



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETKİLEŞİMLİ UYGULAMALAR İÇİN GERÇEK ZAMANLI HAREKET TANIMA

Anıl BAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Ağustos-2013
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ETKİLEŞİMLİ UYGULAMALAR İÇİN GERÇEK ZAMANLI HAREKET TANIMA

Anıl BAŞ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd.Doç.Dr. Hasan Erdinç KOÇER

2013, 45 Sayfa

Jüri
Yrd. Doç. Dr. Hasan Erdinç KOÇER
Yrd. Doç. Dr. Ahmet BABALIK
Yrd. Doç. Dr. Adem Alpaslan ALTUN

Bilişim teknolojilerinin son yıllardaki hızlı ilerleyişi yeni teknolojik aygıtları da beraberinde getirmiştir. Hayatımızın her alanında daha çok kullanmaya başladığımız bu ürünler yazılımsal gelişiminin yanında donanımsal olarak da farklılık geçirmiş, laptoplar yerini tablet bilgisayarlara; tuşlarsa yerini dokunmatik ekranlara bırakmaya başlamıştır.

Hareket tanıma sistemleri de bu teknolojiler arasında olup, her geçen gün üzerine yeni teknikler ve algoritmalar geliştirilmektedir. Yaşantımıza oyun sektörü ağırlıklı olarak girmeye başlayan hareket tanıma sistemlerinin önümüzdeki yıllarda sağlık, güvenlik ve eğitim gibi alanlara da yayılması beklenmektedir.

Bu tez çalışmasında hareket tanıma sistemleri teorik olarak ele alınmış, öne çıkan ürünler ve yapılan çalışmalar üzerinde durulmuştur. Tezin uygulama aşamasında web kamerası kullanılarak gerçek zamanlı el hareketi tanıma işlemi gerçekleştirilmiştir. Öncelikle görüntü içerisinden el bölgesi tespit edilmiştir. Ardından elin sağ-sol, aşağı-yukarı ve belirli bir noktada bekleme hareketlerine göre etkileşimli olarak kontrol işlevi yerine getirilmiştir. El hareketlerine dayanan etkileşimli "tavşan yakalama" oyununun kontrol edilmesi, bu tez çalışmasının son aşamasını oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sayısal görüntü işleme, Hareket Algılama, Hareket Tanıma, El Hareketi ile Kontrol

ABSTRACT

MS THESIS

REAL TIME MOTION RECOGNITION FOR INTERACTIVE APPLICATIONS

Anıl BAŞ

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN COMPUTER ENGINEERING

Advisor: Asst.Prof.Dr. Hasan Erdinç KOÇER

2013, 45 Pages

Jury
Asst.Prof.Dr. Hasan Erdinç KOÇER
Asst.Prof.Dr. Ahmet BABALIK
Asst.Prof.Dr. Adem Alpaslan ALTUN

The rapid progress of information Technologies came with new technological devices. Theese products that we started to use much more in every aspect of our lives, went through changes not only in software but also in hardware, laptops are being replaced by tablet computers; and keyboards gave place to the touch screen displays.

Motion recognition systems are among these Technologies and new techniques and algorithms are developed about them every day. the motion recognition systems which started to enter to our lives mainly in game industry, in the coming years, are expected to spread to areas such as health care, security and education.

In this study, motion recognition systems are discussed theoretically, featured products and conducted studies are emphasized. During the implementation phase of the thesis, real-time hand motion recognition is executed using webcam images. Primarily, area of the hand is identified within the image used in. After that, control function is fulfilled interactively by the actions of hand's right-left, up-down movement and waiting at a certain point. Based on hand movements, controlling the interactive "capture the rabbit" game is the final stage of this thesis study.

Keywords: Digital image processing, Motion Detection, Motion Recognition, Control with Hand Movement

ÖNSÖZ

Bu çalışma boyunca değerli fikirlerini ve desteklerini benden esirgemeyen başta danışman hocam Sayın Yrd.Doç.Dr. H. Erdinç KOÇER olmak üzere tüm hocalarıma, arkadaşlarıma ve her zaman yanımda olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

Anıl BAŞ
KONYA-2013

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **2**

3. GÖRÜNTÜ TABANLI SİSTEMLER **4**

3.1. Görüntü Tabanlı Sistemlerin Çalışma Mantığı 4
3.1.1. Verinin Elde Edilmesi 4
3.1.2. Önişleme 5
3.1.3. Özellik Çıkarımı 6
3.1.4. Sınıflandırma 6
3.2. Karşılaşılan Zorluklar 6

4. HAREKET VE İŞARET TANIMAYA DAYALI UYGULAMALAR **8**

4.1. Yapılan Çalışmalar 9
4.1.1. Nintendo® Wii ™ 9
4.1.2. Microsoft® Kinect ™ 10
4.1.3. Sony PlayStation® Move ™ 11
4.1.4. Diğer Çalışmalar 12

5. EL HAREKETİ TANIMAYA DAYALI KONTROL SİSTEMİ **13**

5.1. Materyal ve Yöntem 13
5.1.1. Gri Seviye Dönüşüm 14
5.1.2. İkili Seviye Dönüşüm (Eşikleme) 14
5.1.3. Arka plan temizleme 15
5.1.4. Filtreleme işlemleri 16
5.1.5. Yüz Ayrıştırma 18
5.1.6. Şablon Eşleştirme 22
5.1.7. Ten Rengi Tespiti 23
5.2. El Hareketine Dayalı Kontrol Sisteminin Çalışma Mantığı 24

6. UYGULAMA DENEYSEL SONUÇLARI **27**

7. ETKİLEŞİMLİ OYUN UYGULAMASI **31**

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 35

8.1. Sonuçlar 35
8.2. Öneriler 38

KAYNAKLAR 39

ÖZGEÇMİŞ 45

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$\sum$	Toplama Sembolü
$\sqrt{}$	Karekök Sembolü

Kısaltmalar

ATM	Automatic Teller Machine
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
CV	Computer Vision
GB	Gigabyte
HCI	Human Computer Interaction
LED	Light Emitting Diode
MP	Megapixel
MRI	Magnetic Resonance Imaging
RAM	Random Access Memory
RGB	Red Green Blue (color model)
VGA	Video Graphics Array

1. GİRİŞ

Bilişim teknolojilerinin son yıllardaki büyük gelişimi sonucu, teknolojik aygıtlar insan hayatının vazgeçilmez bir parçası olmaya başlamıştır. Giriş birimi olarak klavye ve fare kullanan bu aygıtlar, her geçen gün donanım açısından bir üst seviyeye taşınmakta olmalarına rağmen sanal gerçeklik benzeri uygulamalarda insan benzetiminin klavye ve fare ile kontrol edilmesine dayanan limitli bir kullanım sunmaktadırlar.

Bu bağlamda insan-bilgisayar etkileşiminde (HCI) vücut dili ve hareketin tanınması, önemli bir araştırma alanı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu alanda birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Agrawal ve ark., 2012; Roccetti ve ark., 2012; Lin ve ark., 2012; Yoon ve ark., 2001).

Mouse, klavye, joystick gibi alışılagelmiş giriş birimleri ile dokunmatik ekran gibi daha ileri birimlere güvenmek yerine, insan vücudu bilgisayar oyunu sektöründe gittikçe daha popüler olan *insan etkileşimli girdi arayüzü* olacak şekilde bir giriş aygıtı olarak hizmet verebilir. İnsan etkileşimli girdi arayüzünün çekici özelliği fare ve klavye gibi fiziksel kontrol aygıtı olmadan kullanıcıların bilgisayar ile iletişim kurmasına olanak sağlamasıdır (Chan ve ark., 2009).

Bu çalışmada, insan el hareketleri bir kamera yardımıyla görüntü tabanlı olarak tanınmış ve bu hareketlere göre gerçek zamanlı bir uygulama kontrolü gerçekleştirilmiştir. Öncelikle el, kol ve yüz gibi ten rengi içeren bölgeler tespit edilmiş ve bu bölgelerden yalnızca el bölgesi işaretlenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalarda farklı arka plan ve ortamlarda el bölgesinin doğru tespit edilip edilemediği ve el hareketlerinin doğru tanınıp tanınamadığı analiz edilmiştir. El hareketleri aşağı-yukarı, sağ-sol, çapraz hareket ve faredeki tıklama hareketini benzetimi olarak belirli bir noktada belirli bir süre bekleme kontrollerini içermektedir. Web kamerası üzerinden elde edilen bu hareket kontrolleri tez çalışması kapsamında geliştirilen "tavşan yakalama" oyunu üzerinde denenerek etkileşimsel analizler de yapılmıştır.

Tez çalışması sonucunda, diğerlerinden farklı olarak eldiven ve benzeri özel seçiciler olmadan, özel kamera aparatları kullanılmadan, her yaşta ve seviyede kullanıcının kolayca kullanabileceği yüksek performanslı ve düşük maliyetli bir hareket tanıma sistemi gerçekleştirilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bilişim teknolojilerinin son yıllardaki gelişimi ile ortaya çıkan hareket tanıma sistemleri; kullanıcıların elektronik cihazlarla fiziksel kontrol aygıtı olmadan iletişim kurmasına olanak sağlayan sistemlerdir. Gün geçtikçe artan bu sistemler, geleceğin teknolojisi olma yolunda ilerlemektedir.

Akıllı televizyonlar, medikal operasyonlar ve askeri uygulamalar gibi geniş bir kullanım alanı bulunan teknolojilerden biri olan hareket tanıma sistemleri üzerine sayısız ticari ve bilimsel çalışma yapılmış, farklı yöntem ve teknikler gerçekleştirilmiştir.

Yükseköğretim Kurulu Ulusal Tez Merkezi sayfalarında yapılan taramalarda, benzer konu üzerine farklı materyal ve yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiş yerli akademik çalışmalar dikkat çekmektedir. Bunlardan Aran (2008) çalışmasında video tabanlı işaret dili tanıma, fisher çekirdekleri kullanılarak gerçekleştirilmiş, el hareketleri ve şekilleri renkli eldiven yardımıyla tespit edilmiştir. Yine Dicle'nin (2007) El takibi çalışmasında renk ve doku bilgileriyle meanshift algoritması kullanılarak el tanımlaması ve takibi sunulmuştur. Bir diğer çalışmada, İkizler (2008) diğer çalışmalardan farklı olarak tüm vücut görüntüleri üzerinde yürüme, koşma, fırlatma ve yakalama gibi hareket çıkarımlarında bulunmuştur. Bunlar ve diğer benzer çalışmalarda (Özbay, 2008; Peker, 2009; Birdal, 2007; Kara, 2011), gerçekleştirilen tanıma işlemleri medya onatıcı kontrolünden, yaşlı bakım sistemlerine kadar farklı alanlara uygulanmış, kayda değer sonuçlar elde edilmiştir.

Yapılan çalışmalarda yüksek başarı sağlama amacıyla ek video aparatları (sensor ve aydınlatma cihazları) veya ayırıcı işaretçiler (eldiven ve parmak bantları) kullanımı sıklıkla görülmektedir. Chen ve ark. (2011), Lee ve ark. (2013) yaptıkları çalışmalarda 3 boyutlu görüntüler üzerinde el takibi gerçekleştirmiş ve veri analizlerinde çeşitli senaryolar için hareket süresi, hedefe ulaşma ve hata oranı gibi sonuçlara ulaşılmıştır. Ayırıcı işaretçi kullanımının görüldüğü çalışmalarda %97,6 ve %98 civarı doğruluk oranı sunulmuştur (Keskin ve Akarun, 2009; Lamberti ve Camastra, 2012).

Bir başka hareket tanıma yaklaşımı olan sabit arka plan üzerinde sadece elin görünmesine dayalı sistemde parmakların pozisyonuna ve elin hareketine göre obje hareket ettirilmiş ve tanıma 85% başarı sağlamıştır (Wang ve Qin, 2010).

Dardas ve Georganas (2011), Dardas ve Petriu (2011) yaptıkları çalışmada webcam görüntüleri kullanarak el işaret tanıma işlemi gerçekleştirmiştir. Eğitim setleri

ile yumruk, işaret parmağı, serçe parmak ve avuç içi olarak belirlediği işaretlerin destek vektör makinesi yöntemiyle tanınmasında, her işaret için 1000 çerçevede 935 üzeri başarılı tanıma sağlanmıştır. Aynı çalışmada ayrıca imajların boyutlarının tanıma zamanına oranı da incelenmiş bununla beraber tanıma işlemleri arasındaki ışık, arka plan gibi değişkenler performans karşılaştırmasına etkisi belirtilmiştir.

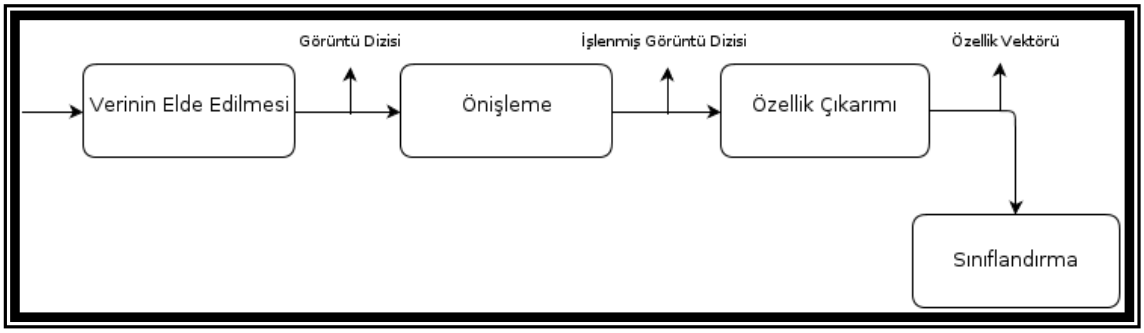
El tanıma teknikleri ve uygulama kullanıldığı alan açısından çeşitlilik gösteren çok miktarda benzer çalışma bulunmaktadır (Gingir, 2010; Bernard ve Bing, 2010; Sangineto ve Cupelli, 2012). Söz konusu çalışmalardan, tez çalışması başında ve çalışma boyunca yararlanılmış, avantaj ve dezavantajları tartışılmış; amaçlanan uygulamanın planlanması ve geliştirilmesinde, performans ve kararlılık bakımından kaynaklarda elde edilen sonuçların üzerinde başarı hedeflenmiştir.

3. GÖRÜNTÜ TABANLI SİSTEMLER

Bu bölümde görüntü tabanlı sistemlerinin çalışma mantığı ve bu sistemlerde kullanılan yöntemler incelenecek, yapılan araştırmalara ve uygulamalara yer verilecektir.

3.1. Görüntü Tabanlı Sistemlerin Çalışma Mantığı

Görüntüye dayalı tanıma sistemlerinde çoğunlukla görüntünün elde edilmesi, temizlenmesi ve filtrelenmesi, belirleyici özelliklerini elde dilmesi ve bu özelliklerden anlam çıkarımı aşamaları gerçekleştirilmektedir. Şekil 3.1. de görüntü tabanlı sistemlerdeki işlem basamakları gösterilmiştir. Bu işlemlere aşağıdaki alt bölümlerde kısaca değinilmiştir.



Şekil 3.1. Görüntü tabanlı sistemlerde işlem basamakları

3.1.1. Verinin Elde Edilmesi

Sistemin çalışması için öncelikle işlemler yapacağı bir görüntü veya görüntü dizisine ihtiyaç vardır. Genellikle bir kamera kullanılarak alınan bu görüntülerin çözünürlüğü, kontrast farklılıkları, netliği, renk değerleri gibi faktörler sistemin performansını ve başarısını doğrudan etkilemektedir. Gürültü olarak adlandırılan bu faktörlerin elimine edilmesi ve görüntünün iyileştirilmesi amacıyla görüntü, bir dizi filtrelemeler ve piksel düzeltmeleri işlemlerini içeren önişleme aşamasından geçirilir.

3.1.2. Önişleme

Ön işlem aşamasında amaç görüntünün işlenmesini zorlaştıracak faktörleri ortadan kaldırmaktır. Örneğin renkli bir görüntüde yer alan RGB değerleri gri seviye piksel değerlerine dönüştürülerek çok daha hızlı işlenebilmektedir. Bunun yanı sıra, görüntü üzerinde mevcut çizgi, benek gibi dış ortam etkenleri ortalama, ortanca filtre gibi teknikler kullanılarak arındırılabilmektedir. Ayrıca çok karanlık veya çok aydınlık görüntüler gibi istenmeyen kontrast karmaşasını ortadan kaldırabilmek için histogram eşitleme, kontrast germe gibi yöntemler de sıklıkla tercih edilmektedir. Gri seviye görüntünün siyah-beyaz görüntüye dönüştürülmesinde de çoğunlukla eşikleme adı verilen tekniğin uygulandığı görülmektedir. Bu teknikte genellikle belirli bir piksel değerinin üzerinde değerler beyaza, altındaki değerler ise siyaha dönüştürülür.

Segmentasyon işlemi de ön işlem aşamasında değerlendirilebilir. Segmentasyon işlemi çoğunlukla görüntüde yer alan ancak kullanılmayacak olan istenmeyen kısımların ayrıştırılması amacıyla yapılır. Örneğin iris tanımada göz resmi içerisinde yer alan kaş, kirpik, göz akı gibi kısımlar kullanılmamaktadır. Desenli bölge olarak tanımlanan iris bölgesinin kenar çizgileri işaretlenerek diğer kısımlar ayrıştırılır. Bu aşamada genellikle görüntünün yapısal olarak analizini gerçekleştiren morfolojik filtreler kullanılır. Matematiksel morfoloji, imgenin şekilsel yapısına dayanan kümeler teorisine üzerine kurulmuş bir yaklaşımdır (Karhan ve ark., 2011). İlk olarak 1980'li yıllarda Matheron ve Serra tarafından geliştirilen bu yöntem, görüntü iyileştirme, kenar belirleme, bölge bölütleme gibi birçok görüntü işleme aşamalarında kullanılmaktadır (Özşen, 2004).

Görüntünün yapısal olarak analizini gerçekleştiren temel morfolojik filtreler aşınma, genleşme, açma ve kapama olarak sıralanabilir. Aşınma işlemi kısaca görüntüden elde edilmek istenen nesnenin küçültülmesi ve inceltilmesi işlemidir. Genleşme ise, aşınma işleminin tam tersi biçimde elde edilmek istenen nesnenin büyütülmesi ve kalınlaştırılmasıdır. Bu iki işlemin çeşitlenmesiyle de açma ve kapama işlemleri ortaya çıkmaktadır. Açma filtresiyle görüntüye aşınma ve genleşme uygulanması ile görüntüdeki birbirine yakın cisimlerin birbirinden ayrılması işlemi gerçekleştirilirken, kapama filtresiyle açma filtresinin tersi olarak genleşme ve aşınma işlemlerine tabi tutulan görüntüde, cisimlerin birbirilerine daha da yakınlaşması sağlanır.

3.1.3. Özellik Çıkarımı

Sistemin gerçekleştireceği işleme uygun olarak görüntü dizisinden çıkaracağı özellikler bu basamakta elde edilir. Özellik vektörü olarak adlandırılan küme, genellikle segmentasyon aşamasında işaretlenmiş bölgenin sayısal değer karşılıklarını içerir. Bu kümenin boyutu özellik çıkarımı tekniğine göre farklılık arz etmektedir. Örneğin yüz tanıma işleminde özellik vektörü gözler arası mesafe, burun ve ağzın konumu gibi bilgileri içerirken, parmak izi tanıma işleminde parmak izi çizgilerine göre hat sonları, çatallaşmalar, kesişimler gibi bilgiler özellik kümesini oluşturmaktadır. Özellik çıkarımında kullanılan metoda göre özellik kümesinde yer alan verilerin karmaşık ve çok olması sistemin hızını yavaşlatırken, basit ve az sayıda özellik sistemin kararlığını aşağıya çekmektedir. Bazı durumlarda özellik çıkarımı işlemi sonrası elde edilen büyük boyuttaki veri seti özellik azaltımı ve sıkıştırma denilen tekniklerle daha küçük boyutlara getirilmektedir.

3.1.4. Sınıflandırma

Sınıflandırma özellik çıkarımı sonrası elde edilen veri kümelerinin hangi sınıfa ait olduğuna karar veren hesaplama işlemlerini içerir. Genellikle karar verme veya kontrol işlemini gerçekleştiren sınıflandırma aşamasında uygulamanın tipine göre farklı teknikler kullanılmaktadır. Çoğunlukla önceden belirlenen bir şablon kullanılarak karşılaştırma yapılmaktadır. Benzeşme oranına göre giriş verisinin ait olduğu küme belirlenmektedir. Son yıllarda sıklıkla tercih edilen öğrenme tabanlı yapay zeka teknikleri de sınıflandırmada etkili sonuçlar vermektedir.

3.2. Karşılaşılan Zorluklar

Çoğu sistemde olduğu gibi görüntü tabanlı sistemlerde de dikkat edilmesi gereken bazı noktalar bulunmaktadır. Performans, maliyet ve hata kontrolünde dikkat edilmesi gereken bu noktalar, sistemin kararlı çalışmasını da doğrudan etkilemektedir.

Aydınlatma, görüntü tabanlı sistemlerde dikkat edilmesi gereken en önemli özelliklerin başında gelmektedir. Görüntü dizisi elde edilecek ortamın ve cismin farklı derecede aydınlatılması görüntüler arasında farklılıklar yaratmaktadır. Aydınlatma, bir gün boyunca ya da her yerde aynı değildir. Zamandan zamana ve yerden yere farklılık

gösterir. Yüzün üç boyutlu yapısı nedeniyle, doğrudan aydınlatma kaynağı yüzün özelliklerini azaltan güçlü gölgelere sebep olur. Yüzün bir kısmı yoğun ışığa maruz kalırken, diğer kısmı gölgenin altında kaybolur (Zhao ve ark., 2003).

Sistemler, içerisinde bulundukları ortamda değişik kaynaklardan oluşan istenmeyen etkilere maruz kalırlar. Bu etkilere genel olarak gürültü adı verilir (Erol, 2006). Görüntünün ve algılanacak nesnenin net olması, ayrıca nesnenin arka plandan ayırt edilebilir biçimde olması dikkat edilmesi gereken noktalardandır.

Görüntü dizisini elde edecek aygıt ve/veya aygıtlar ile algılanacak nesne arasındaki mesafenin iyi ayarlanması gerekmektedir. Çok uzak ve çok yakın görüntülerin sistemlerde kullanılması güçtür.

Görüntü dizisinde elde edilmek istenen cismin aynı açı ve pozisyonlarda olması sistemin kararlılığı açısından diğer bir önemli konudur. Yüz tanıma sistemleri ele alınacak olursa, görüntü elde eden aygıtın farklı noktalardan yakaladığı aynı yüz görüntülerini sistem farklı yüzler olarak algılayabilir (Ellwart ve Czyzewski, 2010).

Bu tez çalışmasında el hareketine dayalı bir kontrol sistemi geliştirilmiştir. Sistem görüntünün alınması aşamasında sıradan bir web kamerası kullanmaktadır. Ön işlem aşamasında öncelikle renkli – gri seviye dönüşümü ve ardından eşikleme tekniği kullanılarak gri seviye – siyah beyaz dönüşüm işlemleri yapılmıştır. Bu işlemin yapılmasındaki temel amaç hareketli bölgelerin tespit edilmesidir. Hareketli bölgenin işaretlenmesinin ardından arka plan (hareketli kısım haricindeki alan) temizleme işlemi yapılmıştır. Dolayısıyla yalnızca hareketli bölgeler üzerinde işlem yapılmasına odaklanılmıştır. Bu bölgeler üzerinde Gauss filtresi kullanılarak yumuşatma uygulanmış ve ardından genleşme ve açma işlemlerini kapsayan morfolojik dönüşümler yapılmıştır. Bunun yapılmasındaki amaç, ışık değişimlerinden kaynaklanan küçük piksel farklılıklarını elimine etmektir. Ardından Haar Cascade algoritması kullanılarak yüz bölgesinin işaretlenmiş alandan ayrıştırması işlemi yapılmıştır. Son olarak şablon eşleştirmeye dayalı bir algoritma ile el bölgesi işaretlenmiş ve hareket tanınmıştır.

4. HAREKET VE İŞARET TANIMAYA DAYALI UYGULAMALAR

İşaret, parmakla nesne gösterme hareketlerinden, duyguları anlatım ve diğer insanlarla iletişimi sağlayan daha karmaşık hareketlere kadar insan iletişiminin doğal bir parçasıdır (Al-Rajab, 2008). Bu bölümde hareket ve işaret tanıma üzerine geliştirilmiş olan çalışmalar incelenecek ve kullanılan yöntemler açıklanacaktır.

Hareket ve işaret tanıma sistemleri detaylı olarak incelendiğinde ilk göze çarpan durum, bu sistemlerin birçok işlemi bir arada barındırmasıdır. Görüntü algılama, düzeltme, filtreleme, segmentasyon ve sınıflandırma gibi birçok işlemin kullanımı hareketin algılanması ve tanınmasında farklı metotların oluşmasını zorunlu kılmıştır.

Görüntü dizisinde el, kol ve yüz bölgesinin ayrıştırılması ve senkronize olarak bu bölgelerdeki hareketlerin doğru bir şekilde tanınması sistemin işleyişi açısından oldukça kritik bir husustur. Hareketin tanınmasındaki gecikmeler ve başarısızlıklar doğrudan sistemin performansına etki ettiğinden, tanıma işlemlerinde hızlı ve kararlı çalışacak metotlar kullanılmalıdır. Eş zamanlı yapılan tanıma işlemlerinin harmanlanması da kullanılan bir diğer tekniktir. Hareket tanımaya dayalı kontrol sistemlerini üzerine yapılan benzer çalışmalarda, saklı markov modeli (Keskin, 2006; Chen ve ark., 2003; Nefian ve Hayes, 1998; Salah ve ark., 2007), bayes filtresi (Anonymous,2013; Lebeltel ve ark., 2004; Stenger, 2004; Yılmaz ve ark., 2009), parçacık süzgeci (Aran ve Akarun, 2008; Yıldırım, 2007), koşullu yoğunluk yayılımı (Black ve Jepson, 1998; Boissenin ve ark., 2007; Isard ve Blake, 1998; Koller-Meier ve Ade, 2001; Magee ve Boyle, 2002; Torma ve Szepesvari, 2003), sonlu durum makineleri yaklaşımı (Dinçtürk, 2009), ses dalgalarına dayalı doppler etkisi tekniği (Fowler, 2009; Gupta ve ark., 2012) gibi yöntemler tercih edilmiştir.

Hareket ve işaret tanıma işlemleri biyometrik yaklaşımlara oranla tek bir görüntü yerine daha çok görüntü dizisindeki her bir elemanın bir önceki çerçeve ve bir sonraki çerçeveyle arasındaki ilişkilerin incelenmesine dayanır. Bu şekilde seçilen nesnenin konumu ve hareketi hakkında bilgi edinilmektedir. Her ne kadar biyometrik teknolojilerin suçluların bulunması ve kimlik tespiti gibi kritik alanlarda kullanılmasının yanında geri planda kalsa da hareket tanıma uygulamaları gelecekte afet durumları, sağlık sektörü ve askeri alanlarda kullanımı göz önüne alındığında önemi daha çok ortaya çıkmaktadır.

Hareket ve işaret ile kontrol uygulamalarının büyük bir kısmı oyun sektöründe karşımıza çıkmaktadır. İnsanların oyunun bir parçası olmak ve oyun oynanması

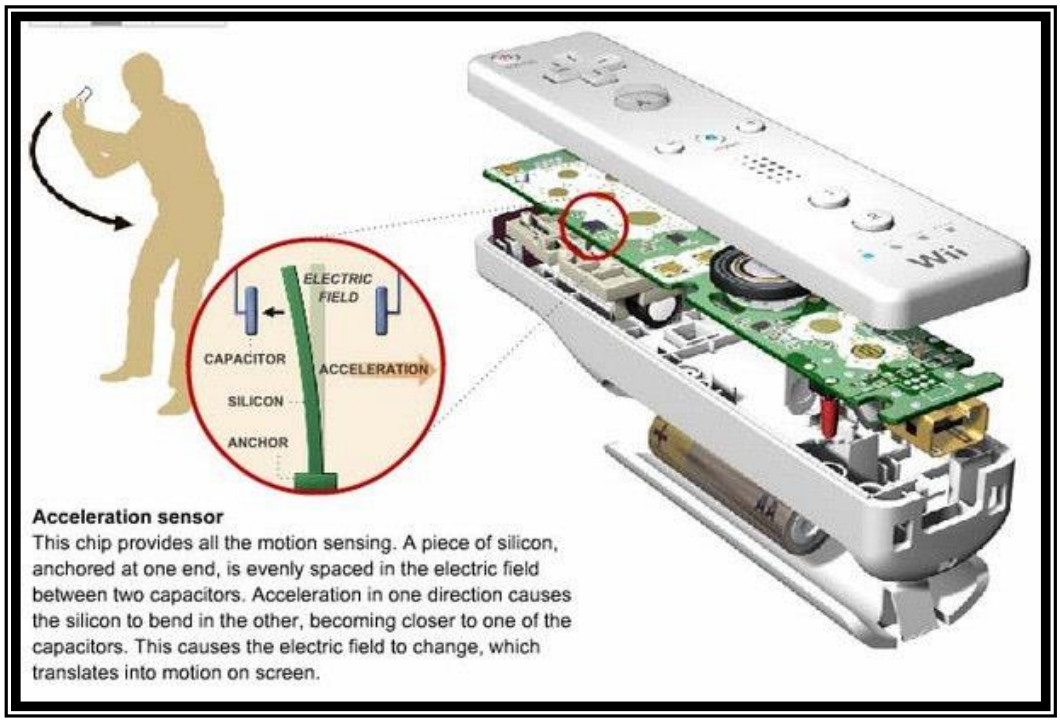
sırasında aktif rol almak isteği oyun yapımcılarını hareket ve işaretle oyunu kontrol eden sistemleri geliştirmelerine yol açmıştır. Günümüzde birçok şirket, etkileşimli oyun kumandaları geliştirmektedir. Bunların başında Nintendo, Sony ve Microsoft firmaları gelmektedir. Bu firmaların geliştirmiş olduğu hareket ve görüntüye dayalı kontrol sistemleri aşağıda anlatılmaktadır.

4.1. Yapılan Çalışmalar

4.1.1. Nintendo® Wii ™

Nintendo Wii harekete dayalı uzaktan kumanda özellikleri olan yakın zamanda piyasa çıkmış bir oyun sistemidir. Kumanda, oyuncunun vücut hareketlerine cevap verir ve oyuncunun ekrandaki çevre ve nesnelerle kendi vücut hareketlerini kullanarak etkileşimi ile oyunlara katılımını sağlar (Vernadakis ve ark., 2012).

Wii, oyun kontrolü için kumandanın ötesinde denge tahtası benzeri yenilikçi cihazlar da geliştirmektedir ancak görüntü tabanlı sistemleri etkileyen özellikleri çalışma doğrultusunda daha fazla önem taşımaktadır. Bu bağlamda Wiimote olarak isimlendirilen kumanda cihazının çalışması şu şekilde açıklanmaktadır:



Şekil 4.1. Nintendo Wii oyun sisteminin kumanda cihazı

Wii kumandasının içinde şekil 4.1. de görülen ivme ölçer olarak adlandırılan kumandanın algılayıcı ile iletişime geçip hareketin ekranla bağlantı kurmasını sağlayan küçük bir aygıt bulunmaktadır. Ne zaman oyuncu kumandayı bir yöne hareket ettirse, aygıtın içindeki kapasitörlerin arasında bulunan silikon parçası diğer tarafa yönlenir. Silikonun bulunduğu konuma bağlı olarak kapasitörler elektrik akışını değiştirerek ekranda hareketi sağlarlar (Thibault, 2013).

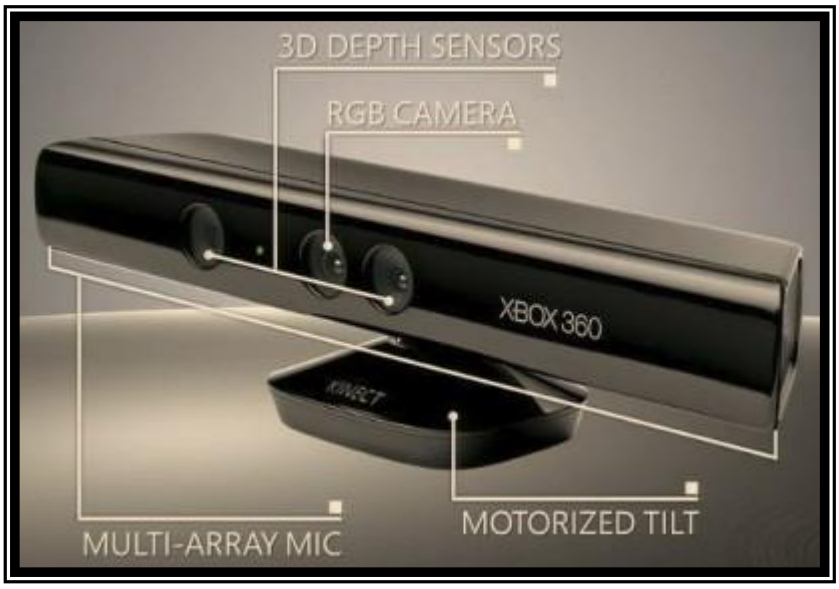
Yatay hareketin dışında dikey hareket için diğer bir algılayıcı bulunmaktadır. Bu algılayıcı, sağ ve sol taraflarında bulunan beşer LED lamba ile kumandanın hareketini beş metreye kadar takip edebilir. Kumandanın algılayıcıya uzaklığı bu ışıklar sayesinde hesaplanır Şekil 4.2. de algılayıcı Nintendo kasasının önünde görülmektedir.



Şekil 4.2. Nintendo Wii kutu içeriği

4.1.2. Microsoft® Kinect ™

Kinect Microsoft tarafından 'Project Natal' ismiyle geliştirilen ve 2010 yılında piyasaya sürülen, kamera ile çekilen görüntüye dayalı bir hareket algılama aygıtıdır (Clayman, 2010). Bu aygıt, şekil 4.3 te gösterildiği gibi, algıladığı alanda bulunan nesnenin üç boyutlu durum bilgisini verebilen ve ayrıca insan vücudunun 20 koordinatını bulabilen bir stereo kamera sistemidir (Kaya ve ark., 2011).



Şekil 4.3. Kinect algılayıcısı

Kinect algılayıcısı, yüz tanıma ve RGB bileşenlerine göre diğer algılama işlevleri için VGA kamera; kızıl ötesi projektör ve ışık koşullarından bağımsız bir şekilde odayı üç boyutlu görmek için kullanılan tek renkli CMOS algılayıcısı içeren bir derinlik sensörü; oyuncunun sesini, odanın içindeki seslerden izole eden ve ses komutları için kullanılan çoklu-dizi mikrofonu olmak üzere üç ayrı donanımdan oluşmaktadır (Crawford, 2012).

4.1.3. Sony PlayStation® Move ™

PlayStation Move hem Nintendo Wii gibi harekete dayalı bir kumanda sistemine, hem de Microsoft Kinect gibi bir kamera sistemine sahiptir. Sistemi diğerlerinden ayıran en büyük özelliği kumanda aygıtında bulunan ve koşullara bağlı olarak parlayan RGB LED küre lamba sistemidir. Playstation Move donanımının bir parçası olan ve Eye ismi verilen kamera, kürenin rengini sahnenin kalanından ayırt eder (Anonymous, 2012).



Şekil 4.4. PlayStation 3, Playstation Move kumandası ve algılayıcısı

Kumanda sisteminde küre lamba sisteminin dışında 3 boyutlu doğrusal ivmeölçer; dönüş hareketleri için açısal oran algılayıcı ve kumandanın dünyanın manyetik alanına karşı kalibrasyonunda hata oranını hesaplanmasını doğrulamaya yardım için kullanılan mıknatıs ölçer gibi sensörler bulunmaktadır (Anonymous, 2012).

4.1.4. Diğer Çalışmalar

Hareket tanımaya dayalı etkileşimli uygulama kontrolü üzerine ticari uygulamalar dışında sayısız bilimsel çalışmalar da yapılmaktadır. Görüntü elde eden aygıtın belirli vücut uzvunu gördüğü uygulamalar (Haberdar, 2005; Helhel, 2009), tanıma işlemini eldiven kullanarak gerçekleştiren çalışmalar (Lamberti ve Camastra, 2012), birden çok algılama sistemini bir arada kullanan çalışmalar (Heo ve ark., 2010) yapılan araştırmalardan bazılarıdır.

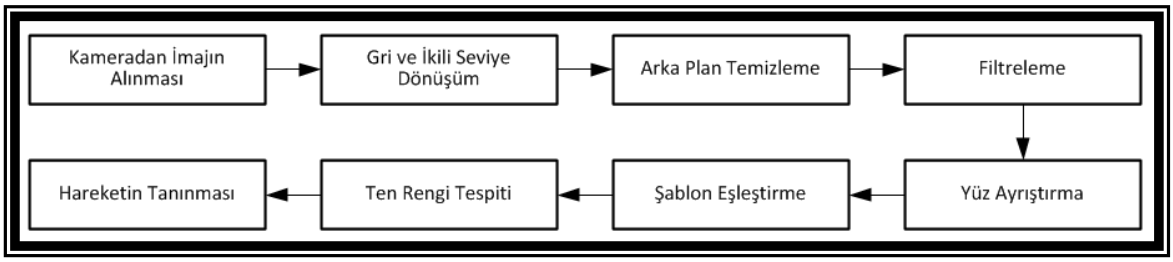
5. EL HAREKETİ TANIMAYA DAYALI KONTROL SİSTEMİ

Bu çalışmada düşük maliyetli ve performansı yüksek bir hareket tanıma uygulaması gerçekleştirilmiş ve etkileşimli bir oyun uygulamasında kontrol amaçlı kullanılmıştır. Oyun uygulamaları incelendiğinde çoğunlukla özel algılayıcılara sahip yüksek maliyetli aygıtlar kullanılmaktadır. Bu çalışmada, hemen her bilgisayarda standart olarak gelen web kamerası donanımı kullanılarak bir oyun kontrolü gerçekleştirilmiştir. Kamera ile elde edilen görüntü dizisinin sistemin ayırt edebileceği seviyeye getirmek için gri ve ikili seviye dönüşümler, arka plan temizleme, çeşitli filtreleme işlemleri, yüz ayrıştırma, şablon eşleştirme ve ten rengi tespiti gibi işlemler kullanılmış ve görüntüdeki hareketlerin anlamlı ayrımı gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada kullanılan yazılım ve donanımlar şu şekilde sıralanabilir. Hareket tanıma yazılımı, Emgu CV Framework mimarisi ile Visual C# kullanılarak kodlanmıştır. Yazılımın çalıştığı bilgisayar Windows 7 işletim sistemiyle Intel i7 üçüncü nesil işlemci, 8 GB RAM, Nvidia GT650M ekran kartı ve 1.3 MP web kamerasına sahiptir. Hareket tanıma işlemleri kameradan alınan 640x480 çözünürlükteki görüntü dizileri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Tez çalışmasında, seminerde elde edilmiş hareket tanıma uygulamasında kullanılan AForge Framework; yeterli doküman ve geliştirilmiş kod olmadığından dolayı yerini içerik bakımından daha kapsamlı olan Open CV wrapperi Emgu CV Frameworke bırakmıştır. Emgu CV; erişilebilirlik ve kaynak kod bolluğu, kolay kullanımı, çok platformlu yapısı ve en önemlisi otomatik kötü girdi temizleme (automatic garbage collection) denilen bellek yönetimi nedeniyle tercih edilmiştir.

5.1. Materyal ve Yöntem

Uygulamada hareket tespitinde yaygın kullanıma sahip olan tanıma sistemlerinden yararlanılmıştır. Kullanılan bu sistemlerin hareket tanıma sürecindeki izlenim sırası şekil 5.1 de gösterilmiştir. Bu aşamalar aşağıdaki alt bölümlerde ayrıntılı bir şekilde anlatılmaktadır.



Şekil 5.1. Hareket tanıma sürecindeki sistem izlenim sırası

5.1.1. Gri Seviye Dönüşüm

Görüntü karşılaştırma ve eşleştirme süreçlerinde ilk adım olarak karşımıza çıkan gri seviye dönüşüm işlemi, en basit haliyle belirli formattaki bir girdi görüntüsünün, gri tonlu bir çıkış görüntüsüne çevrilmesi işlemidir.

Renkli görüntülerle doğrudan çalışmak yerine sıklıkla gri seviye temsillerinin kullanılmasının ana sebebi, gri seviye eşleşmenin algoritmayı kolaylaştırması ve hesaplama gereksinimlerini azaltmasıdır (Kanan ve Cottrell, 2012).

RGB renk uzayında bulunan değerlerin gri seviye değerlere dönüşümünde R(red-kırmızı), G(green-yeşil) ve B(blue-mavi) bileşenlerinin ağırlıklı toplamı kullanılır (Wang, 2009). Değerin hesaplanmasında,

$$P_{gray} = 0.2989 * P_{red} + 0.5870 * P_{green} + 0.1140 * P_{blue} \quad (5.1)$$

eşitliği kullanılmıştır. Burada P_{gray} pikselin gri seviye değerini P_{red}, P_{green} ve P_{blue} ise pikselin RGB renk uzayındaki r,g ve b bileşenlerini ifade etmektedir.

5.1.2. İkili Seviye Dönüşüm (Eşikleme)

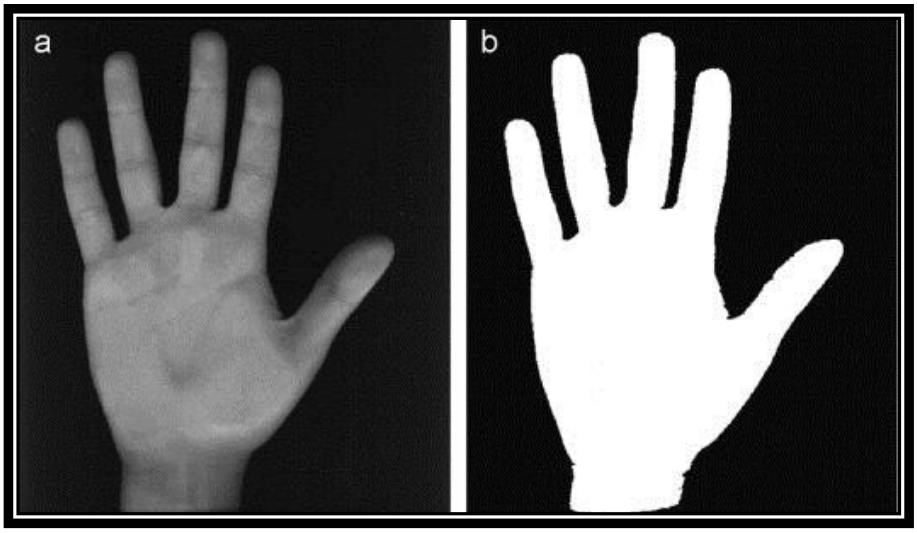
İkili seviye görüntüler, sadece iki olası yoğunluk değeri olan piksellere sahip görüntülerdir. Genellikle siyah ve beyaz olarak görüntülenir. Sayısal olarak, iki değer çoğunlukla siyah için 0, beyaz için 1 veya 255 dir (Anonymous, 2013).

Uygulamada bu işlem ile elde edilen görüntüler hem arka plan temizleme hem de şablon eşleştirme işlemlerinde kullanılmaktadır. Belirtilen kısımlarda görüntülerin nasıl kullanıldığı detaylı olarak açıklanacaktır. Yapılan eşikleme işleminde gri seviye görüntü, ikili seviyeye eşitlik (5.2)'den yararlanılarak dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm

ile gerek tarama ve tespit işlemleri gerekse morfolojik işlemler performans bakımından daha verimli hale gelmişlerdir.

$$hedef(x,y) = \begin{cases} 255, & kaynak(x,y) > eşik \\ 0, & \end{cases} \quad (5.2)$$

Eşitlikte $hedef()$ çıkış değeri, $kaynak()$ işlem yapılan piksel değeri ve x, y piksel pozisyonunun koordinatları anlamına gelmektedir. Görüntüdeki her piksel için, belirlenen eşik değeri sabit tutularak; işlem yapılan piksel değeri eşik değerinden büyükse 255 e, küçükse 0 a eşitlenmiştir. Bu çalışmada farklı eşik değerleri denenerek en uygun eşik değeri 110 olarak belirlenmiştir. Şekil 5.2 de gri seviye el görüntüsü ve eşikleme yapıldıktan sonra elde edilen ikili seviye el görüntüsü görülmektedir.



Şekil 5.2. Gri seviye el görüntüsü ve ikili seviye el görüntüsü

5.1.3. Arka plan temizleme

Arka plan temizleme, esas olarak alınan görüntünün hareketli görüntü ile arasındaki farkın çıkarılarak geriye kalan kısmın temizlenmesi işlemidir. Bu noktada ilk alınan görüntünün mümkün olduğu kadar kameranın görüntülediği alanın sabit olduğu anında yakalanması, tanıma işleminin başarısına doğrudan etki etmektedir.

Tespit algoritmasında görüntü dizisinde bulunan her görüntünün piksek değerleri bir önceki görüntüdeki piksel değerleri ile karşılaştırılarak hareketin tespiti gerçekleştirilmektedir (Anonymous, 2012).

Görüntülerin karşılaştırması işlemi piksel seviyesinde yapıldığından her görüntünün piksel değerinin hesaplanması gereklidir. Bu hesaplama işlemi sonucunda iki görüntünün arasındaki fark eğer eşik değerinden büyükse hareket kabul edilmiş olur.

Yeni tahmini piksel değeri; S_t, t zamanındaki tahmini piksel değeri, a_k tahmin edilebilir katsayı, S_{t-k} pikselin geçmişteki değeri ve p tahmin için gidilecek geçmiş görüntüler olmak üzere,

$$S_t = -\sum_{k=1}^{p}(a_k\, S_{t-k}) \tag{5.3}$$

eşitliğinden elde edilir. Öngörülen hata değeri; $E[{e_t}^2]$, t zamanındaki öngörülen hata değeri, $E\left[{S_t}^2\right]$, t zamanındaki piksel için öngörülen hata değeri olmak üzere,

$$E[{e_t}^2] = E\left[{S_t}^2\right] + \sum_{k=1}^{p}(a_k E[S_t\, S_{t-k}]) \tag{5.4}$$

eşitliğinden elde edilir. Eşik değeri,

$$T = 4 * \sqrt{E[{e_t}^2]} \tag{5.5}$$

olarak alındığında ve her piksel için yapılan karşılaştırma işlemi görüntü bazında düşünülecek olursa, görüntüler arası fark; $I_t(x)$, t anındaki görüntünün piksel değerleri, $I_{t-1}(x)$, görüntünün geçmişteki piksel değerleri ve $J_t(x)$ görüntüler arası fark kontrolü olmak üzere,

$$J_t(x) = \begin{cases} 1, I_t(x) - I_{t-1}(x) > T \\ 0, \end{cases} \tag{5.6}$$

eşitliğinden elde edilir (Toyama ve ark., 1999).

5.1.4. Filtreleme işlemleri

Arka plan temizleme işlemi sonrasında oluşan, çoğunlukla ışık değişimleri kaynaklı küçük hareketlerin dikkate alınmasının engellenmesi amacıyla gauss

yumuşatması filtresi ile morfolojik işlemlerden genleşme ve açma algoritmaları kullanılmıştır.

Bunlardan genleşme işleminin amacı görüntüde bulunan nesnenin büyütülmesi/kalınlaştırılmasıdır. Bu işlemin gerçekleşmesinde genleşme yapılacak görüntü ve koordinat noktaları kümesi olmak üzere iki veri parçası alınır. Genleşme işleminin etkisini belirleyen bu noktalar kümesidir (Fisher ve ark., 2003).

Genleşme işlemi, noktalar kümesinin görüntü üzerinde kayarak aşağıdaki adım dizilerinin takibiyle uygulanır (Brehar, 2013):

1. Eğer noktasal kümenin merkezi, görüntü üzerinde beyaz piksel ile rastlaşırsa, değişiklik yapılmadan bir sonraki piksele geçilir.
2. Eğer noktasal kümenin merkezi, görüntü üzerinde siyah piksel ile rastlaşırsa, noktasal kümenin görüntüde kapsadığı tüm pikseller siyah yapılır.

Diğer bir morfolojik filtreleme elemanı ise açma işlemidir. Bu işlem genleşme işleminin tersi olan aşınma işlemi görüntüye uygulandıktan sonra filtrelenmiş görüntüye genleşme işlemi uygulanmasıdır. Bu sayede ilk adımda görüntüde küçültülmesi/inceltilmesi sağlanan nesneler tekrar büyütülerek/kalınlaştırılarak nesnelerin birbirinden ayrılması gerçekleştirilir. Aynı zamanda nesne içinde bulunan boşluklarda bu işlem sırasında temizlenmiş olur. Genleşme işleminde eşitlik (5.7), açma işleminde eşitlik (5.9) kullanılmaktadır.

$$A \oplus B = \{x \,|(B)_x \cap A \neq \varnothing\} \tag{5.7}$$

$$A \ominus B = \{x \,|(B)_x \subseteq A\} \tag{5.8}$$

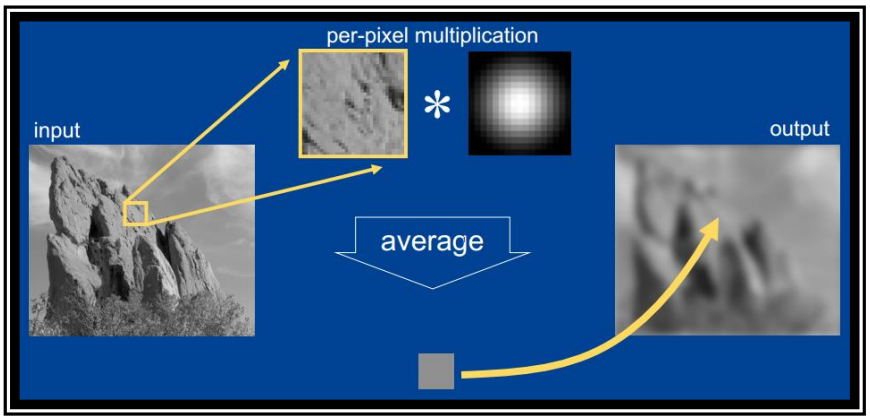
$$A \odot B = (A \ominus B) \oplus B \tag{5.9}$$

Bu durumda A'nın B ile genleşmesi, B'nin yansıması alındıktan sonra bunun A ile kesişiminin en azından bir eleman verdiği öteleme noktaları kümesi olarak tanımlanır. Aynı şekilde eşitlik (5.8)'deki aşınma işlemine göre A'nın B ile aşınması, B yapılandırma elemanının tamamen A'nın içinde kalmasını sağlayan öteleme elemanları kümesi olarak tanımlanır (Emiroğlu, 2011). Bu noktadan yola çıkarak eşitlik (5.9) da gösterilen açma işlemi, aşınma işlemi uygulanmış imaja genleşme işleminin uygulanmasıdır.

Işık değişimlerinden kaynaklanan işaretleme zorluklarını azaltmak amacıyla uygulanan bir diğer filtre ise gauss yumuşatmasıdır. Görüntünün bulanıklaştırılması sonucu elde edilen gauss yumuşatması, görüntüdeki gürültünün azaltılması amacıyla kullanılır. Gauss yumuşatmasında eşitlik (5.10) kullanılmıştır. Eşitlikte σ, maskeleme varyansı, x, y, yumuşatma uygulanacak noktadır (Collins, 2003).

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \tag{5.10}$$

Gauss yumuşatmasının çalışma mantığı şekil 5.3 de görülmektedir. İmaj üzerinde tanıma sistemi için faydasız olan kısımların sadeleştirilmesinde kullanılan gauss bulanıklığı; merkez piksellerin daha yüksek ağırlık değeri, komşu piksellerin ise daha düşük ağırlık değerleri ile çarpılmasıyla elde edilmektedir.



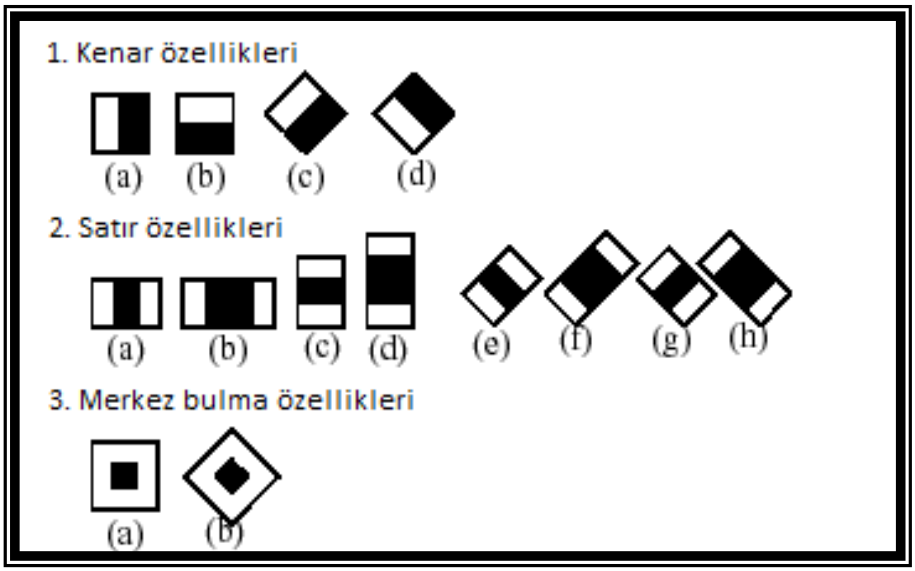
Şekil 5.3. Gauss yumuşatması (Paris, 2008)

5.1.5. Yüz Ayrıştırma

Uygulamanın temelinde bulunan hareketli noktaların tespit edilmesi işlemi her ne kadar filtreleme işlemleri ile sadeleştirilse de vücut hareketlerinde istemsiz olarak kafa, yüz ve omuzların kımıldaması bu noktaların da algılanmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle yüz bölgesinin tanımlanıp bu alanın kontrol edilecek alanların dışında tutulması tanıma işleminin doğruluğunu ve hızını artıracaktır.

Yüz tanımada kullanılan algoritmalar arasından bir çeşit şablon eşleştirme yöntemi olan Haar Cascade algoritması kullanılmıştır. Bu algoritmanın çalışma hızı ve kolay entegrasyonunun yanında üzerine yapılan çalışmalar (Dabhade ve Bewoor, 2012; Padilla ve ark., 2012; Viola ve Jones, 2001) uygulamada kullanılması için tercih sebebi olmuştur.

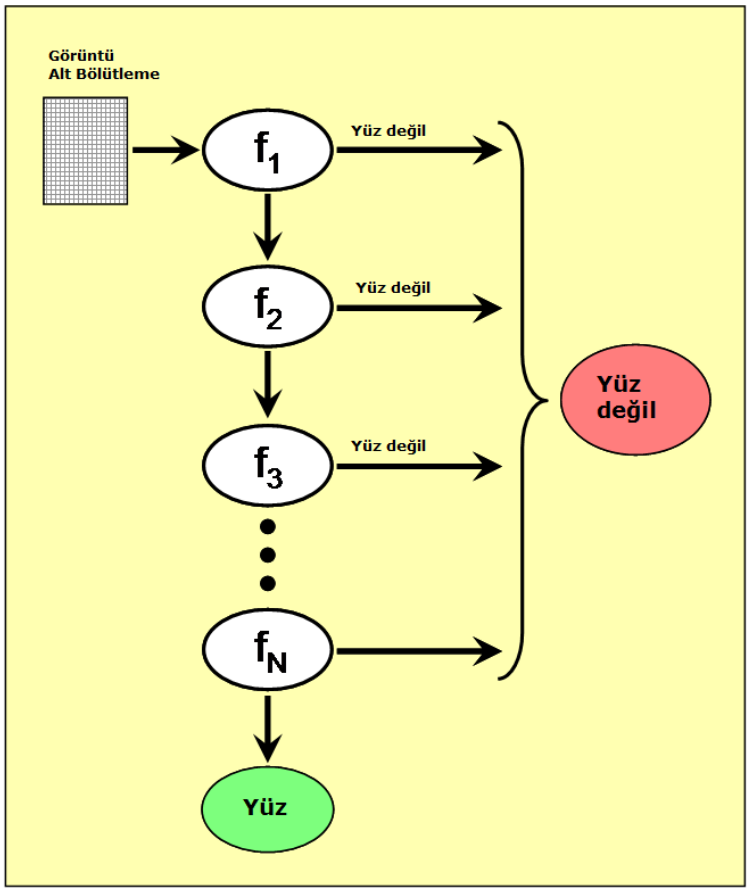
Haar Cascade metodu, Haar dalgacıkları denilen temelde kare şeklinde dalga boyu dizilerine dayanır. Bir kare dalga, biri parlak biri koyu olmak üzere bir çift bitişik dikdörtgendir (Vural ve ark., 2012). Görsel nesne algılamada kullanılan dikdörtgen kombinasyonları aslında tam anlamıyla birer haar dalgacığı değildir. Tanıma işlemleri için uygun şekilde düzenlenmiş olan bu dikdörtgen kombinasyonları, haar dalgacıkları yerine haar özellikleri (haar features) olarak adlandırılmakladır. Şekil 5.4 de örnek haar özellikleri gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Örnek Haar özellikleri (Haar features)

Haar özellikleri bir alandaki ortalama aydınlık bölge piksel değerinden ortalama karanlık bölge piksel değerinin çıkarılması ile belirlenir. Eğer fark öğrenme sırasında belirlenmiş olan eşik değerinin üzerinde ise, özellik mevcuttur.

Yüz tanıma için gerekli olan haar özelliklerinin artarda uygulanması, yani bir zincir şeklinde birleştirilmesi ve özelliğin önemine göre belirli ağırlık değerleriyle filtrelenmesi ile Haar Cascade metodu ortaya çıkmaktadır. Şekil 5.5 de bu durumu gösteren diyagram verilmiştir.

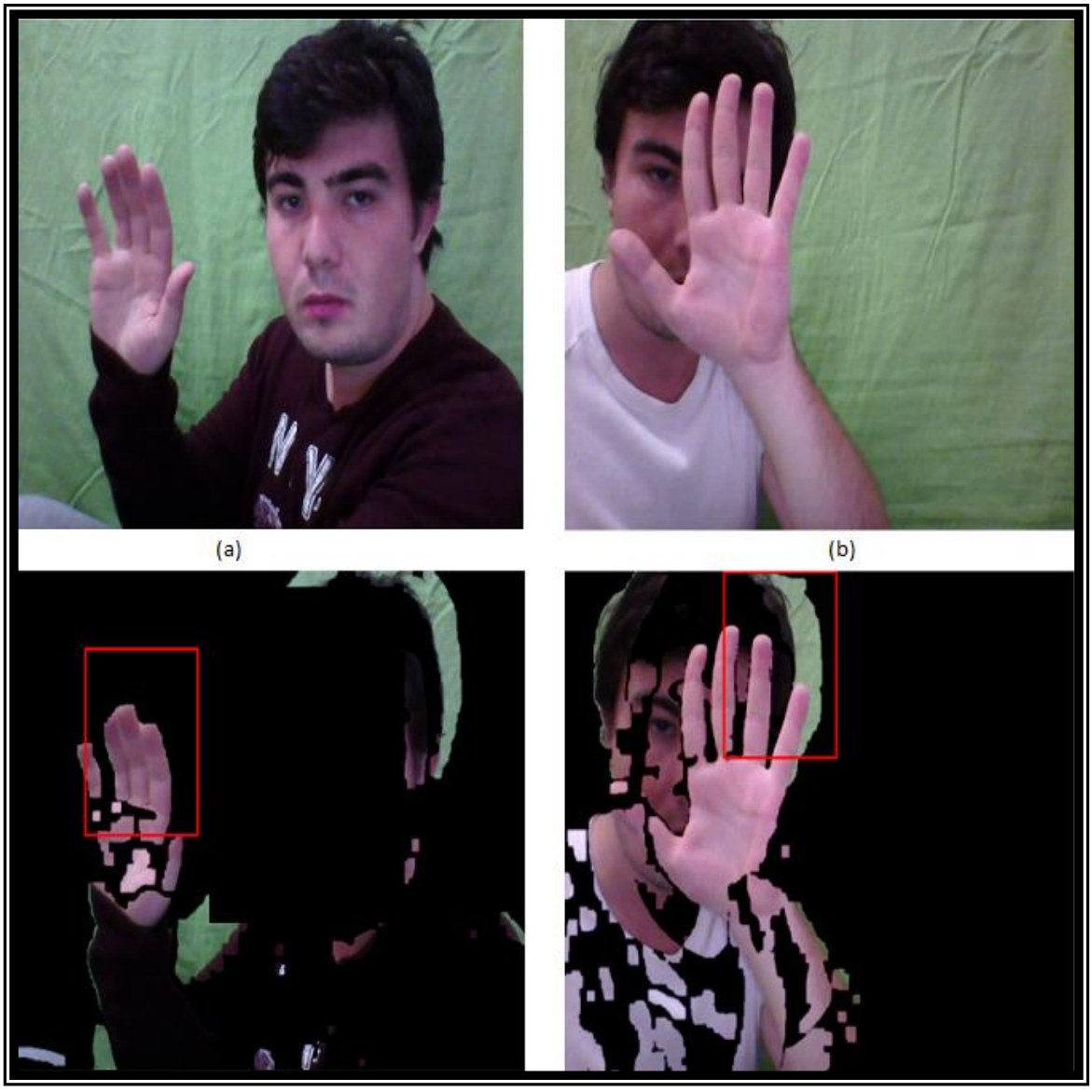


Şekil 5.5. Özellikler dizisinin filtrelere göre zincir halinde kontrol edilmesi ve "Yüz", "Yüz Değil" olarak sınıflandırılması

Uygulamada kullanılan yüz tanıma işleminde de anlatılan Haar Cascade metodunda; uygulanacak Haar özellikleri, bulunduğu xml dosyasından okunmakta ve bu özelliklere göre yüz tanıma gerçekleştirilmektedir.

Hareket tanıma işleminin temeli olan arka plan temizleme kısmında hareketsiz kısım karartılmaktadır. Bu sayede tanıma işlemleri belirli kısımlarda yapılmakta ve tarama zamanı azaltılmaktadır. Yüz ayrıştırma işlemi sonrasında elde edilen alan da karartılan kısımlara eklenmektedir. Bu adımda dikkat edilmesi gereken iki durum bulunmaktadır. Bunlardan ilki elin tanınması işleminde, elin yüzün önünde bulunmadığı durumlarda yüzün tanınıp karartılmasıdır. İkinci durum ise elin, yüzün önüne getirildiğinde karartma işleminin yapılmasıdır. Eğer yüzün bulunduğu alan bu durumda karartılırsa el tanıma işlemi de karartılmış olacaktır. Ancak bu noktada ayrı bir kontrole gerek duyulmamıştır. Çünkü el, yüzün önünü kapattığı anda yüz tanıma algoritması görüntüde yüzü bulamayacaktır. Bu sayede yüz ayrıştırma işlemi gerçekleşmeyecek, yani karartma işlemi yapılmayacaktır. Şekil 5.6 de yüz karartma içeren bir arka plan

temizleme işlemi gösterilmiştir. Bu işlemde öncelikle hareketsiz bölgeler karartılmış, ardından hareketli bölgeler içerisinden yüz bölgesi tespit edilerek bu bölgenin de karartılmış bölgeye dahil edilmesi sağlanmıştır.



Şekil 5.6. Yüz ayrıştırma işlemi. Ekranda yüzün bulunup karartılması (a), El yüz bölgesinin üstüne geldiğinden dolayı yüzün algılanmaması (b).

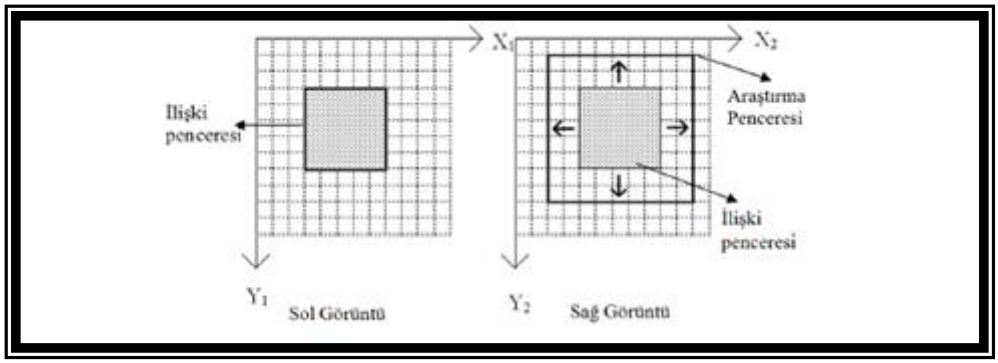
Yüz ayrıştırmada dikkat edilmesi gereken diğer bir nokta, şuan için kullanılan tüm yüz bulma işlemlerinde büyük sıkıntı olan aksesuar kullanımıdır. Gözlük, şapka ve benzeri (saçın gözü kapatması gibi) durumlarda tanıma işlemi, çoğu uygulamada da olduğu gibi bazı zamanlarda gerçekleştirilememekte ve bu da yüzün karartılamamasına sebep olmaktadır. Ancak bu süre geçici olduğundan kabul edilebilir seviyededir.

5.1.6. Şablon Eşleştirme

Şablon eşleştirme yöntemi, belirli bir şablonun bir görüntü içerisinde taranmak suretiyle eş veya benzerinin bulunmasıdır. Basit bir yaklaşımla görüntünün altbölümü ya da aday görüntü olarak referans gösterilen şablon ile görüntünün olası her parçasının arasındaki benzerliğin ölçülmesidir. En yüksek benzerliği bulunan aday görüntünün pozisyonu, görüntüdeki şablonun yerini belirtir (Mattoccia ve ark., 2011).

Bu uygulamadaki şablon eşleştirme işleminde normalize edilmiş korelasyon katsayısı yöntemi kullanılmıştır. Temel olarak anlatılan ana görüntü ve üzerinde taranan şablon örnekleri şekil 5.8 de gösterilmektedir.

Korelasyon katsayısı p[-1, 1] aralığındadır. En iyi eşleme maksimum p(x,y)'yi veren pikseli merkez alan dörtgendir. Hesaplanan katsayı p = -1 ise iki ilişki penceresi arasında hiçbir ilişki olmadığı anlaşılır. Eğer p =1 ise dörtgenler arasında tam bir ilişki vardır. Normalize edilmiş korelasyon katsayısı, eşitlik (5.11) ile hesaplanır (Varlık ve ark., 2009). Yöntemin kullanımında yararlanılan görüntüler şekil 5.7 de gösterilmiştir.



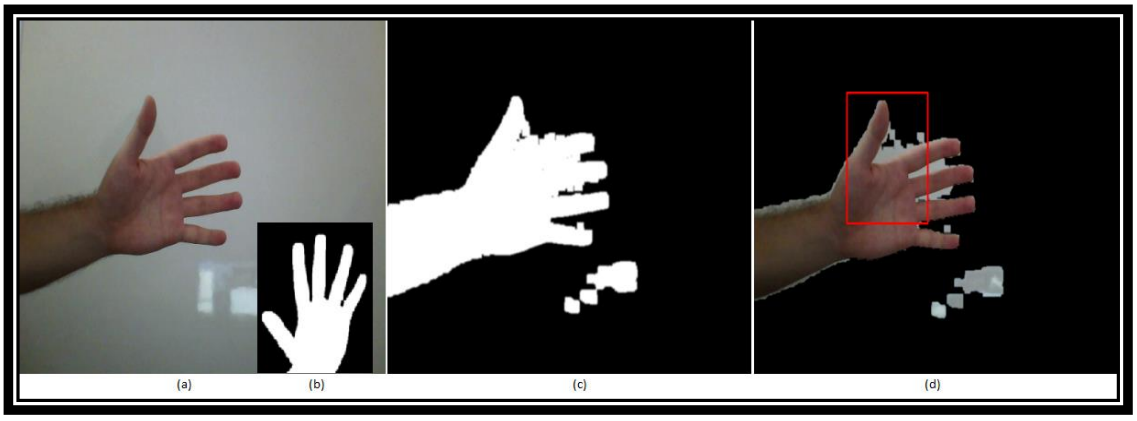
Şekil 5.7. Normalize edilmiş korelasyon katsayısı hesaplama görüntüleri

$$\mathrm{p[u,v]} = \frac{\sum_{u=-n}^{n}\sum_{v=-n}^{n}(f_1[X_1+u,Y_1+v]-\bar{f}_1).(f_2[X_2+u,Y_2+v]-\bar{f}_2)}{\sqrt{\sum_{u=-n}^{n}\sum_{v=-n}^{n}(f_1[X_1+u,Y_1+v]-\bar{f}_1)^2.\sum_{u=-n}^{n}\sum_{v=-n}^{n}(f_2[X_2+u,Y_2+v]-\bar{f}_2)^2}} \quad (5.11)$$

Burada, X_1, Y_1, X_2, Y_2, sol ve sağ görüntüdeki ilişki pencerelerinin merkezlerinin görüntü koordinatları; u, v, sol ve sağ görüntüdeki ilişki pencerelerinin koordinatları; f_1, f_2, sol ve sağ görüntüdeki ilişki pencerelerinin piksellerinin gri değerleri; $\bar{f}_1, \bar{f}_2$, sol ve sağ görüntüdeki ilişki pencerelerinin piksellerinin gri değerlerinin ortalamasıdır (Varlık ve ark., 2009).

Şablon eşleştirme programın çalışma hızına negatif yönde etki eden bir işlemdir. Belirlenen şablonun tüm görüntü içinde taranması işlemi, sistemi yavaşlattığı gibi aynı düzeyde programın karmaşıklığını da artırmaktadır. Ancak bunlarla beraber el tanıma işleminde sağladığı başarı, dezavantajlarını tolere edilebilir seviyede tutmaktadır. Ayrıca işlemlerin ikilik sisteme dönüştürülmüş görüntüler üzerinde yapılması da hız sorununa etki eden parametrelerden biridir.

Uygulamanın ilk safhalarında karşılaşılan hareket algılama işlemlerinde tespit noktasının hızlı yer değiştirmesi problemi, bu yöntem ile tüm görüntü yerine belirli bir alanda tarama yapılması sayesinde giderilmiştir. Şekil 5.8 de şablon olarak alınan görüntü ve ana görüntüde eşleştirme yapılan alan görülmektedir.



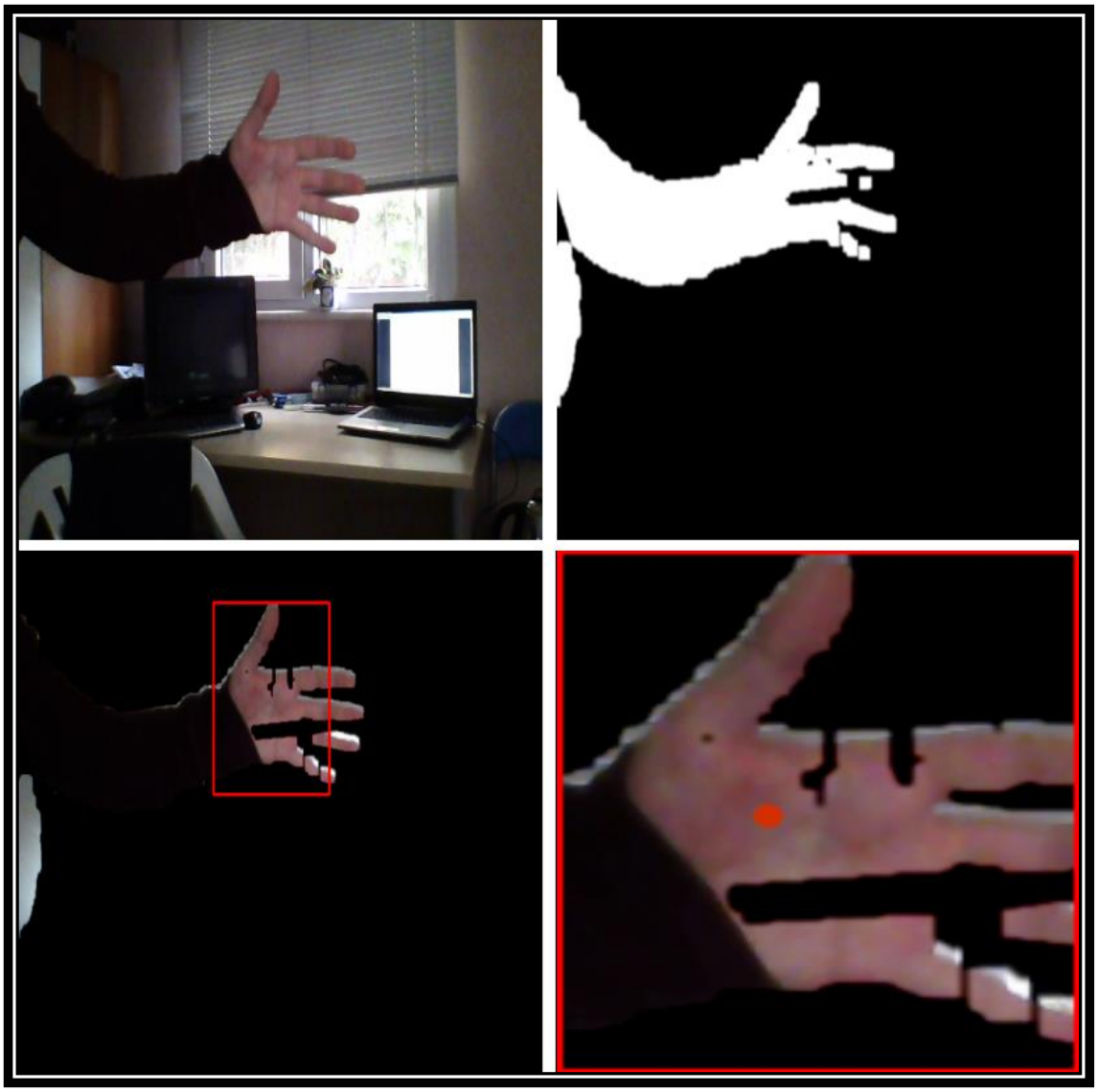
Şekil 5.8. Uygulamada şablon eşleştirme. Ana görüntü (a), şablon görüntü (b), hareketli alan (c), şablon eşleştirme (d).

5.1.7. Ten Rengi Tespiti

Hareket tanıma işleminin son ayağı olan ten renginin tespiti, el şeklinin ayrıştırılması ile elde edilen alan içinde ten rengine sahip en büyük parçanın alınması işlemidir. Bu aşamada web kamerasından ilk anda alınan renkli görüntüler kullanılmıştır.

El şeklinin bulunduğu alan içerisinde ten rengine sahip olan bölümler, kontur (kenar) analizi yapılarak parçalara ayrılmaktadır. Elin bulunduğu alanda benzer renge sahip pikseller birbirine bağlı şekilde zincir oluşturmakta, farklı renklerde zincir kopmaktadır. Bu şekilde elde edilen bölümler arasında en büyük olan parça kapsadığı piksel bölgesinin büyüklüğüne göre belirlenmektedir. Son olarak da hareket noktası, en

büyük parçanın ortası olarak işaretlenmektedir. Şekil 5.9 da ten rengine göre işaretlenme yapılmış ve el bölgesi gösterilmiştir.



Şekil 5.9. Uygulamada ten rengi ve hareket noktası tespiti

5.2. El Hareketine Dayalı Kontrol Sisteminin Çalışma Mantığı

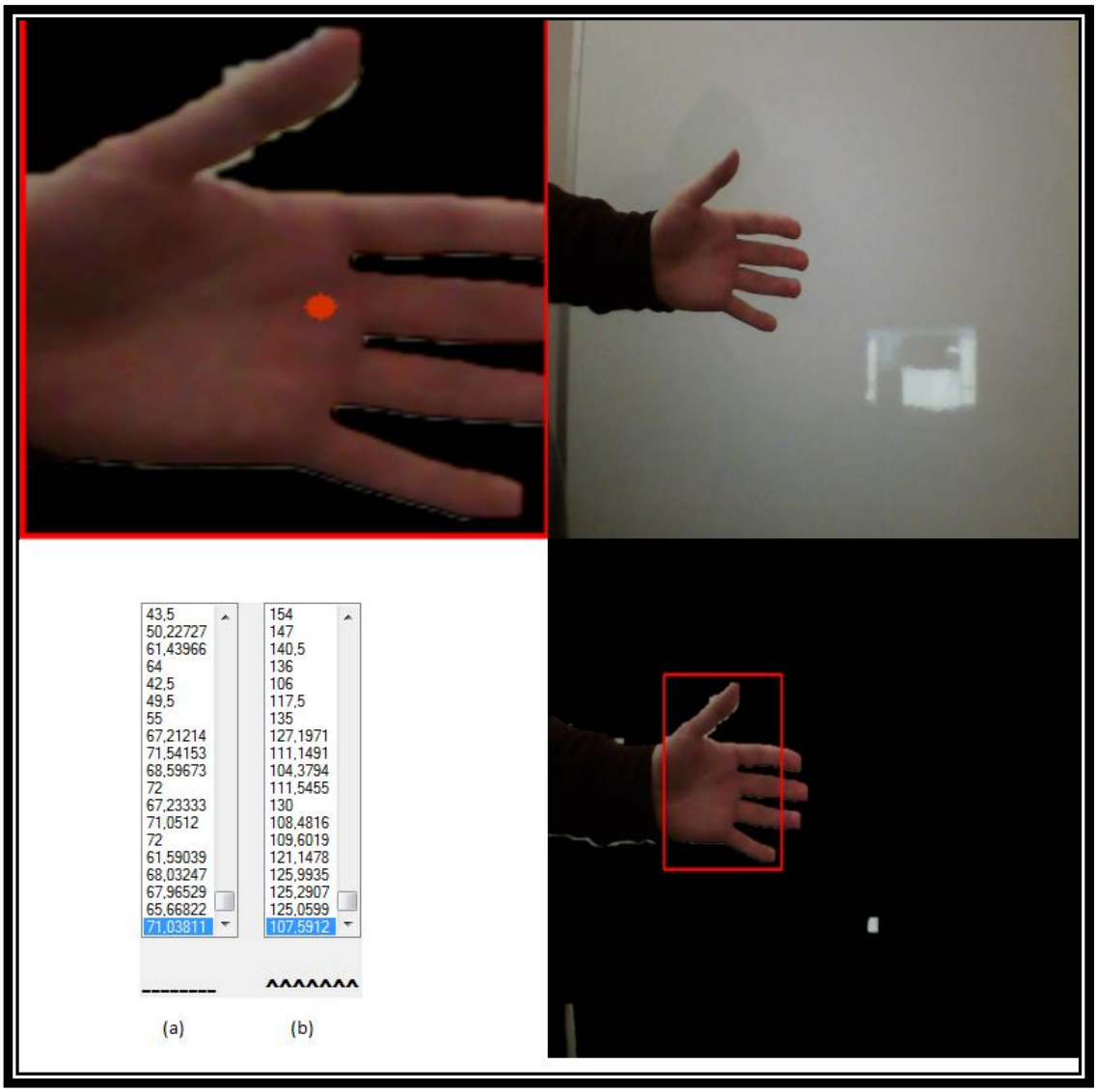
Hareket algılama sistemi, ilk olarak kameralardan elde edilen görüntü dizilerinin gri seviye dönüşümü ile başlar. Daha sonra bu görüntülerden ilk alınan durağan görüntü, arka plan görüntüsü olarak sabit tutulur. Ardından yeni gelen görüntü kareleri ile arasında ikili seviyede piksel çıkarma işlemi yapılarak arka plan temizleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Hareketin gerçekleştiği noktaların belirlenmesinin ardından bu

noktalara genleşme, kapama ve gauss yumuşatması filtreleme işlemleri kullanılarak noktalarda sadeleştirme ve düzeltme yapılmaktadır Filtrelenen hareketli alanlara yüz ayrıştırma metoduyla karartma işlemi uygulanmaktadır. Bu sayede istemsiz olarak kamerada hareketli bölge olarak belirlenen kafa yüz ve omuz bölgeleri karartmaya tabi tutulacaktır. Bu da uygulamanın performansı ve başarısını artırıcı bir etkendir.

Görüntünün yüz bölgesinden temizlenmiş hareketli alanları, şablon eşleştirme yöntemi ile şekil şablon görüntü de gösterilmiş olan el şablonu yardımıyla taranmaktadır. Bu adımda eşlenmenin sağlanması, uyan alanların benzerlik değeri sıralamasına bağlıdır. En yüksek benzerliği sağlanan alan ilgi alanı olarak belirlenir. İlgi alanı içerisinde bulunan benzerliğin gerçek el mi yoksa benzer bir şekil mi olduğu sorusu da son adım olan ten rengi tespiti ile gerçekleştirmektedir. Bu adımda ilgi alanında bulunan ten rengi piksel zincirlerinden büyük olanı el olarak kabul edilmekte ve orta noktası da hareket noktası olarak işaretlenmektedir.

Hareketin algılanmasının tanımaya dönüşümü noktasında ise ortalama noktaların hesaplanması ve noktalar arasındaki farka bakılarak hareketin yorumlanması gerçekleştirilmiştir. Uygulamada hareket olarak kabul gören beş sıralı noktanın aritmetik ortalaması alınarak ilk nokta belirlenir. Aynı şekilde bu hareketten sonraki diğer beş sıralı noktanın aritmetik ortalamasıyla elde edilen değer, ikinci nokta olarak kabul edilir. Hareketin belirlenmesi iki nokta arasındaki farka bakılarak, sekiz yöne hareket veya sabit bulunma olarak yorumlanır. Bundan sonraki nokta tespitine ve hareket belirlenmesine aynı şekilde devam edilir.

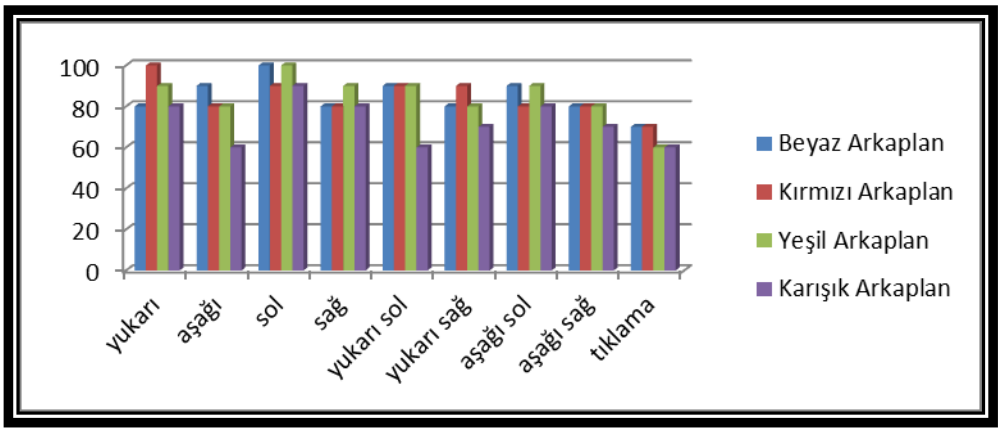
Şekil 5.10 da el bölgesinin işaretlenmesine örnek bir uygulama ekranı gösterilmiştir. Örnekte ilk olarak hareket noktasının X koordinatındaki değerlerine bakıldığında son algılanan değerlerinin benzer kabul edilen ölçeklerde olduğu görülmektedir. Ancak noktanın Y koordinatı değerleri incelendiğinde son algılanan değerlerin 125 den 107 e geldiği görülmektedir. Ekranın sol üst köşesi (0,0) başlangıç noktası olarak kabul edildiğinde Y değerindeki bu değişim hareket noktasının yükseldiğini tespit etmektedir. Bu durum elin havaya kalktığını göstermektedir. Benzer şekilde el üzerinde işaretlenmiş noktanın yatay ve dikey koordinat ekseninde hareket ettirilmesi ile sağ-sol ve aşağı yukarı hareketler tanımlanabilmektedir. Bununla birlikte yine yatay ve dikey yöndeki harekete bağlı olarak çapraz yönde (sağ-yukarı, sağ-aşağı, sol-yukarı, sol-aşağı) hareket tanımları da yapılabilmektedir.



Şekil 5.10. Uygulamada hareket tanıma. Hareket noktasının X koordinatındaki değerleri (a), Hareket noktasının Y koordinatındaki değerleri (b).

6. UYGULAMA DENEYSEL SONUÇLARI

Sistemin başarısının değerlendirilmesi amacıyla çevre şartlarının değiştirildiği bir ortam oluşturulmuştur. Uygulama beyaz, kırmızı, yeşil ve karmaşık arka planlarda çalıştırılmış, kameranın sadece eli veya tüm vücudu çektiği durumlar kolun açık ve kapalı olması dikkate alınarak incelenmiştir. Her örnek durum için 10 ayrı deneme yapılmış, uygulamanın hareketi tanıması yüzdelik olarak hesaplanmıştır. Bu denemelerde sekiz yöne hareket (sağ-sol-aşağı-yukarı-çapraz) ve tıklama (belirli bir noktada belirli bir süre durdurulması) işlemi örnek durumlar olarak kullanılmıştır.



Şekil 6.1. Örneklem A – Sadece el, kol açık hareket tanıma oran grafiği

Şekil 6.1 de gösterilen grafikte, görüntüde sadece elin bulunduğu ve kolun açık olduğu hareket tanıma oranları gösterilmiştir. Bu verilere dayanarak örneklem A için, elin yukarı ve sola hareketi yüzde 90 larda iken, elin tıklama olarak adlandırılan ve ekranın sol alt köşesinde bekletilmesi işleminin diğer hareketlere oranla daha düşük kaldığı görülmektedir.

Örneklem A da yapılan tanıma işleminde bir diğer nokta farklı arka planlarda elde edilen verilerde göstermektedir ki, hareket oranları beyaz, kırmızı ve yeşil arka planlarda birbirleri arasında ağırlıklı yükselen olmasa da, karışık arka plan üzerinde gerçekleştirilen işlemlerde tanıma başarısının düştüğü görülmektedir. Ancak tıklama hareketinin karışık arka planda da, sabit arka plan başarı değerlerine ulaşabildiği izlenmiştir. Çizelge 6.1 de farklı arka planlarda farklı durumların hareket tanımaya etkisi gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. Hareket tanıma oranları

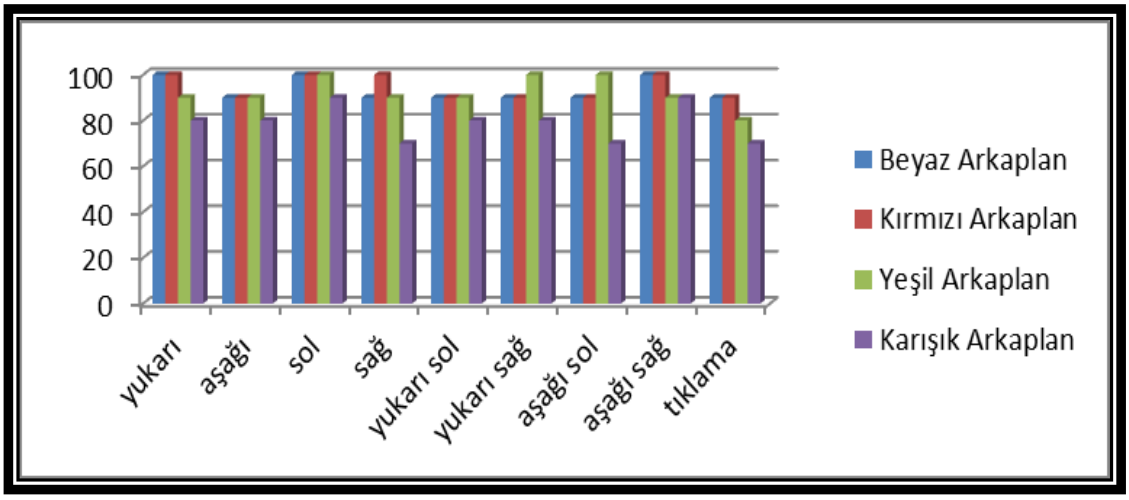
Şart 1	Şart 2	Hareket	Beyaz Arka plan	Kırmızı Arka plan	Yeşil Arka plan	Karışık Arka plan
Sadece El	Kol Açık	yukarı	80	100	90	80
		aşağı	90	80	80	60
		sol	100	90	100	90
		sağ	80	80	90	80
		yukarı sol	90	90	90	60
		yukarı sağ	80	90	80	70
		aşağı sol	90	80	90	80
		aşağı sağ	80	80	80	70
		tıklama	70	70	60	60
	Kol Kapalı	yukarı	100	100	90	80
		aşağı	90	90	90	80
		sol	100	100	100	90
		sağ	90	100	90	70
		yukarı sol	90	90	90	80
		yukarı sağ	90	90	100	80
		aşağı sol	90	90	100	70
		aşağı sağ	100	100	90	90
		tıklama	90	90	80	70
Tüm Vücut	Kol Açık	yukarı	90	80	80	80
		aşağı	70	90	70	70
		sol	100	80	70	70
		sağ	80	80	90	80
		yukarı sol	90	70	80	70
		yukarı sağ	70	60	70	60
		aşağı sol	100	70	60	70
		aşağı sağ	80	70	80	60
		tıklama	50	60	50	50
	Kol Kapalı	yukarı	90	100	100	90
		aşağı	90	90	100	80
		sol	90	70	90	60
		sağ	100	90	80	70
		yukarı sol	80	90	80	60
		yukarı sağ	100	100	90	80
		aşağı sol	80	90	70	70
		aşağı sağ	90	90	90	80
		tıklama	60	70	60	50

Hareket başarı oranlarının bulunduğu Çizelge 6.1 e bakıldığında, örneklem sonuçlarından farklı karşılaştırmalar ile sonuçlara ulaşılabilmektedir. Ana ayrım olan sadece el ve tüm vücut değerleri genel olarak incelendiğinde görüntüde sadece el

bulunan hareketlerin daha başarılı sonuçlar aldığı anlaşılmaktadır. Tüm vücut değerlerinin en düşük olduğu kol açık ayrımında değerler tatmin edici seviyede olsa da yine tıklama hareketinin yetersiz kaldığı görünmektedir.

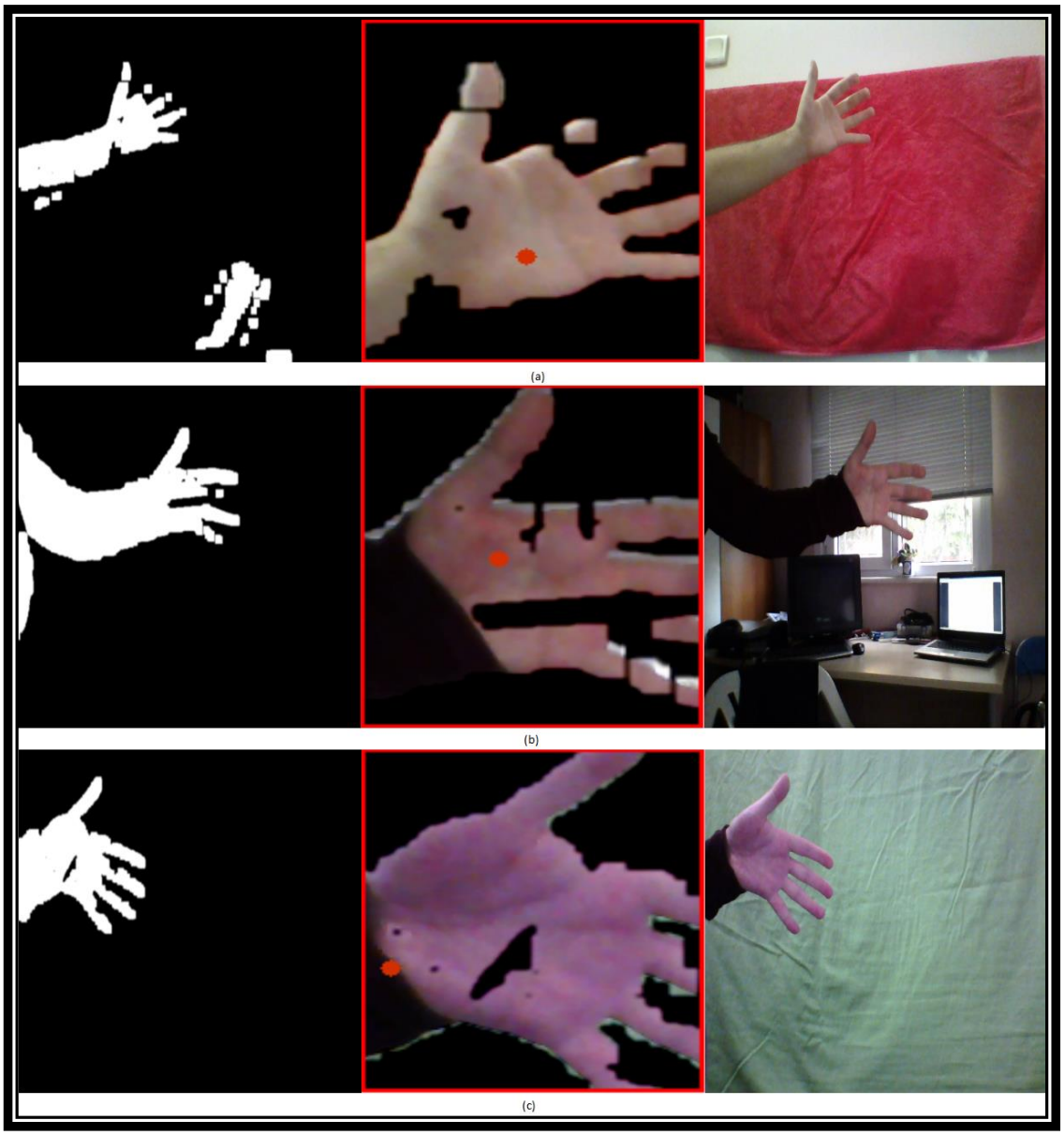
Bu verilere dayanarak görüntüde sadece elin bulunduğu açık kolda yapılan tanıma işlemlerinde sola ve yukarıya hareketin daha başarılı tanındığı görülmektedir. Bunun sebebi olarak elin sol taraftan ekrana girmesinin ve kullanılan şablonun yukarıya bakan el olmasından kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak, karışık arka plan dışında sabit renk arka planların başarı oranına belirgin etki etmediği sonucuna ulaşılmaktadır.

Şekil 6.2 deki diğer grafikte gösterilen Örneklem B ile Örneklem A arasındaki karşılaştırmada ise, başarı oranlarının Örneklem B de yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, kolun kapalı olması tanıma işleminin daha doğru çalışmasını sağladığı sonucuna varılmıştır.



Şekil 6.2. Örneklem B – Sadece el, kol kapalı hareket tanıma oran grafiği

Görüntüde sadece elin bulunduğu hareketlerden farklı olarak görüntüde tüm vücudun bulunduğu hareketlerde arka plan farklılığının önem kazanması dikkat çekicidir. Özellikle tüm vücut beyaz arka plan da gerçekleştiren hareketlerin başarısı diğer arka plan renklerine oranla daha yüksektir. Bu duruma ilişkin uygulama ekran görüntüsü şekil 6.3 te verilmiştir.



Şekil 6.3. Farklı arka planda hareket tanıma. Kırmızı (a), karışık (b), yeşil (c) arka plan.

Tüm vücut kol açık ve kol kapalı ayrımlarında, sadece elde olduğu gibi kolun kapalı olduğu değerler, açık olduğu değerlerden yüksek çıkmış yani kolun ten renginin gözükmemesi başarıyı her iki ana ayrımda da artırmıştır.

Genel olarak sonuçlara bakıldığında kısmi tıklama değerleri görmezden gelinirse elde edilen sonuçlar umut verici ve ileride geliştirilebilecek uygulamalara entegrasyonu sağlanabilecek seviyededir. Uygulamanın aldığı görüntülerden elde ettiği verileri platform bağımsız aktarımı yine web uygulamalarından oyun motorlarına geniş bir yelpazede uygulama geliştirme ve eklenti imkanı sağlamaktadır.

7. ETKİLEŞİMLİ OYUN UYGULAMASI

Geliştirilmiş olan hareket tanıma sisteminin bir uygulama üzerinde denenmesi, tez çalışmasının son kısmını oluşturmaktadır. Elde edilen sonuçlar eşliğinde hangi biçimlerde uygulama geliştirilebileceğine örnek teşkil etmektedir. Benzer uygulama tiplerinin aynı hareket tanıma sistemi kullanılarak çoğaltılması mümkündür.

Uygulama genellikle okul öncesi dönemde bulunan çocukların sıklıkta takip ettiği "Kâşif Dora" isimli eğitici çizgi film serisinin bir parçasının kullanımı ile geliştirilmiştir. Çizgi filmde çocuklara hayvanları öğretme konulu bir bölümde geçen tavşan görselleri, uygulamada üç belirli bölgede görünecek şekilde tasarlanmış, basit ve akıcı bir oyun oluşturulmuştur.

Oyunun ana amacı, ekranda beliren tavşanların bulunduğu bölgelerin işaretlenmesi ve bu işaretlenmede geçen süre baz alınarak puan kazanma şeklindedir. Kullanıcı web kamerası karşısında elini kullanarak tavşanın bulunduğu noktayı işaretlenmeye başlar ve on adet işaretlenme işlemi sonrasında "tavşan bulundu" olarak kabul edilir. Tavşanın çıkmasından bulunmasına kadar geçen saniye otuzdan çıkarılarak puanına eklenir. Eğer kullanıcı otuz saniye içerisinde işlemi gerçekleştiremezse geciktiği her saniye eksi puan olarak işlem görür. Ekranda her tavşan bulunduğunda yerine üç aşamadan rastgele üretilen biri yerleştirilmekte ve oyun bu şekilde devam etmektedir.

Hareket sistemi üzerinden elde edilen hareket noktası koordinatları, şekil 7.1 de verilen kod bloğunda görülen "score" metodu yardımıyla uygulama içine alınmış ve "areaControl" metoduyla noktanın istenen alanın içinde olup olmadığı kontrolü gerçekleştirilmiştir. Aynı şekilde görülen "newLevel" metodu işaretlenme tamamlandıktan sonra yeni ekranın hazırlanması için "changeBackground" metodunu çağırmaktadır. Bu metot ise "randomNumber" metodu yardımıyla oluşturulan rastgele sayı ile aynı ismi taşıyan ekranı çağırmaktadır. Son olarak "updateScore" metodu, aynı isimli delege yardımıyla dinamik olarak ekrandaki puanın güncellenmesini sağlamaktadır.

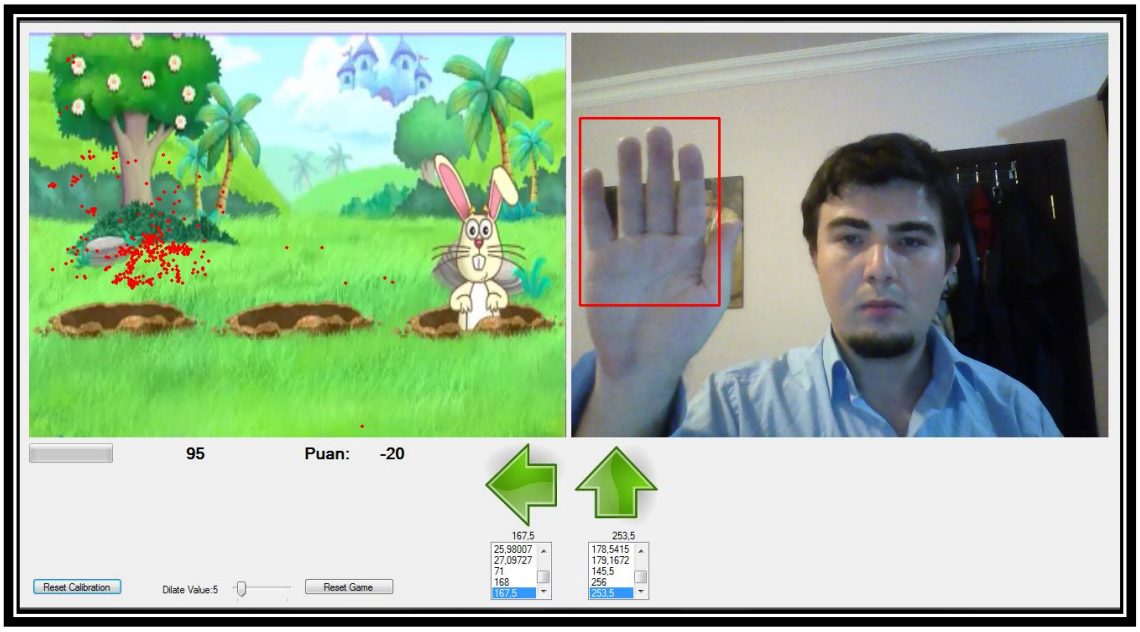
Uygulamada hareket sisteminin sadece üç yönde çalışması incelenmiştir. Mevcut uygulamanın kullanımında genellikle kararlı bir tanıma işlemi görülmüş ancak uzun zamanlı kullanımlarda ekran aralarında gerçekleştirilen kalibrasyon işlemine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun dışında hareket tanıma sisteminin örnek uygulama altında çalıştığında da hızı ve performansı oldukça iyi seviyede olduğu görülmektedir.

```
int scoreValue = 0;
public void score(int x, int y)
{
    Game.Draw(new Rectangle(x, y, 2, 2), new Bgr(0, 0, 255), 2);
    areaControl(name, x, y);
}
delegate void updateScoreDelegate(string value, Label control);
private void updateScore(string value, Label control)
{
    if (lblPuan.InvokeRequired) // worker thread
    {
        updateScoreDelegate del = new updateScoreDelegate(updateScore);
        lblPuan.Invoke(del, new object[] { value, control });
    }
    else // UI thread
    {
        control.Text = value;
    }
}
public void areaControl(int name, int x, int y)
{
    switch (name)
    {
        case 1: if (x > 250 && x < 390 && y > 150 && y < 370)
            {
                if (scoreValue == 10)
                    newLevel();
                else
                    updateProgress(scoreValue++);
            }; break;
        case 2: if (x > 465 && x < 605 && y > 150 && y < 370)
            {
                if (scoreValue == 10)
                    newLevel();
                else
                    updateProgress(scoreValue++);
            }; break;
        case 3: if (x > 30 && x < 170 && y > 150 && y < 370)
            {
                if (scoreValue == 10)
                    newLevel();
                else
                    updateProgress(scoreValue++);
            }; break;
    }
}
public void newLevel()
{
    updateScore((int.Parse(lblPuan.Text) + 30 - int.Parse(lblTimer.Text)).ToString(), lblPuan);
    timer = 0;
    scoreValue = 0;
    updateProgress(0);
    changeBackground();
}
private int randomNumber()
{
    Random random = new Random();
    return random.Next(1, 4);
}
int name = 1;
public void changeBackground()
{
    name = randomNumber();
    StringBuilder sb = new StringBuilder();
    sb.Append(@"C:\\Thesis\\").Append(name).Append(".png");
    Game = new Image<Bgr, Byte>(sb.ToString());
}
```

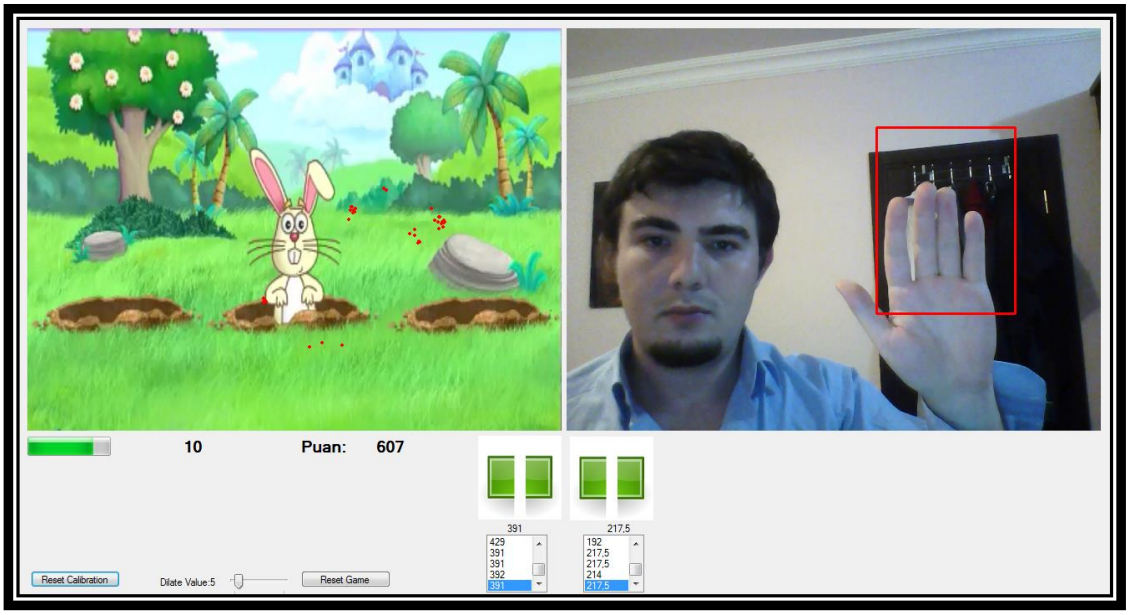
Şekil 7.1. Örnek uygulamada kullanılan kod parçacıkları.

El hareketine dayalı etkileşimli oyun uygulamasına ait ekran görüntüleri Şekil 7.2 ve 7.3 de verilmiştir. Şekil 7.2 de görüldüğü üzere, kullanıcı tavşanın bulunduğu

yerden farklı bir noktada işaretleme yapmakta ve bu nedenle eksi puan almaktadır. Ekranın sol tarafında görünen kırmızı her nokta ayrı birer işaretleme işlemidir. Hareket tanıma sisteminde anlatılan hareket noktası kavramı, bu kırmızı işaretlerden her birinin oluşmasını içermektedir. Şekil 7.3 de ise doğru işaretlemeye örnek ekran görüntüsü verilmiştir. Ekranda görüldüğü üzere kullanıcı oldukça yüksek bir puan almıştır.



Şekil 7.2. Örnek uygulamanın kullanımı (Yanlış bölge işaretlemesi)



Şekil 7.3. Örnek uygulamanın kullanımı (Doğru bölge işaretlemesi).

Etkileşimli tavşan yakalama oyununda yer alan bir diğer özellik de, elin bulunduğu noktanın tespitinin yanı sıra, bir önceki hareketin ne olduğudur. Hareket tanıma işlemi elin belirli zaman aralıklarında bulunduğu konumlar arasındaki anlamlı değişimdir. Şeklin orta kısmında görülen sola ve yukarıya dönük iki ok, bir önceki hareket noktasının elin bulunduğu noktasının sağında ve aşağısında olduğunu anlatmaktadır.

Uygulamanın geliştirilmesinde öncelikle ekran görüntülerinde görülen tavşanın konumuna göre bir koordinat aralığı belirlenmiştir. Ardından kameradan gelen görüntü üzerinde gerçekleştirilen tanıma işlemi sonrasında oluşan işaretleme noktasının bu koordinat aralığında olup olmadığı kontrol edilmiştir. Eğer hareket noktası belirlenen aralık içindeyse kullanıcı tavşanı işaretlemiş olmaktadır. Her tavşanın kaç kez işaretlendiği ve kaç kez işaretlenmesi gerektiği uygulama ekranının sol alt kısmında yer alan ilerleme çubuğunda gösterilmektedir. Kullanıcının yapmış olduğu doğru işaretlemeye göre bu bar dolmakta ve onuncu başarılı işaretlemede kendini yenilemektedir. Aynı şekil üzerinde kullanıcı bu kez doğru işaretleme yapmakta, buna paralel olarak da ilerleme çubuğu dolmaktadır. İşaretlemelerin doğru veya yanlış yerde olmasına bağlı olarak kullanıcıya puan vermektedir.

Kullanıcının her işaretleme işlemi sonunda kazandığı puan oluşturulurken arka planda bir zamanlayıcı kullanılarak geçen süre otuzdan çıkarılarak eski puana eklenmektedir. Böylece toplam puanı on işaretleme sonrası gösterilmektedir.

Geliştirilen hareket tanıma sisteminin etkileşimli oyun uygulamasına entegre edilmesi sırasında büyük bir sorunla karşılaşılmamıştır. Oyun uygulamanın sadece ön planını oluşturmaktadır. Uygulama öncesinde yapılan el hareketi tanıma sisteminin doğru bir şekilde çalışması zahmetsiz ve hızlı bir şekilde oyuna uyarlama sağlamıştır.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

8.1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında web kamerası ile elde edilen gerçek zamanlı görüntülerle çalışan bir hareket tanıma sistemi geliştirilmiştir. Çalışmanın giriş aşamasında hareket tanıma üzerine yapılmış sistemler ve oyun uygulamaları üzerinde durulmuş, kullanılan yöntem-teknikler açıklanmıştır. Elde edilen bilgiler tezin uygulama safhasında değerlendirilmiştir.

Hareket tanımaya dayalı etkileşimli uygulama kontrolünü gerçekleştiren sistemin ilk aşamasında web kamerası üzerinden görüntüler alınmıştır. Bu noktada görüntülerin gerçek zamanlı alınması ve performans kaybının olmaması büyük önem taşımaktadır. İkinci adım olarak, elde edilen görüntüler içerisinde ilk çekilen görüntünün arka plan görüntüsü olarak sabit tutulması ve yeni gelen görüntülerden çıkarılarak arka plan temizlenmesi işlemleri yapılmıştır. Bu safhada ilk görüntü sabit tutulmadan denenen ve aralıklarla kalibre edilmiş görüntüyü arka plan kabul etme yöntemi de bir başka temizleme işlemi olarak öngörülmüştür. Ancak el tanıma işlemi bu süre zarfında devam ettiğinden tanıma işleminin performansını düşürdüğü gerekçesiyle vazgeçilmiştir.

Web kamerası ile alınan görüntüler üzerinde çalışmak çoğu zaman sistem geliştirilirken karşılaşılan ana problemlerden biri olmuştur. Alınan görüntülerin 640x480 çözünürlükte olduğu düşünüldüğünde görüntü işleme noktasında her ne kadar hız sorunu yaşanmamakla beraber verinin kalitesinin düşüklüğü sistemin kararlılığına yansımaktadır. Özellikle kameranın görüntülediği sahnenin aydınlanmasında büyük sorunlar yaşanmış, bu da sistemin tasarımına yeni yöntemler eklenmesi ile giderilmiştir. Bu durum oda sadece güneş ışığıyla aydınlatıldığı zamanda ortaya çıkmış ve tanıma sistemini doğrudan etkilemiştir. Sistemin esas kurulu olduğu piksel farklı ile hareketin tespiti işlemi, ışık değişiminde yanıltıcı bir faktör olarak işleme dahil olmaktadır. Değişimlerin yarattığı etki her ne kadar açma genleşme ve açma gibi morfolojik filtrelemelerin yardımı ile belirli bir başarı görülse de, uzun süreli işlemlerde tanıma işlemi yetersiz kalmıştır. Bu nedenle çoğu benzer sistemde kullanılan tanıma süreçleri bitişinde kalibrasyon işlemi, geliştirilen uygulamada da kullanılmıştır. Hareket tespiti; uygulama çalışmaya başladığında sabit alınan ilk görüntünün, güncel kareden çıkarılmasıyla gerçekleştirilmektedir. Sabit alınan bu görüntünün süreç bitiminde

yenilenmesi bahsi geçen ışık değişimi faktörünü en aza indirgemektedir. Kalibrasyon işlemi süreç tamamlandığında kullanıcıya komut verilerek belirli pozisyonda durması ile ışık değişimine maruz kalmış sahne görüntüsünün tekrar alınmasıyla tamamlanır.

Bu işlem sırasında hareketsiz kalınarak elde edilen yeni görüntü yeni tanıma işlemi sürecinde sahnedeki görüntülerde oluşan aydınlanma farkına benzer olduğundan ana sorun bir miktar giderilmiş olacaktır.

İkili seviyede yapılmış olan çıkarma işlemi sonucunda ekranda hareket eden noktalar tespit edilmiştir. Bu aşamada baş, yüz ve omuzların kımıldamasının hareket olarak algılanması sorunu ile karşılaşılmıştır. Bu sorunun çözümünde filtreleme yolu tercih edilmiştir. Morfolojik genleşme ve kapama teknikleri ile gauss yumuşatması işlemleri kullanılarak hareketli piksellerin sadeleştirilmesi gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda sistem içerisinde yüz bölgesinin tespiti işlemi yapılarak, yüzün bulunduğu alanın karartılması sağlanmıştır. Bu sayede hareketli alanın sadece el bölgesi olarak sınırlandırılması gerçekleştirilmiştir.

Sadeleşmiş görüntü üzerinde, üçüncü adım olarak, şablon eşleştirme yöntemi kullanılmıştır. Bu sayede ekrandaki hareketin el şablonuyla eşleşmesi sağlanarak el şekli taraması yapılmaktadır. Ekrandaki istenmeyen bölgelerin elimine edilmesi için gerek duyulan şablon eşleştirme yöntemi, sistemin daha kararlı çalışması noktasında büyük katkıları olmuştur.

Hareket tanıma sisteminin dördüncü adımı olan ten rengi tespitinde sistemde el şekline benzeyen ancak renk analizinde uyum sağlamayan objelerden arındırılması amaçlanmaktadır. Bu aşamada kameradan ilk olarak gelen renkli görüntüler kullanılmıştır.

Tanıma işlemi sonrasında elde edilen hareket noktaları değerlerinin analiz edilmiştir. Bu sayede hareketin anlamlandırılması hareket tespitinin hareket tanıma işlemine dönüştürülmesini sağlanmaktadır. Ardından, görüntüde tespit edilen beş sıralı hareket noktasının aritmetik ortalaması alınarak elin bulunduğu kabul edilen ilk kararlı nokta, bu hareketten sonraki diğer beş noktanın aritmetik ortalaması olan ikinci kararlı nokta karşılaştırılmaktadır. İki kararlı nokta değerleri arasındaki piksel farkı, sekiz yöne hareket veya sabit durma olarak yorumlanarak hareket tanıma işleminin son basamağı tamamlanmaktadır.

Bu aşamada yaşanan bir diğer problem, tanıma işlemi boyunca hareketli noktalara renk tespiti yöntemi uygulanarak hareket noktası olarak tespit edilen noktanın sürekli yer değiştirmesinden kaynaklı kararsızlık göstermesidir. Bu sorun için sisteme

eklenen el şablonu, şekil olarak en benzer bulduğu alan üzerinde işlem yapılmasını sağlamakta, renk tespiti yöntemi bu adımdan sonra uygulanarak hareket noktasının değişim alanı kısıtlanmıştır. Ayrıca hareket noktası olarak belirlenen son beş noktanın aritmetik ortalaması, kararlı hareket noktası olarak hesaplanıp işlemlerde bu noktanın değerleri temel alınmıştır. Yapılan aritmetik ortalama işlemi, alanın orta noktasının hesaplanmasıyla elde edilen hareket noktasının genellikle elin istemsiz kımıldaması sonucunda farklılaşması sorununu bir nebze çözmüş, ana sistemin kararlılığını artırmıştır.

Elde edilen hareket değerleri uygulama sonuçları bölümündeki değerlerde görülebileceği üzere oldukça kararlı ve çalışma hızı olarak başarı göstermektedir. Uygulamada harici kamera kullanılmadan yapılan bu tanıma işlemi maliyet ve performans açısından da olumlu sonuçlar vermiştir. Uygulamada amaçlanan video kontrolü, web kamerasından gelen görüntünün de video olması nedeniyle oluşan grafiksel hatalar ve hareket tanımada kararsızlık gibi sıkıntılara yol açtığından dolayı görüntü kontrolüne çevrilmiş ve video kontrolüne nazaran çok daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Hareket tanıma sistemi içerisinde gerçekleştirilen görüntü dizilerinin işlenmesinin yanında, ayrıca başka bir video kontrolü sistemi yormasından ötürü bu şekilde bir yol izlenmesi daha uygun görülmüştür. Örnek uygulama bölümünde detaylı olarak açıklanmış olan sistemin uygulamaya entegrasyonu ve uygulamanın hareket tanıma sistemiyle kullanımında ise genel anlamda bir problem ile karşılaşılmamıştır.

Elde edilen bu sonuçlar ışığında düzenlenen tanıma sistemi, etkileşimli bir oyun uygulaması üzerinde denenmiştir. Yapılan performans değerlendirmesinde oldukça yüksek seviyede bir başarı oranı ile oyunun kontrolü sağlandığı gözlenmiştir. Bu uygulama kişinin oyuna el hareketleriyle katılmasını sağlayarak daha eğlenceli bir ortam sağlanabileceğini göstermektedir. Bu uygulama özellikle okul öncesi eğitimde, küçük yaşta çocukların kendi hareketleriyle eğitim sürecine daha fazla katılması açısından önem arz etmektedir.

Genel olarak ele alındığında bu tez çalışmasında belirli teknik ve yöntemler kullanılarak; web kamerası olan ortalama bir bilgisayar üzerinde çalışabilecek, maliyeti ucuz, üzerine yeni uygulamalar geliştirilebilir, diğer uygulamalara entegrasyonu kolay, kararlı ve yüksek performanslı bir hareket tanıma sistemi gerçekleştirilmiştir. İstenilen hareket tanıma sistemi geliştirilirken yukarıda bahsi geçen sorunlara, uygun teknik ve yöntemler kullanılarak çözüm getirilmiş, adım adım açıklanan bu teknik ve yöntemlerin

çalışması detaylıca incelenmiş ve hareket tanıma sisteminin geliştirilen bir uygulama ile denenmiştir.

8.2. Öneriler

Oyun sektörüyle birlikte yavaş yavaş evlere girmeye başlayan hareket algılayıcılar, gelecekte tuşların ve dokunmatik ekranların yerine geçecek bir teknoloji olma yolunda ilerlemektedir. Bu nedenle konu üzerine daha fazla araştırma yapılması, yeni yöntemler ve teknikler geliştirilmesi, hem ülkemizin teknoloji alanındaki rolünü artıracak, hem de bilimsel açıdan yeni ufuklara yelken açılması için bir etken olacaktır.

Hâlihazırda akıllı televizyonlar ve oyun konsollarında kullanılmaya başlayan bu teknolojinin, yakın gelecekte daha da yaygınlaşması ve diğer elektronik aygıtlara yayılması beklenmektedir. Bu amaçla güçlü kameralara ve sensörlere yapılan büyük yatırımlar ile geliştirilen yeni bilgisayarların yanında, günlük bilgisayarlar da göz ardı edilmemekte, bu geçiş evresine harici kameralar ve yazılım desteği ile ayak uydurmaları gerekmektedir.

Bu amaçla ortaya çıkan ek ürünler, yazılımsal geliştirmelere oranla daha başarılı olsa da kullanıcı için maddi bir külfet doğurmakta ve bu nedenle tercih bakımından yazılımın arkasına düşmektedirler.

Bu tez çalışmasında hareket tanıma ve algılama sistemleri incelenmiş, hareket tanımada ortaya çıkmış ürünler taranmış ve bir hareket tespiti uygulaması gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmanın performans maliyet ve kararlılık açısından daha üst seviyelere çıkarılması, bu çalışma kullanılarak yeni interaktif ortamların geliştirilmesi ve ileriye yönelik projelere entegre edilmesi daha başarılı ürünlerin ortaya konmasını sağlayacak ve bu alandaki çeşitliliği artıracaktır. Tezin sonunda gerçekleştirilen etkileşimli uygulamanın geliştirilebilecek yeni materyallere bir örnek oluşturması hedeflenmektedir. Ayrıca geliştirilen materyaller arasında analiz, ölçme ve değerlendirme yaklaşımları ile başarı karşılaştırılması yapılabileceği önemli bir diğer noktadır.

Tezde sunulan hareket tanıma sisteminin kullanıldığı veya mantık olarak benzer uygulamaların piyasada çoğalması, ilerleyen zamanlarda çeşitlilik oluşturacaktır. Bunun sonucu olarak farklı hedef kitlelerine veya sektörlere yönelik uygulama geliştirme; yazılımda yeni iş alanları sağlayacak, uzmanlaşma başlayacaktır. Bunun da ekonomik büyüme ve kalkınmaya olumlu etkileri olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Agrawal, A. and Rautaray, S. S., 2012, Real Time Gesture Recognition System for Interaction in Dynamic Environment, *Procedia Technology*, vol. 4, 595-599.

Al-Rajab, M., 2008, Hand Gesture Recognition for Multimedia Applications, Ph.D. Thesis, *University of Leeds School of Computing*, Leeds.

Anonymous, 2011, Why Bayesian Filtering is The Most Effective Anti-Spam Technology, GFI White Papers, GFI Software.

Anonymous, *Conversion of a Color Image to a Binary Image* [online], http://www.codersource.net/MicrosoftNet/CImageProcessing/ConversionofaColorImagetoaBinaryImage.aspx [Ziyaret Tarihi: 14 Ağustos 2013].

Anonymous, *Motion Detection* [online], http://www.aforgenet.com/framework/features/motion_detection_2.0.html [Ziyaret Tarihi: 17 Eylül 2012].

Anonymous, *PlayStation Move* [online], http://en.wikipedia.org/wiki/PlayStation_Move [Ziyaret Tarihi: 17 Eylül 2012].

Aran, O., 2008, Vision Based Sign Language Recognition: Modeling and Recognizing Isolated Signs with Manual and Non-manual Components, P.hD. Thesis, *Boğaziçi University Graduate Program in Computer Engineering*, Istanbul.

Aran, O. and Akarun, L., 2008, A Particle Filter Based Algorithm for Robust Tracking of Hands and Face Under Occlusion, *IEEE 16th Signal Processing, Communication and Applications Conference-SIU2008*, Aydin.

Bernard, A. and Bing, B., 2010, Hand Gesture Video Browsing for Broadband-Enabled HDTVs, *IEEE Sarnoff Symposium*, New Jersey.

Birdal, A., 2007, Hand Gesture Recognition, M.Sc. Thesis, *Çankaya University Graduate School of Natural and Applied Sciences*, Ankara.

Black, J., M. and Jepson, D., A., 1998, A Probabilistic Framework for Matching Temporal Trajectories: Condensation-Based Recognition of Gestures and Expressions, *5th European Conference on Computer Vision-ECCV'98*, Berlin.

Boissenin, M., Wedekind, J., Selvan, A., N., Amavasai, B., P., Caparrelli, F. and Travis, J., R., 2007, Computer Vision Methods for Optical Microscopes, *Image and Vision Computing*, vol. 25, 1107-1116.

Brehar, R., 2013, Morphological operations on binary images, Image Processing Lecture Notes, Computer Science Department, *Tehnical University of Cluj Napoca*, Romania.

Chan., T. S. A., Hong, V. L. and Kong, S. H., 2009, Real-Time Tracking of Hand Gestures for Interactive Game Design, *IEEE International Symposium on Industrial Electronics-ISIE 2009*, Seoul-Korea, 98-103.

Chen, C., Chen, Y., Lee, P., Tsai, Y. and Lei, S., 2011, Real-time Hand Tracking on Depth Images, *Visual Communications and Image Processing (VCIP)*, Tainan.

Chen, F., Fu, C. and Huang, C., 2003, Hand Gesture Recognition using A Real-Time Tracking Method and Hidden Markov Models, *Image and Vision Computing*, vol. 21, 745-758.

Clayman, D., 2010, *E3 2010: Project Natal is "Kinect"* [online], http://www.ign.com/articles/2010/06/13/e3-2010-project-natal-is-kinect [Ziyaret Tarihi: 17 Eylül 2012].

Collins, R., 2007, Introduction to Computer Vision, Lecture Notes, *Penn State University Computer Science Department*,, Pennsylvania.

Crawford, S., *How Microsoft Kinect Works* [online], http://electronics.howstuffworks.com/microsoft-kinect2.htm [Ziyaret Tarihi: 17 Eylül 2012].

Dabhade, A., S. and Bewoor, S., M., 2012, Real Time Face Detection and Recognition using Haar - Based Cascade Classifier and Principal Component Analysis, *International Journal of Computer Science and Management Research*, vol.1, 59-64.

Dardas, N., H. and Georganas, N. D., 2011, Real-time Hand Gesture Detection and Recognition using Bag-of-Features and Support Vector Machine Techniques, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, vol. 60, 3592-3607.

Dardas, N., H. and Petriu, E. M., 2011, Hand Gesture Detection and Recognition using Principal Component Analysis, *IEEE Computational Intelligence for Measurement Systems and Applications (CIMSA)*, Ottawa.

Dicle, Ç., 2007, Hand Tracking, M.Sc. Thesis, *Boğaziçi University Graduate Program in System and Control Engineering*, Istanbul.

Dinçtürk, M., E., 2009, A Two Phase Approach for Checking Sequence Generation, M.Sc. Thesis, *Sabancı University*, Istanbul.

Ellwart, D. and Czyzewski, A., 2010, Chapter in the book Camera Angle Invariant Shape Recognition in Surveillance Systems, *Intelligent Interactive Multimedia Systems and Services*, Springer, India, 33-40.

Emiroğlu, İ., 2011, Görüntü İşleme Ders Notları, *Yıldız Teknik Üniversitesi Matematik Mühendisliği Bölümü*, İstanbul.

Erol, A., 2006, Video Görüntülerinde Periyodik Gürültü Etkilerinin Yok Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon.

Fisher, R., Perkins, S., Walker, A. and Wolfart. E., 2003, The Hypermedia Image Processing Reference, Department of Artificial Intelligence, *University of Edinburgh*, Edinburgh.

Fowler, M., 2009, The Doppler Effect, Physics 152 - Waves: Lecture Notes, *University of Virginia*, Virginia.

Gingir, E., 2010, Hand Gesture Recognition System, M.Sc. Thesis, *Middle East Technical University The Graduate School of Natural and Applied Sciences*, Ankara.

Gupta, S., Morris, D., Patel, S.,N. and Tan, D., 2012, Soundwave: using The Doppler Effect to Sense Gestures, *The ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems-CHI'2012*, Texas.

Haberdar, H., 2005, Saklı Markov Model Kullanılarak Görüntüden Gerçek Zamanlı Türk İşaret Dili Tanıma Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Helhel, K., 2009, Face Recognition Using Harmonic Images, M.Sc. Thesis, *Istanbul Technical University Institue of Science and Technology*, Istanbul.

Heo, H. H., Lee, E. C., Park, K. R., Kim, C. J. and Whang, M., 2010, A Realistic Game System Using Multi-Modal User Interfaces, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 56, 1364-1372.

Isard, M. and Blake, A., 1998, Condensation Conditional Density Propagation for Visual Tracking, Lecture Notes, *University of California Department of Computer Science and Engineering*, California.

Isard, M. and Blake, A., 1998, Condensation-Conditional Density Propagation for Visual Tracking, *International Journal of Computer Vision*, vol. 29, 5-28.

İkizler, N., 2008, Understanding Human Motion: Recognition and Retrieval of Human Activities, P.hD. Thesis, *Bilkent University Institute of Engineering and Science*, Ankara.

Kanan, C. and Cottrell, G.,W., 2012, Color-to-Grayscale: Does the Method Matter in Image Recognition?, *PLoS ONE, doi:10.1371/journal.pone.0029740*.

Kara, Y., E., 2011, Computer Vision-based Human Action Recognition via Keypoint Tracking, M.Sc. Thesis, *Boğaziçi University Graduate Program in Computer Engineering*, Istanbul.

Karhan, M., Oktay, M. O., Karhan, Z. ve Demir, H., 2011, Morfolojik Görüntü İşleme Yöntemleri ile Kayısılarda Yaprak Delen (Çil) Hastalığı Sonucu Oluşan Lekelerin Tespiti, *6th International Advanced Technologies Symposium- IATS'11*, Elazığ.

Kaya, E., Karabulut, I. Y., Yılmaz, A. and Şahin, U., 2011, Security System with Microsoft Kinect, Senior Project, *Middle East Technical University*, Ankara.

Keskin, C., 2006, Vision Based Real-Time Continuous 3D Hand Gesture Recognition Interface for Generic Applications Based on Input-Output Hidden Markov Models, M.Sc. Thesis, *Bogaziçi University The Institute for Graduate Studies in Science and Engineering*, Istanbul.

Keskin, C. and Akarun, L., 2009, STARS: Sign Tracking and Recognition System using Input-Output HMMs, *Pattern Recognition Letters*, vol. 30, 1086-1095.

Koller-Meier, E., B. and Ade, F., 2001, Tracking multiple objects using The Condensation Algorithm, *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 34, 93-105.

Lamberti, L. and Camastra, F., 2012, Handy: A Real-Time Three Color Glove-Based Gesture Recognizer with Learning Vector Quantization, *Expert Systems with Applications*, vol. 39, 10489-10494.

Lee, Y., Wu, S. and Liu, Y., 2013, Performance of Remote Target Pointing Hand Movements in a 3D Environment, *Human Movement Science*, vol. 32,511-526.

Lebeltel, O., Bessiere, P., Diard, J. and Mazer, E., 2004, Bayesian Robot Programming, *Autonomous Robots*, vol. 16, 49-79.

Lin, J., Nishino, H., Kagawa, T. and Utsumiya, K., 2012, A Method of Two-Handed Gesture Interactions with Applications Based on Commodity Devices, *Computers and Mathematics with Applications*, vol. 63, 448-457.

Magee, D., R. and Boyle, R., D., 2002, Detecting Lameness using Re-sampling Condensation and Multi-Stream Cyclic Hidden Markov Models, *Image and Vision Computing*, vol. 20, 581-594.

Mattoccia, S., Tombari, F. and Stefano, L., D., 2011, Efficient Template Matching for Multi-channel Images, *Pattern Recognition Letters*, vol. 32, 694-700.

Nefian, A., V. and Hayes, M., H., 1998, Hidden Markov Models for Face Recognition, *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing*, Seattle.

Özbay, G., 2008, Shape-based Hand Recognition, M.Sc. Thesis, *Gaziantep University Graduate School of Natural and Applied Sciences*, Gaziantep.

Özşen, Ö., 2004, Mamogramlar Üzerine Uygulanan Görüntü İşleme Tekniklerinin İncelenmesi, *Bursa Elektrik, Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu ve Fuarı-ELECO'2004*, Bursa.

Padilla, R., Filho, C., F., F. and Costa, M., G., F., 2012, Evaluation of Haar Cascade Classifiers Designed for Face Detection, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 64, 362-365.

Paris, S., 2008, A Gentle Introduction to Bilateral Filtering and its Applications, Lecture Notes, *Massachusetts Iinstitute of Technology Computer Science and Artificial Intelligence Laboratory*, Massachusetts.

Peker, M., 2009, Görüntü İşleme Tekniği Kullanılarak Gerçek Zamanlı Hareketli Görüntü Tanıma, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya.

Roccetti, M., Marfia, G. and Semeraro A., 2012, Playing Into The Wild: A Gesture-Based Interface for Gaming in Public Spaces, *Journal of Visual Communication and Image Representation*, vol. 23, 426-440.

Salah, A., A., Bicego, M., Akarun, L., Grosso, E. and Tistarelli, M., 2007, Hidden Markov Model-Based Face Recognition using Selective Attention, *Human Vision and Electronic Imaging XII*, California.

Sangineto, E. and Cupelli, M., 2012, Real-time Viewpoint-invariant Hand Localization with Cluttered Backgrounds, *Image and Vision Computing*, vol. 30, 26-37.

Stenger, B., D., R., 2004, Model-Based Hand Tracking using A Hierarchical Bayesian Filter, Ph.D. Thesis, *University of Cambridge*, Cambridge.

Thibault, R. W., 2013,Wii Console, Lecture Notes, *University of California Santa Barbara*, California.

Torma, P. and Szepesvari, C., 2003, Sequential Importance Sampling for Visual Tracking Reconsidered, *Ninth International Workshop on Artificial Intelligence and Statistics*, Florida.

Toyama, K., Krumm, J., Brumitt, B. and Meyers, B., 1999, Wallflower: Principles and Practice of Background Maintenance, *International Conference on Computer Vision*, Corfu.

Varlık, A., Uysal, M., Karalar, F. ve Can, Z., C., 2009, Dijital Fotogrametride Alana Dayalı Görüntü Eşleme Yöntemleri, *Teknolojik Araştırmalar: Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, vol. 3, 20-33.

Vernadakis, N., Gioftsidou, A., Antoniou, P., Ioannidis, D. and Giannousi, M., 2012, The Impact of Nintendo Wii to Physical Education Students' Balance Compared to The Traditional Approaches, *Computers and Education*, vol. 59, 196-205.

Viola, P. and Jones, M., 2001, Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features, *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition-CVPR 2001*, Kauai, USA.

Vural, S., Mae, Y., Uvet, H. and Arai, T., 2012, Multi-view fast object detection by using extended haar filters in uncontrolled environments, *Pattern Recognition Letters*, vol. 33, 126-133.

Wang, X. and Qin, K., 2010, A Six-degree-of-freedom Virtual Mouse based on Hand Gestures, *International Conference on Electrical and Control Engineering (ICECE)*, Wuhan.

Wang, Y., 2009, Introduction to Computer Vision, Lecture Notes, *Rochester Institute of Technology Computer Science Department*, Rochester.

Yıldırım, B., 2007, A Comparative Evaluation of Conventional and Particle Filter Based Radar Target Tracking, M.Sc. Thesis, *Middle East Technical University The Graduate School of Natural and Applied Sciences*, Ankara.

Yılmaz, S., Kayır, H., E., Kaleci, B. ve Parlaktuna, O., 2009, Gezgin Robotlarda Parçacık Süzgeci Tabanlı Konumlandırma Yönteminde Algılayıcı Veri Hassasiyeti Analizi, *Elektrik-Elektronik-Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği 13. Ulusal Kongresi ve Fuarı*, Ankara.

Yoon, H., Soh, J., Bae, Y. J. and Yang, H. S., 2001, Hand Gesture Recognition Using Combined Features of Location, Angle and Velocity, *Pattern Recognition*, vol. 34, 1491-1501.

Zhao, W., Chellappa, R., Phillips, P. J. and Rosenfeld, A., 2003, Face Recognition: A Literature Survey, *ACM Computing Surveys*, vol. 35, 399-458.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Anıl BAŞ
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	Çan – 1990
Telefon	**:**	(554) 729 4 729
Faks	**:**	-
e-mail	**:**	anil.bas@marmara.edu.tr

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	**Türk Telekom ATL, Yenimahalle, ANKARA**	**2007**
Üniversite	:	**Kocaeli Üni, TEF, Bilgisayar Öğr., KOCAELİ**	**2011**
Yüksek Lisans	:	**Selçuk Üni, MMF, Bilgisayar Müh., KONYA**	**Devam ediyor**
Doktora	:	**-**	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2007	**Elektrik İşleri Etüt İdaresi**	**Stajyer**
2009	**Datasel Bilgi Sistemleri A.Ş.**	**Stajyer**
2010	**Meteksan Sistem A.Ş.**	**Stajyer**
2012	**Marmara Üniversitesi**	**Araştırma Görevlisi**

YABANCI DİLLER

İngilizce (İyi seviye)