

**YÜZ TANIMADA AYDINLANMANIN ETKİSİNİN UYARLANIR
HİSTOGRAM EŞİTLEME İLE AZALTILMASI**

Esil S.KHURSHED

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EYLÜL 2009
ANKARA**

Esil KHURSHED tarafından hazırlanan YÜZ TANIMADA AYDINLANMANIN ETKİSİNİN UYARLANIR HİSTOGRAM EŞİTLEME İLE AZALTILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Hasan Şakir BİLGE
Tez Danışmanı, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof.Dr. Şeref SAĞIROĞLU
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü

Yrd.Doç.Dr. Hasan Şakir BİLGE
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü

Prof.Dr. Sezai DİNÇER
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü

Tarih: 25/09/2009

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Nail ÜNSAL
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Esil S.KHURSHED

**YÜZ TANIMADA AYDINLANMANIN ETKİSİNİN UYARLANIR
HİSTOGRAM EŞİTLEME İLE AZALTILMASI**

(Yüksek Lisans Tezi)

Esil S.KHURSHED

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Eylül 2009

ÖZET

Yüz tanıma; suçlu teşhisi, kredi kartı doğrulaması, güvenlik sistemi ve zeki gözetleme gibi uygulamalarda önemli rolü olması nedeniyle son yıllarda bilim adamlarının çok çalıştığı araştırma konularından biri olmuştur. Mevcut yüz tanıma yöntemlerinin belirli koşullar altında iyi sonuçlar vermesine rağmen, bazı engellerle zaman zaman karşılaşılmaktadır; poz değişimi, aydınlatma değişimi ve ifade değişimi gibi sorunlar yüz tanıma metotlarının performansını etkilemektedir. Aydınlanma değişimi, geçtiğimiz yıllarda ve halen araştırmacıların karşılaştığı önemli ve etkin bir şekilde çözülmesi gereken bir problemdir. Bu tezde, yüz tanımada global, yerel ve uyarlanırlar olarak histogram eşitlemeye dayalı farklı aydınlanma normalleştirme yöntemleri incelenmektedir. Tanıma performansını artırmak için, yüz görüntüleri üzerinde histogram eşitleme işleminden sonra farklı filtreler uygulanması önerilmektedir. Bu amaçla şu yöntemler denenmekte ve aralarında karşılaştırma yapılmaktadır: Histogram Eşitleme (HE), Yüksek Artış filtresi (HE+HB), Histogram Eşitleme ile Laplacian filtresi (HE+Lap), Yerel histogram eşitleme (LHE), medyan filtresiyle yerel histogram eşitleme (LHE+Med), Gaussian filtresi ile yerel histogram eşitleme (LHE+Gaus) ve Uyarlanırlar Histogram eşitleme. Bu metotlar, etkili ve verimli bir şekilde düzensiz aydınlanma etkisini ortadan kaldırmakta ve tanıma performansını geliştirmektedir. Deneysel çalışmada, Yale yüz veritabanı üzerinde yerel histogram yöntemi çeşitli pencere ve parametrelerle

uyarlanmış ve sonuç olarak yüz tanıma oranının *%46.49 dan* (görüntülere hiçbir yöntem uygulamadan) *%99.55 e* (LHE [7 7+ Gauss 3x3, standart sapma 1 metodu için) artması sağlanmıştır. Karmaşık olmayan bir yöntemle *%0.45'lik* bir hata oranı elde edilmiş olması önemli bir sonuçtur.

Bilim Kodu : 902.1.067
Anahtar Kelimeler : Yüz Tanıma, Aydınlatma telafisi, Histogram eşitleme, global-yerel kontrast iyileştirme
Sayfa Adedi : 58
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Hasan Şakir BİLGE

**REDUCTION OF ILLUMINATION EFFECT BY USING
ADAPTIVE HISTOGRAM EQUALIZATION
IN FACE RECOGNITION
(M.Sc. Thesis)**

Esil S.KHURSHED

**GAZI UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
September 2009**

ABSTRACT

Face recognition is a widely studied field in recent years due to its important role in many applications, such as law, criminal identification, credit card verification, security system and intelligent surveillance. Although present methods have good performances under certain conditions, there are several problems such as: different poses, different illumination conditions and changing expressions, that affect the performance of the face recognition methods. The illumination variation is one of the most difficult problem facing researchers. In our thesis, we investigate different illumination normalization methods based on histogram equalization applied globally, locally and adaptively for face recognition. In order to increase the performance, we apply different filters on the histogram equalized images, then we compare the following methods: Histogram Equalization (HE), Histogram Equalization with High Boost filter (HE+HB), Histogram Equalization with Laplacian filter (HE+Lap), Local Histogram Equalization (LHE), Local Histogram Equalization with Median filter (LHE+Med), Local Histogram Equalization with Gaussian filter (LHE+Gaus) and Adaptive Histogram Equalization. These methods can be used to eliminate the effect of uneven lighting condition effectively and

efficiently, and improve the recognition performance. In the experiments which are evaluated and compared on the Yale face database B, local histogram equalization is adapted with different window sizes and different parameters. The experimental results show that the face recognition rate is improved from 46.49% (for images with no processing) to 99.55% (for LHE[7 7]+Gaussian 3x3 with standard deviation=1 method) with an error rate 0.45%. The key point is that this success is obtained with a simple method.

Science Code : 902.1.067

Key Words : Face Recognition, Illumination compensation, Histogram Equalization, Global-Local contrast enhancement

Page Number : 58

Adviser : Assist. Prof. Dr. Hasan Şakir BİLGE

TEŐEKKÖR

Bu tezin hazırlanması sırasında değerli fikirleri ve engin bilgisi ile bana yol göstererek yardım ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli danıőman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Hasan Şakir BİLGE'ye, manevi destekleri ile her zaman yanımızda olan bölüm başkanımız Sayın Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU hocamız'a, bugünlere gelmemde en büyük paya sahip olan aileme ve destekleriyle her an yanımda olan sevgili babam Dr. Semir KHURSHED'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	xi
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xv
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xviii
1. GİRİŞ.....	1
2. AYDINLATMA ETKİSİNİN KALDIRILMASI.....	8
2.1. Aydınlatma Normalleştirme Metotları.....	9
2.1.1. Histogram eşitleme.....	9
2.1.2. Yerel histogram eşitleme.....	14
2.1.3. Uyarlanır histogram eşitleme.....	15
2.2. Gürültü Azaltma (Filtreleme).....	18
2.2.1. Gaussian filtresi	20
2.2.2. Medyan filtresi.....	21
2.2.3. Laplace filtresi.....	22
2.2.4. Yüksek artış filtresi	25
3. ÖNERİLEN YÖNTEM.....	27
3.1. Yale Yüz Veritabanı B.....	27
3.2. En Yakın Komşu (k-NN) Sınıflandırıcısı.....	30
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	31
4.1. Genel Tanıtım.....	31
4.2. Aydınlatma Normalleştirme Metotları kullanarak deneysel sonuçlar.....	31
4.2.1. Histogram eşitleme.....	31
4.2.2. Uyarlanır histogram eşitleme.....	33
4.2.3. Yerel histogram eşitleme.....	34

Sayfa

4.3. Filtre Kullanarak Deneysel Sonuçlar.....	36
4.3.1. Laplace filtresi	36
4.3.2. Yüksek artış filtresi.....	37
4.3.3. Gauss filtresi.....	40
4.3.4. Medyan filtresi	44
4.4. Sonuçların Karşılaştırılması.....	47
5. SONUÇLAR.....	50
KAYNAKLAR.....	54
ÖZGEÇMİŞ.....	58

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. İncelenmiş geçmiş çalışmaların arasındaki karşılaştırma.....	7
Çizelge 4.1. Orijinal görüntü ile histogram eşitleme uygulanmış görüntünün Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı.....	32
Çizelge 4.2. Orijinal görüntü ile uyarlanı histogram eşitleme uygulanmış görüntünün yale yüz veritabanı B üzerinde performansı.....	33
Çizelge 4.3. Orijinal görüntü ile farklı pencere boyutları kullanarak yerel histogram eşitleme uygulanmış görüntünün Yale yüz veritabanı üzerinde performansı.....	34
Çizelge 4.4. Orijinal görüntü ile aydınlatma normalleştirme için kullanılan yöntemlerin Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı.....	36
Çizelge 4.5. Orijinal görüntü ile histogram eşitleme ve histogram eşitlemeyle Laplace filtrenin Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı.....	37
Çizelge 4.6. Yüksek artış filtrenin Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı.....	40
Çizelge 4.7. Yerel histogram eşitlemesi ile Gauss filtrenini Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı.....	41
Çizelge 4.8. Yerel histogram eşitlemesi ile Gauss filtrenini 5x5 pencere kullanarak Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı.....	42
Çizelge 4.9. Histogram eşitlemesi [7 7] ile farklı Gauss filtresini kullanarak Yale yüz veritabanı üzerinde performansı.....	43
Çizelge 4.10. Yerel histogram eşitlemesi ile medyan filtrenin Yale yüz veritabanı üzerinde performansı.....	45
Çizelge 4.11. Yerel histogram eşitlemesi [7 7] ile farklı Medyan filtresini kullanarak Yale yüz veritabanı üzerinde performansı.....	46
Çizelge 4.12. Histogram eşitlemesi ile medyan filtrenin Yale yüz veritabanı üzerinde performansı.....	47
Çizelge 5.1. farklı aydınlatma metotların Yale yüz veri tabanı B üzerinde performansını karşılaştırması.....	51

Çizelge	Sayfa
Çizelge 5.2. Bizim elde ettiğimiz tanıma oranının performansının önceki çalışmalarla Karşılaştırılması.....	53

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Temel görüntünün iyileştirilmesi sürecinde kullanılan teknikler.....	8
Şekil 2.2. a) Orijinal görüntünün histogramı, b) Kontrast iyileştirmeden sonraki görüntü histogramı.....	11
Şekil 2.3. Farklı Histogramlar, a) Karanlık kontrast, b) Düşük kontrast, c) Yüksek kontrast, d) Aydınlik kontrast.....	12
Şekil 2.4. a) Orijinal görüntü, b) histogram eşitleme uygulanmış görüntü, c) Orijinal görüntünün histogramı, d) kontrast iyileştirmeden sonraki histogramı.....	13
Şekil 2.5. Histogram dönüşüm fonksiyonu.....	14
Şekil 2.6. a) Orijinal görüntü, b) AHE uygulanmış görüntü, c) Orijinal görüntünün histogramı, d) AHE den sonraki görüntünün histogramı.....	16
Şekil 2.7. Temel görüntünün iyileştirilmesi sürecinde kullanılan teknikler ve uygulama sıraları.	18
Şekil 2.8. 3 X 3 lük bir pencerenin gösterimi.....	21
Şekil 3.1. En yakın komşu sınıflandırıcı sürecinde yapılan işlemler.....	30
Şekil 4.1. Orijinal görüntü ile histogram eşitleme uygulanmış görününün yale yüz veritabanı B üzerinde performansı.....	32
Şekil 4.2. Orijinal görüntü ile uyarlanır histogram eşitleme uygulanmış görüntünün Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı	33
Şekil 4.3. Orijinal görüntü ile farklı pencere boyutları kullanarak yerel histogram eşitleme uygulanmış görüntünün Yale yüz veritabanı üzerinde performansı.....	35
Şekil 4.4. Orijinal görüntü ile aydınlatma normalleştirme için kullanılan yöntemlerin Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı.....	36
Şekil 4.5. Orijinal görüntü ile histogram eşitleme ve histogram eşitlemeyle Laplace filtrenin Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı.....	37
Şekil 4.6. Yüksek artış filtrenin Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı.....	39

Şekil	Sayfa
Şekil 4.7. Yerel histogram eşitlemesi ile Gauss filtrenini Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı.....	41
Şekil 4.8. Yerel histogram eşitlemesi ile Gauss filtrenini 5x5 pencere kullanarak Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı.....	43
Şekil 4.9. Yerel histogram eşitlemesi ile medyan filtrenin Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı.....	44
Şekil 4.10. Histogram eşitlemesi ile medyan filtrenin Yale yüz veritabanı üzerinde performansı.....	45
Şekil 4.11. Yerel histogram eşitlemesi [7 7] ile farklı Medyan filtresini kullanarak Yale yüz veritabanı üzerinde performansı.....	46
Şekil 4.12. Histogram eşitlemesi ile medyan filtrenin Yale yüz veritabanı üzerinde performansı.....	47
Şekil 5.1. Farklı aydınlatma metotların Yale yüz veri tabanı üzerinde performansını karşılaştırması.....	51

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Kontrast iyileşmesi; a) orijinal görüntü, b) kontrast iyileştirmeden sonraki Görüntü.....	11
Resim 2.2. Yerel işlemler, a) orijinal görüntü, b) global histogram eşitleme uygulanmış görüntü c) 5x5 lik komşuluk kullanılarak yapılan yerel işleme elde edilen görüntü.....	15
Resim 2.3. a) Gürültü eklenmiş görüntü, b) ve c) 3x3 ve 5x5 Gauss filtresi kullanarak gürültü azaltılmış görüntü.....	20
Resim 2.4. a) Gürültü eklenmiş görüntü ,b) 3x3 Medyan filtresi kullanılarak gürültüden arındırılmış görüntü,c) 5x5 Medyan filtresi kullanılarak gürültüden arındırılmış görüntü d) 7x7 Medyan filtresi kullanılarak gürültüden arındırılmış görüntü.....	22
Resim 2.5. a) Gürültülü görüntü, b) Laplace filtresi kullanarak gürültüden arındırılmış görüntü.....	23
Resim 2.6. a) Gürültülü görüntü, b) yüksek artış filtresini kullanarak görüntüden arındırılmış görüntü.....	24
Resim 3.1. Yale yüz veritabanı B nin özneleri.....	26
Resim 3.2. Yale Yüz Veritabanı B'deki bir kişinin ön poz görüntüleri 64 aydınlatma şartı altında.....	28
Resim 4.1. Yale Yüz Veritabanı B'deki bir kişinin 5 altgruptan seçilen görüntülerin üzerine uygulanan yöntemlerin ve filtrelerin sonucu.....	49

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
HE	Histogram Equalization, Histogram Eşitleme
LHE	Local Histogram Equalization, Yerel Histogram Eşitleme
AHE	Adaptive Histogram Equalization, Uyarlanırlı Histogram Eşitleme
HE+Lap	Histogram Equalization with Laplacian Filter, Histogram Eşitleme ile Laplacian filtresi
LHE+Gaus	Local Histogram Equalization with Gaussian Filter, Yerel Histogram Eşitleme ile Gaussian Filtresi
HB	High Boost Filter, Yüksek artış Filtresi
LHE+Med	Local Histogram Equalization with Media Filter, Yerel Histogram Eşitleme ile Medyan filtresi
QIR	Quotient Illumination Relighting, Tekrar bölüm aydınlatması
BHE	Block Based Histogram Equalization, Blok tabanlı histogram iyileştirme

1. GİRİŞ

Yüz tanıma konusunda, ilk önce açıklanması gereken iki temel kavram vardır: yüz veritabanı ve yüz tanıma algoritması. Yüz veritabanı; insan yüzünden kaydedilmiş değişik görüntülerin koleksiyonu olarak açıklanabilir. Veritabanında farklı pozlarda, farklı boyutlarda, farklı aydınlatmalarda ve farklı arka planlarda görüntüler olabilir. Yüz tanıma algoritması; sisteme verdiğimiz yüz test görüntüleri ve veritabanındaki mevcut görüntülerin arasındaki benzerliği bulmak için uygulanan bir yöntemdir. Yüz tanıma algoritması, giriş olarak aldığı test görüntülerini veritabanındaki görüntülerle karşılaştırır ve veritabanındaki görüntülerden birine ait olup olmadığını belirler. Bu işlem sırasında çeşitli sorunlarla karşılaşılır, sayısal bir görüntü içerisindeki bir insan yüzünün tanınmasını zorlaştıran sebepler kısaca şunlardır:

1. Poz değişimi; insan yüzünün ön ve yan profillerden görünüşü oldukça farklıdır.
2. Aynı yüze ait görüntünün farklı aydınlatma, ışık kaynağı gücü ve diğer çevre koşulları altında çekilmesi sebebiyle aydınlatma değişimine neden olabilir.
3. Farklı saç stili, bıyık bırakılması, gözlük takılması gibi durumlar tanıma sisteminin olumsuz şekilde çalışmasına neden olmaktadır.
4. Ölçek farklılıkları; giriş verilerinin boyutu ile veri tabanındaki yüz görüntülerinin boyutları arasındaki farklılık.
5. İnsan yüzü içerisinde bulunan kısımların (göz, burun, vs. gibi) arasındaki uzaklıkta değişiklikler meydana gelebilmektedir. Şöyle ki insan güldüğünde veya ağladığında yüzündeki ifade oldukça değişecektir.

Aydınlatma değişimi, yüz tanımayı etkileyen en önemli bir sorunlardan biridir. Aydınlatma, bir nesnenin görsel görünümünü etkilemekte ve tanıma metodlarının performansını ciddi bir şekilde azaltmaktadır. Bu konu, birçok araştırmacılar

tarafından araştırılmış, değişik sonuçlar elde edilmiş ve farklı yaklaşımlar önerilmiştir.

Geniş uygulama alanına sahip olan bu önemli konu birçok alt konulara ayrılmıştır. Bu konuların her biri derin araştırmaları gerektirmektedir; yüz tanıma metotlarının karşılaştığı sorunlar, görüntü iyileştirme ve tanıma metotlarının performansını artırma konuları örnek olarak verilebilir. Bu tez çalışması sayısal görüntü işleme konuları arasında “aydınlatma değişimi” konusu ile ilgilenmektedir. Aydınlatma değişimi probleminde özellikle histogram eşitlemeye dayalı olan yöntemler dikkate alınmıştır. Çalıştığımız konu ile ilgili makaleler araştırılmış ve bunlar hakkında kısa bilgiler aşağıda verilmiştir.

Feng ve ark., çalışmalarında yerel aydınlatma normalizasyonunu ve iki görüntü işleme yöntemini sunmuşlardır: Parçalı Gamma Dönüşümü ve Parçalı Histogram Tanımlaması [10]. Her iki yöntem de Yale yüz veritabanı ve CMU PIE yüz veri tabanına dayanılarak değerlendirilmiştir ve bu yöntemler değişik aydınlatma durumunun etkisini ortadan kaldırabilir ve doğrulama performansını da etkili bir biçimde artırabilirler.

Shan ve ark., üç farklı yöntem kullanarak yüz tanımda farklı ışık koşulları altında çekilmiş görüntülerin aydınlatma normalleştirilmesini yapmışlardır [27]. Histogram eşitleme ve tanımlama, Gamma yoğunluk doğrulaması ve Tekrar Bölüm Aydınlatması (Quotient Illumination Relighting, QIR) yöntemlerini kullanmışlardır. QIR yöntemiyle % 91,8’lik bir tanımlama oranına ulaşmışlar, yöntemlerini Yale yüz veritabanı ve Harvard aydınlatma yüzü veritabanında değerlendirmişlerdir ve bu iki farklı veritabanı arasında karşılaştırma yapmışlardır.

Xie ve ark., insan yüzü üzerinde düzensiz aydınlatmayı telafi etmek için bir çalışma yapmışlardır [37]. Basit ama etkili yerel kontrast iyileştirme (Blok tabanlı histogram iyileştirme) yöntemini kullanarak etkili sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca Ana Bileşen Analizi (Principal Component Analysis) yöntemini yüz tanıma için kullanmışlardır.

Histogram eşitleme uygulandıktan sonra, imgeye yerel normalleştirme nokta nokta uygulanmıştır.

Liu ve ark., aydınlatma problemini ele almışlar, bu problemle ilgili bir yöntem önermişlerdir [17]. Onların yöntemleri değişik aydınlatma koşulları altında çekilen bir yüz resmini, yüz resmi ve referans bir yüz resmi arasında oranlı resim (ratio-image) kullanarak cephesel aydınlatmalı olan birine geri yüklenmesi şeklindedir. Bu amaçlarına ulaşabilmek için Yale yüzü veritabanını kullanmışlar ve daha yüksek bir tanıma oranı elde etmişlerdir.

Du ve Ward, aydınlatma normalleştirmede dalgacık tabanlı (wavelet-based) normalleştirme yöntemini önermiştir [8]. Bu yöntem yüz tanıma işlerini kolaylaştırmak için dalgacık dönüşümünü kullanarak frekans alanında eş zamanlı olarak yüz imgelerinin kenarlarını iyileştirdiği gibi kontrastını da iyileştirir. Yöntemlerini Yale yüz veritabanı üzerinde değerlendirmişler ve %95.65'lik bir tanımlama oranını elde etmişler.

Chen ve ark., değişik ışık koşulları altında yüz tanıma için aydınlatma normalizasyon yaklaşımını önermiştir [6]. Yaklaşımlarında, ayrık kosinüs dönüşümü (AKD), logaritma alanındaki aydınlatma değişmelerini telafi etmek için uygulamıştır. Deneyi Yale B veritabanı ve CMU PIE veritabanında uygulanmış ve deneylerinin sonuçları önerdikleri yaklaşımın büyük aydınlatma değişiklikleriyle yüz resimleri için performansı önemli ölçüde artırdığını göstermiştir.

Aly ve ark., aydınlatma normalizasyon tekniğini kullanarak CMU-PIE yüzü veritabanında tanımlama doğruluğunu geliştirmek için yerel bir histogram eşitleme yöntemini araştırmışlardır [2].

Tjahyadi ve ark., Yale yüz veritabanında ayırık kosinüs dönüşümü faktörünün enerji histogramı yoluyla yüz tanımlama problemini incelemişler ve artan eşitleme sınıflandırmayı seçmek için bir teknik önermişlerdir [28].

Wang ve ark., değişik ışık şartları altında yüz resimlerini analize etmek ve modellemek için genel bir çalışma yapmışlar ve değişik ışık şartları altında yüz modellemesi için yüz aydınlatma boşluğu, genel yüz modeli ve genel yüz görüntüleme modeli kavramlarını tanıtmışlardır [33]. Aynı zamanda yüz tanımlaması için bir ışık ayarlama yaklaşımını öne sürmüşlerdir. Deney sonuçları algoritmaların yüz resimlerini değişik ışık koşulları altında yüz tanımlama oranını etkin bir şekilde artırdığını göstermiştir.

Turk ve Pentland, yüzün değişen ışığı, boyutu ve uyumuyla değişen koşullarda algoritmalarının nasıl çalıştığını test etmişlerdir [21]. Kendi sistemlerinin en büyük sorunu, orijinal veri setinden daha küçük veya daha büyük hesaplanan yüzlerle yaşandığını bulmuşlardır. Bu sorunun üstesinden gelmek için ve en iyi eşleşmeleri elde etmek için değişik boyutların özyüzlerine (eigenfaces) karşılaştırma yapıldığı bir çoklu çözünürlük yöntemini kullanmayı önermişlerdir. Aynı zamanda giriş resimlerinin, ana yüz özelliklerini belirtmek ve arka planın etkisini azaltmak için bir 2-D “görünüş” ile çarparak en aza indirgedikleri performansın üzerinde resim arka planının kayda değer bir etkisinin olabileceğini düşünmüşlerdir. Sistem yüz tanımlamayı gerçek zamanlı uygular. Turk ve Pentland’ın çalışmaları yüz tanımlama alanında çok verimliydi ve onların bu yöntemleri, kullanımı kolay olması nedeniyle de halen rağbet görmektedir.

Bhavani ve ark., “Modified Census Transform” (Değiştirilmiş Sayım Dönüşümü) kullanılarak ve ortaya çıkan görüntüler üzerine özyüz (eigenface) yaklaşımı uygulanılarak cephe yüzünün sabit ışık temsili elde edilerek bir yüz tanıma tekniği önermişlerdir [5]. Tanıma oranında Yale B, CMU PIE ve Weizmann yüz veri tabanında cephesel yüz görüntüleri üzerinde bir gelişme gözlenmiştir. Özyüz tekniği, elde edilen tanıma sonuçlarını karşılaştırmak için temel algoritma olarak kullanılmıştır.

Nam ve ark., özellikle farklı aydınlatma ortamında sağlıklı yüz tanıma işlemi için, yüz resmi girdisinin nasıl ön işleme alındığını araştırmışlar [20]. Verimli bir yüz tanıma için uyarlanabilir bir filtre bloğunu önerilmiştir. Önerilen bu yöntem filtre kombinasyonlarını ve birleşik parametreleri araştırarak bilinmeyen ışık ortamları için en uygun ayarlamalara seçim yapmaktadır. Bu deney, önerilen sistemin farklı aydınlatma ortamlarda sağlam yüz tanıma performansını test ederken yüksek performans elde ettiğini göstermiştir.

Michelle ve ark., üç adet ışık normalizasyon yöntemini karşılaştırmışlar, (*logAbout, benzer yapılı filtre ve dalgacık*) [19]. Sonuçlar ışık doğrulamayla tanıma oranında bir ilerleme olduğunu, dalgacık yönteminin en iyi sonucu verdiğini ve Yale veritabanı resimlerini kullanarak tanıma oranını % 16 ile geliştirdiğini gösterir. Bu sonuç da, dalgacık işlemlerinden doğan yüz resminin sadece kontrastı artırmadığının değil de fakat aynı zamanda ileriki yüz tanıma işlemlerini kolaylaştıracak olan keskinliği ve detayları da artırdığı gerçeğinden kaynaklanır.

Du ve ark., deneyde kullanılan metotlar arasında bir karşılaştırma yapmışlardır [7]. Kullanılan metotlar HE, HS, Log ve Gamma yoğunluk ortalaması yöntemleri CMU-PIE veri tabanı, FERET veritabanı ve CAS-PEAL veritabanını da içeren ışığa duyarsız yüz tanımlama için birkaç tane ön işleme yöntemini deneysel olarak karşılaştırmışlardır. Deney sonuçları, HE, HS ve GIC'nin LOG epeyce ışık değişimi olmadan yüz görüntüleri tanıma oranını düşürebilirken, ışık değişimli veya değişimsiz her iki görüntünün tanıma performanslarını artırdığını göstermişler, bununla birlikte, ışık değişimleriyle yüz resimlerinin tanımlamasını kolaylaştırabilirler.

Çizelge 1.1. İncelenen önceki çalışmalar arasındaki karşılaştırmalar

Yazar	Yıl	Yöntem	Başarı
Xie ve ark. [37]	2005	Blok tabanlı histogram eşitleme	%90.00
Shan ve ark. [27]	2003	Tekrar bölüm aydınlatması (Quotient Illumination Relighting)	%91.80
Michelle ve ark. [19]	2006	Dalgacık yöntemi	%93.00
Wang ve ark. [33]	2003	Dönüşüm logaritma+ Normalleştirme + Gabor dalgacık filtresi	%94.40
Bhavani ve ark. [5]	2007	Özyüz (eigenface)	%94.76
Du ve Ward [8]	2005	Dalgacık tabanlı aydınlatma normalleştirme	%95.65
Turk ve Pentland [21]	1994	Özyüz (eigenface)	%96.60
Chen ve ark. [6]	2006	Ayrık kosinüs dönüşümü	%98.11
Du ve ark. [7]	2005	Gamma yoğunluk doğrulaması	%99.31

Bu tezde, yukarıda bahsedilen aydınlatma değişimi problemini gidermek için normalleştirme metotlarını kullanarak bir çalışma yapılmıştır. Tüm deneyler Yale yüz veritabanı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Veritabanındaki görüntüler üzerine normalleştirme için kullanılan yöntemler uygulanmıştır. Aydınlatma normalleştirmede (illumination compensation) kullanılan yöntemler şunlardır: Histogram Eşitleme (HE), Yerel Histogram Eşitleme (LHE), Uyarlanırlı Histogram Eşitleme (AHE).

Uygulanan yöntemlerin sonuçları elde edildikten sonra farklı filtreler uygulayarak daha başarılı sonuçlar elde etmeye çalışılmıştır. Deneylerde kullanılan filtreler: Laplace filtresi, Gauss filtresi, Medyan filtresi, yüksek artış filtrelerdir.

Filtreler uygulandığında, aydınlatma normalleştirme yöntemlerinin performansının arttığı ve tanıma oranının yükseldiği görülmüştür. Bu çalışmada bizim amacımız aydınlatma etkisinin azaltılması, tanıma oranının geliştirilmesidir. Çeşitli deneyler

yapılarak değişik filtrelerle farklı pencere boyutları kullanılarak farklı katsayıları alarak yüksek tanıma oranları elde edilmiştir. Deneilerin sonuçları arasında karşılaştırma yapıldığında, Gauss filtresiyle yerel histogram eşitlemesini (LHE [7 7] + Gaus [3 3],1) ard arda aynı görüntü üzerinde uyguladığımızda sistemin performansının iyileştiği görülmüştür. Bu yöntemle en yüksek tanıma oranı %99.55 elde edilmiştir.

Bu tez aşığıdaki şekilde düzenlenmiştir: İkinci bölümde ana sorun olan aydınlatma değişimini telafi etmek için önerilen metotların, filtrelerin detayları ele alınmıştır. Üçüncü bölümde önerilen yöntemlerden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde tez çalışmasında yapılan uygulamalar sunulmuştur. Beşinci bölümde elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. AYDINLATMA ETKİSİNİN KALDIRILMASI

Birinci bölümde anlatıldığı gibi, poz ve aydınlatma değişimleri pratik bir yüz tanıma sistemi için sorun teşkil eden pek çok engel arasında yer almaktadır. Pratik uygulamalarda aydınlatma değişimi yüz tanıma problemleri arasında en zor problem sayılır. Farklı aydınlatmalar altında alınan yüz görüntüleri, özellikle, tüm yüz bilgisinin tanıma için kullanıldığı ana bileşen analizine dayalı yüz tanıma sistemleri için tanıma performansını düşürebilir. Şu ana kadar bu sorunlar için devrim niteliğinde veya pratik çözümler ortaya konmuş değildir. Bununla birlikte, poz ve aydınlatma sorunlarına yönelik olarak değişmez özellik tabanlı metotları içeren bazı çözümler ortaya çıkmıştır.

Bu bölümde, yüz tanıma ile ilgili aydınlatma değişmezliğini telafi etmek için farklı düşüncelere dayalı pek çok yöntem incelenmiştir ve daha yüksek tanıma oranı elde etmek için gereken filtreler de incelenmiştir [1]. Bu yöntemler yüz tanıma işlemine başlamadan önce ön işlem algoritması olarak sayılır. Bu yöntemler basit, verimli ve sistemin performansını büyük bir şekilde geliştirmektedir. Histogram Eşitleme, yerel Histogram Eşitleme ve uyarlanabilir Histogram Eşitleme yöntemleri aydınlatma düzeltilmesi için kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemler aydınlatma normalleştirme yöntemleri olarak tanımlanır (Bkz. Şekil 2.1).

Aydınlanmayı normalleştirme Yöntemleri

Orijinal görüntü

Şekil 2.1. Temel görüntünün iyileştirilmesi sürecinde kullanılan teknikler

2.1. Aydınlatma Normalleştirme Metotları

Aydınlatma değişimi, yüz tanıma problemlerinden biridir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için gereken yöntemler kullanılmaktadır [2]. Öğrenme sırasında aydınlatmanın etkilerini azaltmak için ve aynı zamanda boyutun azaltılması için iki yöntem önerilmiştir. Önümüze, ön işlemez verilen değişik aydınlatma şartları altında birçok giriş görüntülerin problemleri geliyor ve bunlar tanıma sisteminin performansını azaltıyor. İşte bu aydınlatma onarımının aydınlatmaya doğru sağlam bir yüz tanıma sistemini yaratmakta bir önkoşul neden olduğudur. Sayısal görüntü işlemede bir görüntü yeteri kadar iyi aydınlatılmadığı zaman sorunu çözmek için birkaç tane yöntem vardır. Normalde bu yöntemler görüntüye global, yerel veya uyarlanır olarak uygulanır [26].

Yerel normalleştirme yöntemleri çıkış görüntünün ister istemez gerçeğe uygun olmaması dezavantajına sahiptirler. Eldeki problemde hedef gerçekçi bir imge elde etmek değildir, fakat yüzlerin ayırdedici bir tanımayla olanak sağlanması için aydınlatmayla değişmeyen yüzün gösterimini elde etmektir. Bu düşünce, bu tür bir uygulamada yerel aydınlatma yöntemlerinin kullanılmasını mantıklı kılar. Bir fonksiyonu yerel olarak uygulamasını şöyle anlatabiliriz: görüntünün üst sol köşeden başlayarak, görüntü boyutundan oldukça küçük bir pencere seçilir ve bu pencere içindeki piksellerin histogramı hesaplanır, bu işlem seçilen pencerenin tüm imgesi üzerinde ve normalleştirme fonksiyonunun uygulandığı her biri için piksel piksel gezdirilmesiyle tekrar edilir. Bu bölümde değişik aydınlatma etkilerini gidermek için gereken yöntemler araştırıldı.

2.1.1. Histogram eşitleme

Histogram, sayısal bir görüntü içerisinde her renk değerinden kaç adet olduğunu gösteren grafikdir. Bu grafiğe bakılarak görüntünün parlaklık durumu ya da tonları hakkında bilgi sahibi olunabilir [13-15]. Başka bir deyişle histogram, görüntü üzerindeki piksel değerlerinin grafiksel ifadesidir. Histogram, görüntü histogramı veya gri-seviye histogramı olarak da adlandırılmaktadır. Görüntü histogramı,

görüntünün her bir noktasındaki pikselin seviyesinin tespiti ile bu seviyedeki piksellerin sayısının ne olduğunu gösterir. Bu sayede histogram üzerinden görüntü ile ilgili olarak gri seviye dağılımı, görüntünün parlaklık ve kontrast durumu Şekil 2.2 ile kontrast iyileştirme olabirliği gibi çeşitli bilgilerin çıkartılması sağlanır [41].

Histogram eşitleme ise renk değerleri düzgün dağılımlı olmayan görüntüler için uygun bir görüntü eşitleme metodudur. Görüntünün tümüne uygulanabileceği gibi sadece belli bir bölgesine de uygulanabilir [23-25]. Tüm görüntüye uygulanırsa global histogram eşitleme, görüntü belli bölgesine uygulandığında ise yerel histogram eşitleme adını alır. Histogram eşitleme tekniği genelde bir görüntünün kontrastının iyileştirmesinin etkisini incelemek için yapılır. Kontrast iyileştirmenin mantığı, işlenen görüntüdeki gri ton değerlerinin dinamik aralığını artırmaktır [40]. Düşük kontrastlı görüntüler zayıf aydınlatma gibi durumda oluşabilir. Şekil 2.2.(a) orijinal görüntüyü gösteriyor ve Resim 2.1.(b)'de ise gri ton değerleri 0-255 arasında eşit bir şekilde dağıtıldıktan sonraki görüntü gösterilmektedir. Şekil 2.3. a)'de orijinal görüntü histogramı, Şekil 2.2. b)'de kontrast genişletme işleminden sonraki histogramları görölmektedir.

a)

b)

Resim 2.1. Kontrast iyileşmesi; a) orijinal görüntü, b) kontrast iyileştirmeden sonraki görüntü

a) b)

Şekil 2.2. a) Orijinal görüntünün histogramı, b) kontrast iyileştirmeden sonraki görüntünün histogramı

Histograma bakılarak görüntü üzerindeki piksellerin nasıl dağıldığını görebiliriz. Matematiksel olarak, bir sayısal görüntü histogramı denklem 2.1'deki gibi tanımlanmaktadır [41-43]:

$$p(r_k) = \frac{n_k}{n_p} \quad (2.1)$$

Burada;

r_k : k'inci gri seviye,

n_k : bu gri seviyeye sahip toplam piksel adedi,

n_p : görüntü üzerindeki toplam piksel adedi olarak tanımlanmıştır.

Şekil 2.3 (a)'daki histogramda gri ton değerler 0'a yakın değerlerde fazlalaşmaktadır. Yani karanlık bir görüntüdür. (b)'de ise gri ton değerler belli bir alanda sıkışmıştır. Görüntünün düşük kontrasta sahip olduğu anlaşılmaktadır. (c)'de ise bu durumun tersine gri ton değerleri görülmektedir. Bu da görüntüyü çok fazla aydınlık bir hale getirir. (d)'de ise gri ton değerlerinin 250' ye yakın değerlerde sıkışmaktadır, yani aydınlık bir görüntüdür.

a)

b)

c)

d)

Şekil 2.3. Farklı Histogramlar, a) Karanlık kontrast, b) Düşük kontrast, c) Yüksek Kontrast, d) Aydınlık kontrast

Aşağıdaki histogram işleme teknikleri $T(r)$ dönüşüm fonksiyonu aracılığı ile olasılık yoğunluk fonksiyonunun kontrol edilmesiyle resmin görüntüsünü değiştirmeye dayanır.

$$s = T(r) = 255 \times \sum_{w=0}^r h_i(w) dw = 255 \times CDF(r), \quad r \in [0, 255] \quad (2.2)$$

$T(r)$, dönüşüm fonksiyonu.

$CDF(r)$, kümülatif dağılım fonksiyonu.

h_i , olasılık fonksiyonu.

i, resimdeki işlenen pikselin gri ton değerleri.

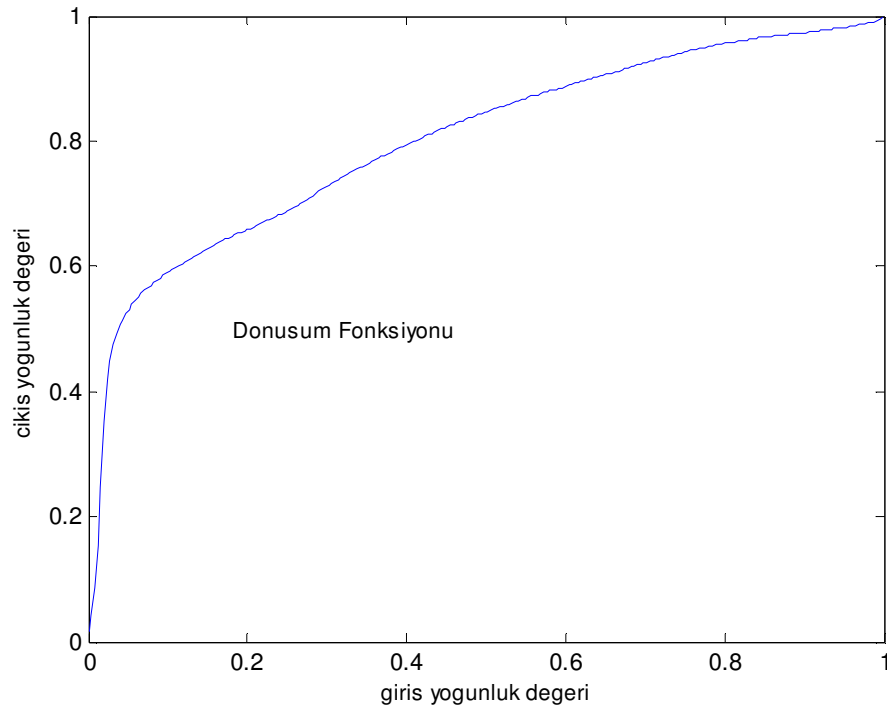
a)

b)

c)

d)

Şekil 2.4. a) orijinal görüntü, b) histogram eşitleme uygulanmış görüntü, c) Orijinal görüntünün histogramı, d) kontrast iyileştirmeden sonraki görüntünün histogramı



Şekil 2.5. Histogram dönüşüm fonksiyonu

2.1.2. Yerel histogram eşitleme

Histogram kullanmak yerine görüntünün gri ton değerlerinin ortalaması, varyansı (ya da standart sapması) gibi başka özellikleri ile de yerel işlemler yapılabilir[30]. Ortalama, bütün piksel değerlerinin toplam piksel sayısına bölünmesi olarak tanımlanmaktadır [5]. Standart sapma, M satırlı, N sütunlu ve her bir piksel değeri $f[x,y]$ olan bir görüntünün standart sapması denklem 2.3'te verilmiştir [23].

$$STD = \sqrt{\frac{\sum_{x,y=1}^{M,N} (f[x,y] - ortalama)^2}{M \times N}} \quad (2.3)$$

Yerel işlemlerde belirlenen komşu piksellerle bir dizi işlemler yapılır ve elde edilen sonuç ilgili piksele atanır [27].

(x, y) koordinatındaki bir piksele şu dönüşümün uygulanmasıyla $f(x, y)$ giriş fonksiyonu $g(x, y)$ değerine dönüşür.

$$g(x,y) = A(x,y) \cdot [f(x, y) - m(x, y)] + m(x, y) \quad (2.4)$$

$$A(x,y) = k \cdot \bar{f} / \sigma(x, y), \quad 0 < k < 1.$$

Bu formüllerdeki $m(x, y)$ ve $\sigma(x, y)$ ilgilenilen pikselin komşu piksellerinin ortalama ve standart sapma değerleridir. \bar{f} tüm görüntünün ortalama değeri, k da bir sabittir [6]. Resim 2.2'de (a) giriş görüntü, (b) global histogram eşitleme yapılan çıktı görüntü ve (c) yerel işlemler kullanılarak histogram eşitlemeye ihtiyaç duyulmadan elde edilen çıktı görüntü gösterilmiştir.

a)

b)

c)

Resim 2.2. Yerel işlemler, a) orijinal görüntü, b) global histogram eşitleme uygulanmış görüntü c) 5x5 lik komşuluk kullanılarak yapılan yerel işleme elde edilen görüntü

2.1.3. Uyarlanır histogram eşitleme

Uyarlanır histogram eşitleme (AHE) hem doğal, hem de medikal imge ve diğer görsel olmayan görüntüler için iyi bir kontrast iyileştirme yöntemidir[29]. Medikal görüntülerde, metodun otomatik işletme ve görüntü verisinde bulunan etkili tüm kontrast sunumlarıyla, standart kontrast iyileştirme yöntemine rakip oluyor. Bazı belli resim sınıfları için, AHE yönteminin otomatik olması ve tekrar üretilebilir olması ve gözlemcinin tek bir görüntü incelemesinin yeterli olması avantajlarına sahipken, yoğun pencereleme yönteminin herhangi bir kontrast aralığında yerel kontrast sunumunda önemli bir avantajının olmadığını işaret ediyor. Yöntemin ana

formu Ketcham ve ark. [14], Hummel [12] ve Pizer [22] tarafından bağımsız olarak icat edilmiştir. Basitçe, her piksele o pikselin etrafındaki piksellere dayanarak histogram eşitleme uygular. Bu, her bir pikselin etrafındaki piksellerin derecesine orantılı bir yoğunluğa eşitlenmesi demektir. Bu, eşitlemenin bir görüntünün örtüşen ufak alanlarına dayandığı yerel bir iyileştirme tekniğidir. verilen pikselin değerini bulmak için, AHE tekniği verilen pikselde yer alan yerel görüntü bölgenin HE sini hesaplar. Bununla birlikte, iyileştirme metodu genelde “düzgün” bölgelerde ve sert kenarlarda görüntünün artmaya neden olur [36,22].

a)

b)

c)

d)

Şekil 2.6. a) Orijinal görüntü, b) AHE uygulanmış görüntü, c) Orijinal görüntünün histogramı, d) AHE den sonraki görüntünün histogramı

Yukarıda uygulanan görüntü iyileştirme teknikleri arasından en uygun kontrast artırma yöntemi olarak yerel histogram eşitleme yöntemi seçilmiştir.

AHE'nin bir genellemesi yerel histogram eşitleme fonksiyonunu seçmede daha fazla esnekliğe sahip olan Kontrast Limitli Uyarlanırlı Histogram Eşitlemesi (CLAHE)'dir. Histogramın kırpma düzeyini seçerek, istenmeyen "gürültü" artışı azaltılabilir. Ek olarak, arka plan çıkarımını uygulayarak sanal sınırı da aynı zamanda azaltılabilir [23].

2.2. Gürültü Azaltma (Filtreleme)

Gürültü azaltma, görüntünün iyileştirilmesini sağlayan, görüntüden gürültülerin çıkarılmasına katkıda bulunan ve nesne tanıma vb. farklı işlemler için ilk adım olan tekniktir[9]. Filtreleme işleminde filtre parametrelerini belirleyen ve bir pikselin komşuluğundaki her bir pikselin hangi katsayı ile çarpılacağını belirleyen matris "kernel" denir. Filtreleme "ise", kernel ile görüntünün konvolüsyonunun sonucu olarak tanımlanır.

Doğrusal ve doğrusal olmayan filtreleme yöntemleri vardır [40]. Doğrusal filtreler konvolüsyon veya Fourier dönüşümleri kullanılarak uygulanır. Gauss, Laplace ve Yüksek geçiren filtreler gibi çeşitleri bulunur. Doğrusal olmayan filtreler ise, doğrusal filtrelerin yetersiz kaldığı durumlarda etkin olarak kullanılan ve Medyan gibi çeşitleri bulunan filtrelerdir. Alçak geçiren filtrelerin ortalama olarak gürültünün etkisini azaltması nedeniyle, gürültüyü azaltmak için genelde alçak geçiren filtreler kullanılmaktadır. Yüksek geçiren filtreler ise kenar netliğini koruduğu için kenar belirleme ve kenar keskinleştirme amacıyla kullanılmaktadır. Yukarıda bahsedilen filtrelerden bir kısmı aydınlatma normalleştirme metotları ile beraber kullanıldı ve başarılı sonuçlar elde edildi. Şekil (2.7) görüntünün iyileştirme sürecinde kullanılan teknikleri ve uygulama sıraları gösterilmektedir, önce orijinal görüntü üzerine aydınlatmayı normalleştirme yöntemleri (histogram eşitleme, yerel histogram eşitleme ve uyarlanırlı histogram eşitleme) uygulanır, sonra elde edilen normalleştirilmiş görüntüye farklı filtreler uygulanır.

Orijinal görüntü

Aydınlatmayı
normalleştirme
yöntemleri

Sonuç

Şekil 2.7. Temel görüntünün iyileştirilmesi sürecinde kullanılan teknikler ve uygulama sıraları

2.2.1. Gauss filtresi

Gürültü gideren ideal bir filtrenin iki özelliği olmalıdır. Yüksek frekanslı gürültüleri temizleyebilmek için, frekans düzleminde, bir filtrenin bandı mümkün olduğu kadar dar olmalı, kenarları belirleyebilmek için ise uzay düzleminde mümkün olduğu kadar dar olmalıdır. Her iki özelliği de sağlayan en iyi filtre Gauss filtresidir. Bundan dolayı gürültü gidermede Gauss filtresi çok kullanılan ve en iyi doğrusal filtrelerden

birisidir [16]. Genel olarak Gauss maskesi alçak geçiren bir filtredir ancak, kenar bulma amacıyla da kullanılmaktadır. Bu filtrede merkez pikselin ağırlığı komşularından daha fazla olduğu için Düzgün Dağıtılmış Filtredeki olumsuzluklar bu filtrede daha az bulunmaktadır. Denklem 2.5 Gauss filtresinin fonksiyonu.

$$G(x,y) = \left(\frac{1}{2\pi\sigma^2}\right) \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \cdot \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.5)$$

$G(x,y)$: Gauss Fonksiyonu

x : Satır sayısını gösteren eksen

y : Sütun sayısını gösteren eksen

σ : Standart sapma

Örnek Gauss filtreleri aşağıda gösterilmektedir.

$$h_{Gauss} = \frac{1}{6} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$h_{Gauss} = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

$$h_{Gauss} = \frac{1}{12} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 4 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$h_{Gauss} = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$$

a) b) c)

Resim 2.3. a) Gürültü eklenmiş görüntü, b) ve c) 3x3 ve 5x5 Gauss filtresi kullanarak gürültü azaltılmış görüntü

2.2.1. Medyan filtresi

Doğrusal filtreler Gauss tipindeki gürültüyü etkili olarak yok ederken ikili gürültüyü yok etmede etkisiz kalmaktadır. Bundan dolayı bu tür gürültüleri yok etmek amacıyla Medyan filtre gibi doğrusal (lineer) olmayan filtreler kullanılmaktadır. Medyan filtre bir pikselin değerini komşusu olan piksellerin ortancasının değeri ile değiştiren filtre çeşididir. Bu filtrede, konvolüsyonda olduğu gibi bir pencere görüntü üzerinde hareket ettirilir ve penceredeki parlaklık değerlerinin medyanı alınıp elde edilen değer bir pikselin parlaklık değeri olarak belirlenir. Başka bir deyişle bir pikselin değerini, o piksele komşu alanlardaki gri seviyelerin medyanı ile değiştirir (pikselin orijinal değeri medyanın hesaplanmasına dahil edilir).

Medyan filtreleri oldukça popülerlerdir, çünkü çeşitli gürültüler için bunlar mükemmel gürültü azaltma kabiliyeti gösterirler ve benzer boyuttaki lineer düzeltme filtrelerine göre çok daha az bulanıklığa neden olurlar. Literatürde Medyan filtre histogram tabanlı bir filtre olarak da tanımlanmaktadır [38]. Bu filtre kenarları fazla etkilemeden gürültü temizleyebilme, görüntü içerisindeki ani değişimleri yok edebilme gibi özelliklere sahiptir ve özellikle tuz biber gürültüsü için çok etkilidir. Doğrusal olmayan bir filtre olduğu için Fourier dönüşümünü kullanmaz.

Medyan filtresi darbe gürültüsünü bastırmak için kullanılan lineer olmayan tekniklerin başında gelmektedir. Tek boyutlu veride giriş verisi üzerinden bir pencere geçirilir. Bu pencerenin medyan değeri bulunarak bulunan medyan değeri pencerenin orta değeri ile değiştirilerek işlem gerçekleştirilir [40, 41]. Bu şekilde verinin herhangi bir yerinde darbe (impulse) niteliğinde bir gürültü varsa bu gürültü yok edilmiş olur. Görüntü işlemede ise medyan filtresinin 2 boyutlu olması gerekir. Medyan filtresinin en pratik yolu kare (3x3, 5x5, 7x7) şeklinde bir pencere olarak görüntünün sol üst köşesinden başlayarak görüntünün tamamını taramak ve gürültüleri yok etmektir [15]. 3x3 lük bir medyan filtrenin merkez pikseli $P(0,0)$ olsun. P ; x,y noktasındaki pikselin gri seviyesi olmak üzere 3x3 lük medyan karesinin elemanları aşağıdaki şekilde olacaktır. Resim 2.4'de gürültüsüne maruz kalmış bir görüntünün medyan filtresi kullanılarak temizlenmiş hali görülmektedir.

Şekil 2.8. 3 X 3 lük bir pencerenin gösterimi

Bu ifade, alttaki maskelerle imgeyi konvolüsyon yaparak imgenin tüm noktalarında (x,y) tanımlanır.

$$\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Sayısal ikinci türevlerin başka bir tanımı, çapraz elemanları alır, ve maskeyi kullanmak yerine kullanılabilir.

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & -8 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Bir görüntü iyileştirmek için alttaki denkleme dayalı Laplace filtreyi kullanırız.

$$g(x, y) = f(x, y) + c \left[\nabla^2 f(x, y) \right] \quad (2.8)$$

$f(x,y)$, girdi görüntü

$g(x,y)$, düzeltilmiş görüntü

$c=1$ eğer maskenin ortadaki katsayısı pozitif ise

$c=-1$ eğer maskenin ortadaki katsayısı negatif ise

a)

b)

Resim 2.5. a) Gürültülü görüntü, b) Laplace filtresi kullanarak gürültüden arındırılmış görüntü

Laplace filtresi, ikinci dereceden türev özelliğindedir ve bütün yönlerdeki kenarları bulur. Eğer maskedeki bütün katsayıların toplamı sıfır ise sadece kenarları bulur, merkezdeki katsayı diğer katsayıların toplamından büyükse hem kenarları bulur hem de orijinal görüntüyü ekler.

2.2.4. Yüksek artış filtresi

Yüksek artış filtresi görüntü işlemede kullanılan basit bir keskinleştirici işlemdir [3]. Yüksek frekans görüntü bileşenlerini belirginleştirmek için kullanılır. Bir yüksek geçiş filtreli görüntü düşük geçişli bir imgeden hesaplanabilir.

$$I_{HP} = I - I_{LP}$$

(2.9)

a)

b)

Resim 2.6. a) Gürültülü görüntü, b) yüksek artış filtresini kullanarak görüntüden arındırılmış görüntü

Şekil 2.14'te düşük frekanslı bileşenler azaltılmış ve köşeler (edge) belirginleşmiştir; fakat sonuç gerçekçi görünmez çünkü arka plan kaybolmuştur.

$$I_{high-boost} = AI - I_{LP} = (A-1)I + I_{HP}, \quad A \geq 1$$

(2.10)

Yüksek artış filtresi düşük frekans bilgisi ile beraber görüntünün yüksek frekanslı bileşenine dikkat çeker [39, 40]. Arka plan detaylarının aslını geri yükler ve görüntünün keskinliğini yükseltir. Yüksek artış faktörünün olduğu yerlerde görüntünün ortalama gri düzeyini artırır. Böylece görüntünün parlaklığını artırmaya

yardımcı olur. Bu filtre A birken standart yüksek geçiren (high pass) olur. Eğer A birden büyükse yüksek artış görüntüyü aşağı yukarı orijinal görüntünün sabit sayıyla çarpımına eşit olacaktır.

3. ÖNERİLEN YÖNTEM

Önceki bölümlerde, farklı aydınlatma ve yüz tanıma sisteminin performansının artırmasında yardımcı olan normalleştirme yöntemleriyle ilgili yaklaşımlar tanıtılmıştır. Bu bölümde, en zor problem olan aydınlatma değişimin üstesinden gelebilmek için ve tanıma sisteminin performansını artırmak için kullanılan yöntemler ve filtreler birbirleriyle bütünlük olarak incelenmiştir. Tüm deneyler Yale yüz veritabanı üzerinde uygulanmış ve k-NN (en yakın komşu) sınıflandırıcısı kullanılmıştır. Yüz tanıma işlemi çoğunlukla en yakın komşuluğun bulunması ile yapılır. Bu yaklaşımda, yüzlerin benzerliği iki yüz görüntünün veya bu görüntülere ait özellik kümelerinin arasındaki mesafenin hesaplanması ile bulunur; bu da Öklit mesafesi yöntemi kullanılarak yapılır.

3.1. Yale Yüz Veritabanı B

Bu kısımda farklı aydınlatma normalleştirme yöntemlerinin performansı değerlendirildi, bu değerlendirmeler farklı aydınlatma şartları altında çekilmiş yüzler için kullanılan veritabanı üzerinde yapılmıştır. Deneysel çalışmalarda Yale yüz veritabanı B kullanılmıştır, bu veritabanı 10 kişiye ait 5,760 adet tek ışık kaynağı altında çekilmiş görüntüleri içermektedir. Her bir kişinin 9 pozunu vardır ve her pozun 64 adet farklı aydınlatma durumu vardır. Her bir görüntünün boyutu 640 x 480'dir. Resim 3.1'de Yale yüz veritabanının 10 kişiye ait özneleri göstermektedir.

Resim 3.1. Yale yüz veritabanı B nin özneleri

Görüntüler ışık kaynağın açısına göre 5 alt gruba ayrılır. Resim 3.2’de Alt gruplar aydınlatma kalitesine göre düzenlenir. Altgrup S1’in gölgelerin en iyi ve altgrup S5’in ise gölgelerin en kötü olduğu durumlardır. Aşağıda her bir altgrup için detaylar sunulmuştur:

- Altgrup 1 (açı < optik ekseninden 12 derece) – 7 farklı aydınlatma koşulları altında yüz görüntüleri, toplamda 70 adet görüntü,
- Altgrup 2 ($20 < \text{açı} < 25$ derece) – 12 farklı aydınlatma koşulları altında yüz görüntüleri, toplamda 120 adet görüntü,
- Altgrup 3 ($35 < \text{açı} < 50$) – 12 farklı aydınlatma koşulları altında yüz görüntüleri, toplamda 120 adet görüntü,
- Altgrup 4 ($60 < \text{açı} < 77$ derece) – 14 farklı aydınlatma koşulları altında yüz görüntüleri, toplamda 140 adet görüntü,
- Altgrup 5 (diğerleri) – 19 farklı aydınlatma koşulları altında yüz görüntüleri, toplamda 190 adet görüntü.

Altgrup 1

Altgrup 2

Altgrup 3

Altgrup 4

Altgrup5

Resim 3.2. Yale Yüz Veritabanı B'deki bir kişinin ön poz görüntüleri 64 aydınlatma şartı altında

3.2. En Yakın Komşu (k-NN) Sınıflandırıcısı

En Yakın Komşu (k-NN) sınıflandırıcısı parametrik olmayan denetlenmiş görüntü sınıflandırması için kullanılan tekniktir [16, 34]. k-NN en yakın komşu sınıflandırıcısı NN sınıflandırıcısının başka bir uygulamasıdır. k-NN sınıflandırıcısının mantığı oldukça basittir, yeni bir dokümanı sınıflandırdığımızda; sistem eğiten dokümanların arasında en yakın komşuyu bulur ve k-NN nin sınıflarını kullanarak sınıf adaylarını hesaplar. Başka bir deyişle verilen eğitim verileri D çapında N görüntüden (vektörler) oluşan ve her bir görüntünün benzer doğru sınıflandırması C sınıflarında kaydedilir. Bilinmeyen sınıfın x görüntüyü, yapısının çoğu eğer en yakın k görüntüleri C sınıfından ise (Cover ve Hart, 1967), C sınıfı olarak sınıflandırılır. k-NN sınıflandırıcısının dezavantajlarından biri, onun hızı ve verimliliğidir. Bir test dokümanının, eğitim setindeki örnekleri ile kıyaslamaya ihtiyaç duyduğu gibi.

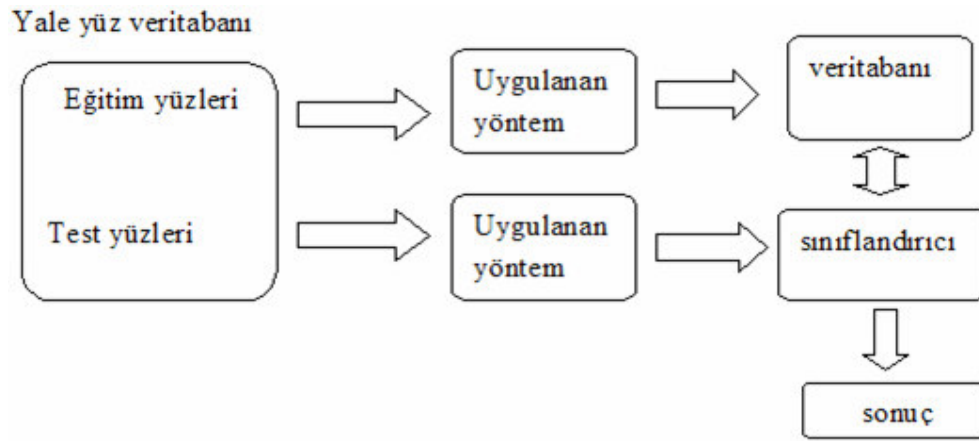
Mesafe, problem bölgesine uygun bir mesafe ölçüsüyle ölçülür, Öklid mesafe ölçüsü $D_{Euclidian}$, k-NN sınıflandırması için kullanılan mesafe ölçülerinden biridir. Öklit mesafe Yöntemini temel olarak test işlemi sırasında elde edilen özellik vektörünün, eğitim sırasında elde edilmiş olan özellik vektörlerinden hangisine daha yakın olduğunun destek vektör makinesi tabanlı olarak değil de, Öklit mesafesi hesaplanarak bulunması esasına dayanmaktadır.

k-NN yöntemi uzaktan algılama uygulaması ve tıbbi görüntüleme yaygın olarak kullanılan çok kanallı görüntü verisi için etkilidir. k-NN sınıflandırıcısının doğruluk derecesini ve uygulama zamanını etkileyen önemli bir parametre vardır, o da k 'dır. Dikkate alınması gereken komşulara en yakın olanın numarasıdır.

k değerinin seçiminde dikkat edilmelidir. k değeri, küçük olarak seçildiğinde her görüntünün sınıflandırılması, prototiplerin küçük numarasına dayanır ve var olan prototiplerde etkili bir kullanım sağlamayabilir.

k değeri büyük olarak seçildiğinde; en yakın k resimleri yüzün her hangi bir tarafından alınan küçük alanından veya yakınından değildir ve sınıflandırmada gürültünün etkisini azaltır, ama sınıfların arasında sınırları daha az ayrı yapar.

Bu tezde yapılan çalışma iki aşamadan oluşmaktadır, ilk kısmı 2. bölümde anlatıldığı gibi aydınlatmayı normalleştirme yöntemleri ile filtrelerden oluşmaktadır. İkinci kısmı ise en yakın komşu sınıflandırıcıyı kullanarak Öklit uzaklığını hesaplayarak doğru resmi bulmaktır.



Şekil 3.1. En yakın komşu sınıflandırıcı sürecinde yapılan işlemler

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1. Genel Tanıtım

Uygulamaların çoğunda, ilgili yüz görüntüleri genellikle değişik ışık koşulları altındadır. Bu sebeple, ilerideki işlemler yüz görüntülerini algılamak ve doğrulamak için yapılmalıdır. Histogram Eşitleme (HE) bir görüntünün eş oranlı bir histograma sahip olması için dönüştürmekte yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir [1]. Ancak, HE ile işlendikten sonra, değişik aydınlatma altındaki bir görüntünün ışıklandırma durumu bazen çok düzensiz olabilir. Bu çalışmada, ilk olarak aydınlatma normalleştirme yöntemlerinin değişik teknikleri incelendi. Sonra, aydınlatma normalleştirme yöntemlerine değişik filtreler (global olarak ve yerel olarak) uygulandı.

Global normalleştirme yöntemlerinde Histogram Eşitlemesi (HE), Laplace filtreli Histogram Eşitlemesi (HE + Lap), Yüksek artış Filtreli Histogram Eşitlemesi (HE+HB) ve Uyarlanır Histogram Eşitlemesi incelendi. Yerel normalizasyonda, yerel Histogram Eşitlemesi (LHE), Gauss Filtreli yerel Histogram Eşitlemesi (LHE+Gaus) ve Medyan filtreli yerel histogram eşitlemesi (LHE+Med) incelendi.

Global, yerel ve uyarlanır histogram eşitleme yöntemlerinde daha fazla işlem gerekmektedir. Burada histogram eşitleme yöntemini uyguladıktan sonra farklı filtrelerin uygulamasıyla gürültünün azalmasında etkisini incelendi. Laplace, Gauss ve yüksek artış filtreleri gibi doğrusal uzaysal filtrelemeyi ve doğrusal olmayan, medyan filtreleri gibi uzaysal filtrelemeyi kullanıldı.

4.2. Aydınlatma Normalleştirme Metotları kullanarak deneysel sonuçlar

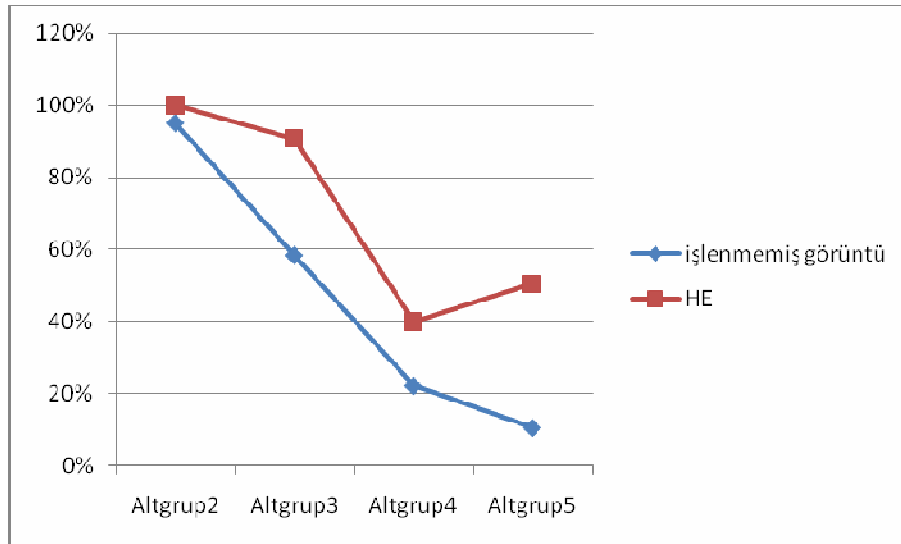
4.2.1. Histogram eşitleme

3. bölümde bahsedildiği gibi Yale yüz veritabanı B deki görüntüler ışık kaynağının açısına göre 5 altgruba bölünürler (Bkz. Şekil 3.2). Bu altgruplar S1 en iyi ve S5 en

kötü olmak üzere ışıklandırmanın kalitesine göre sıralanırlar. Bizim deneylerimizde, 1. Altgrupun tüm yüz görüntüleri eğitim seti olarak kullanıldı ve 2., 3., 4., 5. Altgruplar ayrı ayrı test setleri olarak kullanıldılar. İlk olarak histogram eşitlemesini görüntünün kontrastını geliştirmek için ve tanımın oranını öğrenmek için kullandık [18]. (Şekil 4.1) ve Çizelge 4.1' e baktığımızda; HE yöntemi tanıma sisteminin geliştirmesini görüyoruz ve tanıma oranını % 46.49'dan %70.33'e ortalamada yükseltti.

Çizelge 4.1. Orijinal görüntü ile histogram eşitleme uygulanmış görüntünün Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı

Metot	Altgrup2	Altgrup 3	Altgrup 4	Altgrup 5	Ortalama
İşlenmemiş görüntü	%95	%58	%22.14	%10.52	%46.49
HE	%100	%90.83	%40	%50.52	%70.33



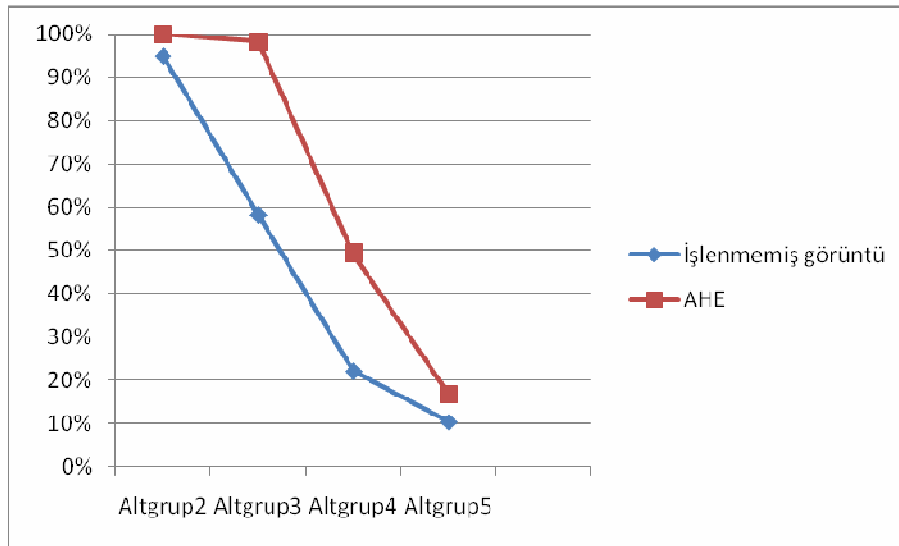
Şekil 4.1. Orijinal görüntü ile histogram eşitleme uygulanmış görüntünün Yale yüz veritabanı üzerinde performansı

4.2.2. Uyarlanr histogram eşitleme

HE'nin kullanımından sonra AHE'yi uyarlanr histogram eşitleme yöntemi uygulandı. Tanıma sisteminde artış oranının ne kadar olduğunu öğrenmek için AHE yöntemin uygulandı. (Şekil 4.2) ve (Çizelge 4.2) bunu göstermektedir. AHE yöntemi tanıma sistemini geliştirdi ve tanıma oranını %46.49'dan %66.1'e ortalama yükseltti.

Çizelge 4.2. Orijinal görüntü ile uyarlanr histogram eşitleme uygulanmış görüntünün Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı

Metot	Altgrup2	Altgrup3	Altgrup4	Altgrup5	Ortalama
İşlenmemiş görüntü	%95	%58.33	%22.14	%10.52	%46.49
AHE	%100	%98.28	%49.28	%16.84	%66.10



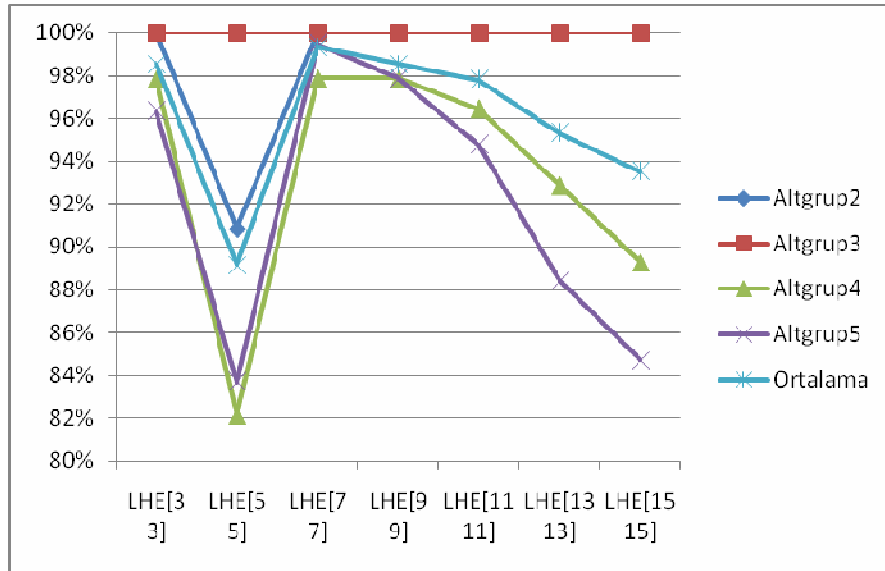
Şekil 4.2. Orijinal görüntü ile uyarlanr histogram eşitleme uygulanmış görüntünün Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı

4.2.3. Yerel histogram eşitleme

(Çizelge 4.1) ve (Çizelge 4.2)'ye bakıldığında HE ve AHE yöntemleri ile tanıma oranında bir gelişme görülmüştür, fakat çok iyi bir sonuç değildir. LHE'yi kullanarak tanıma oranında yükselmesini düşünülmüştür ve gerçekten de tanıma oranının performansını geliştirme yeteneğine sahiptir. Bu yöntemde görüntü üzerinde küçük bir pencere seçilir ve bu pencere içindeki piksellerin histogramı hesaplanır. Sonra bu histogramı kullanılarak dönüşüm fonksiyonu hesaplanır ve pencerenin ortasındaki piksele histogram eşitleme işlemi uygulanarak bu pikselin yeni gri değeri bulunur. Daha sonra pencere adım adım kaydırılarak bütün görüntünün üzerinde gezdirilir ve bu arada yukarıdaki işlemler her bir pencere için tekrarlanarak pencerenin merkez noktasındaki pikselin renk seviyesi değiştirilir [4]. LHE yöntemi yüz tanıma performans artması yeteneğe sahiptir. LHE'yi farklı pencere boyutları olarak yüz tanıma performansı incelendi, (Şekil 4.3) ve (Çizelge 4.3) yüz tanıma performansın artmasını %46.49 dan (İşlenmemiş görüntü için) %99.33'e (LHE uyguladığımızda) göstermektedir.

Çizelge 4.3. Orijinal görüntü ile farklı pencere boyutları kullanarak yerel histogram eşitleme uygulanmış görüntünün Yale yüz veritabanı üzerinde performansı

Metot	Altgrup2	Altgrup3	Altgrup4	Altgrup5	Ortalama
İşlenmemiş görüntü	%95	%58.33	%22.14	%10.52	%46.49
LHE[3 3]	%100	%100	%97.85	%96.31	%98.54
LHE[5 5]	%90.83	%100	%82.14	%83.68	%89.16
LHE[7 7]	%100	%100	%97.85	%99.47	%99.33
LHE[9 9]	%100	%100	%97.85	%97.85	%98.54
LHE[11 11]	%100	%100	%96.42	%94.73	%97.78
LHE[13 13]	%100	%100	%92.85	%88.42	%95.31
LHE[15 15]	%100	%100	%89.28	%84.73	%93.50

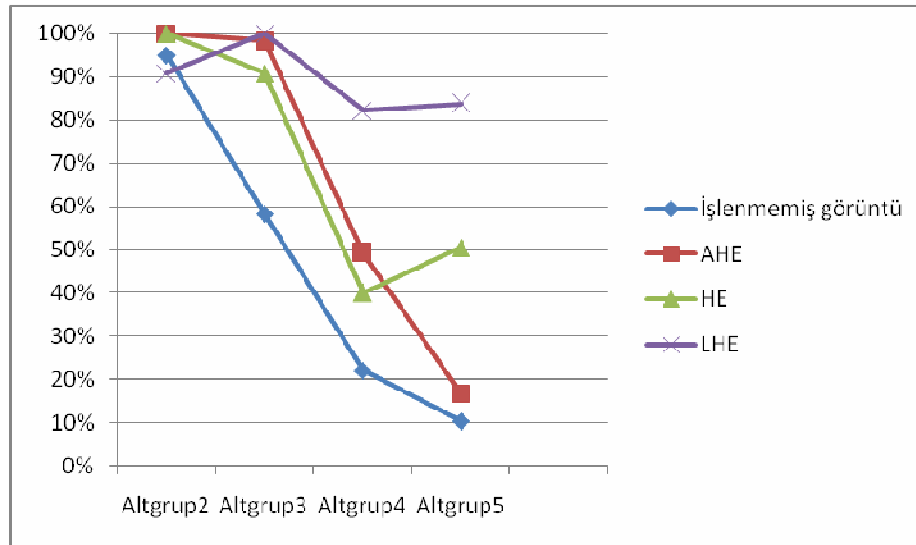


Şekil 4.3. Orijinal görüntü ile farklı pencere boyutları kullanarak yerel histogram eşitleme uygulanmış görüntünün Yale yüz veritabanı üzerinde performansı

(Çizelge 4.3) Farklı pencere boyutları ile LHE'nin performansını göstermektedir. Çizelgeye bakıldığında LHE yöntemini, pencere boyutu [7 7] alındığında en yüksek tanıma oranını elde edilmiştir. Yukarıda kullanılan 3 yöntemin sonucunu karşılaştırmak için (Çizelge 4.4) ve (Şekil 4.4) te gösterildi. Çizelgeye bakıldığında hangi yöntemin hangi altgrupta daha iyi çalıştığını göstermektedir. HE ile LHE yöntemini kullanıldığında, AHE yönteminden daha yüksek tanıma oranı elde edilmiştir Özellikle LHE yöntemini kullanarak en kötü iki altgrup sayılan 4. Altgrup ile 5. altgrupta iyi çalışması gösterilmiştir. 4. Altgrupta tanıma oranı %22.14 ten (Orijinal resim için) %97.85 e (LHE uygulanmış) artırılmıştır, 5. altgrupta tanıma oranı %10.52 den (Orijinal resim için) %99.47 ye (LHE uygulanmış) artırılmıştır.

Çizelge 4.4. Orijinal görüntü ile aydınlatma normalleştirme için kullanılan yöntemlerin Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı

Metot	Altgrup2	Altgrup3	Altgrup4	Altgrup5	Ortalama
İşlenmemiş görüntü	%95	%58.33	%22.14	%10.52	%46.49
AHE	%100	%98.28	%49.28	%16.84	%66.10
HE	%100	%90.83	%40	%50.52	%70.33
LHE [7 7]	%100	%100	%97.85	%99.47	%99.33



Şekil 4.4. Orijinal görüntü ile aydınlatma normalleştirme için kullanılan yöntemlerin Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı

4.3. Filtre kullanarak deneysel sonuçlar

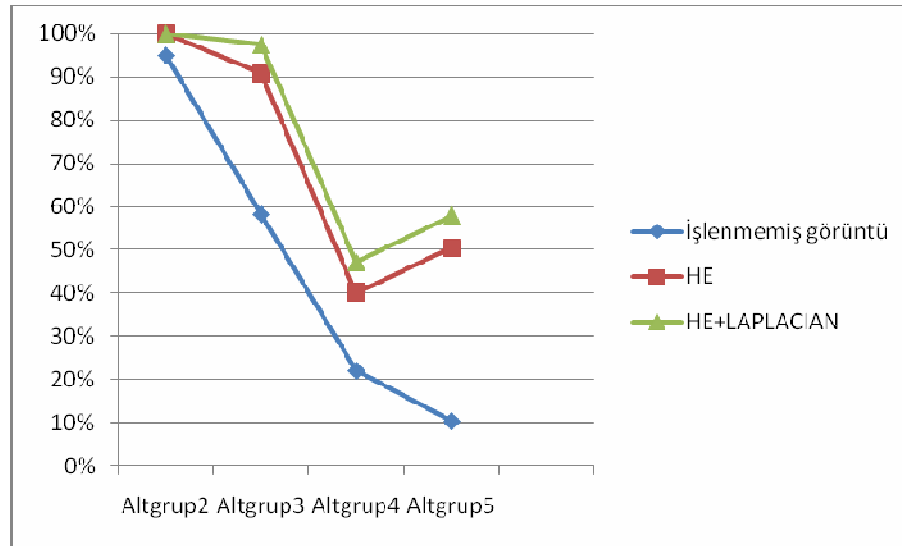
4.3.1. Laplace filtresi

Çizelge 4.4’de baktığımızda HE ile LHE yöntemlerini kullanıldığında yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Dolayısıyla bu iki yöntemin daha da yüksek tanıma oranı elde edilmesi için 3.Bölümde anlatılan filtreleri uygulayarak performans artması elde edilir ve bunu (Çizelge 4.5), (Şekil 4.5)’ e bakıldığında HE yi uygulandığında

tanıma oranının 23.84% ortalamada artmasını gösterilmiştir. HE uyguladıktan sonra 3x3 Laplace filtresini üzerine uygulayarak tanıma oranını 29.14% de ortalamada artması elde edilmiştir.

Çizelge 4.5. Orijinal görüntü ile histogram eşitleme ve histogram eşitlemeyle Laplace filtrenin Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı

Metot	Altgrup2	Altgrup3	Altgrup4	Altgrup5	Ortalama
İşlenmemiş görüntü	%95	%58	%22.14	%10.52	%46.49
HE	%100	%90.83	%40	%50.52	%70.33
HE+Laplace	%100	%97.50	%47.14	%57.89	%75.63



Şekil 4.5. Orijinal görüntü ile histogram eşitleme ve histogram eşitlemeyle Laplace filtresinin Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı

4.3.2. Yüksek Artış Filtresi

Bu deneyde tanıma işlemi, histogram eşitleme uygulanmış görüntülere yüksek geçiren filtre uygulayarak yapılmıştır. Yüksek geçiren filtrelerden yüksek artış veya yüksek frekanslı filtresi seçilmiştir ve uygulanmıştır.

HB filtresinin farklı ağırlıklı maske kullanarak histogram eşitleme uygulanmış görüntülere uygulanmıştır (maskenin boyutu 3x3) maskenin tüm katsayısı orta katsayı hariç -1'dir, orta katsayı değişkendir ve her testte birer birer artırmaktadır. İlk deneyde maskenin orta katsayı değeri $A=9$ 'dur, bu deneyin sonucu (Çizelge 4.6) göstermektedir. Altgrup 1 ve 2 için tanımlama oranları %100'dür bu sonuca göre yüksek artış filtresi (HE+HB, $A=9$) 1. Altgrupun ve 2.'de mükemmel bir performansa sahip denebilir. Ancak, 4. Altgrup ve 5. Altgrupta aynı performans elde edilememiştir; 4. Altgrupun başarısı %60, 5. Altgrupun başarısı %68.42. Sonra aynı işlem maskenin katsayısı $A=10$ 'a kadar artırarak tekrarlanmıştır.

$A=10$ durumunda 2. altgrupun başarısı %100 idi aynı $A=9$ durumu gibi yalnız 3. Altgrup ile 4. altgruptan performansının düşüklüğü olduğunu farkedildi, 3. Altgrupun performansı %95, 4. Altgrupun performansı %53.57, 5. Altgrup ise tanıma oranının gelişmesinde %80.52 göstermiştir.

$A=11$ durumunda aynı önceki durum gibi fakat 5. Altgrupta tanıma oranı %97.36 elde edilmiştir buda çok iyi bir sonuç kötü aydınlatma şartı altında çekilmiş görüntülere sahip olan 5. Altgrup.

$A=12$ durumunda 2. altgrupun başarısı %100 du, 3. altgrupun başarısı %84.16 , 4. altgrupun başarısı %71.42, 5. altgrupun başarısı %87.31.

$A=13$ durumunda 2. altgrupun başarısı %100, 3. altgrupun başarısı %85, 4. altgrupun başarısı %79.28, 5. altgrupun başarısı %94.73.

$A=14$ durumunda 2. Altgrupun başarısı %100, 3. Altgrupun başarısı %87.5, 4. Altgrupun başarısı %82.14, 5. altgrupun başarısı %94.73.

$A=15$ durumunda 2. Altgrupun başarısı %100, 3. Altgrupun başarısı %85, 4. Altgrupun başarısı %87.85, 5. Altgrupun başarısı %94.21.

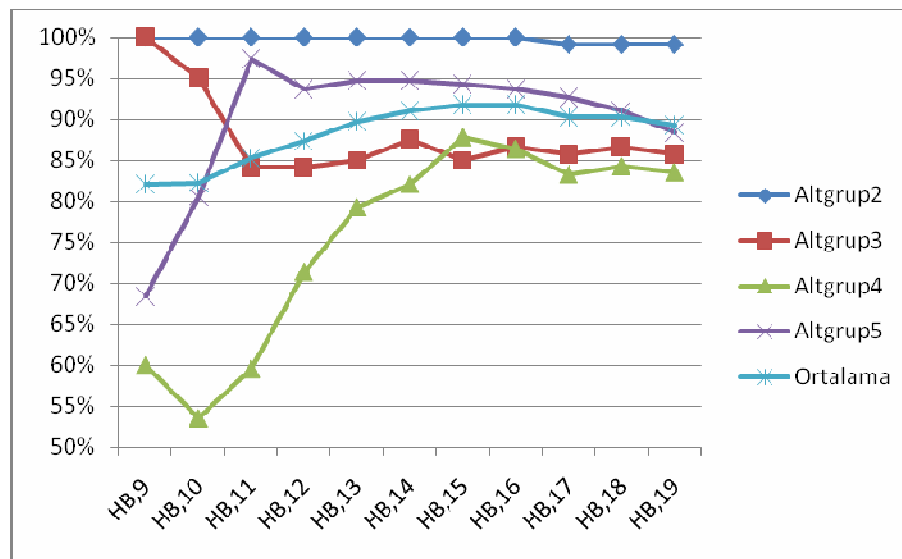
$A=16$ durumunda 2. Altgrupun başarısı %100, 3. Altgrupun başarısı %86.66, 4. Altgrupun başarısı %86.42, 5. Altgrupun başarısı %93.68.

A=17 durumunda 2. Altgrupun başarısında düşüklük görünmektedir, önceki durumlarda tanıma performansı %100 dü bu deneyde %99.16 ya düşmüştür, 3. Altgrupun başarısı %85.83, 4. Altgrupun başarısın %83.33, 5. Altgrupun başarısı %92.63.

A=18 durumunda 2. Altgrupun başarısı %99.16, 3. Altgrupun başarısı %86.66, 4. Altgrupun başarısı %84.28, 5. Altgrupun başarısı %91.05.

A=19 durumunda 2. Altgrupun başarısı %99.16, 3. Altgrupun başarısı %85.83, altgrup 4 un başarısı %83.57, 5. Altgrupun başarısı %88.42.

Deneyler, A değerini artırarak ta A=19'a kadar yapıldı. Çizelge 4.6' ya bakıldığında HE yönteminin HB filtresiyle eşitlikte uygulandığında hangi katsayıyı kullandığında, hangi altgrupta yüksek tanıma oranını elde etmesini gösterilmiştir, ve ortalama kısmına bakıldığında A=15 durumunda en yüksek tanıma oranı göstermektedir %91.76.



Şekil 4.6. Yüksek artış filtresinin Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı

Çizelge 4.6. Yüksek artış filtresinin Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı

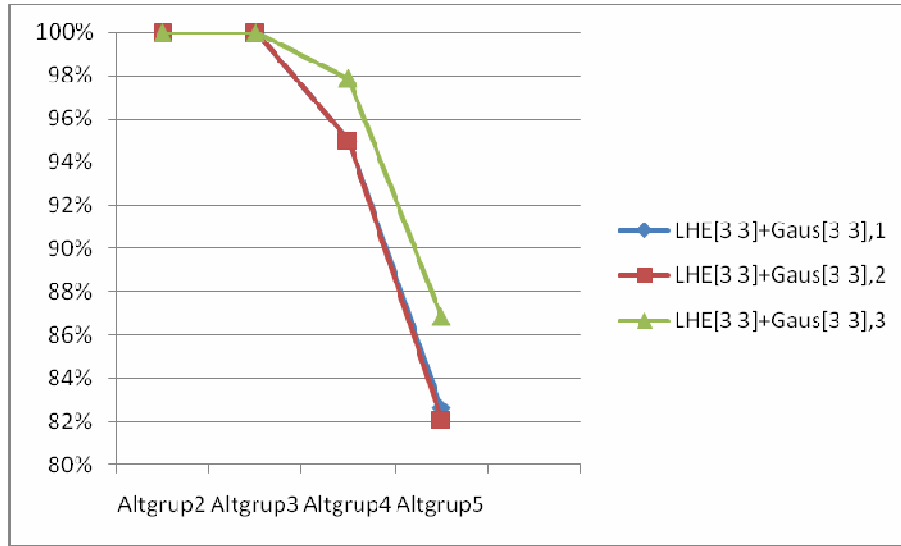
Metotlar	Altgrup2	Altgrup 3	Altgrup 4	Altgrup 5	Ortalama
İşlenmemiş görüntü	%95	%58.33	%22.14	%10.5	%46.49
HB,9	%100	%100	%60	%68.42	%82.10
HB,10	%100	%95	%53.57	%80.52	%82.27
HB,11	%100	%84.16	%59.58	%97.36	%85.27
HB,12	%100	%84.16	%71.42	%93.68	%87.31
HB,13	%100	%85	%79.28	%94.73	%89.75
HB,14	%100%	%87.50	%82.14	%94.73	%91.01
HB,15	%100	%85	%87.85	%94.21	%91.76
HB,16	%100	%86.66	%86.42	%93.68	%91.69
HB,17	%99.16	%85.83	%83.33	%92.63	%90.23
HB,18	%99.16	%86.66	%84.28	%91.05	%90.28
HB,19	%99.16	%85.83	%83.57	%88.42	%89.24

4.3.3. Gauss filtresi

Yapılan ilk deneylerde HE ile LHE tanıma performansların iyi olması nedeniyle, 3. Bölümde bahsedilen filtrelerin uygulanmasını düşünülmüştür. HB filtreleri önce HE ile uyguladık ve en yüksek tanıma oranını (HE+HB,A=15) uygulanarak elde edilmiştir. Bu kısımda LHE yöntemini uyguladıktan sonra Gauss ile medyan filtresi uygulanmıştır. Gauss filtresi farklı şekillerde uygulandı ve farklı sonuçlar elde edilmiştir.

Gauss filtresini farklı pencere boyutu ve farklı standart sapma kullanılarak yüksek tanıma oranı elde edilir. Bu deneyde, LHE için [3 3] boyutlu bir pencere kullanılmıştır. Gauss filtresi için aynı [3 3] boyutlu bir pencere, standart sapma 1 kullanılmıştır. İkinci ve üçüncü deneyde aynı pencere sayısını kullanarak standart

sapmayı 2,3 olarak alınmıştır. (Çizelge 4.7) ve (Şekil 4.7)' ye baktığımızda sonuçları daha net görüyoruz ve üç deney arasında daha iyi kıyaslama yapabiliyoruz.



Şekil 4.7. Yerel histogram eşitlemesi ile Gauss filtresinin Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı

Her üç deneyde 2. Altgrup ile 3. Altgrupun sonucu 100% elde edilmiştir. Altgrup 4 te ilk iki deneyde 95% tanıma oranı elde edilmiştir ve son deneyde (LHE[3 3]+Gaus[3 3],3) 97.85% tanıma oranı elde edilmiştir. Altgrup5 te tanıma oranları 82% ile 86% arasındaydı ve ortalamaya bakıldığında, (LHE[3 3]+Gaus[3 3],3) standart sapmayı 3 alındığında tanıma oranı 96.17% yükselmiştir. Standart sapmayı 2 alındığında 94.27% elde edilmiştir, standart sapmayı 1 alındığında 94.40% elde edilmiştir.

Çizelge 4.7. Yerel histogram eşitlemesi ile Gauss filtresinin Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı

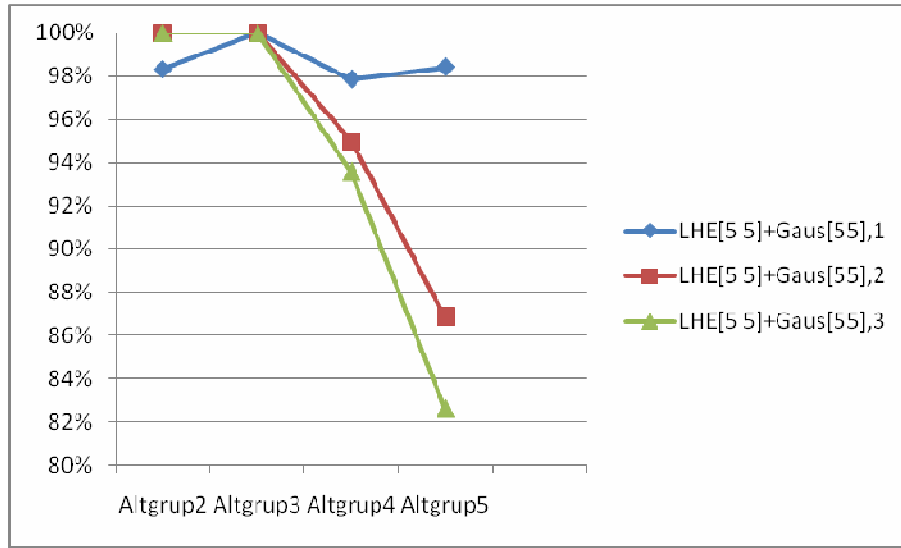
Metotlar	Altgrup2	Altgrup3	Altgrup4	Altgrup5	Ortalama
LHE[3 3]+Gaus[3 3],1	%100	%100	%95	%82.63	%94.40
LHE[3 3]+Gaus[3 3],2	%100	%100	%95	%82.10	%94.27
LHE[3 3]+Gaus[3 3],3	%100	%100	%97.85	%86.84	%96.17

Aynı deneyimi 5x5 boyutlu pencereyi kullanarak tanıma oranı %98.6'ya yükselmiştir. Çizelge 4.8'e bakıldığında; LHE metodu 5x5 boyutlu bir pencere kullanıldığında ve Gauss filtresi 5x5 boyutlu bir pencere, standart sapma 1 kullanıldığında her altgrupta tanıma oranının yükseltmesini elde etmiştir, özellikle 4. Altgrup ile 5. Altgrupta en kötü şartlar altında çekilen görüntülere sahip olduklarına rağmen, her iki altgrup %98 tanıma oranı elde etmiştir. Ortalamada %98.6 tanıma oranı elde edilmiştir.

Aynı pencere boyutlarını kullanarak standart sapmayı 2 alındığında 2. Altgrupun başarısı %100, 3. Altgrupun başarısı %100, 4. Altgrupun başarısı %95, 5. Altgrupun %86.84. LHE metodu ve Gauss filtresi 5x5 boyutlu pencere kullanıldığında, standart sapma 3 alındığında, 2. Altgrupun başarısı %100, 3. Altgrupun başarısı %100, 4. Altgrupun başarısı %98 ve 5. altgubun başarısı %82.63.

Çizelge 4.8. Yerel histogram eşitlemesi ile Gauss filtrenini 5x5 pencere kullanarak Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı

Metotlar	Altgrup2	Altgrup3	Altgrup4	Altgrup5	Ortalama
LHE[5 5]+Gaus[55],1	%98	%100	%98	%98.42	%98.60
LHE[5 5]+Gaus[55],2	%100	%100	%95	%86.84	%95.46
LHE[5 5]+Gaus[55],3	%100	%100	%93.57	%82.63	%94.05

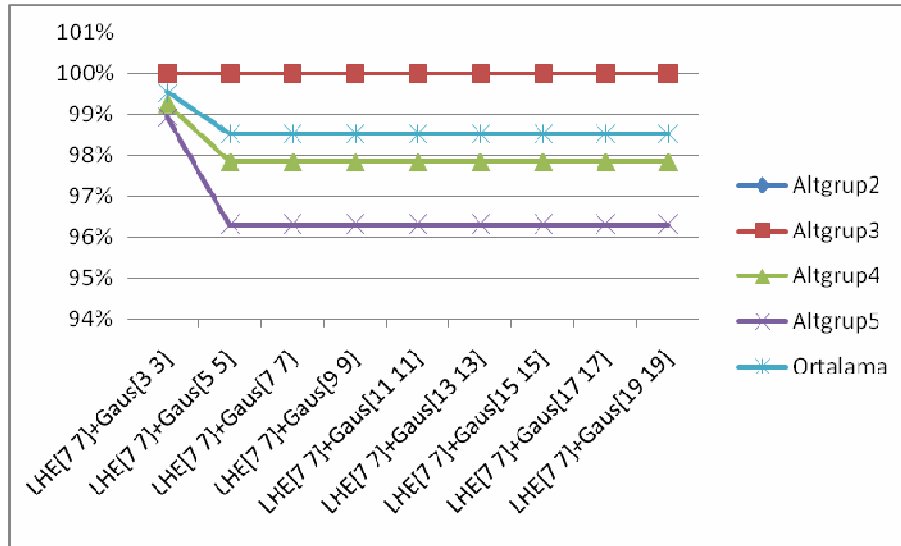


Şekil 4.8. Yerel histogram eşitlemesi ile Gauss filtresini 5x5 pencere kullanarak Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı

Son olarak [7 7] pencereyi LHE yöntemi için kullanarak, farklı Gauss filtresi ile uygulandı ve tanıma oranının performansını incelendi. (Şekil 5.9 ve Çizelge 5.9) elde edilen sonuçları göstermektedir.

Çizelge 4.9. Yerel histogram eşitlemesi [7 7] ile farklı Gauss filtresin kullanarak Yale yüz veritabanı üzerinde performansı

Metotlar	Altgrup2	Altgrup3	Altgrup4	Altgrup5	Ortalama
LHE[77]+Gaus[3 3]	%100	%100	%99.28	%98.94	%99.55
LHE[77]+Gaus[5 5]	%100	%100	%97.85	%96.31	%98.54
LHE[77]+Gaus[7 7]	%100	%100	%97.85	%96.31	%98.54
LHE[77]+Gaus[9 9]	%100	%100	%97.85	%96.31	%98.54
LHE[77]+Gaus[11 11]	%100	%100	%97.85	%96.31	%98.54
LHE[77]+Gaus[13 13]	%100	%100	%97.85	%96.31	%98.54
LHE[77]+Gaus[15 15]	%100	%100	%97.85	%96.31	%98.54



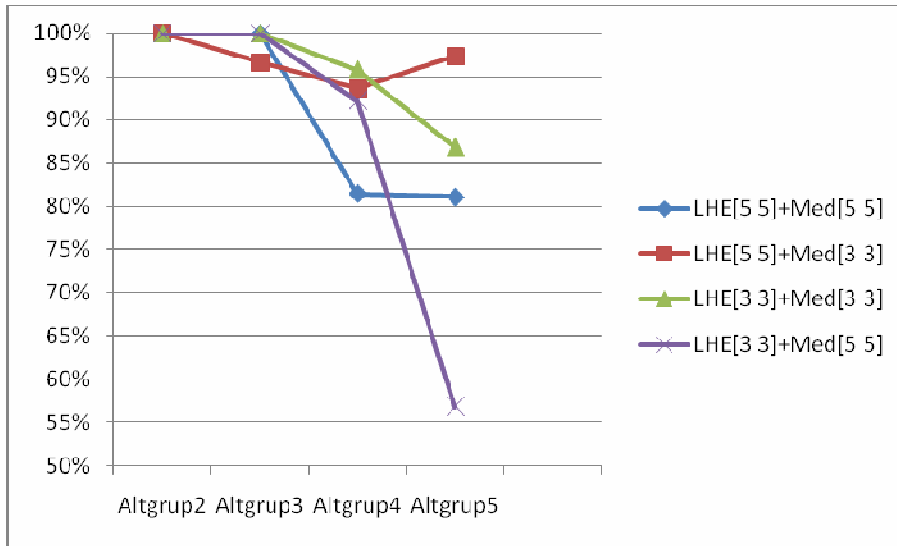
Şekil 4.9. Yerel histogram eşitlemesi [7 7] ile farklı Gauss filtresini kullanarak Yale yüz veritabanı üzerinde performansı

4.3.4. Medyan filtresi

Son deneyde LHE'yi uyguladıktan sonra medyan filtresi kullanarak görüntüye uygulanmıştır. Birinci deneyde LHE ile Medyan filtresi için 5x5 pencere kullanılmıştır. Altgrup1 ve altgrup2'de %100 tanıma oranı elde edilmiştir. Altgrup 4 ve 5 için %81 tanıma oranı elde edilmiştir. İkinci deneyde LHE için [5 5] pencere kullanılmıştır Medyan filtresi için [3 3] pencere kullanılmıştır, altgrup1 %100 tanıma oranı elde edilmiştir, altgrup2'de %96.66 tanıma oranı elde edilmiştir, altgrup3'te %93.57 tanıma oranı elde edilmiştir, altgrup4'te %97.36 tanıma oranı elde edilmiştir. Üçüncü deneyde LHE için [5 5] pencere kullanılmıştır, Medyan filtresi için [3 3] pencere kullanılmıştır, altgrup1 ile altgrup2'de %100 tanıma oranı elde edilmiştir, altgrup3'te %95.71 tanıma oranı elde edilmiştir, altgrup4'te %86.84 tanıma oranı elde edilmiştir. Son deneyde LHE için [3 3] pencere kullanılmıştır, Medyan filtresi için [5 5] pencere kullanılmıştır. Altgrup1 ile altgrup2'de %100 tanıma oranı elde edilmiştir, altgrup3'te %92.14 tanıma oranı elde edilmiştir, altgrup5'te tanıma performansının azalmasını gördük %56.84 tanıma oranı elde edilmiştir.

Çizelge 4.10. Yerel histogram eşitlemesi ile medyan filtrenin Yale yüz veritabanı üzerinde performansı

Metotlar	Altgrup2	Altgrup3	Altgrup4	Altgrup5	Ortalama
LHE[5 5]+Med[5 5]	%100	%100	%81.42	%81.05	%90.61
LHE[5 5]+Med[3 3]	%100	%96.66	%93.57	%97.36	%96.89
LHE[3 3]+Med[3 3]	%100	%100	%95.71	%86.84	%95.63
LHE[3 3]+Med[5 5]	%100	%100	%92.14	%56.84	%87.24

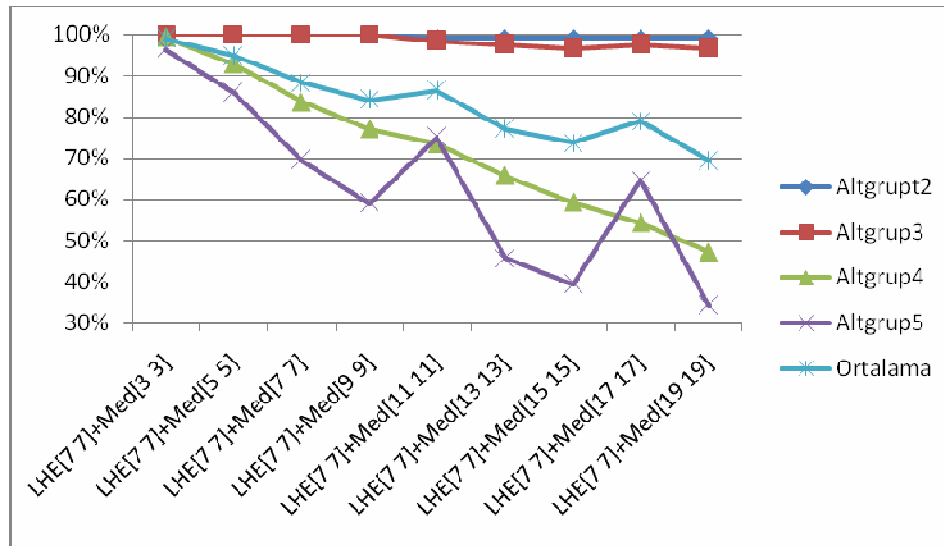


Şekil 4.10. Yerel histogram eşitlemesi ile medyan filtrenin Yale yüz veritabanı üzerinde performansı

Medyan filtrenin performansını başka bir normalleştirme yönteminde görmek için HE yöntemi ile uygulanmış ve elde edilen sonuç, LHE yöntemi ile elde edilmiş sonuçla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda Medyan filtrenin LHE yöntemi ile daha iyi çalıştığı gösterilmiş, Medyan filtrenin LHE yöntemi ile %96.89 tanıma oranı elde edilmiş, ama Medyan filtrenin HE yöntemi ile %74.31 tanıma oranı elde edilmiştir (Bkz. Şekil 4.12 ve Çizelge 4.12). Yukarıdaki deneyden sonra, orijinal görüntü üzerine [7 7] bir LHE yöntemi uygulanmış ve üzerine farklı pencere boyutu olarak medyan filtresi uygulanmıştır. (Bkz. Şekil 4.11 ve Çizelge 4.11).

Çizelge 4.11. Yerel histogram eşitlemesi [7 7] ile farklı Medyan filtresini kullanarak Yale yüz veritabanı üzerinde performansı

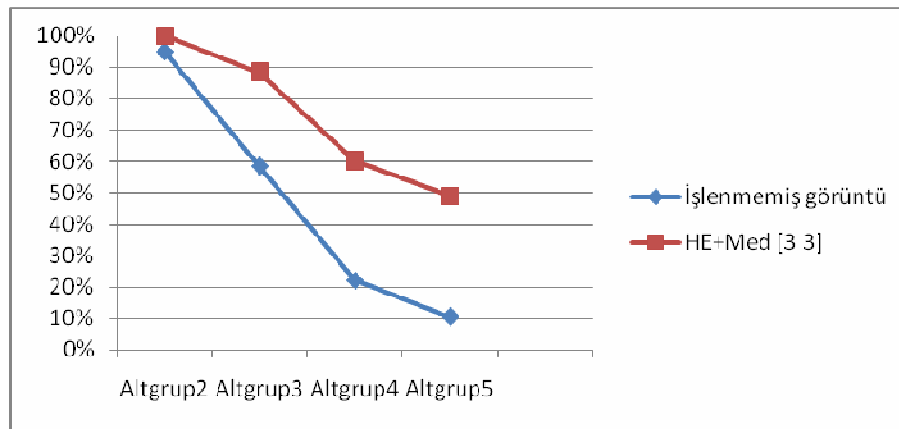
Metotlar	Altgrup2	Altgrup3	Altgrup4	Altgrup5	Ortalama
LHE[77]+Med[3 3]	%100	%100	%99.28	%96.31	%98.89
LHE[77]+Med[5 5]	%100	%100	%92.85	%85.78	%94.65
LHE[77]+Med[7 7]	%100	%100	%83.57	%69.47	%88.26
LHE[77]+Med[9 9]	%100	%100	%77.14	%58.94	%84.02
LHE[77]+Med[11 11]	%99	%98	%73.50	%75	%86.37
LHE[77]+Med[13 13]	%99	%98	%65.71	%45.78	%77.12
LHE[77]+Med[15 15]	%99	%97	%59.28	%39.47	%73.68
LHE[77]+Med[17 17]	%99	%98	%54.28	%64.73	%79
LHE[77]+Med[19 19]	%99	%96.66	%47.14	%34.21	%69.29



Şekil 4.11. Yerel histogram eşitlemesi [7 7] ile farklı Medyan filtresini kullanarak Yale yüz veritabanı üzerinde performansı

Çizelge 4.12. Histogram eşitlemesi ile medyan filtrenin Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı

Metotlar	Altgrup2	Altgrup3	Altgrup4	Altgrup5	Ortalama
İşlenmemiş görüntü	%95	%58.33	%22.14	%10.52	%46.49
HE+Med[33]	%100	%88.33	%60	%48.94	%74.31



Şekil 4.12. Histogram eşitlemesi ile medyan filtrenin Yale yüz veritabanı B üzerinde performansı

4.4. Sonuçların Karşılaştırılması

Bu tezde hedef değişik aydınlatma normalleştirme yöntemlerinin performanslarını karşılaştırmaktır. Tüm deneylerde test kümesi olarak 1. altgrup (her kişi için 7 görüntü) seçildi ve tüm diğer altgruplar ise eğitim seti olarak kullanılmıştır. Deneyler için görüntüler arasında Öklit mesafesi kullanılarak en yakın komşu sınıflandırıcıyı kullanılmıştır. Tanıma işlemi birkaç yöntem uygulanarak yapılmıştır:

HE: Görüntüye global histogram eşitleme uygular.

LHE: Görüntüye yerel histogram eşitlemesi uygular.

AHE: Görüntüye uyarlanırlı histogram eşitleme uygular.

HE+Lap: Görüntüye önce histogram eşitleme uygulanır sonra eşitlenmiş görüntüye Laplace filtresi uygulanır.

HE+HB: Görüntüye önce histogram eşitleme uygulanır sonra eşitlenmiş görüntüye yüksek artış filtresi uygulanır.

LHE+Gauss: Görüntüye önce yerel histogram eşitleme uygulanır sonra eşitlenmiş görüntüye Gauss filtresi uygulanır.

LHE+Med: Görüntüye önce histogram eşitleme uygulanır sonra eşitlenmiş görüntüye Median filtresi uygulanır.

Sonuçları Resim 4.1’de daha açık olarak görülmektedir; 1.Altgruptan başlayarak 5.Altgruba kadar her altgruptan 5 örnek seçilerek ve aydınlatma normalleştirme yöntemini ayrı ayrı uygulayarak. 1.Altgruba uygulandığında tanıma oranında pek bir artış fark edilmedi bunun da sebebi 1.Altgrubun görüntülerinin iyi aydınlanması için. 2. altgrubun ikinci yüz görüntüsünde yüzün sol kısmında burnun gölgesini görülebilir. Global normalleştirme yöntemleriyle önemli bir gelişim görülmez, fakat yerel normalleştirme yöntemleriyle gölgenin ayrıntılarını görünebilir. Aynı zamanda 3. ve 4.Yüz görüntülerde de ikinci görüntüdekiyle aynı şeyi görülmektedir.

Mükemmel sonuç 5.Altgrubun 5.Görüntüsünde görülebilir, görüntüye bakıldığında görüntünün ikiye bölündüğünü görülmektedir; biri parlak ve diğeri karanlık. Aydınlatma yöntemlerini özellikle yerel normalleştirme yöntemlerini uygulayarak gelişim fark edilebilir, bu bize görüntünün karanlık kısmını daha açık şekilde görmeye olanak tanır. (LHE [7 7]+Gauss [3 3] ,1) yönteminin tüm diğ er yöntemlerden üstün olduğu burada açıktır.

Orijinal

HE

LHE

AHE

HE+Lap

LHE[7 7]+Gaus[3 3]

HE+HB

LHE[7 7]+Med[3 3]

Resim 4.1. Yale Yüz Veritabanı B'deki bir kişinin 5 altgruptan seçilen görüntülerin üzerine uygulanan yöntemlerin ve filtrelerin sonucu

5. SONUÇLAR

Bu tezde histogram eşitleme tekniğine dayanan yöntemleri kullanarak yüz tanıma ana problem olan aydınlatma değişimlerinin azaltılması incelenmiştir. Aydınlanmayı normalleştiren yöntemler incelenmiş ve farklı filtreler uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan yöntemler: HE, AHE, HE+Laplasiyen filtresi, LHE, HE+HB filtresi, LHE+Gauss filtresi ve LHE+Medyan filtresidir.

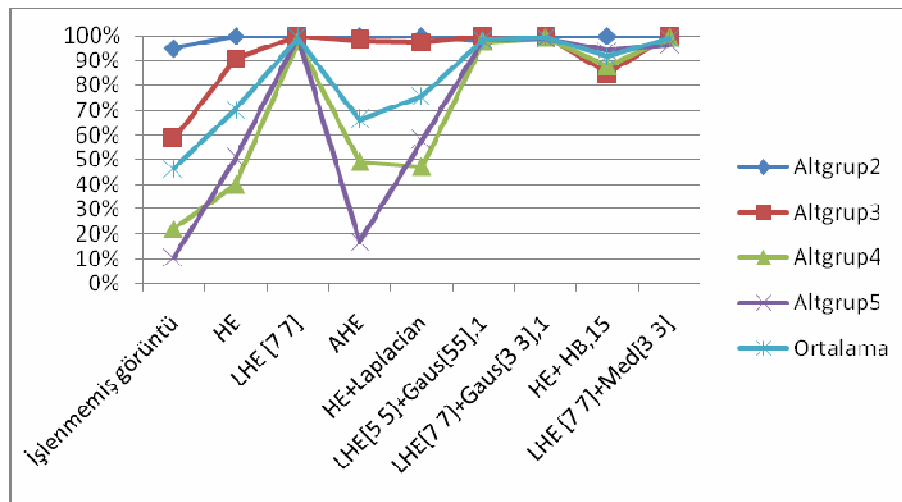
Yapılan uygulamaların sonucunda LHE yöntemi farklı parametrelerle uygulandığında yüksek performans elde edilmiştir. Performansı daha da yükseltmek için Medyan ile Gauss filtresi uygulanmıştır ve Gauss filtresi kullanması ile tanıma oranı %99.33' ten %99.55'e çıkmıştır. Deneysel sonuçlarda, tanıma oranının yerel aydınlatma normalleştirme yöntemleri, global aydınlatma normalleştirme yöntemlerinden daha yüksek olduğu gösterilmektedir.

Deneyler Yale yüz veritabanı B üzerinde uygulanmıştır ve LHE yönteminin en yüksek tanıma oranına sahip olduğunu göstermektedir; Özellikle LHE [7 7] uyguladıktan sonra üzerine Gauss fitresi [3 3] standart sapma 1 uygulandığında, %99.55 tanıma oranı elde edilmiştir. (Çizelge 5.1) ve (Şekil 5.2) aydınlatma için kullanılan yöntemlerin arasındaki karşılaştırmayı göstermektedir. Global normalleştirme metotları tanıma oranını %46.4'dan (orijinal görüntüler için) %91.76'ya (HE +HB, 15 yöntemi kullanıldığında) artmıştır. Yerel normalleştirme metotları kullanıldığında tanıma oranı %46.49'dan (orijinal görüntüler için) %99.55'e (LHE [7 7]+Gauss[3 3],1 yöntemi kullanıldığında) artmıştır.

Global olarak, histogram eşitleme uygulanmış, görüntü üzerine yüksek artış filtresini, (katsayı =15) uygulandıktan sonra tanıma oranı %91.69 elde edilmiştir. Yüksek artış filtresinin özelliği; Yale yüz veri tabanının 5. alt grubunda (en kötü aydınlatma şartı altında çekilen görüntülere sahip olan) yüksek tanıma oranı elde edilmiştir (Bkz. Çizelge 4.6).

Çizelge 5.1. Farklı aydınlatma metotların Yale yüz veri tabanı B üzerinde performansını karşılaştırması

Metotlar	Ortalama
İşlenmemiş görüntü	%46.49
HE	%70.33
LHE [7 7]	%99.33
AHE	%66.10
HE+Lap	%75.63
LHE[5 5]+Gauss[5 5],1	%98.60
LHE[7 7]+Gauss[3 3],1	%99.55
HE+ HB,15	%91.76
LHE [7 7]+Median[3 3]	%98.89



Şekil 5.1. Farklı aydınlatma metotların Yale yüz veri tabanı B üzerinde performansını karşılaştırması

Son olarak, sonuçlar başka yayınlardaki önceki çalışmaların sonuçlarıyla da karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada karmaşık yöntem kullanmadan basit filtre kullanarak ve deneylerde kullanılan filtrelerin en iyi bulunan parametreleri seçilerek tanıma oranı geliştirilmeye çalışılmıştır. Shan ve ark. [27] üç farklı yöntem kullanarak yüz tanıma farklı ışık koşulları altında çekilmiş görüntülerin aydınlatma normalleştirmesini yapmışlardır. Histogram eşitleme ve tanımlama, Gamma yoğunluk doğrulaması ve Tekrar Bölüm Aydınlatması (Quotient Illumination Relighting, QIR) yöntemlerini kullanmışlardır. QIR yöntemiyle % 91,8'lik bir tanımlama oranına varmışlardır. Du ve ark. [8], aydınlatma normalleştirmede dalgacık tabanlı (wavelet-based) normalleştirme yöntemini önermişlerdir. Bu yöntem yüz tanıma görevlerini kolaylaştırmak için dalgacık dönüşümünü kullanarak frekans alanında eş zamanlı olarak yüz imgelerinin kenarlarını iyileştirdiği gibi kontrastını da iyileştirir ve %95.65'lik bir tanıma oranı elde edilir. Santamaria [26] görüntü üzerinde 5x5 boyutunda bir yerel histogram eşitleme kullanmış ve eşitlenmiş görüntüye normal dağılım (NORM) yöntemini uygulamış ve %97.31 tanıma oranı elde etmiştir. Bu çalışmada ise, önce orijinal görüntüye 7x7 boyutunda bir yerel histogram eşitleme uygulanmış, sonra 3x3 boyutunda, standart sapma 1 olarak, Gauss filtresi uygulanmıştır ve %99.55 bir tanıma oranı elde edilmiştir (Bkz. Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2. Tanıma oranının önceki çalışmalarla karşılaştırılması

Metot	Altgrup2	Altgrup3	Altgrup4	Altgrup5	Ortalama
İşlenmemiş görüntü	%95	%58.33	%22.14	%10.5	%46.49
Shan ve ark. (GIC) [27]	%100	%88.1	%39.9	%27.5	%58.40
Shan ve ark. QIR [27]	%100	%100	%90.6	%82.5	%91.80
Du ve ark. Dalgacık tabanlı aydınlatma normalleştirme [8]	%100	%100	%94.76	%90.83	%95.65
M. Santamaria, [26], LHE[5 5]+ NORM	%98.28	%99.28	%97.95	%95.71	%97.31
LHE[77]+Gauss[33],1	%100	%100	%99.28	%98.94	%99.55

Bu tez çalışmasında aydınlatma değişiminin azaltılması gerçekleştirilmiştir. Karmaşık bir sistemi ortaya koyup yüz tanıma problemini bir anda çözmeye çalışmak yerine, basit yöntemler ile filtreler seçmek ve sistemi aşamalı olarak eğitmek daha sağlıklı bir yaklaşım olduğunu görülmüştür. Deneysel çalışmalarda, Yale yüz veritabanı üzerinde yerel histogram yöntemini çeşitli pencere ve parametrelerle uyarlandı ve sonuç olarak yüz tanıma oranının %46.49'dan (görüntülere hiçbir yöntem uygulamadan) %99.55'e (LHE 7x7+ Gauss 3x3, standart sapma 1 metodu için) artması sağlanmıştır. Bu yöntemle elde edilen yüz görüntüsü gerçekçi olmayabilir, gürültülü bir sonuca sahip olabilir ve yavaş çalışabilir ama yöntemlerin arasında tanıma performansını geliştiren en iyi bir yöntem olduğunu gösterilmiştir (Bkz. Resim 4.1). Karmaşık olmayan bir yöntemle %0.45'lik bir hata oranı elde edilmiştir. Kullanılan yöntemler ve filtreler ile hem görsel kalite hem de tanıma oranı açısından yüksek performans elde edilmiştir. HE+HB yöntemini, global yöntem olarak ileri çalışmalarda uyarlanırlar olarak bir sistem geliştirilmesine yardımcı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Arandjelovic, O., Cipolla, R., “An illumination invariant face recognition system for access control using video”, *Proc. British Machine Vision Conference*, 537-546 (2004).
2. Aly,S., Sagheer, A., Tsuruta, N., “Face recognition across illumination”, *Proceeding of the 12th International Symposium on Artificial Life and Robotics*, 12(1): 33-37 (2008).
3. Ahonen, T., Hadid,A., Pietikäinen,M., “Face description with local binary patterns: application to face recognition”, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 28 (12): 2037-2041 (2006).
4. Bilge, H.S., Verim, V., “Ultrason Görüntülerinde Prostatın Dış Sınırının Yarı Otomatik Hesaplanması”, *IEEE 15. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SİU 2007)*, 1145-1150 (2007)
5. Bhavani, S., Thawani, A., Sridhar, V., Ramakrishnan, KR., “Illumination invariant face recognition for frontal faces using modified census transform”, *TENCON 2007-2007 IEEE Region 10 Conference*,1- 4 (2007).
6. Chen, W., Joo Er, M., “Illumination compensation and normalization for robust face recognition using discrete cosine transform in logarithm domain”, *IEEE Transaction on System, Man, and Cybernetics, Part B.*, 36 (2): 458-466 (2006).
7. Du, B., Shan, S., Qing, L., Gao, W., “Empirical comparisons of several preprocessing methods for illumination insensitive face recognition”, *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, (5): 981-984 (2005).
8. Du, Sh., Ward, R., “Wavelet-based illumination normalization for face recognition”, *Proc. of IEEE International Conference on Image Processing*, 954-957 (2005).
9. Eng, H. L., Ma, K. K., “Noise Adaptive Soft-Switching Median Filter”, *IEEE Trans. Image Processing*, 2(10): 242-251 (2001).
10. Feng, X., Wang, Y., Gao, Y., “A framework of local illumination normalization for face recognition”, *IEEE International Workshop on Anti counterfeiting, security, Identification*, 199-203 (2007).
11. Gonzalez, R.C.and Woods R.E., “ Digital Image Processing 2 ed.”, International Edition, *Prentice Hall* (2002).

12. Hummel, R., “ Image enhancement by histogram transformation”, *Comput.Graphic Image Process*, 184-195 (1977).
13. Jafar, I., Ayaing, H., “A new method for image contrast enhancement based on automatic specification of local histograms”, *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, 7(7): 1 (2007).
14. Ketcham, D., Lowe,R., Weber, J., “Real-time image enhancement techniques”, *in Seminer on Image Processing, Hughes Aircraft, Pacific Grove*, 1-6 (1976).
15. Kahraman, F. and Kurt, B. and Gokmen, M ., “Active appearance model based face recognition”, *Signal Processing and Communications Applications Conference*, 483- 486 (2005).
16. Kamarainen, J. K., Kyrki, V., Kälviäinen,H., “Invariance properties of Gabor filter-based features—overview and applications”, *IEEE Transactions on image processing*, 15 (5): 1088-1099 (2006).
17. Liu, D., Lam, K. M., Shen, L. S.,“ Illumination invariant face recognition”, *Pattern Recognition*, 38 (10): 1705-1716 (2005).
18. Levman, J., Alirezaie, J., Khan, G., “Perfectly Flat Histogram Equalization”, *Int. Conf. Signal Processing, Pattern Recognition and Applications*, 38-42 (2003).
19. Michelle.M. and Denipote, J.G.,“ Illumination Normalization Methods for Face Recognition”, *IEEE International Workshop on Analysis and Modeling o Faces and Gestures*, 14-30 (2006).
20. Nam, MY., Rhee, PK., “An efficient face recognition for variant illumination condition”, *Intelligent Signal Processing and Communication Systems*, 111-115 (2004).
21. Pentland, P., Moghaddam, B., Starner, T., "View-based and Modular Eigenspaces for Face Recognition," *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 84-91, (1994).
22. Pizer, S. M., Ambum, E. P., Austin, J.D., “Adaptive histogram equalization and its variation”, *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, 39(3), 355-368 (1987).
23. Rajadnya,K., Talele, K.T., “Image enhancement techniques pixel operation in spatial domain”, *Proc. of SPIT-IEEE Colloquium and International Conference*, 178-180 (2006) .

24. Soong-Der Chen, A., Ramli, R., “Contrast enhancement using recursive mean-separate histogram equalization for scalable brightness preservation”, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 49(4): 1301-1309 (2003).
25. Shashua, A., Riklin-Raviv, T., “The quotient image: class-based re-rendering and recognition with varying illuminations”, *IEEE Transactions on Pattern, Analysis and Machine Intelligence*, 23(2): 129-139 (2001).
26. Santamaria, M., V., Palacios, R., P., “Comparision of illumination normalization Methods for face recognition”, *Proceeding of the third Cost 275 workshop, Biometrics on the Internet.*, 27-30 (2005).
27. Shan, Sh., Gao, W., Cao, B., Zhao, D., “Illumination normalization for robust face recognition against varying lighting conditions”, *IEEE International Workshop on Analysis and Modeling of Faces and Gestures*, 157-164 (2003).
28. Tjahyadi, R., Liu, W., Venkatesh, S., “Application of the DCT Energy Histogram for Face Recognition”, *Proceedings of the 2nd International Conference on Information Technology for Application*, 305-310 (2004).
29. Tan, X., Triggs, B., “Enhanced local texture feature sets for face recognition under difficult lighting conditions”, *Lecture Notes in Computer Science*, 4778: 168 (2007)
30. Tian, Y., Wan, Q., Wu, F., “Local histogram equalization based on the minimum brightness error”, *Proc. of 4th International Conference on Image and Graphics*, 58-61 (2007).
31. Van Trigt, C., “Visual system-response functions and estimating reflectance”, *Journal-Optical Society of America A*, (14): 741–755 (1997).
32. Wang, G., Ou, Z., “Face recognition based on image enhancement and Gabor features”, *Proceedings of the 6th World Congress on Intelligent Control and Automation*, 2 (2006).
33. Wang, H., Li, S., Wang, Y., Zhang, W., “ Illumination Modeling and Normalization for face Recognition”, *IEEE International Workshop on Analysis and Modeling of Faces and Gestures*, 104-111 (2003).
34. Warfield, S., “Fast k-NN Classification for Multichannel Image Data”, *Pattern Recognition Letters*, 17(7): 713-721, (1996).
35. Wang, Y., Chen, Q., Zhang, B., “Image enhancement based on equal area dualistic sub-image histogram equalization method”, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 45(1) : 68-75 (1999).

36. Xie, X., Lam, K. M., “An efficient illumination compensation scheme for face recognition”, *IEEE Int. Conf. on Control, Automation, Robotics and Vision*, 2 (2004).
37. Xie, X., Lam, K. M., “An efficient method for face recognition under varying illumination”, *Pattern Recognition Letters*, 3841-3844 (2005).
38. Xie, X., Lam, K. M., “Face recognition under varying illumination based on a 2D face shape model”, *Journal of Pattern Recognition Society*, 38 (2): 221-230 (2005).
39. Yagou, H., Belyaev, A., Wei, D., “High-Boost Mesh Filtering for 3-D Shape Enhancement”, *Journal of Three Dimensional Images*, 17(1) :170-175 (2003).
40. Young, I., Gerbrands, J., Lucas J., “Fundamentals of Image Processing”, *Delf University of Technology*, 5, 6, 17, 18, 29, 32-43, 45, 54, 55, 59, 63, 66, 87, 90 (1998).
41. Yaman, K., Sarucan, A., Atak, M., Aktürk, N., “Dinamik çizelgeleme için görüntü işleme ve arıma modelleri yardımıyla veri hazırlama”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi.*, 16(1): 19-40 (2001).
42. Zhu, H., Francia, H., Chan, Y., Lam, K., “Image contrast enhancement by constrained local histogram equalization”, *Computer Vision and Image Understanding*, 73(2): 281-290 (1999).
43. Zimmerman, J. B., Pizer, S. M., Staab, E. V., Perry, J. R., “An evaluation of the effectiveness of adaptive histogram equalization for contrast enhancement”, *IEEE transactions on medical imaging*, 7(4): 304-312 (1988).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KHURSHED, Esil
 Uyuğu : Irak
 Doğum tarihi ve yeri : 24.03.1983 Kerkük
 Medeni hali : Bekar
 Telefon : 009 05464324899, 00964 7701359500
 e-mail : akhurshed2004@yahoo.com.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Kerkük Teknik Üniversitesi /Bilgisayar Mühendisliği Bölümü	2005
Lise	Al-Yaqtha Kız Lisesi	2000

Yabancı Dil

İngilizce, Arabca

Yayımları

Esil Khurshed, and Hasan Şakir Bilge, "Reduction of Illumination Effect by Using Histogram Equalization for Face Recognition", Journal of the Optical Society of America A: Optics, Image Science, And Vision, 2009 (hakem değerlendirmesinde).