

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KISALTMALAR	iii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
1. GİRİŞ	1
2. İMGELERDE YÜZLERİN BULUNMASI	5
2.1. Yüz Bulma Yöntemleri	6
2.1.1. Bilgi Tabanlı Yüz Bulma	6
2.1.2. Şablon Eşleme ile Yüz Bulma	8
2.1.3. Öğrenme Tabanlı Yüz Bulma	9
2.1.4. Özellik Tabanlı Yüz Bulma	11
2.2. Haber Videoları İçin Yüz Bulma Yöntemleri	12
3. İMGELERDE YÜZ TANIMA	14
3.1. Yüz Tanıma Yöntemleri	14
3.1.1. k-En Yakın Komşuluk Yöntemi ile Şablon Eşleme	14
3.1.2. Geometrik Özellik Tabanlı Yüz Tanıma	15
3.1.3. Boyut Azaltarak Yüz Tanıma	15
3.1.4. Elastik Çizge Eşleme Yöntemi	17
3.1.5. Ayırık Kosinüs Dönüşümü	18
3.2. Haber Videoları için Yüz Tanıma Yöntemleri	18
4. HABER VİDEOLARI İÇİN YÜZ TANIMA VE DOĞRULAMA YÖNTEMLERİ İLE ARŞİVLEME SİSTEMİ	20
4.1. Veri Toplama	20
4.2. Eğitim Setinin Oluşturulması	21
4.3. Yüzlerin Bulunması	21
4.3.1. Toplam Görüntü	21
4.3.2. AdaBoost Yöntemi ile Yüzün Bulunması	24
4.3.3. Ten Bölgesi Çıkarımı	27
4.4. Yeniden Boyutlandırma	29
4.5. Yüz Özelliklerinin Çıkarılması	30
4.6. Yüz Tanıma ve Doğrulama	38
5. UYGULAMA VE SİSTEM BAŞARISININ DEĞERLENDİRİLMESİ	45
5.1. Yüz Bulma	45
5.2. Yüz Tanıma	49

5.3. Yüz Doğrulama	51
5.4. Arşivleme İşlemi	52
SONUÇ.....	54
KAYNAKLAR.....	57
EKLER	60
Ek1. Eğitim Seti Görüntüleri.....	61
Ek2. Başarılı ve Başarısız Yüz Bulma Örnekleri	65
Ek3. Başarılı ve Başarısız Tanıma Örnekleri	69
ÖZGEÇMİŞ.....	73

KISALTMALAR

AKD	Ayrık Kosinüs Dönüşümü
ÇAA	Çekirdek Ayrım Analizi
ÇTBA	Çekirdek Temel Bileşenler Analizi
DAA	Doğrusal Ayırtaç Analizi
DVM	Destek Vektör Makineleri
EÇE	Esnek Çizge Eşleme
TBA	Temel Bileşenler Analizi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Bilgi tabanlı yüz bulma yöntemi örnek görüntüsü	7
Şekil 2.2 Yüz şablonu örneği.....	9
Şekil 2.3 Pozitif ve negatif eğitim seti örnekleri	10
Şekil 2.4 Özellik tabanlı yüz bulma yöntemi özellik dikdörtgenleri.....	12
Şekil 2.5 Özellik dikdörtgenlerinin görüntü üzerinde uygulanması örneği.....	12
Şekil 4.1 Haber videoları için yüz tanıma sistemi blok diyagramı.....	20
Şekil 4.2 Yüz bulmada kullanılan dörtgen özellikler	22
Şekil 4.3 (a) Dik Toplam Alan (b) Döndürülmüş Toplam Alan (c) Dik dörtgen için alan hesaplama yöntemi (d) Döndürülmüş dörtgen için alan hesaplama yöntemi.....	23
Şekil 4.4 Dik ve 45° çevrilmiş dörtgen örneği.....	24
Şekil 4.5 N adımlı yüz bulma kaskad sınıflandırıcısı.....	26
Şekil 4.6 Yüz bulma işlemi sonucu oluşan görüntü örnekleri.....	27
Şekil 4.7 Yüz ile birlikte yüz içermeyen alanın bulunduğu görüntü	27
Şekil 4.8 Ten bölgesi sınıflandırması sonucu elde edilen görüntü	29
Şekil 4.9 (a) Bulunan yüz örneği (b)Yeniden boyutlandırılmış görüntü örneği.....	30
Şekil 4.10 TBA sınıflandırma doğrultusu	31
Şekil 4.11 Sınıflar arası dağılım tablosu.....	31
Şekil 4.12 NxN görüntü örneği ve dönüştürülmüş durumu	32
Şekil 4.13 Ortalama görüntünün hesaplanması	32
Şekil 4.14 Ortalama merkezli görüntüler matrisi	33
Şekil 4.15 Bilinmeyen yüz görüntüsü ve dönüştürülmüş vektör.....	34
Şekil 4.16 Bilinmeyen yüz görüntüsünden ortalama yüzün çıkarılması	34
Şekil 4.17 DAA için sınıfları ayıran yön.....	35
Şekil 4.18 NxN örnek sınıf görüntüleri	36
Şekil 4.19 Ortalama yüzün hesaplanması.....	36
Şekil 4.20 Her sınıfın ortalama yüzünün hesaplanması	36
Şekil 4.21 Bir sınıftaki eğitim yüzlerinden sınıf ortalama yüzünün çıkarılması	37
Şekil 4.22 DVM yöntemi ile lineer sınıflandırma	40
Şekil 4.23 DVM için bire karşı hepsi örneği.....	42
Şekil 4.24 DVM için bire karşı bir karşılaştırma yöntemine bir örnek	43
Şekil 4.25 DVM için YÇÇ ile sınıflandırmaya bir örnek.....	43

Şekil 4.26 Doğrusal ayrılamayan sınıfların çekirdek fonksiyonlar kullanılarak doğrusal olarak ayrılması	44
Şekil 5.1 Başarılı yüz bulma örneği	46
Şekil 5.2 Hem yüz hem de yüz alanı olmayan bölge bulunmuş örnek.....	46
Şekil 5.3 Yüz olarak hiçbir alanın tanımlanamadığı örnekler	47
Şekil 5.4 Yüz yerine başka alanların yüz olarak tanımlandığı örnek görüntü.....	47
Şekil 5.5 Ten bölgesi filtresi ile elenen yüz olmayan bölge ve yüz bölgesi örneği.....	48
Şekil 5.6 DVM veri giriş formatı	50
Şekil 5.7 Kullanıcı ara yüzü örnek görüntüsü	53

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1 Biyometrik teknolojilerin karşılaştırılması.....	2
Çizelge 5.1 Durağan görüntüler için yüz bulma başarı oranları.....	47
Çizelge 5.2 Haber videoları için yüz bulma başarı oranları	48
Çizelge 5.3 Durağan görüntüler için yüz tanıma başarı oranları	51
Çizelge 5.4 Haber videoları için yüz tanıma başarı oranları	51
Çizelge 5.5 Haber videoları için doğrulama sonuçları	52

ÖZET

Çoklu ortam uygulamalarının önem kazanması ile birlikte, poz ve aydınlatmanın çeşitlilik gösterdiği, çözünürlüğün düşük olduğu haber videolarında kişiler ile bilgileri arşivlemek ve gerektiği zaman sorgulamak için tanıma ve doğrulama işlemlerini görsel bilgileri kullanarak gerçekleştiren çalışmalar önem kazanmıştır.

Bu tez çalışmasında, haber videolarında istenilen kişilere ait bilgileri saklamak ve sorgulayabilmek için yüz tanıma ve doğrulamaya dayalı bir arşivleme sistemi geliştirilmiştir.

Haber videoları saniyede 25 görüntü alınarak değerlendirilmiştir. Yüz tanıma veya yüz doğrulama işleminin ilk adımı olan yüzün bulunması aşamasında, dik ve cepheden yüz görüntüleri için özellik tabanlı yüz bulma yöntemi kullanılmıştır. Özellik tabanlı yüz bulma işleminin sonuçları ten bölgesi filtresinden geçirilerek yanlış yüz bulma oranı azaltılmıştır. Bulunan yüz bölgeleri yüz veritabanındaki görüntülerin boyutlarına ölçeklenmiştir. Yüz özellikleri Temel Bileşenler Analizi (TBA) ve Doğrusal Ayırtaç Analizi (DAA) yöntemleri ile çıkarılarak her iki yöntemin tanıma ve doğrulama başarısına etkisi değerlendirilmiştir. Yüz tanıma ve doğrulama için Öklid Uzaklık Metriği ve Destek Vektör Makineleri (DVM) yöntemleri kullanılarak başarıları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre özellik çıkarımı için TBA, tanıma işlemi için DVM'nin birlikte kullanımının en başarılı sonucu verdiği gözlenmiştir. Tanıma veya doğrulama işleminin sonucunda sorgulanan kişilere ait görüntüler yeni bir video dosyasına kaydedilerek arşivleme işlemi tamamlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Haber videoları, yüz bulma, yüz tanıma, temel bileşenler analizi, doğrusal ayırtaç analizi, destek vektör makineleri

ABSTRACT

With multimedia applications becoming increasingly important, projects that carry out identification and verification operations on news videos where exposure and lightning conditions vary for archiving and querying purposes have also become important.

In this dissertation, an archiving system has been developed based on face recognition and verification for the purposes of storing and querying desired people in news videos.

News videos have been assessed by sampling 25 frames per second. At the face detection stage, the first stage in face recognition and face verification operation, feature based face detection method has been used for upright and frontal facial images. Results of feature based face detection operation have been subjected to skin filter and erroneous face detection rate has been reduced. Facial areas detected have been resized to facial images in the face database. Facial features have been contemplated using Principal Component Analysis (PCA) and Linear Discriminant Analysis (LDA), ensuring the contribution of both methods in success of the identification and verification. Euclidean Distance Metrics and Support Vector Machines methods have been used for face identification and verification and success of the each method have been compared. Based on the results attained, it has been observed that PCA gives the best results for feature extraction while SVM gives the best results for identification purposes. Further to identification and verification operations, images of the queried people have been recorded in a new video file and archiving operation is completed.

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte güvenilir kişisel tanımlama için gereksinim, biyometrik kimlik belirleme sistemlerine ilginin artmasına sebep olmuştur. Biyometrik kimlik belirleme, bireylerin fiziksel karakteristik veya kişisel özelliklerinin bilgisayar ortamında değerlendirilerek tanıma işleminin yapılmasıdır. Biyometrik kimlik belirleme sistemleri, kişiye ait karakteristik özellikleri değerlendirme ve tanıma işlemini kullanıcı müdahalesine ihtiyaç duymadan veya mümkün olduğunca az müdahale ile yapabilmelidir.

Güvenlik ve organizasyon, tanıma ve doğrulama metotlarının öneminin artması ile bugünkü koşullarda çeşitli alanlarda bir anahtar teknoloji geliştirilmektedir. Bu teknoloji, binalara giriş kontrolü, genel olarak bilgisayarlara giriş kontrolü veya otomatik veznedar makineleri (banka hesabından para çekmek, kriminal araştırmalarda) gibi önemli alanlarda kullanılmaktadır.

Biyometrik kimlik belirleme karakteristikleri ve özellikleri, davranışsal ve fiziksel olmak üzere iki kategoriye ayrılır. Davranışsal biyometrikler, imza ve yazı şekilleri gibi davranışları içermektedir. Fiziksel biyometrik kimlik belirleme sistemlerinde kullanılan biyometrik özellikler;

- Parmak izi
- El geometrisi
- İris
- Retina
- Ses
- Yüz

olarak sıralanabilir.

Biyometrik kimlik belirleme sistemleri, temelde, kişinin sadece kendisinin sahip olduğu, kimliğini kanıtlamaya yarayan, değiştiremediği ve diğerlerinden ayırıcı olan, fiziksel veya davranışsal bir özelliğinin tanınması prensipleri ile çalışırlar. Ancak bu sistemlerin güvenilir olmalarının yanı sıra pratik olmaları da gerektiğinden dolayı, kişilerin hangi yöntemler ile tanındıkları da önemli bir etkidir.

Çizelge 1.1' de belirtilen biyometrik teknolojilerin karşılaştırılmasına göre; hızlılığı, güvenilirliği ve doğruluğu açısından, yüz tanıma başarılı biyometri uygulamalarından biridir.

Çizelge 1.1 Biyometrik teknolojilerin karşılaştırılması

Biyometrik Teknoloji	Doğruluk	Güvenilirlik	Sosyal Kabul Edilirlik
Yüz	Yüksek	Yüksek	Çok Yüksek
Parma İzi Eşleştirme	Çok Yüksek	Yüksek	Az
El Geometrisi	Yüksek	Az	Az
Retina Tarama	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Çok Az
Ses Tanıma	Az	Az	Çok Yüksek
İmza Karşılaştırma	Az	Az	Yüksek
İris Tanıma	Çok Yüksek	Çok Yüksek	Çok Az

İngiltere Pasaport Servisi tarafından yürütülen ve Nisan 2004-Aralık 2004 dönemleri arasında yapılan ve 10.000 kişiyi kapsayan Biyometrik Kayıt Deneyi sonuçlarına göre, iris tanıma ve parmak izi tanıma %95'in üzerinde başarı oranı sağlarken, yüz tanıma %70 civarında başarı oranı sağlamıştır¹.

Yüz tanımanın başarı oranı, diğer yöntemlere göre düşük kalsa da, kullanım açısından diğer biyometrik yöntemlere göre avantajlı olduğu noktalar da bulunmaktadır. Örneğin, yüz tanıma için kişiden örnek almak diğerlerine göre çok daha kolaydır. İris veya retina taraması yapmak için; kişinin göz tarayıcısına bakması veya parmak izi tanımda kişinin parmağını gerekli cihazın üzerinde tutması gibi zorunluluklar vardır. Oysa yüz tanınması için uygun açı ve mesafeden bir resim almak yeterlidir. Böylece kişiler rahatsız olmadan örnek biyometri imgesi toplanabilmektedir. Ayrıca yüz tanımda kullanılan veri, daha okunabilir ve anlaşılabilir. Uygulamada yüz tanıma ile gerçekleştirilen güvenlik sistemlerinde, yanlış tanımların görevliler tarafından göz ile de kontrol edilmesi mümkündür. Diğer yöntemler için bu kontrol işlemi yüz tanımaya göre oldukça zordur.

Kişi yüzlerinin tanınmasında, her bir kişiye ait daha önceden kaydedilen imgelerden faydalanılır. Veriler kontrol edilmiş şartlarda elde edilen imgelerden (pasaport, kredi kartı, kimlik, v.b. üzerindeki imgeler) gelebileceği gibi, gerçek zamanda kaydedilen video görüntülerinden de gelebilir.

¹ UK Passport Service, Biometrics Enrollment Trial, (May 2005), 12-2005

Yüz tanıma konusu, üzerinde uzun yıllardır çalışılan bir alan olmasına rağmen henüz istenilen başarı düzeyine erişilememiştir. Elde edilen başarılı tanıma oranları kontrollü ortamlarda çekilmiş resimler içeren veri tabanlarıyla sınırlı kalmaktadır. Üç boyut poz farklılıkları, değişik yüz ifadeleri, aydınlatma farklılıkları, makyaj, saç stili, arka plan farklılıkları, gürültü ve ölçek farklılıkları gibi dış faktörler yüz tanıma işleminin başarısını oldukça düşürmektedir. Özellikle video gibi poz ve aydınlatmanın çeşitlilik gösterdiği ve resim çözünürlüğünün düşük olduğu veri arşivlerinde yüz tanımak çok daha zor bir problem haline gelmektedir. Gerçek zamanlı ortamları daha iyi yansıtan resim, video, ses, müzik gibi farklı verileri bir arada içeren ortamlarda yüz tanıma problemini incelemek, kontrollü ortamlarda elde edilmiş resimleri incelemekten çok daha farklı ve geniş kullanım alanlarına sahiptir. Bu ortamlarda etkin bir erişim ve değerlendirme yapabilmenin ana koşulu, anlamsal bilgilerin çıkarılması ve ulaşılabilir hale getirilmesidir.

Bu tez çalışmasında haber videolarında kişi sorgulama işlemlerinin arşivlenmesini sağlayacak etkin bir yüz tanıma ve doğrulama sistemi tasarlanmıştır.

Haberler, sosyal ve kültürel birikimin ortaya çıkarılması, tarihsel sürecin daha iyi anlaşılabilmesi için oldukça büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle haber videolarından oluşan bir arşive, hızlı ve doğru bir şekilde erişim gerekmektedir.

Haber videolarında en çok rastlanan sorgular, kişiler ile ilgili olanlarıdır. Yapılan çalışmalar göstermiştir ki, sorgu sadece ses tanımaya dayalı olarak dinlenen metin üzerinde yapıp görsel bilgi kullanılmadığı zaman, yanlış sonuçlarla karşılaşabilmektedir. Örneğin, bir kişi ile ilgili bir haber, spiker tarafından sunulurken kişinin ismi geçmekte, oysa kişinin görüntüsü ilerleyen dakikalarda, belki o kişi konuşurken verildiğinden, kişi ve isim arasındaki ilişki kaybedilmektedir. Bu nedenle çoğu zaman ses tanıma yöntemlerinin ürettiği metinler üzerinde yapılan sorgular hatalı sonuç üretmekte, istenilen kişinin görüntüsü yerine spikerin görüntüsü kullanıcıya sunulmaktadır. Sorgulanan kişi ile ilgili doğru haber görüntülerinin bulunabilmesi için görsel verilerin kullanılması ve otomatik olarak yüzlerin tanınması daha başarılı sonuçlar vermektedir.

Yüz tanıma ve doğrulama işlemleri, imgelerdeki yüzlerin sezilmesini, sınırlarının belirlenmesini, özelliklerinin çıkarılmasını ve bu özellikler kullanılarak yüzlerin tanınmasını içermektedir. Yüz tanıma işlemi bilinmeyen yüz görüntüsünün veritabanındaki yüz

görüntüleri ile karşılaştırılıp en çok benzediği kişinin bulunması işlemidir. Yüz doğrulama işlemi ise kontrol edilen imgede araştırılan kişinin olup olmadığının değerlendirilmesidir.

Yüz tanıma ve doğrulama sistemlerinin en önemli aşaması, görüntüde yer alan yüzlerin bulunmasıdır. Bulunan yüzlerin sayı ve kalitesi, yüz tanımanın başarısını doğrudan etkilemektedir. Literatürde yüz bulma amaçlı birçok yöntem yer almakta, ancak çoğu sistem video arşivinin gürültülü yapısı ve düşük çözünürlüğü nedeniyle yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmada, haber videolarındaki yüzlerin doğru olarak bulunabilmesi, tanıma veya doğrulama işlemlerine göre arşivlenmesi hedeflenmiştir. Bu çalışmada, yüz bulma yöntemi olarak, daha önceden haber videolarında denenmemiş ve Rainer Lienhart (2002) tarafından geliştirilen özellik tabanlı yüz bulma yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem sonucu elde edilen görüntüler daha sonra Anil K. Jain, Rein-Lien Hsu (2002) tarafından geliştirilen ten bölgesi filtresi ile desteklenerek yüz bulma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Yüz tanıma işleminde ise, hareketli görüntülerde çalışılacağından, hesaplama kolaylıkları ve yüksek başarı oranları göz önüne alınarak, Temel Bileşenler Analizi(TBA) ve Doğrusal Ayırtaç Analizi(DAA) yöntemleri özellik çıkarımı için ve Öklid Uzaklık Metriği ile Destek Vektör Makineleri(DVM) tanıma ve doğrulama için kullanılmış ve başarıları karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın 2'nci ve 3'üncü bölümlerinde, yüz bulma ve yüz tanıma ile ilgili geliştirilmiş mevcut yöntemler detaylı olarak incelenecektir. 4'üncü bölümde, geliştirilen sistemin detaylarından bahsedilecektir. 5'inci bölümde uygulama sonuçlarına yer verilecektir. Son bölümde ise sistemin değerlendirmesinin yapıldığı sonuçlar yer almaktadır.

2. İMGELERDE YÜZLERİN BULUNMASI

Yüz tanıma problemindeki aşamaların en önemlisi resimlerdeki yüzün yerinin doğru olarak çıkarılmasıdır. Bunun için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Ancak bu yöntemlerin çoğu, sadece kontrollü ortamlarda elde edilmiş, çözünürlüğün oldukça iyi olduğu küçük boyutlu veri arşivleri üzerinde test edilmiş ve başarıları bu şartlar altında değerlendirilmiştir.

İçinde insanların olduğu bir fotoğrafa baktığımızda, resimde kaç kişi olduğunu ve eğer tanıdığımız insanlar varsa kimler olduğunu söyleyebiliriz. Geliştirilen yüz tanıma sistemlerinin de amacı aynı başarıyı sağlamaktır. Bir yüz tanıma sisteminin en önemli adımı, yüz bölgelerini doğru olarak belirlenmesini gerektiren, yüz bulma işlemidir. Yüz bulmanın amacı, verilen bir resimde herhangi bir yüz olup olmadığını belirlemek, eğer varsa her bir yüzün konumunu ve boyutlarını elde etmektir. Sayısal resimlerde yüz bulmayı zorlaştıran pek çok faktör bulunmaktadır:

- Poz: Bir görüntünün alınma açısına bağlı olarak, cepheden alındığında yüzün açısı 180 dereceye kadar farklılık gösterebilir. Bu da yüzle ilgili niteliklerin belirlenmesini güçleştirir.
- Yüz bileşenlerinin varlığı veya yokluğu: Sakal, bıyık ve gözlük gibi yüzü kısmen kapatan niteliklerin bulunması yüz belirlenme başarısını etkileyecektir.
- Yüz ifadesi: Gülme, kızgınlık gibi değişik yüz ifadeleri yüzün şeklini değiştireceği için yüz bulma başarısı etkilenecektir.
- Çakışma: Başka yüzler veya resim içinde yer alan başka nesneler yüzleri kapatabilir.
- Resim yönü: Alınan görüntünün döndürülmesi yüzlerin olası konumlarını da etkileyecektir.
- Ortam şartları: Görüntü alındığı zaman ışık ve kamera özellikleri resmin daha sonraki işlemler için kalitesini belirleyecektir.

Yakın tarihli bir çalışmada, gerçek hayattaki fotoğrafları daha iyi yansıtması amacıyla, Yahoo haber kanalı üzerinden toplanan fotoğraflara uygulanan bilinen yüz tanıma algoritmalarının başarısız olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada verilen yüz tanıma oranları %10-17 aralığındadır (Berg vd., 2004). Bu sonuçlardan da anlaşılacağı üzere, gerçek veri arşivlerinde yüz tanıma çok daha zor bir problemdir.

Videodaki yüz örneklerinde poz ve ifadeler çokça değişiklik göstermektedir. Yüzler çok küçük olabilmekte, önden veya yandan değişik açılarda çekilebilmekte; sakal, bıyık, gözlük, şapka veya eşarpla bir kısmı kapatılabilmekte, ırksal ten rengi farklılıkları gösterebilmekte, veya ışığın farklı açılardan vurması nedeniyle gölgelenebilmektedir. Bütün bu etmenler, görüntülerde yer alan yüzlerin bulunmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle video arşivleri, yüz bulma ve tanıma algoritmaları için, çok zor bir uygulama ortamı oluşturmaktadır.

2.1. Yüz Bulma Yöntemleri

Yüz tanıma, özellikleri çıkarılmış bir yüz üzerine yapılan sınıflandırma işlemidir. Bu özelliklerin çıkarılması; öncelik bilgilerine dayanan kurallar geliştirmekten, değişmeyen yüz niteliklerin bulunmasını sağlayan metotlara kadar bir çok ortak yöntemle sağlanabilir. Yüz özelliklerinin çıkarılabilmesi için öncelikle yüzün yerinin doğru bulunması gerekmektedir. Yüz bulma probleminin çözümünde temel olarak dört farklı yaklaşım belirlenmiştir (Ahuja vd., 2002):

- Bilgi tabanlı yöntemler: Bu yöntemler yüze ait özellikler arasındaki ilişkilere dayalı kurallar tanımlanır.
- Şablon eşleme yöntemleri: Yüzün tamamına veya belirgin yüz özelliklerine ait şablonlar yüz bulma için kullanılır. Bu şablonlar ile, verilen görüntü arasındaki ilişki çıkarım yapmak için kullanılır.
- Öğrenme tabanlı yöntemler: Yüz modelleri, yüz özellikleri ile yapılan eğitimlerle elde edilir. Burada amaç, eğitim verileri içinde yüksek değişikliklerle daha fazla başarı elde etmektir.
- Özellik tabanlı yöntemler: Poz, örtme, ifade, görüntü şartları ve dönme problemlerine karşı; yüzün yapısal özelliklerinin bulunmasını amaçlayan yöntemlerdir.

2.1.1. Bilgi Tabanlı Yüz Bulma

Bilgi tabanlı yüz bulma sistemlerinde, önceden tanımlanmış kurallar belirlenir ve bu kurallar çerçevesinde yüz bulma işlemi gerçekleştirilir. Böyle sistemler için kurallar hem katı hem de gevşektir. Kurallar o kadar katıdır ki, nispeten düşük belirleme oranı gözlenir. Kurallar verinin tanımlanması ve yüksek yanlış belirleme oranları için çok gevşektir.

Bu tip sistemlere iyi bir örnek olarak Rein-Lien Hsu, Anil K. Jain (2002) tarafından geliştirilen yüz bulma sistemi gösterilebilir. Geliştirilen bu sistem, yüz adaylarının

belirlenmesi ve bu adaylardan yüz özelliklerini sağlayanların yüz olarak belirlenmesi modüllerinden oluşmaktadır. Yüz adaylarının belirlenmesi işlemi, ten bölgelerinin belirlenmesi esasına dayanmaktadır. Ten bölgeleri belirlenmeden önce, ışık şartları histogram eşleme ve ışık tanzimi yöntemleri uygulanarak düzenlenir. Daha sonra düzeltilmiş renk değerleri, YCbCr renk uzayında belirlenmiş olan eliptik ten modeline göre sınıflanır. Böylelikle ten bölgeleri belirlenir ve bağlı bileşenlerin etiketlenmesi ile yüz adayları belirlenir. Bu aşamadan sonra yüz özelliklerinin çıkarılması işlemine geçilir. Yüz özelliklerinin çıkarılmasında, gözlerin ve ağız yerinin belirlenmesi en etkili yöntemdir. Gözlerin yerinin belirlenmesi için, kroma bileşenlerinden ve parlaklık bileşeninden elde edilen iki adet göz haritası belirlenir. Daha sonra bu iki harita tek bir harita oluşturmak için birleştirilir. Göz haritası elde edildikten sonra yine kroma bileşenleri kullanılarak ağız haritası çıkarılır. Göz ve ağız haritaları belirlendikten sonra gözler ve ağız üçgeni oluşturulur. Bu üçgeni içermeyen yüz adayları elenir. Uygun koşulları sağlayan alanlar içerisinde, bu üçgeni merkez alan eliptik model oturtulur ve yüz belirleme işlemi tamamlanmış olur. Bu yöntemin işleyişini gösteren örnek görüntü Şekil 2.1' de olduğu gibidir.



Şekil 2.1 Bilgi tabanlı yüz bulma yöntemi örnek görüntüsü

Bu yöntemeye dayalı bir çok yüz belirleme sistemi geliştirilmiştir. Tang, Kawato, Ohya ve Nkatsu (2000), Jay Kapur (1997), Peer ve Solina (1999) tarafından geliştirilen yöntemler buna örnek gösterilebilir.

Bilgi tabanlı yüz bulma yöntemleri karmaşık olmayan arka planlarda iyi çalışan bir yöntem olmasına karşın kısıtlamaları ve renk değerlerine göre belirlenmesi nedeniyle çok fazla tercih edilen bir yöntem değildir. Ayrıca insan bilgisini kurallarla tam olarak ifade etmek zordur. Detaylı kurallar yüz bulmayı zorlaştırırken, yüzeysel kurallar bir çok yanlış alanı yüz olarak bulabilir. Tüm olası durumları söylemek güç olduğu için farklı pozlarda bu metodu genişletmek zordur.

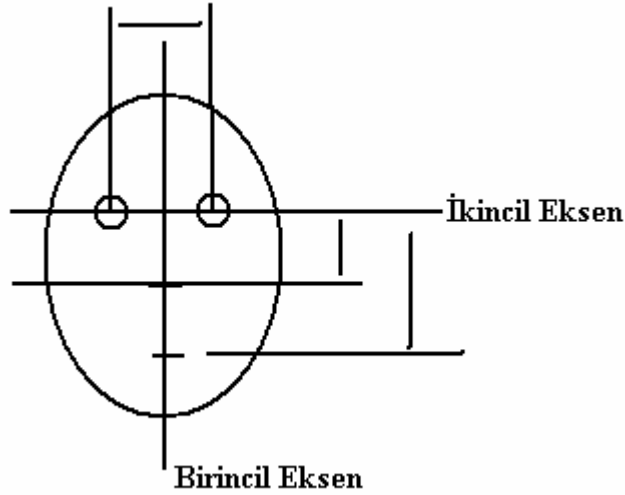
2.1.2. Şablon Eşleme ile Yüz Bulma

İnsan yüzü renk olarak değişkenlik gösterebilir fakat şekil değiştirmesi mümkün olmadığından dolayı; insan yüzü özelliğinden bir şablon oluşturup, bu şablonu yüz belirleme için kullanmak, farklı ölçülerdeki yüzler için değerlendirmeyi hızlandıracaktır.

Bir şablonun uygulanması bilgi tabanlı yöntemlerle benzerlik gösterir. İnsan yüzü özelliklerinin, öğrenilip dinamik bir şablon oluşturulabilmesi ve önceden tanımlanabilmesi mümkündür. Şablon eşleme tek başına zayıf bir yöntem olmakla beraber diğer tekniklerle güçlendirilerek daha yüksek başarı oranları sağlanabilir. Bu yöntem kullanılarak yapılan çalışmalara örnek olarak; Saber, Tekalp (1998) ile Kim, Kang, Shin, Park (2000) tarafından geliştirilen uygulamalar gösterilebilir. Saber ve Tekalp (1998), örnek set üzerinde bir çıkarım yapmak için şekil sınıflandırma modülü ve simetri tabanlı bir fonksiyon kullanmıştır. Ten bölgesi sınıflandırma işleminin ardından, bir eliptik model ve yüz özellikleri bulma algoritmasıyla bir arada çalışacak, tanımlanan veya oluşturulan şablondan sonuç almaya yönelik bir yöntem geliştirmişlerdir. Ten bölgeleri çıkarıldıktan sonra, bulunan alanların yüz özellikleri içerip içermediği kontrol edilir. Bu işlem şekil sınıflandırma modeli kullanılarak yapılır. Model, insan yüzünün eliptik şeklini temel alan bir yüz şablonudur. Bu elipsin merkezi ten bölgeleri için öz vektörlerin hesaplanması ile belirlenir. Şablon elips olarak sunulur ve gözler, burun ve ağız bölgeleri için simetri tabanlı fonksiyon kullanılır. Bu yöntem aşağıdaki varsayımları temel alır:

1. Gözler, en küçük öz değere karşılık gelen öz vektörün yönü ile ifade edilen ikincil eksene paralel bir çizgi üzerinde yer almaktadır,
2. Gözler, en büyük öz değerle ilişkisi olan öz vektörlerin yönü ile gösterilen birincil eksene göre simetriktr,
3. Gözler, en küçük değerle ilişkisi olan öz vektörün yönü ile gösterilen ikincil eksen den eşit uzaklıktadır,
4. Gözler, genellikle deri bölgelerindeki birbirine en yakın iki boşluktur,
5. Gözlerin üzerinde olduğu çizgi ikincil eksenin üst tarafındadır.

Bu yöntemde kullanılan yüz şablonu örneği Şekil 2.2' de olduğu gibidir.



Şekil 2.2 Yüz şablonu örneği

Simetri tabanlı fonksiyonun kullanılması, etkili bir çözüm sağlamaktadır. Fakat renk ayrıştırma sistemin en önemli adımıdır. Bu işlem gerçekleştirilmeden, yüzün eliptik modeli oluşturulamaz ve yüz bileşenleri bulunamaz. Bundan dolayı şablon sistemlerini kullanmak için, şablonun yerleştirileceği alanların belirlenmesi gerekmektedir.

2.1.3. Öğrenme Tabanlı Yüz Bulma

Belirlenecek objenin yapısı hakkında gelişmiş varsayımlar üzerine kurulu şablonlar kullanmak yerine, eğitim setinden oluşturulan verimli şablonlar veya modellerin kullanıldığı makine öğrenmesi yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin en belirgin kısıtı, kullanılan öğrenme tekniğine ve sağlanan örnek kümelerine dayanmasıdır.

Rowley, Kanade ve Balaujua (1998) tarafından geliştirilen sistem, sinir ağları üzerine kurulu bilgisayar öğrenmesi yaklaşımı olarak sonuç sağlamada başarılı bir araçtır. Bu yöntem, dik ve cepheden görüntülenen yüzlerin tanınması için kullanılmıştır. Öncelikle alınan renkli görüntü renk farklılıklarını gidermek için gri seviye görüntüye dönüştürülür. Daha sonra gri seviye değerleri normalize edilir ve histogram eşleme yöntemi uygulanarak gri seviye dağılımı genişletilir. Tanımayı gerçekleştirmek için 16.000 adet 20x20 yüz ve yüz olmayan görüntü sinir ağı sınıflayıcısı üzerinde eğitilir. Sinir ağı 20x20 lik giriş görüntüsünün yüz olup olmadığını değerlendirmek için ağırlıklı olarak gözler, sonra burun ve son olarak ağız alanı üzerinde yoğunlaşır. Yoğunluk değerleri, potansiyel arka plan noktalarını eleyen ve eğitilen pencerenin köşe değerlerini maskeleyen basit bir eliptik modeli de dikkate alan fonksiyon ile normalize edilir. Bu sinir ağında 3 gizli katmanda 4 adet 10x10, 16 adet 5x5 ve 6 adet 20x5

boyutlarında sinir kullanılmıştır. Bu gizli katmanlar, insan yüzünün lokal özelliklerini belirler. Pencere daha sonradan ölçeklenir ve yapay sinir ağı pencerenin yüz içerip içermediğine karar verir (Rowley ve Kanade, 1998). Yöntemin önemli faydalarından biri de, farklı şekilde eğitilmiş çoklu ağlarla karar vermede ve yüzlerin bulunmasında başarılı sonuçlar vermesidir.

Bu yöntem için kullanılan pozitif ve negatif görüntü örnekleri, yüz görüntülerinin bulunduğu örnekler pozitif, bulunmadığı örnekler negatif olacak şekilde Şekil 2.3’ de gösterilmektedir (Yang, 2004).



Şekil 2.3 Pozitif ve negatif eğitim seti örnekleri

Schneiderman ve Kanade (2002) ise yöntemlerinde, bir nesnenin üç boyutlu geometrisini ifade etmek için iki boyutlu görünümünü kullanmışlardır. İki boyutlu görünüme, nesnenin - kamera görünümü ve uyumuna göre- görüntüde olup olmadığını belirleyecek bir takım kurallar uygulanır. Dalga dönüşümünün uygulanması ile veri istatistiksel olarak değerlendirilir ve değişim modellerini ifade eden histogramlar üretilir. Bu sistem, çoklu sınıflandırıcıları bir arada kullanır. Bu sınıflandırıcıların her biri farklı bir yönelim alanını, sabit pencere aralıkları kullanarak tarar. Her bir sınıflandırıcı, bölgesel parçaların istatistiksel bilgilerini kullanır. Bölgesel parçalar, dalgacık katsayılarının bir sabit sayı alt kümesine dönüşümleri ile hesaplanır. Sınıflandırıcıları oluşturmak için, yüz olan ve olmayan resim alanlarından örnekler kullanılarak olasılık dağılımları belirlenir ve daha sonra hata oranlarının düşürülmesi amacıyla, sınıflandırıcılar Adaboost kullanılarak eğitilir.

Öğrenme tabanlı yüz bulma metotları güçlü makine öğrenmesi algoritmaları kullanarak farklı pozlarda ve yönelimlerde, hızlı, sağlam ve başarılı sonuçlar sağlamaktadır. Fakat çok fazla sayıda pozitif ve negatif örnek kullanılması gerekmektedir.

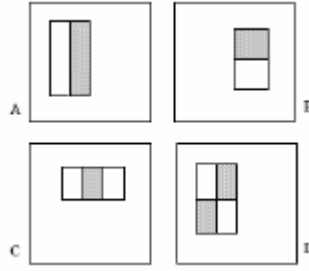
2.1.4. Özellik Tabanlı Yüz Bulma

Görüntüde faydalı sınıflandırma özelliklerini konumlandırmak, karmaşık bir iştir. Kullanılan özelliğin tipine bağlı olarak gerçekten geniş örnek uzayları ortaya çıkabilir. Özellik tabanlı metotlar, belirleme için sadece kritik özelliklerin kullanılmasını sağlamaktadır. Bu işlem destekleme ve toplama algoritmaları ile ayrıntılı özellik değerlendirme çalışmaları şeklinde yapılır. Kullanılan öğrenme fonksiyonunun tipine bağlı olarak yerel yüz özelliklerini değerlendiren sistemler nokta tabanlı rakiplerine karşı, daha hızlı ve başarılıdır.

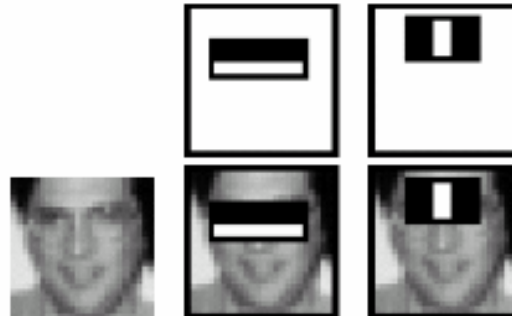
Viola ve Jones (2001) tarafından geliştirilen teknik, bir takım anahtar özelliklerin kullanımı ile hızlı ve sağlıklı yüz belirleme uygulamaları sağlamaktadır. Bu teknik, hızlıca değerlendirilen basit Haar-benzeri özelliklerin kullanılmasına dayanmaktadır. Toplam görüntü anlayışına dayanan teknikte, özelliklerin geniş bir kümesi oluşturulur, kümeyi küçültmek için eğitim algoritması AdaBoost kullanılır ve desteklenen sınıflandırıcıların karar ağacı sağlıklı ve hızlı sonuçlar sağlar.

Bu yöntemde toplam görüntü hızlı özellik değerlendirme için kullanılır. Basit Haar-benzeri dikdörtgen özellikler pozitif veya negatif örneklerden toplam görüntünün çıkarılması için kullanılır. Kullanılan dikdörtgen özellikler Şekil 2.4' de gösterilmiştir (Yang, 2004). Her bir özellik zayıf sınıflayıcı olarak kullanılır ve dört dikdörtgen sırasıyla pozitif ve negatif örneklerde uygulanır. Bu özelliklerin örnekler üzerinde uygulanmaları ise Şekil 2.5' deki gibidir (Yang, 2004). Bütün zayıf sınıflayıcılar birleştiren ve yüz içermeyen alanları kolaylıkla ayıklayan kademeli dizi sınıflayıcıları kullanılır. Dikdörtgen özelliklerden elde edilen özellikler kümesi Adaboost kullanılarak eğitilir. Adaboost kullanılarak önemli özellikler kümesi oluşturulur. Bu önemli özellikler önem sırasına göre sıralanır. Eğer bir görüntü yüz ise en önemli ve en basit özelliği, özellik 1 olarak adlandıracak olursak en büyük ölçüde özellik 1' i içermektedir. Daha basit bir özellik olan özellik 2' yi de büyük ölçüde içerecektir. Belirlenen tüm özellikler için bu işlemler geçerlidir. En son olarak da en karmaşık ve en önemsiz özellik olan eğitim setindeki tüm yüzlerde olmayan özellik N' yi de içerebilir. Girilen bir görüntünün yüz olup olmadığını belirlemek için ise öncelikle özellik 1' i içerip içermediği yine aynı dikdörtgen özellikler kullanılarak kontrol edilir. Eğer özellik 1 varsa

özellik 2 kontrol edilir ve bu işlem özellik N de sağlayıncaya kadar devam edilir. Eğer tüm özellikler bulunursa girilen görüntü yüz olarak tanımlanır.



Şekil 2.4 Özellik tabanlı yüz bulma yöntemi özellik dikdörtgenleri



Şekil 2.5 Özellik dikdörtgenlerinin görüntü üzerinde uygulanması örneği

Bu yöntem hızlı ve güvenilir yüz bulma sonuçları sağlamakla beraber eğitim aşaması çok zaman alan bir işlemdir.

2.2. Haber Videoları İçin Yüz Bulma Yöntemleri

Yüz bulma ve tanıma yöntemleri, haber videoları için denenmiş ve başarıları ölçülmüştür. Bu çalışmaların çoğunluğu sadece yüzlerin bulunması ile sınırlı kalmıştır.

Modesto Castrillon Santana (2003), çalışmasında ten rengi bilgisini ve gözlerin yerini kullanan bilgi tabanlı belirleyiciler ile özellik tabanlı yüz belirleme yöntemlerinden biri olan Viola-Jones yöntemini bir arada kullanarak yüz bulma işlemini video görüntülerinde denemiştir. Viola-Jones yöntemi tek başına uygulandığında başarı oranı %97.7, yanlış bulma oranı ise %8.2 olarak gözlemlenmiştir. Bu iki yöntemi bir arada kullanılarak doğru belirleme oranı %99.9 yanlış belirleme oranı ise %8 hesaplanarak sistem başarısı yükseltilmiştir.

Bir diğer haber videoları yüz bulma uygulamasında ise Schneiderman-Kanade yüz bulma yöntemi, HSV renk düzleminde Gauss olasılık dağılımları kullanılarak ten bölgesi bulunması

ile desteklenmiş ve bu sayede yanlış kabullerin büyük ölçüde engellendiği gözlemlenmiştir (İkizler ve Duygulu, 2005).

Demir Gökalp ve Selim Aksoy (2005) haber videoları için yüz bulma işlemini gerçekleştirirken öncelikle Gauss dağılımına göre ten bölgelerini belirlemişlerdir. Gürültüleri temizleme amacıyla 5x5 yapılandırma elemanı ile açma ve kapama morfolojik işlemleri sırasıyla gerçekleştirilmiştir. Daha sonra bağlı bileşenler analizi ile yüz adaylarını belirlemişlerdir. Yüzün şeklinin eliptik olduğunu farz ederek bu yüz adaylarını içeren elipsler tespit edilmiştir. Bu elipslere şablon eşleme yöntemi uygulanarak yüz belirleme işlemi tamamlanmıştır. Bu sistemin yüz bulma oranı %23,19 olarak ölçülse de, hatalı yüz bulma oranı %5.07 olarak bulunmuştur. Yani yüz olarak belirlenen bir alan büyük ihtimalle yüzdür.

Rowley, Kanade ve Balaujua tarafından geliştirilen yüz bulma yöntemi de diğer yöntemler gibi haber videoları için uygulanmıştır (Eickeler vd., 2001). Kullanılan sistemin yüz bulma başarı oranı %89.2 olurken yanlış bulma oranı ise %2.2 olarak tespit edilmiştir. Bu uygulama daha sonra yüz tanıma yöntemleriyle desteklenmiştir ve oldukça başarılı yüz bulma oranı sağlamıştır.

Bu çalışmanın yüz bulma aşamasında Viola ve Jones(2001) tarafından geliştirilen tekniği temel alan ve Rainer Lienhart (2002) tarafından geliştirilen teknik daha fazla anahtar özellik kullanarak daha yüksek başarı oranı sağlamasından dolayı kullanılmıştır. Ayrıca Anil K. Jain, Rein-Lien Hsu (2002) tarafından geliştirilen ten bölgesi filtresi sistem yüz bulma başarısını arttırmak ve yanlış yüz bulma oranını azaltmak amacıyla kullanılmıştır.

3. İMGELERDE YÜZ TANIMA

Yüz tanıma, aranılan yüzün, mevcut yüz veritabanında kayıtlı bilgilere göre, karşılaştırma yapıldıktan sonra bilinen veya bilinmeyen olarak tanımlandığı bir örüntü tanıma işlemidir. Bir çok yüz tanıma sistemi oluşturulmuş veri tabanları için oldukça başarılı sonuçlar vermektedir. Yüz tanıma için kullanılan yöntemlerin başlıcaları; Temel Bileşenler Analizi (TBA) ile çıkarılan öz yüzler, Doğrusal Ayırtaç Analizi (DAA) ile üretilen fisher yüzler, Destek Vektör Makineleri, Çekirdek Temel Bileşenler Analizi (ÇTBA), Çekirdek Ayırtaç Analizi (ÇAA), Ayırık Kosinüs Dönüşümü (AKD), Esnek Çizge Eşleme (EÇE) olarak gösterilebilir.

3.1. Yüz Tanıma Yöntemleri

İlk resmi yüz sınıflama metodu 1888 yılında Sir Francis Galton tarafından gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma işlemini yaparken insan yüzü farklılıklarını gösteren istatistiksel modelleri kullanmıştır. Daha sonra 1960-70'lerde Bledsoe (1964), Kelly (1970) ve Kanade (1977) bilgisayar ortamında ilk yüz tanıma çalışmalarını yapmışlardır. 1990'dan sonra bazı sebeplerden ve gereksinimlerden dolayı yüz tanımaya ilgi artmıştır.

İnsanlar sınırlı bilgi ile bile kişileri tanıyabilirler. Bu noktadan hareketle başlatılan insan görsel sistemi ile yarışabilecek bilgisayar tabanlı yüz tanıma çalışmaları ise değerlendirilmesi gereken sistemin karmaşıklığı nedeniyle henüz çok başarılı sonuçlar vermemektedir. Bu alanda geliştirilen yöntemlerin başlıcaları bu bölümde incelenmiştir.

3.1.1. k-En Yakın Komşuluk Yöntemi ile Şablon Eşleme

k-En yakın komşuluk yöntemi ile şablon eşleme, yüz tanıma için düşünülmesi en basit yöntemlerden biridir. Kişiler, yüzlerini içeren görüntüler kümesiyle temsil edilir. Girilen bir görüntü, veritabanındaki her bir görüntü ile şablon eşleme yöntemiyle karşılaştırılır. Kişi tanıma işlemi, şablon eşleme yöntemine verilen en yüksek k adet yakınlık sonucuna göre belirlenir (Grudin, 2000). Bu k adet sonuç içerisinde en çok hangi sınıfa ait görüntü varsa girilen görüntü o sınıfa benzerlik gösterir denebilir. Bu yöntemin kullanımıyla birlikte bir çok problem ortaya çıkmıştır (Brunelli ve Poggio, 1997):

1. Şablon eşleme, poz ve ifade gibi iç ve ortam şartları gibi dış faktörlerdeki değişikliklerin üstesinden gelebilme konusunda yeterli değildir. Tüm olası faktörlerin

görüntüleri, veri tabanında yer almalıdır. Veritabanını oluşturmanın zaman almasının yanısıra, bu geniş araştırma alanında hesaplama yapmak da oldukça zaman alacaktır.

2. Bu yöntemi kullanırken, tüm görüntülerdeki her noktaya bakmak gerekecektir. Yüze ait 120x120 boyutlarındaki bir görüntüde 14,400 nokta bulunmaktadır. Özellikle geniş veritabanlarında hesaplama hızı oldukça düşük olacaktır.

3.1.2. Geometrik Özellik Tabanlı Yüz Tanıma

Geometrik özellik tabanlı yüz tanıma sistemleri, kaş kalınlığı ve bunların dikey konumu veya burun pozisyonu ve kalınlığı gibi önceden tanımlanmış yüzün ayırtedici özelliklerini kullanır. Karşılık gelen değerler, özellik vektörü olarak saklanır. Tanınması istenen kişiye ait özellik vektörü, veritabanında bulunanlarla en yakın eşleşmeyi bulacak şekilde karşılaştırılır. k-En yakın komşuluk şablon eşleme yönteminde olduğu gibi, bu yöntem de bazı sınırlamalara sahiptir. En önemli sınırlama ise, özellik belirleyicilerin yüzün kısmen kapalı olduğu durumların üstesinden gelmekte yeterli olmamasıdır. Standart geometrik özellik tabanlı metotlar, şablon eşleme metodu ile karşılaştırıldığında, daha az hafızaya ihtiyaç duyar ve tanıma işlemi daha hızlı olarak gerçekleştirilir.

3.1.3. Boyut Azaltarak Yüz Tanıma

Yüz tanıma işleminde, belirlenen yüz alanının tamamındaki nokta değerlerini kullanmak yerine görüntüler arasındaki temel farklılıkları ya da benzerlikleri belirlenerek boyut azaltma işlemi gerçekleştirilir. Böylelikle görüntülerin temel özellikleri saklanarak anlamlı veri daha düşük boyutlarla ifade edilebilmektedir. Bu tip yöntemler sonucu elde edilmiş özellikler kümesi, uzaklık metrikleri, Destek Vektör Makineleri veya yapay sinir ağları gibi sınıflandırıcılar için giriş bilgisi olarak kullanılarak tanıma işlemi gerçekleştirilir. Boyut azaltma yöntemlerinin en önemlileri Temel Bileşenler Analizi(TBA), Doğrusal Ayırtaç Analizi(DAA), Çekirdek Temel Bileşenler Analizi(ÇTBA), Çekirdek Ayırım Analizi(ÇAA) gösterilebilir.

Temel Bileşenler Analizi

Temel Bileşenler Analizi(TBA) boyut azaltmak için kullanılan bir yöntemdir. Yüksek boyutlu verinin, daha düşük boyutlu alt uzaylarda ifade edilmesini sağlar. TBA karşılıklı ilişkisi olan verinin, N-boyutlu uzay yerine daha düşük boyutlu uzayda belirgin bilgi kaybı

olmadan, boyut azaltmanın en uygun yoludur. Azaltılmış alt uzayı kullanarak, yüz veritabanları üzerindeki hesaplamalar daha verimli hale gelir (Turk ve Pentland, 1991). Yüz tanıma çalışmalarında, yüz veritabanındaki görüntüler arasındaki ayırt edici özellikler yüze ait azaltılmış alt uzayı oluşturur. Yüz tanımda TBA işlemi aşağıdaki şekilde gerçekleştirilir.

TBA Algoritması:

1. Eğitim görüntüleri sırayla okunarak her $N \times N$ eğitim görüntüsü $N^2 \times 1$ boyutlarına getirilir. M örnek sayısı ise $N^2 \times M$ boyutlarında eğitim seti oluşturulur,
2. Ortalama yüz bulunur ve ortalama yüz eğitim setindeki yüzlerden çıkarılır,
3. Çıkarma işleminden elde edilen matris transpozesi ile çarpılır ve kovaryans matrisi elde edilir,
4. Kovaryans matrisi için öz vektörler hesaplanır,
5. Öz vektörlerin, *eğitim görüntü sayısı – sınıf sayısı* kadarı öz yüzlerinin oluşturulmasında kullanılır,
6. Seçilen öz vektörler, çıkarma işleminden elde edilen matris ile çarpılarak azaltılmış öz yüz uzayı elde edilir.
7. Tanıma aşamasında, alınan örnek görüntü için öz yüz oluşturulur ve her bir öz yüz ile arasındaki Öklit uzaklığı hesaplanır. Uzaklığın en küçük olduğu değer örnek verinin en çok benzediği kişidir.

Doğrusal Ayırtaç Analizi

Doğrusal Ayırtaç Analizi (DAA), TBA ile benzerlik göstermektedir. Her ikisi de doğrusal dönüşümlerdir. Bununla birlikte DAA, sadece boyut azaltmaya çalışmayıp, kişiye ait farklı görüntülerden oluşan sınıf içindeki uzaklığı azaltan ve sınıflar arasındaki uzaklığı arttıran bir yöntemdir (Belhumeur vd., 1997). TBA yöntemini yüz tanımda kullanırken, boyut indirgeme sırasında kişinin yüzünde bazı değişiklikler kaybolabilir. DAA yönteminde ise sınıfların benzerlikleri ve farklılıkları üzerinde çalışıldığından bu kaybolmalar engellenebilir. DAA yönteminin yüz tanımda uygulanması şu şekildedir:

DAA Algoritması:

1. Eğitim veritabanında her kişiye ait M farklı görüntü bir sınıfı temsil eder.
2. Veritabanındaki eğitim görüntülerine TBA uygulanarak boyut indirgenmesi sağlanır.
3. Bir kişiye ait görüntülerin oluşturduğu sınıfların, sınıf içi dağılım matrisi ve sınıflar arası dağılım matrisi oluşturulur,

4. Bu iki dağılım matrisi ve öz vektörler kullanılarak, sınıf içi değişimi en küçük ve sınıflar arası değişimi en büyük yapacak öz vektörler ve öz değerler hesaplanır.
5. Öz vektörler ve öz değerler kullanılarak, öz vektörlerin “sınıf sayısı-1” adedi yüz uzayının oluşturulmasında kullanılır,
6. Tanıma işlemi için ise alınan örnek görüntü için yüz uzayı oluşturulur ve her eğitim sınıfı ile arasındaki Öklid uzaklığı hesaplanır. Uzaklığın en küçük olduğu değer örnek verinin en çok benzediği sınıftır.

Çekirdek Temel Bileşenler Analizi

Çekirdek Temel Bileşenler Analizi, TBA ‘nın genel halidir. TBA eğitim setinin kovaryans matrisi gibi ikinci sıra korelasyon modellerini temel alırken Çekirdek TBA üç veya daha fazla nokta arasındaki bağılıklar gibi daha yüksek sıra korelasyonları kullanır (Yang vd., 2000). Çekirdek TBA doğrusal olmayan özellik ayırmada, doğrusal olmayan optimizasyon gerektirmemesinden dolayı efektif bir yöntemdir. Yapılan çalışmalarda %94 başarı oranı ve %2 hatalı tanıma oranları elde edilmiştir (Hiremath ve Prabhakar, 2005).

Çekirdek Ayırtaç Analizi

Çekirdek Ayırtaç Analizi, DAA’nın bir uzantısıdır. DAA doğrusal bir yöntemdir ve bazı durumlarda yüz sınıflandırmasını belirleyen özellikler çıkartılamaz. Çekirdek Ayırtaç Analizi doğrusal olmayan ayırık özelliklerin tespit edilmesini sağlar. Yüksek boyutlu hesaplamalar, DAA’da problem olabilir. Doğrusal olmayan işaretlemeye karşılık gelen çekirdek fonksiyonu tanımlanarak, bütün hesaplamalar kolaylıkla yapılabilir hale getirilir (Lu vd., 2003).

3.1.4. Elastik Çizge Eşleme Yöntemi

Bu teknik Gabor dalga transformu üzerine kurulmuş bir tekniktir. Yüzlerin görüntü çizgeleri esnek çizge eşleme işlemiyle ayırt edilir. Kişilerin yüzleri kare bir çizge ile ifade edilir. Her bir düğüm, jet adı verilen karmaşık Gabor dalga katsayıları ile ifade edilir. Katsayıların sadece büyüklükleri eşleme ve tanıma işlemleri için kullanılır. Bir jet, dalga dönüşümüne bağlıdır ve görüntünün belli Gabor çekirdekleri ile konvolüsyonu olarak tanımlanır (Wiskott vd., 1997).

Elde edilen sistemle ilgili problem çok genel olmasıdır. Yüz tanıma için uygulanmasında elde edilen başarı oranı %30 seviyelerinde kalmıştır.

3.1.5. Ayırık Kosinüs Dönüşümü

Yüz tanıma için bir diğer alternatif yöntem de Ayırık Kosinüs Dönüşümüdür(AKD). Teoride TBA ile benzerlik göstermektedir fakat büyük bir farkla, TBA veriye bağımlıdır ve azımsanmayacak hesaplama işlemi gerektirir, bununla birlikte 2D ayırık kosinüs dönüşümü daha hızlı hesaplanır.

Kosinüs değişimi Fourier dönüşümüne benzer. Her ikisi de sinusoidal fonksiyonlar kullanırlar, fakat kosinüs dönüşümü temel fonksiyonları sadece kosinüs fonksiyonlarını kullanırlar. Ayırık kosinüs dönüşümünün tanımı şu şekildedir (Hafed ve Levine, 2001):

$$C(u, v) = \frac{2}{\sqrt{MN}} \alpha(u) \alpha(v) \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2M}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right] \quad (3.3)$$

Ters dönüşüm ise

$$f(x, y) = \frac{2}{\sqrt{MN}} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} \alpha(u) \alpha(v) C(u, v) \cos\left[\frac{(2x+1)u\pi}{2M}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)v\pi}{2N}\right] \quad (3.4)$$

$$\alpha(w) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & , eger \ w = 0 \\ 1 & , diger \end{cases} \quad (3.5)$$

Görüntü uzayına bağlı olarak en fazla bilgilendiren katsayılar kullanılır. Yapılan çalışmalarda 20 katsayının kullanılması durumunda %73.36 başarı elde edilirken, 49 katsayının kullanıldığı durumlarda başarı oranı %84.58 olmuştur (Hafed ve Levine, 2001). Elde edilen katsayılar daha sonra yapay sinir ağlarına giriş bilgisi olarak gönderilir ve tanıma işlemi gerçekleştirilmiş olur.

3.2. Haber Videoları için Yüz Tanıma Yöntemleri

Haber videoları üzerinde başarılı yüz bulma ve buna bağlı olarak yüz tanıma yöntemlerinin uygulamasıyla kişilerin sorgulanması veya kişilerle ilgili haber videolarının indekslenmesi mümkün olmaktadır.

Senior (1999) tarafından geliştirilen haber videoları için yüz tanıma sisteminde, kaşların başlangıç ve bitiş noktaları, gözlerin koordinatları, ağzın koordinatları gibi yüz özelliklerinin daha önceden belirlendiği Gabor jetleri kullanılmıştır. Işık, ifade, sakal, bıyık, gözlük gibi değişebilecek yüz görünümünden etkilenmediği için bu jetler kullanılmıştır. Elastik çizge eşleme yöntemindekine benzer bir uzaklık metriği kullanılarak tanıma işlemi gerçekleştirilmiştir.

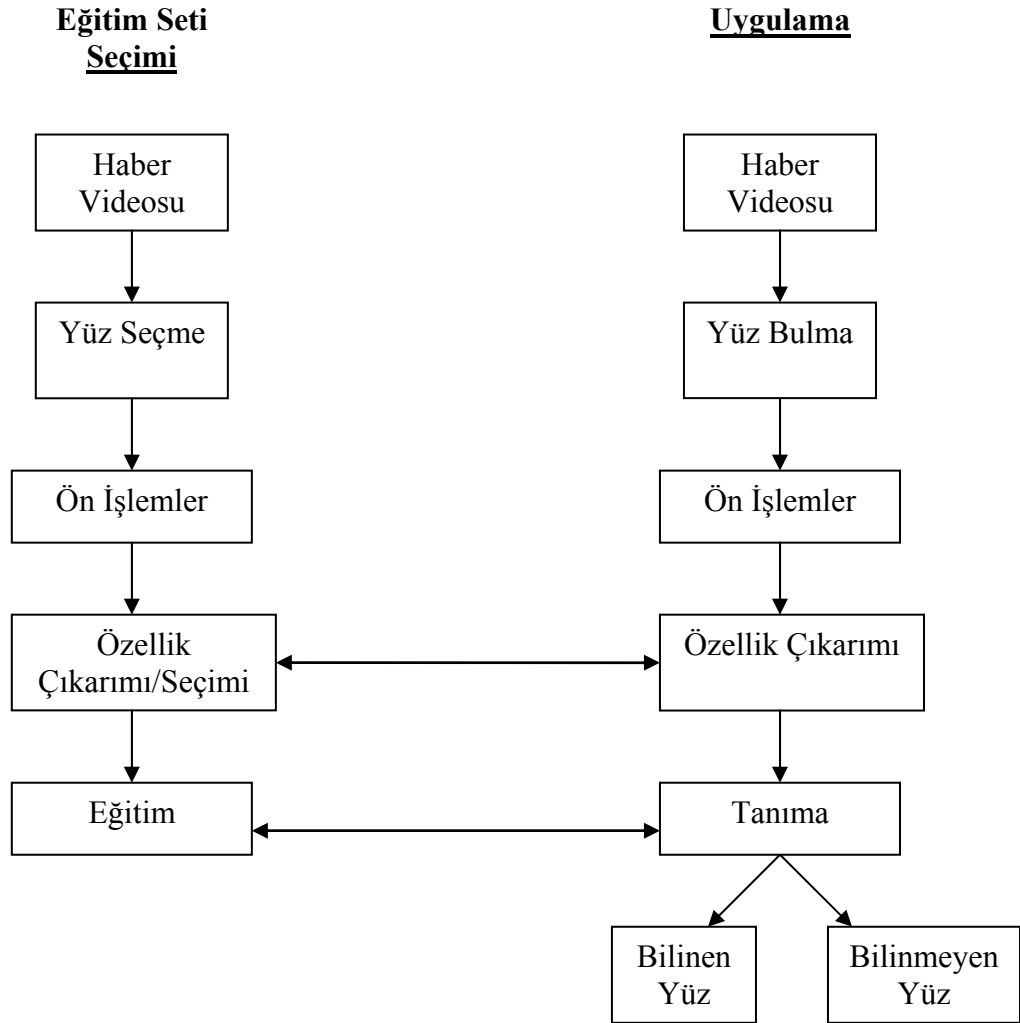
Eiceler vd. (2001) tarafından geliştirilen sistemde ise iki boyutlu Gizli Markov Modelleri ve Ayrık Kosinüs Dönüşümü katsayıları yüz tanıma işlemi için kullanılmıştır.

Çekirdek Temel Bileşenler Analizi boyut indirgemek için ve Doğrusal Ayırtaç Analizi de indirgenmiş verinin yeni bir uzaya yansıtılması için Berg vd. (2004) tarafından kullanılmıştır. Bu özellik çıkarımı ve tanıma yöntemi haber videolarına başarıyla uygulanmıştır.

Bu tez çalışmasının yüz tanıma ve doğrulama aşamasında TBA ve DAA kullanılarak özellik çıkarımı yapılmıştır. Öklit Uzaklık Metriği ve DVM yöntemleri tanıma ve doğrulamayı gerçekleştirmek için kullanılmıştır. Uygulama bölümünde kullanılan yöntemlerin başarısı değerlendirilmiştir.

4. HABER VİDEOLARI İÇİN YÜZ TANIMA VE DOĞRULAMA YÖNTEMLERİ İLE ARŞİVLEME SİSTEMİ

Bu çalışmada, haber videolarındaki yüzlerin doğru olarak bulunabilmesi ve kişilerin başarıyla sorgulanabilmesi için başarılı bir tanıma ve doğrulama çalışması gerçekleştirilmiştir. Sistemin blok diyagramı Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 Haber videoları için yüz tanıma sistemi blok diyagramı

4.1. Veri Toplama

Sistemin çalışması sırasında kullanılacak eğitim ve test verileri, ulusal yayın kanallarından televizyon kartı yardımıyla kaydedilmiştir. Alınan haber videosu görüntüleri okuma işlemindeki kolaylığı nedeniyle AVI formatındadır. 320x240 boyutlarındaki renkli görüntüler üzerinde çalışılmıştır ve saniyede 25 görüntü alınmıştır.

4.2. Eğitim Setinin Oluşturulması

Tanınması istenen kişiler için daha önceden kaydedilmiş görüntülere sistemin yüz bulma aşaması uygulanmıştır. Bulunan yüzler içinden niteliklerine ve değişik pozlara göre veritabanındaki her kişi için 10 adet örnek görüntü seçilerek eğitim seti oluşturulmuştur. Her görüntüde bulunan yüzlerin büyüklüğü farklı olabileceğinden eğitim setindeki görüntüler 60x60 boyutlarına ölçeklenmiştir.

4.3. Yüzlerin Bulunması

Yüz bulma işlemine başlamadan önce renkli giriş görüntüsü gri seviyesine dönüştürülür. Renkli görüntünün her bir $I[i,j]$ nokta değeri için K kırmızı renk bileşeni, Y yeşil renk bileşeni ve M mavi renk bileşeni olmak üzere, Eşitlik (4.1) kullanılarak renkli resim gri seviye resim haline dönüştürülür.

$$G(i,j) = 0.299 * I[i,j].K + 0.587 * I[i,j].Y + 0.114 * I[i,j].M \quad (4.1)$$

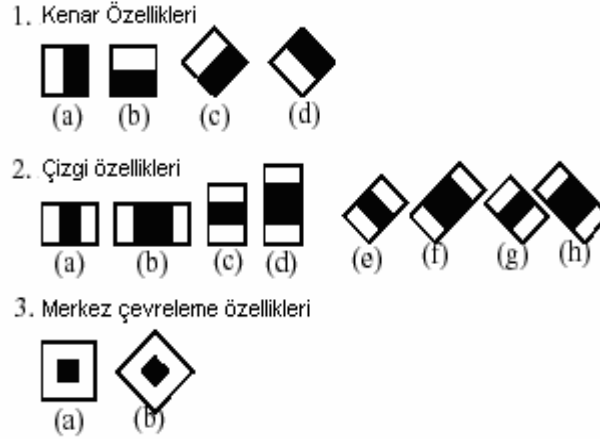
Bu çalışmada hareketli görüntülerde yüz bulma için, Paul Viola (2001) tarafından geliştirilen ve Rainer Lienhart (2002) tarafından analiz edilen ve başarı oranı arttırılan yöntem kullanılmıştır. Bu yöntem, Haar dalga dönüşümü katsayısı gibi hesaplanan basit Haar benzeri özellikleri kullanır. İstatistiksel model olarak ise desteklenen ağaç sınıflandırıcılarını kullanır. Bu işlem ile bulunan yüzler daha sonra Anil K. Jain, Rein-Lien Hsu (2002) tarafından geliştirilen ten filtresi kullanılarak test edilmiştir. Eğer bulunan alan %50 oranında ten bölgesi içeriyorsa yüz olarak işaretlenmiş, içermiyorsa reddedilmiştir.

4.3.1. Toplam Görüntü

Toplam görüntü işleminde, Haar benzeri dalgacık fonksiyonları kullanılmaktadır. Her özellik, siyah ve beyaz, iki veya üç dikdörtgenin bir araya gelmesinden oluşmuştur. Bu dörtgenler, hem dik hem de 45 derece döndürülmüş olabilir. Haar özelliğinin değeri iki bileşenin ağırlıklı toplamıyla oluşur: Siyah dörtgendeki noktaların toplamı ve tüm özellik alanının toplamı (tüm siyah ve beyaz noktaların toplamı). Bu iki bileşenin ağırlıkları zıt işaretlidir.

Bu dikdörtgen özellikler hesaplaması kolay ve gri seviye değişimlerinin anlaşılması için uygundur. Paul Viola tarafından geliştirilen sistem dört dörtgen kullanırken Rainer Lienhart tarafından geliştirilen yöntem, on dört adet dörtgen kullanmaktadır (Lienhart ve Maydt,

2002). Şekil 4.2’de, kullanılan dörtgenler gösterilmektedir. Resmin noktaları yerine dörtgenler kullanmak alan bilgisi sağlayarak nokta tabanlı yöntemlere göre işlem hızını artırır. Özelliklerin hesaplanması toplam görüntünün kullanılmasıyla kolaylaşmıştır.



Şekil 4.2 Yüz bulmada kullanılan dörtgen özellikler

Her dörtgen özellikten elde edilen özellik sayısı çok fazladır ve özellikten özelliğe değişmektedir. Eğer W pencere genişliği, w özellik genişliği, H pencere yüksekliği, h özellik yüksekliği olursa $X = \lfloor W/w \rfloor$ ve $Y = \lfloor H/h \rfloor$ x,y yönündeki en büyük ölçeklendirme faktörleri olur ve buradan da özellik sayısı Eşitlik (4.2) kullanılarak çıkarılır.

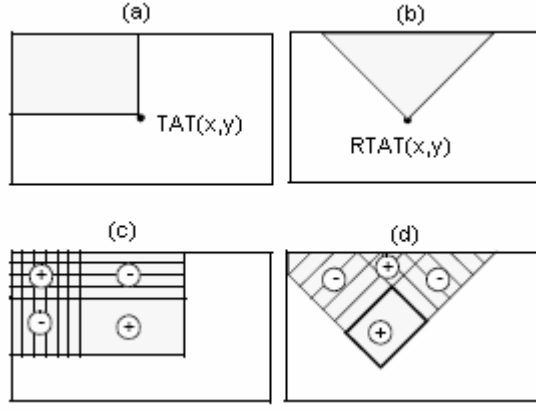
$$\text{Özellik Sayısı} = XY \left(W + 1 - w \frac{X+1}{2} \right) \left(H + 1 - h \frac{Y+1}{2} \right) \quad (4.2)$$

45° Çevrilmiş özellikler için Eşitlik (4.3) kullanılarak özellik sayısı çıkarılır.

$$\text{Özellik Sayısı} = XY \left(W + 1 - z \frac{X+1}{2} \right) \left(H + 1 - z \frac{Y+1}{2} \right), \quad z = w + h \quad (4.3)$$

Yüz bulma algoritmalarının başarılı sayılabilmeleri için, iki özelliği sağlamaları gerekmektedir, hız ve doğruluk. Genellikle ikisi arasından bir seçim yapılır. Toplam görüntü yönteminin kullanılmasıyla yüz özelliklerinin değerlendirilmesi hızlı bir şekilde yapılır.

Toplam görüntü, anlaşılması kolay bir yöntemdir. Görüntünün gri seviye değerlerinin toplanmasıyla oluşturulur. Bir (x,y) noktasının toplam görüntüsü, sol üst $(0,0)$ noktasından sağ alt (x,y) noktasına kadar olan noktaların toplamı olarak gösterilir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 (a) Dik Toplam Alan (b) Döndürülmüş Toplam Alan (c) Dik dörtgen için alan hesaplama yöntemi (d) Döndürülmüş dörtgen için alan hesaplama yöntemi

I görüntüsü için Eşitlik (4.4) kullanılarak toplam görüntü hesaplanır.

$$TAT(x, y) = \sum_{x' < x, y' < y} I(x', y') \quad (4.4)$$

$TAT(x, y)$ dik dörtgen özelliğın sol üst noktasından sağ alt noktasına kadar olan noktaların toplamını ifade etmektedir. Bu değeri daha sonra soldan sağa ve yukarıdan aşağıya birbirlerine aktarılacak şekilde Eşitlik (4.5) deki gibi hesaplanır.

$$TAT(x, y) = TAT(x, y - 1) + TAT(x - 1, y) + I(x, y) - TAT(x - 1, y - 1) \quad (4.5)$$

Uç noktalar için alan değeri Eşitlik (4.6) daki gibidir.

$$TAT(-1, y) = TAT(x, -1) = 0 \quad (4.6)$$

Buradan yola çıkarak herhangi bir dik dörtgende, w dik dörtgenin genişliği, h dik dörtgenin yüksekliği ve 0 ise dikliğinin belirtisi olacak olursa, $r = (x, y, w, h, 0)$ için, $RecSum(r)$ toplam alan bilgisi Eşitlik (4.7) deki gibi hesaplanır.

$$\begin{aligned} RecSum(r) &= TAT(x - 1, y - 1) + TAT(x + w - 1, y + h - 1) \\ RecSum(r) &= RecSum(r) - TAT(x - 1, y + h - 1) - TAT(x + w - 1, y - 1) \end{aligned} \quad (4.7)$$

45° döndürülmüş dikdörtgenler için toplam görüntü $RTAT(x, y)$ ile ifade edilecek olursa Eşitlik (4.8) deki gibi hesaplanacaktır.

$$RTAT(x, y) = \sum_{x' \leq x, x' \leq x - |y - y'|} I(x', y') \quad (4.8)$$

Herhangi bir nokta için toplam görüntü Eşitlik (4.9) ve Eşitlik (4.10) deki gibi iki geçişli eşitlik şeklinde olacaktır.

$$RTAT(x, y) = RTAT(x-1, y-1) + RTAT(x-1, y) + I(x, y) - RTAT(x-2, y-1) \quad (4.9)$$

$$RTAT(x, y) = RTAT(x, y) + RTAT(x-1, y+1) - RTAT(x-2, y) \quad (4.10)$$

Uç noktalar için ise toplam görüntü Eşitlik (4.11) de olduğu gibidir.

$$RTAT(-1, y) = RTAT(-2, y) = RTAT(x, -1) = 0 \quad (4.11)$$

Bu eşitlikler kullanılarak herhangi bir döndürülmüş dörtgen için dört değere bakılarak alan öğrenilebilir. Eğer $r = (x, y, w, h, 45)$ ise Eşitlik (4.12) kullanılarak toplam görüntü hesaplanabilir.

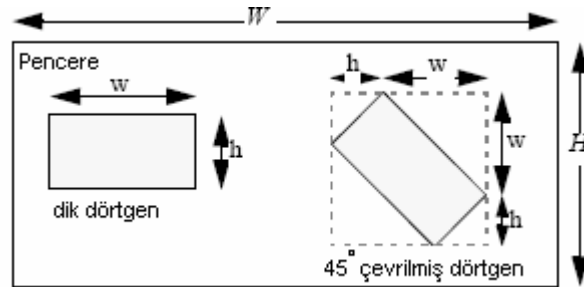
$$Re\ cSum(r) = RTAT(x+w, y+h) + RTAT(x-h, y+h)$$

$$Re\ cSum(r) = Re\ cSum(r) - RTAT(x, y) - RTAT(x+w-h, y+w+h) \quad (4.12)$$

Toplam görüntü işlemi tamamlandıktan sonra bu alan bilgileri ile birlikte yüz ile ilgili özellikler kullanılarak yüz bulunur.

4.3.2. AdaBoost Yöntemi ile Yüzün Bulunması

WxH boyutlarındaki bir pencerede nesnenin varlığı, w dörtgenin genişliği, h dörtgenin yüksekliği olmak üzere Şekil 4.4'deki gibi hesaplanabilir.



Şekil 4.4 Dik ve 45° çevrilmiş dörtgen örneği

Toplam görüntü hesaplandıktan sonra özellik değeri, w ağırlık değeri, RecSum toplam alan değeri olmak üzere, Eşitlik (4.13) kullanılarak hesaplanır.

$$x_i = \sum_{i \in I = \{1..N\}} w_i \text{RecSum}(r_i) \quad (4.13)$$

Bu özellik değeri için çıkış değeri t_i eşik seviyesini göstermek üzere Eşitlik(4.14) veya Eşitlik(4.15) deki gibi hesaplanır.

$$f_i = \begin{cases} +1, & x_i \geq t_i \\ -1 & x_i < t_i \end{cases} \quad (4.14)$$

$$f_i = \begin{cases} +1, & t_{i,0} \leq x_i < t_{i,1} \\ -1 & \text{else} \end{cases} \quad (4.15)$$

Eğer çıkış değeri +1 ise bölge bir yüzü temsil etmektedir, eğer -1 ise yüz olmayan bir alan belirlenmiştir. Her bir sınıflayıcı zayıf sınıflayıcı olarak adlandırılır ve tam olarak yüzü bulmaya yeterli değildir, sadece yüze ait olabilecek özellikleri içerdiğini belirleyebilir. Örneğin bir çok yüz görüntüsünde gözler, çevreleyen alanlarına göre daha koyudur. Şekil 4.2(3a) gözlerden birinin ortasına yerleştirildiğinde ve uygun ölçümlendirildiğinde sistem pozitif cevap verecektir.

AdaBoost yöntemi bir çok zayıf sınıflayıcı üzerine kurulu güçlü bir sınıflayıcıdır. Bu sınıflayıcının yapısı aşağıdaki gibidir.

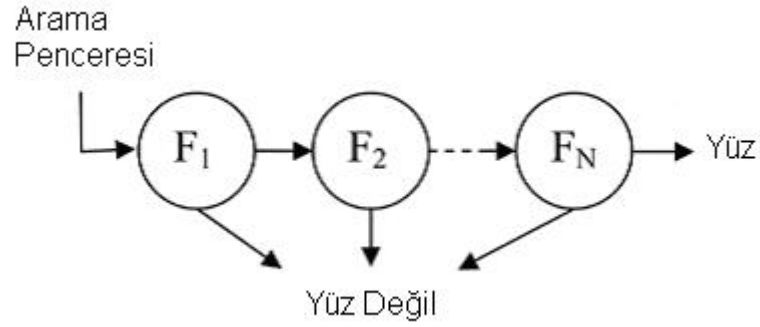
AdaBoost Algoritması:

1. $(x_1, y_1), \dots, (x_N, y_N)$ x'ler özellikleri, y'ler çıkış değerlerini göstermek üzere N adet eğitim örneği olsun,
2. Ağırlıkların ilk değeri $w_i = 1/N$, $i=1..N$ olarak belirlenir,
3. $m=1..M$ için tekrar et
 - (a) Eğitim seti ve w_i ağırlık değerleri kullanılarak, f_m sınıflayıcısının cevabı $\{-1, +1\}$ olarak hesaplanır.
 - (b) Hata hesabı $err_m = E_w [1_{(y \neq f_m(x))}]$, $c_m = \log((1 - err_m) / err_m)$

(c) $i=1..N$ olacak şekilde ağırlık değeri $w_i \leftarrow w_i * \exp(c_m * 1_{y_i \neq f_m(x)})$ şeklinde normalize edilir

4. Sınıflayıcı çıkışı $F = \text{sign} \left[\sum_{m=1}^M c_m * f_m(x) \right]$ şeklindedir.

Her iterasyonda yeni bir zayıf sınıflayıcı f_i eğitilir ve toplama eklenir. Eğitim setinde en küçük hatayı veren f_i değerine en büyük c_i katsayısı atanır. Daha sonra tüm eğitim örneklerinin ağırlığı güncellenir. Böylelikle sonraki adımda, henüz oluşturulan F tarafından sınıflandırılmayan o örnekler vurgulanacaktır. Eğer f_i sadece rasgele tahmin yerine seçici olursa, eğer zayıf sınıflandırıcıların sayısı yeterince fazla olursa F daha yüksek başarı oranı ve daha küçük yanlış alarm oranı elde edebilir. Yüz bulma işlemi sırasında, araştırılan pencere her bir F_k sınıflayıcısı tarafından kabul edilecek veya ret edilecek şekilde analiz edilir. Bu işlem Şekil 4.5’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.5 N adımlı yüz bulma kaskad sınıflandırıcısı

$F_k (k=1..N)$ sınıflandırıcıları yüz adayına sırasıyla herhangi bir sınıflayıcıdan ret alana kadar veya hepsini geçene kadar uygulanır. Deneyler sırasında yüz adaylarının %70-80’inin basit özellikleri kullanan ilk iki adımda elendiği gözlenmiştir (Lienhart ve Maydt, 2002). Bu nedenle bu teknik, yüz bulma işlemi oldukça hızlandırmaktadır. Bulma süresinin büyük çoğunluğu gerçekten yüz olan bölgelerin tespitinde harcanmaktadır. Sistemin diğer bir avantajı ise her sınıflayıcının mükemmel olmasına gerek olmayışıdır. Çünkü adımlar düşük yanlış alarm oranı yerine yüksek başarı oranı sağlamaya eğilimlidir. Adım sayısını ve her adım için arzu edilen başarı oranı ve yanlış alarm oranını seçmek, iyi bir bulma performansı sağlayacaktır. Şekil 4.6(a) ve Şekil 4.6(b) de bu yöntemle bulunmuş yüzler gösterilmektedir.



(a)

(b)

Şekil 4.6 Yüz bulma işlemi sonucu oluşan görüntü örnekleri

4.3.3. Ten Bölgesi Çıkarımı

Kaskad sınıflandırıcılar ile yüz bulma işlemi sonucunda alan bilgisinin kullanılması sonucunda yüz içermeyen bölgeler de yüz olarak işaretlenebilmektedir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Yüz ile birlikte yüz içermeyen alanın bulunduğu görüntü

Bunun engellenebilmesi için Rein-Lien Hsu ve Anil K. Jain(2002) tarafından geliştirilen ten bölgesi filtresi yüz olarak belirlenen alan üzerinde uygulanmıştır. Bu yöntemde renk değerleri YCbCr renk uzayında belirlenmiş olan eliptik deri modeline göre sınıflanır. Böylelikle deri bölgeleri belirlenir

$$C'_i(Y) = \begin{cases} (C_i(Y) - \bar{C}_i(Y)) \cdot \frac{W_{c_i}}{W_{c_i}(Y)} + \bar{C}_i(K_h) & \text{if } Y < K_l \text{ or } K_h < Y, \\ C_i(Y) & \text{if } Y \in [K_l, K_h] \end{cases} \quad (4.16)$$

$$Wc_i(Y) = \begin{cases} WLC_i + \frac{(Y - Y_{\min})(Wc_i - WLC_i)}{K_l - Y_{\min}} & \text{if } Y < K_l \\ WHc_i + \frac{(Y_{\max} - Y)(Wc_i - WHc_i)}{Y_{\max} - K_h} & \text{if } K_h < Y \end{cases} \quad (4.17)$$

$$\bar{C}_b(Y) = \begin{cases} 108 + \frac{(K_l - Y)(118 - 108)}{K_l - Y_{\min}} & \text{if } Y < K_l \\ 108 + \frac{(Y - K_h)(118 - 108)}{Y_{\max} - K_h} & \text{if } K_h < Y \end{cases} \quad (4.18)$$

$$\bar{C}_r(Y) = \begin{cases} 108 + \frac{(K_l - Y)(154 - 144)}{K_l - Y_{\min}} & \text{if } Y < K_l \\ 108 + \frac{(Y - K_h)(154 - 132)}{Y_{\max} - K_h} & \text{if } K_h < Y \end{cases} \quad (4.19)$$

YCbCr renk uzayında Cb ve Cr Y nin birer fonksiyonu olarak tanımlanabilir. Dönüştürülmüş renk değerleri $C'_b(Y)$ ve $C'_r(Y)$ olsun. Deri rengi modeli $\bar{C}_b(Y)$ ve $\bar{C}_r(Y)$ ile belirlenir ve küme içinde $Wc_i(Y)$ değerleri ile yayılır. Eşitlik (4.16) ve (4.17)' de C_i değeri hem C_b hem de C_r değerini gösterir. $Wc_b=46.97$, $WLC_b=23$, $WHc_b=14$, $Wc_r=38.76$, $WLC_r=20$, $WHc_r=10$, $K_l=125$ and $K_h=188$. Bu parametre değerleri HHI görüntülerinin deri parçaları örneklerinin alt kümelerinden belirlenmiştir. $Y_{\min}$ ve $Y_{\max}$ değerleri YCbCr renk uzayında 16 ve 235' dir. Deri tonları için dönüştürülmüş C'_b C'_r uzayı eliptik modeli Eşitlik (4.20) ve (4.21) da gösterilmiştir.

$$\frac{(x - ec_x)^2}{a^2} + \frac{(y - ec_y)^2}{b^2} = 1 \quad (4.20)$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C'_b - c_x \\ C'_r - c_y \end{bmatrix} \quad (4.21)$$

Bu eşitliklerde $c_x=109.38$, $c_y=152.02$, $\theta=2.53$ (radyan), $ec_x=1.60$, $ec_y=2.41$, $a=25.39$, $b=14.03$ olarak hesaplanmıştır.

Yüz olarak belirlenen alan içerisinde bu eşitlikleri sağlayan nokta değerlerinin sayısı toplam alanın yarısından fazla ise bu alan yüz olarak tanımlanır, oran yarından az ise ret edilir. Şekil 4.8’ de, Şekil 4.7 görüntüsünün ten bölgesi filtresi sonucu reddedilen bölge yeşil çerçeve ile ve kabul edilen yüz bölgesi kırmızı çerçeve ile gösterilmektedir.



Şekil 4.8 Ten bölgesi sınıflandırması sonucu elde edilen görüntü

4.4. Yeniden Boyutlandırma

Yeniden boyutlandırma işlemi hedef görüntüdeki her noktanın giriş görüntüsündeki karşılık gelen örneklenme noktası veya noktaları ile belirli işlemlere göre yeniden ifade edilmesidir. Bu işlem gerçekleştirilirken giriş görüntüsündeki her nokta çıkarılır ve aradeğerleme ile karşılık geldiği çıkış görüntüsü belirlenir. Bu işlemin gerçekleştirilmesi için bir çok yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin başlıcaları en yakın komşuluk, çift doğrusal aradeğerleme, kübik konvolüsyon, 8 nokta $\text{Sin}(x)/x$ veya 16 nokta $\text{Sin}(x)/x$ olarak gösterilebilir.

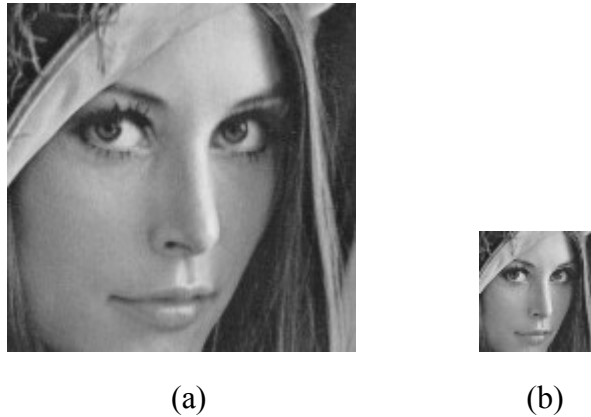
Bu çalışmada yeniden boyutlandırma işleminde çift doğrusal aradeğerleme yöntemine göre elde edilen yüz görüntüleri yüz veritabanındaki görüntülerin boyutları olan 60x60 boyutlarına yeniden boyutlandırılmıştır. Yeniden boyutlandırma işleminin algoritması aşağıdaki gibidir[6]:

Çift Doğrusal Aradeğerleme Algoritması:

1. Çıkış görüntüsünün giriş görüntüsüne oranı hesaplanarak ölçekleme faktörü hesaplanır.
2. Çıkış görüntüsünün her noktası için u yatay koordinat, v dikey koordinat olmak üzere $x=u*(1/faktör)$ ve $y=v*(1/faktör)$ bağıntılarıyla yeni koordinat değerleri hesaplanır.

3. x ve y değerlerinin tam sayı kısımları giriş görüntüsündeki karşılık gelen (x_0, y_0) yatay ve dikey koordinatları gösterirken, ondalık kısmı $(dx = x - x_0, dy = y - y_0)$ koordinattan uzaklığı göstermektedir.
4. Giriş görüntüsünün $n_0 = I(x_0, y_0)$, $n_1 = I(x_0 + 1, y_0)$, $n_2 = I(x_0 + 1, y_0 + 1)$, $n_3 = I(x_0, y_0 + 1)$ değerleri çıkış görüntüsünün u, v noktasının değerini belirlemede kullanılacaktır.
5. n_0 ve n_1 değerleri ile dx uzaklığı kullanılarak $n_0 * (1 - dx) + n_1 * dx$ işleminin sonucu elde edilir.
6. n_3 ve n_2 değerleri ile dx uzaklığı kullanılarak $n_3 * (1 - dx) + n_2 * dx$ işleminin sonucu elde edilir.
7. 5 ve 6' dan elde edilen sonuçlara n_5 ve n_6 dersek $n_5 * (1 - dy) + n_6 * dy$ işleminin sonucu çıkış görüntüsünün u ve v koordinatlarının yeni değeridir.

Bu yöntem kullanılarak yeniden boyutlandırılmış görüntü örneği Şekil 4.9' daki gibidir.



Şekil 4.9 (a) Bulunan yüz örneği (b)Yeniden boyutlandırılmış görüntü örneği

4.5. Yüz Özelliklerinin Çıkarılması

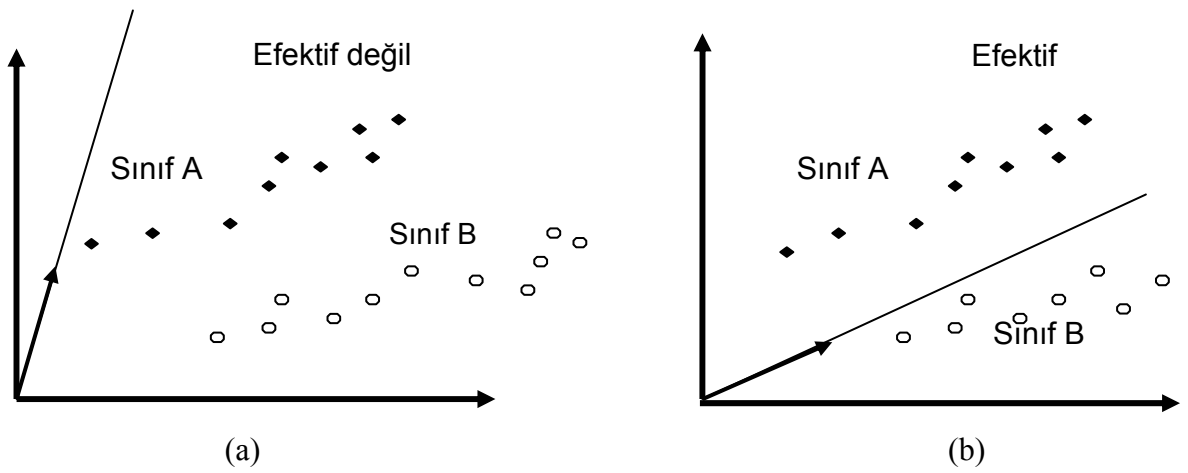
Yüz tanıma veya doğrulama işleminde, belirlenen yüz alanının tamamındaki nokta değerlerini kullanmak yerine görüntüler arasındaki temel farklılıkları ya da benzerlikleri belirleyip bu özelliklerin kullanılması hem gereksiz özelliklerin kullanımını engellemekte hem de sistem performansını olumlu yönde etkilemektedir. Özellik çıkarımı için kullanılan Temel Bileşenler Analizi (TBA) ve Doğrusal Ayırtaç Analizi (DAA) yöntemleri aşağıda detaylı olarak incelenmiştir.

Temel Bileşenler Analizi

Temel Bileşenler Analizi (TBA) boyut azaltmak ve görüntüler arasındaki temel farklılıkları çıkarmak için kullanılan bir yöntemdir. TBA karşılıklı ilişkisi olan verinin N-boyutlu uzay

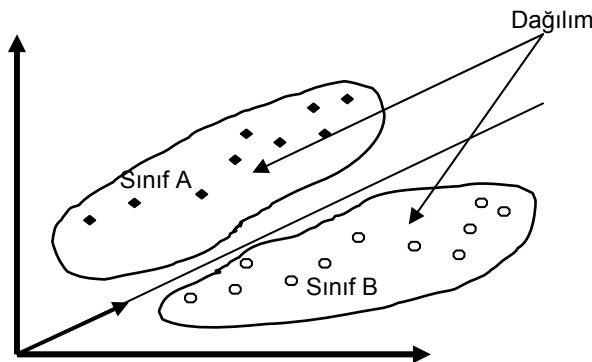
yerine daha düşük boyutlu uzayda önemli bilgi kaybı olmadan boyut azaltmanın en uygun yoludur. Azaltılmış alt uzayı kullanarak, veritabanı üzerindeki hesaplamalar daha verimli hale gelir. Üretilen betimlemeler genel olarak öz uzaylar olarak adlandırılır ve yüz tanıma uygulamalarında ise öz yüzler olarak isimlendirilir (Turk ve Pentland, 1991). Öz vektörler özellik vektörlerinin oluşturulması için kullanılır. Bu özellik vektörleri daha sonra tanıma işleminde kullanılarak gelen örnek görüntünün en çok benzediği eğitim seti elemanı bulunur.

TBA, tanınmanın doğru yapılmasını sağlayan efektif doğrultuların bulunmasını sağlar. Şekil 4.10(b)' de (Roth, 2005) bu sınıflandırma en iyi şekilde ifade edilmektedir.



Şekil 4.10 TBA sınıflandırma doğrultusu

TBA ayrıca sınıflar arası dağılımı maksimum yapmaktadır. Şekil 4.11'de (Roth, 2005) iki sınıf arası dağılım gösterilmektedir.



Şekil 4.11 Sınıflar arası dağılım tablosu

TBA yöntemi kullanılırken eğitim veritabanının her görüntüsü özellik vektörlerini oluşturmak için kullanılır. Özellik vektörlerinin oluşturulması için kullanılan yöntem şu şekilde gerçekleştirilir (Roth, 2005):

1. Sırasıyla veritabanından okunan her NxN boyutlarındaki görüntü satır satır okunur ve her bir satır dikey konuma getirilerek N²x1 uzunluğunda bir vektöre dönüştürülür. NxN görüntü örneği ve dönüştürülmüş N²x1 uzunluğundaki vektör Şekil 4.12 'de gösterilmektedir.



$$= \begin{bmatrix} I1_{11} & \dots & I1_{1N} \\ I1_{21} & \dots & I1_{2N} \\ \vdots & & \vdots \\ I1_{N1} & \dots & I1_{NN} \end{bmatrix}$$

$$I1 = \begin{bmatrix} I1_{11} \\ \vdots \\ I1_{1N} \\ I1_{21} \\ \vdots \\ I1_{2N} \\ \vdots \\ I1_{N1} \\ \vdots \\ I1_{NN} \end{bmatrix}$$

Şekil 4.12 NxN görüntü örneği ve dönüştürülmüş durumu

2. Her resim dönüştürüldükten sonra veritabanındaki M adet dönüştürülmüş resimden ortalama yüz hesaplanır. Seçilen eğitim seti için ortalama yüz Şekil 4.13' de görüldüğü gibi hesaplanır.



$$= \vec{m} = \frac{1}{M} \begin{bmatrix} I1_1 + \dots + IM_1 \\ I1_1 + \dots + IM_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ I1_{N^2} + \dots + IM_{N^2} \end{bmatrix}$$

Şekil 4.13 Ortalama görüntünün hesaplanması

3. Bu ortalama yüz Şekil 4.14'de görüldüğü gibi eğitim veritabanındaki her resimden çıkarılarak Görüntüler ortalama merkezli hale getirilir. Eğitim setindeki yüzlere ait M adet vektör N²xM boyutundaki matrise yerleştirilir.

$$\bar{I}1_m = \begin{bmatrix} I1_1 - m_1 \\ I1_2 - m_2 \\ \vdots \\ I1_{N^2} - m_{N^2} \end{bmatrix}, \quad \dots \quad \bar{I}M_m = \begin{bmatrix} IM_1 - m_1 \\ IM_2 - m_2 \\ \vdots \\ IM_{N^2} - m_{N^2} \end{bmatrix} \quad A = [\bar{I}1_m \dots \bar{I}M_m]$$

Şekil 4.14 Ortalama merkezli görüntüler matrisi

4. Daha sonra bu matristen Eşitlik (4.22) kullanılarak $N^2 \times N^2$ boyutlarındaki kovaryans matrisi elde edilir.

$$Cov = AA^T \quad (4.22)$$

Bu kovaryans matrisi kullanılarak görüntülerin öz değerleri ve öz vektörleri hesaplanacaktır. Fakat kovaryans matrisinin boyutları çok büyük olduğu için çok hesaplama zamanı ve hesaplama alanı gerektirir. Matrisin boyutunu azaltmak için $M \times M$ boyutlarında Eşitlik (4.23) dan elde edilen kovaryans matrisi kullanılır.

$$L = A^T A \quad (4.23)$$

Bu çalışmada öz değerler ve öz vektörler hesaplanırken hem Eşitlik (4.22) hem de Eşitlik (4.23)' deki kovaryans matrisi kullanılmıştır. Eşitlik (4.22)'e dayalı TBA, Alternatif TBA olarak isimlendirilmiştir.

5. Cov ve L matrislerinden öz değerler ve öz vektörler hesaplanır. Cov matrisinin özvektörleri ve L matrisinin öz vektörleri V ile adlandırılacak olursa, V ile ortalama merkezli görüntü matrisinin doğrusal kombinasyonu kullanılarak öz yüzler hesaplanır. Cov matrisinden elde edilen öz vektörler için öz değerlerin *M-sınıf sayısı* kadarı kullanılırken L matrisinden elde edilen öz değerlerin M adedi öz vektörlerin seçilmesi için kullanılmaktadır. L matrisi ile öz yüzler hesaplanmak isteniyorsa öncelikle Eşitlik (4.24) kullanılarak yüzün yansıması hesaplanır.

$$U = AV \quad (4.24)$$

Öz vektörler yüzlerdeki değişimi temsil etmektedir. Daha sonra her yüz için öz yüzler hesaplanır. Bu hesaplama L 'nin kullanıldığı durumlarda Eşitlik (4.25)' de olduğu gibidir. Eğer Cov matrisi kullanılacaksa öz yüzler için Eşitlik (4.26) kullanılmaktadır.

$$\Omega_i = U^T (\vec{I}i_m), \text{ for } i = 1..M \quad (4.25)$$

$$\Omega_i = V(\vec{I}i_m)^T, \text{ for } i = 1..M \quad (4.26)$$

Bilinmeyen yüzün tanınması işleminde ise yüze ait görüntü eğitim setinde olduğu gibi $N^2 \times 1$ uzunluklu vektöre dönüştürülür. Örnek görüntü Şekil 4.15’deki gibidir.



$$= \begin{bmatrix} T_{11} & \dots & T_{1N} \\ T_{21} & \dots & T_{2N} \\ \vdots & & \vdots \\ \vdots & & \vdots \\ T_{N1} & \dots & T_{NN} \end{bmatrix} \quad \mathbf{t} = \begin{bmatrix} T_{11} \\ \vdots \\ T_{1N} \\ T_{21} \\ \vdots \\ T_{2N} \\ \vdots \\ T_{N1} \\ \vdots \\ T_{NN} \end{bmatrix}$$

Şekil 4.15 Bilinmeyen yüz görüntüsü ve dönüştürülmüş vektör

Daha sonra bu dönüştürülmüş matristen eğitim setinden elde edilen ortalama yüz Şekil 4.16’deki gibi çıkarılır.

$$\vec{t}_m = \begin{bmatrix} t_1 - m_1 \\ t_2 - m_2 \\ \vdots \\ t_{N^2} - m_{N^2} \end{bmatrix}$$

Şekil 4.16 Bilinmeyen yüz görüntüsünden ortalama yüzün çıkarılması

Örnek görüntünün yüz uzayındaki iz düşümü ise L matrisi için Eşitlik (4.27) deki gibi hesaplanır.

$$\Omega = U^T (\vec{t}_m) \quad (4.27)$$

Cov matrisi için ise bilinmeyen yüzün yüz uzayındaki iz düşümü Eşitlik (4.28) kullanılarak hesaplanır.

$$\Omega = V(\vec{t}_m) \quad (4.28)$$

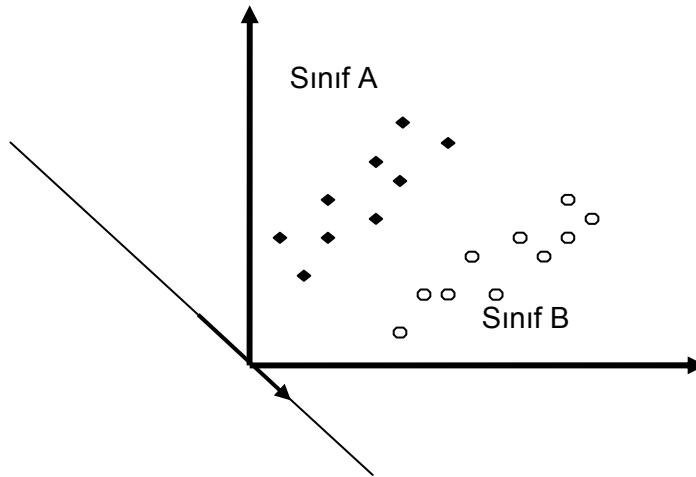
Bu işlemler gerçekleştirildikten sonra yüz özelliklerinin çıkarılması tamamlanmış olur.

Aydınlatma, yüz duruşları ve yüz ifadelerindeki değişiklikler öz yüzlere dayalı tanınmanın başarısını olumsuz yönde etkilemektedir. Fisher Doğrusal Ayırtaç Analizi(DAA) yöntemi bu tür değişikliklere karşı daha başarılı sonuçlar vermektedir.

Fisher Doğrusal Ayırtaç Analizi

Fisher yüzleri 1997 yılında P. Belhumeur tarafından Doğrusal Ayırtaç Analizi(DAA) temel alınarak geliştirilmiştir.

DAA veriler arasındaki ayrımı sağlayan yönün bulunmasını hedefler (Belhumeur vd, 1997). Bu da en iyi şekilde Şekil 4.17’ deki (Roth, 2005) gibi gösterilir.



Şekil 4.17 DAA için sınıfları ayıran yön

DAA sınıflar arası farkı en büyük yaparken aynı zamanda sınıf içi değişimi de en küçük yapmaya çalışır. DAA uygulanırken, genelleştirilmiş özlük problemi çözülerek doğrusal ayırım vektörleri hesaplanmalıdır.

Yüz özelliklerinin Fisher DAA yöntemi ile çıkarılmasının aşamaları şöyledir:

1. Bu yöntemde eğitim setinde aynı kişiye ait farklı k adet görüntünün bulunduğu Şekil 4.18’de toplam sınıf sayısı S iken örnek sınıf görüntüleri görülmektedir. Bütün görüntüler (Şekil 4.12)’ deki gibi $N^2 \times 1$ uzunluklu vektörlere dönüştürülür.

$$\begin{array}{ccc}
\begin{array}{c} \text{Image 1} \\ = \end{array} \begin{bmatrix} I11_{11} \dots I11_{1N} \\ I11_{21} \dots I11_{2N} \\ \vdots \\ I11_{N1} \dots I11_{NN} \end{bmatrix} & \dots & \begin{array}{c} \text{Image 2} \\ = \end{array} \begin{bmatrix} I1k_{11} \dots I1k_{1N} \\ I1k_{21} \dots I1k_{2N} \\ \vdots \\ I1k_{N1} \dots I1k_{NN} \end{bmatrix} \\
\begin{array}{c} \text{Image 3} \\ = \end{array} \begin{bmatrix} IS1_{11} \dots IS1_{1N} \\ IS1_{21} \dots IS1_{2N} \\ \vdots \\ IS1_{N1} \dots IS1_{NN} \end{bmatrix} & \dots & \begin{array}{c} \text{Image 4} \\ = \end{array} \begin{bmatrix} ISk_{11} \dots ISk_{1N} \\ ISk_{21} \dots ISk_{2N} \\ \vdots \\ ISk_{N1} \dots ISk_{NN} \end{bmatrix}
\end{array}$$

Şekil 4.18 NxN örnek sınıf görüntüleri

2. M adet dönüştürülmüş resim birleştirilerek Şekil 4.19’ da olduğu gibi ortalama yüz hesaplanır.

$$\begin{array}{c} \text{Image 5} \\ = \vec{m} = \frac{1}{M} \end{array} \begin{bmatrix} I11_1 + \dots + I1k_1 + \dots + IS1_1 + \dots + ISk_1 \\ I11_1 + \dots + I1k_2 + \dots + IS1_2 + \dots + ISk_2 \\ \vdots \\ I11_{N^2} + \dots + I1k_{N^2} + \dots + IS1_{N^2} + \dots + ISk_{N^2} \end{bmatrix}$$

Şekil 4.19 Ortalama yüzün hesaplanması

3. Veritabanındaki her sınıf için ortalama yüz Şekil 4.20’de olduğu gibi hesaplanır.

$$\bar{I}1 = \frac{1}{k} \begin{bmatrix} I11_1 + \dots + I1k_1 \\ I11_2 + \dots + I1k_2 \\ \vdots \\ I11_{N^2} + \dots + I1k_{N^2} \end{bmatrix}, \quad \bar{I}S = \frac{1}{k} \begin{bmatrix} IS1_1 + \dots + ISk_1 \\ IS1_2 + \dots + ISk_2 \\ \vdots \\ IS1_{N^2} + \dots + ISk_{N^2} \end{bmatrix},$$

Şekil 4.20 Her sınıfın ortalama yüzünün hesaplanması

4. Daha sonra her bir eğitim setinden ait olduğu sınıfın ortalaması Şekil 4.21’deki gibi çıkartılır.

$$\vec{I}11_m = \begin{bmatrix} I11_1 - \vec{I}1_1 \\ I11_2 - \vec{I}1_2 \\ \vdots \\ I11_{N^2} - \vec{I}1_{N^2} \end{bmatrix} \quad \vec{I}1k_m = \begin{bmatrix} I1k_1 - \vec{I}1_1 \\ I1k_2 - \vec{I}1_2 \\ \vdots \\ I1k_{N^2} - \vec{I}1_{N^2} \end{bmatrix} \quad \vec{I}S1_m = \begin{bmatrix} IS1_1 - \vec{I}S_1 \\ IS1_2 - \vec{I}S_2 \\ \vdots \\ IS1_{N^2} - \vec{I}S_{N^2} \end{bmatrix} \quad \vec{I}Sk_m = \begin{bmatrix} ISk_1 - \vec{I}S_1 \\ ISk_2 - \vec{I}S_2 \\ \vdots \\ ISk_{N^2} - \vec{I}S_{N^2} \end{bmatrix}$$

Şekil 4.21 Bir sınıftaki eğitim yüzlerinden sınıf ortalama yüzünün çıkarılması

5. Her bir sınıfa ait dağılım matrisleri S sınıf sayısı, k her sınıftaki görüntü sayısı olmak üzere Eşitlik (4.30) kullanılarak hesaplanır.

$$C_i = \sum_{j=1}^S \sum_{m=1}^k (\vec{I}ij_m \vec{I}ij_m^T) \quad (4.30)$$

Sınıf içi dağılım matrisi S_w , bu dağılım matrisleri toplanarak elde edilir.

$$S_w = C_1 + \dots + C_S \quad (4.31)$$

6. Sınıflar arası dağılım matrisi S_b , ise Eşitlik (4.32) kullanılarak hesaplanır.

$$S_b = \sum_{i=1}^S k (\vec{I}i - \vec{m})(\vec{I}i - \vec{m})^T \quad (4.32)$$

7. Eşitlik (4.33)' i sağlayan maksimum W değeri S_b ve S_w nin $\{\lambda_i | i = 1, 2, \dots, m\}$ öz değerlerine karşılık gelen genelleştirilmiş öz vektörlerdir.

$$W_{opt} = \arg \max_W \frac{|W^T S_b W|}{|W^T S_w W|} \quad (4.33)$$

Bu hesaplama ise Eşitlik (4.34)'deki gibi yapılır.

$$S_b W_i = \lambda_i S_w W_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4.34)$$

Genelleştirilmiş öz vektörlerin hesaplanması için kullanılacak matris $S_w^{-1} * S_b$ işleminin sonucuyla elde edilmektedir. Elde edilen matris için daha sonra öz değerler ve öz vektörler hesaplanır. Elde edilen öz değerlerden sıfırdan farklı *sınıf sayısı* -1 tanesi fisher yüzlerin çıkarılması için kullanılmaktadır. Fisher yüzler çıkarılırken sınıf ortalama değerlerinden, tüm

eğitim setinin ortalaması çıkarılarak ortalanmış ortalama değerler matrisi elde edilir. Bu matrisi $\bar{I}$ ile , öz vektörleri V ile gösterecek olursak fisher yüzler Eşitlik (4.35)' deki gibi hesaplanır.

$$\Omega_i = V(\bar{I}_m)^T, \text{ for } i = 1..S \quad (4.35)$$

Böylelikle hem boyut azaltılmış olur hem de sınıflar arası farklılıklar en büyük ve sınıf içi benzerlikler en küçük yapılır.

Bilinmeyen yüz görüntüsü için Şekil 4.15' de olduğu gibi bilinmeyen yüz $N^2 \times 1$ uzunluğunda bir vektöre dönüştürülür. Bu vektör üzerinde TBA uygulanarak özellikler çıkarılır. TBA işlemi sonuçlandırıldıktan sonra elde edilen vektörden fisher yüzler hesaplanırken elde edilen ortalama yüz çıkarılır. En son olarak da V ile bu vektör çarpılarak özellikler çıkarılmış olur.

4.6. Yüz Tanıma ve Doğrulama

Özellik çıkarma işlemi tamamlandıktan sonra bilinmeyen yüzün tanınması aşamasına geçilebilir. Yüzlerin tanınmasında Öklid Uzaklık Metriği ve Destek Vektör Makineleri kullanılmıştır. Yüz tanıma işlemi bilinmeyen yüz görüntüsünün veritabanındaki yüz görüntüleri ile karşılaştırılıp en çok benzediği kişinin bulunması işlemidir. Yüz doğrulama işlemi ise kontrol edilen imgede araştırılan kişinin olup olmadığının değerlendirilmesidir.

Öklid Uzaklık Metriği ile Yüz Tanıma

Bu aşamada ilk olarak Temel Bileşenler Analizi(TBA) ve Doğrusal Ayırtaç Analizi(DAA) yöntemleri sonucu elde edilen özelliklerin arasındaki mesafe Öklid uzaklık metriği kullanılarak hesaplanmıştır. Bu mesafenin en küçük olduğu görüntü veya sınıf bilinmeyen görüntünün kime ait olduğunu belirlemede kullanılmıştır.

Yüz veritabanındaki her yüzün yüz uzayındaki iz düşümleri ile bilinmeyen görüntünün iz düşümünün Öklid mesafesi Eşitlik (4.35) gibi hesaplanır.

$$\varepsilon_i^2 = \|\Omega - \Omega_i\|^2 \text{ for } i = 1..M \quad (4.35)$$

DAA için bu metrik kullanılırken her sınıfın yüz uzayındaki iz düşümleri ile bilinmeyen görüntü iz düşümü değerleri arasındaki Öklid mesafesi hesaplanır. Bilinmeyen yüz uzaklığın en küçük olduğu sınıfa aittir.

Öklid Uzaklık Metriği ile Yüz Doğrulama

Öklid uzaklık metriği ile yüz doğrulama işlemi gerçekleştirilirken sadece doğrulanacak kişiye ait yüz özellikleri arasındaki mesafeye veya kişiye ait sınıfın özellikleri arasındaki mesafeye bakılmaktadır.

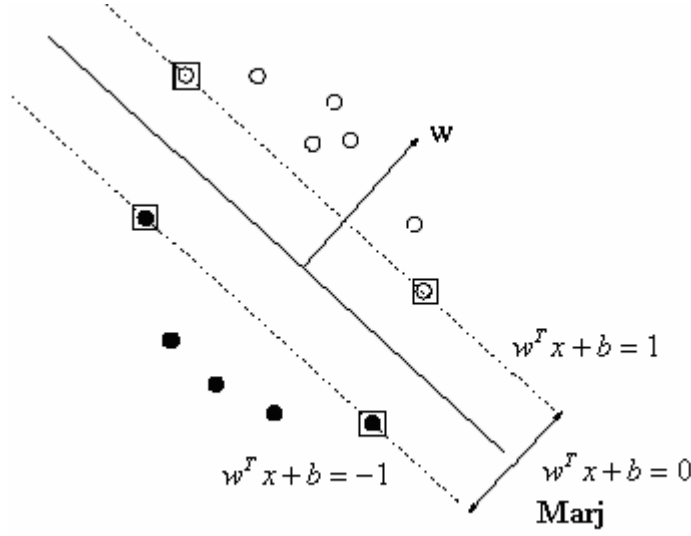
TBA ile doğrulama işlemi yapılırken kişinin örnek görüntüler arasındaki mesafelerden en küçük olanı seçilir. Bu değer daha önceden başarılı ve başarısız tanımlar sonucu elde edilmiş uzaklık değerlerinin incelenmesiyle belirlenen eşik değeri ile karşılaştırılır. Eğer mesafe eşik değerinden küçük ise girilen görüntü doğrulanması istenen kişiye aittir, büyük ise o kişiye ait değildir.

DAA ile doğrulama işlemi gerçekleştirilirken sadece sınıfa ait özellik değerleri için karşılaştırma yapılır ve eşik değerine göre doğrulama sonuçlandırılır. TBA ve DAA için belirlenen eşik değerleri birbirinden farklıdır.

Destek Vektör Makineleri ile Yüz Tanıma

Destek Vektör Makineleri yöntemi, Vapnik(1999) tarafından geliştirilmiş etkili bir öğrenme yöntemidir.

DVM, iki sınıfa ait elemanların oluşturduğu eğitim örneklerini, en iyi aşırı düzlem ile birbirlerinden ayırmaya çalışır. Bu aşırı düzlem sadece eğitim örneklerini değil, bilinmeyen örnekleri de en iyi başarı ile sınıflandırabilmelidir. DVM, her iki sınıfın aşırı düzleme olan mesafesini en büyültür ve aynı sınıfa ait olan olası noktaları aynı tarafa ayırır. Böylece hem eğitim setindeki, hem test setindeki verinin yanlış sınıflandırılma hatası en küçültülmüştür. DVM ile doğrusal sınıflandırma Şekil 4.22' deki gibidir.



Şekil 4.22 DVM yöntemi ile lineer sınıflandırma

x : özellik vektörü,

w : ağırlıklı katsayı vektörü,

b : bir sapma terimi

olmak üzere:

Sınır aşırı düzlemi (4.36)'deki gibi ifade edilir:

$$w^T x + b = 0 \quad (4.36)$$

Herhangi bir noktadan aşırı düzleme olan mesafe Eşitlik (4.37) deki gibidir.

$$\frac{|w^T x_i + b|}{|w|} \quad (4.37)$$

$w^T x + b = 1$ ve $w^T x + b = -1$ koşulunu sağlayan düzlem üzerinde bulunan vektörler destek vektörleridir. Bu vektörlerden en iyi aşırı düzleme olan mesafeye marj denir ve Eşitlik (4.38) ile ifade edilir.

$$\frac{w^T x + b}{|w|} = \frac{\pm 1}{|w|} \quad \text{ise} \quad \text{marj} = \left| \frac{1}{|w|} - \frac{-1}{|w|} \right| = \frac{2}{|w|} \quad (4.38)$$

Marjın en büyük olabilmesi için $|w|$ en küçük olmalıdır. $|w|$ 'nin en küçültmesi, $y_i(w^T x_i + b) \geq 1$ olmasına bağlıdır.

Bu şartlı optimizasyon, Lagrange'in belirsiz katsayı yöntemiyle gerçekleştirilebilir. Bu yöntem (4.39) ile ifade edilebilir.

$$L(w,b,\alpha_i) = (1/2) w^T w - \sum \alpha_i [y_i(w^T x_i + b) - 1] \quad (4.39)$$

Eğer w ve b optimum değeri alırsa, kısmi türevler sıfıra gider (4.40) ve (4.41).

$$\delta L / \delta w = w - \sum \alpha_i y_i x_i \quad (4.40)$$

$$\delta L / \delta b = - \sum \alpha_i y_i \quad (4.41)$$

Türevleri sıfıra eşitlenirse (4.42) ve (4.43) denklemleri elde edilir.

$$w = \sum \alpha_i y_i x_i \quad (4.42)$$

$$\sum \alpha_i y_i = 0 \quad (4.43)$$

Dolayısıyla (4.44) elde edilir.

$$L(w,b,\alpha_i) = (1/2) w^T w - \sum \alpha_i y_i w^T x_i - b \sum \alpha_i y_i + \sum \alpha_i \quad (4.44)$$

L , α ya bağlı olarak maksimize edilebilir. Sonuç olarak optimizasyon aşağıda görüldüğü gibi bir karesel programlama problemine dönüşür (4.45). $\sum \alpha_i y_i = 0$, $\alpha_i \geq 0$ 'a bağlı olarak:

$$L_D(\alpha) = -(1/2) \sum_i \sum_j \alpha_i \alpha_j y_i y_j x_i^T x_j + \sum_i \alpha_i \quad (4.45)$$

ifadesi en büyütülür (Vapnik, 1999).

Bilinmeyen bir örneğin sınıflandırılması, n destek vektör sayısı, x_i bilinmeyen data, x destek vektör olacak şekilde Eşitlik (4.46) gibidir.

$$f(x) = \text{sign} \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i y_i < x_i, x > +b \right) \quad (4.46)$$

Destek Vektör Makineleri yaklaşımı, eğitim için kullanılabilecek gözlemlerin sayısının yetersiz olduğu yüksek boyutlu verilerin var olduğu durumlarda dahi, geniş ve güçlü bir genelleme özelliğine sahip, tahmine dayalı bir model geliştirebilme yetisine sahiptir. DVM her zaman, bir optimizasyon çözümü aradığından ve aşırı uyum durumundan kaçındığından, fazla sayıda özelliğin analizine olanak tanıyabilmektedir [5].

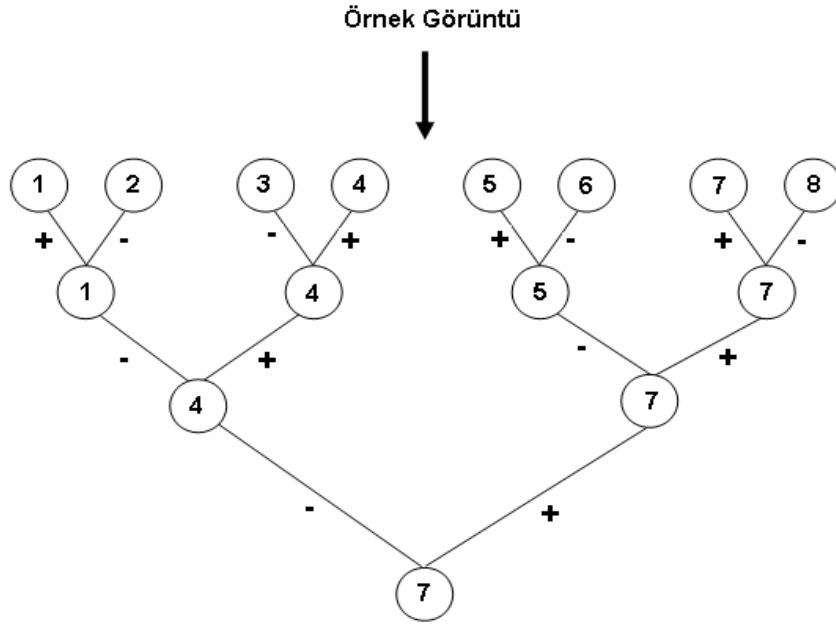
Destek Vektör Makineleri yönteminin, diğer sınıflandırma yöntemlerinden en temel farkı, sadece iki sınıfa birbirinden ayırabilmesidir. Bu ayrım yapılırken dikkat edilmesi gereken en kritik nokta, iki sınıfa ait örnekleri birbirinden ayıracak olan düzlemin en uygun konumdan geçirilmesidir. Düzlemin uygun bir konumdan geçirilememesi durumunda, sınıflandırmada yanlış sonuçlar üretilecektir. İki'den fazla sınıfın olduğu bir sistemde, DVM yöntemini kullanabilmek için çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir. Bu algoritmaların en çok kullanılanları şunlardır:

Bire karşı hepsi: Bu yöntemde eğitim aşamasında sınıflardan biri (+) kabul edilirken, kalan diğer tüm sınıflara ait bilgiler (-) olarak kabul edilerek N sınıf için, N adet DVM oluşturulur. Tanınması istenilen örnek hangi DVM tarafından (+) sınıflandırılırsa o sınıfa aittir. Burada, karşılaştırma sırasında, (+) ve (-) sınıflardaki örnek sayıları farklı olabileceği gibi (+) sınıfın karşısındaki (-) sınıf bütün sınıfların karışımından oluştuğu için tanıma başarısı olumsuz etkilenmektedir. Bu nedenle çok fazla tercih edilen bir yöntem değildir. Bire karşı hepsi yönteminin örnek uygulaması Şekil 4.23' deki gibidir.



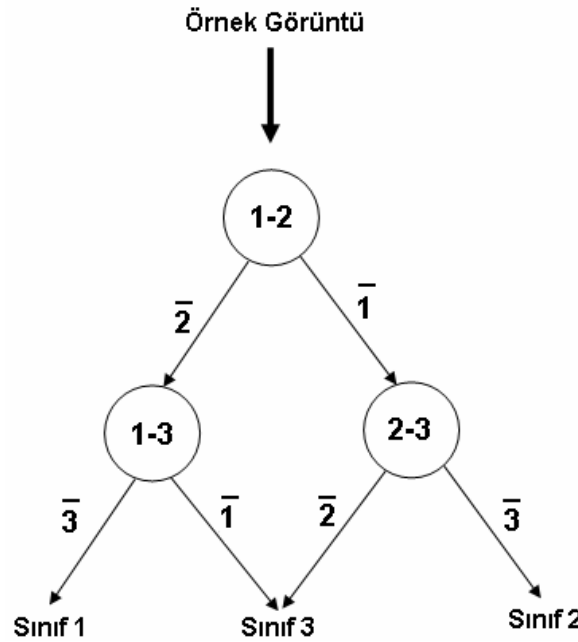
Şekil 4.23 DVM için bire karşı hepsi örneği

Bire karşı bir: Sınıflar ikili gruplar halinde alınarak DVM'ler oluşturulur ve tanınması istenen örnek için bu ikililer üzerinden karşılaştırma yapılarak ağaç yapısında ilerlenir. Burada, ağaç üzerinde, en alttaki düğümden yukarıya doğru ilerlenir, en son işlemde, kök düğüm ile karşılaştırma yapılarak sonuç bulunur. N sınıflı bir veritabanı için karşılaştırma sayısı $\log_2 N$ ve oluşturulan DVM adedi $N \times (N-1)/2$ şeklinde olacaktır. Şekil 4.24'de 8 sınıflı bir veritabanı için bilinmeyen örnek görüntünün nasıl sınıflandırıldığı görülmektedir.



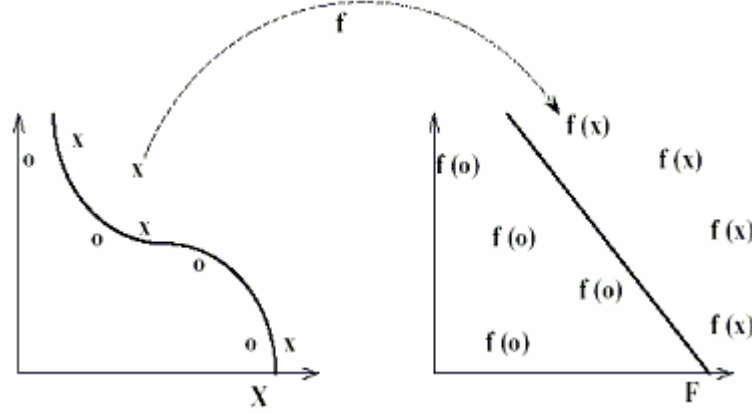
Şekil 4.24 DVM için bire karşı bir karşılaştırma yöntemine bir örnek

Yönlendirilmiş Çevrimsiz Çizge (YÇÇ): Bu yöntem, temel olarak, "bire-karşı bir" yöntemiyle benzerlik göstermektedir. Bu yöntemde, tanınması istenilen görüntü, ağaç üzerinde, ana düğümdeki ikiliden başlanarak karşılaştırılır ve ağacın en alt seviyesine kadar ilerlenir. N sınıf bir ağaç için önce [1,2] sınıf ikilisi kıyaslanır, bu ikiliden galip çıkacak sınıf kazanan ise; bir sonraki aşamada [kazanan,3] ikilisi kıyaslanır ve bu şekilde ilerlenerek, en sonunda [kazanan,N] ikilisi karşılaştırılıp, aranan görüntünün hangi sınıfa daha yakın olduğu bulunur (Şekil 4.25).



Şekil 4.25 DVM için YÇÇ ile sınıflandırmaya bir örnek

DVM doğrusal sınıflandırmanın yanı sıra doğrusal ayrılamayan sınıflar için de kullanılabilir (Şekil 4.26).



Şekil 4.26 Doğrusal ayrılamayan sınıfların çekirdek fonksiyonlar kullanılarak doğrusal olarak ayrılması

Bu işlem gerçekleştirilirken çekirdek fonksiyonları kullanılarak giriş vektörleri doğrusal ayrılabilen yeni vektörlere dönüştürülür. Bunun için farklı çekirdek fonksiyonları kullanılmaktadır.

Doğrusal olmayan sınıflandırma yapılırken kullanılan çekirdek fonksiyonu $K(x_i, x)$ şeklinde ifade edilirse eğitim işlemi için Eşitlik (4.47) en büyütülür.

$$L_D(\alpha) = -(1/2) \sum_i \sum_j \alpha_i \alpha_j y_i y_j K(x_i, x) + \sum_i \alpha_i \quad (4.47)$$

Bilinmeyen görüntünün sınıflandırılmasında ise Eşitlik (4.48) kullanılır.

$$f(x) = \text{sign} \left(\sum_{i=1}^n \alpha_i y_i K(x_i, x) + b \right) \quad (4.48)$$

Kullanılan çekirdek fonksiyonlarının en bilinenleri aşağıdaki şekildedir:

1. Polinom fonksiyonu: $K(x_i, x) = (x_i^T x_j)^d$
2. Radyal tabanlı fonksiyon: $K(x_i, x) = e^{\left(-\frac{\|x_i^T x_j\|^2}{\theta} \right)}$
3. Sinir ağları fonksiyonu: $K(x_i, x) = \tanh(\theta_1 x_i^T x_j - \theta_2)$

5. UYGULAMA VE SİSTEM BAŞARISININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışmada gerçekleştirilen “Haber Videoları için Yüz Tanıma ve Doğrulama Yöntemleri ile Arşivleme Sistemi” uygulaması Microsoft Visual Studio 6.0 ortamında C dili gerçekleştirilmiştir. Kullanılan haber videolarındaki anlık görüntüler 320x240 boyutundadır ve saniyede 25 görüntü alınmıştır. Video kayıtları AVI formatında saklanarak işlenmiştir. Tanıma ve doğrulama sonuçları da yine aynı şekilde AVI formatındadır.

Uygulamanın gerçekleştirilmesi aşamasında eğitim setini oluşturmak için, ulusal yayın kanallarından kaydedilen videolardan faydalanılmıştır. Bu görüntülere sistemin yüz bulma aşaması uygulanmıştır. Bu işlem gerçekleştirilirken aynı zamanda sistemin yüz bulma performansı da test edilmiştir. Bulunan yüzler gri-seviye dönüşümü yapılarak 60x60 ebatlarında yeniden boyutlandırılmıştır. Bu görüntüler içerisinde başarılı veya başarısız yüzler, el ile ayıklanarak her bir kişi için 10 adet görüntü seçilmiş ve 40 kişilik bir eğitim seti oluşturulmuştur. Oluşturulan bu eğitim setinde kullanılan yüz görüntüleri Ek1’ de gösterilmektedir.

5.1. Yüz Bulma

Yüz bulma aşamasında kullanılan, toplam görüntü yöntemine göre elde edilmiş sıralı yüz özellikleri hazır olarak alınmıştır[3]. Sistemin başarısını görsel olarak sunabilmek için 1022 adet kaydedilmiş anlık renkli görüntüye öncelikle özellik tabanlı yüz bulma yöntemi uygulanmıştır. 910 adet görüntüde yüz olan alanlar tam olarak bulunmuştur. Bunun yanında, 70 adet görüntüde ise hem yüz alanı hem de yüz olmayan bir veya iki alan tespit edilmiştir. Şekil 5.1’de başarılı bir yüz bulma örneği gösterilmiştir.



Şekil 5.1 Başarılı yüz bulma örneği

Şekil 5.2’ de ise hem yüz alanının hem de yüz alanı dışında bir alanın da bulunduğu örnek görüntü gösterilmiştir. Başka bir alanın yüz olarak bulunmasının sebebi hazır olarak kullanılan özelliklerin değerlendirilmesi aşamalarından başarıyla geçmesidir.



Şekil 5.2 Hem yüz hem de yüz alanı olmayan bölge bulunmuş örnek

Buna karşılık, 34 görüntüde hiçbir alan yüz olarak tanımlanamamış; 8 görüntüde ise yüz bölgesi yerine başka bir alan, yüz olarak belirlenmiştir. Tam olarak tespit edilemeyen yüzlerin yer aldığı görüntülerdeki yüz alanlarının küçük olması veya yüzlerin cepheden ve dik olmaması tespit işlemindeki başarısızlığın temel sebebidir. Çünkü kullanılan hazır özellikler cepheden ve dik yüzler için eğitilmişlerdir. Şekil 5.3(a) ve Şekil 5.3(b)’ de bu iki sebepten dolayı yüzlerin bulunamadığı örnek görüntüler verilmektedir. Şekil 5.4’de ise yüz bölgesi yerine başka alanların yüz olarak bulunduğu örnek görüntü verilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.3 Yüz olarak hiçbir alanın tanımlanamadığı örnekler



Şekil 5.4 Yüz yerine başka alanların yüz olarak tanımlandığı örnek görüntü

Bulunan bu değerler için sistemin yüz bulma başarı oranı %95,89; yanlış bulma oranı ise %0,78 olarak ölçülmüştür. Başarılı ve başarısız yüz bulma örnekleri Ek2’de detaylı olarak gösterilmektedir. 1022 adet durağan görüntü için sistemin yüz bulma başarı oranları Çizelge 5.1’ de gösterilmiştir.

Çizelge 5.1 Durağan görüntüler için yüz bulma başarı oranları

	Adet (Özellik Tabanlı)	Adet (Özellik Tabanlı + Ten Bölgesi)	Oran(%) (Özellik Tabanlı)	Oran(%) (Özellik Tabanlı + Ten Bölgesi)
Doğru Yüz Bulma	980	980	95.89	95.89
Yanlış Yüz Bulma	78	20	10.95	1.95
Yüz Bulamama	42	42	4.1	4.1

Özellik tabanlı yüz bulma yöntemi ten bölgesi filtresi ile desteklendiğinde ise doğru yüz bulma oranı değişmezken yanlış yüz bulma oranı %2' ye düşmüştür. Ten bölgesi filtresi ile elenen yüz olmayan bölgeye ve yüz olan bölgeye örnek Şekil 5.5'de olduğu gibidir. Kırmızı çerçeve başarılı yüz bulmayı gösterirken, yeşil çerçeve özellik tabanlı yüz bulma sonucu elde edilmiş fakat ten bölgesi filtresi ile elenmiş yüz bölgesini göstermektedir.



Şekil 5.5 Ten bölgesi filtresi ile elenen yüz olmayan bölge ve yüz bölgesi örneği

Sistemin haber videolarındaki yüz bulma başarısını ölçmek için ulusal yayın kanallarından kaydedilen, yayın kalitesi, arka plan, aydınlatma gibi özellikleri farklı 40 adet haber videosu değerlendirilmiştir. Bu kayıtlardan elde edilen toplam 22.365 adet görüntüye ait yüz bulma sonuçları Çizelge 5.2 'de gösterilmektedir. Bu görüntülerden 20.515 adedi yüz görüntüsü içermektedir. Bu yüz görüntülerinin 17.295 adedi ise yüz veritabanında yer alan kişilerin görüntülerinin içermektedir. Bulunan yüz bölgeleri bir sonraki aşamada tanıma veya doğrulama için değerlendirilmiştir.

Çizelge 5.2 Haber videoları için yüz bulma başarı oranları

	Adet (Özellik Tabanlı + Ten Bölgesi)	Oran(%)
Doğru Yüz Bulma	19.827	%96.65
Yanlış Yüz Bulma	918	%4.2
Yüz Bulamama	687	%3.35

5.2. Yüz Tanıma

Yüz tanıma aşamasında bir video kaydında mevcut veritabanında bulunan kişilerin tanınması ve arşivlenmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Sistemin tanıma başarısını ölçmek için öncelikle hazırlanan eğitim setinde yer alan kişilerin görüntülerini içeren 500 adet durağan görüntü başarı sonuçlarını görsel olarak sunabilmek için kullanılmıştır, daha sonra da tanıma başarısı hareketli görüntülerde ölçülmüştür. Tanıma işlemi, yeri bulunan yüzün veritabanındaki en çok benzediği yüzün belirlenmesi işlemidir.

Kullanılan 500 adet örnek görüntü öncelikle Temel Bileşenler Analizi işlemine sokulmuştur. TBA uygulanırken ilk olarak Eşitlik (4.21) kovaryans matrisi hesaplamada kullanılmıştır. Bu yöntem daha önceden de belirtildiği gibi Alternatif TBA olarak adlandırılmıştır. Özellik çıkarımı işlemi sonucunda elde edilen öz vektörlerin tamamı kullanılarak özellikler belirlenmiştir. Bu yöntemle beraber yine TBA Eşitlik (4.20) kullanılarak uygulanmıştır. Bu uygulamada ise öz vektörlerin, eğitim seti görüntü adedi ile sınıf sayısı farkı kadarı özellik çıkarımı için kullanılmıştır. İlk kullanılan yöntemde her sınıf için 10 görüntü kullanıldığı ve 40 adet sınıf olduğunu söylersek; ilk eşitlikten elde edilen özellik matrisinin boyutları 400x400 olurken, Eşitlik (4.20)' ye göre elde edilen özellik matrisinin boyutları 360x400 olacaktır. Örnek görüntülere Doğrusal Ayırtaç Analizi uygulandığında ise özellik matrisinin boyutları 39x40 olacaktır. Çünkü DAA uygulanırken öncelikle TBA uygulanmış ve boyut indirgenmesi yapılmıştır. Daha sonra ise sınıf içi ve sınıflar arası matrislerin özellikleri çıkarılmış ve her sınıf *sınıf sayısı-1* adet özellik, bu uygulama için 40-1 özellik ile ifade edilmiştir.

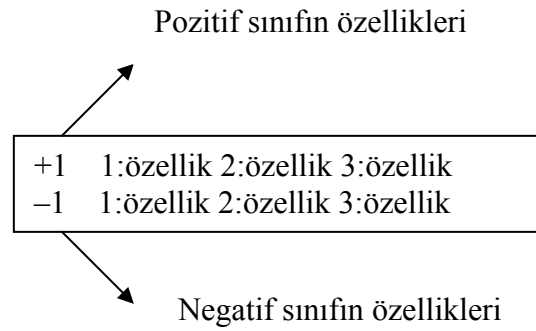
Özellik çıkarımı işlemi gerçekleştirildikten sonra tanıma işlemine geçilmiştir. Tanıma işleminde öncelikle Öklid uzaklık metriği kullanılmıştır. Öklid uzaklığı kullanılarak Eşitlik (4.21)' den elde edilen özellik matrisi kullanıldığında yüz tanıma sistemi 17 adet görüntüde başarısızlık olmuştur. Daha sonradan Eşitlik(4.20) kullanılarak uygulanan Öz Nitelikler Analizinde ise başarısız görüntü sayısı 9'a düşmüştür. Elde edilen bu sonuçlara göre haber videoları için daha başarılı sonuç veren Eşitlik(4.20) haber videolarının tanıma başarısını ölçmede kullanılmıştır. Doğrusal Ayırtaç Analizi işleminden elde edilen özellik matrisi kullanılarak uzaklık hesaplandığında ise başarısız görüntü adedi 2 olmuştur.

Öklit uzaklığı ile yüz tanıma başarısı değerlendirildikten sonra Destek Vektör Makineleri (DVM) de yüz tanıma işlemi için kullanılmıştır. DVM yöntemi uygulanırken Dortmund

Üniversitesi'nde, Thorsten Joachims tarafından geliştirilen *svm_light* isimli araç kullanılmıştır (Joachims, 2004). Bu araca giriş bilgisi olarak TBA ve DAA yöntemleri ile azaltılmış yüz özellikleri verilmiştir.

DVM sisteminin eğitilmesi ve test edilmesi işlemlerinde *svm_light* içindeki *svm_learn* ve *svm_classify* isimli fonksiyonların kullanılabilmesi için, bu fonksiyonlara verilecek bilginin uygun bir formata çevrilmesi gerekmektedir.

TBA yönteminin DVM ile uygulanması sırasında her bir sınıf için belirlenen 10 adet görüntünün yüz uzayındaki iz düşümleri pozitif eğitim seti için başına +1, negatif eğitim seti için satır başına -1 değerleri koyularak Şekil 5.6' daki gibi verilmiştir. Her bir sınıf için bu işlem tekrarlanmış ve toplam olarak N sınıf sayısı olarak ifade edilirse, $N \times (N-1)/2$ adet eğitim dosyası oluşturulmuştur. Bu dosyalar *svm_learn* fonksiyonuna parametre olarak verilerek, bu dosyalara karşılık gelen model dosyaları elde edilmiştir.



Şekil 5.6 DVM veri giriş formatı

Sınıflandırma aşamasında ise yine aynı şekilde test görüntüsünün öz yüz değerleri test dosyasına hangi sınıfa ait olduğu bilinmediği için satır başına 0 verilerek yazılmıştır. Bu dosya daha sonra DVM'nin Yönlendirilmiş Çevrimsiz Çizge yöntemine göre eğitim model dosyaları ile *svm_classify* uygulamasına parametre olarak verilmiştir. Sınıflandırma işlemi *svm_classify* sonucu oluşan dosyadaki değerlerin sıfırdan büyük veya küçük olmasına göre belirlenir. Eğer sonuç sıfırdan büyük ise örnek pozitif, küçük ise negatif sınıfa aittir.

Öz Nitelikler Analizinden elde edilen özellikler, Öklid uzaklık metriği yerine DVM ile sınıflandırıldığında başarısız yüz bulma adedi 3 görüntüye düşmüştür.

DAA ile elde edilen özelliklerin DVM yönteminde kullanılmasında ise tüm görüntülerin yüz uzayındaki iz düşümleri yerine her bir sınıfın izdüşümleri kullanılır. TBA yönteminin DVM de kullanıldığı gibi satır başına pozitif eğitim seti için +1, negatif eğitim seti için -1 koyularak

eğitim dosyaları aynı şekilde oluşturulur. Eğitim dosyaları bir satır pozitif ve bir satır negatif örnekten oluşmaktadır. Uygulamanın bundan sonraki aşaması TBA yönteminin DVM ile kullanıldığı yöntemin birebir aynısıdır.

Tanıma aşamasında DAA’ dan elde edilen özellik değerleri DVM ile sınıflandırıldığında başarısızlık oranı değişmemiş ve 2 görüntüde kalmıştır. Haber videoları için yüz tanıma sisteminin veritabanındaki kişilerin durağan görüntüleri için başarı oranları ise Çizelge 5.3’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.3 Durağan görüntüler için yüz tanıma başarı oranları

	Doğru Tanıma Adedi	Oran(%)
Alternatif TBA-Öklid	483	96.6
TBA-Öklid	491	98.2
DAA-Öklid	498	99.9
TBA-DVM	497	99.4
DAA-DVM	498	99.9

Yüz tanıma işlemi 40 farklı haber videosuna uygulandığında toplam 22.365 anlık görüntü içinden yüz veritabanındaki kişilerin bulunduğu 17.295 görüntü için sistemin yüz tanıma başarısı Çizelge 5.4’ deki gibi elde edilmiştir. Başarının durağan görüntü sonuçlarına göre düşük olması arka plandaki değişikliklere, farklı zamanlarda kaydedilen görüntülere, yüz veritabanındaki kişilerin farklı makyaj, saç modelleri, farklı yüz ifadeleri ve farklı duruşlarına bağlı olmaktadır. Ayrıca kullanılan örnek sayısındaki artış da tanıma başarısının durağan görüntülere göre düşük olmasında etkindir.

Çizelge 5.4 Haber videoları için yüz tanıma başarı oranları

	Kullanılan Örnek Sayısı	Oran(%)
TBA-Öklid	17.295	72.3
DAA-Öklid	17.295	79.4
TBA-DVM	17.295	93.7
DAA-DVM	17.295	79.4

5.3. Yüz Doğrulama

Doğrulama işlemi sorgulanan kişinin video kaydında yer alıp almadığının incelenmesi ve var ise kaydının arşivlenmesidir. TBA ve DAA için doğrulama işlemi uzaklık metriği kullanılarak gerçekleştirilirken başarılı tanıma sonuçları için elde edilen uzaklık değerleri incelenmiş ve

bir eşik seviyesi değeri belirlenmiştir. TBA için doğru tanımların 1000-1400, yanlış tanımların 1300-1800 değerleri arasında değiştiği gözlenerek, eşik değeri 1300 olarak belirlenmiştir. DAA için doğru tanımların 250-500, yanlış tanımların 450-800 değerleri arasında değiştiği gözlenerek eşik değeri 450 olarak belirlenmiştir.

TBA ile doğrulama yapılırken sadece incelenecek kişi ile ilgili öz yüzler kontrol edilmiştir ve en küçük uzaklık eşik değeri ile karşılaştırılmıştır. Eğer uzaklık değeri eşik değerinden büyük ise görüntü aranılan kişiye ait değil, uzaklık eşik değerinden küçük veya eşit ise görüntü aranılan kişiye aittir kararı verilmiştir.

DAA ile doğrulama yapılırken incelenecek kişinin içinde bulunduğu sınıf ile uzaklık hesaplanmıştır. TBA’ da olduğu gibi uzaklık değeri eşik değeri ile kontrol edilerek doğrulama işlemi gerçekleştirilmiştir.

DVM yöntemi kullanılarak doğrulama işlemi gerçekleştirmek için ise doğrulanacak kişinin özelliklerini içeren dosya diğer tüm kişilerle aranılacak kişinin tüm model dosyalarıyla karşılaştırılır. Eğer tüm model dosyalarıyla karşılaştırmanın sonucu pozitif çıkarsa doğrulama işlemi gerçekleştirilmiş olur.

Tüm yöntemler için haber videolarında doğrulama işlemi, tanıma işleminde olduğu gibi 40 kişiye ait video görüntülerinden elde edilen 22.365 adet görüntü içinden yüz veritabanındaki kişilerin yer aldığı 17.295 görüntü için denenmiştir. Doğrulama başarı sonuçları Çizelge 5.5’ deki gibidir.

Çizelge 5.5 Haber videoları için doğrulama sonuçları

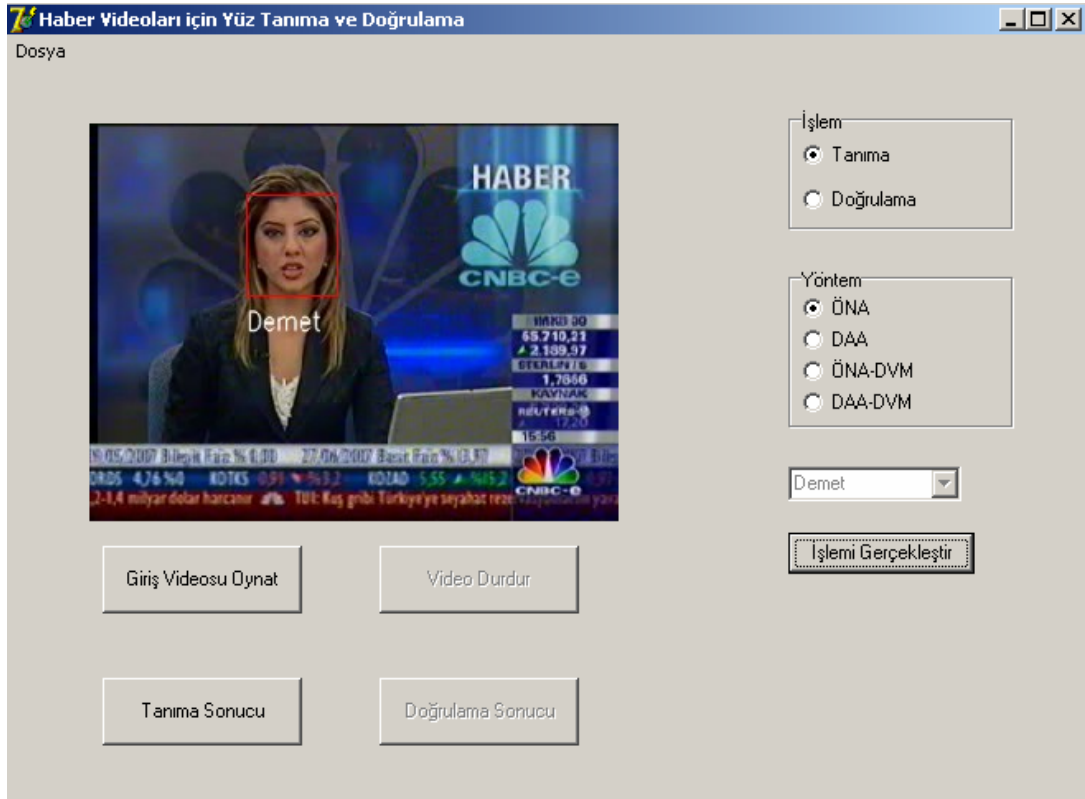
	Kullanılan Örnek Sayısı	Doğru Kabul Oranı	Yanlış Kabul Oranı	Doğru Ret Oranı
TBA-Öklid	17.295	85.8	23.9	14.2
DAA-Öklid	17.295	88.3	18.5	11.7
TBA-DVM	17.295	93.7	6.3	6.3
DAA-DVM	17.295	79.4	20.6	20.6

5.4. Arşivleme İşlemi

Uygulamanın en son adımı arşivleme işleminin gerçekleştirilmesidir. Arşivleme işlemi seçilen işleme göre değişiklik göstermektedir. İncelenecek haber videosu için eğer tanıma işlemi seçilmişse yüz bulma ve tanıma işlemlerinin sonuçları video görüntüsü üzerinde işaretlenip

haber videosu tamamıyla yeni bir dosyaya yazılmaktadır. Doğrulama işlemi seçilir ise ve doğrulanacak kişiye ait görüntüler haber videosunun içinde yer alıyorsa sadece bu görüntüler yeni bir dosyaya yazılmakta ve arşivleme gerçekleştirilmektedir.

Uygulama için geliştirilen ara yüz kullanılarak kullanıcılar seçtikleri bir video dosyası için tanıma veya doğrulama işlemini gerçekleştirebilmektedirler. İşlem belirlendikten sonra ise yöntem alanından da yöntem seçilebilmektedir. Eğer kullanıcı doğrulama işlemini seçerse bunu gerçekleştirmek için isim alanından bir isim seçmek zorundadır. Ara yüz üzerinde gerçekleştirilecek diğer işlemler ise seçilen haber videosunun ve işlem sonucunun kullanıcıya gösterilebilmesidir. Ayrıca işlem gerçekleştirilirken elde edilen görüntüler gerçek zamanlı olarak ara yüz üzerinde gösterilmektedir. Kullanıcı ara yüzü örnek görüntüsü Şekil 5.7’ de gösterilmektedir.



Şekil 5.7 Kullanıcı ara yüzü örnek görüntüsü

SONUÇ

Çoklu ortam uygulamalarının önem kazanması ile birlikte, poz ve aydınlatmanın çeşitlilik gösterdiği, çözünürlüğün düşük olduğu haber videolarında kişiler ile bilgileri arşivlemek ve gerektiği zaman sorgulamak için tanıma ve doğrulama işlemlerini görsel bilgileri kullanarak gerçekleştirmek son zamanlarda fazlaca ilgilenilen bir konu olmuştur.

Bu çalışmada haber videolarında, kişilere ait bilgileri arşivlemek ve gerektiği zaman sorgulamak için tanıma ve doğrulama işlemlerini görsel bilgileri kullanarak gerçekleştiren dik ve cepheden olan yüz görüntüleri için hızlı ve efektif bir arşivleme sistemi geliştirilmiştir.

Haber videoları için yüz tanıma veya yüz doğrulama işleminin ilk adımı olan yüzün bulunması aşamasında, daha önceden haber videoları için başarısı test edilmemiş, ortam şartları ve ifadeden bağımsız yüz özelliklerinin çıkarılmasına dayanan özellik tabanlı yüz bulma yöntemi uygulanmıştır. Haar dalgacık fonksiyonu özellikleri kullanılarak gri seviye değişimleri incelenmiş ve alan bilgisi sağlanarak hızlı ve başarılı bir şekilde yüz bulma işlemi gerçekleştirilmiştir. Alan bilgisine göre yüz özellikleri çıkarıldığında yanlış tespitler olabilmektedir. Bunu engellemek için renk özelliklerini değerlendiren ten bölgesi filtresi kullanılmıştır. Ten bölgesi filtresi kullanıldığında yanlış yüz bulma oranının azaldığı gözlemlenmiştir.

Ten bölgesi filtresi doğru bulunan yüzleri de eleyebilmektedir. Hem yüz olmayan bölgelerin tanınmaya çalışılması sistem tanıma veya doğrulama başarısını düşüreceğinden hem de doğru yüzlerin elenme oranı, yüz olmayan bölgelerin yüz olarak belirlenme oranından daha düşük olduğu için yüz olmayan bölgelerin tanınması yerine bazı yüz bölgelerinin elenmesi tercih edilmiştir.

Yüz tanıma veya doğrulama işlemlerinde ve özellik çıkarımında Temel Bileşenler Analizi(TBA) ve Doğrusal Ayırtaç Analizi(DAA) ile Öklid Uzaklık Metriği kullanıldığında sistem tanıma veya doğrulama başarısı düşük olsa da sistem hızı yüksek olmuştur. Destek Vektör Makineleri kullanıldığında ise hız düşük olsa da tanıma veya doğrulama başarısı daha yüksek olmuştur.

DAA, TBA'dan farklı olarak kişilere ait örnekleri tek tek değerlendirmek yerine bir sınıf içinde değerlendirdiği ve sınıf içi dağılımı en küçük, sınıflar arası dağılımı en büyük yaptığı

için TBA' ya göre Öklid Uzaklığı kullanıldığında daha başarılı sonuçlar vermektedir. Fakat TBA uygulanarak çıkarılan özellikler DVM ile sınıflandırmada pozitif ve negatif örneklerin çeşitlilik göstermesi ve fazla sayıda kullanılmasından dolayı DAA ile elde edilen özelliklere göre daha başarılı olmuştur. TBA ile DVM kullanırken bir kişiye ait örnek sayısı kadar pozitif ve negatif sınıf özellikleri kullanılırken DAA ile DVM kullanırken her sınıf için sadece birer adet pozitif ve negatif örnek kullanılmıştır. Tek özelliğin sınıflandırmada kullanılması DVM gibi güçlü bir sınıflandırıcının başarısını düşürmektedir.

Yüz veritabanı oluştururken kişiye ait benzerlik gösteren görüntüler yerine farklı ifadelerin, farklı pozların olduğu görüntüleri kullanmak haber videoları gibi insanların değişik ifadeler gösterdiği hareketli ortamlarda tanıma veya doğrulama başarısını artırıcı bir unsur olduğu gözlenmiştir.

Yüz veritabanı genişletildikçe yüz tanıma işleminin hızının düştüğü gözlenmiştir. Yüz veritabanının genişletilmesi yüz tanıma işlemi için karşılaştırılacak özelliklerin sayısında artışa neden olduğu gibi karşılaştırılacak yüzlerin sayısında da artışa neden olacaktır. Doğrulama işleminde ise sadece doğrulanacak kişiye ait özelliklere veya kişinin sınıf özellik değerlerine bakıldığından yüz veritabanının genişletilmesi sistem hızını etkilememiştir. DVM ile sınıflandırma yapıldığında ise hem tanıma işleminde hem de doğrulama işleminde sistem hızında belirgin bir düşüş gözlenmiştir. Çünkü DVM' de örnek özellik dosyası hem tanıma işleminde hem de doğrulama işleminde sınıf sayısı kadar model dosyası ile karşılaştırılmaktadır. Yüz veritabanının genişletilmesi ile tanıma veya doğrulama başarısının düşme olasılığı artsa da eğitim setinde farklı ifadelerin veya pozların kullanılması tanıma veya doğrulama başarısı belirgin bir şekilde değiştirmemiştir.

Yüz doğrulama işleminde TBA veya DAA ile Öklid Uzaklık Metriği kullanıldığında sistemin doğru kabul oranı yüz tanıma başarısına göre oldukça yüksek olmuştur. Fakat uzaklık değerinin eşik değeri ile karşılaştırılması nedeniyle yanlış kabul oranının da oldukça yüksek olduğu gözlenmiştir. Eşik değerinin küçültülmesi durumunda ise doğru kabul oranı ile birlikte yanlış kabul oranının da düştüğü gözlenmiştir.

Kullanılan yöntemlerin başarıları değerlendirildiğinde, sistemin yüz bulma başarısı %96.65, yanlış yüz bulma oranı %4.2 olmuştur. Bulunan yüz görüntüleri için sistemin yüz tanıma başarısı TBA ve Öklid Uzaklık Metriği kullanıldığında %72.3, DAA ve Öklid Uzaklık Metriği kullanıldığında %79.4 olmuştur. TBA ve DAA ile çıkarılan özellikler DVM ile

sınıflandırıldığında, TBA için tanıma oranı %93.7 olurken DAA için değişmemiştir. Sistemin doğrulama başarısı DVM için değişmezken TBA ile Öklid Uzunluk Metriği kullanıldığında doğru kabul oranı %85.8 olurken yanlış kabul oranı %23.9, DAA kullanıldığında doğru kabul oranı %88.3, yanlış kabul oranı %18.5 olmuştur. Bu sonuçlara göre TBA ile özellikler çıkarıldıktan sonra DVM ile tanıma veya doğrulama gerçekleştirilerek arşivleme sistemi geliştirilmiştir.

KAYNAKLAR

Ahuja Narendra, Yang Ming-Hsuan, Kriegman David J., (2002), "Detecting faces in images:A survey", In IEEE transactions on pattern analysis and machine learning, volume 24.

Belhumeur P. N., Hespanha J. P., and Kriegman D. J., (1997), "Eigenfaces vs. fisherfaces: recognition using class specific linear projection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 19, no. 7, pp. 711-720, July 1997.

Berg T. L., Berg, A. C., Edwards, J., Maire, M., White, R., Teh, Y. W., Learned-Miller,E., Forsyth, D. A., (2004), "Faces and names in the news", Computer Vision and Pattern Recognition.

Bledsoe W. W., (1964), "The model method in facial recognition," Panoramic Research Inc., Tech. Rep. PRI:15, Palo Alto, CA.

Brunelli R., Poggio T., (1997), "Face recognition: features versus templates", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 19, pages 675-676.

Eiceler S., Wallhoff F., Iurgel U., Rigoll G., (2001), "Content-based Indexing og Images and Video using Face Detection and Recognition Methods", Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2001, Proceedings. (ICASSP '01). IEEE International Conference on Volume 3, 7-11 May 2001 Page(s):1505-1508 vol.3 Digital Object Identifier 10.1109/ICASSP.2001.941217.

Gökalp D., Aksoy S., (2005), "Finding Faces in News Video", 4th International Workshop on Content-Based Multimedia Indexing, Riga, Latvia, June 21-23, 2005.

Grudin Maxim A., (2000), "On internal representations in face recognition systems", Pattern Recognition 33 page 1161-1177

Hafed Z. M., Levine M. D., (2001), "Face Recognition Using the Discrete Cosine Transform," International Journal of Computer Vision.

Heisele B., Ho P., Poggio T., (2001),"Face Recognition with Support Vector Machines: Global versus Component-based Approach", Proc. of the Eighth IEEE International Conference on Computer Vision, ICCV 2001, Vol. 2, 09-12 July 2001, Vancouver, Canada, pp. 688-694.

Hiremath P. S., Prabhakar C. J., 2005, "Face Recognition Technique Using Symbolic PCA Method". PReMI 2005: 266-271.

Hsu Rein-Lien, Abdel-Mottaleb Mohamed, Jain Anil K., (2002), "Face Detection in Color Images", IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 24(5): 696-706.

İkizler N., Duygulu P., (2005), "Person Search Made Easy". CIVR 2005: 578-588

Kanade T., (1977), "Computer Recognition of Human Faces", Basel and Stuttgart: Birkhauser.

Kapur Jay P., (1997), EE499 Capstone Design Project University of Washington Department of Electrical Engineering.

Kelly M. D., (1970), "Visual identification of people by computer," Tech. Rep. AI-130, Stanford AI Proj., Stanford, CA.

Lienhart Rainer, Maydt Jochen, (2002), "An extended set of haar-like features for rapid object detection", In ICIP, volume 1, pages 900-903.

Lu J., Plataniotis K.N., Venetsanopoulos A.N., (2003), "Face Recognition Using Kernel Direct Discriminant Analysis Algorithms", IEEE Trans. on Neural Networks, Vol. 14, No. 1, January 2003, pp. 117-126.

Ohya Jun, Nakatsu Ryohei, Tang Jishan, Kawato Shinjiro, (2000), "Locating human face in a complex background, including non-face skin colors", In International Conference on Imaging Science, Systems and Technology.

Peer P, Solina F., (1999), "An Automatic human face detection method", In N.Brandle, editor, Proceedings of Computer Vision Winter Workshop, pages 122-130,Rastenfeld, Austria.

Rowley Henry A., Baluja Shumeet, and Kanade Takeo. (1998), "Neural network-based face detection", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 20(1):23-38.

Saber E., Tekalp A., (1998), "Frontal-view face detection and facial features extraction using color, shape and symmetry based cost functions".

Santana M. C., (2003), "On Real-Time Face Detection in Video Streams. An Opportunistic Approach", PhD thesis, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Schneiderman H., Kanade T., (2002), "Object detection using the statistics of parts", Int. Journal of Computer Vision.

Senior A.W., (1999), "Recognizing Faces in Broadcast Video", Page(s):105 - 110 Digital Object Identifier 10.1109/RATFG.1999.799231,26-27 Sept. 1999.

Shin Joong-In, Kim Hyun-Sool, Kang Woo-Seok and Park Sang-Hui, (2000), "Face detection using template matching and ellipse fitting", In IeICE TRANS. INF. SYST., volume E83-D.

Turk M., Pentland A., (1991), "Eigenfaces for recognition," J. Cognitive Neuroscience, vol. 3, no. 1.

Turk M, Pentland A., (1991), "Face recognition using eigenfaces" , Proc. IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 586-591.

Viola Paul, Jones Michael J., (2001), "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features", In *Proc. IEEE Conf. Computer Vision and Pattern Recognition*, Hawaii, USA.

Vapnik, V. N., (1999). "An overview of statistical learning theory", In IEEE Transactions on Neural Networks.

Wiskott L., Fellous J.-M., Krueger N., von der Malsburg C., (1997), "Face Recognition by Elastic Bunch Graph Matching", IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 19, No. 7, pp. 776-779.

Yang Ming-Hsuan, (2004), "Recent Advances in Face Detection", IEEE ICPR 2004 Tutorial, Cambridge, United Kingdom, August 22, 2004.

Yang Ming-Hsuan, Ahuja Narendra and Kriegman David, (2000), "Face Recognition Using Kernel Eigenfaces", in Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP 2000), pp. 37-40, vol. 1, Vancouver, Canada, September.

INTERNET KAYNAKLARI

[1] <http://eurobiometricsforum.com/dmddocuments/>

[2] www.face-rec.org

[3] Intel. Intel Open Source Computer Vision Library, b5.0.
www.intel.com/research/mrl/research/opencv, December, 2005

[4] Roth Alexander, Face Recognition,
http://isl.ira.uka.de/mmseminar/download/2004/A_Roth-FaceRecognition.ppt, Eylül 2005.

[5] <http://automotif.bioinfo.pl/method.htm>

[6] http://pippin.gimp.org/image_processing/chap_resampling.html

EKLER

- Ek1 Eğitim Seti Görüntüleri
- Ek2 Başarılı ve Başarısız Yüz Bulma Örnekleri
- Ek3 Başarılı ve Başarısız Tanıma Örnekleri

Ek1. Eğitim Seti Görüntüleri

Kullanılan 40 kişi için eğitim seti görüntüleri aşağıdadır.









Ek2. Başarılı ve Başarısız Yüz Bulma Örnekleri

Başarılı yüz bulma sonuçlarını gösteren örnek görüntüler aşağıdaki gibidir. Kırmızı çerçeveler başarılı sonuçları, yeşil çerçeveler ise ten bölgesi filtresi sonucu elenmiş bölgeleri göstermektedir.







Başarısız yüz bulma örnekleri ise aşağıda gösterilmiştir:



Ek3. Başarılı ve Başarısız Tanıma Örnekleri

TBA için başarılı örnekler aşağıdaki gibidir. İkili görüntülerden soldaki görüntüler bilinmeyen yüz, sağdaki görüntüler ise eşleştirilen yüz veritabanı görüntüleridir.



Alternatif TBA için Öklid Uzaklık Metriği ile başarısız örnekler:



TBA için Öklid Uzaklık Metriği ile başarısız örnekler:



TBA-DVM için başarısız örnekler:



DAA için başarılı örnekler:



DAA için Öklid Uzaklık Metriği ile başarısız örnekler:



DAA-DVM için başarısız örnekler:



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad: Kürşat KÜÇÜKKÖŞKER

Doğum Tarihi: 09.12.1978

Doğum Yeri: Kadirli/ OSMANİYE

Eğitim

Lise 1993-1996 Gaziantep Fen Lisesi, Gaziantep

Lisans 1997-2002 Yıldız Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği

Yüksek Lisans 2003- Yıldız Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği

İş

2003- YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Araştırma Görevlisi

Staj

2002-4 hafta Servodata A.Ş.

2001-4 hafta Koçbank

2001-4 hafta Porcan Bilgisayar

2000-4 hafta DAS Doküman Arşivleme Sistemleri

Projeler

BITFTP İmplementasyonu (Y.T.U [2002])

Göz Hareketi Takibi Sistemi (Y.T.U. [2001])