kontrol sağlayan bir konsoldur. Microsoft'un geliştirdiği bu uygulamayla bilgisayar ortamında çevre birimler kullanmadan (kol, silah, konsol araçları

vs) sadece el, kol ve bacak hareketleriyle oyun oynayabilme teknolojisidir. Bu tür kameraların en önemli özelliklerinden bazıları ışık değişimlerinden ve karmaşık arka planlardan etkilenmemeleridir[6].

Literatürde son zamanlarda derinlik kameraları kullanılarak gerçekleştirilmiş çok sayıda el mimiği tanıma uygulamaları mevcuttur. Bunlardan bahsedecek olursak; J.P.Wachs robot kontrolü için optimal el hareketleriyle komut tanımlamasına dayalı bir çalışma yapmıştır [1]. Bu çalışmada makinelerin el hareketiyle kontrol edilerek kullanıcı arzularına (sezgi, konfor vs.) optimal düzeyde cevap vermesi amaçlanmıştır. Ren ve arkadaşları, 10 farklı el mimiğini sınıflandırmak için parmak tabanlı bir yöntem önermişlerdir[2]. "Parmak yeryüzü hareketçisi mesafesi" olarak adlandırılan bir eşleştirme algoritması ile el mimikleri sınıflandırılmıştır. Yöntem %93.7'lik bir başarımla gösterse de, el bölütlemesi için siyah bir bileklik kullanılması önemli bir dezavantaj olarak görülmektedir. Benzer bir çalışma daha sonra Wang ve arkadaşları, tarafından önerilmiştir [3]. "Süperpiksel yeryüzü hareketçisi mesafesi" olarak adlandırılan bu yöntem hem derinlik hem de iskelet bilgisini kullanarak önceki yöntemin dezavantajı olan siyah bileklik olmadan da el bölgesini bölütleyebilmiştir. Elde edilen başarımlar farklı veri setleri için yüksektir. Yine derinlik tabanlı bir el hareketi tanıma sistemi Dominio ve arkadaşları, tarafından önerilmiştir[4]. Bu çalışmada el bölgesinin bölütlenmesi için hem renk hem de derinlik imgeleri kullanılmıştır. Diğer iki çalışmadan farklı olarak Dominio ve arkadaşları, bölütlenmiş el bölgesini avuç içi ve parmaklar olarak iki bölgeye ayırarak, her bir bölgeden farklı öznelilikler hesaplamıştır. Daha sonra Destek Vektör Makinesi (DVM) ile sınıflandırma işlemini gerçekleştirmiştir. Yöntem genel olarak %95'in üzerinde bir başarıma sahip olsa da, el bölgesinin çıkarımı için çok fazla sayıda eşik değere ihtiyaç duyulması yöntemin önemli bir dezavantajı olarak görülmektedir. Kuznetsova ve arkadaşları, "Derinlik imgesi tabanlı gerçek zamanlı işaret dili tanıma sistemi" adlı bir çalışma yapmışlardır [5]. Önerilen yöntem döndürme, ölçeklendirme ve ötelemeden bağımsızdır. Metot, "Çok katmanlı rastgele ormanlar sınıflandırıcısını" kullanmış ve kabul edilebilir bir başarımla diğer yöntemlere kıyasla çok daha kısa sürelerde elde etmiştir. Geliştirilmiş olarak Sit ve arkadaşları, yerel momentler kullanarak iki boyutlu görüntülere "KrawtchoukPolinomları" uygulamışlardır. Bu polinomlar kullanılarak ayrıklaştırma hatası elimine edilmeye çalışılmıştır. El üzerinde ilgilenilen bölgenin merkezi kaydırılarak elde edilen iki bölge arasında karşılaştırma esasına dayanan tanıma sisteminde "Zernike Kümesi" denilen yöntemi tercih edilmiştir [6]. Sengur ve arkadaşları, "İnsan hareketleri

tabanlı aşırı öğrenme makinesi" adı verilerek geliştirdikleri çalışmada, insan silüetlerini kinect kamerayla tanımlamaya çalışmış ve derinlik özellikleri esasını kullanarak farklı bir inceleme alanına değinmişlerdir. Bu çalışmalarında eğrilik uzay ölçeği kullanarak rotasyon ve ölçeklendirmeyi bir dizi gauss fonksiyonuyla gerçekleştirmişlerdir [7]. Priyal ise çalışmasında Normalizasyon ve Krawtchouk yöntemiyle geometri tabanlı el tanıma sisteminden bahsetmiştir [8]. Üç aşamada tamamladıkları el tanıma sistemlerinde ilk olarak eli önkol bölgesinden ayırmış, daha sonra jestlerin geometri kullanarak rotasyonlarını normalleştirmiş ve görüntüden bağımsız jest tanımayı amaç edinmiştir ve bu yöntemin başarımı, bilgisayara tanıtılan görüntülerin eğitim ve test sınıfları karşılaştırılarak elde edilmiştir. Zhang ve arkadaşları, ise "Derinlik sensörü ile eş zamanlı el hareketi tanıma" adlı çalışmalarında Amerikan İşaret Dilini veri seti olarak kullanarak var olan on iki temel işareti stil, hız ve el yönü değişimlerini dikkate alarak, kullandıkları datalarda dış etkenleri(renk, ışık vs.) içeren bir çalışma sunmuşlardır [9]. AbdulKareem ise "Görme tabanlı el hareketleri ve insan bilgisayar etkileşimi" ismini verdiği çalışmada bugüne kadar literatürde derinlik kamerası içeren çalışmaların derlemesini yapmış, farklı ve çalışmalarda var olan eksik yönleri tespit ederek araştırmacılara temel olarak değerlendirebilecek bir kaynak sunmuştur [10].Zafrulla ve arkadaşları, Amerikan işaret dili verilerini kullandıkları 1000 örnekte "Markow Modeli" denilen tanıma sistemini uygulamışlar ve ifadeleri sınıflandırmaya çalışmışlardır [11]. Chai ve arkadaşları, 3D yörünge tamamlama esasına dayalı bir tanıtım sistemi önermişlerdir. İşitme engelli bireyleri topluma kazandırmayı hedefleyen çalışmada 239 tane Çince kelime tanıtılmış ve %96.32 oranında bir başarımla elde edilmiştir [12]. Almeida ve arkadaşları, RGB-D sensörü kullanarak bir tanıma sistemi önermişlerdir. Onlarda vizyon tabanlı RGB-D veri özellikleri kullanarak %80 oranında tanıma oranı elde etmişlerdir [13]. Huang ise çalışmasında 3D bilgilerini kullanarak bölgesel olarak işaret tanımlanan veya tanımlanmayan kısımlar arasında seçim yaparak sınıflandırma esasına dayanan bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bunun için bileğe takılan siyah bir bant eli önkol bölgesinden ayırmıştır. Yani tanıtılacak bölgede bir koşul söz konusudur ve %90.4 oranında bir başarımları mevcuttur [14].

Bu çalışmada ise sadece derinlik imgelerinden yararlanılarak en yüksek başarımla edinilmeye çalışılmıştır. Bunun için öncelikle derinlik görüntülerinden oluşan bir veri seti oluşturulmuş, daha sonra yöntem; eşikleme, öznetelik çıkarma, öznetelik seçme ve sınıflandırma aşamalarından oluşmaktadır. Derinlik imgelerinden elin bölütlenmesi için

aralık eşikleme, öznitelik çıkarımı için eğrilik ölçek uzayı, öznitelik indirgeme için sıralı öznitelik seçme ve sınıflandırma için de "K-En Yakın Komşu yöntemi" kullanılmıştır.

Tezin ikinci bölümünde; Kinect Kamera ve donanımı hakkında bilgi verilmiş, ayrıca kullanım alanlarından bahsedilmiştir.

Tezin üçüncü bölümünde; Kinect Kamera uygulamalarından bahsedilmiştir.

Tezin dördüncü bölümünde; çalışmada var olan derinlik imgelerindeki el hareketlerinin sınıflandırılması için Eğrilik Ölçek Uzayı (EÖU) öznitelikleri ve K-En Yakın Komşu (K-EYK) sınıflandırıcısının kullanımından bahsedilmiş ve yöntem hakkında bilgi verilmiştir. Elin bölütlenmesinde diğer yöntemlerin aksine sadece derinlik imgesi ve literatürde var olan EÖU tabanlı yöntemlerden farklı olarak maksimum EÖU değerleri yerine, tüm EÖU katsayıları bir öznitelik seçme işlemine tabi tutulmuştur. Önerilen yöntemin test edilmesi için [2] numaralı kaynaktaki veri seti kullanılmıştır ve farklı çalışmalarla karşılaştırılarak olumlu ve olumsuz taraflarından bahsedilerek, sonuçlar yorumlanmıştır.

2.KINECT KAMERA YAPISI VE DONANIMI

Kinect; Microsoft'un, Xbox 360 platformu için geliştirdiği ve herhangi bir kontrolör olmadan oyun oynama imkanı veren bir alet olarak tasarlanmıştır.İlk olarak 4 Kasım 2010'da, Kuzey Amerika'da satışa sunulmuştur.

şekil 2.1.'de Kinect for Windows'un, Xbox için geliştirilen Kinect'in masaüstü uygulamalara göre optimize edilmiş modeli mevcuttur. Renkli kamera görüntüsü, derinlik bilgisi ve algıladığı iskelet yapısını bilgisayara iletir. Üzerindeki mikrofon dizisi ile ses yönünü de belirleyebilir[15].

2.1.Kinect'in Yapısı



şekil 2.1. Kinect yapısı [15]

Kinect'in üzerinde 3 tane göz, 4 mikrofon ve dikey hareket mekanizması bulunmaktadır. Bu kısımlar görevleri bakımından şöyle nitelendirilebilir;

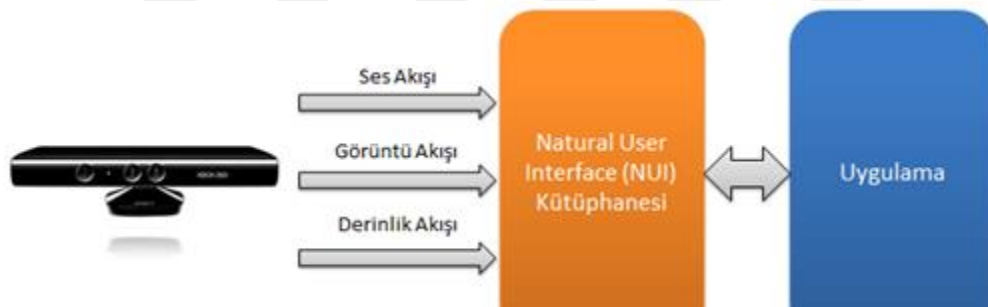
Soldaki göz, sensörün baktığı yöne doğru lazer taraması yapar. Sađdaki göz ise lazerlerin objeye çarpıp geri dönme hızını hesaplayarak 640×480 nokta için mesafe bilgisi verir. Ortadaki göz 1280 x 960 çözünürlüğünde bir RGB fotoğraf makinesidir (Kamera değil). Çözünürlüğe bağlı olarak saniyede 12 ile 30 arasında fotoğraf çekerek uygulamamıza iletmektedir [15].

Kinect'in alt kısmındaki ızgaralı bölüme yere bakan 4 mikrofon yerleştirilmiştir. Bu mikrofonlar en iyi ses kalitesini yakalamak ve sesin geldiği açıyı belirlemek için Kinect'in altına mesafeli olarak dizilmiş ve cihaza geniş şeklini vermiştir.

Sensöre dikey hareket yeteneği kazandıran mekanizma, basit bir DC motordan oluşmaktadır. Yazılım aracılığıyla Kinect'i +/- 27 derece hareket ettirebilmekte ve Kinect'in içerisindeki ivme sensörü, yerçekiminin uyguladığı kuvveti ölçerek sensörün anlık duruş açısını belirlemektedir. Bu sayede eğimli yüzeylerde bile Kinect'in istenilen açıya bakması sağlanabilmektedir.

2.2. Çalışma Mantığı

Kinect'in çalışma mantığı, Şekil 2.2.'de de görüldüğü üzere sensörleri vasıtasıyla topladığı ses, görüntü ve derinlik akışı bilgilerini bilgisayara iletmektedir. Bu veriler *Doğal Kullanıcı Ara yüzü* (**Natural User Interface**, NUI) kütüphanesince yorumlanarak uygulamalara iletilmektedir.



Şekil 2.2. Kinect çalışma mantığı [15]

KYM kamera tarafından alınan görüntüler tahmin edilenin aksine video olarak değil resimler olarak iletilmektedir. Görüntü akışı 640×480 ve 1280×1024 olmak üzere iki farklı çözünürlükte iletilmektedir. Bu iki çözünürlükte ise saniyede sırasıyla 30 ve 15 çerçeve veri akışı olmaktadır. RGB kamera verisinin video olarak değil de resim olarak iletilmesinin en önemli sebebi programsal olarak işlenebilmesini önemli ölçüde kolaylaştırmaktır. Bir dizi olarak yerleştirilen mikrofonlar sayesinde Kinect, akustik kaynak konumlandırması (*örneğin sesin hangi yönden geldiği*) ve istenmeyen sesleri (parazitleri) azaltma gibi özelliklere sahip olmaktadır [15]. Kinect'in en önemli özelliklerinden birisi olan derinlik algısı ise derinlik akışı üzerinden gelmektedir. Derinlik

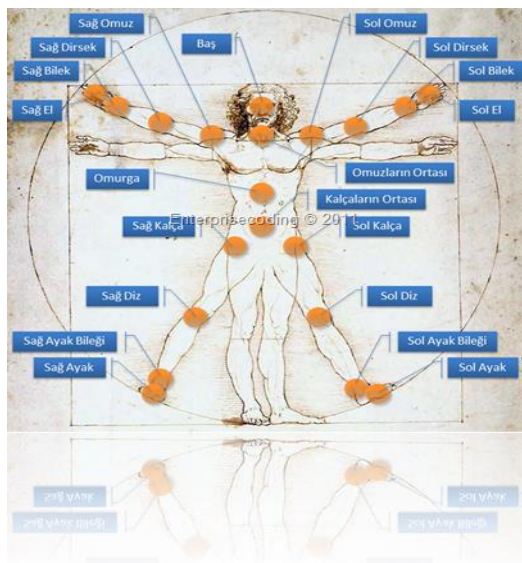
veri akışı sayesinde her bir pikselle gelen iki boyutlu x-y pozisyon ve renk bilgisi dışında derinlik bilgisi de alınabilmektedir. Derinlik bilgisi her piksel ile birlikte 16 bit olarak sunulmakta ve 320×240 ile 80×60 çözünürlükleri desteklemektedir. Veri içeriği Kinect'in ne şekilde iklenildiğine bağlı olarak değişmektedir;

- **Salt derinlik** bilgisi için iklenilmesi durumunda; 16 bitlik verinin düşük 12 bit'i (0-11) derinlik sensörüne en yakın nesnenin milimetre cinsinden uzaklığı göstermektedir. Geri kalan 4 bit ise kullanılmamaktadır.

- **Derinlik ve oyuncu indeksi** bilgisi için iklenilmesi durumunda; 16 bitlik verinin low-order 3 bit'i (0-2) bu piksele denk gelen ve takip edilen bir iskelet bulunması durumunda bu iskeletin indeks bilgisini vermektedir. Geri kalan bitler ise derinlik sensörüne en yakın nesnenin milimetre cinsinden uzaklığı göstermektedir.

Alınan derinlik bilgisi sayesinde çok daha iyi ve doğru şekil algısı algoritmalarının yazılabilmesine imkan sunmaktadır.

Kinect, sensörleri vasıtasıyla gelen bilgiler sayesinde bir insanın 3 boyutlu olarak hareketlerini yakalayabilmekte, yüzünü ve sesini tanımlayabilmektedir. Bu bilgiler sayesinde aynı anda altı kişiyi takip edebilen Kinect, bu altı kişi içerisinde aynı anda sadece ikisi üzerinde hareket analizi yapabilmekte ve bu iki kişinin her birinin vücudundaki 20 kesişim noktasına ait bilgileri verebilmektedir. Kinect tarafından takip edilebilen bu 20 kesişim noktası ise Şekil 2.3.'deki Leonardo da Vinci'nin Vitruvius Adamı (*Vitruvian Man*) üzerinde görülmektedir [15];



Şekil 2.3. Kinect kesişim noktaları[15]

Şekil 2.3.'deki Vitruvius Adamı üzerinde gösterilen kesişim noktalarını programsal olarak belirtmekte kullanılan Joint I Denum'ünde yer alan değerleriyle bir Kinect iskeletini bulunabilmektedir.

Kinect'in iskelet algılaması ile ilgili düşülmesi gereken önemli bir nokta da, en etkin ve doğru ölçümleri 1,2 metre ile 3,5 metre arasında yapabildiğidir. Derinlik akışı kadar Kinect'in güçlü olduğu bir diğer nokta olan iskelet takibi ve kesişim noktası bulma oldukça hızlı çalışmaktadır. Bu hızının yanında herhangi bir eğitim gerektirmemesi de önemli bir artıdır.

2.3.Xbox ve Windows Kinect'lerinin Farkı

Her ne kadar temel yapıları aynı da olsa, Xbox ve Windows için tasarlanan Kinect modelleri arasında bazı farklar bulunmaktadır. Bu farklar aşağıdaki alt başlıklarda verilmiştir[15].

2.3.1. Çalışma Mesafesi

Xbox modeli, 1,5 ile 4 metre arasında çalışmak için tasarlanmıştır. Windows modelinin çalışma mesafesi ise 40 cm ile 4 metre arasında, monitör üzeri kullanıma uygun tasarlanmıştır.

2.3.2. Sensör ve Lensler

Xbox ile Windows modelinde kullanılan sensör ve lensler farklıdır. RGB Sensör çözünürlüğü Xbox modelinde 1280 x 1024 iken, Windows modelinde 1280 x 960 piksel olarak değişmiştir. Kinect for Windows'un lensi geniş açıdır.

2.3.3.Yakın Mod

Xbox modeli sürekli olarak 20 eklemnin pozisyonunu raporlamakta iken, Windows modelinde ise, istenirse yalnızca baş, kollar ve omuzlardan oluşan 10 nokta raporlanabilmektedir.

2.3.4. LED



Kinect for Windows'un önündeki yeşil LED bilgisayara bağlı olduğu sürece yanar. Xbox modelindeki LED bilgisayara bağlıyken yanıp sönmekte iken, Xbox'a bağlıyken sürekli yanmaktadır.

2.3.5. Tasarım

Xbox modelinin önünde "XBOX 360" yazarken, Windows modelinde "KINECT" yazmaktadır.

2.3.6. Kablo Boyu

Windows modelinin kablosu, Xbox modeline göre daha kısadır.

2.3.7. Uyumluluk

Xbox modeli Windows üzerinde yalnızca geliştirme için kullanılabilirken, SDK yüklemeyen, yalnızca sürücü ile çalışmaz. Son kullanıcının sürücü yükleyerek sistemi kullanabilmesi için Kinect for Windows modelini alması gerekir. Ayrıca, Kinect for Windows Xbox ile çalışmamaktadır [16].

2.3.8. Ücret

Windows modeli, Xbox modeline göre bir miktar daha pahalıdır. Bunun nedeni, oyun konsollarının maliyetleri civarına satılıp, oyun ve içerikten kazanç getirmeleridir. Windows modelinde böyle bir kazanç olmayacağından fiyatı bir miktar yükseltilmiştir [16].

Ayrıca Kinect'in kablosu Şekil 2.4.'den fark edileceği üzere bilgisayarların USB girişi ile uyumlu değildir.



Şekil 2.4. Kinect donanım girişi [16]

Bu durumda Microsoft tarafından satışa çıkartılmış olan Şekil 2.5.'deki güç adaptörünü de temin etmek gerekir. USB bağlantı noktası ve harici güç kaynağından oluşan bu adaptör sayesinde Kinect verileri bilgisayara iletirken, ihtiyacı olan gücü de sağlamaktadır. Her ne kadar Kinect bir kısım güç ihtiyacını USB kablosu üzerinden alabiliyor olsa da buradan gelen enerji tüm fonksiyonların çalışması için yeterli değildir.



Şekil 2.5. Kinect güç bağlantısı [16]

Kinect için yazılım geliştirebilmek adına bilgisayarların sahip olması gereken bir grup minimum gereksinim bulunmaktadır. Bu gereksinimler;

- Windows 7 (x86 veya x64)
- Çift çekirdek 2.66 GHz veya üzeri işlemci
- Windows 7 uyumlu ve DirectX 9.0c destekli bir ekran kartı
- 2 GB hafıza
- Visual Studio 2010 Express veya üzeri sürümleri
- USB/güç kaynağı adaptörü bulunan bir Kinect sensor

Konuşma özelliklerini kullanabilmek için;

- Microsoft Speech Platform – Server Runtime 10.2 (x86 sürümü)
- Microsoft Speech Platform – Software Development Kit 10.2 (x86 sürümü)
- Kinectfor Windows Runtime Language Pack 0.9 gibi özelliklere ihtiyaç vardır.

2.4. Xbox ve Kinect Gizliliği ve Çevrimiçi Güvenliği

Xbox ve Kinect, kişisel deneyimlere uyum sağlamakta ve kullanıcı verilerini özelleştirmeye imkan tanımaktadır. Bunun için yerleşik gizlilik kontrolleri ve önlemleri oluşturulmuştur.

Kinect ve Xbox One, şunlar dahil birçok türde veri toplayabilir;

2.4.1. İşletim Verileri

Bu bilgiler, temel hizmetleri sunmaktadır ve Kinect ve Xbox One performansını sürekli olarak geliştirmeye yardımcı olur. Kişi oyun oynarken, Kinect cihazının ve platform yazılımlarının çalışma biçimi ve Xbox Panosu uygulamaları içindeki kullanım alışkanlıklarıyla ilgili bilgiler doğrudan veya dolaylı olarak kimliği açığa çıkarmayacak şekilde başka veriler toplamaktadır. Bu bilgiler, güncelleştirmelerin de denetlenmesini sağlayarak Xbox'ların en iyi performansla çalışmasına yardımcı olur ve Xbox Live'a bağlanırken sorun yaşamayı engellemektedir.

2.4.2. Oturum Verileri

Kinect ve Xbox One, oyunları kontrol etmeyi ve oynamayı, kumanda ile oyunları kontrol etmeyi sağlar ve yalnızca kişi bir veya daha fazla oyun oturumundayken geçici olarak konsolun belleğinde depolar. Sayısal değerlerden oluşan bu veriler, oyun oynamayı sağlamak veya oyun deneyimini geliştirmek için kullanılabilir; bu veriler konsoldan çıkabilir, ancak oturumun sonunda silinmektedir.

2.4.3. Profil verileri

Bu veriler, oynanılan oyunlar veya oyun klipleri gibi Xbox Live profiline eklenen bilgileri içerir. Bu bilgileri kimin göreceğini belirleyebilir ve kişi takipçileriyle ne kadarını paylaşılacağını özelleştirebilmektedir.

2.4.4. Kinect ile oturum açmak için kullanılan veriler

Kinect'in yüzün tanınmasına ve Xbox Live profiliyle de otomatik olarak oturum açmasına izin verebilmektedir. Uzun sayı dizilerinden oluşan bu veriler, konsolda depolanır ve Microsoft'a aktarılmamaktadır.

2.4.5. Ses Verileri

Aramayı etkinleştirmek ve konsolu kontrol etmek için ses verileri toplanabilir. Arama için kullanılan ses verileri, kullanıcıya sonuçlar sağlayan Xbox sunucularındaki arama motoruna aktarılmaktadır. "Xbox Açıl" gibi bazı sesli komutlar, konsolda işlenebilmektedir. Microsoft, Skype görüşmeleri de dahil olmak üzere eşler arası sesli veya görüntülü sohbet verilerine erişmez veya bunları depolamamaktadır.

2.4.6. Fotoğraflar ve videolar

Kinect'i kullanan bazı oyunlar ve uygulamalar, oyun deneyiminin bir parçası olarak kişi oyun oynarken fotoğrafını veya videosunu çekebilmektedir. Kullanıcı fotoğraflarını ve

videolarını görüntüleyebilir ve bunları tutmaya, aktarmaya veya atmaya karar verebilmektedir.

2.4.7. Oyun Klipleri

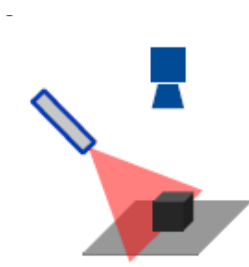
Game DVR, Xbox Live’da oyun deneyimlerini paylaşmayı sağlamak için tasarlanmış bir Xbox One özelliğidir. Oyun klipleri, “Xbox bunu kaydet” diyerek oluşturabilecek ekrandaki oyuna ait görüntülerdir. Bu oyun kliplerinde sesli sohbet kaydedilmemektedir.

2.5. Kinect’e Alternatif Olarak ToF Kamera

3 boyutlu uygulamalar son zamanlarda hızla yaygınlaşmaktadır. Standart kameralar X-Y düzleminde görüntüler verirken 3 boyutlu teknolojiler aynı zamanda derinlik (Z) bilgisini de içerir.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan 3 boyutlu yapay görme teknolojileri şunlardır [17];

Laser Triangulation



Şekil 2.6. Çizgi lazer kaynağı [17]

Bu yöntemde Şekil 2.6.'dan da görüldüğü üzere bir lazer kaynağı ve koordine edilmiş bir kamera ile birlikte kullanılır. Sistem; mevcut nesnenin hareket mesafesini bir encoder yardımıyla algılar ve anlık görüntülerdeki değişikliklerle nesnenin görüntüsünü verir.

Time Of Flight Kameralar



Şekil 2.7.Kızılötesi Işık kaynağı [17]

Çalışma mantığı; profili alınmak istenen nesneye Şekil 2.7.'de de sembolize edilmiş haliyle kızılötesi ışınlar göndererek ve dönen dalganın dönüş süresini hesaplayarak her bir noktanın uzaklığını hesaplayarak profil çıkarar. Zaman ölçümü ise “Frekans Kaydırma Modülasyonu” ile yapılır.

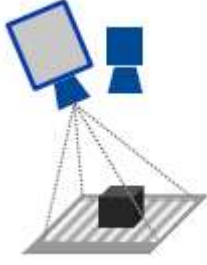
Stereovision



Şekil 2.8.Stereovision Kamera [17]

En çok kullanılan 3 boyut teknolojisidir. Şekil 2.8.'deki gibi mevcut olan iki kamera arasındaki açılar bilindiğinden her bir kamera görüntüsündeki izdüşümlerin geometrik çözümlerinden görüntüler elde edilir.

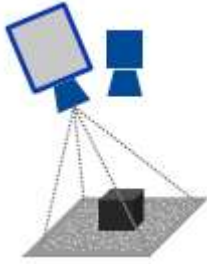
Fringe Projection



Şekil 2.9. Fringe Projection[17]

Şekil 2.9.'da Fringe Projection yöntemi sembolize edilmiştir. Bu yöntemde izdüşümü çıkartılacak objenin üzerine desenli bir ışın düşürülür ve üzerindeki desen değişiminden nesnenin profili çıkarılır.

Kinect Grubu



Şekil 2.10 Kinect Grubu [17]

Derinlik kameralarının kullanıldığı bir tekniktir. Diğer tekniklerden farklı bir yöntem değildir. Bilinen piksel değerlerine sahip görüntü Şekil 2.10.'daki gibi nesne üzerine gönderilir. Kamera bu görüntüyü algılar. Nesne pikselleri; gerçekleşen değişime göre nesnenin profilini çıkarır.

Active Stereo Vision



Şekil 2.11. Active Stereo Vision Tekniği [17]

Bu yöntemde, stereovision modeli geliştirilerek, ayrıca projektör eklenmiştir. Projektör Şekil 2.11.'deki gibi rastgele bir örüntü oluşturup nesnenin üzerine iletir. Stereo kameralar bu örüntü yakalayıp, nesnenin profilini oluşturur. Normal stereovision yöntemlerinde, projektör yoktur. Kameralar, gerçek cismin görüntüsünden yola çıkarak profil bilgisini çıkartmaya çalışmaktadır. Cismin üzerinde şekil, yazı, desen vs. yoksa, bu durumda stereovision başarılı değildir. Çünkü her piksel kendi komşu pikselleri ile aynı bilgiyi taşımakta ve farklılık oluşturmamaktadır. Bu modelde ise projektör cisim üzerine yeterli karmaşıklıkta desen varmış gibi örüntü yollamakta, kendi gönderdiği örüntüyü aramakta ve 3 boyut bilgisini elde etmeye çalışmaktadır [17].

Mevcut bu yöntemlerin farklılıkları Tablo 2.1.'de derlenmiştir;

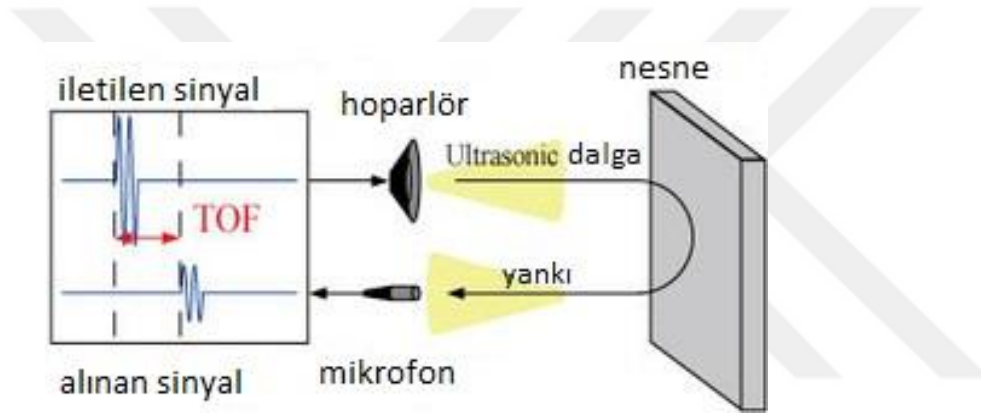
Tablo 2.1. 3D Tekniklerin Farklılıkları [17]

	LaserTriangulation	Time-of-Flight	Stereo Vision	FringeProjection	Kinect	Stereo Vision
Hareketli Nesneler	Encoder gerekir	Kullanılır	Kullanılır	Kullanılmaz	Kullanılır	Kullanılır
Multi-View	Kullanılmaz	Kullanılmaz	Kısmen	Kullanılmaz	Kullanılmaz	Kullanılır
Nesne Özellikleri	Farketmez	Farketmez	Desen Olmalı	Farketmez	Farketmez	Farketmez

Tablo 2.1.'de belirtilen Multi-View stereo, aynı nesneye birden fazla yerden (ön, arka, sağ, sol v.b.) bakmak gerektiği durumları ifade eder. Örneğin Kinect cihazını farklı açılardan birbirine bağlayıp daha iyi bir görüntü elde edilmemektedir. (Kinect böyle bir teknolojiyi sunmamaktadır, tek ve bağımsız çalışmaktadır gibi.)

2.5.1. TOF Kamera Yapısı

TOF (Time of Flight) kameralar, normal kameralara ilaveten ışın içine mesafe ölçüm sensörlerinin de sokulduğu, dolayısıyla 3 boyutlu görüntü alınabilen kameralardır. Mesafe ölçüm sensörleri, genellikle infrared bir kaynaktan, hedef üzerine foton gönderir. Fotonlar hedeften yansyıp Şekil 2.12.'de Panasonic D-Imager TOF sensörünün çalışma mantığında da gösterildiği gibi geri gelir. Çok hassas bir zaman ölçümü ile gelen foton gecikmesinden hedefin bulunduğu konum hassas olarak belirlenir. (Radar olarak bildiğimiz yöntem) Genellikle matris şeklinde dizilmiş binlerce sensör kullanıldığından, görüş alanındaki hedef 3 boyutlu olarak hızlı bir şekilde çıkartılmış olur [18].



Şekil 2.12. ToF Sensörü Çalışma Mantığı [18]

Yansıyan fotonların, günışığı ya da başka ışık kaynakları ile karışmaması için, dalga boyu bilinen IR aralığında seçilmesine özen gösterilir. Yine de gün ışığı spektrumu çok geniş olduğu için, özellikle arka plandan yansımalar bazen sonucu olumsuz etkileyebilir.

Daha ucuz bir alternatif için Microsoft yeni Kinect göze çarpmaktadır. Yeni Kinect, eskisinin aksine TOF teknolojisine dayanmaktadır. (Eski Kinect Stereovision teknolojisine göre çalışmaktaydı.)

3.KINECT UYGULAMALARI

Literatürde Kinect kamerayla yapılmış birçok uygulama mevcuttur. Bu çalışmalardan bazıları şunlardır;

3.1.Kinect for Windows: Kinect ile LEGO Mindstorms NXT Robot Kontrolü

Teknik Lego'lar hemen hemen her yaş grubu için yeri gelince oyuncak, yeri gelince ilham kaynağı, yeri gelince de prototip malzemesi olmuştur. Lego Mindstorms NXT kitleriyle; dişli sistemleri, elektrik motorları ve sensörlerden oluşan mekanizmalar yazılımsal olarak kontrol edilebilmektedir. Böylece işin içine elektroniği karıştırmadan, robotik sistemlerin kontrol edilebilmesi mümkün olabilmektedir [19].

Lego Mindstorms NXT kitleri, kendi yazılımı aracılığıyla görsel dil kullanılarak programlanabilmekte ve istenilen mantıkta çalıştırılabilmektedir. Ayrıca, dahili bluetooth özelliği sayesinde bilgisayarlar ile bağlantı kurabilmekte, uzaktan kontrol edilebilmektedir. Bunun için şu aşamaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir;



Şekil 3.1.NXT Robot [19]

Öncelikle bu sistemi kurabilmek için elinizde Kinect sensör, Lego Mindstorms NXT robot kiti ve bilgisayarınıza bağlı bluetooth donanımı bulunması gerekmektedir. Geliştireceğimiz NET uygulamasının Şekil 3.1.'de görseli bulunan NXT Lego robotumuz ile bluetooth üzerinden bağlantı kurması için yardımcı bir "dll" dosyasına ihtiyaç vardır. "Bram.NXTSharp.dll" adlı bu dosyayı kaynak kodlarının içerisinde bulmak mümkündür.

3.1.1. Çalışma Mantığı

Uygulama, önce Kinect ile iskelet yapımızı algılayacak ve pencere içerisinde ellerimizi, omzumuzu, boyun ve başımızı gösterecektir. Sağ elimiz ile sağ omzumuzun dikey pozisyon farkını hesaplayarak, robotumuzun sağ tekerleğinin yönünü belirleyecektir. Aynı mantığı kullanarak, sol tekerleğin de yönü belirlenecek ve bu şekilde, ellerimizi omuz hizasına göre kaldırıp indirerek robota anlık komutlar göndermek mümkün olacaktır.

3.2.Kinect for Windows: Kinect Human Interface Guidelines

Kinect, dijital dünya ile iletişimimizde yeni bir bakış açısı oluştururken, yazılım geliştiriciler için birtakım yeni güçlükleri de beraberinde getirmektedir. Farklı hareket tarzına sahip farklı kişilerin uygulamayı 3 boyutlu boşlukta kullanma girişimleri, sayısız hareket kombinasyonu anlamına gelmekte ve bu kombinasyonların çeşitliliği, en basit hareketlerde bile sorun teşkil etmektedir.

Basit bir örnekle, her insanın doğasına özgü olarak el sallama şekli farklıdır. Elbette Kinect ile geliştirme yaparken bu ve benzeri durumlarla karşılaşılması muhtemeldir. Zamanla farklı uygulamalar geliştirdikçe ve bu uygulamaları farklı kişilere kullandırdıkça, elde ettiğiniz geri bildirimler çoğalacak ve kişilerin uygulamayı nasıl kullanabilecekleri öngörülebilmektedir.

Human Interface Guidelines'ın diğer bir katkısı da, uygulamaları belli bir standartta tasarlayabilmeniz için kılavuz olması yönündedir. Kullanıcılar buradaki yönergeleri izledikçe hareketler standartlaşacak, kullanıcılar da farklı uygulamalara daha kısa sürede adapte olabilmektedirler [19].

3.3. Biyomedikal Uygulamalarda Kinect ile Eklem Açılarına Ulaşım

Özellikle modelleme çalışmalarında ve medikal uygulamalarda, eklemlerin birbirlerine olan açılarına ihtiyaç duyulur. Kinect, JointOrientation adı altında 20 eklem noktamızın duruş açısını algılayabiliyor [19].

3.3.1. Ön gereksinimler

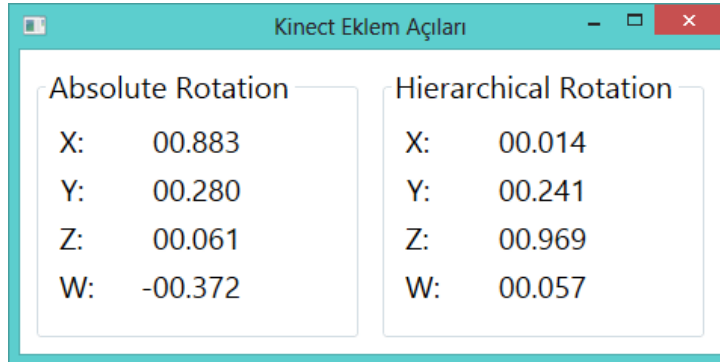
Eklem açılarına ulaşabilmek için, Kinect Yazılım Kiti'nin 1.5 yada üzeri bir sürümünü kullanıyor olmak gerekir.

3.3.2. Temel Bilgiler

Eklemler arası açı 2 şekilde rapor edilmektedir. İlki, "absolute player orientation". Hipcenter (kuyruksokumu) eklemine Kinect'e göre koordinatı referans alınarak elde edilmektedir. Diğeri ise "hierarchical rotation". Bu modelde ise, eklemlerin birbirlerine olan açıları hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalara göre her bir eklem için X, Y ve Z açıları elde edilebilmektedir [19].

3.3.3. Uygulama

Sağ elimizin absolute ve hierarchical yapıda açılarını elde edeceğimiz bir uygulama da uygulamamızın görüntüsü Şekil 3.2.'deki gibidir;



Şekil 3.2. Kinect eklem açıları [19]

3.4.Kinect forWindowS: Kinect ile Bing Maps Kontrolü

El hareketleriyle harita kontrolü, Kinect ile gerçekleştirilen ilgi çekici uygulamalardan birisidir. Bing Maps yada Google Maps uygulamalarının kontrollerine baktığımızda; imleç kontrolü, sürükleme ve fare tekerleği çevirerek

yakınlaştırma/uzaklaştırma yapıldığını görmekteyiz. Bu yöntemler, Kinect ile kolaylıkla taklit edebileceğimiz kontroller arasında yer almaktadır.

3.4.1. Ön gereksinimler

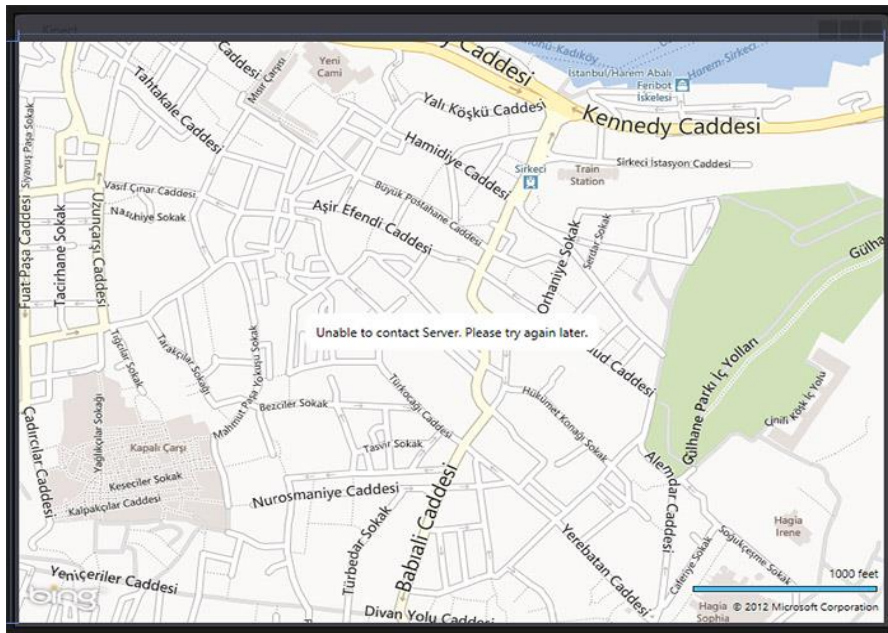
Geliştireceğimiz uygulamada bilgisayarımıza Bing Maps WPF kontrolünün kurulması gerekmektedir.

3.4.2. Çalışma Mantığı

Uygulamayı 3 parçaya ayıracak olursak; ilk parçamız Bing Maps kontrolüdür. Tam ekran çalışacak bir WPF penceresi içerisine Bing Maps kontrolü yerleştirilmelidir. Bu kontrol ile online harita görüntüleri web de olduğu gibi uygulamada da kullanılabilir [19].

İkinci parça; imleç Kontrol sınıfıdır. Bu sınıftaki metotlar aracılığıyla imleci istenilen noktaya götürebilir ve harita kaydırma işlemi yapabilmektedir.

Son parça ise Kinect kodları; Kinect'in raporlayacağı iskelet pozisyonuna göre imleç Kontrol sınıfına pozisyon bilgisi aktarılır ve Bing Maps kontrolüne "zoom" komutu verilmektedir (Şekil 3.3.'de mevcut bir harita gösterilmiştir).



Şekil 3.3.Bing Map [19]

3.5.Standart Bir Web Cam'i Kinect'e Dönüştürme

Microsoft, Kinect'i Windows'ta kullanmaya yönelik bir API sunsa da cihaz, henüz PC oyunları tarafından pek kullanılmamaktadır. Ancak Windows 8 için yayınlanan yeni bir oyun, Kinect'e gerek olmadan, bilgisayarınızın 2D kamerasıyla oynanabildiğini göstermektedir.

Teknolojinin tüketici elektroniklerine ulaşması, çoğu kameralı cihazı el ve yüz hareketleriyle kolaylıkla kontrol edebileceğimiz anlamına gelmektedir [19].

3.6.Kinect İle Yürüme Analizi

Yürüme analizi, günümüzde başta kas iskelet sistemi rahatsızlıkları olmak üzere birçok hastalığın tespit edilmesinde ve tedavi süreçlerinin izlenmesinde önemli bilgiler vermektedir. Yürüme analizi ile bir yürüme döngüsü içerisinde eklemlerin konumları, basınçları ve kaslardaki elektromiyografik değişimleri veren parametreler çıkarılmaktadır. Bu parametreler yürüme analiz laboratuvarlarında farklı disiplinler ve cihazlar kullanılarak elde edilmektedir. Bu çalışmada daha çok eğlence ve oyun sektöründe kullanılmakta olan kinect sensor ile adım uzunluğu, adım süresi, uzun soluklu yürüyüş ve süresi, kadans, hız gibi temel yürüme parametreleri bulunmuştur. Parametrelerin tespiti için tek bir kinect kullanılıp kayıtlar segital düzlemden alınmıştır. Bulunan parametrelerin doğrulukları 4 metrelik yürüme yolunda atılacak adımların önceden belirlendiği ve ölçümlerin manuel olarak yapıldığı veriler ile karşılaştırılarak yapılmıştır [19].

3.7.Microsoft Kinect İle Piyano Tasarımı

Bu çalışmada, kullanıcının el hareketleri Kinect tarafından algılanarak Şekil 3.4.'de gösterilen piyano tuşları üzerinde hangi notaya karşılık geliyorsa o sesi çıkaran sanal bir piyano uygulaması gerçekleştirilmiştir [20].

Kinect ile gerçekleştirilecek olan piyano uygulaması için, piyano tuş sesleri ve piyano tuşlarının toplanması gerekmektedir. Şekil 3.4.' de görüldüğü gibi piyano tuşlarında bir bölümü kullanılacaktır. Her bir tuş için tuş sesi de veri olarak uygulamada saklanmaktadır.



Şekil 3.4.Piyano Tasarım Tuşları [20]

Piyona uygulamasının tasarım bölümü gerçek bir piyanoyu anımsatacağı için Şekil 3.5'de görüldüğü gibi olacaktır. Uygulamanın tasarım ve yazılım alanları Visual Studio 2010 üzerinde açılan WPF teknolojisi ile gerçekleştirilmiştir. Piyano üzerindeki her bir tuş resim Adobe Photoshop programı ile ayrı resimler haline getirilmiştir. Bu sayede uygulama üzerinde her tuşa farklı bir işlev yüklenmesi amaçlanmıştır. Visual Studio 2010 üzerinden "File>New > New Project" menüsünden WPF Application taslağı açılabilir. Tasarım gerçekleştirilirken her bir piyona tuşu için Hover Button kontrolü kullanılmıştır. Bu kontrolün arka plan resmine tuş resimleri aktarılmıştır. Piyona tuşları uygulama üzerinde tasarlandıktan sonra, uygulamayı yönetecek kullanıcının el kontrolleri takibi için iki tane daire oluşturulmuştur. Bunun sebebi kullanıcıya elini nasıl hareket ettirdiğini ve hangi tuşun üzerinde olduğunu göstermektedir. Uygulama yazılımının gerçekleştirilmesi tasarım bölümü tamamlanan uygulamanın yazılım kısmında temel olarak Kinect'ten gelen sinyaller incelenip ve el komutları geldiği zaman işleme alınmaktadır. Öncelikle uygulamanın Kinect cihazının tanınması ve insan iskeletini izlemesi için temel atamaların yapılması gerekmektedir.



Şekil 3.5.Piyano Tasarımının Son görüntüsü [20]

Kinect üzerinden gelen insan hareketlerinin hepsi bazen kullanılmamaktadır. Bu uygulamada sadece el hareketleri ile komut verilebilmektedir. Bu yüzden Skeleton Frame

isimli sınıftan gelen el hareketlerini süzmek gerekmektedir. Ufak bir sorgulama ile bu işlem gerçekleştirilmiştir. Uygulamayı kullanan kullanıcı el hareketlerini ekranda görebilmektedir. Kullanıcı eli ile daha önceden tasarlanan piyona tuşları üzerine geldiği zaman o tuş da tanımlanan ses çalmaktadır. Bu işlem için kullanılan Hover Button'un Click olayı altında tanımlı ses aktif olmaktadır. Bu çalışma ile literatüre yeni bir örnek çalışma daha eklenmiştir. Ayrıca piyano olarak geliştirilen uygulama, piyona öğrenmek isteyen müzikseverlere de maliyet ve öğrenim materyalinde kolaylık sağlayacağı öngörülmektedir.

3.8. Microsoft Kinect İle Sanal Giyinme Odası Tasarımı

Xbox One kullanıcıları için yeni "TheMall" uygulaması sayesinde yeni bir online alışveriş deneyimi sunulmuş durumdadır. Bu üçüncü parti uygulama, kullanıcıların Kinect hareket algılayıcısı, aracılığı ile giysileri ve aksesuarları "sanal olarak" denemelerine ve PowaTag mobil uygulaması ile hızlı bir şekilde almalarına imkan tanımaktadır.[21]

TheMall, kullanıcıların kendi oturum odalarında sanal bir deneme odasına ve çoğu büyük markanın giysilerine ulaşmalarına imkan tanıyan ilk Xbox One uygulaması olarak dikkat çekiyor. Uygulama, e-Ticaret firması VonBismark tarafından tasarlanmış ve "PowaTag" dijital cüzdan uygulamasını sıkı bir şekilde hizmete bağlayarak alışveriş işlemini kolaylaştırmaktadır.

Firma Xbox One üzerindeki TheMall uygulamasının, vizyonlarının ilk devasa adımı olduğunu söylüyor. Xbox'ın evinizde fiziksel e-ticaret hizmeti sunmak için en iyi yöntem olduğunu söyleyen firma, Kinect kamerası ile giysileri fiziksel olarak denemeye en yakın hizmeti sunabildiklerini iddia ediyor.

Giyim mağazalarında çoğu zaman bir ürünü alınmadan önce denenmek istenir ve bazen denemek mümkün olmayabilir. Uygulamada kullanıcı sanal bir ortamda giysi seçebilmekte ve seçtiği giysileri üzerinde deneyebilmektedir.

Uygulamayı geliştirirken bir görüntü ve derinlik sensörü olan Microsoft Kinect'i ve Microsoft Research tarafından geliştirilen yazılım geliştirme kitini (Kinect SDK) kullandım, uygulamanın çalışma mantığını genel olarak aşağıdaki gibi özetleyebilirim:

- Derinlik ve kullanıcı etiketi verisinden faydalanılarak kullanıcının canlı video akışından çıkarılması (arkaplan silme),
- İstenmeyen örtüşmelerin engellenmesi için ten rengi algılama,

- Giysi modelinin konum ve rotasyonunun eklem noktalarının koordinatlarına göre hizalanması,
- Giysinin eklemler arası uzaklık ve kameradan uzaklık verisinin kullanılarak ölçeklenmesi,
- Modelin kullanıcının üzerinde gösterilmesi.

Ön işlemler: arka plan silme ve ten rengi algılama

Arka plan silme bu uygulamada iki açıdan kolaylık sağlamaktadır. Birincisi kullanıcıyı çıkartarak ileriki işlemler için ilgili olan alanı (ROI) belirlememizi sağlamaktadır. Bu sayede ten rengi algılama aşamasında arka plandaki ten rengine benzer alanların da ten rengi olarak algılanması problemi çözülmüş olmaktadır. İkincisi ise arka planı sildiğimizde herhangi istenilen bir arka planla değiştirerek sanal bir ortam oluşturulabilir. Kinect SDK'nın sağlamış olduğu derinlik ve kullanıcı etiketi verisini kullanarak basit bir maskeleme ile bu işlemi kolayca gerçekleştirilebilir.

Giysi modeli görüntünün üstüne eklendiğinden kullanıcının hareketi modelin arkasında kısıtlı kalmaktadır. Bu bağlamda ten rengi algılamada istenmeyen örtüşmelerin engellenmesi amaçlanmıştır. Uygulamada ten rengine sahip alanlar en üst katmana taşınarak model ile örtüşmeleri engellenmektedir. Bu konuda yapılabilecek daha akıllıca bir çözüm derinlik verisinden faydalanarak giysi modeli ile kullanıcının derinlik sıralamasını ayarlamak olabilir. Burada böyle bir yaklaşımı benimsememin tek nedeni daha kolay olmasıydı. Kameradan gelen RGB görüntü uzayına dönüştürülüp her renk kanalı için basit bir eşikleme uygulanması ten rengi algılamada en basit çözüm olarak kolayca gerçekleştirilebilir.

Hizalama ve ölçekleme

Kinect SDK ile sağlanan iskeletsel takipçi (skeletal tracker) vücut eklemlerinin 3 boyutlu koordinatlarını yaklaşık olarak vermektedir. Eklemlerin ekrandaki piksel konumları ve birbirleri ile yaptıkları açılardan faydalanılarak giysi modelinin konumlandırılması ve döndürülmesi sağlanmıştır. Omuzlar arası uzaklık, boy uzunluğu ve kullanıcının kameradan uzaklığı değerlendirilerek giysi modeli ölçeklenmiştir.

3.9. TOF Derinlik Uygulamaları

El hareketlerini tanımlamada görsele dayalı teknoloji olan IBE; hareketin önemli bir parçasıdır. Son yıllarda klavye ve fare IBE'de önemli bir rol oynar. Aslında donanım ve

yazılımın hızlı gelişmesinden dolayı yeni tip IBE metotları gerekmektedir. Özellikle konuşma ve hareket tanımlama gibi teknolojiler IBE alanında büyük dikkat gerektirir.

3.9.1. TOF Kamera İle Eşzamanlı El Hareketi Tanıma

Hareket fiziksel davranış ve duygusal ifadenin bir sembolüdür. Vücut ve el hareketlerini içerir ve iki kategoride sınıflandırılır; statik hareket [22] ve dinamik Hareket [23-24]. İlki (statik) vücut duruşu ya da ellerin hareketini simgeler. İkincisi(dinamik) vücut hareketlerini ya da ellerin bazı mesajları iletmesidir. Hareketler bilgisayar ve insan arasında iletişim aracı olarak kullanılabilir [9-11]. Bu geleneksel donanıma dayalı metotlardan farklıdır. Hareket tanımlama; hareket tanımlama ya da vücut ya da vücut parçasının hareketlerini tanımlayarak kullanıcının amacını belirtir. Geçtiğimiz yıllarda araştırmacıların çoğu el hareket tanımlama teknolojisini geliştirmek için çalışmalar yapmışlardır. El hareketi tanımlama bazı uygulamalarda (dil tanımlama işareti, sanal gerçeklik ve robot kontrol gibi) çok önemlidir [25].

Araştırmacılar; öncelikle resim girdilerinden el şekillerini belirleyip, sonra izleyip analiz etmişlerdir. Amerikan işaret dilini tanımlamak için hareket yolunu analiz etmişlerdir. Shimada ve arkadaşları el hareketini kullanarak televizyon kontrol analizini önerdi [26]. Keskin; eli 21 farklı bölgeye ayırdı ve DVM sınıflandırma modelini kullandı (Bölgelerin birleşme yerini maddelemek için) [27]. Zeng ve arkadaşları el hareketlerini tanımlama aracılığıyla bir sağlık hizmeti geliştirdi. Akıllı tekerlekli sandalyenin IBE tanımlama sistemi 5 el hareketini ve 3 bileşen durumunu içeren sistem içerde ve dışarda değişen ışık şartlarında güvenilir şekilde çalışmıştır [28].

El hareketi tanımlama da şöyle bir iş akışı sürdürülür; Önce el bölgesi orijinal resminden belirlenir. Sonra bazı özellikler el hareketini tanımlamak için seçilir. Sonunda belirlenen el hareketi; bilgi özelliğinin benzerliği ölçülerek sonuçlandırılır. Bu girdi aleti (orijinal resim bilgisini içeren alet) normal kamera, stereo kamera ve TOF kameradan oluşur. Stereo ve TOF kamera, ek olarak eli ortamdan ayıklamak için derinlik bilgisi verir. Normal kamera; aydınlatma koşulları ve özel noktalara duyarlı cilt renklerini birbirinden ayırmak ve eli bölümlmek için kullanılır.

İlgi Bölgesi algılandığında, özellikler ROI bölgesinden seçilebilmektedir. Renk, ışık ve meyil değerleri özelliklerde sıklıkla kullanılır.

Li ve Kitani [29] ise el bölgesini algılamak için çeşitli özellikler tanımlamışlardır.

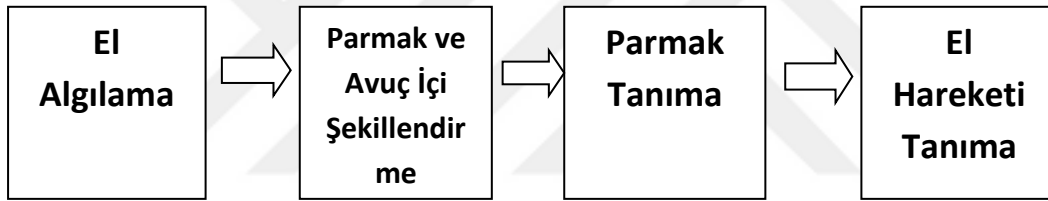
Bu makalede etkili ve verimli bir metot sunulmuştur. Şekil 3.6.'da imgelerin tanınması için yöntemin genel görünüşü mevcuttur. El bölgesi arka plan çıkarma metoduyla belirlenir. Sonra avuç ve parmaklar tanımaya gelince bölünür. Sonra parmaklar tanımlanır ve el hareketleri basit bir sınıflandırma yöntemiyle sınıflandırılabilir.

Önerilen metodun yenilikleri akış olarak şöyle sıralanabilir;

i) İlk yenilik hareketi tanımlama, parmak tanımlamanın sonucuna dayanır. Tanımlama karmaşık yöntemler yerine basit ve etkili bir yöntemle yapılır.

ii) Önceki bazı çalışmalar, el hareketi bilgisi almak için eldivene ihtiyaç duyar. Ama eldivendeki özel sensörler pahalı ve gerçek yaşamda uygulanması sınırlıdır. Mevcut çalışmada yazarlar TOF kamera kullanmışlardır ve bu da çevrenin derinliğini algılayarak el bölgesini algılamak içindir. El hareketlerini elde etmek için özel bir yardımcı alete ihtiyaç duyulmaz.

iii) Üçüncü avantajı ise verimi yüksektir ve gerçek hayata uygulanabilir.



Şekil 3.6. İmgelerin tanınması için yöntemin genel görünüşü [22]

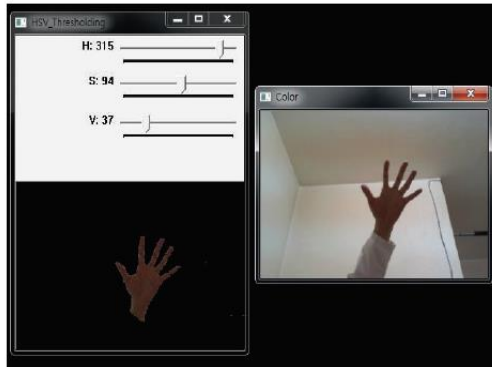
3.9.2.El Tanıma İçin Önerilen Metod

3.9.2.1. Metodun Gözden Geçirilmesi

El hareketi tanımlamanın genel taslağı şekil 3.6.' da gösterilmiştir. İlk olarak el “arka fondan çıkarma metodu” kullanılarak algılanır. Sonra el algılamasının sonucu iki elemanlı bir görüntüye dönüştürülür. Sonra parmaklar ve avuç; parmak tanımlamaya yardımcı olmak için bölüştürülür. Ayrıca parmaklar algılanır ve tanımlanır. Sonuçta el hareketleri basit bir sınıflandırma kuralı kullanılarak tanımlanmış olur.

3.9.2.2. El Tespiti

Çalışmada el hareketi tespiti için kullanılan el algılama prosedürü yani orjinal resim Şekil 3.7.'de gösterilmiştir. Bu görüntüler normal kamerayla elde edilmiştir. Bu el görüntüleri aynı şartlar altında alınmıştır. Bu resimlerin arka planı da özdeştir. Bu yüzden arka fondan ayırma yöntemi kullanılarak orijinal resimden el bölgesini ayırmak kolaydır. Ama bazı durumlarda arka planda başka hareketli objeler de vardır. Arka plan ayrımı net olmadığı durumlarda cilt rengi, diğer hareketli objelerden el bölgesini ayırabilmek için kullanılır. Cilt rengi, diğer diğer hareketli objelerden el bölgesini ayırabilmek için kullanılır Cilt rengi HSV modeli ile ölçülür. HSV modeli renk tonu ve doyma değerleri sırasıyla 315,91 ve 37'dir. Algılanan resim, resim ölçeğini sabit tutmak için 200x200 olarak yeniden boyutlandırılmıştır.



Şekil 3.7. El algılama prosedürü [22]

3.9.2.3. Parmak ve avuç bölütlemesi

El algısının çıktısı ikili resimdir. Beyaz pikseller ön bölgenin üyeleridir. Siyah pikseller arka plana aittir. El algılama sonucu şekil 3.8.'de tespit edilmiştir. Sonraki işlemde parmak ve avuç bölmeleri ikili el resminin üzerine uygulanmıştır.

i)Avuç noktası; Avucun merkezi olarak tanımlanır. Dönüştürme aralığı metodu tarafından bulunur. Mesafe haritası olarak adlandırılan mesafe dönüştürme, bir resmin temsildir. Bir mesafe dönüştürme resminde, her bir kaydedilen mesafenin pikseli ve en yakın sınır pikseli bir mesafe oluşturma örneği olarak Şekil 3.9' da gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Tespit edilen el bölgesi [22]

“Hackcitydistance” iki piksel arasındaki mesafeyi ölçmede ve en yakın sınır pikselini ölçmede kullanılır. Gösterilen resimde ikili resim merkez noktası en geniş mesafededir. Bu yüzden mesafe ölçüştürme resmi (ikili el resmi); Şekil 3.8.’de gösterilen el bölgesinde en geniş mesafeye sahip alan avuç noktası olarak seçilir.

ii) En büyük çemberin yarıçapı: Avuç noktası bulunduğunda, avucun içindeki merkez noktası olarak avuç noktasına sahip bir çember çizilebilir. Bu çember iç çember olarak adlandırılır ve çemberin yarıçapı avucun köşesine ulaşana kadar giderek artar. Çemberi içeren siyah piksele ulaştığında yarıçap artmayı durdurur. Bu çember iç çemberin en büyük yarıçapıdır. Şekil 3.15’de kırmızı ile çizilen en büyük yarıçaptır.

iii)Bilek noktası ve Avuç maskesi: İç çemberin maksimum yarıçapı elde edildiğinde 1,2 kat daha büyük bir iç çember üretilir. Bu çember Şekil 3.10.’daki el görüntüsünün uzaklık dönüşümünde mavi renkle çizilmiştir. Sonra bazı noktalar eşit oranda örneklenir.(x,y)

$$\begin{aligned} X &= R \cos\left(\frac{\theta * \pi}{180}\right) + X_0, & Y &= R \sin\left(\frac{\theta * \pi}{180}\right) + Y_0 \\ \theta &= 0: t: 360 \end{aligned} \quad (2.1)$$

X_0 Y_0 avucun orta noktasının pozisyonudur. R çemberin yarıçapı ve t örnek adımdır. Çemberdeki her bir örnek sınır noktası, komşu noktaya en yakın nokta bulunur ve sıralanır. Bu komşu nokta basit bir yöntemle belirlenir. Eğer bir pikselin 8 komşu noktası siyah ve beyaz içeriyorsa sınır komşu nokta olarak belirlenir ve aradaki mesafe değişiminin matriksel ifadesi Şekil 3.9.'daki gibi örneklendirilebilir. Bulunan en yakın sınır noktaların tamamı avuç maskesinin ürünüyle ilişkilendirilir ki buda avuç ve parmakları bölümlendirmede kullanılır. Şekil 3.10'daki el resminin avuç maskesi Şekil 3.11'de gösterilmiştir. En büyük iç çember yerine daha büyük bir çemberin, takip eden bölümlerlerde daha doğru sonuç aldığı görülmüştür.

İki bilek noktası her iki elin bilek noktasının bitiş noktasıdır. Bu noktalar el hareketi tanımlama için önemlidir. Onlar takip eden hareketi araştırmada kullanılır. Ardışık 2 maske noktası arasındaki mesafe ($P_i - P_{i+1}$) genişse bu iki maske noktası bilek noktası olarak düşünülür.

$$\operatorname{argmax}_{dist}(P_i, P_{i+1}), P_i, P_{i+1} \in S \quad (2.2)$$

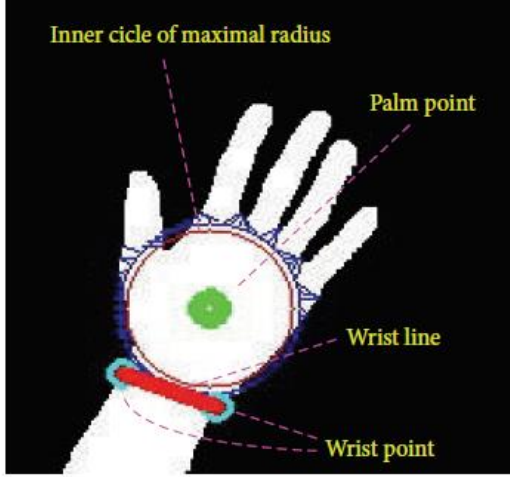
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

(a)

0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	2	2	2	2	2	1	0
0	1	2	3	3	3	2	1	0
0	1	2	3	4	3	2	1	0
0	1	2	3	3	3	2	1	0
0	1	2	2	2	2	2	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0

(b)

Şekil 3.9. Mesafe değişimine bir örnek: (a) ikili bir resim; (b) mesafe dönüşümüdür [22]

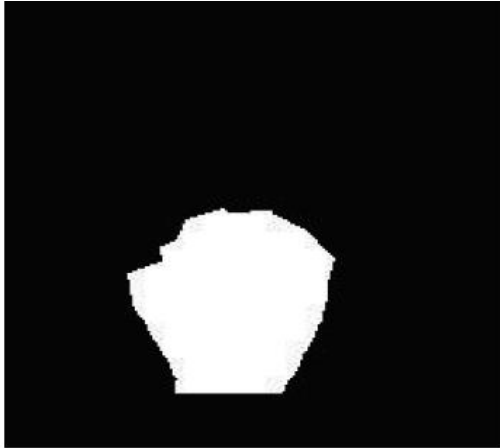


Şekil 3.10.El görüntüsünün uzaklık dönüşümü [22]



Şekil 3.11. Avuç içi maskesi [22]

S avuç maske noktası olarak ayarlanır ve $\text{dist}(x,y)$ 2 nokta arası mesafedir. Şekil 3.12.'de bilek noktası ve bilek hattı gösterilmiştir.



Şekil 3.12. Avuç içi noktası, bilek noktaları [22]

iv)El rotasyonu: Avuç rotasyonu ve bilek noktası tayin edildiğinde, her iki elin bilek hattının orta noktasından, avuç noktasına bir hareket yapılabilir. Sonra bu işaret kuzey kısmında ayarlanır. Bu rotasyonda el hareketini sabitlemek için eş zamanlı el resmi yapılır. Bu yüzden döndürülmüş resimde bilek hattına ait parçalar doğru el resmini üretmek için kolun parçaları kesilir. Şekil 3.13.'de kesilmiş ve döndürülmüş resim gösterilmektedir.



Şekil 3.13. Döndürülmüş ve kesilmiş el görüntüsü [22]

v)Parmak ve avuç bölümlemesi: Avuç maskesi yardımıyla parmak ve avuç kolaylıkla bölünebilir. Avuç maskesi tarafından kaplanan kısım elin avuç kısmıdır. Elin diğer parçaları parmaklardır. Parmak ve avuçların bölünmüş hali Şekil 3.14'de gösterilmiştir.



Şekil 3.14.Bölmeli parmaklar [22]

3.9.2.4. Parmakların tanınması

Bölümleme imgesinde parmaklar; etiketleme algoritmasında bölgeleri işaretlemek için kullanılır. İşaretlemenin sonucunda piksel sayısının küçük olduğu bölgeler görüntülü bölgeler olarak kabul edilir ve atılır. Diğer kısımlar yeterli bölge olarak kabul edilir ve kalır. Kalan bölgedeki her bir parmak için minimal sınırlayıcı kutun tespit edilir. Minimum sınırlayıcı kutu Şekil 3.15’de kırmızı bir dikdörtgen olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.15. Minimum sınırlayıcı kutu [22]

Sonra parmak noktası minimal sınırlayıcı kutunun merkezi olarak kullanılır.

i)Parmak izi alma ve tanıma: Merkezler parmakların palmiye noktası olarak tanımlanan kesişim noktasına bağlıdır. Daha sonra bu hatlar ve bilek çizgisi arasındaki dereceler ve mesafe hesaplanır. El görüntüsünün 50 dereceden küçük derecede kalan kısmında başparmağın olduğu anlaşılır. Tespit edilen başparmak bir numaralı merkezdir. Eğer tam dereceler 50 dereceden büyükse resimde başparmak yoktur.

ii) Diğer Parmakların Saptanması ve Tanınması; Bu amaçla diğer parmaklar algılanır ve avuç içi çizgisi aranır. Avuç içi çizgisi ise bilek çizgisine paraleldir. Bilek sırasından başlayan her hat bilek çizgisine paralel olan bir hatla kesişir. Çizgi ile elin kesiştiği yerde beyaz piksel seti varsa çizginin kayması yukarıdır.

Birden fazla kesişmeler olduğunda çizginin ve elin kesişmeleri palmiye çizgisinin bir adayı olarak kabul edilir. Avuç içi çizgileri elde edildikten sonra, el dört bölüme ayrılır. Bir merkez noktasının yatay koordinatlarına göre parmaklar belirli kısımlara düşer. Parmak ilk

kutunun içene düşerse işaret parmağı, parmak ikinci kutuya düşerse orta parmak, üçüncü kutu yüzük parmağıdır ve dördüncü kısım küçük parmağıdır. Şekil 3.15.'de minimum sınırlayıcı kutu içindeki parmak tanınması Şekil 3.16.'da gösterilmiştir. Şekildeki sarı çizgi avuç içi çizgisidir ve kırmızı çizgi bilek hattına paraleldir. Bazı durumlarda iki veya daha fazla parmak yakın durur ve parmaklar arasında mesafe yoktur. Doğal olarak iki veya daha fazla parmak tek kutuya düşer.



Şekil 3.16. Parmakların tanınması [22]

3.9.2.5.El İşaretlerinin tanınması

Parmaklar algılanır ve tanınırsa basit bir kural sınıflandırıcı kullanılarak el hareketleri tanınabilir. Kural sınıflandırılmasında el hareketi ve parmak sayısına göre jest tahmini yapılabilir. Örneğin, kural sınıflandırıcısında orta, yüzük ve küçük parmak olarak üç parmak algılanırsa el hareketi 3 olarak algılanır.

3.9.2.6. Deneysel Sonuçlar

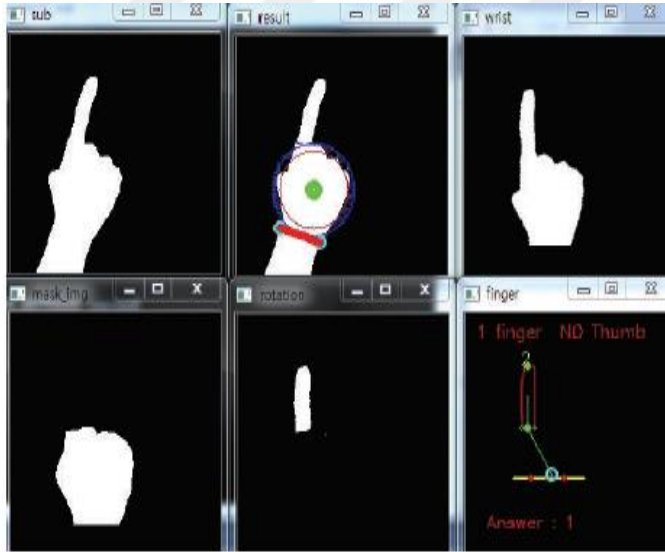
3.9.2.7. Veri Setleri

Deneylerde eldeki iki veri seti için önerilenlerin performansını değerlendirmek için jestler kullanılır. Veri seti-1 13 görüntülü bir settir. Her jest için 100 görüntü yakalanmıştır ve totalde 1300 görüntü sınıflandırılmıştır. Bu imgeler 3 bayan ve 4 erkeğe ait görüntülerdir. Bir hareket resmi 640x480 pikseldir. Bu 13 hareket Şekil 3.17.'de gösterilmiştir. Soldan sağa doğru bu hareketler 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,s1,s2,s3'tür.

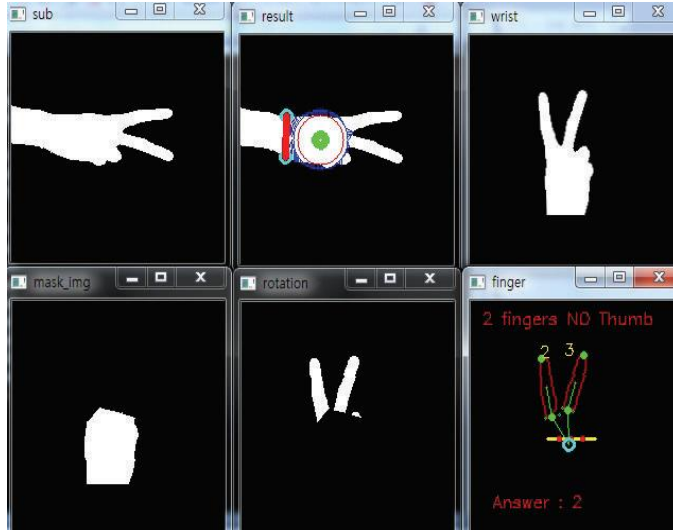


Şekil 3.17. Deneylerde kullanılan el hareketleri görüntüsü seti. Soldan sağa ve sonra yukarıdan aşağıya; Bu jestler 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, S1, S2 ve S3 olarak etiketlenmiştir. [22]

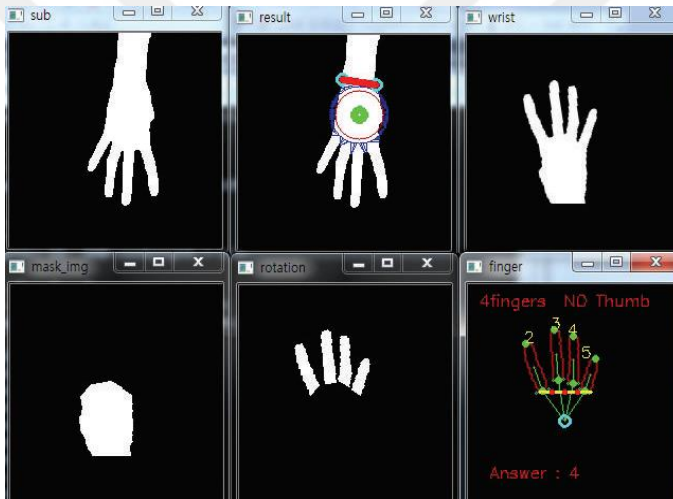
Şekil 3.17.'deki veri setinde 10x10x10'luk bir olgu oluşturulmuştur. Her jest için konuk elinde değişiklik poz vermiştir ve oryantasyon, ölçek, mütalaa vb. yöntemlerle karşılaştırmalar ve sınıflandırmalar yapılmıştır. El hareketlerinin tanınması ve ekran görüntüsündeki değişimler Şekil 3.18., Şekil 3.19., Şekil 3.20., Şekil 3.21.'de örneklendirilmiştir.



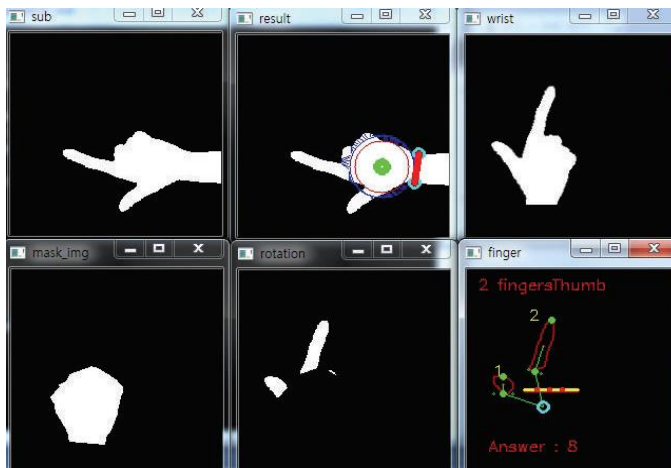
Şekil 3.18. El hareketinin tanınması 1 [22]



Şekil 3.19. El hareketinin tanınması 2 [22]



Şekil 3.20. El hareketinin tanınması 4 [22]



Şekil 3.21. El hareketinin tanınması 8 [22]

3.9.2.8. Veri Seti Üzerindeki Performans Değerlendirmesi

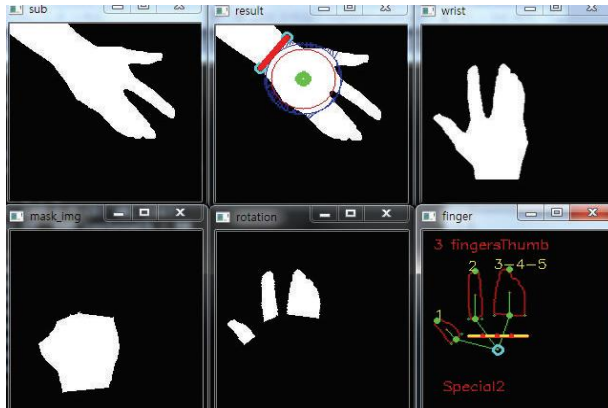
i)Sınıflandırma Doğruluğu; Performansı ölçmek için önerilen el hareketi tanıma yönteminin deneylerde sınıflandırma doğruluğu değerlendirilmiştir. Bunların içinde 13 jesti ayırt edici imgeler üretilmiştir. Sonra kural sınıflandırıcı ile kurallar uygulanmıştır. Her bir şekilde görüntüler olan altı alt figür el görüntüsü, avuç içi noktası, bilek çizgisi kalibre edilmiş el görüntüsü, palmiye maskesi algılanmıştır ve böylece parmak ve hareket tanıma alt şekli öngörülmüştür.

Toplam 1300 görüntünün sınıflandırılması sonucu Tablo 3.1.'de bir karışıklık matrisi özetlenmiştir. Karışıklık matrisi, ilk sütun ve son satır jestlerin etiketleri, matrisin diğer girdileri olarak tahmin edilen hareket görüntülerinin numaralarını kaydedilmiştir.

Örneğin ilk satırda sayı 99 ve sütununda sırasıyla 1ve 3 etiketleri; Yani 99 ve 100 testte 1 ve 3 etiketleri olarak öngörülen resim hareketin görüntüleri 1'dir. Böylece test görüntüleri için jest 1'in sınıflandırma doğruluğu %99'dur.

Tanlo 3.1.'deki karışıklık matrisinde gösterildiği gibi, önerilen yöntem iyi performans ve çok yüksek sınıflandırma doğruluğu verisini bize verir. Toplamda 1300 test imgesinin doğruluğu %96,69'dur.

Karışıklık matrisinde s2 ve s3 ün hareketleri yanlış sınıflandırılmıştır. Bunun nedeni ise; Bazı hareket jestlerinde Şekil 3.22.'de görüldüğü gibi parmaklar birbirinin yakınında kalmıştır. Yani bir iki parmak arasındaki delik bu hareketlerde yanlışlıkla 3 olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil 3.22. El hareketinin tanımlanması S2 [22]

ii) **Zaman maliyeti;** Hareketleri tanımak için zaman maliyeti Tablo.3.2’de gösterilmiştir.

Tabloda zaman maliyetinin birimi şu şekildedir; İkinci satırdaki bir değer, ortalama çalışma süresidir. Bir hareketin 100 görüntüsünden toplam 1300 el hareketini karşılaştırma için ortalama süre 0,024 sn’dir. Deneyler Intel İ7-2630.2,00 GHz CPU ve 4 GB Ram özelliklerinde bir dizüstü bilgisayarda yapılmıştır. Önerilen yöntem yüksek verimlilik ve gerçekliğe sahiptir.

3.9.2.9. Veri Setinde Performans Karşılaştırılması-2

Önerilen yöntem son teknoloji ürünü bir yöntem olan FEMD’nin veri seti üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma sonuçları da karışıklık matrisi ile özetlenmiştir. Karışıklık matrisi Tablo 3.1’deki benzerdir ve bizim yöntemimizde Tablo 3.3’te gösterilmiştir.

Karışıklık FEMD matrisi Tablo 3.4’te gösterilmiştir. Önerilen yöntemin doğruluğu %96,6’dır.

Ortalama FEMD’nin doğruluğu %93,2 dir. Sonuçlar yöntemimizin FEMD’den daha verimli olduğunu gösterir. Bir elin tanınması için harcanan ortalama süre 0,0202 saniyedir.

Tablo3.1. Veriler üzerinde el hareket tanıma konusundaki karışıklık matrisi [22]

1	99		1										
2		94	6										
3		2	95	3									
4			4	95	1								
5				3	93	4							
6						100							
7	4						96						
8	2							92	1				
9									100				
0	1									99			
S1			1								99		
S2					2							98	
S3					3								97
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	S1	S2	S3

Tablo 3.2. El hareket tanıma çalışma zamanı. [22]

1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	S1	S2	S3
0,024	0,021	0,022	0,024	0,027	0,023	0,026	0,022	0,025	0,022	0,022	0,026	0,021

Tablo 3.3. Yöntemimizin veri seti 2'deki karışıklık matrisi. [22]

0	99	1										
1		100										
2		7	91						1			1
3				100								
4					99		1					
5						97						
6							99	1				
7			2	1			9	88				
8		7							93			
9											100	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9		

Tablo 3.4.FEMD'nin veri seti 2'deki karışıklık matrisi [22]

0	95	1						3	1	
1	3	86	4	2			1	4		
2		2	94	2			2			
3			4	87	6		3			
4				7	89	3	1			
5	1	2				95			2	
6			1			1	96	2		
7	6	2						92		
8	1					1			98	
9										100
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

El hareketi tanıma için önerilen bu yöntem de; el bölgesi arka plandan ayıklanmıştır. Sonra avuç içi ve parmaklar bölümlere ayrılmıştır. Bölünme temeline el görüntüsündeki parmaklar keşfedilir ve tanınır. El hareketlerinin tanınması basit bir kuralla gerçekleşir. Önerilen yöntemin başarı performansı büyük ölçüde nesnelerin hareketliliğine ve cilt rengine bağlıdır. Ancak makine öğrenme algoritmaları eli arka plandan ayırabilir. ToF kameralar nesnelerin derinlik bilgisini sağlar ve böylece performansı artırılabilir. Böylece gelecekteki çalışmalarda makine öğrenme yöntemleri ve TOF kameraları kompleks geri dönüşler elde etmek için kullanılabilir ve el algılamanın sağlamlığını geliştirir [22].

4.KİNECT DERİNLİK İMGELERİDEN EL HAREKETİ TANIMA

Çalışmamızda derinlik imgelerindeki el hareketlerinin sınıflandırılması için Eğrilik Ölçek Uzayı (EÖU) öznitelikleri ve K-En Yakın Komşu (K-EYK)sınıflandırıcısı kullanılmıştır. Elin bölütlenmesinde diğer yöntemlerin aksine sadece derinlik imgesi ve literatürde var olan EÖU tabanlı yöntemlerden farklı olarak maksimum EÖU değerleri yerine, tüm EÖU katsayıları bir öznitelik seçme işlemine tabi tutulmuştur.

4.1. Eğrilik Ölçek Uzayı

EÖU farklı ölçeklerde verilen düzlemsel bir eğrinin değişmeyen geometrik özniteliklerinin hesaplanması için etkili bir yöntemdir [30-31]. EÖU'nun hesaplanması için ilk önce Denklem (1)'de verilen parametrik bir eğri tanımlanır(u rastgele seçilir):

$$\Gamma(u) = (x(u), y(u)) \quad (4.1)$$

Buna göre eğrilik fonksiyonu $\kappa(u)$;

$$\kappa(u) = \frac{\dot{x}(u)\ddot{y}(u) - \ddot{x}(u)\dot{y}(u)}{(\dot{x}^2(u) + \dot{y}^2(u))^{3/2}} \quad (4.2)$$

gibi tanımlanır. Γ 'nin her bir elemanının genişliği σ olan tek boyutlu Gauss fonksiyonu $g(u, \sigma)$ ile konvole edildikten sonra Γ_σ vektörünün eğrilik bileşenleri $X(u, \sigma)$ ve $Y(u, \sigma)$ aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$X(u, \sigma) = x(u) * g(u, \sigma) \quad (4.3)$$

$$Y(u, \sigma) = y(u) * g(u, \sigma) \quad (4.4)$$

Burada; konvolüsyon operatörü olup buna göre her bir bileşenin türevleri eşitlik 4.5 ve 4.6 ile hesaplanabilir.

$$X_u(u, \sigma) = x(u) * g_u(u, \sigma) \quad (4.5)$$

$$X_{uu}(u, \sigma) = x(u) * g_{uu}(u, \sigma) \quad (4.6)$$

$g_u(u, \sigma)$ ve $g_{uu}(u, \sigma)$, u 'ya göre $g(u, \sigma)$ 'nin birinci ve ikinci türevleridir. Aynı yöntemle $Y(u, \sigma)$ 'nin birinci ve ikinci türevleri $Y_u(u, \sigma)$ ve $Y_{uu}(u, \sigma)$ olarak yazılabilir. Elde edilen eşitliklere dayalı olarak Γ_σ 'nin eğriliği şöyle hesaplanır:

$$\kappa(u, \sigma) = \frac{X_u(u, \sigma)Y_{uu}(u, \sigma) - X_{uu}(u, \sigma)Y_u(u, \sigma)}{(X_u(u, \sigma)^2 + Y_u(u, \sigma)^2)^{3/2}} \quad (4.7)$$

Γ 'nin görüntüsü EÖÜ'da, Γ 'nin tüm sıfır geçiş noktalarında $\kappa(u, \sigma) = 0$ olarak tanımlanır. Sıfır geçiş noktalarındaki rotasyon, ötelenme ve ölçek sabittir.

4.2.Öznitelik Seçme

Mikro-dizilim verileri son zamanlarda görüntü işleme çalışmalarında sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Elde edilen veriler, makine öğrenme algoritmaları ile modellenenilmektedir. Fakat düşük örnek sayısı ve yüksek nitelik sayısı makine öğrenme algoritmalarının işini oldukça zorlaştırmaktadır. Bu durumu gidermek amacı ile öznitelik algoritmaları kullanılmaktadır. Bu açıdan bakıldığında seçilen öznitelik seçme algoritması, mikro-dizilim veri sınıflandırılmasında önemli bir başlangıç adımı olarak karşımıza çıkmaktadır. Öznitelik seçme işlemi yüz tanıma [32], sosyal ağlarda sınıflandırma [33], duygu analizi [34], hastalık teşhisi [35] ve bunun gibi birçok veri madenciliği alanında oldukça yaygın şekilde kullanılmaktadır. Öznitelik seçme algoritmaları literatürde genel olarak filtre modeli, sarmal modeli ve gömülü olmak üzere üç ana başlıkta incelenmektedir [36].

Filtre modeli öznitelik seçme algoritmalarının en büyük avantajı; hızlı ve sınıflandırma algoritmasından bağımsız olmasıdır. Bunun yanında sınıflandırma başarı oranının düşük olması dezavantajıdır.

Sarmal modeli öznitelik seçme algoritmaları ise belirli bir düzende seçilen öznitelik kümesini değiştirerek sınıflandırma başarı oranı hesaplanır. Hesaplanan sınıflandırma başarı oranına göre eleme veya seçme işlemleri yapılarak sınıflandırma

başarı oranı yükseltilmeye çalışılır. Bu işlem iteratif olarak en ideal öznitelik kümesi buluncaya kadar devam ettirilir. Sarmal modellenli öznitelik seçme algoritmalarına genetik algoritmalar [37] örnek verilebilir. Sarmal modellenli öznitelik seçme algoritmalarının yüksek sınıflandırma başarı oranı sahip olması en büyük avantajıdır.

Gömülü öznitelik seçme algoritmaları sınıflandırma algoritmasının içinde gömülü olarak bulunan öznitelik seçme algoritmalarıdır. Bu modele en uygun örnek karar ağaçlarıdır [38].

Bazı sınıflandırma problemlerinde kullanılan özniteliklerin çoğu giriş-çıkış ilişkisini kuracak nitelikten uzak olabilir. Bu gibi durumlarda ilgisiz özniteliklerin elimine edilmesi gereklidir ve sınıflandırma probleminin başarımını pozitif yönde önemli ölçüde değiştirebilir. İleri sıralı öznitelik arama veri madenciliği alanında sıkça kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem en iyi özniteliği ekleyerek veya en kötü özniteliği çıkararak amaç fonksiyonun optimize edilmesi esasına dayalıdır.

4.3.K-En Yakın Komşu

K-en yakın komşu algoritması (K-NN), uygulamasının basit ve kolay, öğrenme sürecinin güçlü ve kullanışlı olmasından dolayı sınıflandırmada yaygın olarak kullanılmaktadır. Makine öğrenmesi, veri madenciliği gibi çok çeşitli alanlarda kullanımı mevcuttur.

K-NN algoritması, Cover ve arkadaşları tarafından önerilen, örnek veri noktasının bulunduğu sınıfının ve en yakın komşunun, k değerine göre belirlendiği bir sınıflandırma yöntemidir [39]. Bu algoritma, en iyi bilinen, eski, basit ve etkili örüntü sınıflandırma yöntemlerindendir ve makine öğrenme algoritmaları arasında sıklıkla kullanılmaktadır. Nesnelerin sınıflandırılması önemli bir araştırma alanıdır ve örüntü tanıma, veri madenciliği, yapay zekâ, istatistik, bilişsel psikoloji, tıp, biyoinformatik gibi çok çeşitli alanlarda uygulanmaktadır [40]. Bu avantajlara rağmen, yüksek miktarda bellek alanına gereksinim duyması, veri seti ve öznitelik boyutu arttıkça işlem yükünün ve maliyetin önemli ölçüde artması, performansın k komşu sayısı, uzaklık ölçütü ve öznitelik sayısı gibi parametre ve özelliklere bağlı olarak değişmesi gibi birtakım dezavantajları da beraberinde getirmektedir [41].

K-NN algoritması, en temel örnek tabanlı öğrenme algoritmalarındandır. Örnek tabanlı öğrenme algoritmalarında, öğrenme işlemi eğitim setinde tutulan verilere dayalı olarak gerçekleştirilir. Yeni karşılaşılan bir örnek, eğitim setinde yer alan örnekler ile arasındaki benzerliğe göre sınıflandırılmaktadır [38]. K-NN algoritmasında, eğitim setinde yer alan örnekler n boyutlu sayısal nitelikler ile belirtilir. Her örnek n boyutlu uzayda bir noktayı temsil edecek biçimde tüm eğitim örnekleri n boyutlu bir örnek sınıfında tutulur. Bilinmeyen bir örnek ile karşılaşıldığında, eğitim setinden ilgili örneğe en yakın k tane örnek belirlenerek yeni örneğin sınıf etiketi, k en yakın komşusunun sınıf etiketlerinin ortak parametrelerine göre atanır [42].

K-NN algoritmasının performansı için kritik öneme sahip noktalardan birisi örnekler arası yakınlığın nasıl ölçüleceğidir. Yakınlık, Öklid uzaklığı ya da bir başka uzaklık ölçütü kullanılarak hesaplanabilir. K-NN algoritması, büyük eğitim setlerinin varlığında, oldukça etkin sonuçlar verebilmektedir. K-NN algoritması, ilgisiz özniteliklerin varlığında da sınıflandırma modeli oluşturabilmektedir. Böyle durumlarda eğitim için gereken süre uzamaktadır. K-NN algoritması basit yapısına karşın, yüksek bir hesaplama maliyetine sahiptir. Sınıf etiketi belirlenmek istenen örneğin, veri setinde yer alan örnekler ile arasındaki uzaklığın belirlenmesi, özellikle büyük eğitim veri setleri için oldukça maliyetlidir. Bu maliyeti ortadan kaldırmak için, K-NN algoritması temel bileşenler analizi gibi boyut azaltma yöntemleri ile ya da arama ağaçları gibi daha güçlü veri yapıları ile birlikte kullanılmaktadır.

K-NN algoritmasında, komşu sayısı (k) parametresinin değerine dayalı olarak sınıflandırma yapılmaktadır. Sınıflandırma sürecinde, $k=1$ için, sadece en yakın komşunun bulunduğu sınıfa atanırken, k sayısı örnek sayısına (N) yaklaştıkça veri setinde yer alan tüm veriler dikkate alınmaktadır.

4.4.Önerilen Yöntem

El hareketlerin sınıflandırılması için önerilen yöntem adımlar halinde aşağıda verilmiştir.

Adım 1: Bu adım el işaretlerinin bulunduğu derinlik imgelerinin okunması ve medyan filtrelenmesini içerir. Medyan filtreleme, derinlik imgelerindeki gürültülerin giderilmesi için uygulanmaktadır. Şekil 4.1’de örnek bir derinlik imgesi gösterilmiştir.



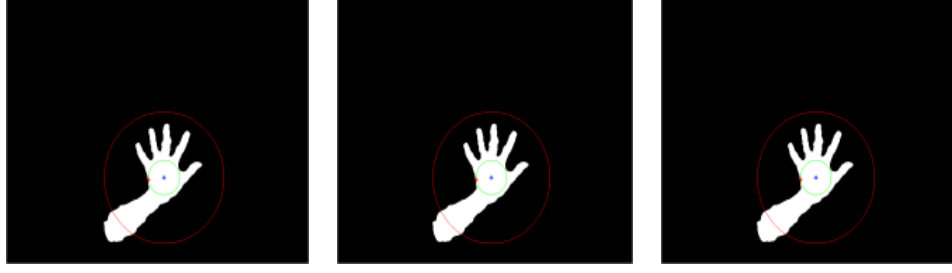
Şekil 4.1. Derinlik imgesi

Adım 2:İkinci adım, derinlik imgesinden elin elde edilmesi, diğer bir ifade ile bölütlenmesini içerir. Derinlik imgeleri göz önüne alındığında, imgede kameraya daha yakın farklı bir nesne yoksa el kameraya en yakın olan nesne olarak kabul edilir. Böylece derinlik imgesi histogramın da gölgelerden sonra 0 gri seviye bölgesine en yakın nesne el olacaktır. Bu durum Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Sonuç olarak basit bir aralık eşikleme ile el bölütlenebilir. Bölütlenmiş imge Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.2.Eşiklenmiş imge

Adım 3:Bu adımda bölütleme ile elde edilen elin merkez koordinatları buldurulur ve bu merkeze en yakın kenar noktasının koordinatları tespit edilir. Daha sonra merkez ile en yakın kenar noktası arasındaki mesafenin 3.8 katı büyüklüğünde bir çember ile kolun bir bölümü elimine edilmiş olunur. 3.8 değeri deneysel çalışmalar sırasında belirlenen bir değerdir. Bu çember dışında kalan el bölgesi silinir. Bu durum Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



Şekil 4.3.(1) İlgili dairelerin belirlenmesi, (2) Kol fazlalığı, (3) Kol fazlalığının silinmesi

Adım 4:Kalan el bölgesini içerecek şekilde bir elipsin uydurulması bu adımda gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.4.(1)). Bu adımın temel amacı EÖU özniteliklerinin hesaplanmasında sabit bir başlangıç noktasının belirlenmesidir. İlgili resimler Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Şekil 4.4(3), Şekil 4.4(2)'de gösterilen elipsin kısa eksenine en yakın kenar noktalarının birleştirilmesi ile elde edilmiştir.



Şekil 4.4.(1) Elips uydurma, (2) Elips eksenlerinin belirlenmesi, (3) EÖU için gerekli olan kenarlar

Adım 5:Bu adımda, EÖU özniteliklerinin çıkarımı, seçimi ve sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.4.(3)'de gösterilen kenar noktaları 150 örnekten oluşacak şekilde örneklenmiştir. Böylece hesaplanan EÖU tabanlı öznitelik 150 boyutludur. Daha sonra bu boyut öznitelik seçimi ile 58 boyuta indirgenmektedir.

4.4.1.Deneysel Çalışmalar

Deneysel çalışmalarda kullanılan veriseti [2] numaralı kaynaktan alınmıştır. Derinlik imgeleri 10 farklı kişi tarafından 0'dan 9'a kadar toplam 10 adet rakamı tek el ile işaret ederek oluşturulmuştur. Her bir işaret için 10 farklı durumda imge alınarak toplamda 10 kişi $\times$ 10 işaret $\times$ 10 durum = 1000 adet imge toplanmıştır. İmgeler, 480 $\times$ 640 boyutundadır. Şekil 4.5.'de 0'dan 9'a kadar kodlanan el işaretleri gösterilmiştir.



Şekil 4.5. El işaretleri [2]

Deneyisel çalışmalarda veri setinin %70'i eğitim için geri kalan %30'luk bölüm ise önerilen yöntemin test edilmesinde kullanılmıştır. Daha öncede belirtildiği gibi her bir EÖÜ özniteliği ilk başta 150 boyutlu ve daha sonra indirgenmiş öznitelikler ise 58 boyutludur. Deneyisel çalışmalar sırasında farklı K değerleri kullanılmış ve en iyi başarımın $K=5$ için olduğu görülmüştür. Tablo 4.1.'de K değerine bağlı olarak değişen doğruluk oranları verilmiştir.

Tablo 4.1. K değerine bağlı doğruluk oranları

K değeri	Doğruluk
3	%97.67
4	%96.67
5	%98.33
6	%98.00
7	%98.00

Ayrıca önerilen yöntemin [2] numaralı kaynak ile doğruluk açısından kıyaslanması Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.2. Başarım karşılaştırması

	1 noluKaynak	Önerilen Yöntem
Doğruluk %	93.70	98.33

Önerilen yöntemin bütün farklı K değerleri için elde ettiği doğruluk başarımı [2] numaralı kaynaktan daha iyidir. Yaklaşık %4'lük bir iyileştirme söz konusudur

5.SONUÇLAR

Günümüzde hızla gelişen teknolojiyle birlikte ilgili uygulamalardaki derinlik özelliğinin kullanılması, akademik ve teknolojik anlamda birçok çalışma ortamı bulmuştur. Bununla birlikte çalışmalardaki çeşitlilik, kişi konforunu maksimum düzeye çıkarmayı hedeflemektedir. Bu da beraberinde kullanıcılar açısından ekonomikliği ve uygulanabilirliği tercih sebebi yapmıştır.

Bu çalışmada ise Kinect kamera yapısı ve uygulamalarından bahsedilmiş olup, ToF kamera ve var olan 3 boyutlu yapay görme teknolojileri hakkında bilgi edinilmiştir. Test ve karşılaştırma görüntülerinin derinlik özellikleri incelenmiş ve bu özelliklerden yararlanılarak yapılmış çalışmalara değinilmiştir. Yapılması muhtemel olan çalışmalar hakkında fikir sahibi olunulmuştur. Ayrıca yapılan literatür çalışmalarında, benzer olan çalışmaların başarımları yüzdeleri % 93,7 [2] bandında iken bizim başarı yüzdemiz %98,33'dür.

Sonuç olarak çalışma içeriğinde uygulamalar dahilinde yüksek doğrulukta el hareketi tanıyabilen bir yazılım geliştirilmiştir. Yöntemi benzer çalışmalardan üstün kılan yönü herhangi bir bant veya renk değişkenleri kullanılmadan elin bölütlenmesinde sadece derinlik imgelerinin kullanılmasıdır. Diğer taraftan EÖU özniteliklerinin, öznitelik seçimi ile sadece önemli olanlarının saklanması diğer bir üstünlük olarak gösterilebilir. Böylece daha hassas bir sınıflandırma yapılması amaçlanmıştır. Hesaplanan EÖU öznitelikleri, döndürme, ölçekleme ve ötelemeden bağımsız olması yönüyle yöntemin dayanıklılığını artırmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] **J.P. Wachs, M.Kolsch, H.Stern, and Y.Edan**“MVision-based hand gesture applications,” ACM, vol. 54, pp. 60–71, Commun 2011
- [2] **Z.Ren, J.Yuan, J.MengandZ.Zhang**, “Robust Part-Based Hand Gesture Recognition Using Kinect Sensor,” IEEE Trans. On Multimedia, vol. 15, no. 5, pp. 1110-1120, Aug. 2013.
- [3] **Chong Wang, ZhongLiuandShing-ChowChan**,"Superpixel-based Hand Gesture RecognitionwithKinect Depth Camera," IEEE Trans. Multimedia, vol. 17, no. 1, pp. 29-39, Jan. 2015.
- [4] **Dominio, F.,Donadeo, M.&Zanuttigh, P.** “Combining multiple depth-based descriptors for hand gesture recognition. Pattern Recognition Letters”, vol. 50, p.p101-111, 2014.
- [5] **Kuznetsova, A.,Leal-Taixé, L&Rosenhahn, B.,** “Real-time sign language erecognition using a consumer depth camera” In Computer Vision Workshops(ICCVW), 2013 IEEE International Conference on pp. 83-90, Dec. 2013.
- [6] **Atilla Sit and Daisuke Kihara**, “Comparison of Image Patches Using Local Moment Invariants" IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, 2014.
- [7] **Aslan, M., Sengur, A., Xiao, Y., Wang, H., Ince, M. C., &Ma, X,** “Shape Feature Encoding via Fisher Vector for Efficient Fall Detection in Depth- Videos. Applied Soft Computing”, 2015.
- [8] **S.P. Priyal, P.K. Bora**, “A study on static hand gesturere cognition using moments, in: Proceedings of the International Conference on Signal Proces- sing and Communications (SPCOM)”, IEEE, pp. 1–5, 2010.
- [9] **Zhang, Z.**,”Microsoftkinect sensor and its effect. Multi Media”, IEEE, 19(2), pp. 4-10, 2012.
- [10] **S. A. Kareem, H.Hasan**,”Static hand gesture recognition using neural networks”, Springer Science+Business Media B.V, 2012.
- [11] **Z. Zafrilla.**," American sign language recognition with the kinect", ICMI 11 Proceedings of the 13th internation al conference on multimodalinterfaces,pp.279-286, ACM New York, NY, USA, 2011.

- [12] **J.Chai, J.Xiao, J.Hodgins**, "Vision-based control of 3d facial animation," Proceedings of the 2003 ACM SIGGRAPH, 2003.
- [13] **S. Grasiella, M. Almeida**, "Feature extraction in Brazilian Sign Language Recognition based on phonological structure and using RGB-D sensors", Expert Systems with Applications, vol. 41, pp. 7259-72 15, 2014.
- [14] **D.Y. Huang, W.-C. Hub, S.-H. Chang**, "Gabor filter-based hand pose angle estimation for hand gesture recognition under varying illumination", Expert Systems with Applications, Vol. 38, pp. 6031–6042, 2011.
- [15] www.enterprisecoding.com, "Windows için Kinect SDK", 2011.
- [16] <https://www.xbox.com/tr-TR/xbox-one>
- [17] <https://dokumen.tips/documents/goeruentue-islemede-kullanilan-teknikler.html>
- [18] <https://barisdanacioglu.jimdo.com/elektronik/arduino-dersler-projeler/ultrasonik-sens%C3%B6rle-mesafe-%C3%B6l%C3%A7%C3%BCm%C3%BC/>
- [19] **www.uerkal.com**, "Kinect ile LEGO Mindstorms NXT Robot Kontrolü", 2013.
- [20] **A. A.Süzen , K. Taşdelen**, "Microsoft Kinect ile Örnek bir Uygulama: Piyano", 2010.
- [21] <http://www.isikdogan.com/turkce-blog/kinect-ile-sanal-giyinme-odasi-uygulamasi.html>
- [22] **Z.H. Chen, J.-T. Kim, J.Liang, J.Zhang, Y.-B. Yuan** Hindawi Publishing Corporation The Scientific World Journal Volume 2014, Article ID 267872, 9 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2014/267872>
- [23] **Shmueli, G., Patel, N.R. and Bruce, P.C.**, "Data mining: for Business Intelligence", John Wiley & Sons, New Jersey, (2010).
- [24] **Aha, D.W., Kibler, D. and Goldstone, R.L.**, "Instance-based learning algorithms", Machine Learning, 6:37-66 (1991).
- [25] **A. D. Bagdanov, A. Del Bimbo, L. Seidenari, and L. Usai**, "Real-time hand status recognition from RGB-D imagery," in *Proceedings of the 21st International Conference on Pattern Recognition (ICPR '12)*, pp. 2456–2459, November 2012.
- [26] **A. Shimada, T. Yamashita, and R.-I. Taniguchi**, "Hand gesture based TV control system—towards both user—& machine friendly gesture applications," in *Proceedings of the 19th Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision (FCV '13)*, pp. 121–126, February 2013.

- [27] **C. Keskin, F. Kirac, Y. E. Kara, and L. Akarun**, “Real time handpose estimation using depth sensors,” in *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision Workshops (ICCV’11)*, pp. 1228–1234, November 2011.
- [28] **J. Zeng, Y. Sun, and F. Wang**, “A natural hand gesture system for intelligent human-computer interaction and medical assistance,” in *Proceedings of the 3rd Global Congress on Intelligent Systems (GCIS ’12)*, pp. 382–385, November 2012.
- [29] **C. Li and K.M. Kitani**, “Pixel-level hand detection in egocentric videos,” in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR ’13)*, pp. 3570–3577, 2013.
- [30] **M. R. Malgireddy, J. J. Corso, S. Setlur, V. Govindaraju, and D. Mandalapu**, “A framework for hand gesture recognition and spotting using sub-gesture modeling,” in *Proceedings of the 20th International Conference on Pattern Recognition (ICPR ’10)*, pp. 3780–3783, August 2010.
- [31] **P. Suryanarayan, A. Subramanian, and D. Mandalapu**, “Dynamic hand pose recognition using depth data,” in *Proceedings of the 20th International Conference on Pattern Recognition (ICPR ’10)*, pp. 3105–3108, August 2010.
- [32] **Ostrowski DA**, “Feature Selection for Twitter Classification” In: *Proceedings Of The IEEE International Conference On Semantic Computing (ICSC)* 267-272, 2014.
- [33] **Akba F**, “Duygu Analizinde Öznitelik Seçme Metriklerinin Değerlendirilmesi: Türkçe Film Eleştirileri” Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, 2014. [4] **Eskidere Ö**, “Ses Ölçümlerinden Parkinson Hastalığının Teşhisi İçin Öznitelik Seçme Yöntemlerinin Karşılaştırılması” *Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi* 30:402–414, 2012.
- [34] **Saeys Y, Inza I, Larranaga P**, “A Review Of Feature Selection Techniques In Bioinformatics” *Bioinformatics* 19: 2507–2517, 2007.
- [35] **Holland J**, “Adaptation in Natural and Artificial Systems”, University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975.
- [36] **Quinlan JR**, “C4.5: Programs for Machine Learning” *Machine Learning* 16: 235-240, 1993.

- [37] **Mao, C., Hu, B., Wang, M. and Moore, P.**, “Learning from neighborhood for classification with local distribution characteristics”, IEEE International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 1-8 (2015).
- [38] **Liu, H. and Zhang, S.**, “Noisy data elimination using mutual k-nearest neighbor for classification mining”, Journal of Systems and Software, 85(5):1067-1074 (2012).
- [39] **Cover, T.M. and Hart, P.E.**, “Nearest neighbor pattern classification”. IEE Transactions on Information Theory, IT13(1):21–27 (1967).
- [40] **Bhatia, N. and Vandana**, “Survey of nearest neighbor techniques”, International Journal of Computer Science and Information Security, 8(2):302-305 (2010).
- [41] **Qiu, X.Y., Kang, K. and Zhang, H.X.**, “Selection of kernel parameters for K-NN”, IEEE International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 61-65 (2008).
- [42] **Batista, G.E.A.P.A. and Silva, D.F.**, “How k-nearest neighbor parameters affect its performance”, Simposio Argentino de Inteligencia Artificial (ASAI 2009), 95–106 (2009).

ÖZGEÇMİŞ

Zeynep YELOĞLU, 1991 yılında Elazığ'da doğdu. Lise eğitimini Ahmet Kabaklı Anadolu Öğretmen Lisesi'nde tamamlayıp, 2009 yılında girdiği Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünden 2013 yılında mezun oldu. Aynı yıl Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Teknolojileri Anabilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı. Halen Sosyal Güvenlik Kurumu, İnşaat ve Emlak Dairesi Başkanlığı'nda Elektrik Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

