

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÖRÜNTÜ İŞLEME ALGORİTMALARI KULLANILARAK  
YÜZ NAKİL HASTALARININ  
DUYSAL İFADE GELİŞİMİNİN ANALİZİ**

**Merve BEDELOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**2016**

**T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**GÖRÜNTÜ İŞLEME ALGORİTMALARI KULLANILARAK  
YÜZ NAKİL HASTALARININ  
DUYSAL İFADE GELİŞİMİNİN ANALİZİ**

**Merve BEDELOĞLU**

**YÜKSEK LİSANS  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Bu tez 113E182 proje numarası ile 1001 TUBİTAK projesi tarafından  
desteklenmektedir.**

**2016**

T.C.  
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GÖRÜNTÜ İŞLEME ALGORİTMALARI KULLANILARAK  
YÜZ NAKİL HASTALARININ  
DUYSAL İFADE GELİŞİMİNİN ANALİZİ

Merve BEDELOĞLU

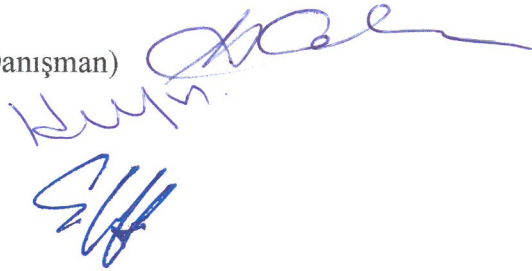
YÜKSEK LİSANS  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 22/04/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Ömer Halil ÇOLAK (Danışman)

Prof. Dr. Hilmi UYSAL

Doç. Dr. Selçuk ÇÖMLEKÇİ



## ÖZET

# GÖRÜNTÜ İŞLEME ALGORİTMALARI KULLANILARAK YÜZ NAKİL HASTALARININ DUYSAL İFADE GELİŞİMİNİN ANALİZİ

**Merve BEDELOĞLU**

**Yüksek Lisans Tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**  
**Danışman: Doç. Dr. Ömer Halil ÇOLAK**  
**Nisan 2016, 63 Sayfa**

Bu tez çalışmasında nötr pozisyon ile kızgın, korkma, mutlu, nefret, şaşkın ve üzgünden oluşan 6 duysal yüz ifadesinin tanınması amacıyla görünüm tabanlı yaklaşımdan Gabor Dalgacık Dönüşüm metodu ve Yerel İkili Örüntü metodu benimsenmiştir. Çalışmaya sağlıklı grup ve iki yüz transplantasyon hastası katılmıştır. Özellik çıkarımı her iki metot ve bu metotların seri bir şekilde birleşimi kullanılarak yapılmıştır. Benimsenen yaklaşımlar öncelikle kendi oluşturduğumuz yüksek çözünürlüklü veri tabanı üzerinde gerçekleştirilmiştir. İfade gerçekleştirilirken en belirgin bölge olan göz ve ağız lokasyonlarına odaklanılmıştır. Göz ve ağız bölge özellikleri ayrı ayrı değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Daha sonra ise, veri tabanındaki imgeler üzerinde boyut indirgeme yapılmıştır. Aynı metotlar bu imgeler üzerine de uygulanmıştır. Ayrıca burada farklı olarak göz ve ağız bölgesi özelliklerinin birleşiminden de özellik vektörleri oluşturulmuş ve K-En Yakın Komşu sınıflandırıcı girişine verilmiştir.

Sınıflandırma yapılırken ilk etapta eğitim ve test girişi için sağlıklı grubun yüz ifade imgeleri, ikinci etapta ise eğitilen sistemin test girişinde yüz transplantasyon hastalarının imgeleri ayrı ayrı kullanılmıştır. Yani sağlıklı grup baz alınarak yüz transplantasyon hastalarının bölgesel yüz mimikleri incelenmiştir. Son olarak da normal grup ve transplantasyon hastaları için elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Tüm bunların dışında önerilen yöntemlerle elde edilen sonuç tabloları kendi içlerinde karşılaştırılarak sınıflandırmaya tabi tutulmuş ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

**ANAHTAR KELİMELEER:** Yüz İfade Tanıma, Gabor Dalgacık Dönüşümü, Yerel İkili Örüntü, Yüz Transplantasyonu

**JÜRİ:** Doç. Dr. Ömer Halil ÇOLAK (Danışman)  
Prof. Dr. Hilmi UYSAL  
Doç. Dr. Selçuk ÇÖMLEKÇİ

## ABSTRACT

### THE ANALYSIS OF EMOTIONAL EXPRESSION DEVELOPMENT OF FACE TRANSPLANT PATIENTS BY USING IMAGE PROCESSING ALGORITHMS

Merve BEDELOĞLU

MSc Thesis in Electrical-Electronics Engineering  
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ömer Halil ÇOLAK  
April 2016, 63 pages

In this thesis, appearance based Gabor Wavelet Transform and Local Binary Pattern methods were adopted for recognition neutral and 6 emotional facial expressions consisting of angry, scared, happy, hate, confused and sad. The healthy group and two face transplant patients were joined. Using both methods and serially combination of this methods feature extracted. Adopted approaches were performed firstly on high-definition database which we form. We focused eyes and mouth location which are the most prominent regions while performing expressions. Eyes and mouth region features were subjected to evaluation individually. Afterwards, the dimension of images in the database was reduced. The same methods were applied in these images. Also feature vectors were composed from the combination of eyes and mouth features and were given to K-Nearest Neighbour input.

At first step the healthy group images were used for training and testing, at second step images of face transplant patients were used for the test input of trained system while classifying. Namely regional facial mimics of face transplant patient were examined by comparison the healthy group. Finally the results obtained for the normal group and transplant patients were evaluated. Apart from all, results obtained by the proposed method were classified by comparing among themselves and results were evaluated.

**KEYWORDS:** Facial Expression Recognition, Gabor Wavelet Transform, Local Binary Pattern, Facial Transplant

**COMMITTEE:** Assoc. Prof. Dr. Ömer Halil ÇOLAK (Supervisor)  
Prof. Dr. Hilmi UYSAL  
Assoc. Prof. Dr. Selçuk ÇÖMLEKÇİ

## ÖNSÖZ

Son yıllarda ülkemizde, yaygın olarak yapılan organ nakillerinin yanı sıra yüz nakilleri de yapılmaya başlanmış ve bu konuda önemli adımlar atılmıştır. Operasyon sonrasında, transplantasyon hastalarının günlük hayata entegrasyonunun hızlanması ve yaşam kalitesinin artması önemli bir husustur. Bu çalışma kapsamında yüz transplantasyon hastalarında, duysal ifadeleri gerçekleştirebilme oranı sağlıklı grup baz alınarak incelenmiştir.

Tez çalışmamın yürütülmesi esnasında yardım ve desteklerini benden esirgemeyen, bilgisinden ve tecrübelerinden faydalandığım, danışmanım Doç. Dr. Ömer Halil ÇOLAK'a (Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi) en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tez çalışmalarım boyunca yardımlarını esirgemeyen Yrd. Doç. Dr. Övünç POLAT'a (Akdeniz Üniversitesi Mühendislik Fakültesi) teşekkürü borç bilirim. Yine bu çalışmada yer alan yüz nakil hastalarına, veri tabanının oluşturulmasına katkıda bulunan gönüllü gruba ve proje ekibine teşekkür ederim. Her daim yanımda olan aileme teşekkürü borç bilirim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET .....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ .....	iii
İÇİNDEKİLER .....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI.....	2
2.1. Yüz Nakli .....	2
2.1.1. Yüz nakli nedir? .....	2
2.1.2. Yüz nakli kimlere yapılır?.....	2
2.1.3. Dünyada yüz nakilleri .....	2
2.2. Görüntü İşleme.....	4
2.2.1. İkili resimler.....	5
2.2.2. Gri seviyeli resimler.....	6
2.2.3. Gerçek-renkli resimler (RGB-Red Green Blue) .....	6
2.2.4. İndekslenmiş resimler .....	7
2.3. Kaynak Taraması .....	8
3. MATERYAL VE METOT .....	12
3.1. Gabor Dalgacık Dönüşümü.....	12
3.2. Yerel İkili Örüntü.....	14
3.2.1. Düzenli YİÖ.....	17
3.3. Veri Tabanı .....	18
3.4. Uygulama .....	20
3.4.1. Ön işleme .....	21
3.4.2. Özellik çıkarımı.....	21
3.4.2.1. Gabor dalgacık dönüşümü ile özellik çıkarımı .....	21
3.4.2.2. Yerel ikili örüntü ile özellik çıkarımı.....	24
3.4.2.3. Yerel gabor ikili örüntü ile özellik çıkarımı.....	25
3.4.3. Sınıflandırma.....	25
4. BULGULAR VE SONUÇLAR .....	27
5. TARTIŞMA .....	53
6. KAYNAKLAR .....	55

7. EKLER.....	61
Ek 1: Matlabta Temel Görüntü İşleme Uygulamaları.....	61
ÖZGEÇMİŞ	





## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

### Kısaltmalar

AGM	Aktif Görünüm Modeli
CS-LBP	Center-Symmetric Local Binary Pattern
EYK	En Yakın Komşu
FACS	Facial Action Coding System
KNN	K Nearest Neighborhood
LBP	Local Binary Pattern
SVM	Support Vector Machine
TLBP	Threshold Local Binary Pattern
YİÖ	Yerel İkili Örüntü

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Çalışmada yer alan 1. nakil hastasının yüz transplantasyondan önceki hali.....	2
Şekil 2.2. Çalışmada yer alan 1. nakil hastasının yüz transplantasyondan sonraki hali ...	3
Şekil 2.3. Çalışmada yer alan 2. nakil hastasının yüz transplantasyondan önceki hali.....	3
Şekil 2.5. MxN boyutundaki resmin koordinat gösterimi (Aydın 2013).....	5
Şekil 2.6. MxN boyutundaki resmin matlab koordinat gösterimi (Aydın 2013).....	5
Şekil 2.7. İkili resim örneği (Arı 2008).....	6
Şekil 2.8. Gri seviyeli resim örneği (McAndrew 2004).....	6
Şekil 2.9. Gerçek-renkli resim örneği (Arı 2008).....	7
Şekil 2.10. İndekslenmiş resim örneği (McAndrew 2004).....	8
Şekil 3.2. 5 frekanslı 8 yönlü Gabor filtresinin genliği.....	14
Şekil 3.3. a) Yönelim açısı 0 derece olan Gabor dalgacık b) Yönelim açısı 90 derece olan Gabor dalgacık.....	14
Şekil 3.4. YİÖ metodunun grafiksel gösterimi .....	15
Şekil 3.5. Farklı aydınlatma koşullarında YİÖ operatörü uygulanmış imgeler .....	16
Şekil 3.6. Farklı P ve R değerlerine sahip dairesel simetrik komşuluklar (Ojala vd 2002).....	17
Şekil 3.7. Düzenli YİÖ kodları (Pietikäinen vd 2011).....	18
Şekil 3.8. Özellik çıkarımında kullanılacak imgelerin oluşturulması.....	19
Şekil 3.9. Sistemin akış diyagramı.....	20
Şekil 3.10. Ön işlemenin şematik gösterimi .....	21
Şekil 3.11. a) Gabor filtre ile filtrelenen gülme ifadesinin göz bölgesinin reel kısmı b) Gabor filtre ile filtrelenen gülme ifadesinin göz bölgesinin genliği.....	21
Şekil 3.12. a) Gabor filtre ile filtrelenen gülme ifadesinin ağız bölgesinin reel kısmı b) Gabor filtre ile filtrelenen gülme ifadesinin ağız bölgesinin genliği.....	21
Şekil 3.13. 5 frekanslı 8 yönlü Gabor filtresi ile filtrelenmiş göz bölgesinin reel kısmı	22

Şekil 3.14. 5 frekanslı 8 yönlü Gabor filtresi ile filtrelenmiş göz bölgesinin genliği.....	22
Şekil 3.15. 5 frekanslı 8 yönlü Gabor filtresi ile filtrelenmiş ağız bölgesinin reel kısmı	23
Şekil 3.16. 5 frekanslı 8 yönlü Gabor filtresi ile filtrelenmiş ağız bölgesinin genliği ....	23
Şekil 3.17. YİÖ operatörü ile etiketlenmiş göz bölgesi .....	24
Şekil 3.18. YİÖ operatörü ile etiketlenmiş ağız bölgesi .....	24
Şekil 3.19. Gabor filtre bankası ile maskelenen mutlu ifadesinin ortalaması.....	25
Şekil 3.20. Gabor filtreleri ile maskelenen mutlu ifadesinin YİÖ ile etiketlenmesi.....	25
Şekil 4.1. Yüz nakil hastalarının ve sağlıklı bireyin duysal ifadeleri (Bilimsel araştırmada kullanılmak üzere yüz transplantasyon hastalarının ve sağlıklı bireyin onayı alınmıştır) .....	27

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Gönüllü grubun yaş, boy ve kilo bilgisi.....	19
Çizelge 4.1. Gabor-göz sağlıklı grup sonuçları.....	28
Çizelge 4.2. Gabor-ağız sağlıklı grup sonuçları.....	28
Çizelge 4.3. YİÖ (43x45 alt bölge)-göz sağlıklı grup sonuçları .....	28
Çizelge 4.4. YİÖ (45x45 alt bölge)-ağız sağlıklı grup sonuçları .....	29
Çizelge 4.5. YİÖ (10x25 alt bölge)-göz sağlıklı grup sonuçları .....	29
Çizelge 4.6. YİÖ (10x10 alt bölge)-ağız sağlıklı grup sonuçları .....	29
Çizelge 4.7. Gabor-göz 1. yüz nakil hastası sonuçları .....	30
Çizelge 4.8. Gabor-ağız 1. yüz nakil hastası sonuçları .....	30
Çizelge 4.9. YİÖ (43x45 alt bölge)-göz 1. yüz nakil hatası sonuçları .....	30
Çizelge 4.10. YİÖ (45x45 alt bölge)-ağız 1. yüz nakil hastası sonuçları .....	31
Çizelge 4.11. YİÖ (10x25 alt bölge)-göz 1. yüz nakil hastası sonuçları .....	31
Çizelge 4.12. YİÖ (10x10 alt bölge)-ağız 1. yüz nakil hastası sonuçları .....	31
Çizelge 4.13. Gabor-göz 2. yüz nakil hastası sonuçları .....	32
Çizelge 4.14. Gabor-ağız 2. yüz nakil hastası sonuçları .....	32
Çizelge 4.15. YİÖ (43x45 alt bölge)-göz 2. yüz nakil hatası sonuçları.....	32
Çizelge 4.16. YİÖ (45x45 alt bölge)-ağız 2. yüz nakil hastası sonuçları .....	33
Çizelge 4.17. YİÖ (10x25 alt bölge)-göz 2. yüz nakil hastası sonuçları .....	33
Çizelge 4.18. YİÖ (10x10 alt bölge)-ağız 2. yüz nakil hastası sonuçları .....	33
Çizelge 4.19. Gabor-göz sağlıklı grup sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler).....	35
Çizelge 4.20. YİÖ-göz sağlıklı grup sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler).....	36
Çizelge 4.21. Gabor-YİÖ-göz sağlıklı grup sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)....	36
Çizelge 4.22. Gabor-ağız sağlıklı grup sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler) .....	36

Çizelge 4.23. YİÖ-ağız sağlıklı grup sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler).....	37
Çizelge 4.24. Gabor-YİÖ-ağız sağlıklı grup sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)...	37
Çizelge 4.25. Gabor-göz-ağız sağlıklı grup sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler) ....	37
Çizelge 4.26. YİÖ-göz-ağız sağlıklı grup sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler).....	38
Çizelge 4.27. Gabor-YİÖ-göz-ağız sağlıklı grup sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler).....	38
Çizelge 4.28. Gabor-göz 1. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler) .....	38
Çizelge 4.29. YİÖ-göz 1. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler) .....	39
Çizelge 4.30. Gabor-YİÖ-göz 1. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)	39
Çizelge 4.31. Gabor-ağız 1. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler) .....	39
Çizelge 4.32. YİÖ-ağız 1. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler) .....	40
Çizelge 4.33. Gabor-YİÖ-ağız 1. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)	40
Çizelge 4.34. Gabor-göz-ağız 1. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)	40
Çizelge 4.35. YİÖ-göz-ağız 1. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler) ...	41
Çizelge 4.36. Gabor-YİÖ-göz-ağız 1. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler).....	41
Çizelge 4.37. Gabor-göz 2. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler) .....	41
Çizelge 4.38. YİÖ-göz 2. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler) .....	42
Çizelge 4.39. Gabor-YİÖ-göz 2. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)	42
Çizelge 4.40. Gabor-ağız 2. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler) .....	42
Çizelge 4.41. YİÖ-ağız 2. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler) .....	43
Çizelge 4.42. Gabor-YİÖ-ağız 2. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)	43
Çizelge 4.43. Gabor-göz-ağız 2. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)	43
Çizelge 4.44. YİÖ-göz-ağız 2. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler) ...	44
Çizelge 4.45. Gabor-YİÖ-göz-ağız 2. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler).....	44

Çizelge 4.46. Gabor (göz-ağız-gözağız)-sağlıklı grup sonuçları .....	46
Çizelge 4.47. YİÖ (göz-ağız-gözağız)-sağlıklı grup sonuçları .....	46
Çizelge 4.48. Gabor-YİÖ (göz-ağız-gözağız)-sağlıklı grup sonuçları.....	46
Çizelge 4.49. Göz (gabor-lbp-gaborlbp)-sağlıklı grup sonuçları .....	47
Çizelge 4.50. Ağız (gabor-lbp-gaborlbp)-sağlıklı grup sonuçları.....	47
Çizelge 4.51. Göz-ağız (gabor-lbp-gaborlbp)-sağlıklı grup sonuçları .....	47
Çizelge 4.52. Gabor (göz-ağız-gözağız)-1. nakil hastası sonuçları .....	48
Çizelge 4.53. YİÖ (göz-ağız-gözağız)-1. nakil hastası sonuçları .....	48
Çizelge 4.54. Gabor-YİÖ (göz-ağız-gözağız)-1. nakil hastası sonuçları.....	48
Çizelge 4.55. Göz (gabor-lbp-gaborlbp)-1.nakil hastası sonuçları .....	49
Çizelge 4.56. Ağız (gabor-lbp-gaborlbp)-1.nakil hastası sonuçları .....	49
Çizelge 4.57. Göz-ağız (gabor-lbp-gaborlbp)-1.nakil hastası sonuçları .....	49
Çizelge 4.58. Gabor (göz-ağız-gözağız)-2. nakil hastası sonuçları .....	50
Çizelge 4.59. YİÖ (göz-ağız-gözağız)-2. nakil hastası sonuçları .....	50
Çizelge 4.60. Gabor-YİÖ (göz-ağız-gözağız)-2. nakil hastası sonuçları .....	50
Çizelge 4.61. Göz (gabor-lbp-gaborlbp)-2.nakil hastası.....	51
Çizelge 4.62. Ağız (gabor-lbp-gaborlbp)-2.nakil hastası.....	51
Çizelge 4.63. Göz-ağız (gabor-lbp-gaborlbp)-2.nakil hastası.....	51

## 1. GİRİŞ

İnsanlar arası iletişimde, sözlü ifadeler kadar jest ve mimiklerle yapılan sözlü olmayan ifadelerde kişinin gerek günlük yaşamında gerekse sosyal yaşantısında önem teşkil etmektedir (Bedeloğlu vd 2015). Yüz ifade tanıma üzerine çalışmalar eski dönemlerden beri yapılmaktadır. Bu konu hakkında detaylı bilgiye (Bettadapura 2012)'den ulaşılabilir. Yüz ifade tanıma günümüzde farklı alanlarda geniş kullanıma sahiptir. İnsan-bilgisayar etkileşimi (Sprengelmeyer vd 1998, McClure vd 2003), sağlık, trafik (Aoi, vd 2011, Vural vd 2008) bunlardan bazılarıdır. İfade tanıma, insan popülasyonu arasında yüz ifadelerinin çeşitliliği ve karmaşık yapısı nedeniyle zor bir alandır (Shan vd 2005). Ülkemizde yaşanan başarılı yüz nakil operasyonları sonucunda ise yüz transplantasyon hastalarında bir ifadeyi tanımlayacak bir bütün kas grubu hareketi yerine birkaç kasın hareketine bağlı mimiklerin gelişimi görüldüğü için bu durum daha da komplike bir hal almaktadır (Bedeloğlu vd 2015).

Türkiye'de yüz nakli operasyonu gerçekleştirilen hastalardan iki tanesi bu çalışmada yer almıştır. Literatürde yüz nakillerinden sonra tek bir mimik hareketi değil de bir ifade ya da durumun sağlıklı kişilerde yüzde bir ifadeyi oluşturan kasların ifadedeki etkinliği gibi gerçekleştirebilmesi ve bunun birtakım görüntü işleme algoritmalarıyla incelenmesi ile alakalı bir çalışma bulunmamaktadır. Yüz nakil hastaları ile gerçekleştirilen bu çalışma ileriki çalışmalara ışık tutacaktır.

Bu tezin 2. bölümünde yüz naklinden, görüntü işlemeden ve yüz ifadesi tanıma ile alakalı daha önce yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir. 3. bölümde bu çalışmada kullanılan Gabor Dalgacık Dönüşümü metodu ve Yerel İkili Örüntü (YİÖ) metodundan, bu metotlar ile veri tabanındaki imgelere uygulanan özellik çıkarımı ve sınıflandırmadan bahsedilmiştir. 4. bölümde sınıflandırma sonucu elde edilen verilerden bahsedilmiş olmakla birlikte, son olarak ise 5. bölümde sonuçlar değerlendirilmiştir.

## 2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

### 2.1. Yüz Nakli

#### 2.1.1. Yüz nakli nedir?

İki farklı şekilde gerçekleştirilen yüz nakli, kişinin yüzünün bir kısmının ya da tamamının yerleştirilmesi ile alakalı medikal prosedürdür (“Yüz nakli” 2016). Yüz naklinden önce damar bağlantılarına greft denilen uygun yamanın seçilmesi, kaslar, tükürük bezleri ve sinirlerin nasıl transfer edileceği, vericiden greftin ne zaman, nasıl çıkarılacağı önemli husustur (Siemionow vd 2004).

#### 2.1.2. Yüz nakli kimlere yapılır?

Yüz nakli operasyonu, yüz ve boyun bölgesinde yanıklar olanlara, ateşli silah yaralanmaları, trafik kazaları ve yabani hayvan veya insan saldırıları sonucu oluşan doku ve görünüm bozulmaları ya da tümörlerin çıkarılmasından kaynaklanan bozukluklar, deri ve deri altı yağ dokusu ve kasların eksikliği olanlara yapılabilir (Siemionow vd 2004).

#### 2.1.3. Dünyada yüz nakilleri

Dünyada ilk parsiyel yüz nakli Fransa’da 2005 yılında yapılmıştır. Tam yüz nakli ise, ilk olarak 2010 yılında İspanya’da yapılmıştır (“Yüz nakli” 2016). Dünyada ilk başarılı yüz transplantasyon operasyonu ise 2012 yılında ülkemizde Akdeniz Üniversitesi’nde Ömer Özkan ve ekibi tarafından gerçekleştirilmiştir.

Türkiye’de ilk yüz nakli bu çalışmada da yer alan, Antalya’nın Manavgat ilçesine bağlı bir köyde yaşayan 19 yaşındaki U.A’ya yapılmıştır. Çocukken evlerinde çıkan yangından dolayı yanan battaniyenin üzerine düşmüş ve yüzünün %90’ı zarar görmüştür. 21 Ocak 2012’de 39 yaşındaki A.K’dan göz kapakları hariç yüz nakli yapılmıştır. Nakil hastasının Şekil 2.1’de transplantasyondan önce, Şekil 2.2’de ise transplantasyondan sonraki hali verilmiştir.



Şekil 2.1. Çalışmada yer alan 1. nakil hastasının yüz transplantasyondan önceki hali





Şekil 2.2. Çalışmada yer alan 1. nakil hastasının yüz transplantasyondan sonraki hali

Türkiye’de dördüncü yüz nakil hastası olan 35 yaşındaki T.Ç de bu çalışmada yer almıştır. Üç yaşındayken ateşin üzerine düşmüş ve yüzünün büyük bir bölümü yanmıştır. 15 Mayıs 2012’de Akdeniz Üniversitesi Hastanesi’nde 19 yaşındaki T.Y’den göz kapakları da dahil olmak üzere yüz nakli yapılmıştır. Nakil hastasının Şekil 2.3’te transplantasyondan önce, Şekil 2.4’te ise transplantasyondan sonraki hali verilmiştir.



Şekil 2.3. Çalışmada yer alan 2. nakil hastasının yüz transplantasyondan önceki hali



Şekil 2.4. Çalışmada yer alan 2. nakil hastasının yüz transplantasyondan sonraki hali

## 2.2. Görüntü İşleme

Görüntü işleme, sonlu sayıda elemanlardan oluşan sayısal görüntünün dijital bilgisayarlar vasıtasıyla birtakım sinyal işleme teknikleriyle işlenmesidir (Gonzalez ve Richard 2008). Bir görüntü piksel denilen küçük kare bloklardan oluşan iki boyutlu bir dizi ya da matristir. Burada piksel görüntünün birim elemanını ifade eder. Piksellerin sayısı ise çözünürlüğü gösterir. Çözünürlük (piksel sayısı) arttıkça görüntüdeki ayrıntılar da belirginleşir. Yani piksel sayısı görüntü kalitesiyle doğru orantılıdır. Aslında 2-boyutlu bir sinyalden başka bir şey olmayan görüntü, iki farklı değişkenin bir fonksiyonu olarak ifade edilir.  $f(x,y)$  matematiksel fonksiyon ile temsil edilen bir resimde  $f$ ,  $x$  ve  $y$  koordinatlarındaki pikselin parlaklık (yoğunluk) değeridir,  $x$  ve  $y$  ise sırasıyla yatay ve dikey eksenindeki koordinatların değişkenidir. Herhangi bir noktada  $f(x,y)$ 'nin değeri, görüntünün o noktadaki piksel değerini verir. Sayısal bir görüntü  $M$  satır ve  $N$  sütun değerinden oluşur ve dolayısıyla  $M \times N$  tane piksele sahiptir.  $M \times N$  boyutundaki sayısallaştırılmış resmi ifade eden matris formu Eşitlik 2.1'de verilmiştir.

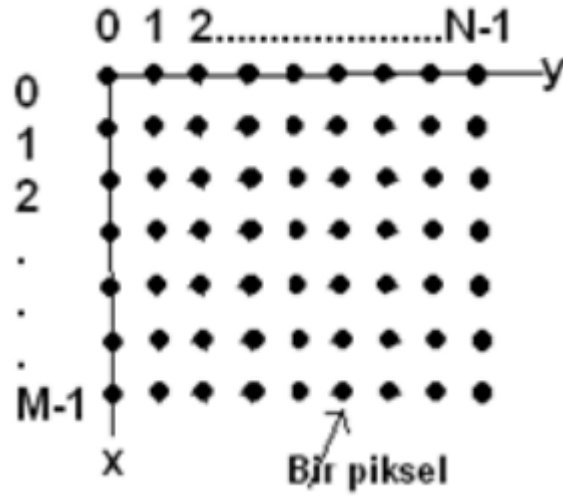
$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(0,0), & f(0,1), & \dots & f(0, N-1) \\ f(1,0), & f(1,1), & \dots & f(1, N-1) \\ \cdot & & \dots & \cdot \\ \cdot & & \dots & \cdot \\ f(M-1,0), & f(M-1,1), & \dots & f(M-1, N-1) \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

↓ Sayısal görüntü
 ↓ görüntü elemanı (piksel)

$M \times N$  boyutundaki sayısal resmi ifade eden matlab matris formu ise Eşitlik 2.2'de verilmiştir. Matlab matris formu (1,1) koordinatından başlamaktadır.

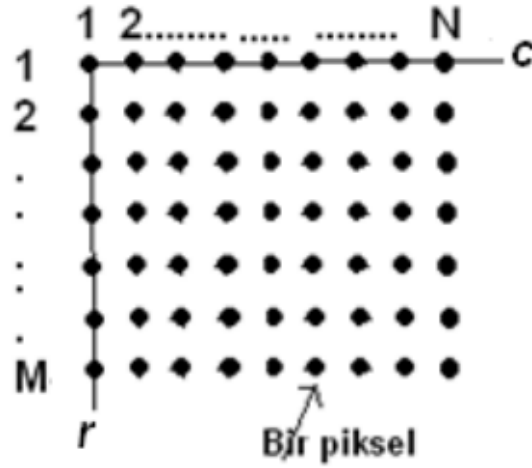
$$f(x, y) = \begin{bmatrix} f(1,1), & f(1,2), & \dots & f(1,N) \\ f(2,1), & f(2,2), & \dots & f(2,N) \\ \cdot & & \dots & \cdot \\ \cdot & & \dots & \cdot \\ f(M,0), & f(M,1), & \dots & f(M,N) \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

$M \times N$  boyutundaki bir resmin koordinat gösterimi Şekil 2.5'te verilmiştir. Şekil 2.5'ten de görüleceği üzere (0,0) koordinatları resmin sol üst köşesine denk gelmektedir.



Şekil 2.5. MxN boyutundaki resmin koordinat gösterimi (Aydın 2013)

MxN boyutundaki bir resmin matlab koordinat gösterimi Şekil 2.6'da verilmiştir. Matlab koordinat gösterimi (1,1) koordinatından başlamaktadır.



Şekil 2.6. MxN boyutundaki resmin matlab koordinat gösterimi (Aydın 2013)

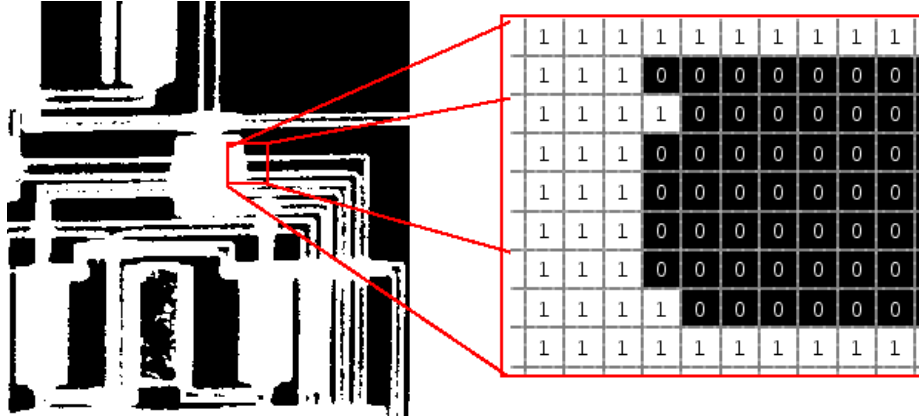
Bilindiği üzere resimler sayısal kodlara dönüştürülerek işlenir. Matlabta resimler temel olarak dörde ayrılmaktadır.

1. İkili resimler
2. Gri seviyeli resimler
3. Gerçek renkli resimler
4. İndekslenmiş resimler

### 2.2.1. İkili resimler

İkili resimler 'logical' tipindedir. Adından da anlaşılacağı üzere her piksel 0 ve 1 olmak üzere iki değer alabilir. 1 ve 0 değerleri sırasıyla beyaz ve siyahı yani aydınlık ve

karanlık bölgeleri temsil etmektedir (McAndrew 2004). Şekil 2.7’de yalnızca 0 ve 1 değerlerinden oluşan bir ikili resim örneği verilmiştir.



Şekil 2.7. İkili resim örneği (Arı 2008)

### 2.2.2. Gri seviyeli resimler

Gri seviyeli resimlerdeki pikseller belirli aralıklardaki aydınlanma değerlerini (grinin seviyeleri) göstermektedir. Bu aralık 8 bitle ifade edilen bir pikselde 0’dan 255’e değişmektedir (McAndrew 2004). Şekil 2.8’de gri seviyeli resim örneği verilmiştir.



Şekil 2.8. Gri seviyeli resim örneği (McAndrew 2004)

### 2.2.3. Gerçek-renkli resimler (RGB-Red Green Blue)

Gerçek-renkli resimler  $M \times N \times 3$  boyutundaki dizilerdir. Her bir piksel kırmızı, yeşil ve mavi renk bileşenlerinin belirli miktarlarda birleşiminden oluşan renk değerlerine sahiptir. 8 bitlik renk bileşenlerinin her biri 0-255 aralığında değer almakta ve dolayısıyla resimdeki bir piksel toplam  $256^3$  adet farklı değer almaktadır. RGB

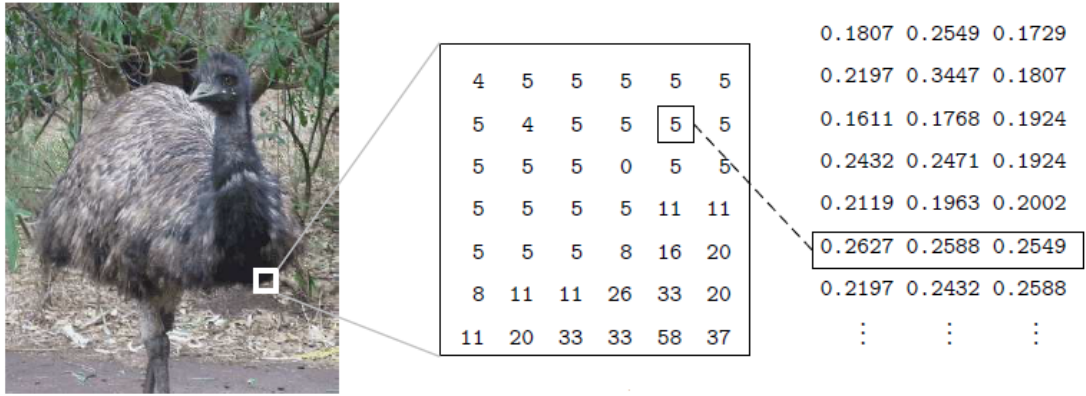
görüntü için 24 (8x3) bitlik hafıza gerekmektedir (McAndrew 2004). Şekil 2.9'da renk bileşen değerlerini gösteren gerçek-görüntülü resim örneği verilmiştir.



Şekil 2.9. Gerçek-renkli resim örneği (Arı 2008)

#### 2.2.4. İndekslenmiş resimler

Bir önceki bölümde her bir piksel 3 değer ile ifade ediliyordu. Burada ise pikseller bir değer ile ifade edilebilmektedir. Lakin bu değerın anlaşılabilmesi için bununla alakalı renk haritası gerekmektedir. Renk haritası görüntüdeki resimlerin listesini oluşturan, bir nevi anahtar olarak düşünülebilir. Sonuç itibariyle pikseller renk bileşenleri yerine index ile ifade edilir (McAndrew 2004). Şekil 2.10'da 5 ile etiketlenen renk  $0.2627 \times R + 0.2588 \times G + 0.2549 \times B$  değerine karşılık gelmektedir.



Şekil 2.10. İndekslenmiş resim örneği (McAndrew 2004)

**Histogram Eşitleme:** Histogram bir görüntüdeki renk değerlerinin ne kadar olduğunu gösteren grafikdir. Bu grafik aracılığıyla resmin renk dağılımı, parlaklığı hakkında yorum yapılabilir. Gri seviyeli resimlerde her bir gri seviyenin dağılımını göstermektedir. X eksenini gri seviyesini, y eksenini ise tekrarlanma sıklığını göstermektedir. Kimi zaman resimde renk değerlerinde belirli aralıklarda yığılma görülür. Bundan kaynaklanan görünüm bozukluklarını gidermek için imgelere histogram eşitleme yapılır (Matlabta temel görüntü işleme uygulamaları için Ek-1'e bakınız).

### 2.3. Kaynak Taraması

Yüz ifade tanıma literatürde geniş bir yere sahip olmakla birlikte, bu konu üzerine farklı yöntemler kullanılarak çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Literatürde yer alan bazı çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Manglik ve arkadaşlarının yaptığı çalışma (Manglik vd 2004) iki aşamadan oluşmaktadır. 1. aşama görüntü işleme ve 2. aşama ise nöral ağı oluşturulması ve eğitimidir. 1. aşamada öncelikle yüz imgeleri normalize edilmiştir. Normalize işleminden sonra gri seviyeli dönüşüm gerçekleştirilmiştir. Gri seviyeli imgeler alt ve üst yarım olmak üzere ikiye ayrılmıştır. Çıkarılacak olan özelliklerin verimliliğini artırmak için öncelikle imgeler üzerinde yumuşatma işlemi yapılmıştır. Bu amaçla imgeler 3x3 ya da 5x5 boyutundaki maske matrisler ile konvüle edilerek imgelere maskeleme işlemi uygulanmıştır. Yüzün üst bölümünde göz ve kaşların lokasyonunu takip etmek için frekans analizi yapılmıştır. Göz ve kaşların şeklini izlemek için ise konturlama gerçekleştirilmiştir. Burun, ağız ve yanakların özelliklerini çıkarmak için ise yüzün alt bölümünde frekans analizi yapılmıştır. Hopfield nöral ağ eğitiminde kullanılacak olan özellik vektörleri konturların vektör haline getirilmesi ile elde edilmiştir.

Sarode ve Bhatia görünüm tabanlı metodu benimsemişlerdir (Sarode ve Bhatia 2010). Mutlu, şaşkın, üzgün ve kızgın olmak üzere dört yüz ifadesini belirlemek için statik imgelerde bulunan kaşlar ve ağız köşeleri gibi değişmeyen yüz özelliklerinin çıkarımında 2 boyutlu görünüm tabanlı yerel yaklaşım kullanmışlardır. Gürültü ve aydınlatma değişikliklerini gidermek için alçak geçiren gauss filtresi ile filtrelenen



imgelere radyal simetri dönüşümü uygulanmıştır. Özellik vektör bileşenleri, öklid mesafesi ile yüzdeki özellik noktalarının farkı alınarak oluşturulmuştur. Nötr ile diğer yüz ifadelerin farkı alınmıştır. Mutlu ve şaşkın ifadeleri için %83, kızgın ve üzgün ifadeler için ise %78 başarı elde edilmiştir.

Lai ve Ko yüz görüntülerinden gereksiz olmayan, ayırt edici özellikleri çıkarmak için iki aşamalı yerel yüz doku çıkarımına dayalı yüz ifade tanıma yaklaşımını önermişlerdir. İlk aşamada, eşik yerel ikili örüntüyü (threshold local binary pattern-TLBP) yüz imgesinden özellik imgesi elde etmek için kullanmışlardır. İkinci aşamada ise, oluşturulan özellik imgelerinden belirgin özellik bilgilerini çıkarmak için blok-tabanlı merkez simetri yerel ikili örüntü (Center-symmetric local binary pattern-CS-LBP) metodunu kullanmışlardır. İfade sınıflandırmasında kullanılacak fotoğraflar 128x128 boyutunda kesildikten sonra TLBP dönüşümü uygulanmıştır. TLBP dönüşümü uygulanan görüntüler 4x4 bloklara ayrıldıktan sonra blokların CS-LBP histogramı alınmıştır. Daha sonra tek bir özellik vektörü haline getirilerek destek vektör makine (support vector machine-SVM) sınıflandırıcı girişine verilmiştir. Diğer metotlarla karşılaştırıldığında %97.6 başarı elde edilmiştir (Lai ve Ko 2014).

Bir başka çalışmada (Shan vd 2005) Cohn-Kanade veri tabanı üzerinde tekdüze yerel ikili örüntü özellik çıkarımı, farklı sınıflandırma metotları (ağırlıklandırılmış Chi kare istatistik model eşleme ve SVM) kullanılarak daha önce yapılan çalışmalar ile karşılaştırılmıştır. Yüz imgeleri 18x21 piksel alanlarından oluşan 6x7 alt bölgeye ayrılmıştır. Model eşleme için eğitimde, her bir ifade sınıfı için, histogram modeli oluşturmak için o sınıftaki imgelerin histogramının ortalaması alınmıştır. Giriş verisinin LBP histogramı en yakın komşuluk sınıflandırıcısı ile en yakın modele eşleşmiştir. (Cohen vd 2003)'te yapılan geometrik özellik tabanlı çalışma ile karşılaştırıldığında LBP operatörünün daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. SVM sınıflandırıcısı kullanılarak (Bartlett vd 2003)'te yapılan gabor wavelet tabanlı çalışma ile karşılaştırıldığında yine LBP operatörünün daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir. Son olarak ise (Tian 2004)'te farklı çözünürlükteki imgeler ile karşılaştırıldığında LBP operatörünün düşük çözünürlüklere daha dayanıklı olduğu görülmüştür.

Bir diğer çalışmada ise (Ulukaya ve Erdem 2011), genişletilmiş Cohn-Kanade (CK+) veri tabanı (Lucey vd 2010) üzerinde yüzün Aktif Görünüm Modeli (AGM) ile takip edilmesine dayalı iki geometrik öznitelik çıkarma yöntemi, yüz ifadelerini tanıma için gerçekleştirilmiştir. AGM ile elde edilen 68 farklı noktanın koordinat bilgisi yüzün geometrik özniteliklerini oluşturmaktadır. 1. öznitelik çıkarma yöntemi, çerçevelerin nirengi noktalarının koordinatlarının nötr yüz ifadesi çerçevesinin koordinatlarından çıkarılmasıdır. Bu durumda 136 (68 x 2) boyutunda bir öznitelik vektörü elde edilir. 2. yöntemde ise, yüzdeki nirengi noktaları arasındaki uzaklık ve açı bilgileri kullanılarak 20 tane öznitelik çıkarılmıştır. Sınıflandırma için En Yakın Komşu-3 (EYK-3) ve Destek Vektör Sınıflandırıcı (DVS) kullanılmıştır. 1. yöntemin DVS ile sınıflandırılması sonucunda ortalama %94 duygu tanıma ile en iyi sonuç elde edilmiştir.

Arı ve Akarun videolardan yüz nirengi noktalarını otomatik olarak takip ederek, işaret dilindeki yüz ifadelerini kafa hareketleri ile birlikte tanıma üzerine bir çalışma yapmıştır (Arı ve Akarun 2009). BUHMAP veri tabanı (Aran vd 2007) üzerinde yapılan çalışmada, yön-tabanlı Çok-Çözünürlüklü Aktif Şekil Modeli yüz öznitelik izleyicisi ile

Sürekli Saklı Markov Modeli sınıflandırıcısı kullanılmıştır. Çalışmada kişiye/genel ve yön-tabanlı/tek-yönlü yöntemleri karşılaştırılmıştır. En başarılı sonuçlar kişiye özel yön-tabanlı yaklaşımda görülmüştür.

Özmen ve Kandemir yüz ifade tanımada kullanılan geometrik özellik tabanlı metot ve görünüm tabanlı metotların ikisini de kullanmışlardır. Resimlerdeki yüz ifadelerinden nötr ve gülümseme, şaşkınlık, üzünlük, korkma, iğrenme ve kızgın duygularından oluşan 6 yüz ifadesi tespit edilmeye çalışılmıştır. Yüz tespitinde görünüm tabanlı AdaBoost algoritmasını kullanan Viola-Jones yüz detektöründen yararlanılmıştır. Özellik çıkarımı için gözler ve ağız yeri görünüm tabanlı haar filtreleri aracılığıyla bulunmuştur. Sınıflandırıcının eksik sonuç ürettiği durumda ise yüzün geometrik oranları kullanılarak gözler ve ağız tespit edilmiştir. Bezier eğrileri ile yapılan sınıflandırmada %97 ile %57 arasında değişen sonuçlar elde edilmiştir (Özmen ve Kandemir 2012).

Yüz imgelerinden yüz ifadesi tanımada özellik çıkarımı için iki farklı yöntem kullanan Zhang ve arkadaşları bir nevi hibrit bir yaklaşım benimsemişlerdir. Birinci yöntemde yüz üzerinde manuel olarak seçilen 34 referans nokta setinin geometrik lokasyonları kullanılmıştır. Her bir imge için, yüz üzerinde işaretlenen bu noktaların koordinatları 68 elemanlı özellik vektörü olarak kullanılmıştır. İkinci yöntemde ise, birinci yöntemde belirlenen yüz üzerindeki referans noktalarından çıkarılan çok yönlü ve çok ölçekli Gabor dalgacık katsayıları özellik olarak kullanılmıştır. İmgeler 3 ölçekli ve 6 yönelimli Gabor seti ile konvüle edilmiştir. Bu çalışmada iki katmanlı algılayıcı mimarisi geliştirilmiştir. İlk katman özellik boyutunda lineer olmayan azalma sağlar. İkinci katman ise saklı birimlerde azaltılmış özelliklere göre karar aşamasını gerçekleştirir. Nötr ile birlikte 7 ifade kullanıldığı için mimari 7 çıktıdan oluşur. İki yöntem karşılaştırıldığında geometrik tabanlı yöntemde göre Gabor dalgacık katsayısının daha iyi performans sergilediği gözlenmiştir (Zhang vd 1998).

Bir diğer çalışmada kızgınlık, iğrenme, korku, mutluluk, üzüntü ve şaşkınlıktan oluşan 6 temel duysal ifadeden mutluluk, üzüntü ve şaşkınlık ifadeleri belirlenmiştir. Renkten bağımsız yapılan çalışmada gri seviyeli renk uzayına dönüştürülen imgeler, birtakım resim işleme tekniklerinden sonra ikili resme dönüştürülmüştür. Bu dönüşüm sırasında ağız bölgesinde ayrılan noktaları birleştirmek amacıyla yapısal yatay çizgisel elementler kullanılmıştır. Eğri uydurma yöntemi ile duygu türünün sayısal işareti (mutluluk ya da üzüntü), sonucun büyüklüğü ile de duygunun derecesi tespit edilmiştir. Şaşkınlık durumu ise, ağız bölgesinin yuvarlaklığını dikkate alan dış merkezlilik değeri ile tespit edilmiştir (Danisman ve Alpkocak 2006).

Odney ve arkadaşları (Odney vd 2009) statik imgelerden evrensel olarak kabul edilmiş altı temel yüz ifadesini (mutlu, korku, nefret, kızgın, şaşkın ve üzgün) otomatik olarak sınıflandırmayı amaçlamışlardır. Özellik çıkarımında performansı etkileyen aydınlatma etkilerini önemli derecede azaltmak için veri tabanındaki imgelere homomorphic filtre uygulanmıştır. Yüz imgelerinin eigen-bileşenlerini oluşturmak için PCA kullanılmıştır. Yüz ifadelerinin eigen-bileşeni sınıflandırmada eşleme için kullanılmıştır. Bilinen yani eğitilen veri seti ile bilinmeyen yani yeni gelen veri seti arasındaki benzerliği belirlemek için mahalnobis mesafe algoritması kullanılmıştır.



Ekman ve Friesen ise diğer çalışmalardan farklı olarak önemli bir girişim olan anatomik tabanlı Yüzsüz Hareket Kodlama Sistemini (FACS) geliştirmişlerdir (Ekman ve Rosenberg 1997). FACS görsel olarak ayırt edilebilen tüm olası yüz davranışları ve hareketlerini ölçen kapsamlı bir sistemdir. Yüz ifadeleri AU adı verilen 44 adet hareket birimiyle tanımlanır. Yani bir nevi yüzsüz parametreleme yapılmaktadır. Çeşitli yüz ifadeleri bir ya da birden fazla AU'nun kombinasyonu ile ifade edilebilir. Ekman ve Friesen kendi yüz ifadelerini kullanmışlar ve yüz kas hareketlerinin 7000'den fazla bileşimini elde ederek yapılan çalışmanın kapsamlı olduğunu göstermişlerdir.



### 3. MATERİYAL VE METOT

#### 3.1. Gabor Dalgacık Dönüşümü

Gabor filtresi adını Dennis Gabor'dan almış olmakla birlikte, yön temelli bir görüntü işleme filtresidir (Abacı 2016). Zaman ve frekans bilgisi içeren (Chao) Gabor filtresinin, aydınlatma koşulları ve kontrast değişikliğine karşı toleranslı olması, frekans ve yön gösteriminde insan görme sistemine benzemesi (Meshgini vd 2012) tercih edilme nedenleri arasındadır. Gabor Dalgacık Dönüşümü yüz ifadesi tanımanın yanı sıra yüz tanıma, doku sınıflandırma, parmak izi tanıma, iris tanıma, plaka tanıma gibi pek çok görüntü analiz uygulamalarında kullanılmaktadır (Lee ve Wang 1999, Ma vd 2002, Balcılar ve Sönmez 2008). Gabor Dalgacık Dönüşümü'nün birkaç formülasyonu mevcuttur. Eşitlik 3.1'de en yaygın kullanılanlardan biri verilmiştir. Eşitlik 3.1'deki fonksiyon kompleks sayı döndürmekte olup gerçel ve imajinal bileşenleri Eşitlik 3.2 ve 3.3'te verilmiştir.

$$g(x, y; \lambda, \theta, \psi, \sigma, \gamma) = \exp\left(-\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}\right) \exp\left(i\left(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \psi\right)\right) \quad (3.1)$$

$$g(x, y; \lambda, \theta, \psi, \sigma, \gamma) = \exp\left(-\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}\right) \cos\left(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \psi\right) \quad (3.2)$$

$$g(x, y; \lambda, \theta, \psi, \sigma, \gamma) = \exp\left(-\frac{x'^2 + \gamma^2 y'^2}{2\sigma^2}\right) \sin\left(2\pi \frac{x'}{\lambda} + \psi\right) \quad (3.3)$$

Bu çalışmada ise bir diğer formülasyon kullanılmıştır. 2-boyutlu Gabor Dalgacık Dönüşümünün matematiksel formülasyonu Eşitlik 3.4'te verilmiştir.

$$\varphi_{\pi(f, \theta, \gamma, \eta)}(x, y) = \frac{f^2}{\pi\gamma\eta} \exp\left(-(\alpha^2 x'^2 + \beta^2 y'^2)\right) \exp(j2\pi f x') \quad (3.4)$$

$$x' = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (3.5)$$

$$y' = -x \sin \theta + y \cos \theta \quad (3.6)$$

$(x, y)$  uzamsal alandaki piksel pozisyonunu ifade eder ve genelde bir kare matris olan, ayarlanabilir çekirdek matris hesabında kullanılır.  $x$  ve  $y$  değerlerine  $[-((n-1)/2), ((n-1)/2)]$  aralığındaki değerler verilerek çekirdek matrisi elde edilir. Buradaki  $n$  değeri matrisin boyutunu ifade etmektedir.  $f$  sinüzoidal düzlem dalganın merkez frekansı,  $\theta$  Gauss ve düzlem dalganın saat yönünün tersine dönüş açısıdır. Gauss'un major ekseninin keskinliği  $\alpha$ , minor ekseninin keskinliği ise  $\beta$  ile gösterilmektedir.  $x'$  ve  $y'$  değerlerine ise,  $x$  ve  $y$  koordinatlarına Eşitlik 3.7'de verilen dönüşüm matrisi ile koordinat dönüşüm işlemi uygulanması sonucu ulaşılır. Dönme işleminin yönü  $\theta$  açısının işaretine bağlı olarak değişir. Açı pozitif iken saat yönünün tersine dönme işlemi gerçekleşirken, açı negatif olduğu takdirde ise dönme işlemi saat yönünde olur. Fakat bilgisayar ortamındaki bir görüntüde  $y$  ekseninin işaretleri koordinat düzleminin tam tersidir. Dolayısıyla  $\theta$  yerine  $-\theta$  alınarak saat yönünde döndürme işlemi gerçekleştirilmiştir (Atasoyweb 2011).

$$R = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta \\ \sin\theta & \cos\theta \end{bmatrix} \quad (3.7)$$

$$\alpha = \frac{f}{\gamma} \quad (3.8)$$

$$\beta = \frac{f}{\eta} \quad (3.9)$$

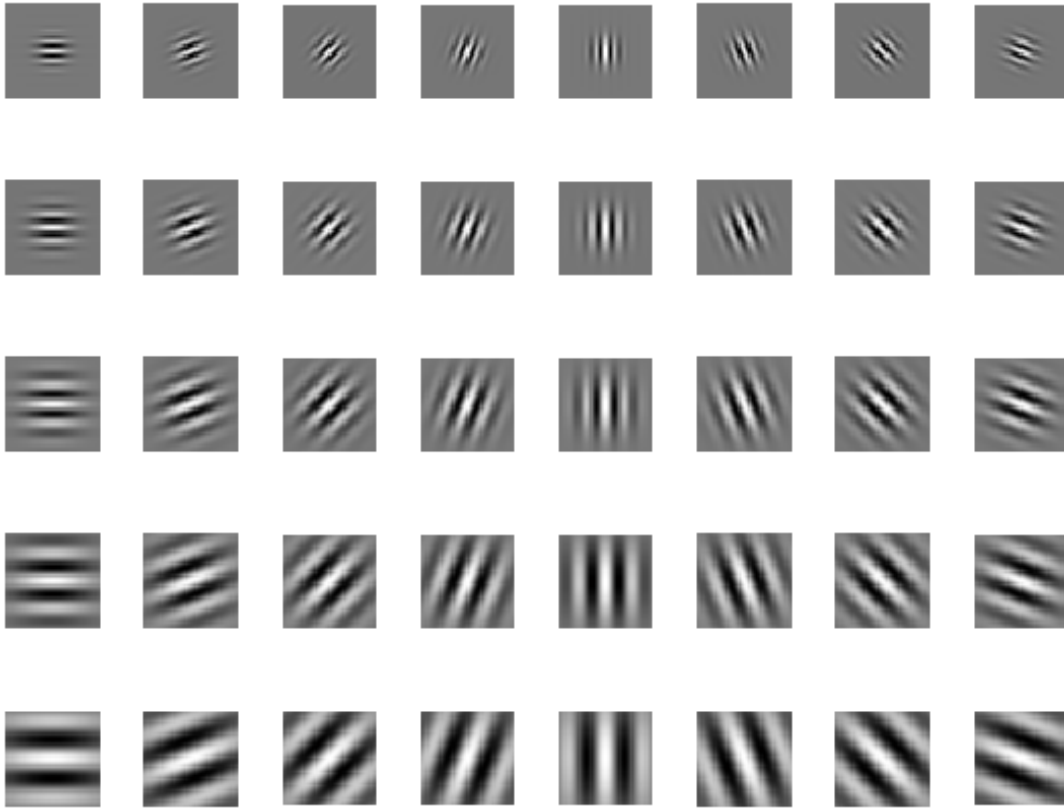
$\gamma$  parametresi merkez frekans ve Gauss zarfı boyutu arasındaki oranı belirler.  $\eta$  parametresi de bu oranı belirler.

$$f_u = f_{max} / \sqrt{2}^u \quad (3.10)$$

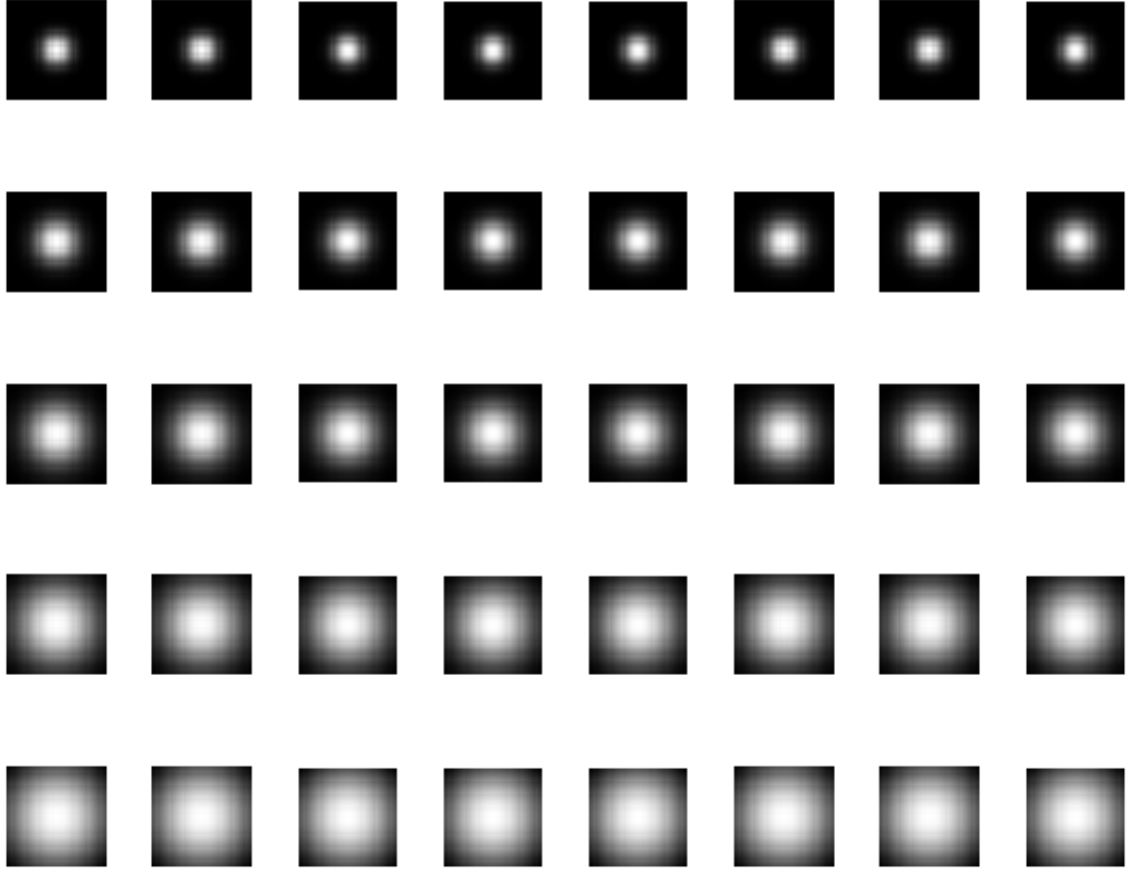
$$\theta = \frac{v}{8}\pi \quad (3.11)$$

$$u = 1, \dots, U \quad v = 1, \dots, V$$

$U$  ölçek (frekans) sayısını,  $V$  ise  $\theta$  açısının yönelim sayısını belirtmektedir (Shen vd 2007). Literatürde birçok çalışmada 5 frekanslı 8 yönlü Gabor filtresi kullanılmıştır ve bu tez çalışmasında da tercih edilmiştir (Bartlett vd 2003, Tian 2004). Şekil 3.1 ve şekil 3.2'de sırasıyla oluşturulan gabor filtrenin reel kısmı ve genliği verilmiştir.

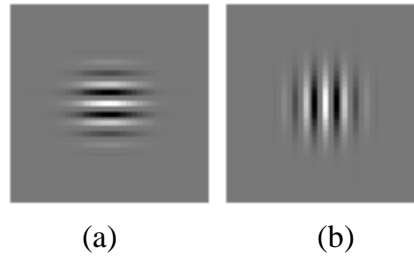


Şekil 3.1. 5 frekanslı 8 yönlü Gabor filtresinin reel kısmı



Şekil 3.2. 5 frekanslı 8 yönlü Gabor filtresinin genliği

Şekil 3.3.a'da  $\theta$  açısı 0 iken elde edilen gabor dalgacık verilmiştir. Şekil 3.3.b'de ise  $\theta$  açısı  $\pi/2$  iken elde edilen gabor dalgacıkları verilmiştir.

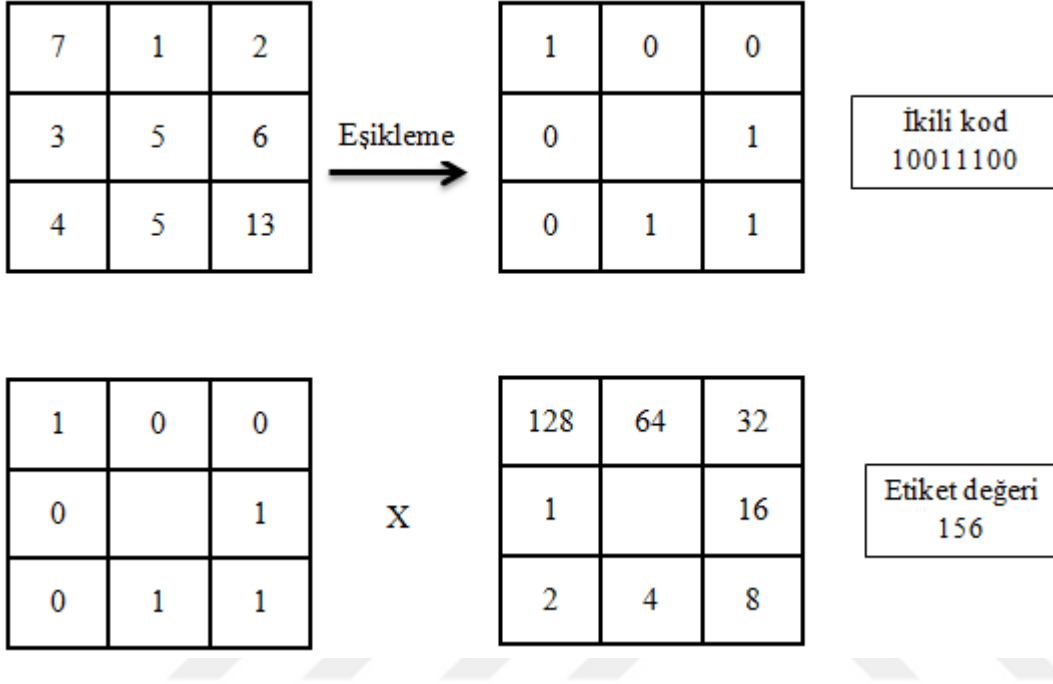


Şekil 3.3. a) Yönelim açısı 0 derece olan Gabor dalgacık b) Yönelim açısı 90 derece olan Gabor dalgacık

### 3.2. Yerel İkili Örüntü

İlk olarak Ojala ve arkadaşları tarafından geliştirilen YİÖ yöntemi başlarda yerel dokusal örüntüleri tanımlamak için kullanılmıştır (Ojala vd 1996, Ojala vd 2002). Daha sonraları ise yüz analizlerinde de kullanılmaya başlanmıştır (Feng vd 2004). 3x3 boyutunda bir çekirdek olan orijinal YİÖ görüntü operatörünün maksadı işleme tabi tutulan imgelerdeki her bir pikseli etiketlemektir. Etiketleme işlemini ise, her bir pikseli

merkez piksel kabul ederek 3x3 dairesel komşuluğundaki komşu piksel değerleri ile karşılaştırarak gerçekleştirir. Burada merkez değer eşik değerdir. Aradaki fark sıfır ya da daha büyükse bit değeri 1, sıfırdan küçük ise bit değeri 0 olarak alınır ve oluşan 8-bitlik ikili YİÖ kodu 2'nin kuvvetleriyle çarpılarak onluk sistemdeki değeri elde edilir. Bu işlemin grafiksel gösterimi Şekil 3.4'te matematiksel eşitliği ise Eşitlik 3.12'de verilmiştir.



Şekil 3.4. YİÖ metodunun grafiksel gösterimi

Şekilden de görüldüğü üzere 8-bitlik ikili kod sol üst köşeden başlayarak saat yönünde döndürülerek elde edilir. Buna tekabül eden desimal değer ise etiketleme işlemi için kullanılır.

$$YİÖ(x) = \sum_{i=1}^8 s(G(x_i) - G(x)) * 2^{i-1} \quad (3.12)$$

$x \rightarrow$  merkez pikselin konumu,

$x_i \rightarrow$  i indisli komşu pikselin konumu,

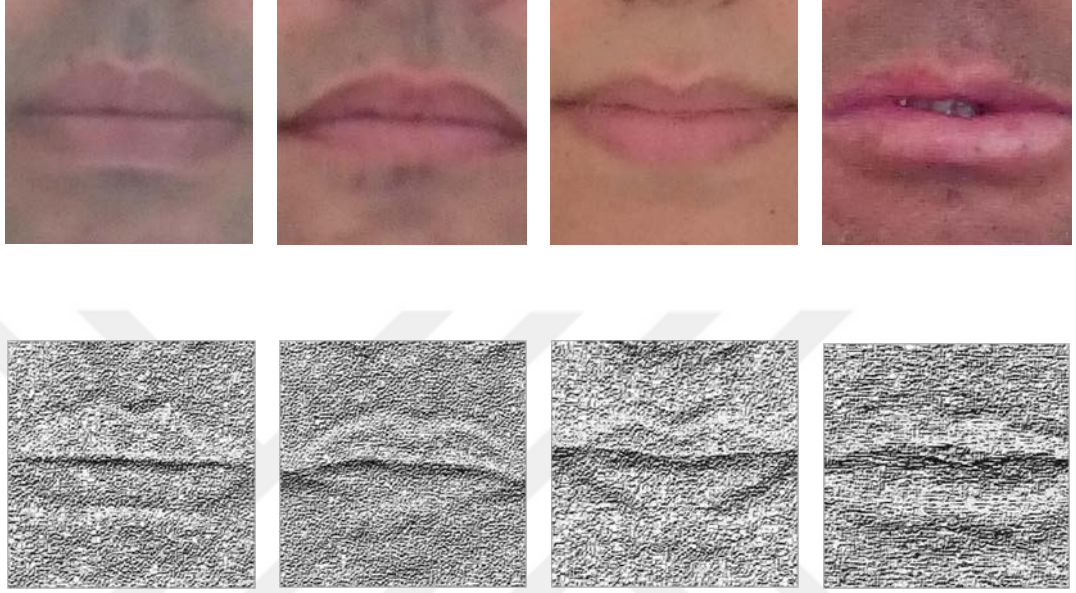
$G()$   $\rightarrow$  piksel yoğunluk değerini ifade etmektedir.

$$s(t) = \begin{cases} 0, & t < 0 \\ 1, & t \geq 0 \end{cases} \quad (3.13)$$

YİÖ metodunun geniş uygulama yelpazesi olmakla birlikte yüz ifade analizi, yüz algılama, yüz tanıma, yüz güzelliği kararı, yaş belirleme, demografik sınıflandırma, doku analizi, hareketli nesnelerin tespiti gibi birçok uygulamada yaygın bir şekilde

kullanılmıştır (Shan 2009, Feng vd 2005, Zhang vd 2007, Maaenpaaa ve Pietikaainen 2005, Nabiyeve ve Günay 2010, Yang ve Ai 2007).

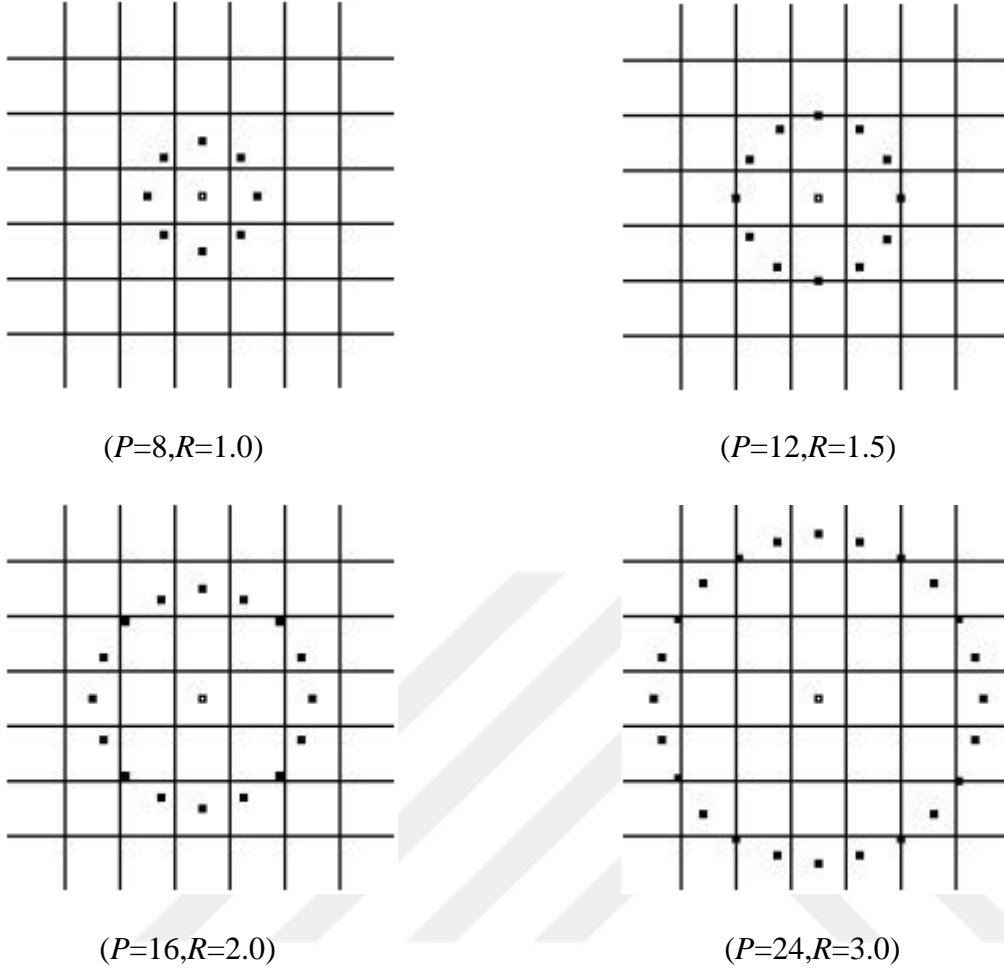
YİÖ'nün aydınlatma koşullarına maruz kalan resimlere karşı toleranslı olması, görüntüdeki en küçük değişimlere karşı duyarlılık göstermesi, hesaplama kolaylığı gibi önemli avantajlara sahip olması tercih edilme nedenleri arasındadır (Huang vd 2011).



Şekil 3.5. Farklı aydınlatma koşullarında YİÖ operatörü uygulanmış imgeler

YİÖ<sub>(P,R)</sub> notasyonunda (P,R) ikilisinden R komşu piksellerin merkez piksele olan uzaklığını, P ise merkez piksel etrafındaki komşu sayısını ifade eder. YİÖ<sub>(P,R)</sub> operatörü bir piksel için  $2^P$  farklı değer oluşturur. Bu tezde YİÖ<sub>(P,R)</sub> operatörü kullanılmıştır ve dolayısıyla  $2^8=256$  adet farklı YİÖ ikili kod söz konusudur.

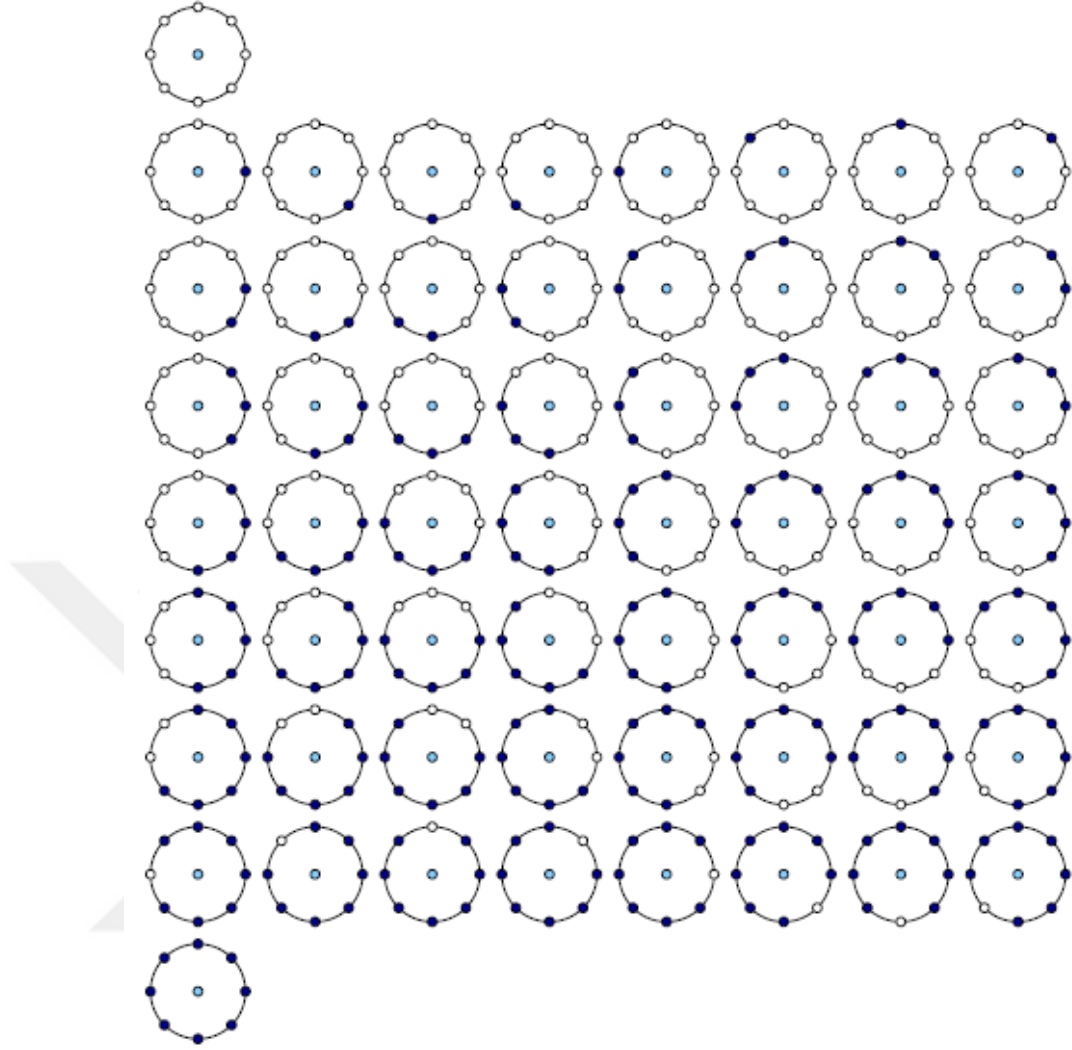
Orijinal versiyonu 3x3 boyutunda olan YİÖ operatörü, daha sonraları farklı uygulamalarda performansı artırmak için geliştirilmiştir. YİÖ'nün bir varyasyonu P ve R değerlerinin değiştirilerek farklı ölçek ve boyutlara genişletilmesidir (Ojala vd 2002). Bu durumda farklı ölçekteki YİÖ operatörleri için bazı yoğunluk değerleri bir piksel merkezinin konumuna gelmeyebilir. Tam olarak bir piksel değerine denk gelmeyen yoğunluk değerleri ise ara değerlendirme ile bulunmaktadır (Tekeli vd 2007). Şekil 3.6'da farklı P ve R değerlerine sahip dairesel simetrik komşuluklar gösterilmektedir. YİÖ'nün başka varyasyonları da mevcuttur. Bunlardan biri düzenli (tekdüze) YİÖ'dür.



Şekil 3.6. Farklı P ve R değerlerine sahip dairesel simetrik komşuluklar (Ojala vd 2002)

### 3.2.1. Düzenli YİÖ

Örüntü dairesel olarak düşünüldüğünde, bitler arası geçiş düzenliliği belirler. 0'dan 1'e ya da 1'den 0'a geçişin en fazla iki olduğu durumlarda yerel ikili örüntü düzenlidir. Örneğin, 11000001 (iki geçiş), 11111111 (sıfır geçiş), 10000000 (iki geçiş) ikili kodları düzenli iken 10100000 (dört geçiş), 10101010 (sekiz geçiş), 10101000 (altı geçiş) kodları düzensizdir. Düzenli örüntüler ayrı ayrı etiket değerlerinde tutulurken, düzenli olmayan örüntülerin tamamı ise tek bir etikete atanır. Ojala ve arkadaşları tarafından imgelerdeki örüntülerin büyük kısmını düzenli örüntülerin oluşturduğu ileri sürülmüştür. (8,1) komşuluğundaki YİÖ operatörünün yaklaşık %90'ı (16,2) komşuluğundaki YİÖ operatörünün ise yaklaşık %70'ini düzenli örüntüler oluşturmaktadır (Ojala vd 2002, Ahonen vd 2006). P bit örüntüsü için düzenli çıktı etiketlerinin sayısı  $P(P-1)+3$  ile hesaplanır. YİÖ<sub>(8,1)</sub> operatörünün 256 komşuluk etiket değerinden 58 tanesi düzenli, 198 tanesi ise düzensizdir. Düzenli olmayan değerlerde tek bir etiket değerinde tutulduğu için toplamda 59 tane etiket değeri elde edilir. 16 örnek noktası için ise 243 farklı tek düze görüntü elde edilir. Düzenli YİÖ olasılıkları Şekil 3.7'de gösterilmiştir. Bu tezde düzenli YİÖ kullanılmıştır.



Şekil 3.7. Düzenli YİÖ kodları (Pietikäinen vd 2011)

### 3.3. Veri Tabanı

Veri tabanını oluşturan ve tezin ilk aşamasında kullanılan yüksek çözünürlüklü görüntüler laboratuvar ortamında alınmıştır (transplantasyon hastalarından yüz görüntüleri Temmuz 2015'te alınmıştır). Oluşturulan bu veri tabanı üzerinde önerilen yaklaşımlar gerçekleştirilmiştir. Veri tabanı yaşları 22 ila 39 arasında değişen 9 kişilik sağlıklı erkek grup ve 2 yüz transplantasyon hastasının yüz görüntülerinden oluşmaktadır. Her bir bireyden nötr ile birlikte kızgın, korkma, mutlu, nefret, şaşkın ve üzgünden oluşan 6 duysal ifadenin gerçekleştirilmesi istenmiş ve her bir hareket için toplam 10 görüntü alınmıştır. Bilindiği üzere sınıflandırmada sistemin eğitilmesi gerekir. Bu nedenle sağlıklı grupta alınan bu görüntülerin 5'i eğitimde ve 5'i teste kullanılmıştır. İlk etapta eğitim ve test girişi için ayrı ayrı 315 (9 kişi x 7 hareket x 5 görüntü) adet fotoğraf kullanılmıştır. İkinci etapta ise eğitim girişi için 1. etapta kullanılan eğitim seti ve test girişi için her bir nakil hastası için ayrı ayrı 70 adet fotoğraf kullanılmıştır (1 kişi x 7 hareket x 10 görüntü) .



Veri tabanını oluşturan orijinal imgeler 2160x840 çözünürlüğündedir ve sadece yüz görüntüsünü kapsayacak şekilde 2160x1420 boyutuna yeniden ölçeklendirilmiştir. Daha sonra ise, bu imgelerden özellik çıkarımında kullanılacak olan 430x1125 çözünürlüğündeki göz ve 450x450 çözünürlüğündeki ağız bölgeleri kesilerek elde edilmiştir.



Şekil 3.8. Özellik çıkarımında kullanılacak imgelerin oluşturulması

Gönüllü gruba ait bilgiler Çizelge 3.1’de verilmiştir. Burada yaş, boy ve kilo bilgileri yer almaktadır.

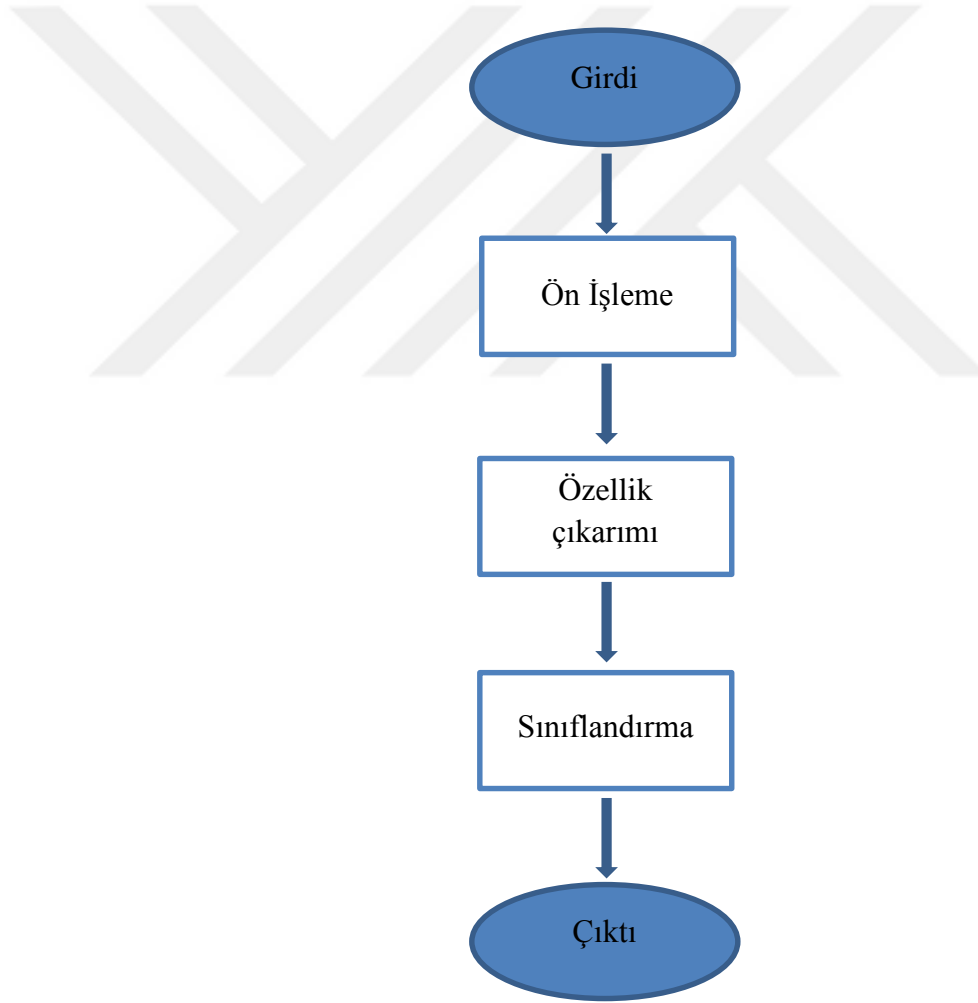
Çizelge 3.1. Gönüllü grubun yaş, boy ve kilo bilgisi

GÖNÜLLÜ	YAŞ	BOY	KİLO
1	37	1.89	102
2	36	1.85	82
3	39	1.76	98
4	31	1.78	83
5	30	1.70	60
6	28	1.76	72
7	22	1.72	95
8	25	1.70	75
9	22	1.78	87

### 3.4. Uygulama

İnsanlar arasında farklı iletişim kanalları olmasına rağmen yüz ifadeleri duyguları ifade etmede ve iletişimde en etkili yoldur (Bhatt vd 2014). Bu çalışmada iki yüz transplantasyon hastası ve 9 kişiden oluşan sağlıklı grupta ifade tanıma yapılmıştır. Nötr pozisyonu ile evrensel olarak kabul edilen kızgın, korkma, mutlu, nefret, şaşkın ve üzgünden oluşan ifadeler üzerinde yoğunlaşmıştır. Çalışmada tüm fotoğraf yerine ifade gerçekleştirilirken en belirgin bölgeler olan göz ve ağız bölgesine odaklanılmıştır. Buradaki amaç yüz transplantasyon hastalarının bölgesel yüz mimiklerini gerçekleştirebilme oranını analiz etmektir. Bu da yapılan her bir ifade esnasında sağlıklı grupla kıyaslanarak gerçekleştirilmiştir.

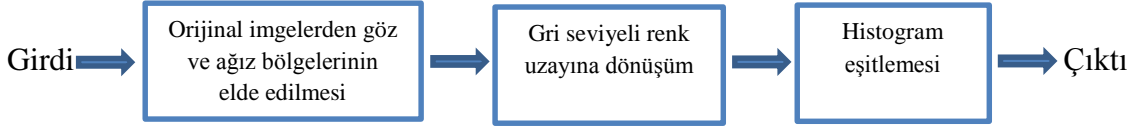
Veri tabanında bulunan imgeler öncelikle ön işlemeden geçirilmiştir. Daha sonra özellik çıkarımı yapılmıştır. Özellik çıkarımı aşamasında oluşturulan özellik vektörleri ise sınıflandırıcı girişine verilmiştir. Sistemin akış diyagramı Şekil 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.9. Sistemin akış diyagramı

### 3.4.1. Ön işleme

Ön işlemenin amacı resimlerin işlenmesini kolaylaştırmaktır (Nabiyev ve Koçak 2011). Orijinal imgelerden görüntü işlemede kullanılacak olan göz ve ağız bölgeleri Bölüm 3.3'te bahsedilen boyutlarda belirlenmiştir. Elde edilen bu imgeler gri seviyeli renk uzayına dönüştürülmüştür. Son olarak ise imgelere histogram eşitlemesi uygulanmıştır. Ön işlemenin şematik gösterimi Şekil 3.10'da verilmiştir.



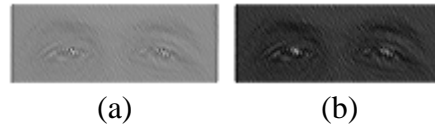
Şekil 3.10. Ön işlemenin şematik gösterimi

### 3.4.2. Özellik çıkarımı

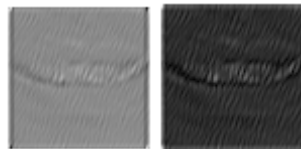
Yüz ifade tanıma üzerine, farklı metodolojiler ile çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu alanda kullanılan geometrik özellik tabanlı ve görünüm tabanlı yaklaşımdan (Tian vd 2005), görünüm tabanlı Gabor Dalgacık Dönüşüm metodu ve Yerel İkili Örüntü metodu benimsenmiştir. Bu tezde iki farklı metot ve bu metotların beraber kullanılmasıyla birlikte özellik çıkarımı yapılmıştır. Öncelikle çok çözünürlüklü imgeler üzerinde işlem yapılmıştır. Daha sonra ise, aynı imgelerin bilinear interpolasyon ile boyut indirilmesi yapıldıktan sonra aynı metotlarla özellik çıkarımı gerçekleştirilmiştir.

#### 3.4.2.1. Gabor dalgacık dönüşümü ile özellik çıkarımı

Gabor dalgacıkları ölçekleme ve dönme parametrelerinin değiştirilmesiyle bir ana dalgacıktan türetilir (Shen vd 2007). Şekil 3.11'de gülme ifadesinin göz bölgesinin, Şekil 3.12'de ise gülme ifadesinin ağız bölgesinin tek bir Gabor filtresi ile filtrelenmiş hali verilmiştir.



Şekil 3.11. a) Gabor filtre ile filtrelenen gülme ifadesinin göz bölgesinin reel kısmı  
b) Gabor filtre ile filtrelenen gülme ifadesinin göz bölgesinin genliği



Şekil 3.12. a) Gabor filtre ile filtrelenen gülme ifadesinin ağız bölgesinin reel kısmı  
b) Gabor filtre ile filtrelenen gülme ifadesinin ağız bölgesinin genliği

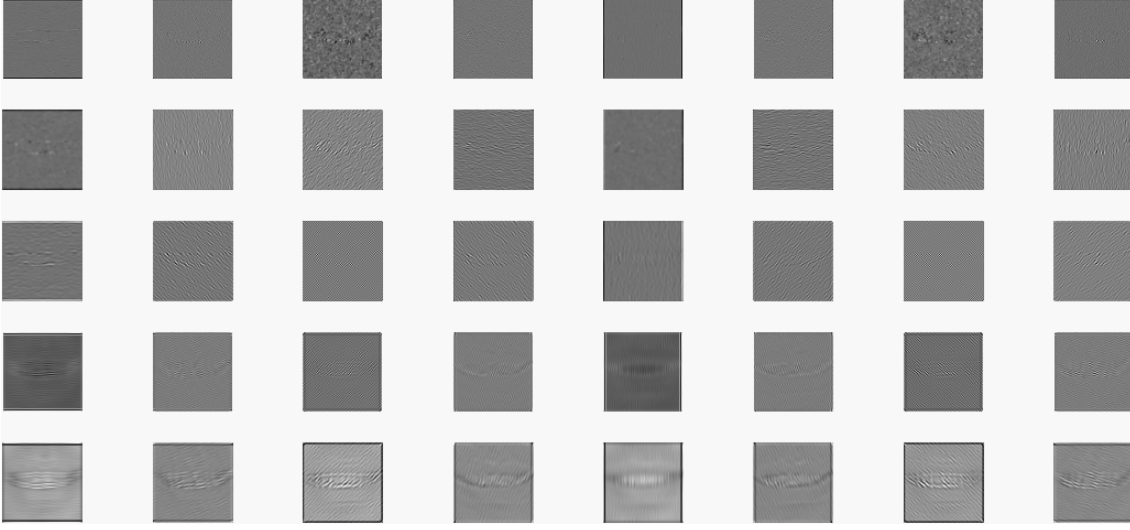
Kullanıcının isteğine bağlı olarak farklı açı ve ölçeklerde Gabor filtre bankaları oluşturulabilir. Burada seçilen çok sayıda Gabor filtresi işlem yükünü artırırken, az sayıda seçilen filtreler ise bilgi kaybına neden olabilir. Bölüm 3.1’de de bahsedildiği gibi bu tezde 5 frekanslı 8 yönlü gabor filtre bankası kullanılmıştır. Şekil 3.13’te daha önceden oluşturulan gabor filtre bankası ile filtrelenmiş gülme ifadesinin göz imgesinin reel kısmı, Şekil 3.14’te genliği, yine Şekil 3.15’te gülme ifadesinin ağız imgesinin reel kısmı, Şekil 3.16’da ise genliği verilmiştir.



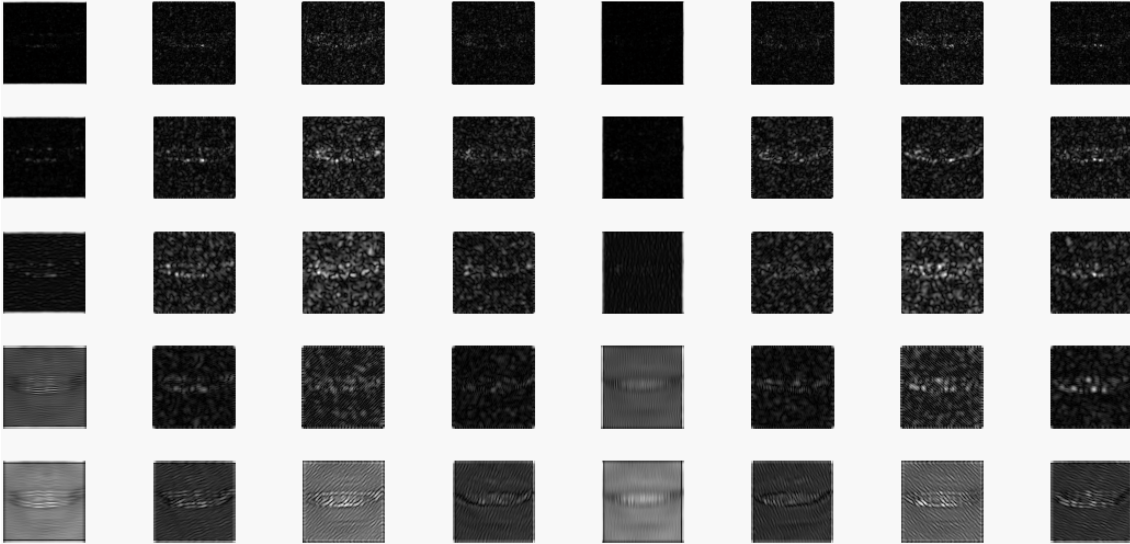
Şekil 3.13. 5 frekanslı 8 yönlü Gabor filtresi ile filtrelenmiş göz bölgesinin reel kısmı



Şekil 3.14. 5 frekanslı 8 yönlü Gabor filtresi ile filtrelenmiş göz bölgesinin genliği



Şekil 3.15. 5 frekanslı 8 yönlü Gabor filtresi ile filtrelenmiş ağız bölgesinin reel kısmı



Şekil 3.16. 5 frekanslı 8 yönlü Gabor filtresi ile filtrelenmiş ağız bölgesinin genliği

Ön işlemeden geçirilen 430x1125 ve 450x450 boyutlarındaki yüksek çözünürlüklü göz ve ağız imgeleri özellik çıkarımında kullanılmak üzere çok ölçekli ve çok yönlü gabor filtre bankası ile konvüle edilmiştir. İmgelere Gabor filtresi uygulanarak her bir imge için 40 ( $5 \times 8 = 40$ ) çıktı elde edilmiştir. Satır ve sütun bazında örnek azaltma işlemi ile boyut indirgeme yapılmıştır. Boyutu azaltılan veriler sütun vektörüne dönüştürülerek sıfır ortalama ve birim varyansa normalize edilmiştir (Haghighat vd 2013). Elde edilen tüm çıktılar bir vektörde birleştirilmiş ve her bir imgeye ait özellik vektörleri oluşturulmuştur. K-en yakın komşu sınıflandırıcı girişine ise oluşturulan bu özellik vektörleri verilmiştir. Bu işlemler sağlıklı grup ve nakil hastalarında, göz ve ağız bölgeleri için ayrı ayrı yapılmıştır.

İkinci aşamada yüksek çözünürlüklü imgeler bilinear interpolasyon ile 85x225 ve 90x90 boyutlarındaki göz ve ağız bölgelerine dönüştürülmüştür. Yukarıda bahsedilen



işlemler düşük boyutlu imgeler için de gerçekleştirilmiştir. Buna ilaveten her bir imge için göz ve ağız bölgesini kapsayan özellik vektörleri de oluşturulmuş ve sınıflandırıcı girişine verilmiştir.

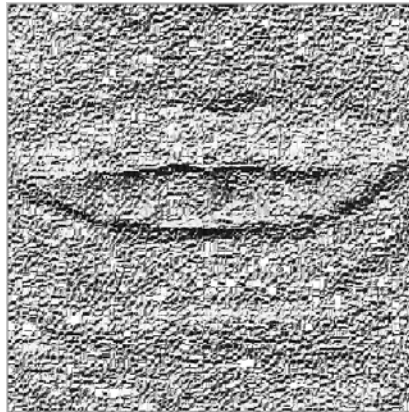
### 3.4.2.2. Yerel ikili örüntü ile özellik çıkarımı

YİÖ son zamanlarda görüntü işlemenin birçok alanında, özellikle yüz imge analizlerinde büyük ilgi uyandırmıştır. Bu metotta özellik çıkarımında kullanılmak üzere görüntülerdeki pikseller YİÖ operatörü ile etiketlendikten sonra, görüntülerin histogramları alınmıştır. YİÖ histogramı verilerin yerel dağılımı hakkında bilgi içermektedir. İmgelerin genel histogramı alınabileceği gibi, imgeler alt bölgelere ayrılarak bölgesel histogramları da alınabilir. Alt bölgelerin sayısı kullanıcı isteğine göre değişebilir.

Bu çalışmada ön işlemeden geçirilen yüksek çözünürlüklü göz ve ağız imgelerine öncelikle  $YİÖ_{(8,1)}$  operatörü aracılığıyla etiketleme yapılmıştır. Etiketlemeden sonra göz bölgesi (10x25) boyutunda 43x45 adet alt bölgelere ayrılmış, ağız bölgesi ise (10x10) boyutunda 45x45 adet alt bölgelere ayrılmıştır. Alt bölgelerin histogramları alınmış (düzenli kodlar 58, düzensiz kodlar tek bir değere atanmıştır) ve art arda eklenerek özellik vektörleri oluşturulmuştur. Yine aynı veri tabanı kullanılarak göz bölgesi (43x45) boyutunda 10x25 adet alt bölgelere, ağız bölgesi (45x45) boyutunda 10x10 adet alt bölgelere ayrılarak özellik vektörleri elde edilmiştir. Şekil 3.17'de göz bölgesinin ve Şekil 3.18'de ağız bölgesinin YİÖ operatörü ile etiketlenmiş hali verilmektedir.



Şekil 3.17. YİÖ operatörü ile etiketlenmiş göz bölgesi



Şekil 3.18. YİÖ operatörü ile etiketlenmiş ağız bölgesi

Yine ikinci aşamada yüksek çözünürlüklü imgeler bilinear interpolasyon ile 85x225 ve 90x90 boyutlarındaki göz ve ağız bölgelerine dönüştürülmüştür. Göz bölgesi (17x45) boyutunda 5x5 adet alt bölgelere, ağız kısmı ise (18x18) boyutunda 5x5 adet alt bölgelere ayrılarak yukarıda anlatılan akış diyagramı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca göz ve ağız bölgelerinin öznitelikleri birleştirilerek başka özellik vektörleri oluşturulmuş ve sınıflandırıcı girişine verilmiştir.

### 3.4.2.3. Yerel gabor ikili örüntü ile özellik çıkarımı

Daha önceki çalışmalarda verimliliği artırmak amacıyla YİÖ ve Gabor metotları birlikte kullanılmıştır (Singh vd 2008). İki farklı şekilde gerçekleştirilen yaklaşımdan birisi Gabor ve YİÖ özelliklerinin paralel bir şekilde çıkartılması ve elde edilen bu özelliklerin birleştirilmesidir (Singh vd 2008). Diğer yaklaşım ise seri birleşimdir. İmgeler Gabor filtrelerinden geçirildikten sonra YİÖ operatörü ile etiketlenir (Zhang vd 2005, Zhang vd 2005). Çalışmada, bu yaklaşım sadece boyutu indirgenmiş imgeler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Düşük çözünürlüklü imgeler öncelikle Gabor filtreleri ile konvüle edilerek Gabor özellik haritaları çıkarılmıştır. Gabor özellik haritalarının ortalaması alınarak her imge için bir çıktı elde edilmiştir. Daha sonra YİÖ metodu uygulanmıştır. İşlemden geçirilen göz bölgeleri (17x45) boyutunda 5x5 adet birbiriyle örtüşmeyen alt bölgelere, ağız bölgeleri (18x18) boyutunda 5x5 adet birbiriyle örtüşmeyen alt bölgelere ayrılmıştır. Her bölgenin düzenli YİÖ histogramı alınmış ve art arda eklenerek tek bir vektörde birleştirilerek özellik vektörleri elde edilmiştir. Şekil 3.19'da mutlu ifadesinin göz bölgesinin Gabor filtrelerinden geçirilmiş hali verilmiştir.



Şekil 3.19. Gabor filtre bankası ile maskelenen mutlu ifadesinin ortalaması

Mutlu ifadesinin göz bölgesi Gabor filtrelerinden geçirildikten sonra YİÖ operatörü ile etiketlenmiştir. Etiketlenen imge Şekil 3.20'de verilmiştir.



Şekil 3.20. Gabor filtreleri ile maskelenen mutlu ifadesinin YİÖ ile etiketlenmesi

### 3.4.3. Sınıflandırma

Çıkarılan öznitelikleri sınıflandırmada KNN (K Nearest Neighborhood) sınıflandırıcısı kullanılmıştır. Bu algoritmada sınıflandırılmak istenen imgenin daha önceki sınıflandırılmış imgelerden K tanesinin yakınlığına bakılır ve imge kendine en

yakın olan sınıfa atanır. Bölüm 3.4.2’de bahsedilen yaklaşımlarla elde edilen çıktılar KNN sınıflandırıcı girişine verilmiştir.

Ayrıca, Gabor, YİÖ ve Gabor-YİÖ yaklaşımlarının sınıflandırmaları sonucunda elde edilen tablolar her bir bölge için (göz, ağız ve göz-ağız) ayrı ayrı sınıflandırma için karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma yapılırken bu bölgelerden en az ikisinin değeri bulunduğu sınıfa ait ise o sınıfa atanmıştır. Eğer en az iki tanesi bulunduğu sınıfın dışında bir sınıfa ait ise, ait olduğu sınıfa atama yapılmıştır. Her üç bölgenin değeri de birbirinden farklı ise rastgele atama yapılmıştır. Yine aynı şekilde göz, ağız ve göz-ağız bölgelerinin özellik vektörlerinin sınıflandırmaları sonucunda elde edilen tablolar her bir metot için (Gabor, YİÖ ve Gabor-YİÖ) ayrı ayrı sınıflandırma için karşılaştırılmıştır. Sınıflandırma yine yukarıda anlatıldığı şekilde yapılmıştır. Örneğin 1. sınıfta en az iki değer 1 ise 1. sınıfa, en az iki değer 7 ise 7. sınıfa her üç değer de birbirinden farklı ise rastgele bir sınıfa atanmıştır. Bu durum sağlıklı grup ve nakil hastaları için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.



#### 4. BULGULAR VE SONUÇLAR

İfadeler gerçekleştirilirken, çalışmaya katılan 1. yüz nakil hastası, 2. yüz nakil hastası ve sağlıklı bireyin veri tabanındaki her bir ifade sınıfının örneği Şekil 4.1’de verilmiştir (İlk satırda 1. yüz nakil hastası, ikinci satırda 2. yüz nakil hastası ve son satırda ise sağlıklı bireyin fotoğrafları bulunmaktadır). Yüksek çözünürlüklü imgelerle elde edilen sınıflandırma sonuçları Çizelge 4.1 ile Çizelge 4.18 arasında verilmiştir.



Şekil 4.1. Yüz nakil hastalarının ve sağlıklı bireyin duysal ifadeleri  
(Bilimsel araştırmada kullanılmak üzere yüz transplantasyon hastalarının ve sağlıklı bireyin onayı alınmıştır)

Çizelge 4.1. Gabor-göz sağlıklı grup sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>91.111</b>	2.222		4.444	2.222		
korkma		<b>75.556</b>	2.222		2.222	13.333	6.667
mutlu	2.222		<b>86.667</b>	4.444	2.222	2.222	2.222
nefret	2.222			<b>93.333</b>			4.444
nötr			2.222		<b>95.556</b>		2.222
şaşkın		8.889	4.444		2.222	<b>84.444</b>	
üzgün	6.667		4.444	11.111			<b>77.778</b>

Çizelge 4.2. Gabor-ağız sağlıklı grup sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>95,556</b>				2,222		2,222
korkma		<b>93,333</b>	2,222			4,444	
mutlu			<b>93,333</b>	2,222		2,222	2,222
nefret				<b>93,333</b>		6,667	
nötr					<b>100</b>		
şaşkın		6,667				<b>93.333</b>	
üzgün					2,222		<b>97,778</b>

Çizelge 4.3. YİÖ (43x45 alt bölge)-göz sağlıklı grup sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>82.222</b>	8.889	4.444	2.222		2.222	
korkma	2.222	<b>66.667</b>	2.222		2.222	20	6.667
mutlu	6.667		<b>84.444</b>		2.222	2.222	4.444
nefret	44.444			<b>88.889</b>			6.667
nötr			2.222		<b>91.111</b>	4.444	2.222
şaşkın		6.667	6.667	2.222	2.222	<b>82.222</b>	
üzgün	6.667	2.222	6.667	8.889	2.222		<b>73.333</b>

Çizelge 4.4. YİÖ (45x45 alt bölge)-ağız sağlıklı grup sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>77.778</b>		6.667	4.444	11.111		
korkma		<b>75.556</b>	13.333		4.444		6.667
mutlu	2.222		<b>88.889</b>	4.444		4.444	
nefret	4.444	4.444	8.889	<b>68.889</b>	13.333		
nötr	2.222		2.222		<b>95.556</b>		
şaşkın	2.222	4.444			15.556	<b>77.778</b>	
üzgün			2.222		4.444		<b>93.333</b>

Çizelge 4.5. YİÖ (10x25 alt bölge)-göz sağlıklı grup sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>91.111</b>	2.222	2.222	2.222	2.222		
korkma		<b>80</b>			2.222	13.333	4.444
mutlu		2.222	<b>95.556</b>			2.222	
nefret			6.667	<b>91.111</b>			2.222
nötr		2.222		2.222	<b>93.333</b>	2.222	
şaşkın		4.444	6.667			<b>88.889</b>	
üzgün	2.222		2.222	4.444	2.222		<b>91.111</b>

Çizelge 4.6. YİÖ (10x10 alt bölge)-ağız sağlıklı grup sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>86.667</b>	2.222		4.444	6.667		
korkma		<b>80</b>		4.444	2.222	6.667	6.667
mutlu	2.222		<b>95.556</b>	2.222			
nefret	4.444		4.444	<b>88.889</b>		2.222	
nötr	4.444	2.222	2.222		<b>91.111</b>		
şaşkın		4.444	2.222		6.667	<b>86.667</b>	
üzgün		2.222		2.222			<b>95.556</b>

Çizelge 4.7. Gabor-göz 1. yüz nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>0</b>		30	70			
korkma	20	<b>0</b>	20	10	40	10	
mutlu	50		<b>0</b>		40		10
nefret				<b>10</b>	70	10	10
nötr	30		10	30	<b>30</b>		
şaşkın	10		20		20	<b>0</b>	50
üzgün	20			70	10		<b>0</b>

Çizelge 4.8. Gabor-ağız 1. yüz nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>0</b>						100
korkma		<b>80</b>			10	10	
mutlu			<b>0</b>	20			80
nefret	20			<b>60</b>			20
nötr		10			<b>20</b>	40	30
şaşkın	10	60			10	<b>0</b>	20
üzgün	30			60			<b>10</b>

Çizelge 4.9. YİÖ (43x45 alt bölge)-göz 1. yüz nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>10</b>	20	10	10	10		40
korkma		<b>10</b>	50	10	30		
mutlu	10		<b>70</b>		10		10
nefret	10			<b>0</b>	50		40
nötr			30	30	<b>30</b>	10	
şaşkın			50	10	20	<b>0</b>	20
üzgün	20	20	10		20		<b>30</b>

Çizelge 4.10. YİÖ (45x45 alt bölge)-ağız 1. yüz nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	0				50		50
korkma	20	0			80		
mutlu	50		0		20		30
nefret	10			0	50		40
nötr	10				90		
şaşkın	10		50	10	30	0	
üzgün							100

Çizelge 4.11. YİÖ (10x25 alt bölge)-göz 1. yüz nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	0	20					80
korkma		60	40				
mutlu			100				
nefret			90	0			10
nötr	10	10	30	10	20		20
şaşkın			70			10	20
üzgün		10	80				10

Çizelge 4.12. YİÖ (10x10 alt bölge)-ağız 1. yüz nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	0			10	20		70
korkma		40	40	20			
mutlu		30	20	30			20
nefret		10	20	20	40		10
nötr		30	20	30	0		20
şaşkın			70	20		10	
üzgün				20	10		70

Çizelge 4.13. Gabor-göz 2. yüz nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	0				100		
korkma		0			100		
mutlu			0		100		
nefret			40	0	60		
nötr					80	20	
şaşkın			10	90		0	
üzgün				100			0

Çizelge 4.14. Gabor-ağız 2. yüz nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	0				60	40	
korkma		50				50	
mutlu		60	0			40	
nefret				0	20	80	
nötr		80			0	30	
şaşkın		100				0	
üzgün						100	0

Çizelge 4.15. YİÖ (43x45 alt bölge)-göz 2. yüz nakil hatası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	10		90				
korkma		0	100				
mutlu			100				
nefret			100	0			
nötr			100		0		
şaşkın			100			0	
üzgün		60	30				10

Çizelge 4.16. YİÖ (45x45 alt bölge)-ağız 2. yüz nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>0</b>				100		
korkma		<b>20</b>	40		40		
mutlu			<b>80</b>		20		
nefret			40	<b>0</b>	60		
nötr		50			<b>50</b>		
şaşkın	10	10	20		50	<b>0</b>	10
üzgün			30			60	<b>10</b>

Çizelge 4.17. YİÖ (10x25 alt bölge)-göz 2. yüz nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>0</b>	60	40				
korkma		<b>100</b>					
mutlu		100	<b>0</b>				
nefret		50	40	<b>10</b>			
nötr		60	40		<b>0</b>		
şaşkın		30	70			<b>0</b>	
üzgün		90					<b>10</b>

Çizelge 4.18. YİÖ (10x10 alt bölge)-ağız 2. yüz nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>10</b>	80		10			
korkma		<b>100</b>					
mutlu		100	<b>0</b>				
nefret		90		<b>10</b>			
nötr		100			<b>0</b>		
şaşkın		80	20			<b>0</b>	
üzgün		100					<b>0</b>

Sağlıklı grubun sonuçlarına bakılacak olursa, yüksek çözünürlüklü imgeler üzerinde, göz bölgesinde Gabor Dalgacık Dönüşüm metodu ile elde edilen sonuçlar % 75.556 ve % 95.556 arasında değişim göstermiştir. Çizelge 4.1'den de görüleceği üzere kızgın, nefret ve nötr ifadelerinde % 90'ın üzerinde başarı sağlanmıştır. En yüksek başarıya da nötr ifadesinde ulaşılmıştır. Aynı metot ile elde edilen ağız bölgesinin sonuçları ise Çizelge 4.2'de verilmiştir. Burada ise tüm ifadelerde % 93.333 ve üzeri başarı yakalanmıştır. Hatta nötr ifadesinde % 100'e ulaşılmıştır. Sonuç tablosundan da anlaşıldığı gibi ağız bölgesinde başarı artmıştır.

İki farklı şekilde histogram bloklarına ayrılan YİÖ metodunda, (10x25) boyutunda 43x45 alt bölgeye ayrılan göz kısmının sonuçlarına bakıldığında % 66.667 ile % 91.111 arasında değişim gözlenmekle birlikte en yüksek başarıya nötr ifadesinde ulaşılmıştır. Çizelge 4.3'ten de anlaşılacağı üzere hem korkma hem şaşırma durumunda gözler diğer ifadelerle göre daha fazla açıldığı için korkma ifadesi en çok şaşkın ile karıştırılmıştır. (10x10) boyutunda 45x45 alt bölgeye ayrılan ağız kısmında % 68.889 ile % 95.556 arasında değişim görülmüştür. Burada da en yüksek başarıya nötr ifadesinde ulaşılmıştır. Ayrıca (43x45) boyutlarında alt bölgelere ayrılan göz imgelerinin sonuçları Çizelge 4.5'te verilmiştir. Başarı oranının diğer bloklamaya göre arttığı bu durumda, % 80 ile % 95.556 aralığında değişim gözlenmiştir. Kızgın, mutlu, nefret, nötr ve üzgün ifadelerinde % 90'ın üzerinde sonuçlar elde edilmiş ve mutlu ifadesinde en yüksek başarıya ulaşılmıştır. Yine (45x45) boyutlarında alt bölgelere ayrılan ağız imgelerinde başarı oranının % 80 ile % 95.556 arasında değiştiği Çizelge 4.6'da görülmektedir. Mutlu, nötr ve üzgün ifadelerinde % 90'ın üzerinde başarı yakalanmıştır. En yüksek başarıya da mutlu ve üzgün ifadesinde ulaşılmıştır. Sonuçlardan da anlaşılmaktadır ki YİÖ metodunda imgelerin kaç alt bölgeye ayrılacağı önem teşkil etmektedir. YİÖ yönteminin birinci durumunda göz bölgesinde başarı oranı Gabor yöntemi ile elde edilen tablonun altına düşerken, YİÖ yönteminin ikinci durumunda ise Gabor metoduna göre başarı oranı artmıştır.

1. nakil hastasında yüksek çözünürlüklü imgeler üzerinde Gabor Dalgacık Dönüşümü kullanılarak göz ve ağız bölgesinde elde edilen değerler göz önüne alındığında ağız bölgesindeki mimik karakteristiğinin normal grupla daha benzer olduğu, korkma ve nefret duygularını hastanın daha iyi yansıttığı ve başarının % 60'ın üstüne çıktığı görülmüştür. Çizelge 4.8'den de anlaşılacağı üzere özellikle üzgün ifadesinin hastada baskın olduğu ve diğer duysal ifadelerle karıştırıldığı göze çarpmaktadır. Bazı ifadelerin birbiriyle çok karıştırılmasının nedeni veri tabanını oluşturan fotoğraflardaki ifadelerin birbirine yakın olmasıdır. Özellikle transplantasyon hastasında ağız bölgesinde kızgının üzgünle karıştırılması, bu ifadeler gerçekleştirilirken ağız ve göz bölgesinin her iki ifade de çok değişmemesinden kaynaklanmaktadır. Şekil 4.1'de 1. nakil hastasının yüz görüntülerine bakıldığında kızgın, mutlu ve üzgün ifadelerini birbirine benzer gerçekleştirdiği görülmektedir. Dolayısıyla bu üç ifade arasında karışma olmuştur. Yine aynı sebepler nedeniyle şaşkın ve korkma ifadesi de birbiriyle karıştırılmıştır.

YİÖ metodunun birinci bloklama durumunda, göz bölgesindeki mimik karakteristiğinin sağlıklı grupla daha benzer olduğu görülmüştür. Göz bölgesinde Çizelge 4.9'da da görüldüğü gibi mutlu ve nötr ifadesi hastada baskın olmakla birlikte mutlu ifadesinde % 70 başarıya ulaşılmıştır. Ağız bölgesinde ise nötr ifadesi baskındır



ve üzgün duygusunda % 100 başarı elde edilmiştir. YİÖ metodunun ikinci bloklama durumunda, sonuçları Çizelge 4.11’de verilen göz bölgesinde korkma ve mutlu ifadesi baskın olmakla birlikte, mutlu duygusunda başarı oranı % 100’e ulaşmıştır. Ağız bölgesinde ise korkma, mutlu, nefret duygularının baskın olduğu ve üzgün ifadesinde en yüksek başarıya ulaşıldığı görülmüştür. Özellikle ağız bölgesinde genel anlamda başarı diğer bloklama durumuna göre artmıştır.

2.nakil hastasında ifadelerin birbiriyle çok karıştırılmasının nedeni veri tabanını oluşturan fotoğraflardaki ifadelerin birbirine yakın olmasıdır. Bu durum Şekil 4.1’de de görülmektedir. Yüksek çözünürlüklü imgeler üzerinde Gabor metodu ile elde edilen göz bölgesindeki sonuçlara bakıldığında nötr ifadesinin baskın olduğu ve % 80 başarı elde edildiği gözlenmiştir. Ağız bölgesinde ise korkma ve şaşkın ifadesi baskın olmakla birlikte korkma ifadesinde % 50 başarı elde edilmiştir. YİÖ metodunun 1. bloklama durumunda göz bölgesinde mutlu ifadesini daha baskın yansıtmakla birlikte, en yüksek başarıya bu ifade de ulaşılmıştır. Sonuçları Çizelge 4.16’da verilen ağız bölgesinde mutlu ve nötr ifadeleri daha baskındır ve yine en yüksek başarıya mutlu ifadesinde ulaşılmıştır. YİÖ metodunun 2. bloklama durumunda ise göz bölgesinde korkma ve nefret ifadesinin baskın olduğu ve korkma ifadesinde %100 başarıya ulaşıldığı görülmektedir. Yine ağız bölgesinde korkma ifadesinin baskın olduğu görülmüştür. Düşük çözünürlüklü imgelerle elde edilen sınıflandırma sonuçları Çizelge 4.19 ile Çizelge 4.45 arasında verilmiştir.

Çizelge 4.19. Gabor-göz sağlıklı grup sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	97.778				2.222		
korkma		91.111				6.667	2.222
mutlu			93.333	2.222	2.222		2.222
nefret				97.778			2.222
nötr					100		
şaşkın		4.444	2.222			93.333	
üzgün			2.222	2.222			95.556

Çizelge 4.20. YİÖ-göz sağlıklı grup sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>91.111</b>		2.222	4.444			2.222
korkma		<b>82.222</b>	8.889			8.889	
mutlu		2.222	<b>95.556</b>			2.222	
nefret	2.222		6.667	<b>88.889</b>			2.222
nötr					<b>95.556</b>	4.444	
şaşkın		11.111				<b>88.889</b>	
üzgün	4.444		2.222	2.222	2.222		<b>88.889</b>

Çizelge 4.21. Gabor-YİÖ-göz sağlıklı grup sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>95.556</b>				2.222		2.222
korkma		<b>88.889</b>				11.111	
mutlu		2.222	<b>95.556</b>		2.222		
nefret	6.666			<b>91.111</b>			2.222
nötr	2.222		6.666		<b>91.111</b>		
şaşkın		4.444			2.222	<b>93.333</b>	
üzgün	4.444		2.222	2.222	2.222		<b>88.889</b>

Çizelge 4.22. Gabor-ağız sağlıklı grup sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>100</b>						
korkma		<b>97.778</b>				2.222	
mutlu			<b>97.778</b>	2.222			
nefret		2.222	2.222	<b>93.333</b>		2.222	
nötr					<b>100</b>		
şaşkın			2.222			<b>97.778</b>	
üzgün							<b>100</b>

Çizelge 4.23. YİÖ-ağız sağlıklı grup sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	100						
korkma		91.111	2.222			6.667	
mutlu	2.222		97.778				
nefret	2.222			93.333		4.444	
nötr					100		
şaşkın		2.222	2.222			95.556	
üzgün							100

Çizelge 4.24. Gabor-YİÖ-ağız sağlıklı grup sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	97.778				2.222		
korkma		93.333				6.666	
mutlu			100				
nefret		2.222		95.556		2.222	
nötr					100		
şaşkın		6.666				93.333	
üzgün							100

Çizelge 4.25. Gabor-göz-ağız sağlıklı grup sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	97.778				2.222		
korkma		95.556				4.444	
mutlu			97.778		2.222		
nefret				100			
nötr					100		
şaşkın		4.444	2.222			93.333	
üzgün							100

Çizelge 4.26. YİÖ-göz-ağız sağlıklı grup sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>95.556</b>		2.222		2.222		
korkma		<b>91.111</b>	2.222			6.667	
mutlu			<b>97.778</b>			2.222	
nefret	2.222		2.222	<b>95.556</b>			
nötr		2.222			<b>97.778</b>		
şaşkın		2.222				<b>97.778</b>	
üzgün			2.222		2.222		<b>95.556</b>

Çizelge 4.27. Gabor-YİÖ-göz-ağız sağlıklı grup sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>97.778</b>				2.222		
korkma		<b>93.333</b>				6.666	
mutlu			<b>100</b>				
nefret	2.222			<b>97.778</b>			
nötr			2.222		<b>97.778</b>		
şaşkın						<b>100</b>	
üzgün							<b>100</b>

Çizelge 4.28. Gabor-göz 1. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>10</b>						90
korkma		<b>60</b>				40	
mutlu			<b>10</b>			20	70
nefret				<b>0</b>	100		
nötr	20	60		10	<b>0</b>		10
şaşkın		50	20			<b>30</b>	
üzgün		10			90		<b>0</b>

Çizelge 4.29. YİÖ-göz 1. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>30</b>			40			30
korkma		<b>0</b>	70			30	
mutlu			<b>20</b>			80	
nefret		10		<b>0</b>	10	70	10
nötr		20	60	20	<b>0</b>		
şaşkın			20			<b>80</b>	
üzgün		10				20	<b>70</b>

Çizelge 4.30. Gabor-YİÖ-göz 1. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>0</b>	20			10		70
korkma		<b>50</b>			10	40	
mutlu		80	<b>0</b>			10	10
nefret	40	30		<b>0</b>			30
nötr		40	10		<b>40</b>	10	
şaşkın		70				<b>10</b>	20
üzgün		30					<b>70</b>

Çizelge 4.31. Gabor-ağız 1. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>0</b>			60			40
korkma		<b>80</b>					20
mutlu	90		<b>0</b>				10
nefret	20			<b>80</b>			
nötr	20			70	<b>0</b>		10
şaşkın			10	60	10	<b>10</b>	10
üzgün				100			<b>0</b>

Çizelge 4.32. YİÖ-ağız 1. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	30						70
korkma		50				50	
mutlu			0	40	50		70
nefret	90			10			
nötr				30	40		30
şaşkın			10	20	60	10	
üzgün	60			40			0

Çizelge 4.33. Gabor-YİÖ-ağız 1. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	90			10			
korkma	30	60	10				
mutlu	10		0	10			80
nefret	50			20	10		20
nötr	80			10	10		
şaşkın					30	0	70
üzgün	10			10			80

Çizelge 4.34. Gabor-göz-ağız 1. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	10						100
korkma		70				10	
mutlu			0			20	70
nefret				0			100
nötr				70	0		30
şaşkın		50	10		20	20	
üzgün							100

Çizelge 4.35. YİÖ-göz-ağız 1. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	0						100
korkma	60	0		30			10
mutlu			0	100			
nefret				20			80
nötr				20	0		80
şaşkın				40		0	60
üzgün	10						90

Çizelge 4.36. Gabor-YİÖ-göz-ağız 1. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	0	10			60		30
korkma		60			10	30	
mutlu		10	30			10	50
nefret	30	10	10	0			50
nötr		40	10		50		
şaşkın		50				10	40
üzgün							100

Çizelge 4.37. Gabor-göz 2. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	0		70		20	10	
korkma		0	100				
mutlu			100				
nefret		80	20	0			
nötr			100		0		
şaşkın			80	10		10	
üzgün		90				10	0

Çizelge 4.38. YİÖ-göz 2. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	0				70		30
korkma		0				100	
mutlu			0		30	70	
nefret	10	10	10	0	70		
nötr					0	100	
şaşkın		20		50		30	
üzgün			70			10	10

Çizelge 4.39. Gabor-YİÖ-göz 2. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	0	20	70				10
korkma		30				70	
mutlu		100	0				
nefret		100		0			
nötr			10		0	90	
şaşkın		80	20			0	
üzgün		30	20	20	10		20

Çizelge 4.40. Gabor-ağız 2. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	0				10	90	
korkma		80				20	
mutlu	10	30	0		40	20	
nefret				0	20	60	20
nötr		70			0	30	
şaşkın	20	60			10	10	
üzgün	50			30		20	0



Çizelge 4.41. YİÖ-ağız 2. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	10	50		10	20	10	
korkma		10			10	80	
mutlu		10	0			90	
nefret	20	30	10	0	10	30	
nötr					0	100	
şaşkın		20		70		10	
üzgün		10		50	40		0

Çizelge 4.42. Gabor-YİÖ-ağız 2. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	0				50	10	40
korkma		0			40	50	10
mutlu			0		40	60	
nefret				0	50	30	20
nötr		10		10	0	80	
şaşkın				10	10	60	20
üzgün				40	30	30	0

Çizelge 4.43. Gabor-göz-ağız 2. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	0				100		
korkma		0	80		20		
mutlu		20	40			40	
nefret		80		0	20		
nötr			10		0	90	
şaşkın					60	40	
üzgün		50			30	20	0

Çizelge 4.44. YİÖ-göz-ağız 2. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	0				100		
korkma		10				90	
mutlu		30	10		10	50	
nefret			20	0	80		
nötr					0	100	
şaşkın		50	10	30		10	
üzgün		30	30		10	20	10

Çizelge 4.45. Gabor-YİÖ-göz-ağız 2. nakil hastası sonuçları (düşük çözünürlüklü imgeler)

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	0	100					
korkma		90				10	
mutlu		100	0				
nefret		100		0			
nötr			40		0	60	
şaşkın		100				0	
üzgün		50			10		40

Boyutu indirgenmiş imgeler üzerinde sağlıklı grubun göz bölgesinde Gabor, YİÖ ve Gabor-YİÖ yaklaşımlarıyla elde sonuçlar sırasıyla Çizelge 4.19, Çizelge 4.20 ve Çizelge 4.21’de verilmiştir. Gabor metodunda % 97.778 ile kızgın ifadesinde, %91.111 ile korkma ifadesinde, % 97.778 ile nefret ifadesinde, %100 ile nötr ifadesinde ve % 95.556 ile üzgün ifadesinde en yüksek başarı oranı elde edilmiştir. Ayrıca Gabor-YİÖ yaklaşımı ile de şaşkın ifadesinde en yüksek başarıyı paylaşmaktadır. Mutlu ifadesi ise YİÖ ve Gabor-YİÖ yaklaşımlarında % 95.556 ile en iyi başarıyı yakalamıştır. Her bir yaklaşımla elde edilen sağlıklı grubun ağız bölgesinin sonuçları Çizelge 4.22, Çizelge 4.23 ve Çizelge 4.24’te verilmiştir. Burada her üç yöntemde de tüm ifadelerde % 91.111 ve üzeri başarı sağlanmıştır. Nötr ve üzgün ifadesi tüm yaklaşımlarda % 100 başarı gösterirken, kızgın ifadesi Gabor ve YİÖ metodunda, mutlu ifadesi ise Gabor-YİÖ yaklaşımında % 100 başarıya ulaşmıştır. Sağlıklı grubun göz-ağız bölgesi sonuçları ise Çizelge 4.25, Çizelge 4.26 ve Çizelge 4.27’de verilmiştir. Genel anlamda % 91.111 ve üzeri başarı elde edilmiştir. Gabor metodunda nefret ve nötr ifadesi, Gabor-YİÖ yaklaşımında mutlu ve şaşkın ifadesi % 100 başarı oranı gösterirken, Gabor ve Gabor-YİÖ ise üzgün ifadesinde % 100 en yüksek başarı oranını paylaşmışlardır.

Boyutu indirgenmiş imgeler üzerinde 1.yüz transplantasyon hastasının göz bölgesinde Gabor, YİÖ ve Gabor-YİÖ yaklaşımlarıyla elde sonuçlar sırasıyla Çizelge 4.28, Çizelge 4.29 ve Çizelge 4.30'da verilmiştir. Korkma ifadesi Gabor-YİÖ yaklaşımında baskın olmakla birlikte Gabor metodunda % 60 ile en iyi başarıya ulaşmıştır. Üzgün ifadesi hem YİÖ hem de Gabor-YİÖ yaklaşımında % 70 başarı yakalamıştır. YİÖ metodunda ise şaşkın ifadesi baskın olmakla birlikte % 80 performans ile en iyi başarı oranını yansıtmıştır. Her bir yaklaşımla elde edilen 1. yüz transplantasyon hastasının ağız bölgesinin sonuçları Çizelge 4.31, Çizelge 4.32 ve Çizelge 4.33'te verilmiştir. Gabor-YİÖ yaklaşımında, üzgün ifadesinin baskın olduğu ve % 80 başarı ile en iyi performansı sergilediği ve yine kızgın ifadesinin baskın olduğu ve % 90 başarı ile en iyi performansı sergilediği görülmüştür. Korkma ifadesi her üç tabloda da % 50'nin üstünde başarı gösterirken korkma ve nefret ifadesi gabor yönteminde % 80 başarı oranı göstermiştir. 1. yüz transplantasyon hastasının göz-ağız bölgesi sonuçları ise Çizelge 4.34, Çizelge 4.35 ve Çizelge 4.36'da verilmiştir. Üzgün ifadesinin her üç durumda baskın olduğu % 90 ve üzeri başarı gösterdiği görülmüştür. Veri tabanındaki fotoğrafların benzerliği nedeniyle kızgın ifadesi üzgün ifadesi ile yoğun olarak karşılaştırılmıştır. Korkma ifadesi Gabor-YİÖ yaklaşımında baskındır ve Gabor yaklaşımında % 70 başarı elde edilmiştir.

Boyutu indirgenmiş imgeler üzerinde 2.yüz transplantasyon hastasının göz bölgesinde Gabor, YİÖ ve Gabor-YİÖ yaklaşımlarıyla elde sonuçlar sırasıyla Çizelge 4.37, Çizelge 4.38 ve Çizelge 4.39'da verilmiştir. Gabor metodunda % 100 başarı ile mutlu ifadesinin baskın olduğu görülmüştür. YİÖ metodunda şaşkın ifadesi Gabor-YİÖ metodunda ise korkma ifadesi baskındır. Her bir yaklaşımla elde edilen 2. yüz transplantasyon hastasının ağız bölgesinin sonuçları Çizelge 4.40, Çizelge 4.41 ve Çizelge 4.42'de verilmiştir. Gabor metodunda şaşkın ifadesi baskındır ve korkma ifadesi % 80 başarıya ulaşmıştır. Gabor-YİÖ metodunda nötr, şaşkın ve üzgün ifadeleri baskın olmakla birlikte şaşkın % 60 başarı oranı göstermiştir. Şaşkın ifadesinin de YİÖ metodunda baskın olduğu görülmüştür. 2. yüz transplantasyon hastasının göz-ağız bölgesi sonuçları Çizelge 4.43, Çizelge 4.44 ve Çizelge 4.45'te verilmiştir. Burada korkma ifadesinin Gabor-YİÖ yaklaşımında baskın olduğu ve % 90 ile en iyi başarı gösterdiği görülmüştür. Mutlu ve şaşkın ifadelerine ise Gabor metodunda en iyi sonuca ulaşılmıştır.

Önerilen yaklaşımlarla elde edilen çizelgeler göz önüne alındığında boyutu indirgenmiş imgelerin yüksek çözünürlüklü imgelere göre genel anlamda daha iyi performans sergiledikleri görülmüştür.

Düşük çözünürlüklü imgelerle elde edilen tabloların karşılaştırılmasıyla yapılan sınıflandırma yapılmıştı. Bunların sonuçları Çizelge 4.46 ile Çizelge 4.65 arasında verilmiştir.

Çizelge 4.46. Gabor (göz-ağız-gözağız)-sağlıklı grup sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	97.778				2.222		
korkma		95.556				4.444	
mutlu			97.778		2.222		
nefret				100			
nötr					100		
şaşkın		4.444				95.556	
üzgün							100

Çizelge 4.47. YİÖ (göz-ağız-gözağız)-sağlıklı grup sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	95.556		2.222	2.222			
korkma		93.333	2.222			4.444	
mutlu			97.778			2.222	
nefret	2.222		2.222	95.556			
nötr				2.222	97.778		
şaşkın		2.222				97.778	
üzgün			2.222		2.222		95.556

Çizelge 4.48. Gabor-YİÖ (göz-ağız-gözağız)-sağlıklı grup sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	97.778				2.222		
korkma		93.333			6.667		
mutlu			100				
nefret	2.222			97.778			
nötr			2.222		97.778		
şaşkın						100	
üzgün							100

Çizelge 4.49. Göz (gabor-lbp-gaborlbp)-sağlıklı grup sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	95.556				2.222		2.222
korkma		91.111				8.889	
mutlu		2.222	97.778				
nefret			2.222	95.556			2.222
nötr					100		
şaşkın		4.444				95.556	
üzgün	4.444		2.222	2.222	2.222		88.889

Çizelge 4.50. Ağız (gabor-lbp-gaborlbp)-sağlıklı grup sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	100						
korkma		95.556				4.444	
mutlu			100				
nefret				95.556		4.444	
nötr					100		
şaşkın		2.222	2.222			95.556	
üzgün							100

Çizelge 4.51. Göz-ağız (gabor-lbp-gaborlbp)-sağlıklı grup sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	97.778				2.222		
korkma		93.333				6.667	
mutlu			100				
nefret				100			
nötr					100		
şaşkın						100	
üzgün							100

Çizelge 4.52. Gabor (göz-ağız-gözağız)-1. nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	10						90
korkma		60		10		30	
mutlu			10			30	60
nefret	10	20	20	40	10		
nötr	30	10		40	20		
şaşkın	20		10	30	10	20	10
üzgün	10	10	20	10	10	10	30

Çizelge 4.53. YİÖ (göz-ağız-gözağız)-1. nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	20		10				70
korkma		40	10	20	10	10	10
mutlu			20	40	30		10
nefret		20	30	30			20
nötr	20		10	30	10		30
şaşkın		10		30	20	30	10
üzgün	10		10	10	10		60

Çizelge 4.54. Gabor-YİÖ (göz-ağız-gözağız)-1. nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	10	10	10		20	10	40
korkma		60			10	30	
mutlu		10	20			20	50
nefret	30	20		20			30
nötr		40	10		50		
şaşkın		50		10		10	30
üzgün							100

Çizelge 4.55. Göz (gabor-lbp-gaborlbp)-1.nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	10				10		80
korkma		60				40	
mutlu			20	10	10	60	
nefret		20		30	20	20	10
nötr	10	50	10	10	10		10
şaşkın		50	10			40	
üzgün	10	20				10	60

Çizelge 4.56. Ağız (gabor-lbp-gaborlbp)-1.nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	20	10		10	10	10	40
korkma		80			20		
mutlu	10	20	20	20		10	20
nefret	50			40	10		
nötr	20			40	20		20
şaşkın	10		10	20	30	30	
üzgün	10	20		40	20		10

Çizelge 4.57. Göz-ağız (gabor-lbp-gaborlbp)-1.nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	10						90
korkma		80				20	
mutlu		10	20	20	10	10	30
nefret				10			90
nötr	10		30	10	30	10	10
şaşkın	10	20		10		30	30
üzgün							100

Çizelge 4.58. Gabor (göz-ağız-gözağız)-2. nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>20</b>	20	20		30	10	
korkma		<b>20</b>	80				
mutlu		20	<b>70</b>			10	
nefret		80		<b>10</b>	10		
nötr	10	10	10	20	<b>20</b>	30	
şaşkın		20	10	20		<b>40</b>	10
üzgün		60	20			10	<b>10</b>

Çizelge 4.59. YİÖ (göz-ağız-gözağız)-2. nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>20</b>				80		
korkma		<b>10</b>				90	
mutlu		10	<b>10</b>		10	70	
nefret	10	10	10	<b>0</b>	70		
nötr					<b>0</b>	100	
şaşkın		30		40		<b>30</b>	
üzgün			30	10	20	10	<b>30</b>

Çizelge 4.60. Gabor-YİÖ (göz-ağız-gözağız)-2. nakil hastası sonuçları

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>30</b>	30	10		10	10	10
korkma		<b>50</b>		10		40	
mutlu		100	<b>0</b>				
nefret		100		<b>0</b>			
nötr			10		<b>10</b>	80	
şaşkın		80				<b>20</b>	
üzgün		30		10	20		<b>40</b>



Çizelge 4.61. Göz (gabor-lbp-gaborlbp)-2.nakil hastası

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>20</b>		50		30		
korkma		<b>20</b>				80	
mutlu	10	20	<b>40</b>		10	20	
nefret		80		<b>20</b>			
nötr			10		<b>0</b>	90	
şaşkın		20	20	10		<b>40</b>	10
üzgün	10	30	10	20			<b>30</b>

Çizelge 4.62. Ağız (gabor-lbp-gaborlbp)-2.nakil hastası

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>20</b>	10		20	10	30	10
korkma	10	<b>30</b>				60	
mutlu		10	<b>10</b>		20	60	
nefret				<b>20</b>	20	60	
nötr		10			<b>10</b>	80	
şaşkın		30		20		<b>40</b>	10
üzgün		10	10	50	10	10	<b>10</b>

Çizelge 4.63. Göz-ağız (gabor-lbp-gaborlbp)-2.nakil hastası

%	kızgın	korkma	mutlu	nefret	nötr	şaşkın	üzgün
kızgın	<b>0</b>				100		
korkma		<b>40</b>	10	10	30	10	
mutlu		50	<b>20</b>			30	
nefret		80		<b>0</b>	20		
nötr					<b>0</b>	100	
şaşkın		60	10			<b>20</b>	10
üzgün		60		10	10		<b>20</b>

Çizelge 4.46 ile Çizelge 4.51 arasında sağlıklı grubun sonuç tablolarının karşılaştırılmasıyla yapılan sınıflandırma sonuçları verilmiştir. Her üç bölgenin karşılaştırılması ile elde edilen Gabor'da % 95.556 ve üzeri başarı görülmüştür. Ayrıca nefret, nötr ve üzgün ifadesinde % 100 başarı sağlanmıştır. Yine her üç bölgenin karşılaştırılması ile elde edilen YİÖ'de % 93.333 ve üzeri başarı oranı elde edilmiştir. Gabor-YİÖ'de ise % 93.333 üzerinde başarı sağlanmış ve mutlu, şaşkın ve üzgün ifadelerinde başarı oranı % 100'e ulaşmıştır. Çizelge 4.49'da da görüleceği gibi her üç yaklaşımın karşılaştırılması ile elde edilen göz bölgesinde % 88.889 ve üzeri başarı görülmekle birlikte nötr ifadesinde % 100 başarı oranı görülmüştür. Ağız bölgesinde ise kızgın, mutlu, nötr ve üzgün ifadesinde % 100 başarıya ulaşılmıştır. Yine göz-ağız bölgesinde mutlu, nefret, nötr, şaşkın ve üzgün ifadelerinde başarı oranı % 100'e ulaşmıştır.

Çizelge 4.52 ile Çizelge 4.57 arasında 1. yüz transplantasyon hastasının sonuç tablolarının karşılaştırılmasıyla yapılan sınıflandırma sonuçları verilmiştir. Her üç bölgenin karşılaştırılması ile elde edilen Gabor'da korkma ifadesinde % 60, YİÖ'de üzgün ifadesinde % 60 ve Gabor-YİÖ'de korkma ifadesinde % 60, üzgün ifadesinde ise % 100 başarıya ulaşılmıştır. Her üç yaklaşımın karşılaştırılması ile elde edilen göz bölgesinde korkma ve üzgün ifadesinde % 100 başarı görülmüştür. Ağız bölgesinde korkma ifadesinde başarı oranı %80'e ulaşmıştır. Göz-ağız bölgesinde ise korkma ifadesinde % 80 başarı görülmekle birlikte üzgün ifadesinde % 100 başarı elde edilmiştir.

Çizelge 4.58 ile Çizelge 4.63 arasında 2. yüz transplantasyon hastasının sonuç tablolarının karşılaştırılmasıyla yapılan sınıflandırma sonuçları verilmiştir. Her üç bölgenin karşılaştırılması ile elde edilen Gabor'da mutlu ifadesinde % 70 başarıya ulaşılmıştır. YİÖ'de şaşkın ifadesi Gabor-YİÖ'de ise korkma ifadesi baskındır. Her üç yaklaşımın karşılaştırılması ile elde edilen göz bölgesinde mutlu ve şaşkın ifadesinde % 40 başarı görülmüştür. Ağız bölgesinde şaşkın ifadesinin ve göz-ağız bölgesinde ise korkma ifadesinin baskın olduğu görülmüştür.

## 5. TARTIŞMA

Sistemde yüksek çözünürlüklü göz ve ağız görüntüleri üzerinde Gabor ve YİÖ yöntemi uygulanmıştır. İfade tanımada göz ve ağız bölgeleri ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır. Hem ağız hem göz bölgesinde öncelikle sağlıklı grubun imgelerinin her bir durum (yöntem) için, yarısı eğitim yarısı testte kullanılmıştır ve sağlıklı grupta ifade tanıma yapılmıştır. Daha sonra ise, 1. nakil hastası ve 2. nakil hastasının imgeleri sağlıklı grupta eğitilen eğitim seti ile ayrı ayrı test edilmiştir. Bahsedildiği üzere YİÖ metodunda, imgeler istenilen boyutlarda alt bloklara ayrılabilirdi. Bu tezde Bölüm 3.4.2.2’de anlatıldığı gibi YİÖ operatörüyle etiketlenen aynı imgeler iki farklı şekilde alt bloklara ayrılarak histogramları alınmıştır. Boyutu indirgenmiş imgeler üzerinde yine aynı şekilde öncelikle sağlıklı grupta ifade tanıma yapılmış ve burada kullanılan eğitim seti nakil hastalarının da eğitim girişinde kullanılmıştır. Yüksek çözünürlüklü imgelere ilaveten burada farklı olarak ayrıca özellik çıkarım esnasında göz ve ağız bölgesi özellikleri birleştirilerek sınıflandırıcı girişine verilmiştir. Ve de Bölüm 3.4.2.3’te bahsedilen Gabor ve YİÖ yöntemlerinin birleşiminden oluşan bir yaklaşım, sağlıklı grup ve nakil hastalarının boyutu indirgenmiş imgeleri üzerinde ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Yine bu yaklaşımda da göz bölgesi, ağız bölgesi ve göz-ağız bölgesi olarak değerlendirilmiştir. Bölüm 3.4.3’te bahsedilen sonuçların karşılaştırılmasıyla gerçekleştirilen sınıflandırmada ise düşük çözünürlüklü imgelerle elde edilen tablolar kullanılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Bölüm 4’te verilen sonuç tabloları genel anlamda değerlendirmeye tabi tutulduğunda bilinear interpolasyon ile boyut indirgemesi yapılan imgeler üzerinde başarının arttığı gözlemlenmiştir. Yüksek çözünürlüklü imgeler üzerinde ise tekdüze YİÖ’nün ikinci bloklama durumunda (10x25 (göz bölgesi) ve 10x10 (ağız bölgesi) alt blok), özellikle sağlıklı grupta başarı oranının arttığı görülmektedir. Transplantasyon hastalarında ise bazı duysal ifadeler için bu durum sağlanmıştır. Genel olarak hem sağlıklı grup hem de yüz transplantasyon hastalarında, bazı duysal ifadeler yoğun olarak karıştırılmıştır. Korkma ve şaşırma ifadeleri bunun en göze çarpan örneğidir. Her iki ifadenin akdi sırasında gözlerin diğer ifadelerle oranla daha fazla açılması ve ağız karakteristiklerinin daha benzer olması bu durumu açıklamaktadır. Ayrıca veri tabanını oluşturan imgelerdeki bazı ifadelerin birbirine benzer olması bu ifadelerin birbiriyle ağırlıklı olarak karıştırılmasının nedenlerinden biridir. 1. yüz transplantasyon hastasının şekil 4.1’deki imgeleri göz önünde bulundurulduğunda kızgın, mutlu ve üzgün ifadelerinin birbirine yakın olduğu ve bu ifadeler arasında da karışma olduğu görülmektedir. Yine aynı sebeplerden dolayı 2. yüz transplantasyon hastasında da bazı ifadeler de karışma olmuştur.

1. nakil hastasında yüksek çözünürlüklü imgeler üzerinde Gabor metodu ile ağız bölgesinde, YİÖ (43x45 alt bölge) metodu ile de göz bölgesinde daha başarılı sonuçlara ulaşılmıştır. 2. nakil hastasında yine yüksek çözünürlüklü imgeler üzerinde YİÖ (43x45 alt bölge) metodunda ağız bölgesi göz bölgesine kıyasla daha başarılıdır. Sağlıklı grupta ise Gabor metodu ile ağız bölgesinde, YİÖ (10x25 alt bölge) de daha başarılı sonuçlara ulaşılmıştır. Boyutu indirgenmiş imgeler üzerinde 1. nakil hastasının ağız bölgesinde Gabor-YİÖ metodunun daha baskın olduğu görülmüştür. Göz-ağız bölgesinin özelliklerinin birleşimi ile elde edilen sonuçlarda ise Gabor ve Gabor-YİÖ metodlarında başarı oranının arttığı gözlenmiştir. Sağlıklı grupta ise göz-ağız bölgesinin özelliklerinin

kullanımı ile elde edilen sonuçlarda Gabor-YİÖ metodunun daha üst seviyede olduğu gözlenmiştir.

Sonuç tablolarının karşılaştırılmasıyla elde edilen sınıflandırmaya bakıldığında ise, sağlıklı grup ve nakil hastalarında ifade bazında genel anlamda bir artış gözlemlenmiştir. Özellikle nakil hastalarında bu artış belirgin bir şekilde görülmektedir. İleriki çalışmalarda farklı metodolojiler kullanılarak bu sonuçlar geliştirilebilir.



**6. KAYNAKLAR**

- ABACI, B. 2016. "C++ ile Görüntü İşleme Uygulamaları: C++ ile Gabor Filtre Uygulaması". <http://www.cescript.com/2012/09/c-ile-gabor-filtre-uygulamasi.html>.
- AHONEN, T., HADİD, A. and PİETİKAINEN, M. 2006. "Face description with local binary patterns: Application to face recognition". *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 28(12), 2037-2041.
- AOİ, M., KAMIJO M. and YOSHIDA H. 2011. "Relationship between Facial Expression and Facial Electromyogram (f-EMG) Analysis in the Expression of Drowsiness". *International Conference on Biometrics and Kansei Engineering (ICBAKE)*, 65–70. doi:10.1109/ICBAKE.2011.26.
- ARAN, O., ARİ, I., GUVENSAN, A., HABERDAR, H., KURT, Z., TURKMEN, I., UYAR, A. ve AKARUN, L. 2007. "Türk İşaret Dili Yüz İfadesi ve Baş Hareketi Veritabanı", *Sinyal İşleme ve Uygulamaları Konferansı, Eskişehir*.
- ARI, İ. ve AKARUN, L. 2009. "Yüz Özniteliklerinin Takibi ve İşaret Dili için İfade Tanıma (Facial Feature Tracking and Expression Recognition for Sign Language)," *IEEE 17. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Konferansı, Antalya, 2009*.
- ARI, İ. 2008. Matlab ile İmge İşlemeye Giriş. <http://ismailari.com/blog/matlab-ile-imge-islemeye-giris/>
- ATASOYWEB. 2011. <http://www.atasoyweb.net/Gabor-Filtresi>
- AYDIN, İ. 2013. BMÜ-357Sayısal Görüntü İşleme. [http://web.firat.edu.tr/iaydin/bmu357/Bolum\\_1.pdf](http://web.firat.edu.tr/iaydin/bmu357/Bolum_1.pdf)
- BALCILAR, M. ve SÖNMEZ, A.C. 2008. "Geometrik Düzeltme ve Gabor Filtreleriyle Araç Plaka Tespiti Localization of Licence Plate using Geometric Correction and Gabor Filter". *ELECO. Bursa, 2008, Ekim*.
- BARTLETT, M.S., LITTLEWORT, G., FASEL, I. and MOVELLAN, J.R. 2003. "Real Time Face Detection and Facial Expression Recognition: Development and Applications to Human Computer Interaction". In *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, 2003. CVPRW '03*, 5:53–53. doi:10.1109/CVPRW.2003.10057.
- BEDELOĞLU, M., TOPÇU, Ç., DÖĞER, E., AKGÜL, A., SEVER, S., ÖZKAN, Ö., ÖZKAN, Ö., UYSAL, H., POLAT, Ö. ve ÇOLAK, Ö.H. 2015. "Yüz Transplantasyon Hastasında Duysal İfade Gelişiminin Görüntü Temelli Analizi". *TIPTEKNO2015*, ss.1-4, 15-18 Ekim 2015, Muğla.

- BETTADAPURA, V. 2012. "Face Expression Recognition and Analysis: The State of the Art". *arXiv:1203.6722 [cs]*, Mart. <http://arxiv.org/abs/1203.6722>.
- BHATT, D.H., RATHOD, K.R., and AGRAVAT, S.J. 2014. "A Study of Local Binary Pattern Method for Facial Expression Detection". *International Journal of Computer Trends and Technology* 7 (3):151–53. doi:10.14445/22312803/IJCTT-V7P143.
- CHAO, W. "Gabor Wavelet Transform and Its Application". Wei-lun Chao R989420 73
- COHEN, I., SEBE, N., GARG, A., CHEN, L.S. and HUANG, T.S. 2003. "Facial expression recognition from video sequences: temporal and static modeling". *Computer Vision and Image Understanding*, Special Issue on Face Recognition, 91 (1–2): 160–87. doi:10.1016/S1077-3142(03)00081-X.
- DANIŞMAN, T. ve ALPKOÇAK, A. 2006. "Resimlerdeki İnsan Yüzlerinin Duygusal İfadesini Tanıma Recognition of Facial Emotional Expression in Images". İçinde *Signal Processing and Communications Applications, 2006 IEEE 14th*, 1–4. doi:10.1109/SIU.2006.1659797.
- EKMAN, P. and ROSENBERG, E.L. 1997. *What the face reveals: Basic and applied studies of spontaneous expression using the Facial Action Coding System (FACS)*. Oxford University Press, USA.
- FENG, X., HADİD, A. and PİETİKÄİNEN, M. 2004. "A Coarse-to-Fine Classification Scheme for Facial Expression Recognition". İçinde *Image Analysis and Recognition*, editör Aurélio Campilho ve Mohamed Kamel, 668–75. Lecture Notes in Computer Science 3212. Springer Berlin Heidelberg. [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-30126-4\\_81](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-30126-4_81).
- FENG, X., PİETİKÄİNEN, M. and HADİD, A. 2005. "Facial Expression Recognition with Local Binary Patterns and Linear Programming", University of Oulu, Finland. *Pattern Recognition and Image Analysis*, Vol. 15, No. 2, 2005, pp. 546–548.
- GONZALEZ, R.C. and RICHARD, E.W. 2008. *Digital Image Processing*. Prentice Hall.
- HAGHİGHAT, M., ZONOZ, S. and ABDEL-MOTTALEB, M. 2013. "Identification Using Encrypted Biometrics". *Computer Analysis of Images and Patterns*, editör Richard Wilson, Edwin Hancock, Adrian Bors, ve William Smith, 440–48. Lecture Notes in Computer Science 8048. Springer Berlin Heidelberg. [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-40246-3\\_55](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-40246-3_55).

- HUANG, D., SHAN, C., ARDABİLİAN, M., WANG, Y. and CHEN, L. 2011. "Local Binary Patterns and Its Application to Facial Image Analysis: A Survey". *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)* 41 (6): 765–81. doi:10.1109/TSMCC.2011.2118750.
- LAI, C.C. and KO, C.H. 2014. "Facial expression recognition based on two-stage features extraction". *Optik - International Journal for Light and Electron Optics* 125 (22): 6678–80. doi:10.1016/j.ijleo.2014.08.052.
- Lee, C.J. and Wang, S.D. 1999. "Fingerprint Feature Extraction Using Gabor Filters". *Electronics Letters*, 35(4), 288-290, 1999.
- LUCEY, P., COHN, J.F., KANADE, T., SARAGİH, J., AMBADAR, Z. and MATTHEWS, I. 2010. "The Extended Cohn-Kanade Dataset (CK+): A complete dataset for action unit and emotion-specified expression". *IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*, 94–101. doi:10.1109/CVPRW.2010.5543 262.
- MA, L., WANG, Y. and TAN, T. 2002. Iris recognition based on multichannel Gabor filtering. *In Proc. Fifth Asian Conf. Computer Vision* (Vol. 1, pp. 279-283).
- MANGLİK, P.K., MİSRA, U., PRASHANT, and MARİNGANTİ, H.B. 2004. "Facial expression recognition". *IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 3:2220–24 vol.3. doi:10.1109/ICSMC.2004.1400658.
- MÄENPÄÄ, T. and PIETİKÄINEN, M. 2005. "Texture analysis with local binary patterns". *Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision*, 3, 197-216.
- drtdrt
- MCANDREW, A. 2004. An Introduction to Digital Image Processing with Matlab. School of Computer Science and Mathematics Victoria University of Technology
- MCCLURE, E.B., POPE, K., HOBEBMAN, A.J., PİNE, D.S. and LEİBENLUFT, E. 2003. "Facial Expression Recognition in Adolescents With Mood and Anxiety Disorders". *American Journal of Psychiatry* 160 (6): 1172–74. doi:10.1176/appi.ajp.160.6.1172.
- MESHGİNİ, S., AGHAGOLZADEH, A. and SEYEDARABİ, H. 2012. "Face Recognition Using Gabor Filter Bank, Kernel Principle Component Analysis and Support Vector Machine". *International Journal of Computer Theory and Engineering*,4(5), 767.
- NABİYEV, V.V. ve GÜNAY, A. 2010. "LBP yardımıyla görüntüdeki kişinin yaşının bulunması". *Çankaya University Journal of Science and Engineering*,8(1).

- NABİYEYEV, V. ve KOÇAK, F. 2011. “Yerel İkili Örneklerle Yüz Güzelliği Kararı”. *Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu 2011*.
- ODOYO, W.O., LEE, G.B., PARK, J.J. and CHO, B.J. 2009. “Facial expression classification using Eigen-components of principal expressions”. *11th International Conference on Advanced Communication Technology, 2009. ICACT 2009*, 03:1903–6.
- 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. doi:10.1016/0031-3203(95)00067-4.
- OJALA, T., PIETIKÄINEN, M. and MAENPAA, T. 2002. “Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns”. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* 24 (7): 971–87. doi:10.1109/TPAMI.2002.1017623.
- ÖZMEN, G. ve KANDEMİR, R. 2012. “Haar Dalgacıkları ve Kübik Bezier Eğrileri İle Yüz İfadesi Tespiti Facial Expression Detection With Haar Wavelet and Cubic Bezier Curves”. *ELECO 2012 Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, 29 Kasım - 01 Aralık 2012, Bursa.
- PIETIKÄINEN, M., HADİD, A., ZHAO, G. and AHONEN, T. 2011. “Local Binary Patterns for Still Images”. *Computer Vision Using Local Binary Patterns*, 13–47. *Computational Imaging and Vision* 40. Springer London. [http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-85729-748-8\\_2](http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-0-85729-748-8_2).
- SARODE, N. and BHATIA, S. 2010. “Facial expression recognition”. *International Journal on computer science and Engineering*, 2(5), 1552-57.
- SHAN, C., GONG, S. and MCOWAN, P.W. 2005. “Robust facial expression recognition using local binary patterns”. *IEEE International Conference on Image Processing, 2005. ICIP 2005*, 2:II – 370–73. doi:10.1109/ICIP.2005.1530069.
- SHAN, C., GONG, S. and W. MCOWAN, P. 2009. “Facial expression recognition based on Local Binary Patterns: A comprehensive study”. *Image and Vision Computing* 27 (6): 803–16. doi:10.1016/j.imavis.2008.08.005.
- SHEN, L.L., BAI, L. and FAIRHURST, M. 2007. “Gabor wavelets and General Discriminant Analysis for face identification and verification”. *Image and Vision Computing* 25 (5): 553–63. doi:10.1016/j.imavis.2006.05.002.
- SIEMIONOW, M., ÖZMEN S. and DEMİR Y. 2004. “Plastic and Reconstructive Surgery”. 113(5):1421-1428



- SINGH, R., VATSA, M. and NOORE, A. 2008. "Integrated multilevel image fusion and match score fusion of visible and infrared face images for robust face recognition". *Pattern Recognition*, Part Special issue: Feature Generation and Machine Learning for Robust Multimodal Biometrics, 41 (3): 880–93. doi:10.1016/j.patcog.2007.06.022.
- SPRENGELMEYER, R., RAUSCH, M., EYSEL, U.T. and PRZUNTEK, H. 1998. "Neural Structures Associated with Recognition of Facial Expressions of Basic Emotions". *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 265 (1409): 1927–31. doi:10.1098/rspb.1998.0522.
- TEKELİ, E., ÇETİN, M. ve ERCİL, A. 2007. "A Local Binary Patterns and Shape Priors Based Texture Segmentation Method". *Signal Processing and Communications Applications*, 2007. *SIU 2007. IEEE 15th*, 1–4. doi:10.1109/SIU.2007.4298755.
- TIAN, Y.L. 2004. "Evaluation of Face Resolution for Expression Analysis". İçinde *Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshop, 2004. CVPRW '04*, 82–82. doi:10.1109/CVPR.2004.60.
- TIAN, Y.L., KANADE, T. and COHN, J.F. 2005. "Facial Expression Analysis". In *Handbook of Face Recognition*, 247–75. Springer New York. [http://link.springer.com/chapter/10.1007/0-387-27257-7\\_12](http://link.springer.com/chapter/10.1007/0-387-27257-7_12).
- ULUKAYA, S. ve ERDEM, Ç.E. 2011. "Duygu Tanıma İçin Geometrik Yüz Özniteliklerinin Karşılaştırılması A Comparison of Geometrical Facial Features For Affect Recognition". 2011 *IEEE 19th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU 2011)*.
- VURAL, E., ÇETİN, M., ERÇİL, A., LITTLEWORT, G., BARTLETT, M. and MOVELLAN, J. 2008. "Automated drowsiness detection for improved driving safety". Papers in Conference Proceedings. Kasım. [http://www.icatconf.org/ICAT08\\_Program.pdf](http://www.icatconf.org/ICAT08_Program.pdf).
- YANG, Z. and AI, H. 2007. "Demographic classification with local binary patterns". In *Advances in Biometrics* (pp. 464-473). Springer Berlin Heidelberg.
- "Yüz nakli". 2016. *Vikipedi*. [https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Y%C3%BCz\\_nakli&oldid=16695995](https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Y%C3%BCz_nakli&oldid=16695995).
- ZHANG, L., CHU, R., XIANG, S., LIAO, S. and LI, S.Z. 2007. "Face detection based on multi-block lbp representation". In *Advances in biometrics* (pp. 11-18). Springer Berlin Heidelberg.
- ZHANG, W., SHAN, S., GAO, W., CHEN, X. and ZHANG, H. 2005. "Local Gabor binary pattern histogram sequence (LGBPHS): a novel non-statistical model for face representation and recognition". In *Tenth IEEE International Conference*

on *Computer Vision*, 2005. ICCV 2005, 1:786–91 Vol. 1. doi:10.1109/ICCV.2005.147.

ZHANG, W., SHAN, S., ZHANG, H., GAO, W. and CHEN, X. 2005. “Multi-resolution histograms of local variation patterns (MHLVP) for robust face recognition,” in *Proc. Audio- Video-Based Biometric Person Authent*, 2005, pp. 937–944

ZHANG, Z., LYONS, M., SCHUSTER, M. and AKAMATSU, S. 1998. “Comparison between geometry-based and Gabor-wavelets-based facial expression recognition using multi-layer perceptron”. In *Third IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, 1998. Proceedings*, 454–59. doi:10.1109/AFGR.1998.670990.



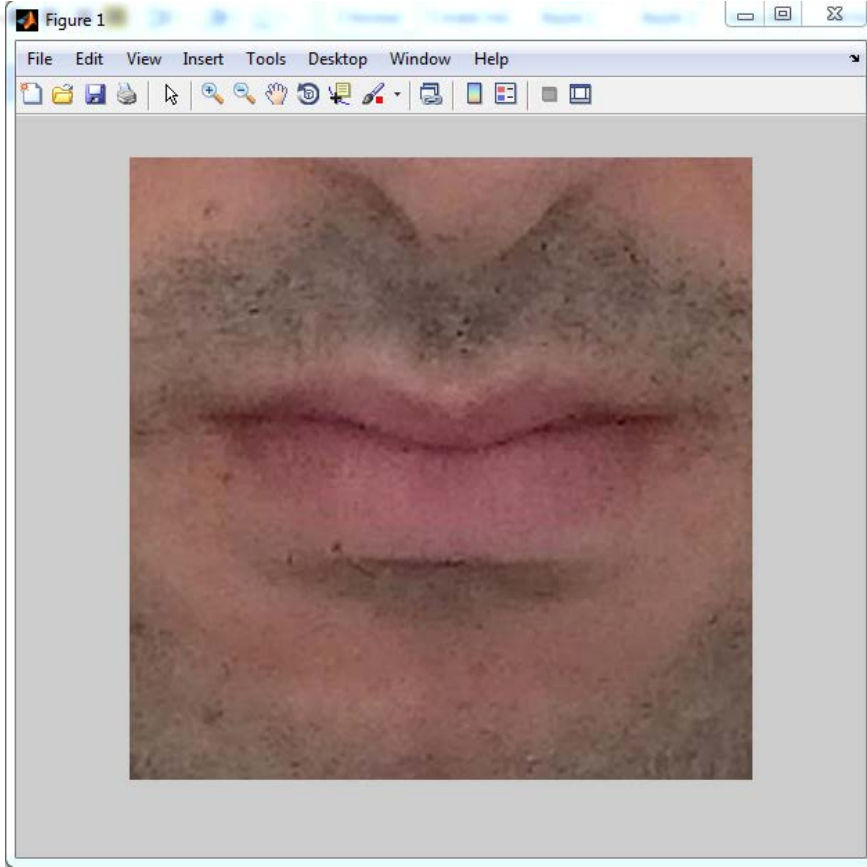
## 7. EKLER

### Ek 1: Matlabta Temel Görüntü İşleme Uygulamaları

Görüntü işleme gerçekleştirilecek uygulamalara göre farklı komutlar içermektedir. Geniş uygulama alanına sahip olan matlabın kütüphanesinde bulunan hazır görüntü işleme fonksiyonları kullanıcıya kolaylık sağlamaktadır.

Üzerinde işlem yapılmak istenen fotoğraf ilk olarak `imread()` fonksiyonu ile matlab ortamında okunur. `imshow()` komutu ile de resim görüntülenir.

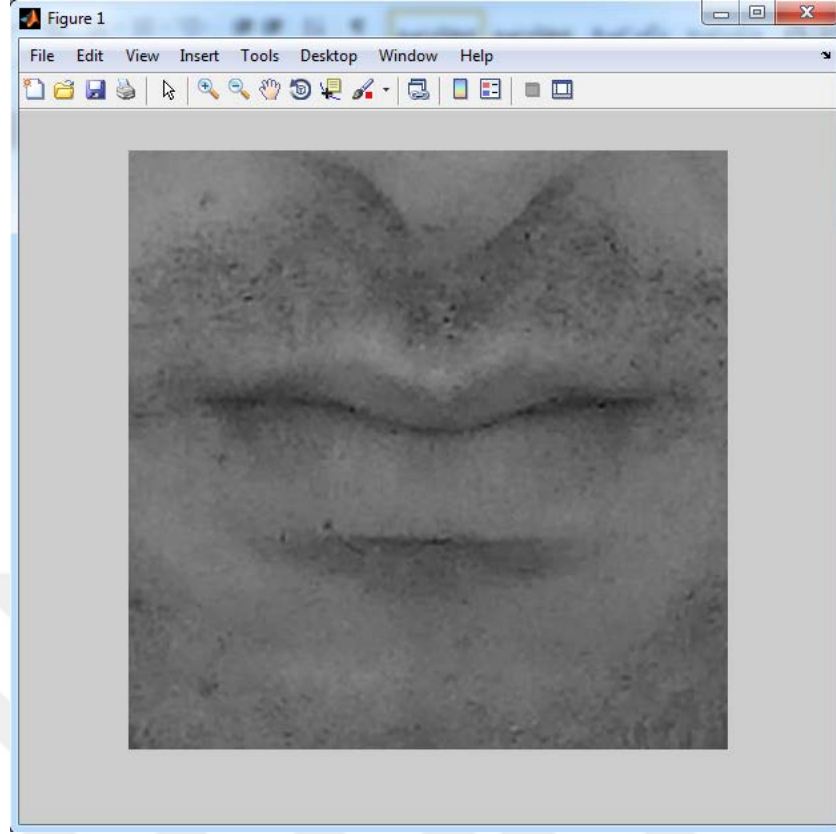
```
x=imread('imge.jpg');  
imshow(x);
```



Şekil 7.1. Resmin matlab ortamında görüntülenmesi

Matlabta resim türleri birbirlerine dönüştürülebiliyordu. Gerçek renkli resim `rgb2gray()` komutu ile gri seviyeli resme dönüştürülmektedir.

```
y=rgb2gray(x);  
imshow(y);
```



Şekil 7.2. Gri seviyeli resim

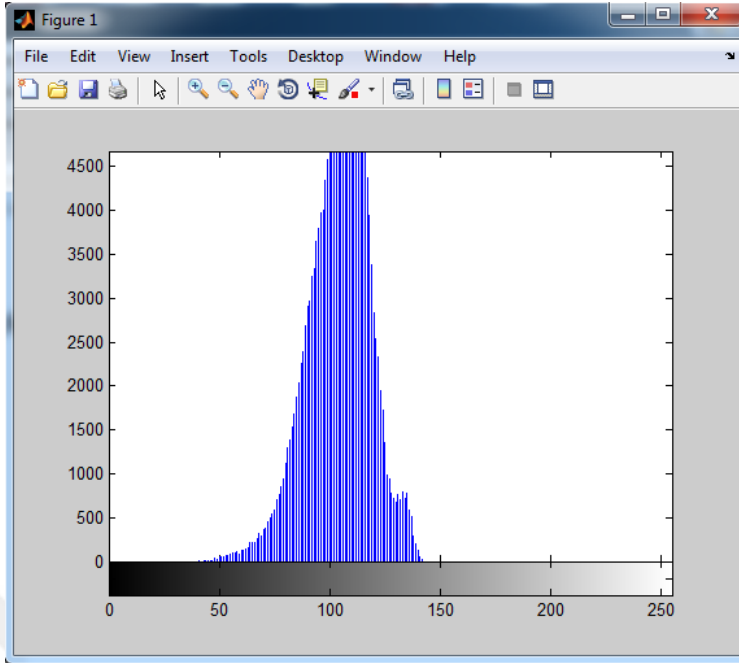
Resim içindeki renk değerleri ile ilgili bilgiye ise histogram grafiğinden ulaşılmaktadır. Gri seviyeli bir resmin grafiğine `imhist()` komutu ile ulaşılır.

`imhist(y)`

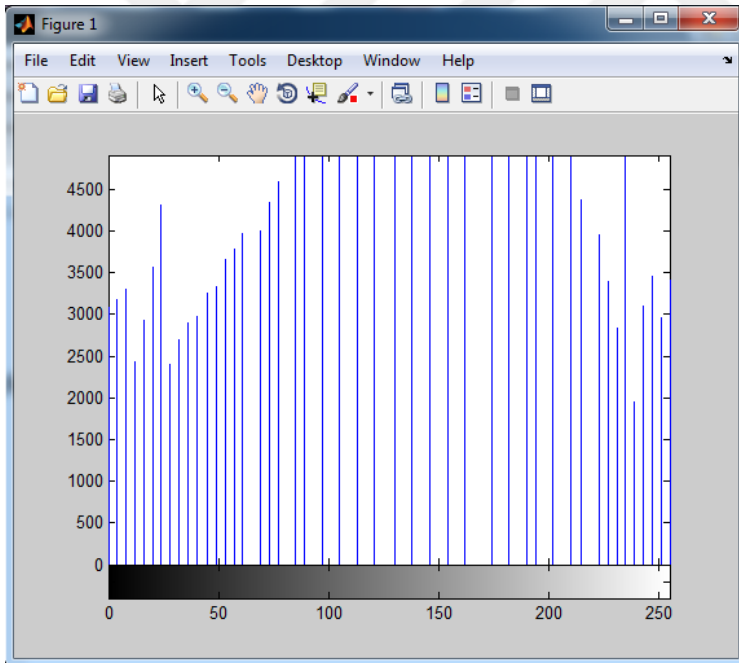
Görüntülerin histogram eşitlemesi ise `histeq()` komutu ile gerçekleştirilmektedir. Histogram eşitlemesi yapılmış görüntünün grafiği yine `imhist()` ile görüntülenmektedir.

`z=histeq(y);`

`imhist(z)`



Şekil 7.3. Gri seviyeli görüntünün histogram grafiği



Şekil 7.4. Histogram eşitlemesi yapılan gri seviyeli resmin histogram grafiği

## ÖZGEÇMİŞ



Merve BEDELOĞLU 1988 yılında Antalya'da doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini Antalya'da tamamladı. 2009 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nden 2013 yılında Elektrik Elektronik Mühendisi olarak mezun oldu. Eylül 2013 tarihinde, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Aynı zamanda Ekim 2013-Ekim 2015 yılları arasında TÜBİTAK destekli projede çalıştı (Çalışmada yüz ve kol transplantasyon hastaları yer almıştır). 2016 yılında yüksek lisans öğrenimini tamamladı.

