

Duruş ve Hareket Algılama Teknolojileri: Stereo, Uçuş Süresi ve Yapısal Işık Algılayıcılar

Fecir DURAN, Alper KAYA

¹Teknoloji Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye

fduran@gazi.edu.tr, replakaya@gmail.com

(Geliş/Received:10.07.2017; Kabul/Accepted:12.11.2017)

DOI: 10.17671/gazibtd.327215

Özet— Bu makale, duruş ve hareket algılayıcılarının ve bu algılayıcılar ile yapılan çalışmaların kullanım alanlarına göre incelendiği bir derleme çalışmasıdır. Duruş ve hareket algılamada yaygın olarak stereo, uçuş süresi ve yapısal ışık algılayıcıları kullanılmaktadır. Bu algılayıcılar cisimlerin duruşunu ve hareketlerini belirlemede derinlik verisinden faydalanmaktadır. Derinlik verisinin elde edilmesinde algılayıcılar farklı yöntemler kullanmaktadır. Yapısal ışık algılayıcıları derinlik ölçmede hızlı cevap süresine ve yüksek doğruluğa sahiptir. Bu nedenlerle bu çalışmada yapısal ışık algılayıcısı kullanan Kinect cihazına odaklanılmaktadır. Çalışmada Kinect cihazının diğer cihazlarla teknik olarak karşılaştırması yapılmaktadır ve bu karşılaştırmaya göre güçlü ve zayıf yönleri belirtilmektedir. İncelenen makaleler eğitim, robotik, sağlık ve diğer alanlar olmak üzere 4 farklı sınıfta ele alınmıştır. Her alandaki çalışmalarda algılayıcıların duruş ve hareket algılamada kullandığı metotlar incelenerek metotların ne kadar başarı sağladıkları araştırılmıştır. İncelenen makaleler göz önüne alınarak sağlık alanında Kinect cihazı ile yeni bir çalışma önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler— Kinect, stereo, uçuş süresi, yapısal ışık, duruş ve hareket algılama.

Posture and Motion Detection Technologies: Stereo, Time Of Flight and Structured Light Sensors

Abstract— This article is a review study of posture and motion detection sensors and their usage areas. Stereo, flight time and structural light sensors are commonly used for posture and motion detection. These sensors use depth data to determine the position and motion of the objects. Sensors use different methods to obtain the depth data. Structural light sensors have a fast response time and high accuracy to depth measurement. For this reason, this study focuses on the Kinect device, which uses a structured light sensor. In this study Kinect is technically compared with other devices and its advantages and disadvantages are indicated according to this comparison. The articles examined were handled in four different classes including education, robotics, health and other fields. The methods used in posture and motion detection and their success were investigated. Considering the reviewed articles, a new study with the Kinect device in the health field was proposed.

Keywords— Kinect, stereo, time of flight, structured light, posture and motion detection.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde algılayıcılardan pek çok alanda olduğu gibi hareket algılama teknolojilerinde yaygın olarak faydalanılmaktadır. Derinlik verisi bilgileri kameradaki derinlik algılayıcı aracılığıyla depolanmaktadır. Bu algılayıcılardan en yaygın olanları stereo, uçuş süresi (time of flight-tof) kamera ve yapısal ışıktır. Bu algılayıcılarla yapılan çalışmalarda kişilerin ya da

nesnelerin derinlik verileri kullanılarak duruş ve hareket analizleri yapılmıştır. Yapılan çalışmalar belli alanlarda incelenerek bu alanlardaki çalışmalardan farklı bir çalışma bu makalede önerilmektedir. Makalenin 2. bölümünde algılayıcıların özellikleri, 3. bölümde literatür çalışması belirlenen alanlara göre incelenmiş, son bölümde de sonuçlar analiz edilerek önerilen çalışma sunulmuştur.

2. DURUŞ VE HAREKET ALGILAMA TEKNOLOJİLERİ (POSTURE AND MOTION DETECTION)

2.1. Stereo Kamera (Stereo Camera)

Stereo kameralar binokülerdir. Binoküler iki kaynaktan alınan verinin üst üste bindirilerek derinlik algısı yaratılmasıdır. Stereo kameralarda iki ya da daha fazla kamera ile farklı açılardan alınan görüntüden üç boyutlu görüntü çıkarımı yapılmaktadır. Bunun için her noktadan çekilen görüntünün noktalarının uzaydaki koordinatları gerekmektedir. Koordinatları elde etmek için ise görüntü üzerindeki her bir noktanın diğer görüntülerdeki eşinin bulunması gereklidir. Bu işleme stereo eşleme denir. Bu işlemin zor olması bu kameralar için bir dezavantajdır. Şekil 1’de stereo kamera örnekleri gösterilmektedir.



Şekil 1: Bumblebee Stereo Kamera ve Zed Stereo Kamera (Bumblebee Stereo Camera and Zed Stereo Camera) [1-2]

2.2. Time of Flight (ToF) Kameralar (Time of Flight Cameras)

ToF kameralar derinlik algısı için ışıklardan yararlanmaktadır. Kameradan çıkan ışınlar nesnelere geri dönerek nesnelere olan mesafelerin hesaplanması sağlanmaktadır. Ucuz ve hızlı bir kamera olmasına karşın görüntü kalitesinin düşük olması bu kameranın bir sorunudur. Şekil 2’de tof kameralar gösterilmektedir.



Şekil 2: Cam Cube ve Swiss Ranger SR4000 Tof Kamera (Cam Cube and Swiss Ranger SR4000 Tof Camera)[3-4]

2.3. Yapısal Işık (Structured Light)

Tarayıcılar ve Kinect cihazında kullanılan yapısal ışık algılayıcıları, tof kameralardan daha iyi çözünürlüğe sahip ve daha ucuz yapılardır. Kinect derinlik ve RGB (Red Gren Blue-Kırmızı Yeşil Mavi) kamerası olan bir cihazdır. Derinlik algısında kızıl ötesi ışınlar yayan projektör kullanır. Diğer kameralara göre yeni ve gelişen bir teknolojidir. Şekil 3’te Kinect kamera gösterilmektedir.



Şekil 3: Kinect Kamera (Kinect Camera) [5]

Geçmişte yapılan insan hareketlerini tespit için kullanılan tof ve stereo tabanlı teknolojilerle yapılan çalışmalar günümüzde artık Kinect ile yapılmaya başlanmıştır. Diğer

kameralara göre görüntü kalitesi daha yüksek çözünürlüklüdür. Daha önceki çalışmalarda insan vücudunun bölümleri derinlik verilerinden çıkarılmaya çalışılmıştır. Kinect bu işi kolaylıkla yapabilmektedir. İnsanı 20 eklem noktasına ayırarak insan iskelet yapısını çıkarmaktadır. Çıkarılan bu iskelet yapısı verileriyle vücut tanıma, yüz tanıma, robotik uygulamalarda yararlanılmaktadır. Literatüre bakıldığında Kinect ile yapılan çalışmalar sağlık, eğitim, robotik ve diğer alanlar olarak ayrılabilir. Bu alanlardaki çalışmalarda genellikle önceki derinlik verisi alan kameralarla yapılan çalışmalar Kinect ile tekrarlanmış veya Kinect ile bu çalışmalara yeni bir yaklaşım getirilmiştir.

2.4. Hibrit Kamera (Hybrid Camera)

Duruş ve hareket algılamada kullanılan diğer bir teknoloji Leap Motiondur. Leap motion el hareketlerini tanımlamada kullanılan bir cihazdır. Kızılötesi ve stereo görüşe sahiptir. 2 kamera ve 3 kızılötesi ışığı vardır. Belirli bir menzile çerçevesinde cihazın üstünde elleri durdurmak koşuluyla el hareketleri algılanıp bilgisayara yansıtılmaktadır. Bu sayede klavye ve fare olarak kullanılabilir. Şekil 4’te Leap Motion kamera gösterilmektedir.



Şekil 4: Leap Motion Kamera (Leap Motion Camera) [6]

2.5. Duruş ve Hareket Algılama Teknolojilerinin Karşılaştırılması (Comparing Posture and Motion Detection Technologies)

Günümüzde yapılan çalışmalarda çoğunlukla, tof, stereo ve yapısal ışık teknolojilerinden yararlanılmıştır. Stereo kameralarda görüntülerin birleştirilmesi işlemi zordur. Bu nedenle stereo kameraların karmaşıklığı daha fazladır. Bununla beraber stereo kameralar ışık değişiklerine daha hassastır. Aktif görüş sistemleri nedeniyle ToF ve yapısal ışık algılayıcılarının menzilleri mesafe ile sınırlıdır. Stereo kameranın menzili ise sadece taban çizgisi ve ortam ışığıyla sınırlıdır. Hızsal olarak karşılaştırıldıklarında tof ve yapısal ışık kameraları, stereo kameralara göre daha hızlıdır. Derinlik verisi performansları dikkate alındığında tof kameraların daha kuvvetli olduğu görülmektedir. Kinect içinde yapısal ışık algılayıcısı bulunduran yeni nesil bir cihazdır. Çalışmalarda eski nesil tof, stereo ve yapısal ışık ile yapılan uygulamalar Kinect ile yeniden ve farklı yöntemlerle yapılmaya çalışılmıştır. Bu teknolojilerin karşılaştırması Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1: 3D Görüntü teknolojilerinin karşılaştırması (Comparison of 3D imaging technologies) [7]

Önem	Stereo Görüş	Yapısal Işık	TOF (Uçuş Süresi)
Yazılım Karmaşıklığı	Yüksek	Orta	Düşük
Materyal Maliyeti	Düşük	Yüksek	Orta
Yoğunluk	Düşük	Yüksek	Düşük
Tepki Süresi	Orta	Yavaş	Hızlı
Derinlik Doğruluğu	Düşük	Yüksek	Orta
Zayıf Işık Performansı	Zayıf	Güçlü	Güçlü
Parlak Işık Performansı	Güçlü	Zayıf	Güçlü
Güç Tüketimi	Düşük	Orta	Ölçeklenebilir
Menzil	Sınırlı	Ölçeklenebilir	Ölçeklenebilir
Uygulamalar			
Oyun		x	x
3D Hareket	x		
3D Tarama		x	x
Kullanıcı Ara Yüzü			x
Artırılmış Gerçeklik	x		x

Derinlik verisi algılayıcılarının özelliklerinin karşılaştırması yapıldığında karşımıza Tablo 2' deki sonuçlar çıkmaktadır.

Tablo 2: Derinlik verisi algılayıcılarının karşılaştırması (Comparison of depth data detectors)

	ToF(Fotonic B70)	Structred Light(Kinect)	Stereo(Zed)
Çözünürlük	640x480	1920x1080	3840x1080
Menzil	0.15-5m	0.4-4.5m	0.7-20m
Derinlik Çözünürlüğü	320x240	512x424	3840x1080
Frame Oranı	20fps	30fps	30fps
Görüş Alanı	80x64	70x60	110 max

Kinect' in insan iskeletini çıkarmadaki başarısı onun duruş ve hareketlerin belirlenmesinde kullanılmasını sağlamıştır. Kinect dışında bu alanda kullanılan diğer bir cihazda Leap Motion'dır. Bu cihazla Kinect arasındaki farklar Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3:Kinect ile Leap Motion'ın karşılaştırması (Kinect vs. Leap Motion)

	Kinect	Leap Motion Controller
Menzil	max 4.0m	max 0.342
Frame Oranı	30fps	200fps
Görüş Açısı	57	150
Eklem Tanımı	20	12

Kinect insanın iskelet yapısını çıkarırken, Leap motion sadece ellerin yapısını çıkarmaktadır. Kinect insan iskeletini 20 eklem bölerken, Leap motion elleri 12 eklem parçasına bölmektedir. Bunun yanında menzilsel olarak her iki cihazda sınırlı bir alana sahiptir. Kinect 4.0 m menzile sahipken, Leap motion 0.342 m menzile sahiptir. Leap Motion 200 fps görüntü alırken, Kinect 30 fps görüntü alabilmektedir. Bunun yanında Kinect' in geleneksel bir güç kaynağına ihtiyacı varken, Leap motion CPUdan güç alır.

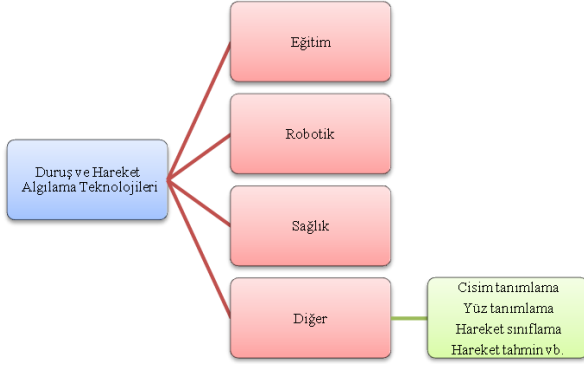
Teknolojinin gelişmesiyle her üründe olduğu gibi Kinect cihazı da gelişmiştir. İlk çıkan versiyon 1 olarak geçen Kinect cihazının versiyon 2 sürümü yapılmıştır. Bu yeni sürümde bir öncekine göre bazı özellikler farklılık göstermektedir. Yeni sürümün menzili, kamerasının çözünürlüğü ve derinlik algılama özelliği önceki versiyona göre arttırılmıştır. Bununla beraber insan iskeletini oluşturduğu eklem noktası sayısı 20'den 25'e çıkarılmıştır. Yüz takip, el takibi, kas simülasyonu gibi özellikler yeni sürüme eklenmiştir. Kinect versiyonları arasındaki farklar Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4: Kinect 1 ve Kinect 2 teknolojilerinin karşılaştırması (Comparison of Kinect 1 and Kinect 2 technologies)[8]

Özellik	Kinect Versiyon 1	Kinect Versiyon 2
Renk Kamerası	640x480 / 30 fps	1920x1080 / 30fps
Derinlik Kamerası	320x240	512x424
Mak.Derinlik Menzili	4.0 m	4.5 m
Min.Derinlik Menzili	80 cm	50 cm
Yatay Görüş Alanı	57 derece	70 derece
Düşey Görüş Alanı	43 derece	60 derece
Eğim Motoru	evet	hayır
Tanımlanan İskelet eklemi	20 eklem	25 eklem
İzlenen Tam iskeletler	2	6
USB	2.0	3.0
Dersteklener OS	Win7/8	Win 8/8.1
Fiyat	\$299	TBD

3.DURUŞ VE HAREKET ALGILAMA TEKNOLOJİLERİNİN KULLANIM ALANLARI (USAGE AREAS OF POSTURE AND MOTION DETECTION TECHNOLOGIES)

Duruş ve hareket algılama algılayıcıları günümüzde çok farklı amaçlarla kullanılmaktadır. Bu çalışmada algılayıcı kullanım alanları: Eğitim, robotik, sağlık ve diğer alanlar olarak sınıflandırılmaktadır. (Şekil 5)



Şekil 5: Duruş ve Hareket Algılama Teknolojilerinin Kullanım Alanları (Usage Areas of Posture and Motion Detection Technologies)

3.1. Eğitim Alanındaki Çalışmalar (Studies in Education)

Eğitim alanında yapılan çalışmalarda normal dinleme ve izleyerek öğrenmeden daha farklı olarak interaktif bir öğrenme için duruş ve hareket teknolojilerinden yararlanılmıştır. Öğrencilerin anlamakta zorlandıkları derslerin sanal ortamlarda artırılmış gerçeklik kullanılarak yapılan uygulamalar öğrenme kavramına yeni bir boyut getirmektedir.

Kora ve arkadaşları hareket navigatörü sistemi ile golf oyununun öğretilmesi üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Hareket navigatörü golf öğrenecek kişiye hareketleri artırılmış gerçeklikle göstererek hareketlerin kişi tarafından yapılmasını sağlamaktadır. Amaç hem üst düzey model hareketlerinin hem de kullanıcının hareketlerini göstererek bir sistem geliştirmeye çalışmaktır. Sistem bir bilgisayar, bir Kinect, bir HMD (Head-Mounted Display-Kafaya Monteli Ekran) ve bir web kameradan oluşmaktadır. Web kamera gerçek görüntüyü alırken görüntü öğrenenin HMD'sinde bilgisayar aracılığıyla gösterilir. Öğrencinin önüne yerleştirilen Kinect gerçek zamanlı hareketlerini yakalar ve bunları bilgisayara gönderir. Sistem şu iki işlemi otomatik yapmaktadır. Birincisi Kinect ile kalibrasyon diğeri de uzmanın ve öğrencinin hareketlerini öğrencinin HMD'inde sanal gerçeklikle gösteren sistemdir. Yapılan deneysel çalışma ile sistemin kullanılabilirliği kullanıcılara yapılan bir anketle belirlenmeye çalışılmıştır. Anket sonucunda sistemin tüm hareketleri gösterdiği görülürken HMD kısmı ağır bulunmuştur ve geliştirilmesi gerekli görülmüştür [9].

Zarzuela ve arkadaşlarının çalışmaları kullanıcıların İspanya'daki Valladolid şehri hakkındaki bildiklerini arttırmaya yönelik bir sanal gerçeklik oyunu üzerinedir. Bu amaçla şehirdeki Main Square ve bazı tarihi binalar sanal olarak yeniden yaratılmıştır. Oyun zeminindeki karoların altına sanat, spor, tarih, coğrafya ve edebiyat alanlarında sorular gizlenmiştir. Kullanıcılar bu oyun için Kinect' i kullanmaktadırlar. Çalışmada oyun Serious Game olarak tasarlanmıştır. Oyunda 3D (Dimension-Boyut) olarak yeniden tasarlanan alanlar için Trimble Sketch up programından yararlanılmıştır. Harita bilgileri için de Google Map'ten faydalanılmıştır. Oyun Unity 3D oyun motoru ile programlanmıştır. Unity 3D ile Kinect entegre edilerek kullanıcı oyun içinde hareketleri gerçekleştirmiştir. Oyundaki hareketler oyundaki olayları tetiklemede önemlidir. Algılanan hareketin yerine göre o bölgede olacak olan soru tetiklenerek kullanıcıya yöneltilir. Kullanıcı karakteri Make Human yazılımıyla oluşturulup, Blender 3D model programından geçirilerek karaktere yürüme döngüsü kazandırılır. Karakter sorulara doğru cevap verdikçe yoluna devam edebilmektedir. Sorular sistemde rastgele gelmektedir. Sorulara cevap verirken üç hareket kullanılabilir. Sağ kol kaldırılarak zarlar döndürülür. Sol kol kaldırılarak oyun kayıt edilir. Sorunun cevabı sağ ya da sol elle cevabın üstüne gelerek 3sn. beklemeyle seçilir. Çalışma 10 kişi ile test edilmiştir. Kullanıcıların yaş, boy, teknolojiyle aşinalığı gibi özellikleri çalışmanın sonucunu etkilemektedir. Çünkü bu teknolojiyle ilgili olmayan kişiler sistemi kullanmada zorluk yaşayabilirken, aşina olan kullanıcılar sistemi akıcı kullanmaktadır. Çalışmada grafik kartları farklı iki bilgisayar kullanılmıştır. Bu iki farklı bilgisayar iki farklı çıkış cihazına bağlanarak görüntünün oyundaki etkisi ölçülmeye çalışılmıştır. Deneylerde oyun oynarken kullanıcıların hisleri ve oyunun oynanabilirliği gözlemlenmiştir. Sonuç olarak oyuncular 3D projeksiyonda oyunu oynamayı etkili bulmuşlardır. Bunun yanında sorulan sorulara kullanıcılar %40 ile %60 arasında doğru cevap verdikleri görülmüştür. Cevaplanamayan sorular en son oyun bitince tekrardan kişinin karşısına geldiği için sorulara düşük düzeyde cevap veren kullanıcılar bile oyundan çeşitli bilgiler elde ederek ayrılmışlardır [10].

Ayala ve diğerlerin çalışması, Kinect ile Unity 3D oyun geliştirici kullanılarak Kinesthetic öğrenme tabanlı matematik öğrenimde kullanılabilen bir uygulamadır. Kinesthetic öğrenme dinleme ve izleme yerine fiziksel olarak aktivite yaparak öğrenme kabiliyetine sahiptir. Bu tarz öğrenme küçük yaşta çocukların doğayı, zamanı, uzayı ve bazı matematik konularını öğrenmede kullanılmaktadır. Bu teknolojinin kullanılması için insan hareketlerinin algılanması gerekmektedir. Kinect bu iş için son derece uygundur. Kinect ile Unity arasındaki bağlantı Zingfu Plugin tarafından sağlanmaktadır. Yapılan sistemde önce bir başlangıç menüsü vardır. Kullanıcı uygulamayı nasıl kullanacağını bu menüden öğrenir. Kullanıcı yeni bir sayfa açınca Kartezyen koordinat sistemi düzlemi karşısına gelir ve kullanıcı sağ eliyle noktaları kontrol edebilmektedir. Kullanıcı istediği zaman sol elle başlama butonuna sanal bir klik yapabilir. Böylece sağ elle işaretlenen noktalar yakalanmış olur.

Kullanıcı böylece pek çok grafiği kolayca çizebilmektedir [11].

3.2. Robotik Alandaki Çalışmalar (Robotics Studies)

Robotik alanda yapılan çalışmalarda hareket algılama teknolojileri daha çok robotları ve elektronik cihazları kontrol etme üzerinedir. Yakalanan hareketlere belli komutlar atanarak elektronik aletlere farklı işlevler yaptırılmaktadır. Bu alandaki en dikkat çeken çalışmalar robotların insan hareketlerini taklit ederek yürüme, el kol hareketleri gibi hareketlerin yaptırıldığı uygulamalardır.

Munaro ve arkadaşlarının çalışmalarında otonom gerçek zamanlı insan hareketlerini 3D hareket akış tahmini tabanlı bir sistem üzerinedir. Microsoft Kinect ile sağlanan renkli nokta bulutu verisi kullanılmaktadır. 3D grid tabanlı tanımlayıcı hareket bilgilerini özetlemektedir. Geçici bir dizi tanımlayıcı en yakın komşuluk ile sınıflandırılmaktadır. Çalışmada pek çok farklı veri seti kullanılmıştır. Çalışmada 3D renkli uzayda 3D hareket noktalarını hesaplamak için yeni bir teknik tanıtılmıştır. Bu teknik ardışık çerçevelere ait bulut noktaları arasındaki uygunluğu tahmin etmeyi içermektedir. Aynı zamanda herhangi bir bulut noktasına uygulanabilmektedir. Kaynak ve hedef olarak verilen nokta bulutuna şunlar uygulanır. i) Uygunluk bulunur. Hedef bulut noktasındaki her nokta için k yakın komşuluk XYZ koordinat uzayında Öklid mesafesine göre bulut nokta kaynağında seçilir. Sonuç noktaları arasından en yakın komşuluk HSV (Hue Saturation Value-Ton Doygunluk Değer) koordinatlarına göre seçilir. HSV, RGB'ye göre tercih edilmektedir. Çünkü daha algılanabilir bir formdadır. ii) Karşılıklı uygunluk vasıtasıyla aykırı red: Bu metod uygunluğu hedeften kaynağa ve kaynaktan hedefe hesaplamaktadır. İki yönde eşleşen noktaları saklamaktadır. iii) Her eşleşme için 3D hız vektörü $v_i = (p_{itarget} - p_{isource}) / (t_{itarget} - t_{isource})$ dur. iv) 3D hız değerli noktalar belli bir eğitim altındaysa görmezden gelinmektedir. İzole edilen noktalar aynı zamanda silinmektedir. Her vücut kısmının hareket yönü ve büyüklüğünü tanımlayacak bir hesaplama için insan nokta bulutunda uygun bir 3D grid merkez alınır. Bu grid insan boyunca küplere bölünmektedir. Çalışmada iki çeşit tanımlayıcı karşılaştırılmaktadır. Biri her küpte hareket vektörünün ortalamasını hesaplamak diğeri de küpün hareket vektörlerini toplamanı hesaplamaktadır. Grid alan bu çalışmada 64 küpe bölünmüştür. Yapılan testlere göre 3D akış tekniği iyi sonuçlar elde etmiştir. %87.4' lük bir doğrulukla sınıflamayı gerçekleştirmektedir [12].

Sanna ve arkadaşlarının çalışmaları mobil bir platformu kontrol etme üzerinedir. Sistemde vücudun çeşitli yerlerinin bilgileri çıkarılmakta, bu bilgilerden duruşlar tanımlanmakta ve tanımlanan duruşlara göre olan komutlar quadrotora gönderilmektedir. Burada Kinect ile insan hareketleri algılanmakta bunlar bilgisayara iletilmekte bilgisayarda bunları Wifi ile Drone'a komut olarak iletmektedir. Amaç kullanıcı vücudunu bir kontrolör olarak kullanıp Dronu kontrol etmektedir [13].

Stoyanov ve arkadaşları çalışmalarında üç yeni derinlik algılayıcısı olan the Swiss Ranger, Fotonic B70 ve Microsoft Kinect' in geniş bir değerlendirmesinin yapılması üzerinedir. 6 farklı senaryoda denenen algılayıcıların performansları karşılaştırılmıştır. Değerlendirme bir konteyner içine yerleştirilen üç nesneyle yapılmaktadır. Elde edilen sonuçlar ROC (Receiver Operating Characteristic-ROC Eğrisi) eğrisi, MSE (Mean square error-Ortalama kareli hata) eğrisi olarak gösterilmektedir. Kinect ve SR-4000 ROC eğrisinde ve MSE de yaklaşık aynı sonuçları vermişlerdir. Kinect' in performansı biraz daha yüksek gelmiştir. Fotonic B70 ToF kamera en yüksek MSE oranına ve oldukça düşük bir ROC eğrisine sahiptir. Yüksek varyans ve gürültüde örnekler belirgin bir şekildedir. Karşılaştırma sonucunda üç cihazında yüksek çerçeve oranları ve yoğun menzil değerleri sağladığı görülmektedir. Fakat bunların hiçbiri lazer sistemi doğruluğuyla benzer değildir. Microsoft Kinect algılayıcısının küçük çevrelerde yüksek veri oranı sağladığı görülmüştür. Büyük çevrelerde ise diğer iki algılayıcıdan Kinect' ten daha iyi sonuçlar elde ettiği görülmektedir [14].

Sgorbissa ve Verda'nın çalışmaları Kinect ile çekilen bir dizi fotoğrafın parçalarını birleştirerek mobilya gibi objelerin tanımlanması ve sınıflanması üzerinedir. Kinect kullanarak nesnelere bir nokta bulutu olarak algılanmakta, farklı açılardan alınan fotoğraf bilgileri birleştirilerek veri seti karşılaştırılmaktadır. Sistem offline ve online olarak iki kısımdan oluşmaktadır. Offline kısmında segmentasyon, grafik yapısı ve model çıkarma olarak üç kısımdan oluşmaktadır. Segmentasyon kısmında Kinect' ten alınan obje parçalarına ayrılmaktadır. Nokta bulutu alt kümelere ayrılmaktadır. Ayrılma işlemi bittikten sonra her bir küme şekline göre etiketlenmektedir. Grafik yapısı kısmında algoritma ile elde edilen sınıflar grafik oluşturmada kullanılmaktadır. Burada her bir sınıf grafik için bir düğüm oluşturmaktadır. İki düğüm bir kenarla bağlanmaktadır. Model çıkarma kısmında grafik oluşturma sonucu model çıkarma için girişi oluşturmaktadır. Model çıkarmada her bir fotoğraf analiz edilerek alt düğümleri grafiğe cevap olarak dönmektedir. Daha sonrada aday düğümler modeli oluşturulmaktadır. Online kısımda da objenin tanımlanması yapılmaktadır. Deneysel çalışmalarda Kinect sahnedeki objeleri doğru tahmin etmektedir. Fakat Kinect' in menzil sorunu bu çalışmada eksiklik yaratmaktadır [15].

Du ve Zhang'nın çalışması işaretli Kinect tabanlı 3D el izleme kullanarak çift robot yürütme ara yüzü metodu üzerinedir. İşaretsiz Kinect tabanlı el izleme 3D anatomik pozisyon ve yörünge için gerekmektedir. Burada elde edilen veriler robot yöneticilere gönderilerek gerçek zamanlı el hareketleri kopya edilebilecektir. Kinect iskelet eklemlerini 15 noktada göstermektedir. Bu çalışmada bu noktalardan sadece altısı kullanılmaktadır. Yumruk ve işaret parmağı robotun pozunu kontrol etmektedir. Bunun için bu noktaların yerinin bulunması gerekmektedir. Robotun kontrolü için aşılması gerek başka bir kısım vücudun hareketi ve titremesidir. Ölçümlerin doğru yapılması ve titremenin giderilmesi için bir dizi

matematiksel işlem denenmesinde bir deney ortamı hazırlanmıştır. Deneyde çeşitli objeler hedef bölgelere robot kollar aracılığıyla taşınmaktadır. Sistemin bir avantajı sistemin bir kontrol döngüsüne sahip olmamasıdır. Robotları kontrol eden kişi objelerin başlangıç ve bitiş yerlerini istediği gibi seçebilmektedir [16].

Rosado ve arkadaşları çalışmalarında insan hareketlerini yeniden oluşturmak ve genellemek için iki uygulamanın karşılaştırmasını yapmaktadır. Asıl amaç taklit öğrenmesinde yeni bir anahtar içerik sağlamaktır. Bu bağlamda iki teknik olan DMP (Dynamic Motion Principles-Dinamik Hareket İlkeleri) ve PCA (Principal Component Analysis-Temel Bileşenler Analizi) üzerine yoğunlaşmıştır. Kinect hareket kamerası 640x480 derinlikli resmi 30 çerçeve ile saniyede elde etmektedir. Bu derinlik resminde insan iskeletinde 20 vücut eklemi vardır. Çalışmada bu eklemlerden üst uzuvlar ele alınmaktadır. Hareket yakalama verilerinin robota aktarılması önemli bir durumdur. Bunun için her bir eklem için 3D pozisyonu değiştirilmelidir. Hareket çıkarma metodu için nonlineer dinamik sistem PCA ve Hidden Markov modeli kullanılmaktadır. Yüksek boyutlu verilerle çalışırken bu verilerin boyutunu azaltmak genişçe bir kullanıma sahiptir. Burada da hareket genelleme problemini çözmek için PCA tabanlı bir lineer boyut azaltması yapılmaktadır. Genelleme performansının değerlendirilmesinde hem metrik hem de istatistiksel teknik kullanılmaktadır. Metrik genelleme kabiliyetini değerlendirmektedir. Yapılacak deneysel çalışmada insan gösterimini kaydetmek için deneysel durumlar tarif edilir ve yeniden üretme ve genelleme performansına göre 3D erişim görevi yapılmaktadır. Kinect algılayıcı kullanarak yakalanan ulaşma hareketi vardır. İki dikey paralel düzleme yerleştirilmiş 50 hedefe ulaşılması kaydedilmektedir. Bu şekilde her denemede git sinyalinin sonra eli devam eden hareket ile hedefe rahat bir hızda hareket ettirilmektedir. Tüm denemelerde bu hız saklanmaya çalışılmaktadır. Deneylerde sadece kol ve kürek kemiği hareket ettirilmektedir. Gövde hareketlerinin geometrik modele bir önemi yoktur. Her veri koleksiyonundan önce kolun statik kalibrasyon duruş pozisyonu kaydedilmektedir. Bu kalibrasyon eklem açısı hesaplanmasında temel olarak kullanılmaktadır. Her eklem açısında bu kalibrasyon duruşu sıfır noktası olarak alınmaktadır. MDS (Multidimensional Scaling-Çok Boyutlu Ölçeklendirme) analizinde her hücre değerlendirilen referans süresinde bir çift hareket arasındaki öklit mesafesini temsil eden 25x25lik bir benzerlik matrisi kullanılmaktadır. MDS görüntüleme verideki açık kümelerin bulunmasına yardımcı olmaktadır. Çalışmanın değerlendirilmesinde önce üretilen yörüngeler eklem yörüngesine sabitlenebilmektedir. Sonra en iyi görüşün robotik kolun nasıl iyi verilen hareketi ürettiği belirlenmelidir. DMP yaklaşımı iki soruyla test edilmektedir. İlk soru üretilen hareketlerle orijinal hareketlerin karşılaştırılması için, ikinci soruda DMP ile üretilen hareketlerin orijinal olanlarıyla olan benzerliklerine bakılmaktadır. PCA yaklaşımı ile de belirli noktalar seçilerek bilgisayar bu noktalar için hareket oluşturmakta ve orijinal olanla bu

hareketler karşılaştırılmaktadır. Sonuç olarak iki yaklaşımda küçük setler halinde hareketleri değerlendirmektedir. Değerlendirmede bazı sapmalar görülmektedir. Özellikle DMP yaklaşımı PCA'ya göre daha küçük hatalar vermektedir. Fakat DMP daha çok hesaplama gücüne ve hafıza kapasitesine ihtiyaç duymaktadır [17].

Ukida ve Tanaka'nın çalışmaları insan jestleri kullanarak mobil robot taşıma sistemi geliştirmek üzerinedir. Bunun için bir Kinect cihazı ve Tetra-ds 4 mobil robotu kullanılmıştır. Kinect cihazı 3D insan hareketlerini yakalamada kullanılmaktadır. Kinect' in derinlik görüntüsüyle 20 parçaya ayrılan insan vücudunun bölümleri çalışmada kullanılmaktadır. Tetra-ds 4 robotu iki AC motora sahip 2m/s hızla hareket edebilen bir robottur. Kinect ile bir bilgisayar bu robota bağlanarak bir yapı oluşturulmuştur. Robot hareketi Kinect görüntüyü bilgisayar de tanımlamayı sağlamaktadır. Robotun 5 komutu vardır: öne, geriye, sağa sola git ve dur. Çalışmada bu komutlar için sadece sağ sol kullanılmaktadır. Sağ kolla yapılan hareketlerle sistem hareket etmektedir. Hareketlerin tanımlanması için bazı özelliklerin hesaplanması gerekmektedir. Sağ kolun hareketleri Kinect algılayıcıdan elde edilen koordinatlarla hesaplanmaktadır. Kinect' ten elde edilen koordinat sistemi vücut merkez koordinat sistemine çevrilmiştir. Bu çevirme işleminden sonra sağ el vücudun merkezi haline gelmektedir. Sağ elin hareket eşleştirilmesi için önce kazanılan bir öğrenme verisi elde edilmektedir. Kinect ile alınan hareket verisi ve dönüştürülen eklem koordinatları elde edilmektedir. Çalışma sonunda yapılan deneysel çalışmaya göre hareket tanımla biraz zamana ihtiyaç duymaktadır. Bir hareketin algılanmasından sonra diğer hareketin algılanması için belli bir süre geçmektedir. Bu gecikme sistemin bir eksiğidir. Bunla beraber sistemin her zaman hareketleri doğru tanımlanmaması bu konuda halen çözülmemiş sıkıntılar olduğunu göstermektedir [18].

Cheng ve arkadaşlarının çalışmalarında Nao insanı robotu Kinect ile kontrol edilmeye çalışılmaktadır. İnsan robot interaktif gösteri sistemi kurumuştur. Kinect de bu sistemde vücut duruşu tanıyıcısı olarak kullanılmaktadır. Topladığı ve tanımladığı farklı vücut duruşlarını robota iletmektedir. Bu da robotların farklı eylemleri başarmasını ve insan robot etkileşiminde bir ilerleme sağlamaktadır. Sistemin yapısı bir adet Nao robotu ve Kinect cihazıyla oluşmaktadır. Kinect vücut duruşunu tanımlayarak bir iskelet modeli oluşturmaktadır. Nao ile Kinect' in haberleşmesinde UDP (User Datagram Protocol-Kullanıcı Veri Bloğu Protokolü) protokolü kullanılmaktadır. Çünkü ikisi de farklı mimarilere sahiptir. Deneysel çalışmada ilk olarak Nao' nun yapacağı vücut hareketi modellenmiştir. Belli hareketlere belli davranışlar eşlenmiştir. Nao' ya gönderilen sinyalin gerçekleşmesi birkaç dakikayı alabilmektedir. Bu nedenle aynı zaman periyodunda başka bir hareket sinyalinin gönderilmesi karışıklığa neden olabileceğinden Nao kapanmaktadır. Bu nedenle program bir sinyali aldıktan sonra kısa bir ara uyumaya programlanmaktadır [19].

Tsai' nin çalışması renklendirilmiş işaretlerin tanımlanması için nonlineer logaritmik yapay arı kolonisi (Log-ab) isimli öğrenme yaklaşımı üzerinedir. Örüntü tanıma iki yoldan zordur: birincisi ışık ve arkadaki varyasyon ve resmin bozulmasına yol açan gürültüler, ikincisi resmin farklı açılardan alınan pozlarının işaretin köşelerini ve boyutunu değiştirmesidir. Bunun için önce RGB renk uzayı 'a' ve 'b' renk uzayına çevrilmiştir. Ardından hedefin rengi tanımlanmaktadır. Deneysel çalışmada Kinect ile görüntü alınarak hedef renkler eğitilir. Sonra gürültüler temizlenir, işaret tanımlanır. Deneylede farklı durumlardaki koşullar incelenmiştir. Sonuç olarak Kinect' in derinlik algılayıcısı çalışmaktadır. Fakat 3D tanımlaması hesaplama zamanından daha uzun sürmektedir [20].

3.3. Sağlık Alanındaki Çalışmalar (Health Care Work)

Sağlık alanında hareket algılama teknolojileri daha çok hastaların izlenerek hastalıkların teşhisleri için bilgi toplanmasında, fiziksel hareketlerde zorluk yaşayan hastalara rehabilitasyonda, hastaların gözlemlenmesinde, harcadıkları enerjilerin tespiti gibi çalışmalarda kullanılmıştır. Bu çalışmalarda derinlik verisi gibi bilgilerden çok teknolojiler birer kamera işlevi görmüştür.

Chang ve arkadaşlarının çalışması okul ortamında Kinect tabanlı sistem kullanılarak hareket bozukluğu olan iki kişinin rehabilitasyonunu değerlendirmek için yapılmıştır. Hareket özürlü insanlar hareketlerini kontrol etmede, hareket açıklığı ve güç olarak sınırlı deneyime sahip olma gibi sıkıntılar yaşamaktadır. Bu sıkıntılarının üstesinden gelmek için çeşitli egzersizler yapabilmektedirler. Bu makale bu egzersizlerin Kinect ile yapılması sonucu olan etkileri araştırmaktadır. Kinect hiçbir aracı kontrole sahip olmadan kişinin hareketlerini algıladığı için hareket özürlü insanlar için kullanımı kolay bir araçtır. Uygulanan metotta bir terapist eşliğinde araştırmanın konusu olan iki kişi işlemleri gerçekleştirmektedir. İşlemin ilk safhasında terapist yapacakları hareketleri onlara sözlü olarak anlatmakta ve hareketleri onlara doğru olarak yaptırmaktadır. Hareketler tamamen doğru yapıldıktan sonra ikinci aşamada kişiler Kinect ile hareketleri yapmaktadır. Yapılan hareketler iki kolu öne kaldırma, iki kolu yana kaldırma ve iki kolu yukarı kaldırma şeklindedir. Bir döngü olarak bu hareketler 3 kez yapılmaktadır. Kinect' in kullanıldığı kısımda projektörden gelen motive edici video ve sesler sayesinde katılımcıların egzersizleri daha istekli yapmaları sağlanmaktadır. Kinect ile hareketler yapılırken Kinect yapılan doğru hareket sayısını saymaktadır. Sonuç olarak bu sistem hareket özürlü insanların egzersizlerini hem eğlenceli hem de doğru bir şekilde yapmalarını sağlamaktadır. Bununla beraber katılımcı sayısı artırılarak rehabilitasyon işlemi daha eğlenceli hale getirilebilmektedir. Bu makalede Kinect egzersizlerin daha motive edici şekilde yapılması için kullanılmıştır[21].

Ray ve Teizer' in çalışmalarında işçiler tarafından yapılan inşaat faaliyetleri tekrarlayan ve güç gerektiren işlerdir. Bu işler sırasında vücutlarının bazı kısımları yaralanabilir

veya kalıcı engellere neden olabilir. Buradaki çalışmanın amacı kamera kullanarak duruş tahmini ve sınıflaması için otomatik bir yaklaşım gerçekleştirmektir. Böylece duruşun ergonomik ya da ergonomik olmadığı analiz ve kategorize etmektir. Çalışmanın kapsamını daraltmak için yük kaldırma, diz çökme gibi bazı hedef aktiviteler kural olarak alınmıştır. Çalışmadaki veriler Kinect kamerayla elde edilmektedir. Uygulanan yöntemde kamera önce ham derinlik resmini sağlar. Bu resimden 4 kategori içinden duruş sınıfı modelini öğrenilir. Sınıfın öğrenilmesinden sonra insanın duruş pozisyonunun tahmin edilmesi gereklidir. Açık kaynak kütüphanesi OpenNI ile bu işlem yapılmaktadır. Kinect ve OpenNI kullanarak duruş tahmin edilir. Daha önce tanımlanmış bir dizi kural ile bu duruş bilgisiyle ergonomikliğe karar verilir. Sonuç olarak vücut duruş sınıflamasında elde edilen sonuçlara göre güvenli görünmeyen kısımların belirlenebildiği görülmektedir [22].

Filipe ve arkadaşları kapalı ortamlarda körlerin yön bulması amacıyla beyaz baston kullanımını genişletmektedir. Kinect algılayıcı ile kullanıcının önündeki sahnenin derinlik verileri elde edilir. Sinir ağı kullanılarak önerilen sistem bu bilgileri yol boyunca olası engellerin tespitini sağlayan sahnedeki ilgili özellikler çıkarmaktadır. Derinlik görüntüsü Kinect ile elde edilmektedir. Derinlik verisi Kinect algılayıcı kullanıcının göğsüne yaklaşık 21 derecelik bir eğimle monte edilerek elde edilir. Bu yolla alet yerden 1600mm yükseklikte olmakta ve görüş dikey alanı 3660mm olmaktadır. Her bir görüntüden 6 dikey çizgi önceden belirlenmiş konulardan çıkarılmaktadır. Çıkarılan dikey çizgilerin profili ile bir engel olup olmadığı anlaşılacaktır. Eğer profil lineer bir şekilde ilerliyorsa görüntüde bir engel olmadığı anlaşılacaktır. Sahnenin analizi için sinir ağı kullanılmaktadır. Sinir ağı sahneleri 4 farklı sınıfa ayırmaktadır. Engel yok, engel var, engel ilerde üstte ve engel ilerde altta. Sinir ağı ile engelin yeri bulunmaktadır. Elde edilen veri seti eğitim, doğrulama ve test olarak 3 kısma ayrılmıştır. Çıkan sonuçlara göre sinir ağı engellerin yerini %99 olarak doğru sınıflamıştır [23].

Gonçalves ve arkadaşları Otizim spekturum bozukluğu olan bireylerdeki yineleyici hareketlerin otomatik tespit edilmesi için bir metodoloji geliştirmişlerdir. Önerilen sistemde Kinect cihazı insanların mimik ve görünüşlerini elde ederek gerçek zamanda yineleyici hareketleri tespit etmede kullanılmıştır. Böylece spektrom bozukluğu olan çocukların davranış karakteristikleri bilinerek yeni durumların ortaya çıkması engellenebilecektir. Tüm eklemler algılayıcı için referans alınmaktadır. Yineleme hareketi tanımlamak için DTW (Dynamic Time Warping) algoritması kullanılmıştır. Bu algoritma dinamik bir programa dayanmaktadır. Farklı sürelerde zamanla değişebilir görüntüler arasındaki benzerliği ölçmektedir. Böylece değişimlerin ya da yinelenen hareketlerin algılanması sağlanır. Bu sistem 5 tane ASD (Autism Spectrum Disorder-Otizim Spektrum Bozukluğu)' li çocukta denemiştir. Elde edilen sonuçlara göre %83 yinelenen hareketler yakalanmıştır. Sonuç her ne kadar yüksek olsa da sistemin geliştirilmeye ihtiyacı olduğu belirtilmiştir [24].

Dutta çalışmasında Kinect' in 3D göreceli pozisyonu ile Vicon hareket yakalama sistemi karşılaştırılarak donanım algılama bileşenleri yeterince duyarlı olan bir 3D hareket yakalama sistemi oluşturulmuştur. Çalışmada Vicon hareket yakalama sistemi bir standart olarak alınarak Kinect' in 3D derinlik haritalama kabiliyeti tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Yapılan deneyde Kinect ve Vicon belli bir bölgeye yerleştirilerek 3 sabit bir tanede hareketli hedef yakalanmaya çalışılmıştır. Kurulan sahnede sabit üç küp bir tanede hareketli küp kullanılmıştır. İki sistemle de 4 küpün pozisyonları kaydedilmiştir. Elde edilen veriler RMS (Root Mean Square-Kök Kare Ortalama) hatasına göre karşılaştırılmıştır. En büyük hatanın hedefin y koordinatının Kinect' ten ne kadar uzaksa o zaman çıktığı gözlenmiştir. Bu da Kinect' in menzil probleminde kaynağıdır [25].

Clark ve diğerlerinin çalışmalarında Kinect' in geçerliliği 3D çoklu kamera hareket analizi sistemi ile karşılaştırılmaktadır. Bunun için 20 gençle bir deney gerçekleştirilmiştir. 3duruş kontrol testi yapılmıştır. Kollar yere paralel oluncaya kadar omuzu uzatmak ve 2 saniye beklemek, iki ayak yerdeyken kendi ekseninde olabildiğince uzağa erişmek ve ilk pozisyona geri dönmek. Tüm testler 3 kez yapılmıştır. Veriler analiz edilerek veri Kinect ve Vicon arasında senkronize edilmiştir. Çalışmanın sonuçları tablo halinde verilmiştir. Kinect ve Vicon ile bulunan değerler tablolarda gösterilmiştir. Bu tablolara göre yöntemler mutlak ve ilişkili olarak test-tekrar güvenilirliği açısından karşılaştırılabilir. Sınıf içi korelasyon sayısı açısından önemli bir fark iki cihaz arasında yoktur. Bununla beraber Kinect Vicon ile karşılaştırıldığında anatomik dönüm noktası değiştirmesi ve gövde açısı verileri sağlamaktadır [26].

Donovan ve diğerlerinin çalışması iki popüler oyun konsoluyla oynanan oyunlarda harcanan enerjilerin ve tekli ve çoklu modda oynanırken harcanan enerjilerin karşılaştırılmasıdır. Harcanan enerji dolaylı bir kalorimetre ile ölçülmüştür. 10 dakika Xbox Kinect Reflez Ridge hem tekli hem de çoklu moda ve 10 dakika da Wii Sports Boxing hem tekli hem de çoklu moda oynanmıştır. Bu sırada ölçümler yapılmıştır. Ölçülen değerler metabolik eşdeğerler, kalp atım hızı, oksijen yoğunluğu ve harcanan kilo kaloridir. Kinect' in sonuçları 114 bpm kalp atım hızı, 17.88 ml/minute oksijen yoğunluğu ,6.78kcal enerji harcaması ve 4.26 metabolik eşdeğerdir. Wii'nin sonuçları 107 bpm kalp atım hızı,13.29 ml/minute oksijen yoğunluğu,4.96 kcal enerji harcaması ve 3.14 metabolik eşdeğerdir. Sonuç olarak Kinect, Wiiden daha fazla enerji harcaması ortaya çıkarmıştır. Çoklu mod oyunlarda tekli mod oyunlardan daha fazla enerji harcamasına ve kalp atışına yol açmaktadır [27].

Chang ve diğerlerinin çalışmalarında beyin felçli iki gencin Kinect tabanlı sistem ile rehabilitasyon olasılığı üzerinedir. Sistem ABAB şeklinde tekrar eden bir yapıya sahiptir. A başlangıç kısmı B de müdahale kısmıdır. Yapılan çalışmada bir terapist katılımcılar için uygun egzersizleri hem motivasyonlarını hem de hareket

kabiliyetlerini arttırmaya çalışmaktadır. Rehabilitasyon hareketleri olarak bir kolu yukarı kaldırma, bir kolu öne kaldırma ve eli ağza götürme yapılmaktadır. Bu hareketler periyotlar halinde tekrarlanmaktadır. Hareketlerin yapılması sırasında makine yapılan hareketlerin ne kadar doğru yapıldığını saymaktadır. Sonuç olarak yapılan çalışmada Kinect cihazı katılımcılara eğlenceli bir egzersiz sağlayarak onların kısıtlı hareket imkanlarını arttırmaya çalışmıştır [28].

Semeraro ve diğerlerinin çalışmaları yeni bir CPR (Cardiopulmonary Resuscitation-Kardiyopulmoner Diriltme) geri beslemeli kalp masajını geliştirmek için dizayn edilen sistemin değerlendirilmesidir. Kinect' ten oluşan Mini V-rem sistemi ile hareket yakalama cihazı ve özel bir yazılım ile ses ve görsel geri bildirim sağlanmıştır. Deney için seçilen kişiler iki grup halinde birine geri bildirim yapılırken diğerlerine yapılmadan işlemler gerçekleştirilmiştir. Yapılan kalp masajının sonuçları bize geri bildirim olarak döndürülmektedir. Amaç bu geri bildirim ile kalp masajı kalitesini arttırmaktır. İşlemlerden önce sistemin ölçümleri bir standarda ayarlanmaktadır. Kinect mankenin önüne konmakta ve işlem yapıldığında sonuçlar ekranda gözükmektedir. Sonuçlar kalp masajı oranı, derinliği olarak analiz edilmektedir. Ölçümler ellerin yakalanması ve basınç analizi tabanlıdır. Elin algılanmasında üç adım vardır. Kinect ile mesafe verileri elde edilir, ellerin pozisyonu her bir video çerçevesinde tespit edilir ve boşluktaki işaretli pozisyonlar Kinect tarafından takip edilir. Baskı elin minimum yüksekliği ve maksimum yüksekliğine göre hesaplanmaktadır. Sistemi kullanan grup %35.78' lik doğrulukta yeterli baskı uygularken sistemi kullananlar %7.27' lik bir doğrulukla baskı uygulamaktadır. Bunun yanında sistemi kullananlar %72.04 doğrulukla doğru baskı oranı,%47.34 doğrulukla doğru baskı derinliği sağlarken kullananlar %31.42 ve %24.87 doğruluk oranlarına sahip olmuşlardır. Sonuç olarak geri bildirim verilen grubun uyguladığı baskı verilmeyenlere göre neredeyse 5 kat daha yeterli olduğu görülmektedir [29].

Holmes ve diğerleri çalışmalarında kistik fibroz hastalığı olanlar için Kinect kullanarak uygun egzersiz yoğunluğuna karar verme üzerinedir. Kistik fibroz kalıtsal bir genetik hastalıktır. Doğuştan vardır. Bu hastalık akciğerlerle sindirim sistemini kalın ve yapışkan bir mukoza salgısıyla tıkayarak etkiler. En sık semptomları öksürük, nefes darlığı ve enerji eksikliğidir. Egzersiz yapmak oksijen seviyesini arttırmakta ve buda hastalara iyi gelmektedir. Uygulanan protokol iki kısımdan oluşmaktadır. İlk kısımda yaş, cinsiyet, ağırlık, boy gibi bilgiler kayıt altına alınıp akciğer solunum fonksiyonları ölçümleri elde edilmektedir. Daha sonra laboratuvar tabanlı CPET (Cardiopulmonary Exercise Test-Kardiyopulmoner egzersiz testi)'e katılımcılar sokulmaktadır. İkinci kısımda katılımcılar 20 dakika Kinect kullanarak egzersizleri tamamlaması gerekmektedir. Her iki kısımda da artiyel oksijen saturasyonu devamlı kaydedilmektedir. Xbox Kinect egzersizleri olarak Your Shape Fitness Evolve programı kullanılmaktadır. Sonuç olarak 10 katılımcıyla

gerçekleştirilen çalışmada ortalama kalp atım hızının arttığı görülmüştür. Bu da oksijen seviyesinin arttığını ve katılımcıların hastalıklarına bu sistemin faydalığı olduğunu göstermektedir [30].

Sholukha ve arkadaşlarının çalışmaları işaret tabanlı stereofotografi veya işaretli tek kamera sistemi ile elde edilen hareket analiz verileri ile eklem kinematik bilgilerinin doğruluğunu elde etme üzerinedir. Amaçlanan kas davranışı ve hareket verisi arasındaki ilişki hakkındakileri geliştirmektir. Çalışma model tabanlı yaklaşımın genişletilmiş halidir. Bu yeni MBA (Model-based Approach-Model Tabanlı Uygulama) eklem kısıtlamaları ile ölçeklenebilir model kullanmaktadır. Üst ve alt uzuvlar için genel morfolojik kemik modeli önceki Avrupa destekli projelerden alınmıştır. Burada kullanılan standart MBS (Model-Based Stereophotogrammetry-Model Tabanlı Stereofotografimetre) sistemi ve MLS (Markerless Single Camera-İşaretsiz Tek Kamera) sistemi iki farklı kalitede sistemlerdir. MBS sistemi 3D analiz için daha doğrudur. Buna rağmen maliyetli ve zaman harcayan bir sistemdir. MLS ise daha az doğruluğa sahiptir; fakat daha ucuz ve daha hızlı bilgi toplayabilmektedir. Sonuç olarak MLS verilerinin daha az doğruluğa sahip olduğu ortaya çıkmıştır [31].

Zannatha ve arkadaşlarının çalışmaları üst uzuvlar için bir hareket rehabilitasyon sistemi geliştirmek üzerinedir. Projenin amacı CVA (Cerebral Vascular Accident-Beyinsel Damar Kazası) rehabilitasyon sistemi geliştirmektir. Bunu yaparken karmaşık ve pahalı aletlerden kaçınılmış, eğlenceli ve yararlı geniş çeşitli bir sanal rehabilitasyon rutinleri elde edilmeye çalışılmış insansı bir robotun gözetiminde işlemlerin yapıp sonuçların değerlendirilerek hastaya yararlı geri dönüşler sağlamak hedeflenmiştir. Oluşturulan sistem pahalı olmayan basit 3D görüntüleme sistemi olan Kinect, Nao insansı robotu, bir kişisel bilgisayar, sistemde kullanılan algoritmalar, interaktif sanal çevre ve ergonomik aletlerden oluşmaktadır. Oluşturulan sistemde Java ile bir GUI (Graphical User Interface-Grafiksel Kullanıcı Arayüzü) geliştirilerek kullanıcıya kalibrasyon için yardımcı olması sağlanmıştır. GUI aynı zamanda Chorograph similatörü ve Nao robotu arasında bağlantı sağlamaktadır. Chorograph similatörü uygulamayı Nao robotsuz analiz etmek için kullanılmaktadır. Kinect insan ile robot arasındaki hareketli haberleşmeye izin vermektedir. Microsoft SDK (Software Development Kit-Yazılım Geliştirme Kiti) insan vücudunda 20 anahtar noktayı izlemeye izin verir. Metre olarak verilen koordinat değerleri bu eklemlerin pozisyonuna aittir. Bu çalışmada üst uzuv rehabilitasyonu için bulunan noktalar sadece 7 tanesi alınmıştır. Gövde (T), omuzlar (Sr,Sl), bilekler (Wr,Wl) ve dirsekler (Er,El)deki noktalar alınmıştır. Bu noktaların yeri çeşitli matematiksel hesaplamalarla bulunmaktadır. İnsan kolu için 4 eklem değeri omuz bükülme uzantısı, omuz yaklaştırma adüksiyonu, iç ve dış omuz rotasyonu ve bilek bükmedir. İnsan kolunun direk kinematiği DH (Denavit Hartenbers) metodu ile elde edilmektedir. DH eklem parametreleri bağlantı uzunluğu, bağlantı bükülmesi, bağlantı arasındaki uzaklık, bağlantı arası açıdır. Nao robotunun

morfolojisinde üst uzuvlar insaninkine uymaktadır. Bu nedenle insandan Naoya koordinat transferi kolaydır. Sadece eklem limitleri dikkate alınmalıdır. Yapılan sistemde 3D ölçümler hastaya geri dönüş bilgileri sağlamak için yeterlidir. Fakat çalışmada buna ek olarak bazı biometrik bilgiler kullanarak hastanın rehabilitasyonda ilerlemesi analiz edilmiştir. Rehabilitasyon rutini iki kısımdan oluşmaktadır. Hastanın etkilenen uzuvlarını güçlendirme ve onun koordineli bir şekilde rehabilitasyon görevlerini gerçekleştirmesi için yeni yollar ve haritalar bulmasına yardımcı olma kısmı ve rehabilitasyon rutini uzuv engeli üzerinde iç algıyı arttırması. Rehabilitasyon basitten karmaşığa doğru giderek başarıyı sağlamaktadır. Rehabilitasyondaki görevler topa dokunma 1 ve topa dokunma 2, Simon derki oyunu (verilen komutları gerçekleştirme oyunu) ve noktayı takip etmedir. Çalışmanın sonunda elde edilen hasta performansları incelenip değerlendirilerek biceps ve flektür kapi radyalis kasları üzerinde bir çalışma yapılmaktadır [32].

Ferreira ve diğerlerinin çalışmalarında Kinect kamerası yoğun insan hareketlerini görmek ve yüz ifadelerini değerlendirerek Otizim Spekturum Bozukluğu olan kişilerin evinde akıllı video gözetimi sistemi uygulamak için kullanılmıştır. Test ve jest tanıma algoritmalarıyla en iyi yaklaşım oluşturulmaya çalışılmıştır. Kinect' in 3D eklem izlemek ve aynı zamanda yüz ifadelerini alma kabiliyeti yapılacak sistem için uygun bulunmuştur. Kinect' ten alınan ham veriler eklemlerin x,y,z koordinat bilgileridir. Veri akışını sağlamak için bilgiler optimize edilmektedir. Bunun için Kinect' in önerdiği eklem setlerinden daha küçük parçalar kullanılmaktadır. Bir referans noktası omuzlar arasında belirlenmiştir. Burada normalizasyon ve merkezileştirmeyle verinin ön işlenmesi önemlidir. Çünkü kamerayla konum arasındaki mesafe elemine edilmesi gerekmektedir. Dönme hareketleri olasılığına karşı da ilgili noktalar 2D döndürme uygulanmaktadır. Böylece iki omuz arasındaki hat x eksenine çevrilmiştir. Bu işlemlerden sonra mimik XML olarak kaydedilmektedir. DTW ve Hidden Markov modelle tespit edilen mimikler test edilmektedir. DTW, örnekler arasındaki benzerliği ölçmektedir. DTW algoritması iki zaman serisini hizalamayı sağlayan en iyi hat aracılığıyla çalışır. Bu hat referans olan her nokta ile kuyruk kısmı arasındaki öklid mesafesidir. Bu mesafeler eklenerek en iyi yol bulunmaktadır. Yolun ilk ve son noktası iki dizinin ilk ve son noktasıyla aynı olmalıdır. Yol zaman serisinde asla geriye gitmemelidir. Yatay ve düşey adım büyüklüğü kullanıcı tarafından tanımlanmaktadır. Her bir kuyruk indeksindeki nokta en az bir yazışmaya sahip olmalıdır. Zamanda atlamaya izin verilmemektedir. Hidden Markov modeli ses tanıma problemlerinde sıkça kullanılmaktadır. Bu algoritma durumlar ve çıktılar boyunca çalışmaktadır. Her bir durum bir öncekine göre değişirken her bir çıkış da sadece uyan duruma göre değişmektedir. Sonuç olarak 19 insandan alınan mimik verileri algoritmalarla test edilmiştir. Algoritmaların performansında ölçümlerin özgüllüğü ve duyarlılığı en önemli şeydir. Duyarlılık mimiğin bulunup sınıflandırıldığı zaman kısmını

yanstırken özgüllük hiçbir mimiğin bulunup sınıflanmadığı zaman kısmıdır [33].

Gonzalez-Ortega ve diğerleri çalışmalarında 3D gözleme tabanlı bir sistemle insan vücudunun parçaları, vücut şeması bozuklukları rehabilitasyonu ve değerlendirmesi için gözlenmektedir. Kinect cihazı burada insan vücudunun eklemlerini izlemek ve yüz özelliğini algılamak için kullanılmıştır. Uygulanan sistem iki aşamadan oluşmaktadır. İskelet tanımlama ve egzersiz gözleme. İskelet tanımlama için derinlik görüntüsü kullanılmaktadır. İskelet şu eklemlerle tanımlanmaktadır. Baş, boyun, omuzlar, dirsekler, eller, gövde, kalçalar, dizler, ayaklar. Bu eklemlerin elde edilmesi için kullanıcı kameradan iki metre önde durmaktadır. Böylece kamera onun tüm vücudunu görebilmektedir. Tüm vücut eklemlerinden sadece baş ve ellerle bu çalışmada ilgilendirilmektedir. İskelet sistemi tespit edildikten sonra egzersiz izleme evresine geçilmektedir. Bu evrede yüz, iskelet izlemeyle elde edilen yüz bulucu ile tespit edilir. Yüz bölgesi tespit edildikten sonra yüz özelliklerini tespit etmeden önce 4 ön işlem yapılmaktadır: kenar temizleme, derinlik artırma, medyan filtreleme ve low-pass filtreleme. Kulak tanıma işlemi içinde yüz özelliklerindeki gibi işlemler yapılmaktadır. Sistemin test edilmesinde kullanıcı Kinect' in önüne oturarak çeşitli hareketler yapmaktadır. Sağ elle sağ göze dokunma, sağ elle sol göze dokunma, sol elle sağ göze dokunma gibi. Sonuç olarak sistem %96.28'lik bir başarı yakalamıştır. Bununla beraber Kinect' in derinlik bulmadaki başarısızlıkları ve kullanıcının işlemi yaparken başını döndürmesi üzerine olan ölçüm hataları sistemin sıkıntılarındandır [34].

Galna ve diğerleri, Parkinsonlu insanların klinik olarak uygun hareketlerin ölçülmesinde Kinect' in doğruluğunu belirlemek için bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. 9 Parkinsonlu kişi ve 10 kontrol hareketi Vicon 3D hareket analiz sistemi ve Kinect ile ölçülmektedir. Hareketlere sakin duruş, çok yönlü ulaşmak, adım ve bir noktaya yürüme ve Parkinson değerlendirme ölçeği olan parmak vurma, ayak, bacak çevikliği dahildir. Sonuç olarak Kinect tekrar eden hareketlerin zamanını doğru olarak ölçmektedir. Kinect, Vicon'dan çoğu hareket için daha iyi sonuçlar bulmaktadır. Fakat Kinect küçük hareketlerde aynı doğruluğu ve başarıyı sağlayamamaktadır [35].

Mellecker ve McManus üç exergame (Fiziksel aktivitenin dahil edildiği video oyunların kullanıldığı, aktif oyun) yoğunluk seviyelerini değerlendirmek ve belirli sonuçlara tekabül fiziksel aktivite önerileri ile ilişkisini belirlemek amacıyla bu çalışmayı yapmıştır. Üç exergame arasındaki kardiyovasküler tepki farklılıkları da incelenmiştir. 18 kız katılımcı, yüksek VO2 testinde 3 exergame ile oynamak için işe alınmıştır. Her katılımcı için kalp hızı, pik VO2 yüzdesi lineer regresyon denklemleri exergame oyun yoğunluğunu belirlemek için hesaplanmıştır. Üç exergame arasındaki farklar analiz edilmiştir. Gamercize Stepper ve Kinect ile oynarken kızlar oyunu önerilen orta ve yüksek derecede oynamadıkları görülmüştür. Kızlar XaviX J-Mat'te oyunu yüksek derecede oynamamalarına rağmen sonuçlar o oyunu oynarken

orta derecede oynadıklarını göstermiştir. Çalışmada Kinect sadece oyun oynamak için kullanılmıştır. Bu sırada bazı ölçümler yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır[36].

Pompeu ve diğerleri çalışmalarında Parkinson hastaları için Kinect ile uygun, güvenli randomize bir klinik tedavi dizaynı oluşturmaktadırlar. Bunun için 60 dakikalık 14 bölümden oluşan 4 oyun her hafta 3kez Kinect ile oynatılmaktadır. Hastaların oyun performansları ve oyun sırasındaki yan etkiler gözleme çalışmanın başka bir amacıdır. Alınan sonuçların test edilmesinde 6 dakika yürüme testi, denge değerlendirme testi, PDQ-39 (Parkinson's Disease Questionnaire-Parkinson Hastalığı Anketi) testi yapılmaktadır. Yapılan uygulamanın sonucunda hastaların 4 oyun skorunda ilerleme görülmektedir ve %95'lik bir başarı göstermektedir. Başlangıç ve bitiş skorlarına göre bir başarı ortalaması alınmıştır. Oyun sırasında herhangi bir yan etki gözlemlenmemiştir. İlerleme aynı zamanda 6 dakika yürüme testinde, denge testinde ve PDQ-39 testinde de görülmüştür. Kinect tabanlı egzersiz Parkinson hastaları için güvenli ve uygun olduğu çalışmanın sonucunda bulunmuştur [37].

Su ve diğerleri ev tabanlı rehabilitasyon ile hastane ortamında olan rehabilitasyonun evde de uygulanabilmesi üzerine çalışmışlardır. Bunun için Kinect tabanlı bir rehabilitasyon sistemi KEHR(Kinect Enabled Home Rehabilitation) oluşturulmuştur. Bu sistem DTW algoritması ve bulanık mantıkla güvenli ve etkili bir rehabilitasyon sağlamaktadır. Bu sistem iki kısımdan oluşmaktadır. Kinect tabanlı kısım ve veri depolama kısmı. Kinect tabanlı rehabilitasyon yönetimi kısmının dört fonksiyonu vardır. Rehabilitasyon işlemi yönetimi, kullanıcı performansı için egzersizlerin kaydedildiği kısım, kullanıcının evde yapması için egzersizlerin oynatıldığı kısım ve egzersiz performanslarının değerlendirildiği kısım. Rehabilitasyon işlemi yönetimi kısmında yapılacak egzersizler hasta ihtiyacına göre belirlendiği kısımdır. Referans kaydın yapılması kısmında kullanıcı profesyonel gözetiminde egzersizleri yapmaktadır. Bu sırada Kinect kamera verileri depolamakta ve ilerisi için referans oluşturmaktadır. Rehabilitasyon egzersizlerinin oynatıldığı kısımda kullanıcı daha önce yapmış olduğu egzersiz kaydını izlemektedir. Kayıttaki hareketleri Kinect önünde yapmaya çalışmaktadır. Değerlendirme kısmında DTW algoritmasıyla evdeki ve hastanedeki egzersiz videoları karşılaştırılarak benzerliğine bakılmaktadır. Performansın adaptif nöral bulanık sistemde değerlendirilmesinde profesyonel insanların deneyimleriyle yaptıkları yorumları nöral network ve bulanık mantık entegre sistemi ile yapılmaktadır. Veri depolama kısmında kullanıcı profilleri ve egzersiz verileri depolanmaktadır. Makalede sistemin uygulanmasıyla ilgili bir senaryo oluşturulmuş ve tüm adımlar bu senaryo üzerinden gerçekleştirilmiştir. Burada sistemin bir hasta birde doktor kısmı mevcuttur. Doktor hastanın teşhisine göre uygun hareketlerin videosunu sisteme yükleyecek hastada bu hareketlerin aynısını evde yapmaya çalışacaktır. Sonuç olarak uygulamanın kullanılabilirliği kullanıcılar

tarafından yapılan ankete ölçülmüştür. 0-4 aralığında verilen skor puanlarıyla anket soruları puanlanmıştır. Çıkan sonuçlara göre uygulamanın kullanıcı dostu olması, kolay kullanılabilirliğinin olması, ses komutlarının düzgün çalışması, özelliklerinin kolay anlaşılması ve rehabilitasyonda yardımcı olması özellikleri 3.5-3.3 arasında değerler olarak yüksek oranda başarı göstermiştir. Sistem her ne kadar başarılı olsa da bazı kısıtları da vardır. Yüklenen videonun her hastaya uygun olmayışı, Kinect' in iskelet sistemini yatarken kullanamaması bunlardandır [38].

Diest ve diğerlerinin çalışması Kinect kullanarak tüm vücut hareketlerini yakalayıp analiz etmeyi değerlendirmektedir. Çalışma yapılırken Kinect ile MBC (Marker-based 3D Camera-İşaret tabanlı 3 boyutlu Kamera) sistemi exergame işlemi sırasında bilgileri toplamaktadır. Daha sonra bu kayıtlar temel bileşen sayısı, bireysel vücut ses hareket çeşidi ve denge kabiliyetinin ölçümü göz önünde bulundurularak karşılaştırılmaktadır. Bu iş için PCA kullanılmaktadır. PCA Kinect ve Vicon kullanarak alınan tüm hareket verilerini tanımlayıp karşılaştırmak için kullanılmaktadır. Önce PCA Vicon ve Kinect verilerini ayırmaktadır. Sonra tüm vücut hareket değeri çeşitleri bireysel işaret pozisyonu çeşitleri ve denge kabiliyetinin sonuç ölçümlerine göre karşılaştırılmaktadır [39].

Huber ve diğerleri sanal rehabilitasyon için Kinectten gelen omuz eklem açılarının doğruluğunun ve güvenilirliğinin test edilmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Bunun için omuz eklem açısı 4 sabit pozda değerlendirilmektedir. Kinect,3D hareket analiz sistemi ve klinik gonimetre kullanılmıştır. Tüm pozlar Kinect' in ön görüntüsünden alınmıştır. Omuz flexionu iki pozu Kinect' in sagittal görüntüsünden alınmıştır. Sonuç olarak Kinect ön görüşten omuz açısı ölçümü için yüksek doğruluk sağlamıştır. Kinect ile iki ölçüm standardı arasında %5'lik bir uyum vardır [40].

Chang ve arkadaşlarının çalışmalarında bilişsel bozukluğu olan iki bireyin alıştırmaya olasılığı üzerinedir. Katılımcıların Kinect kullanarak rehabilitasyonu sağlanmaya çalışılmıştır. Bunun için yüksek ve çok düşük fonksiyonlu katılımcılar yerine orta ve düşük fonksiyonlu katılımcılar ele alınmıştır. Ayrıca katılımcıların bilgisayar ekranında yazıları okumaları ve anlamaları gerekmektedir. Çalışmada biri rutin hayattaki işlerde hatırlama zorluğu çeken diğeri de beyin yaralanması ve paranoyak şizofrenli bir hasta kullanılmıştır. Çalışmada katılımcılara 5 farklı pizza yaptırılmaktadır. Pizza yapımının ilk safhasında asgari hızlı bir hatırlama sistemi uygulanmaktadır. Katılımcı bilemediği durumda koçlar duruma müdahale ederek pizzanın yapımında unutulmuş yeri hatırlatma yaparlar ve katılımcının hareketleri gözlemlenir. Diğer safhada otonom bir cevap metodu kullanılır. Bunun için Kimept sistemi kullanılır. Her kullanıcı elini Kinect algılayıcı için sallayarak başlangıç eklem lokasyonları belirlenir. Buna göre katılımcılar görevleri yaparken el hareketlerine göre doğru ya da yanlış olarak bilgilendirilir. Bu bilgiler kaydedilerek değerlendirilmeler yapılır. Deneysel sonuçlara bakıldığında

Kinect ile olan kısmın performansının daha iyi olduğu gözlemlenmiştir [41].

3.4. Diğer Alanlardaki Çalışmalar (Studies in Other Fields)

Önceki bölümlerin yanı sıra duruş ve hareket algılama teknolojileri yüz tanıma uygulamaları, jest-mimik tanımlama, yörünge hesaplama, engel tespiti gibi uygulamalarda da kullanılmaktadır.

Schwarz ve arkadaşlarının çalışması derinlik verileri ile tüm vücut pozunu tahmini üzerinedir. Yöntem derinlik verisinden anatomik yerlerin düzgünce tanımlanmasına dayanmaktadır ve o zaman ters kinematik kullanarak iskelet montajı için hedefler olarak hizmet edebilmektedir. Vücut parçaları birbirine karıştığında sonraki yoğunluk ve RGB resim arasındaki optik akışı derinlik belirsizliğini azaltmak için kullanılmaktadır. İnsanın yüzeyi 3D noktalar bir grafik olarak temsil edildiğinde bu vücutta farklı iki nokta arasındaki jeodezik mesafeyi ölçülmesini sağlar. Öklid mesafesi 3D uzay boyunca ölçülür ve bu vücut hareketleri için çok önemlidir. Jeodezik mesafesi komşu düğümler boyunca tanımlıdır. Jeodezik mesafe sabit ve vücut duruşu bağımsız kabul edilir. Bu nedenle bir kişinin gerçek ölçümlerine karşılık karşılıklı jeodezik mesafelerde nokta arayarak anatomik noktaları elde edebiliriz. Derinlik ve yoğunluk resimlerinin sıralanmasıyla tüm vücut pozunu tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Başlangıçta kişi kameraya dönerek T poz elde edilir. Derinlik resmi ön işleminde derinlik resmi medyan filtrelemeden geçirilir. Böylece gürültülerden temizlenmiş olur. Derinlik bilgilerinden grafik kurulmasında kenarları ve köşeleri tanıtmak için 3D noktalarla bir grafik yaratılır. Jeodezik mesafe haritasının yaratılmasında grafik vücut merkezinden tüm diğer vücut noktalarına olan jeodezik mesafelerin haritasını yaratmak için kullanılır. Anatomik işaretlerin yerinin belirlenmesinde L anatomik işaret jeodezik mesafe haritası kullanılarak yerleştirilir. Belirsizlik optik akış kullanılarak önceki ve şimdiki çerçeveler arasındaki optik akış vücut parçalarını izlemeye kullanılmıştır. Anatomik noktalar için iskelet uydurmada yaklaşımında tüm vücut pozunu tahmin edilmek için uygulanmaktadır. Çalışmada Tof ve Kinect için ayrı veriler alınmıştır. Tof kamerayla yapılan deneylerdeki hata oranları Kinect' e göre daha yüksektir. Bunun nedeni Tof kamera tüm vücut hareketlerini daha zor yakalamasıdır. Bunun yanında iki kamerada bazı vücut hareketlerini yakalamada eksik kalmaktadır [42].

Tang ve arkadaşlarının çalışmaları baş pozunu tahmini üzerinedir. Yüz tanıma, insan bilgisayar etkileşimi alanlarında baş pozunu tanıma önemli bir metottur. Çalışmada daha önce RGB resimlerle yapılan çalışmalar Kinect gibi menzilli kameralarla yapılmaya çalışılmış ve yeni bir menzillik dilim gösterim modeli baş pozunu tahmini performansını arttırmak için kullanılmıştır. Önerilen temsil modelinin performansını değerlendirmek için, bir Kinect sensörü kullanılarak otomatik bir kafa poz tahmini yöntemi uygulanmaktadır. Menzillik resmi sahne nesneleri yüzeyleriyle kamera arasındaki mesafeyle ilgili derinlik bilgisini içerir. Böylece insan baş menzillik resmi 3D

yüzeysel olarak görülebilir. İki düzlem ile 3 boyutlu bu kafa kesilebilir. Böylece dilim elde edilir. Baş pozunu tanımlamada dilim tanımlı menzile verisi avantajlıdır. Çünkü dilim tanımlı menzile verisi baş pozunu tahmini için ayırt edici görsel ipuçları sağlar. Yeni özellikli menzile resimleri dizayn için esnek çerçeve sağlar. Gürültülere karşı güçlüdür. Hesaplama verimliliği vardır. Makine öğrenmesi teknikleri baş pozunu tahmini için en verimli dilimi seçmek için kullanılabilir. Baş pozunu tahmin etme işlemi örüntü tanıma işlemi gibidir. Ön işlemi, özellik çıkarımı, sınıflama işlemleri vardır. Resmin ön işleminde menzile resminden yüz bölgesi çıkarılır. Bu işlem Kinect algılayıcı ile yakalanan veri için yapılır. Önce baş bölgesi menzile verisi kullanılarak kabaca lokalize edilir. Sonra da yüz bölgesi saç, kıyafet gibi gürültülerden arındırılır. Baş pozunu tahmininin performans değerlendirmesinde bazı zorluklar vardır. Pratik uygulamalarda deneyin baş pozunu tam ölçmek zordur. Baş pozunu çeşitlerinin tüm varyasyonları yakalamakta zordur. Bunun dışında tüm hataların değerlendirilmesinin nasıl yapılacağı ve farklı baş pozunu tahmin metodlarıyla nasıl karşılaştırılacağı diğer zorluklardandır. Baş pozunu veri setlerinde menzile verisi içeren veri seti sınırlıdır [43].

Budzan ve Kasprzyk'nın çalışmaları Kinect algılayıcı ve 3D lazer tarayıcı ile derinlik bilgisiyle engellerin tespiti üzerinedir. Önerilen metod taşıtlar için geliştirilmiştir. Böylece taşıtlar önündeki çevresel bilgiler gerçek zamanda elde edilebilecektir. Bunun için farklı algılayıcılar kullanılabilir; infrared, ultrasound, depth gibi. Burada ise Registered depth, CCD (Charge Coupled Device-Yüklenme İliştirilmiş Araç) kamera ve lazer menzile tarayıcı veri kullanılmıştır. İlk olarak kalibrasyon işlemi lazer sistem ve Kinect sensör için uygulanmaktadır. Daha sonra derinlik verisi ve resmi elde edilir ve tüm objeler ve yer hakkında bilgiler elde edilmek için kullanılır. Sonunda da bilinen kurallar çerçevesinde engeller sınıflandırılır. Bu sınıflamadaki amaç çıkarılan özelliğin kusurlarını azaltmak ve tespitini doğruluğunu arttırmaktır. Lazer tarayıcının kalibrasyonu yerleştirilen düzleme dayanır. Lazer menzile resmi işleminin amacı yerin resim özelliklerini ayırmaktır. İşlem boyunca Kinect' in açısı değişmektedir. Böylece derinlik verisi için yer düzlemi tanımlanmaktadır. Tanımlanan ve referans olan düzlem arasındaki fark daha sonra 3x3lük medyan filtresi ile filtrelenmektedir. Böylece objeler eşik değeri kullanılarak çıkarılmış olmaktadır. Derinlik resmi 3D profile XYZ koordinatlarında çevrilmektedir. Lazer tarayıcı ve RGB-D kameranın sonuçları sınıflanmaktadır. Bölgedeki engellerin doğru şekilde tanımlanması için engeller kategorilenmektedir. Engel, engel olmayan ve yer olarak 3 sınıflama mevcuttur. Küçük engeller aracın çalışma alanında önünde olanlardır ve araç tarafından bunlar geçilebilir. Deneysel çalışmalarda büyük engeller için %98, küçük engeller için %99.2 ve engel olmayanlar için %98.7'lik bir doğruluk oranı sağlanmıştır. Sonuç olarak zeminin çıkarılması ve küçük ve büyük nesnelerin etkin bir şekilde çıkarıldığı görülmektedir [44].

Hayat ve arkadaşlarının çalışmalarında güçlü bir yüz tanıma metodu önerilmektedir. Düşük kalite Kinect' ten elde edilen resimlerden yararlanılmaktadır. Resimler

geniş çeşitlilikle baş pozuna, yüz ifadesine, güneş gözlüklü duruşa sahiptir. Tanımlama işlemi RGB-D resim seti sınıflama problemleri olarak formüle edilmiştir. Sınıflama için SVM (Support Vector Machine-Destek Vektör Makinesi) modeli kullanılmıştır. Çalışmanın katkıları düşük çözünürlüklü Kinect verisinden yüz tanıma formülasyonu içermesi, poz varyasyon problemini tanımlamak için bir dizi resimden derinlik verisi kullanarak resimlerin kümeleneşmesi, model resim dizileri için kovaryans matrisi tabanlı etkili bloklar tanımlama, Riemanienden SVM formülasyonu ve final kararı için bireysel alt gruplardan sonuçlar elde etmedir. RGB-D resim seti sınıflama eğitimi ve test resim setleri arasındaki güçlü bir istatistiksel ilişki yoktur. Burada yeni bir non-parametrik modeli önerilmektedir. Önce blok tabanlı kovaryans matrisi tanımlanmakta sonra SVM sınıflayıcı hazırlanmaktadır. Kinect algılayıcıdan alınan veri yüz ve üst vücut parçalarını içerir. Sadece yüz bölgesi için otomatik bir ön işlemlerden geçmektedir. Arka segmentler, yüz tanıma ve poz tahmini ve poz tabanlı yüz bölgesinin hassasça kırılması. Arka plan bölünmesi derinlik verisi kullanılarak yüz ve vücut bölünür. Yüz ve vücut algılayıcıya en yakın bölgedir. Basit bir eşik değeri derinlik değerine uygulanarak arka plandan yüz ve vücut bölünür. Eşik değerinin iki küme içinde kümeleneşmesine karar verilir. Yüz algılama ve poz tahmininde gerileme probleminde hazırlanan algoritma yüz algılama ve kafa pozunu tahmininde kullanılır. Poz bilgisi kullanılarak hassas kırma işleminde de yüz ve vücut menzile resminden yüz bölgesini kesme için kullanılacak pencere boyutu ve yerinin karar verilmesidir. Resim dizisi bir dizi parçaya bölünür. Bu parçalar SVM modeli ile eğitilir. Sistemin doğrulaması k çaprazlama yapılarak bulunur. Çıkan sonuçlarda k' nın 5 olduğu ve çözünürlüğün 80x60 olduğu deneyde doğruluk oranı %99.50' dir. Fakat çözünürlük azaldıkça sonuçların başarısının %99.29 (40x30 çözünürlükte), %99.21(20x15 çözünürlükte) gibi düştüğü gözlenmektedir [45].

Chattopadhyay ve diğerlerinin çalışmaları yürüme biçimi tanımlama üzerinedir. Bunun için Kinect' in derinlik görüntüsünden faydalanılmaktadır. Makaledeki yürüme biçimi özelliği PDV(Pose Depth Volume-Derinlik Hacmi Pozu) olarak adlandırılmaktadır. Yürüme biçimi özelliği kayıtlı her derinlikli silüetten elde edilmektedir. Önce bir dizi derinlik anahtar pozunu bir dizi eğitim örneğinden elde edilmektedir. PDV, pozunu ait tüm çerçevelere karşılık gelen hacimlerin ortalamasını alarak üretilmektedir. Böylece her örneğin PDV sayısı derinliği anahtar pozunu sayısı aynıdır. Önce RGB video çerçevesi ve derinlik video çerçeveleri kaydedilir. Gürültü olan bölgeler morfolojik yeniden yapılanmayla doldurulmaktadır. Bunun için sadece komşu pikseller kullanılmaktadır. En son medyan filtresi silüetlerin gürültülerini temizlemek için kullanılır. Kısıtlı k means kümeleme derinlik anahtar pozunu belirtmek için derinlik silüetleri üzerinde uygulanır. Kümelerin sayısı bir oran bozulma eğrisi çizilmesiyle belirlenir. Bu eğri mevcut eğitim veri setinden bir dizi kullanılan yürüyüş döngüsünü elde eder. Kümeleme prosedürünün tamamlanmasından sonra elde edilen K sentroidler K derinlik anahtar pozunu temsil etmektedir. Tek bir kamera ile 3D hacim yeniden

yapılması mümkün değildir. Bu nedenle Kinect ile elde edilen derinlik bilgisinden 3D voxel hacmi her bir derinlik kayıtlı silüet için üretilmiştir. Elde edilen hacimler PDV nin k. Derinlik pozunu olarak adlandırılır ve burada elde edilen silüetlerden 8 derinlik anahtar pozunu elde edilir. Çalışmanın deneylerinde anahtar pozunu sayılarının etkilerine bakılmış ve düşük anahtar pozunu sayısında performansın düşük olduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra çerçeve oranlarının etkisine de bakılmış ve 10 ile 30 çerçeve arasında çerçeve sayısı arttıkça ortalama sınıflama oranının da %70lerden %79 a doğru arttığı görülmüştür. Buradan yola çıkarak düşük çerçeve oranlarında daha fazla dinamik bilginin kaybolduğu görülmektedir. [46].

Sujono ve arkadaşlarının çalışmaları Kinect' in aktif görünüş modelini bulanık mantık ile gözlemleyerek ifade tespiti üzerinedir. Çalışmada yüzdeki ifadelerin tespitinde Kinect kullanılmaktadır. Yüz ifadelerinin yakalanması karmaşık bir iş olduğu için FACS (Facial Action Coding System-Yüz Hareketi Kodlama Sistemi) bir referans noktası oluşturmaktadır. FACS' daki referans noktalarını elde etmek için aktif görünüş modeli kullanılmıştır. AGM (Aktif görünüş modeli) şekil ve doku modeli tabanlı bir kalıp eşleştirme metodudur. Öte yandan çalışmada bulanık mantıktan da yararlanılmaktadır. Çünkü yüzsel ifade kesin değerler vermemektedir. Bulanık mantık ile gözlemlenen ifade değerleri anahtar özelliklerini değerlendirmektedir. Değerlendirmelerin yapılması için önce FACS tabanlı ifadeler gönüllülere yaptırılmıştır. 3 farklı yüz ifadesi olarak normal, mutlu ve üzgün kullanılmıştır. Daha sonra ifadeleri Kinect ile kaydedilmiştir. Kinect videodan FACS anahtar özelliği çıkarılmıştır. Aksiyon üniteleri adı verilen bu noktalar 6kısımdan oluşmaktadır. Bu değerler 60 kez alınarak kaydedilmiştir. Sonuçlar Modified Thompson test ile elemine edilmiştir. Böylece test örneği oluşturulmuştur. Daha sonra üç AU varyans ve μ lere göre bulanıklaştırılmıştır. Üç AU'ın üyelik fonksiyonları kaydedilmiştir. Üyelik fonksiyonu olarak düşük, normal ve yüksek alınmıştır. Son olarak durulaştırma için ağırlık ortalaması kullanılmıştır. Maksimum toplam değeri dikkate alınarak karar verilmiştir. Deneysel çalışma için gönüllüler mutlu ve üzgün pozlarını FACS standartlarına 3 saniye vermişlerdir. Deneysel sonuçta mutlu ve normal yüzlerin %97.73 ve %100 başarı sağladığı üzgün yüzleri de %89'luk başarı sağladığı görülmüştür. Sonuçlara bakılınca normal yüz ifadesinin bu sistem için hassasiyetin yüksek olduğu görülmüştür [47].

Sato ve arkadaşlarının çalışmaları Kinect ile yüksek hızda ve doğrulukta bir metod ile sahne akışlarının tahmin edilmesi üzerinedir. Belirli bir bölgedeki hareketli objelerin tespit edilmeye çalışılmasıdır. Bunun için önce Kinect ile renkli resim ve derinlik haritası elde edilir. Sonra bu resimler arasındaki hareket yakalanan bölgeler belirlenir. Hareketli obje derinlik resminin segmentasyonu ile tanımlanır. Sonrada Surf (Speed up Robust Feature) ile piksellerin hareketleri hesaplanır. Sonuç olarak hareket akışı elde edilmiş olur. Hareketli bölgeyi tespit için iki iyi bilinen metod vardır. Bunlardan biri arka plan çıkarma diğeri de çerçeve çıkarmadır. İlk metotta arka plan

resmindeki farklı pikseller bulunur. İkinci yöntemde çerçevelerdeki aynı noktadaki pikseller karşılaştırılarak hareket tespit edilir. Burada iki yöntemde kullanılmıştır. Resimdeki gürültüyü azaltmak için her resme filtre uygulanmıştır. Resimler arasındaki farklar binary resimde bulunmuştur. Bu yapılırken belirli bir eşik değeri dikkate alınır. Surf anahtar nokta bulucudur. Surf'ün tüm resmi işleme uzun sürdüğü için sadece hareketli pikseller Surf ile işlenir. Bu makale tüm anahtar noktalar 128D vektörler tanımlanmıştır. 2D koordinatı anahtar noktalar 3D koordinatlara derinlik resmi kullanılarak çevrilmiştir. 3D hareket vektörünün tahmini için katı aramayı biraz genişleterek variable cuboid arama adından bir arama geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemin değerlendirilmesinde var olan metodlarla karşılaştırılması yapılmıştır. Lucas-kanade, Lucas-kanade Pyramit gibi yöntemlerle karşılaştırmalar yapılmıştır [48].

Jiang ve arkadaşlarının çalışmalarında sadece derinlik kamerası ile tüm insan vücudu ağını izleme üzerinedir. Kinect gerçek zamanlı tüm vücut iskelet taramasına uygundur. Zhounun Hidden Markov Modeli çalışmasında vücut şekilleri tahmininde kullanılmaktadır. İlk çerçeveler için silüet eşleme vücut şekli parametrelerinden tahmin edilmekte, nokta bulutu derinlik resminden çıkarılmaktadır. 3D insan vücudu modeli çalışmanın kaynağıdır. Çalışmada iki kısım problem olmuştur. İlk vücut şekli tahmini ve sonra bunun çevrimiçi izlemede kullanma. Böylece SCAPE (Shape Completion and Animation of People-Şekil Tamamlama ve İnsanların Animasyonu) modeli 3D Morphable insan vücudu modeli olmuştur. Scape modeli için bazı poz ve şekil tahmin yaklaşımları vardır. Burada vücudun elbiseli olması ve çıplak olması ayrı ayrı değerlendirilmektedir. Uygunluk şekil eşleştirmesinde merkezi oluşturmaktadır. Bunun için kareli atama problemi ve karınca kolonisi optimizasyonu ile geliştirilmiştir bir formül vardır. Kullanıcıya özel vücut şekli tahmininde kullanıcı özel vücut şekli ölçümleri kullanılmaktadır. Vücut modeli iskelet ayarlamasından sonra Z bölgesinde RTT(Round Trip Time-Gidiş Dönüş Süresi) kullanılarak çizilir. Çizilen vücut modeli ve Kinect kullanıcı maskesine çevre çıkarma algoritması uygulanır. Daha sonra uygunluk için HMM kullanılır. HMM' nin konanik 3 problemi vardır. Hesaplama, decoding ve öğrenme. Uygunluk problemi decoding problemi olarak modellenmiştir. Decoding problemi Viterbi algoritması ile çözülmüştür. Uygunluk kurulduktan sonra deformasyonlar için Laplace çerçevesi kullanılır. Deneysel sonuçlara bakıldığından pek çok kısmın gizlendiği görüldü de bazı kısımlar halen görülmektedir ve çalışma %91.4 doğruluk başarısına sahiptir. Bu metodun bazı hatalı durumları vardır. Hızlı vücut hareketleri için kullanıcı istenen pozisyonun gerisinde olacak. Çalışmanın bazı kısıtları da vardır. Laplace dar boğazı nedeniyle algoritma tam gerçek zamanlı değildir. Şuan ki çalışmada dar kıyafetler tercih edilmiştir. Ama gevşek bol kıyafetlerle daha farklı sonuçlar gelecektir. Son olarak da hesaplama zamanından dolayı bir yavaşlık söz konusudur [49].

Dominio ve arkadaşlarının çalışmaları derinlik bilgisi tabanlı yeni bir el jest tanımlama üzerinedir. El önce

avuç içi ve parmaklar olarak ikiye ayrılır. Sonra 4 farklı özellik tahmincisiyle özellikler çıkarılır. Çıkarılan bu özelliklerle SVM sınıflayıcı jesti tanımlamaya çalışır. Jest tahmin etmek amacıyla derinlik verisinden çıkarılan özellikler makine öğrenmesi tekniklerini kullanmaktadır. Bu çalışma tek bir tahminleyici yerine farklı özelliklerdeki işaretleri birleştirerek tanımlama doğruluğunu attırmaya çalışmıştır. Önerilen jest tanımlama sistemi üç aşamadan oluşmaktadır. Birincisi el örneği derinlik ve renk bilgisine göre segmentlere ayrılmaktadır. Bunlar avuç içi, parmaklar ve bilek\kol. Fakat son kısmın jest tanımlaması için faydalı bir bilgi içermemektedir. Bu nedenle ihmal edilir. İkinci kısımda mesafe özelliği parmakların avuç içine olan 3D Öklid mesafeleri tahmin eder. Yükseklik özelliği avuç içine yerleştirilmiş bir düzlemden parmak uçlarının Öklid mesafelerini hesaplamak için kullanılır. Eğrilik özellikleri avuç içi ve parmak bölgelerinin eğrilerini tarif eder. Avuç içi özelliği avuç bölgesinin şeklini tarif eder ve her bir parmağın bükülmüş mü yükseltilmiş mi ona yardımcı olur. Son adım boyunca tüm özellikler özellik vektöründe toplanır ve SVM sınıflayıcıda tanımlama için kullanılır. Avuç içi özelliği avuç çeşitli parçalara ayrılmıştır. Yuvarlak kısım avuç içini göstermektedir. Avuç içinde iki kısma ayrılmıştır. Alt kısım avuç pozisyonu üst kısımda 5 bölgeye ayrılarak farklı parçaları gösterilmiştir. Bu 4 özellik seçme ile elde edilen özellik vektörü diferansiyel vektör tabanlı sınıflayıcıyla tahmin için kullanılmaktadır. Çalışma sonuçlarına göre önerilen sistemin karşılaştırılanlara göre daha iyi sonuçlar ortaya koyduğu görülmektedir [50].

Seer ve arkadaşlarının çalışması Mikroskobik yaya simülasyon modeli kentsel bloklarda, yapılarda yaya hareketini araştırmak için kullanılabilir. Bunun için yüksek doğrulukta ve detaylı veriler gerekmektedir. Buradaki yaklaşım lokal Kinect 3D verisi insan yörüngesini elde etmek için dönüştürmektedir. Makalede önerilen yaklaşım mikroskobik yaya simülasyon modelini yüksek doğrulukla kalibre eder ve kapsamlı bir yörünge verisi sağlar. Kinect ile alınan 3 boyutlu insan vücut pozisyonu ile insan pozisyon tahmin edilmeye çalışır. Derinlik resminden yaya yörüngesini hesaplamak için derinlik bilgisinin planlanması grup derinlik bilgisinin tek Kinect' ten alınması ve yayanın izlenerek yörüngesinin elde edilmesi gereklidir. Kinect algılayıcı S_k bir dizi K cihazla 640x480 derinlikli resimler üretir. Her resim bir dizi geçerli 3boyutlu nokta ile kodlanır. Kinect ölçüsünün fiziksel kısıtından dolayı 4 metre dışındaki uzaklıklar yakalanamaz. İnsan tespitinde; Arka plan çıkarma ile veri indirgeme, Kinect ile veri indirgemesinde önce tüm 3 d noktalar silinir. Sonra kesme değeri asgari saptanabilir kişilerin yüksekliğini belirler ve zemine yakın nesnelere gürültü ölçümlerini dışlamak gerekir. Azaltılan gruba hiyerarşik sınıflama her bir birey için gelen doğal kümelerindeki noktalar gruplamak için önce sınıflama ağacı kurulur. D'lerinin gruplarının silinmesi; D'lerinin gözlenebilir her noktası sınıf için görevlendirilir. Böylece sınıf merkezine yaklaştırılır. Aksi halde silinir. Bir küme temsilcilerinin belirlenmesi için her bir küme için bir nokta seçilir. Algoritma yayaların kafalarını izler ve yaya kafası izlemek için en istikrarlı nesne olup olmadığı

sorusu ortaya çıkar. İlk denemede bir insan gözlenme alanının ortasına yerleştirilerek insanları geçmesi için bir engel olarak hizmet eder. İkinci deneyde normal yürüme davranışı herhangi bir dış etmen olmadan yapılır. İki deneyin yaya takip oranları sırasıyla %94 ve %96dır [51].

Ibanez ve arkadaşları makine öğrenmesi algoritmalarıyla kolay mimik tanımlama üzerindedir. Kullanıcı ara yüzü sayesinde uzman olmayan bir kullanıcıya mimikleri kayıt yapma, düzeltme, kaydetme gibi şeyler sağlarken yeni bir veri seti yaratmaya da izin vermektedir. Özellikle sistem iki tekniği desteklemektedir. DTW ve HMM. Böylece yaklaşım iki faktörü analiz ederek geçerli hale gelir: Teknik doğruluk ve efor. Çalışmanın farkı kullanıcıya mimik makine öğrenmesinin spesifik bilinenlerini talep ettirmeden tanımlama imkanı sunmasıdır. Kinect temel hareketlerin tanımlamasında kullanılırken kompleks duruşları tanımlamada zorlanmaktadır. Bu nedenle bunlar için özel kurallar gerekmektedir. Duruşu iskelet hareketlerinden tanımlamak için iki uygulama modeli kullanılmaktadır: eğitim modeli ve tanımlama modeli. Eğitim modeli bir dizi potansiyel duruşla duruş tanımlama tekniği barındırır, eğitim kısmı kişi Kinect' in önüne gelince başlar ve onun hareketlerini hafızaya alır. Bunlara normalizasyon işlemi uygulanarak onları referans haline getirir. Tanımlama kısmında ise kullanıcı tarafından yapılan hareketlerin tanımlanması kısmıdır. Çalışmada EasyGR çalışmasını pratik anlatmak için tenis oyunu ele alınmıştır. Buradaki amaç sağ elle yapılan vuruş hareketini tanımlamaktır. Eğitim Kinect alanında farklı lokasyonlarda olabilir. Bu nedenle farklı varyasyonlarda yörünge çıkabilmektedir. Bunların karşılaştırması uygun olmayabilir. Bu nedenle EasyGR bunları koordinat sistemine göre çevirmektedir. Daha sonra yörüngesinin merkezi bulunur ve normalizasyon yapılarak duruş tanımlamadaki farklı vücut yapılarının etkileri azaltılır. Bu işlem sonucunda EasyGR artık eğitime hazırlanmış olur. Her bir yörünge EasyGR ile bir referans değeri üretir. Bu değer Smash için kabul edilecek eşik değerini hesaplamada kullanılmaktadır. Her yeni duruşta yeni bir referans değeri oluşturulur ve oluşan duruş tanımlanır. Eğiticinin eğitim seti oluşturması için EasyGR bir grafik ara yüzüyle desteklenmiştir. Ara yüz kullanıcıya sekiz özellik sunar. Sistemin doğruluğu k kat çapraz doğrulamayla sağlanmaktadır. 10 kullanıcı önce kural tabanlı olarak bu 7 hareketi uygulamakta ardından EasyGr kullanılarak bu 7 hareket yapılmaktadır. EasyGR %99luk bir tanımlama başarısı sağlamıştır. Bunun sonucunda EasyGR' in sonuçlarının kural tabanlı yaklaşıma göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür [52].

Chen ve arkadaşları derinlik resimlerini kullanarak bir derleme çalışma yapmışlardır. Çalışmada derinlik görüntülerinin avantajları açıklanmış, bunun yanında derinlik görüntüsü alan yeni algılayıcılar tarif edilmiştir. Bunların en yaygın olanı Microsoft Kinect cihazıdır. Araştırma derinlik görüntülerinin insan aktivitelerini analizini gözden geçirmiştir. Derinlik görüntüsü derinlik algılayıcı ile yakalanır. 3 ana algılama teknolojisi bunun için kullanılmaktadır: Sterea kamera, time of flight(Tof)kamera ve yapısal ışık. Geçmiş pek çok çalışmada RGB kamera ile elde edilen renkli ya da

grayscale resimler kullanılmaktadır. Bunlardan elde edilen görüntüler yüksek renk bilgisi ve doku bilgisi içerir. Fakat aydınlatmaya karşı hassastırlar. Stereo kamera görüntüsü biyometriktir. 3 boyutlu sahne yapısını farklı görüş açılarından olan iki veya daha fazla resimden sonuç çıkarmaktadır. Stereo geometri hesaplamasının karmaşıklığından dolayı stereo resimden derinlik haritasının yeniden yapılması hala zordur. Tof kamera obje yüzeyine olan mesafeyi tahmin etmektedir. Bunu tek bir kameradan çıkan aktif ışık vuruşlarını kullanarak yapar. Objeden yansıyanlar ışık hızıyla birlikte mesafeyi vermektedir. Diğer 3 boyutlu lazer tarayıcılara göre Tof daha ucuz ve küçüktür. Tof kamara yüksek çerçeve oranına sahiptir. Bu da onu gerçek zamanlı uygulamalar için uygun yapmaktadır. Asıl avantaj yüksek hızı ve her pikseli kapsayan yoğun derinlik haritasıdır. En büyük teknik sorunu düşük çözünürlüktür. Kinect RGB ve derinlik kamerası olan bir cihazdır. Derinliği yapısal ışıklardan hesaplamaktadır. Derinlik algılayıcı infrared projektör ve infrared CMOS algılayıcı içerir. Yapısal ışık tek kullanan diğer kamera çeşitleriye Xtion hareket algılayıcı, HD1 3D tarayıcı, David yapısal ışık tarayıcısıdır. Yapısal ışık cihazlarının tofa göre avantajları daha ucuz olmalarıdır. Ana sorunları derinlik resimleri boşluklara sahiptir. Tof kamerada böyle bir problem yoktur. Stereo kamera ile yapısal ışık derinlik resminde boşluklara sahiptir. Çünkü bazı lokasyonlar ikisinde de görünür değildir. Tof kamera ise tek bir görüş açısına sahiptir. Geleneksel kameradan alınan görüntüler gürültü azaltması, renk uzay dönüşümü gibi işlemlere gerek duyarken derinlik resimlerinde öz işlemeye gereksinim duyabilir. Arka plan çıkarma derinlikle genellikle daha kolaydır. Mesafe kısıtları sahnenin geri kalanından ilgili alanı bölümlendirilebilir. Çeşitli sistemlerde derinlik bilgi kullanılarak sahne ön plana çıkarılmaktadır. Diğer çalışmalarda arka plan modeli sadece arka plan resmi kullanılarak insan vücudu çıkarmada kullanılır. Stereo ve yapısal ışık kameralarda oluşan boşluk için Kinect bu pikseller için 0 değerini düşmektedir. Buralar siyah gözükmektedir. Elin çevresindeki siyah gölgeler boşluk pikselleridir. Depolama alanını azaltmak için kayıplı sıkıştırma yapılmaktadır. Derinlik resmindeki boşluklar bu yolla sıkıştırılmaya çalışılır. Bu konuda çok çalışma olmamasının nedeni son çalışmalarda genellikle tof kamera kullanılmasıdır. Çeşitli eklemli insan vücut modelleri anatomik işaretler kullanılarak insan poz tahmini için kullanılmıştır. Yoğunluk resminde 3 boyutlu insan vücudu modelleme için özel işaretler vücuda eklenmiş ve vücudun bölümleri manuel etiketlenmiştir. İşaret tabanlı hareket yakalama tam vücut hareketlerini sağlar. Fakat gerçek zaman ve yaşama uygun değildir. Derinlik resmi kullanarak vücudun modeli işaretli tahmin edilebilir. Buradaki çalışmanın çoğunluğu sahneye 3 boyutlu insan modelini uydurmaya odaklanmıştır. 3 boyutlu insan vücudu modeli için önce vücut parçaları bulunmalıdır. Baş, gövde, kollar, bacaklar, kafa ve ayak buna dahildir. Pek çok metod derinlik resminden bize bu parçaları sağlamaktadır. Baş, eller ve ayak parçalarının yerini ve yörüngesini tahmin edilecek bir çalışmada tof kameradan yaralanarak ilgili noktaları jeodezik ekstremumlarla tespit etmiş ve sınıflamadan yararlanılmıştır. Tüm vücut pozunu tahmini için bir

çalışmada ön plan derinlik resmini nokta bulutuna çevirip, merkezi tespit ettikten sonra jeodezik mesafe kullanarak öncelikli işaretleri baş merkezi el kafa ve ayak bulmaya çalışılmıştır. Xbox kullanarak insan vücut parçalarında insan pozunu tahmini yapmaya çalışılmasında vücut 31 parçaya ayırılmıştır. Bölme görevi obje sınıflaması gibi yapılmıştır. Çalışmanın en büyük avantajı geniş bir eğitim seti oluşturabilmesidir[53].

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER (CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS)

Duruş ve hareket algılamada kullanılan algılayıcılarla yapılan çalışmalar;

Eğitim alanında öğrencilerin konuları fiziksel aktivitelerle anlamaları sağlanmaktadır. Bunun yanında golf gibi sporların eğitiminde de bu teknolojiler kullanılmaktadır. Öğrenciler ve öğretmenler için yapılan sistemler eğitimin verimli ve eğlenceli olarak yapılmasını sağlamaktadır.

Robotik alanında bu alandaki çalışmalar robotların ya da cihazların hareketlerle kontrolü üzerinedir. Duruş ve hareket teknolojileri hareketleri yakalayarak hareketlere tahsis edilen görevler dronelar, robot kolları gibi cihazlara yaptırılır. Bu alandaki çalışmalarda insanın hareketlerini %87.4 doğrulukta tespit edilebileceği görülmüştür.

Sağlık alanında duruş ve hareket teknolojileri hastalıkların izlenmesi, teşhisi için bilgilerin toplanması ve fiziksel zorluklar yaşanan hastaların tedavilerinde kullanılmaktadır. Hareket bozukluğu ve otizim spektrum bozukluğu gibi hastalıkların teşhisinde başarılı sonuçlar sağlanırken, kardiyopulmoner diriltmede %31.42 den %72.04'e artış gösteren bir tedavi başarısı sağlamıştır. Rehabilitasyon amaçlı hastaların yapması gereken hareketler hareket algılayıcı teknolojilerle yapılarak rehabilitasyon süreçleri hastalar için daha kolay ve verimli hale getirilmiştir.

Bu alanlar dışında yüz tanıma, yürüyüş analizi, el ve jest hareketlerin izlenmesi yayaların rotalarının belirlenmesi, ifade ve mimiklerin tespitinde çalışmalar yapılmıştır. Yüz tanımda %99.50, ifade tespitinde %100lük, mimik tanımda da %99' luk başarılar sağlandığı görülmüştür. Bu da duruş ve hareket algılayıcılarının tanımlama konusunda kullanılmaya uygun olduğunu göstermektedir. İnsan vücudu bölümlerinin tespitinin yanında engellerin tespitinde de %99.2' lik başarı sağlamıştır.

Gerçekleştirilen çalışmalarda farklı algılayıcılar ve yöntemler kullanılmakla birlikte çoğunlukla derinlik verilerinden faydalanılmaktadır. Çalışmalarda kullanılan farklı yöntemlerin birbirlerine göre zayıf ve güçlü oldukları yönleri vardır. Kullanılan stereo, tof ve yapısal ışık teknolojilerinin eksik yönleri çalışmalarında eksik yönlerin oluşturmaktadır. Her ne kadar bu algılayıcıların birbirlerine göre üstünlükleri olsa da insan iskeletini kolayca çıkarmada Kinect diğer algılayıcılara göre daha hızlı ve başarılıdır.

Literatürdeki çalışmalar ele alındığında sağlık alanında yapılan çalışmalarda Kinect' ten büyük faydalar

sağlanmıştır. Fakat burada Kinect daha çok bir kamera işlevi görerek hastaların takip edilmesi ve bazı hastaların teşhisi için bilgilerin alınmasında kullanılmıştır. Bunun yanında rehabilitasyon amaçlı çalışmalarda da uygulamalar yapılarak hastaların daha etkin şekilde tedavi edilmesi sağlanmıştır.

Kinect' in, iskelet sistemini tanımlaması göz önüne alındığında, fizik tedavi gibi bir alanda tercih edilmesi verimli olacaktır. İnsan vücudunun 20 farklı ekleme ayrılması ve bu eklemlerin hareketlerinin izlenmesi fizik tedavideki hareketlerle birleştirilerek hastaların hareketleri yapmasına yardımcı olunması sağlanmaya çalışılabilir. Literatür taraması sonucunda kol ve omuz yaralanmalarındaki tedaviler için Kinect' in kullanılması önerilmektedir. Bu bölgelerdeki fizik tedavi uygulamalarının Kinect yardımıyla doğru şekilde yapılması sağlanabilir. Kişinin hareketleri ne kadar doğru yaptığı analiz edilerek yanlış noktalarda uyarılarda bulunularak tedavinin doğru şekilde ilerlemesi sağlanabilir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Voltrium Systems. "Stereo Products". <https://voltrium.wordpress.com/machine-vision/home/stereo-products/> (16.01.2017).
- [2] Boris and Patrick. "ZED stereo camera simulates human visual depth perception". https://thenextweb.com/dd/2015/05/19/zed-stereo-camera-simulates-human-visual-depth-perception/#.tnw_6Jqb68n3 (16.01.2017).
- [3] Hizook. "Low-Cost Depth Cameras (aka Ranging Cameras or RGB-D Cameras) to Emerge in 2010?". <http://www.hizook.com/blog/2010/03/28/low-cost-depth-cameras-aka-ranging-cameras-or-rgb-d-cameras-emerge-2010> (16.01.2017).
- [4] Hizook. "Low-Cost Depth Cameras (aka Ranging Cameras or RGB-D Cameras) to Emerge in 2010?". <http://www.hizook.com/blog/2010/03/28/low-cost-depth-cameras-aka-ranging-cameras-or-rgb-d-cameras-emerge-2010> (16.01.2017).
- [5] Engadget. "Wave goodbye to Microsoft's original Kinect for Windows". <https://www.engadget.com/2014/12/31/oroginal-kinect-discontinued/> (16.01.2017).
- [6] KPT Infotech. "Leap Motion 3d Controller Somatosensory Gesture Motion Control Usb for MAC & PC with SDK". <http://cdn.buysnip.com/Original-Leap-Motion-Real-3D-interaction-Somatosensory-controller-mouse-Gesture-Motion-Control-for-PC-Robotics-buy-in-india-lowest-price-buysnip-com-1.png> (11.10.2017).
- [7] Li L. "Time-of-flight camera—an introduction." *Technical White Paper*, 2014.
- [8] Zagura. "How Does The Kinect 2 Compare to the Kinect 1?". <http://zugara.com/how-does-the-kinect-2-compare-to-the-kinect-1> (16.01.2017).
- [9] Kora T, Soga M, Taki H. "Golf Learning Environment Enabling Overlaid Display of Expert's Model Motion and Learner's Motion Using KINECT". *Procedia Computer Science*, 60, 1559-1565, 2015.
- [10] Zarzuela MM, Pernas FJD, Calzón SM, Ortega DG, Rodríguez MA. "Educational Tourism through a Virtual Reality Platform". *Procedia Computer Science*, 25, 382-388, 2013.
- [11] Ayala NAR, Mendivil EG, Salinas P, Rios H. "Kinesthetic Learning Applied to Mathematics Using Kinect". *Procedia Computer Science*, 25, 131-135, 2013.
- [12] Munaro M, Ballin G, Michieletto S, Menegatti E. "3D flow estimation for human action recognition from colored point clouds". *Biologically Inspired Cognitive Architectures*, 5, 42-51, 2013.
- [13] Sanna A, Lamberti F, Paravati G, Manuri F. "A Kinect-based natural interface for quadrotor control". *Entertainment Computing*, 4(3), 179-186, 2013.
- [14] Stoyanov T, Mojtahedzadeh R, Andreasson H, Lilienthal AJ. "Comparative evaluation of range sensor accuracy for indoor mobile robotics and automated logistics applications". *Robotics and Autonomous Systems*, 61(10), 1094-1105, 2013
- [15] Sgorbissa A, Verda D. "Structure-based object representation and classification in mobile robotics through a Microsoft Kinect". *Robotics and Autonomous Systems*, 61(12), 1665-1679, 2013.
- [16] Du G, Zhang P. "Markerless human-robot interface for dual robot manipulators using Kinect sensor". *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 30(2), 150-159, 2014.
- [17] Rosado J, Silva F, Santos V. "Using Kinect for Robot Gesture Imitation". *Procedia Technology*, 17, 423-430, 2014.
- [18] Ukida H, Tanaka K. "Mobile robot operation by gesture recognition using continuous human motion". *2015 54th Annual Conference of the Society of Instrument and Control Engineers of Japan (SICE)*, Hangzhou, 28 Jul 2015.
- [19] Cheng L, Sun Q, Su H, Cong Y, Zhao S. "Design and implementation of human-robot interactive demonstration system based on Kinect". *2012 24th Chinese Control and Decision Conference (CCDC)*, Taiyuan, May 2012.
- [20] Tsai ZR. "Robust Kinect-based guidance and positioning of a multidirectional robot by Log-ab recognition". *Expert Systems with Applications*, 41(4), 1271-1282, 2014.
- [21] Chang YJ, Chen SF, Huang JD. "A Kinect-based system for physical rehabilitation: A pilot study for young adults with motor disabilities". *Research in Developmental Disabilities*, 32(6), 2566-2570, 2011.
- [22] Ray SJ, Teizer J. "Real-time construction worker posture analysis for ergonomics training". *Advanced Engineering Informatics*, 26(2), 439-455, 2012.
- [23] Filipe V, Fernandes F, Fernandes H, Sousa A, Paredes H, Barroso J. "Blind Navigation Support System based on Microsoft Kinect". *Procedia Computer Science*, 14, 94-101, 2012.
- [24] Gonçalves N, Rodrigues JL, Costa S, Soares F. "Automatic Detection of Stereotypical Motor Movements". *Procedia Engineering*, 47, 590-593, 2012.
- [25] Dutta T. "Evaluation of the Kinect™ sensor for 3-D kinematic measurement in the workplace". *Applied Ergonomics*, 43(4), 645-649, 2012.
- [26] Clark RA, Pua YH, Fortin K, Ritchie C, Webster KE, Denehy L, Bryant AL. "Validity of the Microsoft Kinect for assessment of postural control". *Gait & Posture*, 36(3), 372-377, 2012.
- [27] O'Donovan C, Hirsch E, Holohan E, McBride I, McManus R, Hussey J. "Energy expended playing Xbox Kinect™ and Wii™ games: a preliminary study comparing single and multiplayer modes". *Physiotherapy*, 98(3), 224-229, 2012.
- [28] Chang YJ, Han WY, Tsai YC. "A Kinect-based upper limb rehabilitation system to assist people with cerebral palsy". *Research in Developmental Disabilities*, 34(11), 3654-3659, 2013.
- [29] Semeraro F, Frisoli A, Loconsole C, Bannò F, Tammaro G, Imbriaco G, Marchetti L, Cerchiari EL. "Motion detection technology as a tool for cardiopulmonary resuscitation (CPR) quality training: A randomised crossover mannequin pilot study". *Resuscitation*, 84(4), 501-507, 2013.
- [30] Holmes H, Wood J, Jenkins S, Winship P, Lunt D, Bostock S, Hill K. "Xbox Kinect™ represents high intensity exercise for adults with cystic fibrosis". *Journal of Cystic Fibrosis*, 12(6), 604-608, 2013.
- [31] Sholukha V, Bonnechere B, Salvia P, Moiseev F, Rooze M, Jan SVS. "Model-based approach for human kinematics reconstruction from markerless and marker-based motion analysis systems". *Journal of Biomechanics*, 46(14), 2363-2371, 2013.
- [32] Zannatha JMI, Tamayo AJM, Sánchez ADG, Delgado JEL, Cheu LER, Arévalo WAS. "Development of a system based on 3D vision, interactive virtual environments, ergonomic signals and a humanoid for stroke rehabilitation". *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 112(2), 239-249, 2013.
- [33] Ferreira M, Carreiro A, Damasceno A. "Gesture Analysis Algorithms". *Procedia Technology*, 9, 1273-1281, 2013.
- [34] Ortega DG, Pernas FJD, Zarzuela MM, Rodríguez MA. "A Kinect-based system for cognitive rehabilitation exercises monitoring". *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 113(2), 620-631, 2014.

- [35] Galna B, Barry G, Jackson D, Mhiripiri D, Olivier P, Rochester L. "Accuracy of the Microsoft Kinect sensor for measuring movement in people with Parkinson's disease". *Gait & Posture*, 39(4),1062-1068, 2014.
- [36] Mellecker RR, McManus AA. "Active video games and physical activity recommendations: A comparison of the Gamercize Stepper, XBOX Kinect and XaviX J-Mat". *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(3), 288-292, 2014.
- [37] Pompeu JE, Arduini LA, Botelho AR, Fonseca MBF, Pompeu SMAA, Pasin CT, Deutsch JE. "Feasibility, safety and outcomes of playing Kinect Adventures!™ for people with Parkinson's disease: a pilot study". *Physiotherapy*, 100(2), 162-168, 2014.
- [38] Su CJ, Chiang CY, Huang JY. "Kinect-enabled home-based rehabilitation system using Dynamic Time Warping and fuzzy logic". *Applied Soft Computing*, 22, 652-666, 2014.
- [39] Diest M, Stegenga J, Wörtche HJ, Postema K, Verkerke GJ, Lamoth CJC. "Suitability of Kinect for measuring whole body movement patterns during exergaming". *Journal of Biomechanics*, 47(12), 2925-2932, 2014.
- [40] Huber ME, Seitz AL, Leeser M, Sternad D. "Validity and reliability of Kinect skeleton for measuring shoulder joint angles: a feasibility study". *Physiotherapy*, 101(4), 389-393, 2015.
- [41] Chang YJ, Chen SF, Chuang AF. "A gesture recognition system to transition autonomously through vocational tasks for individuals with cognitive impairments". *Research in Developmental Disabilities*, 32(6), 2064-2068, 2011.
- [42] Schwarz LA, Mkhitarian A, Mateus D, Navab N. "Human skeleton tracking from depth data using geodesic distances and optical flow". *Image and Vision Computing*, 30(3), 217-226, 2012.
- [43] Tang Y, Sun Z, Tan T. "Slice representation of range data for head pose estimation". *Computer Vision and Image Understanding*, 128, 8-35, 2014.
- [44] Budzan S, Kasprzyk J. "Fusion of 3D laser scanner and depth images for obstacle recognition in mobile applications". *Optics and Lasers in Engineering*, 77, 230-240, 2016.
- [45] Hayat M, Bennamoun M, El-Sallam AA. "An RGB-D based image set classification for robust face recognition from Kinect data". *Neurocomputing*, 171, 889-900, 2016.
- [46] Chattopadhyay P, Roy A, Sural S, Mukhopadhyay J. "Pose Depth Volume extraction from RGB-D streams for frontal gait recognition". *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 25(1), 53-63, 2014.
- [47] Sujono, Gunawan AAS. "Face Expression Detection on Kinect Using Active Appearance Model and Fuzzy Logic". *Procedia Computer Science*, 59, 268-274, 2015.
- [48] Sato K, Wu H, Chen Q. "High-speed and High-accuracy Scene Flow Estimation Using Kinect". *Procedia Computer Science*, 22, 945-953, 2013.
- [49] Jiang B, Zhao F, Liu X. "Observation-oriented silhouette-aware fast full body tracking with Kinect." *Journal of Manufacturing Systems* 33(1), 209-217, 2014.
- [50] Dominio F, Donadeo M, Zanuttigh P. "Combining multiple depth-based descriptors for hand gesture recognition". *Pattern Recognition Letters*, 50, 101-111, 2014.
- [51] Seer S, Brändle N, Ratti C. "Kinects and human kinetics: A new approach for studying pedestrian behavior". *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 48, 212-228, 2014.
- [52] Ibañez R, Soria A, Teyseyre A, Campo M. "Easy gesture recognition for Kinect". *Advances in Engineering Software*, 76, 171-180, 2014.
- [53] Chen L, Wei H, Ferryman J. "A survey of human motion analysis using depth imagery". *Pattern Recognition Letters*, 34(15), 1995-2006, 2013.