

Altuzay Temelli Yaklaşımlar Kullanarak
Gerçek Zamanlı Yüz Tanıma

Hüseyin Gündüz

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Şubat 2010

Real Time Face Recognition
Using Subspace Based Approaches

Hüseyin Gündüz

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Electrical-Electronics Engineering Department

February 2010

Altuzay Temelli Yaklaşımlar Kullanarak
Gerçek Zamanlı Yüz Tanıma

Hüseyin Gündüz

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Telekomünikasyon ve Sinyal İşleme Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Rifat Edizkan

Şubat 2010

ONAY

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Hüseyin Gündüz'ün YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Altuzay Temelli Yaklaşımlar Kullanarak Gerçek Zamanlı Yüz Tanıma" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Rifat Edizkan

İkinci Danışman : Yrd. Doç. Dr. Hakan Çevikalp

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Yrd. Doç. Dr. Rifat Edizkan

Üye : Prof. Dr. Atalay Barkana

Üye : Yrd. Doç. Dr. Erol Seke

Üye : Yrd. Doç. Dr. Metin Özkan

Üye : Yrd. Doç. Dr. Kemal Özkan

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Nimetullah BURNAK

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüz tanıma son yıllarda yoğun ilgi toplayan araştırma alanlarından biridir. Fakat bu yoğun araştırmalara rağmen yüz tanıma pratik uygulamalar için bile oldukça zorlayıcı bir problemdir.

Bu tez çalışmasında yüz tanıma problemi üzerinde durulmuş ve bu problemin çözümü için altuzay temelli yöntemler kullanılmıştır. Var olan çalışmalar çoğunlukla tek bir yöntem üzerine odaklanmış veya bu çalışmalarda yalnızca yüz bulma konusu ve iyileştirilmesi işlenmiştir. Bu çalışmada ise yüz tanıma amacıyla Özyüz, Fisher-Yüz ve Ayırt Edici Ortak Vektör olmak üzere üç ayrı altuzay yöntemini kullanan, kullanıcılara farklı alternatifleri seçebilme ve başarımlarını gözlemleyebilme imkanı veren gerçek zamanlı yüz tanıma uygulaması geliştirilmiştir.

Ayrıca bu uygulamada ışık şiddeti etkilerini azaltabilmek ve gerçek zamanlı tanıma performansını arttırabilmek amacıyla, gri seviye piksel değerlerinin yanında Yerel İkili Örüntü imge özellikleri de kullanılmıştır. Bu sayede yüz tanıma başarımında iyileşme olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yüz tanıma, Temel Bileşen Analizi, Özyüz, Fisher-Yüz, Ayırt Edici Ortak Vektör, Yerel İkili Örüntü.

SUMMARY

In recent years, face recognition has received substantial attention by researchers. But despite this extensive research, face recognition is a still challenging problem for practical applications.

In this thesis we focus on face recognition problem. To this end, subspace-based methods have been used. Existing studies mostly focused on a single face recognition method or only the face detection part or improvements of these. In this work, a real-time face recognition application has been developed with using three separate subspace methods; Eigenface, Fisherface and Discriminative Common Vectors. Users can choose different alternatives and they can observe performances of the face recognition application.

In addition, in order to decrease illumination effects and to increase real time performance, Local Binary Patterns are used for image representation beside grayscale pixel value. In this way, the performance of face recognition application is improved.

Keywords: Face recognition, Principal Component Analysis, Eigenface, Fisherface, Discriminative Common Vector, Local Binary Pattern.

TEŞEKKÜR

Bu alıŐma sűresince danıŐmanlıđını yapan ve bana sűrekli destek olan sayın danıŐmanım Yrd. Doç. Dr. Rifat Edizkan'a, katkılarını hiç esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Hakan evikalp'e teŐekkűrlerimi içtenlikle sunarım.

Ayrıca bu sűreteki yardımlarından dolayı sevgili arkadaşlarım, Serkan Baysal, Ferhat Ően, Esin Őahin, BaŐak DurmuŐ, Ahmet Őzen, Őzge Turgak, Esra Erelik ve diđer yakın dostlarıma, son olarak da aileme teŐekkűrű bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

| | <u>Sayfa</u> |
|--|--------------|
| ÖZET | v |
| SUMMARY | vi |
| TEŞEKKÜR | vii |
| İÇİNDEKİLER | viii |
| ŞEKİLLER DİZİNİ | x |
| ÇİZELGELER DİZİNİ | xii |
| KISALTMALAR DİZİNİ | xiii |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1 Yüz Tanıma Sistemlerinin Yapısı | 2 |
| 1.2 Yüz Tanıma Uygulama Alanları | 3 |
| 1.3 Yüz Tanımadaki Genel Güçlükler..... | 3 |
| 1.4 Yüz Tanımda Kullanılan Temel Yaklaşımlar..... | 4 |
| 1.4.1 Özellik tabanlı yöntemler | 4 |
| 1.4.2 Görünüş tabanlı yöntemler | 5 |
| 2. ÖZELLİK ÇIKARTMA | 7 |
| 2.1 Gri Seviye Piksel Değerleri..... | 7 |
| 2.2 Yerel İkili Örüntü (Local Binary Pattern)..... | 8 |
| 3. ALTUZAY TEMELLİ YÖNTEMLER | 11 |
| 3.1 Tanımlar | 11 |
| 3.2 Özyüz (Eigenface) Yöntemi..... | 12 |
| 3.3 Fisher-Yüz (Fisherface) Yöntemi..... | 14 |
| 3.4 Ayırt Edici Ortak Vektör (Discriminative Common Vector) Yöntemi..... | 16 |
| 4. YÜZ TANIMA SİSTEMİ TASARIMI | 19 |
| 4.1 Eğitim Alt Sistemi | 20 |
| 4.1.1 Veri matrisleri oluşturma modülü..... | 21 |
| 4.1.2 Altuzay algoritmaları modülü..... | 22 |
| 4.2 Gerçek Zamanlı Tanıma Alt Sistemi..... | 22 |
| 4.2.1 Yüz bulma modülü | 23 |

İÇİNDEKİLER (Devam)

| | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| 4.2.2 Ön işleme modülü..... | 23 |
| 4.2.3 Tanıma modülü..... | 23 |
| 5. YÜZ TANIMA SİSTEMİ GRAFİK ARAYÜZÜ | 24 |
| 5.1 Uygulama Geliştirme Araçları | 24 |
| 5.2 Veritabanı Oluşturma Uygulaması Arayüzü..... | 25 |
| 5.2.1 Menüler çubuğu | 27 |
| 5.2.2 Kamera görüntüsü gösterim ekranı..... | 32 |
| 5.2.3 Bilgilendirme çubuğu | 33 |
| 5.2.4 Anlık bilgi paneli | 33 |
| 5.2.5 Görüntü yakalama ayarları paneli..... | 33 |
| 5.2.6 Görüntü yakalama butonu..... | 33 |
| 5.2.7 Görüntü kayıt butonu..... | 33 |
| 5.3 Gerçek Zamanlı Yüz Tanıma Uygulaması Arayüzü..... | 35 |
| 5.3.1 Menüler çubuğu | 36 |
| 5.3.2 Kamera görüntüsü gösterim ekranı..... | 44 |
| 5.3.3 Bilgilendirme çubuğu | 44 |
| 6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR..... | 46 |
| 6.1 ORL Veritabanı Deneyleri | 47 |
| 6.2 YTSV Deneyleri..... | 48 |
| 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER | 51 |
| KAYNAKLAR DİZİNİ | 53 |

ŞEKİLLER DİZİNİ

| | <u>Sayfa</u> |
|---|--------------|
| Şekil 1.1. Yüz tanıma işleminde bilgi akışı | 2 |
| Şekil 2.1. 256 seviye gri renk değerleri (Turhal, 2008) | 7 |
| Şekil 2.2. YİÖ'nün elde edilişi (Ahonen et al., 2006) | 9 |
| Şekil 2.3. (a) (8,1), (b) (16,2), (c) (8,2) göre oluşturulmuş YİÖ | 9 |
| Şekil 2.4. Orijinal imge (Solda) ve YİÖ operatörü ile oluşturulmuş imge (Sağda) | 9 |
| Şekil 2.5. (a) 3 × 3 (b) 5 × 5 (c) 7 × 7 Bölgeye ayrılmış imge (Ahonen et al., 2006) .. | 10 |
| Şekil 2.6. Histogramların eklenmesi (Ekenel et al., 2008) | 10 |
| Şekil 3.1. (a) Başarısız izdüşüm (b) Başarılı izdüşüm (Eleyan, 2009) | 14 |
| Şekil 4.1. Geçek zamanlı yüz tanıma sistemi mimari yapısı | 20 |
| Şekil 5.1. Veritabanı oluşturma uygulaması arayüzü | 26 |
| Şekil 5.2. File menüsü alt menüleri | 27 |
| Şekil 5.3. New Database ekranı | 28 |
| Şekil 5.4. Export ekranı | 29 |
| Şekil 5.5. Action menüsü alt menüleri | 30 |
| Şekil 5.6. New Class ekranı | 31 |
| Şekil 5.7. About ekranı | 32 |
| Şekil 5.8. Capture ekranı | 34 |
| Şekil 5.9. Gerçek zamanlı yüz tanıma uygulaması arayüzü | 35 |
| Şekil 5.10. Gerçek zamanlı yüz tanıma uygulaması menüleri | 36 |
| Şekil 5.11. File menüsü alt menüleri | 36 |
| Şekil 5.12. Train menüsü alt menüleri | 37 |
| Şekil 5.13. New Training ekranı | 37 |
| Şekil 5.14. Eğitim sırasında ilerleyişin gösterildiği ekran | 38 |
| Şekil 5.15. Recognition menüsü alt menüleri | 39 |
| Şekil 5.16. Cross Validation ekranı | 40 |
| Şekil 5.17. Option alt menüleri | 41 |
| Şekil 5.18. Configuration ekranı | 42 |
| Şekil 5.19. Help menüsü alt menüleri | 44 |

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devam)

| | <u>Sayfa</u> |
|--|---------------------|
| Şekil 5.20. About ekranı | 44 |
| Şekil 6.1. Bağımsız geçerlilik sınaması (Cross Validation) | 47 |
| Şekil 6.2. ORL veritabanına ait bazı görüntüler | 47 |
| Şekil 6.3. YTSV'ye ait bazı görüntüler | 49 |

ÇİZELGELER DİZİNİ

| <u>Şekil</u> | <u>Sayfa</u> |
|---|---------------------|
| Çizelge 5.1. Veritabanı oluşturma uygulaması arayüzü açıklamaları..... | 26 |
| Çizelge 5.2. New Database ekranı açıklamaları | 28 |
| Çizelge 5.3. Export ekranı açıklamaları..... | 29 |
| Çizelge 5.4. New Class ekranı açıklamaları | 31 |
| Çizelge 5.5. Capture ekranı açıklamaları | 34 |
| Çizelge 5.6. Gerçek zamanlı yüz tanıma uygulaması arayüzü açıklamaları..... | 35 |
| Çizelge 5.7. New Training ekranı açıklamaları | 38 |
| Çizelge 5.8. Cross Validation ekranı açıklamaları..... | 40 |
| Çizelge 5.9. Configuration ekranı açıklamaları | 42 |
| Çizelge 6.1. ORL veritabanı kullanılarak elde edilen tanıma oranları..... | 48 |
| Çizelge 6.2. YTSV kullanılarak elde edilen tanıma oranları | 49 |

KISALTMALAR DİZİNİ

| <u>Kısaltmalar</u> | <u>Açıklama</u> |
|---------------------------|---|
| AEOV | Ayırt Edici Ortak Vektör (Discriminative Common Vector) |
| DCV | Discriminative Common Vector (Ayırt Edici Ortak Vektör) |
| DVM | Destek Vektör Makineleri |
| IDE | Integrated Development Environment |
| FDA | Fisher Doğrusal Ayırıcı |
| OpenCV | Open Computer Vision |
| ORL | Olivetti-Oracle Research Laboratory |
| TBA | Temel Bileşen Analizi |
| YİÖ | Yerel İkili Örüntü (Local Binary Pattern) |
| YTSV | Yüz Tanıma Sistemi Veritabanı |

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Yüz tanıma sosyal ilişkilerde temel rol oynar. Bununla birlikte yüz tanıma basit günlük aktivitelerde bile çok önemlidir. Çoğunlukla, kişiler etkileşim içinde olduklarını tanırlarsa iletişime girerler ve kimlik tespiti de genelde yüz tanıma yoluyla gerçekleşir. Çok sayıda yüzü kolaylıkla tanıyabilen insanlar, son derece karmaşık olan bu işlemi doğal bir şekilde ve anında gerçekleştirirler (Quintiliano and Rosa, 2006).

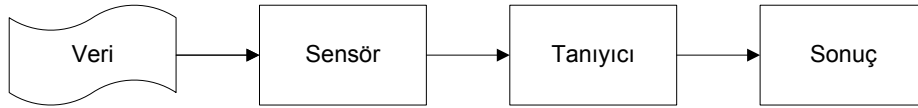
İnsan beyninde yüz tanıma amacıyla özel bir bölgenin var olduğu bilinmektedir. Özellikle nöropsikologlar bu mekanizmayı anlamakla ilgilenmişlerdir. Geçtiğimiz yıllarda bu konu ile ilgili çok sayıda araştırma yapılmıştır. Fakat yüz tanıma için bilgisayar tabanlı bir modelin oluşturulması yüz bilgilerinin karmaşık ve değişken olmasından dolayı oldukça zordur.

Bu tez çalışmasında yüz tanıma problemi üzerinde durulmuş ve bu problemin çözümü için altuzay temelli yöntemler kullanılmıştır. Var olan çalışmalar çoğunlukla tek bir yöntem üzerine odaklanmış veya bu çalışmalarda yalnızca yüz bulma konusu ve iyileştirilmesi işlenmiştir. Burada ise yüz tanıma amacıyla üç ayrı altuzay yöntemini kullanan, kullanıcılara farklı alternatifleri seçebilme ve başarımlarını gözlemleyebilme imkanı sunan, gerçek zamanlı yüz tanıma uygulaması geliştirilmiştir. Ayrıca bu uygulamada tanıma performansını arttırabilmek amacıyla gri seviye piksel değerlerinin yanında Yerel İkili Örüntü kullanılmıştır.

Bu bölümde genel olarak yüz tanıma sistemleri yapısı, kullanım alanları, genel güçlükler ve yüz tanıma sistemlerinde kullanılan temel yaklaşımlar hakkında bilgi verilmektedir.

1.1 Yüz Tanıma Sistemlerinin Yapısı

Yüz tanıma problemi, herhangi bir video ya da imgeden bilinmeyen kişi/kişilere ait özellikleri eğitim setindeki etiketli özelliklerle karşılaştırarak bu kişi/kişilerin belirlenmesi problemi olarak tanımlanmaktadır (Zhao et al., 2003). Yüz tanıma insanlar için sıradan bir olgudur ve günlük yaşamlarında birçok kez bunu farkında olmadan gerçekleştirirler. Tanıma sırasında bilgi akışı Şekil 1.1'deki gibidir (Ballot, 2005).



Şekil 1.1. Yüz tanıma işleminde bilgi akışı

Bu yapıda bilgiler sensör yardımıyla algılanıp, tanıyıcı bölümüne gönderilir. Tanıyıcı bölümünde önceden var olan binlerce yüz bilgisi ile karşılaştırılır, sonuç bölümünde ise başarılı veya başarısız tanıma olarak değerlendirilirler. Bu sistem insanlarda çok başarılı çalışmaktadır. Ancak yüz tanıma amacıyla bilgisayara dayalı bir modelin oluşturulması yüz bilgilerinin karmaşık ve değişken olmasından dolayı oldukça zordur. Oysa insan beyni, bir an gördüğü bir yüzü yıllar sonra bile yaşlanma, saç uzaması, sakal bırakma gibi değişmelere rağmen, bir kaç saniye içerisinde hatırlayabilmektedir. İnsan beynindeki bu üst düzey yetenek, yüz tanıma esnasında bilginin en iyi ve en kısa şekilde kodlandığı gerçeğini ortaya çıkarmaktadır (Atalay ve Gökmen, 1996). Bu işlemin insan beyninde gerçekleştiği şekilde bilgisayarla gerçekleştirebilmek halen çözülemeyen bir problemdir.

1.2 Yüz Tanıma Uygulama Alanları

Yüz tanıma, geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu alanlar aşağıdaki gibi özetlenebilir (Jafri and Arabnia, 2009).

- Güvenlik (Binalara giriş ve çıkış, havaalanı/liman, sınır güvenlik noktaları, ATM makineleri, bilgisayar/ağ güvenliği, multimedya iş istasyonları üzerinde e-posta doğrulama).
- Gözetim (Suçluların aranması).
- Genel kimlik doğrulama (Banka işlemleri, elektronik ticaret, şifre, araç lisansı)
- Adalet sistemi (Adli tıp, olay sonrası inceleme).
- İmge veritabanı araştırması (Kayıp arama).
- “Akıllı Kart” uygulamaları (İmgeleri bir veri tabanında korumak yerine, akıllı kart içinde bar kod olarak saklanabilir, kimlik doğrulama kayıtlı görüntü ile gerçek zamanlı görüntünün eşleşmesiyle sağlanır).
- İnsan bilgisayar etkileşimi (İçerik algılama, yaşlı ve çocuk koruma merkezlerinde davranışları izlemek, müşteri tanıma ve onların isteklerini cevaplama).
- Video indeksleme (Video içinde yüzleri etiketleme).

Bu uygulamalara ek olarak yüz tanıma, cinsiyet sınıflandırma, yüz ifadesi tanıma, yüz özelliği tanıma ve takip alanlarında da kullanılır. Ayrıca yüz tanıma, ses, iris, parmak izi, kulak ve yürüyüş tanıma gibi biyometrik özelliklerle birlikte tanıma performansını artırma amaçlı da kullanılabilir.

1.3 Yüz Tanımadaki Genel Güçlükler

Yüz tanıma nesne tanıma çalışmaları içinde zor olanlarından biridir. Bunun nedeni insan yüzlerinde birbirlerine benzer özelliklerin çok olmasıdır. Ön yüz imgesi bu nedenden dolayı imge uzayında çok yoğun bir yer teşkil eder ve sonuç olarak

imgelerin geleneksel örüntü sınıflandırma teknikleriyle doğru şekilde sınıflandırılması büyük ölçüde azalır (Nastar and Mitschke, 1998).

İnsan yüzü eşsiz, katı bir nesne değildir. Çeşitli sebeplerden dolayı yüz görünümünde değişimler olabilir. Yüzdeki değişikliklerin kaynağı iç ve dış faktörler olarak iki grupta toplanabilir (Gong et al., 2000):

- **İç Faktörler:** Yüzün fiziksel doğası gereği vardır ve gözlemciden bağımsız olarak gerçekleşir. Bu faktörlerde kendi içinde kişiye özel ve kişiler arası olmak üzere iki gruba ayrılır. Yüz görünümündeki yaş, yüz ifadesi, sakal, gözlük, kozmetik kullanımı gibi özellikler kişiye özel faktörler olarak değerlendirilir. Kişiler arası faktörlerde ise görüntüdeki farklılıklar kişinin kendisinden bağımsızdır. Etnik farklılıklar ve cinsiyet, örnek olarak gösterilebilir.
- **Dış Faktörler:** Yüz ve gözlemcinin ışık ile etkileşimi sonucu ortaya çıkar. Ayrıca bu faktörler, ışık şiddeti değişimini, poz açısı, ölçek, görüntülenme parametrelerini (çözünürlük, odak, gürültü) içerir.

1.4 Yüz Tanımda Kullanılan Temel Yaklaşımlar

Özellik çıkartımı yöntemlerindeki farklılığa göre literatürde yüz tanıma için iki yöntemin yaygın olarak kullanıldığı görülür. Bunlar özellik tabanlı ve görünüş tabanlı yöntemlerdir.

1.4.1 Özellik tabanlı yöntemler

Özellik tabanlı yöntemler, yüzde bulunan bazı yapısal özelliklerden faydalanarak yüzleri sınıflandırma temeline dayanır. Yüzdeki önemli özellik noktalarına, gözler, burun, dudaklar ve çene örnek gösterilebilir. Bu özellik noktaları arasındaki mesafeler

veya açılar gibi değişmeyen noktalara bakılarak sınıflandırma yapılır. Yapısal Eşleme (Cox et al., 1996) ve Elastik Demet Grafi Eşleme (Wiskott et al., 1997) yöntemleri özellik tabanlı yöntemlerdendir.

1.4.2 Görünüş tabanlı yöntemler

Görünüş tabanlı yöntemlerde imgeler direkt piksellerin aldığı yoğunluk değerleri ile yada bu piksellere uygulanan Gabor filtre çıktıları veya Yerel İkili Örüntü (Ahonen et al., 2006) gibi lokal imge betimleme teknikleri ile ifade edilirler. Bu imge betimlemeleri ile ifade edilen yüz imgeleri genellikle çok yüksek boyutludur ve imgeler vektörlere çevrilerek bu yüksek boyutlu uzaydaki noktalar olarak kabul edilir. Birçok görünüş tabanlı yaklaşımlarda yüz imge vektörlerinin vektör uzayındaki dağılımını analiz etmek için istatistiksel teknikler kullanılır. Burada amaç, farklı uygulamalar için en etkin ve etkili gösterim (özellik) uzayını elde etmektir. Daha sonra verilen bir test imgesi için, test görünüşü ile şablonlar arasındaki benzerlikler özellik uzayında belirlenir ve test imgesi en benzer şablona ait sınıfa atanır. Bu yöntemlere örnek olarak Temel Bileşen Analizini kullanan Özyüz (Turk and Pentland, 1991), doğrusal ayırt etme yöntemini kullanan Fisher-Yüz (Belhumeur et al., 1997), ICA (Bartlett et al., 1998), Ayırt Edici Ortak Vektör (Cevikalp et al., 2005), Direct LDA (Yu and Yang, 2001) sayılabilir. Bu sınıflandırıcılarda her yöntem, yöntemin kullandığı istatistiksel analiz şekline göre özellik vektör uzayını veren kendine özgü taban vektörlere sahiptirler. Yüz vektörünün taban vektörlerinin üzerine izdüşümü alınarak izdüşüm katsayıları elde edilir. Bu katsayılar her imgenin öznitelik gösterimi için kullanılır. Test imgesinin ve şablonlar arasındaki benzerlik skoru, izdüşümüyle bulunan katsayı vektörlerinden elde edilir. Tanıma için en yüksek benzerliğe bakılır. Bu yöntemlerin yanında Destek Vektör Makineleri (DVM) (Osuna et al., 1998) ve sınıflar arası marjini en büyütmeyi amaçlayan DVM benzeri yöntemler (Cevikalp et al., 2008) de yüz tanıma için sık kullanılmaya başlanmıştır.

Son yıllarda ise yüz verilerinin yüksek boyutlu uzayda doğrusal olmayan imge manifoldları üzerinde olduğu kabul edilmiş ve yüz tanıma için doğrusal olmayan ayırt

etme yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu amaçla ISOMAP (Tenenbaum et al., 2000), Locally Linear Embedding (Roweis and Saul, 2000), Laplacianfaces (He et al., 2005) gibi yöntemlerle birlikte kernel hilesini kullanan Kernel Temel Bileşen Analizi (Scholkopf et al., 1998), Kernel Doğrusal Ayırıcı Analizi (Mika et al., 1999) ve Kernel Ayırt Edici Ortak Vektör (Cevikalp et al., 2006) gibi yöntemler kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Kernel hilesini kullanan yöntemlerdeki temel prensip, yüz verilerini verilerin doğrusal olarak ayrıştırılabileceği çok boyutlu bir uzaya çıkarmak ve doğrusal ayırt etme tekniklerini bu uzayda uygulamaktır. Tüm işlemler kernel hilesi kullanılarak etkili bir şekilde giriş uzayında yapılmakta ve çok boyutlu uzayda çalışılmamaktadır.

İmgelere ait vektörleri kullanan yöntemlerin yanı sıra bazı yöntemlerde direkt yüz imge matrislerini yada daha yüksek dereceli tensörleri kullanılmaktadır. Bu yöntemlere örnek olarak klasik temel bileşen analizinin tensör uyarlaması olan Multilinear Bileşen Analizi (Vasilescu and Terzopoulos, 2002; Lu et al., 2006), klasik ayırtaç analizinin multilinear genişlemesi olan Multilinear Diskriminant Analizi (Yan et al., 2007), Genel Tensör Ayırtaç Analizi (Tao et al., 2007) gibi yöntemler verilebilir.

Son olarak yüz tanıma için tek bir imge yerine birden çok imge kullanan yöntemlerden bahsetmek gerekir. Yukarıda bahsi geçen yöntemler test edilen yüz veritabanları için çok iyi sonuçlar verse de, normal yaşamdan alınan imgelerde pek başarılı sonuçlar vermemektedir. Bunun temel nedenlerinden biri oluşturulan yüz veritabanlarının kontrollü ortamlarda ve şartlarda oluşturulmasıdır. Fakat günlük hayatta video kameralar aracılığıyla alınan imgelerde aydınlatma ve poz farklılıkları gibi nedenlerle yöntemlerin başarısı düşmektedir. Bu problemleri ortadan kaldırmak için bazı araştırmacılar tek bir imge yerine birden fazla imge kullanmayı önermişlerdir. Bu tür yöntemlerde video kameralar vasıtasıyla kişilerden birden fazla imge alınır ve yeni test imgeleri geldiğinde bu imge setleri arasındaki benzerliğe bakılır (Arandjelovic et al., 2005; Wang et al., 2008). Bu yöntemlerin gerçek hayattaki uygulamalarda daha başarılı olduğu gözlenmiştir.

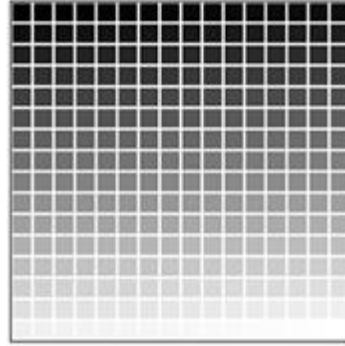
BÖLÜM 2

ÖZELLİK ÇIKARTMA

Bu tez çalışması kapsamında iki farklı özellik çıkarma yöntemi kullanılmıştır. Bu bölümde bu yöntemler anlatılmaktadır.

2.1 Gri Seviye Piksel Değerleri

Gri seviye piksel değerleri, renklerin 0 ile 255 arasında değiştiği, siyah rengin 0, beyaz rengin ise 255 ile gösterildiği bir renk skalasıdır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. 256 seviye gri renk değerleri (Turhal, 2008)

İmge üzerindeki bütün piksellerin gri seviye değerleri yani yoğunlukları, satırlar ya da sütunlar alt alta gelecek şekilde dizilerek özellik vektörü meydana getirilir. Oluşturulan bu özellik vektörü tanımda kullanılır. Fakat gri seviye piksel değerleri ışık şiddetinden çok etkilenmektedir. Bu etkileri azaltmak amacıyla Yerel İkili Örüntü kullanılabilir.

2.2 Yerel İkili Örüntü (Local Binary Pattern)

Görüntü doku analizi bilgisayarda görüde çok önemli bir yere sahiptir. Geçmiş yıllarda araştırmacılar teorik ve hesaplama açısından basit; fakat doku analizinde çok etkili olan Yerel İkili Örüntü (YİÖ) yöntemini geliştirdiler.

Yukarıda belirtildiği gibi YİÖ yaklaşımı özellikle doku analizlerinde çok önemlidir. Bunun yanında gerçek yaşamda yapılan uygulamalarda ışık şiddetinde oluşabilecek olan değişmelere karşı etkili olması diğer önemli özelliğidir. Ayrıca hesaplama açısından da kolaylık sağlar.

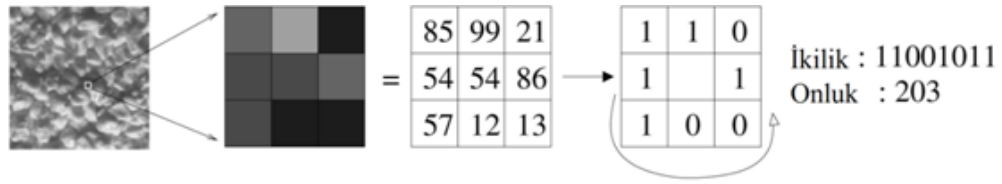
YİÖ herhangi bir piksel koordinatı çevresindeki sekiz komşulukta kurallı ikili yoğunluk karşılaştırmaları yapar (Eş. 2.1).

$$YIÖ(x_c, y_c) = \sum_{n=0}^7 s(i_n - i_c) 2^n \quad (2.1)$$

Burada i_c orta nokta yani (x_c, y_c) 'nin gri renk seviyesi değerini, i_n ise orta noktanın etrafındaki 8 noktanın gri renk seviyesi değerlerini ifade eder. Bu durumda elde edilen fonksiyon şu şekildedir.

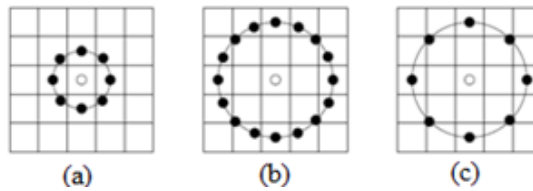
$$s(x) = \begin{cases} 1 & \text{Eğer } x \geq 0 \\ 0 & \text{Eğer } x < 0 \end{cases} \quad (2.2)$$

Bu 8 nokta için, ortadaki piksel değeri kesim noktası kabul edilir ve ortadaki değerden büyük veya eşit olanlara 1 küçük olanlara ise 0 değeri verilerek ikili bir kod elde edilir (Şekil 2.2).

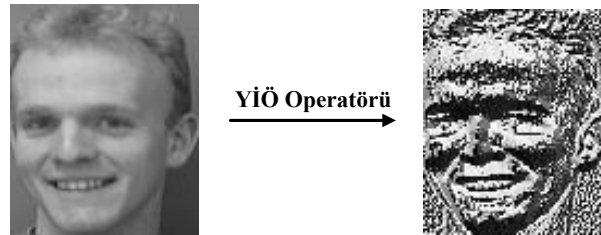


Şekil 2.2. YİÖ'nün elde edilmesi (Ahonen et al., 2006)

Elde edilen bütün YİÖ kodları kullanılmaz (Ojala et al., 1996). Bunun yerine (0) dan (1)'e değişim sayısı iki veya daha az olanlar kullanılır. Bu şablonlar tekbiçim (uniform) olarak adlandırılır. Örneğin 11110011 veya 000111111 tekbiçim şablonlardır. Fakat 01100110 veya 10100110 tekbiçim olmayan şablonlardır. Tekbiçim Yerel İkili Örüntü $YİÖ_{P,R}^u$ ifadesi ile belirtilir. Burada P nokta sayısı, R yarıçapı ifade etmektedir. Şekil 2.3'te farklı (P,R) çiftleri için oluşturulmuş YİÖ şekilleri gösterilmektedir. Şekil 2.4'te de YİÖ operatörünün yüz imgesine uygulanmasıyla elde edilen imge verilmektedir.

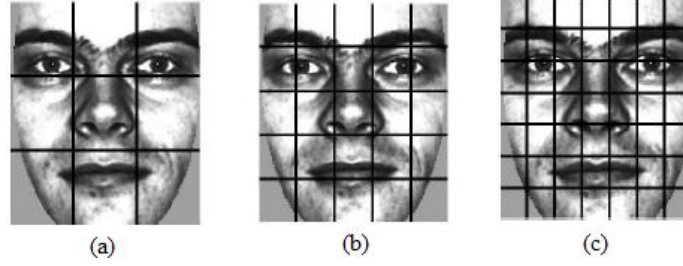


Şekil 2.3. (a) (8,1), (b) (16,2), (c) (8,2) göre oluşturulmuş YİÖ

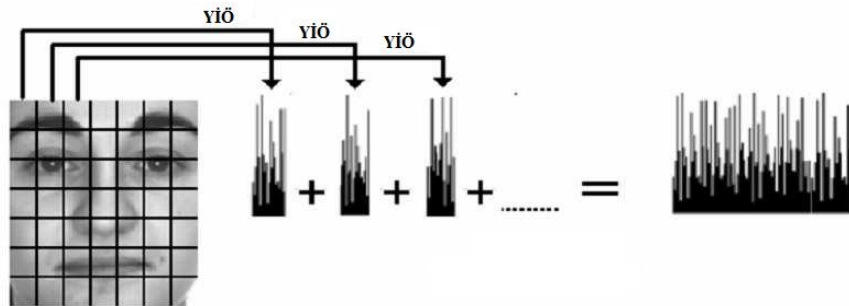


Şekil 2.4. Orijinal imge (Solda) ve YİÖ operatörü ile oluşturulmuş imge (Sağda)

İmgeler belirli sayıda bölgeye ayrılır ve her bölge için $Y\ddot{O}_{p,R}^u$ kodlarından histogramlar elde edilir sonrasında bu histogramlar birbirine eklenir (Şekil 2.6). Elde edilen yeni histogram özellik vektörü olarak kullanılır.



Şekil 2.5. (a) 3×3 (b) 5×5 (c) 7×7 Bölgeye ayrılmış imge (Ahonen et al., 2006)



Şekil 2.6. Histogramların eklenmesi (Ekenel et al., 2008)

BÖLÜM 3

ALTUZAY TEMELLİ YÖNTEMLER

3.1 Tanımlar

Eğitim setinin C sınıftan oluştuğu ve i 'nci sınıfın N_i tane örnekten meydana geldiği düşünülürse, toplam örnek sayısı olan M aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunabilir.

$$M = \sum_{i=1}^C N_i . \quad (3.1)$$

Sınıfı i olan m 'ninci imge örneğini d boyutlu uzayda \mathbf{x}_m^i ile gösterirsek, sınıf-içi saçılım matrisi \mathbf{S}_W ve sınıflar-arası saçılım matrisi \mathbf{S}_B Eş. (3.2) ve Eş. (3.3) kullanılarak hesaplanır.

$$\mathbf{S}_W = \sum_{i=1}^C \sum_{m=1}^{N_i} (\mathbf{x}_m^i - \boldsymbol{\mu}_i) (\mathbf{x}_m^i - \boldsymbol{\mu}_i)^T = \mathbf{A}_W \mathbf{A}_W^T , \quad (3.2)$$

$$\mathbf{S}_B = \sum_{i=1}^C N_i (\boldsymbol{\mu}_i - \boldsymbol{\mu}) (\boldsymbol{\mu}_i - \boldsymbol{\mu})^T = \mathbf{A}_B \mathbf{A}_B^T . \quad (3.3)$$

Toplam saçılım matrisi \mathbf{S}_T ise şöyle bulunur,

$$\mathbf{S}_T = \sum_{i=1}^C \sum_{m=1}^{N_i} (\mathbf{x}_m^i - \boldsymbol{\mu}) (\mathbf{x}_m^i - \boldsymbol{\mu})^T = \mathbf{A}_T \mathbf{A}_T^T = \mathbf{S}_W + \mathbf{S}_B . \quad (3.4)$$

Bu eşitliklerde, $\boldsymbol{\mu}$ eğitim setindeki tüm örneklerin ortalama vektörünü, $\boldsymbol{\mu}_i$ ise i 'nci sınıfın ortalama vektörünü ifade etmektedir. Matrisler $\mathbf{A}_W \in \mathfrak{R}^{d \times M}$, $\mathbf{A}_B \in \mathfrak{R}^{d \times C}$, $\mathbf{A}_T \in \mathfrak{R}^{d \times M}$ sırasıyla şu şekilde hesaplanır.

$$\mathbf{A}_W = [\mathbf{x}_1^1 - \boldsymbol{\mu}_1 \quad \dots \quad \mathbf{x}_{N_1}^1 - \boldsymbol{\mu}_1 \quad \mathbf{x}_1^2 - \boldsymbol{\mu}_2 \quad \dots \quad \mathbf{x}_{N_C}^C - \boldsymbol{\mu}_C] , \quad (3.5)$$

$$\mathbf{A}_B = [\sqrt{N_1}(\boldsymbol{\mu}_1 - \boldsymbol{\mu}) \quad \dots \quad \sqrt{N_C}(\boldsymbol{\mu}_C - \boldsymbol{\mu})] , \quad (3.6)$$

$$\mathbf{A}_T = [\mathbf{x}_1^1 - \boldsymbol{\mu} \quad \dots \quad \mathbf{x}_{N_1}^1 - \boldsymbol{\mu} \quad \mathbf{x}_1^2 - \boldsymbol{\mu} \quad \dots \quad \mathbf{x}_{N_C}^C - \boldsymbol{\mu}] . \quad (3.7)$$

3.2 Özyüz (Eigenface) Yöntemi

Özyüz yöntemi 1991 yılında Turk and Pentland tarafından önerilmiştir (Turk and Pentland, 1991). Özyüz yönteminin temeli Temel Bileşen Analizi (TBA) yada Karhunen-Loeve dönüşümüne dayanır.

TBA standart boyut indirgeme yöntemidir. Bu yöntem, büyük boyutlu orijinal yüz uzayından lineer olarak daha düşük boyutlu bir özellik altuzayına (özüzay) dönüşümü gerçekleştirir. Asıl amaç, örnek uzayda en iyi izdüşüm yönlerini bularak $J_{PCA}(\mathbf{W}_{opt}) = \max |\mathbf{W}^T \mathbf{S}_T \mathbf{W}|$ sütun matrisi \mathbf{W} 'nin birimlik olduğu kısıt için kriteri maksimize etmektir. Özellik çıkarımında izdüşüm vektörü olarak en büyük özdeğerlere karşılık gelen özvektörler seçilirse J_{PCA} eniyilenmiş olur. \mathbf{S}_T matrisinin özvektörleri temel bileşenler olarak adlandırılırlar. Bunun yanında \mathbf{S}_T 'nin bütün özvektörleri

birimdir ve sıfıra eşit veya sıfırdan büyüktür. Özdeğerler $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_{rt}$ şeklinde sıralansın, burada rt ($rt \leq d$) \mathbf{S}_T 'nin kertesini (rank) ifade eder.

En büyük n tane özdeğer alınır. $\mathbf{W} = [\mathbf{w}_1 \ \mathbf{w}_2 \ \dots \ \mathbf{w}_n]$ matrisinin sütunları bu özdeğerlere karşılık gelen özvektörlerden oluşturulur. Yeni özellik vektörleri Eş. (3.8) kullanılarak hesaplanır.

$$\mathbf{y}_m^i = \mathbf{W}^T(\mathbf{x}_m^i - \boldsymbol{\mu}), \quad i = 1, 2, \dots, C, \quad m = 1, 2, \dots, N_i. \quad (3.8)$$

Bu durumda orijinal d boyutlu uzay, n boyutlu bir uzaya indirgenmiş olur.

Örnek uzayın boyutu olan d büyük olursa, saçılım matrisinin boyutu $\mathbf{S}_T \in \mathfrak{R}^{d \times d}$ çok büyük olacaktır. Örneğin yüz tanıma işleminde bir imgenin boyutu 256×256 olursa saçılım matrisinin boyutu 65536×65536 boyutunda olur. $\mathbf{S}_T \in \mathfrak{R}^{d \times d}$ özdeğer ve özvektörlerini hesaplamak oldukça zordur ve sayısal kararsızlık içerir. Fakat özdeğerlere karşılık gelen özvektörler daha küçük boyutlu olan $M \times M$ matrisinin özvektörleri hesaplanarak bulunabilir. $\mathbf{S}_T = \mathbf{A}_T \mathbf{A}_T^T$ olarak tanımlanır ve \mathbf{A}_T eşitlik (3.7)'de verildiği gibidir. λ_k ve \mathbf{v}_k sıfırdan farklı $\mathbf{A}_T^T \mathbf{A}_T \in \mathfrak{R}^{M \times M}$ olarak verilen, k 'nıncı özdeğer ve o özdeğere karşılık gelen özvektör olduğunu kabul edelim,

$$(\mathbf{A}_T^T \mathbf{A}_T) \mathbf{v}_k = \lambda_k \mathbf{v}_k, \quad k = 1, 2, \dots, rt. \quad (3.9)$$

Eşitliğin her iki tarafı \mathbf{A}_T ile çarpılırsa Eş. (3.10) elde edilir,

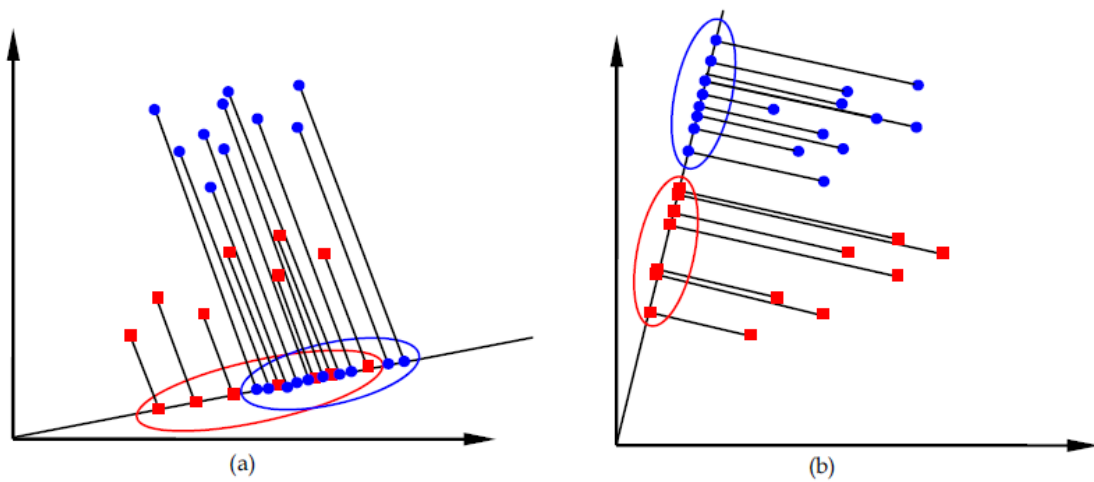
$$(\mathbf{A}_T \mathbf{A}_T^T) \mathbf{A}_T \mathbf{v}_k = \lambda_k \mathbf{A}_T \mathbf{v}_k, \quad k = 1, 2, \dots, rt. \quad (3.10)$$

Yukarıdaki eşitlikte görüldüğü üzere $\mathbf{w}_k = \mathbf{A}_T \mathbf{v}_k$, \mathbf{S}_T 'nin sıfırdan farklı özdeğerlere karşılık gelen k 'nıncı özvektörüdür. Bu durumda optimal izdüşüm vektörleri $d \times d$ boyutlu büyük bir matris yerine $M \times M$ boyutlu daha küçük bir matris kullanılarak bulunmuş olur.

3.3 Fisher-Yüz (Fisherface) Yöntemi

Fisher Doğrusal Ayrıcı (FDA) analizi Robert Fisher tarafından (Fisher, 1936) yayımlanmış bir yaklaşımdır. Bu yöntemin yüz tanıma alanında gerçekleştirilmesiyle (Belhumeur et al., 1997) Fisher-Yüz (Fisherface) kavramı ortaya çıkmıştır. Bu yöntemde TBA+FDA yaklaşımı da denilmektedir.

Bu yöntemde, izdüşüm yönleri, aynı sınıfa ait örneklerin birbirlerine uzaklıklarını en küçükleyecek, farklı sınıflara ait örneklerin birbirlerine uzaklıklarını ise en büyükleyecek şekilde belirlenir. Yani seçilen izdüşüm yönleri sayesinde sınıflar arası saçılım matrisi \mathbf{S}_B büyültülmeye çalışılırken, sınıf içi saçılım matrisi \mathbf{S}_W küçültülmeye çalışılır. Şekil 3.1 başarılı ve başarısız izdüşüme örnek olarak gösterilebilir.



Şekil 3.1. (a) Başarısız izdüşüm (b) Başarılı izdüşüm (Eleyan, 2009)

Sınıf-içi \mathbf{S}_w ve sınıflar-arası \mathbf{S}_B saçılım matrisleri Eş. (3.2) ve Eş. (3.3) yardımıyla hesaplanır. Bu durumda \mathbf{S}_w ve \mathbf{S}_B saçılım matrislerini kullanan ortak saçılım matrisi,

$$\mathbf{W}_{\text{opt}} = \arg \max_{\mathbf{W}} \frac{|\mathbf{W}^T \mathbf{S}_B \mathbf{W}|}{|\mathbf{W}^T \mathbf{S}_w \mathbf{W}|}, \quad (3.11)$$

$$= [\mathbf{w}_1 \ \mathbf{w}_2 \ \dots \ \mathbf{w}_m], \quad (3.12)$$

şeklinde olur. Burada $\{\mathbf{w}_i \mid i = 1, 2, \dots, m\}$, \mathbf{S}_w ve \mathbf{S}_B saçılım matrisleri için $\{\lambda_i \mid i = 1, 2, \dots, m\}$ genelleştirilmiş özdeğerlerine karşılık gelen m tane genelleştirilmiş özvektörlerdir.

$$\mathbf{S}_B \mathbf{w}_i = \lambda_i \mathbf{S}_w \mathbf{w}_i, \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (3.13)$$

\mathbf{W}_{opt} saçılım matrisi Eş. (3.13)'te verilen genelleştirilmiş özdeğer problemi çözümlenerek bulunur ve m değerinin en üst sınırı da $C - 1$ 'dir.

\mathbf{S}_w matrisi, yetersiz veri olduğu durumlarda tekil olacaktır. Bu nedenle \mathbf{S}_w matrisinin tersi alınamaz ve problem çözülemez. \mathbf{S}_w matrisinin tekil olmasından kaynaklanan problem verilerin daha düşük boyuta indirgenmesiyle ortadan kaldırılabilir (Belhumeur et al., 1997). Boyut indirgeme için TBA kullanılır, veriler öncelikle \mathbf{S}_w matrisinin tekil olmadığı bir uzaya indirgenir. Ardından FDA uygulanır ve en fazla $C - 1$ tane optimal izdüşüm vektörü elde edilir (Belhumeur et al., 1997). Matematiksel olarak ifade edilecek olursa \mathbf{W}_{opt} ortak saçılım matrisi,

$$\mathbf{W}_{\text{opt}}^T = \mathbf{W}_{\text{fld}}^T \mathbf{W}_{\text{pca}}^T \quad (3.14)$$

olur. Burada \mathbf{W}_{pca} ve \mathbf{W}_{fld} aşağıdaki eşitliklerden elde edilir.

$$\mathbf{W}_{\text{pca}}^T = \arg \max_{\mathbf{W}} |\mathbf{W}^T \mathbf{S}_T \mathbf{W}|, \quad (3.15)$$

$$\mathbf{W}_{\text{fld}} = \arg \max_{\mathbf{W}} \frac{|\mathbf{W}^T \mathbf{W}_{\text{pca}}^T \mathbf{S}_B \mathbf{W}_{\text{pca}} \mathbf{W}|}{|\mathbf{W}^T \mathbf{W}_{\text{pca}}^T \mathbf{S}_W \mathbf{W}_{\text{pca}} \mathbf{W}|}. \quad (3.16)$$

Sınıflandırma sırasında bütün imgelerin altuzaya izdüşümü saçılım matrisinden elde edilen $\mathbf{W}_{\text{opt}}^T$ matrisi kullanılarak bulunur. Test imgesinin de aynı şekilde altuzaya izdüşümü alınır. Daha sonra aralarındaki Öklid uzaklıklar bulunur ve test imgesi en küçük uzaklığı veren sınıfa atanır.

3.4 Ayırt Edici Ortak Vektör (Discriminative Common Vector) Yöntemi

Ortak vektör ilk defa yalıtık kelime tanıma probleminin çözümünde kullanılmıştır. Bu yöntemde bir sınıfa ait ortak özellikler ortaya çıkarılırken, birbirinden farklı özellikler yok edilir. Ortak vektörler her bir sınıf için hesaplanırken sıfır olmayan özvektörlerin doğrultuları o sınıfı temsil eden saçılım matrisinden çıkartılır. Bu yaklaşımın kullanılabilmesi için her sınıfta bulunan örnek sayısının örnek uzayın boyutlarından daha küçük olması gerekir (Gulmezoglu et al., 1999, Gulmezoglu et al., 2001).

Boyutların büyümesi ile birlikte \mathbf{S}_W matrisi sıfır altuzayını doğuran birimdik vektör setini bulmak oldukça zordur. Fakat, \mathbf{S}_W matrisinin sıfır altuzayındaki

izdüşümlerini bulmak için, \mathbf{S}_W matrisinin erim altuzayını doğuran vektör setinden yararlanılabilir (Cevikalp et al., 2005).

\mathbf{S}_W matrisinin erim altuzayı (range space) V , sıfır altuzayı (null space) ise V^\perp ile ifade edilir. Bu iki uzayın toplamı d -boyutlu örnek uzayı verir.

$$V \oplus V^\perp = R^d . \quad (3.17)$$

\mathbf{P} matrisi V uzayının, $\bar{\mathbf{P}}$ matrisi ise V^\perp uzayının izdüşüm matrisleridir. Eğitim setindeki örneklerin V^\perp uzayına izdüşümleri Eş. (3.18) kullanılarak bulunur.

$$\mathbf{x}_{\text{com}}^i = \mathbf{x}_m^i - \mathbf{P}\mathbf{x}_m^i = \bar{\mathbf{P}}\mathbf{x}_m^i , \quad m = 1, 2, \dots, N, \quad i = 1, 2, \dots, C . \quad (3.18)$$

Bu eşitlik yardımıyla her sınıftaki örnek, o sınıfı temsil eden ortak bir vektör üretir (Cevikalp et al., 2005).

Optimal izdüşüm vektörleri ortak vektörlerin toplam saçılımını enbüyükleyen vektörler olacaktır.

$$J(\mathbf{W}_{\text{opt}}) = \arg \max_{|\mathbf{W}^T \mathbf{S}_W \mathbf{W}|=0} |\mathbf{W}^T \mathbf{S}_B \mathbf{W}| = \arg \max |\mathbf{W}^T \mathbf{S}_{\text{com}} \mathbf{W}| \quad (3.19)$$

Ortak vektörlere ait saçılım matrisi \mathbf{S}_{com} ise Eş. (3.20) yardımıyla bulunur.

$$\mathbf{S}_{\text{com}} = \sum_{i=1}^C (\mathbf{x}_{\text{com}}^i - \boldsymbol{\mu}_{\text{com}})(\mathbf{x}_{\text{com}}^i - \boldsymbol{\mu}_{\text{com}})^T, \quad i = 1, 2, \dots, C . \quad (3.20)$$

Bu eşitlikte $\boldsymbol{\mu}_{\text{com}}$ her sınıftan elde edilen ortak vektörlerin ortalamasıdır. Bu durumda \mathbf{S}_{com} matrisinin sıfırdan farklı özdeğerlerine karşılık gelen özvektörler, optimal izdüşüm vektörlerini verir. Bu vektörlerin sayısı $r \leq C - 1$ 'dir ve \mathbf{S}_{com} matrisinin kertesine eşittir (Cevikalp et al., 2005).

Test setindeki yüz imgelerini ayırt edebilmek için bu örneklere ait öznelik vektörleri Eş. (3.21) ile bulunur.

$$\boldsymbol{\Omega}_{\text{test}} = \mathbf{W}^T \mathbf{x}_{\text{test}} \quad (3.21)$$

Sonuç olarak, $\boldsymbol{\Omega}_{\text{test}}$ ile eğitim setindeki sınıflara ait ayırt edici ortak vektörlerin arasındaki Öklid uzaklığına bakılır. Test imgesi en küçük uzaklığı veren sınıfa atanır.

BÖLÜM 4

YÜZ TANIMA SİSTEMİ TASARIMI

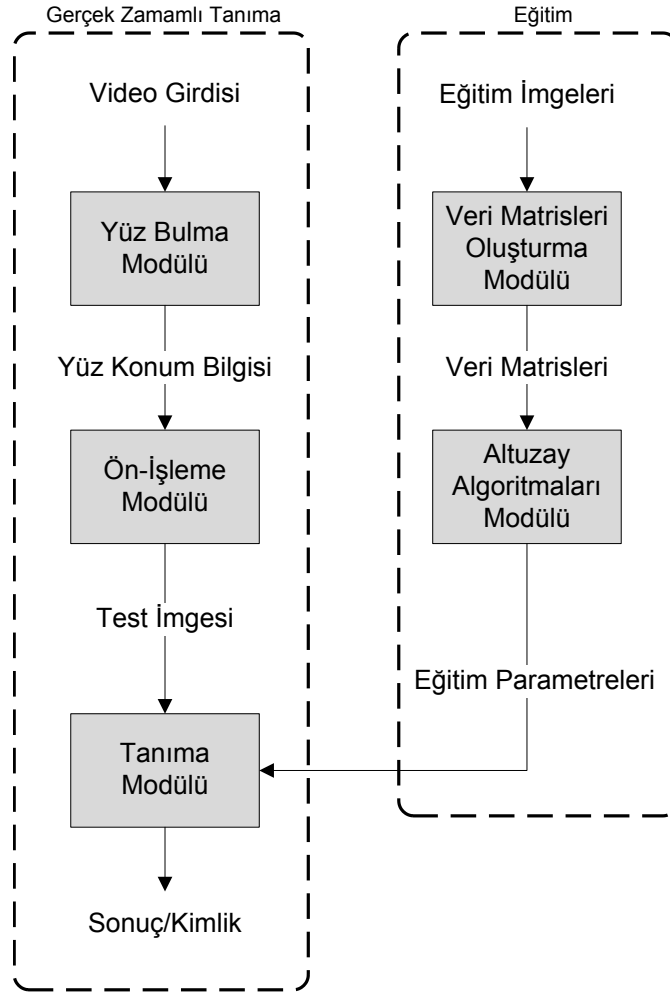
Bu bölümde yüz tanıma sisteminin mimari yapısı ayrıntılı biçimde anlatılmaktadır. Sistemin tasarlanmasında ve gerçekleşmesinde özen gösterilen noktalar şu şekilde sıralanabilir.

- **Geliştirilebilirlik:** Yüz tanıma sistemi geliştirilmeye açık bir yapıya sahiptir. Gerek duyulan ihtiyaçlara göre sistem modülleri geliştirilebilir veya değiştirilebilir.
- **Modülerlik:** Yüz tanıma sistemi birbirinden bağımsız birçok modülün birleşimiyle meydana gelmiştir. Böylelikle sistemde karmaşıklığın önüne geçilmiştir.

Gerçek zamanlı yüz tanıma sistemi iki alt sistemden oluşmaktadır.

1. Eğitim Alt Sistemi
2. Gerçek Zamanlı Tanıma Alt Sistemi

İlerleyen bölümlerde bu iki alt sistem detaylı biçimde anlatılmaktadır. Şekil 4.1’de yüz tanıma sisteminin mimari yapısı gösterilmektedir.



Şekil 4.1. Geçek zamanlı yüz tanıma sistemi mimari yapısı

4.1 Eğitim Alt Sistemi

Veritabanından okunan imgelerden eğitim parametrelerinin üretildiği alt sistemdir. Bu sistem iki modülden meydana gelmektedir.

1. Veri Matrisi Oluşturma Modülü
2. Altuzay Algoritmaları Modülü

4.1.1 Veri matrisleri oluşturma modülü

Bu modül veri matrislerini oluşturmak amacıyla tasarlanmıştır. Eğitim imgeleri klasörlerden bu modül yardımıyla okunur ve ilgili veri matrisleri elde edilir. Bu modülün çalışması için veritabanındaki sınıflar ve her sınıfa ait imgelerin numaralandırılması ve uzantıları bazı şartları sağlamalıdır. Bu şartlar şunlardır:

- Veritabanı $1, 2, 3, \dots, C$ olacak şekilde ardışık olarak numaralandırılmış klasörlerden oluşur. Her klasör bir sınıfı temsil eder. Bu durumda toplam klasör sayısı; C 'dir.
- Sınıflardaki imgelerin isimleri de $1, 2, 3, \dots, N$ şeklinde ardışık olarak ilerler; ayrıca imgelerin uzantıları: *.jpg, *.bmp veya *.pgm formatlarından biri olmalıdır. Burada da N , o sınıfa ait toplam imge sayısını belirtir.
- Veritabanında bulunan tüm imgeler eşit boyutlu olmalıdır. İmgelerin renk seviyelerinin gri değer veya renkli olması önemli değildir.

Yukarıda belirtilen şartlara sahip veritabanları yüz tanıma sistemi tarafından kullanılabilir ve bu modül aracılığıyla özellik matrisi ve sınıf vektörü elde edilir.

Sınıf vektörü her sınıfın eleman sayısını barındırır. Bu vektörün kullanım amacı şöyle açıklanabilir. Yüz tanıma sistemi, sınıflarda farklı sayıda eleman bulunması durumunda da çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu nedenle altuzay algoritmaları modülünde izdüşüm matrisleri hesaplanırken sınıflardaki eleman sayıları bilinmelidir. Özellik matrisi ise imgeler kullanılarak elde edilen özellik vektörlerinden (Bölüm 2) oluşturulmuş matristir.

4.1.2 Altuzay algoritmaları modülü

Veri matrislerini kullanarak eğitim parametrelerinin oluşturulduğu kısımdır. Bu işlem için üç farklı yöntem kullanılabilir.

1. Özyüz Yöntemi
2. Fisher-Yüz Yöntemi
3. Ayırt Edici Ortak Vektör Yöntemi

Yüz tanıma işlemi için Özyüz (Bölüm 3.2) yöntemin seçilmesi durumunda, sistem saçılım matrisi, ortalama görüntü vektörü ve izdüşümler matrisi olarak adlandırılan iki adet matris bir adet vektör oluşturur. Bunlardan saçılım matrisi, optimal izdüşümü sağlayacak olan matristir. Ortalama görüntü vektörü, bütün sınıflardaki imgelerin ortalamalarının alınması ile oluşturulur. Son olarak izdüşümler matrisi ise veritabanında bulunan imgelerin altuzaya izdüşümlerinin alınmasıyla oluşmuş matristir.

Fisher-Yüz (Bölüm 3.3) yönteminde, Özyüz yönteminde olduğu gibi iki adet matris bir adet vektör oluşturulur. Bunların işlevleri Özyüz yönteminde olduğu gibidir; fakat oluşturulma sırasında kullanılan yöntem Fisher-Yüz yöntemidir.

AEOV (Bölüm 3.4) yönteminde ise, iki adet matris elde edilir. Bu matrisler, saçılım matrisi ve izdüşümler matrisidir. Saçılım matrisi, optimal izdüşümü sağlayacak olan matristir. İzdüşümler matrisi ise veritabanında bulunan imgelerin altuzaya izdüşümlerinin alınmasıyla oluşmuş olan matristir.

4.2 Gerçek Zamanlı Tanıma Alt Sistemi

Kameradan alınan görüntüler kullanılarak, gerçek zamanlı yüz tanıma işleminin gerçekleştiği bölümdür. Üç modülden oluşmaktadır:

1. Yüz Bulma Modülü

2. Ön İşleme Modülü

3. Tanıma Modülü

Modüller ve işlevleri sırasıyla şu şekildedir.

4.2.1 Yüz bulma modülü

Bu modülde kameradan alınan görüntülerden yüz bölgelerinin koordinatları bulunur. Bu noktada yüz bulma işlemi için OpenCV kütüphanesi içerisinde bulunan Haar Wavelet tipi özellikler kullanan ardışıl sınıflandırıcılar kullanılmıştır (Viola and Jones, 2001). Elde edilen yüz konum bilgileri ön işleme modülüne aktarılır.

4.2.2 Ön işleme modülü

Yüz bulma modülünden alınan yüz konum bilgisiyle, imgelerden yüz bölgeleri çıkartılır. İmgelerin boyutları veritabanında bulunan imgelerle eşit olmalıdır. Bu nedenle kesip çıkarılan yüzler veritabanında bulunan imgelerle eşit boyutlara gelecek şekilde yeniden boyutlandırılır. Ayrıca ön işleme modülü, ilerleyen çalışmalarda, ışık şiddeti etkilerini azaltmak için yapılacak çalışmaların gerçekleştirileceği bölümdür.

4.2.3 Tanıma modülü

Kimlik tespitinin yapıldığı bölümdür. Ön işleme modülünden elde edilen imgelerin altuzaya izdüşümleri alınır. Eğitim imgelerinin altuzaydaki izdüşümleri ile aralarındaki Öklid uzaklıklara bakılarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilir.

BÖLÜM 5

YÜZ TANIMA SİSTEMİ GRAFİK ARAYÜZÜ

Yüz tanıma sistemi kapsamında iki uygulama geliştirilmiştir. Bunlar:

1. Veritabanı Oluşturma Uygulaması
2. Gerçek Zamanlı Yüz Tanıma Uygulaması

Bu bölümde sözü edilen uygulamaların geliştirilmesi sürecinde kullanılan araçlar ve uygulamaların arayüzleri hakkında bilgi verilmektedir.

5.1 Uygulama Geliştirme Araçları

- **Visual Studio 2008**

Tümleşik geliştirme ortamı (IDE: Integrated Development Environment), bilgisayar programcılarının hızlı ve rahat bir şekilde yazılım geliştirebilmesini amaçlayan, geliştirme sürecini organize edebilen birçok araç ile birlikte geliştirme sürecinin verimli kullanılmasına katkıda bulunan araçların tamamını içerisinde barındıran bir yazılımdır (Wikipedia, 2009). Visual Studio 2008 bu anlamda tam olarak tümleşik bir geliştirme ortamıdır. Bu IDE sayesinde Windows uygulamaları geliştirilebilmektedir. Bu uygulamalar daha sonrasında çeşitli platformlarda çalıştırılabilmektedir.

Framework Visual Studio 2008 uygulamasının çalışabilmesi için gerekli olan kütüphanedir. Bu kütüphane içerisinde birçok hazır modül bulunmaktadır. Kullanıcı alt düzey programlara inmeden bu modülleri kullanarak yazılım geliştirebilmektedir.

Visual Studio 2008, Visual Basic, C++, C# ve Java gibi programa dilleri yardımıyla yazılım geliştirme imkanı verir. Bu tez çalışmasında kullanılan dil C++ programlama dilidir. Yazılım Framework 2.0 altyapısı üzerine kurulmuştur.

- **OpenCV**

OpenCV (Open Computer Vision) Intel tarafından geliştirilmiş açık kaynak kodlu bir kütüphanedir. İlk sürümü Intel tarafından 1999 yılında çıkarılmıştır. C ve C++ dilleri ile yazılmış olup, Windows, Linux ve Mac gibi çeşitli platformlarda çalışabilmektedir. Bu çalışmada OpenCV 1.1 sürümü kullanılmıştır.

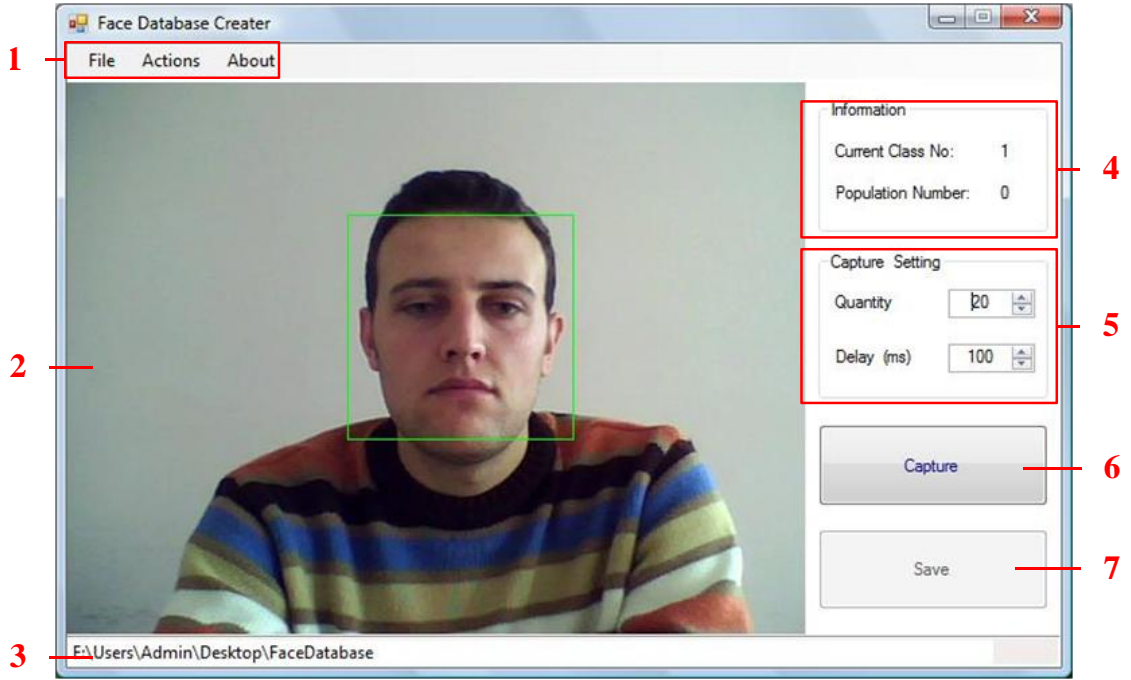
- **Kamera**

Tez çalışması süresince yüz tanıma sisteminin ihtiyaç duyduğu görüntüleri almak için 1.3 MP dizüstü bilgisayarla entegre kamera kullanılmıştır.

5.2 Veritabanı Oluşturma Uygulaması Arayüzü

Yüz tanıma sisteminin bir parçası da yüz veritabanı oluşturma uygulamasıdır. Bu araç yardımıyla gerçek zamanlı yüz tanıma uygulaması için yeni eğitim imgelerinin bulunduğu veritabanı oluşturulabilir. Oluşturulan veritabanları Olivetti-Oracle Research Laboratory (ORL) gibi tanınmış yüz veritabanları ile yapısal olarak benzerlik gösterir.

Bu uygulama ile veritabanları Bölüm 4.1.1'de verilenleri sağlayacak şekilde oluşturulur. Uygulama arayüzü Şekil 5.1'de gösterilmiştir. Ayrıca arayüz açıklamaları Çizelge 5.1'de verilmektedir.



Şekil 5.1. Veritabanı oluşturma uygulaması arayüzü

Çizelge 5.1. Veritabanı oluşturma uygulaması arayüzü açıklamaları

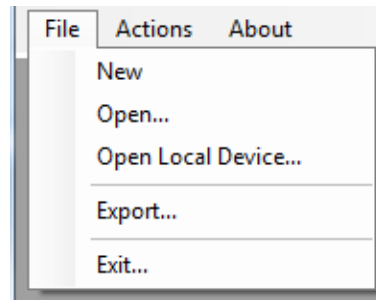
| Numara | Açıklama |
|--------|----------------------------------|
| 1 | Menüler Çubuğu |
| 2 | Kamera Görüntüsü Gösterim Ekranı |
| 3 | Bilgilendirme Çubuğu |
| 4 | Anlık Bilgi Paneli |
| 5 | Görüntü Yakalama Ayarları Paneli |
| 6 | Görüntü Yakalama Butonu |
| 7 | Görüntü Kayıt Butonu |

5.2.1 Menüler çubuğu

Menüler bölümü üç alt menüden oluşur. Bunlar File, Action ve About alt menüleridir. Bu menüler ve alt menüler hakkında detaylı bilgi ilerleyen bölümlerde verilmektedir.

5.2.1.1 File menüsü

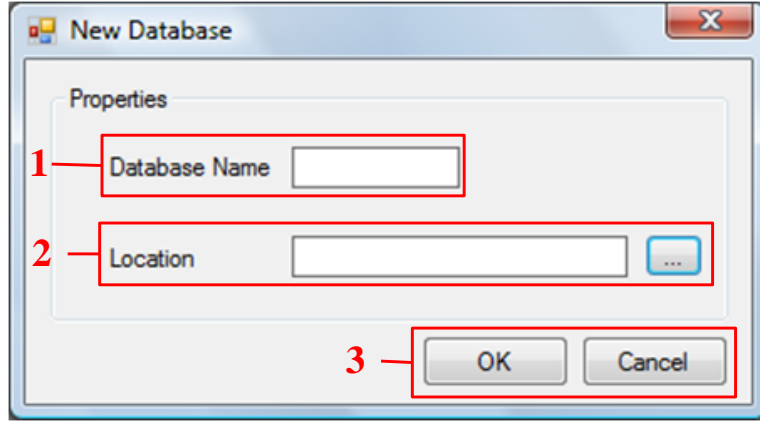
File menüsü Şekil 5.2'de görüldüğü gibi beş alt menüden oluşur.



Şekil 5.2. File menüsü alt menüleri

- **New**

Yeni veritabanı oluşturmak için kullanılan menüdür. Bu menü seçildiğinde açılan ekran Şekil 5.3'deki gibidir. Gerekli açıklamalar ise Çizelge 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.3. New Database ekranı

Çizelge 5.2. New Database ekranı açıklamaları

| Numara | Açıklama |
|--------|--|
| 1 | Oluşturulacak veritabanının isim bilgisi. |
| 2 | Veritabanının bilgisayar üzerinde kayıt edileceği yer. |
| 3 | OK: İşlem onaylanır. Cancel: İşlem iptal edilir. |

- **Open**

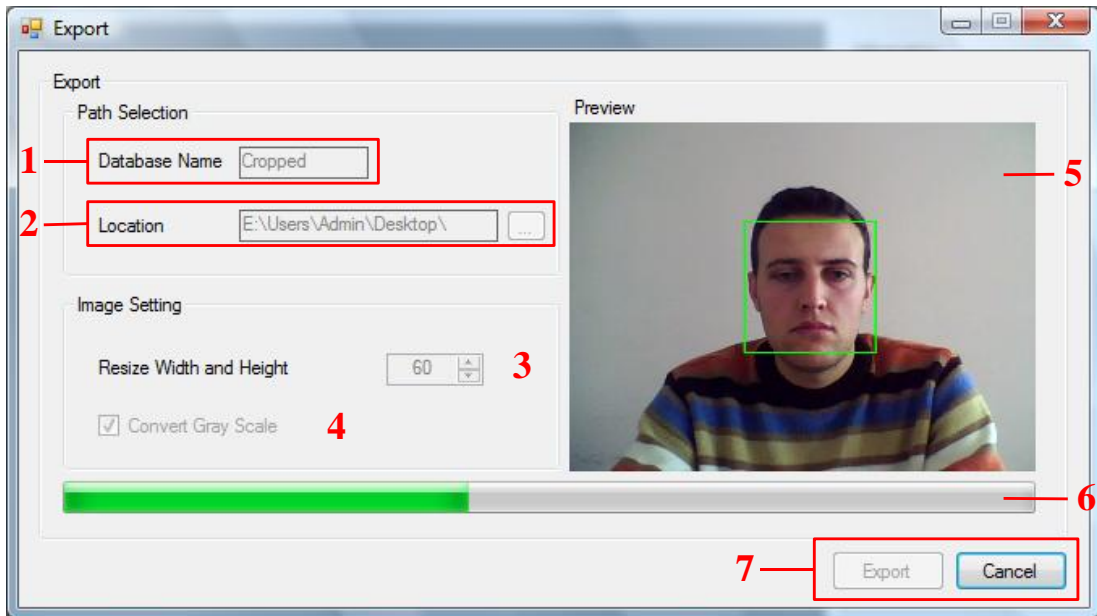
Önceden hazırlanmış veritabanları bu menü yardımıyla açılır. Bu sayede veritabanına eklentiler yapılabilir.

- **Open Local Device**

Kamera aracılığıyla gerçek zamanlı görüntü yakalama işlemi başlatılır.

▪ Export

Görüntüler 640 × 480 piksel boyutlarında, arka planla birlikte kayıt edilir. Bu görüntülerden sadece yüz bölgesinin kesilip çıkarılması bu kısımda gerçekleştirilir. Şekil 5.4'te örnek olarak arka planın kesilip çıkartılması gösterilmektedir. Kesilip çıkartılan yüzlerden yeni bir veritabanı oluşturulur. Oluşturulan bu veritabanı sonrasında gerçek zamanlı yüz tanıma uygulamasında kullanılır.



Şekil 5.4. Export ekranı

Çizelge 5.3. Export ekranı açıklamaları

| Numara | Açıklama |
|--------|--|
| 1 | Yeni oluşturulacak veritabanının isminin girildiği bölüm. |
| 2 | Veritabanının bilgisayar üzerinde kayıt edilecek konumun belirlendiği bölüm. |

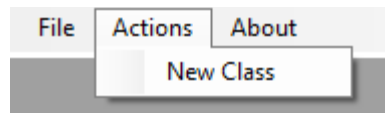
| | |
|---|--|
| 3 | Oluşturulan yeni veritabanındaki imgelerin boyut seçimi. |
| 4 | Oluşturulan yeni veritabanındaki imgelerin renk seviyesi seçimi. |
| 5 | Arka planın kesip çıkartılması sırasında önizleme ekranı. |
| 6 | İşlemin ilerleyiş hızının gözlemlenmesi amacıyla oluşturulmuş ilerleme çubuğu. |
| 7 | Export: Yeni veritabanı oluşturma işlemi başlatılır. Cancel: İşlemi iptal etme. |

- **Exit**

Bu menü aracılığıyla uygulama kapatılır.

5.2.1.2 Action menüsü

Şekil 5.5’te de görüldüğü gibi New Class alt menüsünden oluşur.



Şekil 5.5. Action menüsü alt menüleri

- **New Class**

Yeni sınıf oluşturmak için kullanılan menüdür. Açılan ekranda boş bulunan bölümler doldurularak yeni sınıf oluşturulur. Bu bölümde yer alan bilgiler sınıflar yani oluşturulan sınıf klasörleri içerisinde “class.inf” dosyalarına yazılır. Bu dosya aslında

oluşturulan veritabanının gerçek zamanlı yüz tanıma uygulaması tarafında kullanılırken yapılan sınıflandırma sonucunda verilecek kimlik bilgisidir.

Şekil 5.6. New Class ekranı

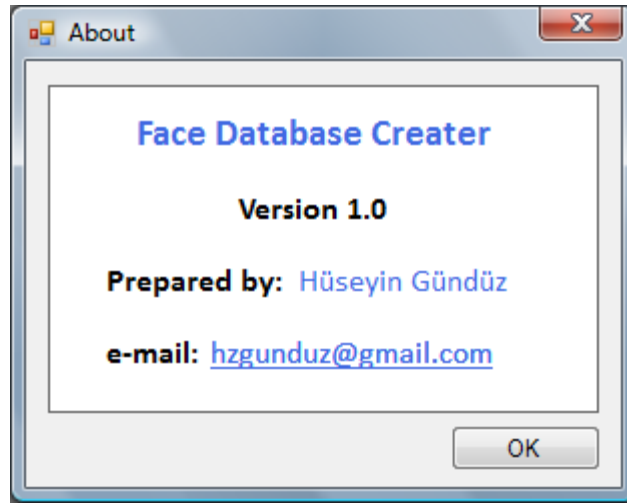
Çizelge 5.4. New Class ekranı açıklamaları

| Numara | Açıklama |
|--------|--|
| 1 | Yeni sınıf oluştur menüsüne tıklanıldığında, var olan sınıf sayısının bir fazlası yeni sınıfın ID'si olarak atanır. Bu ID aslında sınıf için oluşturulan klasörün ismidir. |
| 2 | Yeni sınıfın isim bilgisi. |
| 3 | Yeni sınıfın soyadı bilgisi. |
| 4 | Kayıt edilecek kişinin cinsiyet bilgisi. |
| 5 | Kayıt edilecek kişinin yaşı. |

| | |
|----------|--|
| 6 | Create: Yeni sınıf oluşturulur. Cancel: İşlem iptal edilir. |
|----------|--|

5.2.1.3 About

Şekil 5.7'de görülen, yazılım hakkında bilgi içeren ekranı gösteren menüdür.



Şekil 5.7. About ekranı

5.2.2 Kamera görüntüsü gösterim ekranı

Kameradan alınan görüntülerin gösterildiği bölümdür. Bu bölümde gösterilen görüntüler üzerinde yüz bulma işlemi uygulanır. Bulunan yüzler yeşil renkli bir kare ile çerçevesizdir. Bu sayede başarılı yüz bulma sırasında eğitim imgeleri alınması amaçlanmıştır.

5.2.3 Bilgilendirme çubuğu

Üzerinde çalışma yapılan veritabanının bulunduğu konumu gösteren bilgi çubuğudur.

5.2.4 Anlık bilgi paneli

Veritabanına eklemeler yapılırken toplam sınıf sayısı bu panelde görülebilmektedir. Ayrıca oluşturulan yeni sınıfın toplam eleman sayısı da bu panelde gösterilir.

5.2.5 Görüntü yakalama ayarları paneli

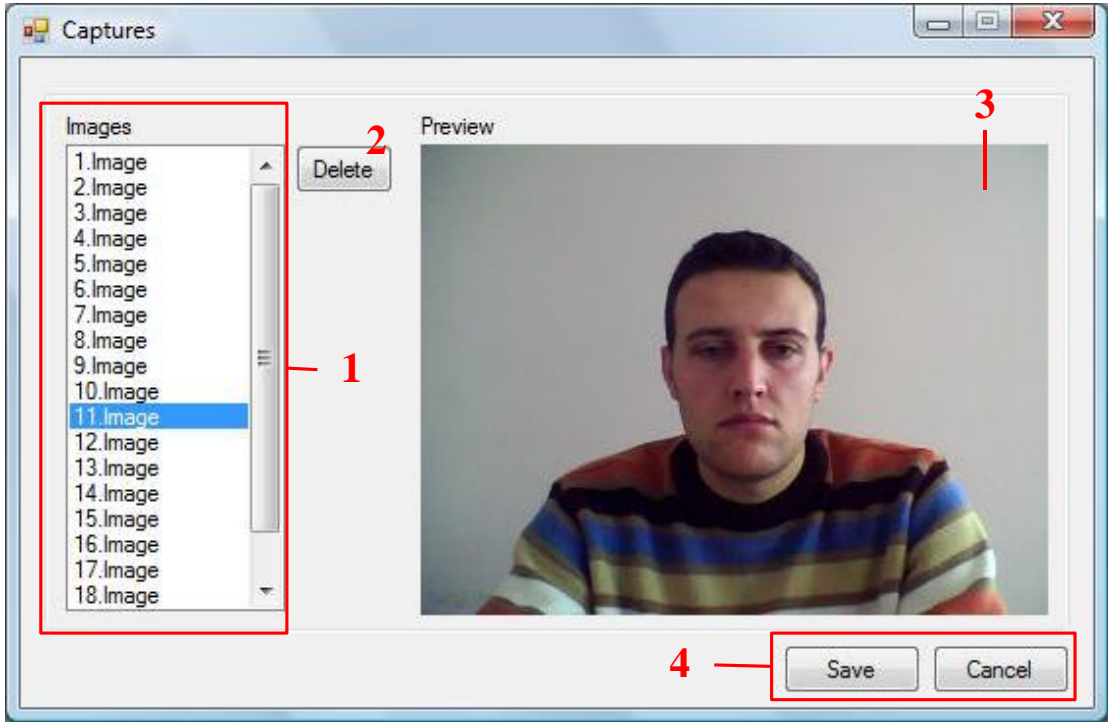
İmgeler kayıt edilirken ardışık iki imgenin alınması için geçen süre ve kayıt edilmek istenen toplam imge sayısı bu bölümde ayarlanır.

5.2.6 Görüntü yakalama butonu

Bölüm 5.2.5’de yapılan ayarlar eşliğinde, imgelerin yakalanması başlatılır. Yakalanan imgelerden her biri geçici olarak hafızaya alınır. Asıl kayıt işlemi Bölüm 5.2.7’de anlatılan kısımda yapılmaktadır.

5.2.7 Görüntü kayıt butonu

Görüntü kayıt butonu tıklandığında Şekil 5.8’de gösterilen ekran açılır. İmgelerin veritabanına kalıcı olarak kaydının yapılması sağlanır.



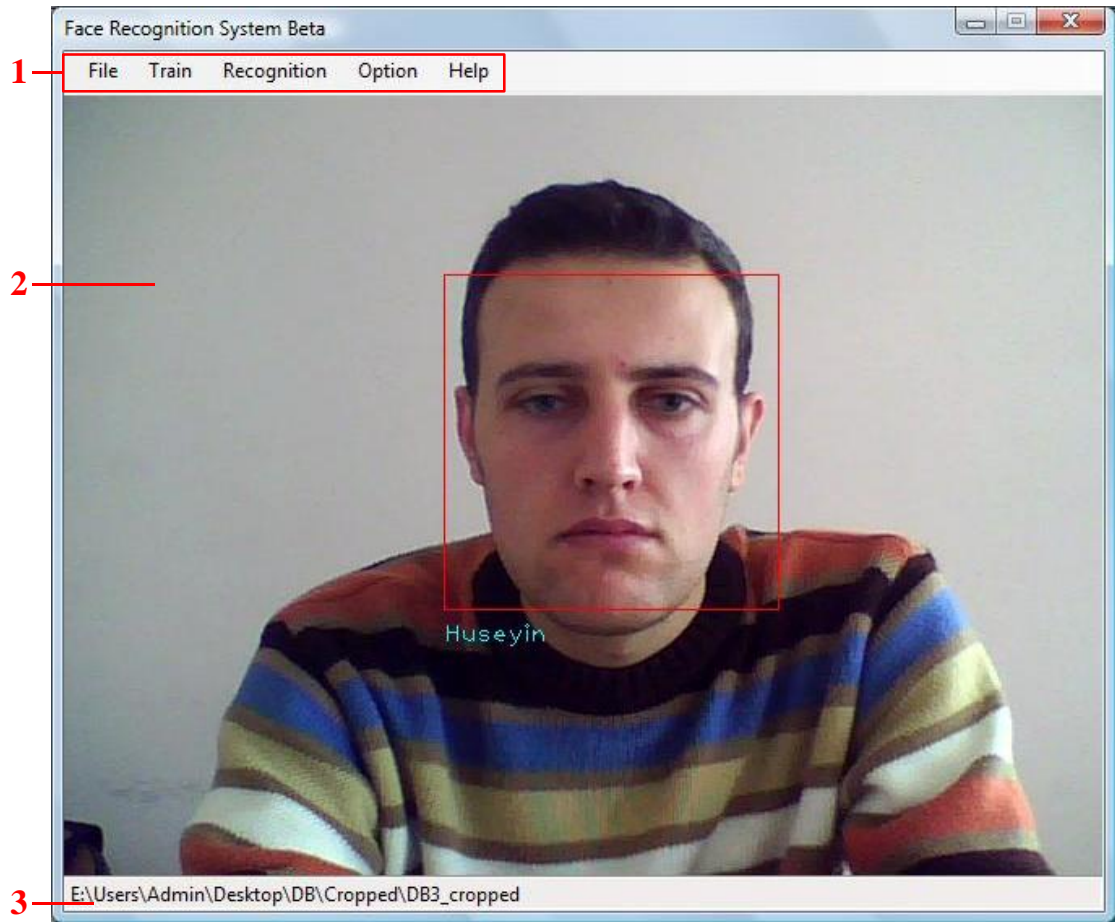
Şekil 5.8. Capture ekranı

Çizelge 5.5. Capture ekranı açıklamaları

| Numara | Açıklama |
|--------|---|
| 1 | Yakalanmış imgeler sıralı olarak bu alanda gösterilir. İstenilen numaralı imge üzerine tıklandığında, imge Şekil 5.8'de gözüken ekranın 3 nolu alanında gösterilir. |
| 2 | Şekil 5.8'de 1 nolu bölümde seçilmiş imge bu buton yardımıyla silinebilir. |
| 3 | Önizleme penceresi. |
| 4 | Save: İmgeler veritabanına kalıcı olarak kaydedilir. Cancel: İşlem iptal edilir. |

5.3 Gerçek Zamanlı Yüz Tanıma Uygulaması Arayüzü

Bu bölümde hazırlanan gerçek zamanlı yüz tanıma uygulaması arayüzü anlatılmaktadır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9. Gerçek zamanlı yüz tanıma uygulaması arayüzü

Çizelge 5.6. Gerçek zamanlı yüz tanıma uygulaması arayüzü açıklamaları

| Numara | Açıklama |
|--------|----------------|
| 1 | Menüler Çubuğu |

| | |
|---|----------------------------------|
| 2 | Kamera Görüntüsü Gösterim Ekranı |
| 3 | Bilgi Çubuğu |

5.3.1 Menüler çubuğu

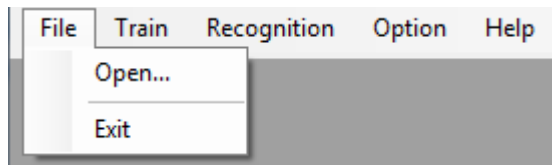
Menüler çubuğu Şekil 5.10'da da görüldüğü gibi 5 ana menüden oluşur.



Şekil 5.10. Gerçek zamanlı yüz tanıma uygulaması menüleri

5.3.1.1 File

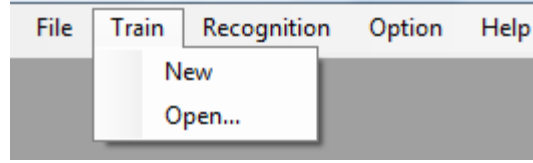
Bu menü 2 alt menüden oluşur. Şekil 5.11'de bu menüler gösterilmektedir. Veritabanı Open alt menüsü yardımıyla seçilir. Exit alt menüsü ise programı sonlandırır.



Şekil 5.11. File menüsü alt menüleri

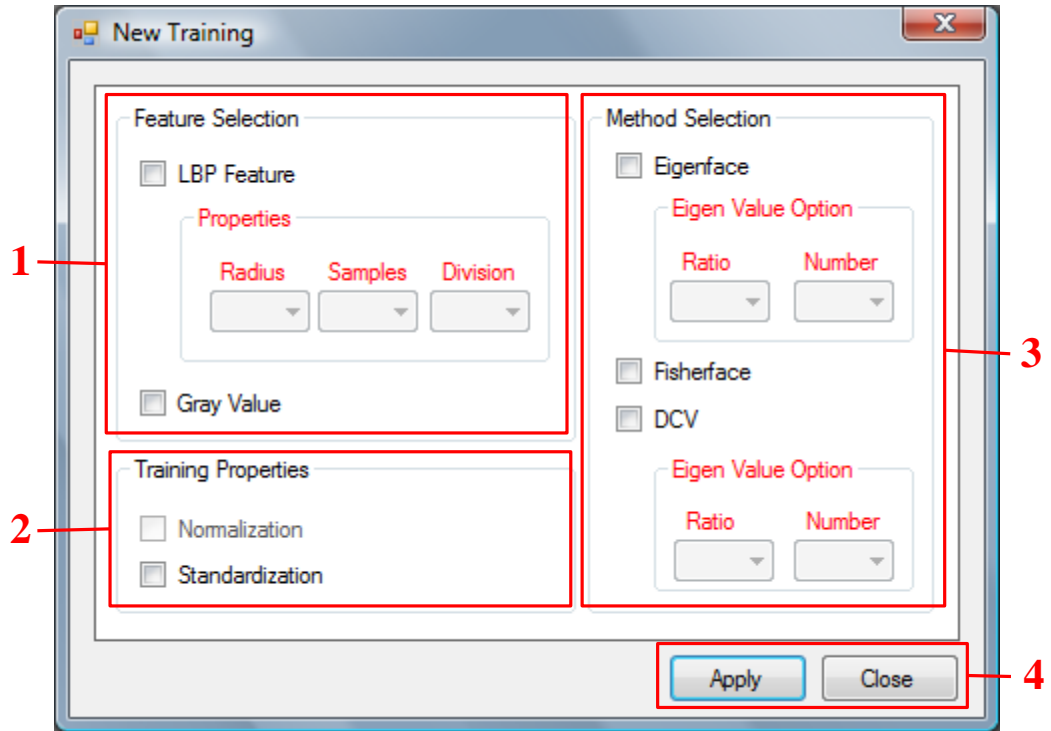
5.3.1.2 Train

Yüz tanıma uygulamasında eğitim yapabilmek amacıyla kullanılan menüdür.



Şekil 5.12. Train menüsü alt menüleri

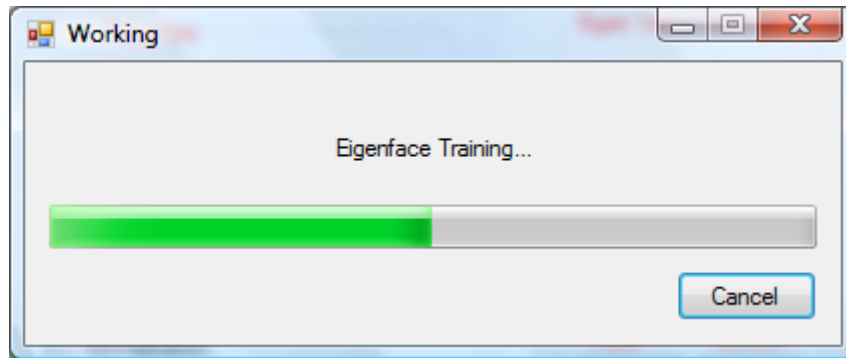
- **New**



Şekil 5.13. New Training ekranı

Çizelge 5.7. New Training ekranı açıklamaları

| Numara | Açıklama |
|--------|---|
| 1 | Özellik seçimi paneli. Eğitim sırasında kullanılacak olan özelliği seçmek amacıyla kullanılır. YİÖ (LBP) veya Gri Değerden (Gray Value) birisi seçilebilir. YİÖ'nün seçilmesi durumunda, Özellikler (properties) kısmı aktif olmaktadır. Bu parametreler YİÖ'ye ait yarıçap, örnek sayısı ve bölüntü miktarıdır. |
| 2 | Eğitim sırasında Normalleştirme (Normalization) ve Standartlaştırma (Standardization) kullanılıp kullanılmayacağını seçildiği kısımdır. |
| 3 | Metod seçim bölümünde ise, eğitim için kullanılacak yöntem belirlenir. Yüz tanıma sistemi üç farklı yöntemle eğitilebilir. Bu yöntemler Özyüz (Eigenface), Fisher-Yüz (Fisherface) ve AEOV (Discriminative Common Vector) yöntemleridir. Belirtilen yöntemlerden Özyüz yönteminin seçilmesi durumunda, bu yönteme ait parametrelerin ayarlanabilmesi için Özdeğer Ayarları (Eigen Value Option) bölümü aktif olacaktır. Bu bölümden eğitim sırasında kullanılmak istenen özdeğer miktarı seçilir. |
| 4 | Apply: Sistemin eğitimi başlatılır. Close: Eğitim ekranı kapatılır. |



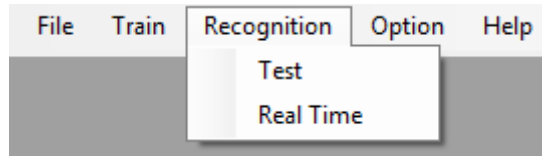
Şekil 5.14. Eğitim sırasında ilerleyişin gösterildiği ekran

- **Open**

Önceden hazırlanmış eğitim setleri sisteme yüklenebilir. Bu durumda yeni eğitim yapılmasına gerek kalmadan gerçek zamanlı tanıma başlatılabilir.

5.3.1.3 Recognition

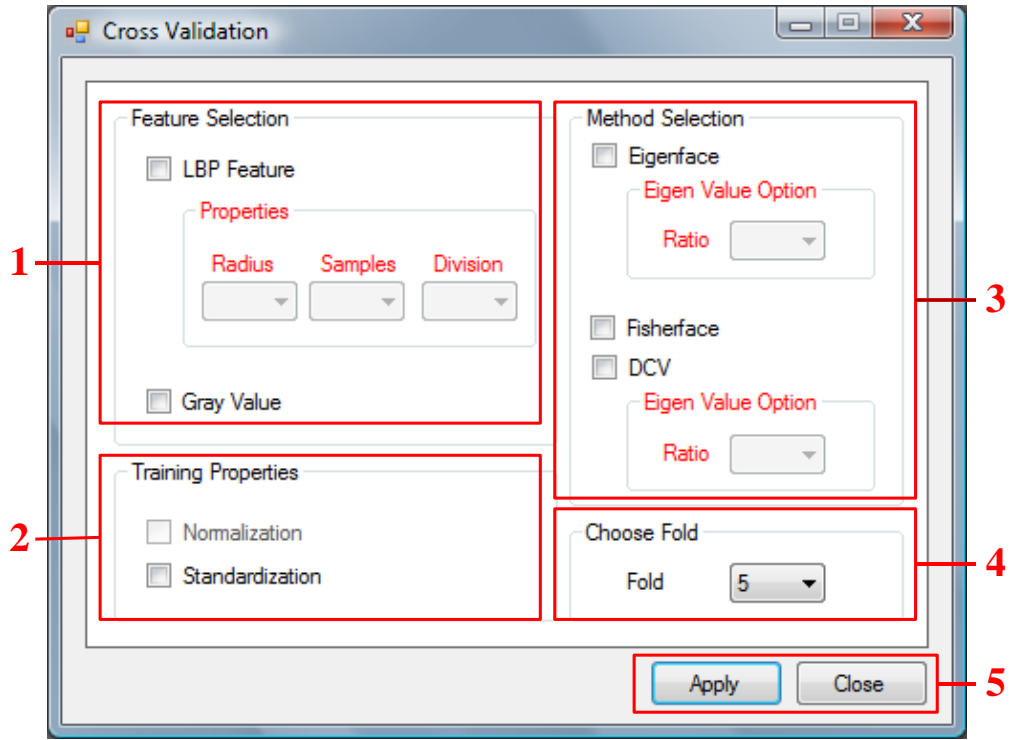
Tanım menüsü iki alt menüden oluşur. Bu menüler Şekil 5.15'te görülmektedir.



Şekil 5.15. Recognition menüsü alt menüleri

- **Test**

Bu menü seçildiğinde Şekil 5.16'da görülen ekran açılır. Bu ekranda yapılan seçimler için bağımsız geçerlilik sınaması (Cross Validation) yapılır ve tanıma oranları hesaplanır.



Şekil 5.16. Cross Validation ekranı

Çizelge 5.8. Cross Validation ekranı açıklamaları

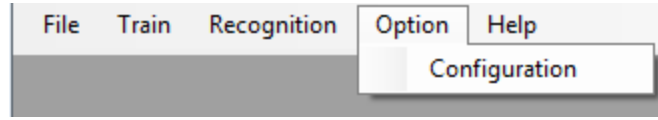
| Numara | Açıklama |
|--------|--|
| 1 | Çizelge 5.7'de 1 numaralı bölümde anlatılan kısımla aynıdır. |
| 2 | Çizelge 5.7'de 2 numaralı bölümde anlatılan kısımla aynıdır. |
| 3 | Çizelge 5.7'de 3 numaralı bölümde anlatılan kısımla aynıdır. |
| 4 | Kat (Fold) seçimi bölümüdür. |
| 5 | Apply: Bağımsız geçerlilik sınaması başlatılır. Close: Ekran kapatılır. |

- **Real-Time**

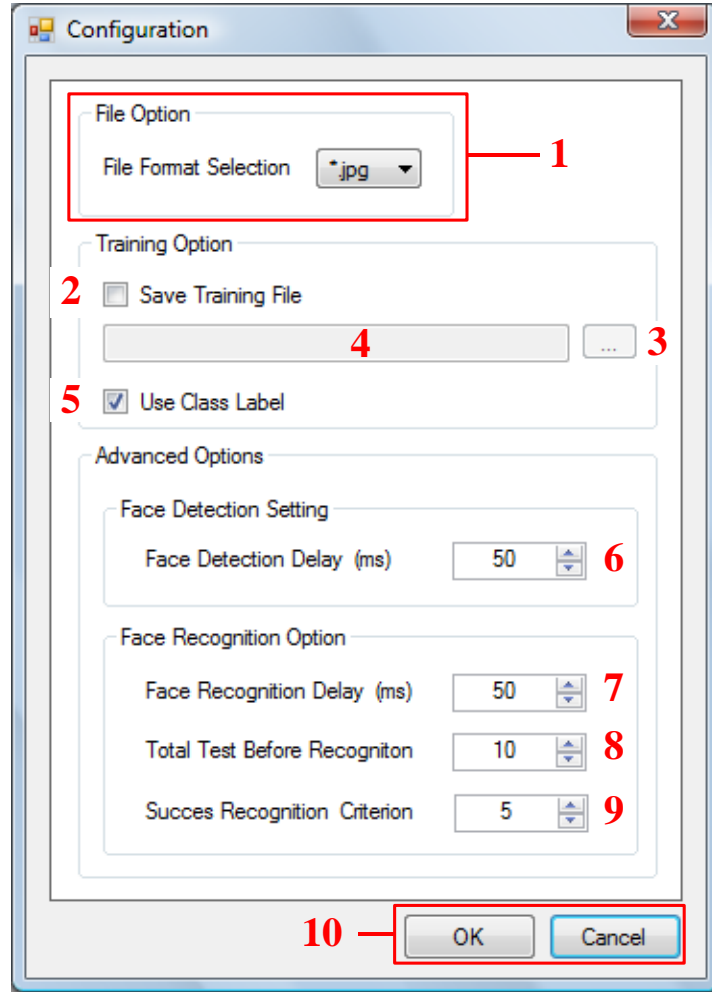
Eğitim işleminin ardından kullanılır duruma gelen menüdür. Kamera çalışmaya başlar. Bu durumda Şekil 5.9’da 2 numaralı alanda yakalanan görüntüler gösterilmeye başlanır. Yakalanan görüntülerde gerçek zamanlı yüz bulma ve tanıma işlemleri de gerçekleştirilir. Bulunan yüzler kırmızı bir pencereye alınır. Tanıma sonucu ise bu pencerenin sol alt köşesinde gösterilir.

5.3.1.4 Option

Yüz tanıma sisteminin ayarları bu menüden yapılabilmektedir. Configuration alt menüsünden meydana gelir.



Şekil 5.17. Option alt menüleri



Şekil 5.18. Configuration ekranı

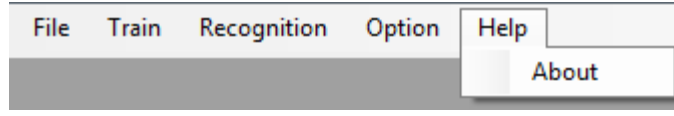
Çizelge 5.9. Configuration ekranı açıklamaları

| Numara | Açıklama |
|--------|--|
| 1 | Veritabanından okunacak imgelerin uzantı seçim alanı. |
| 2 | Eğitim parametreleri kayıt edilmek istendiği durumunda seçilecek bölümdür. Bunu takiben 3 numaralı buton kullanılır olur ve bu butona tıklayarak bilgisayar üzerinde bir konum seçilir. Seçilen bu konum 4 numaralı bölümde gösterilir. Eğitim parametreleri bu bölüme kaydedilir. |

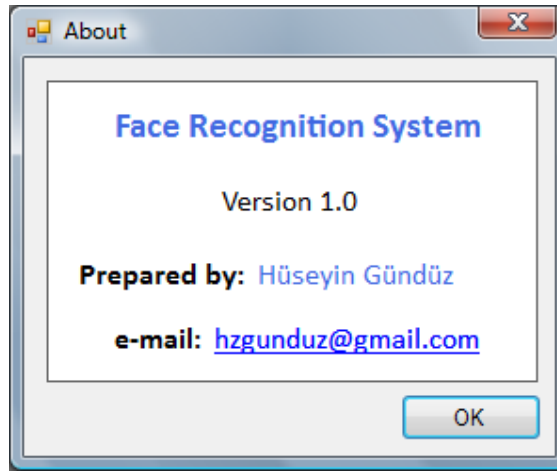
| | |
|---|---|
| 3 | Konum seçme butonu. |
| 4 | Bilgisayar üzerinde seçilen konumu gösteren etiket. |
| 5 | Yüz tanıma sistemi hazır veritabanları ile performans testleri yapma imkanı sunmaktadır. Bu durumda kimliğin ait olduğu isim bilgisi gereksizdir; fakat gerçek zamanlı çalışmalar için bu söz konusu değildir. Bu durumda kimliğin kime ait olduğu bilinmelidir. Bu nedenle de veritabanı oluşturma uygulaması ile veritabanı oluştururken, her sınıfın içinde daha önceden de belirtildiği gibi, sınıfların isim, soy isim, yaş, cinsiyet gibi bilgilerini barındıran “class.inf” olarak adlandırılan dosyalar yerleştirir. Sözü edilen dosyalar sınıflandırma sonucu kimlik atama işlemi için kullanılır. Sonuç olarak bu seçenek uygulamanın aslında hangi amaca yönelik kullanılacağını belirlediği bölümdür. |
| 6 | Yüz bulma işleminin hangi süre aralıklarla yapılacağını seçildiği bölümdür. |
| 7 | Yüz tanıma işleminin hangi süre aralıklarla yapılacağını seçildiği bölümdür. |
| 8 | Doğru tanıma olarak nitelendirilmeden önce toplam kaç defa test yapılacağı bu bölümde seçilir. |
| 9 | 8 numaralı bölümde seçilen parametre kadar test yapıldıktan sonra, eğer bu bölümde belirlenen değer kadar bir sınıfa atanma yapıldıysa, tanıma sonucu o sınıf olarak belirlenir. Aksi durumda tanıma sonucu “Unknown” olarak atanır. |

5.3.1.5 Help

Bu bölüm About alt menüsünden oluşur. About alt menüsü ile (Şekil 5.20) yazılım hakkında bilgi verilen ekran açılır.



Şekil 5.19. Help menüsü alt menüleri



Şekil 5.20. About ekranı

5.3.2 Kamera görüntüsü gösterim ekranı

Bu ekran 640×480 piksel boyutlarındadır. Sistemle entegre video kameradan alınan gerçek zamanlı görüntüler bu bölüme yansıtılır. Bu bölüm ayrıca yüz bulma ve tanıma sonuçlarının da gösterildiği yerdir. Bulunan yüzler Şekil 5.9’da görüldüğü gibi kırmızı kutu içine alınır, tanıma sonucu atanan kimlik ise sol alt köşede gösterilir.

5.3.3 Bilgilendirme çubuğu

Bilgilendirme çubuğu, sistem tarafında kullanılan veritabanının veya eğitim setinin konum bilgisinin kullanıcı tarafından görülebilmesini sağlar. Uygulamada

veritabanı seçimi veya eğitim seti seçimi yapıldığı anda görülür ve uygulama sonlanana kadar devam eder.

BÖLÜM 6

DENEYSEL ÇALIŞMALAR

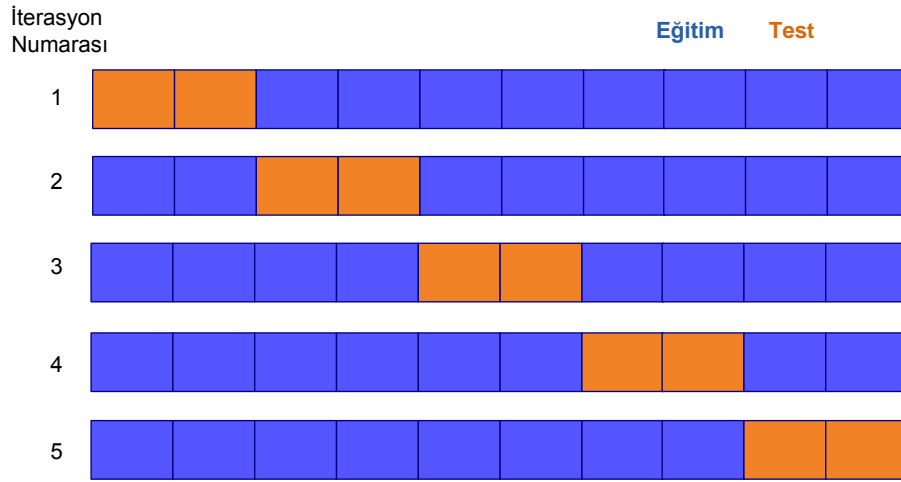
Bu bölüm tez çalışması kapsamında yapılan deneysel çalışmaları içermektedir. Deneysel çalışmalar iki aşama olarak incelenmektedir. Bunlar:

1. Performans Testleri
2. Gerçek Zamanlı Tanıma Testleri

Performans testlerinde, sistemin çalışması durumunda tanıma performansı elde edilmektedir. Ayrıca gerçek zamanlı yüz tanıma sisteminin çalışması için en uygun parametreler, performans testleri yardımıyla belirlenebilmektedir. İkincisi ise sistemin gerçek zamanlı çalışma testleridir. Bu testler sırasında sistemin performansı gözlemlenmiştir ve tanıma işleminin başarımı incelenmiştir.

Sistemin performans testleri sırasında ORL (Olivetti-Oracle Research Laboratory) ve gerçek zamanlı yüz tanıma sistemi için hazırlanan Yüz Tanıma Sistemi Veritabanı (YTSV) kullanılmıştır. Bu aşamada 5 kat (fold) için Bağımsız Geçerlilik Sınaması (Cross Validation) gerçekleştirilir (Şekil 6.1). İmgelerin gri renk değerleri ve YİÖ ile oluşturulan özellik vektörleri kullanılmıştır. YİÖ kullanılırken imgeler 3×3 , 5×5 ve 7×7 bölüme ayrılmıştır (Bölüm 2.2).

İkinci çalışma ise sistemin gerçek zamanlı olarak çalıştırılması ile elde edilen gözlemlerdir. Bu aşamada sadece YTSV kullanılmıştır. Sistemin çalışma performansı gözlenmiştir.



Şekil 6.1. Bağımsız geçerlilik sınaması (Cross Validation)

6.1 ORL Veritabanı Deneyleri

ORL veritabanı 40 kişiye ait 10 farklı imge alınmasıyla, toplam 400 imgeden oluşan bir yüz veritabanıdır. Veritabanında 40 kişiden alınan görüntüler farklı zamanlarda, farklı ışık şiddetlerinde ve farklı yüz ifadeleri ile gözlük olması veya olmaması gibi bazı detaylar dikkate alınarak oluşturulmuştur. İmgeler 92×112 piksel boyutunda gri renk seviyesindedir.



Şekil 6.2. ORL veritabanına ait bazı görüntüler

Çizelge 6.1. ORL veritabanı kullanılarak elde edilen tanıma oranları

| Özellik Seçimi | Özyüz Yöntemi | Fisher-Yüz Yöntemi | AEOV Yöntemi |
|---------------------------------------|---------------|--------------------|--------------|
| Gri Değer | %97,5 | %98,25 | %98,50 |
| YİÖ _{8,1} ^u 3 × 3 | %97,75 | %99,50 | %99,50 |
| YİÖ _{8,1} ^u 5 × 5 | %98,00 | %99,00 | %99,75 |
| YİÖ _{8,1} ^u 7 × 7 | %97,00 | %96,75 | %99,00 |

ORL veritabanı ile yapılan testler sonucunda elde edilen tanıma oranları Çizelge 6.1’de gösterilmiştir. Özyüz yönteminde, TBA kullanılırken 0,98 enerji değerini sağlayan özdeğer sayısı kullanılmıştır. Ayrıca YİÖ_{8,1}^u, imgelerin 5 × 5 bölüme ayrılmasıyla elde edilen özellik vektörleri kullanıldığında en iyi tanıma sonucu AEOV yöntemi ile elde edilmiştir.

6.2 YTSV Deneyleri

Bu tez çalışmasında gerçek zamanlı tanıma yapabilmek amacıyla 15 kişiye ait 10’ar adet farklı görüntüyü içeren toplam 150 adet imgeden oluşan YTSV oluşturulmuştur. Bu veritabanındaki görüntüler gri seviyeli ve 90 × 90 piksel boyutundadır. Bu görüntülerden bazıları Şekil 6.3’te gösterilmiştir.



Şekil 6.3. YTSV'ye ait bazı görüntüler

Çizelge 6.2. YTSV kullanılarak elde edilen tanıma oranları

| Özellik Seçimi | Özyüz Yöntemi | Fisher-Yüz Yöntemi | AEOV Yöntemi |
|--|---------------|--------------------|--------------|
| Gri Değer | %95,33 | %97,33 | %99,33 |
| $Y\ddot{I}\ddot{O}_{8,1}^u$ 3×3 | %100 | %100 | %100 |
| $Y\ddot{I}\ddot{O}_{8,1}^u$ 5×5 | %100 | %96,66 | %100 |
| $Y\ddot{I}\ddot{O}_{8,1}^u$ 7×7 | %100 | %94 | %100 |

Hazırlanan veritabanı ile elde edilen tanıma oranları Çizelge 6.2'de verilmektedir. Özyüz yönteminde, TBA kullanılırken 0,98 enerji değerini sağlayan özdeğerler alınmıştır. YTSV az sayıda sınıf içermektedir. Bu nedenle de tanıma performansının maksimum olduğu yöntemi belirlemek oldukça güçtür. Fakat, YİÖ ile yapılan testlerde, gri seviye piksel değerlerine göre daha iyi sonuç elde edildiği görülmektedir. Bu parametrelerin gerçek zamanlı tanımada kullanılması durumunda iyi sonuçlar elde edileceği açıktır.

YTSV ile performans testlerinin yanı sıra gerçek zamanlı tanıma içinde kullanılmıştır. Bu testler Intel Pentium Dual Core 1.87 GHz işlemciye sahip bilgisayar üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar şöyle sıralanabilir:

- Yüz tanıma sistemi için hız çok önemlidir. YTSV kullanılarak yapılan gerçek zamanlı testler sonucunda yüz bulma işleminin yaklaşık 80 milisaniye içinde gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Bu hız gerçek zamanlı tanımda toplam hızı etkileyen en önemli unsurdur. Ön işleme ise yaklaşık 3 milisaniye sürmektedir. Bunun yanında tanıma, yaklaşık 10 milisaniyede gerçekleşmektedir.
- Tanıma işlemi için geçen süre, veritabanında bulunan imge boyutlarına ve toplam imge sayısına bağlı olarak değişmektedir. Çünkü, imgelerin boyutları büyüdükçe veya toplam imge sayısı arttıkça, oluşan matrislerde büyümektedir. Buda tanıma hızını etkilemektedir.
- Yüz bulma gerçek zamanlı tanıma işleminin performansını etkileyen en önemli noktalardandır. Başarısız yüz bulma sonucunda sistem tanıma performansı olumsuz olarak etkilenmektedir.
- Gerçek zamanlı tanıma performansını etkileyen önemli noktalardan biride ışık şiddetindeki değişimlerdir. Aynı ışık şiddeti altında oluşturulmuş eğitim setlerinde tanıma oranı çok yüksek çıkarken, eğitim setlerinin farklı ortamlarda oluşturulduğu durumda ise tanıma performansı düşmektedir.

BÖLÜM 7

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması kapsamında günlük yaşamda kullanılabilir yüz tanıma sistemi tasarlanmıştır. Bu kapsamda iki uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulamalardan ilki eğitim setleri oluşturma amacıyla kullanılan veritabanı oluşturma uygulamasıdır. İkincisi ise oluşturulan eğitim setlerini kullanarak gerçek zamanlı tanıma yapan gerçek zamanlı yüz tanıma uygulamasıdır.

Gerçek zamanlı yüz tanıma uygulaması iki alt sistemden meydana getirilmiştir. Bu sistemler eğitim ve gerçek zamanlı tanıma alt sistemleridir. Eğitim alt sisteminde var olan eğitim setlerinden eğitim parametreleri üretilmesi amaçlanmıştır. Gerçek zamanlı tanıma alt sisteminde ise video kamera ile yakalanan görüntülerden yüzlerin bulunması, bulunan yüzlerin kesilip çıkartılması, altuzaya izdüşümün yapılması ve tanıma işleminin gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Sistem altuzay temelli yöntemlerden Özyüz, Fisher-Yüz ve AEOV yöntemlerinin her biri ile ayrı ayrı çalıştırılabilir şekilde tasarlanmıştır. Bu da kullanıcıya geniş bir seçim olanağı sunmakta, farklı yöntemlerin performanslarını görme imkanı vermektedir. Ayrıca yüz tanıma performansının artırılabilmesi amacıyla gri seviye piksel değerlerinin yanında YİÖ kullanılmıştır.

Yüz tanıma sistemi ile yapılan performans deneylerinde, sistemin başarımının kabul edilebilir nitelikte olduğu gözlemlenmiştir. Özellikle AEOV yönteminin YİÖ ile beraber kullanılması durumunda en iyi tanıma sonuçları elde edilmiştir. Bu noktada Çizelge 6.1 incelendiğinde bu sonuç rahatlıkla görülebilmektedir.

Gerçek zamanlı testlerde ise tanıma performansının çeşitli parametrelere bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Bunlardan ilki sistemin hızıdır. Yüz tanıma sistemi için hız çok önemlidir. Sistemin hızını etkileyen etmenler, yüz bulma, ön işleme ve tanıma için geçen sürelerdir. Özellikle tanıma için geçen süre, girdi uzayının boyutuna ve seçilen

parametrelere bağlı olarak değişmektedir. Bunun yanında yüz bulma konusunda yaşanan sorunlar da sistemin performansını etkileyen diğer önemli husustur. Başarısız yüz bulma, başarısız tanıma sonucu ile birebir ilintilidir. Bununla birlikte, ışık şiddetindeki değişimlerde sistemi etkilemektedir. Örneğin, farklı ışık şiddetleri altında oluşturulmuş eğitim setleri, tanıma performansını olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu tez kapsamında yapılan çalışmalar sonunda çalışılması gereken konular ortaya çıkmıştır. Bu konular şunlardır:

- Video kamera ile elde edilen görüntülerde, yüz bulma modülü ile bulunan yüzlerin göz noktalarına göre hizalanması.
- Sistemin ışık şiddetinden daha az etkilenmesinin sağlanması.
- Yeni yüz betimlemelerinin (DCT tabanlı imge betimleme gibi) ve tanıma algoritmalarının (Laplacian Faces, Kernel Yöntemler, DVM gibi) sisteme eklenmesi.
- Yüz tanıma sisteminin gerçek zamanlı çalışma hızını artırma amaçlı optimizasyonların yapılması.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Ahonen, T., Hadid, A. and Pietikäinen, M., 2006, Face description with local binary patterns: application to face recognition, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 28, 12.
- Arandjelovic, O., Shakhnarovich, G., Fisher, J., Cipolla, R. and Darrell, T., 2005, Face recognition with image sets using manifold density divergence, *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*.
- Atalay, İ. ve Gökmen, M., 1996, Özyüz yöntemi ile yüz tanıma, 4. Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı, Kemer Antalya, 151-156.
- Ballot, J. S. S., 2005, Face recognition using hidden markow model, M. S. thesis, University of Stellenboshch, 98 p.
- Bartlett, M. S., Lades, H. M. and Sejnowski, T. J., 1998, Independent component representations for face recognition, in *Proceedings of SPIE*, 3299, 528–539.
- Belhumeur, P., Hespanha, J. and Kriegman, D., 1997, Eigenfaces vs. fisherfaces: recognition using class specific linear projection, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 19, 7, 711-720, 0162-8828.
- Cevikalp, H., Neamtu, M., Wilkes, M. and Barkana, A., 2005, Discriminative common vectors for face recognition, *IEEE TPAMI*, 27(1), 4–13.
- Cevikalp, H., Neamtu, M. and Wilkes, M., 2006, Discriminative common vector method with kernels, *IEEE Trans. on Neural Networks*, 17(5), 1150-1565.
- Cevikalp, H., Triggs, B., Jurie, F. and Polikar, R., 2008, Margin-based discriminant dimensionality reduction for visual recognition, *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Anchorage, Alaska – USA.

KAYNAKLAR (Devam)

- Cox, I. J., Ghosn, J. and Yianilos, P. N., 1996, Feature based face recognition using mixture distance, In Proceedings, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 209-216.
- Ekenel, H. K., Fischer, M., Tekeli, E., Stiefelhagen, R. and Ercil, A., 2008, Local binary pattern domain local appearance face recognition, IEEE Signal Processing, Communication and Applications Conference, Didim, Turkey.
- Eleyan, A. A., 2009, Face recognition from still images and video sequences, Ph. D. Thesis, Eastern Mediterranean University, 154 p.
- Fisher, R. A., 1936, The use of multiple measurements in taxonomic problems, *Annals of Eugenics*, 7, 179–188.
- Gulmezoglu M. B., Dzhafarov, V., Keskin, M. and Barkana, A., 1999, A novel approach to isolated word recognition, *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, 7, 6.
- Gulmezoglu, M. B., Dzhafarov, V. and Barkana, A., 2001, The common vector approach and its relation to principal component analysis, *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, 9, 6.
- Gong, S., McKenna, S. J. and Psarrou, A., 2000, *Dynamic vision: from images to face recognition*, Imperial College Press (World Scientific Publishing Company).
- He, X., Yan, S., Hu, Y., Niyogi, P. and Zhang, H. J., 2005, Face recognition using laplacianfaces, *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 27, 328-340.
- Jafri, R. and Arabnia, H. R., 2009, A survey of face recognition techniques, *Journal of Information Processing Systems*, 5, 2, 41-68.

KAYNAKLAR (Devam)

- Lu, H., Platanoitois, K. N. and Venetsanopoulos, A. N., 2006, Multilinear principal component analysis of tensor objects for recognition, International Conference on Pattern Recognition.
- Mika, S., Ratsch, G., Weston, J., Scholkopf, B. and Muller K. R., 1999, Fisher discriminant analysis with kernels, Neural Networks for Signal Processing, 41-48.
- Nastar, C. and Mitschke, M., 1998, Real time face recognition using feature combination, In Third IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, Nara, Japan, 312-317.
- Ojala, T., Pietikäinen, M. and Harwood, D., 1996, A comparative study of texture measures with classification based on featured distributions, Pattern Recognition, 29(1), 51–59.
- Osuna, E., Freund, R. and Girosi, F., 1998, Training support vector machines: An application to face detection, IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.
- Quintiliano, P. and Rosa, A., 2006, Face recognition applied to computer forensics, The International Journal of Forensic Computer Science, 1, 19-27.
- Roweis, S. T. and Saul, L. K., 2000, Nonlinear dimensionality reduction by locally linear embedding, Science, 290, 2323–2326.
- Scholkopf, B., Smola, A. and Muller, K., 1998, Nonlinear component analysis as a kernel eigenvalue problem, Neural Computation, 10, 5, 1299–1319.
- The Database of Faces, AT&T Laboratories Cambridge,
<http://www.cl.cam.ac.uk/Research/DTG/attarchive/facedatabase.html>.
- Tan, X., Chen, S., Zhou, Z. H. and Zhang, F., 2006, Face recognition from a single image per person: A survey, Pattern Recognition, 39 (9), 1725-1745.

KAYNAKLAR (Devam)

- Tan, X. and Triggs, B., 2007, Enhanced local texture feature sets for face recognition under difficult lighting conditions, Lecture Notes in Computer Science.
- Tao, D., Li, X., Wu, X. and Maybank, S. J., 2007, General tensor discriminant analysis and gabor features for gait recognition, IEEE Trans. on Pattern analysis and Machine Intelligence, 29, 1700-1715.
- Tenenbaum, J. B., Silva, V. de and Langford, J. C., 2000, A global geometric framework for nonlinear dimensionality reduction, Science, 290, 2319–2323.
- Turhal, Ü. Ç., 2008, İki boyutlu yüz tanıma metodlarına yeni yaklaşımlar; satır ve sütun vektörleri arasındaki değişimlerin kullanılması, Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, 111 s.
- Turk, M. and Pentland, A., 1991, Eigenfaces for recognition, Journal of Cognitive Neuroscience, 3, 1, 71–86.
- Vasilescu, M. A. O. and Terzopoulos, D., 2002, Multilinear analysis of image ensembles: TensorFaces, European Conference on Computer Vision.
- Viola, P. and Jones, M., 2001, Rapid object detection using a boosted cascade of simple features, Second International Workshop on Statistical and Computational Theories of Vision – Modeling, Learning, Computing, and Sampling, 25 p.
- Wang, R., Shan, S., Chen, X. and Gao, W., 2008, Manifold-manifold distance with application to face recognition based on image sets, IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.
- Wikipedia, 2009, Web Sitesi: <http://wikipedia.org/>.
- Wiskott, L., Fellous, J. M., Kruger, N. and Von Der Malsburg, C., 1997, Face recognition by elastic bunch graph matching, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 19, 7, 775–779.

KAYNAKLAR (Devam)

Yan, S., Xu, D., Yang, Q., Zhang, L., Tang, X. and Zhang, H. J., 2007, Multilinear discriminant analysis for face recognition, *IEEE Trans. on Image Processing*, 16, 212-220.

Yu, H. and Yang J., 2001, A direct LDA algorithm for high dimensional data with application to face recognition, *Pattern Recognition*, 34, 2067-2070.

Zhao, W., Chellappa, R., Phillips, J. and Rosenfeld, A., 2003, Face Recognition in still and video images: A literature survey, *ACM Computing Surveys*, 35, 399-458.