T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KÜBİK BEZİER EĞRİLERİ İLE YÜZ İFADESİ TANIMA

GONCA ÖZMEN

Yüksek Lisans Tezi

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Rembiye KANDEMİR

EDİRNE, 2012

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KÜBİK BEZİER EĞRİLERİ İLE YÜZ İFADESİ TANIMA

GONCA ÖZMEN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
YÖNETİCİ: YRD. DOÇ. DR. REMBİYE KANDEMİR

EDİRNE, 2012

T.C.

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KÜBİK BEZİER EĞRİLERİ İLE YÜZ İFADESİ TANIMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

GONCA ÖZMEN

Bu tez 13.09.2012 tarihinde Aşağıdaki Jüri Tarafından Kabul Edilmiştir.

(İmza)	(imza)	(imza)
Yrd. Doç. Dr.Rembiye KANDEMİR	Doç.Dr. Semiha ÖZTUNA	Yrd. Doç. Dr. Özlem UÇAR
…….....	.....	……....

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER iv
ÇİZELGELER vi
ŞEKİLLER vii
KISALTMALAR viii
ÖNSÖZ ix
ÖZET x
ABSTRACT xi
1. BÖLÜM 1
GİRİŞ 1
2. BÖLÜM 4
İLGİLİ ÇALIŞMALAR 4
3. BÖLÜM 7
YÜZ BULMA 7
3.1. Bilgi Tabanlı Yöntemler 7
3.2. Özellik Tabanlı Yöntemler 8
3.3. Şablon Eşleme Yöntemleri 9
3.4. Görünüm Tabanlı Yöntemler 9
3.4.1. Doğrusal Alt Uzay Metotları 10
3.4.2. İstatistiksel Yaklaşımlar 11
3.4.3. Yapay Sinir Ağları 11
3.4.4. AdaBoost 11
4. BÖLÜM 14
YÜZ ÖZELLİK ÇIKARIMI 14
5. BÖLÜM 18
YÜZ İFADESİ TANIMA 18
5.1. Yüz Eylem Kodlama Sistemi (YEKS,Facial Action Coding System,FACS) 20
5.2. Bezier Eğrileri 21
5.2.1. Doğrusal Bezier Eğrileri 22
5.2.2. Kuadratik Bezier Eğrileri 23
5.2.3. Kübik Bezier Eğrileri 23

5.2.4. n. Dereceden Bezier Eğrileri 25
6. BÖLÜM 26
YÜZ İFADESİ VERİTABANLARI 26
6.1. JAFFE Yüz İfade Veritabanı 26
6.2. MUG Yüz İfade Veritabanı 27
6.3. FEEDTUM Yüz İfade Veritabanı 28
7. BÖLÜM 30
UYGULAMA VE DEĞERLENDİRME 30
7.1. FEEDTUM Veritabanı Uygulama Çıktıları 33
7.2. MUG Veritabanı Uygulama Çıktıları 35
7.3. JAFFE Veritabanı Uygulama Çıktıları 37
8. BÖLÜM 40
SONUÇ VE TARTIŞMA 40
KAYNAKLAR 41
ÖZGEÇMİŞ 45

ÇİZELGELER

Tablo 1. Yüz Bulmada Yaklaşımların Karşılaştırılması 13
Tablo 2. İdeal Yüz İfadesi Analiz Sistemi 19
Tablo 3. Duygular ve Eylem Birimleri 21
Tablo 4. JAFFE veritabanı özellikleri 26
Tablo 5. MUG yüz ifade veritabanı özellikleri 27
Tablo 6. FEEDTUM yüz ifade veritabanı özellikleri 28
Tablo 7. Feedtum Veritabanı Uygulama Sonuçları 34
Tablo 8. MUG Veritabanı yüz ifadesi test sonuçları 36
Tablo 9. JAFFE yüz ifadesi veritabanı örnek test sonuçları 38

ŞEKİLLER

Şekil 1. Yüz İfadelerinin Oluşmasına Neden Olan Kaynaklar(Güneş, T.,2009) 1
Şekil 2. Yüz ifadeleri 1.İğrenme 2. Korku 3. Sevinç 4. Şaşkın 5. Üzgün 6. Kızgın 2
Şekil 3. İyi bir Adaboost sınıflandırma örneği 11
Şekil 4. AdaBoost sınıflandırıcısı 12
Şekil 5. Yüzün oranları (Kurt, B., 2007) 14
Şekil 6. Haar Filtreler 16
Şekil 7. Haar Özellikler ve Uygulamaları 16
Şekil 8.Görüntünün İntegral edilmesi 17
Şekil 9. Yüz İfadeleri 18
Şekil 10. Yüz İfadesi Analiz Sistemi Temel Yapısı (Tian,2004) 18
Şekil 11. Yüz ve Boyundaki Kaslar(FACS,Wikipedia) 20
Şekil 12. Bezier Eğrilerine Örnekler 22
Şekil 13. Doğrusal Bezier Eğrisi 22
Şekil 14. Kuadratik Bezier Eğrileri 23
Şekil 15. Kübik Bezier Eğrisi 23
Şekil 16. JAFFE yüz ifade veritabanı örnek resimler 27
Şekil 17. MUG veritabanı örnekleri ve örnek yüz işaretlemesi 28
Şekil 18. FEEDTUM veritabanı örnek resimleri 29
Şekil 19. Feedtum Veritabanı Dizin Yapısı 29
Şekil 20. Uygulamanın akış şeması 31
Şekil 21. Eğitim Aşaması 33
Şekil 22 . FEEDTUM veritabanı kullanarak uygulamanın çalışması 34
Şekil 23. FEEDTUM veritabanı 30 resimden her bir duygunun tanınma oranları 35
Şekil 24. MUG veritabanı kullanarak uygulamanın çalışması 36
Şekil 25. MUG Veritabanı sonuçların grafiksel ifadesi 37
Şekil 26. JAFFE veritabanı uygulama örneği 38
Şekil 27. JAFFE yüz ifadesi veritabanı grafiksel gösterimi 39
Şekil 28. JAFFE, MUG ve FEEDTUM veritabanlarında yüz ifadelerinin yüzdelik başarı oranları 39

KISALTMALAR

JAFFE: Japenese Female Facial Expression

MUG: Multimedia Understanding Group

FEEDTUM: Facial Expressions and Emotions from the Technical University Munich

DVM: Destek Vektör Makineleri

SVM: Support Vector Machines

LDA: Linear Discriminant Analysis

DAA: Doğrusal Ayırma Analizi

FA: Factor Analysis

AdaBoost: Adaptive Boosting

BMY: Bellek Model Yöntemi

TBA:Temel Bileşen Analizi

PCA:Principal Componenet Analysis

AGM:Aktif Görünüm Modeli

EYK: En yakın komşu

DVS: Destek Vektör Sınıflandırıcı

ÖNSÖZ

Yüksek lisans çalışmamda bana sabırla yol gösteren, desteklerini esirgemeyen saygıdeğer hocam Yrd. Doç. Dr. Rembiye KANDEMİR'e en içten saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunuyorum. Ayrıca tez jürisinde bulunan Doç Dr. Semiha ÖZTUNA ve Yrd. Doç. Dr. Özlem UÇAR'a katkıları için teşekkür ediyorum.

Yüksek Lisans Tezi
Kübik Bezier Eğrileri İle Yüz İfadesi Tanıma
T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

İnsan bilgisayar etkileşimi konusu popülerliğini giderek arttırmış olan konulardan biridir. Bilgisayarla insan yüz ifadesi ve duygu tanıma da ilginç olduğu kadar zorlu bir problemdir.

Bu çalışmada resimlerden yüz ifadesi tanıma işlemi gerçekleştirilmektedir. Çalışmada gülen, üzgün, şaşkın, korkmuş, kızgın, iğrenme ve doğal olmak üzere 7 farklı duygu tanınmaya çalışılmaktadır. Uygulamada yüz yerinin bulunmasında AdaBoost algoritmasını kullanan Viola-Jones yüz detektöründen yararlanılmıştır. Gözlerin ve ağzın bulunmasında Haar Filtreleri kullanılmıştır. Ağız ve gözlerin hatalı tespit edildiği durumlarda, yüzdeki geometrik oranlarından faydalanılmıştır. Duygu tespitinde Kübik Bezier eğrileri kullanılmıştır. Eğitim ve test için FEEDTUM, MUG ve JAFFE yüz ifadesi veritabanlarından yararlanılmıştır. Çalışma için belirlenen yedi farklı duygunun, tanıma başarı oranları üç veri tabanı için %50 ile %97 arasında değişmektedir.

Yıl :2012
Sayfa Sayısı : 45
Anahtar Kelimeler : Kübik Bezier Eğrileri, Yüz İfadesi Tanıma, Yüz Bulma, Özellik Çıkarımı, Duygu Sınıflandırma

Master's Thesis
Facial Expression Recognition With Bezier Curves
Trakya University Institute of Naturel Sciences
Department of Computer Engineering

ABSTRACT

Human-computer interaction has steadily increased in popularity. However, the recognition of human emotions and facial expressions by computers is still a daunting task.

This study attempts to recognize facial expression from images. The emotions attempted to be recognized are smiling, sad, confused, scared, angry, disgusted, and neutral. In this study, I used the Viola-Jones face detector that makes use of the AdaBoost algorithm to locate the face. In locating the eyes and the mouth, I relied on the Haar Filters. Facial geometric ratios are used in cases of erroneous detection of the eyes and the mouth. In determining the emotion, Cubic Bezier curves are used. This study also benefited from FEEDTUM, MUG and JAFEE facial expression databases for training and testing. For the seven different emotions studied, the success rate ranges from 50% to 97% for the three databases.

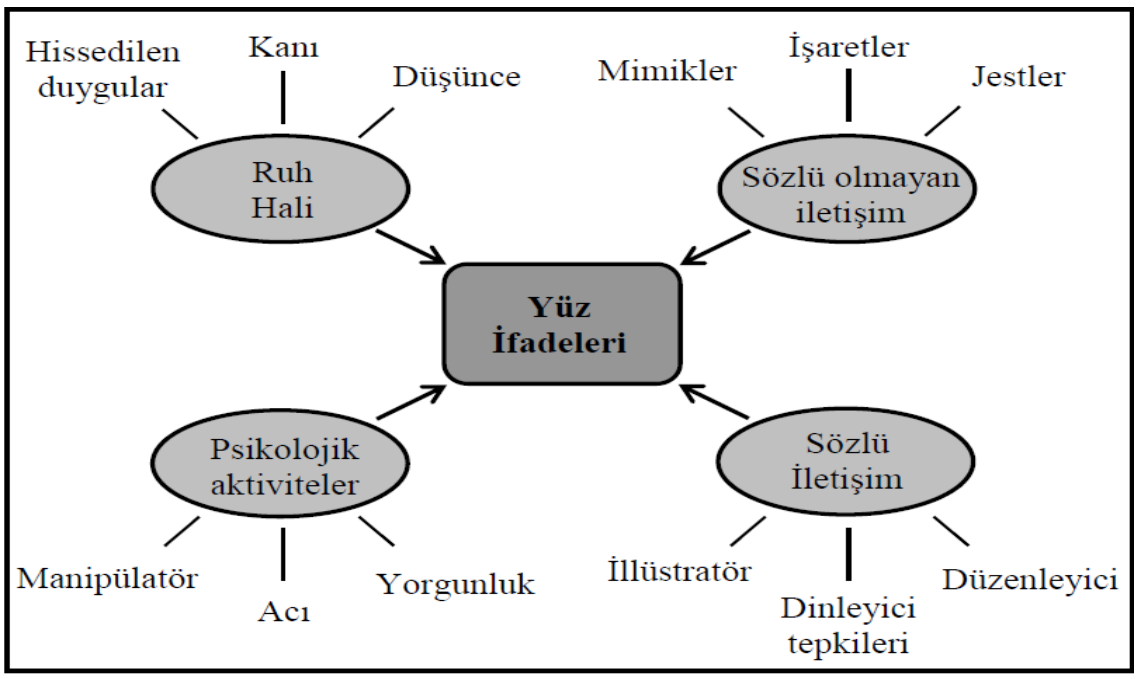
Year **:** 2012
Number of Pages **:** 45
Keywords **:** Cubic Bezier Curve, Facial Expression Recognition, Face Detection, Feature Extraction, Emotion Classification

1. BÖLÜM

GİRİŞ

Yüz ifadeleri insanlar arası etkileşimde sözel olmayan kanallardır. İletişim konusunda çalışmalar yapmış olan Mehrabian, yüz yüze iletişimin sözcükler, ses tonu ve yüz ifadesi olarak 3 temel bileşenden oluştuğunu ve iletişim sürecinde, yüz ifadelerinin %55, ses tonunun %38 ve sözcüklerin %7'lik bir önem taşıdığını belirtmiştir(Mehrabian,1998).

Yüz ifadeleri, kişinin iç duygusal durumlarına, niyete, ya da sosyal iletişime cevap olan yüz değişiklikleridir. Yüz ifadelerinin oluşmasına neden olan kaynaklar Şekil 1'de gösterildiği gibi ruh hali, sözlü olmayan iletişim, sözlü iletişim ve psikolojik aktivitelerdir.



Şekil 1. Yüz İfadelerinin Oluşmasına Neden Olan Kaynaklar(Güneş, T.,2009)

İğrenme, korku, sevinç, şaşkın, üzgün ve kızgın gibi farklı duyguları ifade eden örnekler Şekil 2'de gösterilmektedir. Bu duyguların yüzde oluşturdukları özellikler aşağıda sıralanmıştır.

Mutluluk durumunda yüzde gülme oluşur. Gerçek bir gülümsemede daima kaz ayağı çizgiler ortaya çıkar. Yanaklar yukarı kalkar. Kas hareketi göz çukurunu ortaya çıkartır.

İğrenme (tiksinme) durumunda burun kasılır. Üst dudak yukarı çıkar.

Korku durumunda kaşlar yukarı doğru kalkar. Üst göz kapakları açılır. Alt göz kapakları gerilir. Dudaklar hafifçe kulaklara doğru gerilir.

Şaşkınlık durumunda kaşlar yukarı kalkar. Gözler büyür. Ağız aralanır.

Üzüntü durumda üst göz kapağı düşer. Gözün odak noktası kayar. Dudak kenarları hafifçe aşağıya kayar.

Öfke (kızgın) durumunda kaşlar aşağı iner, çatılır. Gözler parlar. Dudaklar büzüşür.(http://hakanmenguc.org/yuz-okuma-manipulatorden)



Şekil 2. Yüz ifadeleri 1.İğrenme 2. Korku 3. Sevinç 4. Şaşkın 5. Üzgün 6. Kızgın

Yüz ifadesi tanımanın;

- Görsel olarak gözetim ve güvenlik alanında (yalan algılama, akıllı ortamlar ve multi model insan bilgisayar ara birimi)
- Tıbbi teşhis (ağrı değerlendirme)
- Duygu ile ilgili araştırma (davranış bilimleri, klinik psikoloji, nöroloji, psikiyatri gibi alanlarda)
- Yasa uygulama
- Eğitim

alanlarında kullanılmalarına sıkça rastlanmaktadır(Shan, C., 2008).

Ayrıca, insan-bilgisayar etkileşiminde yüz ifade analizi, motor nöron rahatsızlıkları sebebiyle hareket edemeyen felçli hastaların yüz ifadelerindeki değişim takip edilerek, hasta ile bilgisayar arasında iletişim kurmak için de kullanılmaktadır. Hastaların göz kırpma sıklıklarına göre bilgisayar farklı komutları uygulamaktadır(Güneş,2009).

Bilgisayar yüz ifade analiz sistemleri, yüz hareketlerinin analizini incelerken içerik, cinsiyet, kültür gibi faktörlere bakmaksızın yapmaktadır.

Yüz ifadesi takibi ve ifade sınıflama konusunda yapılan çalışmalar temelde üç adımdan oluşur:

1. Yüz bulma,
2. Yüz özniteliği çıkarımı,
3. Yüz ifadesi tanıma,

Bu tezde, yukarıda bahsedilen üç adım için bir uygulama geliştirilmiştir. Tezin içeriği aşağıda bahsedilen bölümlerden oluşmaktadır.

Yüz ifadesi tespiti üzerine yapılan çalışmaların özeti Bölüm 2'de verilmektedir. Bölüm 3'te yüz tespitinde kullanılan Bilgi Tabanlı, Özellik Tabanlı, Şablon Eşleme ve Görünüm Tabanlı yöntemlerinden bahsedilmektedir.

Bölüm 4'te yüz özellik çıkarımı ile ilgili bilgiler bulunmaktadır. Bölüm 5'te yüz ifade tanıma sistemlerinden ve tezde kullanılan Bezier Eğrilerinden bahsedilmektedir.

Çalışmada eğitim ve test için kullanılan üç veritabanının özellikleri Bölüm 6'da tanıtılmaktadır.

Bölüm 7'de Uygulama ve Değerlendirme bölümümüz yer almaktadır. Burada üzerinde çalıştığımız yüz ifadesi tanıma uygulamasının üç veritabanı için elde edilen sonuçlarından bahsedilmektedir. Bölüm 8'de tezin sonuçları değerlendirilmektedir.

2. BÖLÜM

İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Emrah Ener'in yüz ifade tanımaya yönelik çalışmasında, yüzün konumu ve boyutları ten bölütlemesi ve elips oturtma ile çıkarılmaktadır. Şablon lokalizasyonu ve şablon parametrelerinin hesaplanması işlemleri ana bileşen analizi yöntemi ile yapılmıştır. Doğal ifadeli resim ve analiz edilen resimler arasında yüz özelliklerinin konumlarının değişimi resmin ifadeye göre sınıflandırılmasında kullanılır. Değişik sınıflandırıcıların performansları değerlendirilmiştir (Ener E., 2006).

Video içinde işaret dillerindeki yüz ifadelerine ve kafa hareketlerini otomatik olarak tanımayı amaçlayan Arı ve Akarun, özellik çıkarımında çok yönlü çok çözünürlüklü aktif şekil modeli ve yüz nirengi noktalarından yararlanmışlardır. İfade tanınması ise Çok Değişkenli Saklı Markov Modeli ile yapılmıştır (Arı, İ., ve Akarun, L., 2009).

Yüz resimleri üzerinde, gülen, doğal, üzgün, şaşkın ve kızgın yüz ifadelerinin özelliklerini çıkararak tanıma işlemini yapan Kurt, çalışmasında özelliklerin sınıflandırılmasında model eşleme tabanlı sınıflayıcıları ve yapay sinir ağlarını kullanmıştır (Kurt, B., 2007).

Bartlet ve arkadaşları gerçek zamanlı ve kullanıcıdan bağımsız olarak videodan yüz ifadelerini tanıma çalışmaları hazırlamışlardır. Sistemde, video akışından ön yüzleri otomatik olarak belirleme ve her bir çerçeveyi 7 farklı duygu yönünden inceleme yer almaktadır. Çalışmayı AdaBoost ile birlikte Destek Vektör Makineleri'ni kullanarak yapmışlardır (Bartlet M., S., vd,,2003).

Yapılan bir çalışmada, resimlerdeki yüzlerden duygusal ifadelerin tanınması için eğri uydurma yöntemine dayalı yeni bir tanıma algoritması önerilmiştir. Önerilen

yöntemde ağız şeklini göz önüne alarak mutluluk, üzgün olma ve şaşkınlık duyguları tanınmıştır (Danışman, T., 2006).

Mutluluk, üzüntü, kızgınlık, korku, tiksinme ve şaşırma olmak üzere 6 temel yüz ifadesinin tanınmasını hedefleyen Karaboyacı çalışmasında, Yığılmış Aktif Şekil Modeli yöntemi kullanılarak elde edilen 56 nirengi noktasını Lucas-Kanade Optik Akış algoritması ile takip etmiştir. 56 nirengi noktası ile belirtilen yüz özniteliklerinin oluşturduğu ağız, gözler, kaşlar, çehre ve burundan oluşan 7 kapalı çevrimin şekil ve konum değişimleri, ağırlık merkezleri ve çevrimdeki her bir nirengi noktasının ağırlık merkezine göre standart sapması yaklaşımı ile tespit edilmiştir. Şekil ve konum değişim bilgilerinin yer aldığı öznitelik vektörleri Geri Yayılım Yapay Sinir Ağları kullanılarak sınıflandırılmıştır (Karaboyacı, C., 2009).

Türk işaret dilinde yüz ifadeleri ve kafa hareketleri tanıma sistemini geliştiren Kurt ve arkadaşların önerdikleri 2 sistemden birincisi kural tabanlı yöntem olan Bellek Model Yöntemi (BMY) dir. İkinci yöntem ile, yüz bileşenlerinin belli noktalarına ait en büyük yer değiştirme hızlarından elde edilen özellik vektörleri Destek Vektör Makineleri'ne (DVM) girdi olarak verilmiş ve sınıflandırma yapılmıştır(Kurt Z., vd.,2007).

İrem Çakıl yüz ifadesi bulma işleminde, yüzün özniteliklerinden olan ağız bölgesi üzerinde araştırma yapılmış ve ağız şeklinin durumuna göre kişinin sahip olduğu ifadeyi tespit etmeye çalışmıştır. (Çakıl, İ., 2010).

İnsanın içinde bulunabileceği 7 ifade durumunun analizini gerçekleştirilmiş olan Güneş ve Polat çalışmalarında her bir ifade için alınan sabit görüntülerin öznitelikleri Gabor filtreleri kullanılarak çıkartmışlardır. Farklı öznitelik seçme algoritmaları kullanılarak ifadeleri temsil eden en iyi öznitelik kümeleri oluşturulmuştur. Seçilen öznitelik kümelerinin çoklu SVM (Support Vector Machines-Destek Vektör Makineleri) sınıflandırıcıları üzerindeki etkileri incelenmiş ve sınıflandırma doğruluklarının kullanılan öznitelik seçme algoritmalarına göre nasıl değiştiği karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Çoklu sınıflandırma yapılması amacıyla SVM, One-Vs-One, One-Vs-Rest ve MC-SVM olmak üzere 3 farklı yaklaşım ile birlikte kullanılmıştır (Güneş, T. ve Polat, E.,2009).

Diğer bir çalışmada, yüz ifadelerinden duygu tanıma için, yüzün Aktif Görünüm Modelleri (AGM) ile izlenmesine dayalı iki farklı geometrik öznitelik çıkarma yöntemi karşılaştırılmaktadır. Öznitelik çıkarma yöntemleri koordinat ya da yüzdeki nirengi noktaları arasındaki uzaklık bilgilerini ve nötr yüz ifadesini kullanmalarına göre farklılıklar göstermektedirler. İki öznitelik çıkarma yöntemi ile elde edilen veriler, en yakın komşu-3 (EYK) ve Destek Vektör Sınıflandırıcısı (DVS) ile yedi duygu sınıfına gruplanmıştır. (Ulukaya, S. ve Erdem, C.,E., 2011)

Sarode ve arkadaşları çalışmalarında dört farklı yüz ifadesini tanımaya yönelik 2 boyutlu görünüm tabanlı yerel bir yaklaşım kullanmışlardır. Algoritmada Radial Simetri Dönüşüm uygulanmış ve özellik çıkarımı için de kenar projeksiyon analizi kullanılmıştır(Sarode N. vd., 2010).

Khan ve Bhuiyan'nın renk segmentasyonuna dayalı yüz tespiti ve yüz ifadesi tanımada Bezier eğrileri yaklaşımı tekniğinin kullanıldığı çalışmada %90 oranında başarı sağlamışlardır. Geliştirilen sistemde yüz ifadeleri komut olarak manipülatör robota aktarmışlardır. (Khan, M., İ., Bhuiyan A,2010).

Khan ve Bhuiyan 2009'da yaptıkları çalışmada ten rengi tabanlı yüz bulma yapmışlardır. Yüz bulmayı daha da iyileştirmek için bulanık mantık kullanmışlardır. Yüz ifadeleri tanıma işlemi Bezier eğrileri yaklaşımı ile yapılmaktadır. (Khan, M., İ., Bhuiyan A,2009).

Claude C. Chibelushi ve Fabrice Bourel yaptıkları çalışmada otomatik yüz ifadesi tanıma sistemlerini incelemişler ve bazı çalışmalarda örnek tanıma gibi zorluklarına değinmişlerdir(Chibelushi C.,C. ve Bourel, F.,2002).

3. BÖLÜM

YÜZ BULMA

Yüz bulma verilen bir resimdeki veya resim dizisindeki, ayrı sahnelerdeki yüz veya yüzlerin yerini bulma işlemidir.

Yüz bulma problemi için bir bilgisayar modeli kurmak oldukça zordur. Bu zorluk, gerçek dünyada yüzlerin çok boyutlu, karmaşık ve anlamlı görsel objeler olmalarından kaynaklanmaktadır. Görüntü işlemede ise nesneler üzerindeki işlemler 2 boyutlu yapılmaktadır. Doğru, güvenilir, yüz tanıma sistemi için yüz bulma işleminin doğru olması gerekmektedir.

Yüz bulma algoritmaları temel olarak durağan görüntü çerçeveleri veya gerçek zamanlı video görüntüleri üzerinde çalışmaktadır.

Bugüne kadar insan yüzlerinin bulunması için kenar belirleme, ten rengi, yüzün geometrik yapısı gibi düşük seviyeli analiz metotlarından yüksek seviyeli örnek sınıflama metotlarına kadar birçok teknik önerilmiştir.

Yüz bulma tekniklerinden başlıca olanları aşağıdaki gibidir.

- Bilgi Tabanlı Yöntemler
- Özellik Tabanlı Yöntemler
- Şablon Eşleme Yöntemleri
- Görünüm Tabanlı Yöntemler

3.1. Bilgi Tabanlı Yöntemler

Bilgi tabanlı yüz bulma yöntemleri tipik bir insan yüzünü oluşturan kodlanmış insan bilgisini kullanan yöntemlerdir. Genellikle bir yüze ait özellikler arasındaki ilişkiler yüzü ifade edecek kodlanmış kurallar olarak düşük detaydan yüksek detaya doğru ifade edilirler.

Tipik bir bilgi tabanlı yüz bulma sürecinde aşağıda sıralanan temel kurallar resimdeki yüzü arama işlemi sırasında uygulanmaktadır:

1. Yüzün merkez bölgesi benzer renk yoğunluğu dağılımı özelliği göstermektedir.

2. Yüzün merkez bölgesindeki ortalama renk yoğunluğu ile diğer bölgelerindeki ortalama renk yoğunluğu arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır.

3. Bir yüz test resimlerinde genellikle birbirine simetrik iki göz, bir burun ve bir ağız gözükmektedir.

Bilgi tabanlı yüz bulma yöntemi olarak sınıflandırılabilecek iki iyi bilinen ve sık kullanılan yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler:

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

Farklı çözünürlüklerde odaklanma yaklaşımı üzerine çalışmalardan biri Yang ve Huang tarafından yapılmıştır (Yang ve Huang, 1994). Yatay/Dikey projeksiyonlama yaklaşımı üzerine yapılan çalışmalara bir örnek de Kotropoulos ve Pitas'e aittir (Kotropoulos ve Pitas, 2004).

3.2. Özellik Tabanlı Yöntemler

Bu tür yöntemler kenar, renk çeşitliliği, renk yoğunluğu, doku, desen, şekil ve hareket gibi insan yüzüne ait bilgileri kullanarak yüze ait göz, ağız gibi değişmez özellikleri arayan ve bu sayede yüz bulmayı hedefleyen düşük seviyeli analiz yöntemleridir.

Genel olarak basit olmaları, hızlı sonuç vermeleri ve yüzün duruşundan görüntü temelli yöntemler kadar etkilenmemelerine karşın güvenilirlikleri daha azdır. Ancak belli kısıtlamaların getirildiği durumlarda başarılı ve hızlı sonuçlar vermektedirler.

Özellik tabanlı yüz bulma metodları olarak sınıflandırılabilecek iki ayrı iyi bilinen yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler şunlardır:

1. Rastlantısal Graf Eşleme
2. Özellik Gruplama

3.3. Şablon Eşleme Yöntemleri

Şablon eşleme yüz bulma yöntemi resim tabanlı en eski ve basit bir yöntemdir. Temelde, önceden tanımlanmış gri seviyeli insan yüzlerinin ortalaması alınarak veya yüzlere ait kenar ve alan bilgileri kullanılarak oluşturulmuş bir şablon yüz ve bu şablonlara denk düşen modellerin test resmi üzerinde nerede bulunduğunun araştırılması esasına dayanır. (Vaillant vd., 1994).

Önceden oluşturulmuş sabit bir yüz şablonu yerine esnekliğe sahip deforme olabilen şablonların kullanılması başarıyı arttırmıştır.

Şablonla resimden alınan pencereler arasındaki benzerliğin ölçüsü olarak korelasyona bakılmaktadır.

3.4. Görünüm Tabanlı Yöntemler

Görünüm tabanlı yöntemlerin çoğunda küçük boyutlardaki bir pencere belli oranlarda küçültülmüş görüntü çerçeveleri üzerinde gezdirilerek insan yüzleri aranır. İnsan yüzlerini belirlemek için resimden alınan parçalar öğrenilen veya insan eliyle hazırlanan modellerle karşılaştırılır.

Görünüm tabanlı yaklaşımlar yüzün rotasyonuna ve pozuna karşı oldukça duyarlıdırlar. Bu sebeple yapılan çalışmaların çoğunda yüzün yalnız ön cepheden görünümüne duyarlı tek bir sınıflayıcı kullanılmıştır.

Tipik bir görünüm tabanlı yüz bulma süreci aşağıdaki temel adımları içermektedir (Sung ve Poggio, 1998):

1. Giriş resimlerine önişleme uygulanarak, bu resimlerin yüz bulma sürecine hazır hale getirilmesi.
2. Öğrenme ve test resimlerinin tekilleştirilmiş bir standarda getirilmesi.
3. Bir sınıflandırma algoritmasının pozitif ve bazen de negatif giriş verileriyle eğitilmesi

4. Yüzleri bulmak için bir arama stratejisinin uygulanması

Giriş resimlerindeki önişleme işlemi temel olarak verilen giriş resimlerinin renk çeşitliliği, renk yoğunluğu, arka plan deseni, kenar, şekil, boyut ve kontrast dağılımı gibi özelliklerinin tekilleştirilmiş bir standarda getirilmesini amaçlar. Bu adım özellikle farklı aydınlanma koşulları, farklı yüz doğrultuları ve karışık arka planlarda çalıştırılması amaçlanan yüz bulma uygulamaları için oldukça önemli ve kritik bir adımdır.

Görünüm tabanlı yüz bulma yöntemlerinde çoğunlukla şekil tanıma, makine öğrenmesi ve veri madenciliği konuları kapsamında geliştirilmiş iyi bilinen sınıflandırma algoritmaları kullanılır.

Aşağıda iyi bilinen ve başarılı bazı sınıflandırma algoritmalarının isimleri yer almaktadır:

1. Temel Bileşen Analizi
2. Destek Vektör Makinesi
3. Yapay Sinir Ağları
4. İstatistiksel Dağılım Tabanlı Metotlar
5. Naive Bayes Sınıflandırıcısı
6. Gizli Markov Modeli
7. Doğrusal Ayırma Analizi(DAA)
8. Faktör Analizi (FA)
9. Tümevarımsal Öğrenme
10. AdaBoost

Yukarıda belirtilen bu algoritmaları gruplanmış hali aşağıda açıklanmaktadır.

3.4.1. Doğrusal Alt Uzay Metotları

Gri seviyeli yüz resimleri çok boyutlu tüm resim uzayı içinde bir alt uzayı oluştururlar. Temelde bütün sınıflayıcılar ile bu alt uzay temsil edilmeye çalışılır. Temel Bileşen Analizi (TBA), Doğrusal Ayırma Analizi (DAA) ve Faktör Analizi (FA) insan yüzlerinin oluşturduğu alt uzayı temsil etmek için kullanılan yöntemlerdir.

3.4.2. İstatistiksel Yaklaşımlar

Destek vektör makineleri ve Bayes sınıflayıcı örnek olarak verilebilir. Özellikle Destek Vektör Makinelerinin iki sınıflı problemlerin çözümünde başarı sağladığının görülmesinden sonra çok sayıda yüz bulma algoritmasında kullanılmıştır.

3.4.3. Yapay Sinir Ağları

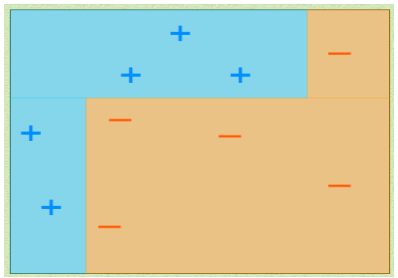
Yapay sinir ağları genel olarak matematiksel modeli oluşturulamayan veya modellemenin zor olduğu uygulamalarda başarılı sonuçlar veren, karmaşık doğrusal olmayan giriş çıkış ilişkilerini kendine gösterilen örneklerden yararlanarak kuran, insan beyninden esinlenerek tasarlanmış yapılardır. Yapay sinir ağları yavaş çalıştığından özellikle süre sınırlamasının olmadığı birçok uygulamada kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir(Eser, S., 2006).

3.4.4. AdaBoost

Son zamanlarda AdaBoost algoritması kullanılarak pek çok başarılı yüz tespiti yapılmıştır. Çalışmamızda kullanılan AdaBoost ile ilgili daha ayrıntılı bilgi aşağıda verilmektedir.

AdaBoost algoritması yüz tanıma, cinsiyet sınıflandırma gibi iki sınıflı problemlerde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak ifade tanıma çok sınıflı bir problemdir. Schapire ve Singer AdaBoost'u çoklu sınıf ve çoklu etiket versiyonuna genişletmişlerdir.

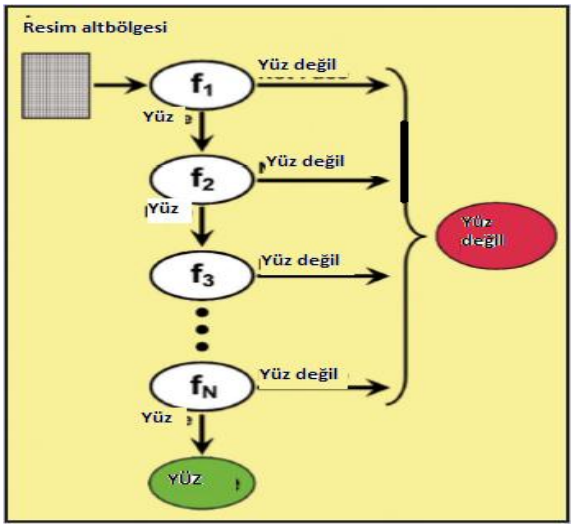
Şekil 3'de AdaBoost ile sınıflandırılmış iki sınıflı bir örnek görülmektedir.



Şekil 3. İyi bir Adaboost sınıflandırma örneği

Algoritmanın amacı, eğitim örnekleri üzerinden hesaplanan bir D dağılımına bağlı olarak zayıf sınıflandırıcı (düşük hatalı bir hipotez) oluşturmaktır. D dağılımı algoritmanın eğitim setindeki her bir örneğe verdiği katsayıların kümesidir.

AdaBoost algoritması çalışmaya her bir eğitim örneği için eşit bir D dağılımıyla başlar. Her adımda sınıflama performansına bağlı olarak en iyi zayıf sınıflayıcı bulunur ve ağırlıklar güncellenerek bir olasılık dağılım fonksiyonu elde edilir. Sonraki adımda bu işlemler tekrarlanır, belirli sayıda iterasyon sonucunda en güçlü zayıf sınıflayıcılar bir araya getirilerek güçlü bir sınıflayıcı oluşturulur. Şekil 4'da AdaBoost sınıflandırıcısı görülmektedir.



Şekil 4. AdaBoost sınıflandırıcısı

Yüz tespit etme işleminde, bir bölgenin yüz bölgesi olabilmesi için tüm sınıflandırıcılardan geçmesi gerekmektedir.

Literatürde sık kullanılan yüz bulma yaklaşımların karşılaştırılması Tablo 1 ile verilmektedir.

Tablo 1. Yüz Bulmada Yaklaşımların Karşılaştırılması

Yaklaşım	Özellik Tabanlı	Görünüm Tabanlı	Şablon Eşleme	Bilgi Tabanlı
Özellikler	Bölgesel Özellikler	Bütünsel özellikler	Şablon özellikler	Tanımlanmış özellikler
İşlem karmaşası	Pratik değerli, basit	Karmaşık algoritmalar, uzun eğitim süreci	Hesaplama açısından oldukça basit yöntemlerdir.	İşlem kodlaması zordur
Kullanılan Görüntü Sayısı	Tek görüntü olsa bile iyi performans	Sınıf başına çok sayıda görüntü kullanmak gerekir	Tek görüntü olsa bile iyi performans	Performans resme göre değişebilir
Boyut	Düşük boyutlu	Çeşitli yöntemlerle boyut azaltılmalıdır.	Farketmez	Farketmez
Hafıza	Az	Çok	Şablon kadar	Tanımlanmış kurallara bağlı
Çevresel duyarlılık	Az	Çok	Orta	Kurallara bağlı
Performans	Düşük doğruluk	Yüksek doğruluk	Orta	İyi
Üstünlükler	1. Yüze ait poz doğrultuları ve aydınlanma koşullarından bağımsızlardır.	1. Başarılı ve güçlü makine öğrenmesi algoritmaları nı kullanırlar. 2. İspatlanmış başarılı sonuçlar üretirler. 3. Hızlı ve etkin çalışırlar. 4. Farklı boyutlardaki ve doğrultularda ki yüz resimleri için de başarı ile çalışırlar.	1. Hesaplama açısından oldukça basit yöntemlerdir.	1. Yüze ait özellikleri ve bu özelliklere ait ilişkileri tanımlayacak kurallar bulmak çok kolaydır. 2. Kodlanmış kurallar baz alınarak, bir test resmi içindeki yüze ait özellikleri çıkarmak ve sonra aday yüzleri onaylamak basit yöntemlerdir. 3. Karmaşık olmayan arka planlarda oldukça başarılı sonuçlar üreten yöntemlerdir
Zayıflıkları	1. Aydınlanma ve resimlerdeki diğer benzeri gürültüler, yüzlerdeki özelliklerin bulunmasını zorlaştırır. 2. Karmaşık arkaplanlar üzerindeki yüzlerin bulunması zordur.	1. Genellikle resim üstünde tarama işlemi gerektirirler. 2. Sınıflandırma algoritmaları nı eğitmek için birçok pozitif ve negatif örnek gerektirirler.	1. Şablonlar eğer yüze yakın bölgelerden itibaren test resimleri üzerinde taranmazlarsa yüzün bulunması çok maliyetli olabilir. 2. Farklı poz doğrultuları için şablon yüzlerin bulunması ve doğru olarak uygulanak zor.	1. İnsan bilgisini kurallara dönüştürmek her zaman kolay olmayabilir. Çok detaylı kurallar kullanıldığında yüzleri bulmak mümkün olmayabilir, daha az detaylı kurallar kullanıldığında da hatalı pozitif sonuçlar bulunabilir. 2. Farklı pozlardaki resimler için bu yöntemlerin uygulanması oldukça güçtür

4. BÖLÜM

YÜZ ÖZELLİK ÇIKARIMI

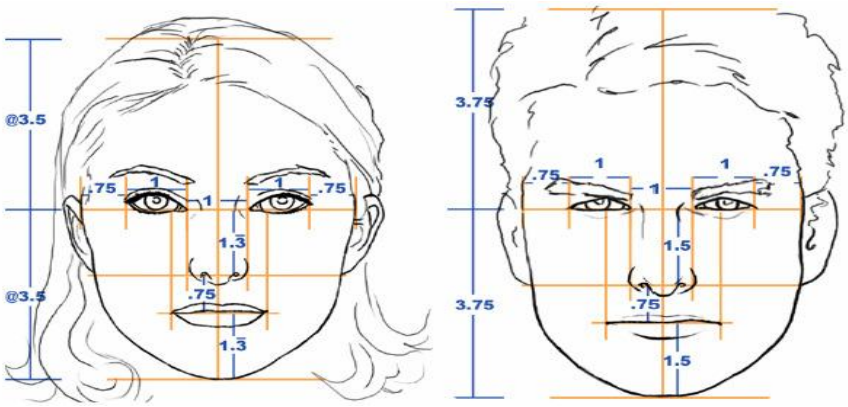
Yüz bulunduktan sonraki adım yüz ifadelerinin sebep olduğu yüz değişiklikleri çıkarmak ve temsil etmektir. İfade analizi için yüz özellik çıkarımında temelde 2 tip yaklaşım vardır. Bunlar geometrik özellik tabanlı metotlar ve görünüm tabanlı metotlardır.

4.1. Geometrik Özellik Tabanlı Yöntem

Geometrik yüz ifadelerinde yerleşim ve şekil bulunur(ağız, gözler, kaşlar, burun). Yüz geometrisini temsil eden bir özellik vektörü yüz bileşenleri veya yüz özellik noktalarından çıkartılan formudur.

Beden oranlarında olduğu gibi insan yüzünde de genel olarak doğru kabul edilebilecek belirli oranlar vardır. 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 (Kurt, B.,2007)



Şekil 5. Yüzün oranları (Kurt, B., 2007)

Yine insan yüzüyle beraber baş bölgesine ait bazı oranlar vardır. Bunlardan bazıları şunlardır:

- İnsan gözleri baş yüksekliğinin tam ortasında bulunur.
- Ağız, çene ve burnun genişliği hemen hemen aynıdır.
- Her bir gözün genişliği Yüz genişliğinin 2/5 katı kadardır.
- İki göz arasındaki uzaklık bir gözün uzunluğu kadardır.

Göz bebeği bulunduktan sonra yüzde bulunan oranlara göre diğer tüm özellik noktaları bulunur. Özellik noktalarını bulmada kullanılan Şekil 5'te de görülen bazı oranlar şunlardır:

- Baş yüksekliği kadınlarda 7 birim erkeklerde 7.5 birim olarak ölçeklenmiştir.
- Gözler baş yüksekliğinin yaklaşık olarak yarısı uzunluğunda bulunmaktadır.
- Baş genişliği kadınlarda ve erkeklerde 4.5 birim olarak ölçeklenmiştir.
- Gözlerin ve burnun genişliği 1 birim uzunluğundadır.
- Dudak çene arası yükseklik kadınlarda 1.3 birim erkeklerde 1.5 birim uzunluğundadır.

Yüz geometrisinden faydalanılarak bulunan yüzün özellik noktalarında bazı istisnai durumlar hariç (sakal,yüzün yan durması) tam yerlerinde olması oranı yaklaşık olarak %95 lik bir orana tekabül etmektedir.

4.2. Görünüm Tabanlı Yöntem

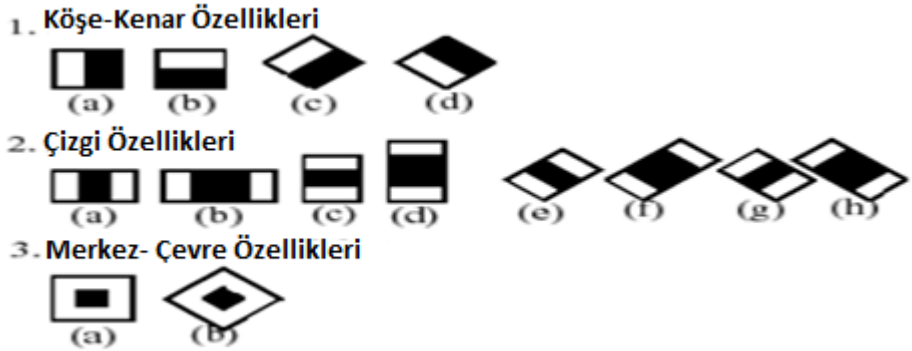
Görünüm tabanlı yöntemler ile görüntü filtreleri, Gabor dalgacıkları, Haar özellikleri gibi, bütün bir yüze ya da yüzde belirli bölgelere özellik vektörü çıkarmak için uygulanır.

Tezde kullanılan Haar özellikleri ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

4.2.1. Haar Özellikleri

Haar özellikleri nesne tanımada kullanılan sayısal görüntü özellikleridir(Wikipedia). Şekil 6'da Haar filtreleri görülmektedir. Yüz, gözler, burun

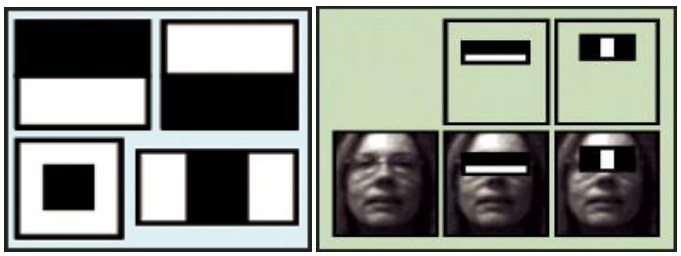
ve ağzın bulunmasında Haar sınıflandırıcılarından köşe-kenar öznitelikleri, çizgi öznitelikleri, merkez öznitelikleri kullanılmaktadır.



Şekil 6. Haar Filtreler

Giriş olarak verilen bir resimdeki insan yüzlerine ait bölgelerin bulunması işlemi tüm resim taranarak yapılmaktadır. Değişik boyutlardaki insan yüzlerini bulmak için sınıflandırıcının buna göre tasarlanması gerekmektedir. Haar filtreleri kullanmak resmin boyutlarını değiştirmekten daha etkin bir yöntemdir.(Gökmen, M., vd, 2007)

Haar özellikleri kullanarak gözlerin bulunmasını gösteren örnek Şekil 7'de verilmektedir.

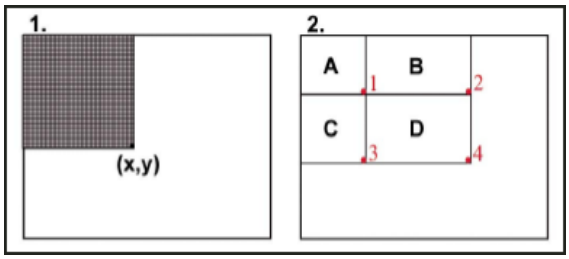


Şekil 7. Haar Özellikler ve Uygulamaları

Haar özellikleri Viola ve Jones tarafından etkili bir şekilde kullanılmıştır. Bir Haar özelliği; ortalama koyu piksel bölgesi değerinden ortalama açık piksel bölgesi değeri çıkarılarak belirlenir. Elde edilen fark değeri önceden belirlenen eşik değeri (öğrenme sırasında ayarlanır) üstünde ise, Haar özelliğinin mevcut olduğu söylenir (Jones, M. ve Viola, P., 2001).

Farklı ölçekte resim ve resmin her bölgesinde yüzlerce Haar özelliklerinin varlık ve yokluğunu tanımlamak için Viola ve Jones integral görüntü (Integral Image) adı verilen yöntemi kullanmışlardır. Genel olarak "integral" kelimesinin anlamı, küçük birimleri birbiriyle toplamaktır. Bu durumda küçük birimler piksel değerleri olmaktadır. Her bir piksel için integral değeri üst ve sol piksel toplamıdır. Girilen resimde sol üstten başlayarak sağa ve aşağıya gezerek her bir piksel birkaç tamsayı işlemi ile toplanmaktadır.

Şekil 8.'de (x,y) koordinatı üstünde ve solundaki koordinatların toplamından oluşan integral görüntü verilmektedir.



Şekil 8.Görüntünün İntegral edilmesi

Haar özellikleri kullanmak ve eşik değerleri seçmek için Viola-Jones makine öğrenme metotlarından AdaBoost yöntemini kullanmaktadır. AdaBoost algoritmasından Bölüm 3'te bahsedilmektedir.

5. BÖLÜM

YÜZ İFADESİ TANIMA

Genel anlamda yüz ifadesi denildiğinde Kızgın, Mutlu, Şaşkın, İğrenme, Üzgün, Korkmuş gibi duyguları ifade eden yüzler akla gelir ve kullanılmaktadır. Bu duygulara ait yüz ifadeleri Şekil 9'da görülmektedir.



Şekil 9. Yüz İfadeleri

Yüz ifadesi analizi hem yüz hareketleri hem de ifade tanımayı içerir. Otomatik yüz ifade analizi genel yaklaşımı 3 adım içerir: yüz edinimi, yüzsel veri çıkarma ve temsili ve yüz ifade tanıma (Tian,2004). Tian'ın bu tanımı Şekil 10'da özetlenmiştir.



Şekil 10. Yüz İfadesi Analiz Sistemi Temel Yapısı (Tian,2004)

Yüz ifadesi için problem alanı birden çok boyut içerir. İdeal bir yüz ifadesi analiz sistemi, tüm bu boyutları ele almalı ve doğru tanıma çıkışlarına sahip olmalıdır. Buna ek olarak, ideal bir yüz ifadesi analiz sistemi otomatik olarak ve tüm aşamaları gerçek zamanlı olarak gerçekleştirmelidir. Şimdiye kadar gerçek zamanlı ifadeleri tanıyan

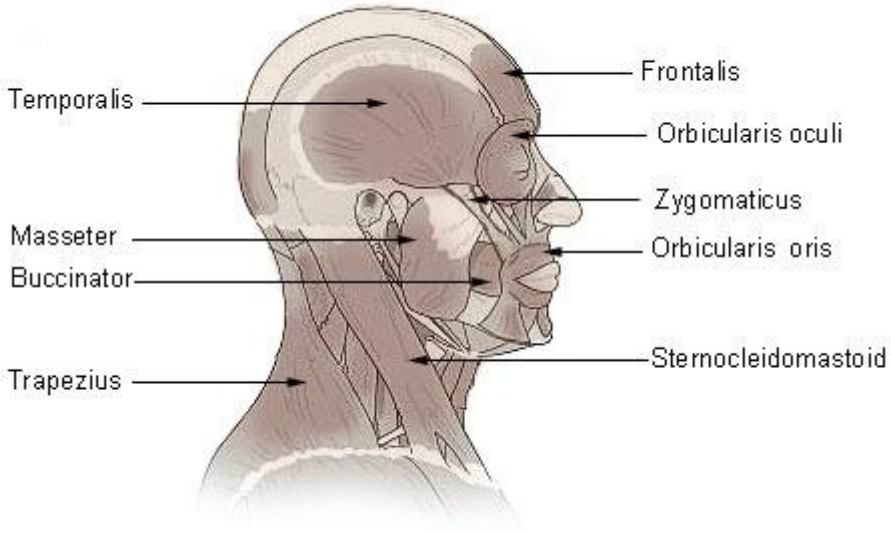
sistemler gerçekleştirilmiştir (Tian, 2004). İdeal yüz ifadeleri tanıma sistemi özellikleri Tablo 2'de belirtilmiştir.

Tablo 2. İdeal Yüz İfadesi Analiz Sistemi

	Sağlamlık
Sa1	Farklı yaş, cinsiyet, etnik köken konularıla baş edebilmeli
Sa2	Aydınlatma değişikliklerinde işleyebilmeli
Sa3	Geniş baş hareketini işleyebilmeli
Sa4	Tıkanıklarla baş edebilmeli
Sa5	Farklı resim çözünürlüklerini işleyebilmeli
Sa6	Bütün olası ifadeleri tanımlayabilmeli
Sa7	Farklı parlaklıkta ifadeleri tanıyabilmeli
Sa8	Asimetrik ifadeleri tanımalı
	Otomatik Süreç
Ot1	Otomatik Yüz Edinme
Ot2	Otomatik yüzsel özellik çıkarımı
Ot3	Otomatik ifade tanıma
	Gerçek Zamanlı Süreç
Gz1	Gerçek zamanlı yüz edinimi
Gz2	Gerçek zamanlı yüz özellik çıkartımı
Gz3	Gerçek zamanlı ifade tanıma
	Otonomik(Özerk) Süreç
Otn1	Güvenli tanıma çıktısı
Otn2	Giriş resimleri üzerinden farklı düzeyde çıktıları uyarlayabilme

5.1. Yüz Eylem Kodlama Sistemi (YEKS,Facial Action Coding System,FACS)

Yüz Eylem Kodlama Sistemi (YEKS) aslen 1978 yılında Paul Ekman, Wallace V. Friesen ve Richard J. Davidson tarafından geliştirilen insan yüz ifadelerini sınıflandıran bir sistemdir. Tek tek yüz kaslarının hareketlerinden ve yüz görünümü biraz farklı anında değişimlerden YEKS(FACS) kodlanır. Şekil 11'de yüz ve boyundaki kaslar gösterilmektedir.



Şekil 11. Yüz ve Boyundaki Kaslar(FACS,Wikipedia)

Yüz eylem anatomik analizine dayalı yüz eylem tarifi yeni bir yöntemdir. Yüz Eylem Kodlama Sistemi'nin geliştirilmesinde temel hedef mümkün olan tüm görsel olarak ayırt edilebilen yüz hareketlerinin ayırt edilebileceği kapsamlı bir sistem geliştirmekti.

Tablo 3 'de Yüz Eylem Kodlama Sistemi'nde yer alan temel ifadelerin kodlamaları görülmektedir.

Tablo 3. Duygular ve Eylem Birimleri

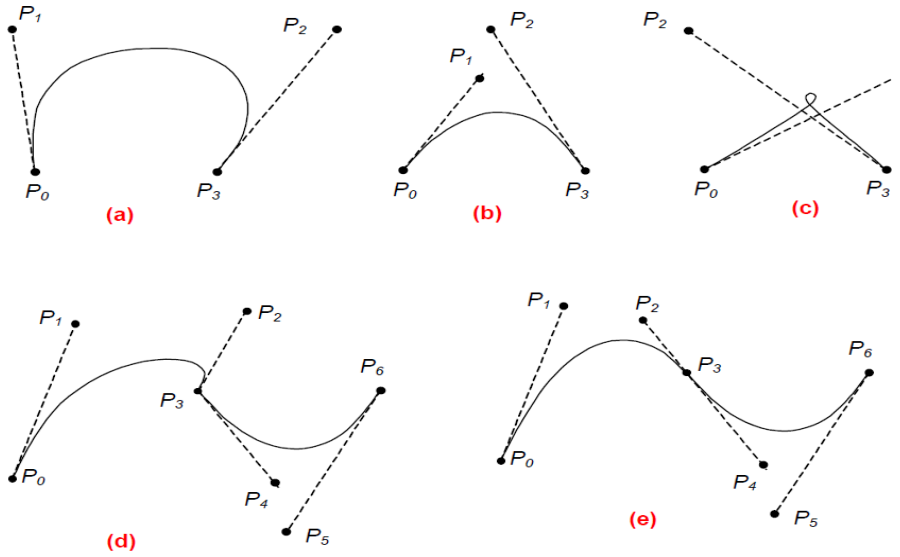
Duygu	**Eylem Birimleri**
Mutluluk	6+12
Üzüntü	1+4+15
Şaşkın	1+2+5B+26
Korku	1+2+4+5+20+26
Kızgın	4+5+7+23
İğrenme	9+15+16
Aşağılama	R12A+R14A

5.2. Bezier Eğrileri

Bezier eğrileri Fransız mühendis Pierre Bezier, tarafından 1962 yılında otomobil gövdeleri tasarlamak için kullanıldı ve yayımlandı. Ama Bezier eğrileri ilk çalışmasını matematikçi Paul de Casteljau tarafından Casteljau algoritması ile Bezier eğrileri değerlendirmek için sayısal sabit yöntemi kullanımında kullanılmıştır(wikipedia).

Bezier eğrileri günümüzde fontların üretiminde, modelleme çalışmalarında, yüz ifadesi tanıma ve daha birçok alanda kullanılmaktadır.

Bezier eğrisi, kendini tanımlayacak olan poligonun köşeleri ile birebir ilişkilidir. Poligonun yalnızca ilk ve son köşeleri eğri üzerinde bulunmaktadır. Diğer köşeler ise eğrinin derecesini ve dolayısıyla şeklini tanımlamada katkıda bulunurlar.



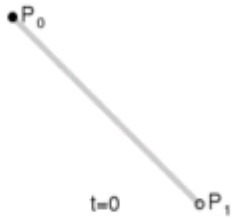
Şekil 12. Bezier Eğrilerine Örnekler

Şekil 12'da a,b,c'de görüldüğü gibi genelde P1 ya da P2 üzerinden düz geçmez.

5.2.1. Doğrusal Bezier Eğrileri

Doğrusal Bezier Eğrileri verilen 2 nokta arasında düz bir çizgi şeklindedir (Şekil 13) ve doğrusal interpolasyona eşittir. Formülü:

$$B(t) = P_0 + t\,(P_1 - P_0) = (1 - t)\,P_0 + tP_1\,, \quad t \in [0,1]$$



Şekil 13. Doğrusal Bezier Eğrisi

5.2.2. Kuadratik Bezier Eğrileri

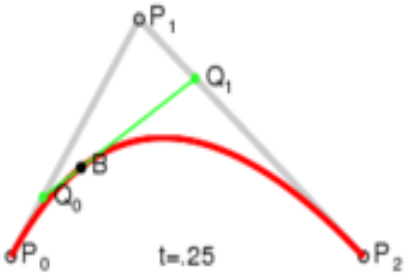
P_0,P_1 ,P_2 noktaları bir Kuadratik Bezier fonksiyon B(t) tarafından izlenen yolu verir. Aşağıda Kuadratik Bezier eğrisinin formülü verilmektedir. Bezier Eğrisinin türevi ise en altta görülmektedir. Kuadratik Bezier eğrisine örnek Şekil 14'te görülmektedir.

$$B(t) = (1-t)^2 P_0 + 2t(1-t) P_1 + t^2 P_2$$

$$B(t) = (1 - t)[(1 - t)P_0 + tP_1] + t[(1 - t)P_1 + tP_2], \; t \in [0,1]$$

$$B(t) = (1 - t)^2P_0 + 2(1 - t)tP_1 + t^2P_2, \; t \in [0,1]$$

$$B'(t) = 2(1 - t)(P_1 – P_0) + 2t(P_2 – P_1)$$



Şekil 14. Kuadratik Bezier Eğrileri

5.2.3. Kübik Bezier Eğrileri

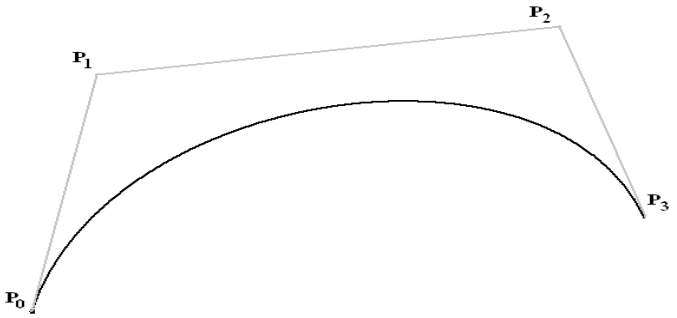
n=3 için 4 noktalı Bezier Eğrisi aşağıdaki formüller ile verilmektedir.

$$x(u) = (1 - u)^3 x_0 + 3 (1- u)^2 ux_1 + 3 (1 - u)u^2x_2 + u^3x_3$$

$$y(u) = (1 - u)^3 y_0 + 3 (1- u)^2 uy_1 + 3 (1 - u)u^2y_2 + u^3y_3$$

$x(0)=y(0)=P_0$ ve $x(1)=y(1)=P_1$

Şekil 15'te de görüldüğü gibi eğri P_0 'da başlar, P_1 'e doğru gider ve P_2 istikametinde gelerek P_3'e ulaşır.



Şekil 15. Kübik Bezier Eğrisi

Genelde Şekil 15'te de belirtilen P_1 ya da P_2 üzerinden düz geçmez. Böylesi bir eğri *Kübik Bezier eğrisi* olarak adlandırılır ve denklemi aşağıdaki gibidir:

$$P(t) = \sum_{k=0}^{n} P_k B_k^n(t) = (1 - t)^3 P_0 + 3t(1 - t)^2 + 3t^2 (1-t)P_2 + t^3 P_3$$

P_k (x_k, y_k) vektör katsayıları eğrinin kontrol noktaları olarak adlandırılır ve istenilen derecede Bezier eğrilerinin kullanılması için aşağıda bulunan Bezier geçişme fonksiyonlarının genel gösterimi kullanılır.

$$B_{i,n}(u) = C(n,i)t^i (1- t)^{n-i}$$

Bezier denklemleri *t* değişkeninde parametrik denklemlerdir ve *x* ve *y 'ye* göre simetriktir. [0,1] aralığında değişen *t* parametresi istenilen doğruluğa göre P_0-P_3 segmentini aralıklara böler. *t=0 olduğu zaman sonuç* $P(0)=P_0$ *dir, t=1 için sonuç* $P(1)=P_3$ dür. Bezier eğrisi başlangıçta P_0-P_1 çizgisinin segmentine ve bitişte de P_2-P_3 çizgisinin segmentine teğettir. Eğri, kontrol noktalarının dış bükey omurgası (convex hull) içinde kalır.

Bezier eğrilerine ait geçişme fonksiyonları Bernstein polinomları olarak da adlandırılır. Denklemde bulunan C(*n,i)* ise binom katsayısıdır:

$$C(n,i) = \frac{n!}{i!(n-i)!}$$

Ayrıntılı Bezier eğrilerini tanımlamak için birçok kontrol noktası kullanmak mümkündür. Fakat Bezier Eğrilerinde kontrolün geniş çaplı olması ve polinomun derecesi arttıkça matematiksel hesaplamalarının karmaşıklaşması yüzünden kontrol noktalarının sayısının fazla olması tercih edilmez. Bunun yerine dört kontrol noktasına sahip Bezier eğrilerinin arka arkaya birleştirilmesiyle daha ayrıntılı eğriler oluşturulur. Bu nedenden dolayı, Kübik Bezier eğrileri (4 kontrol noktasına sahip Bezier eğrileri) diğer dereceden Bezier eğrilerine göre daha yaygın olarak kullanılır.

Kübik Bezier eğrilerinin özellikleri kısaca:

1- $P(0) = P_0$, $P(1) = P_3$

2- *u=0* da kübik fonksiyonların türevleri

$dx/du = 3(x_1 - x_0)$, $dy/du = 3(y_1 - y_0)$

olup eğrinin türevi de

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y_1 - y_0}{x_1 - x_0}$$

şeklinde elde edilebilir. Bu aynı zamanda P_0 ve P_1 noktaları arasındaki doğrunun eğimidir. Aynı şekilde kübik eğrinin P_3 noktasındaki eğiminin P_3 ve P_2 noktaları arasındaki doğru parçasının eğimine eşit olduğu gösterilebilir. Bu teğetler Şekil 12'de kesik çizgilerle gösterilmiştir.

3- Kübik Bezier eğrisi 4 noktanın oluşturduğu içbükey bölgenin içerisinde yer almaktadır.

Çoğu zaman Bezier eğrilerinin matris biçiminde gösterilmesi uygun olur. Bezier kübiği için bu gösterilim aşağıdaki gibidir:

$$P(u)=[u^3, u^2, u, 1] \begin{pmatrix} -1 & 3 & -3 & 1 \\ 3 & -6 & 3 & 0 \\ -3 & 3 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} . \begin{Bmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \\ P_3 \end{Bmatrix} = u^T \; M_2 \; p$$

5.2.4. n. Dereceden Bezier Eğrileri

n+1 kontrol noktasına sahip, *n.* dereceden Bezier eğrilerinin denklemi daha açık bir şekilde yandaki gibi olacaktır:

$$P(u) = \sum_{i=0}^{n} p_i \quad u^{i} \frac{n!}{i!(n-i)} (1-u)^{n-i}$$

6. BÖLÜM

YÜZ İFADESİ VERİTABANLARI

Duygu ve yüz ifadesi tanıma çalışmalarında uygulamaları test etmek için yüz ifadesi veritabanları oluşturulmuştur. Bunlardan en sık kullanılanları JAFFE, FEEDTUM, MUG, MMIFACE ve Cohn-Kanade veritabanlarıdır.

Uygulamayı test etmek için yüz ifadesi için oluşturulmuş veritabanlarından FEEDTUM, JAFFE ve MUG veritabanlarını kullandık.

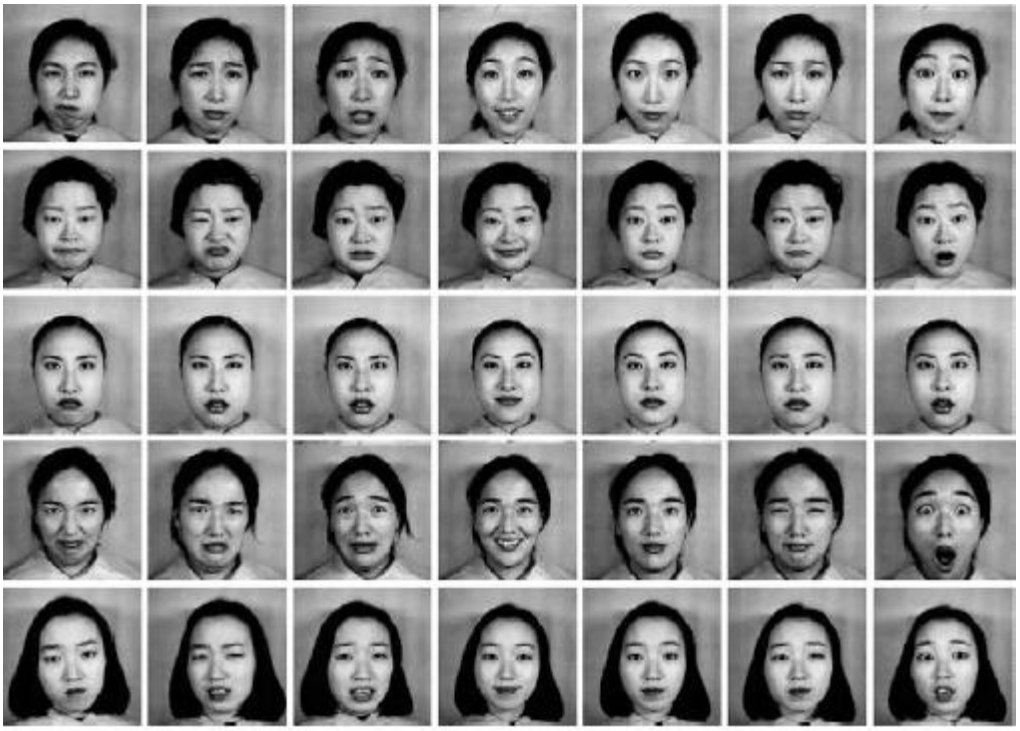
6.1. JAFFE Yüz İfade Veritabanı

JAFFE yüz ifadesi veritabanı özellikleri Tablo 4'de gösterilmektedir.

Tablo 4. JAFFE veritabanı özellikleri

	JAFFE
Renkli/Renksiz	Renksiz
Resim boyutları	256X256
İfade Sayısı	7
Kişi Sayısı	10
Erkek	yok
Kadın	10
Sınıflandırma	resim adında
Yaş	belirtilmemiş
Resim uzantısı	.tiff
Irk/Ülke	Japon

JAFFE veritabanına ait örnek resimler Şekil 16'da bulunmaktadır.



Şekil 16. JAFFE yüz ifade veritabanı örnek resimler

6.2. MUG Yüz İfade Veritabanı

MUG yüz ifade veritabanı özellikleri Tablo 5 ‘da gösterilmektedir.

Tablo 5. MUG yüz ifade veritabanı özellikleri

	MUG
Renkli/Renksiz	Renkli
Resim boyutları	896X896
İfade Sayısı	7
Kişi Sayısı	86
Erkek	51
Kadın	35
Sınıflandırma	klasör
Yaş	20-35
Resim uzantısı	.jpg
Irk/Ülke	Kafkas

MUG veritabanına ait resimler ve yüz işaretlemesi Şekil 17’de gösterilmektedir.



Şekil 17. MUG veritabanı örnekleri ve örnek yüz işaretlemesi

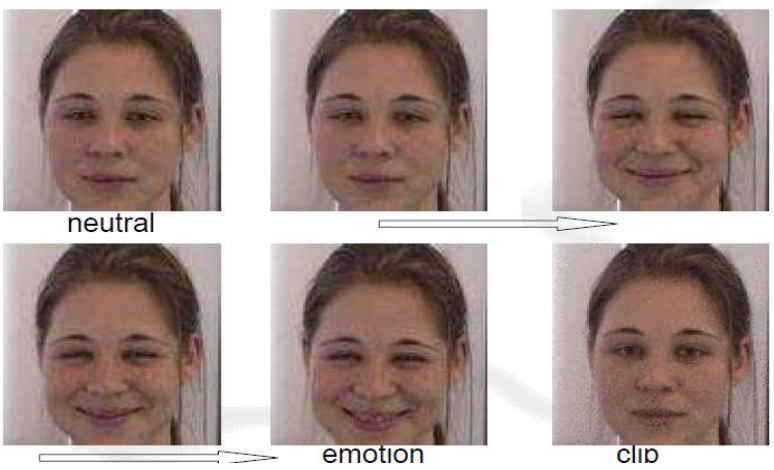
6.3. FEEDTUM Yüz İfade Veritabanı

FEEDTUM yüz ifade veritabanına ait özellikleri Tablo 6'da sunulmaktadır.

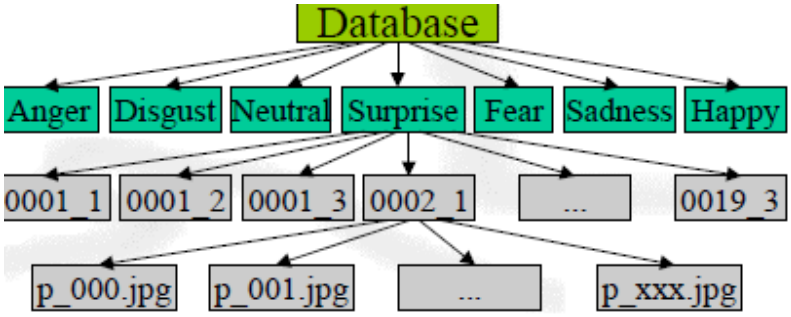
Tablo 6. FEEDTUM yüz ifade veritabanı özellikleri

	FEEDTUM
Renkli/Renksiz	Renkli
Resim boyutları	320X240
İfade Sayısı	7
Kişi Sayısı	18
Erkek	9
Kadın	9
Sınıflandırma	klasör
Yaş	20-35
Resim uzantısı	.jpg
Irk/Ülke	Avrupalı

FEEDTUM veritabanına ait bazı örnek resimler Şekil 18'de veritabanının dizin yapısı ise Şekil 19'da gösterilmektedir.



Şekil 18. FEEDTUM veritabanı örnek resimleri



Şekil 19. Feedtum Veritabanı Dizin Yapısı

Veritabanında 19 farklı kişinin üçer çekim alınmış fotoğrafları yer almaktadır. Her bir kişinin 21'er resimden toplamda 399 resmi bulunmaktadır. Veritabanı, ISO-9660 görüntü şeklinde yayınlanmaktadır (Feedtum, internet kaynağı).

7. BÖLÜM

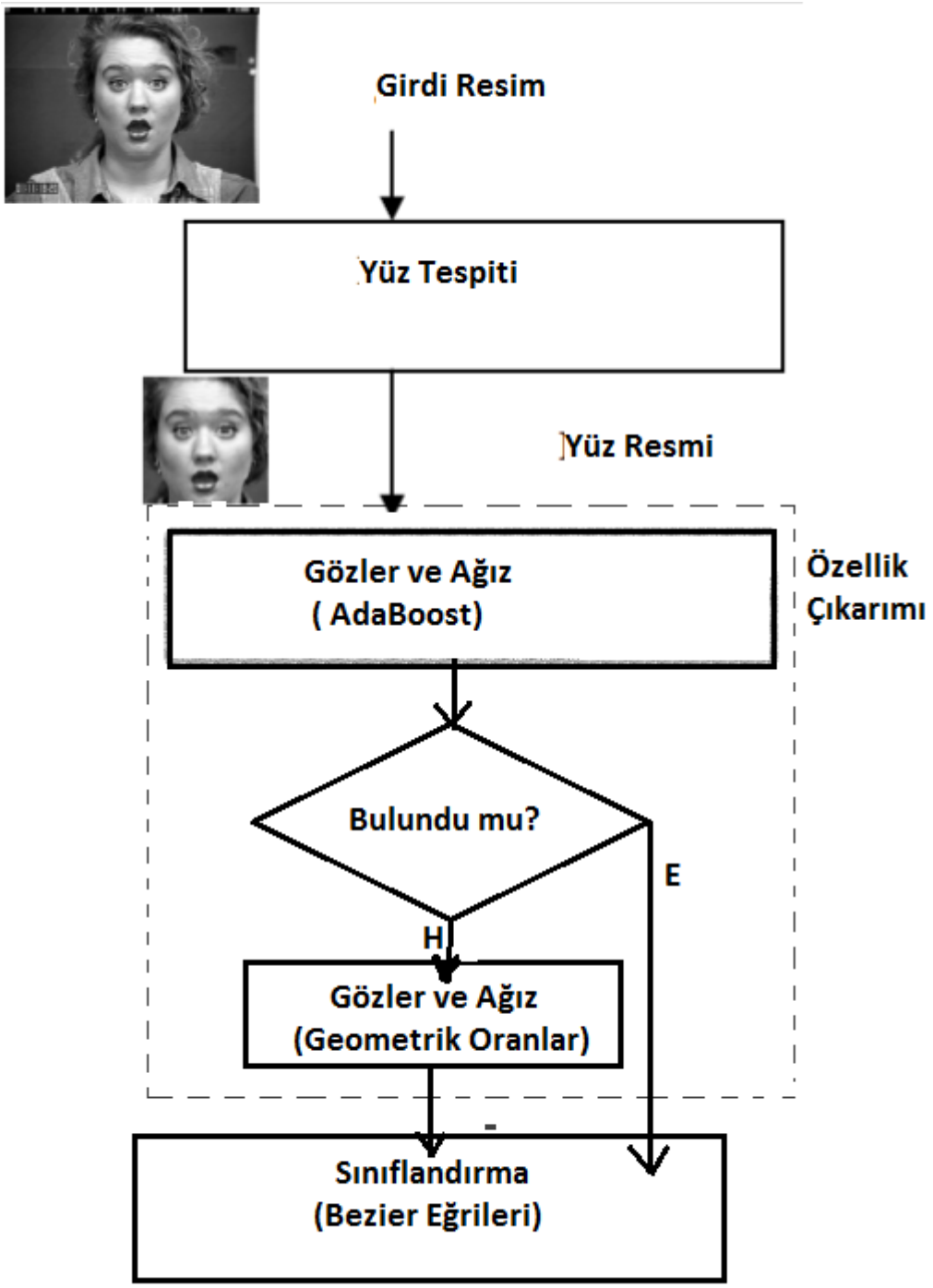
UYGULAMA VE DEĞERLENDİRME

Çalıştığımız yazılımda OpenCv'nin C# diline uyarlanmış versiyonu olan EmguCv kullanılmıştır. Uygulama geliştirirken Intel Core i7 işlemci 1.73 GHz, 4 GB RAM kullanan bilgisayarda yapılmıştır.

Eğitim ve test amacı ile FEEDTUM, JAFFE ve MUG veritabanları kullanılmıştır.

Geliştirilen uygulamanın aşamaları Şekil 20'de akış diyagramında gösterilmektedir. Yüz ifadesi tanınması için öncelikle resimlerden yüzün elde edilmesi sağlanmaktadır.

Yüz Tespiti modülünde, son yıllarda sık kullanılan ve hızlı işlem yapan AdaBoost algoritması kullanılmıştır.



Şekil 20. Uygulamanın akış şeması

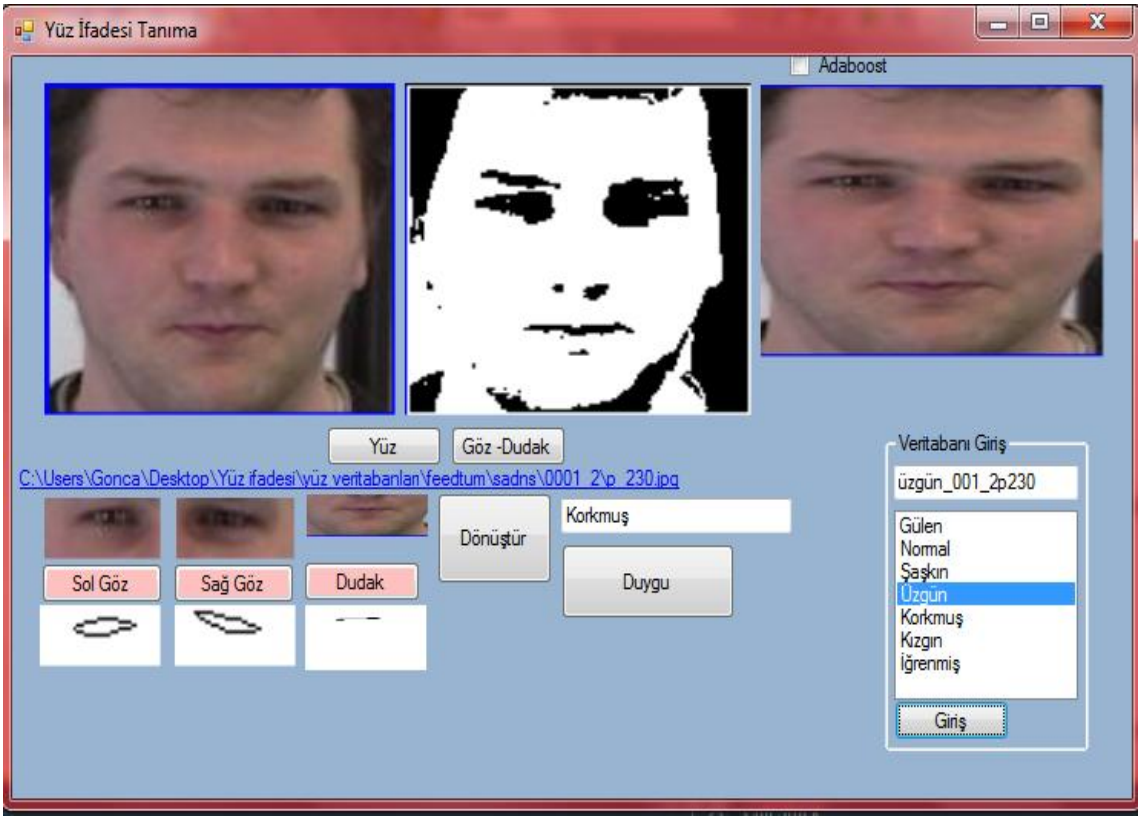
Özellik Çıkarımı modülünde, ilk olarak Haar özelliklerinden yararlanarak yüzdeki gözlerin ve ağzın yeri bulunması sağlanmıştır. Sonuç alınamadığı durumda yüzdeki geometrik oranlar kullanılarak gözlerin ve ağzın yeri tespit edilmiştir.

Yüz özelliklerinin çıkarımında, gözlerin baş yüksekliğinin yarısı uzunluğunda bulunması oranı, iki göz arasında bir göz mesafesinin olması ve yüz yüksekliği genişliğinin 1,5 katı , ağız bulurken genişliğin ¼ 'ünden başlayıp ¾ 'üne kadar alan arama yapıldığı geometrik oranları kullanılmıştır.

Yüz ifadesi sınıflandırma modülünde, yedi farklı duygu tanıma işlemi için uygulamada kübik bezier eğrileri kullanılmıştır. Veritabanı kullanılarak eğrilere uygun ifade tanıma bilgilerinin öğretilmesi sağlanmıştır.

Geliştirilen uygulamada ifade tanıma gerçekleştirilirken gözler ve ağız kullanılmış burun ise kullanılmamıştır. Tanıma işlemi gözler ve ağza bakarak yapıldığından gözler ve ağzın iyi ve doğru bulunması önemlidir.

Uygulamanın çalışması Şekil 21'de görülmektedir. Uygulamada girdi olarak verilen resimde önce yüz tespiti yapılmaktadır. Ardından resim siyah-beyaz görüntüye dönüştürülmektedir. Yüz özellikleri bulunurken oranlama işleminin yapılabilmesi için yüz belirli oranda kırpılmaktadır. **"Göz-Dudak"** butonu ile göz ve ağız özelliklerinin bulunması sağlanmaktadır. Sonrasında **"Dönüştür"** butonu ile gözlerin ve ağzın şekline uygun Bezier eğrileri elde edilmektedir. **"Duygu"** butonuna basıldığında veritabanında kayıtlarla karşılaştırma yapılmaktadır. Eğer veritabanında uygun kayıt yoksa da bazı hesaplamalarla duygunun tanınması sağlanmaktadır.



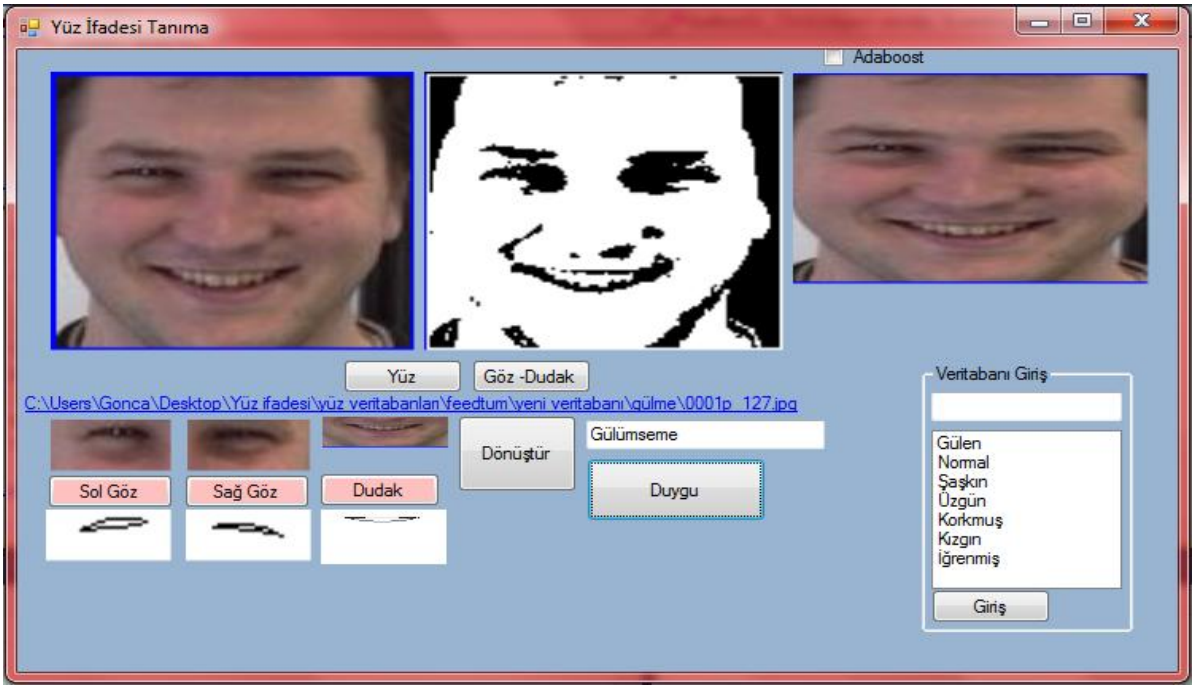
Şekil 21. Eğitim Aşaması

Eğitim aşamasında duyguları iyi ifade eden resimler seçilerek veritabanına kaydedilmesi sağlanmaktadır. Şekil 21'de eğitim aşamasında yanlış bulunan duygunun doğru bulunacak ifadesinin seçimi gerçekleştirilmiştir.

Geliştirilen uygulama üç veri tabanında bulunan resimler üzerinde test edilmiştir. Bu veritabanlarına ait örnekler ve elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir

7.1. FEEDTUM Veritabanı Uygulama Çıktıları

Uygulama sonucunda FEEDTUM veritabanı üzerinde yaptığımız örnek test ekranı aşağıdaki Şekil 22'de gösterildiği gibidir.

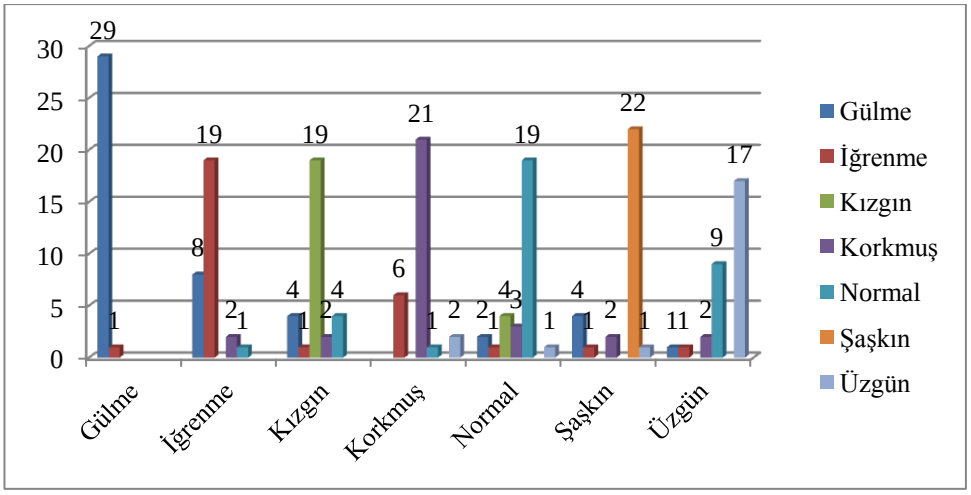


Şekil 22 . FEEDTUM veritabanı kullanarak uygulamanın çalışması

FEEDTUM veritabanından her duygu için 30'ar resim rastgele seçilerek test edilmiştir. Uygulama test edilen resimlerin çoğunda doğru sonuç alabilmektedir. İfade tanıma sayıları Şekil 23'de gösterilmektedir. Doğruluk oranı başarılı bulduğu sayının o gruptaki toplam test resim sayısına bölünerek bulundu. Tablo 7'de verilen değerlendirme sonucu doğruluk oranlarına göre; gülme %96, iğrenme %64, kızgın %60, korkmuş %68, normal %64, şaşkın %76 ve üzgün %56 başarı ile sağlanmıştır.

Tablo 7. Feedtum Veritabanı Uygulama Sonuçları

FEEDTUM	Gülme	İğrenme	Kızgın	Korkmuş	Normal	Şaşkın	Üzgün	Yüzde
Gülme	29	1						96,67
İğrenme	8	19		2	1			63,33
Kızgın	4	1	19	2	4			63,33
Korkmuş		6		21	1		2	70
Normal	2	1	4	3	19		1	63,33
Şaşkın	4	1		2		22	1	73,33
Üzgün	1	1		2	9		17	56,67
						Ortalama:		69,52

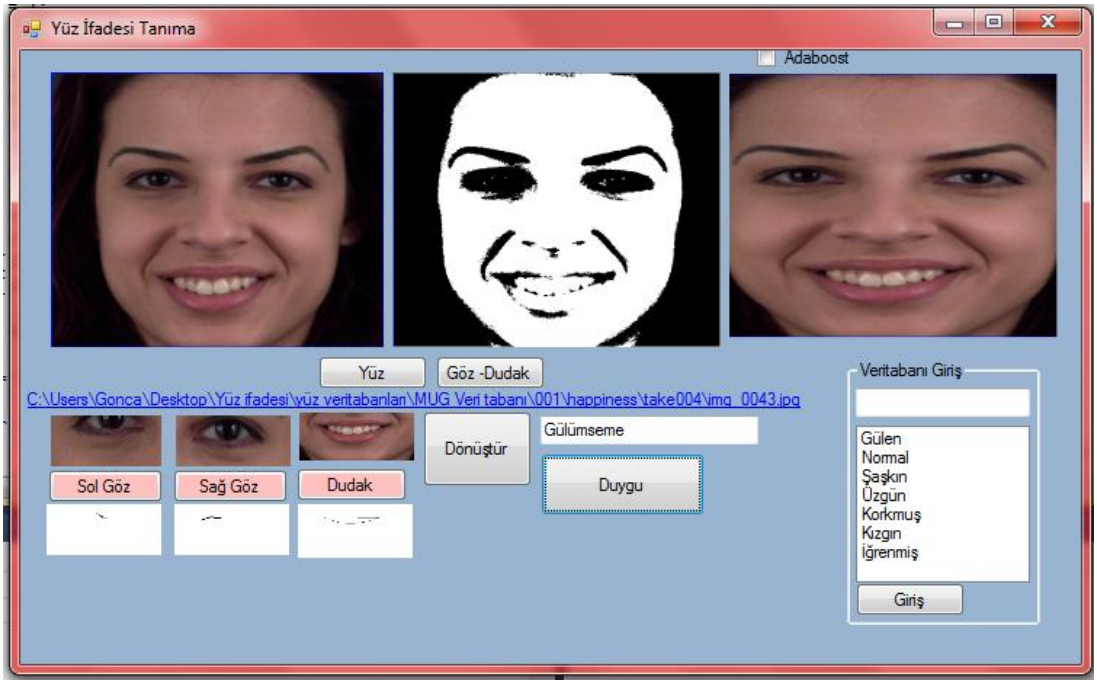


Şekil 23. FEEDTUM veritabanı 30 resimden her bir duygunun tanınma oranları

7.2. MUG Veritabanı Uygulama Çıktıları

Uygulamanın MUG veritabanı resimlerinden elde edilen örnek görüntü Şekil 24'de ve değerlendirme sonuçları Tablo 8 ile aşağıda verilmektedir.

Test için kullanılan resim sayıları duygulara göre farklılık göstermektedir. Gülme, korkmuş ve şaşkın için 20 adet, iğrenme için 17, normal ve üzgün için 12, kızgın için 10 adet resim olmak üzere toplamda 111 adet resim kullanılmıştır.

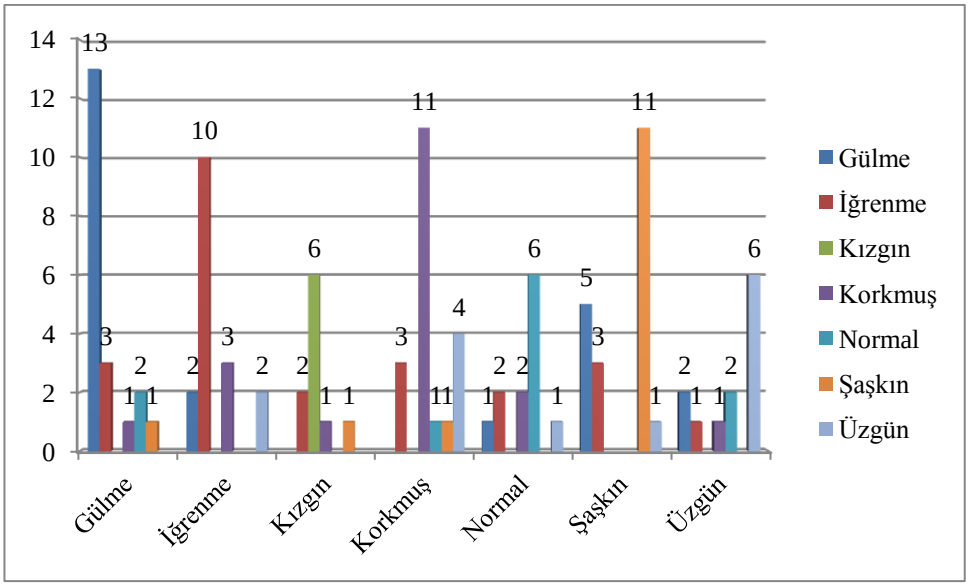


Şekil 24. MUG veritabanı kullanarak uygulamanın çalışması

Tablo 8. MUG Veritabanı yüz ifadesi test sonuçları

MUG VT	Gülme	İğrenme	Kızgın	Korkmuş	Normal	Şaşkın	Üzgün	Yüzde	T. Resim
Gülme	13	3		1	2	1		65	20
İğrenme	2	10		3			2	58,82	17
Kızgın		2	6	1		1		60	10
Korkmuş		3		11	1	1	4	55	20
Normal	1	2		2	6		1	50	12
Şaşkın	5	3				11	1	55	20
Üzgün	2	1		1	2		6	50	12
						Ortalama:		56,26	

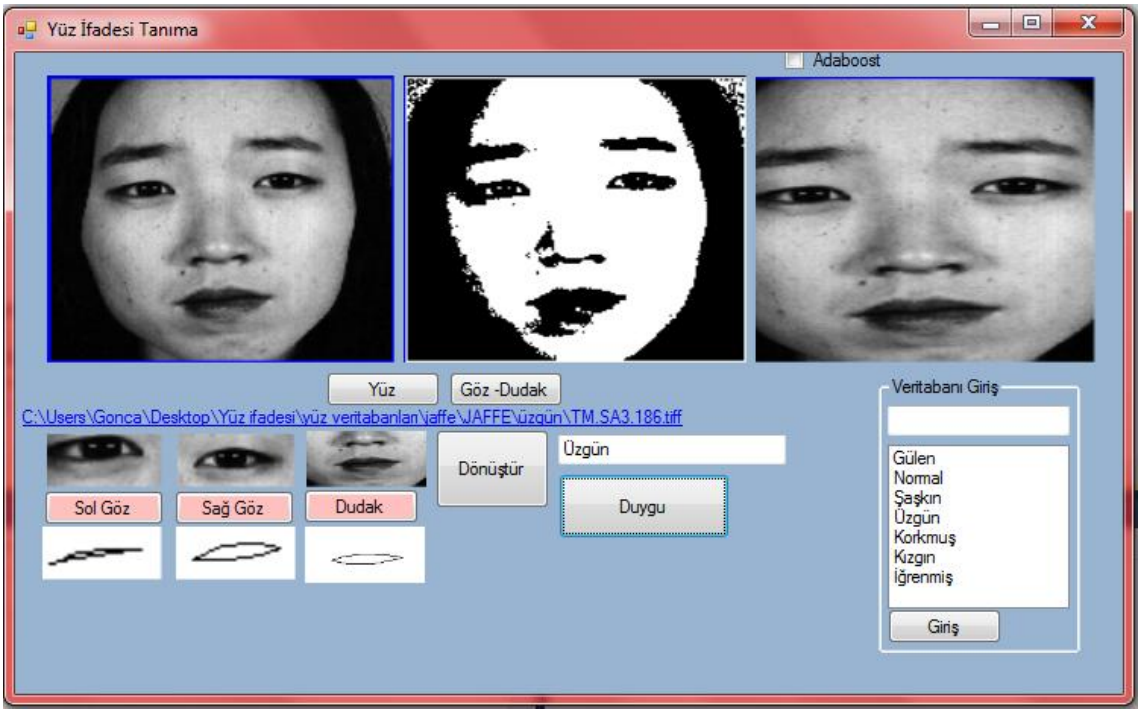
MUG veritabanı ile yapılan eğitim ve test aşamalarında veritabanındaki resimlerin boyutları büyük olduğundan yavaş çalışmaktadır. Yüz ifadesi tanıma sonuçlarına göre; gülme %65, iğrenme %58,8, kızgın %60, korkma %55, normal %50, şaşkın %55 ve üzgün %50 başarı ile bulunmuştur. Ortalama %56.26'dır. MUG veritabanına ait yüz ifadesi tanıma sonuçları Şekil 25'te grafikte gösterilmektedir.



Şekil 25. MUG Veritabanı sonuçların grafiksel ifadesi

7.3. JAFFE Veritabanı Uygulama Çıktıları

JAFFE veritabanına ait uygulama çalıştırma örneği Şekil 30'da görülmektedir. Tablo 9'da yüz ifade tanıma oranları test sonuçları görülmektedir. Test sonuçlarının grafiksel gösterimi Şekil 31'de gösterilmektedir.



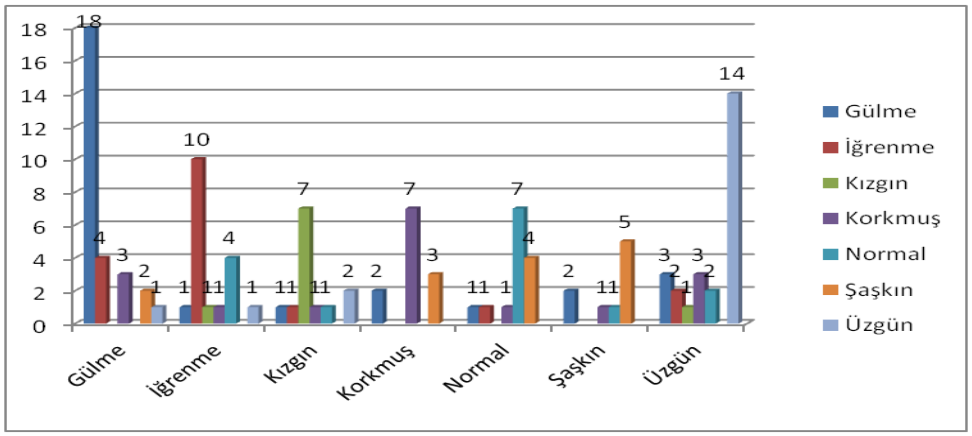
Şekil 26. JAFFE veritabanı uygulama örneği

Tablo 9. JAFFE yüz ifadesi veritabanı örnek test sonuçları

JAFFE	Gülme	İğrenme	Kızgın	Korkmuş	Normal	Şaşkın	Üzgün	Yüzde	T. Resim
Gülme	18	4		3		2	1	64,29	28
İğrenme	1	10	1	1	4		1	55,56	18
Kızgın	1	1	7	1	1		2	53,85	13
Korkmuş	2			7		3		58,33	12
Normal	1	1		1	7	4		50	14
Şaşkın	2			1	1	5		55,56	9
Üzgün	3	2	1	3	2		14	56	25
						Ortalama:		56,23	

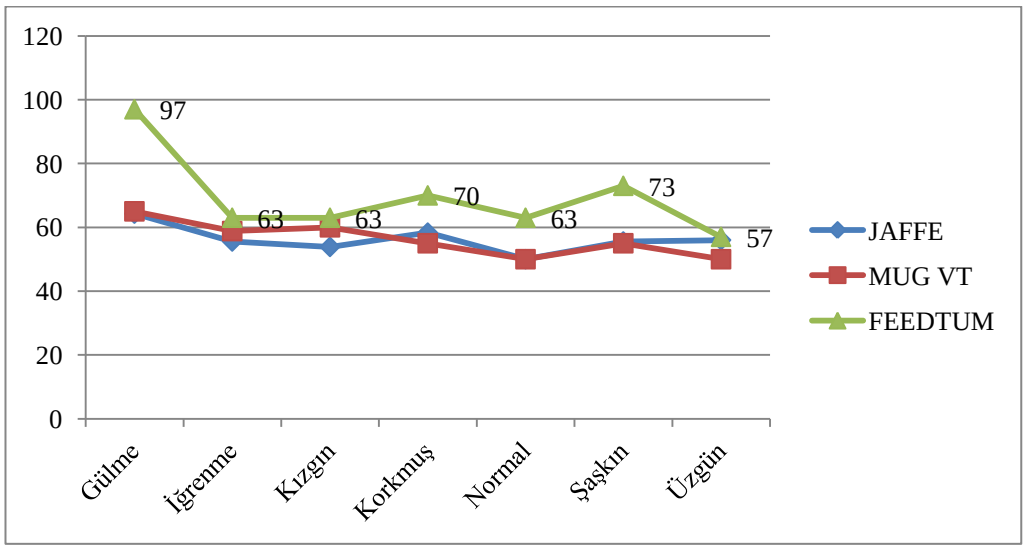
Test amacı ile toplam 119 resim rastgele seçilmiştir. Seçilen resimler yedi duygu için farklı sayıdadır. JAFFE veritabanındaki resimlerin sayısı az olduğundan çoğu resim eğitim amaçlı ve az sayıda resim test için kullanılmıştır. Test için gülme 28,iğrenme 18,kızgın 13, korkmuş 12, normal 14, şaşkın 9 ve üzgün 25 resimle değerlendirilmiştir. Kısıtlı veriden dolayı test sonuçları ortalama %56 civarlarında elde edilmiştir. En yüksek başarı %64 ile gülme yüz ifadesinde; en düşük bulma oranı ise normal duygusunda elde edilmiştir. Normal duygusunun düşük çıkmasının nedeni

gülme, şaşkınlık, iğrenme ve korkmuş duyguları ile karıştırılmasındandır. Duygu tanıma sonuç sayıları Şekil 27'de grafik olarak verilmektedir.



Şekil 27. JAFFE yüz ifadesi veritabanı grafiksel gösterimi

Geliştirilen uygulama JAFFE, FEEDUM ve MUG veritabanları kullanılarak test edilmiştir. JAFFE veritabanından elde edilen başarım sonuçları %57 ile %97 arasında, FEEDTUM veritabanından elde edilen sonuçlar %50 ile %64 arasında, MUG veritabanından elde edilen sonuçlar da %50 ile %65 arasında değişmektedir. JAFFE, MUG ve FEEDTUM yüz ifadesi veritabanlarındaki yüz ifadesi tanınması yüzdelik başarı oranlarının karşılaştırılması Şekil 28. 'de görülmektedir.



Şekil 28. JAFFE, MUG ve FEEDTUM veritabanlarında yüz ifadelerinin yüzdelik başarı oranları

8. BÖLÜM

SONUÇ VE TARTIŞMA

Yüz ifadeleri, kişinin iç duygusal durumlarını gösteren yüz değişikliklerinin yanı sıra insanlar arası etkileşimde sözel olmayan kanallardır.

Yüz ifadesi tanınması için öncelikle farklı nesneler içeren resimlerden yüzün elde edilmesi sağlanmaktadır. Daha sonra yüz üzerinden özellik çıkarımı yapılarak ağız ve gözlerin bulunması sağlanmaktadır. Uygulamamızda ağız ve gözler tespit edildikten sonra bezier eğrileri kullanarak ifadenin tanınması sağlanmaktadır.

İğrenme, kızgın, korkmuş duygu oranlarının düşük olması veri tabanı resimlerindeki ifadelerin birbirine yakın olmasındandır. Korkmuş duygusu iğrenme ile iğrenme duygusu ise gülme duygusu bazı resimlerde karıştırılmıştır. Üzgün ifadesinin en fazla normal ifade ile karıştırılmasının sebebi ise bu duyguyu ifade eden resimlerdeki kişilerin ağzının kapalı ve göz ifadelerinin çok değişmemesinden kaynaklanmaktadır.

Eğitim aşamasında FEEDTUM veritabanında bulunan resimlerden daha fazla seçildiği için FEEDTUM veritabanında daha iyi sonuç elde edilmiştir. JAFFE veritabanında resimlerin az olmasından dolayı düşük sonuçlar alınmıştır. MUG yüz ifadesi veritabanıyla çalışmalarımızda eğitim aşamasında yeterli sayıda resim kullanılmadığından sonuçlar düşük çıkmıştır. MUG ve JAFFE veritabanlarında eğitim aşamasında daha fazla resim kullanılarak daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Uygulama MMI, ve Cohn-Kanade veritabanları kullanılarak test edilip literatürde bu veritabanlarını kullanan çalışmalar ile karşılaştırma yapılabilir. Ayrıca yüzün altın oranlarının birden fazla parametresini birlikte kullanarak duygu ifadelerini daha iyi belirleyen özelliklerin eklenmesi ile duygu doğruluk oranının yükseltilmesi ileri çalışmalar olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Adaboost: http://www.cis.upenn.edu/~mkearns/teaching/COLT/adaboost.pdf (Erişim Tarihi:01.08.2012)
2. Arı İ. ve Akarun, L., Yüz Özniteliklerinin Takibi ve İşaret Dili için İfade Tanıma (Facial Feature Tracking and Expression Recognition for Sign Language), *IEEE 17th Signal Processing and Communications Applications Conference*, Antalya, 2009 (http://www.cmpe.boun.edu.tr/~ari/files/ari2008iscis.pdf (Erişim Tarihi: 29.05.2012)
3. Bartlett, M.S., Littlewort, G., Fasel, I., Movellan, J.R. (2003). Real time face detection and expression recognition: Development and application to human-computer interaction. CVPR Workshop on Computer Vision and Pattern Recognition for Human-Computer Interaction.
4. Chibelushi, C.,C., ve Bourel F., Facial Expression Recognition: A brief tutorial overview, 2002
5. Çakıl, İ., Yapay Sinir Ağları ile Yüz İfadesi Tanıma, Yüksek Lisans Tezi, DEÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010
6. Danışman, T., Video İçinde Çok Alanlı Duygu Tanıma, Doktora Tezi, DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006
7. Ener, E., 2006, Recognition of Human Face Expressions on videos and Images, ODTÜ
8. Eser, S., Yapay Sinir Ağları İle Yüz Sezimi Ve Takibi, Yüksek Lisans Tezi, YTU, 2006
9. Face Databases: http://web.mit.edu/emeyers/www/face_databases.html
10. Feedtum:http://cotesys.mmk.e-technik.tu-muenchen.de/isg/content/feed-database (Erişim Tarihi: 13.07.2012)
11. Feedtum:http://www.mmk.ei.tum.de/~waf/fgnet/feedtum.pdf (Erişim Tarihi: 13.07.2012)
12. Gökmen, M., Kurt, B.,Kahraman, F., Çapar, A., 2007, Çok Amaçlı Gürbüz Yüz Tanıma, İstanbul Teknik Üniversitesi, 104E121.

13. 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
14. İçacan, M.S, Maya'da İnsan Yüzünün Modellenmesi ve Animasyonu, Bitirme Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, s. 9-10,2008
15. JAFFE: http://www.kasrl.org/jaffe.html (Erişim Tarihi:27.07.2012)
16. Jones, M.J., Viola, P., "Fast multi-view face detection", Technical Report TR2003-96, Mitsubishi Electric Research Laboratories, 2003.
17. Karaboyacı, C., 2009, Geometrik Özellik Temelli Yüz İfadesi Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, 109s
18. Khan, M., İ., Bhuiyan A., Facial Features Approximation for Expression Detection in Human-Robot Interface, Sixth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, 2010
19. Khan, M., İ., Bhuiyan A.,,Facial Expression Recognition for Human-Robot Interface, IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security, VOL.9 No.4, April 2009
20. Kotropoulos, C. ve Pitas, I., (2004), "Rule-Based Face Detection in Frontal Views", IEEE ICASSP-04, Munich/Germany.
21. Kurt, B., Bilgisayar ile Psikolojik Durum Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi,KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı,2007
22. Kurt, Z., Uyar,, A., Türkmen, H.,İ., Türk İşaret Diline Yönelik Yüz İfadesi ve Kafa Hareketi Tanıma Sistemi, , SİU 2007, Eskişehir, Türkiye
23. Leung, T., Burl, M. ve Perona, P., (1995), "Finding Faces in Cluttered Scenes Using Labeled Random Graph Matching", International Conference Computer Vision, 637-644.
24. Mehrabian A., Communication without Words, PsychologyToday, vol. 2,no. 4, pp. 53-56, 1968.

25. P. Ekman and W. Friesen. Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement. Consulting Psychologists Press, Palo Alto, 1978
26. Sarode N. vd., Facial Expression Recognition ,(IJCSE) ,International Journal on Computer Science and Engineering Vol. 02, No. 05, 2010, 1552-1557
27. Shan C., Gong S, and McOwan, , P. W. "Facial Expression Recognition Based on Statistical Local Features", in J. Luo and X. Tang (Eds.), USTC 50th Golden Anniversary Book: Computer Vision, USTC Press, 2008
28. Sung, K. ve Poggio, T., (1998), "Example-based Learning for View-based Face Detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, (20):39-51.
29. Sütçüler, E., Gerçek Zamanlı Video Görüntülerinden Yüz Bulma ve Tanıma Sistemi, Yüksek Lisans Tezi,2006, İstanbul
30. Tetik, Y., E., Bolat, B., Gürültülü Ortamlarda Konuşma Tespiti İçin Yeni Bir Öznitelik Çıkarım Yöntemi,2011,Elazığ
31. Tian, Y.-L. ,vd., Facial expression analysis, Handbook of Face Recognition. New York: Springer, 2004.
32. Ulukaya, S.,. Erdem, C. E, A Comparison of Geometrical Facial Features for Affect Recognition, IEEE 19th Signal Processing and Applications Conference (SIU), Antalya, Turkey, April 2011.
33. Vaillant, R., Monrocq, C. ve LeCun, Y., (1994), "Original Approach for the Localization of Object in Images", IEEE Proc. on Vision, Image and Signal Processing, 245-250.
34. Viola, P., and Jones, M. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. In IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (Dec. 2001).
35. Yang, G.Z. ve Huang, T.S., (1994), "Human Face Detection in Complex Background", Pattern Recognition,27(1), 53-63.
36. Yow, K.C. ve Cipolla, R., (1996), "Feature-Based Human Face Detection", CEUD/FINFENG/TR 249.
37. Yükselen, M., M.A. A. , HM504 Uygulamalı Sayısal Yöntemler Ders Notları

38. http://cotesys.mmk.e-technik.tu-muenchen.de/isg/content/feed-database (Erişim Tarihi: 13.07.2012)
39. http://hakanmenguc.org/yuz-okuma-manipulatorden/ (Erişim Tarihi:30.08.2012)
40. http://mehmetsalihdeveci.net/2010/12/31/yuz-resimlerinde-ozellik-noktalarinin-bulunmasi/ (Erişim Tarihi: 14.07.2012)
41. http://web.itu.edu.tr/~bkurt/Research/eeeag104e121/eeeag.104e121.final.report.pdf
42. http://www.cognotics.com/opencv/servo_2007_series/part_2/sidebar.html#fig_1 (Erişim Tarihi: 13.07.2012)
43. http://www.face-rec.org/interesting-papers/General/Chapter_figure.pdf
44. http://www.mmk.ei.tum.de/~waf/fgnet/feedtum.pdf (Erişim Tarihi: 13.07.2012)
45. http://www.vanderberk.com/docs/siu2007.pdf

ÖZGEÇMİŞ

Gonca ÖZMEN

Doğum Yılı, Yeri: 1984, Kırklareli

2006 yılında Kocaeli Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliğini bitirdi. 2010 yılından itibaren Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği bölümünde yüksek lisans yapmaktadır. 2009 yılından itibaren Kırklareli Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu'nda öğretim görevlisi olarak çalışmaktadır