

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKILLI SİSTEMLERLE YÜZ İFADESİ TANIMA VE SİSTEM
OTOMASYONU

Serkan METİN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Anabilim Dalı: Elektronik Bilgisayar Eğitimi
Programı: Kontrol Eğitimi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Cafer BAL

2012

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKILLI SİSTEMLERLE YÜZ İFADESİ TANIMA VE SİSTEM OTOMASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Serkan METİN
(101131101)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 25 Mayıs 2012
Tezin Savunulduğu Tarih: 15 Haziran 2012

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Cafer BAL
Diğer Jüri Üyeleri: Yrd. Doç. Dr. Mehmet GEDİKPINAR
Doç. Dr. Sami EKİCİ



HAZİRAN-2012

ÖNSÖZ

Tez çalışmam esnasında her türlü desteği veren değerli danışmanım Yrd. Doç. Dr. Cafer BAL'a, araştırmalarımaya yardımcı olan Doç. Dr. Abdulkadir ŞENGÜR'e yardımlarından dolayı teşekkür ederim. Yüksek lisans süresince karşılaştığım tüm zorluklarda bana sonsuz destek veren sayın hocam Prof. Dr. Muammer GÖKBULUT'a verdiği destekten dolayı teşekkürü bir borç bilirim. Bu zorlu süreçte bana destek veren ve yanımda olan sevgili eşime teşekkürlerimi sunarım.

Serkan METİN

ELAZIĞ-2012

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET	IV
SUMMARY	V
ŞEKİLLER LİSTESİ	VI
KISALTMALAR LİSTESİ	IX
SEMBOLLER LİSTESİ	X
1. GİRİŞ.....	1
2. BİYOMETRİK SİSTEMLER.....	6
2.1. Biyometrik Yöntemler ve Çalışma Prensipleri.....	6
2.1.1. Parmak İzi Tanıma.....	8
2.1.2. İris Tanıma.....	9
2.1.3. Retina Tanıma	10
2.1.4. Damar Tanıma	10
2.1.5. Yüz Tanıma	10
3. YÜZÜN TEMEL ÖZELLİKLERİ	11
3.1. Yüz İfadelerinin Anlamları ve Yüzdeki Organların Değişimi	12
3.1.1. Mutluluk İfadesinin Oluşumu ve Yüzdeki Organların Değişimi	12
3.1.2. Üzüntü İfadesinin Oluşumu ve Yüzdeki Organların Değişimi	14
3.1.3. Öfke İfadesinin Oluşumu ve Yüzdeki Organların Değişimi	15
3.1.4. Korku İfadesinin Oluşumu ve Yüzdeki Organların Değişimi	16
3.1.5. İğrenme İfadesinin Oluşumu ve Yüzdeki Organların Değişimi	18
3.1.6. Şaşırma İfadesinin Oluşumu ve Yüzdeki Organların Değişimi	19
4. YÜZ BULMA YÖNTEMLERİ	21
4.1 Bilgi Tabanlı Yöntemleri.....	21
4.1.1 Farklı Çözünürlüklerde Odaklanma Yaklaşımı	21
4.1.2 Yatay / Dikey Projeksiyonlama Yaklaşımı	22
4.2 Özellik Tabanlı Yöntemler	23
4.3 Şablon Tabanlı Yöntemler.....	24
4.4 Görünüm Tabanlı Yöntemler	25
4.5 Ten Bulma Yöntemi	25

5.	YÜZ İÇİN ÖZNİTELİK ÇIKARMA YÖNTEMLERİ	28
5.1.	Geometrik Tabanlı Öznitelik Çıkarma Yöntemleri	28
5.1.1.	Optik Akış Algoritması	28
5.1.2.	Elastik Graf Eşleme	28
5.2.	Görüntü Tabanlı Öznitelik Çıkarma Yöntemleri	29
5.2.1.	Özyüz (Eigenface)	29
5.2.2.	Gabor Filtresi	31
5.2.3.	Yerel İkili Örnekler	33
6.	METODLAR VE BULGULAR	36
6.1.	Sobel Filtresi	39
6.2.	Aktif Şekil Modelleri İle Yüz Tespiti	40
6.3.	Temel Bileşenler Analizi İle Öznitelik Çıkarma	47
6.4.	Saklı Markov Modelleri İle Sınıflandırma	49
7.	DENEYSEL ÇALIŞMALAR	52
7.1.	Program Tarafından Otomatik Olarak Yüz İfadesi Tanılama	59
7.2.	Yetersiz Aydınlatma Koşullarında Yüz İfadesi Tanılama	63
7.3.	Yüz İfadeleri İle Sistem Kontrolü	67
8.	SONUÇLAR	70
	KAYNAKLAR	71
	ÖZGEÇMİŞ	76

ÖZET

Yüz ifadeleri, bir duygu ve düşüncenin kaş, göz, ağız ve yüz hareketleriyle anlatılmasıdır. İnsanlar bu ifadeleri anlamada herhangi bir problem yaşamaz. Yalnız bu işlemi bilgisayara yaptırmak oldukça zor bir süreçtir. Bu tez çalışmasında, altı temel yüz ifadesi olan şaşırma, korkma, iğrenme, mutluluk, öfke ve üzüntü ifadelerinin tanınması gerçekleştirilmiştir. Yüz ifadesi tanılama işleminin ilk basamağı görüntü içerisindeki yüz bölgesini bulmaktır. Bu işlem için ten rengi tabanlı yüz bulma yöntemi kullanılmıştır. Görüntüdeki yüz bölgesi tespit edildikten sonra yüze ait organların konumlarını belirlemek için yatay ve dikey histogram eşitleme metodu kullanılmıştır. Daha sonra, tespit edilen yüz bölgesindeki organların biçimlerini tanımlayan 66 tane özellik noktasından meydana gelen şablon yüz bölgesine yerleştirilmiştir. Yüz ifadelerinin oluşumunda yüzdeki organların değişimi bu noktalar yardımı ile takip edilmektedir. Her bir yüz ifadesi için altmışaltı noktadan oluşan şablonlar oluşturulmuştur. Bu şablonların hangisinin yüz ifadesine daha uygun olduğunun belirlenmesinde ve özellik noktalarının yüz ayrıtlarına taşınmasında aktif şekil modelleri yöntemi kullanılmıştır. Yüz ifadesi tanılama işlemi gerçek zamanlı yapılabilmesi ve/veya sürecin hızlandırılması için veri kümesinin kayıpsız veya olabildiğince az kayıpla küçültülmesi gerekir. Bu amacı gerçekleştirmek için temel bileşenler analizi yöntemi kullanılmıştır. İşlenecek veri boyutunun azaltılmasından sonra, yüz ifadesi sınıflandırması için akıllı sistem olan Saklı Markov Modeli kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aktif Şekil Modelleri, Akıllı Sistemler, Saklı Markov Modeli, Temel Bileşenler Analizi, Yüz İfadelerinin Tanınması

SUMMARY

FACIAL EXPRESSION RECOGNITION BY USING INTELLIGENT SYSTEMS AND SYSTEM AUTOMATION

Facial expressions are described as the motion of eye, eyebrow, mouth and face to express a sentiment or an idea. Human beings do not have a problem to understand them however it is very complicated procedure to make computer to understand these motions. In this thesis six fundamental facial expressions; surprise, fear, disgust, joy, anger and sadness are classified with smart systems. The first step of facial recognition is to find facial region on the image. For this process skin color based face detection method is used. After facial region is detection, to find the position of organs on the face, vertical and horizontal projection histogram method is used. Then, the template which is constituted by sixty-six characteristic points that describe the shape of the organs on the detected facial region is placed on the facial region. In the occurrence of facial expression, the change of organs on the face is tracked with the aid of these points. For each facial expression, templates are constituted from these sixty-six points. Active Shape Models are used to determine which template is more suitable for the facial expression and to relocate the characteristic point to face edge. In order to do face detection process real time or/and to accelerate the process, data cluster should be minimized without loss or/and with minimum loss. To achieve this aim, Principal Component Analysis is used. After reduction of data that will be processed, to classify facial expression one of the intelligent systems Hidden Markov Model is used.

Key Words: Active Shape Models, Intelligent Systems, Hidden Markov Model, Principal Component Analysis, Facial Expression Recognition.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. (a)Yay (Arch) (b) Döngü (Loop) (c) Helezon (Whorl).....	9
Şekil 3.1. Kadın ve erkeklerde temel yüz oranları	11
Şekil 3.2. Mutluluk hafif olduğu durumdaki ağız ve dudakların değişimi	12
Şekil 3.3. Mutluluk durumdaki ağız ve dudakların değişimi	13
Şekil 3.4. Mutluluk.....	14
Şekil 3.5. Üzülme durumdaki ağız ve dudak şekli	14
Şekil 3.6. Üzüntü	15
Şekil 3.7. Öfke durumunda ağızın şekli	15
Şekil 3.8. Öfke.....	16
Şekil 3.9. Korku anındaki ağız şekli.....	17
Şekil 3.10. Korku	17
Şekil 3.11. İğrenme anında ağızın şekli	18
Şekil 3.12. İğrenme	19
Şekil 3.13. Şaşkınlık durumunda ağız yapısı	19
Şekil 3.14. Şaşırma.....	20
Şekil 4.1. Farklı çözünürlüklerde odaklanma yaklaşımı	22
Şekil 4.2. Histogram eşitleme ve kenar tespiti işlemi	22
Şekil 4.3. Yatay / dikey projeksiyonlama	23
Şekil 4.4. Özellik tabanlı yüz bulma yöntemi özellik dikdörtgenleri.....	23
Şekil 4.5. Özellik dikdörtgenlerinin görüntü üzerinde uygulanması örneği	24
Şekil 4.6. Şablon tabanlı yöntem.....	25
Şekil 4.7. YCbCr renk uzayında yüz bulma.....	26
Şekil 4.8. HSI uzayında yüz bulma	27
Şekil 5.1. Elastik demet grafi eşleme yöntemi – İşaretlenmiş noktalar	29
Şekil 5.2 Eğitim kümesi	30
Şekil 5.3. Özyüz	31
Şekil 5.4. Kompleks Gabor fonksiyonunun reel (Üst) kısımları.....	32
Şekil 5.5. Kompleks Gabor fonksiyonunun sanal (Alt) kısımları	33
Şekil 5.6. Gabor Filtre Bankası Sistemi	33
Şekil 5.7. Dairesel simetrik komşu ayarları.	34
Şekil 5.8. 3x3 komşuluklu YİÖ kodu hesaplaması	34

Şekil 5.9. YİÖ ile yüz algılama işlem adımları, (a) Bölütleme işlemi, (b) YİÖ kodu 35	35
çıkarma, (c) Histogram eşikleme..... 35	35
Şekil 6.1. Orijinal resim gri seviyeye çevirme 36	36
Şekil 6.2. Dikey ve yatay çizgilerle özellik noktaları 37	37
Şekil 6.3. Yüz resminde altın oranının bulunduğu bazı noktalar belirtilmiştir. 38	38
Şekil 6.4. Yüzlerin özellik noktalarının belirlendiği resimler yer almaktadır. 39	39
Şekil 6.5. (a) Orijinal resim (b) Sobel Filtresi ile kenarları çıkarılmış resim..... 40	40
Şekil 6.6. Bireysel görünüm 40	40
Şekil 6.7. Yüz ifadeleri..... 40	40
Şekil 6.8. Işık efektleri 41	41
Şekil 6.9. 3D poz 41	41
Şekil 6.10. Eğitim örnek seti 41	41
Şekil 6.11. Üçgen bölge 42	42
Şekil 6.12. Hesaplanan modele göre şeklin düzeltilmesinden sonra elde edilen yeni şekli gösterir. 43	43
Şekil 6.13. Birinci temel bileşen (gri) varyasyonları ile ortalama yüz (siyah)..... 44	44
Şekil 6.14. Uygun profili arama işlemi 45	45
Şekil 6.15. Mahalanobis mesafesi ile görüntünün işaretlenmesi 46	46
Şekil 6.16. Yüz bölgesindeki özellik noktalarını işaretlenmesi 46	46
Şekil 6.17 (a) Örnek veri seti (b) TBA ile hesaplanan yeni veri seti 47	47
Şekil 7.1. Programa ait arayüz ekranı..... 52	52
Şekil 7.2. Mutluluk yüz ifadesine ait görüntü 53	53
Şekil 7.3. Yüz bölgesi bulma 54	54
Şekil 7.4. Yüz öznelik noktalarının işaretlenmesi..... 55	55
Şekil 7.5. Üzgün yüz ifadesi için çıkarılmış şablon 56	56
Şekil 7.6. Mutluluk yüz ifadesi için çıkarılmış şablon 56	56
Şekil 7.7. Öfkeli yüz ifadesi için çıkarılmış şablon..... 57	57
Şekil 7.8. Korku yüz ifadesi için çıkarılmış şablon..... 57	57
Şekil 7.9. İğrenme yüz ifadesi için çıkarılmış şablon..... 58	58
Şekil 7.10. Şaşırma yüz ifadesi için çıkarılmış şablon 58	58
Şekil 7.11. Şaşırma yüz ifadesini tanılama 59	59
Şekil 7.12. Öfke yüz ifadesini tanılama 60	60
Şekil 7.13. Mutlu yüz ifadesini tanılama..... 61	61

Şekil 7.14. Üzüntü yüz ifadesini tanılama.....	61
Şekil 7.15. Korku yüz ifadesini tanılama	62
Şekil 7.16. İğrenme yüz ifadesini tanılama	63
Şekil 7.17. Yetersiz aydınlatma koşulunda iğrenme yüz ifadesini tanılama.....	64
Şekil 7.18. Yetersiz aydınlatma koşulunda şaşırma yüz ifadesini tanılama.....	64
Şekil 7.19. Yetersiz aydınlatma koşulunda mutlu yüz ifadesini tanılama	65
Şekil 7.20. Yetersiz aydınlatma koşulunda öfke yüz ifadesini tanılama.....	65
Şekil 7.21. Yetersiz aydınlatma koşulunda üzgün yüz ifadesini tanılama	66
Şekil 7.22. Yetersiz aydınlatma koşulunda korku yüz ifadesini tanılama	66
Şekil 7.23. Program otomasyonu çalıştırma.....	67
Şekil 7.24. Şaşırma yüz ifadesi ile program açma	68
Şekil 7.25. Mutluluk yüz ifadesi ile program açma	69
Şekil 7.26. Üzgün yüz ifadesi ile program açma.....	69

KISALTMALAR LİSTESİ

TBA	: Temel Bileşen Analizi
BBA	: Bağımsız Bileşen Analizi
k-EYK	: k-En Yakın Komşu
KDM	: Karar Destek Makinesi
YİÖ	: Yerel İkili Örnekler
PSA	: Pencereci Seyrek Ağ
YSA	: Yapay Sinir Ağları
ART	: Adaptif Rezonans Teorisi
SMM	: Saklı Markov Modeli
AŞM	: Aktif Şekil Modeli
KO	: K-ortalama
BCO	: Bulanık C-ortalama
YEB	: Yüz Eylem Birimi
EDGE	: Elastik Demet Graf Eşleme

SEMBOLLER LİSTESİ

σ_x	: x eksenindeki Gauss zarfının standart sapma
σ_y	: y eksenindeki Gauss zarfının standart sapma
F	: Sinosoidal dalganın frekansıdır.
V	: Özvektör
λ	: Özdeğer
g	: profil vektörü
$\bar{g}$	: Üst profili modeline ait ortalama profil
S_g	: Kovaryans matris

1. GİRİŞ

İletişim insanların karşılıklı olarak duygu ve düşüncelerini paylaştıkları bir süreçtir. Bu süreç içerisinde yoğunluklu olarak sözel iletişim kullanılmakla beraber insanlar bu sürece daha fazla etki katmak için yüz ifadelerini de etkin bir şekilde kullanmaktadır. İletişim esnasında kişiler yüz ifadeleri ile duygularını karşı tarafa rahatlıkla aktarabilmektedir. Sessiz iletişimin en temel unsurları el işaretleri, jest ve mimiklerdir.

Yapılan araştırmalarla insan mimiklerinin iki temel duygu olan ağlama ve gülme mimiklerinin üzerine olduğu tespit edilmiştir [1]. Mutluluk, korku, öfke, şaşırma, iğrenme ve üzüntü olmak üzere temel altı adet mimik vardır. Bunlar. Bu temel yüz ifadeleri kimi zaman birkaçı bir arada yüze yansıyabilir. Yüz ifadelerindeki hızlı değişiklikler bazen mimikleri gözlemede güçlükler doğurabilmektedir [2]. Bu hızlı değişimden dolayı mimikleri ayırmak insan için dahi kolay olmayabilir. Böyle bir problemin bilgisayarda çözülmesi de oldukça zordur.

Yüz ifadelerinin bilgisayar ortamında tanımlanabilmesi, yüz ve yüz hareketlerini belirleme olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilir. Birinci aşamada, görüntü içerisindeki yüzün bulunması işlemi gerçekleştirilir. Yüzün bulunmasında kullanılan görüntünün kalitesi yüz tespiti işlemini etkileyen en temel unsurdur. Özellikle video görüntülerinde çözünürlük değerlerinin istenilen kalitede olmaması yüz bulma işlemini zorlaştırmaktadır. Diğer olumsuzluklar ise yüz tespiti yapılacak olan görüntülerin hareketli olmasından dolayı yüzün tam olarak algılanamaması ve yüze vuran ışığın sebep olduğu gölgelenmelerdir. Bu olumsuzluklar yüz bulma yöntemlerinden sadece birinin tek başına yetersiz kalmasına sebep olmaktadır. Örneğin [3]'te, sık kullanılan Ten Bulma Yöntemlerinden, Mikolajczyk yöntemi ile Rowley yöntemi karşılaştırılmış ve bu yöntemlerin tek başına tam anlamıyla başarılı sayılamayacağı görülmüştür. [4]'te, Polinomik Çekirdek Fonksiyonlu Destek Vektör Makinesi, Radyal Tabanlı Çekirdek Fonksiyonlu Destek Vektör Makinesi ve Öklit Mesafesi yöntemleri kullanılarak yüz bulma işlemini gerçekleştiren çalışmalar yapılmıştır [4].

Yüz bulma işleminin ardından, gereksiz verilerle zaman kaybını engellemek için, öznetelik çıkarma işleminin gerçekleştirilmesi gerekir. Görüntü işlemede kullanılan öznetelik çıkarma yönteminin genel amacı birbirine en çok benzeyen gruplar oluşturmaktır. Bunun için kümeleme (sınıflama) işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Bu işlem için oldukça yaygın kullanılan algoritma K-ortalama (KO) yöntemidir. Bu yöntemin olumsuz

yanı üyelik fonksiyonun sadece 0 ve 1 değerlerini almasıdır. KO yönteminin olumsuzluklarını gidermek için Bulanık C-ortalama (BCO) yöntemi geliştirilmiştir [5].

Örüntü tanıma yöntemlerinden olan k-En Yakın Komşu (k-EYK) ve Karar Destek Makinesi (KDM) yöntemleri ile birlikte kullanılan Temel Bileşen Analizi (TBA), Bağımsız Bileşen Analizi (BBA) gibi öznitelik çıkarma yöntemler ile özniteliklerin tamamını içeren fakat boyutu daha az olan yeni veri setleri elde edilmektedir [6].

Örüntü tanıma sistemlerinde öznitelik çıkarma işlemlerinden sonra bu verilerin sınıflandırılması gerekmektedir. Yüz bulma işlemlerinde olduğu gibi sınıflandırma yapılırken de hiçbir yöntem tek başına istenilen sonucu verememektedir. Bunun için sınıflandırma işlemi yapılırken de farklı sınıflandırma metotları bir arada kullanılmalıdır. Sebe ve ekibinin geliştirmiş olduğu Yüz Eylem Birimi (YEB) yöntemini kullanarak çıkarılan veriler, Benzier parametreleri türüne dönüştürerek bir öznitelik vektörü oluşturmuştur. Bu verileri KDM, k-YK gibi farklı sınıflandırıcılarla test edilerek sonuç değerlerinin analizi yapılmıştır [8,9]. Farklı sınıflandırma yöntemleri kullanılarak yapılan bir diğer çalışmada da Saklı Markov Modeli (SMM) ve yapay sinir ağları (YSA) birlikte kullanılmıştır [7].

YSA, bilgisayarlara insan beyni gibi düşünme yeteneği kazandırılabilir. Bu yetenek ile eğitilen bir sistem, problemlere kendi kendine çözüm üretebilmektedir. Bu gelişmeler doğrultusunda YSA ile mimik tanıma çalışmalarına uzun bir süredir devam edilmektedir. 2006 yılında yapılan bir çalışmada YSA ile yüz tespiti için genel renk sınıflayıcı ile CAMSHIFT algoritması birleştirilerek kullanılmıştır [10]. YSA kullanılarak yapılan bir diğer çalışmada ise TBA yöntemi ile oluşturulmuş özyüzler yöntemi kullanılmıştır [11]. Yapılan bu çalışmada yüze ait temel bileşenler farklı yüzlerden elde edildikten sonra test edilecek yüz elde edilen bu değerlerin birleşimi olarak tanımlanmıştır.

YSA ve örüntü tanıma alanlarında yapılan çalışmalar hiçbir sınıflandırma yönteminin en iyi yöntem olarak kabul edilemeyeceğini göstermiştir. Bu nedenle farklı sınıflandırma yöntemleri bir arada kullanılarak istenilen maksimum doğruluk değerlerinin bulunulmasına çalışılmıştır. Bu amaçla çalışmada farklı sınıflandırma yöntemlerine uygulanan aynı verilerin sonuçları Öklit uzaklıkları yöntemi ile normalize edilerek bulunmuştur. Kullanılan birleştirme yöntemi ile otomatik sınıflandırma yapılmıştır [12] .

Mimik tanıma işlemi için ikinci aşama yüz hareketlerindeki değişimlerin takip edilmesidir. Mimik hareketlerinin tespiti için kullanılan yöntemlerden birisi Yerel İkili

Örnekler (YİÖ) yöntemidir. Bu yöntem ile mimiklere ait en küçük ayrıntılar tespit edilebilmektedir [13].

Mimik tanıma işlemlerinde farklı metotlar bir arada kullanılarak yapılan çalışmalardan biri de eğri uydurma yöntemidir. Bu yöntemde İskelet ve Spur filtrelerinin uygulandığı resimden yeni koordinat değerleri elde edilir. Bu değerler kullanılarak yüzdeki değişimin hangi yüz ifadesine yakın olduğu bulunur [14].

Gerçek zamanlı insan mimik hareketlerini tespit için yapılan çalışmada Aktif Şekil Modelleri (AŞM) üzerinde nirengi noktalarının takip edilmesi yöntemi ile mimik tespiti yapılmıştır. AŞM'ye bağlı olarak Arı ve Akarun tarafından geliştirilmiş olan sistemde nirengi noktalarının takibi yapılarak zaman içerisindeki konumları tespit edilerek SMM'ne göre sınıflandırılmıştır [15].

Yüz ifadelerinin tespitini ilk olarak 1978'de Suwa görüntüler üzerinde belirlenen 20 noktanın takibini kullanarak yapmıştır [16,17]. Rothkrantz ve Pantic, ön ve yan cephelerden çekilmiş olan fotoğraflar üzerinde çalışma yapmıştır [18]. Fotoğraflar üzerinde 19 nirengi noktası belirlemişlerdir. Bu noktaları kural tabanlı yaklaşımla analiz ederek sınıflandırma yapmışlardır. Yüz ifadelerinin tespitinde Mase optik akış yöntemini kullanmıştır [19]. Petland ve Essa, yaptıkları çalışmada optik akış yöntemi ile sınıflandırma yapmışlardır [20]. Otsuka, SMM kullanarak yüz ifadelerinin sınıflandırılmasını gerçekleştirmişlerdir [21]. Martinez, SMM kullanarak yüz görüntülerinin tam görünmediği durumlar için sınıflandırma çalışmaları yapmıştır [22]. Yacoob ve Black, görüntüdeki değişimleri tespit ederek elde ettiklerin değerlerden yüz ifadelerini sınıflandırmışlardır [23].

Donato ve ekibinin geliştirmiş olduğu Yüz Eylem Kodlama Sistemi ile öznelik çıkarma yöntemlerinden TBA, BBA, yerel özellik analizi ve liner diskriminant analizi yöntemleri kullanılarak yüz ifadelerinin tespiti yapılmıştır [24]. Davis, Rosenblum ve Yacoob, Radyal temelli fonksiyon ağı kullanarak yüz ifadesi tespiti yapmışlardır [25]. Pantic ve Valstar, GentleBoost algoritmasını kullanarak 20 nirengi noktası belirlemişlerdir [26]. Bu noktaların sınıflandırmasını KDM yöntemi ile yapmışlardır. Pitas ve Kotsia, yüze Candide düğümlerini geometrik temelli yöntemlerle yerleştirmişlerdir. Bu düğümlerin yüz ifadelerinin oluşumu sırasındaki bozulmalarını inceleyerek KDM ile sınıflandırmışlardır [27].

Tian, Kanade ve Cohn, yüz ifadelerini sınıflandırmak için kalıcı yüz özellikleri (kaşları, gözler, ağız) ve geçici yüz özelliklerini bir arada kullanan otomatik yüz analizi

sistemi geliştirmişlerdir [28]. Yeasin, Bullot ve Sharma, temel yüz ifadelerini sınıflandırmak için uzamsal-zamansal bir yaklaşım geliştirmişlerdir [29]. Yacoob ve Black, yüz ifadelerini sınıflandırmak için göz ve ağız bölgelerinin hareketlerini takip etmişlerdir. Bu işlem için kural tabanlı yaklaşımları kullanmışlardır [30]. Omlin ve Whitehill, Haar özellikleri ve AdaBoost ilerletme algoritmasını kullanarak yüz ifadelerini sınıflandırmışlardır [31].

Lyons, otomatik olarak etiketlenmiş elastik grafik eşleme, 2D Gabor dalgacığı ve lineer diskriminant analizine dayalı yüz görüntüleri sınıflandırmak için bir yöntem geliştirmişlerdir [32]. Dyer ve Guo, resim üzerinde işaretledikleri 34 nirengi noktasından Gabor dalgacıkları yöntemi ile öznitelik değerleri çıkarmışlardır. Bu öznitelik değerlerini de basitleştirilmiş bir Bayes sınıflandırıcı, destek karar makinesi ve AdaBoost ilerletme algoritmasında kullanarak sınıflandırma yapmışlardır [33]. Patras ve Pantic, parçacık filtreleme metodunu kullanarak yandan çekilmiş fotoğraflar üzerinden sınıflandırma yapmışlardır [34]. Ji ve Zhang, görüntü dizilerinde modelleme ve yüz ifadelerinin zamansal davranışlarını tespit etmek için Dinamik Bayes Ağları (DBA) ile çoklu duyumsal bilgi füzyon tekniğini kullanmışlardır [35]. McOwan ve Anderson, yüz ifadelerini gerçek zamanlı olarak tanımak için tam otomatik, çok kademeli bir sistem oluşturmuşlardır [36]. Kobayashi ve Hara altı temel yüz ifadesini tanımak için göz, kaş ve ağızı temsil eden bir yüz karakteristiğı oluşturmuşlardır. Bu karakteristikten elde ettikleri verileri geriye yayılım algoritmali bir yapay sinir ağına göndererek tanıma işlemleri yapmışlardır [37].

Bu tez çalışmasında şaşırma, öfke, mutlu, üzüntü, korku ve iğrenme yüz ifadelerinin sınıflandırılması hedeflenmektedir. Yapılan tez çalışmasında daha hızlı ve doğru sınıflandırma yapmak için literatürde kullanılan birçok yöntem incelenmiştir. Tezde görüntü içerisindeki yüze ait bölgelerin tespiti işlemi için yatay ve dikey histogram eşitleme yöntemi kullanılmıştır. Yüze ait bölgelerin tespitinden sonra AŞM yöntemi ile yüze ait bir şablon çıkartılmıştır. AŞM ile oluşturulan şablonlardan elde edilen bilgiler TBA ile daha az sayıda veriye indirgenmiştir. Yüz ifadelerinin tespiti SMM ile yapıldıktan sonra elde edilen yüz ifadeleri ile bilgisayarda program çalıştırma otomasyonu yapılmıştır. Yüz ifadelerinin tespitinin gerçek zamanlı yapılabilmesi için literatürde kullanılan yöntemler ile birlikte sayısal verileri anlık analiz etmek için farklı yazılımlar kullanılmıştır. Tezin birinci bölümünde yüz tanıma işlemleri ile yüz ifadesi tanıma işlemlerinin nasıl yapıldığına ilişkin literatür bilgileri verilmiştir. Tezin ikinci bölümünde biyometrik sistemler hakkında genel bilgiler verilmiştir. Üçüncü bölümde yüz temel özellikleri ile yüz

ifadelerinin oluşma şekilleri ile ilgili bilgi verilmiştir. Tezin dördüncü bölümünde yüz bulma yöntemleri verilmiş, beşinci kısımda ise yüz için öznitelik çıkarma yöntemleri hakkında genel bilgiler verilmiştir. Altıncı bölümde tezde kullanılan yöntemler hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Yedinci bölümde tez çalışmasında elde edilen sonuçlar verilmiştir. Tezin son bölümünde ise sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. BIYOMETRİK SİSTEMLER

Biyometri, kişilerin ayırt edici fiziksel yapılarını ve davranışlarını analiz eden bilim dalıdır. Kişilerin bu ayırt edici özelliklerini inceleyen biyometri aynı zamanda kimlik doğrulama işlemleri içinde kullanılmaktadır. Kimlik tespiti işlemi için kişilerin ek bir cihaz veya tanıtıcı bir kart taşımalarına gerek kalmaması biyometrik tanıma işleminin en önemli avantajıdır [38].

Biyometrik tanıma insan için doğduğu andan itibaren başlayan bir süreçtir. Yeni doğmuş bir bebek çevresindeki kişi ve nesneleri öğrenmeye başlar. Çevresindeki tüm olguları kendi veritabanına kaydeder. Daha sonraki zamanlarda elde ettiği yeni bilgiler ile bir önceki verileri karşılaştırarak tanıma işlemi yapar. Örneğin insanları ses tonlarından ayırabilir. Beynimiz bu işlemleri otomatik olarak ve mükemmel sayılacak bir başarı oranı ile gerçekleştirir.

Biyometrik sistemlerin çalışma şekli; yöntemlere ait farklı cihazlarla alınan veriler analiz edilip önceden belirlenmiş değerlerler karşılaştırılıp eşleştirme ilkesine dayanmaktadır. İşlemcilerin giderek hızlanması ve anlık veri işleme hızının da artması ile saniyede milyonlarca veriyi karşılaştırıp doğru neticeyi veren sistemler çok farklı alanlarda kullanılmaktadır.

Güvenlik alanlarında sıkça kullanılan biyometrik sistemlerin şifre işlemlerinde kullanılabilmesi için Uluslararası Bilgi Teknolojileri Standartları Komitesi tarafından belirlenmiş standartlara uyması gerekmektedir [39].

2.1. Biyometrik Yöntemler ve Çalışma Prensipleri

Biyometrik tanıma sistemlerinde kullanılacak yöntemler birden fazladır. Yapılacak işleme göre bu yöntemlerden biri kullanılabileceği gibi birkaçı da beraber kullanılabilir. Yöntemlerin bir arada kullanılması daha doğru sonuçlar alabilmek için gerekli olabilmektedir. Yöntemler seçilirken başarı oranları ve tanıma işleminin yapılma süresi dikkate alınmalıdır. Gerçek zamanlı tanıma işlemlerinde kullanılacak olan değerler anlık değişim gösterdiğinde seçilen yönteme çok dikkat edilmelidir [38].

Biyometrik yöntemlerin çalışma sistemi iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada tanıma işlemi için kullanılacak veriler ilgi yönteme ait giriş birimleri ile

bilgisayara aktarılır. Aktarılan bu veriler yönteme ait algoritma ile analiz edilerek tanıma işlemi için gerekli olan parametreler hesaplanarak veri tabanına kaydedilir. İkinci aşamada ise sisteme yeni gönderilen veriler elde edilen bu parametrelerle karşılaştırılarak tanıma işlemi gerçekleştirilir [38].

Yöntemlere ait birinci aşamalar birbirinden farklıdır. Örneğın ses ve yüz tanıma sistemleri arasında bilginin dijital ortama alınmasından, bu verinin analizi için kullanılan algoritma ve yazılıma kadar çok büyük farklılıklar vardır. Fakat dijital ortama aktarılan bilginin işlenişi genel olarak aynıdır. Kullanılan yöntem ne olursa olsun dijital ortama aktarılan veri içerisinde belirli parametreler seçilir. Bu parametre seçimi sonucunda elde edilen veriler karşılaştırma işlemi için kullanılır. Parametre değerlerini belli bir oranda artırmak tanıma işleminin doğruluk yüzdesini artırır. Fakat belli bir değerden fazla parametre belirlemek doğruluk yüzdesini artırmayacağı gibi sisteme de ek yük getirecektir [38].

Biyometrik sistemlerde analog veriler digital verilere dönüştürülürken aktarım sırasında çevresel faktörlerden etkileneceği için parametreler doğru seçilmelidir. Örneğın kişileri seslerinden tanıyan bir sistemde ilk alınan ses  rneğının çevresel koşulları ile kimlik tanıma işlemi için alınan ikinci ses  rneğının ortamı aynı olmaz [38].

Çevresel faktörlerden oluşabilecek yanlış tespit olasılıklarından dolayı biyometrik sistemlerin karşılaştırılması için iki terim geliştirilmiştir. Bu iki oran karşılaştırılarak tanıma sistemleri kendi aralarında kıyaslanabilir.

- **Yanlış Kabul Oranı** : Kullanılan veri tabanında kayıtlı olmayan kişiye ait verileri yanlış tespit ederek veritabanında bulunan kişiyle eşleştirme oranı.
- **Yanlış Reddet Oranı** : Veri tabanındaki kişileri bir sonraki arama işleminde bulamama oranı.

Biyometrik sistemleri ile tanıma işlemi için kişiye ait iki farklı özellik grubu kullanılmaktadır. Birincisi, kişiye ait fizyolojik özellikler olan parmak izi, DNA, ses, iris, damar, el geometrisi, yüz termogramı, retina ve yüz özelliklerinden tanıma işlemidir. İkincisi ise, imza atımı, yürüyüş ve konuşması gibi kişinin davranışsal özelliklerinden tanıma işlemidir [40].

Biyometrik sistemlerin temelini oluşturan ilk çalışma parmak izi tanıma işlemidir.

2.1.1. Parmak İzi Tanıma

İlk olarak parmak izlerinin farklı özelliklere sahip olacağını ileri sürenler Nehemiah Grew (1684), Marcello Malpighi (1686) ve J. E. Purkinje (1823) adlı bilim adamlarıdır. Fakat bu farklılığa dikkat çekmelerine rağmen parmak izlerinin her insanda farklı olduğunu ve kimlik tespitinde kullanılabileceği ile ilgili herhangi bir araştırma yapmamışlardır.

Biyometrik sistemlerin temelini oluşturan parmak izi kullanarak tanıma sistemi ise Wiliam James Herschel ve Henry Faulds adlı İngiliz bilimadamlarının çalışmalarıyla başlamıştır. Çalışmalarında parmak izi alma işlemi için mürekkep kullanmışlardır [38].

Sir Francis Galton (1822-1911) yaptığı çalışmalarda birbirinden bağımsız iki değişken arasındaki liner ilişkinin kuvvetini ve yönünü belirten kolerasyon yöntemini geliştirmiştir. Bu çalışmalarının diğer aşamalarında parmak izlerinin farklarını tespit edecek ve sınıflandıracak yöntemler ortaya koymuştur.

Dr Henry Faulds (1883-1930) parmak izlerini oluşturan çizgileri şekillenişlerine göre sınıflandırmıştır. Bu sınıflandırmayı yaparken belirlenen sabit noktalar arasında kalan kabarık çizgiler sayılmıştır. Sınıflandırmanın tam olarak yapılması için 10 parmak beraber kullanılmıştır [66].

Parmak izi tanıma sistemlerinde Galton ve Henry'nin çalışmalarında geliştirmiş oldukları sistem olan çizgilerinin şekline göre sınıflandırma yöntemleri kullanılmaktadır. Bu sınıflandırma yöntemleri [38]:

- Yay (arch)
- Döngü (loop)
- Helezon (whorl)



(a)

(b)

(c)

Şekil 2.1. (a)Yay (Arch) (b) Döngü (Loop) (c) Helezon (Whorl) [38]

Parmak izine ait özellikler tespit edilirken aşağıda belirtilen görüntü işleme teknikler kullanılır.

- Resmin gürültüden arındırılması
- Kenar çıkarma
- Özellik çıkarma

Bir görüntünün içerisindeki gürültüyü temizlemek için Mean, Median, ve Gaussian gibi filtreler kullanılır.

Görüntüye ait kenar çıkarma işlemleri içinde sobel, prewitt gibi yöntemler kullanılır.

Kenar çıkarma işleminden sonra elde edilen görüntüye inceltme algoritması uygulanarak resme ait özellikler çıkartılır.

2.1.2. İris Tanıma

Göz doktoru olan Frank Bruch 1936 yılında kişiyi tanımak için iris yapısının kullanılabileceği fikrini ileri sürmüştür. 1985 yılında Dr. Aran Safir ve Dr. Leonard Flom kişilerin iris yapısının farklı olduğunu ispatlamıştır. Dr.Daugman 1995 yılında otomatik olarak iris tanıma işlemi yapan sistemi geliştirmiştir [38].

İris tanıma işleminde ilk adım göz fotoğraflarından iris bölgesin belirlemektir. Bu işlem için iris bölgesinin şeklinden faydalanılabileceği gibi renginden de yararlanılabilir. Kenar bulma algoritmalarından sobel yöntemiyle göze ait kenarlar bulunarak daire algılama algoritması yardımıyla iris bölgesi tespit edilebilir. İris tanıma sisteminin

başarısını etkileyen en önemli unsur iris bölgesi tespit edilecek kişinin algılayıcıya uzaklığının 5cm olması zorunluluğudur [67].

2.1.3. Retina Tanıma

Retina göz bebeğinin arkasında kalan damar tabakasıdır. Bu alandaki damarlar kişilerde farklı olmasına rağmen göz ve damar hastalıklarından etkilenebildikleri için pek yaygın kullanılan bir sistem değildir. Retinaya ait resim çekildikten sonra görüntü üzerinde eşikleme yapılarak damar görüntüsü elde edilir [38].

2.1.4. Damar Tanıma

Bu yöntemde avuç içindeki damarların kızıl ötesi ışınlarla taranması ile elde edilen görüntülerden ele ait resimler üzerinden damar yapıları belirlenir. El üzerindeki damarların kişiye özel olmasından dolayı kişi tanıma işlemlerinde geçerli bir yöntemdir. Fakat yöntemin zor olması sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır [41,38].

2.1.5. Yüz Tanıma

Yüz tanıma işlemi için yüze ait özelliklerin çıkartılması gerekmektedir. Bu işlem için bir çok yöntem geliştirilmiştir. Yüz tanıma işlemi için ilk olarak 1987’de Alex Pentland ve Matthew Turk tarafından ortaya atılan özyüz(eigenfaces) yöntemi kullanılmıştır. Yüz tanıma işlemi için kullanılan başlıca yöntemler Temel Bileşenler Analizi(TBA), Bağımsız Bileşenler Analizi(BBA),Elastik Demet Grafik Eşleme(EDGE), Çekirdek Yöntemleri(ÇY), Aktif Şekil Modelleri(AŞM), Bayes Ağları(BA), Sarklı Markov Modelleri(SMM), Destek Vektör Makinaları(DVM) yöntemleridir [38].

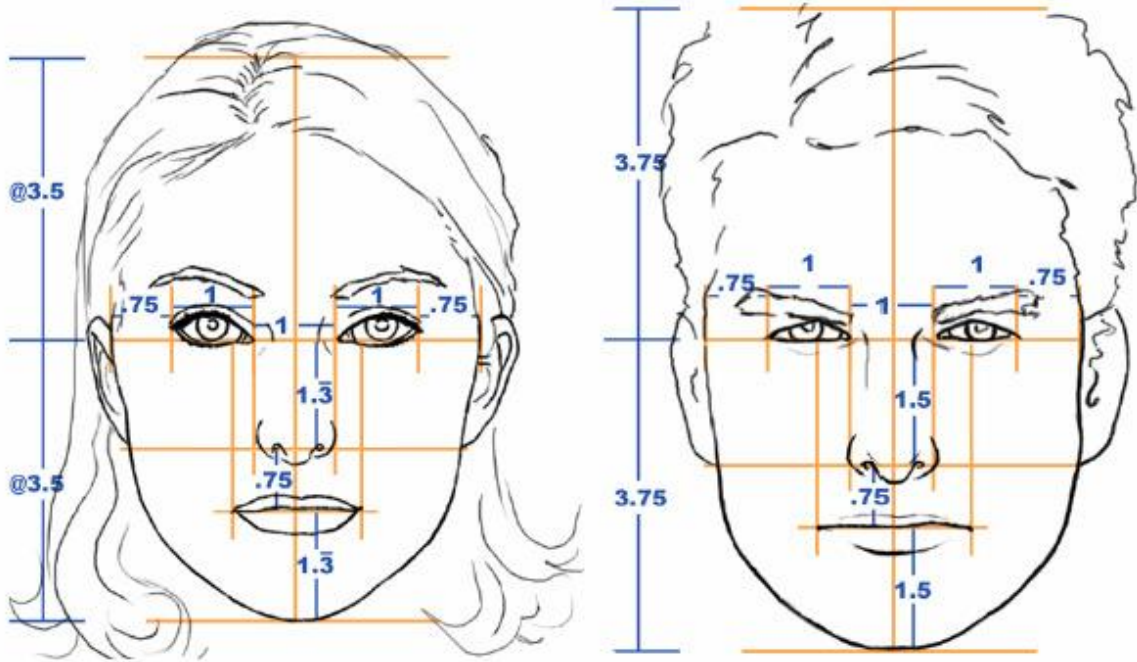
Tez çalışmasında da kullanılan TBA, AŞM ve SMM yöntemleri tezin altıncı bölümünde ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

3. YÜZÜN TEMEL ÖZELLİKLERİ

Yüz, alt çene kemiği ile başlayıp alında saçların başladığı yere kadar olan bölgeye denir. Bu bölge içerisinde kalan ve yüzü oluşturan temel organlar göz, burun ve ağızdır. Bunların yüz bölgesi içerisindeki yerleşimleri belli bir oran ile ilişkilidir. Yüzü oluşturan bu organların standart yerleşim oranına altın oran denir. Altın Oran eski Yunanlıların sanat ve mimarlıkta kullandıkları ve Φ (phi) ya da “tanrısal oran” diye adlandırdıkları bir orandır. İnsan yüzüne ait birçok altın oran vardır Altın oran, matematiksel bir kavramdır ve değeri de 1,618 dir. Şekil 3.1’de yüzün temel oranları görülmektedir.

İnsan yüzünde yer alan bazı altın oranlar şöyledir:

- 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.



Şekil 3.1. Kadın ve erkeklerde temel yüz oranları [13]

Altın oranlar bireyden bireye bazı farklılıklar gösterir. Yine de yüz bulma işlemlerinde bu oranlar çokça kullanılmaktadır.

3.1. Yüz İfadelerinin Anlamları ve Yüzdeki Organların Değişimi

Yüz ifadelerinin oluşmasını sağlayan unsurlar yüze ait temel beş organın yüz ifadesin oluşturmak için gösterdiği değişimdir. Bu temel beş organ olan ağız, göz, burun, kaş ve yüz cehresinin yüz ifadesini oluştururken aldığı şekiller incelenerek yüz ifadesinin tespiti yapılabilir [16].

Temel olarak kabul edilen altı yüz ifadesi mutluluk, korku, öfke, şaşırma, iğrenme ve üzüntüdür. Bu yüz ifadelerinin ortaya çıkmasında en önemli yüz bölgeleri gözler, kaşlar ve yüzün alt kısmıdır. Yüz ifadelerini tanımlamak için kullanılan testlerden biri Dökmen tarafından geliştirilmiş olan “Yüz İfadelerini Teşhis Testi”dir [42,43].

3.1.1. Mutluluk İfadesinin Oluşumu ve Yüzdeki Organların Değişimi

Mutluluk, kişinin karşılaştığı bir olaydan veya mevcut durumundan memnun olmasıdır. Mutluluğun en belirgin hali gülümsemedir. Bu yüzden mutluluk halinde en belirgin değişimler göz ve ağız bölgesinde olur. Mutluluk durumunda, ağız her iki yana doğru genişlemektedir. Mutluluk ifadesi tebessüm şeklinde olduğunda dudak Şekil 3.2’deki gibi ayırık duruma geçmeden sadece iki yana doğru genişlemektedir.



Şekil 3.2. Mutluluk hafif olduğu durumdaki ağız ve dudakların değişimi

Mutluluk yüz ifadesi tam olarak yapıldığı durumda Şekil3.3'deki gibi dudakların arasındaki mesafe açılır ve ağız her iki tarafa doğru genişler.



Şekil 3.3. Mutluluk durumundaki ağız ve dudakların değişimi

Mutluluk yüz ifadesinde çehrede belirgin bir değişiklik olmaz. Sadece iç bölgedeki yüz derisinde gerilmelerden dolayı yeni hatlar oluşur. Mutluluk yüz ifadesinin tam olarak yapıldığında gözler Şekil 3.3'teki gibi kısık duruma geçer ve kaşlar aşağı doğru iner. Yüzün gerilmesinden dolayı burun yukarı doğru harekete ederek kaşlarla burun arasındaki mesafe azalır.

Mutluluk ifadesinde yüz cehresindeki değişimler şu şekilde olur:

- Kaşlar: Kaşlar ayakları aşağı doğru
- Ağız: Yanaklar yukarı doğru
- Göz: Göz çukuru kasları hareketli

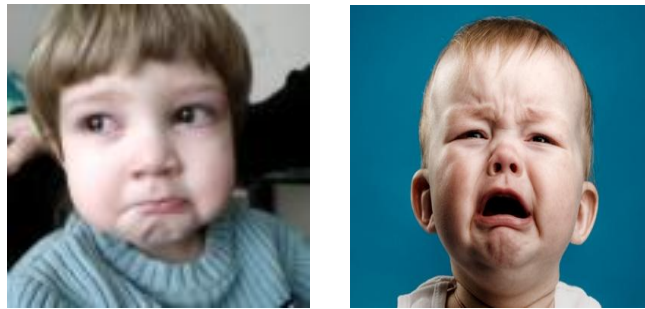


Şekil 3.4. Mutluluk [44]

Şekil 3.4’de mutluluk ifadesine ilişkin örnek bir görsel verilmiştir.

3.1.2. Üzüntü İfadesinin Oluşumu ve Yüzdeki Organların Değişimi

Bir olay karşısında acı çekme, sevdiği bir şeyi kaybetme veya depresyon halidir. Üzülme yüz ifadesinde Şekil 3.5’deki dudağın alt kısmı yukarı doğru kalkarken, dudağın üst kısmının kenarları aşağıya doğru eğilir, ağız yönü aşağıya doğru olan bir hilal şeklini alır.



Şekil 3.5. Üzülme durumundaki ağız ve dudak şekli

Üzüntü yüz ifadesinin şiddetine göre kaşlar aşağıya doğru hareket ettiğinden dolayı alın bölgesinde daralma olur. Gözkapakları birbirine yaklaşarak gözün görünen kısmı küçülür. Üzüntü yüz ifadesinde üzülme durumunun şiddetine göre burnun üst kısmında gerilme olur.

Üzüntü ifadesinde yüz cehresindeki değişimler şu şekilde olur:

- Kaşlar: Kaslar toplanmış ve yukarı doğru kalkmış
- Gözler: Göz kapakları aşağı doğru, göz odaklanması kaybolur.
- Ağız: Dudak kenarları aşağı doğru çökük veya dudakla dışa doğru büzülmüş.

Şekil 3.6’da üzüntü ifadesine ilişkin örnek bir görsel verilmiştir.



Şekil 3.6. Üzüntü [44]

3.1.3. Öfke İfadesinin Oluşumu ve Yüzdeki Organların Değişimi

Kişinin yapmak istediği bir eylemin engellemesi, kişinin incinme durumunda gösterdiği saldırganlık tepkisidir. Öfke yüz ifadesinde dudaklar bitişik ve kenarları aşağı doğru eğik yay şeklini alır. Ağız Şekil 3.7’deki gibi hafif dışa doğru bükümlü olur.



Şekil 3.7. Öfke durumunda ağızın şekli

Öfke yüz ifadesinde gözler küçülür, kaşlar ise alın bölgesinden içeri doğru hareket eder. Öfke durumunda bazen bir kaş aşağı doğru hareket ederken diğer kaş yukarı doğru hareket ettirilebilir. Kaşın hareketlerinden dolayı alın bölgesi daralır. Burun hafif yukarı doğru hareket eder.

Öfke ifadesinde yüz cehresindeki değişimler şu şekilde olur:

- Kaşlar: Birbirine yakın ve çatık
- Gözler: Açılmış ve karşıya odaklanmış.
- Ağız: Dudaklar kapalı ve daralmış.

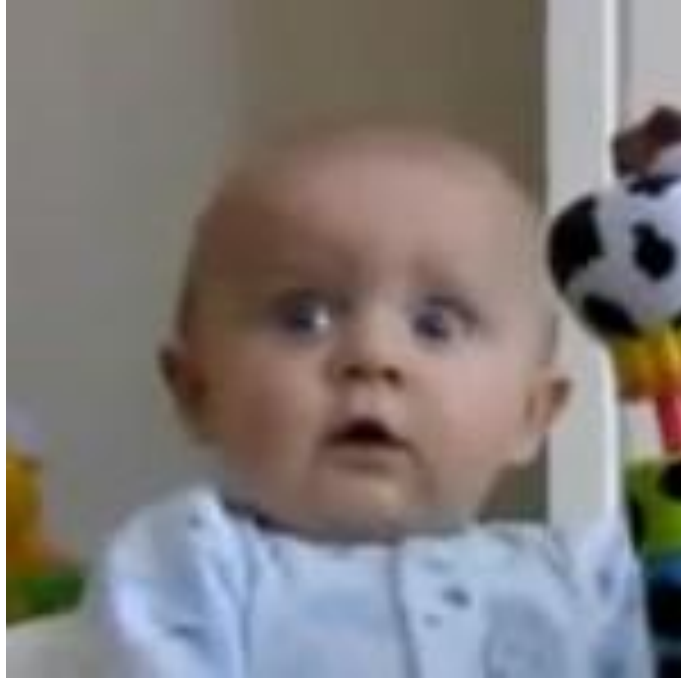
Şekil 3.8’de öfke ifadesine ilişkin örnek bir görsel verilmiştir.



Şekil 3.8. Öfke [44]

3.1.4. Korku İfadesinin Oluşumu ve Yüzdeki Organların Değişimi

İnsanın iradesiyle kontrol edemediği ve kendi içinde oluşan tehdit hissi olarak tanımlanabilir. Korku yüz ifadesinin ağız her iki taraftan yanlara doğru açılırken ifadenin şiddetine göre ağız Şekil 3.9’daki görünümleri alır.



Şekil 3.9. Korku anındaki ağız şekli

Korku yüz ifadesinin şiddetine göre ağız bölgesinin açıklık miktarı değişir. Bu durumda çene altta doğru hareket ettiği için çehre genişler. Gözler bölgesi genişler. Kaşlar iç taraftan yukarı doğru çıkar. Burun bölgesinde belirgin değişiklikler olmaz.

Korku ifadesinde yüz cehresindeki değişimler şu şekilde olur:

- Kaşlar: Birleşmiş ve yukarı kalkık.
 - Gözler: Göz kapağı yukarı kalkık ve gözaltları gerilmiş
 - Ağız: Dudaklar gerilmiş ve kulağa doğru yatay pozisyonda
- Şekil 3.10'da korku ifadesine ilişkin örnek bir görsel verilmiştir.



Şekil 3.10. Korku [44]

3.1.5. İğrenme İfadesinin Oluşumu ve Yüzdeki Organların Değişimi

Genel olarak insanın sevmediği bir durum karşısında göstermiş olduğu memnuniyetsizlik ifadesidir. Genelde kötü koku veya tatlardan oluşan bir duygudur. İğrenme yüz ifadesinde ağızda çok belirgin bir değişme olur. Dudaklar bir birinden ayrık duruma geçer ve ağız kenarları yukarı doğru Şekil 3.11'deki gibi yay şeklini alır.



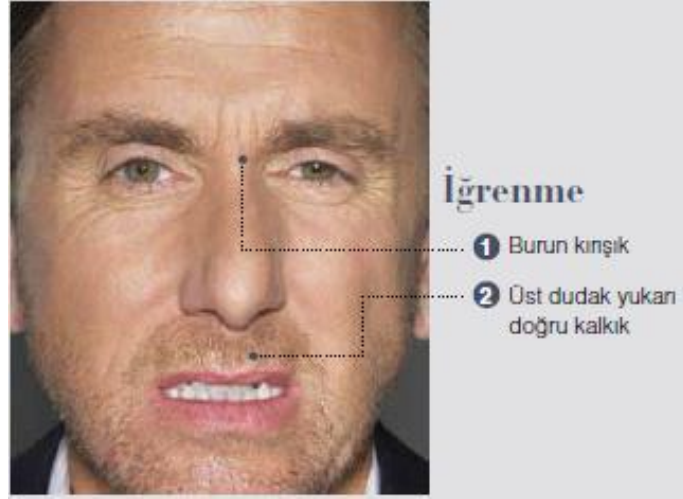
Şekil 3.11. İğrenme anında ağızın şekli

İğrenme yüz ifadesinde burun yukarı doğru gerildiğinden dolayı çehrenin iç kısmında küçülme olur. Kaşların iç kenarları buruna doğru iner. Göz bölgesinde küçülme olur.

İğrenme ifadesinde yüz cehresindeki değişmeler şu şekilde olur:

- Kaşlar: Aşağı doğru eğilmiştir.
- Gözler: hafif kapalıdır.
- Ağız: Üst dudaklar yukarı doğru kalkık.

Şekil 3.12'de iğrenme ifadesine ilişkin örnek bir görsel verilmiştir.



Şekil 3.12. İğrenme [44]

3.1.6. Şaşırma İfadesinin Oluşumu ve Yüzdeki Organların Değişimi

Beklenmedik anda oluşan bir olaya karşı verilen tepkidir. Şaşkınlık durumunda dudağın alt kısmı aşağı üst kısmı yukarı doğru hareket eder ve ağız Şekil 3.13'deki durumu alır.



Şekil 3.13. Şaşkınlık durumunda ağzın yapısı

Şaşırma yüz ifadesinde çene aşağıya doğru hareket ettiğinden dolayı çehrede belirgin bir değişiklik gözlenir. Göz bölgesi genişler ve kaşlar belirgin bir şekilde yukarı doğru hareket eder. Burun bölgesinde belirgin değişiklikler olmaz.

Şaşırma ifadesinde yüz cehresindeki değişimler şu şekilde olur:

- Kaşlar: Kalkık.
- Gözler: Büyümüş ve genişlemiş.
- Ağız: Açıktır

Şekil 3.14’de şaşırma ifadesine ilişkin örnek bir görsel verilmiştir.



Şekil 3.14. Şaşırma [44]

4. YÜZ BULMA YÖNTEMLERİ

Yüz bulma işleminin hedefi ele alınan görüntü içerisinde yüz bölgelerinin tespitini yapmaktır. Bu işlem yapılırken resim veya video görüntülerinin kaliteli olduğu varsayılır. Yüz bulma işlemi için geliştirilmiş farklı metotlarla düşük kaliteli resim ve videolar içerisinde de yüz bölgesinin tespiti yapılmaya çalışılmıştır.

Yüz bulma yöntemleri; Bilgi Tabanlı Yüz Bulma Yöntemleri, Özellik Tabanlı Yüz Bulma Yöntemleri, Şablon Eşleme Tabanlı Yüz Bulma Yöntemleri, Görünüm Tabanlı Yüz Bulma Yöntemleri olarak sınıflandırılabilir [4].

4.1 Bilgi Tabanlı Yöntemleri

Bu yöntemlerle yüzü oluşturan başlıca öğeler belirlenerek bu öğelerin renk değerleri, yüz ait belirgin olan organlardan gözlerin konumu, burun ve ağzın bulunmasıdır. Bu bilgiler kullanılarak oluşturulan kodlanmış yüz bilgilerini kullanan yöntemdir. İnsan yüzüne ait kodlanmış bazı özellikleri kullanarak yüz tespiti yapan yaklaşımlar [4]:

1. Farklı Çözünürlüklerde Odaklanma Yaklaşımı
2. Yatay / Dikey Projeksiyonlama Yaklaşımı olarak gruplandırılabilir.

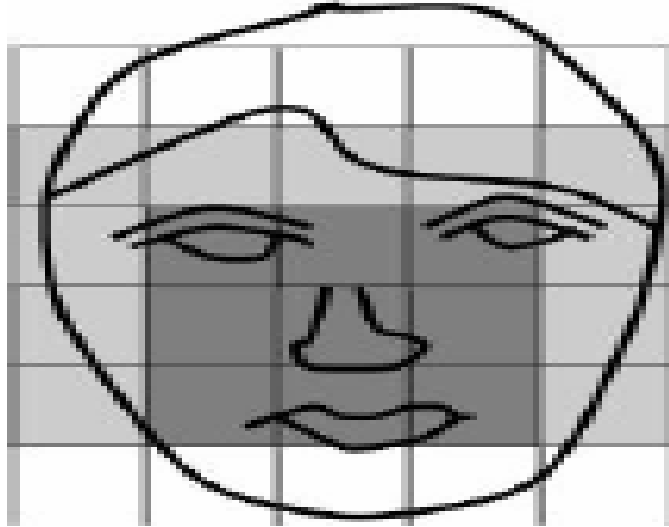
4.1.1 Farklı Çözünürlüklerde Odaklanma Yaklaşımı

Bu yöntemde, yüz tespiti yapılacak görüntü daha düşük çözünürlükte kullanılır. Düşük çözünürlükteki görüntüde, yüzü oluşturan bölgede renk dağılımı benzerlik gösterir. Şekil 4.1’de farklı çözünürlükteki görüntü örnekleri verilmiştir. Şekil 4.1’deki 1 nolu resimde normal değerlerdeki görüntü içerisindeki renk dağılımlarının bir birinden farklı olduğu görülmektedir. 2 nolu resimde görüntü çözünürlük değeri bir derece düşürüldüğündeki renk dağılımı verilmiştir. 3 nolu resimde çözünürlük değeri tekrar düşürülerek renklerin dağılımındaki farklılık gösterilmiştir. 4 nolu resimde ise çözünürlük değeri minimum değere çekildiğinde benzer tondaki renklerin tek renk seviyesine geldiği gösterilmiştir. Şekil 4.1’deki 4 nolu resimde yüz bölgesine ait renk dağılımı aynı olmaktadır. Bu özellik kullanılarak belirlenen yüzün orta noktasına ve çevresine, Şekil 4.2’de deki gibi, histogram eşitleme uygulanır. Böylece yüzün çerçevesi tespit edilir.

Sonraki aşamada, yüksek çözünürlükteki görüntü kullanılarak, kenar çıkartma yöntemleri ile yüzü oluşturan organlar tespit edilmeye çalışılır [4, 45].



Şekil 4.1. Farklı çözünürlüklerde odaklanma yaklaşımı [4, 45].



Şekil 4.2. Histogram eşitleme ve kenar tespiti işlemi [4,45].

4.1.2 Yatay / Dikey Projeksiyonlama Yaklaşımı

Bu yaklaşımda, görüntülere ait yatay ve dikey projeksiyon diyagramlarından yararlanılarak yüz bölgesine ait organların tespiti yapılır [4, 46]. Bunun için yatay ve dikey histogram eğrileri elde edilir. Şekil 4.3'te yatay ve dikey projeksiyonlama ile elde edilen

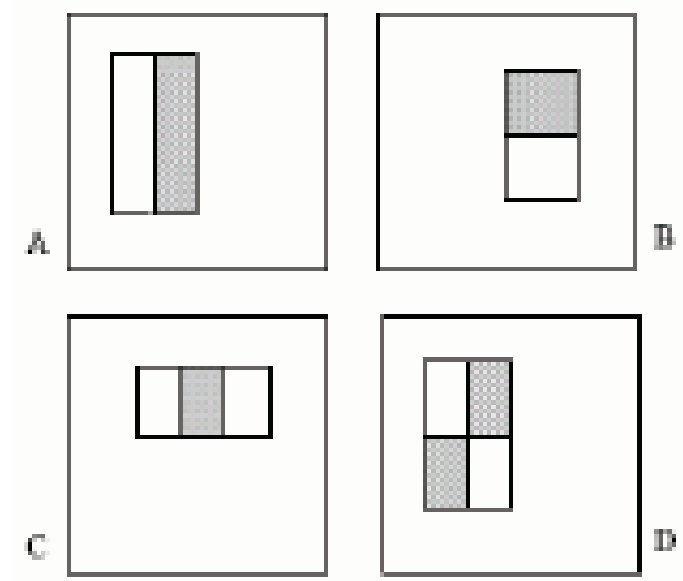
histogram eğrileri görülmektedir. Histogram eğrilerindeki yükseklikler gruplandırılarak organlar bulunur.



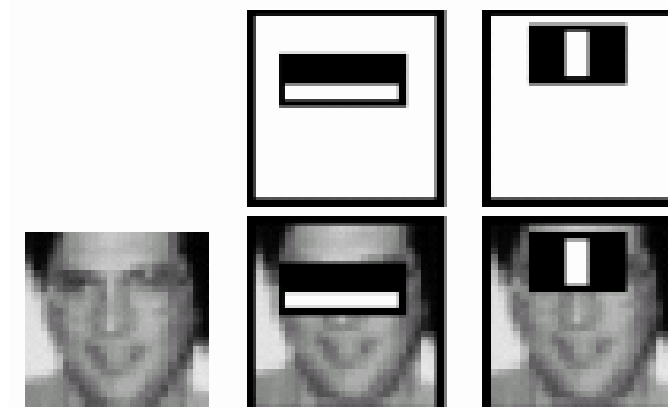
Şekil 4.3. Yatay / dikey projeksiyonlama [4, 46]

4.2 Özellik Tabanlı Yöntemler

Bu yöntemde yüz tanıma işlemi yapılırken, yüzün geometrik şekli, renk değeri ve yüzü oluşturan temel özellikler kullanılır. Bu yöntemde, dört tane dikdörtgen sırasıyla görüntüye uygulanır. Bu uygulama sonucunda elde edilen değerler Adaboost ile eğitilir.



Şekil 4.4. Özellik tabanlı yüz bulma yöntemi özellik dikdörtgenleri[68]



Şekil 4.5. Özellik dikdörtgenlerinin görüntü üzerinde uygulanması örneği[68]

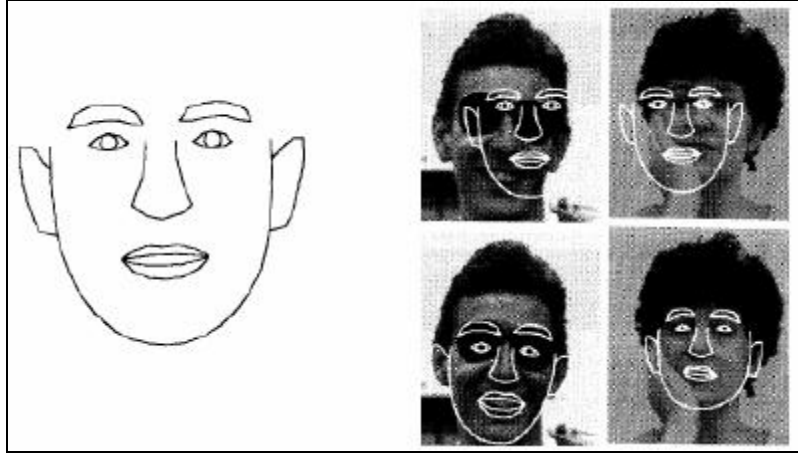
Görüntülerdeki yüze ait kenarları çıkarmak için yüzler karmaşık olmayan doğrularla çizilir [13, 47]. Bu yöntem ile kenar çıkarma işlemi yapılabilmesi için resmin önden çekilmiş olması ve arka planın karmaşık olmaması gerekmektedir.

4.3 Şablon Tabanlı Yöntemler

Bu yöntemde, yüzün çevresini temsil eden çene ve kulak ile yüzün içyapısını oluşturan göz, burun, kaş ve ağız bölgesi kullanılarak çıkartılmış örnek şablon resimlerle karşılaştırılarak yüz tespiti yapılır. Şekil 4.6'da örnek şablon resimlerle görülmektedir.

Bu işlem için kullanılan bazı veri analiz yöntemleri aşağıda verilmiştir [11]:

- Temel Bileşen Analizi (TBA)
- Bağımsız Bileşen Analizi (BBA)
- TBA + BBA
- Lineer Diskriminant Analizi (LDA)
- Destek Vektör Makinesi (DVM)
- Kernel Metotları



Şekil 4.6. Şablon tabanlı yöntem [4, 48]

4.4. Görünüm Tabanlı Yöntemler

Bu yöntem, genelde tek renkten oluşan bir arka plan ve sadece bir yüz içeren net bir görüntü üzerindeki, yüz tespiti için kullanılmaktadır. Bu yöntemin karmaşık arka plana sahip görüntüden yüz tespiti yapamaması dezavantajını gidermek için, örnek tanıma yöntemi kullanılmaktadır [13].

Elde edilen görüntülerin sınıflandırması için, Temel Bileşen Analizi, Yapay Sinir Ağları, Saklı Markov Modeli, Destek Vektör Makinesi, Pencereci Seyrek Ağ (PSA) gibi bazı teknikler bu yöntemle birlikte kullanılır [4].

4.5. Ten Bulma Yöntemi

Bu yöntem, renkli görüntüler içerisindeki yüzü bulmak için kullanılan yaygın bir yöntemdir ve renk uzaylarını kullanmaktadır [13, 49]. Kullanılan RGB renk uzayı görüntü üzerine düşen ışık miktarının şiddetine göre değişme göstermektedir. Işık şiddetinin değiştiği ortamlarda yüz başarılı şekilde tespit edilemeyebilir. Bu dezavantajı gidermek için HSI, YCbCr ve YIQ gibi renk uzayları kullanılır. Bu renk uzaylarından YCbCr'de, Y görüntüye ait parlaklık değerini, Cb ve Cr ise görüntünün renk bilgilerini tutar. RGB formatındaki bir renk uzayı YCbCr uzayına aşağıdaki denklemler yardımı ile dönüştürülebilir.

$$Y = 0,299R + 0,587G + 0,114B \quad (4.1)$$

$$Cb = - 0,169R - 0,332G + 0,500B \quad (4.2)$$

$$Cr = 0,500R - 0,419G - 0,081B \quad (4.3)$$

Cb ve Cr değerleri teni bulmak için kullanılır. Bu değerlerin minimum ve maksimum değerleri hesaplanarak bu iki değer arasında kalan değerler ten olarak kabul edilir [50]. Şekil 4.7’de YCbCr renk uzayına çevrilen bir resimden yüz bulma örneği verilmiştir.



Şekil 4.7. YCbCr renk uzayında yüz bulma [50]

RGB renk uzayındaki bir resmi HSI (renk tonu, doygunluk, şiddet) renk uzayına dönüştürebilmek için öncelikle kromatik renk uzayına çevirmek gerekmektedir [51]. Bunun için;

$$r = R / (R + G + B) \quad (4.4)$$

$$g = G / (R + G + B) \quad (4.5)$$

$$b = B / (R + G + B) \quad (4.6)$$

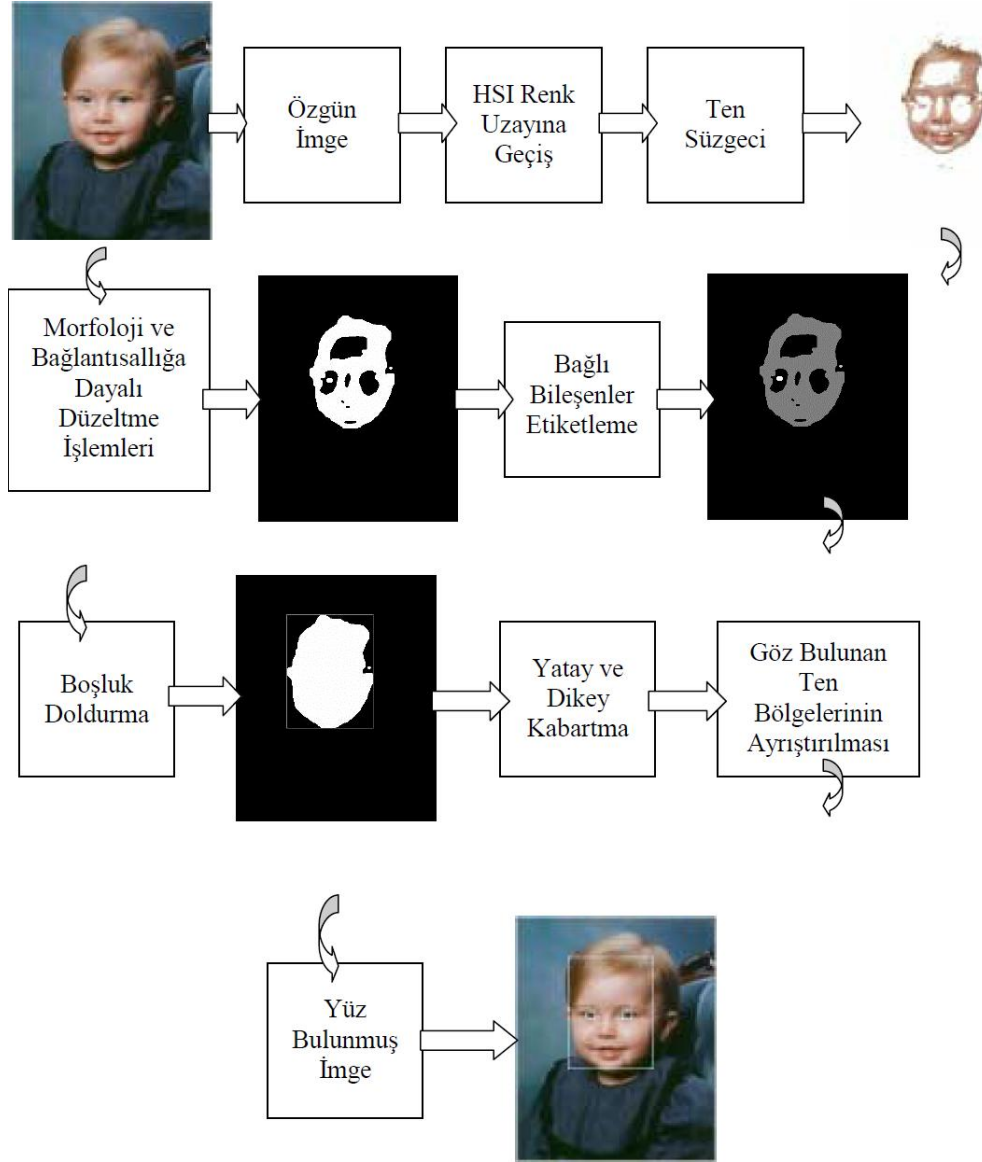
denklemleri kullanılır. HSI renk uzayına dönüştürmek için aşağıdaki denklemler kullanılır.

$$\cos H = \frac{2r - g - b}{2\sqrt{(r - g)^2 + (r - b)(g - b)}} \quad (4.7)$$

$$S = 1 - \frac{3}{r + g + b} \min(r, g, b) \quad (4.8)$$

$$I = (R + G + B) / 3 \quad (4.9)$$

HSI renk uzayını kullanarak yüz bulma algoritması Şekil 4.8’da gösterilmiştir.



Şekil 4.8. HSI uzayında yüz bulma [51]

HSI uzayında yüz bulma işlemini gerçekleştirebilmek için alınan resim öncelikle RGB renk uzayından HSI renk uzayına çevrilmesi gerekmektedir. Ten süzgeci kullanılarak elde edilen siyah-beyaz resime morfolojik yöntemler kullanılarak görüntü üzerinde iyileştirme yapılır. İyileştirme işleminden sonra elde edilen resim içerisinde oluşan boşlukları gidermek için boşluk doldurma işlemi gerçekleştirilir. Elde edilen görüntüye yatay ve dikey kabartma yöntemi uygulanarak yüz bölgesi bulunur [51].

5. YÜZ İÇİN ÖZNİTELİK ÇIKARMA YÖNTEMLERİ

Rothkrantz ve Pantic mimikler üzerine yapılan çalışmalarda ortaya çıkan problemleri tanımlarken bunları üç kısma ayırmıştır. Bunlardan birincisi görüntüdeki yüzün bulunması, ikincisi mimiklere ait öznitelik vektörlerinin çıkarılması ve üçüncüsü de sınıflandırma işlemleridir [52].

Görüntüler içerisindeki yüzün tespiti yapıldıktan sonra sınıflandırma yapılacak olan her bir mimik hareketi için öznitelik çıkarılması gerekmektedir. Mimik hareketlerini oluşturan ağız, kaş, göz ve buruna ait konumları ve yüzün iç kısmındaki kasların hareketinin oluşturduğu şekil değişikliklerinin takibi ile öznitelikler çıkarılır. Öznitelik çıkarma işlemi yüz hareketinin sınıflandırılması için gerekli olan bilgileri barındırır ve bu alanla ilgili birçok çalışma mevcuttur [53]. Bu çalışmalarda yüz hareketlerine ait öznitelikleri çıkarmak için, geometrik ve görüntüye dayalı iki farklı öznitelik çıkarma yöntemi kullanılmıştır [13, 54].

5.1. Geometrik Tabanlı Öznitelik Çıkarma Yöntemleri

Bu yöntemde yüze ait noktaların geometrik konumlarını kullanarak öznitelik çıkarma işlemi yapılır [13]. Yüzü oluşturan temel bileşenler olan göz, ağız, burun ve kaşların konumlarına göre mimik hareketinin sınıflandırılması yapılır.

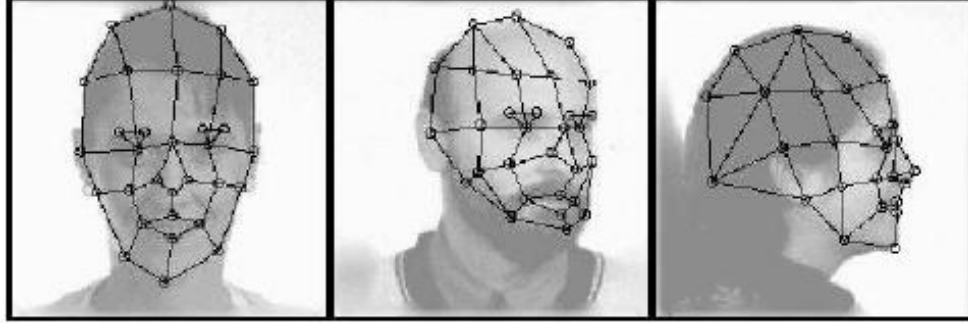
5.1.1. Optik Akış Algoritması

Bu yöntem, Anandan tarafından geliştirilmiş bir algoritmadır [13, 55]. Bu yöntem kaş ve dudaklar üzerine uygulanmaktadır. İstatistiksel hesaplamalar kullanılarak elde edilen değerler yüzün her bölgesi için hesaplanır. Elde edilen bu değerlerden en yüksek olanı sonuç olarak alınır.

5.1.2. Elastik Graf Eşleme

Bu yöntemde örümcek ağı benzeri bir maske yüz üzerine geçirilerek Şekil 5.1'deki gibi yüze ait belirleyici bölgelerin işaretlenmesi yapılır. İşaretlenen bölgeler gabor

dalgacıkları yöntemi ile hesaplanarak bu noktalara karşılık gelen vektör bulunur. Bu vektör değerleri graf yöntemleri kullanılarak graf şablon değerleri ile karşılaştırılması yapılır.



Şekil 5.1. Elastik demet grafi eşleme yöntemi – İşaretlenmiş noktalar [4,56]

5.2. Görüntü Tabanlı Öznitelik Çıkarma Yöntemleri

Yüze ait öznitelikleri bulabilmek için örnek yüz ile hazırlanmış şablonları karşılaştırarak istatistiksel veriler elde eden yöntemlerdir. Bu yöntemde yüzün tam olarak görünmesi gerekir. Yüzü perdeleyen herhangi bir nesne olması durumunda net bir sonuç vermemektedir [13]. Görüntü tabanlı öznitelik çıkarma yöntemlerinden özyüz, gabor filtresi ve yerel ikili örnekler yöntemleri bu bölümde açıklanmıştır.

5.2.1. Özyüz (Eigenface)

Özyüz yöntemi TBA yöntemlerinden biridir. Bu yöntemde yüze ait temel bilgileri farklı yüzlerden elde ederek çıkarır. Böylece, oluşturulan bilgi seti ile diğer yüzlere ait özyüz bilgilerin çıkarılmasını sağlar. Özyüz bilgileri, bu setin doğrusal bir birleşimi şeklinde tanımlanmaktadır. TBA, elde edilen bu bilgiyi en az sayıda değişken ile tanımlanacak şekle dönüştürmeyi amaçlar. TBA'nın en önemli avantajları görüntü içerisindeki gürültü değerlerinden fazla etkilenmemesi ve fazla bir hafızaya ihtiyaç duymamasıdır [57].



Şekil 5.2 Eğitim kümesi [58]

Şekil 5.2’de verilen eğitim kümesinde bulunan her bir yüze karşılık gelecek şekilde bir $S = \{ \Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_M \}$ görüntü kümesi oluşturulur. Her görüntü kümesi içine boyutu N olan bir vektör yerleştirilir. Görüntü kümesi elde ettikten sonra, ortalama görüntü elde etmek için denklem 5.1 kullanılır.

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Gamma_n \quad (5.1)$$

Sonra giriş görüntüsü ve ortalama görüntü arasındaki farkı(Φ) bulmak için denklem 5.2 kullanılır.

$$\Phi_i = \Gamma_i - \Psi \quad (5.2)$$

Hesaplanan bu değerlerle öznitelik vektörü oluşturulur. Elde edilen örnek özyüz şekil 4.3’te görülmektedir.



Şekil 5.3. Özyüz [58]

Sonraki aşamada, 5.2'deki denklem ile elde edilen vektör, 5.3'deki denklem ile M tane birim vektöre dönüştürülür.

$$\lambda_k = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M u_k^T \Phi_n^2 \quad (5.3)$$

Burada, u_k ve λ_k sırasıyla özyüz vektörü ve özyüz değeri çiftidir. Bu değerlerden,

$$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Phi_n \Phi_n^T = AA^T \quad (5.4)$$

ifadesi kullanılarak, kovaryans matrisi elde edilir.

5.2.2. Gabor Filtresi

Gabor filtresi, harmonik bir fonksiyon ile Gaussian bir fonksiyonunun çarpımından oluşan lineer bir filtredir. Gabor filtresi ile yüzün yüksek çözünürlüklü bir ayrışımı elde edilebilir. Gabor fonksiyonunun matematiksel denklemleri:

$$g(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\tilde{x}^2}{\sigma_x^2} + \frac{\tilde{y}^2}{\sigma_y^2}\right)\right] \exp j2\pi f \tilde{x} \quad (5.5)$$

$$\tilde{x} = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (5.6)$$

$$\tilde{y} = -x \sin \theta + y \cos \theta \quad (5.7)$$

şeklinde verilir. Burada,

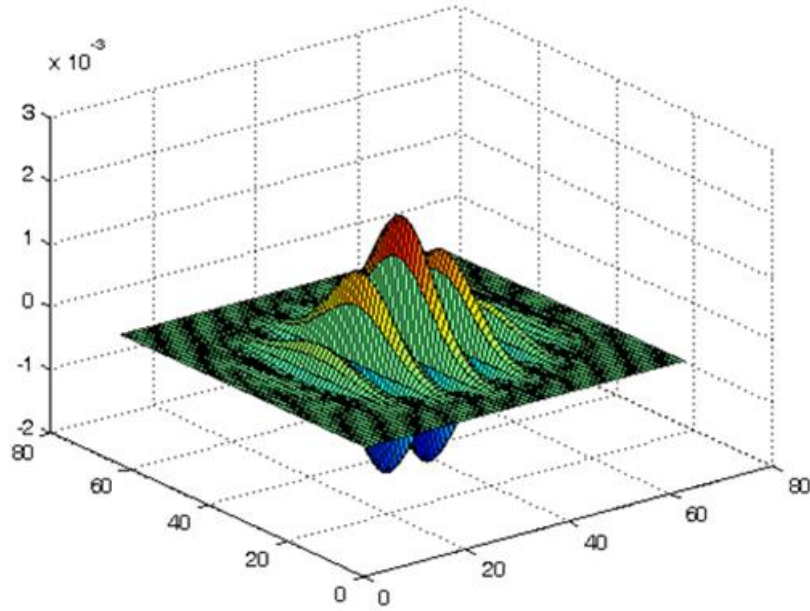
σ_x = x eksenindeki Gauss zarfının standart sapması

σ_y = y eksenindeki Gauss zarfının standart sapması

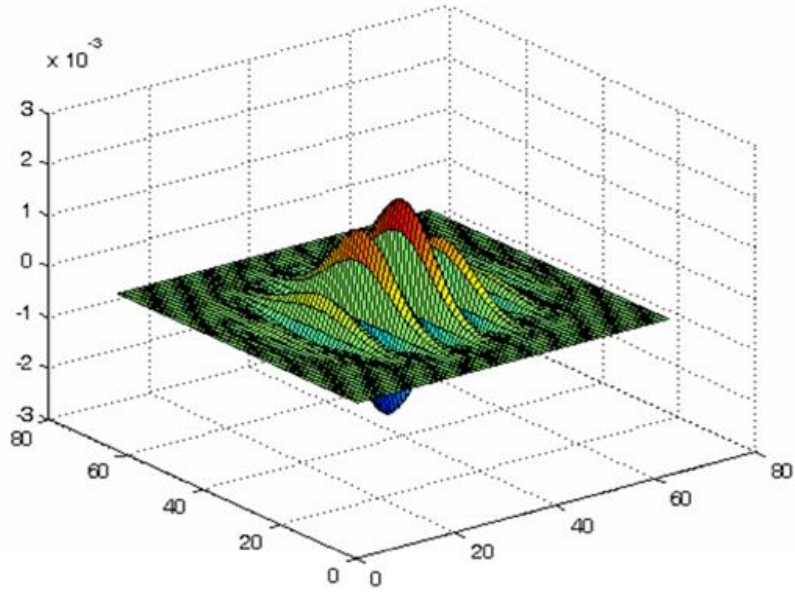
$\theta = [0, \pi]$ aralığında ki yönelim

f = sinusoidal dalganın frekansıdır.

Gabor filtresi ile açı ve frekans değerleri değiştirilerek farklı öznitelikler oluşturulabilir. Şekil 5.4’de gabor fonksiyonunun reel kısmı, Şekil 5.5’te ise sanal kısmı görülmektedir [53].

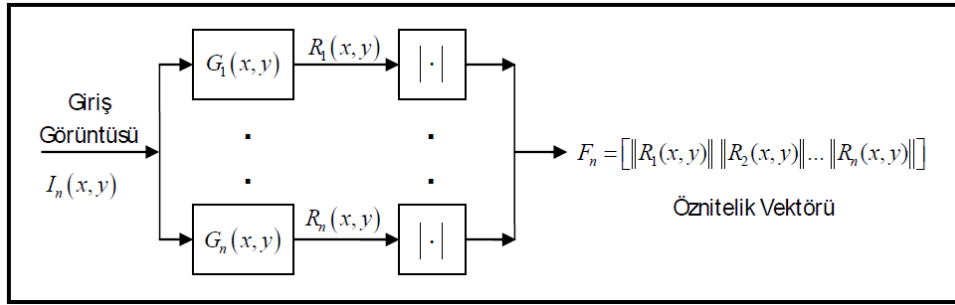


Şekil 5.4. Kompleks Gabor fonksiyonunun reel (Üst) kısımları [53]



Şekil 5.5. Kompleks Gabor fonksiyonunun sanal (Alt) kısımları [53]

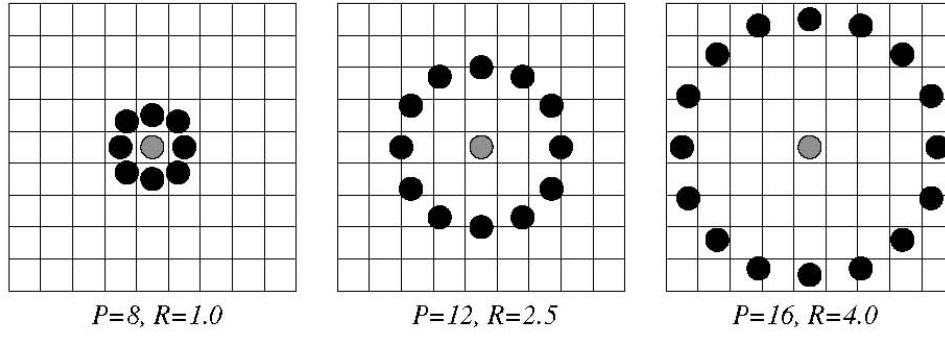
Şekil 5.6’da gabor filtresinden geçirilmiş görüntülerin genlik değerlerinden öznitelik vektörünün elde edilmesi gösterilmiştir. Bu öznitelik vektörünün tamamı sınıflandırma işlemi için gerekli değildir.



Şekil 5.6. Gabor Filtre Bankası Sistemi [53]

5.2.3. Yerel İkili Örnekler

Bir pikselin çevresindeki piksellerin ikili türevlerinden bir ikili kod (bitcode) üretilir. İlk olarak doku analizi için kullanılan yöntemin daha sonraları yüz tespiti içinde kullanılabilecek etkin bir yöntem olduğu tespit edilmiştir [13]. Bu yöntemde, merkezdeki pikselin renk değerine göre ikilik kodlar üretilir.



Şekil 5.7. Dairesel simetrik komşu ayarları [13].

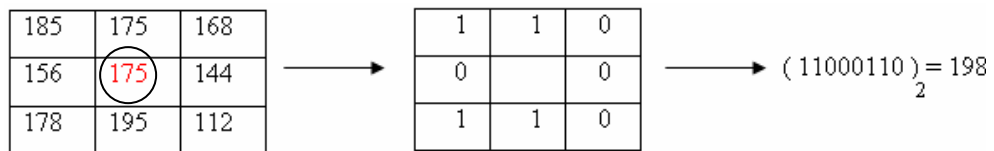
Şekil 5.7’de ara değerlendirme yoluyla tam piksel ızgaraya uymayan örnekler elde edilir. Bu yöntemde P komşu piksel sayısını, R ise komşu piksellere uzaklık değerini göstermektedir. Yerel ikili örneklerde 3x3 boyutunda yakın piksel değerleri alınarak işlem yapılır. YİÖ kodu aşağıda verilen denkleme göre çıkartılır [50].

$$\sum_{i=0}^P s(g_i - g_c) \cdot 2^i \quad (5.8)$$

Burada; g_c : merkez noktanın gri seviye renk değerini ve g_i ise merkeze komşu piksellerin renk değerini gösterir. $s(g_i - g_c)$ fonksiyonunun tanım değerleri denklem 5.9’da verilmiştir.

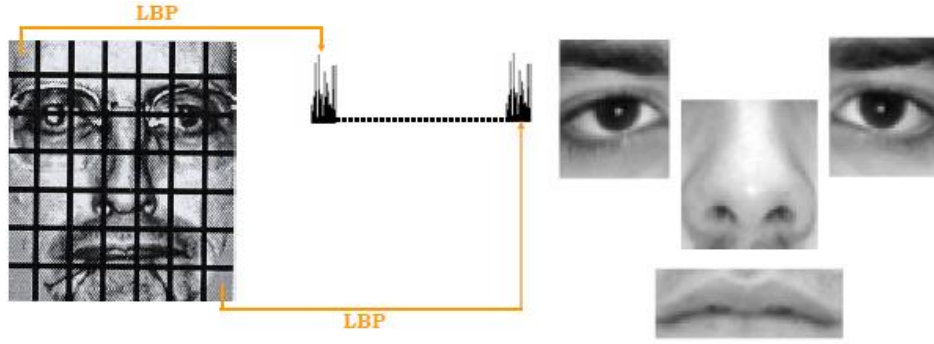
$$s(g_i - g_c) = \begin{cases} 0 & \text{eğer } g_i < g_c \\ 1, & \text{eğer } g_i > g_c \end{cases} \quad (5.9)$$

Şekil 5.8’de merkez noktanın değerini bulabilmek için merkez noktasının değerinden küçük olan komşu noktalar 0 ile büyük olan noktalar 1 ile gösterilerek ikilik kodları oluşturulur. Bu kodlar yardımı ile merkez noktanın yeni renk değeri bulunur.

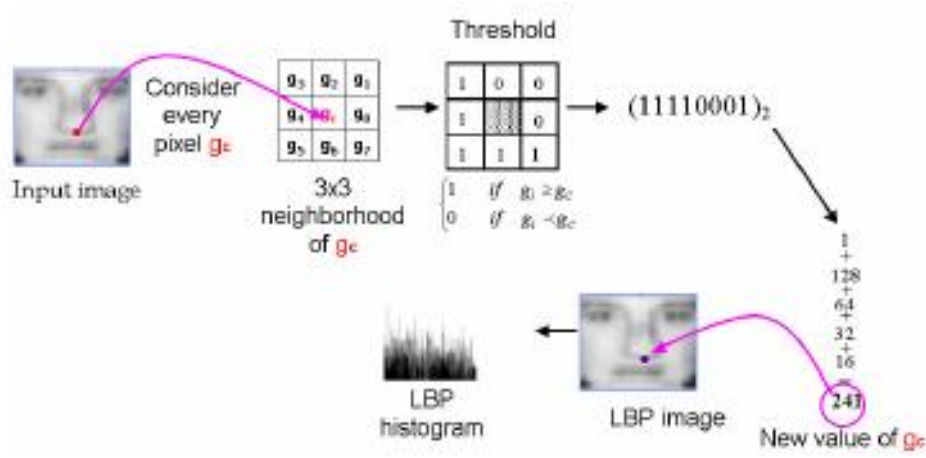


Şekil 5.8. 3x3 komşuluklu YİÖ kodu hesaplaması [13]

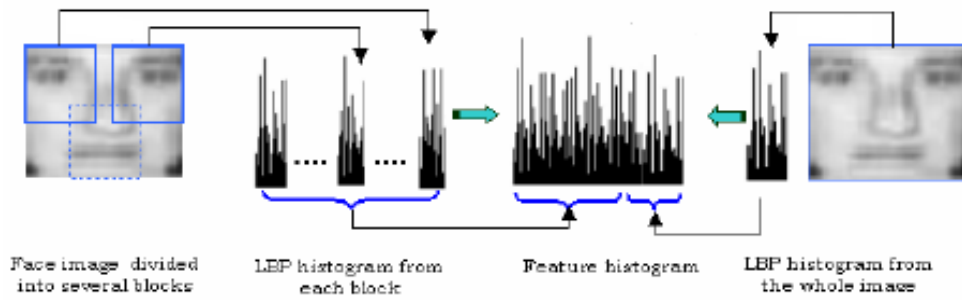
Bu yöntem ile yüz algılama için yapılması gereken işlem adımları Şekil 5.9’da verilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 5.9. YİÖ ile yüz algılama işlem adımları, **(a)** Bölütleme işlemi, **(b)** YİÖ kodu çıkarma, **(c)** Histogram eşikleme [59]

6. METODLAR VE BULGULAR

Yüze ait özellik noktaları olan kaş, göz, burun, dudak ve çene bölgelerini bulabilmek için renkli görüntülerdeki gereksiz renk verilerinden kurtulmak için resim gri renge çevrilmelidir. Bir görüntüyü gri seviyeye çevirmek için görüntüye ait parlaklık değeri kullanılır. RGB (Red Green Blue) renk değerleri belirlenen katsayılarla çarpılarak resmin gri seviye değeri 6.1'deki denklemle elde edilir. Denklemdeki Y, görüntüye ait parlaklık değeridir.

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (6.1)$$

Şekil 6.1'de denklem kullanılarak gri seviyeye çevrilmiş resim görülmektedir.



Şekil 6.1. Orijinal resim gri seviyeye çevirme

Gri seviyeye çevrilmiş resim içerisinde yüz bölgesine ait organların konumunu belirlemek için yatay ve dikey histogramlar kullanılır [60]. Yatay histogramı hesaplarken resmin genişlik değerinde bir dizi tanımlanır. Gri seviyedeki resimde yatay noktalara ait parlaklık değerleri hesaplanır. Bu değerler toplanarak yatay histogram elde edilir. Yüze ait bir resmin yatay histogram değeri hesaplandığında histogramdaki tepe noktası burnun yataydaki koordinatını verir.

Yüze ait dikey histogram değerleri, yatay histogram hesaplama yöntemi ile hesaplanır. Dikey histogramda minimum değere karşılık gelen yüze ait bileşenler ise kaşlar ve gözlerdir.

Histogram hesaplamadaki temel amacımız göz bölgesini tespit etmektir. Bunun için dikey histogram hesaplandıktan sonra elde edilen en düşük seviyeli bölge seçilir. Seçilen

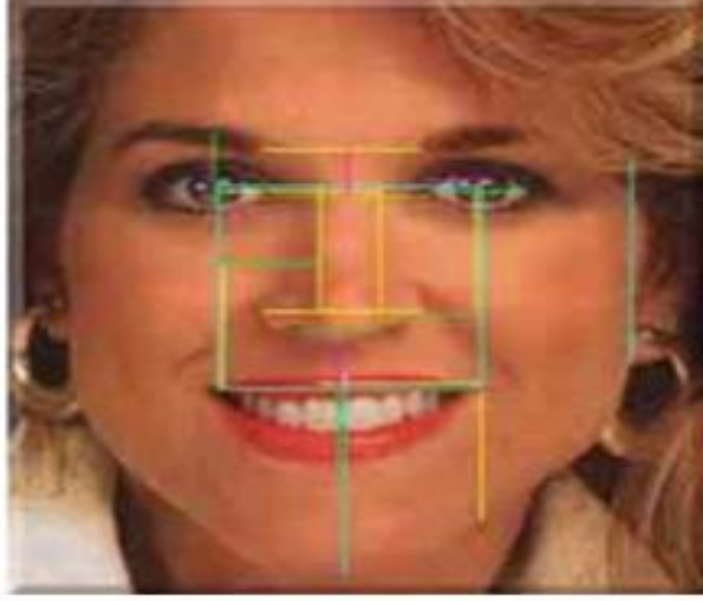
bölge yukarı ve aşağı doğru 15 piksel uzaklığında bir kare içerisine alınır. Kare içerisindeki alan çıkarıldığında histogramda kalan minimum değerler göz bebeğinin konumunu verir. Şekil 6.2’de histogram kullanılarak yüze ait göz bebeği ve burun bölgelerinin orta noktalarının işaretlenmesi görülmektedir.



Şekil 6.2. Dikey ve yatay çizgilerle özellik noktaları [60]

Histogramlar yardımı ile göz bebeği bulunduktan sonra yüze ait diğer organların konumu Altın Oran değeri kullanılarak hesaplanır. Altın oranın sayısal değeri 1.618 dir. Altın oran değerini veren yüze ait bölgeler aşağıda verilmiştir [60].

- Burun genişliği / Burun delikleri arası
- Göz bebekleri arası / Kaşlar arası
- Ağız boyu / Burun genişliği
- Yüzün boyu / Yüzün genişliği
- Yüzün boyu / Çene ucu-kaşların birleşim yeri arası
- Dudak- kaşların birleşim yeri arası / Burun boyu



Şekil 6.3. Yüz resminde altın oranının bulunduğu bazı noktalar belirtilmiştir [60].

Yüze ait göz bebeğinin konumu belirlendikten sonra diğer organların konumu için aşağıdaki oranlar kullanılır [60].

Tablo 1: Kadın ve erkek için organların konumu

Yüz Bölgesini Oluşturan Organlar	Kadın	Erkek
Baş yüksekliği	7	7.5
Gözler	3.5	4
Baş genişliği	4.5	4.5
Gözlerin genişliği	1	1
Burnun genişliği	1	1
Dudak çene arası	1.3	1.5

Tablo 1’de verilen oranlar kullanılarak elde edilen sonuçlar Şekil 6.4’de görülmektedir.



Şekil 6.4. Yüzlerin özellik noktalarının belirlendiği resimler yer almaktadır [60].

6.1. Sobel Filtresi

Görüntüye ait kenarların bulunmasında yaygın kullanılan algoritma Sobel filtresidir. Bu yöntem yatay ve dikey kenar bulma işlemleri için kullanılır. Görüntüye ait 3x3 boyutunda yatay ve dikey çekirdek matrisler oluşturulur. Bu çekirdek matrisler ışık yoğunluğunun hızlı bir şekilde değiştiği alanları belirlememize yarar.

Kaynak görüntüyü A ile tanımlarsak görüntüye ait G_x (yatay) ve G_y (dikey) değerler 6.2.'deki denklem ile hesaplanır [61].

$$G_x = \begin{bmatrix} -1 & 0 & +1 \\ -2 & 0 & +2 \\ -1 & 0 & +1 \end{bmatrix} * A \quad G_y = \begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ +1 & +2 & +1 \end{bmatrix} * A \quad (6.2)$$

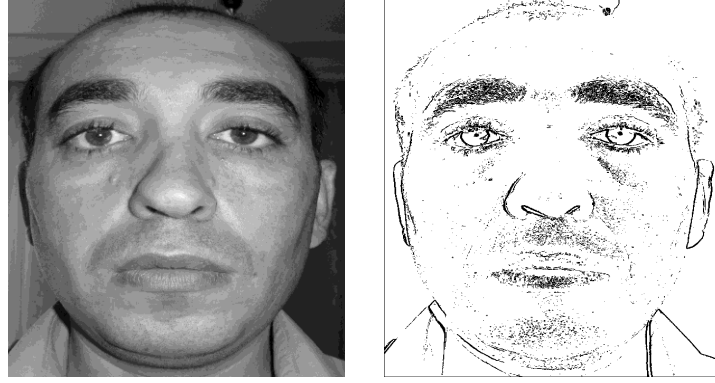
X-koordinat sağ yönde artan olarak tanımlanır. Y koordinatı aşağı yönde artan olarak tanımlanır. Görüntü içindeki her nokta için gradyan yaklaşımı kullanılarak gradyan değerleri birleştirilir.

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (6.3)$$

Bu değerler kullanılarak, aynı zamanda gradyanın yönünün tersi hesaplanabilir.

$$\theta = a \tan 2(G_y, G_x) \quad (6.4)$$

Burada örneğin, θ sağ tarafta koyu bir dikey kenarı çizmek için kullanılır.



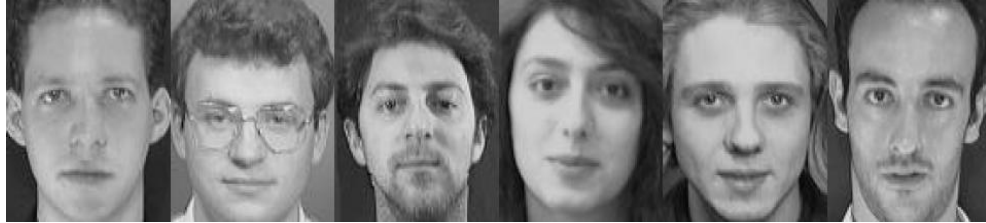
(a)

(b)

Şekil 6.5. (a) Orijinal resim (b) Sobel Filtresi ile kenarları çıkarılmış resim

6.2. Aktif Şekil Modelleri İle Yüz Tespiti

Aktif Şekil Modeli bir eğitim kümesindeki genel şekil değişiminin istatistiksel modelini temsil eder. Nokta Dağılım Modeli (NDM) olarak da adlandırılan bu model, bir önceki şekilden eğitim setinde kullanılmayan nesneler için şablon oluşturmak için kullanılır. İnsan yüzünde birçok karakteristik parça bulunmaktadır. Her insanın yüz yapısı farklılık gösterir. Şekil 6.6’da farklı kişilere ait yüz resimleri görünmektedir.



Şekil 6.6. Bireysel görünüm

Şekil 6.7’de aynı kişiye ait farklı yüz ifadelerinin bireyin yüz yapısını nasıl değiştirdiği görünmektedir.



Şekil 6.7. Yüz ifadeleri

Yüz ifadelerinin dışında bireylerin farklı görünmesine sebep olan diğer nedenler ise Şekil 6.8’de verilen ışık efektleri ve Şekil 6.9’da kişiye ait resimlerin üç boyutlu görüntüleridir.



Şekil 6.8. Işık efektleri



Şekil 6.9. 3D poz

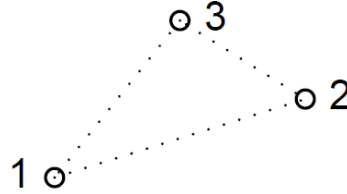
AŞM’in amacı yüzlerin tipik varyasyonlarını açıklayan bir model oluşturmaktır. Bunun için Şekil 6.10’daki gibi farklı görüntüler toplanarak tipik değişimlerin tespiti yapılmaya çalışılmaktadır.



Şekil 6.10. Eğitim örnek seti

AŞM genel anlamda yüzde belirlenmiş noktaların takibini yapma prensibine göre çalışır. Önceleri bu noktalar elle belirlenirken daha sonraki çalışmalarda bu noktaların yüze yerleştirilmesi otomatik olarak yapılmıştır. AŞM iki boyutlu şekil ve şekil modelleri üzerine kurulmuştur.

Bizim için şekiller (x,y) koordinat sisteminde noktaların nx2 boyutun oluşturdukları bir diziyle temsil edilirler. Şekli oluşturan bu noktalar birbiri ile bağımlı anlamlar taşırlar. Bir şekli taşımak, genişletmek veya döndürmek şekli değiştirmez. Şekli belirlemek için belirli noktalar kullanılır [61]. Basit olarak bir nesne Şekil 6.11'deki gibi üçgen bölge olarak temsil edilebilir.



Şekil 6.11. Üçgen bölge [62]

Şekilde verilen noktalar arasındaki mesafe şekle ait değil sadece kenarları belirlemek için kullanılır. Şekle ait iki nokta arasındaki uzaklık Öklid Mesafesi yöntemi ile hesaplanır. Öklid Mesafesi iki nokta arasındaki en kısa doğrusal uzaklıktır.

n boyutlu Öklid uzayında $P = (p_1, p_2, \dots, p_n)$ ve $Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$ noktaları arasındaki Öklid uzaklığı 6.5'deki denklemle tanımlanır:

$$\sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + \dots + (p_n - q_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (p_i - q_i)^2} \quad (6.5)$$

Öklid uzaklığı farklı boyutlu uzaylarda aşağıda verilen denklemlerle hesaplanır.

Tek boyutta yer alan $P = (p_x)$ ve $Q = (q_x)$ noktaları için Öklid uzaklığı 6.6'daki denklemle hesaplanır:

$$\sqrt{(p_x - q_x)^2} = |p_x - q_x| \quad (6.6)$$

Bu aynı zamanda gündelik hayatta kullandığımız uzunluk kavramının karşılığıdır.

İki boyutlu bir düzlemde yer alan $P = (p_x, p_y)$ ve $Q = (q_x, q_y)$ noktaları için Öklid uzaklığı 6.7'deki denklemle hesaplanır:

$$\sqrt{(p_x - q_x)^2 + (p_y - q_y)^2} \quad (6.7)$$

Üç boyutlu uzayda yer alan $P = (p_x, p_y, p_z)$ ve $Q = (q_x, q_y, q_z)$ noktaları için Öklid uzaklığı 6.8'deki denklemle hesaplanır.

$$\sqrt{(p_x - q_x)^2 + (p_y - q_y)^2 + (p_z - q_z)^2} \quad (6.8)$$

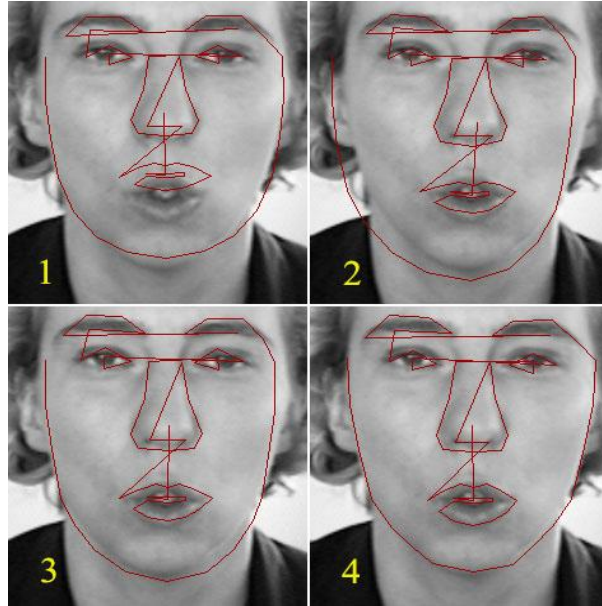
Görüntüye ait koordinatlar 6.9'daki *n-noktalı çokgen* olarak ifade edilmektedir.

$$X = (x_1, y_1, \dots, x_{n-1}, y_{n-1}, x_n, y_n)^T \quad (6.9)$$

Şekiller arasındaki minimum mesafe hesaplandıktan sonra bu şekil üzerine dönüşüm yöntemleri uygulanarak diğer şekle hizalanması sağlanabilir. Dönüşümler ölçekleme, döndürme ve lineer çeviri şeklinde yapılır. Benzerlik dönüşümü 6.10'daki denklemle yapılır [62].

$$T \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_t \\ y_t \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} s \cos \theta & s \sin \theta \\ -s \sin \theta & s \cos \theta \end{pmatrix} \quad (6.10)$$

Denklem 6.10'daki x_t , y_t çeviri, s ölçeklendirme ve θ döndürme açısıdır. Şablon şeklin yüze uydurulması işlemi Şekil 6.12'de görülmektedir.



Şekil 6.12. Hesaplanan modele göre şeklin düzeltilmesinden sonra elde edilen yeni şekli gösterir [62].

AŞM'nin görevi yüz şekli için kabul edilebilir bir görüntü modeli oluşturmaktır. Görüntü modeli yapımından önce, eğitim şekilleri hizalanır. Ardından, görüntü modeli ile

ortalama bir yüz oluşturmak için belirli bir aralık değerinde şekilde bozulmalara izin verilir. Bu işlem 6.11'deki denklem ile yapılır.

$$x = \bar{x} + \Phi b \quad (6.11)$$

Burada, x : oluşturulan şekil vektör $\bar{x}$: ortalama şekli Φ : özvektörler matrisidir. Hizalanmış eğitim şekilleri ile ortalama yüzün hesaplanması 6.12'deki denklem ile hesaplanır.

$$\bar{x} = \frac{1}{n_{\text{şekil}}} \sum_{i=1}^{n_{\text{şekil}}} x_i \quad (6.12)$$

şeklinde ifade edilir.



Şekil 6.13. Birinci temel bileşen (gri) varyasyonları ile ortalama yüz (siyah) [62]

Φ özvektörler matrisinin S_s kovaryans matrisi ile eğitimi 6.13'deki denklemle yapılır.

$$S_s = \frac{1}{n_{\text{şekil}} - 1} \sum_{i=1}^{n_{\text{şekil}}} (x_i - \bar{x})(x_i - \bar{x})^T \quad (6.13)$$

Ortalama şekil ile her şekil arasındaki sapma miktarı 6.14'deki denklemle hesaplanır.

$$dx_i = x_i - \bar{x} \quad (6.14)$$

6.15'deki denklemle kovaryans matrisi bulunur.

$$\Sigma = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m dx_i dx_i^T \quad (6.15)$$

Kovaryans matrisin özvektörleri 6.16'daki denklemle bulunur.

$$\sum P_i = \lambda_i P_i \quad (6.16)$$

P_i =kovaryans matrisin özvektörleri λ_i 'nin özdeğerleri P matrisi her özvektöre karşılık gelen özdeğerler ile oluşturulur.

$$P = \begin{bmatrix} P_1 & \dots & P_{2n} \end{bmatrix} \quad (6.17)$$

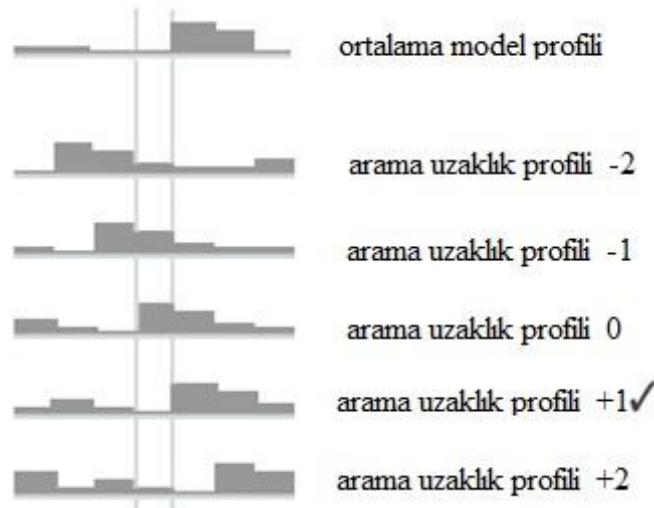
Yeni şekil özvektörler ile ortalama şeklin doğrusal kombinasyonu kullanılarak 6.18'deki denklemle elde edilir.

$$x = \bar{x} + Pb \quad (6.18)$$

Yeni oluşturulan model şekil denklem 6.19'daki v vektörü ile ifade edilir.

$$v = \{t_x, t_y, s, \theta, b\} \quad (6.19)$$

Eğitim süresince, ortalama profili oluşturmak için kovaryans matrisi ile her dönüşüm değerine bir model oluşturulur. Oluşturulan modelin uygun bir şekilde yerleştirilebilmesi için yüze ait belirlenen nokta boyunca Şekil 6.14'deki gibi artı eksi 3 piksel kaydırma işlemi yapılır.



Şekil 6.14. Uygun profili arama işlemi

Oluşturulan profilin şekle en uygun şekilde yerleşip yerleşmediği Mahalanobis mesafesi hesaplanarak bulunur.

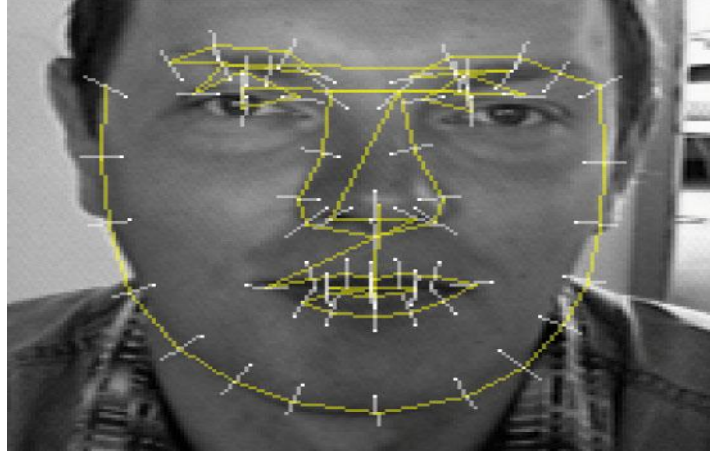
Mahalanobis mesafesi 6.20'deki denklemle hesaplanır.

$$(g - \bar{g})^T S_g^{-1} (g - \bar{g}) \quad (6.20)$$

g : profil vektörü

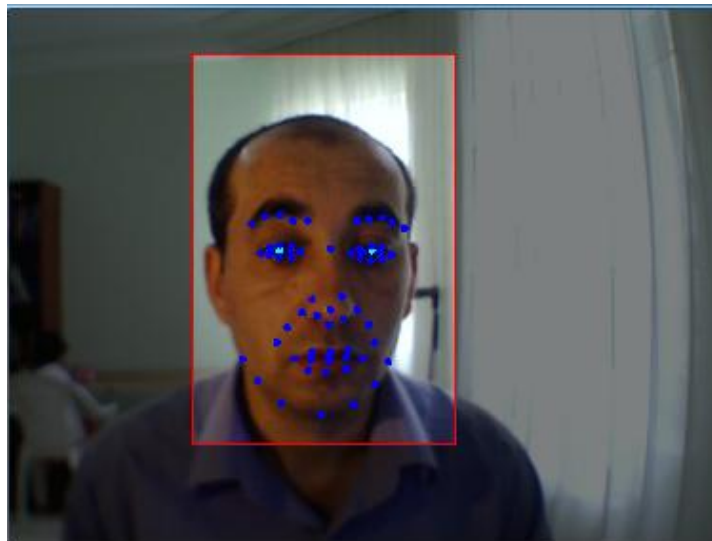
$\bar{g}$: Üst profili modeline ait ortalama profil

S_g =kovaryans matris



Şekil 6.15. Mahalanobis mesafesi ile görüntünün işaretlenmesi [62]

Görüntü içerisindeki yüz bölgesi tespitinden sonra sınıflandırma işlemi için kullanılacak olan bölgelerin işaretlenmesi işlemi Şekil 6.16'da gösterilmiştir.



Şekil 6.16. Yüz bölgesindeki özellik noktalarını işaretlenmesi

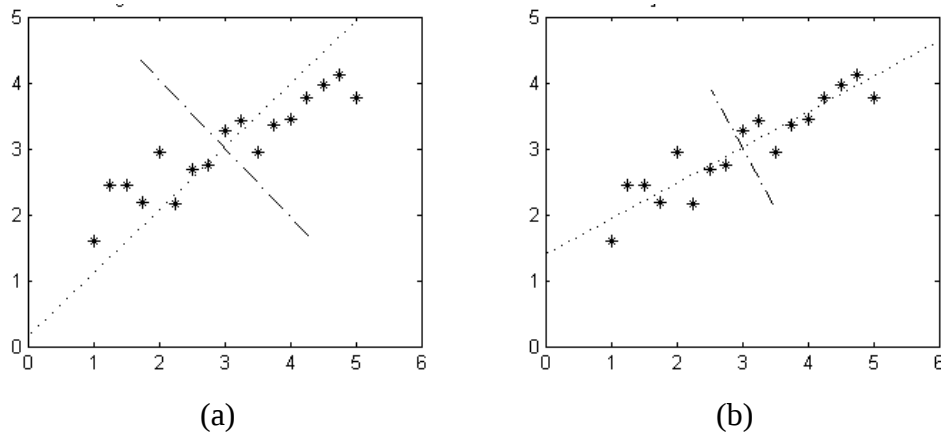
Yüz ifadesi sınıflandırma işleminde yüze ait organların konumu belirlenen bu noktalarla tespit edilir. Yüz bölgesinin karakteristik özellikleri fazla olduğundan dolayı bu verilerin işlenebilmesi için daha az sayıda veri ile temsil edilmeleri gerekmektedir. Belirlenen bu noktalar TBA ile yeniden değerlendirilerek bilgi kaybı olmadan işlenecek veri sayısı düşürülür.

6.3. Temel Bileşenler Analizi İle Öznitelik Çıkarma

Yüze ait belirleyici faktörlerin konumunu tanımlayan izdüşümleri kullanılarak hesaplamalar yapılır. Bu yöntemde kullanılan örnek yüzlerin n boyutlu bir vektöre karşılık geldiği düşünülür. Bu vektörlerin ortalamaya göre dağılımının en yüksek olduğu değer hesaplanır. Bu değere göre oluşan yeni bir vektör elde edilmeye çalışılır. [63].

TBA ile öznitelik vektörü elde edilirken resmin orijinal boyutu $I(x, y)$ alınır. Yoğunluk vektörü $N \times N$ boyutunda bir matris olduğu kabul edilirse, 256×256 boyutunda bir resme ait vektör boyutu 65,536 olur. Bu boyuttaki bir vektör üzerinde işlem yapmak çok zaman alacağından bu yüzü temsil eden daha az boyutlu bir vektör elde etmek gerekmektedir [58].

TBA, orijinal bir değişkeninin varyans yapısını daha az sayıda ve bu değişkenlerin doğrusal bileşenleri olan yeni değişkenlerle ifade etme yöntemidir. Bu yöntemde önceden elde edilmiş veri setine ait değerler yeniden hesaplanarak koordinat sistemi üzerinde doğrusal bir yapıda gösterilir. Böylece veri seti küçültülmüş olur. Aşağıdaki şekilde görüntüden alınmış veri seti ve TBA ile veri seti için hesaplanan yeni koordinat bilgileri gösterilmektedir.



Şekil 6.17 (a) Örnek veri seti (b) TBA ile hesaplanan yeni veri seti

Şekil 6.17’de görüldüğü gibi, örnek veri setinde tanımlı noktalar (a)’da belirtilirken, TBA ile dönüştürülmüş veriler (b)’deki koordinatlar ile belirtilmiştir. TBA ile dönüştürülmüş veri setine bakıldığında doğrunun üst kısmındaki veri setindeki bilgilerin değişimi daha azdır. Dolayısı ile veri setine ait varyansın doğrunun altında kalan kısımlarla tanımlanması mümkündür. Böylelikle iki boyutlu olan veri seti tek boyutlu olarak ifade edilebilmektedir. Bir veri setine ait TBA hesaplanırken, oluşturulacak matrisin satırları eleman değerlerinden ve sütunları da özellik değerlerinden tanımlanacak şekilde ayarlanır.[61].

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & x_{m3} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (6.21)$$

Matristeki her sütunun ortalama değerini bulmak için 6.22’deki denklem kullanılır.

$$\bar{X}_i = \frac{\sum_{j=1}^m X_{ji}}{m} \quad (6.22)$$

Sütunlara ait ortalama değerleri bulunduktan sonra bu ortalamalar 6.23’deki denklemle sütun değerlerinden çıkartılarak veriler ortalananmış olur [61].

$$X' = \begin{bmatrix} x_{11} - \bar{x}_1 & x_{12} - \bar{x}_2 & x_{13} - \bar{x}_3 & \dots & x_{1n} - \bar{x}_n \\ x_{21} - \bar{x}_1 & x_{22} - \bar{x}_2 & x_{23} - \bar{x}_3 & \dots & x_{2n} - \bar{x}_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} - \bar{x}_1 & x_{m2} - \bar{x}_2 & x_{m3} - \bar{x}_3 & \dots & x_{mn} - \bar{x}_n \end{bmatrix} \quad (6.23)$$

Ortalanmış matris değerleri ile elde edilen matrisin devriği bulunur. Bu iki matrisin çarpımı ile kovaryans matris 6.24’deki denklemle elde edilir.

$$K = X'^T \cdot X' \quad (6.24)$$

Kovaryans matrisine ait özvektör (V) ve özdeğer (λ) matrisleri 6.25’deki denklemle hesaplanır.

$$V \cdot K = \lambda \cdot V \quad (6.25)$$

n x n kovaryans matris için, n uzunlukta n adet özvektör matrisi aşağıdaki gibi oluşur [61].

$$V = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} & \dots & a_{n1} \\ a_{12} & a_{22} & a_{32} & \dots & a_{n2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1n} & a_{2n} & a_{3n} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Bulunan özdeğerler (λ) matrisi ile koordinat sistemindeki daha az sayıdaki değer kullanılabilir. Varyans değerlerini koruyabilmek için özdeğeri büyük olan özvektörden başlanır.

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i = \lambda_T \quad (6.26)$$

$$\sum_{i=1}^z \lambda_i = \lambda_z \rightarrow \max\left(\frac{\lambda_z}{\lambda_T}\right) \quad (6.27)$$

İlk z adet özdeğere karşılık gelen, n uzunlukta z adet özvektör aşağıda verilmiştir [61].

$$V' = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{21} & a_{31} & \dots & a_{z1} \\ a_{12} & a_{22} & a_{32} & \dots & a_{z2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{1n} & a_{2n} & a_{3n} & \dots & a_{zn} \end{bmatrix}$$

Oluşturulan z tane özvektör, şekle ait yeni koordinatlar için dönüşüm matrisi olarak kullanılır. Dönüşümün amacı görüntüye ait veri miktarını azaltmaktır.

$$Z = X' \cdot V' \quad (6.28)$$

Görüntüye ait veri miktarı düşürülmüş olmasına rağmen özvektörlere ait özdeğerler korunmuştur.

6.4. Saklı Markov Modelleri İle Sınıflandırma

Saklı Markov modelleri yaygın olarak bilim, mühendislik ve diğer birçok alanda (konuşma tanıma, optik karakter tanıma, makine çevirisi, bilgisayarla görme, finans ve ekonomi) sınıflandırıcı olarak kullanılan bir akıllı sistem yöntemidir. [64].

Bu çalışmada kameradan alınan görüntülerin sınıflandırılması için SMM kullanılmıştır. Çalışmada sınıflandırıcı olarak SMM kullanılmasının temel sebebi matematiksel modellemeler için geniş bir kullanım alanı sunmasıdır. Aynı zamanda SMM ile sınıflandırılacak veriler birbirinden bağımsız olarak değerlendirildiğinden sınıflandırma işlemini kolaylaştırmaktadır. SMM ait temel özellikler [65]:

Sürekli N farklı ($S_1, S_2, S_3, \dots, S_N$) durum alan bir sistemde t zamanındaki durumu q_t ile gösterirsek, $q_t = S_i$ sistemin herhangi bir t zamanında S_i durumunda olduğunu gösterilir [65].

Denklemden, belirli bir zaman dilimi içerisinde sistemin bir değerden diğer bir değere geçme olasılığı önceki değerlere bağlıdır.

$$P(q_t = S_j | q_{t-1} = S_i, q_{t-2} = S_k, \dots) \quad (6.29)$$

Sistemin bir sonraki alacağı durum t+1 ile ifade edilirse, bu durumun t zamanındaki duruma göre değiştiğini kabul eden model ise birinci derece Markov modelidir [65].

$$P(q_{t+1} = S_j | q_t = S_i, q_{t-1} = S_k, \dots) = P(q_{t+1} = S_j | q_t = S_i) \quad (6.30)$$

Durum geçişlerinin zamandan bağımsız olduğu düşünülerek geliştirilmiş olan denklem:

$$a_{ij} = P(q_{t+1} = S_j | q_t = S_i), \quad a_{ij} \geq 0 \quad \text{ve} \quad \sum_{j=1}^N a_{ij} = 1 \quad (6.31)$$

Sistemin alacağı ilk durum 6.32'deki denklem ile bulunur. Denklemden sistemin alacağı ilk durumu π_i olarak gösterilir.

$$\pi_i = P(q_1 = S_i), \quad \sum_{i=1}^N \pi_i = 1 \quad (6.32)$$

Markov modellerinde sistemin herhangi bir zaman dilimindeki durumunu tespit etmek mümkündür.

Bir SMM ait elemanlar aşağıda verilmiştir [65]:

1. N, görüntüdeki durum sayısı: $S = (S_1, S_2, S_3, \dots, S_N)$
2. M, gözlemler sonucu elde edilen farklı durum sayısı: $V = (V_1, V_2, V_3, \dots, V_M)$
3. A, durumlar arası geçiş olasılıkları matrisi: $A = [a_{ij}]$, $a_{ij} = P(q_{t+1} = S_j | q_t = S_i)$
4. B, gözlemlenebilir olasılıkları matrisi: $B = [b_j(m)]$, $b_j(m) = P(O_t = V_m | q_t = S_j)$
5. Π , ilk duruma ait olasılıklar vektörü: $\Pi = [\pi_i]$, $\pi_i = P(q_1 = S_i)$

N ve M hesaplandıktan sonra, sisteme ait parametreler λ ile ifade edilir. $\lambda = (A, B, \Pi)$ ise SMM'yi oluşturur.

SMM'ye ait model parametreleri Baum-Welch algoritması ile hesaplanır. Baum-Welch algoritmasının basamakları aşağıda verilmiştir.

1. $\lambda = (A, B, \Pi)$ değerleri kullanılarak $\xi_t(i, j)$ ve $\gamma_t(i)$ bulunur.
2. $\xi_t(i, j)$ ve $\gamma_t(i)$ ile yeni parametreler hesaplanır. $\lambda_y = (A, B, \Pi)$

3. Değer hesaplama işlemi $P(O | \lambda_y) > P(O | \lambda)$ şartı sağlandıkça devam eder.

Eğitim işlemi için $X = \{O^k\}_{k=1}^K$ değeri verildiğinde parametreler 6.33, 6.34 ve 6.35'deki denklemlerle hesaplanır.

$$a_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^{T_k-1} \zeta_t^k(i, j)}{\sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^{T_k-1} \gamma_t^k(i)} \quad (6.33)$$

$$b_j(m) = \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^{T_k-1} \gamma_t^k(j) 1(o_t^k = v_m)}{\sum_{k=1}^K \sum_{t=1}^{T_k-1} \gamma_t^k(j)} \quad (6.34)$$

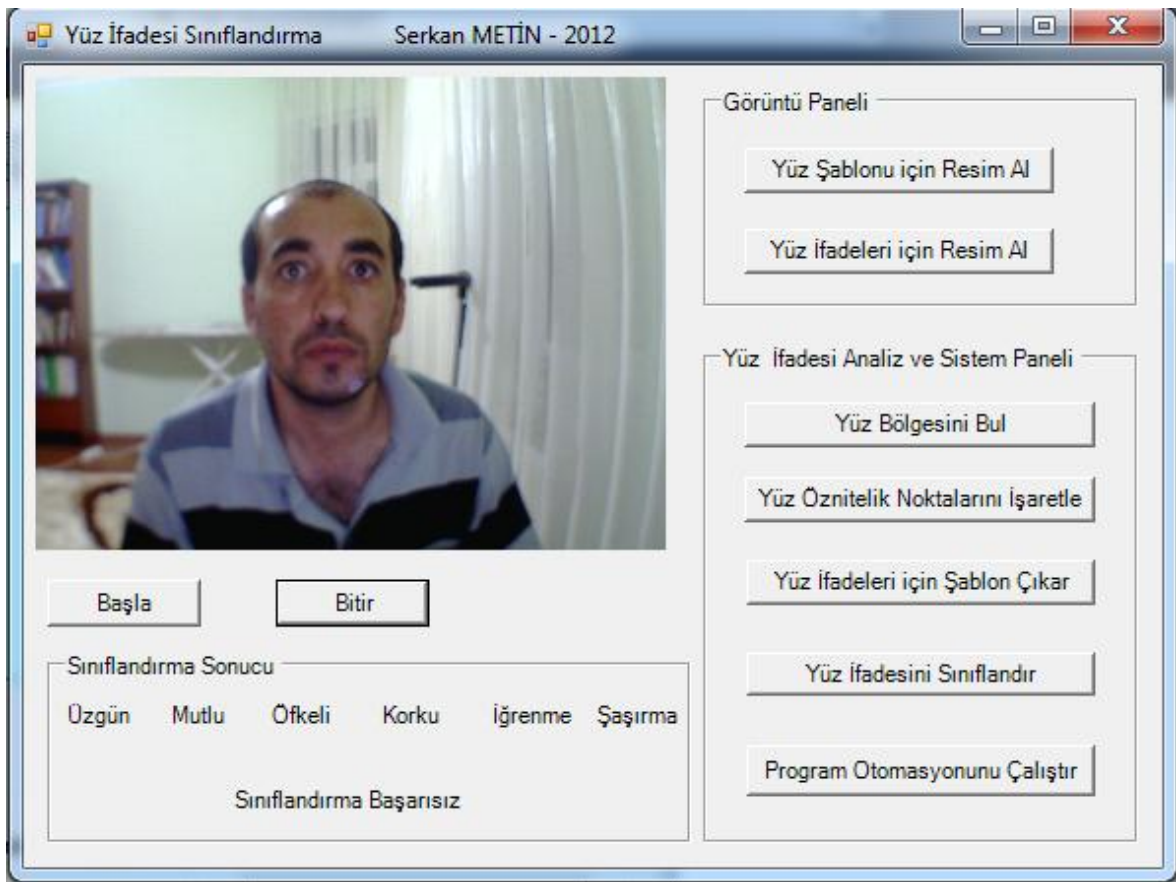
$$\pi_i = \frac{\sum_{k=1}^K \gamma_1^k(i)}{K} \quad (6.35)$$

Eğitim işlemi için K sayıda eleman kullanıldığında işlemi sonlandırabilmek için $P(X | \lambda)$ ihtimali 6.36'deki denklemle hesaplanır.

$$P(X | \lambda) = \prod_{k=1}^K P(O^k | \lambda) \quad (6.36)$$

7. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Tez çalışmasında kullanılan bilgisayarın özellikleri 4GB RAM'e sahip Intel i5 2.53 GHz işlemcili ve Windows işletim sistemi yüklü dizüstü bilgisayardır. Kullanılan program Visual Studio 2010 programında C++ kullanılarak yazılmıştır. Görüntünün bilgisayar ortamına aktarımında bilgisayara bağlı web kamerası kullanılmıştır. Alınan görüntüler 320x240 çözünürlükte ve 30 çerçeve/saniye hızla çalışmaktadır. Tez çalışmasında geliştirilmiş olan programa ait arayüz Şekil 7.1'de verilmiştir.



Şekil 7.1. Programa ait arayüz ekranı

Programın çalışma prensibi, kameradan görüntü almak için Başla tuşuna basılmalıdır. Kamera karşısındaki kişiyi tanımlayabilmek için yüz şablonu oluşturulması gerekmektedir. Bu işlemi gerçekleştirmek için görüntü panelinde bulunan yüz şablonu için resim al düğmesine basılmalıdır. Bu işlem sonucunda kişiye ait resimler bilgisayar ortamına otomatik olarak kaydedilmektedir. Sınıflandırma işlemi için gerekli olan ikinci grup resimler ise yüz ifadelerine ait resimlerdir. Yüz ifadelerine ait resimleri ayrı ayrı

alabilmek için görüntü panelindeki yüz ifadeleri için resim al seçeneği kullanılır. Şekil 7.2’de mutluluk yüz ifadesine ait ekran görüntüsü verilmiştir.



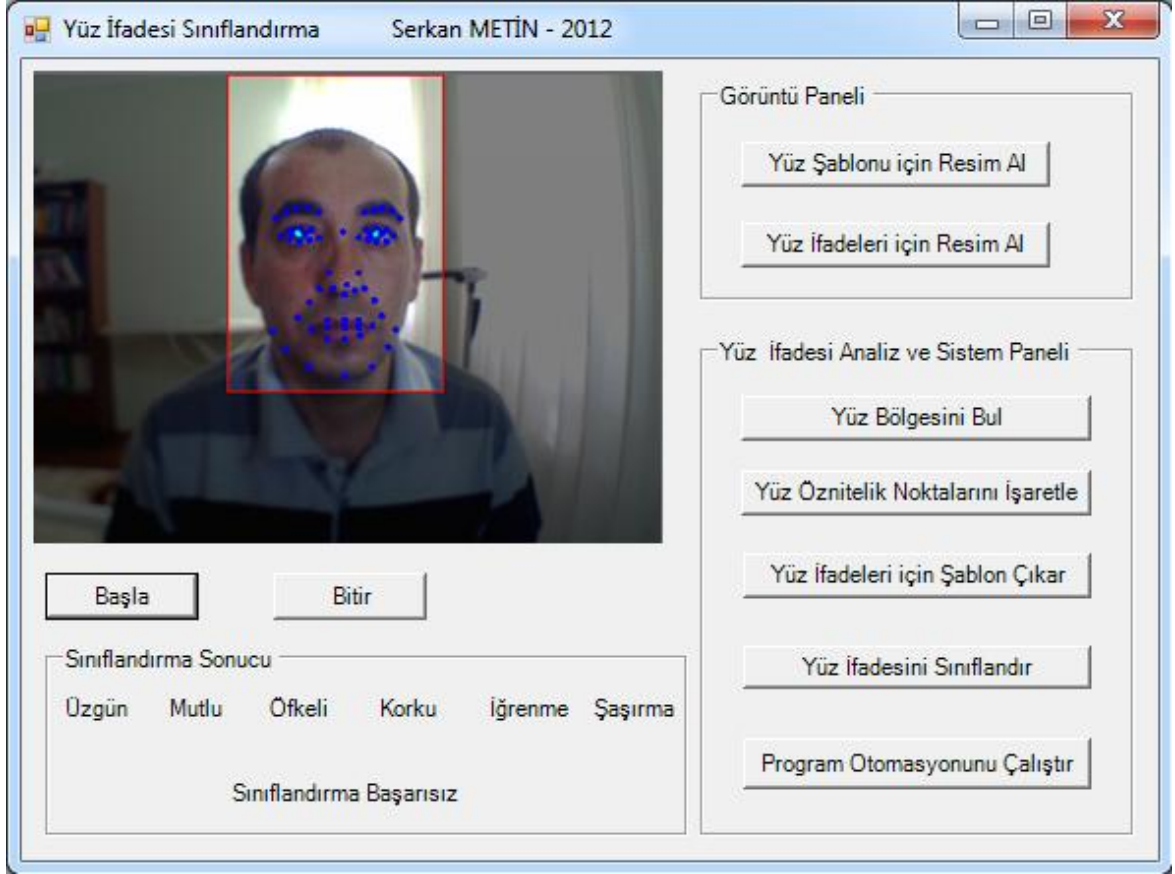
Şekil 7.2. Mutluluk yüz ifadesine ait görüntü

Kameradan elde edilen görüntüler üzerinde oluşturulan şablonlar yardımı ile gerçek zamanlı olarak yüz ifadesi sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Yüz ifadesi analiz ve sistem panelinde bulunan yüz bölgesi bul düğmesi ile Şekil 7.3’te görüldüğü gibi gerçek zamanlı olarak kamera karşısındaki kişinin yüz bölgesi tespit edilebilmektedir. Tespit edilen yüz bölgesi dikdörtgen bir çerçeve içerisine alınmaktadır.



Şekil 7.3. Yüz bölgesi bulma

Yüz ifadelerinin sınıflandırılabilmesi için yüze ait organların yerlerini belirlemek gerekmektedir. Bu organların yüzdeki konumlarını belirlemek için programda kullanılan algoritma ile yüz bölgesine altmışaltı adet nokta koyulmaktadır. Yüz bölgesindeki organların bu noktalarla işaretlenme işlemi Şekil 7.4.'te görülmektedir.



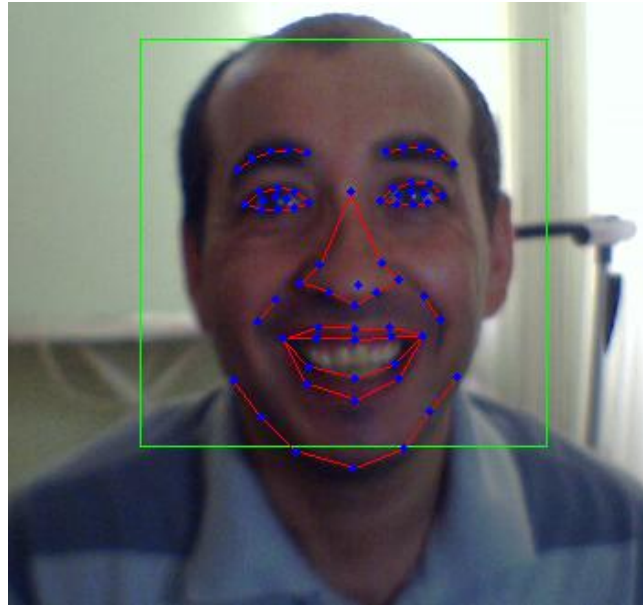
Şekil 7.4. Yüz öznitelik noktalarının işaretlenmesi

Yüz bölgesine ait olan organların konumu bu noktalar yardımı ile belirlendikten sonra yüz ifadeleri için şablon oluşturulmalıdır. Şablon oluşturma işlem için bu noktaların konum değişiklikleri takip edilmektedir. Şekil 7.5.'te üzgün yüz ifadesi için çıkarılmış şablon görülmektedir.

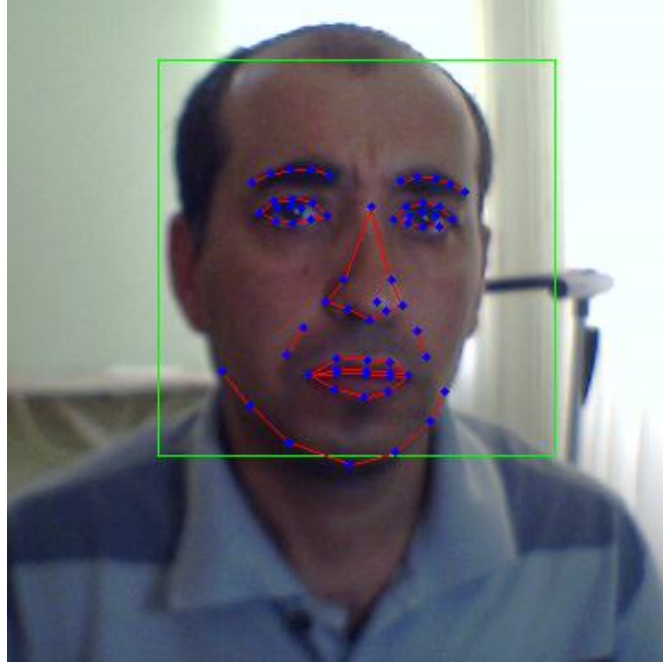


Şekil 7.5. Üzgün yüz ifadesi için çıkarılmış şablon

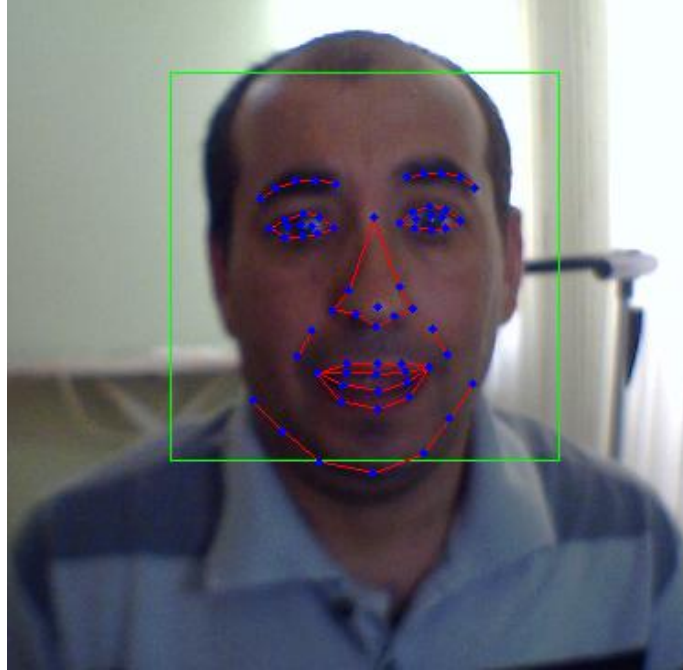
Yüz ifadelerine ait olan şablon görüntüleri program tarafından otomatik olarak kaydedilmektedir. Yüz ifadelerine ait şablon görüntüleri ayrı ayrı resim olarak alt tarafta verilmiştir.



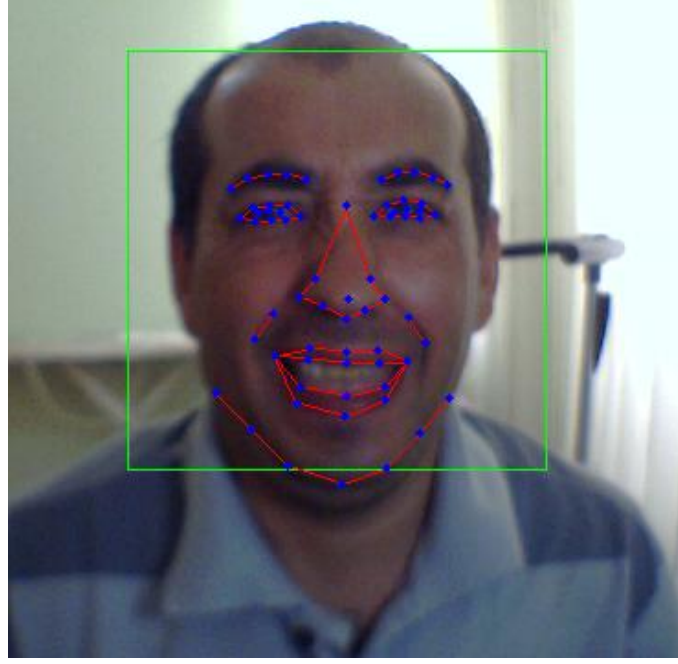
Şekil 7.6. Mutluluk yüz ifadesi için çıkarılmış şablon



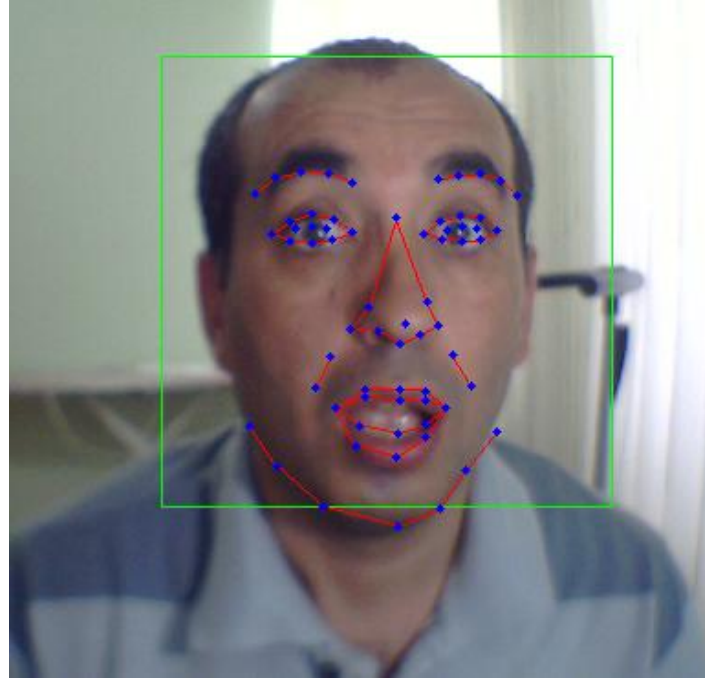
Şekil 7.7. Öfkeli yüz ifadesi için çıkarılmış şablon



Şekil 7.8. Korku yüz ifadesi için çıkarılmış şablon



Şekil 7.9. İğrenme yüz ifadesi için çıkarılmış şablon



Şekil 7.10. Şaşırma yüz ifadesi için çıkarılmış şablon

Yüz ifadesinin sınıflandırılması için yüz ifadesi sınıflandırma düğmesine basılmalıdır. Sınıflandırma işlemi yapılırken yüz ifadesinin hangi sınıfa dahil edileceği kamera karşısında yapılan yüz ifadesinin hangi AŞM'ne yakın olduğu hesaplanarak

bulunur. Yüz ifadesi tanıma işlemlerinde elde edilen sonuçlar program ekranında bulunan sınıflandırma sonucu panelindeki sınıflara ait etiketlerin kırmızı renge dönüşmesiyle gösterilmektedir.

7.1. Program Tarafından Otomatik Olarak Yüz İfadesi Tanılama

Program tarafından bir yüz ifadesinin sınıflandırılabilmesi için önceden oluşturulmuş şablona en az %70 uygunluk göstermesi gerekmektedir. Bu değerlerin altında kalan ifadeler başarısız olarak program tarafından belirtilmektedir. Yüz ifadeleri sınıflandırılırken ekranda sadece kişiye ait görüntü bulunur. Sınıflandırma işlemi yaparken program ekranında yüz bölgesini ve öznitelik noktalarını belirleyen çizgileri görebilmek için klavyeden “s” tuşuna basılmalıdır.

Şaşırma yüz ifadesinin tanınmasında ağırlık değeri kaşların konumundadır. Kaşlar durağan yüz ifadesine göre daha fazla yukarı doğru hareket etmektedir. Bu konum değişikliği hesaplanarak şaşırma yüz ifadesi sınıflandırılmaktadır. Şekil 7.11’de kaşların konumu modelle yakın değer aldığından sınıflandırma başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 7.11. Şaşırma yüz ifadesini tanılama

Öfke yüz ifadesinin sınıflandırılmasında ağırlık değeri şaşkınlık yüz ifadesinde olduğu gibi yine kaşların konumundadır. Şaşkınlık anında kaşlar normal konumlarından yukarı doğru hareket ederken öfke durumunda ise kaşlar aşağı doğru hareket ederler. Yalnız bu konum değişikliği ilk durumuna göre fazla olmadığından dolayı tanımlamada azda olsa normal sınıfında da gösterilebilir. Şekil 7.12’de sınıflandırma işleminin sonucu görülmektedir.



Şekil 7.12. Öfke yüz ifadesini tanılama

Mutlu yüz ifadesinin sınıflandırılmasında ağırlık değeri ağız yapısındaki değişikliktedir. Mutluluk ifadesinde dudaklar arası mesafe açılmaktadır. Aynı zamanda ağzın yana doğru her iki taraftan da hareket etmesi ile yüzün iç bölgesinde yanakların etrafında çukurluklar oluşur. Şekil 7.13’de sınıflandırma sonucu görülmektedir.



Şekil 7.13. Mutlu yüz ifadesini tanılama

Üzüntü yüz ifadesinin oluşumunda ağız ve kaşların konumu değişmektedir. Ağızın değişimi mutluluk ifadesine yakın bir değer almaktadır. Kaşların konumundaki değişiklik ise öfke yüz ifadesine benzemektedir. Şekil 7.14’de sınıflandırma sonucu görülmektedir



Şekil 7.14. Üzüntü yüz ifadesini tanılama

Korku yüz ifadesi, oluşum bakımından şaşırma ile üzüntü yüz ifadelerinin arasında kalmaktadır. Şekil 7.15 'de korku yüz ifadesinin sınıflandırma sonucu görülmektedir.



7.15. Korku yüz ifadesini tanılama

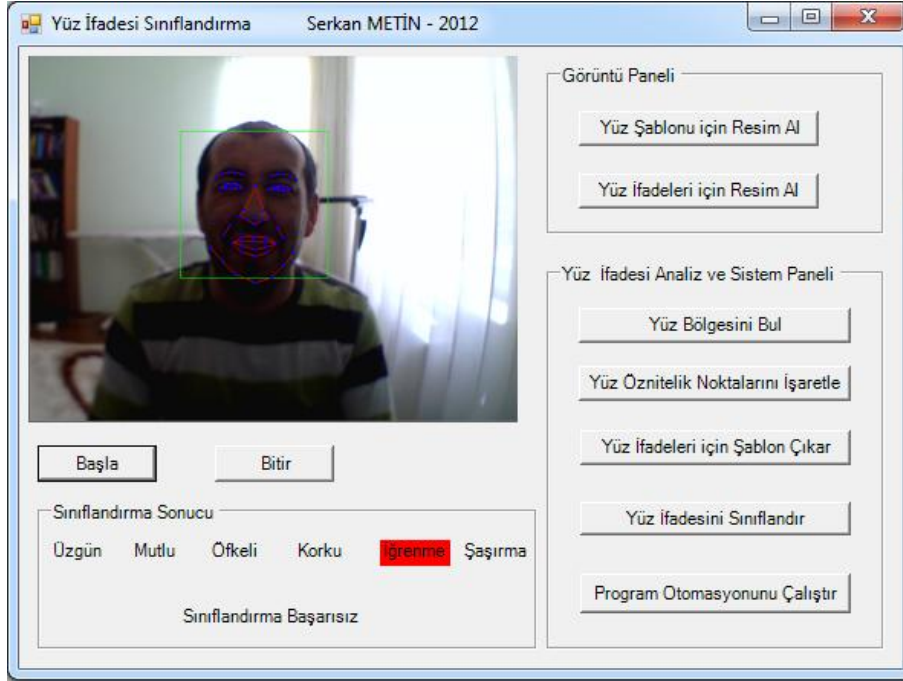
İğrenme yüz ifadesinin oluşumunda kaşların konumu öfke ifadesindeki gibi aşağı doğru hareket etmektedir. Ağızın durumu ise mutluluk ifadesindeki değişime benzemektedir. İğrenme yüz ifadesinde burundaki değişiklik ise burunu kırıştırma ve burun delikleri genişletme şeklinde olmaktadır. İğrenme yüz ifadesini tanımlamada burunun konum değişiklik değerleri kullanılmaktadır. Şekil 7.16'da bu ifadeye ait sınıflandırma işlemi görülmektedir.



Şekil 7.16. İğrenme yüz ifadesini tanılama

7.2. Yetersiz Aydınlatma Koşullarında Yüz İfadesi Tanılama

Programda kullanılan yüz bölgesini bulma algoritması ortam aydınlatma değerinden etkilenmektedir. Bu nedenle ortama ait aydınlatma miktarı yeterli olmadığı durumlarda şaşırma ve korku yüz ifadelerinin tespiti tam olarak yapılamamaktadır. Yetersiz aydınlatma koşullarında alınan deneysel sonuçlar alt kısımda ayrı ayrı resim olarak verilmiştir.



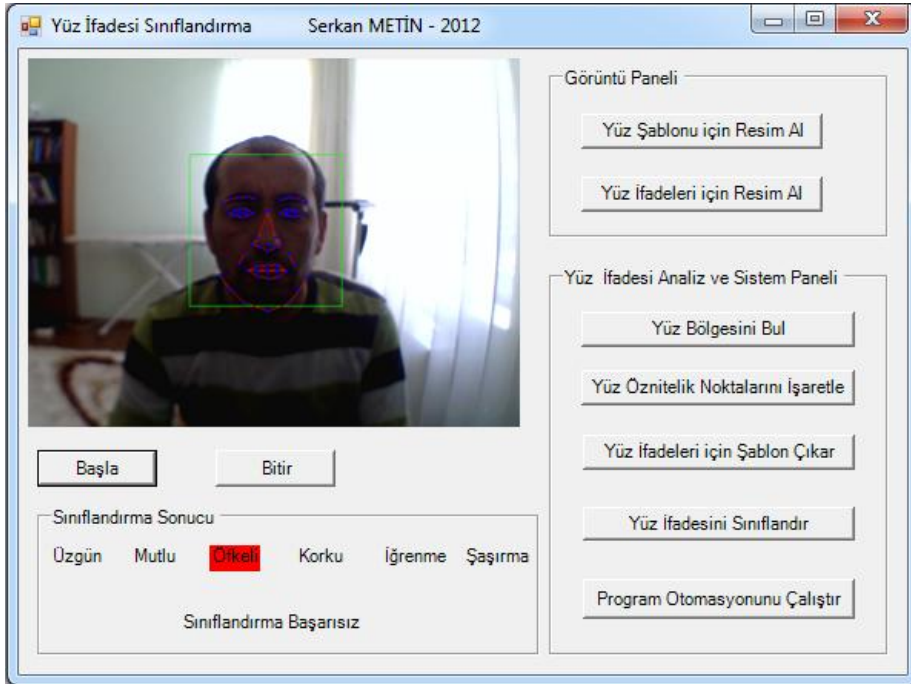
Şekil 7.17. Yetersiz aydınlatma koşulunda iğrenme yüz ifadesini tanılama



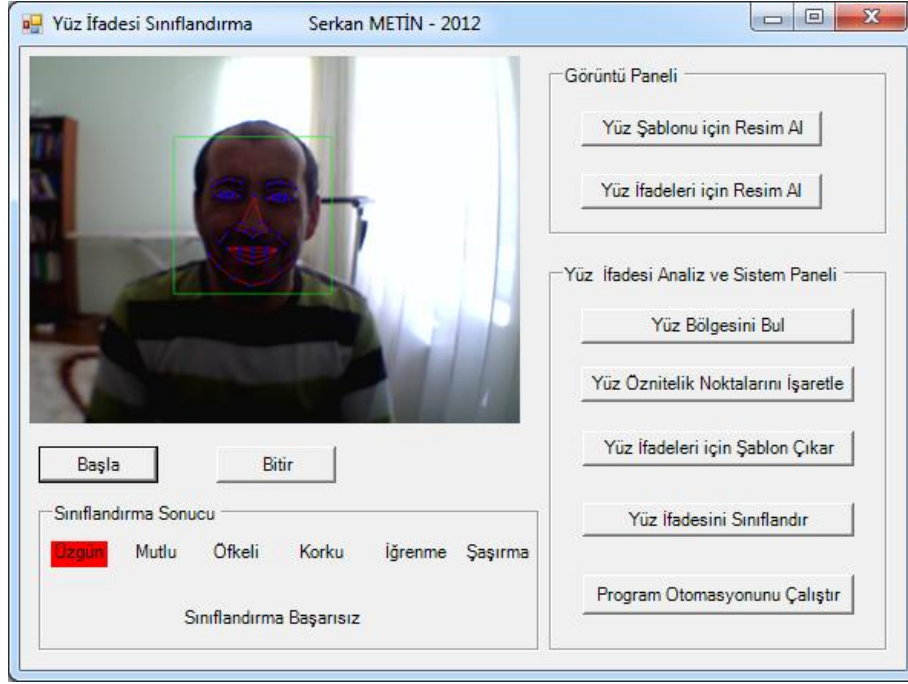
Şekil 7.18. Yetersiz aydınlatma koşulunda şaşırma yüz ifadesini tanılama



Şekil 7.19. Yetersiz aydınlatma koşulunda mutlu yüz ifadesini tanılama



Şekil 7.20. Yetersiz aydınlatma koşulunda öfke yüz ifadesini tanılama



Şekil 7.21. Yetersiz aydınlatma koşulunda üzgün yüz ifadesini tanılama



Şekil 7.22. Yetersiz aydınlatma koşulunda korku yüz ifadesini tanılama

7.3. Yüz İfadeleri İle Sistem Kontrolü

Yüz ifadeleri kullanılarak bilgisayarda bulunan programları kontrol edebilmek için belirli bir tanıma oranına ulaşılması gerekmektedir. Kontrol işlemi yapılırken açılan programların kapatılması işlemi öfkeli yüz ifadesine verilmiştir. Kontrol işlemi için kullanılacak olan sayısal değerler yüz ifadeleri için oluşturulmuş şablon değerlerden elde edilmiştir. Sistem kontrolünü yapabilmek için çalışmada şaşırma, mutluluk, üzülme ve öfke yüz ifadeleri kullanılmıştır. Sistem kontrolünde açılacak dosyanın konumu önemli olduğundan dolayı çalıştırılacak tüm dosyalar Windows işletim sistemine ait Donatılar içerisindeki programlardan seçilmiştir.

Yüz ifadeleri ile kontrol yapabilmek için Şekil 7.23’de gösterilen program arayüzünde bulunan program otomasyonun çalıştır düğmesine basmak gerekmektedir. Bu işlemten sonra yapılan yüz ifadesi sınıflandırmaları program açma ve kapatma için kullanılmaktadır. Yüz ifadesi kullanılarak açılan programın bir sonraki program açma işleminden önce kapatılması gerekmektedir. Program kapatma işlemi için öfke yüz ifadesi tanımlanmıştır.



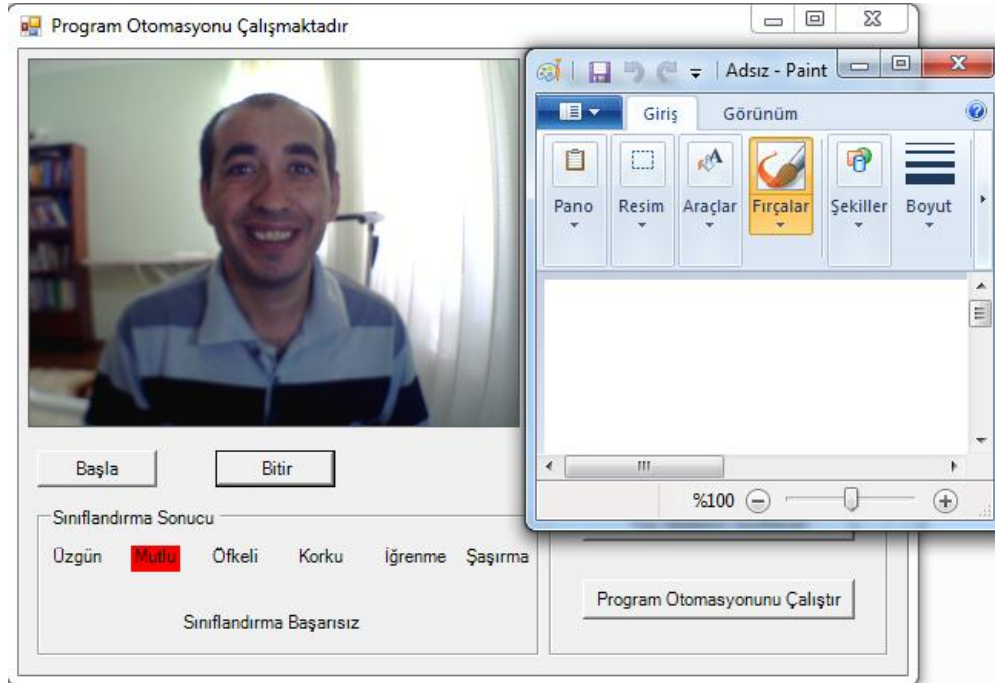
Şekil 7.23. Program otomasyonu çalıştırma

Programa şaşırma yüz ifadesi için hesap makinası programını açma görevi verilmiştir. Şaşırma yüz ifadesinin tanıma işlemi gerçekleştiğinde Şekil 7.24’de görüldüğü gibi program açılmaktadır.



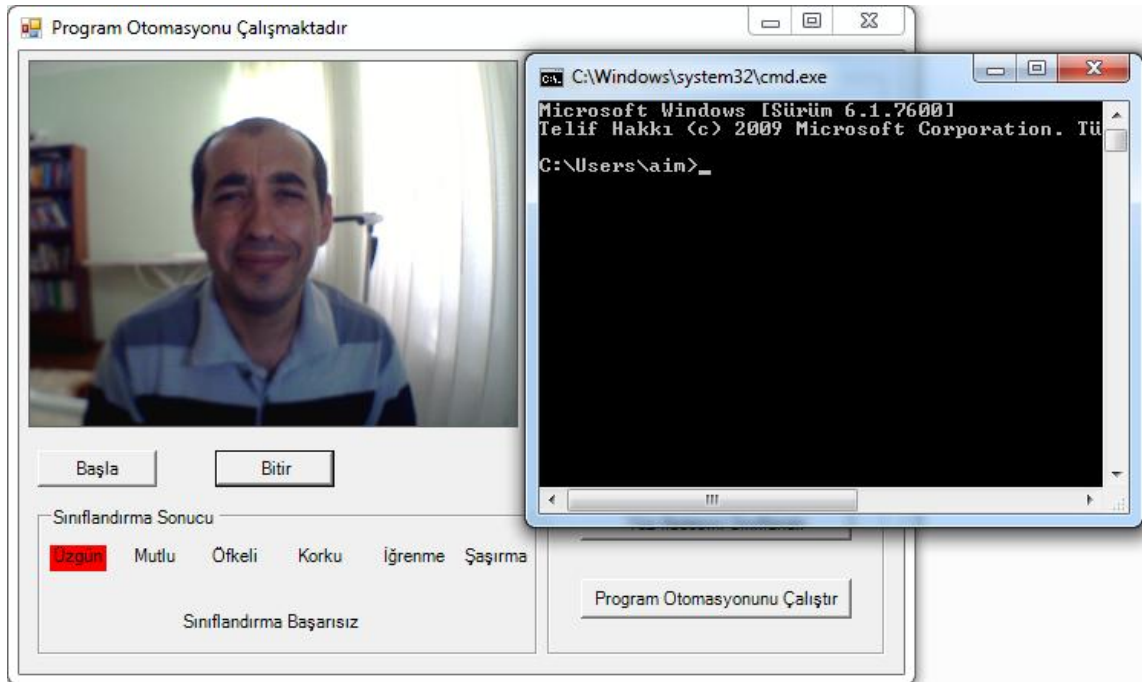
Şekil 7.24. Şaşırma yüz ifadesi ile program açma

Mutluluk yüz ifadesine tanımlı olan program paint programıdır. Mutluluk ifadesinin başarılı bir şekilde tanımlandığı zaman Şekil 7.25’de görüldüğü gibi hesap makinası programı açılmaktadır.



Şekil 7.25. Mutluluk yüz ifadesi ile program açma

Üzgün yüz ifadesinin çalıştırması için görev kısmına komut istemi programı atanmıştır. Sınıflandırma işlemindeki başarının sağlanması durumunda Şekil 7.26'da görüldüğü gibi program çalışmaktadır.



Şekil 7.26. Üzgün yüz ifadesi ile program açma

8. SONUÇLAR

Tez çalışmasında yüz ifadelerinin sınıflandırma işleminin uygun ışık değerleri altında yüksek oranlarda tanındığı görülmüştür. Yüz ifadesi sınıflandırma işlemlerinde veri işleme süreleri zaman almaktadır. Kullanılan yöntemlerle gerçek zamanlı yüz ifadesi tanıma işlemlerinde zaman kaybı olmadığı görülmüştür. Karmaşık olmayan görüntüler içerisinde yüz bölgesini bulmak için kullanılan Ten Rengi Tabanlı Yüz Bulma Yöntemi başarılı olmuştur. Yüz öznitelik noktalarının belirlenmesinde kullanılan histogram eşitleme yöntemi sonucu yüze ait organların konumları başarılı bir şekilde tespit edilmiştir. Yüz bölgesini oluşturan organların 66 adet noktayla işaretlenmesi başarılı olmuştur. Bu başarı sayesinde veri sayısı azaltılabildiği için yüz ifadelerinin sınıflandırılması işlemi hızlandırılmıştır. Yüz ifadeleri için Aktif Şekil Modelleri kullanılarak çıkarılan şablonların farklı ortam değerleri içinde başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Sınıflandırma işleminde kullanılan Saklı Markov Modeli uygun deneysel ortamlar için başarılı sonuçlar vermiştir.

Tez çalışmasında programa görüntüler bilgisayar üzerindeki kameradan alındığından yüz ifadesini oluşturan karakteristik bazı özellikler tam olarak algılanmamaktadır. Diğer bir durum ise, yüz ifadesini gerçekleştiren kişinin kamera karşısındaki pozisyonun sabit olmamasından dolayı yüz bölgesine ait bilgilerin tam olarak elde edilememesidir. Bu durumu ortadan kaldırabilmek için program kapsamında birden fazla kamera kullanılabilir.

Program gerçek zamanlı çalıştığından görüntü iyileştirme işlemleriyle zaman kaybetmemek için otomatik olarak görüntüyü düzeltebilen kameralar kullanılmalıdır. Yüz bulma algoritması ortamın aydınlık değerinden etkilendiğinden dolayı aydınlatma şartları iyi tespit edilmeli.

Deneylerde birbirine yakın olan yüz ifadelerinin tam olarak tanınmasında problem çıkmaktadır. Bu problemin çözümü için sınıflandırma işleminde kullanılan farklı metotlar karşılaştırmalı olarak denenerek en uygun sınıflandırma yöntemi geliştirilmelidir.

Yüz ifadeleri ile bilgisayar üzerinde yapılan kontrol işlemlerinde yüz ifadeleri arasında hızlı bir geçiş olmasından ve yakın yüz ifadelerinin karıştırılmasından dolayı sistem tam doğrulukla çalışmamaktadır. Bu hatanın giderilmesi için yüz ifadelerinin tanınması sırasında üretilen değerler için tam doğruluk değeri yerine yaklaşık değerler kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Özcan, K., İnsanı Anlamak, İstanbul, Altın Kitaplar Yayınevi. Ekim 1997.
2. Robertson AK. Etkili Dinleme İstanbul, Hayat Yayınları. 1999.
3. Acar C., Atlas A., Çevik K., Ölmez İ., Ünlü M., Özkan D., Duygulu P., “Yüz Bulma Yöntemlerinin Haber Videoları İçin Sistemik Karşılaştırılması” Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Bilkent Üniversitesi, Bilkent, Ankara
4. Sütçüler E. “Gerçek Zamanlı Video Görüntülerinden Yüz Bulma Ve Tanıma Sistemi” Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. İSTANBUL, 2006.
5. Hekim M., Orhan U. “Bulanık c-means kümeleme yöntemine çıkarımlı yaklaşım” Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Elektronik Programı, 60250, Tashçıftlık, Tokat
6. Yıldırım Ü., Çataltepe Z, “Örüntü Tanıma ve Öznelik Seçme Yöntemleri Kullanarak Kısa Zaman Sonraki Yol Trafik Hız Öngörüsü”, Signal Processing, Communication and Applications Conference, IEEE 16th, s.1-4, 2008.
7. Bülbül H.İ., Karacı A. “Bilgisayar Ortamında Sesli Komutları Tanıma: Örüntü Tanıma Yöntemi”, Kastamonu Eğitim Dergisi, Cilt:15 No:1 45-62, Mart 2007.
8. Sebe, N., Lew, M., Sun, Y., Cohen, I., Gevers, T., Huang, T.: Authentic facial expression analysis, CVIU, 1856-1863, 2007.
9. Akakın H.Ç, Sankur B., “Farklı Sınıflandırma Yöntemlerinin Kafa Hareketleri ve Yüz İfadelerini Tanımadaki Performansı”, SIU2010 - IEEE 18.Sinyal İşleme Ve İletişim Uygulamaları Kurultay – Diyarbakır
10. Eser S. “Yapay Sinir Ağları İle Yüz Sezimi Ve Takibi” Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi İstanbul, 2006.
11. Konak E.S. Bilgisayar Destekli Yüz Tanıma Sistem Tasarımı. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi Haziran, 2006.
12. Baykut A., Erçil A., “Örüntü Sınıflandırma Sistemlerinin Tümüleştirilmesi”
13. Kurt B. “Bilgisayar İle Psikolojik Durum Değerlendirilmesi” Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Trabzon, 2007.
14. Danışman T., Alpkoçak A., İnsan Yüzündeki Duygusal İfadenin Tanınması, Signal Processing and Communications Applications, 2006 IEEE 14th, 1-4, 2006.
15. İ. Arı, F. O. Alsaran, ve L. Akarun, "Görü-tabanlı Gerçek-zamanlı Duygu Tanıma," IEEE 19. Sinyal İşleme ve Uygulamaları Konferansı, Antalya, 2011.

16. Şakar M. “Bilgisayar Ortamında İnsan Yüzü Görüntülerinden İnsan Duygusu Tanıma”, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Elazığ, 2011.
17. M.Suwa, N.Sugie, and K.Fujimora, Proc.Int’l Joint Conf. Pattern Recognition, 41,408,1978.
18. Pantic, M., Rothkrantz, L.J.M., “Facial Action Recognition for Facial Expression Analysis from Static Face Images, IEEE Transactions Systems, Man and Cybernetics Part”, 2004.
19. K.Mase, IEICE Transactions,74,3474, 1991.
20. I.A.Essa and A.P.Pentland, “IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence”, 19,757,1997.
21. T.Otsuka, and J.Ohya, “IEEE Proc. Int’l Conf. Automatic Face and Gesture Recognition” ,1,42,1998.
22. A.Martinez, “In IEEE Workshop on Content-based Access of Images and Video Libraries, 1,35, 1999.
23. M.J.Black and Y.Yacoob, “Fifth International Conference on Computer Vision (ICCV’95)”, Cambridge, 1,374,1995.
24. G.Donato, M.S.Bartlett, J.C.Hager, P.Ekman, and T.J.Sejnowski, “Classifying facial actions”,IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence”,21,974,1999.
25. M.Rosenblum, Y.Yacoob, and L.S.Davis, “Human Expression Recognition from Motion Using; a Radial Basis Function Network Architecture”, IEEE Transactions On Neural Networks, Vol. 7, No. 5, September 1996
26. Valstar,M.F., Pantic,M., “Fully Automatic Facial Action Unit Detection and Temporal Analylsis”, Proc.IEEE Int’l Conf.Computer Vision and Pattern Recognition,2006.
27. Kotsia I., Pitas I., “Facial Expression Recognition in Image Sequences Using Geometric Deformation Features and Support Vector Machines”, IEEE Transactions On Image Processing, Vol. 16, No. 1, 2007.
28. Tian Y., Kanade T., Cohn J.F., “Recognizing Action Units for Facial Expression Analysis”, IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol. 23, No. 2, 2001.

29. Yeasin. M., Bullot, B., Sharma, R., “Recognition of Facial Expressions and Measurement of Levels of Interest From Video”, IEEE Transactions On Multimedia, Vol. 8, No. 3, 2006.
30. Black,M.J., Yacoob Y., “Recognizing Facial Expressions in Image Sequences Using Local Parameterized Models of Image Motion”, International Journal of Computer Vision, 1997.
31. Whitehill, J., Omlin, C. W., “Haar Features for FACS AU Recognition”, IEEE Proceedings of the 7th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, 2006.
32. Lyons M., Budynek J., Akamastu S., “Automatic Classification of Single Facial Images”, IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol. 21, No. 12, 1999.
33. Guo G., Dyer C.R., “Learning From Examples in the Small Sample Case: Face Expression Recognition”, IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics,Part B: Vol. 35, No. 3, 2005.
34. Pantic, M.,Patras,I., “Dynamics of Facial Expression: Recognition of Facial Actions and Their Temporal Segments From Face Profile Image Sequences”, IEEE Transactions Systems, Man and Cybernetics Part B,2006.
35. Zhang Y., Ji Q., “Active and Dynamic Information Fusion for Facial Expression Understanding from Image Sequences”, IEEE Transactions On Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol. 27, No. 5, 2005.
36. Anderson, K., McOwan, P.W., “A Real-Time Automated System for the Recognition of Human Facial Expressions”, IEEE Transactions On Systems, Man, And Cybernetics, Part B: Vol. 36, No. 1, 2006.
37. Kobayashi H., HARA F., “Recognition of Six Basic Facial Expressions and Their Strength by Neural Network”, Kagurazaka 1-3, Shinjyuku-ku, Tokyo 162, JAPAN
38. <http://www.yazilimalemi.com/2010/08/biyometri-nedir.html>
39. R. Şamlı, M. Yüksel, “Biyometrik Güvenlik Sistemleri”, Akademik Bilişim’09 - XI. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, 2009
40. Halici U.; Jain L. C.; Hayashi, I.; Lee, S.B.; Tsutsui T., Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition, CRC press, USA, 1999.
41. <http://www.ahmetkakici.com/genel/biyometrik-tanima-sistemleri/>

42. Dökmen Ü, Yüz İfadeleri Konusunda Verilen Eğitimin Duygusal Yüz İfadelerini Teşhis Etme Becerisi Ve İletişim Çatışmalarına Girme Eğilimi Üzerindeki Etkisi. Ankara Üniv.Sosyal Bilimler Enstitüsü. Doktora Tezi. Ankara, 1986.
43. Akpınar R.B. Duygusal Yüz İfadelerini Anlama Becerisini Geliştirmeye Yönelik Örnek Bir Öğretim Programı, Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi,2004.
44. Medipedia dergisi. Ocak 2011.
45. Yang, G.Z. ve Huang, T.S.“Human Face Detection in Complex Background”, Pattern Recognition,27(1), 53-63,1994.
46. Kotropoulos, C. ve Pitas, I., “Rule-Based Face Detection in Frontal Views”, IEEE ICASSP-04, Munich/Germany, 2004.
47. Sakai, T., M., Computer analysis and classification of photographs of human faces, Nagao and T. Kanada, 1972.
48. Vaillant, R., Monroq, C. ve LeCun, Y., “Original Approach for the Localization of Object in Images”, IEEE Proc. on Vision, Image and Signal Processing, 245-250. ,1994.
49. Kim, I., Shim, J.H. ve Yang, J., Face Detection, Stanford University, http://www.stanford.edu/class/ee368/Project_03/Project/reports/ee368group02.pdf, 2006.
50. Kurt B., Nabiye V.V., Bekiroğlu Y., “Yüz İfadelerinin Tanınması”, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü Karadeniz Teknik Üniversitesi 61080 Trabzon
51. Öztekin K., Bulut M. M., Atalay V., “Renkli Karmaşık İmgelerde İnsan Yüzü Bulma”, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, ANKARA
52. Pantic, M. ve Rothkrantz, L.J.M., “Automatic Analysis of Facial Expressions: The State of Art”, IEEE Trans. on PAMI, Cilt 22, No 12, 1424-1445, 2000.
53. Güneş T., Polat E., “Yüz İfade Analizinde Öznitelik Seçimi Ve Çoklu SVM Sınıflandırıcılarına Etkisi”, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 24, No 1, 7-14, 2009.
54. Ying-li, T., Takeo, K. ve Jeffrey, F.C., Facial Expression Analysis, Handbook of Face Recognition, Springer, 2003.
55. Anandan, P., A Computational Framwork and an Algorithm for the Measurement of Visual Motion, Interational Journal of Computer Vision, 283-310, 1989.
56. Gonzalez-Jiminez, D. ve Alba-Casto, J., “Frontal Face Authentication through Creaseness-driven Gabor Jets”, ICIAR, 660-667, 2004.

57. Yazar I. “Temel Bileşen Analizi ve Bağımsız Bileşen Analizi Yöntemlerini Temel Alan Bazı Görüntü Tanıma Uygulamaları ve Karşılaştırmaları” Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Haziran 2008.
58. Hazar Ş. “Yapay Zeka Uygulamaları: Yüz Tanıma”, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2007.
59. <http://www2.it.lut.fi/kurssit/07-08/CT20A6100/seminars/2009-2010/LBP.pdf>
60. <http://mehmetsalihdeveci.net/>
61. Topkaya İ.S; “Video Görüntülerinden Yüz Tanıma”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008
62. Milborrow S., “Locating Facial Features with Active Shape Models”, 2007
63. Kil D.H., Shin F.B.,”Pattern Recognition and Prediction with Applications to Signal Characterization”, AIP Press, USA, 1996
64. <http://www.shokhirev.com/nikolai/abc/alg/hmm/hmm.html>
65. Haberdar H., “Saklı Markov Model Kullanılarak Görüntüden Gerçek Zamanlı Türk İşaret Dili Tanıma Sistem”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005
66. <http://www.mehmethekim.com/genel-kr-mainmenu-70/317-bunlari-blyor-musunuz/4364-parmak-ne-zaman-kullanildi-.html>
67. <http://e-bergi.com/2008/Agustos/Biyometrik-Sistemler>
68. Küçüköşker K., “Searching for a person by Broadcast News Video”, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul , 2006

ÖZGEÇMİŞ

Serkan METİN, 25.07.1977 tarihinde Elazığ'da doğdu. 2001 yılında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Bilgisayar Öğretmenliği bölümünden mezun oldu. 2001 yılında Bingöl Anadolu Lisesinde göreve başladı. 2003 yılında Elazığ Gazi Endüstri Meslek Lisesine atandı. 2011 yılında Fırat Üniversitesi Karakoçan Meslek Yüksekokulu'na Öğretim Görevlisi olarak atandı. Evli ve iki çocuğu var.