

GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ İLE YAŞ TAHMİNİ

Ömer Toprak
151402121

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Bilgisayar Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erdal Güvenoğlu

İstanbul


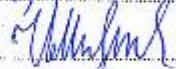

T.C. Maltepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Ağustos, 2019


JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

ÖMER TOPRAK'ın "Gözetim İşleme Teknikleri ile Yaş Tahmini" başlıklı tezi 10.09.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği" nin ilgili maddeleri uyarınca Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans/Doktora tezi yeterliliğiyle/oy çokluğuyla, başarıyla/başarısız olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı, Adı ve Soyadı	İmza
Çye (Tez Danışmanı)	Dr. Öğr. Üyesi Fehri GÜVENOĞLU	
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Volkan TUNALI	
Çye	Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Fehmi Selim BAYRAKLI	

Prof. Dr. İker BÜYÜKDİĞAN
Enstitü Müdürü Y.



	ŞEKİL ONAY SAYFASI	Doküman No	FR-105
		İlk Yayın Tarihi	20.12.2017
		Revizyon Tarihi	10.12.2018
		Revizyon No	01
		Sayfa	1/2

ŞEKİL ONAY SAYFASI

08/10/2019

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,	
Aşağıda bilgileri bulunan lisansüstü öğrencinin tezi şekil yönünden tarafımdan incelenmiş ve Enstitüye teslim edilmesi uygun bulunmuştur.	
Anabilim Dalı Başkanı Prof. Dr. A. Mesut RAZBONYALI	<i>(Signature)</i>

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI SOYADI	Ömer TOPRAK
ÖĞRENCİ NUMARASI	151402121
ANABİLİM DALI	BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ
PROGRAMI	(X) YÜKSEK LİSANS () DOKTÖRA () SANATTA YETERLİK
DANIŞMANI	Dr.Öğr. Üyesi Erdal GÜVENOĞLU
TEZ BAŞLIĞI	Görüntü İşleme Teknikleri ile Yaş Tahmini
SAVUNMA TARİHİ	10.09.2019
e-posta	toprakomr@gmail.com

İç Kapak	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Jüri Onay Sayfası	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Etik İske ve Kurallara Uyum Beyanı	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
İntihal Raporu	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Teşekkür Sayfası	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Öz (Başlık-Öz-Anahtar Sözcükler)	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Abstract (Title-Abstract-Key Words)	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok

Hazırlayan İlgili Birim	Kalite Koordinatörü Dr. Öğr. Üyesi Şafak GÜNDÖZ	Kurumsal Yetkil Prof. Dr. Belma AKŞİT
----------------------------	--	--

(Doküman No: FR-105; Yayın Tarihi: 20.12.2017; Revizyon Tarihi: ; Revizyon No:00)



ŞEKİL ONAY SAYFASI


Doküman No	FR-105
İlk Yayın Tarihi	20.12.2017
Revizyon Tarihi	10.12.2018
Revizyon No	01
Sayfa	2/2

İçindekiler	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Çizelgeler Listesi	<input type="checkbox"/> Var <input checked="" type="checkbox"/> Yok
Şekiller Listesi (varsa)	<input type="checkbox"/> Şekil yok <input checked="" type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Kısaltmalar Listesi	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Tablolar Listesi (varsa)	<input type="checkbox"/> Tablo yok <input checked="" type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Ekler Listesi (varsa)	<input checked="" type="checkbox"/> Ek yok <input type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Özgeçmiş	<input checked="" type="checkbox"/> Var <input type="checkbox"/> Yok
Sayfa Genişliği	<input checked="" type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Yazı Tipi	<input checked="" type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Referans Kullanımı	<input checked="" type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Kaynakça Yazımı	<input checked="" type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir
Ekler (varsa)	<input checked="" type="checkbox"/> Ek yok <input type="checkbox"/> Uygundur <input type="checkbox"/> Uygun Değildir

Hazal Akgül

Hazırlayan İlgili Birim	Kalite Koordinatörü Dr. Öğr. Üyesi Şafak GÜNDÜZ	Kurumsal Yetkili Prof. Dr. Belma AKŞİT
----------------------------	--	---

(Doküman No: FR-105 Yayın Tarihi: 20.12.2017 Revizyon Tarihi: 10.12.2018 Revizyon No: 01)

 maltepe üniversitesi	ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI	Doküman No	FR-178
		İlk Yayın Tarihi	01.03.2018
		Revizyon Tarihi	
		Revizyon No	00
		Sayfa	1/1

Revizyon Takip Tablosu

REVİZYON NO	TARİH	AÇIKLAMA
00	01.03.2018	İlk yayın.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

10/09/2019

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğum; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarından bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilmeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; çalışmamın Maltepe Üniversitesinde kullanılan "bilimsel intihal tespit programı" ile tarandığını ve öngörülen standartları karşıladığımı beyan ederim.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Ömer Toprak



Hazırlayan	Kalite Koordinatörü	Kurumsal Yetkili
İlgili Birim	Dr. Öğr. Üyesi Şahak GÜNDÜZ	Prof. Dr. Belma AKŞİT

Doküman No: FR-178; Yayın Tarihi: 01.03.2018; Revizyon Tarihi: ; Revizyon No:00

ömer toprak intihal

ORIGINALITY REPORT

9%

SIMILARITY INDEX

6%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

8%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	sbe.maltepe.edu.tr Internet Source	2%
2	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Student Paper	2%
3	www.maltepe.edu.tr Internet Source	1%
4	Submitted to Üsküdar Üniversitesi Student Paper	<1%
5	Submitted to Afyon Kocatepe University Student Paper	<1%
6	Submitted to National University Of Science and Technology Student Paper	<1%
7	Submitted to Bahcesehir University Student Paper	<1%
8	vision.gyte.edu.tr Internet Source	<1%

Dr. Öğr. Üyesi Erdal Güvenoğlu


TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalıőmayı bilgi ve katkıları ile yönlendiren, eğitim hayatımda önemli yer sahibi saygı değer danıőmanım Dr. Öğr. Üyesi Erdal Güvenoğlu'na teşekkürlerimi arz ederken, eğitim öğretim hayatım boyunca üzerimde emeği geçen tüm öğretmenlerime ve beni büyütüp bugünlere getiren, maddi ve manevi her türlü desteği sağlayan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunmak isterim.

Ömer Toprak

Eylül 2019



ÖZ

GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ İLE YAŞ TAHMİNİ

Ömer Toprak

Yüksek Lisans Tezi

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilgisayar Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erdal Güvenoğlu

Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019

Yüz resminden insan yaşının bilgisayar tabanlı sistemler yardımıyla tahmin edilmesi günümüzde popüler olan bir araştırma konusudur. Yaşlanma kişiden kişiye farklılık gösteren kişiye özgü bir durumdur. Ayrıca yaşlanma genetik yapı, cinsiyet, sağlık durumu ve yaşam koşulları gibi birçok durumdan etkilenebilen bir süreçtir. Bu nedenler ile yaş tahmini problemi için bilgisayar tabanlı bir sistem geliştirmek oldukça zordur. Yaşlanmanın etkili bir şekilde tanımlanması problemin çözümünde önemli bir yer tutmaktadır. Günümüzdeki gereksinimleri karşılayacak bir şekilde yaşlanmanın modellenmesi için bu tez çalışmasında doku tabanlı özellik çıkarma yöntemlerin birleştirilmesi ile oluşturulan yeni bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemde HOG (Histogram of Oriented Gradients), LBP (Local Binary Pattern) ve Gabor özellik çıkarma yöntemleri birlikte uygulanmıştır. Elde edilen özelliklerin sınıflandırılmasında K-NN (K-Nearest Neighbour) sınıflandırma algoritması kullanılmıştır. Ayrıca geliştirilen yöntemin performansını değerlendirmek için MAE (Mean Absolute Error) hata ölçüm tekniğinden yararlanılmıştır. Geliştirilen sistemde IMDB-WIKI veritabanındaki görüntüler kullanılmıştır. Veritabanındaki görüntülere yüz bölgesinin tespiti, histogram eşitleme ve yeniden boyutlandırma gibi bazı ön işlemler uygulanmıştır. Böylece kullanılacak görüntülerdeki bazı farklılıklar ortadan kaldırılmıştır. Sonuç olarak yapılan çalışmalarda yaş tahmini problemi için HOG (Histogram of Oriented Gradients), LBP (Local Binary Pattern) ve Gabor gibi özellik çıkarma yöntemlerinin birlikte kullanılması ile daha etkili sonuçların elde edildiği gözlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: 1. Görüntü işleme; 2.Yaş tahmini; 3.Yüz analizi; 4.Öznitelik çıkarımı

ABSTRACT

AGE ESTIMATION WITH IMAGE PROCESSING TECHNIQUES

Ömer Toprak

Master Thesis

Department of Computer Engineering

Computer Engineering Programme

Advisor: Asst. Prof. Erdal Güvenoğlu

Maltepe University Graduate School of Science, 2019

Estimation of human age from face images with the help of computer-based systems has been a popular research topic. Aging is a person-specific condition that varies from person to person. In addition, aging is a process that can be affected by many conditions such as genetic structure, gender, health status and living conditions. For these reasons, it is quite difficult to develop a computer-based system for the age estimation problem. Effective definition of aging plays an important role in solving the problem. In this study, a new method that is formed by combining tissue based characteristics extraction methods is proposed in order to create an aging model to meet recent requirements. In the proposed method, HOG (Histogram of Oriented Gradients), LBP (Local Binary Pattern) and Gabor characteristics extraction methods were applied together. K-NN (K-Nearest Neighbor) classification algorithm was used in order to classify the obtained characteristics. In addition, MAE (Mean Absolute Error) error measurement technique was used to evaluate the performance of the developed method. IMDB-WIKI database images were used in the developed system. Some preliminary procedures such as face area detection, histogram equalization and resizing were applied to the images in the database. Thus, some differences are eliminated in the images to be used. As a result, it was observed that more effective results were obtained by using characteristics extraction methods such as HOG (Local Binary Pattern) and Gabor for the age estimation problem.

Keywords: 1. Image processing ; 2. Age estimation; 3. Face analysis; 4. Feature extraction

İÇİNDEKİLER

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	İİ
ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI.....	HATA! YER İŞARETİ TANIMLANMAMIŞ.
İNİTİHAL RAPORU	HATA! YER İŞARETİ TANIMLANMAMIŞ.
TEŞEKKÜR.....	Vİ
ÖZ	Vİİ
ABSTRACT.....	Vİİİ
İÇİNDEKİLER	İX
TABLolar LİSTESİ.....	Xİ
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	Xİİ
KISALTMALAR LİSTESİ	Xİİİ
ÖZGEÇMİŞ	XİV
BÖLÜM 1. GİRİŞ.....	1
1.1. Yaş Tahmininde Kullanılan Modeller.....	3
1.1.1. Antropometrik Model	4
1.1.2. Aktif Görünüm Modeli	4
1.1.3. Yaşlanma Deseni Altuzayı Modeli (AGES).....	5
1.1.4. Yaş Manifoldu	6
1.1.5. Görünüm Modelleri	6
1.2. Yaş Tahmin Algoritmaları	7
1.2.1. Sınıflandırmaya Dayalı Yaş Tahmini	7
1.2.2. Regresyona Dayalı Yaş Tahmini.....	8
1.3. Yaş Tahmininde Kullanılan Veri Tabanları.....	9
1.3.1. FERET	9
1.3.2. Morph.....	9
1.3.3. YGA Dataset.....	10
1.3.4. Gallagher Database	10
1.3.5. IMDB-WIKI Database.....	10
BÖLÜM 2. YÖNTEM.....	12
2.1. Ön İşlemler.....	13
2.1.1. Yüz Bölgesinin Tespiti	13

2.1.2. Histogram Eşitleme.....	14
2.1.3. Boyutlandırma İşlemi.....	15
2.2. Özellik Çıkarımı.....	15
2.2.1. Local Binary Pattern (LBP)	15
2.2.2. Histogram Of Oriented Gradients (HOG).....	18
2.2.3. Gabor.....	19
2.3. Sınıflandırma.....	20
2.3.1. K-NN Sınıflandırma.....	21
2.4. Hata Ölçüm Teknikleri.....	22
BÖLÜM 3. BULGULAR VE YORUMLAR.....	23
3.1. Deneysel Sonuçlar.....	23
3.1.1. Deneysel Sonuçlar 1: HOG Özellik Çıkarma Yöntemi Kullanılarak Yaş Tahmini	24
3.1.2. Deneysel Sonuçlar 2: LBP Özellik Çıkarma Yöntemi Kullanılarak Yaş Tahmini	25
3.1.3. Deneysel Sonuçlar 3: Gabor Özellik Çıkarma Yöntemi Kullanılarak Yaş Tahmini	26
3.1.4. Deneysel Sonuçlar 4: HOG + Gabor Özellik Çıkarma Yöntemi Kullanılarak Yaş Tahmini	26
3.1.5. Deneysel Sonuçlar 5: LBP + Gabor Özellik Çıkarma Yöntemi Kullanılarak Yaş Tahmini	27
BÖLÜM 4. SONUÇ	29
KAYNAKÇA.....	30

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Veritabanı Bilgileri.....	11
Tablo 3.1. HOG özellik çıkarımı için yaş tahmini değeri.....	25
Tablo 3.2. LBP özellik çıkarımı için yaş tahmini değeri.....	25
Tablo 3.3. Gabor özellik çıkarımı için yaş tahmini değeri.....	26
Tablo 3.4. HOG + Gabor özellik çıkarımı için yaş tahmini değeri.....	27
Tablo 3.5. LBP + Gabor özellik çıkarımı için yaş tahmini değeri.....	27
Tablo 3.6. Özellik çıkarma yöntemleri için yaş tahmini değerleri.....	28

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Yaş tahmini probleminin genel aşamaları	3
Şekil 1.2. Feret veri seti örnek görüntü dizisi	9
Şekil 1.3. Morph veri seti örnek görüntü dizisi	10
Şekil 1.4. IMDB-WIKI veri seti örnek görüntü dizisi	10
Şekil 2.1. Yaş tahmin sisteminin genel yapısı	12
Şekil 2.2. Viola-Jones algoritması ile tespit edilen yüz bölgesi.	14
Şekil 2.3. Histogram Eşitleme	14
Şekil 2.4. LBP operatörünün uygulanışı	16
Şekil 2.5. (8,1), (8,2), (16,2) LBP operatörleri	16
Şekil 2.6. LBP histogramının oluşturulması.	18
Şekil 2.7. HOG uygulama şeması	19
Şekil 2.8. Gabor Filtresi	20
Şekil 2.9. K-NN Temel Yapısı.....	21
Şekil 3.1. IMDB-WIKI Veritabanındaki Yaş Dağılımı	23

KISALTMALAR

- AAM : Aktif Görünüm Modeli
- AGES : Yaşlanma Örüntüsü Altuzayı
- ANN : Yapay Sinir Ağı
- BIF : Biyolojik Esinlendirilmiş Özellikler
- CAM : Kontur Görünüm Modeli
- CNN : Konvolüsyonel Sinir Ağı
- FERET : Yüz Tanıma Teknolojisi Veritabanı
- HOG : Yönlendirilmiş Gradyan Histogramı
- KNN : K-En Yakın Komşu Sınıflandırması
- LARR : Yerel Düzeltilmiş Sağlam Regresyonu
- LBP : Yerel İkili Deseni
- MAE : Ortalama Mutlak Hata
- MLP : Çok Katmanlı Algılayıcı
- SVM : Destek Vektör Makineleri
- SVR : Destek Vektörü Regresörü
- YGA : Yamaha Cinsiyet ve Yaş Veritabanı

ÖZGEÇMİŞ

Ömer Toprak

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Eğitim

Derece Yıl Üniversite, Enstitü, Anabilim/Anasanat Dalı

Ls. 2011 Uludağ Üniversitesi, Eğitim Fakültesi

Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Anabilim Dalı

Lise 2004 Sivas Lisesi

İş/İstihdam

Yıl Görev

2012 -2018 Öğretim Görevlisi. MSÜ K.K Astsb. Meslek Yüksek Okulu

Kişisel Bilgiler

Doğum yeri ve yılı : Sivas, 1987 Cinsiyet: E

Yabancı diller : İngilizce (Orta);

GSM / e-posta : toprakomr@gmail.com

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Bu tez çalışmasında görüntü işleme teknikleri kullanılarak yüz resimlerinden insanların yaşının tahmin edilmesi problemi üzerinde araştırmalar ve deneyler yapılmıştır. Yüz resimleri kişiye ait özel bilgileri barındırır. Aynı parmak izi gibi kişileri birbirinden ayırıt edici özelliğe sahiptir. Belirli bir erişkinlikte olan bireyler sosyal yaşantıda karşılıklı iletişimde bulunduğu kişilerin temel bilgilerini (cinsiyet, yaş, etnik köken, ifade ve duygu) dış görünüşüne bakarak bu bilgilerin analiz ve değerlendirmesini rahatlıkla yapabilir. Günümüzde bu tarz bilgilerin artık bilgisayar destekli otomatik sistemler tarafından analiz edilip değerlendirilmesi sürekli gelişmekte olan teknolojik yenilikler ile artık bir ihtiyaç haline gelmiştir. Çünkü insan-bilgisayar etkileşiminin giderek daha da yaygınlaştığığı bilgi ve teknoloji çağında gündelik yaşamımızın artık her alanında bilgisayar tabanlı otomatik sistemler kullanılmaktadır. Bu nedenlerden dolayı yüz resimlerinden bilgisayar destekli sistemler yardımıyla yaşın tahmin edilmesi günümüzde popüler olan bir araştırma konusudur. Bu konu ile ilgili birçok araştırma yapılarak yöntem ve teknik önerilmiş olsada elde edilen performans beklenen gereksinimleri tam olarak karşılamamaktadır.

Yaşlanma kişiden kişiye değişiklik gösteren bir durumdur. Yaşlanma yavaş ve geri döndürülemez olduğu gibi yüzdeki yaşlanmayı etkileyen yaşam tarzı, çalışma koşulları ve ortamı, sosyal yaşantı, sağlık durumu, kişisel alışkanlıklar ve iklim koşulları gibi dış faktörler bulunmaktadır. Bu dış faktörlerinin yanında genetik yapı ve cinsiyet gibi iç faktörlerde yüzdeki yaşlanmayı etkilemektedir. Yaşlanmayı etkileyen iç ve dış faktörlerden başka ayrıca yüz resimlerinde sakal ve gözlük gibi ek durumlarında olması yine yaş tahmini problemi için dikkat edilmesi gereken bir durumdur. Yaşlanmanın yavaş ve uzun zaman alan bir süreç olması bu araştırmalar için veri toplama açasından biraz maliyetlidir. Her birey için standart olmayan yaşlanmayı belirgin bir formata dönüştürmek yukarıda bahsedilen sınırlıklar nedeniyle oldukça zordur. Bu nedenlerden dolayı birçok farklı değişkeni bulunan böyle bir problemde bilgisayar temelli bir sistem ya da uygulama geliştirmek oldukça zordur.

Yüz resimlerin incelenmesi sonucunda yaş tahminin yapılması temelde yüz tanıma ve analizin bir alt problemidir. Bilgisayar destekli yaş tahminin yapılması çağımızdaki teknolojik yenilikler ile artık günlük hayatımızda artan bir şekilde yer almaktadır. Günümüzde otomatik yaş tahmini sistem ve uygulamaları insan-bilgisayar etkileşimi, yüz tabanlı kimlik doğrulama sistemleri, güvenlik, yaş denetimi, reklam ve pazarlama gibi alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu uygulamalara örnek olarak; pazarlama ve reklam alanında mağaza ve alışveriş merkezlerindeki müşterilerin yaş bilgilerine göre pazarlaması yapılabilecek ürünlerin yaş gruplarına göre müşterilerin dikkatini çekebilecek ürünlerin reklamları otomatik olarak düzenlenebilir. Başka bir uygulamada ise erişimine yasal olarak yaş sınırı bulunan (alkol-sigara alışverişi gibi) işlemlerde otomatik sistemler tarafından yaş kontrolü yapılarak işlemlerin yapılabilmesine izin verilmektedir. Son zamanlarda geliştirilen uygulamalarda artık yüz resmi aynı parmak izi gibi kimlik doğrulama işlemlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Buna benzer uygulamalar aslında bilgisayarlı görme alanında görüntü işleme konusunun gelecek yıllarda farklı gündelik alanlarda daha etkin kullanılacağını göstermektedir. Bu alandaki çalışmalar temelinde görüntü işleme teknikleri ile resimlerin özelliklerin çıkarılmasına dayanmaktadır. Etkili bir öznitelik çıkarma metodu geliştirmek gelecekte farklı alanlarda geliştirilecek olan bu tür uygulamalara yol gösterici olabileceği için ayrı bir öneme sahiptir.

Yaşlanmayı etkileyen çok fazla sayıda faktör bulunmaktadır. Birçok farklı değişkeni bulunan bu çeşit problemlerde sadece belirli tek bir yöntem ve teknik kullanmak problemin tam olarak çözümlenmesine olanak sağlamayabilir. Yaş tahmini için kullanılan yöntem ve tekniklerin bazı durumlarda birbirlerine karşı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Sadece bir yöntem veya teknik kullanılarak yaş tahmini için en iyi sonucu almak mümkün olmayabilir. Bu araştırmadaki varsayım farklı yöntem ve teknikleri bir arada kullanarak daha verimli bir sonuç elde edilebileceğidir. Bu doğrultuda söz konusu probleme yönelik bu tez çalışmasında yaş tespitinin daha etkili yapılabilmesi için incelenen yüz resimlerinin özniteliklerinin çıkarımında farklı görüntü işleme teknikleri ve öznitelik çıkarım yöntemlerini bir arada kullanarak daha nitelikli melez yeni bir yöntem geliştirilmesi amaçlanmıştır. Böylece incelenen resimlerin yaş tahmini probleminde kullanılan ayırt edici özellikleri daha belirgin bir şekilde ortaya çıkarılarak kodlanabilir. Sonunda bu problem hakkında geliştirilecek uygulamaların

veya sistemlerin daha etkin bir şekilde çalışmasına ve ihtiyaçları karşılamasına katkı sağlayabilir.

Bilgisayar destekli sistemlerde yüz resimlerinden insan yaşının tahmin edilmesi bilgisayarlı görme, görüntü işleme ve örüntü tanıma alanları ile ilgili bir problemdir. Bilgisayarlı görme ve görüntü işleme bilgisayarlı sistemlerin aynı insanlar gibi çevresini görerek tanımlamasını sağlar. Örüntü tanıma ise bilgisayarda kodlanmış olan herhangi bir nesnenin desenlerini tanımlayarak daha sonra bu nesnelere algılanıp tanımlanması ve yorumlanması ile ilgilenen bir alandır. Bahsedilen bilim dalları kapsamında özellik çıkarma yöntemleri kullanılarak görüntü sayısallaştırılır ve çıkarılan bu özelliklerin analiz ve değerlendirilmesi yapılır. Yaş tahmini problemleri genel olarak ön işlem, özellik çıkarma ve sınıflandırma aşamalarından oluşmaktadır.



Şekil 1.1. Yaş tahmini probleminin genel aşamaları

Ön işlem aşamasında, işleme alınacak görüntü yapılan araştırmaya uygun olacak forma getirilir. Boyutlandırma, parlaklık dengesi, gereksiz bölümlerinin kırılması gibi temel işlemler yapılarak görüntü bir sonraki aşama olan özellik çıkarımı için hazır hale getirilir. Özellik çıkarımında ise araştırmada kullanılacak özelliklerin kodlanması yapılır. Ayrıca bu aşamada çok fazla sayıda özelliğin olması durumunda farklı teknikler ile özellik azaltımı yapılır. Böylece geliştirilen sistemin etkin ve hızlı bir şekilde çalışması sağlanır. En son aşama olan sınıflandırmada aşamasında araştırmada kullanılan resimler farklı sınıflandırıcılar yardımı ile özelliklerine göre gruplandırılması yapılır.

1.1. Yaş Tahmininde Kullanılan Modeller

Yüz resimlerinden insan yaşının tahmin edilmesi amacıyla yapılan çalışmalarda birçok farklı yöntem ve model kullanılmıştır. Bu alanda yapılan çalışmalarda kullanılan model ve yöntemler genel olarak aşağıdaki alt başlıklarda incelenmiştir.

1.1.1. Antropometrik Model

Yüz görüntülerinden yaş tahmini üzerine yapılan ilk çalışma, 1994 yılında Kwon ve Lobo tarafından yapılmıştır (Kwon & Lobo, 1994). Bu araştırmada görüntüler üç yaş grubundan birisine (bebek, genç ve yaşlı) olacak şekilde bir gruplandırma yapılarak yaş tahmini yapılmıştır. Sınıflandırma işleminde yüz bölgesindeki farklı geometrik oranlar kullanılmıştır. Bu oranlar Craniofacial Growth Model teorisini esas almaktadır. Bu yöntemde kafatasının radyografik yapısı yaşın belirlenmesinde etkin olarak kullanılır. N. Ramanathan ve arkadaşları Y.Kwon ve arkadaşları tarafından kullanılan 6 geometrik oran yerine 8 geometrik oran kullanarak benzer bir yaklaşım geliştirdi (Ramanathan & Chellappa, 2006; Ramanathan, Chellappa & Biswas, 2009).

Yapılan bu çalışmalarda sadece yüzdeki geometrik oranlar hakkında bilgiler bulunmaktadır. Bu geometrik oranların belirli bir yaş döneminden sonra fazla değişmemesi, kafanın pozisyonundan bu oranların etkilenmesi ve iki boyutlu bir resimden kafa yapısının modellenmesi oldukça zordur. Bu durumlar yöntemin en önemli olumsuz yönleridir.

1.1.2. Aktif Görünüm Modeli

Yüz resimlerinden yaş tahmini yapılması amacıyla geliştirilen diğer bir yöntem ise Aktif Görünüm Modeli “Active Appearance Model”(AAM)’dir. T.F.Cootes ve arkadaşları tarafından önerilen istatistiksel temelli bir modeldir(Cootes, Edwards & Taylor, 2001). Bu modelde yüzün şekli ve dokusu aynı anda kodlanmıştır. Bu model, üzerinde çalışılan nesnenin şeklini ve gri seviyeli görünümünü içerir. Genel anlamda bu model herhangi bir örneğe rahatlıkla uyarlanabilir.

A.Lanitis ve arkadaşları AAM modelini yaş tahmini için kullanan ilk kişilerdir. Yaş değişimini açıklamak için bir yaşlanma $yaş=f(b)$ fonksiyonu tanımlayarak AMM modelini yaş tahmini problemine uygulandı (Lanitis, Taylor & Cootes, 2002) (Lanitis, Draganova & Christodoulou, 2004). Yaşlanma fonksiyonundaki “b” değeri AMM modelinde öğrenilen parametreleri içeren bir vektördür. Yaşlanmayı tanımlamak için farklı yaşlanma fonksiyon biçimleri bulunmaktadır. Bu fonksiyonların bazıları

şunlardır: ikinci dereceden yaşlanma fonksiyonu, doğrusal yaşlanma fonksiyonu ve kübik yaşlanma fonksiyonudur.

Bu model üzerinde yapılan diğer bir çalışmada K.Luu ve arkadaşları AAM'de resimleri genç ve yetişkin olarak sınıflara ayırmak için yüzdeki belirlenen 68 noktayı temel alarak özel fonksiyonlar yardımıyla yaş tahmininde bulundu (Luu & diğerleri., 2009) (Luu & diğerleri., 2011). Bu çalışmada Lanitis'ten daha iyi performans elde ettiler. Yapılan çalışmada yüz resimlerindeki önemli noktaları hesaplamak için AAM'den daha etkili olan Contourlet Appearance Models (CAM) “Kontur Görünüm Modelleri” önerilerek önceki yöntemi daha da geliştirdiler. Bu model AAM gibi sadece global doku bilgilerini değil aynı zamanda yerel doku bilgilerini de kodlama yeteneğine sahiptir (Da Cunha , Zhou & Do, 2006).

Bu model şekil ve doku bilgilerini aynı anda kodladığından dolayı genel olarak Antropometrik Modellerden daha iyi performans göstermektedir. Ayrıca bu model önceki model gibi genç yaşlardan ziyade, her yaş grubuyla ilgilenmektedir. Yüz şeklinin bulunmasında bu teknik araştırmacılar tarafından sıkça kullanılmaktadır.

1.1.3. Yaşlanma Deseni Altuzayı Modeli (AGES)

Bu modelde yaşlama, kronolojik sıraya göre sıralanmış kişisel yüz görüntülerinin bir dizisi olarak tanımlanır. Yaşlanma deseni altuzayı modeli, yaş tahmini probleminde ilk olarak X. Geng ve arkadaşları tarafından kullanılmıştır (Geng & diğerleri., 2006) (Geng, Zhou & Smith-Miles, 2007). Bu modelde yaşlanma kalıplarını temsil etmek için aynı kişinin farklı yaşlardaki yüz görüntüleri ile oluşan bir veri tabanında her kişi için kronolojik sıraya göre düzenlenmiş bir kişisel yüz görüntüleri dizisi oluşturulur. AGES modeli kişiye özgü yaşlanmaya dayandığından, belirli bir giriş yüz görüntüsü için, aynı kişinin fakat farklı yaşlardaki yüz görüntülerinin veya en azından eğitim veri tabanındaki o yüz görüntüsü için benzer bir yaşlanma modelinin olduğu varsayılır.

AGES yönteminin dezavantajı, aynı bireyin farklı yaşlardaki görüntülerinin olduğunu varsaymasıdır. Bu durum birçok yaş veritabanlarında doğru değildir. Bununla

beraber aynı bireyin her yaştan yüz görüntülerine sahip büyük bir veritabanını toplamak mümkün olmayabilir.

1.1.4. Yaş Manifoldu

Bu modelde aynı yaştaki farklı bireylerin yüz görüntüleri kullanılarak yaşlanma eğilimi belirlenir. Bu işlemlerin temelinde manifold öğrenme teknikleri kullanılır. Manifold öğrenme yöntemleri, düşük boyutlu manifold verilerini çoklu regresyon işleviyle modellemesini sağlar. Y.Fu ve arkadaşları yaş tahmini için manifold yerleştirme yaklaşımını öneren ilk kişilerdir (Fu & Huang, 2008) (Fu, Xu & Huang, 2007). Bu model üzerinde daha sonra yapılan araştırmalarda T. Wu ve arkadaşları yüz şekillerini bir Grassmann manifoldunda nokta olarak modellemeyi önerdiler. Bu önerilen manifoldda yaş tahmini problemi regresyon ve sınıflandırma problemi olarak kabul edilir. Ayrıca bu manifoldda şekil tabanlı yaklaşım diğer doku tabanlı algoritmalarla birleştirilerek oluşturulmuştur (Wu, Turaga & Chellappa, 2012).

Bu modelde aynı yaştaki farklı bireylerin yüz görüntüleri kullanıldığından dolayı AGES modeline göre daha esnek bir yapıya sahiptir. Fazla sayıda yüz resmi toplamak kolaydır. Bu nedenle büyük veritabanı oluşturmaya imkan tanır. Bu modelin olumsuzluğu ise istatistiksel olarak yeterli olabilmesi için çok sayıda eğitim durumunun olması gerekmektedir.

1.1.5. Görünüm Modelleri

Temel olarak kırıklılık, yüz dokusu ve desen analizine odaklanan bir modeldir. Bu modelde kırıklılıkların belirlenip yüz resimlerinden çıkarılması amacıyla araştırmalar yapıldı. Y. Kwon ve arkadaşları kırıklılık için yüz resimlerinde önemli olan bölgelere yılan derilerine dayalı bir kırıklılık filtresi uyguladı(Kass, Witkin & Terzopoulos, 1988) (Kwon & Lobo, 1994).

Hayashi ve ark. yaş ve cinsiyeti tahmin etmek için hem şekil hem de doku bilgilerini birleştirdi (Hayashi & diğerleri., 2001) (Hayashi & diğerleri., 2002). Bu yaklaşımda, cilt bir şekil modeline göre çıkarılıp daha sonra kırıklılıkları vurgulamak için bir histogram eşitleme uygulanır.

Yapılan diğer araştırmalarda, yaş tahmini için dokusal özelliklerin tanımlanmasında Yerel İkili Desen (LBP) kullanıldı (Ahonen, Hadid & Pietikainen, 2006). Daha etkili sonuçlar için En Yakın Komşu ve Destek Vektör Makineleri (SVM) gibi sınıflandırma algoritmaları bu teknik ile beraber uygulandı. Dokusal özelliklerin tanımlanmasında kullanılan bir başka yöntem olan Gabor filtresi (Liu & Wechsler, 2002) yaş tahmini probleminde kullanılarak LBP'den daha fazla ayırt edici olduğunu gözlemlendi (Gao & Ai, 2009).

G. Guo ve arkadaşları ise yüz resimlerinden yaş tahmini için “Biologically Inspired Features” (BIF) Biyolojik esinlendirilmiş özellikleri kullanmayı önerdi (Guo & diğerleri., 2009). BIF tanımlayıcısı, görsel korteksin nasıl çalıştığını, artan karmaşık temsiller hiyerarşisi ile taklit etmeye çalışır. Riesenhuber ve Poggio tarafından önerilen BIF modeli, primat görsel nesne tanımanın ileri beslemeli bir modeli olan “HMAX” modelini temel almaktadır (Poggio & Riesenhuber, 1999).

1.2. Yaş Tahmin Algoritmaları

Yaş tahmini probleminde yüz görüntüsünden yaşlanma özellikleri kodlandıktan sonra bu özellikler doğrultusunda yaşının belirlenmesi yapılır. Yaş tahmini kişinin yaşını belirli bir yaş aralığında tespit edecekse sınıflandırma problemi, kişinin tam bir yaşının belirlenmesi şeklinde yapılacaksa o zaman bir regreyon problemi olarak değerlendirilir. Geliştirilecek sistemde bu iki duruma göre uygun olan bir algoritma seçimi yapılır.

1.2.1. Sınıflandırmaya Dayalı Yaş Tahmini

Bu algoritmada bireyin yaşı önceden belirlenmiş olan yaş gruplarından birisine sınıflandırılır. Yaş grupları 20-25 ya da 20-30 gibi farklı yıl aralıklarında olabilir. Bu algoritma kullanılarak yapılan bazı çalışmalar şunladır;

A. Lanitis ve arkadaşları kuadratik fonksiyon sınıflandırıcısı, Yapay Sinir Ağı (ANN) ve k-En Yakın komşular (kNN) sınıflandırıcısı gibi farklı sınıflandırıcıların performansını AAM modeli ile değerlendirdi (Lanitis, Draganova & Christodoulou, 2004). Yapılan deneyler sonucunda sınıflandırma yöntemleri arasında, yapay sinir ağı

(ANN), özellikle Multi Layer Perceptron (MLP), “Çok katmanlı Algılayıcı ” ile 4,78 ortalama mutlak hata (MAE) elde ettiler.Yapılan başka bir çalışmada ise Geng ve arkadaşları her yaş için bir tane olmak üzere 70 sınıf kullanarak yaş tahmini problemini ayrık bir sınıflandırma olarak incelediler (Geng, Yin & Zhou, 2013). Konvolüsyonel Sinir Ağını, (CNN) Yang ve arkadaşları gözetim senaryoları altında yaş tahmini için kullandı (Yang & diğerleri., 2011). Son zamanlarda yapılan araştırmalarda ise Dong Yi (Yi, Lei & Li, 2014) ve Chenjing Yan (Yan & diğerleri., 2014) Morph veri setinde “Konvolüsyonel Sinir Ağı” (CNN) kullanarak yaş tahmini probleminde 3,63 MAE ortalama mutlak hata elde ettiler.

1.2.2. Regresyona Dayalı Yaş Tahmini

Bireyin gerçek yaşı doğumundan itibaren mevcut zamana kadar geçen süredir ve yaşlanma sürekli devam eden bir durumdur. Buna göre yaş tahmini problemi bir regresyon problemi olarak değerlendirilebilir. Sonuç olarak yaş tahmini problemi bu açıdan incelenecek ise yaşlanmayı özellik olarak açıklayan bir regresyon fonksiyonu belirlemek gerekir. Regresyon problemi olarak yaş tahmini hakkında yapılan araştırmalar kısaca şunlardır.

Lanitis ve ark. yaş tahmini problemi için doğrusal, kuadratik ve kübik olmak üzere üç regresyon fonksiyonunu değerlendirdiler. Bu regresyon fonksiyonlarından Kuadratik fonksiyonun, yaşlanmayı daha iyi tanımladığını belirttiler (Lanitis, Draganova & Christodoulou, 2004). Y. Fu ve arkadaşları manifold yaş gösterimi için öğrenme algoritmaları olarak doğrusal, kuadratik ve kübik regresyon fonksiyonlarını kullandı. Lanitis'in ifade ettiği gibi, Fu'da kuadratik regresyon fonksiyonu üzerinde iyi bir performans aldığını belirtti (Fu & Huang, 2008) (Fu, Xu & Huang, 2007). Guo ve arkadaşları “Yerel düzeltilmiş sağlam regresyon” (LARR) ile “Destek vektörü Regresörünü” (SVR) YGA ve FG-NET veritabanını kullanarak performanslarını karşılaştırmış, LARR'ın daha doğru bir tahmin gerçekleştirdiğini ve kadın görüntüleri için YGA'da 5,25 MAE, erkek görüntüleri için YGA'da 5,30 MAE ve FG-NET veritabanında ise 5,07 MAE elde ettiğini belirtti (Guo & diğerleri., 2008) (Guo & diğerleri., 2008).

Daha sonra yapılan çalışmalarda ise araştırmacılar FG-NET veritabanında SVR performansını BIF özelliklerini kullanarak 4,77 MAE sonucu elde ettiler (Guo & diğerleri., 2009).

1.3. Yaş Tahmininde Kullanılan Veri Tabanları

Yaş tahmini için bilgisayar temelli bir sistem geliştirirken veritabanları önemli bir yer tutar. Çünkü geliştirilecek uygulamanın etkili bir şekilde çalışması için birçok örnek ile eğitilmesi gerekmektedir. Yaş tahmini problemi resimdeki yüzün pozu ve ifadesi, aydınlatma gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Bu gibi değişkenlere dayanıklı bir algoritma geliştirilmesi yeterli büyüklükteki veritabanları gerektirir. Araştırmanın bu kısmında hedefimize yönelik olarak araştırmacılara açık yaş tahmini ile ilgili kullanılan veri tabanları açıklanmıştır.

1.3.1. FERET

Feret, Yüz Tanıma Teknolojisinden (The Facial Recognition Technology) serbestçe erişilebilen bir veritabanıdır. 993 bireyin ön taraftan alınmış yüz görüntüleri vardır. Bu görüntülerinin 1.495'i erkek, 914'ü kadın olmak üzere toplam 2.409 yüz görüntüsü bulunur. Ayrıca, göz, burun ve ağız pozisyonları etiketlendiği için resimler görüntü ön işleme için elverişlidir (Philips & diğerleri., 2000).



Şekil 1.2. Feret veri seti örnek görüntü dizisi

1.3.2. MORPH

Morph büyük bir veritabanıdır. 13.000'den fazla kişinin 55.134 farklı görüntüsünü içerir. Yaş aralığı 16 ila 77 arasındadır. Bu veritabanında yaş, cinsiyet ve ırk bilgileride vardır (Ricanek & Tesafaye, 2006).



Şekil 1.3. Morph veri seti örnek görüntü dizisi

1.3.3. YGA Dataset

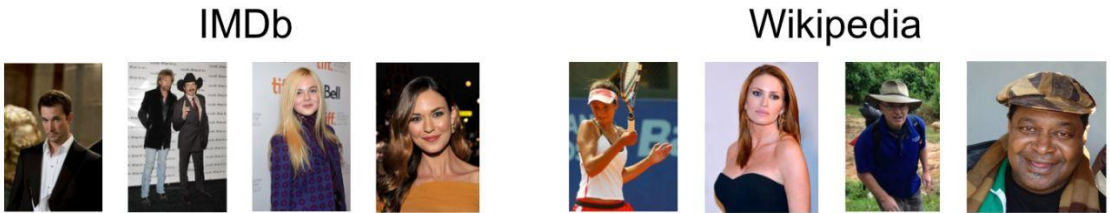
YGA veritabanı yaşları 0-93 arasında 1.600 kişinin (800 kadın ve 800 erkek) ortalama her kişinin 5 farklı görüntüsü olacak şekilde toplam 8.000 görüntü içerir (Fu & Huang, 2008).

1.3.4. GALLAGHER Database

Flickr.com resim arama motorundan 5.080 görüntüden 28.231 yüz resmi içerir. 0-2, 3-7, 8-12, 13-19, 20-36, 37-65 ve 66+ olmak üzere yedi farklı yaş aralığından oluşur (Gallagher & Chen, 2009).

1.3.5. IMDB-WIKI Database

Ünlü aktörlerin görüntüleri ve Wikipedia'daki kullanıcıların profil resimlerinin taranması ile oluşan yaş ve cinsiyet tahmini için serbest erişim imkanı olan büyük bir veri tabanıdır. Bu veritabanında yaş ve cinsiyet tahmini için önceden hazırlanmış modellerde bulunmaktadır. IMDB'de 20.284 kişinin 460.723 yüz görüntüsü Wikipedia'da 62.328 yüz görüntü olmak üzere bu veri tabanlarında toplamda 523.051 yüz görüntüsü bulunmaktadır.



Şekil 1.4. IMDB-WIKI veri seti örnek görüntü dizisi

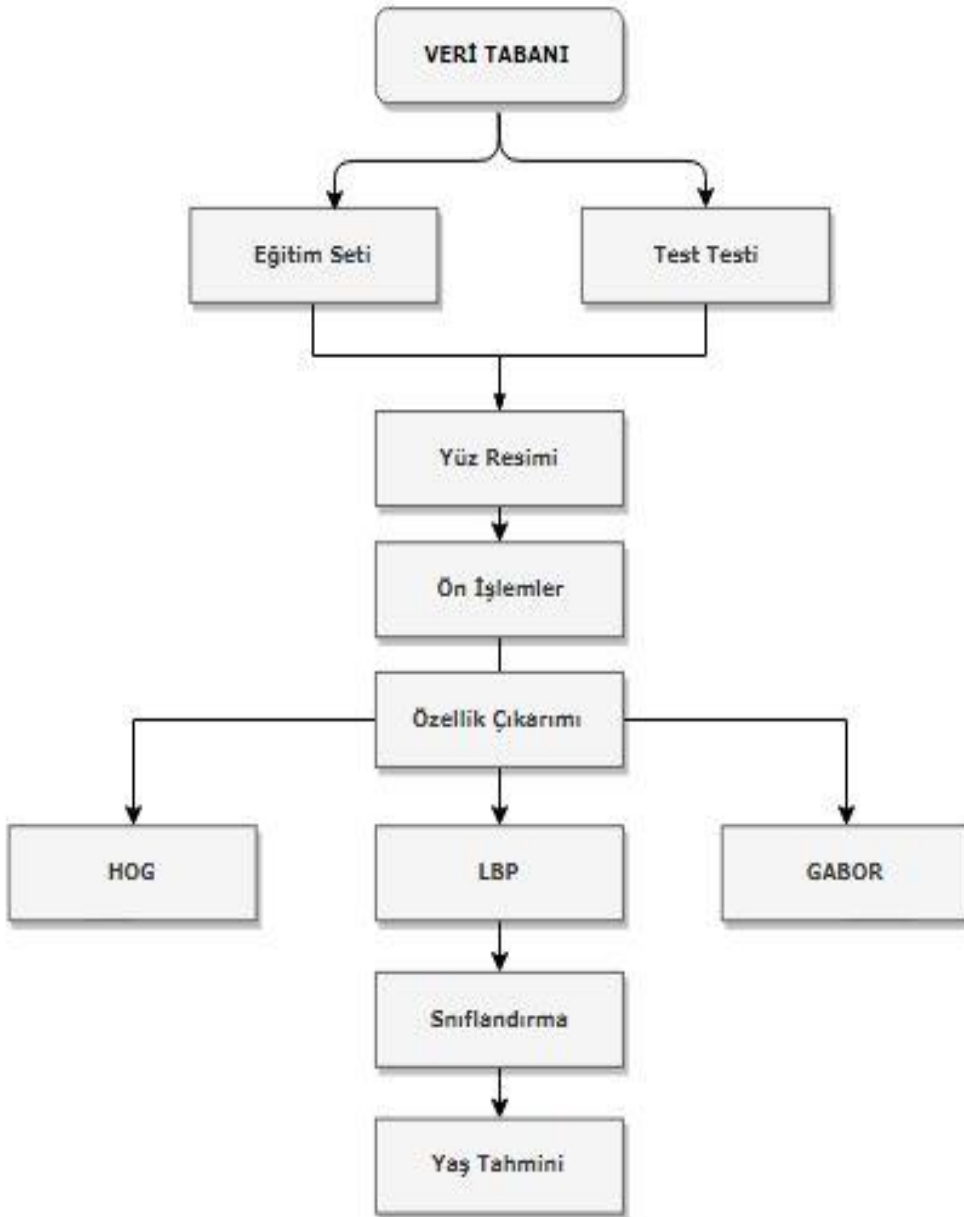
Tablo 1.1.'de literatürde yaş tahmini için kullanılan veri tabanlarının bir özetini sunulmaktadır. Bu tez çalışmasında IMDB- WIKI veritabanı kullanılmıştır (IMDB-Wiki Database, 2019).

Tablo 1.1. Veritabanı Bilgileri

Veritabanı Bilgileri							
Veri Tabanı	Görüntü Sayısı	Bilgi					
		Cinsiyet	Yaş	Göz	Ağız	Burun	İrk
Feret	2.409	√	√	√	√	√	-
Gallagher	28.231	√	√	√	-	-	-
Morph	55.134	√	√	-	-	-	√
IMDB-WIKI	523.051	√	√	-	-	-	-
YGA	8.000	√	√	-	-	-	-

BÖLÜM 2. YÖNTEM

Bu bölümde, tezin temel yapısı ve yöntemi açıklanmaktadır. Yaş tahmini amacıyla yapılan bu çalışmada ilk olarak kullanılan görüntülerde temel görüntü işleme teknikleri ile gerçekleştirilen ön işlemler genel olarak incelenmektedir. Daha sonra özellik çıkarımı ile yaşlanmanın tanımlanmasında kullanılan HOG, LBP ve GABOR öznelik çıkarım yöntemleri hakkında detaylı bir bilgi verilmektedir. Bu işlemlerin ardından son olarak KNN sınıflandırma algoritması sunulmaktadır bölüm tamamlanmıştır.



Şekil 2.1. Yaş tahmin sisteminin genel yapısı

Önerilen sistemde veritabanı eğitim ve test olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. İncelenen yüz resimlerine ilk olarak bir ön işlem uygulanır. Daha sonra yaşlanmanın tanımlanmasında kullanılan HOG, LBP ve GABOR öznitelik çıkarımları yöntemleri ile yüz resminin özellikleri kodlanır. En son aşamada ise kodlanan özelliklere göre K-NN sınıflandırıcı yardımıyla yaş tahmini yapılır. Ama yaş tahmini işlemi yapılmadan önce sistemin eğitim setindeki resimler kullanılarak eğitilmesi gerekmektedir. Yaş tahmini için geliştirilen sisteminin temel yapısı Şekil 2.1’de gösterilmiştir. Geliştirilen sistemdeki aşamalar alt başlıklarda detaylı olarak incelenecektir.

2.1. Ön İşlemler

Yaş tahmini araştırmalarında kullanılan veritabanındaki görüntülerin parlaklık ve boyut gibi özellikleri farklı olabilir. Bu farklılıkları ortadan kaldırmak amacıyla kullanılan görüntüler üzerinde bir takım işlemler yapılarak görüntüler yapılacak araştırma için uygun hale getirilmelidir. Bu çalışmada ön işlem olarak temel görüntü işleme teknikleri olan histogram eşitleme, boyutlandırma ve yüz bölgesinin tespiti işlemleri uygulanmıştır.

2.1.1. Yüz Bölgesinin Tespiti

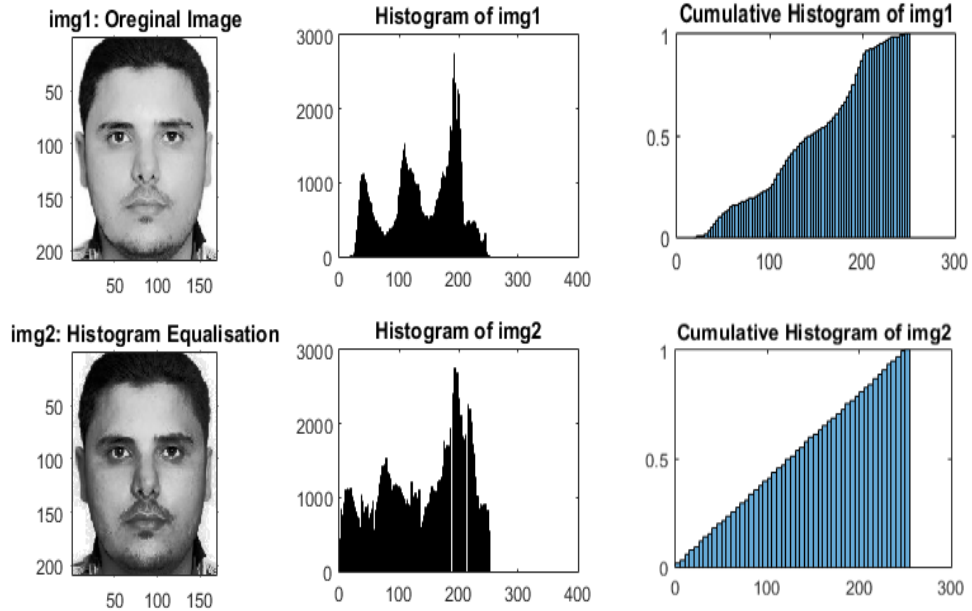
Bu araştırmada görüntülerdeki yüz bölgesinin tespiti Viola-Jones algoritması tarafından yapılmıştır. Bu algoritma; görüntülerdeki yüz, göz, burun ve ağız bölgelerini tespit etmek amacıyla 2001 yılında Viola P. ve Jones M. tarafından ortaya çıkarılmış bir yöntemdir (Viola & Jones, 2001). Bu yöntemde Haar öznitelikleri ile yüz bölgesi içeren ve içermeyen veriler kullanılarak, önceden eğitilen bir sınıflandırıcı yardımıyla bu bölgelerin tespitini yapar. Kısa sürede bu işlemi yapabildiği için oldukça kullanışlı bir algoritmadır. Bu işlem ile kullanılan görüntüde yaş tahmini için gereksiz olan bölgelerin çıkarılması yapılır. Şekil 2.2’de Viola-Jones algoritması ile tespit edilen yüz bölgesi gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Viola-Jones algoritması ile tespit edilen yüz bölgesi.

2.1.2. Histogram Eşitleme

Görüntülerinin oluşturulduğu sıradaki ortam koşullarına bağlı olarak veritabanındaki görüntülerin aydınlatma ve kontrastı arasında farklılıklar olabilir. Araştırmada görüntülerdeki aydınlatma ve kontrast farklılıklarını ortadan kaldırmak amacıyla histogram eşitleme tekniği uygulanmıştır. Histogram eşitleme basit, hızlı ve etkili bir görüntü iyileştirme tekniğidir (Dey, Khan & Ali, 2013). Histogram eşitleme tekniğinde görüntünün yoğunluk değerleri ayarlanır.



Şekil 2.3. Histogram Eşitleme

Histogram eşitleme yöntemi ile veritabanındaki tüm görüntüler neredeyse benzer aydınlatmaya ve kontrasta sahip olur. Şekil 2.3'te görüntünün histogram eşitleme işlemi gerçekleştirilmiş ve gerçekleştirilmemiş durumu gösterilmiştir. Görüntüdeki yoğunluk değerlerinin eşit şekilde yeniden dağıtılması ile iki görüntü arasındaki fark görülebilir.

2.1.3. Boyutlandırma İşlemi

Yaş tahmini araştırmaları için kullanılan veritabanındaki görüntülerin boyutları birbirlerinden farklı olabilir. Bazı özellik çıkarma işlevlerinde çıkarılan özellik sayısı görüntünün boyutuna bağlıdır. (örneğin, HOG, GABOR ve LBP) Bu durum yapılan araştırmalar için çözülmesi gereken bir problemdir. Çünkü etkili bir araştırma yapılabilmesi için görüntülerden elde edilen özellik miktarının aynı olması gerekmektedir. Bunun için tüm görüntüler belirli bir boyuta yeniden boyutlandırılmalıdır. Ayrıca yeniden boyutlandırma işlemi ile görüntülerinin boyutları ve çözünürlükleri azaltıldığında sistemde resimlerin işlenmesi için gereken süre azalır ve bu durumdan dolayı sistemin performansı olumlu yönde etkilenir. Bu çalışmada resimler 192 X 128 olacak şekilde yeniden boyutlandırılmıştır.

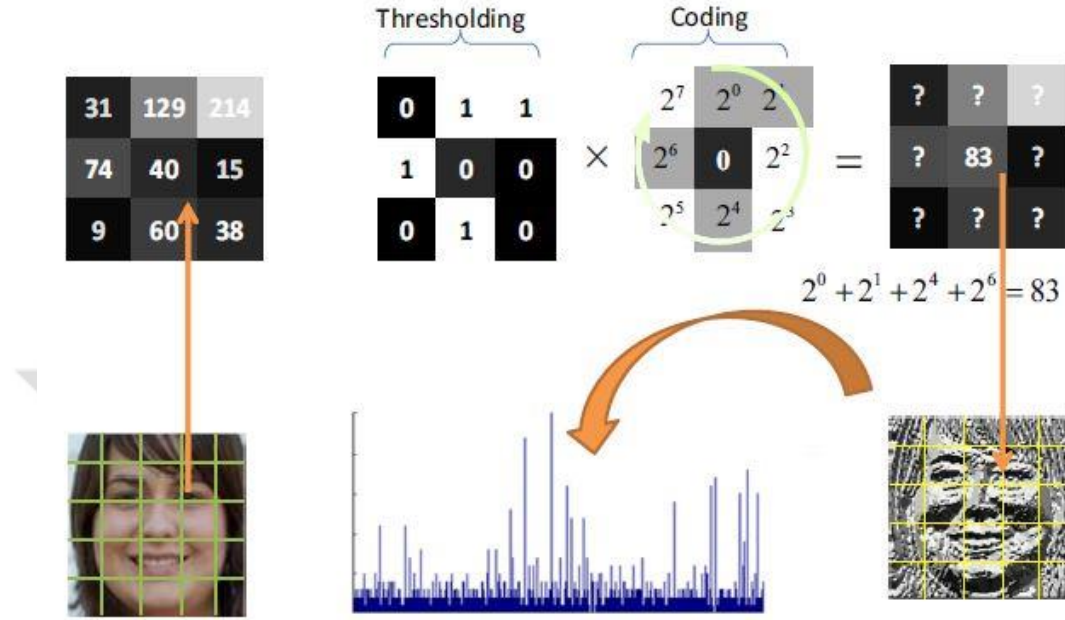
2.2. Özellik Çıkarımı

Yüz görüntülerinden özelliklerin çıkarılması, yaş tahmini problemleri için önemlidir. Ancak etkili bir özellik çıkarımı yapılabildiğinde yaşlanma doğru bir şekilde tanımlanabilir. Bu araştırmada farklı özellik çıkarma teknikleri (HOG, LBP ve Gabor) kullanılmıştır. Bu teknikler ile ilgili detaylı bilgiler alt başlıklarda ifade edilmiştir.

2.2.1. Local Binary Pattern (LBP)

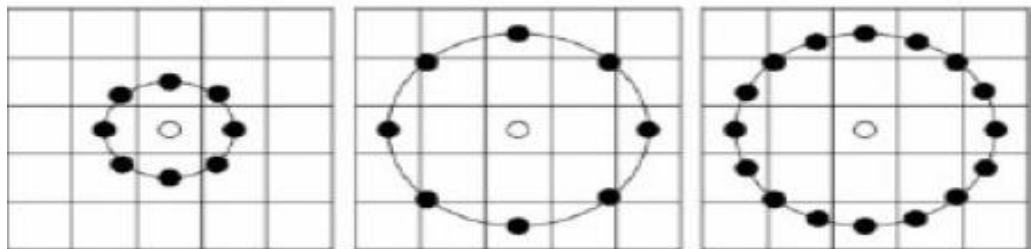
Yerel ikili desen (LBP) operatörü ilk olarak Ojala ve arkadaşları tarafından 1996 yılında doku analizi için tanıtıldı (Ojala, Pietikainen & Harwood, 1996). LBP, görüntüdeki her pikselin komşuları ile arasında ikili kodlamaya dayalı ayırt etme özelliği yüksek olan bir örüntü tanıma yöntemidir (Heusch, Rodriguez & Marcel, 2007). LBP operatörü, görüntüde seçilen bir pikselin 3x3'lük komşuluğundaki her bir pikselin değerini seçilen pikselle eşleştirerek verilen görüntünün piksellerini Şekil 2.4'te

gösterildiği gibi ardışık 1 veya 0 değer dizisine dönüştürür. Oluşturulan ikili sayının: 11001010'ın 83'e dönüştürüldüğü bir etiket ile görüntünün her pikseli için etiket oluşturulur.



Şekil 2.4. LBP operatörünün uygulaması

Temel yerel ikili operatörün ana dezavantajı, 3x3 matrislik küçük komşuluk alanını değerlendirmesidir. Bundan dolayı daha büyük yapılar için belirgin özellikler göz ardı edebilir. Son çalışmalarında Ojala ve ark. (Ojala, Pietikainen & Harwood, 1996) farklı büyüklükteki komşu pikselleri kullanmak için LBP operatörünün genişletilmiş bir yapısını geliştirdiler. Genişletilmiş LBP operatörü (P, R) dairesel bir komşuluk alanı ile temsil edilir, burada P dairesel komşuluktaki piksel sayısını belirtir, R ise dairesel alanın yarıçapıdır. Böylece farklı büyüklükteki görüntülerinin doku analizi daha etkili bir şekilde yapılması mümkün olmuştur. Şekil 2.5'te farklı LBP operatörlerine örnek verilmiştir.



Şekil 2.5. (8,1), (8,2), (16,2) LBP operatörleri

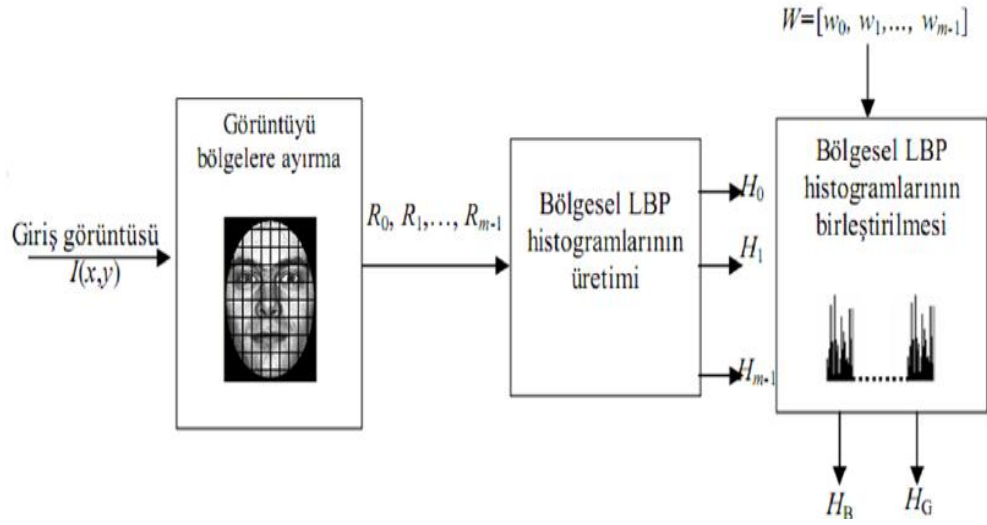
(x_c, y_c) koordinatına sahip piksel için LBP'nin değeri denklemde gösterildiği gibi hesaplanır.

$$LBP_{P,R}(x_c) = \sum_{p=0}^{P-1} u(x_p - x_c) 2^p, u(y) = \begin{cases} 0, & y < 0 \text{ ise,} \\ 1, & y \geq 0 \text{ ise.} \end{cases} \quad (2.1)$$

LBP operatörü tarafından üretilen tüm değerler doku analizinde kullanılmaz. Doku analizinde kullanılan düzgün olan desenlerdir. Düzgün desenler ise 0-1 ya da 1-0 geçişi sayısı en fazla 2 olanlardır. Örnek olarak; 0000000 ve 1111111 deseninde sıfır geçiş, 01110000 ve 11001111 desenlerinde ise iki geçiş bulunduğundan düzgün desenlidir. Ama 11001000 ya da 01010011 desenleri düzgün değildir. Doku analizinde yapılan çalışmalarda düzgün desenlerin %90'ın üzerinde olduğu gözlenmiştir (Ojala, Pietikainen & Maenpaa, 2002). Doku analizinin daha verimli yapılabilmesi için bölgesel olan LBP histogramları birleştirilebilir. Bu amaçla global tabanlı histogram geliştirilmiştir. Bu işlemde görüntü belirli bir sayıda küçük bölgeye ayrılır. Her bölgenin histogramı aşağıdaki denkleme göre çıkarılır.

$$H_{i,j} = \sum_{x_c \in R_j} f\{LBP_{8,1}(x_c) = U(i)\}, i=0,1,\dots,n-1, j=0,1,\dots,m-1. \quad (2.2)$$

Bu denklemde $H_{i,j}$, j . kısma ait olan LBP histogramındaki i . değeri ifade eder. Bu şekilde üretilen histogramlar birleştirilir ve görüntü için tek bir histogram oluşturulur. Histogram oluşturulurken ayrıca önem derecesine göre belirli bir katsayı verilebilir. Yüz analizi ve yaş tahmini çalışmalarında alın, göz ,burun gibi etkili olan bölgelere daha fazla değer verilebilir. Şekil 2.6'da yerel histogramların birleştirilmesi oluşan global histogram gösterilmiştir.



Şekil 2.6. LBP histogramının oluşturulması.

2.2.2. Histogram Of Oriented Gradients (HOG)

Bilgisayarlı görme ve görüntü işleme alanında özellik çıkarma yöntemi olarak kullanılan bu teknik Dalal ve Triggs tarafından 2005 yılında geliştirildi (Dalal & Triggs, 2005). HOG yönteminin ana fikri görüntüdeki piksellerin gradyanların büyüklüğünü ve yönünü tanımlamaktır. Bu doğrultuda görüntü mümkün olan en küçük pencerelere bölünür ve her penceredeki gradyanların yönleri ve büyüklükleri görüntü üzerinde yatay ve dikey gezdirilen Sobel filtresinin yardımı ile hesaplanır. Ayrıca bu yöntem nesne tanımlama ve kenar yönlerinin belirlenmesinde kullanılan etkili bir yöntemdir (Rybski & diğerleri., 2010) (Satpathy, Jiang & Eng, 2010). Kenar çıkarma özelliği olduğundan dolayı nesnelerin şeklini belirlemede herhangi bir başka işlem olmadan nesnelere tanımlayabilir.

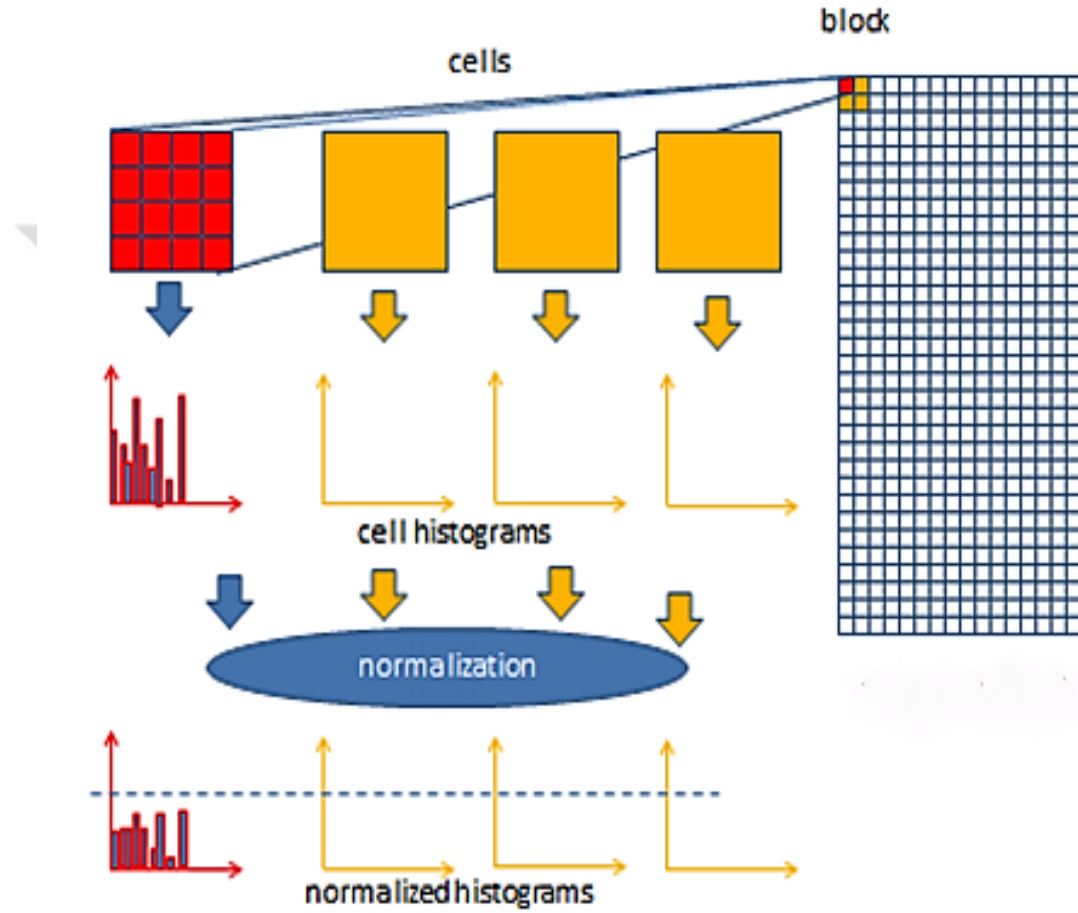
Bir görüntüdeki HOG değerlerinin hesaplanması aşağıda belirtilen denklemlere göre yapılır (Kobayashi, Hidaka & Kurita, 2007).

$$D_x = [-1 \ 0 \ 1] \text{ ve } D_y = D_x^T$$

$$I_x = I * D_x \text{ ve } I_y = I * D_y \quad (2.3)$$

$$|G| = \sqrt{I_x^2 + I_y^2} \text{ ve } \theta = \tan^{-1} \frac{I_x}{I_y}$$

Bu işlemlerden sonra daha etkili sonuç elde etmek için hesaplanan histogramlar normalize edilebilir. Bu işlem ile sistem aydınlatma ve gölge değişimlerine karşı daha dayanıklı olur (Déniz & diğerleri., 2011) (Padole & Proenca, 2012). Her pencerede hesaplanan normalleştirilmiş histogramlar tek bir vektörde birleştirilerek özellik çıkarımı tamamlanır.



Şekil 2.7. HOG uygulama şeması

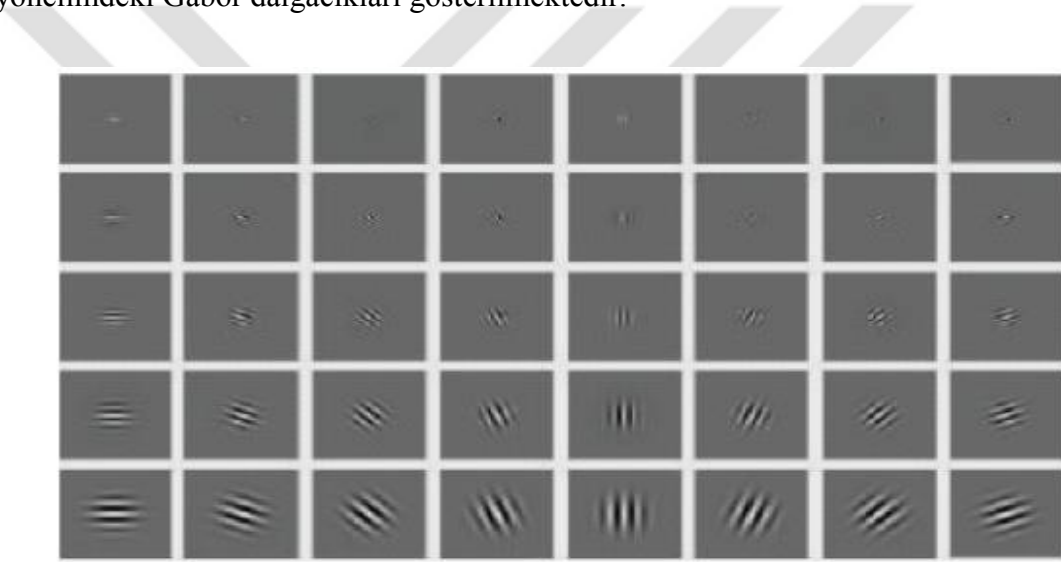
2.2.3. Gabor

Ayırt edici yerel özelliklerin çıkarılmasında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Forsyth & Ponce, 2003) (Jemaa & Khanfir, 2009). G. Daugman tarafından memeli canlıların görme sisteminde bulunan hücrelerin gabor fonksiyonları ile tanımlanabileceğini keşfetmesi ile görüntü analizinde kullanılmaya başlanmıştır (Daugman, 1985). Her bir gabor dalgacı, Gauss zarf fonksiyonun ve karmaşık bir

düzlem dalgasının ürünüdür. Bir Gabor dalgacığı matematiksel olarak aşağıdaki gibi tanımlanabilir (Wiskott & diğerleri., 1997).

$$\varphi_{\mu,v}(z) = \frac{\|k_{\mu,v}\|^2}{\sigma^2} e^{-\frac{\|k_{\mu,v}\|^2 \|z\|^2}{2\sigma^2}} \left[e^{ik_{\mu,v}z} - e^{-\frac{\sigma^2}{2}} \right] \quad (2.4)$$

Gabor filtrelerinin büyüklüğü ve yönelimi yapılan araştırmaya göre değişebilir. Yapılan çalışmalarda genel olarak Gabor dalgacıkları beş farklı ölçekte ve sekiz yönelimde kullanılmaktadır (Liu, 2004). Bu farklı gabor dalgacıkları ile oluşturulan filtreler gabor bankaları olarak da isimlendirilmektedir. Şekil 2.8.'de farklı büyük ve yönelimdeki Gabor dalgacıkları gösterilmektedir.



Şekil 2.8. Gabor Filtresi

Yukarıda örnek olarak gösterilen 5-ölçek ve 8-yönelimli bir gabor filtresi 32x32 boyutundaki bir görüntü için $8 \times 5 \times 32 \times 32 = 40.960$ boyutunda detaylı bir öznitelik vektörü oluşturur. Kullanılan görüntünün boyutu arttıkça gabor öznitelik vektörünün boyutu da artacağı için gabor özellikleri yapılan çalışmaya uygun olarak normalize edilebilir.

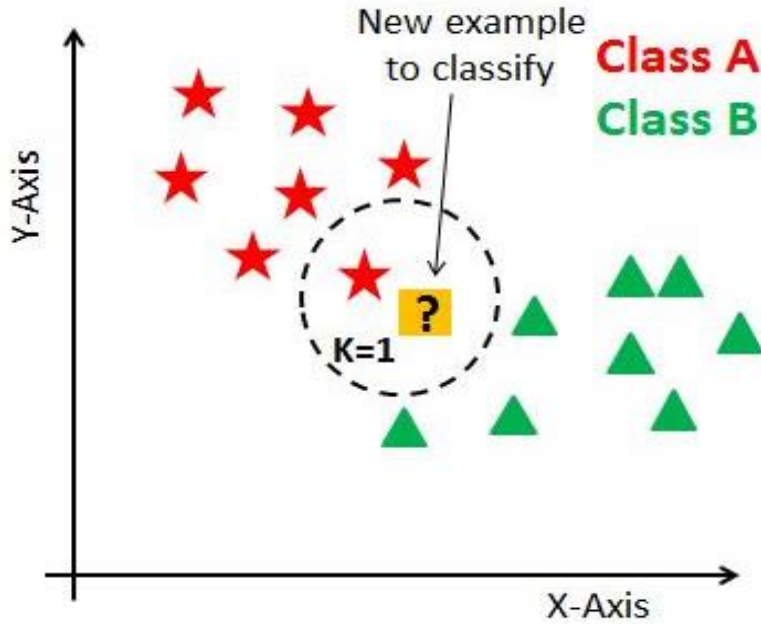
2.3. Sınıflandırma

Bu aşamada kullanılan sınıflandırıcı eğitim veri setindeki görüntülerin farklı özellik çıkarma yöntemleri ile çıkartılan özellikleri ile eğitilir ve daha sonra test amacıyla kullanılan görüntüler ile test edilir. Bu çalışmada K-Nearest Neighbour (KNN) sınıflandırma algoritması kullanılmıştır.

2.3.1. K-NN Sınıflandırma

Yaş tahmini için özellik çıkarma işleminden sonra sınıflandırma yapılması gerekmektedir. Makine öğrenmesinde kullanılan bu algoritma, benzer özelliklere sahip verileri, eğitim verilerini esas alarak sınıflandıran en basit sınıflandırma algoritmasıdır (Wu & diğerleri., 2008). Bu sınıflandırıcının performansı k sayısına bağlı olarak değişiklik göstermesine ve sonuçlarının herhangi bir değişimden etkilenmesine rağmen birçok sınıflandırma probleminde kolay ve yüksek performansla uygulanmaktadır (Barkana & Zhou, 2015) (Sudha & Bhavani, 2012).

Bu sınıflandırma algoritmasında temel mantık sınıflandırılması istenen örneğin, eğitim verilerinde kendisine en yakın olan k tane komşusu incelenerek verinin sınıflandırılması yapılır. Burada k'nin değeri tamsayı olmak zorundadır.



Şekil 2.9. K-NN Temel Yapısı

Şekil 2.9.'da gösterildiği gibi k'nin 1 değeri için test edilen örneğe eğitim verilerinde en yakın olan komşu belirlenir ve bu komşu ile test edilen örneğin aynı sınıfta olduğu kabul edilir. Diğer farklı k değerleri için ise örneğe yakın komşular belirlendikten sonra çoğunluk hangi sınıftan ise örnek o sınıftan olur. Algoritmada kullanılacak k değeri eğitimde kullanılan verilerin sayısına ve kullanılan öznelik çıkarıcılara göre değişiklik gösterebilir.

2.4. Hata Ölçüm Teknikleri

Yapılan araştırmalarda önerilen sistemlerin veya uygulamaların performansını değerlendirmek için kullanılan tekniklerdir. Bu çalışmada yaş tahmini problemlerinde sık kullanılan Ortalama Mutlak Hata (MAE) değerlendirme tekniği kullanılmıştır. Adında anlaşılacağı gibi MAE, tahmin edilen yaş ile gerçek yaş arasındaki ortalama farktır. MAE aşağıdaki gibi formülle hesaplanabilir.

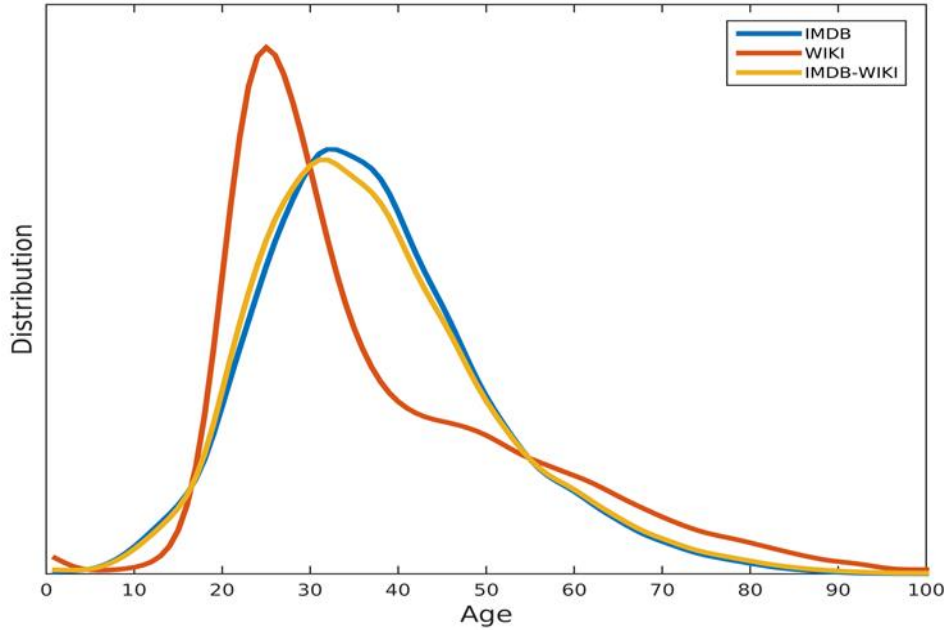
$$MAE = \frac{\sum_{i=0}^n |EA_i - RA_i|}{n} \quad (2.5)$$

Formüldeki EA_i tahmin edilen yaş değeridir. RA_i , test edilen örnekler için gerçek yaştır.

BÖLÜM 3. BULGULAR VE YORUMLAR

3.1. Deneysel Sonuçlar

Yaş tahmini için farklı senaryolar ile birçok farklı deney yapılmıştır. Deneylerde IMDB-WIKI veritabanı kullanılmıştır. IMDB-WIKI veritabanı daha önceki bölümlerde bahsedildiği gibi IMDB’de popüler olan binlerce kişinin ve Wikipedia’daki kullanıcıların profil görüntülerinin taranması oluşan herkesin erişimine açık büyük bir veritabanıdır. Bu veri tabanında IMDB’den 20.284 ünlünün 460.723 görüntüsü ve Wikipedia’dan 62.238 görüntü olmak üzere toplamda 523.051 görüntü bulunmaktadır. Veritabanının çok büyük olmasından dolayı görüntülerin tamamını kullanmak yerine yapılacak deneylerde tahmin edilmek istenen yaş aralığına uygun olarak bu veritabanına ait örnek bir veritabanı oluşturulmuştur. Oluşturulan veri tabanında 18-66 yaş aralığında her yaş için farklı 20 adet görüntü kullanılmıştır.



Şekil 3.1. IMDB-WIKI Veritabanındaki Yaş Dağılımı

Oluşturduğumuz veritabanlarındaki görüntülerin yaş dağılımlarının benzer düzeyde olmasına dikkat edilmiştir. Çünkü herhangi bir yaştan veya yaş aralığının dağılımı farklı seviyede olması sınıflandırma işleminde olumsuzluklara sebep olacaktır. Veritabanındaki görüntülerin parlaklık, poz ve yüz ifadesinin farklı olmasından dolayı görüntüler üzerinde bazı ön işlemlerin yapılması gerekmektedir.

Araştırmada yapılan deneylerin etkinliklerini kıyaslamak için Holdout yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşıma göre deneylerde kullanmak için oluşturulan veritabanındaki görüntülerin yaklaşık olarak %90'ını sistemi eğitme için geriye kalan %10'luk kısmını ise sistemi test etmek amacıyla iki bölüme ayrılmıştır.

Deneylerde kullanılan özellik çıkarma yöntemleri HOG, LBP, GABOR, HOG&GABOR, LBP&GABOR ve LBP&HOG olacak şekilde belirlenmiştir. Kısacası araştırmada özellik çıkarma yöntemler hem tek olarak hem de diğer yöntemler ile birleştirilerek uygulanmıştır. Böylece melez özellik çıkarma yöntemin diğer yöntemler ile karşılaştırılmasına imkan sağlanmıştır.

Araştırmada kullanılan uygulama Matlab dilinde Windows ortamında hazırlanmıştır. Deneylerde kullanılan uygulama ilk önce eğitim verileri kullanılarak eğitilmiştir. Sistemin eğitilmesi aşamasında ilk önce görüntüdeki yüz bölgesi tespit edilir. Tespit edilen yüz resmi 192X168 boyutunda yeniden boyutlandırdıktan sonra histogram eşitleme işlemi yapılır. Ardından farklı özellik çıkarma yöntemleri (HOG-LBP-GABOR) ile yüz resimin özelliklerini çıkartılarak bir sınıflandırma modeli oluşturulmuştur.

Sistemin test edilmesinde ise veritabanında ayrılan diğer görüntüler kullanılmaktadır. Aynı eğitim setinde olduğu gibi ön işlemler (yüz tespiti, histogram eşitleme, boyutlandırma) ve özellik çıkarma işlemleri uygulanır. Daha sonraki aşamada ise sistemin eğitilmesi ile oluşan model K-NN sınıflandırma algoritmasında kullanılarak yaş tahmini yapılır. Yaş tahmini için yapılan bütün deneyler aşağıdaki alt başlıklarda detaylı olarak incelenmiştir.

3.1.1. Deneysel Sonuçlar 1: HOG zellik ıkarma Yöntemi Kullanılarak Yaş Tahmini

Bu deneyde özellik çıkarma yöntemi olarak HOG kullanılmıştır. Deneyde kullanılan yüz resimleri üzerinde herhangi bir alana bölümlendirme işlemi yapılmamıştır. Yüz resmi bir bütün olarak HOG yöntemi tarafından incelenmiştir. HOG yöntemi ile yüz resimlerin 12.421 ham özelliği kodlanmıştır. Test amacıyla kullanılan

görüntülerden yaş tahmini için elde edilen ortalama mutlak hata değerinin 4,58 olduğu gözlenmiştir.

Tablo 3.1. HOG özellik çıkarımı için yaş tahmini değeri

HOG özellik çıkarımı için yaş tahmini değeri		
Yöntem	k-NN (k=3)	
	Özellik Sayısı	MAE
HOG	12.421	4,58

3.1.2. Deneysel Sonuçlar 2: LBP Özellik Çıkarma Yöntemi Kullanılarak Yaş Tahmini

Bu deneyde özellik çıkarım yöntemi olarak LBP kullanılmıştır. Ön işlemden Viola-Jones algoritması ile tespit edilen 192X168 boyutundaki yüz resimleri 32X32 boyutundaki alanlara bölünmüştür. Bu parametreler doğrultusunda LBP ile yüz resimlerin 1.416 ham özelliği kodlanmıştır.

Tablo 3.2. LBP özellik çıkarımı için yaş tahmini değeri

LBP özellik çıkarımı için yaş tahmini değeri		
Yöntem	k-NN (k=3)	
	Özellik Sayısı	MAE
LBP	1.416	5,25

LBP yöntemi için Tablo.3.2.'deki değerler incelendiğinde yüz resimlerinden yaş tahmini için yapılan deneylerde ortalama mutlak hatanın 5,25 olduğu görülmektedir.

3.1.3. Deneysel Sonuçlar 3: Gabor zellik ıkarma Yöntemi Kullanılarak Yaş Tahmini

Bu deneyde özellik çıkarım yöntemi olarak Gabor kullanılmıştır. Bu yöntem uygulanmadan önce doku analizinde kullanılan özel gabor filtreleri oluşturulmuştur. Oluşturulan bu gabor bankaları yardımıyla yüz resimleri yine bir bütün olarak incelenerek özellik çıkarımı yapılmıştır. Gabor yöntemi ile yüz resimlerin 61.441 ham özelliği kodlanmıştır.

Tablo 3.3. Gabor zellik çıkarımı için yaş tahmini değeri

Gabor zellik çıkarımı için yaş tahmini değeri		
Yöntem	k-NN (k=3)	
	Özellik Sayısı	MAE
Gabor	61.441	4,16

Gabor yöntemi için Tablo.3.3.'teki değerler incelendiğinde yüz resimlerinden yaş tahmini için yapılan deneylerde ortalama mutlak hatanın 4,16 olduğu görölmektedir.

3.1.4. Deneysel Sonuçlar 4: HOG + Gabor zellik ıkarma Yöntemi Kullanılarak Yaş Tahmini

Bu deneyde özellik çıkarım yöntemi olarak HOG yöntemi ile birlikte Gabor yöntemi kullanılmıştır. Bu deneyde ilk önce yüz resmi doku analizinde kullanılan özel gabor bankaları ile filtrelenerek yeni bir yüz resmi oluşturulmuştur. Daha sonra elde edilen bu yeni görüntü üzerinde HOG zellik çıkarma yöntemi uygulanmıştır. Bu işlemler sonucunda HOG ve Gabor yöntemin birlikte kullanılması ile yüz resimlerin 12.421 ham özelliği kodlanmıştır. Önerilen bu yöntem için Tablo.3.4.'teki değerler incelendiğinde yüz resimlerinden yaş tahmini için yapılan deneylerde ortalama mutlak hatanın 4,06 olduğu görölmektedir.

Tablo 3.4. HOG + Gabor özellik çıkarımı için yaş tahmini değeri

HOG + Gabor özellik çıkarımı için yaş tahmini değeri		
Yöntem	k-NN (k=3)	
	Özellik Sayısı	MAE
HOG + Gabor	12.421	4,06

3.1.5. Deneysel Sonuçlar 5: LBP + Gabor Özellik Çıkarma Yöntemi Kullanılarak Yaş Tahmini

Bu deneyde özellik çıkarım yöntemi olarak Gabor yöntemi ile birlikte LBP yöntemi kullanılmıştır. İlk olarak yüz resmi doku analizinde kullanılan özel gabor bankaları ile filtrelenerek yeni bir yüz resmi elde edilir. Daha sonra elde edilen bu yeni yüz görüntüsü 32X32 boyutunda alanlara bölünerek LBP yöntemi uygulanmıştır. LBP ve Gabor yöntemin birlikte kullanılması ile yüz resimlerin 1.416 ham özelliği çıkarılmıştır. Önerilen bu yöntem için Tablo 3.5.'teki değerler incelendiği zaman yüz resimlerinden yaş tahmini için yapılan deneylerde ortalama mutlak hatanın 4,10 olduğu görülmektedir.

Tablo 3.5. LBP + Gabor özellik çıkarımı için yaş tahmini değeri

LBP + Gabor özellik çıkarımı için yaş tahmini değeri		
Yöntem	k-NN (k=3)	
	Özellik Sayısı	MAE
LBP +Gabor	1.416	4,10

Tablo 3.6. Özellik çıkarma yöntemleri için yaş tahmini değerleri

Özellik çıkarma yöntemleri için yaş tahmini değerleri		
Yöntem	k-NN (k=3)	
	Özellik Sayısı	MAE
HOG	12.421	4,58
LBP	1.416	5,25
Gabor	61.441	4,16
Gabor + LBP	1.416	4,10
Gabor + HOG	12.421	4,06

Yapılan bütün deneylerden elde edilen sonuçlar çıkarılan özellik sayısı ve ortalama mutlak hata değeri açısından genel olarak Tablo 3.6.'da gösterilmiştir. Sonuçlar incelendiği zaman tek başına kullanılan özellik çıkarma yöntemlerinde en etkili yöntemin 4,26 MAE değeri ile Gabor yöntemi olduğu belirlenmiştir. Bu yöntemden sonra 4,58 MAE değeri ile HOG yöntemi son olarak ise 5,25 MAE değeri ile LBP yöntemi olduğu gözlenmiştir. Bu araştırmada farklı özellik çıkarma tekniklerinin birlikte kullanılması önerilmiştir. Bu amaçla HOG+Gabor ve LBP+Gabor özellik çıkarma yöntemleri oluşturulmuştur. Önerilen bu iki yöntem için HOG+Gabor yönteminden 4,06 MAE değeri LBP+Gabor yöntemi için ise 4,10 MAE değeri elde edilmiştir. Gerçekleştirilen deneyler sonucunda elde edilen değerlere göre önerilen HOG+Gabor yöntemi 4,06 MAE değeri en etkili yöntem olduğu belirlenmiştir. Bu yöntemden sonra yine birlikte kullanım ile oluşturulan LBP+Gabor yöntemi diğer kalan yöntemlerden daha etkili olmuştur.

Bu sonuçlar doğrultusunda tez çalışmasında önerilen farklı özellik çıkarma tekniklerinin bir arada kullanılmasıyla oluşturulan yöntemler ile daha etkili yaş tahminleri yapılabileceği söylenebilir.

BÖLÜM 4. SONUÇ

Bu çalışmada bilgisayarlı görme, görüntü işleme ve örüntü tanıma alanında araştırılan yüz resminden insan yaşının tahmin edilmesi problemi incelendi. Kişiden kişiye değişebilen, genetik, cinsiyet ve birçok çevresel faktörden etkilenen yaşlanmayı tanımlamak oldukça zordur. Bu zorluklardan dolayı günümüzde yaş tahmini problemi istenen düzey çözümlenememiştir. Problemin çözümüne yönelik olarak bu çalışmada farklı özellik çıkarma yöntemlerinin birlikte kullanılması önerilmiştir. Çünkü yaşlanmanın etkili bir şekilde tanımlanabilmesi için özellik çıkarımı önemli bir aşamadır. Bu amaçla HOG + Gabor ve LBP + Gabor özellik çıkarım yöntemleri oluşturuldu. Yapılan detaylı deneylerde önerilen yöntemler normal yöntemler ile karşılaştırıldığında önerilen yöntemlerin daha etkili olduğu gözlenmiştir. Ama önerilen yöntemler etkili bir yaş tahmini yapabilsede sistemin yüz resimlerini kodlaması için gereken süre diğer yöntemlere göre daha fazladır. Bu önerilen yöntem için olumsuz bir durumdur. Daha sonra yapılacak çalışmalarda bu sorun üzerinde bir çalışma yapılabilir. Böylece bu problemin çözümü için ihtiyaç duyan gereksinimler karşılanabilir.

Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda yaş tahmini problemi için diğer aşamalarda kullanılan yöntem ve algoritmalar üzerinde benzer çalışmalar yapılabilir. Ayrıca etkili özellik çıkarımı yöntemlerin geliştirilmesi ile yüz ve desen analizi gibi alanlarda da daha başarılı sonuçlar elde edilebilir. Günlük hayatımızda kullanabileceğimiz yeni uygulamaların gelişmesine katkıda bulunabilir.

KAYNAKÇA

- Ahonen, T., A. Hadid & M. Pietikainen. "Face Description with Local Binary Patterns: Application to Face Recognition," **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**. ss. 2037–2041, 2006.
- Barkana, B. D. & J. Zhou. "A new pitch-range based feature set for a speaker's age and gender classification," **Applied Acoustics**. ss. 52-61, 2015.
- Cootes, T. F., G. J. Edwards & C. J. Taylor. "Active appearance models," **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**. ss. 681-685, 2001.
- Da Cunha , A. L., J. Zhou & M. N. Do. "The Nonsubsampled Contourlet Transform: Theory, Design, and Applications," **IEEE Transactions on Image Processing**. ss. 3089-3101, 2006.
- Dalal, N. & B. Triggs. "Histograms of oriented gradients for human detection," **IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition**. ss. 886-893, 2005.
- Daugman, J. G. "Uncertainty relation for resolution in space, spatial frequency, and orientation optimized by two-dimensional visual cortical filters.," **JOSA**. ss. 1160-1169, 1985.
- Déniz, O., G. Bueno, J. Salido & F. De la Torre. "Face recognition using histograms of oriented gradients," **Pattern Recognition Letters**. ss. 1598-1603, 2011.
- Dey, E. K., M. Khan & M. H. Ali. "Computer Vision-Based Gender Detection from Facial Image," **International Journal of Advanced Computer Science**. ss. 428-433, 2013.
- Forsyth, D. & J. Ponce. **Computer Vision: A Modern Approach**. Prentice Hall, 2003
- Fu, Y. & T. S. Huang. "Human Age Estimation With Regression on Discriminative Aging Manifold," **IEEE Transactions on Multimedia**. ss. 578 - 584, 2008.
- Fu, Y. & T. S. Huang. "Human Age Estimation With Regression on Discriminative Aging Manifold," **IEEE Transactions on Multimedia**. ss. 578-584, 2008.
- Fu, Y., Y. Xu & T. S. Huang. "Estimating Human Age by Manifold Analysis of Face Pictures and Regression on Aging Features," **IEEE International Conference on Multimedia and Expo**. ss. 1383–1386, 2007.
- Gallagher, A. & T. Chen. "Understanding Images of Groups of People," **IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition**. 2009.
- Gao, F. & H. Ai. "Face age classification on consumer images with gabor feature and fuzzy lda method," **Third International Conference on Advances in Biometrics**. ss. 132–141, 2009.

- Geng, X., C. Yin & Z. Zhou. "Facial age estimation by learning from label distributions," **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**. ss. 2401-2412, 2013.
- Geng, X., Z. Zhou & K. Smith-Miles. "Automatic Age Estimation Based on Facial Aging Patterns," **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**. ss. 2234 - 2240, 2007.
- Geng, X., Z. Zhou, Y. Zhang, G. Li & H. Dai. "Learning from facial aging patterns for automatic age estimation," **International Conference on Multimedia**. ss. 307–316, 2006.
- Guo, G., Y. Fu, C. R. Dyer & T. S. Huang. "Image-Based Human Age Estimation by Manifold Learning and Locally Adjusted Robust Regression," **IEEE Transactions on Image Processing**. ss. 1178 - 1188, 2008.
- Guo, G., Y. Fu, T. S. Huang & C. R. Dyer. "Locally Adjusted Robust Regression for Human Age Estimation," **IEEE Workshop on Applications of Computer Vision**. ss. 1-6, 2008.
- Guo, G., G. Mu, Y. Fu & T. S. Huang. "Human age estimation using bio-inspired features," **IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition**. ss. 112–119, 2009.
- Hayashi, M., M. Yasumoto, H. Ito & H. Koshimizu. "Method for estimating and modeling age and gender using facial image processing," **Proceedings Seventh International Conference on Virtual Systems and Multimedia**. ss. 439–448, 2001.
- Hayashi, J., M. Yasumoto, H. Ito, Y. Niwa & H. Koshimizu. "Age and gender estimation from facial image processing," **Proceedings of the 41st SICE Annual Conference**. ss. 13-18, 2002.
- Heusch, G., Y. Rodriguez & S. Marcel. "On the recent use of local binary patterns for face authentication," **International Journal on Image and Video Processing Special Issue on Facial Image Processing**. ss. 06-34, 2007.
- IMDB-Wiki Database. <https://data.vision.ee.ethz.ch/cvl/rrothe/imdb-wiki/>. 2019.
- Jemaa, Y. & S. Khanfir. "Automatic local Gabor features extraction for face recognition," **International Journal of Computer Science and Information Security**. 2009.
- Kass, M., A. Witkin & D. Terzopoulos. "Snakes: Active contour models," **INTERNATIONAL JOURNAL OF COMPUTER**. ss. 321-331, 1988.
- Kobayashi, T., A. Hidaka & T. Kurita. "Selection of Histograms of Oriented Gradients Features for Pedestrian Detection," **ICONIP**. ss. 598-607, 2007.

- Kwon, Young Ho & da Vitoria Lobo. "Age classification from facial images," **1994 Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition**. ss. 762-767, 1994.
- Lanitis, A., C. Draganova & C. Christodoulou. "Comparing different classifiers for automatic age estimation," **IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics**. ss. 621 - 628, 2004.
- Lanitis, A., C. J. Taylor & T. F. Cootes. "Toward automatic simulation of aging effects on face images," **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**. ss. 442-455, 2002.
- Liu, C. "Gabor-based kernel PCA with fractional power polynomial models for face recognition," **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**. ss. 572-581, 2004.
- Liu, C. & H. Wechsler. "Gabor feature based classification using the enhanced fisher linear discriminant model for face recognition," **IEEE Transactions on Image Processing**. ss. 67-476, 2002.
- Liu, C. & H. Wenchsler. "Gabor Feature Based Classification Using the Enhanced Fisher Linear Discriminant Model for Face Recognition," **IEEE Transactions on Image Processing**. ss. 467-476, 2002.
- Luu, K., K. Ricanek, T. D. Bui & C. Y. Suen. "Age estimation using Active Appearance Models and Support Vector Machine regression," **2009 IEEE 3rd International Conference on Biometrics: Theory, Applications, and Systems**. ss. 314-318, 2009.
- Luu, K., K. Seshadri, M. Savvides, T. D. Bui & C. Y. Suen. "Contourlet appearance model for facial age estimation," **2011 International Joint Conference on Biometrics**. ss. 1-8, 2011.
- Ojala, T., M. Pietikainen & D. Harwood. "A comparative study of texture measures with classification based on featured distributions," **Pattern recognition**. ss. 51-59, 1996.
- Ojala, T., M. Pietikainen & T. Maenpaa. "Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns," **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**. ss. 971-987, 2002.
- Padole, C. N. & H. Proenca. "Periocular recognition: Analysis of performance degradation factors," **2012 5th IAPR International Conference on Biometrics (ICB)**. ss. 439-445, 2012.
- Philips, P. J., H. Moon, S. A. Rizvi & P. J. Rauss. "The FERET evaluation methodology for face-recognition algorithms," **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**. ss. 1090-1104, 2000.

- Poggio, T. & M. Riesenhuber. "Hierarchical models of object recognition in cortex," **Nature Neuroscience**. ss. 1019-1025, 1999.
- Ramanathan, N. & R. Chellappa. "Modeling Age Progression in Young Faces," **2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition**. ss. 387–394, 2006.
- Ramanathan, N., R. Chellappa & S. Biswas. "Computational methods for modeling facial aging: A survey," **Journal of Visual Languages & Computing**. ss. 131-144, 2009.
- Ricanek, K. & T. Tesafaye. "MORPH: A Longitudinal Image Database of Normal Adult Age-Progression," **IEEE Int'l Conf. Automatic Face and Gesture Recognition**. ss. 341-345, 2006.
- Rybski, P. E., D. Huber, D. D. Morris & R. Hoffman. "Visual classification of coarse vehicle orientation using histogram of oriented gradients features," **Intelligent Vehicles Symposium**. ss. 921-928, 2010.
- Satpathy, A., X. Jiang & H. L. Eng. "Extended histogram of gradients feature for human detection," **IEEE International Conference on Image Processing**. ss. 3473-3476, 2010.
- Sudha, L. R. & R. Bhavani. "Gait based gender identification using statistical pattern classifiers," **International Journal of Computer Applications**. ss. 30-35, 2012.
- Viola, P. & M. Jones. "Robust real time object detection," **International Journal of Computer Vision**. ss. 137-154, 2001.
- Wiskott, L., J. Fellous, N. Kruger & C. Malsburg. "Face recognition by elastic bunch graph matching," **IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence**. ss. 775-779, 1997.
- Wu, X., V. Kumar, J. R. Quinlan & J. Ghosh. "Top 10 algorithms in data mining," **Knowledge and Information Systems**. ss. 1-37, 2008.
- Wu, T., K. Turaga & R. Chellappa. "Age Estimation and Face Verification Across Aging Using Landmarks," **IEEE Transactions on Information Forensics and Security**. ss. 1780-1788, 2012.
- Yang, M., S. Zhu, F. Lv & K. Yu. "Correspondence driven adaptation for human profile recognition," **Computer Vision and Pattern Recognition**. ss. 505–512, 2011.
- Yan, C., C. Lang, T. Wang, X. Du & C. Zhang. "Age estimation based on convolutional neural network," **Advances in Multimedia Information Processing**. ss. 211–220, 2014.
- Yi, D., Z. Lei & Z. Li. "Age estimation by multi-scale convolutional network.," **Asian Conference on Computer Vision**. ss. 144-158, 2014.

KAYNAKÇA İLE DIŐ KAPAK ARASINDA BİR BOŐ SAYFA BIRAKILACAKTIR.

