

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KINECT DESTEKLİ GERÇEK ZAMANLI SANAL
AYNA TASARIMI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gözde YOLCU

Enstitü Anabilim Dalı : **BİLGİSAYAR VE BİLİŞİM
MÜHENDİSLİĞİ**

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Serap KAZAN**

Ocak 2014

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

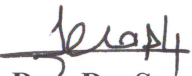
KINECT DESTEKLİ GERÇEK ZAMANLI SANAL
AYNA TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ


Gözde YOLCU

Enstitü Anabilim Dalı : BİLGİSAYAR VE BİLİŞİM
MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 03 / 01 /2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.


Yrd. Doç. Dr. Serap KAZAN
Jüri Başkanı


Doç. Dr. Celal ÇEKEN
Üye


Doç. Dr. Özdemir ÇETİN
Üye

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca ve tez çalışmamın her aşamasında yönlendirmeleri ve tavsiyeleri ile bana ışık tutan değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Serap KAZAN'a, tez konumu belirlemede ve çalışmalarım sırasında fikirlerini ve bilgilerini paylaşan değerli hocam Doç. Dr. Cemil ÖZ'e, çalışmayla ilgili karşılaştığım ümitsizliklerde bana moral veren ve test aşamasında yardım eden Arş. Gör. İsmail ÖZTEL'e, test aşamasında kendisine verdiğim rahatsızlığa rağmen güler yüzünü ve desteğini eksik etmeyen dostum Arş. Gör. Beyza EKEN'e sonsuz teşekkürler.

Ayrıca yaşamım boyunca arkamda duran, eğitim hayatımda kendilerinden aldığım destek ile bir adım ileriye gitmekte güç bulduğum annem Hacer YOLCU, babam Cemal YOLCU ve kardeşim Caner YOLCU'ya en özel teşekkür ve şükran duyguları ile...

Bu çalışma Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: 2013-50-01-017.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	x
ÖZET.....	xi
SUMMARY	xii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2.	
DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME ve SANAL GERÇEKLİK.....	5
2.1. Dijital Görüntü İşleme	5
2.1.1. Renkli görüntünün algılanması.....	7
2.1.2. Görüntü işlemede kullanılan teknikler.....	8
2.1.2.1. Örnekleme ve kuantalama	8
2.1.2.2. Eşikleme.....	9
2.1.2.3. Görüntü bölütleme	10
2.1.2.4. Geometrik dönüşümler.....	10
2.1.2.5. Aynalama	12
2.1.2.6. 3 boyutlu görüntüleme	13
2.1.3. Renk uzayları	13
2.1.4. Görüntülerde matematiksel işlemler	16
2.1.5. Görüntü formatları.....	17
2.2. Sanal Gerçeklik.....	18

2.2.1. Oyun ve eğlence dünyasında sanal gerçeklik uygulamaları	19
2.2.2. Eğitim alanında sanal gerçeklik uygulamaları.....	19
2.2.3. Tıp alanında sanal gerçeklik uygulamaları	20
2.2.4. Mühendislik alanında sanal gerçeklik uygulamaları ...	20
2.2.5. Alışveriş ve e-ticaret alanında sanal gerçeklik uygulamaları	20
2.2.6. Sanal gerçeklik donanımları.....	20

BÖLÜM 3.

KULLANILAN DONANIM ve YAZILIMLAR.....	23
3.1. Donanımlar.....	23
3.1.1. Microsoft Kinect	23
3.1.1.1. Kinect sensörünün bilgisayar ile entegrasyonu	26
3.1.1.2. Kinect kütüphaneleri	26
3.1.1.3. Kinect sensörünün görüntü yakalama mekanizması.....	27
3.1.1.4. Kinect sensörünün iskelet algılama mekanizması	27
3.1.2. Ekran (Monitör).....	28
3.1.2.1. CRT monitörler	29
3.1.2.2. LCD monitörler	29
3.1.2.3. Plazma monitörler	30
3.1.2.4. LED monitörler	30
3.1.2.5. Ekran çözünürlüğü.....	31
3.1.2.6. Tepki süresi.....	31
3.2. Yazılımlar.....	32
3.2.1. Matlab image acquisition toolbox ve image processing toolbox.....	32
3.2.2. Adobe Photoshop	32

BÖLÜM 4.

GERÇEK ZAMANLI SANAL AYNA	33
4.1. Algoritmanın tasarımı.....	33
4.2. Ön İşlemler.....	35
4.3. Kinect Cihazından Görüntü Alma.....	36
4.4. Kıyafet Listesini ve Renk Listesini Video Görüntüsüne Ekleme	36
4.5. Kullanıcı İskeletini Algılama.....	37
4.6. Kıyafet Seçme İşlemi.....	39
4.7. Kıyafet Yerleştirme İşlemi	40
4.8. Kıyafet Rengini Değiştirme	43
4.9. Kıyafeti z eksenine göre döndürme	45

BÖLÜM 5.

SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	46
KAYNAKLAR.....	48
ÖZGEÇMİŞ	51

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

BMP	: Bitmap (Bit haritası)
CRT	: Cathode Ray Tube (Katot Işınlı Tüp)
DSP	: Digital Signal Processing (Sayısal Sinyal İşlemciler)
e-ticaret	: Elektronik ticaret
GB	: Gigabyte
GHz	: Gigahertz
GIF	: Graphics Interchange Format (Grafik Değişirme Biçimi)
HD	: High definition (Yüksek çözünürlük)
HSV	: Hue-Saturation-Value (Ton-Doygunluk-Parlaklık)
IR	: Infrared
JPEG	: Joint Photographic Experts Group (Birleşik Fotoğraf Uzmanları Grubu)
Lab	: Lightness a b renk uzayı (a,b renk değişkenleri)
LCD	: Liquid-crystal display
LED	: Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
MR	: Magnetik Rezonans
ms	: Milisaniye
PNG	: Portable Network Graphics (Taşınabilir Ağ Grafiği)
PSD	: Photoshop Document (Photoshop Dosyası)
RAM	: Random Access Memory (Rastgele Erişimli Hafıza)
RGB	: Red Green Blue (Kırmızı Yeşil Mavi)
SD	: Standart Definition (Standart Çözünürlük)
SDK	: Software Development Kit
TIFF	: Tagged Image File Format (Takip edilen görüntü dosya formatı)
USB	: Universal Serial Bus
2B	: 2 boyutlu

3B : 3 boyutlu

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Dijital görüntünün yakalanması, gösterilmesi ve yorumlanması.....	5
Şekil 2.2. Temel ve ikincil renkler	7
Şekil 2.3. Görüntü örnekleri, (a) RGB, (b) gri seviyeli, (c) siyah beyaz	7
Şekil 2.4. Bir fotoğrafı değişik oranlarda örnekleme	9
Şekil 2.5. Farklı eşik değerlerinin bir resim üzerindeki etkisi (a) 0.3 eşik değeri, (b) 0.5 eşik değeri (c) 0.7 eşik değeri ile	9
Şekil 2.6. Bir görüntünün y eksenine göre aynalanmış hali. (a) Orijinal görüntü. (b) Aynalanmış görüntü	13
Şekil 2.7. RGB renk uzayı	14
Şekil 2.8. HSV renk uzayı	15
Şekil 2.9. Lab uzayı.....	16
Şekil 2.10. Sanal Gerçeklik Sistem Mimarisi	19
Şekil 2.11. Titreşimli bir eldiven örneği	21
Şekil 2.12. Başa takılan ekran örneği.....	21
Şekil 2.13. Vücut kiti örneği	22
Şekil 3.1. Kinect.....	23
Şekil 3.2. Kinect sensörünün algılama sınırları	24
Şekil 3.3. Kinect RGB kamerası ile alınan görüntü örneği.....	25
Şekil 3.4. Kinect derinlik kamerası ile alınan görüntü örneği.....	25
Şekil 3.5. Kinect donanım yapısı	27
Şekil 3.6. İnsan iskelet yapısı	28
Şekil 3.7. Bilgisayar ekranının koordinat düzlemi.....	29
Şekil 3.8. SD ve HD görüntü örneği	31
Şekil 4.1. Sanal ayna uygulamasının akış diyagramı	34
Şekil 4.2. Matlab ortamında Kinect'den görüntü alma komutları	36
Şekil 4.3. Kıyafet listesini video görüntüsüne eklemek	36

Şekil 4.4. Kıyafet ve renk listesinin eklenmiş hali.....	37
Şekil 4.5. Matlab ortamında Kinect iskelet haritasından yararlanma komutları.....	37
Şekil 4.6. Kişi iskeletinin tespiti	39
Şekil 4.7. Kıyafet seçimi	39
Şekil 4.8. Kol açısını bulma Matlab komutları	40
Şekil 4.9. İki bacak arasındaki dikey mesafenin bulunması	40
Şekil 4.10. Kıyafeti yeniden boyutlandıma Matlab komutları.....	41
Şekil 4.11. Matlab ortamında bir fotoğrafı alfa kanal bilgisi ile alma	41
Şekil 4.12. Bir fotoğraf ve fotoğrafa ait alfa kanal bilgisi.....	41
Şekil 4.13. Fotoğrafı arka planı şeffaf olarak ekleme	42
Şekil 4.14. Matlab’da RGB renk uzayından HSV renk uzayına dönüşüm ile renk değiştirme komutları	44
Şekil 4.15. Matlab’da kıyafeti z eksenine göre döndürme komutları	45
Şekil 5.1. Kıyafet ve kişi arasındaki senkronizasyon bozukluğu.....	47

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Bir görüntüye ait piksel değerlerinden bir kesit.....	6
Tablo 2.2. Geometrik dönüşüm matrisleri ve işlevleri.....	11
Tablo 2.3. Geometrik dönüşüm matrisleri ve işlevleri (devamı)	12
Tablo 2.4. Aynalama matrisleri.....	12
Tablo 2.5. H değerleri	16
Tablo 3.1. Kinect'in bulduğu eklem koordinatları	28
Tablo 4.1. Kıyafet veri tabanından bir örnek	35
Tablo 4.2. Kinect tarafından bulunan iskelet koordinatları.....	38
Tablo 4.3. Kol açısını bulma formülü	40
Tablo 4.4. Sanal aynadan örnekler	42
Tablo 4.5. Sanal aynadan örnekler (Devamı).....	43
Tablo 4.6. Renklere ilişkin H ve S değerleri	44
Tablo 4.7. Kıyafet rengini değiştirme örnekleri	45

ÖZET

Anahtar kelimeler: Sanal ayna, sanal giyinme, sanal gerçeklik, görüntü işleme, Kinect

İnternetin hayatımıza girmesi köklü değişiklikleri de beraberinde getirmiştir. Bu değişikliklerden biri de alışlagelmiş alışveriş yöntemlerinin, yerini online alışverişlere bırakmaya başlamasıdır. Online kıyafet alışverişlerinin dezavantajlarından biri, müşteriye kıyafetleri deneme imkanı sunulmamasıdır.

Bu çalışmada, sanal kıyafet deneme imkanı ile online alışverişlere katkı sağlamak ve mağaza alışverişlerinde zaman kaybını önlemek amaçlanmıştır. Uygulamada rastgele hareketler yapan bir kullanıcının, sanal ayna önünde kıyafet deneyebildiği bir sistem tasarlanmıştır. Bu sistem için gerçek zamanlı görüntü işleme ve sanal gerçeklik teknolojilerinden yararlanılmıştır. Kıyafetler, ekrandaki kıyafet listesinden kullanıcının el hareketleri ile seçilir. Ardından kullanıcı seçtiği sanal kıyafeti üzerindeymiş gibi görür. Eğer kullanıcı kıyafetin değişik renklerini denemek isterse, ekrandaki renk listesinden el hareketleri ile renk seçebilir. Kişi ve sanal ayna hareketlerinin senkronize olması için kıyafet veri tabanı kullanılmıştır. Gerçekçiliği artırmak için, sistem kullanıcı hareketlerini izler ve farklı duruşlar için kıyafetin veri tabanındaki farklı duruştaki resimleri ile mevcut görüntüyü günceller. Bu çalışmada, kişi ve kullanıcı hareketlerini algılamak, kıyafeti kullanıcıya göre boyutlandırmak ve kıyafeti uygun koordinatlara yerleştirmek için Kinect sensöründen yararlanılmıştır.

Yapılan uygulama gerçekçi bir izlenim oluşturmuş ve çalışma esnasında sistem gecikmesi gözlenmemiştir. Zaman zaman kişi hareketleri ve sanal kıyafet arasında senkronizasyon bozuklukları olabilmektedir. Bu durumu önlemek için kıyafet veri tabanı genişletilmelidir. Uygulama Kinect desteklidir ve kullanıcının bu sistemi kullanabilmesi için ortamda Kinect cihazı bulunması gerekmektedir. Standart kamera kullanımı ile bu sistemin tasarlanması, sistemin daha çok kişiye hitap etmesine olanak sağlar.

REAL TIME VIRTUAL MIRROR USING KINECT

SUMMARY

Key Words: Virtual mirror, Virtual try-on, Virtual reality, Image processing, Real time Systems, Kinect

With the introduction of the internet into our lives has brought fundamental changes. One of these changes is online shopping has began to replace conventional shopping methods. One of the disadvantage of online shopping methods is that customers can not be offered the opportunity to try clothes.

In this thesis, it is aimed to contribute to online shopping and to reduce the loss of time in the store shopping with the opportunity to try virtual garments. The study proposes a real time image processing approach for virtual clothes try on where an user acts in front of a virtual mirror. The clothes are selected from a list on a screen by the user's hand motions. Afterwards a virtual illusion occurs and the user sees him/herself on the mirror wearing the selected virtual clothes. If the user wants to see different color of the garment, he/she can select a color from the color list which left side on the monitor. To create a more realistic effect, the system takes into account different poses of the clothes according to different human motions. Also it was created a database for adopting all motions between the virtual clothes and the humanbeing. In this study it is benefitted from the Microsoft Kinect SDK (Software Development Kit) in order to follow the user's motion, resize the garment for user size and put on the clothes suitable coordinate.

The system works accurately, including the user fitting garment-resizing feature. Sometimes it works intermittently; to avoid this, more posed-clothing images can be uploaded to the database. In addition, the system uses Kinect; therefore, in order to use this system the user must have Kinect. As a means to increase the program functionality, making it more useful to a greater number of users, using a standard camera to record skeleton joint images is being considered, in place of Kinect.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Görüntü işleme, görüntülerin bilgisayar aracılığı ile incelenip amaca uygun olarak değerlendirildiği son yıllarda oldukça ilgi çeken ve gelişmekte olan bir bilişim dalıdır [1]. Tıp, askeri, güvenlik vb. alanların yanı sıra son zamanlarda alışveriş dünyasına da görüntü işleme çalışmaları yansımıştır.

İnternetin hayatımıza girmesi bir devrim niteliğinde olsa da artık hayatın vazgeçilmez parçası haline gelmiştir. İnternet milyonlarca firmayı, ürünü ve insanı birleştiren sosyal bir ortam olup köklü değişiklikleri beraberinde getirmiştir. Bu değişikliklerden bir tanesi de e-ticareti (elektronik ticaret) insan hayatına sokmasıdır. Sayıları hızla artan e-ticaret siteleri, alışveriş alışkanlıklarını değiştirmeye başlamıştır. Teknolojik gelişmelerin etkisi ile birlikte bir çok insan artık alışveriş için mağazalara gitmeyi zaman kaybı olarak görmekte ve bu nedenle online alışverişlere yönelmektedir. Sanal alışveriş siteleri sayesinde insanlar kısa bir araştırma ile milyonlarca ürüne ulaşabilmekte ve zaman kaybı yaşamadan ürüne sahip olabilmektedirler. Online alışverişler, insanların online perakendecilerden alışveriş yapmasına olanak sağlayarak, fiziksel mağazaları ziyaret etme zorunluluğunu ortadan kaldırma yolunda büyük bir adım atmış ve insanların günlük yaşam alışkanlıklarında büyük verimlilik sağlamıştır [2].

Elektronik ticaretin ekonomik verimliliğe katkısı aşağıdaki gibidir [2].

1. Zaman ve mekânsal olarak fayda sağlar.
2. Dağıtım ve işlem maliyetlerini azaltır.
3. Alıcı ve satıcıların daha fazla bilgiye ulaşmasına yardımcı olur.
4. Müşterilerin, seçenek ve ulaştıkları tedarikçi sayısını arttırır.

Alışverişin bu yeni şekli, insanlara sunduğu kolaylıklar ve olanaklar sayesinde dikkat çekici bir şekilde büyüse de; online alışverişlerden doğan bazı dezavantajlar insanların sanal alışverişlere çekimser yaklaşmasına neden olmaktadır. Bu dezavantajlardan bir tanesi de kullanıcının sanal kıyafeti deneme imkanını sanal alışverişlerde bulamamasıdır. Bu dezavantajı ortadan kaldırabilmek ve kullanıcıya kıyafet deneme imkanı sunabilmek için sanal ayna sistemlerinden yararlanılabilir. Sanal ayna sistemleri online alışverişlere destek sağlamak için geliştirilen görüntü işleme konulu projelerdir. Bu sistemler sayesinde, kullanıcılar kıyafetle fiziksel olarak bağlantı kurmadan ve fazla zaman kaybetmeden kıyafeti deneme imkanı bulabilmektedirler.

Son zamanlarda literatürde sanal ayna çalışmaları yer almaya başlamıştır. Örneğin Zhou ve arkadaşları kullanıcının ekran önünde serbest hareketler yaparak kıyafet denediği bir sanal ayna sistemi oluşturmuşlardır. Yapılan çalışmada bir model ekran karşısına geçerek temel hareketleri önceden yapmış ve bu hareketler kaydedilmiştir. Kaydedilen bu videolar, Adobe After Effects programı ile işlenmiştir. Ardından video karelerinden veri tabanı oluşturulmuştur. Çalışma zamanında yapılan her hareket için ilgili fotoğraf veri tabanından çekilip kullanıcının üzerinde kıyafet gösterilmiştir [3]. Wang ve ekibi online çanta satışı için bir sanal ayna sistemi üzerinde çalışmışlar, kullanıcıların değişik kol açılarında ve farklı pozisyonlarda çantayı denemesini sağlamışlardır [4]. Giovanni ve arkadaşları Kinect sensör ve HD (high definition-yüksek çözünürlük) kamera kullanarak sanal giyinme odası sistemi oluşturmuşlardır. Ayrıca iskelet takibinde kullanılan Kinect for Windows SDK ve OpenNI SDK'larını performans açısından karşılaştırmışlardır [5].

Sanal ayna sistemleri, online alışverişler dışında eğitim amaçlı olarak da kullanılmaktadır. Örneğin Casas ve arkadaşları otistik çocuklara belirli alışkanlıkları kazandırmak amacı ile bir sanal ayna sistemi oluşturmuşlar ve çocukların sanal objelerle kendilerini aynı ortamda görmesi ve onları kullanabilmesi sağlanmıştır [6]. Blum ve arkadaşları ise anatomi eğitimi için bir sistem oluşturmuşlardır. Bu sistemde insanlar kendi iç organlarını görüyormuşçasına bir izlenim oluşturulmuş ve iç organların yerini öğretmek amaçlanmıştır [7].

Bu çalışmanın amacı, kullanıcılara sanal ortamda gerçek zamanlı olarak kıyafet deneme imkanı sunmaktır. Uygulamada Kinect sensöründen yararlanılmıştır. Kinect; RGB kamera, derinlik algılayıcı kameralar ve mikrofonlardan oluşan bir sensördür. Ayrıca Kinect sensörü, insan iskeletine ait 20 adet eklem noktasını bulabilmektedir. Tez çalışmasında da kıyafeti boyutlandırma, kıyafeti kullanıcı üzerine yerleştirmede ve kullanıcı hareketlerini izlemede Kinect iskelet haritası verilerinden yararlanılmıştır. Ön çalışma olarak Microsoft Kinect sensörü ile kişinin farklı duruşlarında vücuduna ait açılar hesaplanmış ve kıyafetlerin her bir duruşu için fotoğraflar çekilmiştir. Ardından fotoğraflar Adobe Photoshop programı ile düzenlenmiş, sadece kıyafetlerin olduğu bölüm kesilmiş ve veri tabanına değişken değeri ile birlikte kaydedilmiştir.

Çalışma Matlab ortamında programlanmıştır. Sistemin çalışma esnasında kullanıcı, sanal ayna olarak kullanılacak ekranın karşısına geçer ve sağ elini kullanarak ekranın sağ tarafında bulunan kıyafet listesinden bir kıyafet seçer. Microsoft Kinect yardımı ile sistem sağ el koordinatlarını takip eder. Sağ elin üzerinde bulunduğu kıyafet kullanıcının üzerinde gösterilir. Kullanıcının serbest olarak yaptığı hareketler de gerçek zamanlı olarak sanal kıyafete yansır, iskelet koordinatları Kinect tarafından takip edilir ve uygun fotoğraf veri tabanından çekilip kullanıcı üzerinde gösterilir. Ardından kullanıcı sol elini kullanarak ekranın solunda bulunan renk listesinden istediği rengi seçerek kıyafetin değişik renklerini de deneyebilir.

İkinci bölümde algoritmada kullanılan sanal gerçeklik ve görüntü işleme teknolojileri ile ilgili bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde uygulamada kullanılan yazılım ve donanımlar anlatılmıştır. Uygulamada donanım olarak kullanılan Microsoft Kinect for Windows sensörü tanıtılmış ve kullanılan Matlab kütüphaneleri ile Adobe Photoshop programı anlatılmıştır.

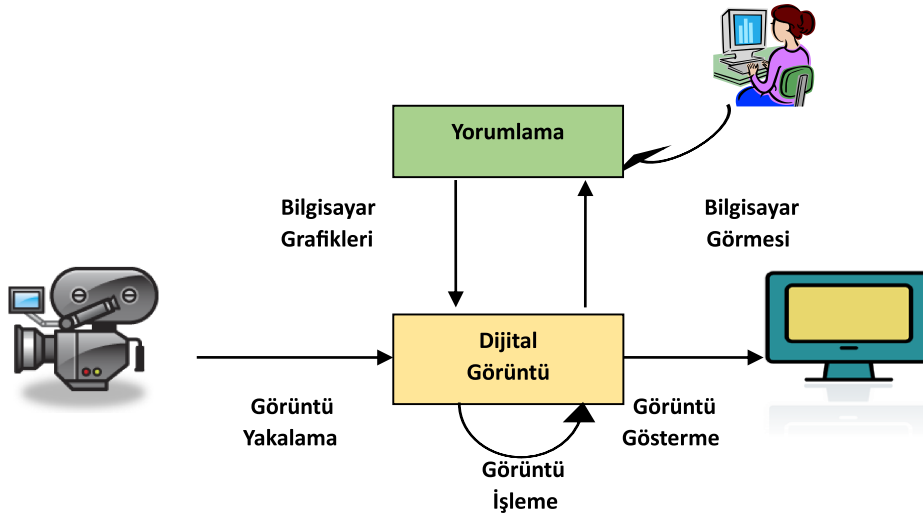
Dördüncü bölümde bu tez çalışması kapsamında yapılan uygulama algoritması detaylarıyla açıklanmıştır.

Beşinci bölümde ise bu çalışmanın sonuçlarına değinilerek uygulamanın sağladığı yararlar ve dezavantajları üzerinde durulmuş, sistemde karşılaşılan hatalar ve sistem gereksinimleri hakkında değerlendirme yapılarak uygulamaya dair önerilerde bulunulmuştur.

BÖLÜM 2. DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME ve SANAL GERÇEKLİK

2.1. Dijital Görüntü İşleme

Dijital görüntü işleme, görüntü cihazlarıyla alınan fotoğrafın bilgisayardaki dijital sinyal işlemciler (DSP-Digital Signal Processing) ile işlenerek görüntülenmesidir [8]. Görüntü yakalama cihazları ile görüntü dijitalleştirilirken gerçek dünyadaki açılar ve uzaklıklar kaybolmaktadır. Şekil 2.1’de dijital görüntü işleme blok diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Dijital görüntünün yakalanması, gösterilmesi ve yorumlanması [8]

Görüntü işleme; yapay zeka, robotik, sanal gerçeklik, biyofizik, makine öğrenmesi, bilgisayar grafikleri gibi pek çok alanla bağlantılıdır. Örneğin bilgisayar grafikleri çizgi, daire gibi temel şekillerin çiziminden görüntüleri oluşturur. Görüntü işleme ise bu işlemin tersidir. Görüntü işleme görüntülerdeki temel şekilleri bulmayı amaçlar. Görüntü tanıma sayısal ve sembolik verilerin sınıflandırılmasıdır. Nesne tanıma işleminde görüntü tanımadan yararlanır. Biyofizik insan görme sistemi ile ilgilenirken, bilgisayar görmesinde de insan görme işlemi modellenmiştir [9].

Görüntü işleme; plaka tanıma sistemlerinde, araçların hızlarının belirlenmesinde, araç, kişi, nesne takibinde, parmak izi tanıma, yüz tanıma ve iris tanıma gibi güvenlik sistemlerinde, röntgen filmi ve MR (magnetik rezonans) filmindeki kırık kemik tespitinde, tümör belirlemede, engellilere yardımcı teknolojilerde, görsel veri arama motorlarında, tarımda ürünün kalitesinin belirlenmesinde sıklıkla kullanılan bir bilişim dalıdır.

Dijital görüntü iki boyutlu bir a matrisidir ve ixj boyutlu a_{ij} elemanlarından oluşur. Bu elemanların her birine piksel denir. Piksel bir görüntünün en küçük parçasıdır. Bir fotoğrafa ait piksel değerlerinden bir kesit Tablo 2.1'de gösterilmiştir.

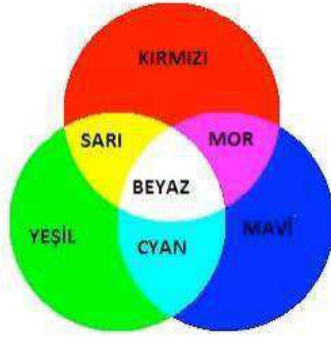
Tablo 2.1. Bir görüntüye ait piksel değerlerinden bir kesit

112	103	98	86
111	106	93	83
110	98	87	80
105	91	84	70
92	78	74	64
90	80	70	54
78	69	61	56

3 temel sayısal görüntü çeşidi vardır:

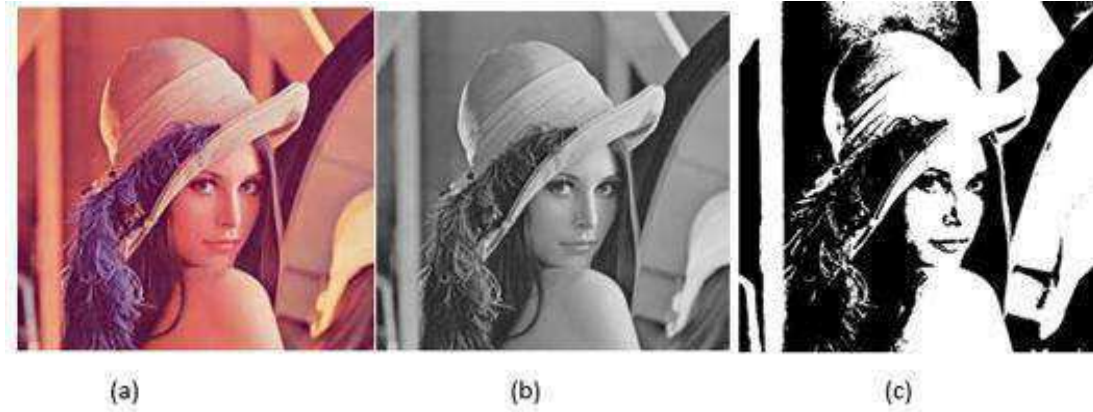
1. Renkli görüntü (RGB) - (Red Green Blue -Kırmızı Yeşil Mavi)
2. Gri seviye görüntü
3. Siyah-beyaz (binary) görüntü [8]

Renkli görüntü 3 temel rengin farklı oranlarda birleşmesi ile oluşur. Kırmızı (red), yeşil (green) ve mavi (blue) temel renklerdir ve RGB ile sembolize edilir. İnsan gözü, yapısından dolayı bütün renkleri bu 3 temel rengin kombinasyonundan oluşmuş gibi algılar. Temel renklerin bir araya gelmesiyle ikincil renkler oluşur. Bunlar mor (kırmızı+mavi), cyan (yeşil+mavi), sarı (kırmızı+yeşil) renkleridir. Belirli bir oranda bir araya gelen temel renkler beyaz rengi oluşturur. Ayrıca ikincil renklerden bir tanesi ve bu rengin tersi bir araya gelirse beyaz renk elde edilir [10]. Şekil 2.2'de temel renkler ve ikincil renkler gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Temel ve ikincil renkler [10]

Renkli görüntüde her bir renk bandı 8 bit ile gösterilir, bir piksel ise $3 \times 8 = 24$ bit ile gösterilir. Gri seviyeli görüntüde her piksel 8 bit ile ifade edilir. Siyah-beyaz görüntü ise en basit görüntü tipidir. Bu görüntüde her piksel sadece 1 bit ile temsil edilir ve piksel değerleri 0 ya da 1 ile ifade edilir. Şekil 2.3’de RGB, gri seviyeli ve siyah beyaz görüntü örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Görüntü örnekleri, (a) RGB, (b) gri seviyeli, (c) siyah beyaz

2.1.1. Renkli görüntünün algılanması

Görüntü işlemede görüntüler, insan görme sistemini baz alarak işlenir. Bu nedenle görüntülerin izleyici tarafından nasıl bilgiye dönüştüğünü bilmek önemlidir. Bu akışı bilmek, bir görüntü işleme projesinde algoritma tasarımı adımını kolaylaştırır. İnsan görme sistemi, renkli bir görüntü bilgisini 3 algısal değişken ile algılar. Bunlar; renk tonu, renk yoğunluğu ve aydınlıktır [9].

Renk tonu farklı dalga boyları ile meydana gelir. Dalga boyunun 430 ve 480 nanometre arası mavi, 500 ve 550 nanometre arası yeşil, 570 ve 600 nanometre arası sarı, 610 nanometre ve yukarısı kırmızı olarak algılanır Siyah, gri ve beyaz bir renk olmasına karşın renk tonu olarak ele alınmamaktadır [9].

Renk yoğunluğu, rengin beyaz ışık ile seyreltilme derecesidir. Saf renk tonuna beyaz ışık eklendikçe renk yoğunluğu azalır. Yoğunluğu düşük olan renkler daha soluk gözüktür, yüksek yoğunluklu renkler ise daha parlaktır. %100 yoğunluklu saf bir renk hiç beyaz ışık içermemektedir [9].

Aydınlık, yansıyan nesnelere yoğunluğunun algılanmasıdır. Kendisi aydınlık olan nesnelere algılanan yoğunluğudur.

Zıtlık bir görüntünün en koyu bölgesinden en açık bölgesine doğru olan derecelendirilmedir. Bir görüntünün zıtlığı arttıkça, izleyici aynı görüntüdeki detayları daha rahat algılar.

2.1.2. Görüntü işlemede kullanılan teknikler

2.1.2.1. Örnekleme ve kuantalama

Görüntüler bilgisayarlarda 2 boyutlu sayı dizisi şeklinde depolanır. Bu sayılar, renk, grilik seviyesi yoğunluğu, parlaklık gibi farklı bilgilerle alakalı olabilir.

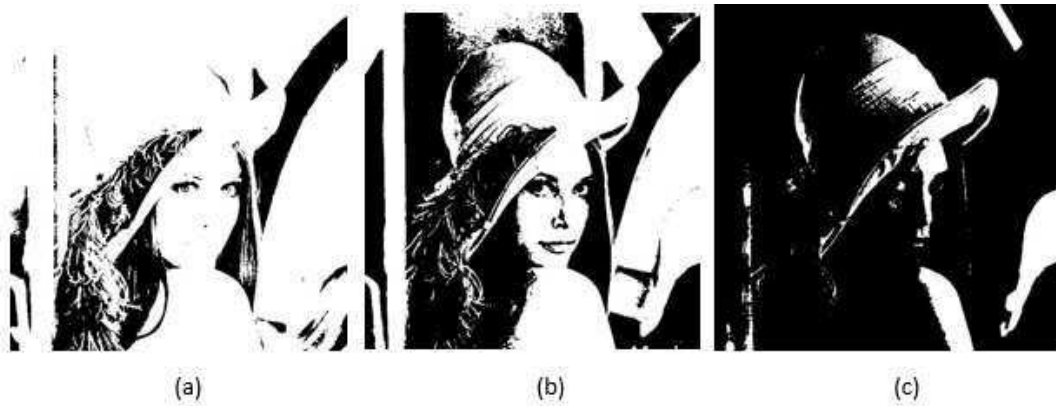
Bir görüntüyü bilgisayarda işlemeye önce, görüntüyü dijital forma dönüştürmek gerekir. Bu işlem dijitalleştirici gerektirir. En yaygın kullanılan dijitalleştiriciler tarayıcılar (scanners) ve dijital kameralardır. Dijitalleştirici iki fonksiyona sahiptir; bunlar örnekleme ve kuantalamadır. Örnekleme bir veriyi aralıklı veri noktaları ile temsil eder. Bu veri noktalarının bilgisayarda saklanması gerektiği için, ikili (binary) formata dönüştürülmesi gerekir. Kuantalama her bir değeri ikili bir değere atar. Şekil 2.4'de değişik oranda örneklemenin bir fotoğraf üzerindeki etkisi gösterilmiştir [11].



Şekil 2.4. Bir fotoğrafı değişik oranlarda örnekleme

2.1.2.2. Eşikleme

Eşikleme, belirli bir amaç için belirlenen bir değere göre görüntünün piksel değerlerinin atılması ve yerine diğer değer yerleştirilmesidir. Genellikle gri tonlu görüntüden, ikili görüntü elde etmek için kullanılır. Renkli görüntülerde de kullanılabilir. Çoğunlukla görüntülerdeki gürültüyü yok etmek için kullanılır. Eşikleme yaparken bir eşik değeri belirlenir ve bu değer üstündeki değerler için çıktı görüntüsündeki ilgili piksele 1, altındaki değerler için ise 0 değeri atanır [10]. Şekil 2.5’de (a) görüntüsü 0.3 eşik değeri ile, (b) görüntüsü 0.5 eşik değeri ile, c görüntüsü ise 0.7 eşik değeri ile eşiklenmiştir.



Şekil 2.5. Farklı eşik değerlerinin bir resim üzerindeki etkisi (a) 0.3 eşik değeri, (b) 0.5 eşik değeri (c) 0.7 eşik değeri ile

2.1.2.3. Görüntü bölütleme

Görüntü bölütleme nesnelere anlamlı parçalarını ifade eden bölgeleri bulmaktır. Görüntü bölütleme teknikleri; bölge büyütme ve küçültme, gruplandırma metotları ve sınır bulma olarak üç alt başlıkta incelenir. Görüntü segmentasyonun amacı görüntüyü daha anlamlı ve analiz için kolay hale getirmektir. Genellikle resmin içindeki benzer karakteristikli pikselleri ve nesnelere bulmak için kullanılır. Segmentasyon; tıbbi görüntüleme, tümörlerin belirlenmesi ve incelenmesinde, doku hacimlerini belirlemede, hastalık tanısı, tedavi planlaması ve anatomik yapı çalışmalarında yaygın kullanılmaktadır. Ayrıca uydu resimlerinde nesnelere yerlerinin tespiti, yüz tanıma uygulamalarında yüzdeki organların tespitinde, parmak izi tanıma, trafik kontrol sistemleri gibi daha birçok konuda görüntü segmentasyonu kullanılmaktadır. Bu sistemlerin verimli çalışması için en gerekli ve kritik aşamalardan biri görüntü bölütlemesidir. Görüntü segmentasyonu genellikle gri tonlu resimlere uygulanmaktadır. Görüntü işleme alanında gri tonlu görüntü segmentasyonuna ilişkin birçok farklı yöntem geliştirilmiştir. Fakat renkli resimler gri tonlu resimlerden çok daha fazla bilgi içerdiğinden ve bilgisayarlar renkli görüntüleri de hızlı ve kolayca işleyebildiğinden renkli görüntü segmentasyonu da son zamanlarda artmıştır. Renkli görüntü segmentasyonunda, renk uzayının her bir parametresine (örneğin RGB renk uzayı için parametreler R, G, B'dir) ayrı ayrı gri tonlu görüntüye uygulanan yöntemler uygulanarak segmentasyon yapılır. Ardından elde edilen sonuçlar birleştirilir [12].





2.1.2.4. Geometrik dönüşümler

Geometrik dönüşümler, görüntünün koordinat eksenlerine göre ölçeklenmesi, döndürülmesi ve ötelenmesi işlemlerinin genel adıdır. Dönüşümün genel ifadesi aşağıdaki gibidir.



$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ 1 \end{bmatrix} = A * \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

Burada A 3x3 boyutlu bir matristir. A matrisine değişik elemanlar yerleştirilerek dđnüşümün özel formları oluşturulur. Tablo 2.2 ve Tablo 2.3’de geometrik dđnüşüm formları, dđnüşüm matrisleri ile birlikte verilmiş ve son sütünunda bir örnek gösterilmiştir.

Tablo 2.2. Geometrik dđnüşüm matrisleri ve işlevleri [9]

Dđnüşüm formu	Dđnüşüm Matrisi	Örnek
Gerçek	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	
Dđnüş	$\begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	
Germe (Yatay)	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ \alpha & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	
Germe(Dikey)	$\begin{bmatrix} 1 & \beta & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	

Tablo 2.3. Geometrik dönüşüm matrisleri ve işlevleri (devamı)

Ölçekleme	$\begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	
Öteleme	$\begin{bmatrix} s_x & 0 & 0 \\ 0 & s_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	

2.1.2.5. Aynalama

Eksenlere göre aynalama matrisleri Tablo 2.4'de gösterilmiştir. Bu matrisler fotoğraf matrisi ile çarpıldığında, aynalanmış görüntü oluşur.

$$A * X = B$$

(2.2)

Burada A görüntü matrisi iken, X aynalama matrisidir. B ise aynalanmış görüntüdür. Şekil 2.6'da ise bir görüntünün y eksenine göre aynalanmış hali gösterilmiştir; (a) fotoğrafı gerçek görüntü, (b) fotoğrafı ise y eksenine göre aynalanmış görüntüdür.

Tablo 2.4. Aynalama matrisleri [9]

X eksenine göre aynalama matrisi	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
Y eksenine göre aynalama matrisi	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$
Z eksenine göre aynalama matrisi	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix}$



Şekil 2.6. Bir görüntünün y eksenine göre aynalanmış hali. (a) Orijinal görüntü. (b) Aynalanmış görüntü

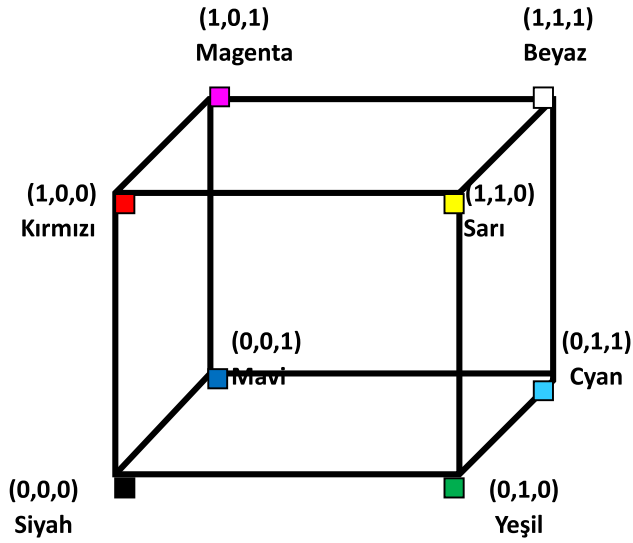
2.1.2.6. 3 boyutlu görüntüleme

Sayısal görüntülerde; derecelendirme, sınıflandırma gibi bazı işlemler için iki boyutlu görüntüler bazen yeterli olmamaktadır. Bu durumda 3B (3 boyutlu) tekniğinden yararlanır. 3B görüntüleme tekniği bir seri 2B (2 boyutlu) görüntüden yeni görüntü türetme yöntemidir. Farklı açılardan ele alınan 2B görüntüler birleştirilerek 3B görüntüler oluşturulur [13].

2.1.3. Renk uzayları

Renkli görüntülerin gösterimi için çeşitli renk uzayları kullanılmaktadır. Her renk uzayının diğerine göre farklı avantajları olduğundan birbirleri arasında dönüşümler yapılabilir.

Manuel fotoğraf makinalarında, tüplü ekranlarda, webde yaygın olarak kullanılan renk uzayı RGB renk uzayıdır. RGB renk uzayı; kırmızı, yeşil ve mavinin değişik oranlarda karıştırılmasıyla elde edilir. Her bir renk bileşeni 0-255 arasında değerler alır. Bu renk uzayında temel renkler olan kırmızı, yeşil, mavinin değişik oranlarda birleştirilmesiyle diğer renkler elde edilir. Her renk %100 oranında karıştırılırsa beyaz renk, %0 oranında karıştırılırsa siyah renk elde edilir. RGB renk uzayına ait birleşim oranları ve oluşan renkler Şekil 2.7'de gösterilmiştir.

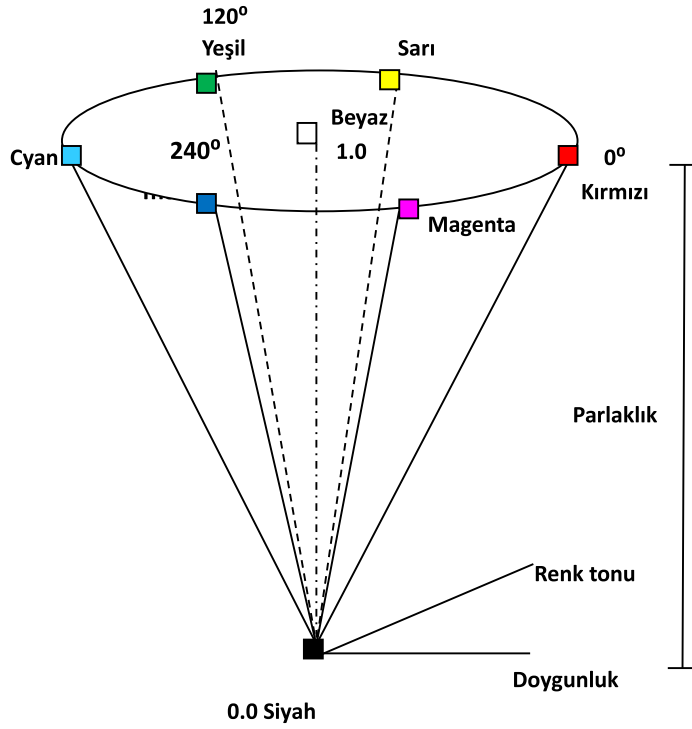


Şekil 2.7. RGB renk uzayı [12]

Yapılan çalışmalar RGB'nin segmentasyonda çok başarılı sonuçlar vermediğini göstermiştir. Buna rağmen RGB'nin kolay çalışılabilirliği bilim dünyasında popülerliğini korumaktadır [12].

HSV (Hue-Saturation-Value) renk uzayında parametreler, renk tonu, doygunluk ve rengin parlaklık değeridir. Renk tonu, baskın olan dalga boyunu; doygunluk, rengin canlılığını ifade eder. Parlaklık değeri 0 ise renk siyah, 1 ise beyazdır [14].

HSV uzayı yoğunluk, ton gibi bilgiler kullandığı için görüntü segmentasyonunda oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır [12]. Şekil 2.8'de HSV renk uzayına ilişkin grafik gösterilmiştir. H değerleri ise Tablo 2.5'de gösterilmiştir



Şekil 2.8. HSV renk uzayı [12].

$$V = m$$

$$S = \begin{cases} \frac{(m-n)}{m}, & \text{eğer } m \neq 0 \\ 0, & \text{değilse} \end{cases} \quad (2.4)$$

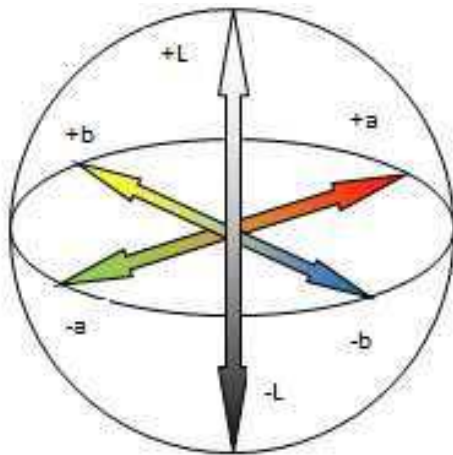
$$H = \begin{cases} \text{tanımsız}, & \text{eğer } S = 0 \\ \frac{60 \times (B-r)}{\delta}, & m = R \\ \frac{60 \times (B-R)}{\delta+120}, & m = G \\ \frac{60 \times (R-G)}{\delta} + 240, & m = B \end{cases} \quad (2.5)$$

RGB renk uzayından HSV renk uzayına dönüşüm için Denklem 2.3, 2.4 ve 2.5 kullanılır. Burada; H, S ve V değerleri HSV renk uzayının renk parametrelerini, m değeri $\max(R,G,B)$ 'yi, n değeri $\min(R,G,B)$ 'yi, δ ise $(m-n)$ değerini ifade eder.

Tablo 2.5. H değerleri [14]

Açı değeri	Renk tonu
0 - 60	Kırmızı
60 - 120	Sarı
120 - 180	Yeşil
180 - 240	Cyan
240 - 300	Mavi
300 - 360	Magenta

Lab renk uzayında L parlaklık değeridir; $(0, 100)$ aralığında değerler alır. İkinci parametre a yeşil-kırmızı ton, b ise mavi-sarı doygunluktur. Bu iki değer, $(-120, 120)$ arasında değer alabilir. Lab renk uzayına ait grafik Şekil 2.9'da gösterilmiştir [14].



Şekil 2.9. Lab uzayı [14]

2.1.4. Görüntülerde matematiksel işlemler

Aritmetik işlemler iki veya daha fazla görüntü üzerinde piksel piksel gerçekleşir. Bu işlemler; çıkarma, toplama, çarpma ve bölme işlemleridir. İki görüntü üzerinde matematiksel işlem yapmak için iki görüntünün boyutu eşit olmalıdır [10].

Çıkarma işlemi hareket tespiti için kullanılabilir. Sahnede farklı zamanlara ait çekilmiş görüntüler birbirinden çıkarıldığında eğer bütün piksel değerleri sıfır olan siyah bir

resim oluşursa sahnede hareket olmamıştır. Hareket olduysa, hareketin olduğu yerler sıfırdan farklı değerde olur, böylece değişim fark edilir [1].

Toplama, iki resimdeki bilgiyi bir araya getirmek için kullanılır. Örneğin bir sistemde kullanıcıya kıyafet giydirmek istenirse kıyafetin fotoğrafı ile kullanıcının fotoğrafı toplama işlemine tabi tutulur.

Bölme işlemi bir değerın tersinin diğer değere çarpılması şeklinde yapılır [10]. Çarpma ve bölme işlemleri ise genellikle resimlerin parlaklığını ayarlamak için kullanılır [1].

2.1.5. Görüntü formatları

JPEG (Joint Photographic Experts Group (Birleşik Fotoğraf Uzmanları Grubu) formatı, HTML belgelerindeki fotoğraflar gibi sürekli ton içeren görüntüleri İnternet ve diğer çevrimiçi servisler üzerinden görüntülemek için yaygın olarak kullanılır. JPEG formatı CMYK, RGB ve Gri Tonlama renk modlarını destekler, ancak saydamlığı desteklemez. JPEG bir RGB görüntüsündeki tüm renk bilgilerini korur ancak verileri seçme yoluyla atarak dosya boyutunu sıkıştırır [15].

PNG (Portable Network Graphics - Taşınabilir Ağ Grafiği) formatı kayıpsız sıkıştırma ve web görüntüleri için kullanılır. PNG kenarları pürüzlü olmayan bir arka plan saydamlığı oluşturur ancak bazı web tarayıcıları PNG görüntüleri desteklemez. PNG, RGB görüntülerdeki saydamlığı korur. PNG dosyalarındaki saydamlık bilgileri alfa kanalı içerisinde saklanmaktadır [15].

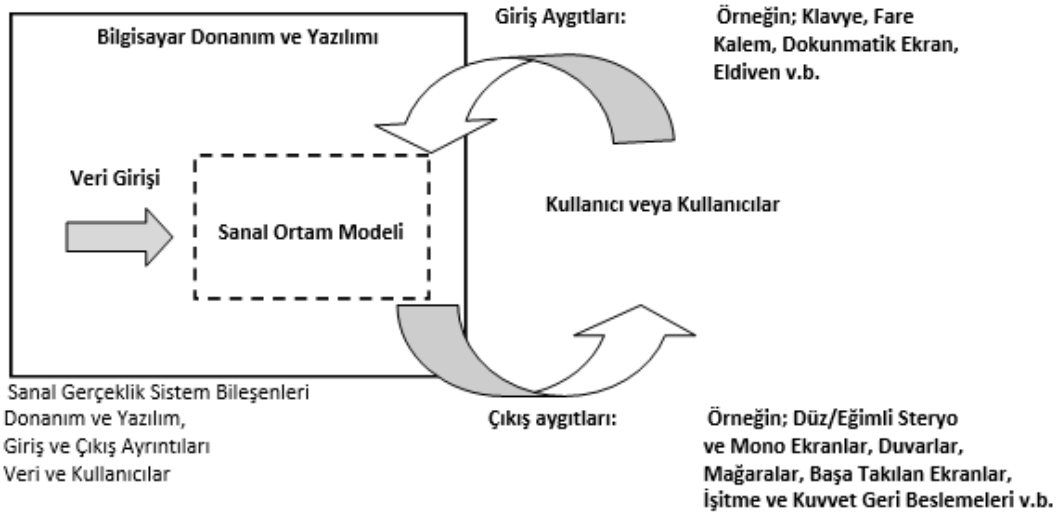
Bunların dışında GIF (Graphics Interchange Format-Grafik Değişirme Biçimi), TIFF (Tagged Image File Format), BMP (Bitmap -Bit haritası), PSD (Photoshop Document) gibi görüntü formatları da bulunmaktadır.

2.2. Sanal Gerçeklik

Dış dünya ve madde olmadan algıların gerçekçi yaşanabileceğine dair örnekler sunan sanal gerçeklik kavramı son yıllarda ortaya çıkan teknolojik bir kavramdır. Sanal gerçeklik, insanların duyu organlarının bazı cihazlar yardımıyla uyarılarak, bilgisayarda canlandırılan üç boyutlu görüntülerin onlara gerçek bir dünya gibi gösterilmesidir. Bu şekilde algılanılması sağlanan ortama sanal ortam denir. Son zamanlarda birçok alanda farklı amaçlarla kullanılan bu teknolojiye “yapay gerçeklik”, “sanal dünyalar”, “sanal ortamlar” gibi isimler de verilmektedir [13].

Sanal gerçeklik sistemlerinde amaç; özel cihazlar kullanan kişinin gördüğü görüntüyü gerçek zannetmesi ve kendisini bu görüntüye kaptırmasıdır. Sanal dünya oluşturmak için kullanılan cihazlar, insanın beş duyusunu uyaracak şekilde tasarlanmıştır. Bunlar dokunma hissi veren elektronik eldiven, görüntü sağlayıcı olarak kullanılan gözlük, başlık gibi örneklenebilir. Örneğin, kullanıcı eline elektronik eldiven taktığında, bu eldivenin içindeki mekanizmanın etkisiyle, parmak uçlarına bazı sinyaller verilir ve bu sinyaller beyne iletilir. Beyin bu sinyalleri yorumlar ve kullanıcı gerçekte hiç olmadığı halde yüzeyde girinti çıkıntı varmış gibi algılayabilir. Bazen bir oda büyüklüğündeki bir küpün tüm duvarlarına ve zeminine stereo görüntüler yansıtılır ve bu odaya giren kişiler, taktıkları stereo gözlüklerle odada dolaşp kendilerini farklı mekanlarda, örneğin bir şelale kenarında, bir dağın zirvesinde vb. görebilirler. Elektronik eldivenlerle sanal dünyadaki eşyalara dokunabilir ve onların yerlerini değiştirebilirler. Bu ortamlarda ses de çok inandırıcıdır. Ses her yönden farklı derinliklerde verilebilir [13].

Sanal gerçeklik mimarisi Şekil 2.10’da gösterildiği gibi bilgisayar donanımı ve yazılımı, giriş ve çıkış aygıtları ile kullanıcılardan oluşmaktadır [13].



Şekil 2.10. Sanal Gerçeklik Sistem Mimarisi

2.2.1. Oyun ve eğlence dünyasında sanal gerçeklik uygulamaları

Sanal gerçeklik uygulamaları son zamanlarda birçok alanda kullanılmaktadır. Oyun ve eğlence dünyası sanal gerçekliğin ilk uygulama şansı bulduğu alanlardır [16]. Oyun dünyası sanal gerçeklik ile daha çekici bir hal almıştır. Pek çok bilim kurgu filminde sanal gerçeklik teknolojisinden yararlanılmıştır. İzleyiciler 3D gözlükler ve hareket mekanizmalı koltuklar yardımı ile kendilerini filmin içinde gibi hissederek film izleyebilmektedirler.

2.2.2. Eğitim alanında sanal gerçeklik uygulamaları

Sanal gerçeklik eğitim alanında da sıklıkla uygulanmaktadır. Sürücü eğitimlerinde, simülasyonlarla kazanılan öğrenim gerçek hayata dair tecrübeler kazandırmaktadır. Ayrıca tıp eğitimlerinde, doktor adaylarının gerçek ameliyatlardan önce simülasyonlarda ameliyatlar yapması da eğitim alanındaki uygulamalardandır. Askeri personelin eğitimi için; uçak, gemi ve denizaltı simülasyonları ortaya çıkmıştır [17].

2.2.3. Tıp alanında sanal gerçeklik uygulamaları

Tıp alanında anatomi, fizyoloji gibi çeşitli dalların eğitiminde de sanal gerçeklik uygulamalarından yararlanılmaktadır. Örneğin bir organ veya kemik yapısı simülasyon programında incelenip tedavi yöntemleri üretilebilmektedir [17].

2.2.4. Mühendislik alanında sanal gerçeklik uygulamaları

Mühendislik alanında da yaygın olarak sanal gerçeklik uygulamaları kullanılmaktadır. Deprem anının saniye saniye hissedildiği bir odanın içinde gerçekte olmayan bir depremi yaşamak bu alana verilebilecek örneklerdendir. Astronotların eğitiminde sanal gerçeklik aygıtları ile sanal ortamda uzay şartları yaratılmaktadır [17].

2.2.5. Alışveriş ve e-ticaret alanında sanal gerçeklik uygulamaları

Alışveriş ve e-ticaret alanı; müşterinin alacağı ürünü fiziksel olarak giymeden bilgisayar ekranında deneyebilmesi uygulaması ile örneklendirilebilir. Alışveriş ve e-ticaret alanında sanal gerçeklik teknolojisinin uygulaması bu tezin de konusunu oluşturmaktadır.

2.2.6. Sanal gerçeklik donanımları

Sanal gerçeklik teknolojisinde kullanıcıların eylemlerini gerçekleştirebilmesi için veri girişini sağlayan ve eylemlere karşılık sonuçlarını görmesini sağlayan etkileşim cihazları kullanılır.

Veri eldiveni sanal gerçeklikte giriş aygıtı ve çıkış aygıtı olarak kullanılır. Veri eldiveninde giriş birimi olarak parmakların hareketlerini yakalamak için çeşitli sensörler kullanılır. Bir hareket izleyici, manyetik izleyici veya eylemsiz izleme aygıtları eldivenin pozisyon ve yönünü takip etmek için kullanılır. Bazı eldivenler çıkış birimi olarak dokunma hissini simüle edebilmektedir [18]. Şekil 2.11’de titreşimli bir eldiven örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.11. Titreşimli bir eldiven örneği [19]

Başa takılan ekran, kullanıcının kendini sanal ortamda hissetmesini sağlamak amacıyla bir bilgisayara bağlı olarak çalışır. Seslerin algılanabilmesi için bir hoparlör ve her göz için ayrı bir göz ünitesi içerir. Kullanıcının baş hareketleri algılanarak kullanıcı başını döndürdüğünde görüntünün değişmesi sağlanır [18]. Şekil 2.12’de başa takılan bir ekran örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Başa takılan ekran örneği [20]

Vücut kiti ve sensörleri sayesinde bedensel hareketler sanal ortama aktarılmaktadır. Günümüzde özellikle oyun sektöründe kullanılmaktadır [18]. Şekil 2.13’de bir vücut kiti örneği gösterilmiştir.



Şekil 2.13. Vücut kiti örneği[18]

BÖLÜM 3. KULLANILAN DONANIM ve YAZILIMLAR

3.1. Donanımlar

3.1.1. Microsoft Kinect

Microsoft tarafından geliştirilen ve üzerinde bulunan kameralar sayesinde insan hareketlerini algılayabilen bir sensördür (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Kinect [21]

Kinectin teknik özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir [22]:

RGB kameranın özellikleri:

- a) 1.3 megapixel renkli kamera
- b) Micron MT9M001
- c) IR (Infrared) geçiren filtre ile donatılmış
- d) 32-bit renk ve 30 frame/sn
- e) 640 x 480 piksel resim çözünürlüğüne sahiptir.

Sensör:

- a) Renk ve derinlik algılama lensleri

- b) Ses mikrofon düzeni
- c) Sensör ayarlaması için tilt motoru

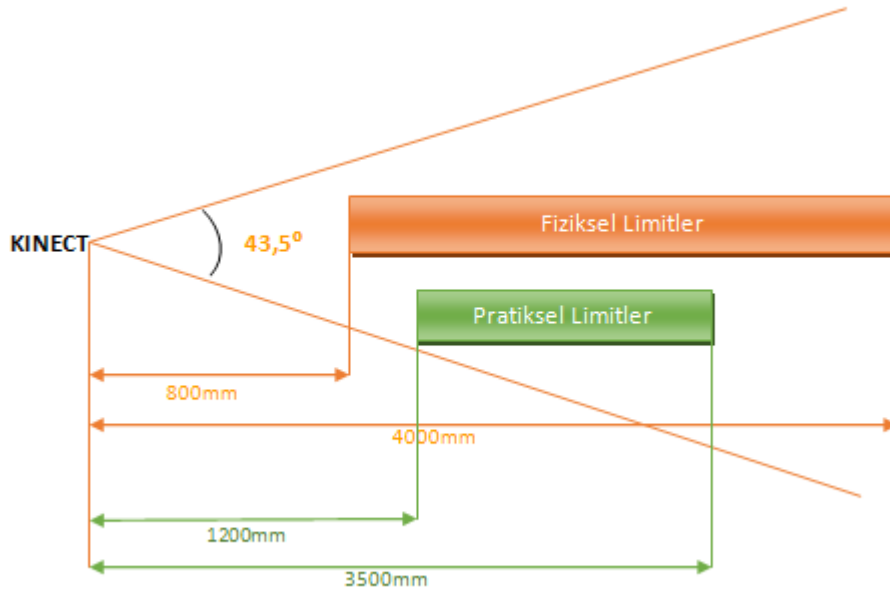
Görüş Alanı:

- a) Yatay görüş alanı: 57 derece
- b) Dikey görüş alanı: 43 derece
- c) Fiziksel Tilt alanı: 27 derece
- d) Derinlik sensörü alanı: 1.2m - 3.5m

Data Akışı:

- a) 320x240 16-bit derinlik - 30 frame/sn
- b) 640x480 32-bit renk - 30 frame/sn
- c) 16-bit audio - 16 kHz

Kinect sensörünün algılama sınırları Şekil 3.2'deki gibidir.

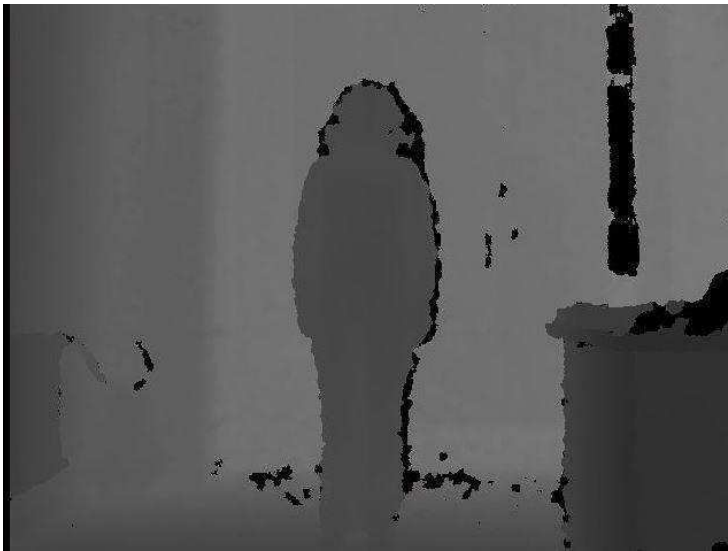


Şekil 3.2. Kinect sensörünün algılama sınırları [23]

Kinect sensörünün en önemli özelliği, bir görüntüdeki her bir noktanın kameraya olan uzaklığını hesaplayabilmesidir. Bu hesaplama işlemi için Kinect öncelikle kullanıcıya kızılötesi ışınlar gönderir ve ardından bu ışınların kullanıcıdan yansıdıktan sonra kameraya dönüş süresini hesaplar. Bu şekilde nesnelerin derinlik bilgilerini hesaplayabilir. Derinlik bilgisi, nesne segmentasyonu ve arka plan gidermede büyük kolaylık sağlayabilmektedir [24]. Şekil 3.3’de Kinectten sağlanan bir RGB fotoğraf ve Şekil 3.4’de ise aynı ortamın derinlik fotoğrafı gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Kinect RGB kamerası ile alınan görüntü örneği



Şekil 3.4. Kinect derinlik kamerası ile alınan görüntü örneği

Kinect sensörü aynı anda 6 kişiyi algılayabilmekle birlikte üzerinde bulunan kızılötesi ışınları yayan kamera sayesinde sadece iki kişinin aktif hareketlerini izleyebilir. Kinectin yazılımında insanın yapabileceği birçok hareket tanımlıdır. Bu yazılım gerçekleştirilen hareketi tanımlar ve buna karşılık gelen özel kodları bilgisayar sistemine yollar. Eğer insanın yaptığı bir hareket Kinect sistemi tarafından algılanmazsa veya yazılımda tanımlı değilse, Kinect insanın son yaptığı harekette sabit kalır [22].

3.1.1.1. Kinect sensörünün bilgisayar ile entegrasyonu

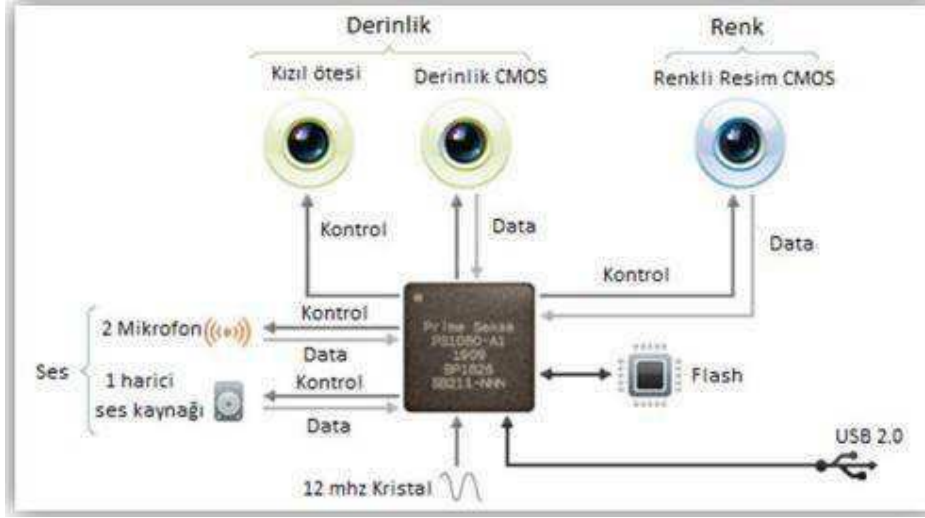
Kinect başlangıçta Xbox oyun sensörü için geliştirilmiş olmasına rağmen Kinect SDK ile Windows uygulamalarında da kullanılmaktadır. Kinect'in bilgisayarla entegre çalışabilmesi için USB (Universal Serial Bus) ile bilgisayara bağlanması ve ayrıca harici bir kaynaktan 5V güç alması gerekmektedir [22]. Kinect kamerası uygulamalarda fotoğraf makinesi gibi davranıp görüntüyü resimler halinde iletir. Bu sayede uygulama içerisinde görüntüye çok daha kolay ulaşılır.

3.1.1.2. Kinect kütüphaneleri

Kinect sensörü ile programlama yapabilmek için Kinect SDK, OpenNI, OpenKinect, Point Cloud gibi çeşitli kütüphaneler bulunmaktadır. Bu kütüphaneler içinde Kinect SDK ve OpenNI sıklıkla kullanılmaktadır. Kinect SDK, Microsoft tarafından geliştirilen Kinect kütüphanesidir. Windows 7 ve Windows 8 işletim sistemlerinde kullanılabilir. Windows altyapısı ile çalışan programcılar için sıklıkla tercih edilir. C++, C# ve Visual Basic yazılım dilleri ile birlikte kullanılabilir.

OpenNI, Primesense firması tarafından üretilen açık kaynak kodlu yazılımın alt yapısıdır. Benzer yeteneklere sahip olmasına rağmen kullanımı Kinect SDK kadar kolay değildir. Windows, Linux, Mac, Android işletim sistemlerinde kullanılır. C, C++, C#, Processing ve Java programlama dilleri ile kullanılabilir [24].

3.1.1.3. Kinect sensörünün görüntü yakalama mekanizması



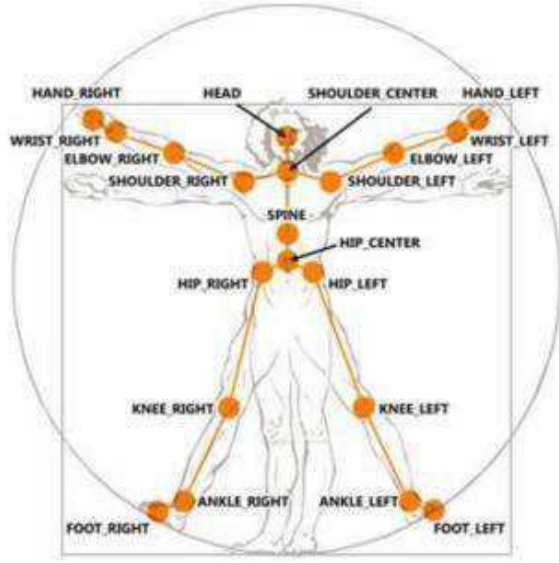
Şekil 3.5. Kinect donanım yapısı [22]

Şekil 3.5’de görüldüğü gibi Kinect’in üzerinde 3 adet göz, mikrofonlar ve hareket sağlayıcı bir motor mekanizması bulunmaktadır. Soldaki göz lazer projeksiyonu yaparken, sağdaki kızılötesi sensör bu ışınların gidiş - geliş süresini hesaplayarak her bir noktanın mesafesini bildirmektedir. Kinect içerisindeki yazılım ise bu veriler ışığında iskelet yapısını hesaplamakta ve bunu Xbox’a ya da bilgisayara göndermektedir. Kinect yazılımında tanımlı olan iskelet duruşları, insan vücudunun bir kısmı görüş alanı dışına çıksa bile iskelet yapısının görünmeyen kısmını tahmin etmek için kullanılır [22]. Kinect’in ortasında bulunan göz ise 640 x 480 çözünürlüğünde bir RGB kameradır.

3.1.1.4. Kinect sensörünün iskelet algılama mekanizması

Kinect insan vücuduna ait 20 adet eklem noktasını bulabilmektedir. Kinect’in içerisinde bulunan mikroişlemci yazılımı üzerinde bir insanın yapabileceği birçok hareket tanımlıdır. Kinect’e hareket algılama komutu verilmesi ile beraber IR kamera insanın el kol, baş ve ayağın geçebileceği noktalara kızılötesi ışın yayar. O noktalarda insan algılanırsa CMOS algılayıcılar açılarak hareket tanımlanmaya başlar. Eğer bu hareket mikroişlemci yazılımında tanımlıysa bilgisayara sinyal gönderilir, tanımlı

değilse Kinect beklemeye alınır [22]. Şekil 3.6’da insan iskeletine ait eklem noktaları, Tablo 3.1’de ise Kinect sensörünün bulunduğu eklem koordinatları gösterilmiştir.



Şekil 3.6. İnsan iskelet yapısı [22]

Tablo 3.1. Kinect’in bulunduğu eklem koordinatları

Baş	Göğüs
Boyun	Kalça merkezi
Sağ omuz	Sol omuz
Sağ dirsek	Sol dirsek
Sağ el	Sol el
Sağ bilek	Sol bilek
Sağ kalça	Sol kalça
Sağ diz	Sol diz
Sağ ayak bileği	Sol ayak bileği
Sağ ayak	Sol ayak

3.1.2. Ekran (Monitör)

Ekranlar, bir sistemdeki çıktıları görsel olarak sunan bir çıkış birimidir. Ekran üzerinde X eksenini yatay olarak sağa doğru değer alırken, Y eksenini düşey olarak aşağı yönlü değer almaktadır. Bu durum Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7. Bilgisayar ekranının koordinat düzlemi

4 çeşit monitör vardır. Bunlar; CRT (Chatode Ray Tube – Katot Işınlı Tüp), LCD (liquid-crystal display), plazma ve LED (Light Emitting Diode-Işık Yayan Diyot) monitörlerdir.

3.1.2.1. CRT monitörler

CRT monitörler, tüplü monitör adıyla da bilinir. Görüntü, tüplerde bulunan elektron tabancasından çıkan elektron hüzmesi ile oluşturulmaktadır. Elektron hüzmesi gölge maskesinden geçerek istenilen rengi oluşturmaktadır. Tüp üzerinde nokta hangi renkte gösterilmek isteniyorsa bu noktaya hüzme gönderilir. Maskeden geçen hüzme kırmızı-yeşil ve mavi renk veren alüminyumla kaplanmış fosfor tabakasına çarptırılarak pikselde renk elde edilir [25].

3.1.2.2. LCD monitörler

LCD; birçok monitörde, TV'de, telefon ve tablette kullanılan bir görüntüleme teknolojisidir. Elektrikten etkilenebilen likit kristal moleküllerden oluşan bir panelden meydana gelirler. Bu moleküller ışığı engeller veya ışığın geçişine izin verir. Renkli LCD'lerde her pikselde kırmızı, yeşil ve mavi alt pikseller bulunur. Geçişine izin verilen ışığın yoğunluğuna önem verilir, böylece milyonlarca farklı renkte görüntü oluşturulabilir [25].

Ancak bu kristaller, kendi ışıklarını üretemezler. LCD'yi arkadan bir ışık kaynağı ile aydınlatmak mümkündür. Bu nedenle tüm LCD HD televizyonlar, ekranın arkasında tüm ekranı aydınlatan bir arka ışığa sahiptirler. [25].

3.1.2.3. Plazma monitörler

Plazma monitörler de LCD monitörlerde olduğu gibi piksellerden ve R-G-B hücrelerinden (alt piksellerinden) oluşmaktadır. Fakat hücrelerde likit kristal yapı yerine plazma ortam kullanılmaktadır. Plazma, maddenin iyonize edilmiş gaz hâlidir. Madde normalde gaz hâlindeyken, eşit miktarda protona (+ değerlikli) ve elektrona (- değerlikli) sahiptir. Plazma durumunda ise bu denge bozulur ve elektrikle yüklenmiş atomlar gaz içerisinde gezmeye başlar. Plazma ortamından elektrik akımı geçtiği sürece negatif yüklü parçacıklar pozitif yüklü bölgelere, pozitif yüklü parçacıklar negatif yüklü bölgelere devamlı hareket eder. Bu esnada gezen bu parçacıklar birbirlerine çarpar. Parçacıkların çarpışması sonucu iyonlarda bulunan elektronlar bir üst enerji seviyesine geçer. Eski enerji seviyesine dönerken enerjisini ışık olarak boşaltır. Plazma ortamın bu özelliği kullanılarak plazma monitörlerde görüntü elde edilir. Aydınlatılmak istenen piksele elektrik enerjisi verilerek plazma ortamdan ışığın çıkması sağlanır. Pikselleri oluşturan RGB hücrelerinin içi fosfor ile kaplanmıştır. Bu sayede plazma ortamından çıkan ışık fosfor tabakasına çarptırılarak renk elde edilir [26].

3.1.2.4. LED monitörler

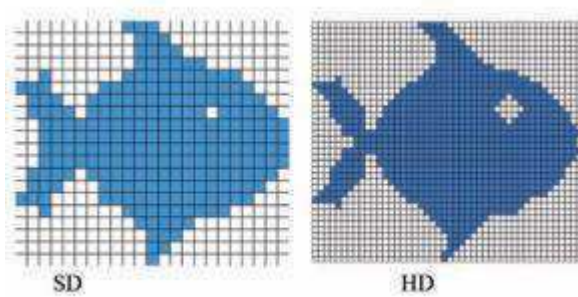
LED monitörler, özel olarak üretilmiş ledlerden meydana gelir. Bu ledler elektronik çipler tarafından kontrol edilerek ışık gücü azaltılır veya çoğaltılır. Bu sayede her ledten farklı ışık güçleri elde edilir. LED ekranın çalışması, ekranın ilgili noktasında olması gereken rengin, kontrol sistemi tarafından ilgili noktada yer alan kırmızı, mavi ve yeşil ledlerin parlaklıkları ayarlanarak oluşturulması prensibine dayanır [27].

3.1.2.5. Ekran çözünürlüğü

$A \times B$ ile gösterilen çözünürlük; görüntünün yatay olarak A tane, dikey olarak B tane pikselden oluştuğu anlamına gelmektedir [28].

SD (Standart Definition – Standart çözünürlük) ekran çözünürlüğü 720 x 576p, 720 x 576i, 720 x 480p, 720 x 480i, 640 x 480p, 640 x 480i çözünürlüklerindeki standarttır [28].

HD ekran çözünürlüğü 720 x 576p, 720 x 576i, 720 x 480p, 720 x 480i, 640 x 480p, 640 x 480i çözünürlüklerindeki SD'den bir sonraki standarttır [28]. Şekil 3.8'de SD ve HD görüntü örnekleri gösterilmiştir.



Şekil 3.8. SD ve HD görüntü örneği [28]

Full HD ekran çözünürlüğü ise 1920x1080p çözünürlüğündeki HD kavramından sonraki yayın standardıdır [28].

3.1.2.6. Tepki süresi

Tek bir pikselin tam beyazdan tam siyaha geçiş süresi tepki süresi olarak adlandırılır. Tepki süresi görüntünün akış hızından büyükse; renk değiştirmesi gereken piksellerin bu değişimi için yeterli süre olmayacaktır. Bu nedenle noktacıkların yüksek karışıklık değişimlerinde ekranda pikselleşme olacaktır.

3.2. Yazılımlar

3.2.1. Matlab image acquisition toolbox ve image processing toolbox

Matlab; hesaplama, programlama ve görselleştirme için kullanılabilen bir yazılım ortamıdır. Kullanıcı Matlab kullanılarak veri analiz edebilir, model ve uygulama oluşturabilir [29].

Image acquisition toolbox, Matlab ortamındaki programa kamera ve diğer görüntü yakalayıcı araçlardan video ve fotoğraf aktarabilmek için geliştirilmiş bir arayüzdür. Bu araç sayesinde donanım, programda otomatik olarak algılanıp donanım özellikleri yapılandırılabilir [29].

Image processing toolbox; özellik algılama, gürültü azaltma, görüntü segmentasyonu, geometrik dönüşümler, görüntü kaydı vb. gibi görüntü işleme metotları, analiz, görselleştirme ve algoritma geliştirme için, standart algoritmaları, fonksiyonları ve uygulamaları içinde barındıran Matlab aracıdır. Özellik algılama, gürültü azaltma, görüntü segmentasyonu, geometrik dönüşümler, görüntü kaydı vb. olabilir [29].

3.2.2. Adobe Photoshop

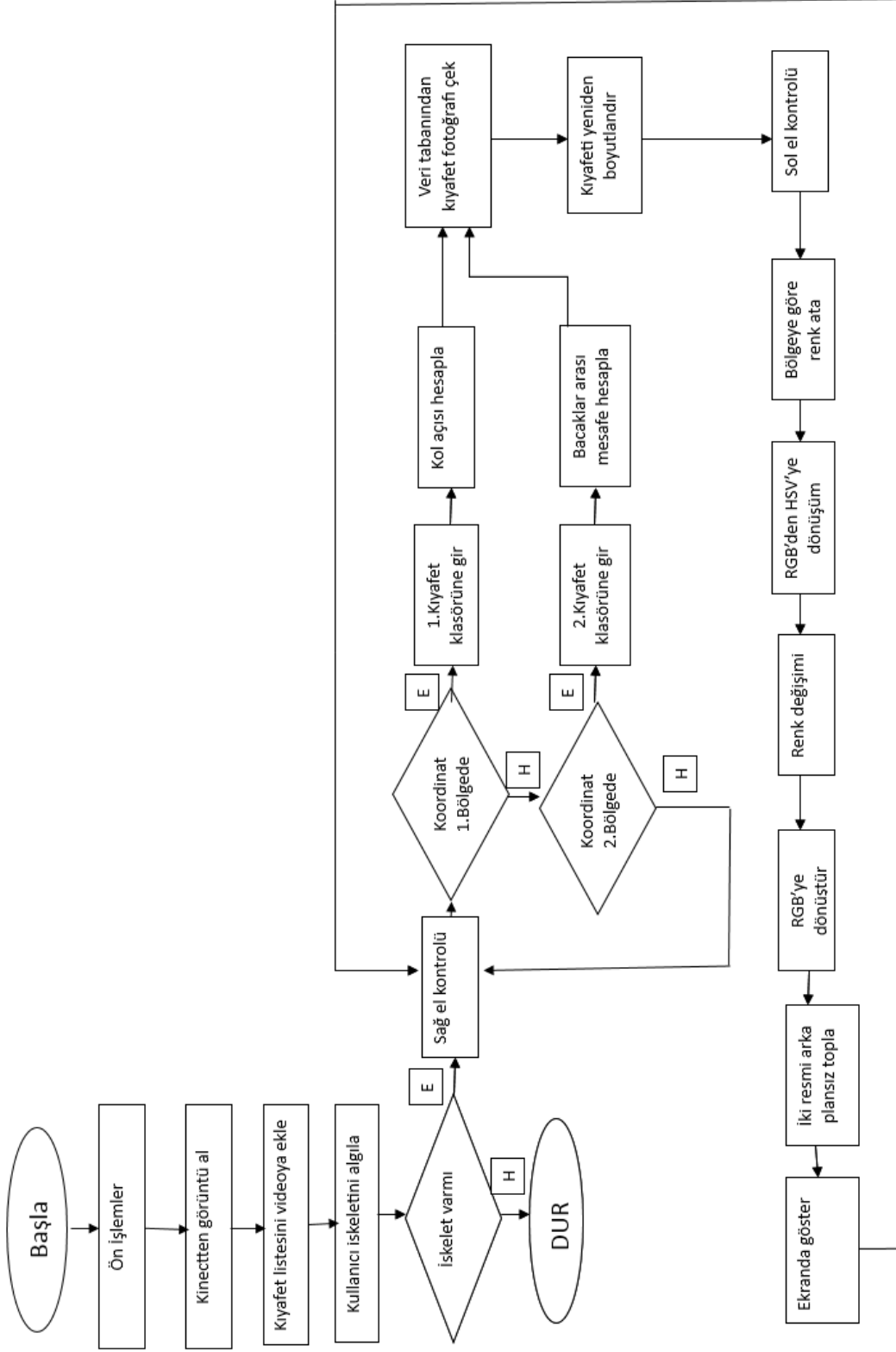
Photoshop, Adobe'nin dijital fotoğraf düzenlemek için geliştirdiği bir üründür. Fotoğrafçılar ve tasarımcılar tarafından sıklıkla kullanılır. 2B ve 3B görüntü kullanma ve birleştirme, video düzenleme ve görüntü analizi için güçlü bir programdır. Son sürümü Photoshop Creative Cloud ürünüdür [30].

BÖLÜM 4. GERÇEK ZAMANLI SANAL AYNA

Sanal ayna uygulaması Matlab 2013a geliştirme ortamında image acquisition toolbox kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sanal ayna olarak full HD, tepki süresi 5 ms (milisaniye) olan, 27' (27 inch) monitör kullanılmıştır. Uygulamada kişi iskeletini takip etmek büyük önem taşımaktadır. İskelet tespiti ve takibinde Kinect for Windows sensöründen yararlanılmıştır. Uygulamada kişi sanal ayna olarak kullanılacak ekranın önüne geçer, el hareketleri ile ekranın sağındaki kıyafet listesinden kıyafet seçer ve ekranın solunda bulunan renk seçeneklerinden kıyafetin rengini değiştirebilir. Ardından kullanıcı ekran karşısında önceden tanımlanmış hareketleri yaparak kıyafetin üzerinde nasıl durduğu hakkında fikir edinebilir. Kullanıcının yaptığı serbest hareketler, gerçek zamanlı olarak sisteme ve kıyafet duruşlarına yansıtılır. Yapılan çalışmada amaç, online alışverişlere katkı sağlamaktır. Sanal ayna çalışması ile birlikte kullanıcı kıyafete fiziksel olarak ulaşmak zorunda olmadan ve zaman kaybı yaşamadan kıyafeti deneme imkanı bulmaktadır.

4.1. Algoritmanın tasarımı

Sanal ayna çalışmasının algoritması iki aşamadan oluşmaktadır. Bunlar ön işlemler ve programlama aşamalarıdır. Ön işlemler aşamasında; kıyafet listesinin, kıyafet fotoğraflarının ve kıyafet veri tabanının hazırlanması işlemleri yapılmıştır. Ardından Matlab geliştirme ortamında programlama aşamasına geçilmiştir. Şekil 4.1'de algoritmanın akış diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Sanal ayna uygulamasının akış diyagramı

4.2. Ön İşlemler

Uygulamanın kod aşamasından önceki ön işlemler adımı için, bir model veri tabanına eklenecek fotoğrafı giyerek ekran karşısına geçer ve temel hareketleri ekran karşısında yapar. Kinect yardımı ile modelin farklı duruşlarındaki hareket belirleyici değişkenler hesaplanır ve kaydedilir. Modelin belden yukarı hareketleri için kol açısı, belden aşağı hareketleri için ise iki bacak arası y eksenli mesafesi hareket belirleyici olarak tanımlanmıştır. Daha sonra kaydedilen bu görüntüler işlenir ve sadece kıyafet kısmı alınarak hareket belirleyici değişkeni ile birlikte, oluşturulan kıyafet veri tabanına kaydedilir. Tablo 4.1’de kıyafet veri tabanından bir örnek gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Kıyafet veri tabanından bir örnek



Kinect cihazının bilgisayarda çalışması için gerekli olan Kinect SDK'nın ve Kinect Development Kit'in bilgisayara kurulması da ön işlem aşamasının bir parçasıdır.

4.3. Kinect Cihazından Görüntü Alma

Uygulama için ilk olarak RGB kameradan görüntü alınır. RGB kamera 640 x 480 piksel resim çözünürlüğüne sahiptir. İskelet tanıma işlemi kinect derinlik kamerası üzerinden yapıldığından, derinlik kamerası da görüntü almak için açılır. Matlab geliştirme ortamında Şekil 4.2'deki kodlar sayesinde Kinect'den görüntü alınır. Kinect cihazı saniyede 30 fotoğraf çekerek programa aktarır.

```
colorVid=videoinput('kinect',1)
depthVid=videoinput('kinect',2)
```

Şekil 4.2. Matlab ortamında Kinect'den görüntü alma komutları

4.4. Kıyafet Listesini ve Renk Listesini Video Görüntüsüne Ekleme

Oluşturulan kıyafet listesi fotoğrafı video görüntüsüne, fotoğraf toplama işlemi ile eklenir. İlk olarak listenin ekleneceği yer belirlenir. Bu çalışmada video görüntüsünün sağına kıyafet listesi, soluna renk seçenekleri listesinin eklenmesi tasarlanmıştır. Toplama işleminden önce, video görüntüsünün liste eklenecek bölgesi siyah piksel değerleri ile çarpılmış ardından ilgili listeye ait piksel değerleri ile toplama işlemi yapılmıştır. Çarpma işlemindeki amaç, listenin arkasında arkaplanın görünmesini engellemektir. Bu işlemin Matlab kodu Şekil 4.3'deki gibidir. Sistemin kıyafet listesi ve renk listesi eklenmiş hali ise Şekil 4.4'de gösterilmiştir.

```
video(end-listeeni:end,end-listeboyu:end,:)=kıyafetlistesi(:, :, index) +
0*video(end-listeeni:end,end-listeboyu:end,:)
```

Şekil 4.3. Kıyafet listesini video görüntüsüne eklemek



Şekil 4.4. Kıyafet ve renk listesinin eklenmiş hali

4.5. Kullanıcı İskeletini Algılama

Uygulama iskeleti algıladığı sürece kıyafet ve renk seçimine izin verir ve kullanıcı üzerinde kıyafet görünmesini sağlar. Microsoft Kinect insan iskeletine ait 20 adet eklem noktasını bulabilmekte ve bunları bir dizi olarak saklamaktadır. Şekil 4.5’de Matlab geliştirme ortamında Kinect iskelet haritasından yararlanma komutları yer almaktadır ve burada SkeletonJoints kullanıcının iskelet koordinatlarının tutulduğu dizidir. SkeletonJoints dizisinde eklem koordinatları Tablo 4.2’deki sırayla tutulur. Şekil 4.6’da ise Kinect desteği ile kullanıcı üzerine yerleşen iskelet yapısı verilmiştir.

```
SkeletonJoints=depthMetaData.JointImageIndices(:,:,depthMetaData.IsSkeletonTracked)
trackedSkeletons = find(depthMetaData.IsSkeletonTracked)
nSkeleton = length(trackedSkeletons)
```

Şekil 4.5. Matlab ortamında Kinect iskelet haritasından yararlanma komutları

Tablo 4.2. Kinect tarafından bulunan iskelet koordinatları

Orta kalça	SkeletonJoints[1]
Omurga	SkeletonJoints[2]
Omuz merkezi	SkeletonJoints[3]
Baş	SkeletonJoints[4]
Sol omuz	SkeletonJoints[5]
Sol dirsek	SkeletonJoints[6]
Sol bilek	SkeletonJoints[7]
Sol el	SkeletonJoints[8]
Sağ omuz	SkeletonJoints[9]
Sağ dirsek	SkeletonJoints[10]
Sağ bilek	SkeletonJoints[11]
Sağ el	SkeletonJoints[12]
Sol kalça	SkeletonJoints[13]
Sol diz	SkeletonJoints[14]
Sol ayak bileği	SkeletonJoints[15]
Sol ayak	SkeletonJoints[16]
Sağ kalça	SkeletonJoints[17]
Sağ diz	SkeletonJoints[18]
Sağ ayak bileği	SkeletonJoints[19]
Sağ ayak	SkeletonJoints[20]



Şekil 4.6. Kişi iskeletinin tespiti

4.6. Kıyafet Seçme İşlemi

Kullanıcı sağ elini kullanarak ekranın sağında bulunan kıyafet listesinden bir kıyafet seçer (Şekil 4.7). Kinect iskelet haritasını kullanarak kullanıcının sağ el koordinatlarını takip eder. Eğer el bir kıyafet fotoğrafının üzerindeyse ilgili kıyafet kullanıcının üzerinde gösterilir. Kullanıcı yeni bir kıyafet seçimi yapana kadar son kıyafet kullanıcının üzerinde kalır.

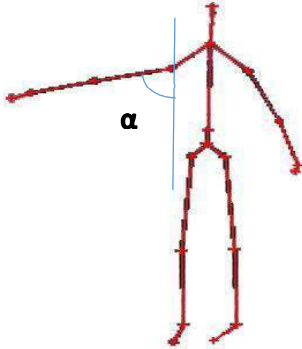


Şekil 4.7. Kıyafet seçimi

4.7. Kıyafet Yerleştirme İşlemi

Bu sistemin önemli amaçlarından biri de kullanıcı bedenine kıyafeti doğru olarak yerleştirmektir. Bunu sağlamak için Kinect iskelet haritasından yararlanılmıştır. Çalışma esnasında sistem kullanıcı hareketlerini izler ve belden yukarı hareketler için sol kolun bedenle yapmış olduğu açığı, belden aşağı hareketler için iki bacak arasındaki y mesafesini hesaplar. Açının hesaplanması Tablo 4.3’de gösterilmiştir. Kola açısının Matlab ortamında hesaplanması işlemi Şekil 4.8’de, iki bacak arasındaki dikey mesafenin Matlab ortamında hesaplanması işlemi ise Şekil 4.9’da verilmiştir.

Tablo 4.3. Kol açısını bulma formülü

<p>$y = \text{sol bilek } y \text{ eksen koordinatı} - \text{sol omuz } y \text{ eksen koordinatı}$</p> <p>$x = \text{sol omuz } x \text{ koordinatı} - x \text{ sol bilek } x \text{ koordinatı}$</p> <p>$\alpha = \arctan(x / y)$</p>	
--	---

```
y=(SkeletonJoints(7,2)-SkeletonJoints(5,2))
x=(SkeletonJoints(5,1)-SkeletonJoints(7,1))
alpha=(atan(a/y))
```

Şekil 4.8. Kol açısını bulma Matlab komutları

```
y=(SkeletonJoints(19,2)-SkeletonJoints(15,2))
```

Şekil 4.9. İki bacak arasındaki dikey mesafenin bulunması

Bu işlemlerden sonra hareket değişkenine göre (belden yukarı hareketler için sol kol açısı, belden aşağı hareketler için iki bacak arasındaki y mesafesi) ilgili fotoğraf veri tabanından çekilir.

Sistemde kullanıcı bedenine kıyafeti yerleştirmeden önce kıyafetin eni, kullanıcının iki omuz arası x mesafesi ve kıyafetin boyu, omuz-bel arasındaki y mesafesi olacak şekilde yeniden boyutlandırılmıştır. Bu adımla birlikte sistem her en ve boydaki kullanıcı için esnek hale getirilmiştir. Yeniden boyutlandırmaya ilişkin Matlab kodları Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

```
kıyafet=imresize(kıyafet,[((SkeletonJoints(1,2)-SkeletonJoints(3,2))
((SkeletonJoints(12,1)-SkeletonJoints(8,1)))]
```

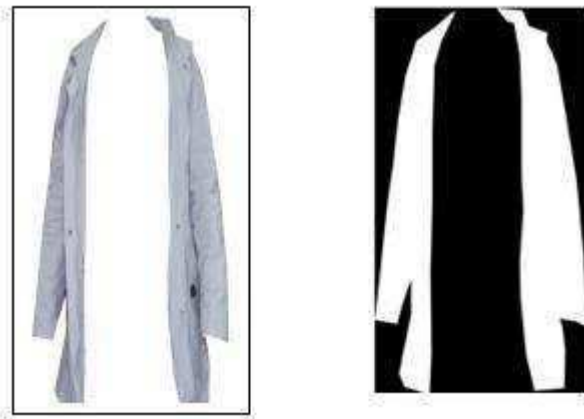
Şekil 4.10. Kıyafeti yeniden boyutlandırma Matlab komutları

Kıyafeti kullanıcı bedenine yerleştirirken kişinin bel eklemi baz alınmıştır. Kıyafet bedene arka planı saydam olarak yerleştirilmelidir. Bunu sağlamak için kıyafet fotoğrafı *png* formatında kullanılmıştır. *Png* formatı alfa kanal içerisinde saydamlık bilgisini saklamaktadır. Matlab ortamında *png* formatındaki bir fotoğrafın alfa kanal bilgisi Şekil 4.11'deki gibi alınır:

```
[x, map, alpha_channel] = imread('fotograf.png')
```

Şekil 4.11. Matlab ortamında bir fotoğrafı alfa kanal bilgisi ile alma

Şekil 4.12'de görüldüğü gibi bir fotoğrafın alfa kanalında, fotoğrafın ön planı beyaz (piksel değeri 0), arka planı ise siyah (piksel değeri 1) olarak saklanır.



Şekil 4.12. Bir fotoğraf ve fotoğrafa ait alfa kanal bilgisi

Fotoğrafın arka planını saydam olarak eklemek için, ilk olarak kıyafet fotoğrafının alfa kanalının transpozu ile eklenecek bölge çarpılır ardından sonuç, kıyafet fotoğrafı ile toplanır. Bu işlem şekil 4.13’de gösterilmiştir.



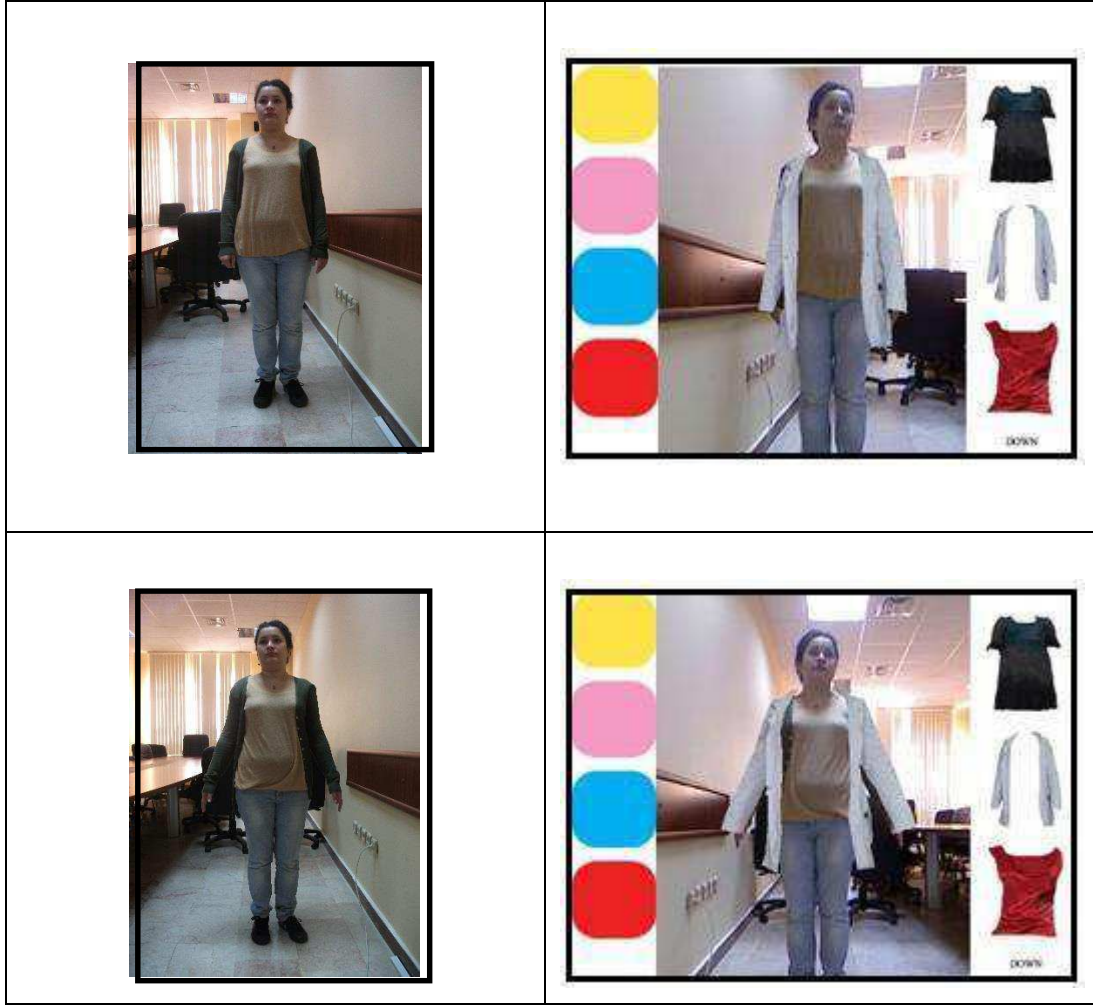
Şekil 4.13. Fotoğrafi arka planı şeffaf olarak ekleme

Uygulamaya ilişkin fotoğraflar Tablo 4.4 ve Tablo 4.5’de gösterilmiştir. Tablonun ilk sütununda kullanıcının yaptığı hareketler, ikinci sütununda ise bu hareketlere karşılık olarak sanal ayna tarafından üretilen sonuçlar gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Sanal aynadan örnekler



Tablo 4.5. Sanal aynadan örnekler (Devamı)



4.8. Kıyafet Rengini Değiştirme

Geliştirilen uygulamada, kıyafet kullanıcının üzerine yerleştirildikten sonra, kullanıcının ekranın sol bölgesinde bulunan renk listesinden kıyafetin rengini değiştirebilmesi sağlanmıştır. Renk değiştirme işlemi için Kinect desteği ile kullanıcının sol eli takip edilmiştir. Sol el renk listesinden bir rengin üzerine geldiğinde renk değiştirme işlemi gerçekleşir. Renk değişimi yapılırken kıyafet üzerindeki kırışıklıkları ve gölgeleri kaybetmemek gerekmektedir. Çünkü sanal kıyafet kişi üzerine yerleştirildiğinde; kıyafet üzerindeki kırışıklıklar ve gölgeler, gerçekçi bir izlenim vermektedir. HSV renk uzayında, V parametresinin sabit tutulması ile kırışıklıklar ve gölgeler sabit tutulabilmektedir. Bu nedenle renk değişimi HSV renk uzayında yapılmıştır. RGB renk uzayındaki kıyafet fotoğrafı, HSV renk uzayına

çevrilmiştir. HSV renk uzayında, renk tonunu ifade eden H değeri ile doygunluk değerini ifade eden S değeri seçilen renge göre değiştirilmiştir. Değişikliklerden sonra fotoğraf tekrar RGB formatına dönüştürülerek kıyafet yerleştirme adımına geçilmiştir. Farklı renklere ait H ve S değerleri Tablo 4.6’da gösterilmiştir. Bu işlemleri sağlayan Matlab komutları ise Şekil 4.14’dedir.

Tablo 4.6. Renklere ilişkin H ve S değerleri

Renk	H	S
Sarı	0.133	0.929
Mavi	0.513	0.941
Kırmızı	0.937	0.8
Pembe	0.870	0.756

```

imageHSV=rgb2hsv(foto);
H=imageHSV(:,:,1);
S=imageHSV(:,:,2);

[m,n]=size(H);
if ((H(i,j)>0.3 &&(H(i,j)<0.8)))
for i=1:m
    for j=1:n
        H(i,j)=0.3;
        S(i,j)=0.2;
    end
end
end

imageHSV(:,:,1)=H;
imageHSV(:,:,2)=S;
new=hsv2rgb(imageHSV);

```

Şekil 4.14. Matlab’da RGB renk uzayından HSV renk uzayına dönüşüm ile renk değiştirme komutları

Tablo 4.7’de sistemin, kullanıcı isteklerine paralel olarak kıyafet rengini değiştirmesine ilişkin örnekler gösterilmiştir.

Tablo 4.7. Kıyafet rengini değiştirme örnekleri



4.9. Kıyafeti z eksenine göre döndürme

Kullanıcının sağa ve sola eğilmelerinde kıyafetin de vücutla birlikte hareket etmesi sağlanmıştır. Bunu sağlamak için Kinect iskelet haritasından orta kalça ve omuz merkezi arasındaki iskeletin dikey eksen ile yaptığı açı hesaplanmıştır. Bu işleme ilişkin kodlar Şekil 4.15’de gösterilmiştir.

```
y=(SkeletonJoints(1,2)-SkeletonJoints(3,2));
a=((SkeletonJoints(1,1)-SkeletonJoints(3,1)));
alpha=(atan(a/y)); aci=alpha*180/pi;
x=imrotate(x,aci);
alpha_channel=imrotate(alpha_channel,aci);
```

Şekil 4.15. Matlab’da kıyafeti z eksenine göre döndürme komutları

BÖLÜM 5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada alışveriş ve giyim sektöründe kullanılabilir gerçek zamanlı görüntü işleme ve sanal gerçeklik uygulaması detaylarıyla açıklanmıştır. İlk olarak kullanıcı duruşlarına göre hazırlanan kıyafetler indekslenerek bir veri tabanı oluşturulmuştur. Çalışma zamanında kullanıcı sanal ayna karşısına geçer bir kıyafet seçer ve önceden tanımlanmış hareketleri yapar. Kinect desteği ile sistemde bu hareketler izlenir ve kişi hareketlerine göre veri tabanından fotoğraflar çekilerek kişi bedenine eklenir. Ayrıca kullanıcıya denediği kıyafetin farklı renk seçeneklerini görmesi imkanı da sunulmuştur.

Matlab geliştirme ortamında programlanan bu çalışma, 2.8 GHz (Gigahertz) işlemci ve 3 GB(Gigabyte) RAM (Random Access Memory-Rastgele Erişimli Hafıza)'dan oluşan bir sistemde çalıştırılmış ve sistem çalışırken gözün algılayabileceği bir gecikme gözlenmemiştir. Sistem, gerçekçi bir izlenim sunmuştur. Sanal kıyafetler, uygulama esnasındaki kullanıcıya göre yeniden boyutlandırılmıştır. Böylece her en ve boydaki kullanıcının sistemi kullanabilmesi sağlanmıştır.

Bu çalışma Kinect desteklidir. Kullanıcının bu sistemde kıyafet deneyebilmesi için ortamda Kinect cihazı olması gerekir. Bu durum çalışma için bir dezavantaj olarak görülebilir.

Sistemde zaman zaman senkronizasyon bozuklukları olabilmektedir. Örneğin kullanıcı hareket ederken, kol arka planda kıyafetin dışına çıkabilmektedir. Bunu önlemek için; veri tabanına, bir kıyafete ilişkin daha sık aralıklı açılış değerlerine sahip, daha fazla fotoğraf eklenmelidir. Şekil 5.1'de bu hataya ilişkin fotoğraf gösterilmiştir.



Şekil 5.1. Kıyafet ve kişi arasındaki senkronizasyon bozukluğu

Yapılan çalışmada, kullanıcının kol ve bacak hareketleri üzerinde durulmuştur. Gelecek çalışmalarda farklı hareketlerle veri tabanı genişletilebilir. Ayrıca kullanıcının 3B hareketleri üzerinde yoğunlaşarak uygulama geliştirilebilir. Bu çalışmada fizik motoru kullanılmadan, veri tabanından çekilen fotoğraflar ile kıyafet hareketliliği sağlanmıştır. Gelecek çalışmalarda bu hareketlilik fizik motoruyla da sağlanabilir. Ayrıca segmentasyon yöntemleri ile kıyafetin arka plandan kesilmesi sağlanarak ön işlem kısmı otomatikleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] ÇAKAR, S., Video görüntüsü üzerinde cisim hareketlerini saptama, izleme ve hedef belirleme, Y.Lisans, Sakarya Üniversitesi, Haziran 2003.
- [2] CAVLAK, E., online alışveriş sitesi tercihinde etkili olan kriterlerin belirlenmesine ve önceliklendirilmesine yönelik bir karar modeli, Y.Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi, Haziran 2012.
- [3] ZHOU, Z., SHU, B., ZHOU, S., DENG, X., TAN, P., LİN, D., Image-based clothes animation for virtual fitting, SIGGRAPH Asia 2012 Technical Briefs, 2012.
- [4] WANG, L., VILLAMIL, R., SAMARASEKERA, S., KUMAR, R, Magic mirror: A virtual handbag shopping system, 2012 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW), 19-24, 16-21 Haziran 2012.
- [5] GIOVANNI, S., CHOI, Y.C., HUANG J., KHOO E.T., YIN, K., Virtual try-on using kinect and HD camera , 5th International Conference on Motion in Games, France, 55-65, 15 Kasım 2012.
- [6] CASAS, X., HERRARA, G., COMA, I., FERNANDEZ, M., A Kinect-based Augmented Reality system for individuals with autism spectrum disorders ,international Conference on Computer Graphics Theory and Applications, Rome, 440-446, 2012.
- [7] BLUM, T., KLEEBERGER, V. , BİCHLMEIER, C., NAVAB, N., Miracle: An augmented reality magic mirror system for anatomy education, Virtual Reality Short Papers and Posters (VRW), 115-116, 2012.
- [8] BAYKAN, N., Robotik bir mikroskop sisteminden elde edilen görüntülerin görüntü işleme ve yapay zekâ yöntemleri ile analizi, Doktora, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağustos, 2010.
- [9] GONZALEZ, C., WOODS, R., Digital Image Processing, 2, Pentice Hall, New Jersey, 2012.

- [10] ARSLAN, E., Hücresel sinir ağı sistemleri kullanarak hareketli nesnelerin görüntü işleme uygulamaları, Doktora, İstanbul Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Ocak 2011.
- [11] http://eng.harran.edu.tr/moodle/moodldata/100/Ders_Sunumlari/Hafta_2.pdf, Erişim Tarihi: 18.12.2013
- [12] BEDÜK, M., Bulanık c-ortalama algoritması ile renkli görüntü segmentasyonu, Y.Lisans, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 20 Nisan 2011.
- [13] HIZAL, S., Histogram tabanlı algoritmalarla sanal giriş birimi tasarımı, Y.Lisans, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2009.
- [14] BAYKAN, N., Robotik bir mikroskop sisteminden elde edilen görüntülerin görüntü işleme ve yapay zekâ yöntemleri ile analizi, Doktora, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağustos 2010.
- [15] http://help.adobe.com/tr_TR/photoshop/cs/using/WSEC964A47-477C-4487-8CF4-332F92636117a.html#WSfd1234e1c4b69f30ea53e41001031ab64-776ca, Erişim Tarihi: 18.12.2013
- [16] BAYRAKTAR, E., KALELİ, F., Sanal gerçeklik ve uygulama alanları, Akademik bilişim 2007, Kütahya, Şubat 2007.
- [17] AYTEKİN, S., Sanal ortamda cisimlerin haptic kol ile manipülasyonu ve deformasyonu, Y.Lisans, Dumlupınar Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, Temmuz 2011.
- [18] ATASOY, F., Çoklu serbest hareket kabiliyetli simülatör gerçekleştirilmesi, Y.Lisans, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2010.
- [19] www.ntvmsnbc.com/id/25239597/, Erişim Tarihi: 18.12.2013
- [20] <http://www.ntvmsnbc.com/id/25289818/>, Erişim Tarihi: 18.12.2013
- [21] www.xbox.com/en-us/kinect, Erişim Tarihi: 18.12.2013
- [22] SÜZEN, A., Kinect teknolojisi kullanılarak engelliler için ev otomasyonu, Y.Lisans, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
- [23] BOZGEYİKLİ, E., Introducing rolling axis into motion controlled game play as a new degree of freedom using microsoft kinect, Y.Lisans, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ağustos 2012.

- [24] KIVRAK, H., İşaret dili hareketlerinin bir insansı robot tarafından taklit yoluyla gerçekleşmesi ve öğrenilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eylül 2013
- [25] <http://hbogm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/bilisim/moduller/monitorler.pdf>, Erişim Tarihi: 18.12.13
- [26] http://www.chip.com.tr/makale/led-mi-lcd-mi-yoksa-plazma-mi-daha-iyi_31069.html, Erişim Tarihi:18.12.2013
- [27] <http://ledekran.nedir.com/>, Erişim Tarihi: 18.12.2013
- [28] http://www.emo.org.tr/ekler/d0a1775096d802e_ek.pdf?dergi=625, Erişim Tarihi: 18.12.2013
- [29] <http://www.mathworks.com/>, Erişim Tarihi: 18.12.2013
- [30] <http://www.adobe.com/tr/products/photoshop.html>, Erişim Tarihi: 18.12.2013

ÖZGEÇMİŞ

Gözde Yolcu, 31.01.1988 de Zonguldak'ta doğdu. İlköğretim ve lise eğitimini Zonguldak'ta tamamladı. 2006 yılında Zonguldak Fen Lisesi'nden mezun oldu. 2007 yılında başladığı Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nü 2011 yılında bitirdi. 2012 yılında bir süre Sosyal Güvenlik Kurumu'nda programcı olarak çalıştı. Ekim 2012'den beri Sakarya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır.