



PYTHON KULLANARAK GERÇEK ZAMANLI YÜZ İFADESİ ALGILAMA

**2024
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

İpek YAY

**Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ŞİMŞİR**

PYTHON KULLANARAK GERÇEK ZAMANLI YÜZ İFADESİ ALGILAMA

İpek YAY

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ŞİMŞİR

T.C.
Karabük Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK
Haziran 2024

İpek YAY tarafından hazırlanan “PYTHON KULLANARAK GERÇEK ZAMANLI YÜZ İFADESİ ALGILAMA” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ŞİMŞİR

.....

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından Oy Birliği ile Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 24/06/2024

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ŞİMŞİR (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Selçuk Alparslan AVCI (KBÜ)

.....

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ÇİFCİ (MAKÜ)

ONLINE

KBÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Doç. Dr. Zeynep ÖZCAN

.....

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

İpek YAY

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PYTHON KULLANARAK GERÇEK ZAMANLI YÜZ İFADESİ ALGILAMA

İpek YAY

Karabük Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Mekatronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Tez Danışmanı:

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ŞİMŞİR

Haziran 2024, 47 sayfa

Bu çalışmada, yüz ifadesi algılama sistemlerinde duygu analizi gerçek zamanlı olarak Python programı kullanılarak ele alınmaktadır. Yüz ifadelerinin doğru ve hızlı bir şekilde algılanarak duygu analizi yapılması, günümüz teknolojisinin önemli bir gereksinimi haline gelmiştir. Bu amaçla, Convolutional Neural Network (CNN) mimarisi kullanılarak yüz ifadelerinin algılanması ve duygu analizinin yüksek doğruluk oranıyla gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. CNN, görüntü işleme ve sınıflandırma alanlarında sağladığı yüksek doğruluk oranları nedeniyle tercih edilmiştir. Bu çalışmada, otomatik yüz ifadesi algılama ve duygu analizi sistemlerinin güvenlik, insan-bilgisayar etkileşimini, sağlık hizmetleri ve bilgisayar etkileşimleri, sağlık hizmetleri ve eğlence sektörü gibi geniş uygulama alanlarında kullanılabileceğine değinilmiştir.

Geliştirilen sistem, video akışlarından elde edilen görüntüler üzerinde yüz ifadelerini tespit ederek bu ifadeleri belirli duygusal kategorilere göre sınıflandırır. Yüz ifadesi algılama sistemlerinin etkili bir şekilde çalışabilmesi için ön işleme aşaması büyük

önem taşır. Bu aşamada, görüntüler yeniden boyutlandırılarak ve rotasyon gibi düzeltmeler yapılarak sistemin üzerinde çalışacağı verilerin kalitesi artırılır. Yüz algılama sistemlerinin etkili bir şekilde çalışabilmesi için ön işleme aşaması büyük önem taşımaktadır. Bu aşamada, görüntüler yeniden boyutlandırılır ve rotasyon gibi düzeltmeler yapılarak sistemin üzerinde çalışacağı verilerin kalitesi artırılır. Yüz algılama işleme, yüzün ölçeği ve yönelimi gibi faktörlerden etkilenebildiğinden dolayı bu durumlar algılamada zorluklar yaratabilir. Bu zorlukların üstesinden gelmek için çeşitli algoritmalar ve teknikler kullanılmıştır. Bu bağlamda, yüz ifadelerinin algılanması ve analiz edilmesi konusunda CNN tabanlı bir algoritma kullanılmıştır. CNN mimarisi, görüntü işleme ve sınıflandırma alanlarında yüksek doğruluk oranları sunarak kullanıcıların anlık duygusal durumlarını tespit edebilme imkanı sağlar. Bu sistem, güvenlik sistemleri, insan-bilgisayar etkileşimleri, sağlık hizmetleri ve eğlence sektörü gibi alanlarda geniş uygulama olanakları sunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, yüz ifadelerini doğru ve hızlı bir şekilde algılayacak bir sistem geliştirerek duygu sınıflandırması yapmak ve bu sistemin farklı senaryolarda etkinliğini değerlendirmektir. Tezde kullanılan yöntemlerin detaylı analizi yapılmış ve geliştirilen sistemin performansı çeşitli duygusal kategorilerde değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar sistemin yüz ifadelerini yüksek doğruluk oranıyla tespit edebildiğini ve duygusal sınıflandırmaları doğru bir şekilde gerçekleştirebildiğini göstermektedir. Bu bulgular, yüz ifadesi algılama ve duygusal sınıflandırma alanında önemli katkılar sunmakta olup, bu alandaki gelecekteki araştırmalar için önemli bir temel oluşturmaktadır.

Anahtar Sözcükler : Python, Yüz algılama, Duygu analizi.

Bilim Kodu : 92907

ABSTRACT

Master Thesis

REAL-TIME FACIAL EXPRESSION RECOGNITION USING PYTHON

İpek YAY

**Karabük University
Institute of Graduate Program
Department of Mechatronics Engineering**

**Thesis Advisor:
Assist. Prof. Mehmet ŞİMŞİR**

June 2024, 47 pages

In this study, emotion analysis in facial expression detection systems is discussed in real time using Python software. Accurate and fast detection of facial expressions and emotion analysis has become an important requirement of today's technology. For this purpose, it is aimed to detect facial expressions and perform emotion analysis with high accuracy rate by using Convolutional Neural Network (CNN) architecture. CNN is preferred due to its high accuracy rates in image processing and classification. In this study, it is mentioned that automatic facial expression detection and emotion analysis systems can be used in a wide range of application areas such as security, human-computer interaction, healthcare and computer interactions, healthcare and entertainment sector.

The developed system detects facial expressions on images obtained from video streams and classifies these expressions according to certain emotional categories. The pre-processing stage is of great importance for facial expression detection systems to work effectively. At this stage, the quality of the data on which the system will work is improved by resizing the images and making corrections such as rotation. The

preprocessing stage is of great importance for face detection systems to work effectively. At this stage, the quality of the data on which the system will work is improved by making corrections such as resizing and rotation of the images. Since face detection processing can be affected by factors such as the scale and orientation of the face, these situations can create difficulties in detection. Various algorithms and techniques have been used to overcome these difficulties. In this context, a CNN-based algorithm was used to detect and analyse facial expressions. CNN architecture provides high accuracy rates in image processing and classification, enabling the detection of instantaneous emotional states of users. This system offers wide application opportunities in areas such as security systems, human-computer interactions, healthcare and entertainment industry.

The aim of this study is to develop a system to accurately and quickly detect facial expressions, to classify emotions and to evaluate the effectiveness of this system in different scenarios. The methods used in the thesis are analysed in detail and the performance of the developed system is evaluated in various emotional categories. The results obtained show that the system can detect facial expressions with high accuracy and perform emotional classifications accurately. These findings provide important contributions to the field of facial expression detection and emotional classification and form an important basis for future research in this field.

Key Word : Python, Face detection, Emotion analysis.

Science Code : 92907

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, tecrübelerinden yararlandığım sayın Dr. Öğretim Üyesi Mehmet ŞİMŞİR'e, bana güvenip hiçbir yardımı esirgemediğim yanımda olan aileme, canım eşim Yunus Emre YAY'a ve değerli arkadaşlarım Büşra KALKAN ve Seda PEK'e tüm kalbimle teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
TABLolar DİZİNİ	xiii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	4
YÜZ İFADELERİ VE DUYGULAR	4
2.1. YÜZ İFADELERİ TARİHSEL GELİŞİMİ	5
2.2. DUYGULAR.....	6
2.2.1. Temel Duygular	7
2.2.1.1. Temel Duyguların Özellikleri	10
2.3. YÜZ İFADELERİNİN TÜRLERİ	11
2.3.1. Makro İfadeler	11
2.3.2. Mikro İfadeler.....	11
2.3.3. Gizli İfadeler.....	12
2.3.4. Kısmi İfadeler	12
BÖLÜM 3	13
YÜZ ALGILAMA TEKNOLOJİSİ VE DUYGU ANALİZİ.....	13
3.1. YÜZ ALGILAMANIN TARİHSEL GELİŞİMİ	18
3.2. YÜZ ALGILAMANIN UYGULAMA ALANLARI.....	19
3.3. YÜZ ALGILAMANIN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI.....	20

	<u>Sayfa</u>
3.3.1. Yüz Algılamanın Avantajları.....	20
3.3.2. Yüz Algılamanın Dezavantajları	21
3.4. YÜZ İFADELERİ VERİ TABANLARI.....	22
3.5. BİLGİSAYARLI GÖRÜ.....	26
3.5.1. Bilgisayarlı Görünün Tarihsel Gelişimi.....	26
3.5.2. Bilgisayarlı Görünün Çalışma Mantığı.....	27
3.5.3. Bilgisayar Görüşü Uygulama Alanları	28
3.5.4. Bilgisayar Görüşü Uygulama Alanlarının Amacı.....	29
3.6. GÖRÜNTÜ İŞLEME	30
3.6.1. Python Görüntü İşleme Kütüphaneleri	31
3.7. DUYGU ANALİZİ	31
3.8. DUYGULARIN SINIFLANDIRILMASINDA KULLANILAN.....	34
ALGORİTMALAR	34
3.8.1. Destek Vektör Makinesi (SVM).....	34
3.8.2. Gizli Markov Modelleri (HMM)	34
3.8.3. K-en Yakın Komşuluk (KNN).....	34
3.8.4. Konvolüsyonel Sinir Ağı (CNN)	35
3.8.5. Eigen Yüz Algoritması	35
 BÖLÜM 4	 36
PYTHON TABANLI GELİŞTİRME ORTAMI	36
4.1. OPENCV KÜTÜPHANESİ.....	36
4.2. KERAS KÜTÜPHANESİ.....	38
4.3. TENSORFLOW KÜTÜPHANESİ	39
 BÖLÜM 5	 40
UYGULAMA GELİŞTİRME VE TEST EDİLMESİ.....	40
5.1. KULLANILAN TEKNOLOJİLER VE UYGULAMALAR	40
5.2. MODEL VE YÖNTEMLER.....	40
5.3. UYGULAMA.....	41
5.3.1. Model Yükleme ve Veri Hazırlama.....	41
5.3.2. Veri İşleme.....	41

	<u>Sayfa</u>
5.3.3. Sonuçların Görselleştirilmesi	42
BÖLÜM 6	43
SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME	43
KAYNAKLAR	45
ÖZGEÇMİŞ	47



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2. 1. Temel duygular.	7
Şekil 3. 1. Yüz algılamayı zorlaştıran durumlar.	14
Şekil 3. 2 Yüz ifadesi algılama sistemleri iş akışı.....	14
Şekil 3. 3. Evrişimsel sinir ağı mimarisi	18
Şekil 3. 4. Bilgisayar görüşü teknolojilerinin sektörel kullanımı ve pazar değerleri.	29
Şekil 3. 5. Görüntü işleme temeli.....	30
Şekil 3. 6.Yüz özelliği çıkarma	32
Şekil 5. 1. Uygulama görselleri.....	42

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 3. 1. Yüz ifadeleri veri setlerine genel bir bakış	22
--	----



KISALTMALAR

- RNN : Recurrent Neural Network (Tekrarlayan Sinir Ağı)
CNN : Convolutional Neural Network (Evrişimsel Sinir Ağı)
OCR : Optical Character Recognition Technology (Optik Karakter Tanıma Teknolojisi)
ICR : Intelligent Character Recognition (Akıllı Karakter Tanıma)
FER : Facial Exxpression Recognition (Yüz İfadesi Algılama)
FACS : Face Action Coding System (Yüz Eylem Kodlama Sistemi)
AU : Action Unit (Eylem Birimi)
LBP : Local Binary Pattern (Yerel İkili Örüntü)
SVM : Support Vector Machine (Destek Vektör Makinesi)
YSA : Yapay Sinir Ağları
HMM : Hidden Markovs Models (Gizli Markov Modelleri)
KNN : K-Nearest Neighbourhood (K-En Yakın Komşuluk)
PCA : Principal Component Analysis (Temel Bileşen Analizi)
ICA : Independent Component Analysis (Bağımsız Bileşen Analizi)
LPP : Projections Preserving Locality (Yerelliği Koruyan Projeksionlar)
LDA : Linear Discriminant Analysis (Doğrusal Ayırıştırma Analizi)
CNTK : Microsoft Cognitive Toolkit (Microsoft Bilişsel Araç Kiti)
KDEF : The Karolinska Directed Emotional Faces (Karolinska Yönlendirilmiş Duygusal Yüzler)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

İnsanlar yüz ifadelerini, duygusal durumlarını ve düşüncelerini ifade edebilmek için kullanırlar. Yüz ifadeleri; insanların günlük yaşantılarında, özellikle de sosyal etkileşimlerde önemli rol oynamaktadır. Yapılan araştırmalar, yüz yüze iletişimde kullanılan yüz ifadelerinin %55 oranında olduğunu, ses tonunun %38 ve kelime seçimlerinin ise %7 etkili olduğunu göstermiştir. [1]. Duyguların doğru bir şekilde anlaşılması ve yorumlanması ise sağlıklı ve verimli iletişim kurmanın temel taşlarından biridir. Bu amaçla, yüz ifadelerinin otomatik olarak algılanması ve analiz edilmesi, çeşitli uygulama alanlarında kullanılması içinde çok önemlidir.

1824 yılında Charles Bell tarafından yüz ifadelerine yönelik ilk çalışma yapılmıştır. Bell, yüz kaslarının kişinin temel ahlaki doğasını betimleyen duyguları ifade ettiğini ve bu duyguların oluşmasına neden olan kaslarla donatıldığını öne sürmüştür [2].

1872 yılında Darwin ise yüz ifadelerinin duyguları yansıttığını ileri sürerek bu ifadelerin insanları eşsiz kılan bir özellik olmadığına inanmıştır [2].

1900'lerin başlarında, yüz ifadelerinin duygusal ifadelerin kültüre özgü olduğu fikri ortaya atılmıştır. Bununla birlikte, yüz ifadelerinin duyguları yansıttığı görüşü de yaygın olarak kabul edilmiştir [2].

Yüz ifadelerindeki duygulara yönelik modern çalışma 1962 yılında Tomkins ile başlamıştır. 1969 yılında Ekman, Sorenson ve Friesen'in yaptıkları araştırmalar sonucunda ile de yüz ifadelerindeki duyguların küresel olduğuna dair kanıtlar da elde edilmiştir [2].

Son yıllarda, yapay zeka ve makine öğrenmesi teknolojilerinin gelişimi ile birlikte, yüz ifadelerinin algılanması ve duygusal sınıflandırma yapılabilmesinde önemli

ilerlemeler kaydedilmesine olanak sağlamıştır. Özellikle de, yüz ifadelerinin gerçek zamanlı olarak algılanması ve sınıflandırılması, endüstriyel uygulamalarda ve akademik araştırmalarda geniş bir kullanım alanı bulmaktadır. Bu geniş kullanım alanları, yüz ifadeleri ve duyguların doğru bir şekilde algılanmasının ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Gerçek zamanlı yüz ifadesi algılama ve sınıflandırma sistemleri, kullanıcıların anlık duygusal durumlarını tespit ederek daha iyi hizmetler sunmayı mümkün kılmaktadır. Bu bağlamda, farklı algoritmalar ve mimariler kullanılarak yüksek doğruluk oranlarına sahip sistemler geliştirilmektedir.

Bu tez çalışmasında, gerçek zamanlı yüz ifadesi algılama ve duygu analizi sistemi Python programı kullanılarak geliştirilmiştir. Sistemde, yüz ifadelerinin algılanması ve duygu analizi yapılabilmesi için Convolutional Neural Network (CNN) mimarisi kullanılmıştır. Görüntü işleme ve sınıflandırma alanlarında yüksek doğruluk oranlarına sahip olması sebebiyle CNN mimarisi tercih edilmiştir. Bu mimari, yüz ifadelerinin tanınması ve analiz edilmesi konusunda kullanıcılara önemli avantajlar sunmaktadır. CNN tabanlı bir algoritma kullanılarak, yüz ifadelerinin yüksek doğrulukla tanınması ve duygusal sınıflandırmanın doğru bir şekilde gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir.

Sistem, video akışlarından elde edilen görüntüler üzerinde çalışarak yüz ifadelerini tespit edip bu ifadeleri belirli duygusal kategorilere göre sınıflandırmaktadır. Bu sistem; güvenlik sistemleri, insan-bilgisayar etkileşimleri, sağlık hizmetleri ve eğlence sektörü vb. alanlarda kullanılabilir. Ayrıca yüz ifadeleri anlık olarak izlenip olası tehditleri önceden tespit ederek güvenlik sistemlerinde de çok faydalı olacağı düşünülmektedir. Kullanıcıların duygusal durumlarına göre dinamik tepkiler veren akıllı sistemler oluşturulabilir. Sağlık hizmetlerinde ise, hastaların duygusal durumlarını izleyerek ve buna göre tedavi yöntemleri belirlemek mümkün olabilir. Eğlence sektöründe ise, literatüf oyunlar ve kişiselleştirilmiş içeriklerin geliştirerek eğlence sektöründe de kullanılması sağlanabilir.

Bu çalışmanın amacı, yüz ifadelerini doğru ve hızlı bir şekilde algılayacak bir sistem geliştirerek duygu sınıflandırması yapmak ve bu sistemin farklı senaryolarda etkinliğini değerlendirmektir. Bu bağlamda, tezde kullanılan yöntemlerin detaylı bir analizi yapılmış ve geliştirilen sistemin performansı çeşitli duygusal kategorilerde değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar ise sistemin yüz ifadelerini yüksek doğruluk

oranyla tespit edebildiğini ve duygusal sınıflandırmaları doğru bir şekilde gerçekleştirebildiğini göstermektedir. Bu bulgular, yüz ifadesi algılama ve duygusal sınıflandırma alanında önemli katkılar sunmakta olup, bu alanda gelecekteki araştırmalar için önemli bir temel oluşturmaktadır.



BÖLÜM 2

YÜZ İFADELERİ VE DUYGULAR

Yüz ifadeleri, insanların anlık ruhsal, duygusal ve zihinsel durumları hakkında bilgi vererek, bireyler arasındaki iletişimde önemli bir rol üstlenmektedirler. [1]. İnsanlar genellikle duygularını iletme için yüz ifadeleri, ses nüansları, el ve vücut hareketleri ve vücut duruşu gibi bir dizi sözsüz işaret kullanmaktadır [3]. Ayrıca yüz ifadeleri bir kişinin gerçek duygularını dilden daha doğru bir şekilde aktarabilmektedir [4]. Bu, diğer insanların duygusal durumlarını ve niyetlerini anlamanın ve iletişim kurmanın en doğal ve önemli yollarından biridir [3]. Bu nedenle, yüz ifadelerinin anlamlarını açıklamak, bu ifadeleri anlamak ve sınıflandırmak amacıyla geçmişten günümüze pek çok araştırma yapılmıştır. [1].

Yüz ifadeleri kavramı ile “yüzdeki mimetik kasların hareketleri” anlatılmak istenmektedir. Dolayısıyla yüz ifadeleri veya yüzdeki kas hareketleri; duyguları, zihinsel süreçleri ve fizyolojik tepkileri içeren geniş bir kavramdır [2]. Bu kas hareketleri, bir bireyin duygusal durumunu çeşitli gözlemcilerle iletme için kullanılmaktadır. Yüz ifadeleri sözsüz iletişimin bir türüdür [3].

Yüz ifadeleri, görsel konuşma için ağız hareketleri ile birlikte, sürekli ve hızla değişen şekillerdeki yüz hareketlerini içermektedir. Kısaca bu ifadeler kolayca ayırt edilebilir ve doğru anlam çıkarabilmek için kişinin bireysel olarak tanınması gerekmez. Dolayısıyla, yüz ifadesinin doğru algılanması yüz kimliğine bağlı değildir [5]. Ancak farklı insanlar aynı duygusal durumu çeşitli şekillerde sergileyebildiklerinden dolayı iki kişinin aynı duyguyu benzer şekilde yaşayıp yaşamadığını belirlemek zor olabilmektedir.

Örneğin, yüz ifadesi kişinin ruh haline, ses tonuna, o anki yaşına ve çevresine vb. durumlara bağlı olarak değişebilmektedir [4].

2.1. YÜZ İFADELERİ TARİHSEL GELİŞİMİ

Yüz ifadelerine yönelik Charles Bell tarafından 1824 yılında kaleme alınan “Anatomy and Physiology of Expression” isimli eserinde, yüzdeki kasların insanın temel ahlaki doğasını yansıtan duyguları ifade ettiğini ve bu duyguların oluşmasını sağlayan kaslarla donatıldığını savunmaktadır [2].

1872 yılında ise Darwin tarafından “The Expression of the Emotions in Man and Animals” adlı eser yayınlanmıştır. Yüz ifadelerindeki kasların temsil ettiği kavramın ne olduğu ise bu çalışmayı Bell’in çalışmasından ayıran belirgin bir noktadır. Darwin, yüz ifadelerinin duyguları yansıttığını ileri sürmekte ve bu ifadelerin insanları eşsiz kılan bir özellik olmadığına inanmaktadır. Gözlemlerine göre insan ve hayvanlarda bazı duyguların benzer ifadelerle oluştuğunu ileri sürmektedir. Darwin’in bu görüşüyle yüz ifadelerinde beliren duyguların evrensel olduğu düşüncesi fikri öne sürülmüştür [2].

1900’lerin başlarında, yüz ifadelerinin duygusal ifadelerin kültüre özgü olduğu fikri ortaya atılmıştır. Bununla birlikte, yüz ifadelerinin duyguları yansıttığı görüşü de yaygın olarak kabul edilmekteydi. Yüz ifadelerindeki duygulara yönelik modern çalışma 1962 yılında Tomkins ile başlamıştır. Darwin’in çalışmalarından da etkilenen Tomkins duyguların tüm insanlara benzer şekilde oluştuğu fikrindeydi. 1969 yılında Ekman, Sorenson ve Friesen tarafından yapılan araştırmalar sonucunda yüz ifadelerindeki duyguların evrensel olduğunu gösteren kanıtlar sunulmuştur [2].

1970 yılında Bridwhistell, tipik bir iletişimde sözlü bileşenlerin sosyal anlamın üçte birini, sözel olmayan bileşenlerin ise üçte ikisini ilettiğini belirtmiştir. Yüz ifadeleri, vücut hareketleriyle birlikte, sözlü olmayan kişiler arası iletişimde temel bilgi kanallarından biridir. Yüz ifadelerinin duygusal anlamları iletmek ve iletişimde bilgi kanalı olarak hizmet vermek üzere iki ana işlevi bulunmaktadır [5].

Genel olarak yapılan çalışmalar doğrultusunda yüz ifadeleriyle ilgili çalışmaların duygularla ilişkili olduğu görülmektedir. Buna bağlı olarak Ekman ve Friesen’in 2003

yılında yaptıkları çalışmada yüz ifadelerinin duyguları görünür kılmasına aracılık ettiği ve duyguların ortaya çıktığı ilk yerin yüz bölgesi olduğunu belirtmişlerdir [2]

Camras, Fatani, Fraumeni ve Shuster'e göre ise yüz ifadeleri ile duygu kavramının ilişkisinin kabul edilmesinin iki nedeni vardır. Birincisi, bebeklerin duygusal durumlarına ilişkin sözel ifadeleri olmasa bile sözsüz belirtilere güvenilmesidir. İkinci neden ise, duygu kavramını ele alan bazı kuramcılarının çalışmalarında, yüz ifadeleri ve duygular arasındaki bağlantıyı kanıtlanmış olmasıdır [2].

2.2. DUYGULAR

Duygu kavramı “kültürel, evrensel ve bireysel olaylara verilen ve belirgin özellikleri olan otomatik tepkiler” olarak tanımlanabilmektedir [2]. İnsan duyguları, günlük yaşamda iletişimde çok önemli bir yere sahiptir. Genellikle insanın günlük iletişim sürecinde, diğer insanların duygularını anlama, davranış yargısı, duygusal ve zihinsel durumları kişilerin yüz ifadeleriyle uyum içinde olmaktadır. Bu nedenle, yüz ifadelerini anlamak, duyguları anlamanın anahtarıdır [5].

Evrensel paylaşımlara örnek verecek olursak; bir kişinin uçurumun kenarından düşmek üzereyken oluşturduğu tepkiler otomatiktir dolayısıyla vücudunda kontrol dışı değişimler oluşabilmektedir. Kısaca, evrensel paylaşımlar, bütün insanların bir durum karşısında verdiği ortak tepkilerdir [2].

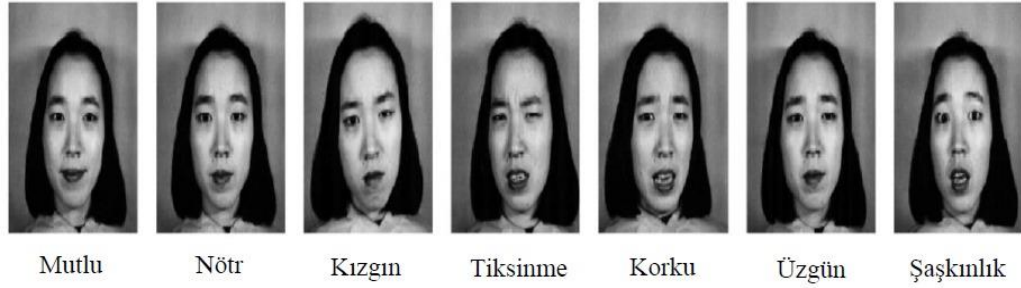
Tanımda da belirtilen kültüre özgü olayları örneklendirmek istersek ülkemiz bunun için çok iyi bir kaynak oluşturur. Ülkemizde bulunan yedi coğrafi bölgedeki kültürler birbirlerinden farklıdır. Kültürleri etkileyen birçok faktör göz önünde bulundurulduğunda kültüre özgü verilen duygusal tepkiler daha iyi anlaşılabilir [2].

Son tepki dediğimiz durum ise bireye özgü olaylara verilen otomatik tepkilerdir. Örneğin, her bireyin kalıtsal özelliklerinden kaynaklanan bazı farklılıkları bulunmaktadır [2].

2.2.1. Temel Duygular

Yüz ifadeleri kişinin o an hissettiği duygunun dışavurulmuş halidir. Bazı duygular diğer duygulara göre daha basit ve anlaşılır olduğundan dolayı temel ve ikincil duygular olarak sınıflandırılmıştır. Her bir temel duygu farklı bir duygusal durumu ortaya koymaktadır [1].

Yüz ifadelerini ortaya çıkaran duyguların tespiti için yapılan çalışmalarda ortak fikir olarak “mutluluk”, “üzüntü”, “korku”, “öfke”, “iğrenme” ve “şaşkınlık” olmak üzere altı duygu öne sürülmüştür. Bu ifadelere ek olarak hiçbir yüz ifadeyi temsil etmeyen “yalın hal” ve yüzde farkedilmesi zor olan “küçümseme” de eklenebilmektedir [1].



Şekil 2. 1. Temel duygular [6].

Genel olarak Şekil 2.1’de görüldüğü gibi bu temel duygulara temel duygu denilmektedir. Izard ise bu temel duyguların yanında yüz bölgesinde belirgin belirtileri olmayan utanç, çekingenlik, suçluluk gibi duyguların da temel duygular olduğunu ifade etmiştir [1].

Duygu teorisyenleri ve psikologlar, evrensel olarak sergilenen temel duygulardan kültüre özgü karmaşık duygulara kadar olan her türlü duygu sınıflandırması için çeşitli modeller tanımlamışlardır. Duygu araştırmalarındaki çeşitli modeller arasında, hakim olan iki model vardır: Ekman’ın temel duygu kümesi ve Russell’in dairesel duygulanım modeli [3].

İnsan duygularının alternatif bir tanımlama modeli Russel tarafından önerilmiştir; burada duygusal durumlar belirli ayırık kategoriler yerine iki boyutlu iki kutuplu

uzayda olduğu gibi (Hoşluk-hoşnutsuzluk, uyarılma-uyku) dairelerle temsil edilmektedir.

Ekman ve Freisen 1971 yılında öfke, iğrenme, korku, neşe, üzüntü ve şaşkınlık gibi evrensel olarak bilinen altı temel duygu önermişlerdir [3].

Aşağıda bu duyguların yüzde oluşan belirtileri ile ilgili açıklamalara yer verilmiştir. [1].

Mutluluk duygusunun yüzde oluşturduğu belirtiler aşağıdaki gibidir.

1. Dudak köşeleri gerilir ve yükselir.
2. Ağız kısmen açılabilir bu durumda dişler görünebilir veya görünmeyebilir.
3. Burundan dudak kenarlarına doğru bir kırışıklık oluşur.
4. Yanaklar yükselir.
5. Alt göz kapağında kırışıklıklar oluşur ve yükselebilir, ancak gerilmez.
6. Kazayağı çizgiler, gözlerin dış köşelerinden ileri doğru yönelir [1].

Korku duygusunun yüz ifadesinde oluşturduğu ayırt edici belirtiler aşağıdaki gibidir [1].

1. Kaşlar yükselir ve birlikte yaklaşır.
2. Alnın ortasında kırışıklık oluşur ancak bu kırışıklık tüm alnı kaplamaz.
3. Üst göz kapağı yükselir, göz akı belirginleşir ve alt göz kapağı gerilerek dikleşir.
4. Ağız açılır ve dudaklar ya hafifçe gerilir ve geri çekilir ya da gerilir ve gerginleşir [1].

Öfke duygusunun yüzdeki kasları hareket ettiren belirtileri aşağıdaki gibidir [1].

1. Kaşlar aşağı inerek birlikte çekilir.
2. Kaşların arasında dikey çizgiler oluşur.
3. Alt göz kapağı gerilir bununla birlikte yükselebilir veya yükselmeyebilir.

4. Üst göz kapağı gerilir ve bu durum kaş hareketiyle azaltılabilir ya da azaltılamayabilir.
5. Gözler sert bir bakışa genişlemiş bir görünüme sahip olabilir.
6. Dudaklar iki temel pozisyondan birinde bulunur: sıkıca birbirine bastırılır, köşeler düz ve aşağı doğru; ya da bağırır gibi kare şeklinde açılır.
7. Burun delikleri genişlemiş olabilir ancak bu öfke yüz ifadesi için geçerli değildir ve aynı zamanda üzüntü yüz ifadesinde de ortaya çıkabilir.
8. Yüzün üç bölgesinde (alın bölgesi, dudak ile göz arası bölge ve dudak ile alt çene arası bölge) öfke belirtileri görülmedikçe, oluşan ifadeye net bir şekilde öfke denilmez [1].

Tiksinme duygusunun yüzümüzde oluşturduğu ifadenin belirtileri aşağıda sıralanmıştır [1].

1. Üst dudak yukarı kalkar.
2. Alt dudak ya üst dudağa kadar itilir ve kalkar ya da alçalır ve hafifçe çıkıntı yapar.
3. Burun kırışır.
4. Yanaklar yükselir.
5. Alt göz kapağının altında çizgiler görünür ve alt göz kapağı yukarı doğru itilir ancak gergin değildir.
6. Kaşlar alçalır ve üst göz kapağı iner [1].

Üzüntü duygusunun yüzdeki belirtileri de aşağıdaki gibidir [1].

1. Kaşların iç köşeleri birbirlerine yaklaşır.
2. Kaşların altındaki deri, iç köşelerin kalkmasıyla üçgen bir hâl alır.
3. Üst göz kapağının iç köşesi kalkar.
4. Dudakların köşeleri düşer ya da dudak titrer [1].

Şaşkınlık diğer temel yüz ifadelerine nazaran en kısa süren duygudur ve yüzümüzde oluşturduğu hareketler aşağıda sıralanmıştır [1].

1. Kaşlar kalkar bundan dolayı kavisli ve yüksektirler.
2. Kaşın altındaki deri gerilir.
3. Alın bölgesinde yatay kırışıklar oluşur.
4. Göz kapakları açılır; üst göz kapağı kalkar ve alt göz kapağı aşağı doğru açılır ve göz beyazı irisin üzerinde ve çoğunlukla da irisin alt kısmında görülür.
5. Çene açılır dolayısıyla dudaklar ve dişler de kısmen eşlik eder ancak ağızda gerilme veya kasılma durumu yoktur [1].

Aşağılama ifadesi ise yukarıda bahsedilen temel ifadelere sonradan eklenmiştir ve yüz ifadesinde dudak tek tarafının yükselmesi ve sıkıştırılması şeklinde bir belirti oluşmaktadır [1].

Aynı zamanda bu temel duygular bir araya gelerek kıskançlık vb. karmaşık farklı duyguların ortaya çıkmasını da sağlamaktadır. Bu duyguların haricinde kalan duygularda vardır ve bunlara ikinci duygu denilmektedir. Literatürde bahsi geçen ikincil duygular genellikle yüksek bilişsel bileşeni olan duygulardır ve bu duyguların deneyimlenmesini sağlayabilmek için bilişsel değerlendirme yapmak gerekmektedir [1].

2.2.1.1. Temel Duyguların Özellikleri

Paul Ekman ilk olarak temel duyguların karakteristik özelliklerini on bir madde ile açıklamış, daha sonra iki madde daha ekleyerek 13 madde ile ifade etmiştir [1]. Bu kapsamda temel duyguların özellikleri aşağıda sıralandığı şekildedir:

1. Ayırt edici fizyoloji
2. Otomatik uyarılma
3. Geçmiş olaylardaki ayırt edici evrenseller
4. Diğer primatlardaki varlığı
5. Hızlı oluşması
6. Kısa süreli oluşabilmesi
7. Kendiliğinden oluşması
8. Ayırt edici düşünceler, anılar ve görseller

9. Ayırt edici öznel yaşantı
10. Tepkisiz süreç, duyguyu destekleyen unsurlara ilişkin bilgileri filtreler
11. Duygunun hedefinin sınırlandırılmaması
12. Duygu, yapıcı ya da yıkıcı bir şekilde ortaya çıkabilmesi
13. Ayırt edici fizyolojik tepkiler olması ve oldukça hızlı bir şekilde oluşabilmesi [1].

Temel duygular belirli bir durum için sınıflandırılmamış olup oluşma sebebi olumlu veya olumsuz olabilmektedir [1].

2.3. YÜZ İFADELERİNİN TÜRLERİ

Yüz ifadeleri makro, mikro, gizli ve kısmi ifadeler olmak üzere dört kategoriye ayrılmaktadır. Çünkü duygunun yüzde oluşma süresi ve yüzdeki kasların gerilme düzeyi yüz ifadelerinde farklılık göstermektedir [2].

2.3.1. Makro İfadeler

Yüz bölgesinde genellikle 0.5 ile 4 saniye kadar sürer ve yüzün tüm bölgesindeki ilgili kasların hareket etmesi sonucu oluşmaktadır. Gündelik ilişkilerde sıklıkla karşılaşılır ve bu yüz ifadelerinin tanınması oldukça kolaydır [2].

2.3.2. Mikro İfadeler

Bir saniyeden daha kısa sürede beliren, anlık bilinçdışı ortaya çıkan ve evrensel olan yüz hareketleridir. İlk olarak 1966 yılında Haggard ve Isaacs tarafından keşfedilsede 1969 yılında Ekman ve Friesan tarafından fark edilmiştir. Gündelik ilişkilerimizde bu ifadelerin tanınması zor olabilmektedir, bir saniyeden kısa sürede oluştuğundan dolayı da ifadelerin görülmesi zor olmaktadır [2].

2.3.3. Gizli İfadeler

Kişi duygu hissetmeye başladığında yada duygusunu bastırmaya çalışırken oluşan düşük yoğunluktaki duygu ifadeleridir. İlgili tüm kaslar hareketli olabilir ama buradaki kas gerilmeleri düşük düzeydedir [4].

2.3.4. Kısmi İfadeler

Yüzdeki ilgili tüm kasların hareket etmemesi yada duyguya ilişkin belirli kasların hareketiyle oluşan ifadelerdir. Örneğin, üzüntü duygusu oluştuğunda kaş ve dudak bölgesindeki kaslarda değişimler meydana gelmektedir. Buradaki üzüntünün yoğunluğu düşük olduğunda gizli ifade olabilir [2]. Ancak üzüntü duygusu sadece kaşların olduğu bölgede bir değişikliğe yol açıyor ve dudak bölgesinde herhangi bir değişime yol açmıyorsa veya tam tersi bir durum söz konusu olduğunda ve bu durum düşük yoğunlukta gerçekleştiğinde oluşan ifadeye de kısmi ifade denilmektedir [2].

Yüz ifadelerinin oluşmasında veya tanınmasında katılımcıyı etkileyen unsurların doğal koşullar mı yoksa kontrol altındaki koşullar mı olduğunu bilmek önemlidir. Ortamdan veya çevreden kaynaklanan farklılıklar duyguların oluşmasını etkiler [2].

Bu nedenle, araştırmaların sonuçları değerlendirilirken, katılımcıların bulundukları ortamın ve koşulların dikkate alınması gerekir. Bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda, duyguların ifadesini ve algılanmasını doğrudan etkileyebilmektedir. Bu nedenle, çalışmalarda bu değişkenlerin dikkate kontrol edilmesi gerekir. Bu şekilde, daha güvenilir ve geçerli sonuçlara ulaşılabilir.

BÖLÜM 3

YÜZ ALGILAMA TEKNOLOJİSİ VE DUYGU ANALİZİ

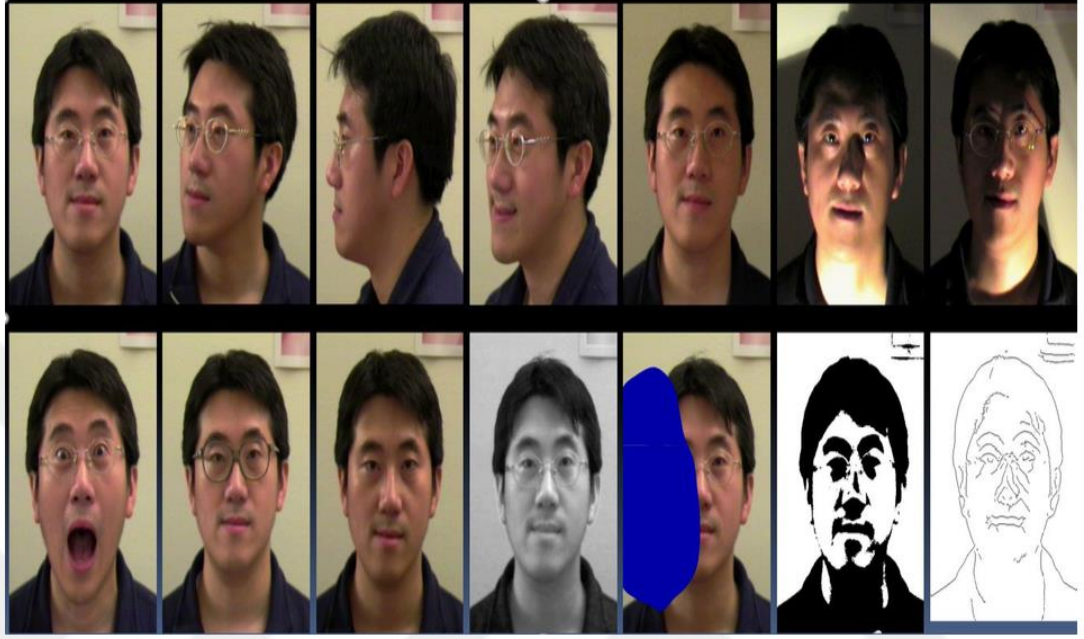
İnsanları yüz özellikleri ile ayırt etme yolu, günümüzde yüz algılama olarak tanımlanmaktadır [7]. Yüz algılama sistemleri, bir bireyin özelliklerini kullanarak yüzleri verimli ve doğru bir şekilde tespit edebilen bir teknolojidir [8]. Yapay zeka, makine öğrenimi ve derin öğrenme vb. teknolojilerin gelişimi de, yüz algılama teknolojisi pazarının olgunlaşmasını hızlandırmıştır [4].

Birinin yüzüne aşina değilseniz, ifadelerin evrenselliği nedeniyle kişinin yüz ifadesini tanıyabiliriz. Ancak bir bilgisayarlı görme sisteminin bir kişiyi farklı ifadeler arasında tanıması veya temel yüz ifadesini farklı kişiler arasında sınıflandırması zorlu bir görevdir [6]. İnsanların yüz algılama konusunu araştırmaya başlaması 20 yılı geçen bir zamana dayanmaktadır. İnsan yüzü algılamadaki ilk adım, yüz görüntülerinden ilgili özelliklerin çıkartılmasıyla başlamıştır [9].

Literatür araştırması sonuçlarına göre, yüz algılama stratejileri, bir resimdeki yüz özelliklerinin analiz edilerek bu özelliklerin tanınmasını ve daha sonra veri tabanında ki birçok yüzle eşleştirilmesini sağlamayı amaçlamaktadır.

Yüz ifadesi algılama sistemlerinin girdileri iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Görüntüleri ya da dinamik dizileri alabilmektedir.

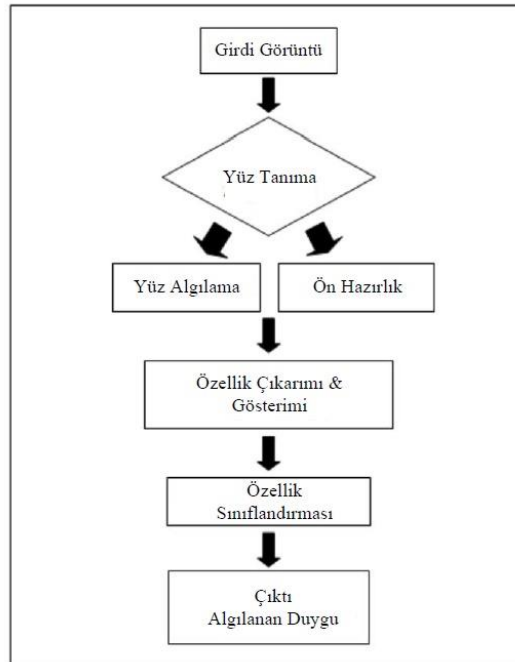
Yıllar boyunca, rastgele bir sahnede yüzleri algılamak için birçok yöntem geliştirilmiştir. Yüz algılama zorlukları yüzün algılanması için kullanılan algoritmalarının doğruluğunu azaltmaktadır. Bu zorluklar arasında; karmaşık arka plan nesneleri, bir fotoğrafta bulunan çok sayıda yüz, garip ifadeler, aydınlatmalar, düşük çözünürlük seviyeleri, yüz oklüzyonu, mesafe, cilt tonu, yönlendirme vb. yer almaktadır [4].



Şekil 3. 1. Yüz algılamayı zorlaştıran durumlar [10].

Şekil 3.1’de yüz algılama sistemlerini zorlaştıran bazı durumlara örnek verilmiştir [10]. Yüz algılama için en yaygın ve kullanılan Teknik Viola ve Jones’un algoritmasıdır [11].

Şekil 3.2’de Yüz ifadesi algılama sistemlerinin iş akışı gösterilmektedir.



Şekil 3. 2 Yüz ifadesi algılama sistemleri iş akışı [11].

Yüz ifadesi algılama sistemlerinin çalışması için bir ön işleme aşaması gerçekleştirilmektedir. Bu ön işleme aşaması ile görüntü yeniden boyutlandırılabilir, rotasyonu vb. düzeltmeler yapılabilir; sistemin üzerinde çalışacağı girdi verilerinin kalitesini arttırarak istenmeyen bozulmaları bastırır ve görüntü özelliklerini geliştirmeye dayanmaktadır [11]. Bu adım, görüntülerin farklı ölçeklere ve yönlere sahip olması nedeniyle gereklidir. Yüz algılama işlemi de kolay değildir çünkü yüzün ölçeği ve yönelimi görüntüden görüntüye değişebilir. Çekimler sabit bir kamera ile yapılıyorsa, gözlemlenen kişinin hareketlerinden dolayı görüntülerde çeşitli boyutlarda ve açılarda yüzler oluşabilir. Bu yüzden görüntüde sabit bir desen aramak zordur. Gürültü varlığı ve yüz görüntülerinin tıkalı olması bu görevi gerçekleştirmeyi zorlaştırmaktadır [6].

Yüz, görüntüde veya görüntü dizilerinde bulunduktan sonra, yüz özellikleri açısından analiz edilebilir. Yüz ifadesini tanımlamak için genellikle kullanılan iki tür özellik vardır: Geometrik Özellikler ve Görünüm Özellikler [6].

Geometrik Özellikler: Bu özellikler, kaşlar veya ağız köşeleri gibi yüzün belirli kısımlarının yer değiştirmelerini ölçer. Yüz bileşenleri veya yüz özellik noktaları, yüz geometrisini temsil eden bir özellik vektörü oluşturmak amacıyla elde edilir. Geometri tabanlı yöntem, ifadelerin çeşitli özelliklerin göreceli konumunu ve boyutunu etkilediği ve belirli yüz noktalarının hareketini ölçerek altta yatan yüz ifadesinin belirlenebileceğidir. Geometrik özellik ölçümü görevi genellikle yüz bölgesi analiziyle, özellikle de yüz bölgesindeki önemli noktaları bulma ve izleme ile bağlantılıdır [6].

Görünüm Özellikleri: Özellikler, kırışıklıklar, çıkıntılar, ön plan, ağız ve gözleri çevreleyen bölgeler gibi belirli bir eylem gerçekleştirildiğinde yüz dokusundaki değişikliği tanımlar. Bir özellik vektörünü çıkarmak için tüm yüze veya yüz görüntüsündeki belirli bölgelere uygulanan görüntü filtreleri kullanılır. Görünüm tabanlı algoritmalar geniş bir yelpazeye sahiptir. Temel Bileşen Analizi (PCA), Bağımsız Bileşen Analizi (ICA), Yerelliği Koruyan Projeksiyonlar (LPP), Doğrusal

Ayrıştırma Analizi (LDA), Gabor dalgacıkları, Yerel İkili Örüntü (LBP) örnek verilebilir [6].

Sınıflandırma, FER sisteminin son aşamasıdır, eylem birimlerinin etiketlenmiş duyguyla gerçek eşleştirilmesi burada gerçekleşir. Sınıflandırma, Destek Vektör Makinesi (SVM), AdaBoost algoritması, Yapay Sinir Ağı (ANN) gibi bazı özel sınıflandırma algoritmaları ile gerçekleştirilir. İyi bir sistem performansı için özellik çıkarma önemli olduğu gibi sınıflandırma algoritması da önemlidir [12].

Yüz bölgesinden çıkarılan özellikler kümesi sınıflandırma aşamasında kullanılır ve yüz ifadesini tanımlamak için önemlidir. Bu sınıflandırma sürecinde denetimli eğitim gerektirir, bu nedenle eğitim seti etiketli verilerden oluşmalıdır. Sınıflandırıcı eğitildikten sonra, giriş görüntülerini belirli bir sınıf etiketi atayarak tanıyabilir [6].

Yüz Eylem Kodlama Sistemi (FACS), Paul Ekman ve Wallace Friesen tarafından 1976 yılında geliştirilmiş, yüz ifadesini ölçmeye yarayan bir sistemdir. FACS, kas kasılması ile yüz görünümündeki değişiklikler arasındaki ilişkilerin analizine dayanır. Psikologlar ve animatörler için yararlı olan fiziksel ifadeyi sistematik olarak kategorize etmek için ortak bir standarttır [6].

Yüz eylem kodlaması, çok sayıda yüz kasından hangilerinin tek tek ya da gruplar halinde yüz davranışını etkilediğini belirlemeyi amaçlayan kas tabanlı bir tekniktir. Bir veya daha fazla temel kas tarafından yönlendirilen yüz ifadesindeki bu değişiklikler eylem birimleri (AU'lar) olarak adlandırılır [13]. 44 Eylem Birimi (AU) içermektedir ve 2002'de 20 tane daha eklenmiştir. Her AU, belirli bir yüz ifadesiyle ilgili hareketleri gerçekleştirmek için birlikte çalışan bir dizi yüz kasını tanımlamaktadır. Geometriye dayalı yöntemlerde ilaveten yüz özellik noktalarının çıkarılmasından sonra bunlardan oluşan bir özellik vektörü kullanılmaktadır [11].

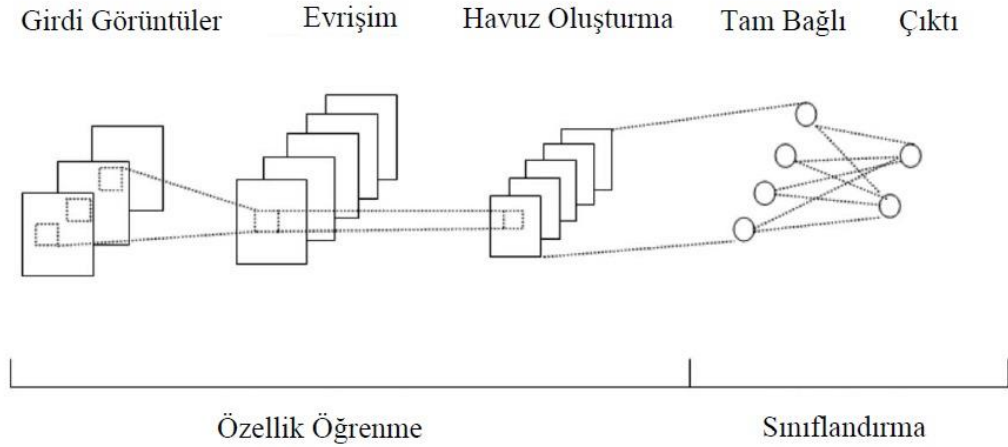
Görünüm özellikleri de kasların hareketine bakmadan yüzün cilt veya doku değişikliklerini temsil eder. Bu özelliklere dayalı yöntemlerde işlem açısından zaman alıcı olarak kabul edilebilir, ancak çalışmalar, piksel yoğunluğunu, doku kenarlarını, renk düzenlemelerini, tüm yüzün veya sadece küçük bir kısmının kırışıklıklarını ve

oluklarını dikkate aldıkları için daha iyi sonuçlar ürettikleri yapılan çalışmalar neticesinde gözlemlenmiştir. Görünüm özelliklerini kullanan en başarılı yöntemler olarak yerel ikili örüntü (LBP) ve uzantıları belirlenmiştir [11].

Geniş bir özellik kümesi ortaya çıktıktan sonra işlem süresinin azalması ve sonuçlara daha fazla güvenilirlik kazandırmak için yalnızca en ayırt edici olanlar seçilir. Bu konuyla ilgili çok sayıda yöntem geliştirilmiş ve çok bilinenlerden bazıları şunlardır: Destek Vektör Makineleri (DVM), Bayes sınıflandırıcı, Bulanık Teknikler, Özellik Seçimi, Yapay Sinir Ağları (YSA) ve diğerleri [11].

Algılama performanslarındaki artan gelişmelere rağmen, doluluk, verimlilik ve aydınlatma varyasyonları vb. durumlarda hala sınırlamalar mevcuttur. Bu sınırlamaların üstesinden gelmek için yeni yöntemler araştırılmıştır. Bu araştırmalar neticesinde YSA'ya dayanan Derin Sinir Ağlarının (DNN) kullanılmasına yol açmıştır. Derin Sinir Ağları'nın YSA'dan tek farkı sadece bir yerine birden fazla ve daha derin gizli katman kullanmaları ve bu da daha büyük, karmaşık ve soyut özellikleri giderek daha fazla öğrenme şansı vermesidir. DNN'nin ayırt edici özelliklerinden biri de görsel tanıma kısmında görünüm ve geometric tabanlı yöntemleri hazır yöntemlerle çıkarılan özellikleri kullanmak yerine tüm görüntüyü bir girdi olarak kullanmasıdır [11].

FER alanında çok tercih edilen derin öğrenme mimarilerinden biri derin inanç ağları (DBN) ve evrimsel sinir ağlarıdır (CNN) [11]. CNN ilk olarak 1997 yılında sunulmuştur. Yapısı temel olarak sırasıyla evrimsel katmanlar (C katmanları) ve genellikle Havuzlama katmanı olarak adlandırılan alt örnekleme katmanı (S katmanları) olarak adlandırılan iki tür temel katmanın alternatif kullanımına ve sonunda Şekil 3.3.'de gösterildiği gibi çıktıya götüren tam bağlı bir katmana dayanmaktadır.



Şekil 3. 3. Evrişimsel sinir ağı mimarisi [11]

Bu tez çalışma kapsamında da CNN kullanılarak bir algoritma geliştirilecektir.

3.1. YÜZ ALGILAMANIN TARİHSEL GELİŞİMİ

Yüz ifadeleri bilişsel psikologlar, sosyal psikologlar, nörofizyologlar, bilişsel bilimciler ve bilgisayar bilimcileri tarafından incelenmiştir [6]. Araştırma sonuçlarına göre, yüz algılama çalışmalarının kökenleri 1960'lara kadar uzanmaktadır.

Woody Bledsoe bilgisayarlı yüz algılamanın başlangıcı sayılan bir yöntem geliştirmiştir. Kılavuz çizgilerini kullanarak yüzleri sınıflandırma yöntemi tasarladığında teknoloji çok gelişmiş olmasa da o dönem için çok etkileyici bir çalışma olmuştur. Bu yıllardan itibaren de yüz tanıma teknolojisi ile ilgili çalışmalar hız kesmeden devam etmektedir. Bilgisayarla görme ise yalnızca bir bilgisayar bilimi araştırma alanı değil, aynı zamanda nöro-bilimsel ve psikolojik araştırmaların da nesnesi haline gelmiştir [14].

Yang'a göre dört farklı yüz algılama yöntemi vardır: bilgi tabanlı yaklaşım, şablon eşleştirme yaklaşımı, görünüm tabanlı yaklaşım ve özellik değişmez yaklaşımı [15]. Görünüm tabanlı yaklaşımlarda, modeller bir dizi eğitim görüntüsü ile eğitilir ve yüz görünümünün özellikleri yakalanır. Bu modeller daha sonra yüzleri tespit etmek için kullanılmaktadır [15]. Özellik değişmez yaklaşımlarda ise yüzün yapısal özellikleri çıkarılır ve yüzler ile yüz olmayanlar arasında ayırım yapmak için kullanılan istatistiksel bir sınıflandırıcı beslenir [15]. Bilgi tabanlı yaklaşımlarda tipik bir insan yüzü neyin

oluşturduğuna dair insan bilgisi kodlanır. Yüz özellikleri arasındaki ilişkileri yakalamak için bir dizi kural kullanılmaktadır [15]. Şablon eşleştirme yaklaşımlarında da önceden tanımlanmış bir yüz şablonu sayesinde yüzler bulunur ve tespit edilir. Bu işlem görüntü ile şablon arasındaki korelasyonu hesaplayarak yapılmaktadır [15]. Yapılan araştırmalar sonucunda görünüş tabanlı yaklaşımların diğerlerine kıyasla daha üstün performans gösterdiği tespit edilmiştir. Viola Jones algoritması yüz algılama araştırmalarında büyük bir etki yaratmıştır ve bu yaklaşımda önerilmiştir [15].

3.2. YÜZ ALGILAMANIN UYGULAMA ALANLARI

Yapılan araştırmalar gösteriyorki yüz algılama sistemleri sosyal psikoloji, video konferans, kullanıcı profili oluşturma, görüntü alma, psikolojik alan, yüz animasyonu gibi alanlarda geniş bir uygulama alanına sahiptir [6]. Yüz algılamanın kullanılmaya başlanmasının temel amacı, bilgi veya fiziksel mülkiyet güvenliğine duyulan ihtiyaçtır. Günümüz teknoloji dünyasında, dünyanın her yerinde farklı güvenlik ihlalleri kullanılarak dolandırıcılık türleri gerçekleşmektedir. Eskiden kimlik doğrulamanın tek yolu, kişinin kim olduğunu belirlemek için anahtar, kimlik kartları, PIN numaraları kullanmasıyken şuan yüz algılama sistemleri kullanılarak şifreler ve PIN numaraları kullanma durumları ortadan kaldırılmaya başlanmıştır [8].

Yapılan araştırmalar sonucunda uygulama alanlarına aşağıdaki örnekler verilebilir:

1. Akıllı telefonlarda kullanılan FaceID özelliği, yüz algılama sistemlerine örnek verilebilir. Telefonumuzun içinde birçok kişisel veri bulunduğundan, bu verilerin yüz algılama ile korunması, kaybolma veya çalınma durumlarında kişisel verilerin tam anlamıyla korunmasının yüksek oranda garantisini verebilmektedir.
2. Güvenlik kuvvetleri tarafından yüksek güvenlik gerektiren alanlarda veya şüpheli aramalarında çoğunlukla kullanılan bir teknolojidir. Özellikle devletin güvenlik güçleri suçlu yüzleri ile veri tabanlarını sürekli genişletmeye devam etmektedir.
3. Sürücü veya yaya fotoğrafları çekilerek, veri tabanında yüz eşleştirme ve algılama işlemleri gerçekleştirilerek süreç hızlandırılabilir.

4. Daha önce toplumda suç işlemiş kişilerin veri tabanına eklenmesiyle suçluların gittiği yerler, girdikleri alışveriş mağazaları tespit edilerek potansiyel işlenecek suçların önüne geçebilmek için kullanılmaktadır.
5. Bankacılık sektöründe, mobil bankacılıkta güvenliğin sağlanması için aktif şekilde yüz tanıma sistemleri kullanılmaktadır [7].

3.3. YÜZ ALGILAMANIN AVANTAJLARI VE DEZAVANTAJLARI

3.3.1. Yüz Algılamanın Avantajları

1. Daha sağlam bir güvenlik sistemidir.
2. COVID sonrası değişen şirket politikalarıyla, mağazaya giren müşterinin veri tabanında eşleşip sağlık durumu hakkında bilgi alınması ciddi bir avantaj sağlamaktadır.
3. Şirketlerin iç ve dış bütün sistemleriyle entegre olabilen yüz algılama sistemleri, güvenlik yatırımlarını azaltarak şirketlere avantaj sağlayabilmektedir. Bu katkı hem fiziksel hem de dijital güvenliğini arttırarak maliyetleri de düşürebilmektedir [7].
4. Yüz algılama sistemleri özel ekipman gerektirmediği için uygulanması, test edilmesi ve kullanılması oldukça kolaydır; ancak yüksek hassasiyetli ve çözünürlüklü bir kameraya ihtiyaç vardır [10].

3.3.2. Yüz Algılamanın Dezavantajları

1. Yüz algılama sistemleriyle birlikte suçlu tespiti rahatlıkla yapılabilirken bununla beraber o karede olan masum insanların da tespiti rahatlıkla yapılabilmektedir. Bu durumda insanın bireysel özgürlüğünü kısıtlayan bir durum oluşturmaktadır.
2. Halka açık alanlarda kullanılan yüz algılama sistemlerinin etik ve mahremiyet konusundaki tartışmaları devam etmektedir. Bu konuda ki suistimallerin engellenebilmesi için yüz algılama sistemlerini Avrupa komisyonu 5 yıla kadar durdurmayı planladıklarını da belirtmişlerdir.
3. Yüz algılama teknolojisi ile gelişen Deepfake teknolojisinin gelişmesi de yüz algılama sistemlerine güvenilirliği azaltabilecek etkenlerden birisidir. Gerçek ile sahte videoları ayırt etmek için tespit algoritmaları kullanılmakta olsa bile Deepfake videoları bu sistemleri yanıltarak güvenlik açıklarına yol açabilmektedir [7].

Yüz algılama sistemleri, makinelerin insanlara yaklaşmasının bir yoludur ve dünyayı otomasyona bir adım daha yaklaştırmaktadır [8]. Yüz ifadelerini algılamak, makine öğrenimi için kolay bir sorun değildir. Çünkü insanlar ifadelerini gösterme biçimleri bakımından birbirlerinden farklıdır. Bir kişinin aynı yüz ifadesindeki görüntüleri bile parlaklık, arka plan ve poz açısı gibi durumlarından dolayı farklılık gösterebilmektedir [16]. Örneğin bir yüzün görüntüleri, önden veya önden olmayan gibi göreceli kamera-yüz konumuna bağlı olarak değişir yada yüz farklı bir açıya sahip olabilir, bu nedenle göz veya burun gibi bazı yüz özellikleri kısmen veya tamamen tıkanabilir. Bu durumda sağlıklı bir yüz algılama yapılamayabilir yapılan sistemde yanlış sonuçlar alma olasılığı da yüksektir. Bu zorluğun üstesinden gelmek için öteleme, döndürme ve ölçeklemeye karşı değişmez olan iyi ön işleme teknikleri uygulanmalıdır [6].

Başka bir örnek verecek olursak yüz; maske, saç, gözlük vb. nesneler ile kapatıldığında da ifade özelliklerinin görüntüden çıkarılması karmaşıktır[6].

Eğer görüntüler farklı ışıklarda çekilmiş ise ifade özelliği yanlış algılanabilir ve dolayısıyla yüz ifadesinin tanınma oranı düşük olur. Bir giriş görüntüsündeki

aydınlatma değişimini telafi etmek için, özellik çıkarma işleminden önce DCT normalizasyonu, Histogram Eşitleme, Sıralama Normalizasyonu gibi görüntü ön işleme yöntemleri uygulanabilmektedir [6].

Uzun yıllar boyunca yapay zeka alanında geliştirilen uygulamalar ile istenilen sonuçlar alınamamış, ancak sorunların çözümünde derin öğrenme teknolojisi ile büyük ilerleme kaydedilmiştir [17]. Derin öğrenme biyolojik sinir sistemlerinin bilgi işleme yöntemlerinden esinlenen yapay sinir ağları olarak bilinen algoritmaları kullanır. Böylece, bilgisayarların her bir verinin temsil ettiği şeyi tanımlamasına ve modelleri öğrenmesine olanak tanır. Derin öğrenme, makine öğreniminin birçok pratik uygulamasını ve yapay zekâ alanının genişletilmesini sağlamıştır [18].

3.4. YÜZ İFADELERİ VERİ TABANLARI

Yüz algılama sistemlerinin tasarımı için yeterli etiketli eğitim verisine sahip olmak çok önemlidir. Tablo 3.1’de ana referans, denek sayısı, görüntü veya video örneği sayısı, toplama ortamı, ifade dağılımı ve ek bilgiler olmak üzere veri setlerine genel bir bakış sunulmaktadır. Tablo 3.1’de veri setlerine genel bir bakıştan bahsedilmektedir [19].

Tablo 3.1. Yüz ifadeleri veri setlerine genel bir bakış [20].

Yüz İfadesi Veri Setlerine Genel Bir Bakış					
Veritabanı	Örnekler	Özne	Koşul	İletim	Duygu Dağılımı
CK+ [32]	593 görüntü dizisi	123	Laboratuvar	P & S	yedi temel duygular ve küçümseme
MMI [35]	740 görüntü ve 2,900 video	25	Laboratuvar	P	yedi temel duygular
JAFFE [36]	213 görüntü	10	Laboratuvar	P	yedi temel duygular
TFD [37]	112,234 görüntü	N/A	Laboratuvar	P & S	yedi temel duygular
FER-2013 [21]	35,887 görüntü	N/A	Web	P & S	yedi temel duygular
AFEW 7.0 [23]	1,809 video	N/A	Film	P & S	yedi temel duygular
SFEW 2.0 [22]	1,766 görüntü	N/A	Film	P & S	yedi temel duygular
Multi-PIE [38]	755,370 görüntü	337	Laboratuvar	P	Gülümseme, şaşırma, kısılmış, iğrenme, çılgınlık ve nötr
BU-3DFE [39]	2,500 3D görüntü	100	Laboratuvar	P	yedi temel duygular
BU-4DFE [40]	606 3D dizisi	101	Laboratuvar	P	yedi temel duygular
Oulu-CASIA [33]	2,880 görüntü dizisi	80	Laboratuvar	P	altı temel duygular nötr olmadan
RaFD [41]	1,608 görüntü	67	Laboratuvar	P	yedi temel duygular ve küçümseme
KDEF [42]	4,900 görüntü	70	Laboratuvar	P	yedi temel duygular
EmotionNet [43]	1,000,000 görüntü	N/A	İnternet	P & S	yedi temel duygular
RAF-DB [34], [44]	29,672 görüntü	N/A	İnternet	P & S	23 temel duygular veya birleşik duygular
AffectNet [45]	450,000 görüntü (etiketli)	N/A	İnternet	P & S	yedi temel duygular ve on iki birleşik duygular
ExpW [46]	91,793 görüntü	N/A	İnternet	P & S	yedi temel duygular
4DFAB [47]	1.8 milyon 3D yüz	180	Laboratuvar	P & S	yedi temel duygular

P= poz verilmiş, S=spontane

CK+ Genişletilmiş Cohn-Kanade (CK+) veritabanı, FER sistemlerini değerlendirmek için en yaygın olarak kullanılan laboratuvar kontrollü veritabanıdır. CK+, nötr ifadeden pik ifadeye kayma gösteren dizileri içermektedir. Değerlendirme için en yaygın veri seçim yöntemi, pik oluşumu olan son bir ila üç kareyi ve her dizinin ilk karesini çıkarmaktır [20].

MMI veritabanı da laboratuvar kontrollüdür. CK+'nın aksine, MMI'daki sekanslar başlangıç-eks-son etiketlidir, yani sekans nötr bir ifadeyle başlar ve nötr ifadeye dönmeden önce ortaya yakın bir zirveye ulaşmaktadır. Deneyler için en yaygın yöntem, her bir ön dizideki ilk kareyi (nötr yüz) ve üç tepe karesini seçerek sondan bağımsız 10 kat çapraz doğrulama yapmaktır [20].

Oulu-CASIA veritabanı 80 denekten toplanan 2.880 görüntü dizisi içermektedir. Videoların her biri, üç farklı aydınlatma koşulu altında yakın kızılötesi (NIR) veya görünür ışık (VIS) olmak üzere iki görüntüleme sisteminden biriyle çekilmiştir. CK+'ya benzer şekilde, ilk kare nötrdür ve son kare en yüksek ifadeye sahiptir. Tipik olarak, normal iç mekan aydınlatması altında VIS sistemi tarafından toplanan 480 videodan yalnızca son üç tepe kare ve ilk kare (nötr yüz) 10 kat çapraz doğrulama deneyleri için kullanılır [20].

Japon Kadın Yüz İfadesi (JAFFE) veritabanı, 10 Japon kadının 213 pozlanmış yüz ifadesi örneğini içermektedir. Her bir kişinin altı temel yüz ifadesinin her birine ait 3~4 görüntüsü ve nötr ifadelili bir görüntüsü vardır. Tipik olarak, tüm görüntüler tek bir özneyi dışarıda bırakma deneyi için kullanılmaktadır [20].

FER2013, Google görsel arama API'si tarafından otomatik olarak toplanan büyük ölçekli ve kısıtlamasız bir veritabanıdır. Tüm görüntüler kaydedilmiş ve 48*48 piksele yeniden boyutlandırılmıştır. Yanlış etiketlenmiş kareler reddedildikten ve kırılmış bölge ayarlandıktan sonra FER2013, 28.709 eğitim görüntüsü, 3.589 doğrulama görüntüsü ve yedi ifade etiketine sahip 3.589 test görüntüsü içermektedir [20].

AFEW ve SFEW: Acted Facial Expressions in the Wild (AFEW) veritabanı, spontane ifadeler, çeşitli kafa pozları, oklüzyonlar ve aydınlatmalarla farklı filmlerden toplanan

video klipleri içerir. AFEW, hem ses hem de videoda çok farklı çevresel koşullar sağlayan zamansal ve çok modlu bir veritabanıdır. AFEW, konu ve film/TV kaynağı açısından bağımsız olarak üç veri bölümüne ayrılmıştır, bu da üç setteki verilerin birbirini dışlayan filmlere ve aktörlere ait olmasını sağlamaktadır.

Static Facial Expressions in the Wild (SFEW), AFEW veri tabanından statik kareler seçilerek oluşturulmuştur. En yaygın kullanılan sürüm olan SFEW 2.0, üç sete ayrılmıştır: Train, Val ve Test. Eğitim ve doğrulama setlerinin ifade etiketleri kamuya açıkken, test setinin etiketleri yarışmayı düzenleyen kurum tarafından saklanmaktadır [20].

CMU Multi-PIE veritabanı, dört kayıt oturumuna kadar 15 bakış açısı ve 19 aydınlatma koşulu altında 337 denekten 755.370 görüntü içermektedir. Her yüz görüntüsü altı ifadeden biriyle etiketlenmiştir. Bu veri kümesi genellikle çoklu görünüm yüz ifadesi analizi için kullanılmaktadır [20].

Binghamton University 3D Facial Expression (BU-3DFE) veritabanı, 100 kişiden alınan 606 yüz ifadesi dizisi içermektedir. BU-4DFE veritabanı ise, 3D yüz ifadelerinin dinamik değişimlerini kapsayan bir veri setidir. Her bir denek için, altı yüz ifadesi çeşitli şekillerde ve birden fazla yoğunlukla ortaya çıkarılmıştır. Multi-PIE'ye benzer şekilde, bu veri seti tipik olarak çoklu görünüm 3D yüz ifadesi analizi için kullanılmaktadır. Yüz davranışını statik bir 3B uzaydan dinamik bir 3B uzaya analiz etmek için, toplamda yaklaşık 60.600 çerçeve modeline sahip 606 3B yüz ifadesi dizisi içeren BU-4DFE oluşturulmuştur [20].

EmotioNet, internetten toplanan bir milyon yüz ifadesi görüntüsünden oluşan büyük ölçekli bir veritabanıdır. Toplam 950.000 görüntü bulunmaktadır [20].

RAF-DB, Gerçek Dünya Duygusal Yüz Veritabanı (RAF-DB), internetten indirilen 29.672 çok çeşitli yüz görüntüsü içeren gerçek dünya veritabanıdır. Manuel olarak kitle kaynaklı açıklama ve güvenilir tahmin ile örnekler için yedi temel ve on bir bileşik duygu etiketi sağlanmıştır. Özellikle, temel duygu setinden 15.339 görüntü iki gruba ayrılmıştır (12.271 eğitim numune ve 3.068 test numunesi) [20]

AffectNet, duygu ile ilgili etiketler kullanılarak farklı arama motorlarının sorgulanmasıyla elde edilen internetten bir milyondan fazla görüntü içermektedir. İki farklı duygu modelinde (kategorik model ve boyutsal model) yüz ifadeleri sağlayan açık ara en büyük veritabanıdır ve 450.000 görüntü sekiz temel ifade için manu- ally açıklamalı etiketlere sahiptir [20].

Expression in-the-Wild Veritabanı (ExpW), Google görsel arama kullanılarak indirilen 91.793 yüz içermektedir. Yüz görüntülerinin her birine yedi temel ifade kategorisinden biri olarak manuel açıklama eklenmiştir. Ek açıklama sürecinde yüz olmayan görüntüler çıkarılmıştır [20].

4DFAB, beş yıllık bir süreyi kapsayan dört farklı oturumda çekilen 180 deneğin kayıtlarını içeren 1.800.000'den fazla yüksek çözünürlüklü 3D yüze sahip büyük ölçekli bir veritabanıdır. Altı temel ifadenin hem spontane hem de pozlanmış yüz davranışlarını sergileyen deneklerin 4D dinamik videolarını içermektedir [20].

Bu çalışma kapsamında Tablo 3.1.'de gösterilen veri setlerinden sadece FER2013 veri seti ve buna ek olarak KDEF veri seti kullanılacaktır. Yapılan araştırmalar sonucunda FER2013 veri setinin tercih edilmesinin bazı sebepleri aşağıdaki gibidir:

1. Yedi farklı duygusal ifade kategorisini içeren geniş kapsamlı bir veri setidir. Bu duygusal kategoriler genellikle mutluluk, şaşkınlık, korku, tiksinti, öfke, üzüntü ve nötr olarak belirtilir. Bu çeşitlilik, yüz ifadesi tanıma algoritmalarının genel duygusal ifade çeşitliliğini öğrenmesine ve tanınmasına yardımcı olur.
2. Genellikle akademik araştırmalarda ve endüstriyel uygulamalarda kullanılmak üzere geniş çapta erişilebilir ve kullanılabilir bir veri setidir. Bu farklı, araştırmacıların ve geliştiricilerin aynı veri seti üzerinde çalışmasını kolaylaştırır ve sonuçların karşılaştırılabilirliğini sağlamaktadır.
3. Yüz ifadesi algılama alanında yaygın olarak kabul görmüş ve tanınmış bir veri setidir.
4. Araştırmacıların ve geliştiricilerin veriye hızlıca erişip üzerinde çalışmasını kolaylaştırmaktadır.

3.5. BİLGİSAYARLI GÖRÜ

Bilgisayar görüşü, bilgisayarların dijital görüntüler ve videolar üzerindeki işlemlerini, anlamlandırmasını ve yorumlamasını sağlayan bir disiplindir. Temel olarak, bilgisayar görüşü, bilgisayarların insan gözü gibi görüntüleri anlama ve işleme yeteneklerini simüle etmeye çalışmaktadır [7].

Bilgisayar görüşü, insan görüşünü temel alır. Nesne ayırt etme, nesnelerin özelliklerinin (doğruluk, yanlışlık, uzaklık, büyüklük, renk vb.) insan görüşü tarafından ayırt edilmesiyle ilgilidir ve bu yetenek insana doğuştan gelmektedir. Bu yetenekleri makinelerle aktarmak için bilgisayarla görme becerileri geliştirilir. Algoritmalar ise kameralar ve sensörler ile insan gözünün işlevlerini yerine getirir. Bilgisayarların hızlı çalışma ve karar verme yetenekleri kullanılarak, üretim takibi, denetimi, üretim hızları ve kalite kontrol vb. pek çok iş ve sektörde süreçleri kolaylaştırmaktadır [7].

3.5.1. Bilgisayarlı Görünün Tarihsel Gelişimi

Bilgisayarların dijital platformlarda görüntüler üzerinde çalışabilmesi için gerekli teknolojiler, 1960'larda geliştirilmeye başlanmıştır. 1963 yılında, iki boyutlu görüntülerin üç boyutlu olarak dönüştürülmesi konusunda önemli bir ilerleme kaydedilmiştir. Bu dönemdeki ilerlemeler, bilgisayarların görme ve görüntü işleme yeteneklerinin temellerini atmıştır. Bu teknolojik gelişmeler sayesinde bilgisayarla görme sistemlerinin daha karmaşık ve kullanışlı hale gelmesine olanak sağlamıştır.

Yapay zeka fikrinin ortaya atılmasıyla birlikte bilgisayar görme probleminin çözümü için çaba sarf edilmeye başlanmıştır. 1974 yılında optik karakter tanıma teknolojisinin (OCR) tanıtılmasıyla basılı metinlerin dijital dönüşümü sağlanmıştır. Akıllı karakter tanıma (ICR) teknolojisi ise plaka tanıma, fatura girişi, mobil ödemeler gibi uygulamalarda sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır [7].

Sinir bilimci David Marr, 1982'de görüşün hiyerarşik çalıştığını düşünüp, bilgisayar görüşünün temel şekilleri algılayacağı türden algoritmalar geliştirmiştir. Bilgisayar

bilimcisi olan Kunihiro Fukushima ise, basit kalıpları algılayabilen Neocognitron adında evrimsel bir hücre ağı geliştirmiştir [7].

2000 yıllarında yapılan araştırmaların odak noktası nesne tanıma çözümlerine dönmüştür. Bununla beraber yüz algılama uygulamaları da gerçek zamanlı olarak uygulanmaya çalışılmıştır [7]. Bu dönemde, bilgisayar görme ve yapay zeka teknolojilerinin gelişimi sayesinde yüz algılama sistemlerinin doğruluğu ve verimliliği artmıştır ve birçok uygulamada kullanılabilir hale gelmiştir.

3.5.2. Bilgisayarlı Görünün Çalışma Mantığı

Bir bilgisayarın belirli bir nesneyi algılayabilmesi için, o nesnenin diğer nesnelerden farklılık gösteren özellikleri, farklı açılardan çekilmiş görüntüleri ve çeşitli türleri gibi parametrelerle eğitilmesi gerekmektedir. Bu eğitim süreci, bilgisayarın nesneyi doğru bir şekilde algılayabilmesi ve ayırt edebilmesi için gereklidir. Algoritmalar sayesinde bu parametreler kullanılır ve nesnenin modeli oluşturulur, böylelikle bilgisayar, gerçek dünyadaki benzer nesneleri tanıyabilmektedir [7].

Yapılmış olan çalışmalar bize gösteriyor ki bilgisayar algılamasında derin öğrenme ve evrimsel sinir ağı (CNN) isimli makine öğrenmesi yöntemleri oldukça tercih edildiği görülmektedir [7].

Makine öğrenmeleri bilgisayarlara verilen verileri, algoritma olarak tasarlanmış modellere uygulayarak bilgisayarların öğrenmesini sağlamak için kullanılan teknolojilerdir. Görüntüler üzerinde makine öğrenme teknolojisi kullanıldığında yeterli miktarda veri ile besleyip, sistem verileri analiz edildiğinde görüntüleri birbirinden ayırt etmeyi öğrenecektir [7].

CNN ise makine veya derin öğrenme modeline, görselleri piksellere bölüp etiketleyerek yardımcı olmaktadır. Bu etiketler matematik fonksiyonları çalıştırabilmek için kullanılmaktadır ve böylece görsel tahmininde bulunur. Öncelikli olarak bir dizi tahmin yürüterek tahminlerin doğruluğunu kontrol eder akabinde bu tahminlere benzer insan yüzlerini ayırmaya başlar. CNN görüntüleri algılamada

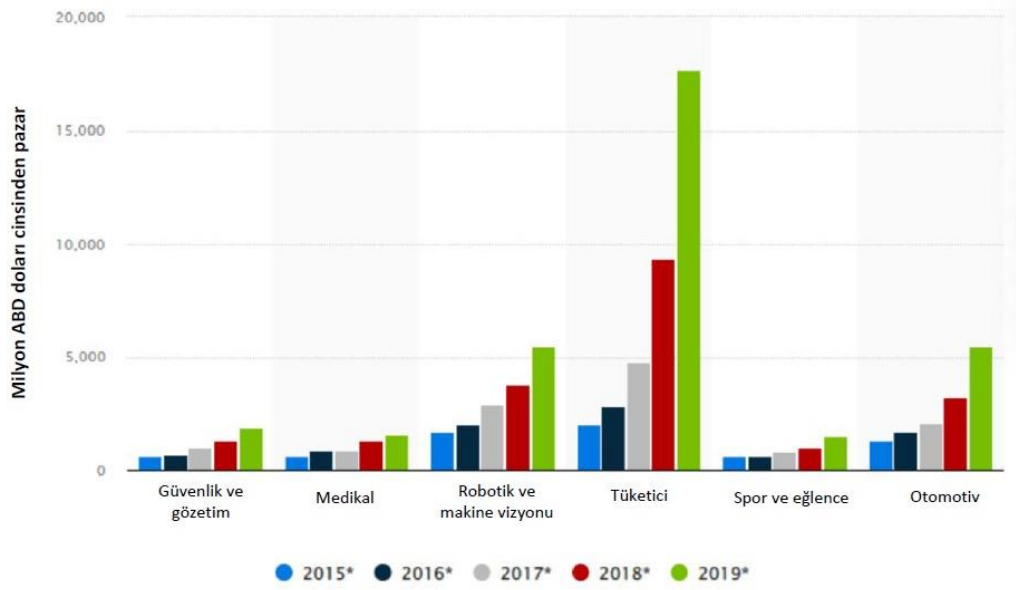
kullanılırken, tekrarlayan sinir ağı (RNN) video görüntülerindeki karelerin birbiri arasında ki ilişkinin anlaşılmasına yardımcı olmaktadır [7].

3.5.3. Bilgisayar Görüşü Uygulama Alanları

Bilgisayar görüşü alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde, insanın gerçek hayatında yaptığı işleri insan olmadan otomatikleştirmeye çabasından yola çıktığını söyleyebiliriz. Bunun sonucunda ulaşım, sağlık, eğlence, güvenlik sektörleri ve iş hayatında önemli kolaylıklar sağlanmaktadır. Trafik, mobese kameraları, akıllı telefonlar ve güvenlik sistemlerinden aktarılan görüntü bilgileri, bilgisayar görüşü uygulama alanlarının büyümesini mecbur kılmıştır [7]. Google çeviri, akıllı telefonun kamerası ile başka dilde yazan bir eserin, yazının, tabelanın görselini, tercih ettiğiniz dile anında tercüme eden bir uygulama geliştirmiştir [7]. Bu uygulama sayesinde kullanıcıların yabancı dildeki metinleri anında anlamalarını sağlar ve günlük yaşamda özellikle seyahetlerde büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu teknoloji, hem yazılı metinlerin hızlı bir şekilde istenilen dile çevrilmesini hem de kullanıcıların dilden dolayı yaşadıkları olumsuzlukları aşmalarını mümkün kılmaktadır.

Günümüz teknolojisinde otonom araçlar yola çıktığında tamamen bilgisayar görüşüyle hareket ediyor denebilir. Bilgisayar görüşü için kullanılan sensörler, kameralar diğer arabaları, yol işaretlerini, yol çizgilerini, tabelaları, yayaları, kısacası trafik akışında meydana gelen her görseli anlamlandırmak için sürekli çalışma halindedirler [7].

Bilgisayar görüşünün uygulamalarının yıllara göre sektörel ve pazar değerleri 2015 ve 2019 yılları arasında aşağıdaki Şekil 3.4'te görüldüğü gibidir.



Şekil 3. 4. Bilgisayar görüşü teknolojilerinin sektörel kullanımı ve pazar değerleri [7].

3.5.4. Bilgisayar Görüşü Uygulama Alanlarının Amacı

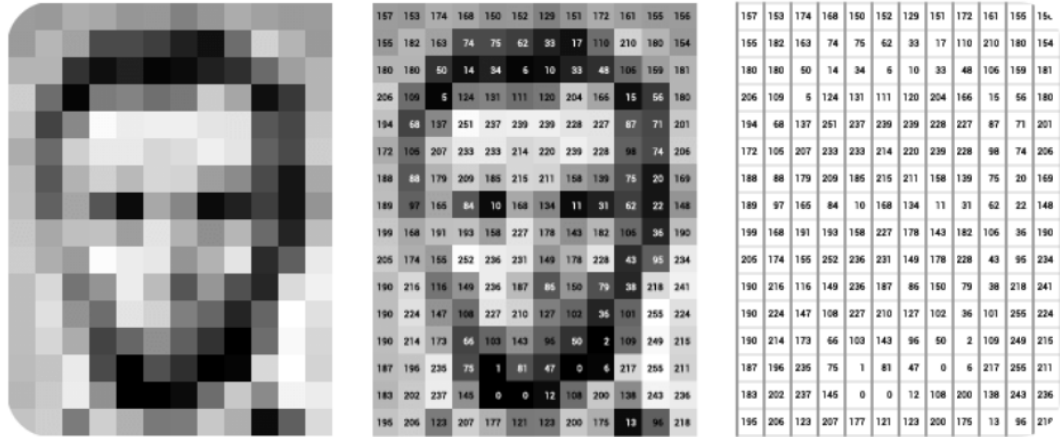
Bilgisayar görüşü uygulamalarının amaçlarına yönelik bazı örnekler aşağıda belirtilmiştir [7].

1. Görüntü sınıflandırması ile bir görüntüyü anlamlandırabilmek için çabalamaktadır. Görüntünün sınıfının ne olduğunu tahmin edebilir. Örneğin sosyal medya platformların da sakıncalı fotoğraflar, düzgün fotoğraflardan ayrılarak sınıflandırma süzgecine takılırlar.
2. Nesne algılama özelliği ile görüntü sınıflandırmanın ardından görseli daha fazla anlamlandırabilmek için kullanılmaktadır. Örneği aynı ortamda birden fazla bulunan farklı iki nesnenin otomatik olarak sayıları hesaplanabilir.
3. Nesne algılandıktan sonra yapılabilecek aksiyonlar için nesne izleme yapmak şarttır. Örneğin otonom araçların içinde bulunduğu trafiğin akışının sürekli denetlenmesi olarak verebiliriz. Bu araçların çarpışma önleyici sistemlerinin tabanında nesne izleme kullanılmaktadır. Yaklaşan ve uzaklaşan nesneler sürekli takip edilerek, aracın tehlikeli sayılabilecek mesafelerde durmasını nesne izleme yeteneği tetiklemektedir.

4. İçerik tabanlı görüntü alma ise, görsel verimim büyük olduğu alanlarda ki görüntülere göz atmak, görüntü arama, görüntü etiketleme bilgisayar görüşünü kullanmaktadır. İçerik tabanlı görüntü alma yeteneği bilgisayar görüşünü kullanarak veri tabanından gerekli yüz eşleştirmesini yaparak etiketleme işlemini otomatikleştirmektedir [7].

3.6. GÖRÜNTÜ İŞLEME

Görüntü işleme, bir görüntünün dijital ortama aktarılması ve ardından çeşitli işlemlerden geçirilerek görüntüden faydalanılmasını sağlayan bir disiplindir [1]. Görüntü işleme kavramı, geniş bir yelpazede çeşitli teknikleri ve yöntemleri kapsamaktadır. Hızla gelişen teknolojiyle birlikte günümüzde çoğu sektörlerde kullanılan uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır [7].



Şekil 3. 5. Görüntü işleme temeli [7].

Şekil 3.5’de görüldüğü gibi görüntü işleme üç adımda özetlenebilir. Birinci adım, görüntüyü algılayabilmek için tarayıcılar, kameralar, sensörler gibi cihazları kullanarak görüntünün içeri aktarılmasıdır. İkinci adım ise çeşitli cihazlardan aktarılan görüntüleri veriye dönüştürerek, analize ve yönetime hazır hale getirilme işlemleridir. Son adım da görüntünün gelişimine ve analize dayalı olarak bir sonuca varılarak rapor oluşturulmasıdır. Raporla beraber, makine öğrenmesine de veri sağlanmış olmaktadır. Görüntü işleme, görüntüye göre alınabilecek aksiyonların, öngörülerin tahmin edilebilmesi için kullanıcıya veya algoritmaları, veriler ile besleyen bir yöntem olarak da belirtilebilmektedir [7].

3.6.1. Python Görüntü İşleme Kütüphaneleri

Bu tez çalışmasında Python programlama dili kullanılacağından dolayı, Python'da görüntü işlemek için kullanılan kütüphaneler aşağıdaki gibi listelenmiştir. Bu çalışmada OpenCV'de kullanılacaktır.

1. Scikit-Image
2. OpenCV
3. Mahotas
4. SimpleITK
5. SciPy
6. Pillow
7. Matplotlib

3.7. DUYGU ANALİZİ

İnsanlar, yüz ifadelerini daha az çaba ile yorumlayabilirler. Yüz ifadelerini algılayıp arkasındaki duyguyu ortaya çıkaran sistemleri geliştirmek ise oldukça zordur [15]. Yüz ifadeleri bir duygunun dışa şekil olarak yansımasıdır. Yüz ifadesinin tanınması olayı yüzde gerçekleşen şekil değişikliğinden yola çıkılarak ortaya konulan sonuçtur. Duygunun doğrudan algılanması bu kadar basit değildir. Duygunun algılanmasını etkileyen faktörlerden bazıları yüz ifadesi, jestler, bakışların yönü, çıkarılan ses, o anki duruş. Duygu algılama bir yorumlama işlemidir [1].

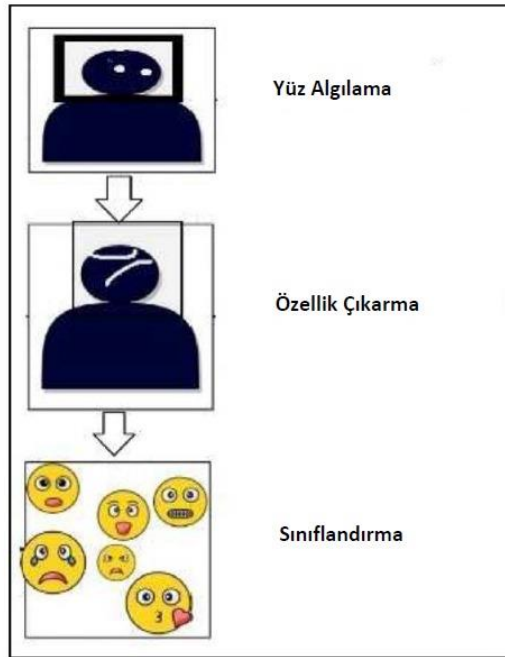
Duygu algılama, geniş bir araştırma alanına sahipken, insanların doğasının ve çevresinin gezegenin her yerinde aynı olmaması vb. durumlardan kaynaklı hala araştırma alanlarında karmaşık bir problem olarak kabul edilmektedir. Çünkü insanlar bazen zihnindeki bir duyguyu ifade etmek istediğinde fiziksel ifadelerle her zaman ifade edemeyebilirler, bu durumda yüz algılama sistemlerinin tanınmasını zorlaştıran karışık ve karmaşık bir durum olmasına yol açmaktadır. [3].

Yüz ifadelerinden duygu, yaş ve cinsiyet analizi vb. konular insanlar için önemsiz ve basit bir görev gibi gözükse de makineler için ayrıntı ve bilgi gerektiren bir süreçtir. Kişiselleştirilmiş, güvenilir, etik yapıdaki otomatik yüz tanıma sistemlerine olan

ihtiyaç arttıkça insan-bilgisayar etkileşimi alanı gün geçtikçe daha fazla öneme sahip olmaktadır [5].

Duygu analizi, insan duygularını algılama tekniğidir [4]. Yüz duygu durumu belirleme, geçtiğimiz on yıl boyunca öne çıkan güncel konulardan biridir[5]. Duygu algılama, makine öğreniminin bir dalı haline gelmiştir. Duyguların sınıflandırılması bir makine öğrenimi sistemi kullanılarak yapılmaktadır [4]. Bu sistemler, yüz içeren görüntüleri girdi olarak alır, bir sonraki işlemleri gerçekleştirerek tanınan duyguyu çıktı olarak verir [11]. Bu aşamada yüz özellikleri halihazırda var olan bir veritabanındaki kişilerin görüntüleriyle eşleştirmek için yüz özelliklerini tanımlayan, yakalayan, depolayan ve analiz eden makine öğrenimi algoritmaları kullanılmaktadır. [4].

Yüz duygu algılama sürecinin üç ana aşaması Şekil 3.6'da gösterilmektedir [4].



Şekil 3. 6.Yüz özelliği çıkarma [4].

Şekil 3.6'da görüldüğü gibi ilk önce yüzler ve yüz parçaları algılanır. Yüzün kaş, göz, ağız gibi özelliklerini tanır ve konumlarını not ederek hareketlerini analiz eder [4].

Daha sonra özellik çıkarma yapılır. Bir sonraki aşama için yüz algılamada belirlenen özelliklerin çıkarımı yapılır [4].

Son aşama olarak ifade sınıflandırması yani yapılır. Duyguların algılanması bu son aşamanın odağındadır. Alınan yüz ifadesi değerlendirilir ve elde bulunan verilerle karşılaştırılır, bir grup özellik duygunun algılanmasına uyduğunda, bir duygu algılanmış olur [4].

Yüz duygu algılama, ses duygu algılama, vücut duygu algılama ve fizyolojik sinyal duygu algılama gibi duygu algılamanın bağlı olduğu bir çok yön vardır [4]. Bu tez kapsamında, yüz ifadeleri aracılığıyla duyguların tespit edilmesi üzerine çalışılmıştır. Duygu algılamanın amacı, insanların duygusal niteliklerini çıkarmak, analiz etmek ve yorumlayabilmek için insan davranışlarındaki kalıpları tanımadır. İnsanlar iletişim kurarken, yüz ifadeleri ile bir kişinin gerçek duygularını dilden daha doğru bir şekilde aktarabilir [4].

Duygu analizi temel olarak özellik çıkarma ve sınıflandırmayı içeren iki temel adımdan oluşmaktadır. Özellik çıkarmı, tercihen bağımsız olan ve birlikte belirli bir duygusal yüz ifadesini temsil eden bir dizi özellik veya özneliliğin belirlenmesini ifade etmektedir. Sınıflandırma ise duygusal özelliklerin mutlu, kızgın, şaşkın, üzgün, iğrenme vb. Gibi çeşitli duygu sınıflarından birine eşlenmesini sağlamaktadır [3].

Yüz duygusu algılamadaki zorluk, bir duygusal durumu doğru ve otomatik olarak tanımlayabilmektedir [4]. Her insan aynı duygusal durumu farklı şekillerde yansıtabildiklerinden dolayı, iki kişinin aynı duyguyu benzer şekilde yaşayıp yaşamadığını belirleyebilmek zor olabilmektedir. Örneğin bir insanın ifadesi ruh haline, ses tonuna, o anki yaşına, bulunduğu çevresel koşul vb. durumlara göre değişebilmektedir. Otomatik duygu algılama; dijital reklam, çevrimiçi oyunlar, müşterilerin geri bildirim değerlendirmeleri, sağlık hizmetleri gibi çeşitli akıllı sistemlerde kullanılmaktadır [20].

2015 yılında Chen ve ark. yaptıkları çalışmada resim görüntülerinden duygu sınıflandırması yapmak için kullandıkları otomatik öğrenen evrişimsel sinir ağı ile elle hazırlanmış özelliklere dayanan geleneksel yöntemlerden daha iyi performans almışlardır [20].

2019 yılında Dandıl ve Özdemir yaptıkları çalışmada klasik evrimsel sinir ağı AlexNet ile gerçek zamanlı video karelerinden yüz ifadeleri temelinde bir duygu tanıma sistemi önermiştir. Yapılan çalışmalar ESA'nın duygu tanımadaki özellik çıkarmak için kullanılabileceğini göstermektedir [20].

3.8. DUYGULARIN SINIFLANDIRILMASINDA KULLANILAN ALGORİTMALAR

Duyguların sınıflandırılması bir makine öğrenimi sistemi kullanılarak yapılmaktadır. Yapılan araştırmalar sonucunda bugüne kadar oluşturulan ve en iyi sonuç verilen makine algoritmaları aşağıdaki gibidir [4].

3.8.1. Destek Vektör Makinesi (SVM)

En etkili sınıflardan bir tanesidir. Farklı ifade sınıfları arasında verimli bir şekilde ayırım yapan ikili sınıflandırıcıların yardımıyla SVM, çeşitli örüntü analizi görevlerinde yardımcı olmaktadır. SVM tarafından değerlendirilen ideal hiper düzlem, bir sınıfa ait veri noktalarını farklı kategorilere sınıflandırmak için diğerlerinden ayırmaktadır. SVM, oluşturulması basit olduğu kadar genellemede de iyi performans gösteren ve çeşitli problemleri ele almak için ayarlanabilen bir makine öğrenimi tekniğidir [4].

3.8.2. Gizli Markov Modelleri (HMM)

İstatiksel tabanlı Gizli Markov Modelleridir. Verilerin gizli yapısını ortaya çıkarmaya yardımcı olmaktadır. Konuşmadaki duyguları algılamak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Girdi, bir dizi görülen özellikten oluşur ve gizli durumlar bir dizi olaya karşılık gelmektedir [4].

3.8.3. K-en Yakın Komşuluk (KNN)

K-en yakın komşuluk sınıflandırma algoritması en basit algoritmalarından birisidir. “k” sabitinin değeri veri kümesine bağlı olarak önceden belirlenmektedir. Bu algoritma,

veri noktalarının benzerliğini öncelikle veri kümesinin, belirli bir veri noktasının sınıflandırılması için dikkate alınması gereken "k" komşu sayısına bağlı olan mesafe ölçütlerini kullanarak değerlendirmektedir. Basit ve anlaşılır sınıflandırma algoritmalarından biridir [4].

3.8.4. Konvolüsyonel Sinir Ağı (CNN)

Konvolüsyonel sinir ağı, yapay derin öğrenme sinir ağlarından biridir. Görüntü algılama ve bilgisayarlı görüde de kullanılmaktadır. CNN tarafından göz, burun, dudak, kulak gibi ortamdaki nesneler algılanabilir ve bu nesneleri kategori halinde düzenleyebilmektedir. Konvolüsyon, düzeltilmiş doğrusal katman, havuzlama katmanı ve bağlı katman olmak üzere dört katmandan oluşmaktadır. Ayrıca bu sinir ağları, gizli verileri anlaşılabilir bir şekilde ortaya çıkarıp algılayabilmektedir. Tasarım ve bileşimi hakkında daha detaylı bilgi alabilmek için görüntüleri de algılayabilirler [4].

3.8.5. Eigen Yüz Algoritması

Bir veri setindeki tüm yüzlerin varyansını hesaplayarak ve böylece makine öğrenimi yaklaşımı tarafından anlaşılacak yüzleri kodlayarak ve çözerek yüz algılama için kullanılmaktadır. Temel bileşen analizi (PCA), özyüzler yönteminin temelini oluşturmaktadır. Yüz algılama algoritmalarında sıklıkla kullanılmaktadır.

BÖLÜM 4

PYTHON TABANLI GELİŞTİRME ORTAMI

Bu bölümde, geliştirilen uygulamada kullanılan teknoloji ve kütüphanelerden bahsedilmiştir.

Python, 1990 yılında Hollandalı Guido Van Rossum tarafından Hollanda'nın Amsterdam kentinde geliştirmeye başladığı, merkezi nesne olan, etkileşimli, birimsel ve yüksek kademeli yani kullanıcı derecesinde kodlanan bir programlama dilidir. Python, projelerin daha basit bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlar ve yazım şekli diğer dillere kıyasla daha kolaydır. Ayrıca, Python sürekli güncellenen dinamik bir dil olduğundan dolayı tüm dünyadan gönüllüler modüller yazmaktadır. Görüntü işleme, veri analizi ve madenciliği gibi alanlarda, Python programlama dili en rahat ve en kolay kullanılan dildir [10].

Bu tez çalışması kapsamında yapılan uygulamada, OpenCV modülü de Python ortamına çok rahat bir şekilde adapte edilebilmektedir [10].

4.1. OPENCV KÜTÜPHANESİ

OpenCV, bilgisayarın görüş açısının kullanıldığı, kamera veya dijital görme araçlarının yönetilebildiği, bilgisayarın gördüğü görüntülere anlam verilebildiği bir kütüphanedir. OpenCV kütüphanesinin açık Open Source Computer Vision Library'dir. Dilimizde açık kaynak kodlu bilgisayar görüntü kütüphanesi anlamına gelmektedir [7]. Yüz algılama aşamalarını yeniden sıfırdan yazmak yerine OpenCV açık kaynaklı kütüphanesini kullanmak daha hızlı kodlama yapılmasını sağlamaktadır [10].

1999 yılında Gary Bradsky tarafından intel firmasında geliştirilmeye başlanarak 2000 yılında piyasaya sürülmüştür[7]. 2000 yılında C dili kullanılarak geliştirilmiş ve alfa

sürümü sürülmüştür. C++ ile de geliştirilmesine devam edilmiştir. 2001 yılında ise beta sürümüne geçerek 2007 yılına kadar bu sürüm ile devam etmiştir. Tam sürüm olarak ise 2007 yılında OpenCV 1.0 kullanıcılara sunulmuş 2010 yılında da 2.0 sürümüne yükseltilmiştir. [1].

Günümüzde kullandığımız 3.x sürümüne ise 2015 yılında geçilmiştir. Sitesinden güncel olarak OpenCV 3.2.0 sürümüne erişilebilip ücretsiz indirilebilmektedir [1].

Bu kütüphane Intel firması tarafından başlatılsa bile potansiyeli ortaya çıktıktan sonra Itseez, Willow, Nvidia, AMD, Google gibi büyük şirketlerinde desteğini alarak gelişim hızını daha da arttırmıştır [1]. BSD lisansı altında geliştirilen açık kaynak kodlu bir kütüphanedir. Bu lisans sayesinde kütüphaneyi ticari ya da bireysel fark etmeksizin istenilen projelerde ücretsiz olarak erişilebilir ve kullanılabilir [1].

OpenCv Kütüphanesi platformdan bağımsız olduğundan dolayı Windows, Linux, FreeBSD, Android, Mac OS ve iOS gibi platformlarda da çalışabilmektedir. Ayrıca Java C# gibi dillerde de geliştirmeyi sağlamak için topluluklar tarafından geliştirilen farklı wrapperlar bulunmaktadır [1].

Teknoloji ilerledikçe bilgisayarların görüşlerine duyulan ihtiyaçta artmaktadır. OpenCV; yüz tanıma, yüz ifadesi algılama, nesne tanıma, hareket belirleme, hareketli nesne takibi vb. birçok uygulama alanında kullanılabilir. Tüm bu sorulara çözüm olması için içinde birden fazla modül bulunmaktadır. Aşağıda örnek bazı modüller ve ne amaçla kullanıldıklarına değinilmiştir [7].

1. Çekirdek Fonksiyonları (core) modülü, OpenCV kütüphanesinin temel matematik özelliklerini ve fonksiyonlarını içinde barındırır. Diğer tüm modüllerin temelini oluşturur.
2. Görüntü işleme (imgproc) modülü, görüntüleri lineer veya lineer olmadan filtrelemeyi, geometrik olarak görüntü dönüşümlerini, renk değişimlerini içerir.
3. Video Analizi (video) nesne izleme algoritmalarının, hareket tahmini ve arka plan çıkarma yeteneklerinin bulunduğu bir modüldür.

4. Nesne Algılama (objdetect) nesnelerin daha öncesinde sınıflarının belirlendiği modüldür.
5. Video Giriş/Çıkış (videoio) video çekimi ve video kodekleriyle ilgili kullanışlı bir modüldür [7].

OpenCV çeşitli programlama dillerini destekler ve C++, Java, Python gibi programlarda kullanılabilir. OpenCV ile python dilinin özelliklerini en iyi birleştiren API ise Opencv-Python API sidir [7].

Araştırmalar sonucunda Python dili için kod okunabilirliği ve basit kodlanabilirlik özelliği nedeniyle popülaritesi hızla artmaktadır. Dilin bu özellikler programcının fikirlerini daha kolay, rahat ve daha az satırla yazmasını desteklemektedir [7].

Günümüzde görüntü işleme uygulamaları çoğunlukla gerçek zamanlı çalışacak şekilde tasarlanmaktadır. Gerçek zamanlı görüntü işleme, maliyetli uygulamalar olduğundan dolayı OpenCV kütüphanesi kullanılarak gerçek zamanlı uygulamaları destekleyecek çeşitli optimizasyonlar yapılmaktadır [1].

Bu nedenlerde göz önüne bulundurulduğunda bu çalışma kapsamında Python ve OpenCV kütüphanesinden yararlanarak bir uygulama tasarlanmıştır. OpenCV kütüphanesine ek olarak Keras ve TensorFlow kütüphaneleri de kullanılacaktır.

4.2. KERAS KÜTÜPHANESİ

Keras, TensorFlow'un üstünde çalışan yüksek seviyeli bir API'dir. Derin öğrenme modellerinin hızlı bir şekilde denenmesini ve kullanıcı dostu bir arayüzle oluşturulmasını sağlamaktadır. Keras'ın bazı ana özellikleri aşağıdaki gibidir:

1. Modülerlik: Keras; katmanlar, modeller, optimizasyonlar ve kayıp fonksiyonları gibi yapı taşlarını birleştirerek esnek model inşasını mümkün kılmaktadır [21].
2. Taşınabilirlik: Keras ile oluşturulan modeller, mobil ve web uygulamaları dahil olmak üzere çeşitli platformlara kolayca dağıtılabilmektedir [21].

3. GPU ve TPU Desteği: Keras, GPU ve TPU'nun hesaplama gücünden faydalanarak derin öğrenme modellerinin eğitimini hızlandırabilmektedir [21].

4.3. TENSORFLOW KÜTÜPHANESİ

Google tarafından geliştirilmiş açık kaynaklı bir makine öğrenimi kütüphanesi olan TensorFlow, masaüstü, mobil, web ve bulut ortamlarında makine öğrenimi modelleri oluşturmayı ve dağıtmayı kolaylaştırmaktadır. TensorFlow'un sunduğu bazı temel özellikler aşağıdaki gibidir:

1. Veri İşleme: TensorFlow, verileri hazırlamak ve yüklemek için araçlar sunar, bu da başarılı makine öğrenimi sonuçları elde etmek için önemlidir.
2. Model Oluşturma: Esnek ve kapsamlı API'ler sunarak makine öğrenimi modellerinin inşasını özellikle de sinir ağıları için kolaylaştırmaktadır
3. Dağıtılmış Eğitim: Birden fazla GPU veya TPU üzerinde modellerin eğitilmesini sağlar, bu da büyük ölçekli makine öğrenimini mümkün kılar
4. Dağıtım: Modelleri çeşitli platformlara (mobil cihazlar, web tarayıcıları, bulut hizmetleri) dağıtma seçenekleri sunmaktadır
5. Ekosistem: Model performansını görselleştirmek için TensorBoard ve önceden eğitilmiş modelleri paylaşmak ve yeniden kullanmak için TensorFlow Hub gibi araçlar içeren geniş bir ekosistem sunmaktadır

BÖLÜM 5

UYGULAMA GELİŞTİRME VE TEST EDİLMESİ

Tasarlanılan uygulamada, gerçek zamanlı video akışında yüz tespiti ve duygu analizi işlemlerini gerçekleştiren bir sistem geliştirmek hedeflenmektedir. Bu bölümde de kullanılan teknolojiler ve kütüphanelerden bahsedilerek uygulamanın işleyişi hakkında bilgi verilecektir.

5.1. KULLANILAN TEKNOLOJİLER VE UYGULAMALAR

1. Python 3.12.4
2. OpenCV
3. Keras 3.3.3
4. TensorFlow 2.16.1
5. NumPy
6. SciPy
7. Pandas
8. ImageIO
9. Pillow (PIL)

5.2. MODEL VE YÖNTEMLER

Sistemde; iki farklı veri seti kullanılmıştır. FER-2013 [23], duygu analizi için KDEF [24] ise yüz ifadeleri için tercih edilmiştir.

Yüz Tespiti Modeli: Haar Cascade sınıflandırıcısı kullanılarak 'haarcascade_frontalface_default.xml' dosyasından yüklenmiştir.

Duygu Algılama Modeli: Keras ile eğitilmiş 'mini_XCEPTION' modeli (fer2013_mini_XCEPTION.102-0.66.hdf5)

5.3. UYGULAMA

5.3.1. Model Yükleme ve Veri Hazırlama

Yüz tespiti için Haar Cascade modeli ve duygu algılama için Keras ile eğitilmiş mini_XCEPTION modeli yüklenmiştir. Duygu etiketleri FER-2013 veri setinden alınmış ve gerekli parametreler belirlenmiştir. Gerçek zamanlı video akışı için aşağıdaki adımlar uygulanmıştır.

1. OpenCV kullanılarak bilgisayar kamerasından gerçek zamanlı video akışı başlatılmıştır.
2. Her bir video karesi için yüzler tespit edilir ve duygu algılama modeli için uygun boyutlara getirmiştir.
3. Model, her yüz için duygu tahmini yapmış ve bu tahmin en yüksek olasılıkla duygu olarak etiketlenmiştir.
4. Tahmin edilen duyguya göre yüz etrafına bir çerçeve çizilmiş ve ilgili duygu etiketi görüntülenmiştir.

5.3.2. Veri İşleme

Veri işleme aşağıdaki gibi üç aşamadan oluşmaktadır.

1. DataManager Sınıfı: Bu sınıf belirtilen veri setini yüklemek ve işlemek için kullanılmıştır. Uygulamada kullanılan FER-2013 ve KDEF veri setlerini desteklemektedir.
2. Veri Yükleme: FER-2013 veri seti .csv dosyasından ve KDEF veri seti belirli bir klasör yapısından okunmaktadır.
3. Veri İşleme ve Kategorik Dönüştürme: Yüz görüntüleri uygun boyutlarda yeniden boyutlandırılıp normalize edilmektedir. Kategorik dönüştürme işlemleri “to_categorical” fonksiyonu ile gerçekleştirilmektedir.

5.3.3. Sonuçların Görselleştirilmesi

Uygulama çalıştırıldığı zaman tespit edilen yüzler ve tahmin edilen duyguların gerçek zamanlı olarak video akışındaki durumları görüntülenerek ekran görüntüsü alınıp kayıt altına alınmıştır. Kullanıcı ‘q’ tuşuna basarak video akışını durdurabilmektedir.



Şekil 5. 1. Uygulama görselleri

Gerçek zamanlı yüz ifadesi algılama ve duygu analizi üzerine yapılan çalışmanın sonuçları Şekil 5.1.’de görülmektedir. Geliştirilen sistemin yüz ifadelerini doğru bir şekilde sınıflandırabildiği görülmüştür. Sonuç olarak, geliştirilen sistemin yüz ifadesi algılama ve duygu analizi konularında pratik ve etkili bir çözüm sunacağı ve bu alanda teknolojik gelişmelerin hızlanmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

BÖLÜM 6

SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu tez çalışmasında, Python programlama dili kullanılarak Convolutional Neural Network (CNN) mimarisi ile gerçek zamanlı yüz ifadesi algılayarak duygusal sınıflandırma sistemi başarılı bir şekilde geliştirilmiştir. Yapılan testler ve deneyler sonucunda, sistemin yüz ifadelerini yüksek doğruluk oranıyla tespit edebildiği ve duygu analizinin doğru bir şekilde yapabildiği görülmüştür. Özellikle CNN mimarisi, yüz ifadelerinin tanınması ve duygu analizinin yapılmasında yüksek performans göstermiş olması bu sistemin başarılı çalışmasında önemli rol oynamıştır. Geliştirilen sistemin, çeşitli duygusal kategorilerde etkin bir şekilde kullanılabildiği görülmüştür.

Sistem; güvenlik sistemlerinde, insan-bilgisayar etkileşimlerinde, sağlık hizmetlerinde, eğlence vb. Birçok alanda kullanılabileceğini göstermiştir. Güvenlik sistemlerinde, yüz ifadelerinin anlık olarak izlenmesi ve olası tehditlerin önceden tespit edilmesi sağlanabilmektedir. İnsan-bilgisayar etkileşimlerinde ise kullanıcıların duygusal durumlarına göre uygulamalar oluşturulabilir. Hastaların duygusal durumlarının izlenmesi ve buna göre tedavi yöntemlerinin belirlenmesi ile de sağlık hizmetlerinde de kullanılabileceği görülmüştür. Eğlence sektöründe ise, interaktif oyunlar ve kişiselleştirilmiş içeriklerin geliştirilmesi için kullanılabilir. Bu uygulama senaryoları, yüz ifadesi algılama sistemlerinin geniş bir alanda etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmanın sonuçları, yüz ifadesi algılama ve duygusal sınıflandırma alanı için önemli katkılar sunmaktadır. Gelecekteki çalışmalar için, geliştirilen sistemin doğruluk oranının artırılması ve daha geniş veri setleri ile test edilerek değerlendirilmesi önerilebilir. Gelecekteki araştırmalara yön vermesi açısından farklı algoritmalarda entegrasyon ve sistemin performansının optimize edilmesi düşünülebilir. Bu amaçla, sistemin doğruluk oranını gözlemlemek için farklı

demografik gruplar üzerindeki performansını değerlendirmek için ek araştırmalar yapılması da yararlı olacaktır. Farklı yaş, cinsiyet ve etnik gruplar gibi farklılıklarda yüz ifadelerinin algılanmasındaki varyasyonlar incelenerek, sistemin bu gruplar üzerindeki etkinliği artırılabilir.

Bu alışma, gelecekteki birçok proje için örnek teşkil edebileceği düşünülmektedir. Örneğin, akıllı şehir projelerinde, kamu güvenliğini arttırmak için yüz ifadesi algılama sistemleri kullanılabilir. Öğrencilerin ders sırasında duygusal durumlarını izleyerek ğretim yöntemlerinin anlık olarak uyarlanması sağlayacak projeler geliştirerek eğitim teknolojileri alanında fayda sağlanılabilir. Sağlık alanında ise hastaların ruhsal durumlarını sürekli izleyerek bu verilerden elde edilen sonuçlar tedavi yöntemlerinde kullanılabilir. Ayrıca, hizmet kalitesini iyileştirmek adına müşteri hizmetlerinde, müşteri memnuniyetini analiz edebilmek için yüz ifadesi algılama sistemlerinin kullanılması da önemli bir adım olabilir. Kullanıcıların anlık duygusal tepkilerine göre içerik uyarlayan interaktif oyunlar ve kişiselleştirilmiş medya içerikleri geliştirerek eğlence sektrndede başarılı sonuçlar elde edilebilir.

Sonuç olarak; bu tez çalışması yüz ifadelerini gerçek zamanlı algılayarak duygu sınıflandırması yapabilme konusunda bir adım atmış olup, bu alandaki araştırmalar için sağlam bir temel oluşturmaktadır. Geliştirilen sistemin, gerçek zamanlı uygulamalarda aktif bir şekilde kullanılabilir olması ise, bu çalışmanın en önemli başarılarından biri olmuştur. Gerçek zamanlı çalışması kullanıcıların resim verilerinin herhangi bir veritabanında tutulmaması da KVKK açısından önem teşkil etmektedir. Yüz ifadesi algılama ve duygu analizi gelecekte yapılacak olan araştırmalara ışık tutarak bu alandaki teknolojik gelişmelere katkı sağlayacaktır. Gelecek çalışmalarda, sistemin donanım entegrasyonu ve mobil cihazlarda uygulanabilirliği gibi konular da ele alındığında, sistemin daha geniş bir kullanıcı kitlesine ulaşılması hedeflenebilmektedir. Ayrıca, yüz ifadesi algılama sistemlerinin sosyal medya analizleri, müşteri memnuniyeti değerlendirmeleri ve eğitim alanlarında kullanımı da incelenerek, sistemin potansiyel kullanım alanları genişletilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Atilgan, Ç., “Yüz ifadelerine göre otomatik duygu tespiti”, Yüksek Lisans Tezi, **Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Elazığ, (2019).
- [2] Metin, A., “Yüz İfadelerindeki Duygular: Derleme Çalışması”, **OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi**, (2019).
- [3] De, A. and Saha, A., “A comparative study on different approaches of real time human emotion recognition based on facial expression detection”, **International Conference on Advances in Computer Engineering and Applications (ICACEA)**, Ghaziabad, India, (2015).
- [4] Sharma, A., Bajaj, V., and Arora, J., “Machine learning techniques for real-time emotion detection from facial expressions”, **2nd Edition of IEEE Delhi Section Owned Conference, DELCON**, (2023).
- [5] Güler, T., “Gerçek zamanlı duygu durumu analizi: derin öğrenme tabanlı akıllı sistem tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, **Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**, Bartın, (2022).
- [6] Khatri, N. N., Shah, Z. H. and Patel, S. A., “Facial expression recognition: a survey”, **International Journal of Computer Science and Information Technologies**, (2014).
- [7] İlıyanov, S., M., “Hareketli görüntülerdeki insanların yüz tanıma metoduyla sınıflandırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Tekirdağ, (2022).
- [8] Dalvi, J., Bafna, S., Bagaria, D. and Virnodkar, S., “A survey on face recognition systems”, **arXiv:2201.02991v1**, (2022).
- [9] Yaman, B., “Özyüz kullanılarak yüz tanıma”, Yüksek Lisans Tezi, **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Sakarya, (2006).
- [10] Tombak, M. E., “Python ve opencv ile yüz tanıma ve otomatik blur uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, **Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kırıkkale, (2019).
- [11] Sari, M., Moussaoui, A., and Hadid, A., “Automated facial expression recognition using deep learning techniques: an overview”, **International Journal of Informatics and Applied Mathematics**, (Vol.3, No.1).

- [12] Ekundayo, O., Viriri, S., “Facial expression recognition: a review of methods, performances and limitations”, **Conference on Information Communications Technology and Society (ICTAS)**, Durban, South Africa, (2019).
- [13] Kandil, T. S., Elnaghi, L. M., Ramadan, N., and Mehanna, A., “Exploring face detection and feature extraction strategies in facial expression recognition: A comprehensive review”, **Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)**, (2024).
- [14] Emami, S., Suci, V. P., “Facial recognition using opencv”, **Journal of Mobile Embedded and Distributed Systems**, (2012).
- [15] Gite, B., Nikhal, K., and Palnak, F., “Evaluating facial expressions in real time”, **Intelligent Systems Conference (IntelliSys)**, London, UK, (2017).
- [16] Lee, I., Jung, H., Ahn, C. H., Seo, J., Kim, J., Kwon, O., “Real-time personalized facial expression recognition system based on deep learning”, **IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)**, (2016).
- [17] Taşova, O., “Yapay sinir ağları ile yüz tanıma”, Yüksek Lisans Tezi, **Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir, (2011).
- [18] Daş, R., Polat B. ve Tuna, G., “Derin öğrenme ile resim ve videolarda nesnelerin tanınması ve takibi”, **Fırat Üniversitesi Müh. Bil. 15Dergisi**, (2019).
- [19] Li, S., Deng, W., “Deep facial expression recognition: a survey”, **IEEE Transactions On Affective Computing**, Vol.13, No.3, (2022).
- [20] Akar, F., ve Akgül, İ., “Derin Öğrenme Modeli ile Yüz İfadelerinden Duygu Tanıma”, **Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi**, (2022).
- [21] İnternet: “Keras: The high-level API for TensorFlow”, **www.tensorflow.org/guide/keras** (2024).
- [22] İnternet: “Tutorial: Introduction to Keras”, **www.dataquest.io** (2024).
- [23] Goodfellow, I., J., and Erhan, D., “Challenges in representation learning: A report on three machine learning contests”, **ArXiv:1307.0414v1**, (2013).
- [24] Lundqvist, D., Flykt, A. and Öhman, A., “The Karolinska Directed Emotional Faces – KDEF”, **CD ROM from Department of Clinical Neuroscience, Psychology section, Karolinska Institutet**, (1998).

ÖZGEÇMİŞ

İpek YAY; Beykoz Anadolu Lisesi'nden mezun olduktan sonra 2014 yılında Karabük Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2019 yılında 3.15/4 ortalama ile lisans eğitimini tamamladı.

2021 yılında Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Bölümü'nde yüksek lisans eğitimine başladı ve eğitime devam etmektedir. Python, Makine öğrenmesi, yapay zeka teknolojilerine ilgi duymakta olup bu alandaki çalışmalarına devam etmektedir.