T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Hareketli Nesnelerde Yüz Tespitine Yönelik Bir Uygulama

Turgut ÖZCAN
Yüksek Lisans Tezi
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Yrd. Doç Dr. Rembiye Kandemir
Edirne 2010

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Hareketli Nesnelerde Yüz Tespitine Yönelik Bir Uygulama

Bu tez 16/09/2010 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından kabul edilmiştir.

Yrd.Doç.Dr. Rembiye KANDEMİR
Jüri Başkanı (Danışman)

Yrd.Doç.Dr. Hilmi KUŞÇU
Üye

Yrd.Doç.Dr. Andaç MESUT
Üye

Turgut ÖZCAN
Yüksek Lisans Tezi
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi,
T.C. Trakya Üniversitesi,
Fen Bilimleri Enstitüsü,
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı.

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, hareketli görüntü verisi içersinde renk uzayları ve ten rengi değişimlerinden faydalanıp, belirli bir ölçek değerinin üzerindeki, yüz aday adaylarının belirlenmesi, olası yüzlerin tespiti ve takibidir.

Çalışma da öncelikle literatür taraması yapılmış olup, hareketli görüntülerin yakalanması, renk ve ton değer farklılığını ortaya çıkarmak için uzay dönüşümünün yapılması en uygun renk uzayın seçilmesi, aday şekillerin yakalanması ile algoritmanın iki çerçeve arasında koşturulması çalışmalarına dayanır.

USB portu ile sisteme bağlı standart bir web kamerasının görüş alanın da saniyede 320x240, 352x288 ve 720x576 çözünürlüğünde 25 çerçeve görüntü alınmış, Gerçek zamanlı olarak değerlendirilen görüntü de yüz tespit edilip, görsel olarak işaretlenmesi sağlanmıştır.

Uygulama da MATLAB programlama dili Image Acquisition ve Image Processing toolları kullanılmış ve grafiksel kullanıcı ara yüzü ile görselleştirilmiştir.

Bu tez 2010 yılında yapılmıştır ve 99 sayfadan oluşmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Hareket Algılama, Ten Rengi Tanıma, Renk Uzayı, Yüz Tespiti

Master Thesis
Trakya University
Graduate School Of Natural And Applied Sciences
Department Of Computer Engineering.

ABSTRACT

Aim of this study is determining face candidates, detections and trackings of possible faces above specific scale intervals with the help of color space and skin color changing in the moving image data.

In the study literature review is previously made and the study is based on capturing moving images;making color space conversion for presenting rate difference between color and tone; choosing space color as the most suitable color; rushing of the algorithms between two frames by capturing the candidate shapes.

25 frames was taken per second in the resolution of 320x240, 352x288 and 720x576 from the view of a standard web cam connected to the system with a USB port, in the image rated at the realtime the face is detected and marked as visual.

In the study Image Acquisition and Image Processing tools of MATLAB programming language is used, it is designed by graphical user interface.

This work is done in 2010 and consists of 99 pages.

Keywords: Motion Estimation, Skin Color Detection, Color Space, Face Detection

KISALTMA LİSTESİ

CCD : Yüklenme İliştirilimiş Araç (Charge Coupled Device).

CIE : CIE Renk Uzayı (International Commission on Illumination)

CMOS : Bütünleyici Metal Oksit Yarı iletken (Complementary Metal Oxide Semiconductor)

GRAYSCALE : Gri Ölçeği

GUI : Grafiksel Kullanıcı Arayüzü (Graphical User Interface)

HD : Yüksek Çözünürlüklü (High Definition)

HSV : HSV Renk Uzayı (Hue Saturation Value)

NCS :Doğal Renk Sistemi (Natural Color System)

PIKSEL : En küçük üçlü sayısal görüntü birimi (Picture Element)

RGB : RGB Renk Uzayı (Red Green Blue)

SENSOR: Algılayıcı

STREAM : Veri Akışı

USB : Evrensel Seri Veriyolu (Universal Serial Bus)

ÖNSÖZ

Konu araştırmalarım sırasında her zaman bana yol gösteren, destek ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Rembiye KANDEMİR' e, tez konusunda yapıcı düşüncelerini paylaşan Sayın Yrd. Doç. Dr. Andaç MESUT' a, uygulamanın geliştirilmesinde ve deneysel çalışmalarının çeşitlendirilmesinde fikir ve ışık tutan Sayın Yrd. Doç. Dr Hilmi KUŞÇU 'ya maddi manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli babam, annem ve eşime teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iii**

ABSTRACT ..... **iv**

KISALTMA LİSTESİ ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

ŞEKİLLER TABLOSU ..... **ix**

ÇİZELGELER TABLOSU ..... **xi**

1.GİRİŞ **1**

2.RENK UZAYLARI **6**

2.1.RGB Modelleri 8
2.2.Renk Doygunluk Modelleri 11
2.3.Kullanılan Diğer Renk Uzayları 14
2.3.1. CIE xyz modeli *14*
*2.3.2.CIE L*a*b* modeli* *16*
*2.3.3.CIE L*u*v* renk evreni* *17*
2.4.Ticari Renk Uzayları/Renk Örnekleri 18
2.4.1.Munsell renk uzayı *18*
2.4.2.Doğal renk sistemi (NCS) *19*
2.4.3.RAL renk uzayı *20*
2.4.4.Ostwald renk sistemi *20*
2.5.Renk Uzaylarında Dönüşümler 21
2.5.1.RGB renk uzayından HSV uzayına dönüşüm *21*

3.HAREKETLİ GÖRÜNTÜ VERİSİ **24**

3.1.Hareketli Görüntünün Yakalanması 27

4.İNSAN TENİNİN TESPİTİ **32**

4.1.İnsan Yüz Haritası 33
4.2.Ten Rengi Tespitinde Uzay Karşılaştırılmaları 35
4.3.HSV Renk Aralığında Ten Rengi Analizi 41
4.4. Ten Rengi Kullanılarak Yüz Bölgesinin Tespiti 44

5.YÜZ TESPİT ALGORİTMALARI **47**

5.1.Temel Yüz Tespit Algoritmaları 47
5.2.Yüz Tespit Algoritmalarının Karşılaştırılması 51

6.UYGULAMA **54**

6.1.Geliştirme Ortamı 54
6.2.MATLAB ile Görüntünün Yakalanması 56
6.3.Görüntünün Analizi ve Ayrıştırılması 60
6.4.Görüntünün Dönüştürülmesi İşlemleri 61
6.4.1.Histogram çıkartılması işlemi *64*
6.5.Ayrıştırılan Görüntü de Ten Alanının Seçilmesi 67
6.6.Uygulama İcra Mantığı 68

6.7.UYGULAMA ARA YÜZÜ 72

7.DENEYSEL ÇALIŞMALAR 74

7.1. DÜŞÜK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ ALGILAYICI VE DÜŞÜK IŞIKTA ARAŞTIRMA 74
7.2. DÜŞÜK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ ALGILAYICI VE YÜKSELTİLMİŞ IŞIKTA ARAŞTIRMA 75
7.3. YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ ALGILAYICI VE NORMAL IŞIKTA ARAŞTIRMA 76
7.4. YÜKSEK ALGILAYICI VE NORMAL IŞIKTA ÇOĞUL ARAŞTIRMA 77
7.5.ZEMİN RENGİ VE IŞIK DURUMLARINA GÖRE ÇOĞUL ARAŞTIRMALAR 79
7.6.ZEMİN RENGİ, IŞIK VE ODAK UZAKLIĞINA GÖRE ÇOĞUL ARAŞTIRMALAR 82
7.7. İŞLEMLER SIRASINDAKİ İŞLEMCİ VE BELLEK YÜKÜ 83

8.SONUÇ VE GELECEK ÇALIŞMALAR 84

9.KAYNAKLAR 86

EK-A 90

TERİMLER SÖZLÜĞÜ 90

EK-B 91

UYGULAMA KAYNAK KODLARI 91

ÖZGEÇMİŞ 99

ŞEKİLLER TABLOSU

Şekil 2.1.Newton Prizması 6
Şekil.2.2.Temel Renk Sistemleri ve Aralarındaki İlişkiler 8
Şekil 2.3.RGB Renk Uzayı Köşegen Noktalardaki Renk Karşılıkları 9
Şekil 2.4.RGB Uzayında Renk Oluşumu 10
Şekil 2.5.MATLAB ile çizilmiş RGB Renk Küpü (10x10x4) 11
Şekil 2.6.HSV Renk Uzayının Konik ve Silindirik Görünümleri 13
Şekil 2.7.H-S-V Değerlerinde Değişimler ve Etkileri 13
Şekil 2.8.CIE XYZ uzayının Gamut Görüntüsü 16
Şekil 2.9.CIE L*a*b Uzayı 17
Şekil 2.10.CIE L*u*v Uzayı Gamut Görüntüsü 17
Şekil 2.11.Munsell Renk Sistemi 19
Şekil 2.12.Doğal Renk Sistemi 20
Şekil 2.13.RGB uzayından HSV uzayına dönüşüm(Wikipedia) 23
Şekil 3.1.Görüntü İşleme Uygulamaların Genel Blok Yapısı 24
Şekil 3.2.Analog Görüntü Verisi 25
Şekil 3.3.Sayısal Görüntü Verisi 25
Şekil 3.4.CCD Foto Diyotlar 27
Şekil 3.5. CCD Değerlik ve İletim Bandı 28
Şekil 3.6. CCD Sensörlü Kameraların Genel Blok Yapısı 29
Şekil 3.7.CMOS Sensörü İç Yapısı 30
Şekil 3.8. CMOS Sensörlü Kameraların Genel Blok Yapısı 31
Şekil 4.1.Yüz Belirleyicilerinin Birbirlerine Oranı (Benarent,2010) 34
Şekil 4.2.Renk Histogramı yöntemi ile 64x64 Çözünürlükte 5 renk uzayının karşılaştırılması 37
Şekil 4.3. %60 oranında Ten Rengi Tespiti 38
Şekil 4.4. %80 oranında Ten Rengi Tespiti 38
Şekil 4.5. Yarım Eşik Değeri İçin %80 oranında ikili Threshold 39
Şekil 4.6. Çeyrek Orijinal Eşik için %80 oranında ikili Threshold 40
Şekil 4.7. Örneklenen Yüz Bölgesi 42
Şekil 4.8. RGB küpünde, örnek alınan her bölgeye ait iki farklı yüzey 42
Şekil 4.9. HSV renk çemberi üzerinde alınan örnekleri de içine alan ton değerleri araştırılırken bulunan iki bağımsız vektör ve renk örnekleri 44
Şekil 4.10. İnsan Yüzünün RGB ve HSV Dönüşümünde Görünümü 44
Şekil 4.11. Yüksek Geçirgen Filtre Kullanılması ile Elde Edilen Slikon Kalıp 46
Şekil 4.12.Voroni Diyagramı 46
Şekil 6.1. Uygulama Kamerası (Yüksek Çözünürlüklü) 54
Şekil 6.2. Uygulama Kamerası (Düşük Çözünürlüklü) 55
Şekil.6.3.Kamera Çözünürlüğünün Çıkartılması 56
Şekil 6.4. Image Acquisition Tool'un Genel Yapısı 57
Şekil 6.5. MATLAB Görüntü Elde Etme Donanım Sürücüsü 58

Şekil 6.6. FrameGrabInterval Özelliği 59
Şekil 6.7. MATLAB ile STREAM'ing Başlatılması 60
Şekil 6.8. 0-1 aralığında ten rengi histogramı 63
Şekil 6.9.Renk Tonu ve Doygunluk 0-1 aralığındaki Histogramı 63
Şekil 6.10. Orijinal ve Gri Ölçekte Yeniden Çizilmiş Bir Çerceve 66
Şekil 6.11. Orijinal ve Ten Bölgesi Tespit Edilmiş Bir Çerçeve 67
Şekil 6.12. Tespit Edilen Ten Renginin Boyanması 67
Şekil 6.13. Kameradan Yakalanan Çerçeveler 68
Şekil.6.14.Özgün bir çerçeve görüntüsü 69
Şekil 6.15.Piksel bazlı Çalışma Algoritması 70
Şekil 7.1.Düşük Işık Renkli Resimde Yüzün Bulunması 74
Şekil 7.2.Düşük Çözünürlüklü Algılayıcı ile Yükseltilmiş Işıkta Bulunan Aday 75
Şekil 7.3.HD Kamera ile Normal Işıkta Algılanan Yüz Adayı 77
Şekil 7.4.HD Kamera ile Bulunan Birden Fazla Yüz Adayı 78
Şekil 7.5.Zemin Rengi ve Işık Durumuna Göre Çoğul Poz 1 79
Şekil 7.6.Zemin Rengi ve Işık Durumuna Göre Çoğul Poz 2 80
Şekil 7.7.Zemin Rengi ve Işık Durumuna Göre Çoğul Poz 3 81
Şekil 7.8.Zemin Rengi, Işık Durumu ve Lens Uzaklığına Göre Çoğul Poz 82
Şekil 7.9. Algoritma Çalıştırılması Sırasında CPU Kullanımı 83

ÇİZELGELER TABLOSU

Çizelge 2.1.Elektromanyetik Spektrum da Renk Dalga Boyları ve Frekansları..... 7
Çizelge 2.2.RGB Uzayında köşegen noktaların oluşturduğu renk karşılıkları..... 9
Çizelge 2.3.HSV 0.75 Değerinde köşegen noktaların oluşturduğu renk karşılıkları 14
Çizelge 4.1. Irklara Bağlı Ten Rengi Değerleri 33
Çizelge 5.1.Temel Yüz Bulma Yaklaşımları.....52
Çizelge 6.1. Farklı N, K Değerleri için Bellekte Tutulacak Alanlar.....65
Çizelge 7.1. Farklı Algılayıcı Tiplerinde Işığın Etkisi.....76
Çizelge 7.2. Farklı Algılayıcı Tiplerinde Algılanan Kişi Sayısı.....78
Çizelge 7.3.Poz Durumlarına Göre Algılanan Görüntü Sayısı.....81

1.GİRİŞ

Görüntü işleme, bilgisayarlı görü, gerçek zamanlı hareket algılama, yüz tespiti ve yüz tanıma sistemleri geçtiğimiz yıllarda bilimsel araştırma grupları ve ticari yazılım sektöründe oldukça geniş ilgi görmüştür. Halen bu sistemlerin kurularak gerçek zamanlı uygulamaların geliştirilmesi süreci, yüksek donanım ve yazılım maliyetlerinden ayrıca yetişmiş insan gücünün yetersizliğinden dolayı istenen konuma gelememiştir. Farklı alanlarda uzmanlaşmış, araştırmacıların ortak ilgisi, yüz tespiti ve tanıma problemlerinin çözümünün, gündelik ve akademik hayata kazandıracağı artı değerinin yadsınamayacak bir öneme sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Gerçek zamanlı yüz tespiti ve elde edilen bulguların istatistikî olarak değerlendirilmesi işlemlerinin doğası gereği karmaşıklığı, araştırmacıların çoğunlukla karşılaştığı en temel zorluklardandır. Yüzün tespiti ve analizi işlemleri alt başlıklara indirgenip, amaca yönelik çözüm aksiyonların geliştirilmesi, problemli sahaların gözden geçirilmesi ve yeniden değerlendirilmesi, sonuca ulaşmak bakımından başarı şansını yükseltir. Bu amaçla görüntünün yakalanması, hareketin algılanması, yakalan hareketin işlenmesi ve son olarak yüzün tespiti ve analizi adımları birbirini izler.

Görüntünün dış dünyadan yakalanması ve sayısal dönüşümün sağlanıp işlenebilir hale getirilmesi kameralar ve yazılımdaki kamera sürücüleri vasıtasıyla yapılır.

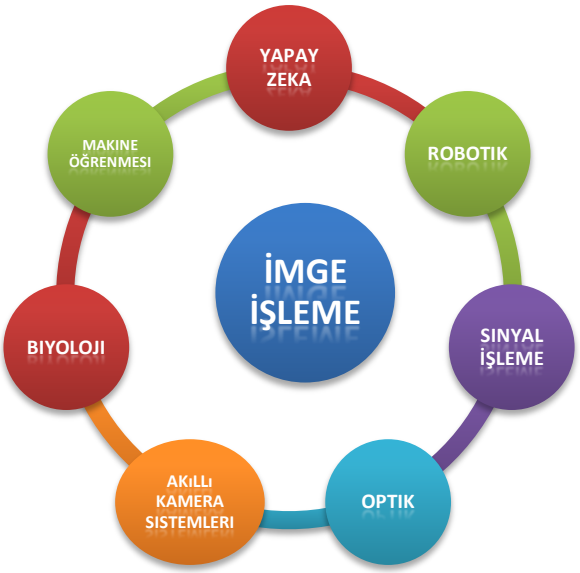
Hareket algılama; ardışık iki çerçeve arasında aynı olmayan piksellerin bulunarak bu çerçeveler arasında mantıksal ilişki kurmayı temel alır. Böylece önceki çerçevede tespit edilen pikseller, sonraki çerçevedeki yeni konumuna göre

belirli bir yönde hareket ettiği düşünülür. Temel olarak öbek, bölge veya piksel düzeyinde taramalar yapılabilir. Öbek (Blok) düzeyinde taramalar da imge basit küçük öbeklerine ayrılmakta ve seçilen bu öbeğe en iyi karşılık gelen sonraki çerçevedeki öbek aranmaktadır (Telatar, 2009). Bölge bazlı yöntemler de birbirini takip eden her çerçevede meydana gelen değişim aranır. Değişim gösteren bölgenin hareket ettiği düşünülür. Piksel bazlı yöntemler de ise işlenmiş piksel grubunun taraması yapılarak değişim oranı ölçülmektedir.

Görüntü işleme, sayısal bir resim haline getirilmiş olan gerçek yaşamdaki görüntülerin veya algılama işlemleri sonucu elde edilen bulguların, bir girdi resim olarak işlenerek, o resmin özelliklerinin ve görüntüsünün değiştirilmesi sonucunda yeni bir resmin oluşturulmasıdır.

Yüz Bulma ve Yüzün tespiti ise görüntü işleme ve hareket algılama işlemleri sonucu ölçülen ve yüz özelliklerini taşıyan alanların süzgeçlenip, gürültüden arındırılması, verilerin istatistiksel olarak değerlendirilip bir veya birden fazla karar mekanizması ile test edilmesi işlemleri sonucu, ilgili alanların yüz bölgesi adayı olarak belirlenmesidir.

Bilgisayarlı görü ve her türlü görüntü işleme uygulamaları, savunma sanayinden (robotik), güvenlik sistemlerine (akıllı kamera sistemleri), robot endüstrisinden (yapay zeka), tıp bilimlerine (optik), ticari amaçlardan (sinyal işleme), web sayfalarındaki filtrelemeye (makine öğrenmesi) kadar çok geniş bir yelpazede kendisine yer bulur.



Şekil 1.1. Görüntü İşleme ve Kullanım Alanları

Günümüzde yüz tespiti ve analizi farklı alanlar da kullanılabilmekte olup, bir futbol maçında ortalama seyirci sayının çıkartılması, açık alanlarda (miting, toplantı) kişilerin sayılması, belirlenen yüzlerde bir şüphelinin aranması, kişilerin ruhsal durumu ve ön görülebilir hareketinin tespiti ve takibi yapılabilir.

Örneğin yüz tespit sistemine yakalan bir şüphelin mimik ve jestlerinden o andaki hareket planı çıkartılabilir. Bir video konferansında hareket halinde kişilerin sistemler tarafından sürekli taranması ve görüş çerçevesinin merkezinde tutulmaları sağlanabilir. Bir araç sürücüsünün dikiz aynasına konulan standart bir kameradan yüz tespiti yapılarak uykusuzluk durumu takip edilebilir olumsuz durumlar da araç güvenlik sistemi çalıştırılıp aracın sürücüyü sarsıp uyandırması sağlanabilir. E-posta eklentileri içersindeki, sayısal görüntü uzantılarında, ten taraması yapılıp bunun bir insana ait bir görüntü olup olmadığının sınanması yapılarak, aile koruması için ilgili görüntünün açılmadan filtreye takılması sağlanabilir. Askeri ve güvenlik uygulamaların da kameranın etkin görüş sahasındaki yasa dışı birimlere ait yüzlerin tespiti ve bunların ateşli unsur tarafından takibi ve imhası sağlanabilir.

Bilgisayarlı görü, görüntü algılama, hareket takibi, insan yüzünün tespiti konusunda çok sayıda akademik ve ticari çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalarda

Intel'in proje liderliğini üstlendiği ve ilk kararlı sürümü 1999 da çıkardığı OpenCv kütüphanesi (Bradski ve Kaehler, 2008) ile görüntü işleme araç kutularına sahip olan MATLAB Programlama Dili ve makine programlamaya yatkınlığından Standart C dili yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında hareketli görüntülerden imge işleme teknikleri kullanılarak, mevcut görüntü de yüz arama ve tespit işlemleri için ihtiyaç duyulan yöntem ve yaklaşımların tasarlanması ve problemin çözümü için yüksek standartlarda bir uygulama geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Planlaması yapılan bu uygulama, dinamik ortam şartlarına rağmen insan teninin belirleyici özelliğinin kullanılarak yüksek matematiksel formüllere, donanım maliyetini yükselten ve işlemler sırasında ağır çalışan algoritmalara ve karışık karar destek yapılarına ihtiyaç duyulmadan, hızlı bir şekilde çözüme ulaşmayı amaçlamıştır.

Bu amaç doğrultusunda konunun özünü oluşturan görüntü bileşeni üzerinde durulmuş olup; görüntünün elde edilmesi, renk oluşumu, algılanan rengin farklı sistemlerde elde ediliş biçimi, kullanılan başlıca renk modelleri ve bu modeller arasında konu ile ilgili dönüşümler ikinci bölümde verilmiştir.

Üçüncü bölümde hareketli görüntü verisinin genel tanımı, görüntü yakalama işlemleri için kullanılan kamera sistemleri, görüntü algılayıcı tip ve türleri ile yakalanacak görüntü için gerekli ortalama veri yolu genişliği üzerinde durulmuştur.

Dördüncü bölümde gerçek zamanlı görüntü içinde insan teninin tespit edilmesi, ten özelliklerinin çıkartılması, ten içersinde yüz bölgesinin ölçeklenmesi, yüz haritasının öneminden bahsedilip, birinci bölüme atıfta bulunarak kaynak taraması yapılmış, ten rengi için en uygun renk sistemi araştırılmış, önerilen renk sistemi ile ilgili başlıca çalışmalardan bahsedilmiştir.

Beşinci bölümde temel yüz tespit etme algoritmalarından bahsedilerek, görüntünün alınış ve özellik kullanış biçimine göre tasnifleme yapılmıştır.

Altıncı bölümde tez uygulamasından bahsedilip, geliştirme ortamı, kullanılan araçların özellikleri, yöntem seçimi, uygulamanın icra mantığı, algoritma ve iş akışından bahsedilerek amaçlanan hedeflerden bahsedilmiştir.

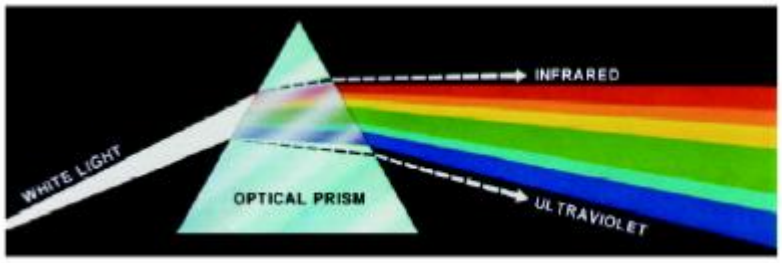
Yedinci bölümde deneysel çalışmalar yapılarak çeşitli ortam ve algılayıcı tiplerinde tekli ve çoğul yüzlerin işaretlenmesi ve ışık faktörü denemeleri yapılmış, yöntemin bilime getirdiği yenilik, başlıca avantajları, sakıncalı ve eksik yönlerinden bahsedilmiştir.

Son bölümde ise bu yöntemin kullanılması için genel bir sonuca varılmış, gelecek de yapılabilecek çalışmalardan bahsedilmiştir.

2.RENK UZAYLARI

İngiliz fizikçi Isaac Newton (1642-1727) 1666'da bir odayı kararttıktan sonra güneş ışığının ince bir delikten odaya girmesini sağlamış, bu ışığın önüne bir prizma koyarak ışığın parçalanmış halini, tıpkı gökkuşağında olduğu gibi yedi renge (Kırmızı, Turuncu, Sarı, Yeşil, Mavi, Lacivert, Çivit Mavi, Menekşe Moru) yukarıdan aşağıya doğru bir perdeye aksettirmeyi başarmıştır (Bunting, 1998).

Yapılan bu deney sonucu renk tayfı ortaya çıkmış (Bkz:Şekil 2.1.) ve devam eden çalışmalar neticesinde Renk Bilimi doğmuştur. Renk, ışığın değişik dalga boylarının gözün retinasına ulaşması ile ortaya çıkan bir algılamadır. Bu algılama, ışığın maddeler üzerine çarpması ve kısmen soğurulup kısmen yansıması nedeniyle çeşitlilik gösterir ki bunlar renk tonu veya renk olarak adlandırılır (Hardeberg, J.Y, 1999). Tüm dalga boyları birden aynı anda gözümüze ulaşırsa bunu beyaz, hiç ışık ulaşmazsa siyah olarak algılarız. İnsan gözü 380nm ile 780nm arasındaki dalga boylarını algılayabilir, bu sebepten elektromanyetik spektrumun bu bölümüne, görünen ışık denir.



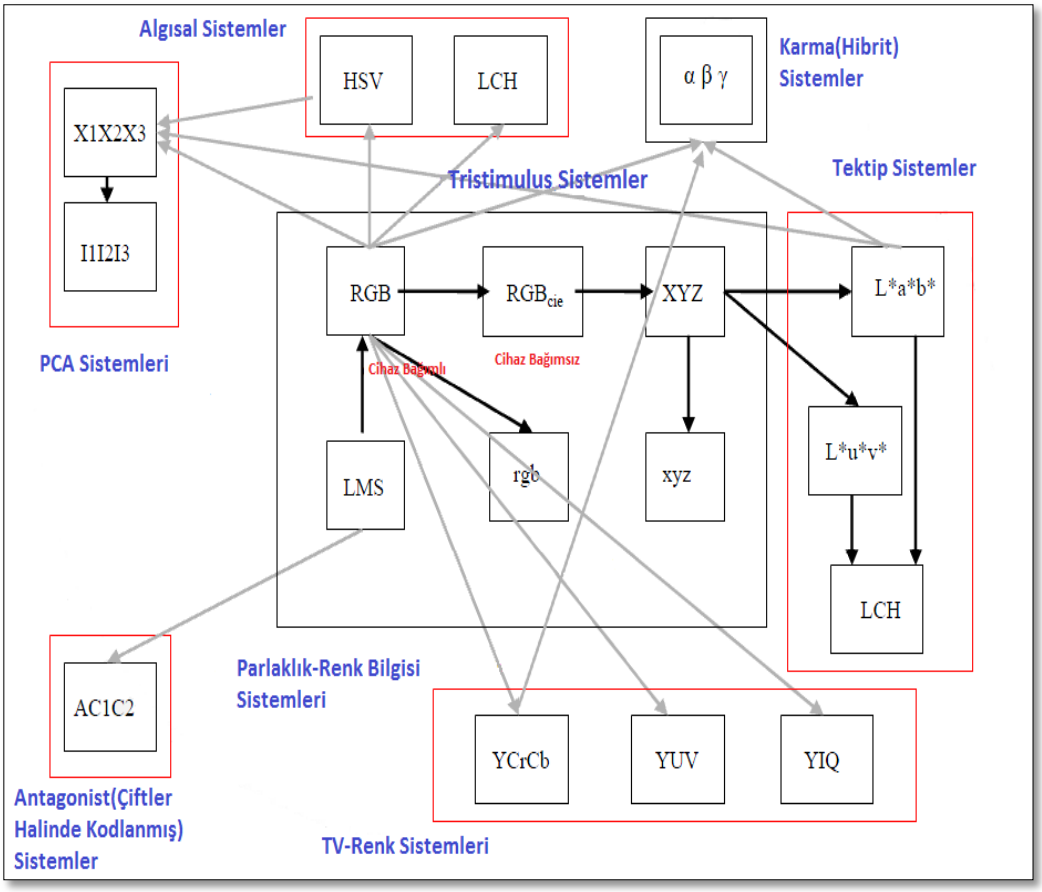
Şekil 2.1.Newton Prizması

Çizelge 2.1.Elektromanyetik Spektrum da Renk Dalga Boyları ve Frekansları

Renk	Dalga boyu	Frekans
Kırmızı	~625-740 nm	~480-405 THz
Turuncu	~590-625 nm	~510-480 THz
Sarı	~565-590 nm	~530-510 THz
Yeşil	~500-565 nm	~600-530 THz
Çivit Mavisi	~450-420 nm	~620-600 THz
Mavi	~450-485 nm	~680-620 THz
Mor	~380-440 nm	~790-680 THz

Renk uzayları, renkleri tanımlamak için kullanılan matematiksel modellerdir. Renk uzaylarında amaç bütün renklerin temsil edilmesidir. Bu sebeple rengin belirlenmesi için üç bağımsız değişkene ihtiyaç duyulur ve uzay 3 boyutlu olarak tasarlanır. Renklerin renk uzayındaki yerleri de bu değişkenlere göre belirlenir. Her renk uzayının kendine özgü renk oluşturma standardı olup, uzaylar arası dönüşüm doğrusal veya doğrusal olmayan yöntemlerle yapılır (Bkz: Şekil 2.2.).

Tristimulus sistemler de RGB (Red, Green, Blue) insan gözünün, renkleri algılama işleminin matematiksel olarak modellenmesi amacıyla yapılan bir takım hesaplar sonucunda elde edilen X, Y ve Z renk koordinat bilgilerini içerirken, rengin üretimi cihazın nitelik ve niceliğine bağlıysa oluşan renk uzayı cihaz bağımlı (RGB, HSV (Hue Saturation Value, HSI (Hue Saturation Intensity), CMY (Cyan Magenta Yellow), CMYK vb.), üretilen renk her ortamda, aynı özellikleri taşıyorsa cihaz bağımsız (CIE (International Commission on Illumination) L*a*b ve CIE L*u*v tektip, CIE XYZ ise tektip olmayan), Işık değişimlerinin kolaylıkla tanınabildiği algısal (HSV, LCH), Video, Tv sistemlerinde renk oluşumunda (YCbCr (Luminance Chorama Blue Chorama Red), YUV, YIQ), çiftler halinde kodlanmış, pca ve ticari amaçlı üretilmiş (Munsell, Ostwald, RAL, NCS vbg.) olmak üzere bir çok çeşit ve standartta renk uzayları olarak tasniflenebilir (Trémeau, 2006).



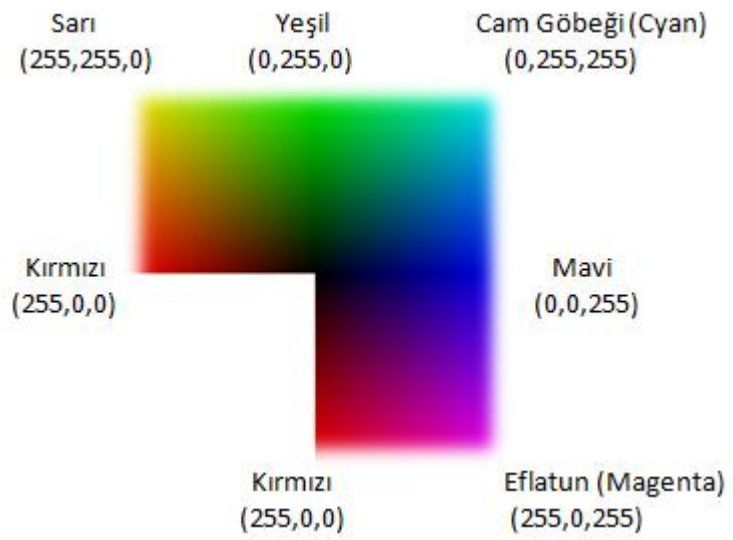
Şekil.2.2.Temel Renk Sistemleri ve Aralarındaki İlişkiler

2.1.RGB Modelleri

Kırmızı, Yeşil ve Mavi dalga boylarının çeşitli oran ve miktarlarda kullanılmasıyla elde edilen bir renk uzayıdır. Her dalga boyunun %100 oranında karıştırılması aydınlığı yani beyaz, %0 oranında karıştırılması ise karanlığı yani siyah rengin elde edilmesini sağlar. RGB modeli bilgisayar ekranları veya katodik televizyon tüpleri gibi, doğrudan emilimle çalışan cihazlarda kullanılır. Üç ana renk her oranda karıştırılarak ara renkler elde edilebilir. RGB renk uzayı çok sıklıkla kullanılmasına rağmen alt yapı materyali rengin elde edilmesinde belirleyici faktördür. Öyle ki alt yapının değişmesiyle renk de değişecek, dolayısıyla

televizyon, tarayıcı veya bir monitör üçlemesinde aynı renk elde edilemeyecektir. Dolayısıyla üç ana rengi kullanıp, diğer ana renkleri göz ardı ettiğinden (cam göbeği, sarı, eflatun) %100 fonksiyonel olmayacaktır.

RGB görüntüsünü meydana getiren üç boyutlu matris de üçüncü boyuttaki her renk (Kırmızı, Yeşil ve Mavi) 8 bit ile temsil edilir. Basit bir hesaplama ile $(2^8)^3$ =16,777,216 renk oluşturulabilir. Dolayısıyla 1 piksel 24 bit ile temsil edilir. RGB Uzayında bütün renkler teorik olarak bir küpün içersinde veya üzerinde yer alır. Küpün köşegen noktalarında gri tonlar birikir. Şekil 2.3. ve Şekil 2.4. 'de köşegen noktalarda renk oluşumu, Çizelge 2.2 'de ise renk oluşumlarına karşılık renk karşılıkları görülmektedir.

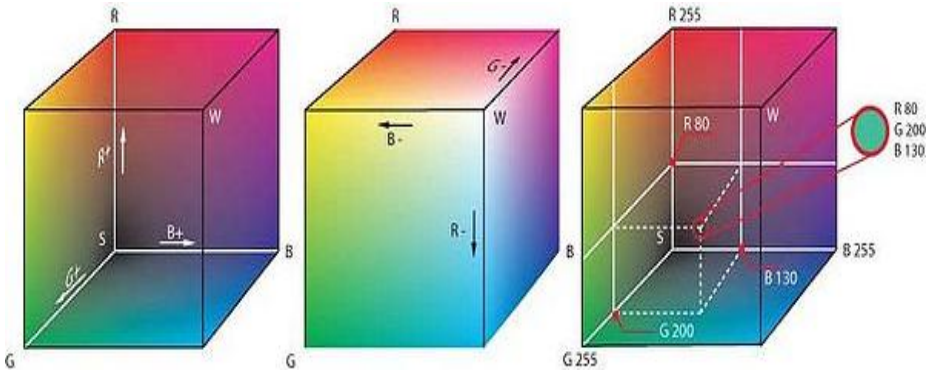


Şekil 2.3.RGB Renk Uzayı Köşegen Noktalardaki Renk Karşılıkları

Çizelge 2.2.RGB Uzayında köşegen noktaların oluşturduğu renk karşılıkları

	Beyaz	Sarı	Cam Göbeği	Yeşil	Eflatun	Kırmızı	Mavi	Siyah
R	255	255	0	0	255	255	0	0
G	255	255	255	255	0	0	0	0
B	255	0	255	0	255	0	255	0

Şekil 2.4. ‘ de Kırmızı, Yeşil ve Mavi Köşegenlerin oluşturduğu kübik şekil rengi oluşturmaktadır. (R80G200B130)



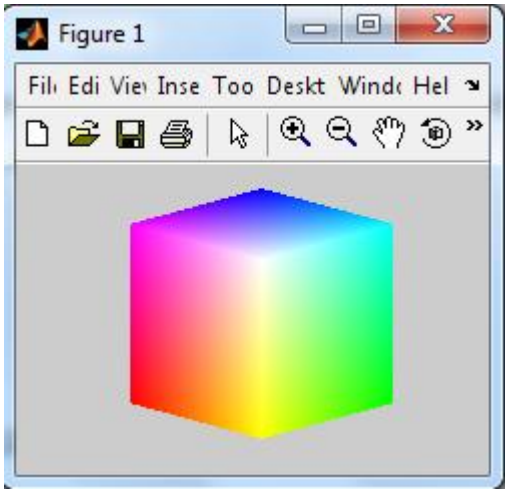
Şekil 2.4.RGB Uzayında Renk Oluşumu

Üsteki şekilde de görüleceği gibi rengin oluşabilmesi için her üç RGB bileşeni de aynı bant genişliğin de olmalıdır. Dolayısıyla RGB bileşenlerini tutan diyagonal çerçeve aynı piksel çözünürlüğüne ve derinliğe sahip olmalıdır (Jack, 1995). Bu durum en genel anlamda hesaplamayı zorlaştırmaktadır. Çünkü her durumda her üç RGB değeri okunmalı, hesaplanmalı ve tekrar yerine yazılmalıdır. Bunun yerine ten rengi saptama da ve hareket kestiriminde uzay dönüşümü yapılarak kestirme adımlarla işlem kolaylığı sağlanabilir.

MATLAB ile RGB küpünün oluşturulması ;

```
function rgbkubuolustur(a,b,c)
vertices_matrix=[0 0 0;
         0 0 1;
         0 1 0;
         0 1 1;
         1 0 0;
         1 0 1;
         1 1 0;
         1 1 1];
faces_matrix=[1 5 6 2;
        1 3 7 5;
        1 2 4 3;
        2 4 8 6;
        3 7 8 4;
        5 6 8 7];
colors=vertices_matrix;
patch('Vertices',vertices_matrix,'Faces',faces_matrix,...
'FaceVertexCData',colors,'FaceColor','interp',...
'EdgeAlpha',0)

axis off
view([a, b, c])
axis square
```



Şekil 2.5.MATLAB ile çizilmiş RGB Renk Küpü (10x10x4)

2.2.Renk Doygunluk Modelleri

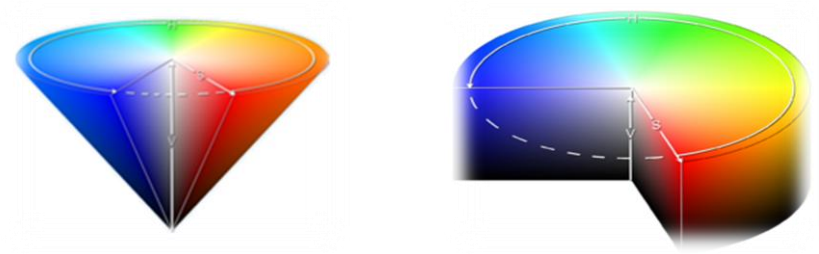
Renkli görüntülerde ışık yoğunluğu ve doygunluğunun tespiti ve değiştirilmesi RGB renk uzayında oldukça yoğun matematiksel işlem gerektirmektedir. Bu durum iş yükünü artırmakta ve renkli görü uygulamalarında araştırmacıyı daha basit çözümler bulmaya yönlendirmektedir. Bu amaçla daha basit ve sezgisel olarak daha kolay renk seçimi yapılabilmesi için HSI ve HSV renk uzayları geliştirilmiştir.

HSV renk uzayında ortamda bulunan renkler, RGB renk uzayından farklı olarak renk özü, doygunluk ve parlaklık olarak tanımlanmaktadır. Bu sebepten dolayı HSV renk uzayında ışık değişimleri kolaylıkla tanınabilmekte ve görüntü işleme sırasındaki zorluklar ortadan kaldırılabilmektedir (Smith, 1978).

- Renk özü, rengin baskın dalga uzunluğunu belirler, örneğin sarı, mavi, yeşil, vb. Açısal bir değerdir 0° - 360°, bazı uygulamalarda ise 0-100 arası olağanlaştırılır.
- Doygunluk, rengin "canlılığını" belirler. Yüksek doygunluk canlı renklere neden olurken, düşük olasılık rengin gri tonlarına yaklaşmasına neden olur. 0-100 arasında değişir.
- Parlaklık ise rengin aydınlığını yani içindeki beyaz oranını belirler. 0-100 arasından değişir.

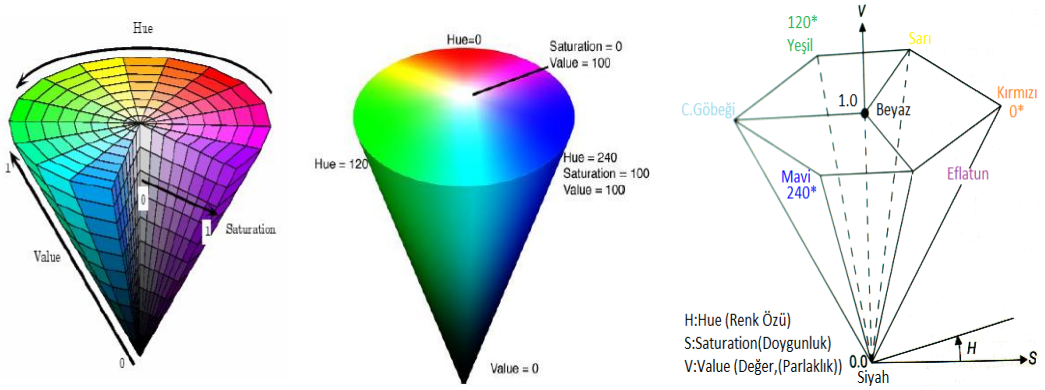
HSV renk uzayı 1978 yılında Alvy Ray Smith tarafından tanımlanmıştır. Amacı RGB uzayına göre insan görü düzeneğine daha yakın bir yapı oluşturmaktır. HSV, RGB renk uzayından doğrusal olmayan bir dönüşüm ile elde edilir (Agoston, 2005). Şekil 2.6. HSV uzayının konik ve silindirik görünümleri, Şekil 2.7 ‘ de ise HSV değerlerindeki değişimin, renklere etkisi gözükmektedir.

Her ne kadar HSV ve HSB aynı uzayı tanımlasalar da HSL farklı bir renk uzayıdır. HSV ayrıca aygıt bağımlıdır. Yani bu uzayda tanımlı bir renk, rengi üreten aygıt cihazına göre değişim gösterebilir. HSV uzayı, ilk tanımlandığı zamanlarda konik bir biçime sahipti ancak sonraki yıllarda, gerçek zamanlı geçerli koordinat denetimi için zamanın bilgisayarları yeterli olmadığından silindir biçimine dönüştürüldü. Açmak gerekirse, konik biçimde, aydınlık düzeyi azaldıkça koninin genişliği azalır, dolayısıyla, insan görüsüne uygun olarak, düşük aydınlıkta algılanabilen farklı doygunluk düzeyleri de azalırlar. Diğer yandan, silindir biçimi ile sıfır aydınlık düzeyinde bile yüksek doygunluk düzeyleri tanımlanabilir ve böylece geçersiz renkler elde edilebilir. Dolayısıyla görüntü işleme uygulamalarında konik biçimi tercih edilirken, renk seçimi görevlerinde silindir biçimi kullanılma eğilimini gösterir.



Şekil 2.6.HSV Renk Uzayının Konik ve Silindirik Görünümleri

HSV uzayının konik biçimi her ne kadar silindir haline göre bazı olumlu yanlara sahip olsa da, aydınlık ölçüsü olarak R, G, B değerlerinin basitçe en büyüğünün kullanılıyor olması, insan görüsünün dalga uzunluğu hassasiyetlerinin dikkate alınmamasına neden olabilmetedir (Poynton, 1997).



Şekil 2.7.H-S-V Değerlerinde Değişimler ve Etkileri

Şekil 2.7. ‘deki konik görünümün en alt kısmı V=0 iken S=0 ise siyah, tepe noktası V=1 iken S=0 ise beyaz rengi göstermektedir. Şekilde s ile gösterilen 0 ile 1 arasındaki değere oran denilmektedir. S=0 iken H değerinin bir önemi yoktur. V değerini değiştirmeden S değeri azaltılırsa oluşan renge beyaz, S değeri değiştirmeden V değeri azaltılırsa renge siyah eklenebilir. Tonlama ise S ve V

değerleri ile oynanarak elde edilebilir (Jack, 1995). Çizelge 2.3. de HSV 0.75 değerinde köşegen noktalarında renk karşılıkları verilmiştir.

Çizelge 2.3.HSV 0.75 Değerinde köşegen noktaların oluşturduğu renk karşılıkları

	Normal Sınırlar	Beyaz	Sarı	Cam Göbeği	Yeşil	Eflatun	Kırmızı	Mavi	Siyah
H	0° to 360°	–	60°	180°	120°	300°	0°	240°	–
S	0 to 1	0	1	1	1	1	1	1	0
V	0 to 1	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0

2.3.Kullanılan Diğer Renk Uzayları

Cihaz bağımsız renk uzaylarında CIE modelinin XYZ , L*a*b*, L*u*v olmak üzere başlıca türleri vardır.

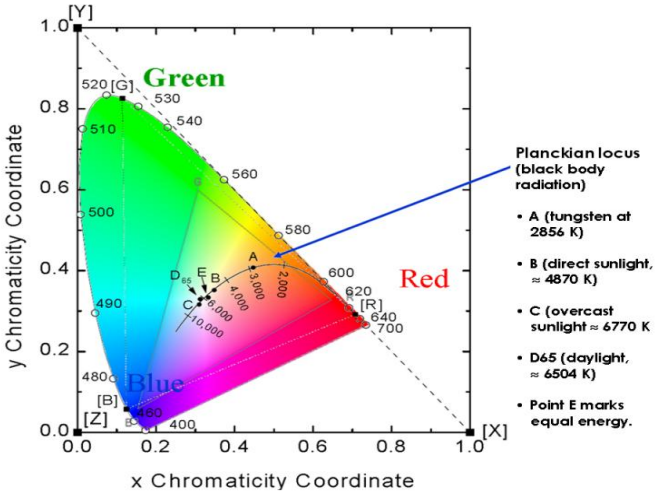
2.3.1. CIE xyz modeli

XYZ modeli CIE'nin 1931'de tasarladığı ve diğer bütün renk evrenlerinin temel yapısını oluşturan modeldir. CIE XYZ modelinde renkler ana tristumulus değerleri ile gösterilmişlerdir (Wright, 2007) . CIE XYZ uzayının gamut görüntüsü Şekil 2.8. 'de verilmiştir.

1931 de standart kolorimetrik gözlemci karakteristikleri üzerine kurulu RGB bazlı spektral değerlerin temel tiristumulus değerlerini belirlemiştir. Bu sistemde görülebilir spektrumun her dalga boyu başlıca tristimulus değerlerinin kombinasyonu ile birleştirilmiş, temel tiristumulus değerlerinin sistemini ortaya

koymuştur. Bunlar X, Y, Z CIE koordinatları olarak referans edilmiştir. X kırmızının, Y yeşilin, Z ise mavinin tristumulus değerlerini verir. Fakat bu kordinatlar zahiri olup gerçek hayatta yoktur. Spektral değerler standart tristimulus değerleri ile standart spektral değerleri tanımlamak için birleştirilmiştir ve standart renk değerleri denen renk değerleri bu esasa göre hesaplanır. Standart spektral değer eğrileri nispi radyasyon yoğunluğu dalga boyunun üstündedir.

CIE standart renkli gözlemci gözünün, spektral hassasiyetini tanımlar. Standart spektral değerler CIE tarafından özel karakteristik numaraları türetmek amacı ile ortaya konmuştur. Örneğin ideal bir beyaz (bütün spektrumu içeren ideal bir aydınlatma ile) standart spektral değerler X=Y=Z=100 olarak görülür. CIE XYZ renk sistemi modern reprodüksiyon teknolojisinde renk evreni belirlenmesinde önemli bir referanstır. ICC ve PS sayfa tanımlama dilinin her ikisi de renk tanımlamasını standart aydınlatma D50 ve gözlem açısı 2 derece altında belirtilen CIE XYZ referans renk evrenini alır (Wright, 2007). Kromatisi koordinatları (Renk Özü ve Doygunluk) tristimulus değerlerinin iki boyutlu grafiğe basit çevrimidir. Üçüncü boyut tristimulus Y (Aydınlatma Derecesi) rengin parlaklığını belirtir. Kromatisi koordinat sisteminde bütün mevcut renklerin işaretlenmesi mümkündür. Şekil 2.8 deki diyagram CIE 1931 kromatisi diagram olarak bilinir. CIE kromatisi diagramında, standart renk değerleri x=y=0.333 ile merkez-nokta tristimulus değeri olarak bilinen alan akromatik noktaya karşılık gelir. Objelerin sıcaklığı söz konusu olduğunda kullanılan ışık kaynağının tristimulus değeri merkez nokta tristimulus değeri olarak alınır. Standart aydınlatma D65 için örneğin standart değer alanı x=0.313, y=0.329 dur. Eğer parlaklığın canlandırılması gerekiyorsa (Renk Özü ve Kromaya ek olarak), başka bir eksen gereklidir. CIE Kromatisi Diagramında, Y ekseninin eklenmesi ile akromatik nokta tamamlanarak CIE renk gövdesi oluşturulmuştur. Eğer doygunluk ve Renk Özü üzerine maksimum elde edilecek parlaklık uygulanırsa CIE gövde asimetrik dağ sırası alanı, olarak tanımlanır. Sarı ve yeşil renk alanı, mavi ile kırmızının renk aralığının yüksek parlaklığa sahip olmasından dolayı daha yüksek doygunluğa erişecektir. CIE renk gövdesi böylelikle belirgin asimetriktir (Zukauskas, A vd, 2002).

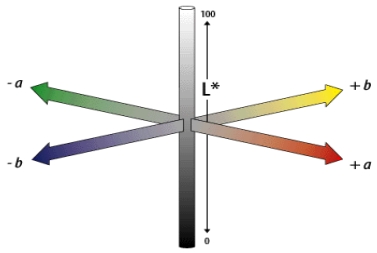


Şekil 2.8.CIE XYZ uzayının Gamut Görüntüsü

2.3.2.CIE L*a*b* modeli

CIE'nin asıl amacı, boya, mürekkep gibi malzeme üreticileri için renk iletişim standartlarının tekrarlanabilir bir sistemini oluşturmaktır. Renk eşleşmesi için evrensel bir şablon sağlamak bu standartların en önemli fonksiyonudur. Bu şablonun kaynağı ise standart gözlemci ve XYZ renk uzayı olarak belirlenir; Ancak, XYZ uzayının balanssız doğası –xyY kromatisite diyagramında da gösterildiği gibi- bu standartların kolayca elde edilmesini zorlaştırmıştır. L*a*b* renk modeli dikey sarı-mavi ve yeşil-kırmızı eksenlerine dayanan dörtgensel koordinatlar kullanır. Sonuç olarak CIE, CIE L*a*b* ve CIE L*u*v* olarak adlandırılan daha muntazam renk ölçütleri geliştirmiştir. L*a*b* renk uzayının iyi dengelenmiş yapısı, bir rengin aynı zamanda hem yeşil hem kırmızı veya hem mavi hem sarı olamayacağı teorisi üzerine bina edilmiştir. Bunun sonucunda, kırmızı/yeşil ve sarı/mavi sıfatlarını tarif etmek için basit değerler kullanılabilir. CIE L*a*b*'da bir rengi gösterirken, L* lightness'ı, a* kırmızı/yeşil değerini ve b* sarı/mavi değerini gösterir (Harris ve Weatherall, 1990).

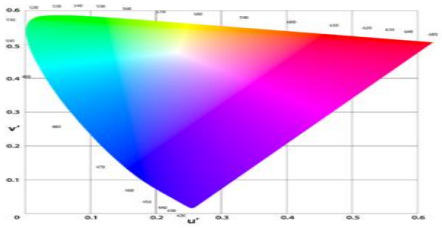
Bu renk uzayı birçok yönden HSL gibi üç boyutlu renk uzaylarını anımsatmaktadır. Günümüzde en çok kullanılan ve temel alınan renk evreni CIE LAB evrendir. Masaüstü yayıncılıkta bilgisayarlar ve programlar Lab sistemini temel alırlar. Renk Yönetim Sisteminde de temel renk evrenide CIE Lab' dır. CIE L*a*b uzayının gösterimi Şekil 2.9 'da verilmiştir.



Şekil 2.9.CIE L*a*b Uzayı

2.3.3.CIE L*u*v* renk evreni

CIE LUV evrende aynı CIE L*a*b* evren gibi aynı yapıya sahiptir. Luv evrenide 1976' da geliştirilmiştir ve 1976 UCS (Uniform Kromatisi Skalası) diagramı adı ile anılmıştır. Lab ile arasında pek bir fark yoktur, sadece iki boyutlu modellemesinin tanımlaması ve renk tölerans hesaplamarı farklıdır. Şekil 2.10 L*u* v evreninin gamut görüntüsü görünmektedir.



Şekil 2.10.CIE L*u*v Uzayı Gamut Görüntüsü

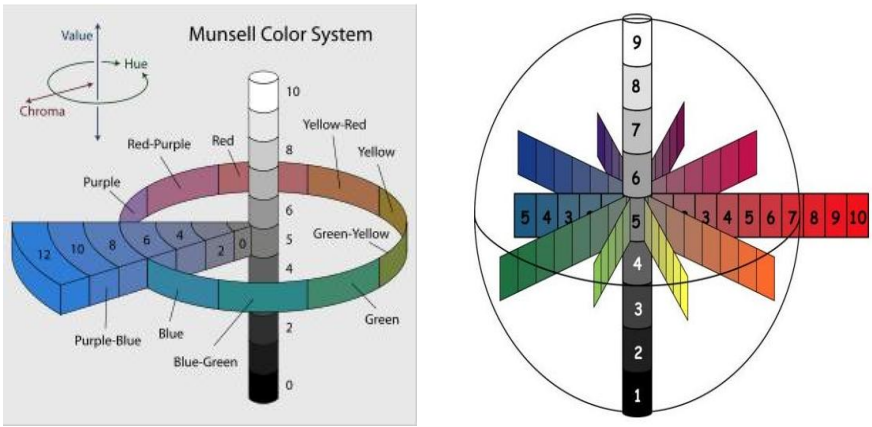
2.4.Ticari Renk Uzayları/Renk Örnekleri

2.4.1.Munsell renk uzayı

Bu sistem 1905 yılında Amerikalı A.H.Munsell tarafından önerilmiş ve 1945 yılında yeniden gündeme gelmiştir. Bu renk uzayında üç renk özelliği tanımlanır. Temel prensip herhangi bir bileşenin eşit adımlarının eşit görsel algılama adımlarına karşılık geleceği düşüncesine dayanmaktadır (Ünver, 2000).

Tonlamalar beş temel renk; kırmızı (R), sarı (Y), yeşil (G), mavi (B) ve mor (P) ile 5 ara renge (sarı-kırmızı, yeşil-sarı, mavi-yeşil, mor-mavi, kırmızı-mor) ayrılır. Ana renkler çemberi 5 eşit parçaya bölerken ara renkler çemberi 10 eşit parçaya böler. (Şekil 2.11. a) Ara renklerde ki her parça kendi arasında 10 eşit bölgeye bölünerek sistemin temel yapısını oluşturur. (Şekil 2.11.b) Renkler, rengin İngilizce baş harfi ve sayılar kullanılarak ifade edilir. Munsell sisteminde değer (V) açık bir rengi koyu bir renkten ayırt etmeyi sağlayan bileşendir. Değer 0-10 arasında 10 bölgeye bölünmüştür.0 siyahı 10 ise beyazı ifade eder. Doygunluk (C) ise: Bir rengin başka bir renkten ayrım derecesini belirleyen niteliğidir. Bir renk griden uzaklaştıkça doygunluğu artar yakınlaştıkça azalır. Doygunluk değeri silindirsel bir koordinatta verilmiştir.

Bu sistemde renk; (Renk tonu, Değer/Doygunluk) biçiminde gösterilir. Örneğin parlak bir kırmızı 5R 4/14 olur. 5R tonlamalar, 4 aydınlanma ve 14 kroma tanımlanır.

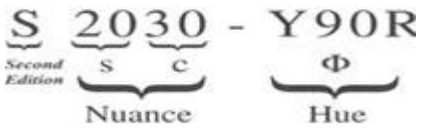


(a) (b)

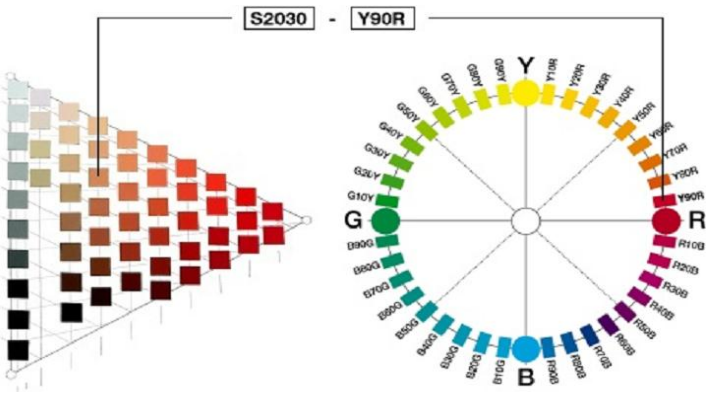
Şekil 2.11.Munsell Renk Sistemi

2.4.2.Doğal renk sistemi (NCS)

İnsan gözünün rengi algılamasına dayalı, bir renk sistemidir. Bu renk uzayında temel renkler olarak da bilinen beyaz (W), siyah (S), sarı (Y) , kırmızı (R) mavi (B) ve yeşil (G) renkleri, altı saf rengi oluşturur.



Standart bir NCS kodunun açılımı şu şekildedir; Üsteki formülü irdeleyecek olursak ; Kodun 2030 bölümü rengin siyaha yakınlığını ve şiddetini belirler: %20 siyahlık (Karanlık) ve renk şiddeti %30 (Doygunluk) Y90R ise rengin hangi temel renklerden oluştuğunu belirtir: %90 kırmızı (R) içeren sarı (Y) (Bkz:Şekil 2.12)



Şekil 2.12.Doğal Renk Sistemi

2.4.3.RAL renk uzayı

RAL renk uzayı (color space) 1927 yılında Reichsausschu für Lieferbedingungen (und Gütesicherung)- Alman Kalite Güvence ve Terim Üretme Birliği tarafından geliştirilmiştir. Bugün bu birlik Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung olarak anılmaktadır. RAL sadece 40 renk ile başlamış, daha sonra gelişerek 1900 üzerinde renk serisine ulaşmıştır. Bu renk sistemi çoğunlukla boya renklerinin tanımlamasında kullanılmaktadır.

2.4.4.Ostwald renk sistemi

Ostwald renk sistemi 1914 yılında Wilhelm Ostwald tarafından geliştirilmiştir. Ostwald renk sisteminde 4 temel renk, 8 ara renk/tonlama vardır. Ana renkler sarı, deniz mavisi, kırmızı ve deniz yeşilidir. Bunlar kendi aralarında 24 renk oluşturacak şekilde daire üzerinde yer alır (Agoston, 1987) .

2.5.Renk Uzaylarında Dönüşümler

2.5.1.RGB renk uzayından HSV uzayına dönüşüm

1. İlk olarak Hue (Renk Özü) , Saturation (Doygunluk) ve Value (B:Parlaklık, L Işık) değerleri hesaplanır.

H- Eğer Hue (Renk Özü) Renk 1 Max ise H = (Renk 2- Renk 3)/ (Max-Min)
S- Saturation (Doygunluk) S = Max- (Min /Max)
V- Value (Değer) V = R, G ve B değerlerinden biri

2. Değerler normalize edilir. Genel H, S, V değer aralıkları ;

   0 <= Renk Özü (H) <=360
   0 <= Doygunluk(S) <= 100
   0 <= Değer(V) <=255

3. H- Hue (Renk Özü) Dominat renk üzerinde kurulur. 3 temel renk aralığındaki renkler belirlenir;

   Eğer Kırmızı ise H *= 60
   Eğer Yeşil ise H +=2; H * =60
   Eğer Mavi ise H +=4; H *= 60
   Hue : 0-360 değerleri arasında renk özü tanımlanır.
   Sat veya S* =100 ile 0 ile 1 arasındaki özel şartlar tanımlanır.
   V , V *=255 dir.

Şekil 2.13 ‘de RGB küpünden HSV ve HSL uzaylarına dönüşümün şekli verilmiş, Aşağıdaki eşitlikte ise matematiksel olarak formülleştirilmiştir.

RGB'den HSV'yYe dönüşümü, $r, g, b \in [0,1]$, max= maximum of { r, g,b}, min = minimum of { r, g,b}

$h \in [0, 360]$,

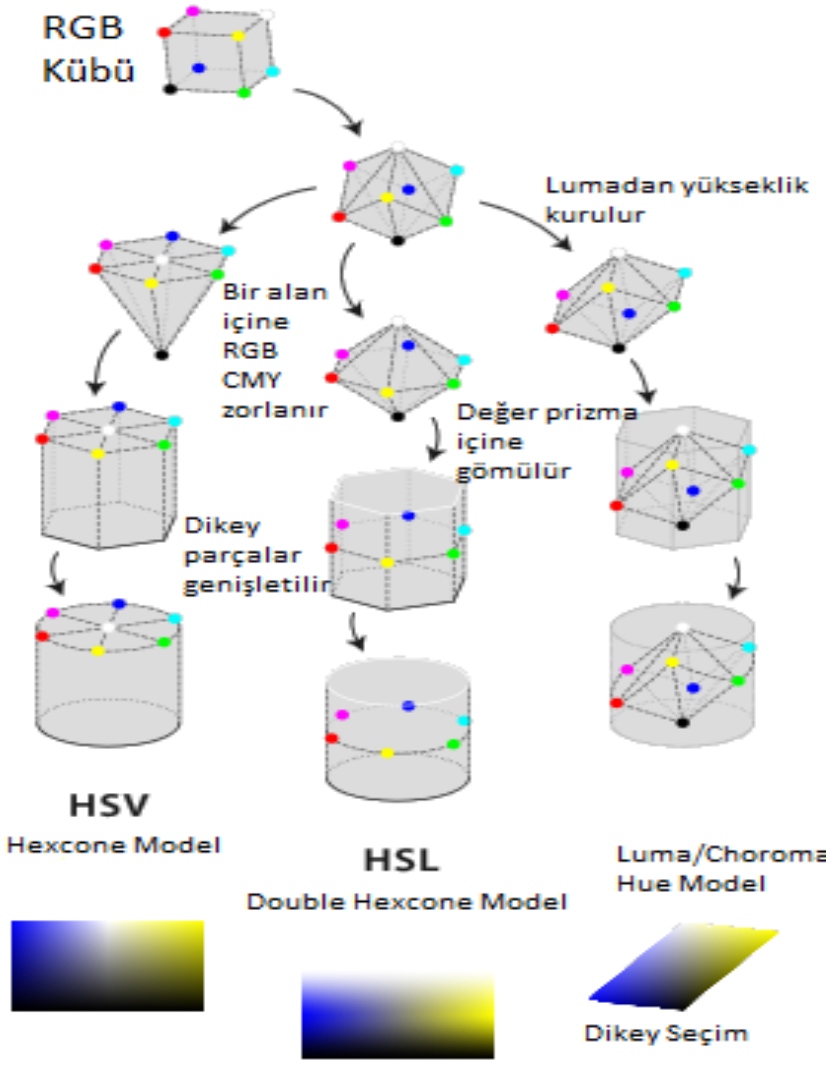
$$h = \begin{cases} 0 & \text{Eğer max=min ise} \\ (60^\circ \times \frac{g-b}{\max - \min} + 360^\circ) \bmod 360^\circ, & \text{Eğer max=r ise} \\ 60^\circ \times \frac{b-r}{\max - \min} + 120^\circ, & \text{Eğer max=g ise} \\ 60^\circ \times \frac{r-g}{\max - \min} + 240^\circ, & \text{Eğer max=b ise} \end{cases}$$

$$s = \begin{cases} 0, & \text{Eğer max=0 ise} \\ \frac{\max - \min}{\max} = 1 - \frac{\min}{\max}, & \text{Diğer Durumlar} \end{cases}$$

$v = \max$, şeklinde yapılır.

Bu yöntemde HSV renk uzayında hue ∈ [0, 180] ve sat ∈ [0, 255] olarak kullanılmıştır.

- Kırmızı renk için, (hue <15 veya hue>165) ve (sat>90)
- Mavi renk için, (110< hue<130) ve (sat>90) koşulunu sağlayan pikseller renk temelli ikili arama alanını oluşturulabilir.

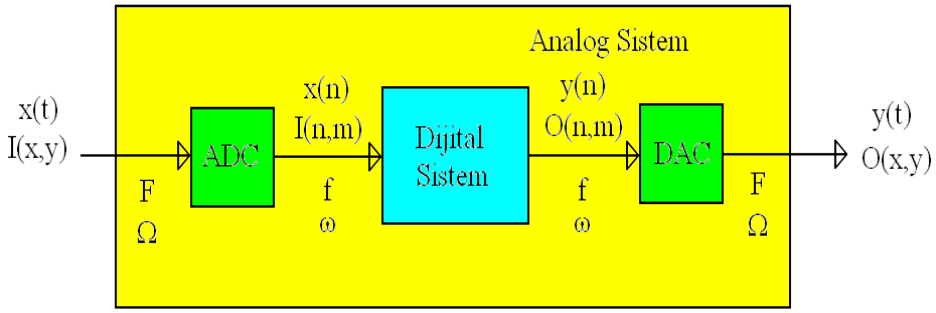


Şekil 2.13.RGB uzayından HSV uzayına dönüşüm(Wikipedia)

3.HAREKETLİ GÖRÜNTÜ VERİSİ

Hareketli görüntü verisi, genellikle bir kamera ve yakalama cihazı ile elde edilen görsel verinin bir dizi işlem sonucu, sayısal sinyale çevrilmesi ve alıcı tarafından tekrar çizilerek görsel hale dönüştürülmesidir. Bu işlemler sonucu oluşan görüntü alıcı tarafta resim, video veya bir akış (STREAM) olarak verilebilir. Görüntünün dış dünyadan alınıp, sayısal işaretlere dönüştürülmesi ardından tekrar görüntü oluşturulması analog - sayısal sinyal çeviriciler sayesinde yapılır.

Şekil 3.1. de görüntü işleme uygulamaların genel blok yapısı görünmektedir.

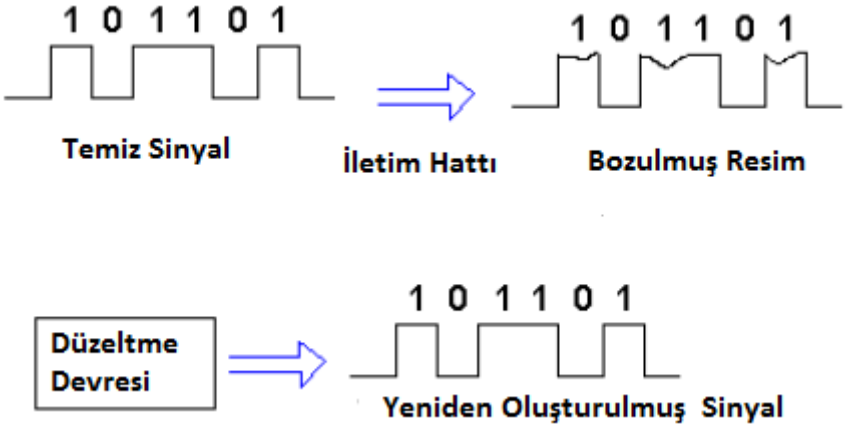


Şekil 3.1.Görüntü İşleme Uygulamaların Genel Blok Yapısı

Görüntü aktarımın analog yapılması durumunda işaret aktarımın sürekli ve genlik bazında olmasından dolayı iletim hattında bozulmalar olmakta ve bu bozulmalar giderilememektedir. Bu durum görüntünün sayısal olarak aktarılmasını zaruri kılmıştır. Sayısal görüntüler RGB sinyali ile aktarılır işaret var/yok şeklinde iletildiğinden bozulma durumunda düzeltme teknikleri kullanılabilmektedir. RGB sinyalinden RGB 'nin dışında senkronizasyon sinyali de ayrı bir kablo ile taşınır. Bazı durumlar da senkronizasyon sinyali yeşil renk sinyali ile birleştirilir parlaklık (Aydınlatma Derecesi) sinyali de renk sinyallerinin üzerine bindirilir. Şekil 3.2. Analog hattan iletilen bir resimdeki sinyal seviyesindeki bozulmayı, Şekil 3.3. de ise sayısal hattan iletilen sinyaldeki bozulmanın düzeltme bitleri ile tekrar oluşturularak yeniden oluşturulmuş sinyal görülmektedir.



Şekil 3.2.Analog Görüntü Verisi



Şekil 3.3.Sayısal Görüntü Verisi

Görüntünün alıcı tarafta yeniden oluşturulduğu standart bir monitör ekranı 625 satırdan oluşmaktadır. Bu satırların hepsi görünebilen satırlar değillerdir. Bazı satırlar bilgi için ve resmi ekran da her defasında atlatmadan doğru oluşturmak amacı ile sadece monitör tarafından kullanılırlar. Dolayısı ile bu 625 satırdan 575'i ancak aktif o anki bilgi işaretini taşır. Bu bilgiler saniyede 25 defa monitör ekranındaki satırlara yerleştirilerek görüntü oluşturulur. Monitör ekranındaki oluşan görüntüleri satırlardan değil de piksellerden oluştuğunu varsayarsak 468 satır ve 720 sütundan oluşmuş bir ekran 336, 960 pikselden oluşmaktadır.

Her bir pikseldeki bilgiyi iletip karşı tarafta onu tekrar oluşturabilmek içi renk ve parlaklık bilgisi olmak üzere 2 parametreye ihtiyaç duyar. Tüm renkler üç ana rengin (Kırmızı, Yeşil, Mavi) bileşimleri olduğu için sadece bu bileşim oranını ve parlaklığı sayısal iletmek görüntünün yeniden oluşturulması için yeterlidir.

1 saniyelik sayısal görüntüyü iletebilmek için gerekli bit oranı;

720*576 =414.720 piksel (1 çerçeve)
414, 720*25=10, 368, 000 piksel (1 saniyelik görüntüdeki piksel sayısı)
10, 368, 000*3=31, 104, 000 (1 saniyelik görüntüdeki Y, U, V bileşenleri sayısı)
31, 104, 000*8=248, 832, 000 (Her bir bileşen 8 bit ile örneklendiğinden dolayı, 1 saniyelik görüntünün iletilmesi için gerekli bit sayısı)

Bu hesaptan da anlaşılacağı üzere 1 saniyelik hareketli görüntünün iletilip karşı taraftan bozulmadan alabilmek için 248 Mbit/S 'lik bir data hızına ihtiyacımız vardır. Aktarılacak görüntü çeşitli algoritmalar ile sıkıştırılarak bant genişliğinden tasarruf edilebilir ve maliyet düşürücü önlemler alınabilir.

Bir görüntü verisinin en ve boyu o görüntü verisinin çözünürlüğünü ifade eder. Görüntüyü matematiksel olarak ifade edecek olursak, Görüntünün x ve y boyutlarındaki periyodu T_x ve T_y [uzunluk birimi] ise uzaysal sürekli frekanslar;

$$F_x = \frac{1}{T_x}, \quad F_y = \frac{1}{T_y}\left[\frac{1}{\text{uzun. bir.}}\right]$$

$$\Omega_x = 2\pi F_x = \frac{2\pi}{T_x}, \quad \Omega_y = 2\pi F_y = \frac{2\pi}{T_y}\left[\frac{\text{radyan}}{\text{uzun. bir.}}\right]$$

olup genellikle örnekleme periyodu 1 piksel kabul edilerek uzaysal frekanslar ve periyotlar piksel cinsinden ifade edilir. Görüntünün boyutu 16cmx16cm veya 64x64 piksel ise yapacağımız hesaplama şu şekildedir;

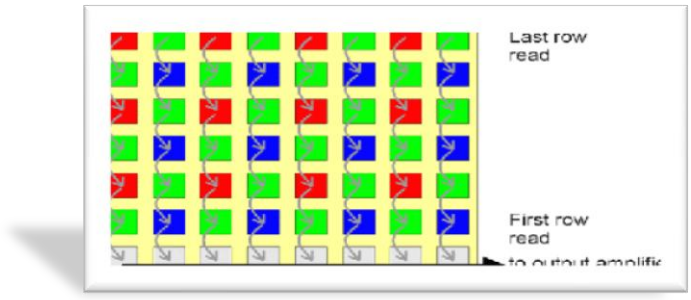
$$T_x = \frac{64}{4} = 16\,piksel,\ F_x = \frac{1}{16}\left[\frac{1}{\text{piksel}}\right],\ \Omega_x = \frac{2\pi}{16}\left[\frac{\text{radyan}}{\text{piksel}}\right]$$

$$T_x = \frac{16cm}{4\,periyot} = 4cm,\ F_x = \frac{1}{4}\left[\frac{1}{cm}\right],\ \Omega_x = \frac{2\pi}{4}\left[\frac{\text{radyan}}{cm}\right]$$

3.1.Hareketli Görüntünün Yakalanması

Hareketli verinin yakalanması, elde edilen verinin sayısal sinyallere çevrilmesi, bu sinyallerin matris dönüşümün yapılması ve yeniden sinyalin işlenip ekranda görüntülenmesi bir dizi karmaşık işlem sonucu oluşmaktadır. Görüntü yakalama da kullanılan başlıca ekipman kameralardır ve kamera eflatun, kırmızı, yeşil, sarı, kırmızı, cam göbeği renk oluşumlarıyla beyaz rengi meydana getirir. Basit bir webcam ışık sensorü lens, mercek ve mercek kapağından meydana gelmektedir.

Görüntünün alınması ve bir video dizisi şeklinde yakalanmasında (capturing) CCD (Charge-Coupled Device) veya CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) sensörlü(algılayıcılı) kameralar kullanılmaktadır. CCD sensörü (algılayıcı) 1969 yılında Bell laboratuarlarında George Smith ve Willard Boyle tarafından keşfedilmiş olup video kameralarda ışığa duyarlı yüzey olarak iş görürler. Şekil 3.4. görüldüğü gibi bir tabakanın üstüne dizilmiş ışığa duyarlı bir dizi foto diyotlardan oluşurlar.



Şekil 3 .4.CCD Foto Diyotlar

Foto Diyotlar, düşen ışığı elektrik gerilimine çevirirler. Ne kadar aydınlık olursa ışık hücresinde (fotosel) biriken gerilim de o kadar yüksek olur. Matriks gerilim, bir analog - dijital (A/D) çevirici ve işlemci vasıtası ile resme çevrilir. CCD' ler ışığı, silikondan yapılmış bir yongada, elektronik bir yük desenine dönüştürerek çalışmaktadır.

Bu yük deseni bir video dalgasına dönüştürülür, sayısallaştırılır ve bilgisayara bir görüntü dosyası olarak aktarılır. (Şekil 3.6.) Bu etki, CCD' nin işleyiş temelidir. Silikon kristalindeki atomlar eş enerji bantları olarak düzenlenmiş olan elektronlara sahiptir. Şekil 3.5. 'de görüldüğü gibi en düşük enerji bandı Değerlik Bandı olarak adlandırılır. En üstteki bant ise İletim Bandı olarak adlandırılır (Taylor, 1998).

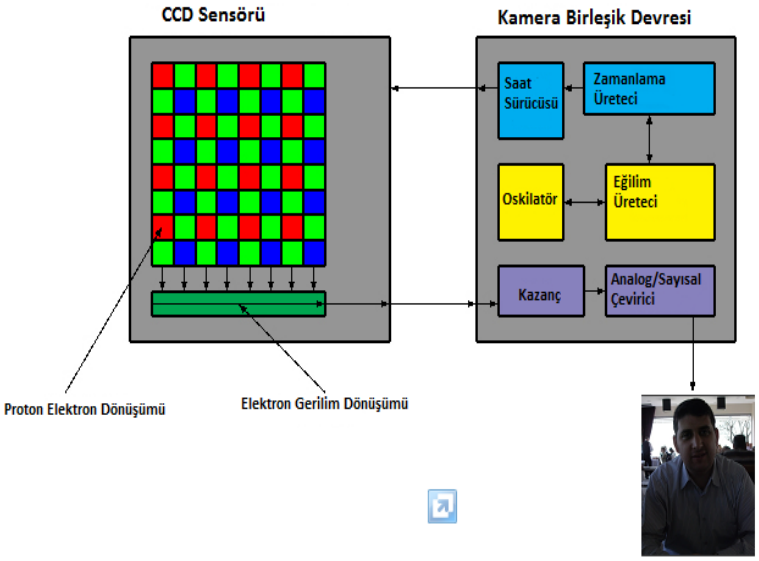


Şekil 3.5. CCD Değerlik ve İletim Bandı

CCD algılayıcılar ışığa karşı, CMOS algılayıcılardan daha duyarlıdırlar ve ürettikleri görüntüler daha niteliklidir. Buna karşılık çok daha pahalıdırlar ve daha fazla güç harcamaktadırlar (Zettl, 1992).

CCD elemanları dört bölümden oluşur. Bunlar:

- CCD gözler: Işığa duyarlı olan bu gözler HADS (Hole accumulated diode sensor) tipinde olabilir. Işık enerjisini elektrik akımına çevirirler. Kameralarda görüntünün çerçevesinin düştüğü kısımdır.
- Dikey kaydırma bölümü (Vertical Transfer Register): CCD gözlerinde ışığa bağlı olarak biriken voltajın çıkışa gönderilmesi için dikey transferin ve kaydırmaların yapıldığı analog kaydırıcı bölümdür.
- Yatay kaydırıcı (Horizontal Shift Register): Dikey kaydırıcıdan satır satır gelen elektrik şarjlarını sıra ile nokta nokta çıkışa gönderen bölümdür.
- Çıkış katı: Yatay kaydırıcıdan gelen elektrik şarjlarının yükseltilerek voltaj kazancına uğratarak video çıkışını sağlayan bölümdür.



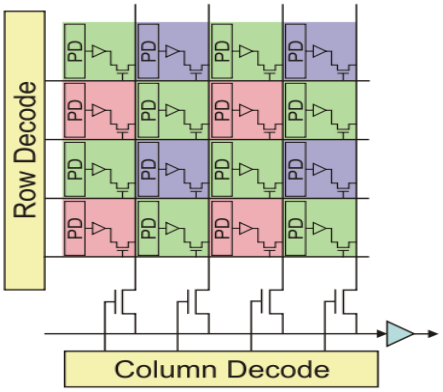
Şekil 3.6. CCD Sensörlü Kameraların Genel Blok Yapısı

Yeni model kameralarda daha geniş izleme alanı yaratılması için çerçeve oranları 4:3 ‘ten 16:9 ‘a çıkartılmıştır. Bazı kameralar iki çerçeve oranını da kullanabilmektedirler. Kameralarda hareketli objelerin çekiminde net görüntü alınması için CCD ‘lerin pozlanma (görüntüleme) süreleri değiştirilir. Pal sisteminde saniyede 25 tam 50 yarım kare çekilir. Bir karenin pozlanma süresi 1\50 saniyedir.

CMOS alıcıları N-tipi ve P-tipi olarak adlandırılan NMOS (N Type Metal–Oxide–Semiconductor) ve PMOS (P Type Metal–Oxide–Semiconductor) transistörlerin aynı tüm devre üzerinde gerçeklenmesine olanak tanır. Genel olarak günümüzde kullanılan sayısal (dijital) devrelerin neredeyse tamamı (örneğin mikroişlemciler) CMOS teknolojisi ile üretilir. Bu teknolojinin yaygın olarak kullanılmasının nedeni, bu teknolojinin birim silisyum alanda en fazla transistor gerçeklenmesini olanaklı kılması, gerçeklenen devre açık durumda fakat işlem yapmazken neredeyse güç tüketmemesi gibi önemli özelliklerdir. Böylece elektronik endüstrisinin temel taleplerinden olan düşük maliyet ve düşük güç

tüketimi (uzun pil ömrü) sağlanmış olur. Az ısınması nedeni ile sayısal video çekimine uygundur.

1963 yılında Frank Wanlass tarafından keşfedilen Complementary Metal Oxide Semiconductor (Bütünleyici Metal Oksit Yarıiletken), yani CMOS sensörlerde temelde CCD 'ler gibi ışığı elektronik sinyallere çevirirler. Şekil 3.7 'de satır ve sütun bazında iletim hatları görünmektedir.



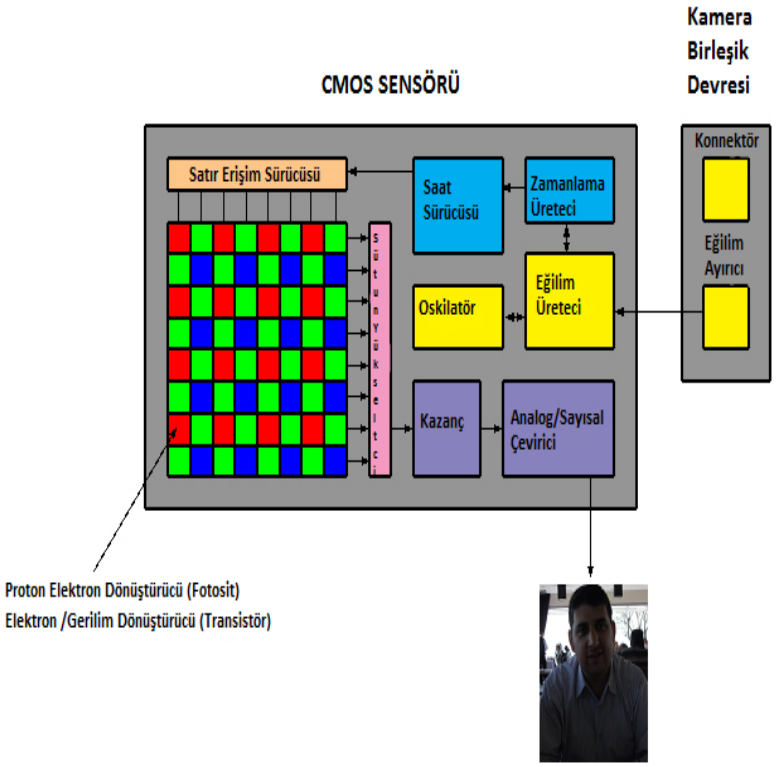
Şekil 3.7.CMOS Sensörü İç Yapısı

CMOS sensörler binlerce transistörden meydana gelmektedir. CMOS tipi sensörlerde her bir piksel kendi akım-gerilim çeviricisine sahiptir ve sensörde amplifikatör, kirlilik önleme ve sayısallaştırma (dijitaliz etme) devreleri de bulunur. Şekil 3.8 'de CMOS sensörlü bir kameranın blok yapısı görülmektedir.

CMOS sensör çıktıyı sayısal (dijital) olarak verebilir ancak sensörün üzerinde diğer devrelerin de bulunuyor olması, sensör tasarımını zorlaştırır ve ışık yakalamak için kullanılan alan miktarını azaltır. Her bir piksel kendi dönüşüm işlemini yaptığı için çıktının (yani görüntünün) tek tipliliği düşük olur. Gürültüden ve karanlıktan çok çabuk etkilenir bu nedenle ışıklı ortam tercih edilmelidir. Düşük gerilim de çalıştığı için (standart USB portu vbg.) enerji tüketimi az olup düşük maliyetli uygulamalar da kullanılır.

Tez uygulamasında kullanılan kamera 300K CMOS sensör tipine sahip manual odaklı, görüş açısı 360^o, bakı açısı 74^o, 640*480 ve 352*288 video çözünürlüğüne sahip olup azami saniyede geçen kare sayısı ise 30 dur. Besleme olarak USB 1.1 ve USB 2.0 standardını kullanıp, azami bant genişliği 480Mbps dir.

Kullanılan bir diğer kamera ise 720 progresive HD lense sahip otomatik odaklamalı 1280*720 yuv çözünürlüklü HD kameradır.



Şekil 3.8. CMOS Sensörlü Kameraların Genel Blok Yapısı

4.İNSAN TENİNİN TESPİTİ

Hareketli görüntülerde ten rengi belirleyebilme, tanıma ve tarama sistemlerinin ilk adımını oluştur. Yüz tespiti, mimik algılama yüz ve el algoritmalarının tahminle meleri aktif doğrulama sistemlerinin başlangıcı olarak görülür. Sadece ten renkleri üzerinden yapılan tanımlamalar ve taramalar, hantal tarama sistemlerinin dezavantajları ile doğal olmayan renk aralıklarını ortadan kaldırır. Renk sabitlemesi ten rengi tanıma - tanımlama sistemlerinin en önemli sorunlarından biridir. Dengesiz ve parlak ışık ya da gölgeleme görüntünün görünen - algılanan renklerini değiştirir. Hareket halindeki bir görüntü de ise renklerin bulanıklaşmasına (blur) neden olur. Son olarak hatırlanması gereken bir diğer husus ise ten renginin kişi ve ırka bağlı olarak farklılık göstermesidir. Bu bakımdan insan teninin rengini oluşturan en büyük organı deriyi irdelemekte fayda vardır.

İnsan derisi 3 katmandan oluşmuş olup bunlar sırasıyla hipodermis, dermis ve epidermis olarak sıralanır. Araştırma alanına giren dermis tabakasında bulunan pigmentler tene rengini vermektedir. Deri de bulunan melanin pigmentinin fazlalığı tenin koyu renkli olmasına azlığa ise açık renkli olunmasına sebep olur.

Ten rengini belirleyen pigmentasyon derecesi kişiler ve ırklar arasında kan konsantrasyonu ve ışık kuvvetine bağlı olarak kızıl, açık sarı, siyah ve kahverengi olarak değişir. Buna rağmen ten rengi HSV uzayında sınırlı bir renk aralığında yakalanabilir.

Çizelge 4.1. Irklara Bağlı Ten Rengi Değerleri

Race	Mean, *m*	Standard Deviation, σ
Asian	28.9°	5.1°
African-American	8.6°	8.2°
Caucasian	25.3°	6.8°

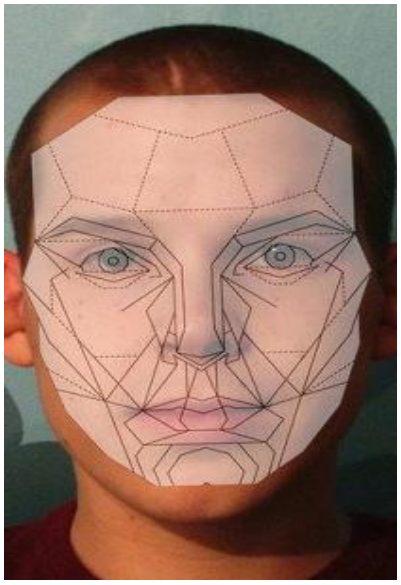
Çizelge 4.1. değerlerinden (Herodotou vd, 1999) Asya grubu test örneklerinin örneklem grubu içersinde en yüksek ortalama değerlerine m= 28, 9 ° ve en düşük varyansa sahip olduğu Kafkas Örneklem kümesinin, Asya kümesine benzer bir standart sapmaya ve ortalama değere sahip olduğu (m= 28, 9 °), Afro-Amerikan kümesinin ise yüksek standart sapma ve düşük örnekleme değeri içersinde olduğu görülür.

Sonuç olarak Asya ve Kafkas örneklem kümesi içersinde yakalanan bir piksel bloğundaki ten renginin uzay dönüşümünde sınırlı bir renk aralığında yakalanma olasılığının afro-amerikan grubuna göre daha yüksek olduğunu varsayabiliriz.

4.1.İnsan Yüz Haritası

İnsan yüzünü, karışık arka plan öğesi içinde tespit eden bir çok algoritma genel anatomik yapı ve oranları kullanmaktadır. Genel olarak insan yüzünü oluşturan genel anatomik yapıyı; kafatası, alın, göz, kulak, burun, ağız, diş, yüz, yanak ve çene olarak ayırabiliriz. Kafatası 8 farklı kemik grubundan oluşmuştur. Bu yapı bölütleme (ayırma) algoritmalarında kapalı şekil oluşturması bakımından, arka plan öğesi içinde aday yüz havuzu oluşturmada belirleyici bir nüans noktasıdır. Alın kaşların üstünden saç bitimi başlangıcına kadar olan bölgeyi kapsamakta, gözler göz çukurunda yer almakta ve ten rengi oluşum yöntemlerinde delik (hole) alanları oluşturmaktadır. Şekil 4.1. ‘de görüldüğü gibi burun, çene, diş ve ağız’ın

birbirlerine oranı aday yüzün, gerçek yüz olup olamayacağını belirlemektedir. Asıl amaç ölçekleme ve oranlama yöntemi ile en ideal yüz adayını bulmaktır;



Şekil 4.1.Yüz Belirleyicilerinin Birbirlerine Oranı (Benarent,2010)

Şöyle ki;

- Üst çenedeki ön iki dişin enlerinin toplamının boylarına oranı,
- İlk dişin genişliğinin merkezden ikinci dişe oranı,
- Yüzün boyu / Yüzün genişliği;
- Dudak- kaşların birleşim yeri arası / Burun boyu;
- Yüzün boyu / Çene ucu-kaşların birleşim yeri arası;
- Ağız boyu / Burun genişliği;
- Burun genişliği / Burun delikleri arası;
- Göz bebekleri arası / Kaşlar arası

oranlanmasıyla yüz aday şekli içinden yüz şekline ulaşılabilmektedir.

4.2.Ten Rengi Tespitinde Uzay Karşılaştırılmaları

İnsan yüz haritası konusunda da belirtildiği gibi insan yüzü ve teni ayırt edilebilir bir dokusal doygunluğa sahiptir. Burada amaç, insan tenini tespit etme de ve ten rengi sınıflandırmada en uygun çözümü verecek renk uzayını bulabilmektir. Bu amaçla çok çeşitli kişilere, ışıklandırma durumlarına ve ten tonlarına dayanan renk- histogramları (color-histogram) üzerine kaynak araştırması yapılarak kullanılabilir en uygun renk uzayı bulunmaya çalışılmıştır.

Ten rengi belirleme algoritmalarının çoğu görüntü kesimleme için ya doğrudan ya da tahminleme amacı ile renk histogramları kullanır (Subutai, 1994 ve Goshtasby, 1998). Bazı algoritmalarda ise önceden tanımlanmış değerler kullanılabilmektedir (Karin, 1996). Yüzey belirleme sistemlerinde, kullanılan renk aralığı, aktif çalışma durumu (run-time training) ya da aktif olmayan çalışma durumu (off-line training) tercihi, ve yüzey üzerinde kullanılan renk tanıma, çeşitlendirme teknikleri gibi sebeplerden farklılıklar bulunabilir. Kaynak taramalarında iki ayrı metot üzerinde durulmuştur. Bunlardan ilki ten piksellerini görüntüden ayırabilen renk histogramı (lookup table) modeli diğeri ise Bayesian karar modelidir.

- Yöntem 1: Renk Histogramı

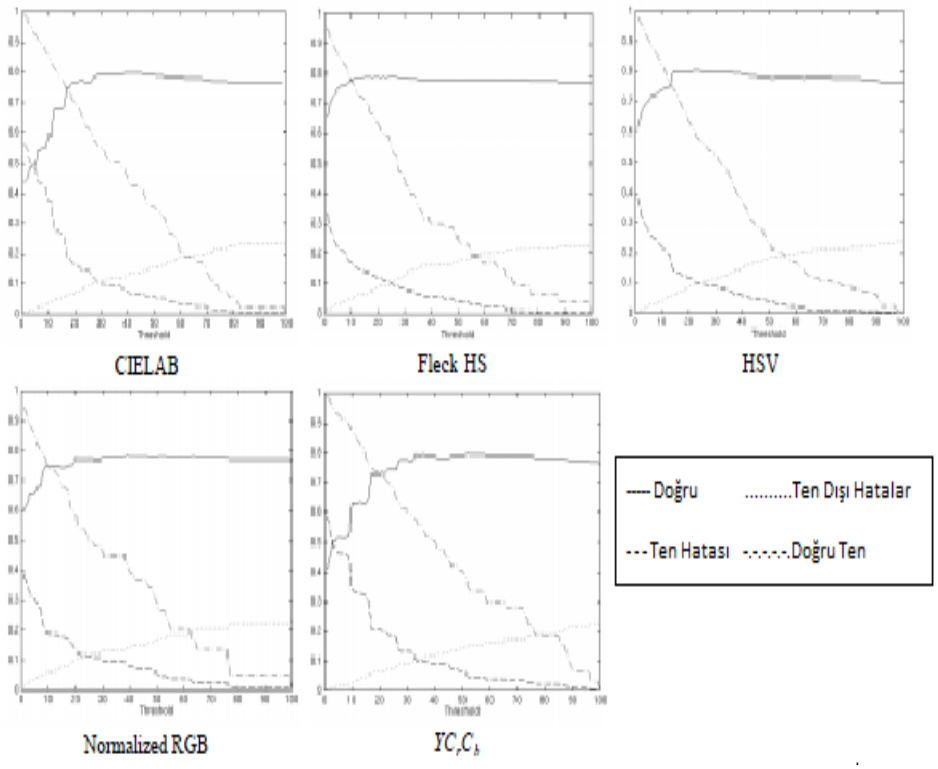
Bu yaklaşım ten renklerinin bazı renk ölçümü aralığında bir küme oluşturacağı varsayımına dayanır (Francis, 1995). Yüzey tonlarını temsil etmek için genellikle iki yönlü histogram kullanılır. İki yönlü histogram kullanılması derinliği ve aydınlığı ile örtüşmeyen durağan, aydınlanma farklılıklarına göre daha hassas yerel değişkenlere karşı ise daha duyarlı ölçümün yapılmasını sağlamaktadır (David, 1996). Bu amaçla kullanılan iki yönlü histograma lookup table (LT) denilmektedir. LT içindeki her hücre piksel sayısını ve belirli bir renk aralığını temsil etmekte olup: her imge, daha önce el ile ayırt edilmiş olarak, belli bir renk aralığı dönüşümüne uğrar, daha sonra, ten olarak belirlenmiş her piksel için uygun

görünen LT içindeki hücreye yerleştirilir. En sonunda, imgeler işlenmeye alınır ve LT içindeki değerler mevcut olan en büyük değere bölünürler. LT hücreleri içindeki normalleştirilmiş değerler ([0, 1]) renklerin, yüzeyler ile eşlenebilirliğini ifade eder.

Ten rengi belirleme için, öncelikle bir imge renk aralığına dönüştürülür. İmge içindeki her piksel için mevcut renk LT içindeki normalleştirilmiş değerleri indeks olarak alır. Eğer bu değer set değerinden daha büyük ise, piksel ten rengi olarak algılanır. Diğer türlü durumlarda piksel ten rengi olmayan piksel kümesi olarak adlandırılır.

- Yöntem 1: Sonuçlar

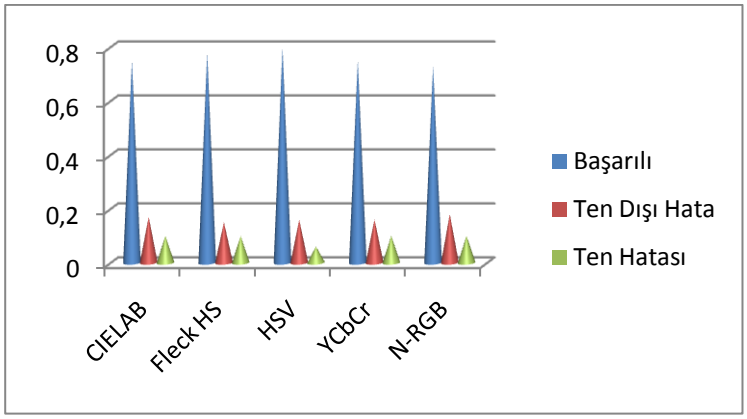
Örneklem Datası: Şekil 4.2. ‘de CIE LAB, HSV, Fleck HS, RGB ve YCbCr renk uzaylarında 64*64 ve 128*128 piksel çözünürlüğünde test datası oluşturulup, ikili histogramı alınmış ve her imge için normalleştirme sağlanmıştır.



Şekil 4.2.Renk Histogramı yöntemi ile 64x64 Çözünürlükte 5 renk uzayının karşılaştırılması

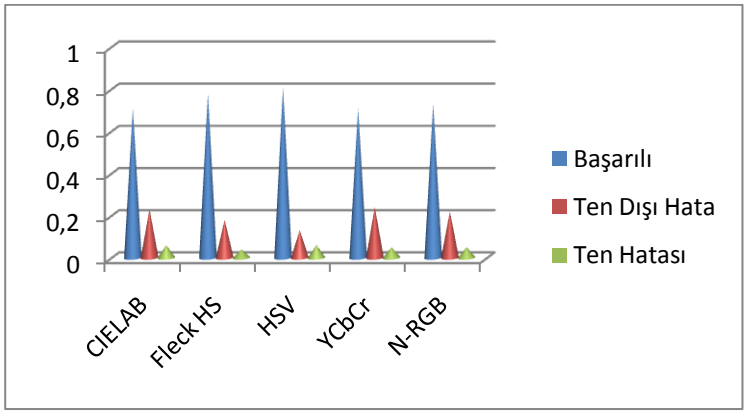
Şekli analiz edecek olursak;

Şekil 4.3. ‘de görüldüğü üzere %60 renk aralığında HSV ve Fleck HS Uzayları en iyi sonucu vermiş, buna karşın renk aralığına dayalı, ikili renk bilgisi üreten (Renk Özü, Doygunluk) CIE LAB ve YCrCb ise kötü performans sergilemiştir.



Şekil 4.3. %60 oranında Ten Rengi Tespiti

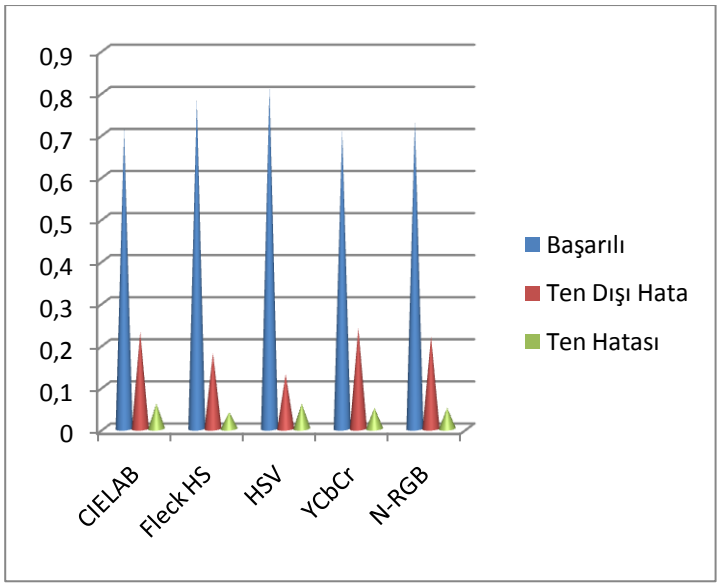
Şekil 4.4. ‘de %80 renk aralığında ise durum daha belirginleşmiş Fleck HS en iyi HSV ise en iyi ikinci sırayı almıştır.



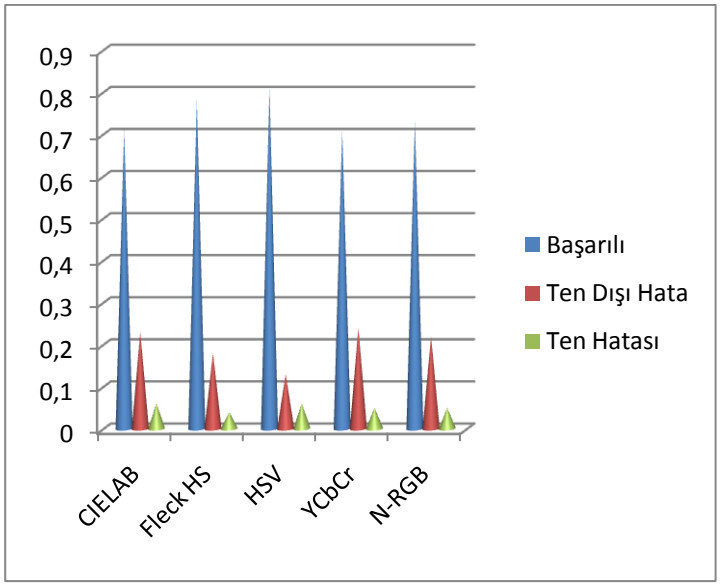
Şekil 4.4. %80 oranında Ten Rengi Tespiti

Histogram yöntemi iyi şekilde çalışmasına rağmen bazı piksellerde yükselme eğilimi gösterebilmektedir. Bu durumu ortadan kaldırmak için basit bir çift eşik büyümesi metodu algoritmaya eklenebilir. Yarım eşik değeri için %80 ikili karar eşiğinde ten rengi ve ten rengi dışı hatalar; Şekil 4.5.’de, çeyrek eşik değeri için %80 ikili karar eşiğinde ise aynı durum Şekil 4.6‘da gözükmektedir. Bu durum da eşiğin üstünde kalan değerler her zaman ten, altında kalan değerler ise ten dışı olarak varsayılabilir. Dolayısıyla her 5*5 ‘lik piksel kümesi için ayrı ayrı büyüme

sağlanabilmekte bu küme dışındaki bölge ise ten dışı şeklinde işaretlenmektedir. Böylece hem büyüme sağlanmış hem de küçük grupların ortadan kaldırılmasıyla pürüzsüz alanlar elde edilmiş olur. Tüm imge üzerinde yapılan taramalar komşu piksellere bakılarak teorik olarak iki baraj arasında bir değer alınırsa, bu piksel ten rengi olarak tanımlanmakta aksi durumda ise ten rengi dışı olarak devreden çıkartılmaktadır. Bu süreç imge üzerinden bir kere geçilerek elde edilen toplam yeni piksellerin, imgedeki toplam piksellerin %1'inden az olana kadar devam eder.



Şekil 4.5. Yarım Eşik Değeri İçin %80 oranında ikili Threshold



Şekil 4.6. Çeyrek Orijinal Eşik için %80 oranında ikili Threshold

Eşik ilavesinin etkilerine bakıldığında bariz bir değişiklik olmadığı CIELAB ve YCrCb uzayının düşük performans sergilemesinin devam ettiği görülür. Buna karşın HSV uzayının başarımı artmıştır.

- Yöntem 2 :Bayes Metodu

Tez uygulamasında ten rengi tespitinde HSV uzayı ve histograma bağlı eşik kullanıldığı için ikinci yöntem teorik olarak kısaca bahsedilecektir. Bayes Teorisinde hesaplama şu şekilde yapılmaktadır; Bayes metodunda 2 renk histogramı kullanılır, bunlardan birincisi ten rengi için diğeri ise ten rengi olmayan alanlar içindir. Bayes metodundaki olasılığı hesap ederken kabul etmemiz gereken iki tane temel düşünce vardır. Birinci durumda, bir pikselin ten rengi olma olasılığı olmama olasılığı ile eş değerdir (P (s) = P (-s)).

$$\frac{P(s \mid \overline{x})}{P(\neg s \mid \overline{x})} = \frac{P(\overline{x} \mid s)}{P(\overline{x} \mid \neg s)}$$

Formülünden bulunan değer 1'den büyük ise, piksel ten olarak tanımlanır. Diğer türlü ise ten olmayan alan olarak adlandırılır.

İkinci durumda ise, olasılık değerleri, P (s) ve P (-s) için, çalışılan değerlerden çıkarılır.

$$\frac{P(s \mid \overline{x})}{P(\neg s \mid \overline{x})} = \frac{P(\overline{x} \mid s)P(s)}{P(\overline{x} \mid \neg s)P(\neg s)}$$

Eğer üsteki formüldeki oran 1'den büyük ise, o zaman piksel değerleri ten rengi olarak tanımlanır. Diğer türlü piksel ten rengi olmayan olarak tanımlanır.

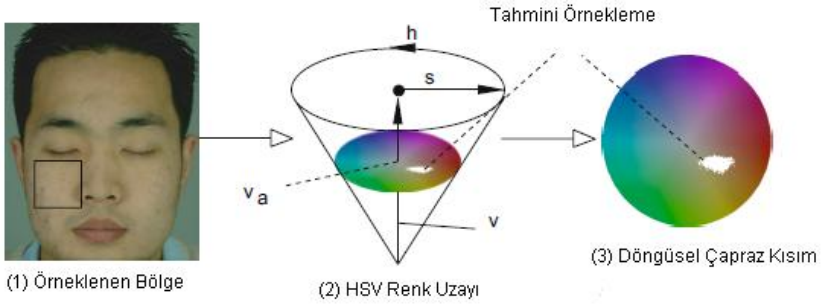
Yapı-Tür-Doku (Texture) Tanımlama ile Bayes metodunun birleştirilmesi durumunda doku tanımlanarak komşuluk değişken değerlerini ölçülebilir. Yüksek değişkenlik gösteren alanlar ten rengi belirtmeyen komşuluklar seçilerek elenir. Fakat bu durum doğru sonuçları azaltırken istenmeyen sonuçlara ulaşmaya da yol açabilir çünkü ten rengi ve ten rengi olmayan alan arasındaki sınırda bulunan piksellerde yüksek derecede değişkenlik gösterebilir. Sonuç olarak doku tanımlama sonuçları iyileştirmeden çok daha çok bozduğu gözlemlenir.

Renk uzayı modellerinin histogram yöntemi ile karşılaştırılması sonucu yapılan kaynak taramalarında HSV uzayının nitelik ve özelliği bakımından renk tonu ve doygunluk açısından en uygun sonucu verdiği tespit edilmiş olup, kaynak taramalarına HSV renk sistemi üzerinden devam edilmiştir.

4.3.HSV Renk Aralığında Ten Rengi Analizi

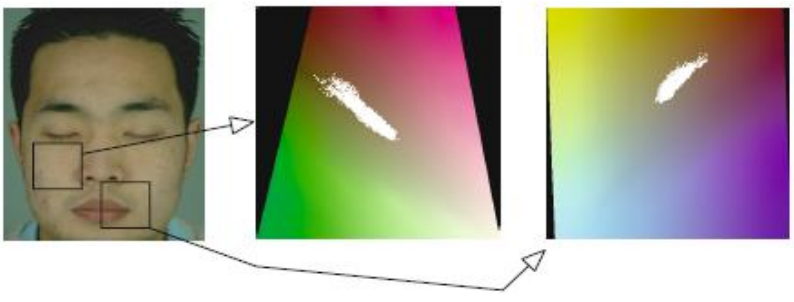
HSV renk modeli, insanların renk algılarına benzerlikleri bulunması sebebiyle, yaygın olarak bilgisayarlı görü uygulamalarında kullanılmaktadır. Daha önceden de belirtildiği gibi HSV renk uzayı üç ana bileşenden oluşmaktadır. HSV uzayını bir koni şeklinde görselleştirmek istediğimizde Renk Tonu (Hue) üç boyutlu konin

renk tekeri olarak gösterilir. Doygunluk (Saturation) şekilde gösterildiği gibi koninin döngüsel karşı bölgesinin merkezinden uzaklık olarak temsil edilir. Değer (Value) koninin en üst noktasından olan uzaklıktır ve parlaklığı temsil eder. (Şekil 4.7.) HSV renk aralığı silindir olarak da modellenebilmesine rağmen pratikte kullanılmaz. Çünkü değer siyaha yaklaştıkça görsel ayrı doygunluk seviyeleri ve ton karşılıkları alır (Kim H ve Kim J, 2006).



Şekil 4.7. Örneklenen Yüz Bölgesi

Burada soldaki şekilde kullanıcı örnek alınan bölgeyi çizer. Ortadaki şekilde döngüsel çapraz kısım, (h, s, v_a) alınan örneklerin parlaklık değerlerinin ortalaması alınarak işlenir. Sağdaki şekilde ise örnek alınan renkler döngüsel çapraz bölüm doğrultusunda yansıtılır.



Şekil 4.8. RGB küpünde, örnek alınan her bölgeye ait iki farklı yüzey

Şekil 4.8 de görüldüğü gibi kullanıcı örnek almak için, beden yansıması görseli içerisinden bir bölge seçer, *R* bölgesindeki RGB renk değerleri, (*ri, gi, bi*), piksellerin *pi € R* HSV renk aralığına haritalanır: (*hi, si, vi*). *v* ' den beri, HSV renginin üçüncü bileşeni, aydınlığa işaret eder. *va= vi/ n,* bu işlemde *n* örneklerin sayısıdır. Döngüsel çapraz bölüm (*h, s, va*) sonra örnek renkler (*hi, si, vi*) vektör boyunca üzerinden yansıttığı renk yüzeyi şeklinde şekil 4.7 'de görüldüğü gibi kullanılabilir. Şekil 4.8 'deki gibi, birincil bileşen analizi (PCA) yöntemini kullanarak işlenen farklı örnek alma bölgelerine ait iki renk yüzeyini göstermektedir. RGB renk küpünde yer alan çapraz bölgesel yüzeyinden farklı olarak, HSV' de sadece döngüsel çapraz bölgeyi *v* eksenine dikey olarak seçilir. Şekil 4.8 'de görüldüğü gibi, RGB renk modelinde, iki renk yüzeyinin örnek alınan bir tane bölgeden diğerine veri dağıtımının farklı şeklini üretmesi önemlidir. HSV' de, çapraz alanlar farklı örnek alma bölgeleri karşısında neredeyse aynı veri dağıtımına sahiptir.

Hemoglobin ve melanin pigmentleri renklerin iki bağımsız eksene ve renk yüzeyine yansıtılmasıyla ayrılmaktadırlar. Bunu yapabilmek için, şekil 4.7.deki (sağdaki şekil) gibi iki bağımsız vektörü çıkarılması gerekmektedir. HSV' de örnek alınan renkler yeşilden kırmızıya tonlarının aynı alanına dağıtılmaktadır Renk çemberi tonu (Renk Özü) çemberin merkezinin etrafında merkezden yayılan bir şekilde iyi ayıklamaktadır. Bu sebeple, kullanıcı için bağımsız renk vektörlerinin yerlerini algılamakta kolaylık sağlamaktadır; bu usulen, ton değerlerinin merkezden yayılan bir şekilde araştırılmasıyla da yapılabilir (Şekil 4.9' da olduğu gibi merkez noktanın etrafındaki çapraz bölge üzerinde alınan örnekleri içeren). Kullanıcı, örnek alımı için ten olmayan bir alan (örn. saç) seçmediği sürece, bu iş başarılı olur (Kim H ve Kim J, 2006) .



Şekil 4.9. HSV renk çemberi üzerinde alınan örnekleri de içine alan ton değerleri araştırılırken bulunan iki bağımsız vektör ve renk örnekleri



Şekil 4.10. İnsan Yüzünün RGB ve HSV Dönüşümünde Görünümü

Şekil 4.10. ‘ da insan yüzünün HSV dönüşümün yapılması ile ağız bölgesi belirgin olarak ortaya çıkartılabilmiştir.

4.4. Ten Rengi Kullanılarak Yüz Bölgesinin Tespiti

Renkli bir resimde normal rengin, ten renginden ayrılması yaklaşımları genellikle RGB renk modeline dayanmaktadır. Sistemin çalışma mantığı itibariyle önce tek bir ten görselinde, örneği alınmış renk bölgesi en yakın RGB küpünde bir yüzey olarak aranır. Ardından aranılan yüzey renk yüzeyi olarak adlandırılır. Bu yüzey üzerinde bulunan vektörler bileşen analizinde bağımsız olarak kabul edilmektedir. Kamera ışığından veya bir ışık kaynağının aydınlattığı görüntü de

insan yüzünün ayırıcı niteliklerinden hemoglobin ve melanin pigmentleri yakalanabilir.

Hareketli görüntü de RGB renk modelini kullanmadaki en büyük dezavantaj renk yüzeyinin yönlendirilmesi durumunda örnek bölge değiştikte modelin de değişmesidir. Renk yüzeyinin standardı aydınlanma yönünden büyük ölçüde eğilince, yansıtılan renk değerleri renk küpünün dışına çıkabilmektedir;

Bu durum da kullanıcı örnek alımı için farklı bölge vermelidir. Aynı sebepten ötürü pigment miktarı tam olarak üretilemez ve göreceli sonuçlar ortaya çıkar. Dahası, RGB renk modeli tam olarak devam eden renk tonu ve doygunluk (Renk Özü ve Doygunluk) değeri temsil etmez, aranan iki bağımsız aks düzgün bir şekilde iki ten bileşeninin doygunluk değişimini gösterememiştir.

Standart ayarlı bir dijital kameradan (Poynton, 1997) gelen doku giyen öznelerin olduğu görsellerden, ten yansıtma özellikleri ölçülebilmekte, farklı pozisyonlar da çeşitli renk analiz teknikleri kullanılarak 720*480 piksel çözünürlükte yüzey normal olarak çıkartılabilmektedir.

Ten yüzeyin çıkartılmasında ten deki kırışıklar, ben ve sivilceler sistemin genel yapısını etkilemez çünkü piksel piksel renk tanıma algoritmasının koşturulmasında bu derece hasasiyet için en az 3000x2000 çözünürlükte has ölçek ten yapısının yakalanması gerekir. Tampon hafızadaki yer darlığından ve iş hızının yavaşlığından dolayı bu durum genel de tercih edilmez.

Hassas ölçek ten yapısının alımı ve birleştirilmesi üzerine çok az akademik sonuç yazılmıştır (Haro vd, 2001). Gene bu yapının maliyetsiz kullanılması için

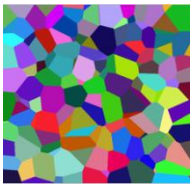
yapılan araştırmalar da kozmeteloji deki silikon kabının akademik araştırmalar da kullanıldığı görülmüştür (Kim H ve Kim J, 2006).

Gölgeleme- ile- şekil işlemsel süreci kullanarak (Tarini vd, 2002), değişik ışık kaynaklı silikon kalıptan sonra alınan görsellerin standartları iyileştirilebilir. Kalıptan alınan örnekler küçük oldukları için, bir doku sentezi işlemi yüzün her alanına uygulanabilir. Şekil.4.11 'de yüksek geçirgen filtre kullanılmasıyla elde edilen bir silikon kalıp gözükmektedir.



Şekil 4.11. Yüksek Geçirgen Filtre Kullanılması ile Elde Edilen Slikon Kalıp

Akademik çalışmalar da ayrıca farklı ten hücrelerini gösterme amaçlı Voroni Diyagramları da kullanılmaktadır. (Ishii vd.1993). Geometrik çeşitlilik Voroni prosedüründe sahte fraktallerin (küçük parçaların) alt bölümleri kullanılarak elde edilir. Doku aralığında Delaunay üçgenlemeleri kullanır. (Bkz: Şekil 4.12.) Üçgenlerin kenarları tümsek harita olarak kullanılan alanı yaratmak için yükseltilir ya da alçaltılabilir.



Şekil 4.12.Voroni Diyagramı

5.YÜZ TESPİT ALGORİTMALARI

5.1.Temel Yüz Tespit Algoritmaları

Yüz tanıma işlemi hareketli bir görüntü veya anlık yakalanan bir görüntüden alınan girdinin incelenip analiz edildikten sonra aday bölgenin işaretlenmesidir.

Başlıca tespit algoritmaları, ten rengi farklılığından yararlanarak elde edilen yöntemler, bilgi tabanlı yöntemler, özellik tabanlı yöntemler, doku tabanlı yöntemler, sinir ağı yöntemleri olarak sınıflandırabilir.

Renk farklılığının sınırlı bir ölçekte tutularak, takdir ölçeğinin üzerinde kalan değerlerin ten bölgesi olarak seçilip, dışındaki bölgenin elemine edilmesi ten rengi yöntemlerinin temel mantığını oluşturur. Bu yöntem de tespit edilen bölge, ikinci bir ölçek parametresine tutularak yüzdesel olarak yüz bölgesinin seçilmesi amaçlanır. Çalışma mantığının geliştirilmesi ve uygulanış süresi açısından son derece hızlı bir yöntem olmasına karşın, görüntünün yakalanması, anlık ışık değişimleri, dinamik arka plan değişimleri yöntemin başlıca sakıncalı yönleridir.

Bu konu hakkında ilk çalışmalardan biri, 1999 'da Menser tarafından yapılmış olup, ten rengi farklılığına ilave olarak temel bileşen çözümleme yöntemi kullanarak sonuca ulaşılmak istenmiştir. Yang tarafından gerçekleştirilen bir başka ten rengi süzgeci çalışmasında (1998) ise yüz öğelerinin (göz, burun, ağız) mevcut ten içersinde aranarak işaretlenmesi düşünülmüştür. Ten rengi yöntemlerinin en önemli özelliği rengin aktif olarak kullanılmasıdır.

Bir diğer yüz bulma yaklaşımı olan bilgi tabanlı yöntemler de ise kişiye ait yüz bilgisi, ilgili kurallar dahilinde yüzün özellikleri karşılaştırılır. En temel kural herkesin iki gözü, bir burnu ve bir ağzı olmasıdır. Aranan resim de temel olarak göz, burun ve ağız nüans noktaları bulunmaya çalışılır fakat gerçek zamanlı bir

görüntü de bunu anlık modelleyebilmek zordur. Yüz bulma işleminde fazlaca kural tanımlama yüzün bulunamamasına, az tanımlama ise birden fazla adayın ortaya çıkmasına neden olacaktır.

Özellik tabanlı yöntemlerinin çıkış noktası da insan yüzünün değişmeyen noktaların tespit edilip, araştırmanın bu noktalar üzerinden yürütülmesidir. Bu yöntemler poz değişiminden etkilenmemesine karşın ışık değişimi ve dinamik arka plandaki karmaşıklık ve hareket yöntemi olumsuz etkiler.

Doku tabanlı yöntemler (Bkz: Bölüm 4.2. Bayes yöntemi ile doku yöntemin kullanılması) de ise Yüz belirleyebilmek için yüzün yapısal özelliklerini taşıyacak dokusal örneklemler kullanır. Yöntemin çalışabilmesi seçilen dokunun eğitilmesi sayesinde olur. Eğer doku yüz özelliklerini karşılayamazsa yüz bulma başarımı düşer.

Sinir ağı yöntemleri genel olarak renk bilgisine ihtiyaç duymaz. Bu konuda Rowley 'in yapmış olduğu bir çalışma da sinir ağı kullanımının sistem başarımın da olumlu etkisi olmasına karşın, işlem yükünün çok fazla arttırdığı gözlemlenmiş, güçlü ve güvenilir bir yöntem olmasının aksine uygulanabilirliği düşük bir yöntem olarak belirlenmiştir.

Temel metodolojiler içersin ten renginin kullanılıp, ölçek değerinin verilmesi hem yüz bölgelerin kolay bulunması hem de uygulanabilirlik açısından esnek bir yöntem olarak kullanılmasını kaçınılmaz hale getirmiştir.

Yüz bulma işlemin gelecek çalışması bulunan yüzlerin mevcut bir yerel veritabanı üzerinden karşılaştırılıp, kimlik bilgisi ile eşleştirilmesi olup genel bir yüz tanıma sistemi üç parçadan oluşur:

- Veritabanı: Sistemin tanıyacağı yüzlerle ilgili bilgileri saklar. Bu bilgi yüzlerin imgeleri de olabilir, bu imgelerden çıkartılmış bazı öznitelikler de olabilir. Veritabanının büyüklüğü için bir üst sınır yoktur, milyonlarca

yüz içerebilir (Feret Yüz Veritabanı), fakat literatüre bakıldığında bu sayının 50 ile 5.000 arasında değiştiği, genelde 1.000 civarında olduğu görülür.

- Öğrenme sistemi: Yüzlerin tanınması için bir yapay öğrenme sistemi eğitilir. Veritabanındaki yüzler bu sistemin eğitim kümesini oluşturur. Parametrik bir sistem kullanılıyorsa, eğitim bu parametrelerin değerlerinin bulunması ile olur.

- Önişleme sistemi: Genellikle zor problemlerde bir önişleme aşaması ile girdinin daha kolay tanınması sağlanır. Yüz tanımada önişleme sistemi ışıklandırmanın ayarı, poz normalleştirilmesi, imgenin standart bir büyüklüğe getirilmesi, yüzün ortalanması, arka fonun temizlenmesi, tanımayı zorlaştıracak saç, sakal ve gözlüklerin ortadan kaldırılması gibi aşamalar içerebilir. Önişleme de aslında bir tür öğrenme gerektirir ve önişleme ne kadar iyiyse, öğrenme sisteminin işi o kadar kolaylaşır. Sistem eğitildikten sonra yeni bir yüz imgesi verildiğinde önce önişleme sistemi devreye girer, imgeden bir dizi öznitelik çıkartır. Bir başka deyişle, imgeyi öznitelik uzayına taşır. Bu dönüşümden çıkan öznitelikler öğrenme sistemine geçer. Öğrenme sistemi de veritabanındaki yüzlerden hangisinin (ya da hangilerinin) bu yüze en yakın olduğunu bulur.

Biyolojik yüz tanıma sistemleriyle tutarlı olma iddiası taşıyan ilk yüz tespit modeli, Turk ve Pentland'ın özyüz (eigenface) modelidir (Turk, 1992). Yayınlandığı tarihten bu yana çok sayıda atıf alan bu çalışmada yüz tespit için ana bileşenler analizi (principal components analysis, PCA) önerilir. PCA yönteminde eğitim kümesindeki imgelerin varyansının en yüksek olduğu boyutlar seçilir ve imgelerin bu boyutlara izdüşümü alınır. Bu boyutların her birine öz yüz adı verilir. İz düşüm alma, yüzün bu öz yüzlerin ağırlıklı toplamı olarak ifade edilmesi anlamına gelir. Tanıma bu dönüşümün ardından veritabanındaki en yakın şablonu

bularak yapılır. Öz yüz metodu bütünsel yaklaşıma örnektir. İmgelerin büyüklüklerine, pozlarına ve konumlarına karşı hassas olduğundan, her yüz için değişik pozlarda şablonlar saklayan bir çeşitlemesi de geliştirilmiştir.

Bir diğer biyolojik yaklaşım da elastik çizge (elastic graph) modelidir (Wiskott, 1997). Bu modelde Gabor dalgacıkları ile yüzlerden öznitelikler çıkartılır. Gabor dalgacıkları beyindeki görme sisteminin ilk aşaması olan V1'deki basit hücrelere benzer bir işlem yaparlar. İmgelerden gelen öznitelikler daha önceden eğitim kümesinde bulunup saklanmış olan özniteliklerle karşılaştırılır ve bir yüz konfigürasyonuna uyan en iyi öznitelik seti bulunur. Bu metot öznitelik-tabanlı yaklaşıma örnektir.

İki modelin başarısının da insanlardaki yüz tespit ve tanıma sonuçlarıyla benzeştiği gözlenmiştir. Genel olarak elastik çizge modeli öznitelikler arasındaki yapısal ilişkiyi ayrıca modellediği için daha başarılıdır. Bu iki modele temelde benzeyen, fakat farklı öznitelikler kullanan birçok çalışma vardır. Bunların dışında insanlarda yüz tanıma ile ilgili değişik savları denemek amacıyla ayrık kosinüs değişimi (DCT, discrete cosine transform) , Gabor Dalgacıkları modeli, şablon eşleme gibi modeller geliştirilmiştir. Gabor dalgacık dönüşümü, insan görme sistemindeki duyumsal bölgelerin davranışını modellediğinden öznitelik vektörlerini oluşturmada kullanılır. Gabor dalgacık dönüşümü metodun da tanıma için öznitelik vektörleri çıkarılır ve karşılaştırılır. Dolayısıyla her bir kişi için tek bir yüz yeterlidir. Şablon Eşleme ise görüntü içerisinde belirli işaretleri ayırmak için kullanılan bir tekniktir. Bu belirli işaretler; tek bir nokta, çizgi veya tüm bir nesne olabilir. Şablon Eşleme Yöntemi, görüntü içerisinde aranacak olan işaretin/işaretlerin şablon görüntülerini kullanarak karşılaştırma esasına dayanır. Kare Hata Toplamı (KHT) gibi dönüşümlerden biri kullanılarak büyük görüntü içerisinden şablon işaretler aranır ve bir hata değeri elde edilir. Şablon eşleme, şablon kullanarak işaret arama temeline dayandığı için hata değeri şablonun şekline ve özelliklerine bağlı olarak değişecektir. Bununla beraber, sadece şablonun şekli değil Şablon Eşleme Yöntemi'nin başarımında şablonun büyüklüğü de önemli bir

etkiye sahiptir. Şablonun büyüklüğü ile Şablon Eşleme Yöntemi'nin performansı arasında negatif yönde üstel bir ilişki vardır.

5.2.Yüz Tespit Algoritmalarının Karşılaştırılması

Hareketli bir görüntü de yüz bulma işlemi bir dizi karmaşık işlem sonucu hesaplanmaktadır. Yüz bulma algoritmaları insan yüzünü ya örnekleyerek ya da varsayımsal olarak bulabilmektedir. Bu durumdan dolayı hiçbir algoritmanın %100 performansla çalışması beklenemez. Akan bir görüntüyü (saniye de 25 kare) çerçevelere indirgeyip her bir resim üzerinde yüz ifadelerinin incelenmesinin ilk adımı, yüzün bulunmasıdır. Bu konuda genellikle, örneklem bir dokunun imge içersinde aranması (kesimleme, yüz şablonu, varsayımsal ağlar) veya örneklem dokudan sinir ağının öğretilmesi (sinir ağı ile öğrenme, dalgacık analiz ve bulanık mantık) şeklinde olur. Bu konu da yapılan bir çok araştırma göstermiş ki insan yüzünde (bölüm 4.1. de anlatıldığı gibi) oranlamalar mevcuttur. İnsan yüzü, ten rengi, elipse benzer şekli ve yüz nesnelerinin orantılı dağılımı araştırmacılara imge içersinden aranılan bölümü çıkartmada ışık tutmaktadır.

Tez uygulamasında da renk uzayı dönüşümü yapılarak avantaj sağlayacak parametrelerle çerçeve üzerinde resimler de ten rengi doku olarak kullanılmış, kesimlemeye gidilerek ölçeklendirme yapılmış ve sonuçta yüz aday adayları tespit edilmiştir. Bu bağlam da Çizelge 5.1. 'de en temel yüz bulma yaklaşımları gösterilmiştir.

Çizelge 5.1.Temel Yüz Bulma Yaklaşımları

	TEMEL YÜZ BULMA YAKLAŞIMLARI						
	Yazar	Yıl	Yaklaşım	Özellik Kullanımı	Yüz Pozu	Veritabanı	Yüz Boyutu
Gerçek Zamanlı	Garcia et al.	1999	Dalgacık Analizi	Renk;Dalgacık Katsayıları	Ön Yakın Çekim	MPEG Video	80x48
	Mohd Zamri	2009	Haar Metot	Dalgacık Analizi	Ön Yakın Çekim	MPEG Video	Uygun Değil
	Sung et al.	1998	Öğrenme	Doku	Ön	CCD Resimler	19x19
	Vincent Jeanne	2006	Düzgün Kenar Bulma	Bilgi Tabanlı Kenar Bulma	Ön	Dual Camera Sensor	Uygun Değil
Durağan Yöntemler	F´eraud et al.	2001	Sinir Ağı	Hareket,Renk,Doku	Ön ve Profil	Sussex;CMU ve Web	15x20
	Maio et al.	2000	Yüz Şablonu Hough Dönüşümü	Doku,Yönlü Resimler	Ön	Duragan İmgeler	20x27
	Wu et al.	1999	Bulanık Renk Modelleri	Renk	Ön	Renkli Resimler	20x24
	Rowley et al.	1998	Sinir Ağı	Doku	Ön	CMU;Feret	20x20
	Yang et al.	1998	Çok Ölçekli Kesimleme Renk Modeli	Ten Rengi Bulma	Ön	Renkli Resimler	Uygun Değil
	Colmenarez et al.	1997	Öğrenme	Markov İşlemleri	Ön	Feret	11x11
	Yow et al.	1997	Varsayımsal Ağlar	Geometrik Yüz Özellikleri	Ön	CMU	60x60
	Lew et al.	1996	Markov Rastgele Alanlar	Anlamlı Pikeller	Ön	MIT;CMU	23x22

Ten rengini modellemek uygun renk aralığı seçmeyi ve bu aralıkta ten rengiyle alakalı kümeleri/ grupları tanımlamayı gerektirmektedir. Standartlaştırılmış kırmızı-yeşil (*rg*) aralığının yüz tespiti için en iyi seçim olmadığı J.C.Terillon, M.N Sihirazi Krominas uzay ve modeller için renkli resimlerde insan yüzünün otomatik tespiti (Terrillon vd, 2000) çalışması ile E.Saber'in yapmış olduğu ön görünüm den şekil ve simetrik tabanlı maliyet fonksiyonları ve renk kullanarak yüz Bulma ve yüz özelliklerin çıkartılması (Hardeberg, 1999) çalışmasında tespit edilmiştir. Terillon ve diğerlerinin yüz tespiti için dokuz farklı renk aralığı karşılaştırmasına

dayanarak, tint- Doygunluk- luma (hafif tonlama- doygunluk- luma) (TSL) aralığı, iki çeşit Gaussian yoğunluk modelleri (tek kalıcı (unimodal) ve Gaussianların bir karışımı) için en iyi sonuçları sağlamaktadır. YcbCr uzayı ise MPEG sıkıştırma standartlarına uyguluğu açısından video üzerinden ten tespitinde yaygın kullanılmaktadır.

Vincet Jeanne (2006) tarafından kullanılan çift algılayıcı kamera sistemleri ile kenar bulma yöntemlerinin birleştirilmesi ile oluşturulmuş olup her iki kameradan alınan görüntü sonucu elde edilen kapalı şeklin bir yüz adayı olup olmadığının karşılaştırılmasında kullanılmaktadır.

Hareketli Görüntülerin gerçek zamanlı taramaların da genellikle HSV uzayı, değer alanı B (parlaklık) ve I (Yoğunluk) parametreleri kullanılmakta bu da uygulamanın planlanması açısından büyük kolaylık sağlamaktadır.

6.UYGULAMA

6.1.Geliştirme Ortamı

Uygulama geliştirme aşamasında MATLAB Programlama Dili kullanılmıştır. Bu dil kullanım kolaylığı ve imge işleme araçlarının hazırlığı ve prosedürel dillere yatkınlığından dolayı seçilmiş olup donanım etkileşimli, görüntü elde etme araç ve fonksiyonları temel görüntü işleme fonksiyonları içerir. Uygulamanın geliştirildiği MATLAB sürümü R2007a olup, Intel Core Duo 2 GHz İşlemci /4GB RAM ve 512 MB paylaşımlı ekran belleğine sahip bir bilgisayar da çalıştırılmıştır. Uygulama MATLAB grafik ara yüzü ile geliştirilmiş olup 5 butona ve 4 çizim göstergesine sahiptir. Geliştirme ortamında, deneysel çalışmalarda kullanılan yüksek çözünürlüklü ve düşük çözünürlüklü kameraların gösterimi ve özellikleri Şekil 6.1 ve Şekil 6.2 'de verilmiştir.



Şekil 6.1. Uygulama Kamerası (Yüksek Çözünürlüklü)

Yüksek Çözünürlüklü Kameranın Teknik Özellikleri ;

1. 720P HD geniş ekrana sahip olup HD kalitesinde saniye de 30 çerçeve yakalanabilir.
2. Otomatik odaklama özelliği ile detay keskinleştirme işlemi sağlanır.
3. Yüksek hassasiyetli cam lens daha doğru renkler ve keskin video akışı sunar.
4. ClearFrame teknolojisi ile düşük ışık değişimlerinden asgari etkilenme sağlanır.
5. Gerçek renk teknolojisi ile renkli akışlarda parklalık otomatik sağlanır.



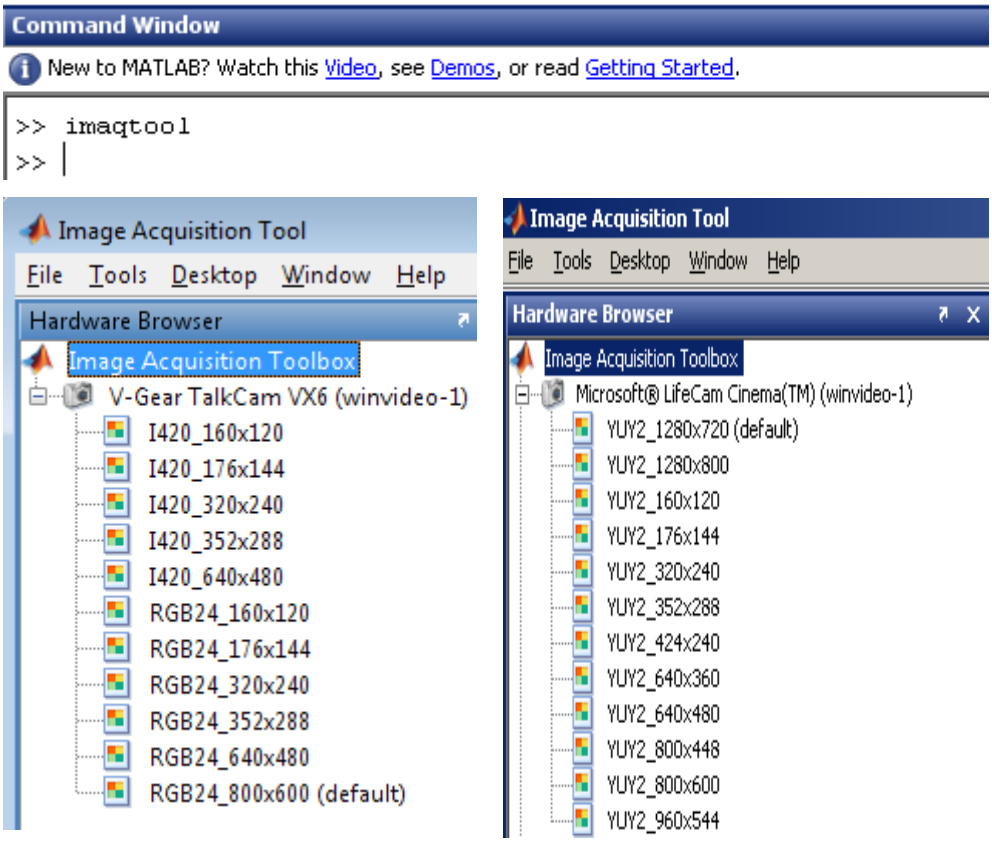
Şekil 6.2. Uygulama Kamerası (Düşük Çözünürlüklü)

Düşük Çözünürlüklü Kameranın Teknik Özellikleri;

- Görüntü Sensörü: 1/6” CMOS renk sensörü (300K Piksel)
- Çerçeve Oranı: 352*288 30F/S - 640*480 15F/S
- Lens: 5 cam lens
- Görüş Açısı: 45 derece
- Odak Mesafesi: 50cm’den sonsuza
- Poz Kontrolü: Otomatik
- Beyaz Dengesi: Otomatik
- Gerilim: 5V

6.2.MATLAB ile Görüntünün Yakalanması

Görüntü yakalama işlemine geçmeden önce geri döndürülecek veri boyutunun, data için kullanılacak veri tipinin ve renk uzayının belirlenmesi gerekir. Yakalama işleminden sonra döndürülecek görüntünün boyutunu çerçeve genişlik, yükseklik ve renk derinlik oranlarının çarpımı verir. Kullanılacak kamera sistemin desteklediği görüntü çözünürlüklerini IMAGE Acquistion Toolbox sayesinde kolaylıkla elde edilebilir (Bkz Şekil 6.3.).

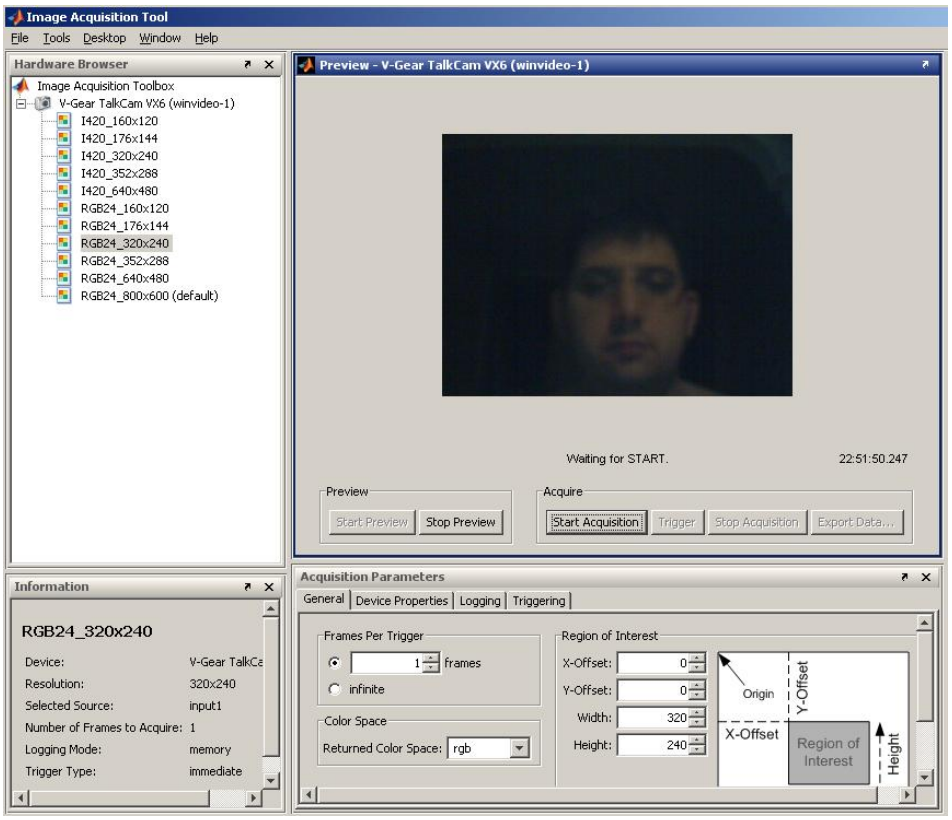


Şekil.6.3.Kamera Çözünürlüğünün Çıkartılması

Görüntü elde etme araç kutusunun komut satırından çalıştırılması ile birlikte USB portuna takılı herhangi bir donanım bulunursa, ilgili donanımın desteklediği

çözünürlükler donanım göz atıcısında listelenecektir. Bu pencere üzerinden hali hazır da bir STREAM başlatılabileceği gibi, mevcut STREAM bir mat dosyasına da çıkartılabilir.

Girdi kaynağının çözünürlük (yükseklik ve genişlik) ile ekran da görüntüleneceği alanlar, kullanılacak renk uzayı (RGB, Grayscale, yCbCr) buradan seçilebilir. Sürücü özelliklerin den parlaklık, kontrast, saniyede görüntülenecek çerçeve sayısı, renk tonu, doygunluk, keskinlik, beyaz dengesi ayarlanabilir. Saklama türü olarak disk veya hafıza seçilip buradan azami saklanacak veri boyutu ayarlanabilir. Elde edilen bir görüntüyü AVI dosyasına sıkıştırarak da çıkartmak mümkündür. Image Acquisition Tool'un genel yapısı ve pencere görünümü Şekil 6.4 'de verilmiştir.



Şekil 6.4. Image Acquisition Tool'un Genel Yapısı

Tez uygulamasında MATLAB programının komut bazında görüntüyü yakalaması sağlanmış grafiksel kullanıcı ara birimine bu görüntü aktarılmıştır. Bu amaçla da Acquisition Tool'unda ki videoinput nesnesi kullanılmıştır.

Video input nesnesi ile görüntü yakalayabilmek için kullanılan sürücünün ve araç sürümünün bilinmesi gerekir. Bu amaçla komut satırında imaqhwinfo komutu verilerek sürücünün türü öğrenilir (Bkz: Şekil 6.5).



Şekil 6.5. MATLAB Görüntü Elde Etme Donanım Sürücüsü

Video input nesnesi 3 parametreli bir fonksiyon olup birinci parametre olarak araç sürücüsünün adı, 2. Parametre olarak seçilen input nesnesinin id si (genellikle 1 olur) ve resim biçimin verilmesi ile çalıştırılır. Desteklenen biçimler Şekil 6.4 'de listelenmiştir.

```
video = videoinput ( 'winvideo', 1, 'RGB24_320x240' );
```

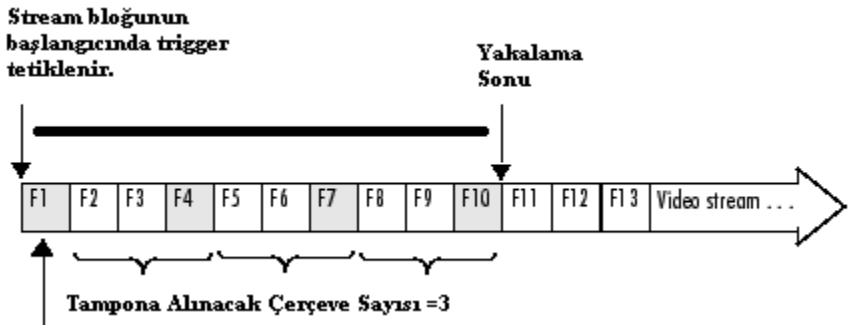
Komutuyla yeni bir girdi kaynağından win video sürücüsü ile 24 bit derinliğinde 320x240 çözünürlüğün bir STREAM ile başlanacağı MATLAB programına bildirilir. Video girdisinin tampon belleğe yazılması ve öz niteliklerinin tanımlanması için gene bu araç da kullanılan set fonksiyonun yararlanılır. Set

fonksiyonu video nesnesi, özellik ismi ve özellik değerini parametre olarak alarak gerekli değeri tampon belleğe kurar.

Video bilgisinin set edilmesi imaqtool ‘a kurulmuş donanımın özelliğine göre belirlenir. Çerçeve başına tetiklenme miktarı sınırsız (infinite) veya belirli adet verilir.

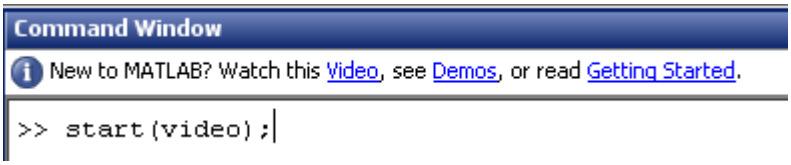
```
set ( video, 'Tag', 'izle );
set ( video, 'TriggerRepeat', Inf );
video.FrameGrabInterval = 30;
```

FrameGrabInterval özelliği ile kaç çerçevede bir elde edilen görüntünün ekranda görüntüleneceği belirtilir. 320x240x30FPS standart VCD formatında bir görüntünün STREAM edilmesine 320x240 çözünürlükte 30 saniye bir görüntünün ekrana verilmesini sağlar. Şekil 6.6 ‘da çerçeve gecikmesin tampon bellek zamanlaması saniye 3 çerçeve olarak seçilmiştir. Dolayısıyla veri yakalamanın başladığı ilk çerçeveden itibaren her geçen 3 çerçeve de bir görüntünün belleğe dolayısı ile de grafiksel ara yüz ekranına aktarılması sağlanır.



Şekil 6.6. FrameGrabInterval Özelliği

Bu işlemden sonra canlı streaming (veri akışı) MATLAB programında bitiş işaretine kadar devam etmesi için başlat fonksiyonu çalıştırılır. Başlat fonksiyonu tetikte verilen şartın donanıma bire bir uygulanıp icra edilmesini sağlar. Komut satırından akışın başlatılması işlemi Şekil 6.7 ‘de gösterilmiştir.



Şekil 6.7. MATLAB ile STREAM'ing Başlatılması

6.3.Görüntünün Analizi ve Ayrıştırılması

Video input öğesi ile belirli bir mühlet eşiğinde alınan gerçek zamanlı STREAM'in işlenmesi işlemi çerçeve bazında yapılır. Analiz edilecek görüntü çerçeve çerçeve ayrılarak hafıza da tipik bir imge haline getirilir. MATLAB Programlama Dilinde bu işlevi yerine getirebilmek için getdata fonksiyonu kullanılmaktadır.

getData fonksiyonuna tanım olarak FramesPerTrigger özelliği ile verilen STREAM nesneleri bire-bir imge verilerine dönüştürülür. Fonksiyon genel kullanım şekli, data = getdata (obj, n) şeklinde olup ; Obj, Şekil 6.5 'de anlatılan donanım sürücüsü , n ise sürücü id' sidir. Bu sayede daha önceden yakalanması için verilen değerin analiz edilmek üzere çerçevelere bölünmesi sağlanır.

Getdata fonksiyonunun çalışabilmesi için STREAM'ing nesnesinin mutlaka start fonksiyonu ile başlatılması ve hafızada adreslenmesi gerekir. Aksi taktirde getdata ile veri dönüşümü yapılamaz. Aynı şekilde hafıza başka bir işlem için kullanılacaksa delete (obj) >> delete (video); fonksiyonu ile ilgili nesne hafızadan silinmelidir.

6.4.Görüntünün Dönüştürülmesi İşlemleri

getData fonksiyonu ile imge bazına indirgediğimiz STREAM'ing nesnesi üzerinde uygulama algoritmasının koşturulması, ten analizi, aday yüzlerin bulunması ve bunları işaretlenmesi için ten rengine en yakın uyum sağlayan ve Bölüm 4.2. video akışında optimum performansı veren HSV uzayına dönüşüm sağlanmalıdır. HSV uzayına görüntünün aktarılmadan önce sayısal olarak ifade edilmesi ve matris dönüşümün yapılması gerekir. Kamera ile elde edilen görüntünün M x N boyutlarında matrise çevrilmesi getData fonksiyonu ile sağlanır.

getData fonksiyonu ile çerçevelere dönüştürülen M x N boyutlarındaki sayısal bir imge matris formunda aşağıdaki gibi ifade edilebilir: (Formül 3.1.)

$$f(x,y) = \begin{matrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{matrix} \qquad (3.1)$$

Sayısallaştırılan resim'i MxN geleneksel matris formu ile de ifade edebiliriz. (Formül 3.2)

$$A = \begin{matrix} a_{0,0} & a_{0,1} & \dots & a_{0,N-1} \\ a_{1,0} & a_{1,1} & \dots & a_{1,N-1} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{M-1,0} & a_{M-1,1} & \dots & a_{M-1,N-1} \end{matrix} \qquad (3.2)$$

Bu eşitliğin sağdaki kısmı bir çerçevelik imge olarak ifade edilebilir. Matrisin her bir elemanı imge elemanı (image element), resim elemanı (picture element) veya bir piksel (pixel) olarak adlandırılır. Bu bağlam da her bir çerçeve bir imge olarak düşünülür ve imgenin HSV uzayına dönüştürülebilmesi için double tipinde bir veriye çevrilir.

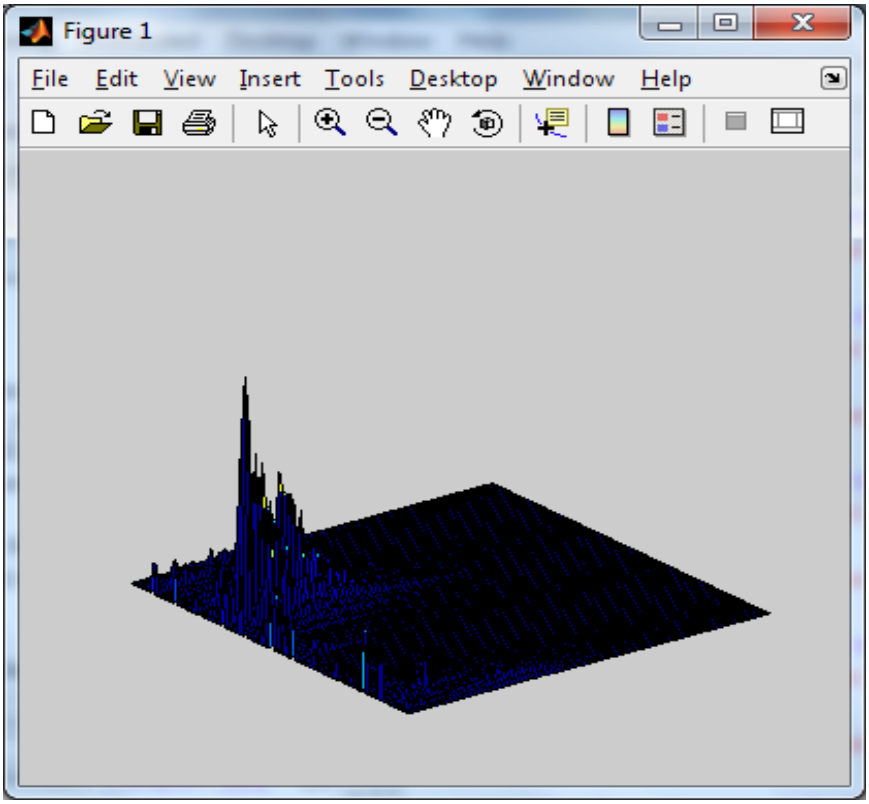
Sayısallaştırılan bu imgeyi double tipinde bir veriye çevirebilmek için im2double fonksiyonu kullanılır. Fonksiyonun IM 'si image'i yani imgeyi sembolize eder.

RGB2 = im2double (RGB) kullanımı ile gerçek renkteki RGB uzayı double tipinde yeniden ölçeklenerek yoğunluğu alınır. Double tipindeki bu veriyi Renk Özü, Doygunluk ve Değer tipini dönüştürmek için RGB2hsv fonksiyonu kullanılır.

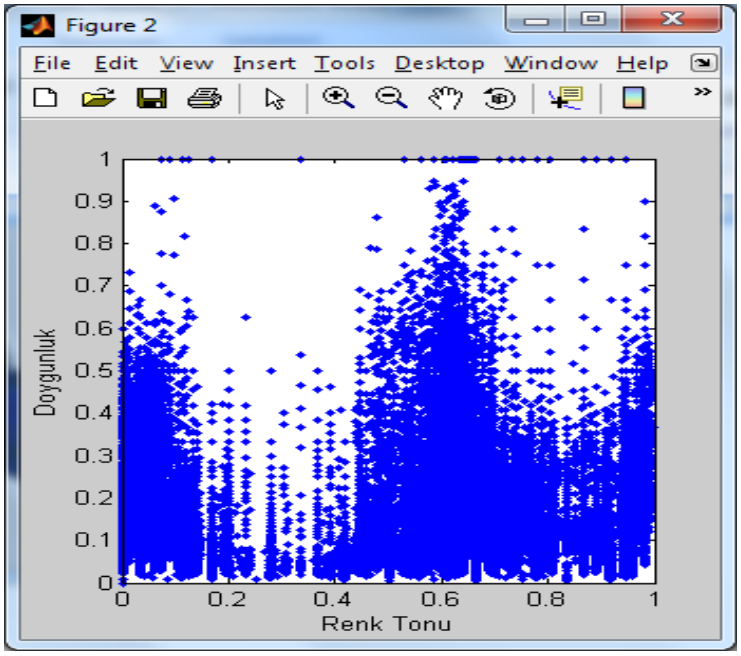
Burada RGB den oluşan 3 boyutlu renk haritası aynı boyutta HSV ye dönüştürülür. (Bkz:Bölüm 2.5.1) HSV nin ilgili koordinatta renk bilgisi 2, 3 ve 4 nolu eşitlikler de alınarak dönüştürme işlemi sonucu elde edilen değerlerin 0, 1 aralığındaki ten rengi aralığına girip girmediği test edilir. Koordinat düzleminde 0 - 1 aralığında ten rengi histogramı Şekil 6.8 'de dağılım grafiği ise Şekil 6.9 'da gösterilmiştir.

```
HSV = RGB2hsv ( RGB );       (1)
  H = HSV ( :, :, 1 );       (2)
  S = HSV ( :, :, 2 );       (3)
  V = HSV ( :, :, 3 );       (4)
```

Renk tonu için bu alan 0, 10 ile 0, 90 arasında , Doygunluk için ise 0, 20 ile 0, 70..0, 99 aralığında verilebilir.



Şekil 6.8. 0-1 aralığında ten rengi histogramı



Şekil 6.9.Renk Tonu ve Doygunluk 0-1 aralığındaki Histogramı

Şekil 6.9 ‘daki Histogramdan da görüleceği üzere 0, 4 -0, 8 bandı da yoğunluk gösterdiği, asgari 0, 2 ve 0, 4 bandında seçilip ayırabilecek nitelikte olduğunu görülür. Doygunluk ise 0, 20 ile 0, 70 aralığında tepe nokta olarak 0, 63 civarında azami değere ulaşmış ve ayırıcı nitelik kazanmıştır. Öyleyse bu histograma bakılarak 0, 4-0, 7 renk tonunda ve 0, 60-0, 64 doygunlukta aday ten renkleri yakalanabilir diyebiliriz.

6.4.1.Histogram çıkartılması işlemi

Şekil 6.8 ve Şekil 6.9 ‘daki histogramların çıkartılıp mavi olarak renklendirilmesi için öncelikle gri ölçekte yeniden çizilmesi gerekir. Gri-seviye resimlerde her piksel, 0 (siyah) ile 255 (beyaz) arasında tam sayı değer alabilen 1 byte ile temsil edilmektedir. 0-255 arasındaki değerler gri'dir ve bundan dolayı bir resme ait tam sayı "gri ton seviye" (gray level) olarak isimlendirilmektedir (Fridrich, 2001). Bunun için Şekil 3.14 de sayısallaştırılan imge M, N ve her piksel için izin verilen gri seviyesi sayısı L değerlerinin belirlenmesi gerekir. M ve N için pozitif tamsayı olmalarının dışında bir koşul yoktur. Ancak işleme, depolama ve örnekleme donanımları sebebiyle gri seviyesi sayısı ancak 2’nin kuvvetleri olabilir.

$$L = 2^k$$

Gri seviyeler eşit aralıklıdırlar ve [0, L -1] aralığında tamsayılar olarak ifade edilirler. Bir imgede kullanılan gri seviyelerin sayısı bazen dinamik aralık olarak adlandırılır. Piksellerin çoğunluğu çok farklı gri seviyeleri kullanıyorsa imge yüksek kontrasta sahiptir. Tersine düşük dinamik aralığa sahipse imge donuk ve soluk görünür. Sayısallaştırılmış bir imgeyi kaydetmek için gerekli bit sayısı b,

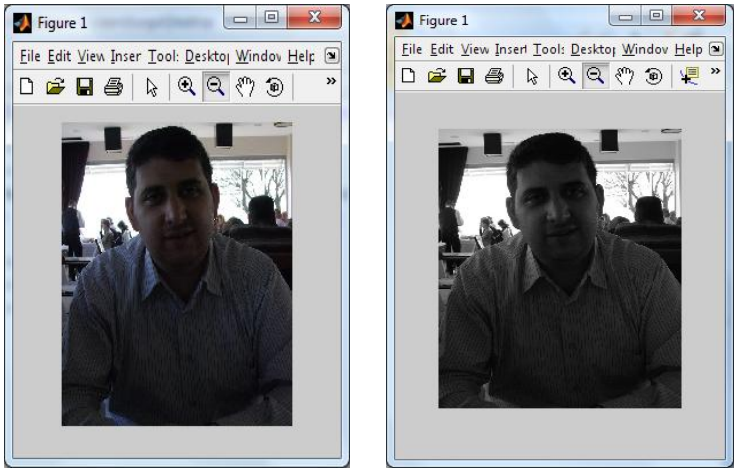
$$b = M \times N \times k$$

M = N olursa bu eşitlik $b = N^2k$ haline gelir.

Çizelge 6.1. Farklı N, K Değerleri için Bellekte Tutulacak Alanlar

N/k	1 (L = 2)	2 (L = 4)	3 (L = 8)	4 (L = 16)	5 (L = 32)	6 (L = 64)	7 (L = 128)	8 (L = 256)
32	1,024	2,048	3,072	4,096	5,120	6,144	7,168	8,192
64	4,096	8,192	12,288	16,384	20,480	24,576	28,672	32,768
128	16,384	32,768	49,152	65,536	81,920	98,304	114,688	131,072
256	65,536	131,072	196,608	262,144	327,680	393,216	458,752	524,288
512	262,144	524,288	786,432	1,048,576	1,310,720	1,572,864	1,835,008	2,097,152
1024	1,048,576	2,097,152	3,145,728	4,194,304	5,242,880	6,291,456	7,340,032	8,388,608
2048	4,194,304	8,388,608	12,582,912	16,777,216	20,971,520	25,165,824	29,369,128	33,554,432
4096	16,777,216	33,554,432	50,331,648	67,108,864	83,886,080	100,663,296	117,440,512	134,217,728
8192	67,108,864	134,217,728	201,326,592	268,435,456	335,544,320	402,653,184	469,762,048	536,870,912

Çizelge 6.1. de her k sayısına karşılık gelen gri seviyeleri sayısı parantez içinde verilmiştir. Bir imgede kullanılan gri seviye sayısı 2^k ise bu imge için genellikle "k bitlik imge" denir. Örneğin 256 olası gri seviyesi olan bir imge için 8-bitlik imge denir. 8-bitlik imgelerden 1024x1024 ya da daha büyük boyutlu olanların gerektirdiği bellek alanının oldukça önemli büyüklükte olduğu görülebilir. 320 x 240 çözünürlüğünde 8 bitte dönüşüm ; MATLAB 'de RGB2gray fonksiyonu ile yapılır. RGB2gray bit düzeyin gri ölçekte resim yeniden organize edilerek gri tonların da resim görüntülenir. (Bkz: Şekil 6.10)

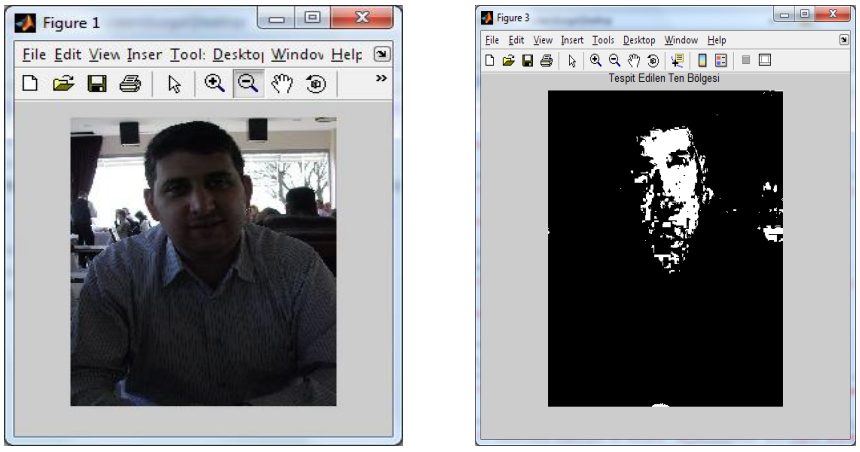


Şekil 6.10. Orijinal ve Gri Ölçekte Yeniden Çizilmiş Bir Çerceve

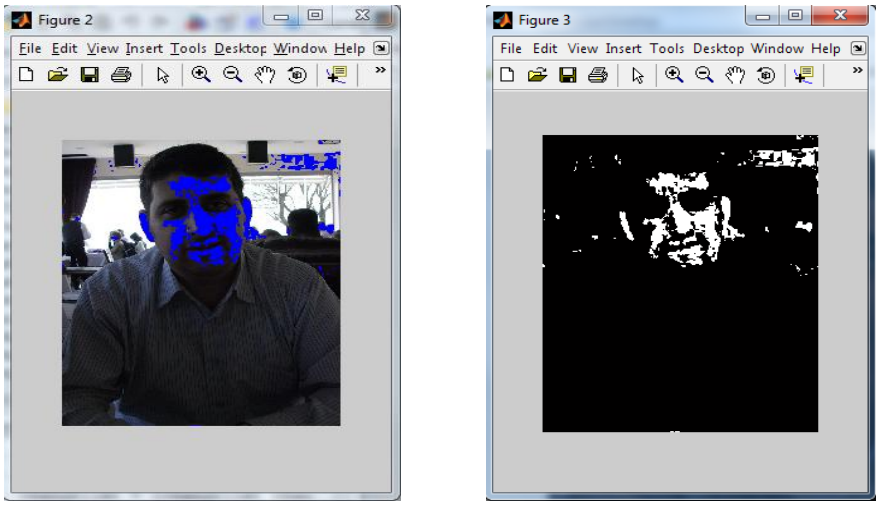
Elde edilen bu görüntüden Histogram, çizimi yapılırken şu yöntem izlenir. İmge gri ölçekte tanımlandıktan sonra intensty (RGB değerlerinin ortalaması) değeri hesaplanır. Her intensty değeri için bir kutu ayrılır ve sayma işlemine geçilir. İmaj taranırken alınan gri değere ait kutunun değeri bir arttırılır. Tarama bittiğinde elimizde 0255 veri aralığında kutular ve bu kutuların değerleri bulunur. Kutu değerleri bize veri kümesi elemanlarının frekanslarını verir. Frekanslar grafikte gösterilerek Histogram çizilmiş olur. Histogram 4 bant üzerinden de çizdirebiliriz. Bunlar renkli resimler için kullanılır. Bu bantlar (R)ed, (G)reen, (B)lue, (I)ntensty ‘dir.

6.5.Ayrıştırılan Görüntü de Ten Alanının Seçilmesi

Renk tonunun 0,10 ve 0,90 bandı dışında kalan kısmı ile doygunluğun 0,20 ve 0,99 arasında kalan kısmı değiştirilerek ten bölgesi ayrıştırılıp ten alanı seçilebilir. Şekil 6.11 ‘de ten alanının seçilip ayrılması, Şekil 6.12 ‘de ise ayrıştırılan görüntü de ten bölgesinin seçilmesi gösterilmiştir.



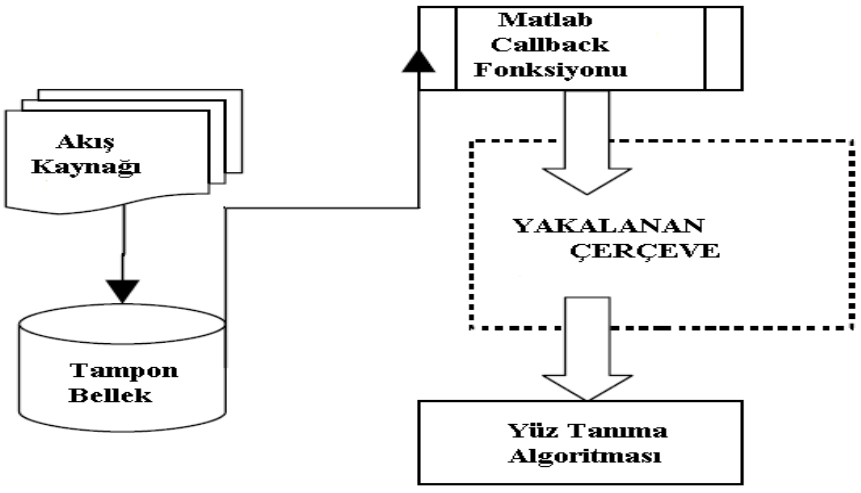
Şekil 6.11. Orijinal ve Ten Bölgesi Tespit Edilmiş Bir Çerçeve



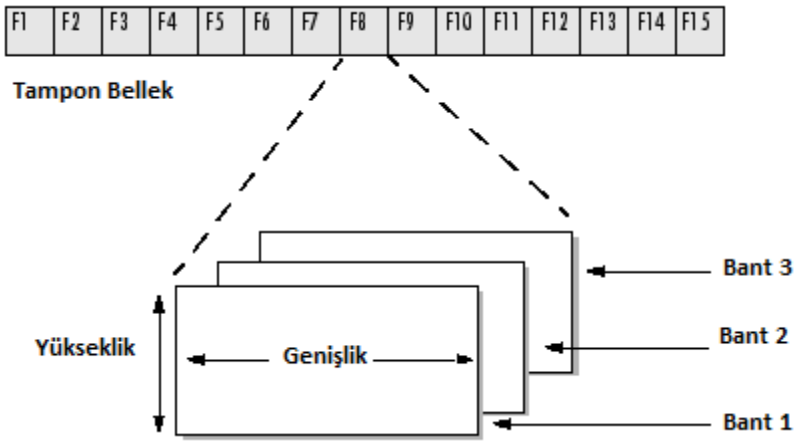
Şekil 6.12. Tespit Edilen Ten Renginin Boyanması

6.6.Uygulama İcra Mantığı

MATLAB 'in imge elde etme araçları ile kurulan kamera bağlantısının temel amacı, kullanıcı tarafından önceden belirlenen kare sayısı kadar veya sonradan sonlandırmalı sonsuz adet kadar USB portunu dinlemek ve gelen isteklere gerekli hizmeti vermektir. MATLAB tarafından ilk video bağlantısının kurulması, video input öğesi için hafıza da yer tahsis edilmesi ile başlanır, yeni bir bağlantı öğesi kurabilmek için önce mevcut bağlantının sonlandırılması (uygulamada kamera bağlantısını kes butonu) ve gerekli hafıza alanının temizlenmesi gerekmektedir. Bağlantı noktalarını teorik olarak bir tamsayı dizisine benzetebiliriz. Başlangıçta bu dizinin tüm elemanları 0'dır. Herhangi bir bağlantı noktasına bir bağlantı yerleştirildiğinde değeri 1 olarak değiştirilir. PC ye bağlı kameradan okunan ilk STREAM bir bayt dizisine yazılır. Bu yazma işlemi tampon belleğin her doluşunda gerçekleşir. (Bkz: Şekil 6.13) Örneğin kameradan 25 çerçeve/saniye oranında video yakalanıyorsa her 40ms'de bir çerçeve yenilenecek ya da başka bir deyişle yazma işlemi gerçekleşecektir. Uygulamamızda hedeflenen saniyede çerçeve yakalama sayısı 30 FPS olup 320x240 çözünürlük seçilmiştir



Şekil 6.13. Kameradan Yakalanan Çerçeveler

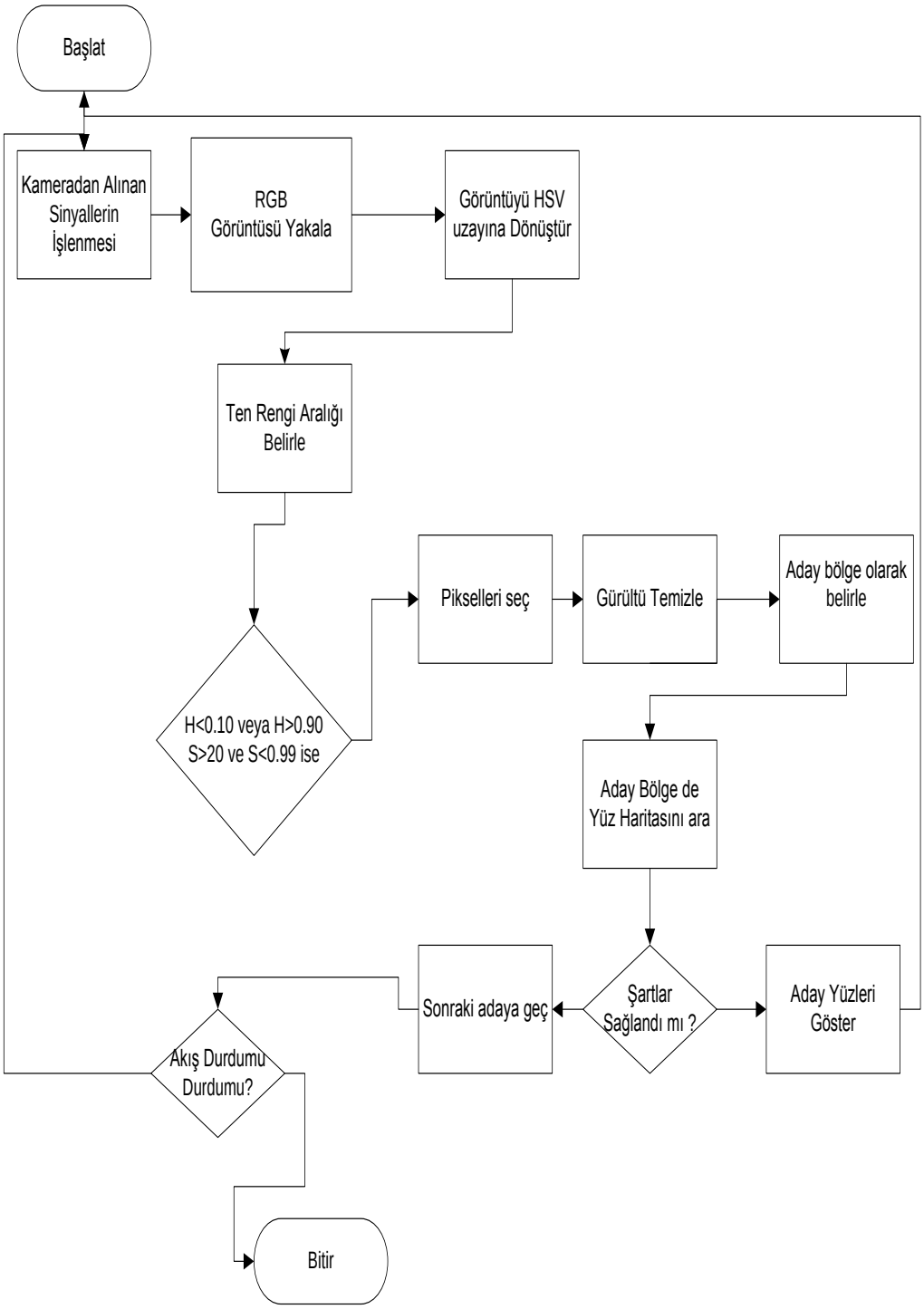


Şekil.6.14.Özgün bir çerçeve görüntüsü

Şekil 6.14 ‘deki 8 nolu (F8) çerçeveden alınan görüntü genişlik ve yükseklik bilgisine ek olarak parlaklık ve renk bilgisi 1 ve 2 bilgilerini tutar. Oluşan üç bant daki görüntünün verilen gecikme değeri süresi sonunda ekranda görüntülenmesi sağlanır.

Şekil 6.15 ‘deki algoritma da öncelikli olarak kameradan alınan sinyalin sayısallaştırılması işlemi yapılır. Standart web kameralar genellikle YUV renk uzayı kullanılmaktadır. Bu renk uzayının kullanılmasının temel sebebi insanın görme duyusunun, uzaysal birleşenlerden renkliliğe, parlaklıktan daha az duyarlı olmasıdır. Dolayısıyla insan gözü parklılık değişimine daha çabuk tepki verir. Y bileşeni siyah beyaz U ve V bileşenleri ise mavi ve kırmızı renkleri tutar. YUV dan doğrudan HSV dönüşümün sağlanabilmesi için kamera konfigürasyonun YUV’u gerçek zamanlı RGB ye örneklemesi istenir. Yakalanan RGB görüntüsü rgb2hsv fonksiyonu ile (Bkz:EK-B) kırmızı, yeşil ve mavi renklerin, renk tonu, doygunluk ve değere dönüştürülmesi sağlanır. Renk tonu ve doygunluk için ideal ten aralığı ; renk tonu için 0, 10 aralığı ile 0, 90 aralığı dışındaki değerler ile doygunluk için ise 0, 20 ile 0, 1 aralığında seçilebilir.

Belirtilen gürültü eşiğinin altında kalan tüm ten parçacıklarının temizlenmesi ile aday bölge araştırma sürecinde gereksiz zaman kaybını önler.



Şekil 6.15.Piksel bazlı Çalışma Algoritması

Aday bölgenin belirlenmesi için ten rengi özelliği taşıyan toplu piksel bloklarının seçilmesi gerekir. Bu amaçla matlab'in bwlabel fonksiyonun faydalanılır. BWLABEL özelliği sayesinde birbirine yakın duran piksel gruplarını bütün bir öbek şeklinde alınabilir.

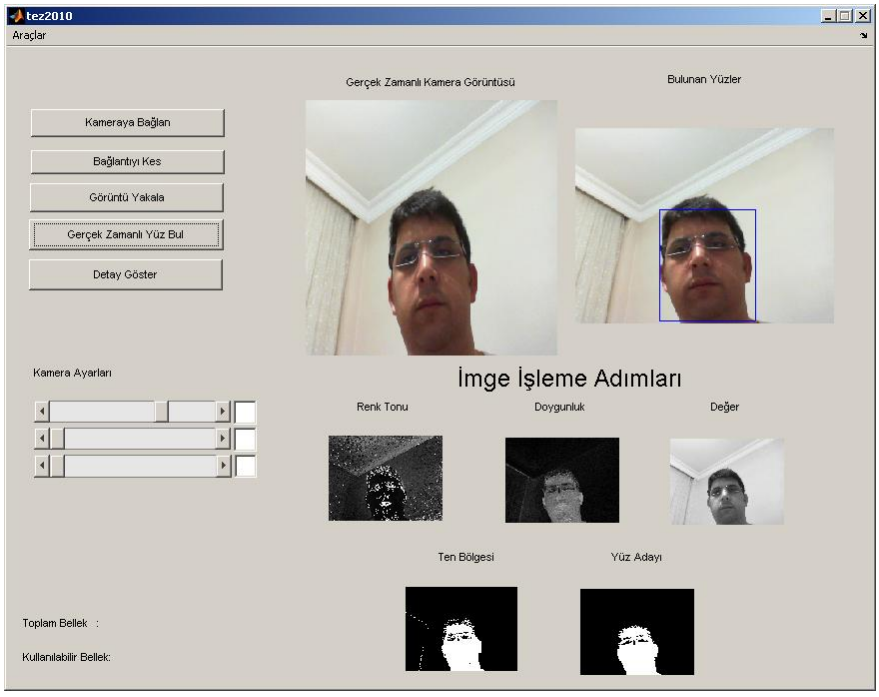
Bwlabel fonksiyonu (imge, n) şeklinde kullanılmakta olup n değeri temel görüntü üzerinde arama işleminin bağlantılımı yoksa yapışık durumlarda mı işlem yapılmasının seçimi olup kullanımı isteğe bağlıdır ve varsayılan olarak yapışık durumları kontrol eder. Öbekli ten bölgeleri regionprobs fonksiyonu kullanılarak sınırlayıcı bir alan içersinde işaretlenebilir. Bu durum aday bölgenin belirlenmesidir.

Regionprobs ile alınan etiket matrisi geri döndürülmesi gereken etiket tanımlarını içeren bir dizi string içerebilir. Boundingbox yöntemi ile tüm bölge kaplanıp işaretlenir. Tüm yükseklik ve genişlikteki aday bölgelerinin belirlenmesi aşaması belirtilen ölçek değerin de yüz adaylarının bulunup işaretlenmesi için ön koşuldur.

İşaretli bölge de varsayımsal ölçekte yüz niteliği taşıyacak büyüklükte piksel grubu aranır eğer bulunursa işaretlenir bu durum tüm aday bölgeler için tek tek çalıştırılır. Eğer hiçbir aday için yüz şartı sağlanmıyorsa o çerçeve de ilgili yüz bulunamamış demektir.

6.7.Uygulama Ara yüzü

Uygulama için Matlab GUI hazırlanmış olup, mcc ile çalıştıralabilir hale getirilmiştir. Uygulama temel tez2010 paketi, yüz bul paketi, işaretleme paketi, kamera konfigürasyon paketinden oluşur. Şekil 6.16 'da gui öğesinin çağrılması sonucu çalışan uygulama ara yüzü görünmektedir.



Şekil 6.16. Uygulama Ara yüzü

Uygulama ara yüzünde kullanıcın kullanabileceği, kamera bağlantısı, kamera bağlantısının kesilmesi, bellek durumu ve yüz bul fonksiyonları ile gerçek zamanlı olarak imge işleme adımları gösterilmektedir. Kısaca ilgili buton açıklamaları şu şekildedir;

Kameraya Bağlan: Video input fonksiyonunu kullanarak USB portundan bağlanmış kamera tarar, Eğer kamera varsa görüntü gerçek zamanlı olarak büyük ekranda gösterilir. Eğer USB portlarında kamera bulunamazsa uyarı mesajı ile kullanıcı uyarılır. Aynı şekilde uygulama esnasında kamera bağlantısı kesilirse son frame görüntüsü ekran da saklanır.

Bağlantıyı Kes : MATLAB'in USB portundan veri alış verişini durdurması sağlar, Tampon video belleği temizlenir. Sistem ikinci bir kamera bağlantı kontrolü yapıncaya kadar askıya alınır , Bu esna da diğer butonlar çalışmaz.

Görüntü Yakala : Ekranda saniye geçen 25 çerçeveden herhangi bir çerçevenin snap shotunu alır ve bunu saklar.

Gerçek Zamanlı Yüz Bul : Gerçek zamanlı kameradan yakalanan renkli (RGB) video görüntüsünü HSV uzayına çevirir daha sonra her bir piksel de ten rengini arar. Bulduğu pikselleri filtreler ve bu piksellerden bir yüzey oluşturur. Oluşturulan yüzeyler eğer işaretlemeye yetecek kadar bir ölçeğe sahipse görsel işaretçi ile yüz aday adayının gerçek zamanlı ekran da işaretlenmesini sağlar.

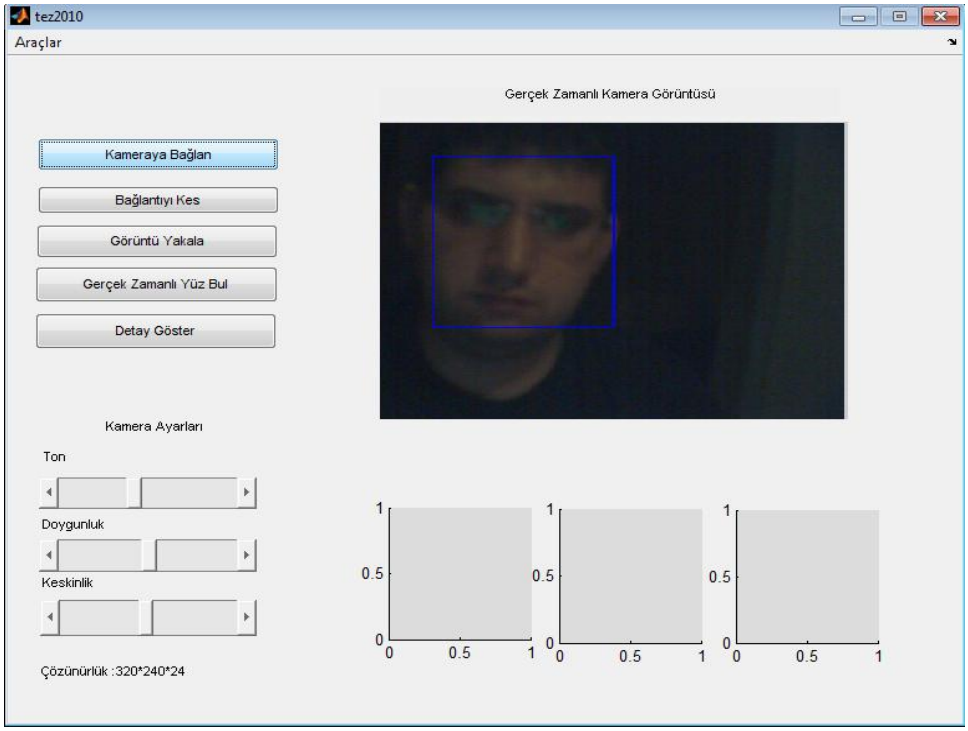
Kamera Ayarları : MATLAB Programlama dilinin imaqtool fonksiyonuna bağlı olarak videoinput öğesin temel özellikleri (Renk Özü, Doygunluk ve Sharpen) bir kaydırma çubuğu ile ekranda görüntünün oynanmasını sağlar.

Detay Göster: Uygulama çalışma esnasında boş bellek ve kullanılabilir bellek miktarını imaqmem den alarak kullanıcıya gösterir.

7.DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu bölümde iki ayrı sensor tipine sahip web kamerasından alınan görüntülerinin ışık değişimlerinde algoritmanın izlediği tutum incelenmiş belirli süreler de yapılan testlerde istatistiki notlar alınmıştır.

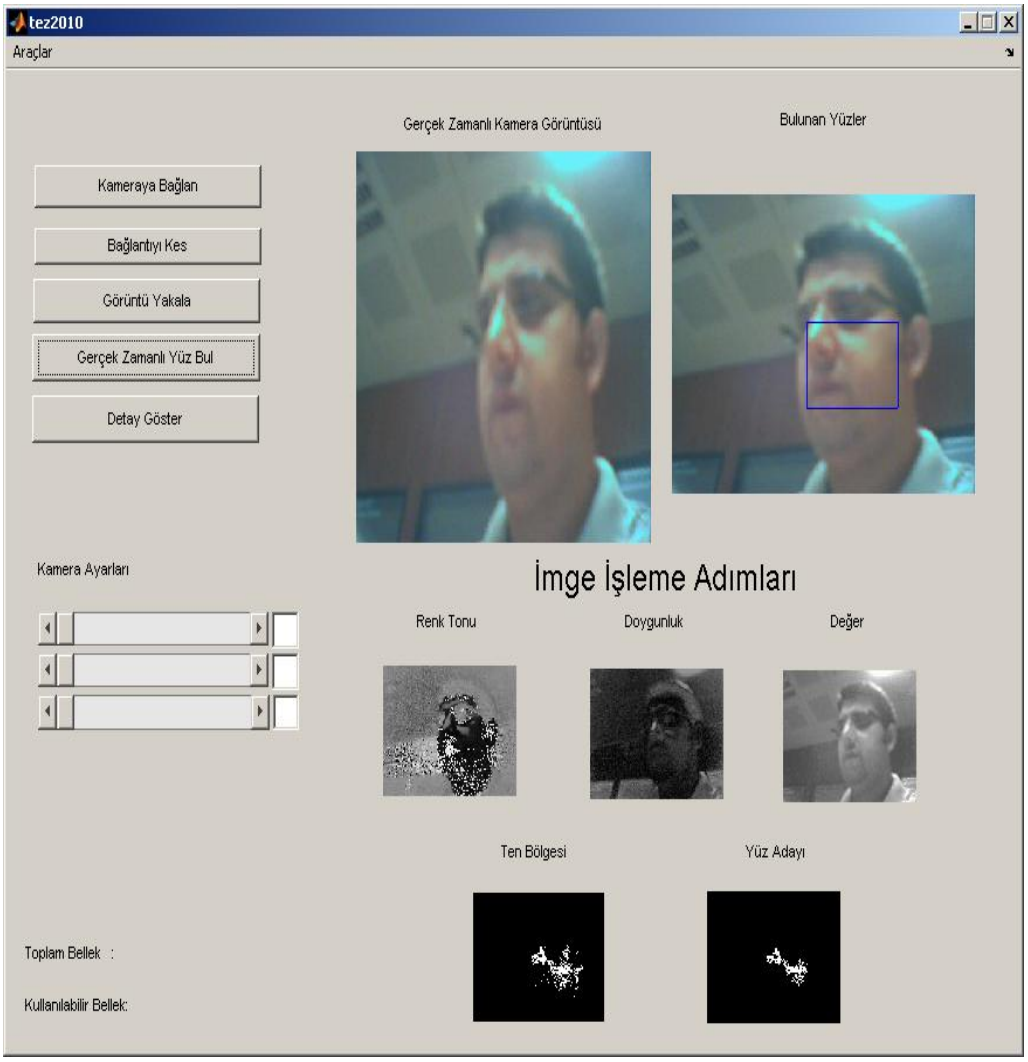
7.1. Düşük Çözünürlüklü Algılayıcı ve Düşük Işıkta Araştırma



Şekil 7.1.Düşük Işık Renkli Resimde Yüzün Bulunması

320 x 240 çözünürlükte 1/6 “ CMOS renk sensöründe 30 saniyelik bir görüntü de yüz bölgesi yakalanmış, yüz tespit işleminde ışık dışı faktörleri ortadan kaldırmak için ten dışı giysi giyilmiştir.

7.2. Düşük Çözünürlüklü Algılayıcı ve Yükseltilmiş Işıkta Araştırma



Şekil 7.2.Düşük Çözünürlüklü Algılayıcı ile Yükseltilmiş Işıkta Bulunan Aday

Yukarıdaki şekilde düşük çözünürlüklü algılayıcı üzerindeki LED'ler yardımıyla ışık değeri yükseltilmiş, fakat arka plan olarak ten rengini çağrıştıran bir ortam seçilmiştir.

Buna göre Renk Tonu ve Doygunluk için aşağıdaki formül kapsamında ;

Renk Tonu <0.10 veya Renk Tonu > 0.90
Doygunluk >0.20 veya Doygunluk <0.99

Çizelge 7.1. ‘de de görüleceği üzere değerlerin oynanmasıyla aday yüzün tamamen seçilmesi veya hiç seçilememesi durumları test edilmiştir.

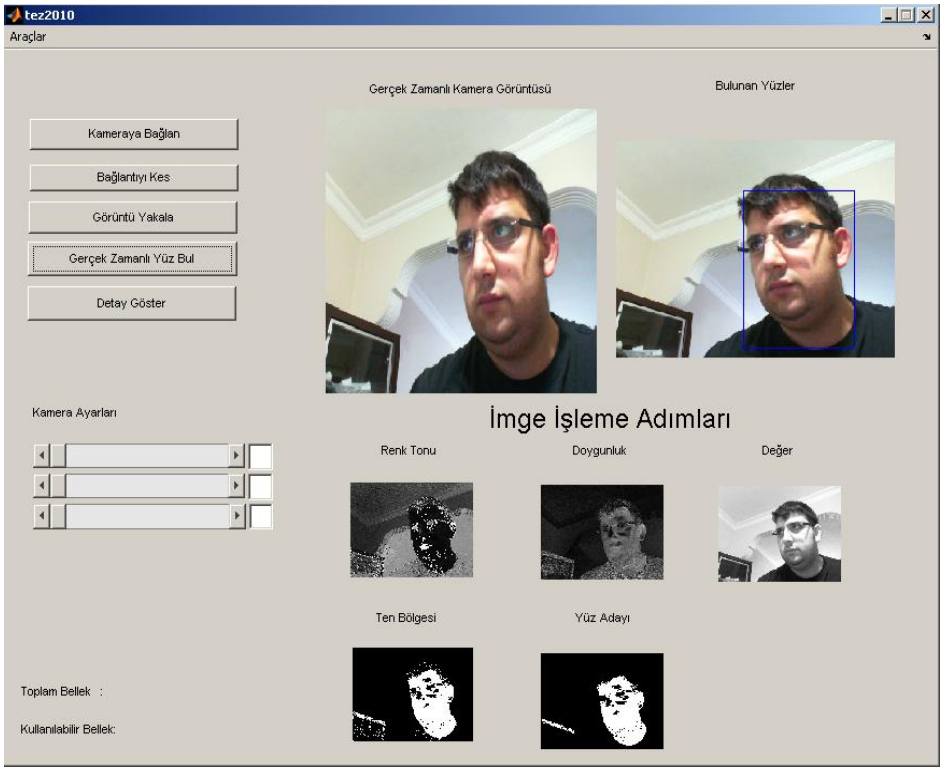
Çizelge 7.1. Farklı Algılayıcı Tiplerinde Işığın Etkisi

	Işık Durumu	Toplam Görüntü Sayısı	İşaretleme Yapılan Görüntü	Tepkisiz Durum	Doğru Tespit Edilen	Hatalı Tespit Edilen	Yüzde
Düşük Sensor Tipi	Zayıf Işık	30	9	21	5	4	16, 6667
	Normal Işık	30	16	14	8	8	26, 6667
	Kuvvetli Işık	30	24	6	16	8	53, 3333
Yüksek Sensor Tipi	Zayıf Işık	30	11	19	7	4	23, 3333
	Normal Işık	30	20	10	12	8	40
	Kuvvetli Işık	30	27	3	23	4	76, 6667

7.3. Yüksek Çözünürlüklü Algılayıcı ve Normal Işıkta Araştırma

HD özellikli ve saniyede 30 çerçeve örnekleyebilen kısmen daha iyi bir algılayıcıda yapılan çalışmalarda düşük algılayıcıya göre daha iyi başarım elde edilmiştir. (Bkz: Şekil 7.3.) Algılayıcı tipinin kendinden otomatik yakınlaştırma ve keskinleştirme işlevlerinin olması gürültülü alanların azalmasını sağlamış, ten bölgesi için sınırlanan alanların daha sağlıklı çalışmasını sağlamıştır. Bu kapsam da

yüksek algılayıcı kullanılarak normal ışıkta tekil ve çoğul kişilerin gerçek zamanlı yüz tespiti işlemi yapılmıştır.



Şekil 7.3.HD Kamera ile Normal Işıkta Algılanan Yüz Adayı

7.4. Yüksek Algılayıcı ve Normal Işıkta Çoğul Araştırma

Üsteki çalışmaya ek olarak aynı planda bir den fazla kişinin algılanıp algılanmayacağı araştırılmış, kişilerin 15 ile 30 cm mesafede düzgün bir şekilde algılanabildikleri fakat bir birine çok yapışık durumda ortak bir öğe olarak çizildiği görülmüştür. Normal ışıkta çoğul yüz adayı arama çalışmalarında %50 ve üzerinde başarım elde edilebilmiştir. (Bkz: Şekil 7.4.)



Şekil 7.4.HD Kamera ile Bulunan Birden Fazla Yüz Adayı

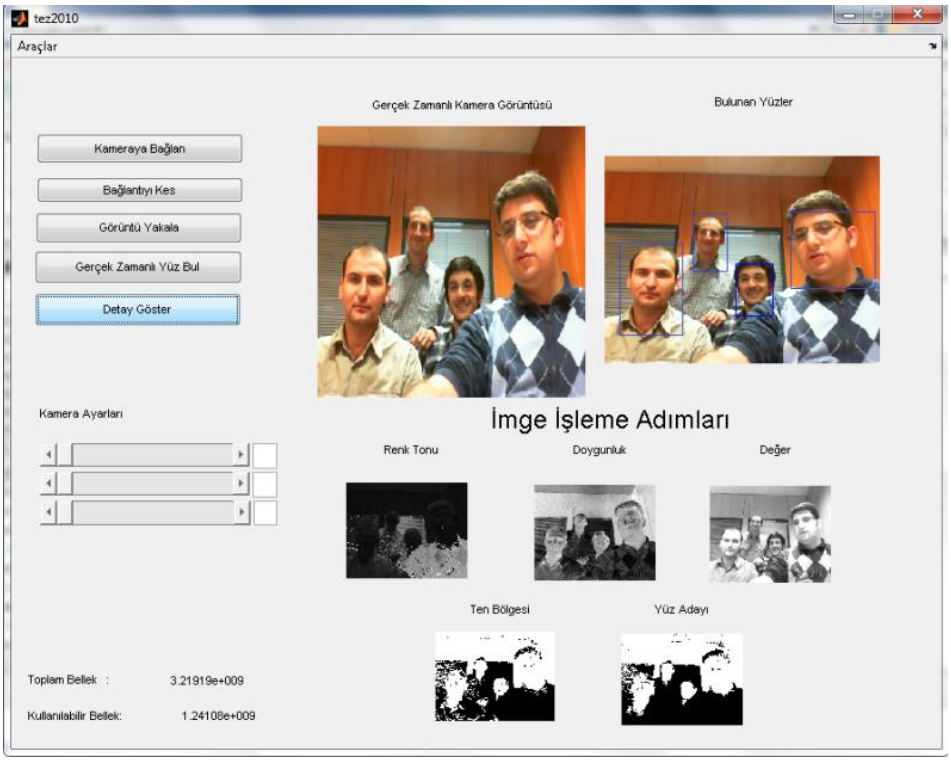
Yüksek ve Düşük Sensorlu kameralardan yapılan deneysel çalışmalar da bir veya daha fazla kişinin 30 görüntülük yakalama testinde düşük sensor en yüksek başarımını %36 ile sağlarken, yüksek sensor %66 'ya kadar çıkabilmiştir. (Bkz : Çizelge 7.2.)

Çizelge 7.2. Farklı Algılayıcı Tiplerinde Algılanan Kişi Sayısı

	Kişi Sayısı	Toplam Görüntü Sayısı	İşaretleme Yapılan Görüntü	Tepkisiz Durum	Doğru Tespit Edilen	Hatalı Tespit Edilen	Yüzde
Düşük Sensor Tipi	Tek Kişi	30	15	15	10	5	33,3333
	Birden Fazla Kişi	30	23	7	11	12	36,6667
Yüksek Sensor Tipi	Tek Kişi	30	22	8	16	6	53,3333
	Birden Fazla Kişi	30	28	2	20	8	66,6667

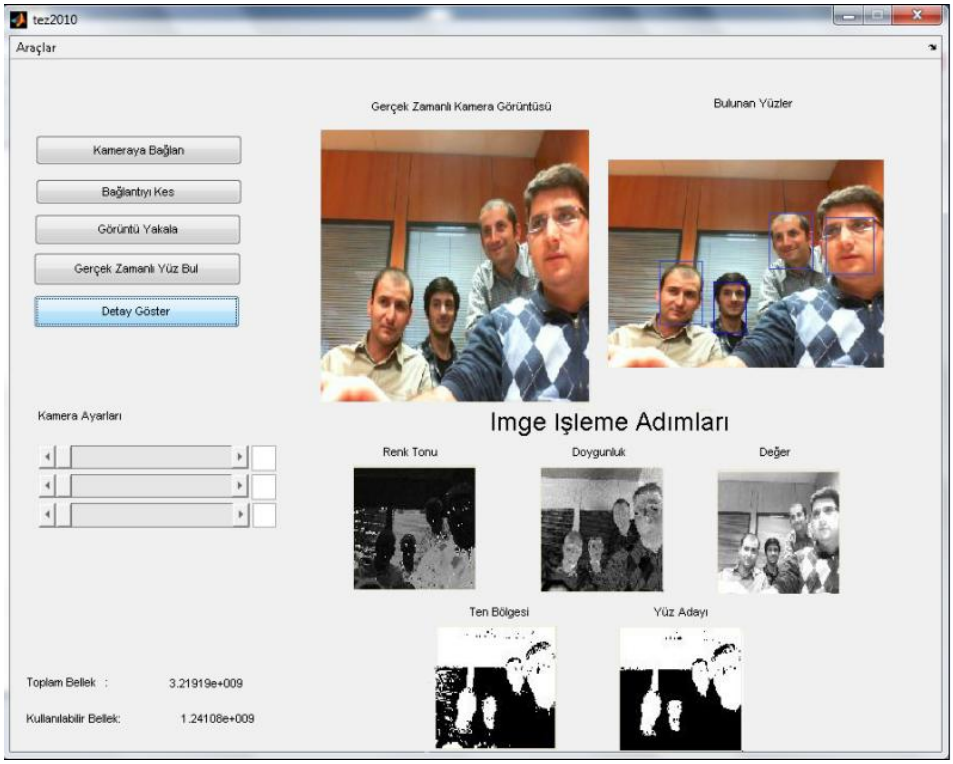
7.5.Zemin Rengi ve Işık Durumlarına Göre Çoğul Araştırmalar

Yüksek ve Düşük Çözünürlüklü kamerada ten rengine yakın zemin ve sarı-beyaz aydınlatmada yapılan çoğul (birden fazla kişi ve yüz adayı) çalışmalar da algılayıcı tipinin belirleyici faktör olduğu ve düşük çözünürlük kameradan yakalanan görüntü de renk durumlarının aynı algılanmasının sistemin genel kararlılığını etkilediği görülmüştür. Şekil 7.5 'de sarı beyaz ışık durumunda ten rengini çağrıştıran zeminde 30 saniyelik çekim süresinde 8 kez tüm yüz adayları ortamdan ayrılarak tespit edilebilmiştir.

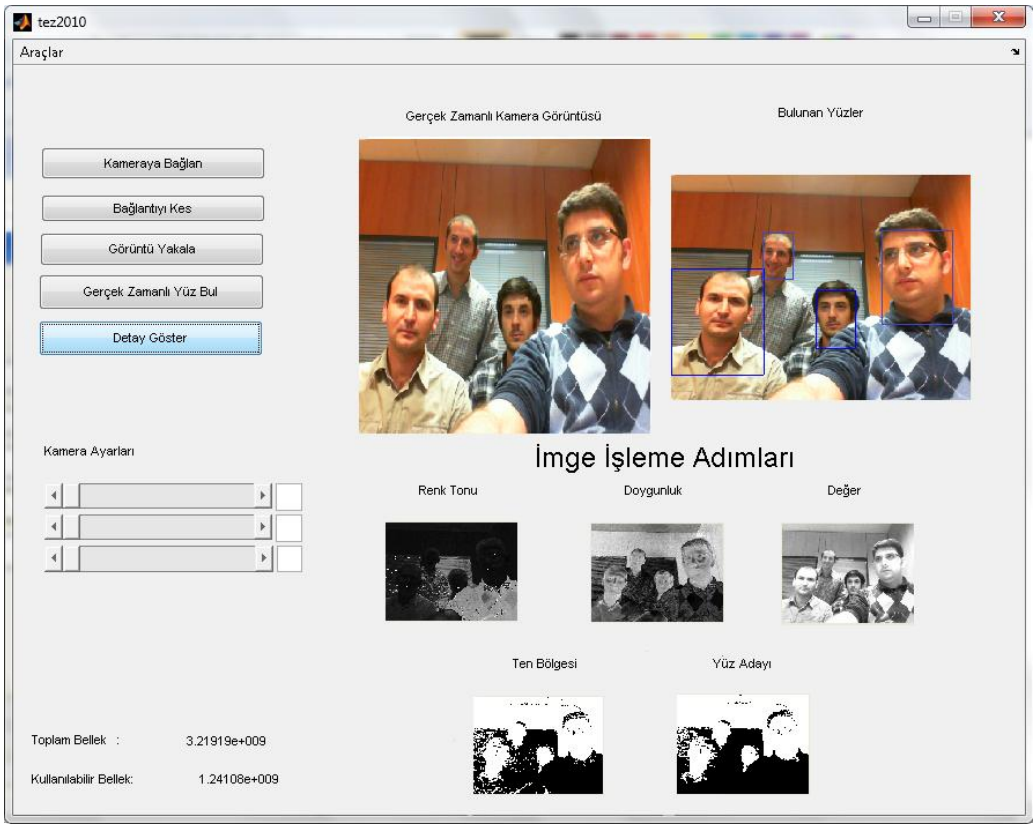


Şekil 7.5.Zemin Rengi ve Işık Durumuna Göre Çoğul Poz 1

Şekil 7.6 ve Şekil 7.7 de aynı ortamda değişik duruşlar da sistemin kararlılığı test edilmiş ve zemin renginin farklılığın sistemin genel karlılık düzeyi üzerine doğrudan etkisi görülmüştür. Şöyle ki Şekil 7.6 ve Şekil 7.7 de yüz aday bölgesinin arkasındaki perde kısmı ile ayırıcı duvar belirleyici faktörleri oluşturmuşlardır. Soldan ikinci yüz adayı her iki durumda da ten rengi aralığının dışında bir zeminde bulunması ve ölçeklenebilir yüz mesafesinde olması her iki resimde de sürekli olarak tespit edilmesini sağlamıştır. Soldan birinci yüz adayında ise zeminin ölçekleme parametresine olumsuz etkisi gözlemlenirken, soldan 3. ve 4. adayda ise saç unsurunun kapalı şekil oluşturmada ve ölçekleme yapılmasında avantaj sağladığı görülmüştür. 30 saniyelik test süresinde en ideal durum 5 kez yakalanmıştır.



Şekil 7.6.Zemin Rengi ve Işık Durumuna Göre Çoğul Poz 2



Şekil 7.7.Zemin Rengi ve Işık Durumuna Göre Çoğul Poz 3

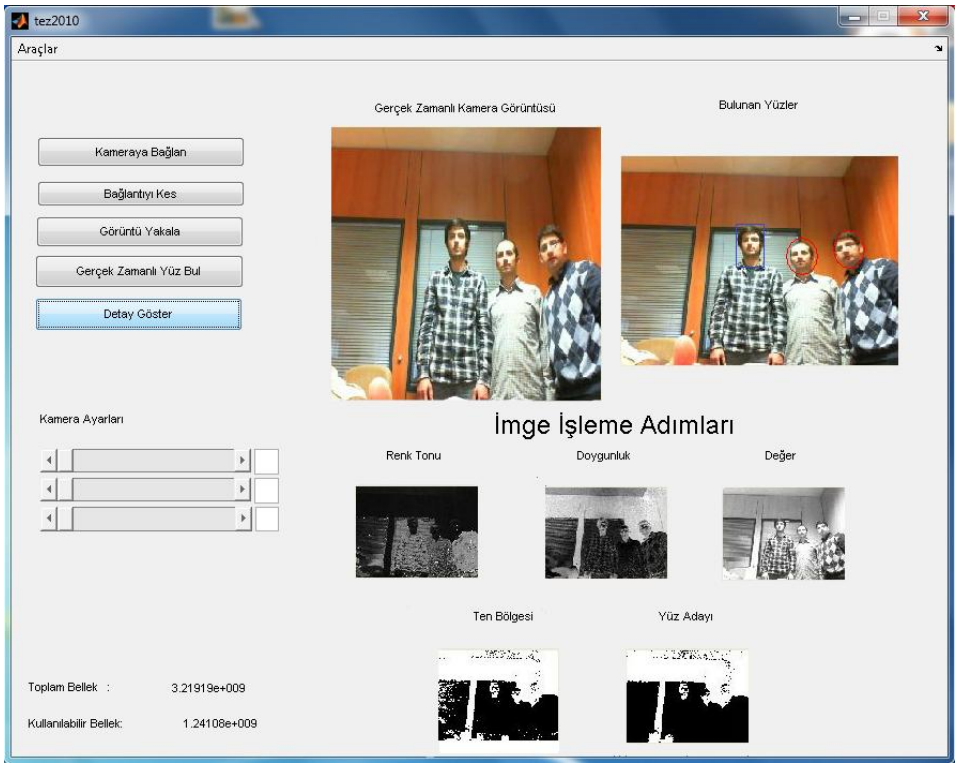
Her üç poz durumu için yapılan 30 saniyelik test süresinde ekrana gösterilen görüntü durumuna göre doğruluk yüzdeleri Çizelge 7.3. ‘de verilmiştir.

Çizelge 7.3.Poz Durumlarına Göre Algılanan Görüntü Sayısı

	Toplam Görüntü Sayısı	İşaretleme Yapılan Görüntü	Tepkisiz Durum	Doğru Tespit Edilen	Hatalı Tespit Edilen	Doğru Yüzde
Poz -1	30	8	8	8	14	26, 66667
Poz -2	30	5	7	5	18	16, 66667
Poz -3	30	5	4	5	21	16, 66667

7.6.Zemin Rengi, Işık ve Odak Uzaklığına Göre Çoğul Araştırmalar

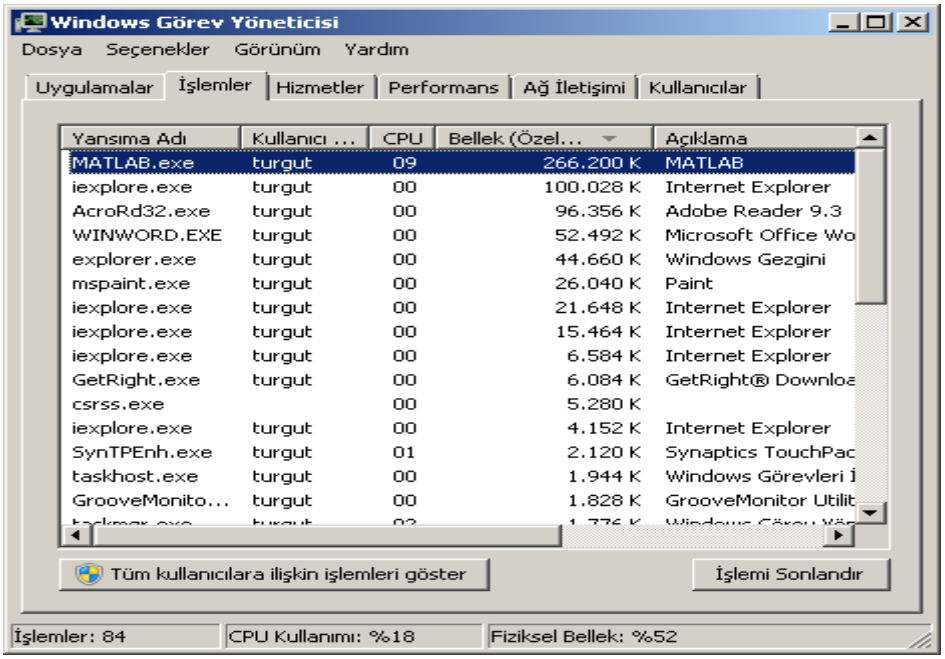
Zemin rengi ve ışık durumuna üçüncü bir argüman olarak kamera lensi ile adayların lense uzaklık durumları da test edilmiş olup lens den uzaklaşılan her cm de sistemin genel kararlılığı etkilenmiştir. Bu aşama da gene de ölçeklenebilen adaylar yüz olarak tespit edilebilmiştir. Bu bağlamda, görüş sahası için de zemin rengi, ten rengi uyumsuz aday kolaylıkla tespit edilebilirken, kırmızı ile işaretlenmiş ve bulundukları pozisyon itibariyle tespit edilememiş adaylar da ise olumsuzluk argümanı ikiye indirildiğinde (uzaklık, ışık) tespit edilebildikleri görülmüştür. (Bkz: Şekil 7.8)



Şekil 7.8.Zemin Rengi, Işık Durumu ve Lens Uzaklığına Göre Çoğul Poz

7.7. İşlemler Sırasındaki İşlemci ve Bellek Yükü

Tüm işlemler sırasında bellek ve işlemci yükü ölçülmüş ve belirgin bir artış olmadığı gözlemlenmiştir. Bilgisayarın tam yük altında çalışması durumunda kaynak kullanımı aşağıdaki şekildeki gibidir.



Şekil 7.9. Algoritma Çalıştırılması Sırasında CPU Kullanımı

8.SONUÇ ve GELECEK ÇALIŞMALAR

Bu tez çalışmasında renk uzayları (RGB, HSV) kullanılarak, insan tenine en yakın ve en kolay çözüm sunan HSV uzayına dönüşüm yapılmış, daha sonra insan ten ölçeği verilerek ten bölgeleri bulunmaya çalışılmıştır. Bulunan ten bölgelerinden yüz aday adayları, ölçeklenerek tahmini yüz bölgeleri tespit edilmiştir. Bu işlem sırasında CMOS entegreye sahip basit bir web kamerası kullanılmıştır. Kameradan iletişim USB portu ve MATLAB 'in kamera sürücüsü ile sağlanmıştır. Genel algoritma MATLAB 'in imge işleme araçlarıyla, kameradan görüntü elde edilmesi ve konfigürasyon ayarları ise gene MATLAB 'in imge elde etme araçlarıyla sağlanmıştır.

Ten renginin tespiti bir dizi karmaşık işlemin sonucu ortaya çıkarılmış olup, her aşamada algoritmanın ve sistemin sağlığı bozulabilmektedir. (Eşik değerinin yetersiz kalması, ölçek parametresi, ışık değişimi vs) Bu durumları ortadan kaldırabilmek ve ideal ortamı yakalamak için kamera sensörüne 30 cm den daha kısa mesafede olmak gerekmektedir. Ayrıca ten bölgesinden yüz bölgesini çıkarmak için yapılan etiketleme işlemi ışık değişiminden dolayı bazen tutarsız davranışlar sergileyebilmektedir. Kullanılan donanımın kalitesi, algılayıcı tipi, ortam ışığı bu davranışa başlıca neden olan parametrelerdir.

Dinamik arka plandaki dokunun karmaşıklığı, hareketin fazlalığı, ortam renklerinin ten rengine yatkınlığı kararlılığı bozabilmekte ölçek parametresi ile bu kararsızlığın bir kısmı algoritma tarafından püskürtülmesine karşın bir kısmı da yüz adayı olarak seçilebilmektedir. Bu kararsız durumun ortadan kaldırılması koşturulacak ikinci bir algoritma ile ortadan kaldırılabilir ancak işlem gücünde yavaşlamaya neden olabilir.

Her şeye rağmen bu tez için yapılan çalışma da yoğun matematiksel ve CPU gücü gerektirmeyen bir algoritma programlanıp, gerçek zamanlı olarak temel bir hareket algılama ve canlı görüntüde yüz bulma işlemin yapılması hedeflenmiştir.

Düşük ışık, düşük çözünürlük, farklı algılayıcı tipine sahip iki kamera, ortamda tek kişi, birden fazla kişi, ten rengine yakın zemin (Şekil 7.5 ve 7.6) ve faklı ortamlar da uygulama çalıştırılmıştır. Yakalanan karelerde yüz adaylarının hızlı bir şekilde bulunduğu bu sırada CPU kullanımının 8-25 bandında olduğu (Bkz: Şekil 7.9) görülmüştür. CPU kullanımına ana etken MATLAB Programlama dilinin kendi sürücüleridir.

Yazılımın yüz bölgelerinin işaretlenmesinden sonra sabit yüz noktalarının tespiti (göz, burun, ağız vbg.) ile kameradan alınan ekran görüntüsünün veritabanı bilgisi ile eşleştirilip kimlik belirleme işleminin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca kamera ve tipine bağlı olarak imaqtool 'un otomotize edilerek konfigürasyon ayarına gerek bırakılmadan uygulamanın çalıştırılması düşünülmektedir.

9.KAYNAKLAR

Agoston, G.A., 1987, “Color Theory and Its Application in Art and Design, ” Second Completely Revised and Updated Edition, Springer-Verlag, Berlin

Agoston , M.K., 2005. “Computer Graphics and Geometric Modeling: Implementation and Algorithms.” Agoston’s book contains a description of HSV and HSL, and algorithms in pseudocode for converting to each from RGB, and back again. London: Springer. ISBN 1-85233-818-0. Sayfa : 300–306.

Benarent,2000 http://www.benarent.co.uk/bog/uncategorized/the-golden-ratio-face/

Bradski, G., Kaehler, A., 2008, “Learning OpenCV: Computer Vision with the OpenCV” Library Oreilly ISBN : 978-0-596-51613-0 Sayfa 16-29

Bunting, F., 1998 “An Introduction to the History of Color, Color Theory, and Color Measurement “ Sayfa :8-15

Francis K.H., Mysliwiec, T., Zhao M., 1995 “Fingermouse: A freehand pointing interface”, Proc. Int. Workshop on Automatic Face- and Gesture-Recognition, Zurich, Switzerland, Sayfa : 372-377

Fridrich J., Goljan M., Du R., 2001 “Detecting LSB Steganography Color and Gray-Scale Images”, Magazine of IEEE Multimedia, Special Issue on Security, October-November issue, Sayfa: 22-28

Goshtasby, A., J. Cai., C. Yu., 1998 “Detecting human faces in color images”, Int. Workshop on Multi-Media Database Management Systems, Sayfa :124-131

Hardeberg, J. Y., 1999, "Acquisition and Reproduction of Colour Images: Colorimetric and Multispectral Approaches, PhD thesis, Ecole Nationale Superieure des Telecommunications" ISBN :1-58112-135-0 Paris.

Haro, A., Guenter, B., Essa, I., 2001. "Real-time, photo-realistic, physically based rendering of fine scale human skin structure." In 12th Eurographics Workshop on Rendering.

Harris A. C., I. L. Weatherall., 1999 "Objective evaluation of colour variation in the sand-burrowing beetle Chaerodes trachyscelides White (Coleoptera: Tenebrionidae) by instrumental determination of CIE LAB values". Journal of the Royal Society of New Zealand (The Royal Society of New Zealand)

Herodotou, N., Plataniotis K.N., Venetsanopoulos A.N., 1999 "Automatic location and tracking of the facial region in color video sequences", Signal Processing: Image Communication 14, Sayfa: 359-388.

Ishii, T., Yasuda, T., Toriwaki, J. 1993. "A generation model for human skin texture. In Proc. CG International" Sayfa: 139–150.

Jack K., 1995, "Video Demystified: A Handbook fort he Digital Engineer, 2nd edition", LLH Technology Publishing ISBN:187870723X

Kim Dae Hyun., Kim Myoung-Jun., 2006 "Skin Color Analysis in HSV Color Space and Rendering with Fine Scale Skin Structure, " Institute of Graphic Interfaces, South Korea.

Poynton C., 1999 "Frequently-Asked Questions about Color." http://www.engineering.uiowa.edu/~aip/Misc/ColorFAQ.html 15/09/2010

Saxe, D., Foulds R., 1996 "Toward robust skin identification in video images", 2nd Int. Face and Gesture Recognition Conf.

Sobottka, K., Pitas I., 1996 “Segmentation and tracking of faces in color images”, Second Int. Conf. Automatic Face and Gesture Recognition, Sayfa : 236-241

Smith, Alvy Ray, 1978 “Color gamut transform pairs”. This is the original paper describing the “hexcone” model, HSV. Smith was a researcher at NYIT’s Computer Graphics Lab. He describes HSV’s use in an early digital painting program. Computer Graphics Sayfa 12-19

Subutai A., 1994 “A usable real-time 3d hand tracker”, Conference Record of the Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, Sayfa : 1257-1261

Taylor, Stuart A , 1998, ”CCD and CMOS Imaging Array Technologies: Technology Review”

Tarini, M., Yamauchi, H., Haber, J., and Seidel, H.-P. 2002. “Texturing faces. In Graphics Interface” Sayfa: 89–98.

Terrillon J.C., Sihirazi, M.N., Fukamachi H., Akamatsu, S., 2000 "Comparative Performance of Different Skin Chrominance Models and Chrominance spaces for the Automatic detection of Human Faces in Color Images”, Proc IEEE International Conf. Face and Gesture Recognition Sayfa: 54-61

Telatar Z., 2009, “Video dizilerinde ayrıt sezmeye dayalı hızlı hareket kestirimi”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. J. Fac. Eng. Arch. Gazi Üniv.cilt 24, no 2, Sayfa: 245-255

Trémeau A., 2006 Lecture on “Color spaces and digital color“ Laboratoire LIGIV – Université Saint Etienne – France IPCV 2006 – Budapest

Tsumura, N., Ojima, N., Sato, K., Shiraishi, M., Shimizu, H., 2003. "Image-based skin color and texture analysis/synthesis by extracting hemoglobin and melanin information in the skin". In SIGGRAPH 2003, ACM, Sayfa: 770–779

Turk, M., A. Pentland., 1991, "Eigenfaces for recognition, " Journal of Cognitive Neuroscience, vol.3, no.1, Sayfa :71-86

Ünver, R., 2000, "Renk Görünüm Dizgeleri", 3. Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul, Sayfa 138-143.

Wikipedia : http://en.wikipedia.org/wiki/HSL_and_HSV

Wright, W.D., 2007 "Golden Jubilee of Colour in the CIE—The Historical and Experimental Background to the 1931 CIE System of Colorimetry". in János Schanda. Colorimetry. Wiley Interscience:10.1002/9780470175637.ch2. ISBN 9780470049044. (originally published by the Society of Dyers and Colourists, Bradford, 1981.) Sayfa 9–24

Wiskott, L., J..M Fellous, N. Krüger, C. Von der Malsburg, 1997 "Face recognition by elastic bunch graph matching", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Cilt.19, No.7, Sayfa :775-779

Zettl, H., 1992 "Television Production Handbook". Belmont, California: Wadsworth Company. ISBN :9780534004149 (Handbook)

Zhang, R., Tsai, P.-S., Cryer, J. E., and Shah, M. 1999. "Shape from shading: A survey. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence" 21 Sayfa: 690–706

Zukauskas A., M. S. Shur, R. Gaska, 2002 "Adapted from, Introduction to Solid State Lighting", Wiley (Handbook) ISBN: 978-0-471-21574-5

EK-A

Terimler Sözlüğü

G

Gamut: İlgili renk uzayında belirli bir durum olarak temsil edilebilen renk alt takımlarıdır.

K

Kozmetoloji : İnsan vücudunun epiderma, tırnaklar, kıllar, saçlar, dudaklar ve dış genital organlar gibi değişik dış kısımlarına, dişlere ve ağız mukozasına uygulanmak üzere hazırlanmış, tek veya temel amacı bu kısımları temizlemek, koku vermek, görünümünü değiştirmek ve/veya vücut kokularını düzeltmek ve/veya korumak veya iyi bir durumda tutmak olan bütün preparatları veya maddeleri inceleyen ve geliştiren bilim dalı

T

Tristimulus: İnsan gözünün renkleri algılama işlemini matematiksel olarak simüle edebilmek gayesiyle yapılan bir takım hesaplar sonucunda elde edilen X, Y ve Z renk koordinat bilgileri.

EK-B

Uygulama Kaynak Kodları

```
% RGB küpünden HSV uzayına dönüşüm Algoritması

function [h, s, v] = RGB2hsv (r, g, b)
switch nargin
  case 1,
     if isa (r, 'uint8'),
        r = double (r) / 255;
     elseif isa (r, 'uint16')
        r = double (r) / 65535;
     end
  case 3,
     if isa (r, 'uint8'),
        r = double (r) / 255;
     elseif isa (r, 'uint16')
        r = double (r) / 65535;
     end

     if isa (g, 'uint8'),
        g = double (g) / 255;
     elseif isa (g, 'uint16')
        g = double (g) / 65535;
     end

     if isa (b, 'uint8'),
        b = double (b) / 255;
     elseif isa (b, 'uint16')
        b = double (b) / 65535;
     end

  otherwise,
      error ('Yanlış Girdi Değerleri');
end

threeD =  (ndims (r)==3);

if threeD,
  g = r (:, :, 2);
  b = r (:, :, 3);
  r = r (:, :, 1);
  siz = size (r);
  r = r (:);
  g = g (:);
  b = b (:);
elseif nargin==1,
  g = r (:, 2);
  b = r (:, 3);
```

```
  r = r (:, 1);
  siz = size (r);
else
  if ~isequal (size (r), size (g), size (b)),
    error ('R, G, B değerleri aynı olmalıdır.');
  end
  siz = size (r);
  r = r (:); g = g (:); b = b (:);
end

v = max (max (r, g), b);
h = zeros (size (v));
s =  (v - min (min (r, g), b));

z = ~s;
s = s + z;
k = find (r == v);
h (k) =  (g (k) - b (k))./s (k);
k = find (g == v);
h (k) = 2 +  (b (k) - r (k))./s (k);
k = find (b == v);
h (k) = 4 +  (r (k) - g (k))./s (k);
h = h/6;
k = find (h < 0);
h (k) = h (k) + 1;
h= (~z).*h;

k = find (v);
s (k) =  (~z (k)).*s (k)./v (k);
s (~v) = 0;

if nargout<=1,
  if  (threeD || nargin==3),
    h = reshape (h, siz);
    s = reshape (s, siz);
    v = reshape (v, siz);
    h=cat (3, h, s, v);
  else
    h=[h s v];
  end
else
  h = reshape (h, siz);
  s = reshape (s, siz);
  v = reshape (v, siz);
end
```

%RGB den Gri Ölçek Moda Çevrim (Renk Özü/Doygunluk ve Aydınlatma Derecesi Bilgilerinin elenmesi) Geri dönüş değeri olarak gri ölçek renk haritası döner.

```
function I = RGB2gray (varargin)

X = parse_inputs (varargin{:});
origSize = size (X);
```

```
threeD =  (ndims (X)==3);

% RGB den griye hesaplama matrisi
T = inv ([1.0 0.956 0.621;
          1.0 -0.272 -0.647;
          1.0 -1.106 1.703
      ]
      );
coef = T (1, :)';

if threeD
  %3 boyutlu giriş matrisi şeklinden çıktı matrisin kurulması
  X = reshape (X (:), origSize (1)*origSize (2), 3);
  sizeOutput = [origSize (1), origSize (2)];

  % Dönüşüm Yap
  if isa (X, 'double') || isa (X, 'single')
    I = X*coef;
    I = min (max (I, 0), 1);
  else
      I = imlincomb (coef (1), X (:, 1), coef (2), X (:, 2), coef
      (3), X (:, 3),              class (X));
  end
  %Çıkış matrisinin doğrulanması
  I = reshape (I, sizeOutput);
else
  I = X * coef;
  I = min (max (I, 0), 1);
  I = [I, I, I];
end


function X = parse_inputs (varargin)

iptchecknargin (1, 1, nargin, mfilename);

if ndims (varargin{1})==2
  if  (size (varargin{1}, 2) ~=3 || size (varargin{1}, 1) < 1)
       eid = sprintf ('Uyarı:%s:Renk Haritası için geçersiz
      boyut', mfilename);
    msg = 'Harita 3 boyutlu dizi olmalıdır.';
    error (eid, '%s', msg);
  end
  if ~isa (varargin{1}, 'double')
    eid = sprintf ('Uyarı:%s:Geçersiz renk haritası',
mfilename);
    msg1 = 'Harita 3 boyutlu double tipinde olmalıdır.';
    msg2 = 'Haritayı IM2Double fonksiyonu ile double tipine
çeviriniz.';
    error (eid, '%s %s', msg1, msg2);
  end
elseif  (ndims (varargin{1})==3)
    if  ( (size (varargin{1}, 3) ~= 3))
      eid = sprintf ('Uyarı:%s:Geçersiz girdi parametresi',
mfilename);
      msg = 'RGB  mxnx3 boyutunda olmalıdır.';
```

```
            error (eid, '%s', msg);
          end
        else
          eid = sprintf ('Uyarı:%s:Geçersiz girdi değeri', mfilename);
          msg1 = 'Bu fonksiyon sadece 3 boyutlu bir matris ve MxNx3
        girdi parametresi ile çalışır.';
          msg2 = 'RGB.';
          error (eid, '%s %s', msg1, msg2);
        end
        X = varargin{1};

        %Mantıksal olmayan dizi
        if islogical (X)
          eid = sprintf ('Uyarı:%s:Geçersiz tip', mfilename);
          msg = 'Bu fonksiyon sadece mantıksal dizi girdilerinde
        kullanılabilir.';
          error (eid, '%s', msg);
        end
```

%Yüz Bul Algoritması

```
function yuz_bul ( image )
 global yuz_gurultu
 global ten_rengi;
 global min_yuzyuk;
 global max_yuzyuk;
 global min_yuzgen;
 global max_yuzgen;

    RGB = im2double ( image );
    HSV = RGB2hsv ( RGB );
    H = HSV ( :, :, 1 );
    S = HSV ( :, :, 2 );
    V = HSV ( :, :, 3 );

    % İstatiksel ten rengi değerlerini gir

    ten_goruntu_renkozu=  (H < 0.10) |  (H >  0.90);
    ten_goruntu_doygunluk=  (S >  0.20) &  (S < 0.69);
    ten_goruntu = ten_goruntu_renkozu& ten_goruntu_doygunluk;

    % Ten Rengi Temizle
    image_clean = bwareaopen ( ten_goruntu , yuz_gurultu );

    % Adayları ara
    imge_etiketle = bwlabel ( image_clean );
    bolge = regionprops ( imge_etiketle, 'BoundingBox' );
    bolge_say = length ( bolge );

    % Axes1 'e orjinal kamera görüntüsünü yansıt
    imshow ( image );

    % Aday sayısı kadar döngüye gir.
    for i = 1:bolge_say
        bolge_dizisi = bolge (i).BoundingBox;
        kutu_x= floor (bolge_dizisi (1))+1;
```

```
        kutu_y = floor (bolge_dizisi (2))+1;
        kutu_genislik = floor (bolge_dizisi (3))-3;
        kutu_yukseklik = floor (bolge_dizisi (4))-3;
        yuz_yukseklik =  (kutu_yukseklik < max_yuzyuk) &
(kutu_yukseklik > min_yuzyuk);
        yuz_genislik =  (kutu_genislik < max_yuzgen) &  (kutu_genislik
> min_yuzgen;);
        yuz_oran_l =  (kutu_genislik > kutu_yukseklik) &
(kutu_genislik < 2*kutu_yukseklik);
        yuz_oran_p=  (kutu_genislik < kutu_yukseklik) &
(2*kutu_genislik > kutu_yukseklik);


        if  (yuz_oran_l || yuz_oran_p) &&  (yuz_genislik &&
yuz_yukseklik)
            % Bulunan yüzleri kutu içine al
            kutu_ciz ( box_x, kutu_genislik, kutu_y, kutu_yukseklik,
ten_rengi );
        end

    end
```

%Yüz Adaylarının Seçilmesi

```
function kutu_ciz ( x, width, y, height, color )

    line ( [x x+width], [y y], 'Color', color );
    line ( [x x+width], [y+height y+height], 'Color', color );
    line ( [x x], [y y+height], 'Color', color );
    line ( [x+width x+width], [y y+height], 'Color', color );


function kamerayabaglanpb_Callback (hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to kamerayabaglanpb  (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data  (see GUIDATA)
%Kamera baglimi ?
  imaqreset
  info = imaqhwinfo ('winvideo')
  if isempty (info.DeviceIDs)
    msgbox ('Lütfen kamerayı usb portuna baglayiniz', 'Uyarı',
'error')
  end

%Kamera ayarları konfigrasyonu
global video;
%video = videoinput ( 'winvideo', 1, 'RGB24_320x240' );
%video = videoinput ('winvideo', 1, 'YUY2_320x240');
 video=videoinput ('winvideo', 1, 'YUY2_1280x720');
set (video, 'Tag', 'IZLE' );
set (video, 'TriggerRepeat', Inf );
set (video, 'FramesPerTrigger', 1);
set (video, 'ReturnedColorSpace', 'rgb');

video.FrameGrabInterval = 30;
cozunurluk = get (video, 'VideoResolution');
```

```
band_genisligi = get (video, 'NumberOfBands');

axes (handles.axes1);
hImage = image ( zeros (cozunurluk (2), cozunurluk (1),
band_genisligi) );
preview (video, hImage);
axis off
```

%Gui İçersinden Yüz Bul Fonksiyonunun Koşturulması

```
function yuzbul_Callback (hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to yuzbul  (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data  (see GUIDATA)

global yuz_gurultu
global ten_rengi;
global min_yuzyuk;
global max_yuzyuk;
global min_yuzgen;
global max_yuzgen;


% Kameradan alinan frame çözünürlüğü
% Not:ımaqtool dan alınan bu görüntü imaqhwinfo ile belirlenerek
secilecek.
alan_genislik = 320; %640
alan_yukseklik = 240; %480
yuz_gurultu = 500;
ten_rengi = [0 0 1];

%Tahmini cercevelenecek alanlar
min_yuzyuk= 0.15;  %%0, 15
max_yuzyuk= 0.75; %%0, 75
min_yuzgen= 0.10; %%0, 10
max_yuzgen= 0.75; %%0, 75

%Hesaplama degerleri
min_yuzyuk = min_yuzyuk*alan_yukseklik;
max_yuzyuk = max_yuzyuk*alan_yukseklik;
min_yuzgen; = min_yuzgen;*alan_genislik;
max_yuzgen = max_yuzgen*alan_genislik;


%Esik degeri
global video;
start (video);
i = 0;
while ( i<10000 )
    image = getdata ( video, 1 );

    RGB = im2double ( image);
%   y=image (:, :, 1);
%   u=image (:, :, 2)*2-255;
%   v=image (:, :, 3)*2-255;
%   image (:, :, 1)=y+u;
```

```
%    image (:, :, 2)= (y-0.51*u-0.19*v);
%    image (:, :, 3)= (y+v);
     HSV =rgb2hsv (RGB);
     H = HSV ( :, :, 1 );
     S = HSV ( :, :, 2 );
     V = HSV ( :, :, 3 );

    %TEN RENGİNİ BULABİLMEK İÇİN VERİLMİŞ İSTATİSTİKSEL DEĞERLER.
    %TEZ DE BU KONUYA DEGINILMISTIR.
    ten_goruntu_renkozu=  (H < 0.10) |  (H >  0.90);   %%010, 090
    ten_goruntu_doygunluk=  (S >  0.20) &  (S < 0.69);   %%0.20 , 0.99
    ten_goruntu = ten_goruntu_renkozu& ten_goruntu_doygunluk;
    a=imhist (ten_goruntu_H);
    image_clean = bwareaopen ( ten_goruntu , yuz_gurultu);


    %RENK ÖZÜ GÖRÜNÜMÜ
    axes (handles.axes2);
      imshow (H);
    axis off
    %DOYGUNLUK GÖRÜNÜM
    axes (handles.axes3);
      imshow (S);
    axis off
    %VALUES DEGERI -GRAY
    axes (handles.axes4);
      imshow (V);
    axis off
        %TAHMINI TEN BÖLGESİ
    axes (handles.axes5);
      imshow (ten_goruntu);
    axis off

    %ADAY YÜZLER
    axes (handles.axes7);
      imshow (image_clean);
    axis off

    %NORMAL GÖRÜNTÜ
    axes (handles.axes6);
     yuz_bul (image);
    axis off

    i = i+1;
end
```

%Kamera Bağlantısının Test Edilmesi

```
function camconnect_Callback (hObject, eventdata, handles)
% hObject    handle to camconnect  (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data  (see GUIDATA)

  imaqreset
  info=imaqhwinfo ('winvideo')
  if isempty (info.DeviceIDs)
    msgbox ('Lütfen kamerayı usb portuna baglayiniz', 'Uyarı',
'error')
```

```
  end

%Kamera ayarları konfigrasyonu
global video;
video = videoinput ( 'winvideo', 1, 'RGB24_320x240' );
set (video, 'Tag', 'IZLE' );
set (video, 'TriggerRepeat', Inf );
video.FrameGrabInterval = 30;
cozunurluk = get (video, 'VideoResolution');
band_genisligi = get (video, 'NumberOfBands');

axes (handles.axes1);
hImage = image ( zeros (cozunurluk (2), cozunurluk (1),
band_genisligi) );
preview (video, hImage);
axis off
```

%Bellek Detay Görünümü

```
function detayGosterPB_Callback (hObject, eventdata, handles)

% hObject    handle to detayGosterPB  (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data  (see GUIDATA)
 % imaqreset
  info = imaqhwinfo ('winvideo')
  if isempty (info.DeviceIDs)
    msgbox ('Lütfen kamerayı usb portuna baglayiniz', 'Uyarı',
'error')
  end

  A= imaqmem;
  set (handles.text10, 'String', A.TotalPhys);
  set (handles.text11, 'String', A.AvailPhys);

sliderValue = get (handles.slider1, 'Value');
set (handles.slider_editText, 'String', num2str (sliderValue));
guidata (hObject, handles);
```

%Bağlantının Kesilmesi

```
function Untitled_3_Callback (hObject, eventdata, handles)

% hObject    handle to Untitled_3  (see GCBO)
% eventdata  reserved - to be defined in a future version of MATLAB
% handles    structure with handles and user data  (see GUIDATA)
%msgbox ('USP portuna bağlı kamera bağlantısı kesilecek, tampon
bellekteki STREAM silinecektir!', 'Uyarı', 'error')
warndlg ('USP portuna bağlı kamera bağlantısı kesilecek, tampon
bellekteki STREAM silinecektir!', '!! Uyarı !!')
global video;
delete (video);
clear video;
clear all;
close all;
clc;
```

ÖZGEÇMİŞ

Turgut ÖZCAN, 1 Mart 1981 tarihinde İstanbul'da doğdu. İlk, Orta ve Lise eğitimini İstanbul'un çeşitli semtlerinde tamamladıktan sonra, 2003 yılında Trakya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümün de başladığı lisans eğitimini, 2007 yılında mezun olarak tamamlandı. Özel sektörde çeşitli kurumlarda, yazılım uzmanı ve uygulama geliştirici olarak yürüttüğü çalışmalarına paralel olarak, aynı yıl Trakya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans eğitimine başladı. Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesini' de yan dal olarak bitiren Turgut ÖZCAN halen bir kamu kuruluşunda tahakkuk, el bilgisayarı ve itiraz süreçlerinden sorumlu proje yöneticiliği ve yazılım uzmanı olarak görevini sürdürmektedir.