



T.C.

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Bilişim Teknolojileri

**YÜZ TANIMA SİSTEMLERİ VERİMLİLİK
KARŞILAŞTIRMASI**

Batuhan İYİGEL

Yüksek Lisans Tezi

Danışman

Doç. Dr. Sefer KURNAZ

İstanbul, 2024

YÜZ TANIMA SİSTEMLERİ VERİMLİLİK KARŞILAŞTIRMASI

Batuhan İYİGEL

Bilişim Teknolojileri Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ

2024

Batuhan İYİGEL tarafından hazırlanmış ve 07.06.2024 tarihinde sunulmuş “YÜZ TANIMA SİSTEMLERİ VERİMLİLİK KARŞILAŞTIRMASI” başlıklı tez Bilişim Teknolojileri Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak **oy birliği** ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Sefer KURNAZ

Danışman

Tez Savunma Sınavı Jüri Üyeleri:

Doç. Dr. Sefer KURNAZ

Bilgisayar Mühendisliği
Bölümü,

Altınbaş Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Abdullahi Abdu
IBRAHİM

Bilgisayar Mühendisliği
Bölümü,

Altınbaş Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Serdar KARGIN

Biyomedikal Mühendisliği
Bölümü,

İstanbul Arel Üniversitesi

Bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak bütün şartları sağladığını beyan ederim.

Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik davranışlara uygun olarak edinildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bu kuralların ve davranışların gerektirdiği şekilde, bu çalışmada, orijinal olmayan tüm materyalleri ve sonuçları tamamen alıntı yaptığımı ve referans gösterdiğimi de beyan ederim.

Batuhan İYİGEL

İmzası



ÖZET

YÜZ TANIMA SİSTEMLERİ VERİMLİLİK KARŞILAŞTIRMASI

İYİGEL, Batuhan

Yüksek Lisans, Bilişim Teknolojileri Ana Bilim Dalı, Altınbaş Üniversitesi

Danışman: Doç. Dr. Sefer KURNAZ

Tarih: Haziran/2024

Sayfa: 58

Bu çalışmada, yüz tanıma teorilerine ve algoritmalarına artan bir ilgi olduğu belirtiliyor. Video gözetimi, suç tanımlama, bina erişim kontrolü ve insansız araçlar gibi endüstri uygulamalarında bu teknolojilerin önemli rol oynadığı vurgulanıyor. Hayatın birçok alanında kullanıma giren bu yüz tanıma sistemlerinin kendi içinde ayrıldığı yerel yaklaşımlar, bütünsel yaklaşımlar ve hibrit yaklaşımlar adlı sınıfları hakkında detaylı bilgi verilmektedir. Bu teknikler, yüz görüntülerini sadece belirli yüz özellikleri veya tüm yüz özellikleri kullanarak açıklamak için kullanılmaktadır. Sistemler arasındaki verimlilik düzeyleri karşılaştırılmaktadır.

Literatür taramasında elde edilen çeşitli araştırma bulguları birbiriyle kıyaslanarak 3 yaklaşım öne sürülen teknikler gözden geçirilmekte ve verimlilik düzeyleri üzerine tartışma sunulmaktadır. Yaklaşımların hayatımızdaki yerleri, yüz tanıma hizmeti sunulurken ortaya sergiledikleri performansı; doğru eşleşmesi, tutarlılığı, sağlamlığı, yapısal durumu, birbirlerinden farkları bakımından avantajları ve dezavantajları listelenmektedir. Görüntü işleme ve bilgisayarlı görme alanındaki çalışmaların hızla yaygınlaştığı son yıllarda, tarım, tıp, eğitim, sağlık ve güvenlik gibi birçok alanda bilgisayarlı görme uygulamaları geliştirilmekte ve günlük yaşantımızda kullanılmaktadır. Özellikle yüz ve nesne tanıma işlemleri, farklı uygulamalarla her geçen gün daha da yaygınlaşmaktadır. Bu yüz tanıma uygulamaları, kullanıcılardan yüz bilgileri toplamak suretiyle veri ve bilgi tabanları oluşturmaktadır. Öne çıkan bir uygulama ise işyerlerinde personel giriş ve çıkışlarını takip etmek amacıyla geliştirilen yüz tanıma tabanlı personel kontrol ve takip sistemidir. Bu sistem, kartlı veya manuel kayıt tutma gibi yöntemlerin yerine daha hızlı, etkili ve doğru bir

özüm sunmaktadır. Giriş ve çıkışlarda kameralar kullanılarak personellerin yüzleri tespit edilir ve kimlik doğrulaması yapılır. Bu sayede personellerin işe geliş, gidiş saatleri ve fazla mesai bilgileri otomatik olarak takip edilebilir hale gelir. Geliştirilen bu sistem, özellikle hijyen ve sağlık koşulları açısından kart veya parmak izi gibi geleneksel yöntemlerin zorlayıcı olduğu durumlarda etkili bir çözüm sunmaktadır. Biyometri, bireyleri birbirinden ayırt etmeyi mümkün kılan fiziksel ve davranışsal özellikleri inceleyen bir bilim dalıdır. Bu kapsamda, biyometrik sistemler, bireylerin kimliklerini belirlemek amacıyla özel biyometrik özellikleri kullanarak tasarlanmış sistemlerdir. Bu sistemler arasında yer alan yüz tanıma sistemleri, bireyleri tanımlamak için yüz özelliklerini kullanır. Yüz tanıma sistemleri genellikle güvenlik ve personel devam kontrolü gibi alanlarda, cep telefonlarında, sosyal medyada, bina giriş ve kontrol alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı mevcut yüz tanıma sistemlerinin uygulama alanları hakkında bilgi vermek, yüz tanıma sistemlerinin sınıflarını incelemek ve verimliliklerini karşılaştırmaktır.

Anahtar Kelimeler: Yüz Tanıma Sistemleri, Güvenlik Sistemleri, Biyometrik Sistemler, Kişi Tanımlama, Verimlilik.

ABSTRACT

**THE EFFICIENCY COMPARISON OF FACIAL RECOGNITION
SYSTEMS**

IYIGEL, Batuhan

M.Sc., Information Technologies Department, Altınbaş University,

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sefer KURNAZ

Date: July/2024

Pages: 58

This article notes growing interest in facial recognition theories and algorithms. It is stated that various techniques such as local, holistic and hybrid approaches have been developed. These techniques are used to annotate facial images using only certain facial features or all facial features. In recent years, when studies in the field of image processing and computer vision have become widespread rapidly, computer vision applications have been developed and used in our daily lives in many fields such as agriculture, medicine, education, health and security. These facial recognition applications create data and knowledge bases by collecting facial information from users. One of the prominent applications is the facial recognition-based personnel control and tracking system developed to monitor personnel entry and exit in workplaces. This system offers a faster, effective and accurate solution instead of methods such as card or manual record keeping. The identities of the personnel are verified by detecting the faces of the personnel using cameras at the entrances and exits. In this way, personnel arrival and departure times and overtime information can be automatically tracked. This developed system offers an effective solution, especially in cases where traditional methods such as cards or fingerprints are challenging in terms of hygiene and health conditions. In this context, biometric systems are systems designed using special biometric features to determine the identities of individuals. Facial recognition systems, among these systems, identify people using facial features. This study contains detailed information about current facial recognition system applications.

Keywords: Facial Recognition Systems, Security Systems, Biometric Systems, Person Identification, Efficiency.



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	v
ABSTRACT	vii
TABLO LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xii
1. GİRİŞ	1
1.1 YÜZ TANIMA SİSTEMLERİ	1
1.2 YÜZ TANIMA SİSTEMLERİNİN UYGULAMA ALANLARI.....	2
1.2.1 Güvenlik Alanında Kullanımı	4
1.2.2 Biyometrik Kimlik Doğrulama Alanında Kullanımı	5
1.2.3 Dijital Deneyimlerin Geliştirilmesi Alanında Kullanımı	6
1.2.4 Kolluk Kuvvetleri ve Adli İşlemler Alanında Kullanımı.....	7
1.3 ÇALIŞMANIN AVANTAJLARI.....	8
1.3.1 Güvenlik Alanında Avantajları	8
1.3.2 Biyometrik Kimlik Doğrulama Alanında Avantajları.....	9
1.3.3 Dijital Deneyimlerin Geliştirilmesi Alanında Avantajları	10
1.3.4 Kolluk Kuvvetleri ve Adli İşlemler Alanında Avantajları	11
1.3.5 Eğitim ve Katılım Yönetimi Alanında Avantajları	12
2. YÜZ TANIMA SİSTEMLERİ METHODLARI	14
2.1 YÜZ TANIMA SİSTEMLERİNİN TEMEL ADIMLARI	14
2.2 YÜZ TANIMA SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI	16
2.2.1 Yerel Yaklaşımlar	17
2.2.1.1 Anahtar nokta tabanlı teknikler	18
2.2.1.2 Yerel ikili desen (LBP) ve varyantları	21
2.2.2 Bütünsel Yaklaşım	26

2.2.2.1 Doğrusal teknikler	26
2.2.2.2 Doğrusal olmayan teknikler	32
2.2.3 Karma Yaklaşım.....	32
3. SONUÇ	35
REFERANSLAR	42



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1: Yüz Tanıma Algoritmalarının Zaman Karşılaştırması.....	36
---	----



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1: Yüz Tanıma Yapısı.	15
Şekil 2.2: Yüz Tanıma Yöntemleri.....	17
Şekil 2.3: Hızlandırılmış Özelliklere Dayalı Yüz Tanıma Sistemi	20
Şekil 2.4: Yüz Tanıma Sistemi	20
Şekil 2.5: Yüz Kayıt İşlemi	25
Şekil 2.6: Yerel İkili Model (LBP) Tanımlayıcısı.....	25
Şekil 2.7: Tüm Optik Konfigürasyonlar.	25
Şekil 2.8: Bir Kişinin 3 Boyutlu Yüzünün Oluşturulması.....	30
Şekil 2.9: Yüz Tanıma Yapısı. (PCA)	30
Şekil 2.10: Veri Tabanında Oluşturulan İlk 5 Eigenfaces.. ..	30
Şekil 2.11: Veri Tabanında Oluşturulan İlk 5 Fisherfaces.	31
Şekil 3.1: Giriş Çıkış Kontrol Sistemi	35
Şekil 3.2: Veri Tabanı.....	37
Şekil 3.3: Veri Tabanı Tablo Yapısı.....	37
Şekil 3.4: Personel Ekleme İşlemi.....	38
Şekil 3.5: Nanolens Yüz Tanıma.....	39
Şekil 3.6: Personel Takip İşlemi.....	40
Şekil 3.7: Personel Takip İşlemi-2	41

1. GİRİŞ

Yüz tanıma yöntemleri, ticari kullanım ve güvenlik ihtiyaçları için geliştirilmektedir. Yüz tanıma, düşük hata oranı, çoklu poz ve açılarda yüksek başarı, diğer biyometrik yöntemlere göre hızlı çalışma gibi avantajlar sunar. Yüz tanıma işlemi iki aşamada gerçekleşir: yüz algılama ve tanıma. Yüz algılama, yüz tespiti ve konumlandırılması işlemlerini içerir. Farklı etmenler, yaş, yüz kapanması, poz değişimi, aydınlanma gibi, yüz tespitini zorlaştırabilir [1]. Yüz tanıma yöntemleri öznitelik tabanlı ve şablon resimlere dayalı olarak kategorize edilebilir. Yüz tanıma, akıllı telefonlar ve tabletlerin yaygınlaşmasıyla günlük hayatta popüler hale gelmiştir [2].

Çeşitli çalışmalarda yüz tanıma yöntemleri, öğrenci yoklaması, duygu takibi, biyometrik tanıma ve takip gibi alanlarda kullanılmıştır. Bazı çalışmalar, temel bileşen analizi ve histogram eşitleme gibi yöntemleri karşılaştırmış, farklı pozlardaki yüzlerin tespitini incelemiştir. Öğrenci yoklaması için taşınabilir sistemler geliştirilmiş, derin öğrenme kullanılarak sınıftaki öğrenciler tespit edilmiştir. İşyerlerinde yüz tanıma, geçiş kontrolü için kartlı sistemlerle entegre edilmiş ve işten erken çıkma tespiti gibi uygulamalarda kullanılmıştır [3].

1.1 YÜZ TANIMA SİSTEMLERİ

Yüz tanımanın önemli bir biyometrik teknik olduğu ve farklı bilim dallarında, özellikle güvenlik ve görüntü işleme alanlarında kullanılmaktadır. Biyometri, kişinin fizyolojik özellikleri veya davranışlarıyla tanımlanması anlamına gelir [4]. Yaygın biyometri teknikleri arasında parmak izi, avuç izi, iris, DNA ve yüz tanıma bulunmaktadır. Yüz tanımanın sınıflandırma işlemlerinde renk, poz ve ışık gibi faktörler önemlidir. Farklı renk uzayları kullanılarak yüz tanıma performansının ölçülmüştür. Farklı poz açılarında alınan görüntülerde yüz tanımanın zorlaşmış ve yüksek kaliteli eğitim verileri kullanılarak poz normalizasyonunun performansı artırabileceği tespit edilmiştir. Işığın düşük olduğu durumlar için OTSU segmentasyon algoritmasının kullanılmasının performans artışına katkı sağlamıştır [5]. Derin öğrenme modelinin çoklu sinir ağlarından oluştuğu, nöronlara gelen girdilerin ağırlık değerleri ile işlendiği ve hata değeri hesaplamalarıyla modelin güncellendiği bir süreci vardır. Bu süreçte, hedeflenen hata değeri elde edilene kadar veya belirlenen döngü sayısı kadar işlemlerin devam etmektedir.

Son yıllarda derin öğrenme, görüntü işleme ve yüz tanıma sistemlerinde önemli başarılar elde etmiştir. Yüz tanıma sistemlerinde kullanılan algoritmalar arasında konvansiyonel sinir ağı (CNN), çekişmeli üretici ağlar (GANs), temel bileşen analizi (PCA), doğrusal diskriminant analizi (LDA), yerel ikili örüntü (LBP) ve tekil değer ayrışımı (SVD) gibi teknikler yer alıyor. GANs algoritmasının performans açısından diğer algoritmaları geçerek yüz tanıma sistemlerinde %90 doğruluk elde edilmektedir.

Çalışmada, Ergosis Güvenlik Sistemleri Bilgisayar Sanayi ve Ticaret A.Ş. şirketi personellerinden alınan farklı yüz görüntüleri kullanılarak LDA, LBP, PCA ve SVD algoritmaları uygulanarak üç farklı yüz tanıma modeli oluşturulmuş. Bu modeller, farklı yüz görüntüleri üzerinde sınıflandırılıp, RMSE ve MAPE performans ölçütlerine göre değerlendirilmiş. Elde edilen sonuçlara göre, ön ve yan yüz tanıma sistemlerinde PCA ve SVD algoritmalarının, üst ve alt yüz tanıma sistemlerinde ise LBP algoritmasının en iyi performansı gösterdiği belirtilmektedir.

1.2 YÜZ TANIMA SİSTEMLERİNİN UYGULAMA ALANLARI

Yüz tanıma sistemleri, günümüzde giderek daha fazla kullanılan biyometrik teknolojiler arasında önemli bir yer tutmaktadır. Yüz tanıma, bireylerin yüz özelliklerini analiz ederek kimlik doğrulama ve tanıma süreçlerini gerçekleştiren bir teknolojidir. Bu teknoloji, yüzün benzersiz anatomik özelliklerini kullanarak güvenli bir şekilde kişileri tanıma ve doğrulama imkanı sağlar [6].

Yüz tanıma teknolojisinin birçok uygulama alanı bulunmaktadır. Bu alanlardan biri, bina giriş-çıkış kontrollerinde kimlik doğrulamadır [7]. Yüksek güvenlik gerektiren bölgelerde, yüz tanıma sistemleri akıllı kartlarla birlikte kullanılarak personelin kimlik doğrulamasını sağlar. Havaalanları gibi yerlerde, kimlik kartı veya pasaport göstermeden geçişleri kolaylaştırır. Suçlu kimlik tespiti ve halka açık alanlarda suçlu veya terörist aramalarında da etkili bir şekilde kullanılır [8].

Yüz tanıma, bilgisayar-insan etkileşiminin bir parçası olarak akıllı ev sistemlerinde de kullanılır. Ev sahiplerini ve evdeki diğer kişileri tanıyarak, onların isteklerini yerine getirmek amacıyla kullanılır. Ayrıca, giyilebilir aygıtlarda da yer alır; örneğin, Alzheimer hastalarının gözlüklerine entegre edilen küçük kameralar ve yüz tanıma yazılımları, hastaların tanıdıkları kişileri hatırlamalarına yardımcı olabilir [9].

Sosyal paylaşım sitelerinde (Google+, Facebook) ve ticari uygulamalarda (Microsoft Photo Gallery, Google Picasa) fotoğrafla etiketleme amacıyla yüz tanıma uygulamaları görülebilir. Ayrıca, çeşitli şirketlerin gerçekleştirdiği uygulama örnekleri arasında, festivallerde yüz tanıma teknolojisi kullanarak etkileşimli uygulamalar, tatlı satış makinelerinde yaş ve cinsiyet analizi yapan sistemler, arttırılmış gerçeklik uygulamaları gibi çeşitli örnekler bulunmaktadır [10].

Yüz tanıma sistemlerinin önemi çeşitli alanlarda kendini göstermektedir:

Güvenlik: Yüz tanıma sistemleri, güvenlik alanında etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Havaalanları, sınırlar, kamu binaları, bankalar ve diğer önemli yerlerde yüz tanıma teknolojisi, yetkisiz erişimi önlemek, kritik bölgeleri korumak ve suçları önlemek için kullanılmaktadır. Yüz tanıma sistemleri, gerçek zamanlı olarak yüzleri tanıyarak anında alarm ve uyarı sistemlerini devreye alabilir [11].

Biyometrik Kimlik Doğrulama: Yüz tanıma, kişilerin biyometrik özelliklerini kullanarak güvenli kimlik doğrulama sağlar [12]. Parmak izi veya iris tarama gibi diğer biyometrik teknolojilerin yanı sıra yüz tanıma, kullanıcıların bir sistem veya hizmete erişimi için kimliklerini doğrulamak için kullanılabilir. Bu, bankacılık işlemleri, elektronik cihazlara erişim kontrolü, siber güvenlik uygulamaları ve diğer birçok alanda kullanıcıların kimliklerini güvenli bir şekilde doğrulamak için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.

Dijital Deneyimlerin Geliştirilmesi: Yüz tanıma teknolojisi, dijital deneyimlerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin, akıllı telefonlar ve tabletler gibi cihazlarda yüz tanıma özelliği, kullanıcıların cihazlarını hızlı ve güvenli bir şekilde açmalarını sağlar. Ayrıca, yüz tanıma teknolojisi, dijital pazarlama ve kişiselleştirme uygulamalarında da kullanılarak kullanıcı deneyimini iyileştirmeye yönelik çözümler sunar.

Kolluk Kuvvetleri ve Adli İşlemler: Yüz tanıma sistemleri, kolluk kuvvetleri ve adli işlemler için önemli bir araç haline gelmiştir. Suçlu tespiti, kayıp kişilerin bulunması, suçla ilişkili kişilerin tanınması gibi birçok alanda yüz tanıma teknolojisi kullanılarak adli süreçler hızlandırılmış ve etkinlik artırılmıştır [13].

Yüz tanıma sistemleri, güvenlik, kimlik doğrulama, dijital deneyimlerin geliştirilmesi, kolluk kuvvetleri ve adli işlemler gibi birçok alanda önemli bir rol oynamaktadır.

Teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, yüz tanıma sistemlerinin performansı, doğruluk ve hız açısından sürekli olarak iyileştirilmekte ve daha geniş kullanım alanlarına yayılmaktadır [14].

1.2.1 Güvenlik Alanında Kullanımı

Yüz tanıma sistemleri, güvenlik alanında önemli bir rol oynamaktadır. Bu sistemler, yüzün benzersiz anatomik özelliklerini analiz ederek kişilerin tanınmasını sağlar ve kimlik doğrulama süreçlerinde güvenliği artırır. İşte yüz tanıma sistemlerinin güvenlik açısından önemli olduğu bazı durumlar:

Erişim Kontrolü: Yüz tanıma sistemleri, binalar, ofisler, laboratuvarlar ve diğer sınırlı erişime sahip alanlarda kullanıcıların kimliklerini doğrulamak için kullanılır. Bu sistemler, yetkisiz kişilerin girişini engeller ve yalnızca yetkili kullanıcıların geçişini sağlar. Geleneksel kimlik kartları veya şifreler gibi erişim yöntemlerine kıyasla, yüz tanıma sistemi daha güvenli bir kimlik doğrulama sağlar ve kaybedilme veya yetkisiz kullanım riskini azaltır [15].

Kamu Güvenliği: Havaalanları, tren istasyonları, sınırlar, kamu binaları ve diğer önemli noktalarda yüz tanıma sistemleri, kamuya açık alanlarda güvenliği sağlamak için kullanılır. Bu sistemler, potansiyel tehditleri erken tespit etmek ve önlemek için gerçek zamanlı yüz tanıma ile eşleştirme yapar. Yüz tanıma teknolojisi, izinsiz girişlerin engellenmesi, kayıp veya aranan kişilerin tespiti, terörist faaliyetlerin izlenmesi ve suç oranlarının azaltılması gibi kamu güvenliğine önemli katkılar sağlar [16].

Video Gözetimi ve Suç Önleme: Yüz tanıma sistemleri, video gözetim kameraları ile entegre edilerek suç önleme ve soruşturma süreçlerinde etkin bir şekilde kullanılır. Güvenlik kameralarından elde edilen video verileri, yüz tanıma algoritmasıyla analiz edilerek tanınan veya aranan kişilerin tespit edilmesi sağlanır. Bu sayede, suçlu aktivitelerin izlenmesi, olayların hızlı bir şekilde çözülmesi ve suçluların yakalanması gibi konularda önemli bir yardımcı araç haline gelir.

Veri ve Bilgi Güvenliği: Yüz tanıma sistemleri, veri ve bilgi güvenliğini sağlamak için de kullanılır. Özellikle yüksek güvenlik gerektiren kurumlar ve sistemler, yüz tanıma teknolojisiyle kullanıcıların kimliklerini doğrulayarak yetkisiz erişimi engeller. Bu da veri ihlalleri, kimlik hırsızlığı ve sahtecilik gibi güvenlik tehditlerinin azalmasına yardımcı olur.

Yüz tanıma sistemleri, güvenlik alanında birçok avantaj sunar. Daha güvenli erişim kontrolleri, suçların önlenmesi, olayların çözülmesi ve veri güvenliği gibi konularda güvenlik güçlerine ve kurumlara önemli bir destek sağlar.

1.2.2 Biyometrik Kimlik Doğrulama Alanında Kullanımı

Yüz tanıma sistemleri, biyometrik kimlik doğrulamanın önemli bir parçasıdır. Biyometrik kimlik doğrulama, bireylerin fiziksel veya davranışsal özelliklerini kullanarak kimliklerini doğrulayan bir teknolojidir [17]. Yüz tanıma, bu biyometrik özellikler arasında en popüler olanlardan biridir ve aşağıdaki nedenlerle önemli bir rol oynamaktadır:

Yüksek Doğruluk: Yüz tanıma teknolojisi, yüzün benzersiz anatomik özelliklerini kullanarak yüksek doğruluk sağlar. Her bireyin yüzü farklıdır ve yüz tanıma algoritmaları, bu farklılıkları tanıyarak kimlik doğrulama sürecinde yüksek bir güvenilirlik sunar. Diğer kimlik doğrulama yöntemleri, parmak izi veya iris tarama gibi, bazen yanlış eşleştirmeler veya hatalarla karşılaşabilirken, yüz tanıma genellikle daha doğru sonuçlar verir.

Kullanım Kolaylığı: Yüz tanıma, kullanıcılar için kolaylık sağlayan bir kimlik doğrulama yöntemidir. Diğer kimlik doğrulama yöntemleri, özel donanım veya fiziksel temas gerektirebilirken, yüz tanıma genellikle temas gerektirmeyen bir yöntemdir. Kullanıcılar, yüz tanıma sistemlerine yalnızca yüzlerini kameraya doğru tutarak kimliklerini doğrulayabilirler, bu da kullanımı hızlı ve pratik hale getirir.

Güvenlik ve Gizlilik: Yüz tanıma, kullanıcıların kimliklerini güvenli bir şekilde doğrulamalarını sağlar. Geleneksel kimlik doğrulama yöntemleri, parola veya PIN gibi bilgilerin çalınma veya kaybolma riskini taşıırken, yüz tanıma sistemleri fiziksel bir özelliği kullanarak daha güvenli bir kimlik doğrulama sağlar. Ayrıca, yüz tanıma verileri genellikle şifrelenir ve güvenli bir şekilde saklanır, böylece kullanıcıların gizliliğini korur [18].

Geniş Kullanım Alanları: Yüz tanıma teknolojisi, birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır [19]. Örneğin, akıllı telefonlar, tabletler, bilgisayarlar ve diğer elektronik cihazlar, yüz tanıma özellikleriyle kullanıcıların cihazlarına güvenli bir şekilde erişmelerini sağlar. Ayrıca, bankacılık sektörü, havaalanları, kamu binaları ve diğer kurumlar, yüz tanıma sistemlerini kimlik doğrulama ve erişim kontrollerinde kullanarak güvenliği artırır.

Yüz tanıma sistemleri, biyometrik kimlik doğrulamanın etkin ve güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesine yardımcı olan önemli bir teknolojidir. Yüksek doğruluk, kullanım kolaylığı, güvenlik ve geniş kullanım alanları gibi avantajlarıyla, yüz tanıma sistemleri, birçok sektörde güvenlik gereksinimlerini karşılamak için tercih edilen bir çözüm haline gelmiştir.

1.2.3 Dijital Deneyimlerin Geliştirilmesi Alanında Kullanımı

Yüz tanıma sistemleri, dijital deneyimlerin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Dijital deneyimler, kullanıcıların çevrimiçi platformlarda, mobil uygulamalarda veya diğer dijital ortamlarda etkileşimde bulunduğu deneyimlerdir. Yüz tanıma teknolojisi, bu deneyimleri daha güvenli, kişiselleştirilmiş ve etkileşimli hale getirerek kullanıcıların memnuniyetini artırır. İşte yüz tanıma sistemlerinin dijital deneyimlerin geliştirilmesindeki önemli faktörler:

Kişiselleştirme: Yüz tanıma sistemleri, kullanıcıların kimliklerini tanıyarak kişiselleştirilmiş deneyimler sunabilir. Örneğin, bir e-ticaret platformunda yüz tanıma kullanılarak kullanıcının önceki alışveriş tercihleri, satın alma geçmişi ve tercihleri hakkında bilgi elde edilebilir. Bu bilgiler kullanılarak, kullanıcıya özel ürün önerileri sunulabilir veya kişiselleştirilmiş indirimler sağlanabilir.

Güvenlik: Dijital platformlarda kullanıcıların kimliklerini doğrulamak ve güvenliği sağlamak önemlidir. Yüz tanıma sistemleri, kullanıcıların kimliklerini güvenli bir şekilde doğrulamak için kullanılabilir. Bu sayede yetkisiz erişimler engellenir ve kullanıcıların verileri ve hesapları daha iyi korunur. Ayrıca, yüz tanıma sistemleri sahtekarlık girişimlerini azaltır ve güvenlik önlemlerini güçlendirir.

Etkileşim ve Kolaylık: Yüz tanıma teknolojisi, kullanıcı deneyimini daha etkileşimli ve kolay hale getirir [20]. Örneğin, akıllı cihazlarda yüz tanıma özelliği sayesinde kullanıcılar cihazlarını yüzlerini cihaz kamerasına tutarak kilidini açabilir veya belirli işlevleri etkinleştirebilir. Bu, kullanıcıların şifre veya PIN gibi bilgileri hatırlama zorunluluğunu ortadan kaldırır ve daha hızlı, sorunsuz bir deneyim sunar [21].

Verimlilik: Yüz tanıma sistemleri, dijital deneyimleri daha verimli hale getirebilir. Örneğin, bir etkinlik veya konferans kaydında yüz tanıma kullanılarak katılımcıların kayıt işlemleri hızlandırılabilir ve bekleme süreleri azaltılabilir. Aynı şekilde, havaalanlarında yüz tanıma

sistemleri, pasaport kontrolü ve güvenlik süreçlerini hızlandırarak yolcuların daha verimli seyahat etmesini sağlar.

Yüz tanıma sistemleri, dijital deneyimlerin geliştirilmesinde önemli avantajlar sunar. Kişiselleştirme, güvenlik, etkileşim ve kolaylık ile verimlilik gibi faktörler, kullanıcıların daha tatmin edici bir dijital deneyim yaşamasına yardımcı olur.

1.2.4 Kolluk Kuvvetleri ve Adli İşlemler Alanında Kullanımı

Yüz tanıma sistemleri, Kolluk Kuvvetleri ve Adli İşlemler alanında önemli bir rol oynamaktadır. Bu sistemler, suçla mücadele, güvenlik sağlama ve adli süreçleri etkinleştirme konularında önemli faydalar sunar. İşte yüz tanıma sistemlerinin Kolluk Kuvvetleri ve Adli İşlemler için önemli olduğu noktalar:

Suç İncelemesi ve Soruşturma: Yüz tanıma sistemleri, suç olaylarının incelenmesi ve soruşturulmasında önemli bir araç haline gelmiştir. Suç sahnelerinde veya güvenlik kameralarında yer alan yüz görüntülerini analiz ederek, yetkililer suçluların kimliklerini tespit etme ve arama çalışmalarını hızlandırabilir. Bu sayede suçun işlenme hızı ve başarı şansı artar [22].

Kayıp Kişilerin Bulunması: Yüz tanıma sistemleri, kayıp kişilerin bulunmasında önemli bir rol oynar. Polis teşkilatları, kayıp kişilere ait fotoğrafları yüz tanıma sistemlerine yükleyerek, toplumun yardımını alabilir ve kayıp kişilerin bulunması sürecini hızlandırabilir. Bu sayede ailelere hızlıca bilgi verilebilir ve kayıp kişilerin bulunma şansı artar [23].

Gözetim ve Güvenlik: Yüz tanıma sistemleri, güvenlik kameralarıyla entegre edildiğinde yerel yönetimler, havaalanları, sınırlar ve kamu alanlarında daha etkili gözetim sağlar. Sistem, belirli kişilerin izlenmesini, yetkisiz girişlerin tespit edilmesini ve güvenlik tehditlerinin erken tespit edilmesini mümkün kılar. Bu da halkın güvenliğini sağlama konusunda önemli bir katkı sunar [24].

Adli Süreçlerde Delil Sunumu: Yüz tanıma sistemleri, adli süreçlerde delil sunumu için önemli bir araçtır. Mahkemelerde tanıkların veya mağdurların ifadelerini doğrulamak ve sanıkların kimliklerini belirlemek için yüz tanıma sistemlerine başvurulabilir. Bu, adli süreçlerin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırır [25].

Yüz tanıma sistemleri, Kolluk Kuvvetleri ve Adli İşlemler alanında güvenlik, suçla mücadele ve adli süreçlerin etkinleştirilmesi gibi önemli faydalar sağlar. Bu sistemler, yetkililere güçlü bir araç sunarak toplum güvenliğini artırır ve adaletin sağlanmasına katkıda bulunur.

1.3 ÇALIŞMANIN AVANTAJLARI

Kartlı takip sistemlerindeki zahmetli kart basma işlemi ve yanlış beyan riski, önerilen yüz tanıma tabanlı takip sistemi ile ortadan kalkar. Parmak izi ve diğer biyometrik sistemler, güvenli olmalarına rağmen zaman kaybını engelleme konusunda yetersizdir. Salgın hastalıkların etkisiyle ortaya çıkan hijyen sorunları, yüz tanıma tabanlı sistemin avantajını ortaya çıkarır. Yüz tanıma sistemi, personelin kamera karşısına geçmesi dışında herhangi bir ek işlem gerektirmediği için hızlı ve sağlık koşullarına uygun bir yöntemdir. İnsan faktöründen kaynaklanan hataları azaltarak, işletmelerde personel giriş çıkış saatlerini dijital ortama kaydederek fazla mesai bilgilerinin hesaplanmasına destek olur. Raporlar, yöneticilere doğru bilgiler sunarak anlık, günlük veya aylık durumları kolayca takip etmelerini sağlar. Bu sayede insan faktöründen kaynaklanan hatalar en aza indirgenir.

1.3.1 Güvenlik Alanında Avantajları

Yüz tanıma sistemleri, güvenlik ve erişim kontrolü alanında önemli bir rol oynayan etkili bir teknolojidir. Bu sistemler, insanların yüz özelliklerini analiz ederek kimlik doğrulama ve yetkilendirme işlemlerini gerçekleştirir. Güvenlik kameraları veya özel cihazlar aracılığıyla yüz görüntülerini yakalayarak, bu sistemler kişileri tanır ve doğrular.

Güvenlik ve erişim kontrolü amacıyla yüz tanıma sistemlerinin kullanıldığı bazı alanlar şunlardır:

Havaalanları ve Limanlar: Havaalanları ve limanlar, yoğun güvenlik önlemlerinin alındığı yerlerdir. Yüz tanıma sistemleri, yolcuların kimlik doğrulamasını hızlı ve güvenli bir şekilde gerçekleştirir. Yolcuların yüzleri, kamera sistemleri tarafından taranır ve veri tabanındaki kayıtlarla karşılaştırılır. Bu sayede yetkisiz girişimler tespit edilebilir ve güvenliğin sağlanması kolaylaşır.

Bankalar ve Finansal Kuruluşlar: Bankalar ve finansal kuruluşlar, müşteri güvenliği ve veri koruması açısından büyük önem taşır. Yüz tanıma sistemleri, banka müşterilerinin kimlik

doğrulama süreçlerinde kullanılır. ATM'lerde veya banka şubelerinde bu sistemler sayesinde müşterilerin yüzleri taranır ve doğrulanır. Bu, sahte kimlik kullanımını engelleyerek finansal güvenliği artırır.

Kamu Binaları ve Özel Tesisler: Kamu binaları, devlet daireleri ve özel tesisler gibi yerlerde güvenlik önemlidir. Yüz tanıma sistemleri, yetkilendirilmiş kişilerin tanınmasını sağlayarak güvenlik risklerini azaltır. Sisteme kaydedilen yetkili kişilerin yüzleri ile gerçek zamanlı olarak karşılaştırma yapılır ve uyumsuzluk durumunda alarm veya uyarı mekanizmaları devreye girer.

Stadyumlar ve Etkinlik Alanları: Büyük etkinliklerde güvenlik önlemleri oldukça önemlidir. Yüz tanıma sistemleri, stadyumlar ve etkinlik alanlarında giriş kontrolü ve izleme amacıyla kullanılır. Bu sistemler, önceden belirlenmiş yüz veri tabanı ile ziyaretçilerin yüzlerini karşılaştırarak yetkilendirme yapar. Bu sayede yetkisiz kişilerin girişleri engellenir ve güvenli bir ortam sağlanır.

Yüz tanıma sistemleri, güvenlik ve erişim kontrolü alanında kullanımının artmasıyla birlikte daha fazla güvenlik sağlama, hızlı kimlik doğrulama ve yetkilendirme süreçlerinin iyileştirilmesi gibi avantajları beraberinde getirir. Bu teknolojinin ilerlemesiyle birlikte güvenlik seviyeleri artacak ve insanların günlük yaşamlarında daha güvenli bir ortam sağlanacaktır.

1.3.2 Biyometrik Kimlik Doğrulama Alanında Avantajları

Yüz tanıma sistemleri, biyometrik kimlik doğrulama alanında büyük öneme sahiptir. Kişinin benzersiz fiziksel özellikleri ve davranışsal özelliklerinin tespiti ile kimlik doğrulama işlemi biyometrik kimlik doğrulama olarak adlandırılmaktadır.. Bu alanda yüz tanıma sistemleri, yüzün benzersiz özelliklerini kullanarak kullanıcıların kimliklerini doğrulamada etkili bir araç olarak kullanılır.

Yüz tanıma sistemlerinin biyometrik kimlik doğrulama alanındaki kullanım alanları şunlardır: **Güvenli Erişim Kontrolü:** Yüz tanıma sistemleri, güvenliğin önemli olduğu yerlerde, örneğin şirketlerde, bankalarda veya hükümet binalarında, erişim kontrolü için kullanılır. Sistem, kaydedilen yüz verilerini kullanarak yetkisiz erişimi engeller ve sadece yetkilendirilmiş kişilere erişim imkanı sağlar. Bu sayede, güvenlik riskleri minimize edilir ve sadece doğrulanmış kişilerin güvenli alanlara girişi sağlanır.

Kimlik Doğrulama ve Kullanıcı Deneyimi: Yüz tanıma sistemleri, kimlik doğrulama işlemlerini hızlandırır ve kullanıcı deneyimini iyileştirir. Kullanıcılar, yüzlerini bir kameraya tutarak kolayca kimliklerini doğrulayabilirler. Bu, parola veya kimlik kartı gibi geleneksel kimlik doğrulama yöntemlerine göre daha hızlı ve kullanıcı dostu bir yöntemdir. Ayrıca, kullanıcıların unutulmuş parolalar veya kaybolan kimlik kartları gibi sorunlarla uğraşması da önlenir.

Dijital Hizmetlerin Güvenliği: Yüz tanıma sistemleri, dijital hizmetlerin güvenliğini artırmak için kullanılır. Örneğin, mobil cihazlarda veya dijital ödeme platformlarında yüz tanıma özelliği, kullanıcıların hesaplarına güvenli bir şekilde erişmelerini sağlar. Bu sayede, hesapların yetkisiz kullanımı ve dolandırıcılık gibi güvenlik riskleri minimize edilir.

Sınır Kontrolü ve Gözetim: Yüz tanıma sistemleri, sınır kontrolü ve gözetim alanında da kullanılır. Sınır geçiş noktalarında veya havaalanlarında, yüz tanıma sistemleri kullanılarak giriş yapan kişilerin kimlikleri doğrulanır ve güvenlik kontrolleri hızlandırılır. Aynı zamanda, toplu taşıma sistemlerinde de yüz tanıma teknolojisi kullanılarak, güvenlik risklerinin tespiti ve suçluların izlenmesi sağlanır.

Yüz tanıma sistemlerinin biyometrik kimlik doğrulama alanındaki kullanımı, güvenliğini artırmanın yanı sıra kullanıcı deneyimini iyileştirir ve iş süreçlerini hızlandırır. Ancak, kullanım alanlarına bağlı olarak, gizlilik ve veri koruması gibi önemli hususlara dikkat edilmesi gerektiğini unutmamak önemlidir [26].

1.3.3 Dijital Deneyimlerin Geliştirilmesi Alanında Avantajları

Yüz tanıma sistemleri, dijital deneyimlerin geliştirilmesi alanında önemli bir rol oynar. Dijital deneyimler, kullanıcıların çevrimiçi platformlarda etkileşimde bulunurken yaşadığı deneyimleri ifade eder. Bu deneyimlerin daha etkili ve kişiselleştirilmiş hale getirilmesi, kullanıcıların marka sadakati ve memnuniyeti açısından önemlidir. Yüz tanıma sistemleri, bu amaçla kullanıcıların deneyimlerini zenginleştirir ve geliştirir [27].

Yüz tanıma sistemlerinin dijital deneyimlerin geliştirilmesi alanındaki kullanım alanları şunlardır:

Kişiselleştirilmiş İçerik Sunumu: Yüz tanıma sistemleri, kullanıcıların yüz özelliklerini analiz ederek, kişiselleştirilmiş içerik sunumunu mümkün kılar. Örneğin, bir e-ticaret

platformunda yüz tanıma sistemleri, kullanıcının cinsiyetini ve yaşını tahmin ederek, ona ilgi duyabileceği ürünleri veya önerileri sunabilir. Bu sayede kullanıcıların deneyimi daha kişiselleştirilmiş ve etkileyici hale gelir.

Etkileşimli Reklamcılık: Yüz tanıma sistemleri, etkileşimli reklamcılıkta kullanılabilir. Kullanıcının yüzünü algılayan sistemler, kullanıcının tepkilerini analiz ederek, reklam içeriğini buna göre ayarlayabilir. Örneğin, bir dijital reklam ekranı, kullanıcının yüz ifadesine göre içeriği değiştirebilir veya etkileşimli oyunlar sunabilir. Bu şekilde reklamlar daha dikkat çekici ve kullanıcıları daha fazla etkileyici hale gelir.

Müşteri Hizmetleri ve Ödeme İşlemleri: Yüz tanıma sistemleri, müşteri hizmetlerinde ve ödeme işlemlerinde kullanılabilir. Bir müşteri hizmetleri uygulamasında, yüz tanıma teknolojisi müşteri tanıma ve kimlik doğrulama süreçlerini kolaylaştırır. Ödeme işlemlerinde ise yüz tanıma sistemi, kullanıcıların ödeme yaparken kimliklerini doğrulamalarına ve güvenli bir şekilde işlem yapmalarına olanak sağlar.

Oyun ve Eğlence: Yüz tanıma sistemleri, oyun ve eğlence sektöründe de kullanılır. Örneğin, bir oyun platformunda yüz tanıma sistemleri, kullanıcının yüz ifadelerini ve hareketlerini takip ederek, oyun deneyimini daha interaktif hale getirebilir. Kullanıcıların gerçek zamanlı olarak yüz ifadelerine göre karakterleri kontrol etmeleri veya oyunda belirli hareketler yapmaları gibi özellikler sunulabilir.

Yüz tanıma sistemlerinin dijital deneyimlerin geliştirilmesi alanındaki kullanımı, kullanıcıların deneyimlerini daha kişiselleştirilmiş, etkileyici ve güvenli hale getirir. Ancak, kullanıcı gizliliği ve veri güvenliği gibi önemli konuların göz önünde bulundurulması gerekmektedir.

1.3.4 Kolluk Kuvvetleri ve Adli İşlemler Alanında Avantajları

Yüz tanıma sistemleri, kolluk kuvvetleri ve adli işlemler alanında önemli bir role sahiptir. Bu sistemler, suçluların tespit edilmesi, kayıp kişilerin bulunması ve adli soruşturmalarda delil toplanması gibi bir dizi kritik görevde kullanılır. Yüz tanıma teknolojisi, yüksek doğruluk oranıyla birlikte kolluk kuvvetlerine ve adli birimlere önemli avantajlar sağlar.

Kolluk kuvvetleri ve adli işlemler açısından yüz tanıma sistemlerinin kullanım alanları şunlardır:

Suçluların Tanınması ve Tespit Edilmesi: Kolluk kuvvetleri, güvenlik kameraları veya diğer yüz tanıma cihazları aracılığıyla suç mahallindeki görüntüleri analiz ederek suçluları tespit edebilir. Bu sistemler, suç işlenen yerlerde kaydedilen yüz verilerini veri tabanıyla karşılaştırır ve potansiyel şüphelileri belirleyebilir. Bu sayede, suç oranlarının azaltılması ve suçluların daha hızlı bir şekilde adaletin önüne çıkarılması sağlanır.

Kayıp Kişilerin Bulunması: Yüz tanıma sistemleri, kayıp kişilerin bulunmasında da etkili bir araçtır. Kolluk kuvvetleri, kayıp kişinin son görüntülerini kullanarak yüz tanıma sistemlerini kullanabilir. Bu sistemler, kayıp kişinin yüzünü diğer güvenlik kameralarında veya kamuya açık alanlarda tespit ederek yerini belirlemeye yardımcı olur. Bu sayede, kayıp kişilerin bulunması süreci hızlanır ve ailelerin endişesi azaltılır.

Delil Toplama ve Adli Soruşturmalar: Adli soruşturmalar sırasında, yüz tanıma sistemleri delil toplama sürecinde önemli bir rol oynar. Güvenlik kameralarından veya diğer kaynaklardan elde edilen yüz görüntüleri, olayın incelenmesi ve şüphelilerin belirlenmesi için kullanılır. Yüz tanıma teknolojisi, diğer delil ve tanık ifadeleriyle birlikte kullanılarak adli soruşturma sürecinin etkinliğini artırır.

Yüz tanıma sistemleri, kolluk kuvvetleri ve adli işlemler açısından büyük önem taşır. Suçların önlenmesi, suçluların tespiti, kayıp kişilerin bulunması ve adli soruşturmaların etkinliği gibi konularda önemli bir yardımcı araç olarak kullanılır. Bu teknoloji, güvenlik güçlerine ve adli birimlere daha hızlı ve etkili bir şekilde hareket etme imkanı sunar, adalet sisteminin işleyişini iyileştirir ve toplum güvenliğine katkıda bulunur.

1.3.5 Eğitim ve Katılım Yönetimi Alanında Avantajları

Yüz tanıma sistemleri, eğitim ve katılım yönetimi alanında kullanılan etkili bir araçtır. Öğrencilerin ve personelin kimlik doğrulamasını kolaylaştırarak güvenliği artırırken, aynı zamanda kayıt süreçlerini hızlandırır ve yönetimi kolaylaştırır. Eğitim kurumları, yüz tanıma sistemlerini öğrenci devam kontrolü, kantin ödemeleri, kütüphane hizmetleri ve sınav güvenliği gibi birçok alanda kullanabilir [28].

Yüz tanıma sistemlerinin eğitim ve katılım yönetimi alanındaki kullanım alanları şunlardır:

Öğrenci Devam Kontrolü: Yüz tanıma sistemleri, öğrenci devam kontrol süreçlerini otomatikleştirir ve güvenliğini artırır. Sınıf girişlerindeki yüz tanıma cihazları, öğrencilerin

yüzlerini tanır ve otomatik olarak devam durumlarını kaydeder. Bu sayede öğretmenler zaman kazanır ve manuel devam kontrolü hatalarının önüne geçilir [29].

Kantin Ödemeleri: Yüz tanıma sistemleri, öğrencilerin kantin alımlarını kolaylaştırır. Öğrencilerin yüzleri, önceden tanımlanmış öğrenci hesaplarıyla ilişkilendirilir ve kantin ödemeleri yüz tanıma cihazlarıyla hızlı bir şekilde gerçekleştirilir. Bu sayede nakit kullanımı azalır, hızlı ve güvenli bir ödeme deneyimi sağlanır.

Kütüphane Hizmetleri: Yüz tanıma sistemleri, kütüphane hizmetlerini iyileştirir ve yönetimini kolaylaştırır. Kullanıcıların yüzleri, kütüphane hesaplarıyla eşleştirilir ve kitap ödünç alma, iade veya rezervasyon gibi işlemler yüz tanıma cihazları aracılığıyla gerçekleştirilir. Bu sayede kütüphane işlemleri daha hızlı ve güvenli bir şekilde yönetilir [30].

Sınav Güvenliği: Yüz tanıma sistemleri, sınav güvenliğini artırmak için kullanılabilir. Öğrencilerin yüzleri, sınav sırasında tanınır ve kimlik doğrulama süreci otomatikleştirilir. Bu sayede kimlik hırsızlığı veya sahtekarlık girişimleri engellenir ve sınav süreci daha güvenli hale gelir.

Yüz tanıma sistemleri, eğitim ve katılım yönetimi alanında kullanıcıların deneyimini iyileştirir, yönetim süreçlerini optimize eder ve güvenliğini artırır. Ancak, kullanıcı gizliliği ve veri güvenliği gibi önemli konuların dikkate alınması gerekmektedir [31].

2. YÜZ TANIMA SİSTEMLERİ METHODLARI

2.1 YÜZ TANIMA SİSTEMLERİNİN TEMEL ADIMLARI

Yüz tanıma proseslerinin doğru bir şekilde tamamlanabilmesi için sıklıkla karşılaşılmış olan ve Bir yüz tanıma sisteminin kullanışlı olmasını sağlayan özelliklerin; hem videolar hem de görüntülerle çalışabilme yeteneği, gerçek zamanlı işleme yeteneği, farklı aydınlatma koşullarında sağlamlık, kişiden bağımsız olma (saç, etnik grup veya cinsiyet fark etmeksizin) ve farklı açılardan yüzleri işleyebilme yeteneği olduğundan bahsedilmektedir [32]. Yüz tanıma sistemlerinde görüntü, video ve biyometrik tanımlamalarına yardımcı olması amacıyla derinlik, ölçü, sıcaklık ve takılabilir gibi farklı türde sensörler kullanılarak veri elde edilir. Ortamın aydınlık ayarlarına duyarlılık, poz ve açı bir yüz tanıma sisteminin güvenilirliğini ve doğruluğunu artıracak başlıca kriterlerdir. İlk grup, görsel boyuta ek bilgi sağlayan ses, derinlik ve EEG sensörleri gibi görsel olmayan sensörlerdir ve tanıma güvenilirliğini artırabilir, örneğin, aydınlatma değişimi ve pozisyon kayması durumunda. İkinci grup, detaylı yüz sensörleri olarak adlandırılır ve göz takibi gibi bir yüz bileşeninin küçük dinamik değişikliklerini algılayabilir, bu da arka plan gürültüsünü ve yüz resimlerini ayırmaya yardımcı olabilir [33].

Sonuncusu, hedef odaklı sensörlerdir, örneğin kızılötesi termal sensörler, yüz tanıma sistemlerinin gereksiz görsel içerikleri filtrelemelerine ve aydınlatma değişimine direnç sağlamalarına yardımcı olabilir.

Yüz tanıma sistemlerinin bir yüzü tespit edebilmesi için oluşturulmuş 3 iş adımı bulunmaktadır.

- a. Yüz Tespitinin Yapılması
- b. Yüz Özelliklerinin Çıkarılması
- c. Yüzün Algılanması ve Tanıma (Şekil 2.1'de gösterildi).

Yüz tespiti adımında öncelikle kameraya yansıyan görüntünün bir insana ait olup olmadığının tespiti yapılmaktadır. Yüz tespit edildikten sonra bu yüze ait açı ve özellikler çıkarılmaktadır. Son olarak, yüz tanıma adımı, insan yüzünden çıkarılan özellikleri

kullanarak, onu tüm şablon yüz veri tabanlarıyla karşılaştırarak insan yüz kimliğini belirlemektedir.



Şekil 2.1: Yüz Tanıma Yapısı.

Yüz Tespiti: Yüz tanıma sistemi, öncelikle belirli bir görüntüdeki insan yüzlerini yerelleştirme ile başlar. Bu adımın amacı, giriş görüntüsünün insan yüzleri içerip içermediğini belirlemektir. Aydınlatma ve yüz ifadesindeki değişkenlikler uygun yüz tespitini engelleyebilir. Daha güçlü bir yüz tanıma sistemi tasarlamak ve onu daha dayanıklı hale getirmek için ön işleme adımları gerçekleştirilir. İnsan yüzü tespit ve yerleştirme için Viola–Jones detektörü [34] yönlü gradyan histogramı (HOG) [35] ve ana bileşen analizi (PCA) [36] gibi birçok teknik kullanılmaktadır. Ayrıca, yüz tespiti adımı, video ve görüntü sınıflandırması, nesne tespiti [37] ilgi bölgesi tespiti [38] gibi amaçlar için de kullanılabilir.

Özellik Çıkarma: Bu adımın başlıca fonksiyonu, tespit adımında bulunan yüz görüntülerinin özelliklerini çıkarmaktır. Bu adım, bir yüzü ağız, burun ve gözlerin geometrik dağılımı gibi belirgin özellikleri tanımlayan bir "imza" adı verilen bir özellik vektör kümesi ile temsil eder [39]. Ağız, gözler veya burnun şeklini çıkarmak için yüz tanımlamak için boyut ve mesafeyi kullanma gibi çeşitli teknikler bulunmaktadır. HOG [40] Eigenface, bağımsız bileşen analizi (ICA), lineer diskriminant analizi (LDA) [41], ölçeğe duyarlı özellik dönüşümü (SIFT) [42], Gabor filtresi, yerel faz kantizasyonu (LPQ) [43], Haar dalgaletti, Fourier dönüşümleri [44] ve yerel ikili desen (LBP) [45] teknikleri, yüz özelliklerini çıkarmak için yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir.

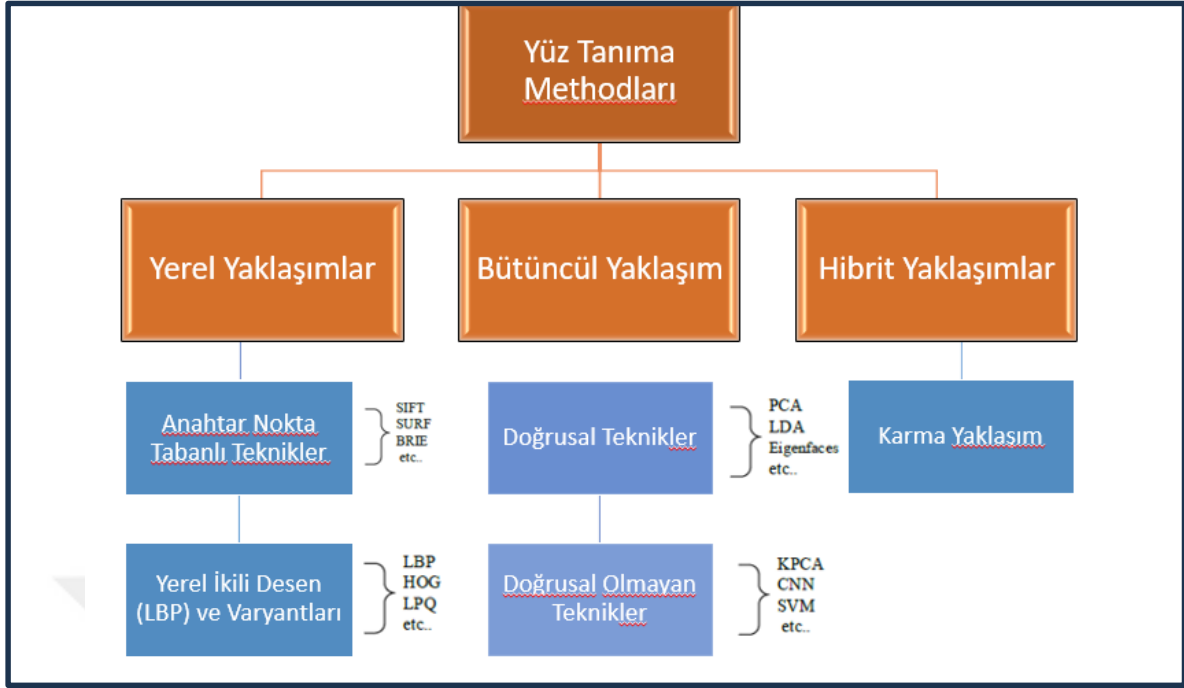
Yüz Tanıma: İlk adımda tespit edilmiş olan yüzün özelliklerinin analizi yapıldıktan sonra elde edilen poz, açı, ölçü, uzaklık, derinlik tespitleri sonrasında elde edilen vektörlere ait kayıt veri tabanında aranır. Hali hazırda kayıt bir yüz ile eşleştirme işlemi gerçekleştirilir.

Bu işlem kendi içinde iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama yüzün tespiti, ikinci aşama yüzün eşleştirilmesidir. Yüzün tespit aşamasında elde edilen yüz özellikleri mevcuttaki yüz tanımlamaları ile karşılaştırılır. Doğrulama adımı ise bir test yüzü, veri tabanındaki bilinen bir yüzle karşılaştırılarak kabul veya reddet kararı alınır [46] ve aynı zamanda k-en yakın komşu (K-NN) [47], bu görevle etkili bir şekilde başa çıkan bilinen yöntemlerdir.

2.2 YÜZ TANIMA SİSTEMLERİNİN SINIFLANDIRILMASI

Göz, iris veya parmak izi tanıma sistemleri gibi diğer biyometrik sistemlerle karşılaştırıldığında, yüz tanıma sistemi en verimli ve güvenilir olanı değildir [48]. Ayrıca, yüz tanıma sistemi, yukarıdaki avantajlara rağmen birçok zorluktan kaynaklanan bir dizi kısıtlamaya sahiptir. Kontrollü ortamlarda tanımanın doygun olduğu bir gerçektir. Bununla birlikte, kontrolsüz ortamlarda, aydınlatma koşullarındaki büyük varyasyonlar, yüz ifadeleri, yaş, dinamik arka plan vb. nedeniyle sorun açık kalmaktadır. Bu derleme makalesinde, kontrol edilen/kontrolsüz ortamlarda önerilen en gelişmiş yüz tanıma tekniklerini gözden geçiriyoruz ve bu sistemleri tespit ve tanıma yöntemlerine göre üç yaklaşıma ayırıyoruz (Şekil 2.2):

(1) Yerel, (2) Bütüncül (altuzay), ve (3) Hibrit Yaklaşımlar. İlk yaklaşım, tüm yüzü dikkate almadan belirli yüz özelliklerine göre sınıflandırılır. İkinci yaklaşım, tüm yüzü giriş verisi olarak kullanır ve ardından küçük bir altuzayda veya korelasyon düzleminde projelendirir. Üçüncü yaklaşım, yüz tanıma doğruluğunu artırmak için yerel ve global özellikleri kullanır.



Şekil 2.2: Yüz Tanıma Yöntemleri. SIFT, Ölçeğe Duyarsız Özellik Dönüşümü; SURF, Ölçeğe Duyarsız Özellik Dönüşümü; BRIEF, İkili Sağlam Bağımsız Temel Özellikler; LBP, Yerel İkili Desen; HOG, Yönlü Gradyan Histogramı; LPQ, Yerel Faz Kantizasyon; PCA, Ana Bileşen Analizi; LDA, Lineer Diskriminant Analizi; KPCA, Çekirdekli Ana Bileşen Analizi; CNN, Evrişimli Sinir Ağı; SVM, Destek Vektör Makinesi.

2.2.1 Yerel Yaklaşımlar

Yüz tanıma bağlamında, yerel yaklaşımlar sadece bazı yüz özelliklerini ele alır. Bu yaklaşımlar genellikle yüz ifadelerine, kapanmalara ve duruşa daha duyarlıdır [49]. Bu yaklaşımların ana hedefi ayırt edici özellikleri keşfetmektir. Genellikle bu yaklaşımlar iki kategoriye ayrılabilir: (1) yerel görünüm tabanlı teknikler, yerel özellikleri çıkarmak için yüz görüntüsünü küçük bölgelere (yamalara) ayıran tekniklerdir. (2) Anahtar nokta tabanlı teknikler, yüz görüntüsündeki ilgi noktalarını tespit etmek ve bu noktalarda bulunan özellikleri çıkarmak için kullanılır.

Yerel Görünüm Tabanlı Teknikler, geometrik bir tekniktir ve aynı zamanda özellik veya analitik teknik olarak adlandırılır. Yerel görünüm tabanlı teknikler yüzde bulunan ayırt edici alanlara gölgeleme yönetimiyle odaklanır. Bu tespitler yapılırken yüzdeki ana bileşenlere odaklanılarak göz hizası, burun yapısı, ağız şekli gibi bölgelere odaklanılarak ayırtı üretmeye odaklanır. Ayrıca, yüzün doğal bir form olarak özelliklerini tanımlamak ve kullanmak için az sayıda parametreyi kullanma özelliklerini dikkate alır. Bunlar aynı

zamanda piksel yönlendirmeleri, histogramlar [50], geometrik özellikler ve korelasyon düzlemleri [51], kullanarak yerel özellikleri tanımlar.

$$G(x, y) = \sqrt{G_x(x, y)^2 + G_y(x, y)^2} \quad (2.1)$$

2.2.1.1 Anahtar nokta tabanlı teknikler

Anahtar nokta tabanlı teknikler, yüzeyin geometrik bilgilerine dayanarak belirli geometrik özellikleri tespit etmek için kullanılır (örneğin, gözler arasındaki mesafe, başın genişliği). Bu teknikler, anahtar nokta tespiti ve özellik çıkarma olmak üzere iki önemli adımdan oluşabilir [52]. İlk adım, yüz görüntüsünün anahtar nokta özelliklerinin algılayıcılarının performansına odaklanır. İkinci adım, yüz görüntüsünün anahtar nokta özellikleri ile taşınan bilgilerin temsiline odaklanır. Bu teknikler, eksik parçaları ve örtmeleri çözebilir, ancak özellikle yüz görüntüsünün özelliğini tanımlamak için geniş bir şekilde kullanılan ölçek invariant feature transform (SIFT), binary robust independent elementary features (BRIEF) ve speeded-up robust features (SURF) teknikleri bulunmaktadır.

Scale Invariant Feature Transform (SIFT) [53]: SIFT, bir görüntünün yerel özelliklerini tespit etmek ve tanımlamak için kullanılan bir algoritmadır. Bu algoritma, iki görüntüyü birbirine bağlamak için genellikle kullanılır. SIFT tanımlayıcıları, bu iki görüntü arasında eşleme yapmak için bilgi içeren yerel tanımlayıcılardır. SIFT tanımlayıcısının temel fikri, görüntüyü ilgi noktalarının oluşturduğu bir temsile dönüştürmektir. Bu noktalar, yüz görüntüsünün karakteristik bilgisini içerir. SIFT, ölçek ve rotasyona karşı dönerlilik sağlar. Günümüzde yaygın olarak kullanılmakta ve hızlı olması nedeniyle gerçek zamanlı uygulamalarda esastır, ancak kritik noktaların eşleme süresi dezavantajlarından biridir. SIFT tanımlayıcı tabanlı anahtar noktaları tespit etmek için bir çerçeve, L. Lenc ve ekibi [54], tarafından önerilmiştir. Bu çerçeve, yüz tanıma için SIFT tekniğini Kepenekci yaklaşımı ile birleştirir.

Speeded-Up Robust Features (SURF) [55]: SURF tekniği, SIFT'ten esinlenmiştir, ancak daha iyi performans elde etmek için wavelet ve Hessian determinantın bir yaklaşımını kullanır. SURF, SIFT tanımlayıcısı ile karşılaştırıldığında tekrarlanabilirlik, ayırt edilebilirlik ve sağlamlık açısından aynı veya daha iyi sonuçlar elde ettiğini iddia eden bir

algılayıcı ve tanımlayıcıdır. SURF'ün temel avantajı, SIFT tanımlayıcısı tarafından kullanılan süreden daha az olan yürütme süresidir."

Aydınlatma koşulları, ölçek değişiklikleri, rotasyondan etkilenen yüzleri SIFT tanımlayıcısı daha iyi tespit eder [56]. SURF, işlemci zamanını dramatik bir şekilde azaltmak ve özellik noktalarını tespit etmek için, integral görüntüler kullanarak Hessian matrisinin bir yaklaşımının maksimumunu bulmaya çalışır. Şekil 7, AR yüz veri setleri kullanılarak yüz tanıma için SURF tanımlayıcısının bir örneğini göstermektedir [57].

Binary Robust Independent Elementary Features (BRIEF) [58]: BRIEF, hesaplaması hızlı ve basit olan bir ikili tanımlayıcıdır. Bu tanımlayıcı, piksel yoğunluğundaki farklara dayanır ve değerlendirme açısından binary robust invariant scalable (BRISK) ve fast retina keypoint (FREAK) gibi ikili tanımlayıcılar ailesine benzer. Gürültüyü azaltmak için, BRIEF tanımlayıcısı görüntü yamalarını yumuşatır. Sonrasında piksel yoğunluğundaki farklar tanımlayıcıyı temsil etmek için kullanılır. Bu tanımlayıcı, desen tanıma alanında en iyi performansı ve doğruluğu elde etmiştir.

Fast Retina Keypoint (FREAK) [59]: Alahi ve diğerleri tarafından önerilen FREAK tanımlayıcısı, bir retinal örnekleme dairesel ızgarayı kullanır. Bu tanımlayıcı, Şekil 8'de gösterilen retinal alıcı alanlarına dayanan 43 örnekleme deseni kullanır. İkili bir tanımlayıcı çıkarmak için, bu 43 alıcı alanı bin potansiyel çiftin merkezine olan uzaklıktan azalan faktörlere göre örneklenir. Her çift, Gauss fonksiyonları ile yumuşatılır. Sonunda, ikili tanımlayıcılar bir eşik belirleyerek ve çiftler arasındaki farkların işaretini dikkate alarak temsil edilir.



Şekil 2.3: Hızlandırılmış Sağlam Özelliklere (SURF) Dayalı Yüz Tanıma Sistemi.

Personel Detay Bilgileri

Vazgeç Kaydet

Sicil No		Çalışma Yeri	ERGOSIS - İSTANBUL
Adı		İşletme	ERGOSIS - İSTANBUL
Soyadı		Bölüm	ERGOSIS - YAZILIM
Telefon		Maliyet Merkezi	01.02.15.000
Cep Numarası			

Genel Özel Alanlar HES Kodu Kart ve Yetkiler Kart Basım Sosyal Yardım Hikvision Akıllı Yüz Plaka Tanıma

Cihaz seçin: ofis-kantin

Cihazdan Yüz Tanıma

Klasörden Yüz Tanıma

Cihazdan Parmak İzi Tanıma

HK Admin: ☐

Yüz Kaydı Alın

Yüz Kaydı

Şekil 2.4: Yüz Kayıt İşlemi

2.2.1.2 Yerel ikili desen (LBP) ve varyantları

Yerel İkili Desen (LBP) ve Varyantları: LBP, herhangi bir nesneden özellik çıkarmak için kullanılan kapsamlı bir genel dokusu tekniğidir [60]. Yüz tanıma, yüz ifadesi tanıma, dokuların segmentasyonu ve dokuların sınıflandırılması gibi birçok uygulamada geniş bir performans sergilemiştir. LBP tekniği, yüz görüntüsünü uzamsal dizilimlere böler. Sonra, her dizilim karesi içinde bir 3 * 3 piksel matris (p1....p8), kare üzerinde haritalanır. Bu matrisin pikselleri, merkezi pikselin değeriyle bir eşik olarak kullanılır (yani, eşikleme için merkezi pikselin yoğunluk değerini referans olarak kullanır). Bir komşu pikselin değeri, merkezi piksel değerinden düşükse, sıfır alır; aksi takdirde bir alır. Binary kod, yerel dokuya dair bilgiler içerir. Son olarak, her dizilim karesi için bu kodların bir histogramı oluşturulur ve histogramlar, özellik vektörünü oluşturmak için birleştirilir. LBP, Şekil (1)'de gösterildiği gibi 3x3 boyutundaki bir matris içinde tanımlanmıştır.

$$\left(LBP = \sum_{p=1}^8 2^p s(i_0 - i_p) , \text{ with } s(x) = \begin{pmatrix} 1 & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{pmatrix} \right) \quad (2.2)$$

Yüz tanıma alanında LBP (Yerel İkili Desen) tekniği önemli bir yer tutmaktadır. LBP, bir görüntünün merkez pikseli ile komşu piksellerin yoğunluk değerlerini kullanarak çalışır. Şekil 3, LBP tekniğinin işlem adımlarını göstermektedir. Bu tekniği temel alan birçok çalışma bulunmaktadır.

Khoi ve ekibi, LBP, lokal ikili desen piramidi (PLBP) ve döndürme invariant lokal ikili desen (RI-LBP) temelli hızlı bir yüz tanıma sistemi önermiştir. Xi ve ekibi [61], hiyerarşik temsiller çıkarmak için lokal ikili desen ağı (LBPNet) adlı yeni bir gözetimsiz derin öğrenme tabanlı bir teknik sunmuştur. LBPNet, evrişimli sinir ağı (CNN) ile aynı topolojiyi korumaktadır ve LFW ve FERET gibi kamu veritabanları üzerinde elde edilen deneysel sonuçlar, LBPNet'in diğer gözetimsiz tekniklere kıyasla benzer performansa sahip olduğunu göstermektedir.

Laure ve ekibi [62] ifade, aydınlatma ve farklı pozlar gibi parametrelerin büyük varyasyonları ile ilgili yüz tanıma sorunlarını çözmeye yardımcı olan bir yöntem geliştirmişlerdir. Bu yöntem, LBP ve K-NN tekniklerine dayanmaktadır ve hedef görüntünün dönüşüne karşı invariant olması nedeniyle yüz tanıma için önemli bir teknik haline gelmiştir.

Bonnen ve ekibi, LBP tekniğinin bir varyantı olan "çok ölçekli lokal ikili desen (MLBP)"i önermiştir. Diğer bir LBP genişletmesi olan lokal üçlü desen (LTP) tekniği, orijinal LBP tekniğinden daha az gürültüye duyarlıdır ve komşu pikseller ile merkezi piksel arasındaki farkları hesaplamak için üç adım kullanır.

Hussain ve ekibi, yüz temsilini sağlamak için lokal nicemli desen (LQP) tekniğini geliştirmişlerdir. LQP, aydınlatma koşullarına karşı içsel dirence sahip olan lokal desen özelliklerinin genelleştirmesi olarak kullanılır. LQP özellikleri, pikselleri yerel komşuluktan örnek almak ve ternary split kodlama kullanarak ikili kod çifti elde etmek için disk düzenini kullanır. Bu kodlar, ayrı öğrenilmiş kod kitapları kullanılarak nicemlenir.

Yöntemlerin Genel Bir Bakış:

Yerel İkili Desen (LBP): Görüntüyü bölgesel dizilimlere ayırarak çalışan ve bu bölgelerdeki piksellerin yoğunluk değerlerini kullanarak özellik çıkaran bir tekniktir. LBP, özellikle yüz tanıma, yüz ifadesi tanıma, dokuların segmentasyonu ve sınıflandırılması gibi birçok uygulamada etkili bir performans sergilemiştir.

HOG (Yönlü Gradyanların Histogramı): Şekil ve kenar açıklamaları için kullanılan en iyi tanımlayıcılardan biridir. Yüz şeklini, kenar yönlendirmesi veya ışık yoğunluğu gradyanı dağılımını kullanarak açıklar. Bu teknik, yüz görüntüsünü hücrelere (küçük bölgeler) böler, her hücre için bir piksel kenar yönlendirmesi veya yönlendirme gradyanı histogramı oluşturur ve nihayet tüm hücrelerin histogramlarını birleştirerek yüz görüntüsünün özelliğini çıkarır.

Bu yöntemler, yüz tanıma alanında başarılı sonuçlar elde etmek için farklı yaklaşımları temsil etmektedir.

$$G_x(x, y) = I(x + 1, y) - I(x - 1, y)$$

$$G_y(x, y) = I(x, y + 1) - I(x, y - 1) \quad (2.3)$$

Görüntü işleme alanında, bir pikselin (x, y) değeri $I(x, y)$ olarak ifade edilirken, $G_x(x, y)$ ve $G_y(x, y)$ sırasıyla yatay ve dikey gradyan büyüklüklerini temsil eder. Bu gradyanların büyüklükleri ve her pikselin (x, y) yönlendirmesi aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$G(x, y) = \sqrt{G_x(x, y)^2 + G_y(x, y)^2},$$

$$\theta(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{G_y(x, y)}{G_x(x, y)} \right).$$
(2.4)

Bu formüller, her bir pikselin gradyan büyüklüğünü ve yönlendirmesini belirlemek için kullanılır.

Görüntü tabanlı yüz tanıma sistemlerinde, gradyan büyüklükleri ve yönlendirmeleri hücrelerde dokuz kaba aralığa bölünerek tri-linear interpolasyon kullanılarak oylanır. Bu hücrelerin histogramları, piksel tabanlı yönlendirme gradyanlarına dayalı olarak oluşturulur ve nihayetinde tüm hücrelerin histogramları birleştirilerek yüz görüntüsünün özellikleri çıkarılır. Karaaba ve ekibi, farklı histogramları birleştirmek için "multi-HOG" adlı güçlü bir yüz tanıma sistemi önermiştir.

Arigbabu ve ekibi, Laplacian filtresi ve piramit gradyan histogramı (PHOG) tanımlayıcısı kullanarak öne çıkan bir yüz tanıma sistemi önermiştir. Ayrıca, yüz tanıma sorununu incelemek için destek vektör makinesi (SVM) farklı çekirdek fonksiyonlarıyla kullanılmıştır.

Korelasyon Filtreleri: Korelasyon filtrelerine dayalı yüz tanıma sistemleri, sağlamlık, konum doğruluğu, verimlilik ve ayırım açısından iyi sonuçlar vermiştir. Optik korelatörün ilk kullanımından bu yana, bu teknikler yüksek ayırım yeteneği, istenen gürültü direnci, kayma invariantlığı ve doğal paralelizme sahip olmaları nedeniyle yüz tanıma alanında büyük ilgi görmüştür.

Korelasyon Filtreleri Çeşitleri: VanderLugt korelatörü (VLC) ve ortak dönüşüm korelatörü (JTC) gibi birçok optoelektronik hibrit çözüm önerilmiştir. Bu teknikler, hedef ve referans görüntüler arasındaki benzerlik derecesini hesaplamayı amaçlar. Karar, bir korelasyon tepe noktasının tespitiyle alınır. Her iki teknik de "4 f" optik yapıya dayanmaktadır.

$$C = FFT^{-1}\{S^*oPOF\}$$
(2.5)

Phase-Only Filter (POF): Korelasyon sürecini iyileştirmek için, Horner ve Gianino, POF adlı bir filtre önermiştir. POF filtresi, geliştirilmiş ayırım yeteneğine sahip korelasyon tepe noktalarını işaretleyebilen bir filtre olarak tanımlanır.

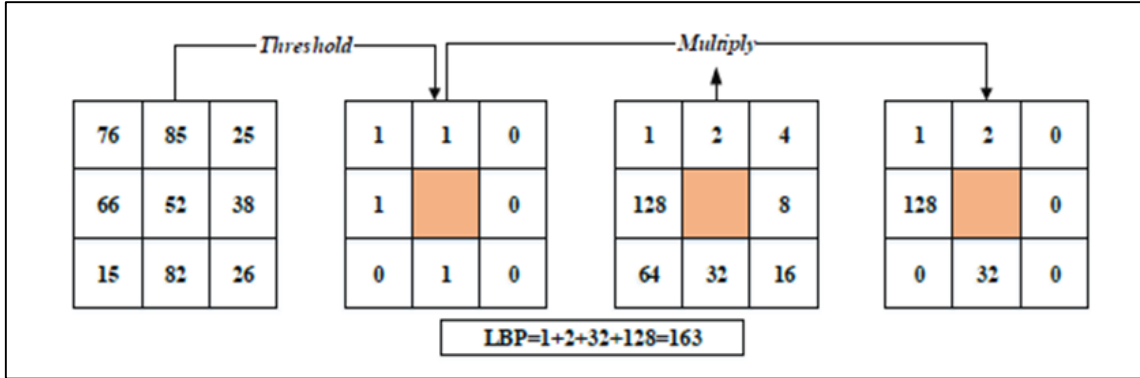
$$H_{pof}(u, v) = \frac{s^*(u, v)}{|s(u, v)|^1} \quad (2.6)$$

Bu korelasyon teknikleri, yüz tanıma alanında tanıma ve kimliklendirme uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu teknikler, yüksek performans sergileyen özelleştirilmiş filtreler içerir ve farklı ışık koşulları altında yüzleri yeniden oluşturabilen optimize edilmiş 3D modelleme tabanlı bir tanıma sistemini içerir.

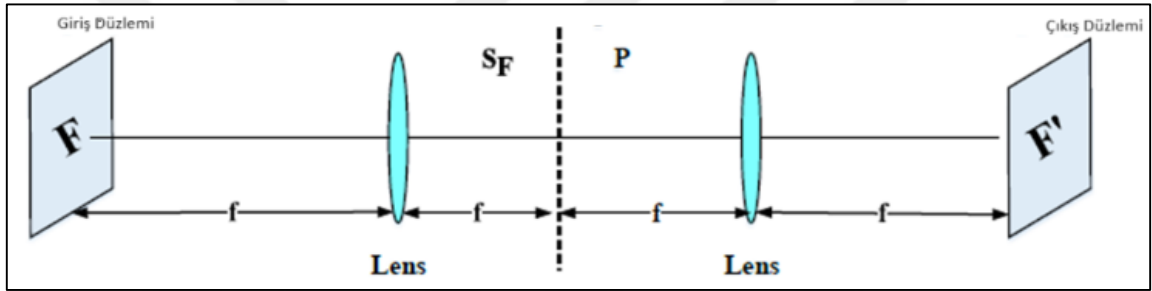
$$PCE = \frac{\sum_{i,j}^N E_{peak}(i, j)}{\sum_{i,j}^M E_{correlation-plane}(i, j)^1} \quad (2.7)$$

bir korelasyon düzlemi ve zirve korelasyon noktasının boyutları hakkında bilgiler içeriyor. i, j katsayı koordinatları; M ve N sırasıyla korelasyon düzleminin boyutu ve zirve korelasyon noktasının boyutu; E_{peak} , korelasyon zirvelerindeki enerji; $E_{correlation-plane}$ ise korelasyon düzleminin genel enerjisidir. Korelasyon teknikleri geniş bir şekilde tanıma ve tanı uygulamalarında kullanılır. Örneğin, çalışmada, yazarlar Nvidia Geforce 8400 GS GPU kullanarak "4f" konfigürasyonuna dayalı VLC tekniğinin etkinlik performanslarını sunmuşlardır. Karar için POF filtresi kullanılmıştır. Bu araştırma alanındaki önemli başka bir çalışma, Leonard ve ekibi tarafından sunulmuştur ve yüz tanıma alanındaki korelasyon filtrelerinin iyi performansını ve basitliğini sunmuştur. Ayrıca, döndürmeye, ölçeklendirmeye ve gürültüye olan duyarlılığına dayanarak en iyi filtre seçimi için POF, BPOF, Ad, IF ve benzeri birçok özel filtre kullanılmaktadır. Napoléon ve ekibi., farklı aydınlatma koşullarında optimize edilmiş bir 3D modelleme temelinde tanımlama ve doğrulama alanları için yeni bir sistem sunmuştur. Bu, farklı pozlarda yüzleri yeniden oluşturmayı sağlar. Özellikle, sentetik modeli deforme etmek için yüzde bir dizi ana noktayı tespit etmek için bir aktif şekil modeli, Şekil 6'da önerilmiştir. VanderLugt korelatörü tanımlama işlemini gerçekleştirmek için önerilmekte ve LBP tanımlayıcısı, farklı aydınlatma koşulları altında bir korelasyon tekniğinin performansını optimize etmek için

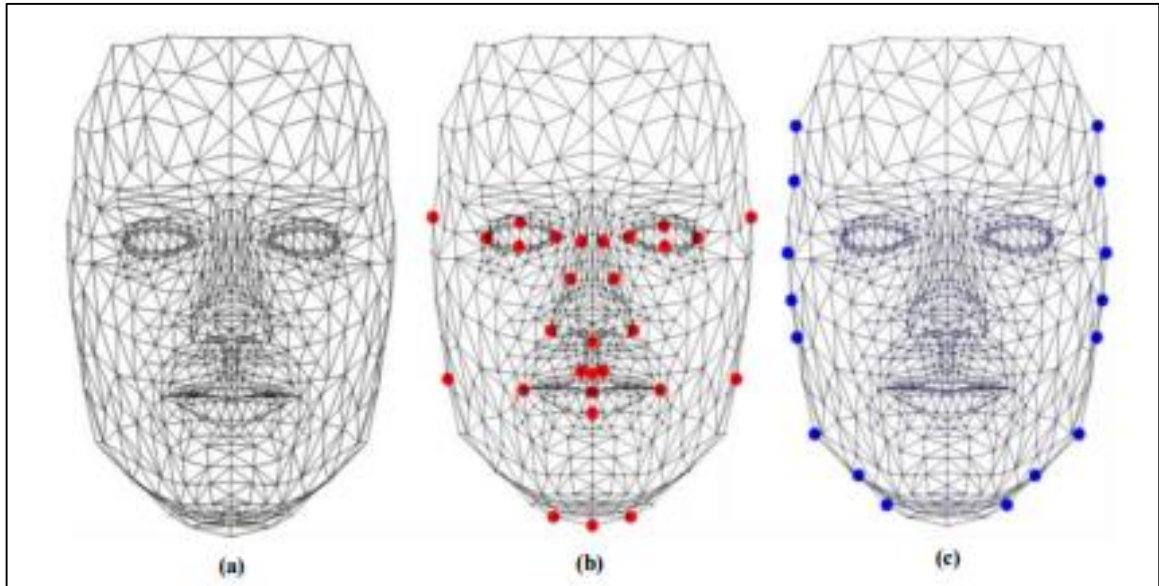
kullanılmaktadır. Deneyler, Pointing Head Pose Image Database (PHPID) veri tabanında -30 dereceden +30 dereceye kadar değişen bir yükseklikte gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.5: Yerel İkili Model (LBP) Tanımlayıcısı [62]



Şekil 2.6: Tüm Optik Konfigürasyonlar [62]



Şekil 2.7: Bir Kişinin 3 Boyutlu Yüzünün Oluşturulması [62]

2.2.2 Bütünsel Yaklaşım

Bütünsel veya alt-uzay yaklaşımları, tüm yüzü işlemesi beklenen yaklaşımlardır, yani yüz bölgelerini veya özellik noktalarını (gözler, ağız, burun vb.) çıkarmayı gerektirmezler. Bu yaklaşımların temel işlevi, yüz görüntüsünü bir piksel matrisiyle temsil etmektir ve bu matris genellikle işlemlerini kolaylaştırmak için özellik vektörlerine dönüştürülür. Daha sonra, bu özellik vektörleri düşük boyutlu bir uzaya uygulanır. Ancak, bütünsel veya alt-uzay teknikleri, değişkenlere (yüz ifadeleri, aydınlatma ve pozlar) duyarlıdır ve bu avantajlar, bu yaklaşımların yaygın bir şekilde kullanılmasını sağlar. Ayrıca, bu yaklaşımlar, alt-uzayı temsil etmek için kullanılan yöntemle bağlı olarak lineer ve lineer olmayan tekniklere ayrılabilir [63].

2.2.2.1 Doğrusal teknikler

Yüz tanıma sistemlerinde kullanılan en popüler lineer teknikler, Eigenfaces (temel bileşen analizi; PCA) tekniği, Fisherfaces (lineer ayırt edici analiz; LDA) tekniği ve bağımsız bileşen analizi (ICA) tekniğidir.

Eigenface ve temel bileşen analizi (PCA) [64]: Eigenfaces, yüz görüntüsünün özellik noktalarını çıkarmak için kullanılan bütünsel yaklaşımların popüler yöntemlerinden biridir. Bu yaklaşım, temel bileşen analizi (PCA) tekniğine dayanır. PCA tekniği tarafından oluşturulan temel bileşenler, Eigenfaces veya yüz şablonları olarak kullanılır. PCA tekniği, olası bir şekilde ilişkili değişkenleri "temel bileşenler" olarak adlandırılan az sayıda yanlış değişkene dönüştürür. PCA'nın amacı, veri uzayının (gözlemlenen değişkenler) büyük boyutunu ekonomik bir şekilde tanımlamak için gereken bağımsız değişkenlerin daha küçük içsel boyutlu uzayına indirgemektir. Şekil 7, yüzün nasıl az sayıda özellik ile temsil edilebileceğini göstermektedir. PCA, kovaryans matrisinin özvektörlerini hesaplar ve orijinal veriyi büyük özdeğerlere sahip özvektörler tarafından tanımlanan daha düşük boyutlu bir özellik uzayına yansıtır. PCA, yüz temsili ve tanınmasında kullanılmış, hesaplanan özvektörlere Eigenfaces adı verilmiştir (Şekil 10'da gösterildiği gibi). Bir görüntü aynı zamanda $M \times N$ boyutlu bir vektör olarak da düşünülebilir, böylece tipik bir 4×4 boyutlu bir görüntü, 16 boyutlu bir vektör haline gelir. Eğitim seti görüntülerinin $X_1, X_2, X_3, \dots, X_N$ olduğunu varsayalım. Küme ortalaması şu şekilde tanımlanır:

$$\left(X = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \right) \quad (2.8)$$

Ortalama vektöre bağlı tüm özellik vektörlerinin saçılma derecesini temsil etmek üzere tahmini kovaryans matrisini hesaplayın. Kovaryans matrisi Q aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$\left(Q = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x - x_i)(x - x_i)^T \right) \quad (2.9)$$

Eigenvektörler ve ilgili özdeğerler şu şekilde hesaplanır:

$$CV = \lambda V, (V_e R_{\Pi^1} V \neq 0) \quad (2.10)$$

burada V özdeğer matrisi Q ile ilişkilendirilmiş olan özdeğer λ 'ya sahip kümesini temsil eder. İlgili Eigen-alt uzaya tüm eğitim görüntülerini yansıtın:

$$y_k^i = w^T(x_i), \quad (i = 1, 2, 3, \dots N) \quad (2.11)$$

Burada projeksiyonlarıdır ve bunlara 'bağımsız bileşenler' denir, aynı zamanda 'eigenfaces' olarak da bilinir. Yüz görüntüleri, bu vektörlerin 'bağımsız bileşenleri' olarak adlandırılan bu vektörlerin lineer bir kombinasyonu olarak temsil edilir. Yüz özelliklerini çıkarmak için, PCA ve LDA kullanılan iki farklı özellik çıkarma algoritmasıdır. Yüz özelliklerini sınıflandırmak için wavelet birleştirme ve sinir ağları uygulanır. Değerlendirme için ORL veritabanı kullanılmıştır. Şekil 10, ORL veritabanından oluşturulan ilk beş Eigenfaces'i göstermektedir [65].

Fisherface ve lineer ayırt edici analiz (LDA) [66]: Fisherface yöntemi, Eigenfaces yöntemiyle aynı benzerlik prensibine dayanır. Bu yöntemin amacı, PCA tekniği yerine lineer ayırt edici analiz (LDA) tekniği kullanarak yüksek boyutlu görüntü uzayını azaltmaktır. LDA tekniği genellikle boyut azaltma ve yüz tanıma için kullanılır. PCA unsupervised (denetimsiz) bir tekniktir, LDA ise bir denetimli öğrenme tekniğidir ve veri bilgisini kullanır. Tüm sınıfların tüm örnekleri için, within-class scatter matrisi SW ve between-class scatter matrisi SB şu şekilde tanımlanır:

$$S_B = \sum_{I=1}^C M_i (x_i - \mu)(x_i - \mu)^T$$

$$S_W = \sum_{I=1}^C \sum_{x_k \in x_i} M(x_k - \mu)(x_k - \mu)^T \quad (2.13)$$

Bağımsız Bileşen Analizi (ICA) [67]: ICA tekniği, verilen bir uzayın temel vektörlerini hesaplamak için kullanılır. Bu teknik, farklı temel vektörler arasındaki istatistiksel bağımlılığı azaltmak amacıyla bir lineer dönüşüm gerçekleştirmek için tasarlanmıştır, bu da bağımsız bileşenlerin analizine izin verir. Bu bileşenlerin birbirine dik olmadığı belirlenir. Ayrıca, farklı kaynaklardan gelen görüntülerin, birbirleriyle ilişkisiz değişkenler içinde elde edilmesi amaçlanır, bu da ICA'nın istatistiksel olarak bağımsız değişkenler içinde görüntü edinmesini sağlar.

PCA, LDA ve ICA Tekniklerinin İyileştirmeleri: Lineer alt uzay tekniklerini iyileştirmek için birçok araştırma türü geliştirilmiştir. Z. Cui ve ekibi [68]. yüz bölgesini çıkarmak ve gürültü varyasyonu ile başa çıkmak için yeni bir mekansal yüz bölgesi tanımlayıcı (SFRD) yöntemi önerdi. Bu yöntem şu şekilde açıklanmaktadır: Her yüz görüntüsünü birçok mekansal bölgeye bölmek ve her bölgedeki yamalar içindeki yeniden yapılandırma katsayılarını toplayarak her bölgeden token-frekans (TF) özelliklerini çıkarmak. Son olarak, PCA tekniğinin bir varyantı olan "whitened principal component analysis (WPCA)" kullanarak özellik boyutunu azaltmak ve öncü özvektörlerdeki gürültüyü kaldırmak için yüz görüntüleri için SFRD çıkarmak. Ayrıca, Prince, S.; Li, P.; Fu, Y.; Mohammed, U.; Elder, J. Probabilistic adlı yazarlar, discriminability'yi maksimize eden ve bu nedenle hem yüz tanıma hem de değişen poz altında ön yüz tanıma için en uygun olan probabilistic linear discriminant analysis (PLDA) adlı bir LDA varyantını önerdi.

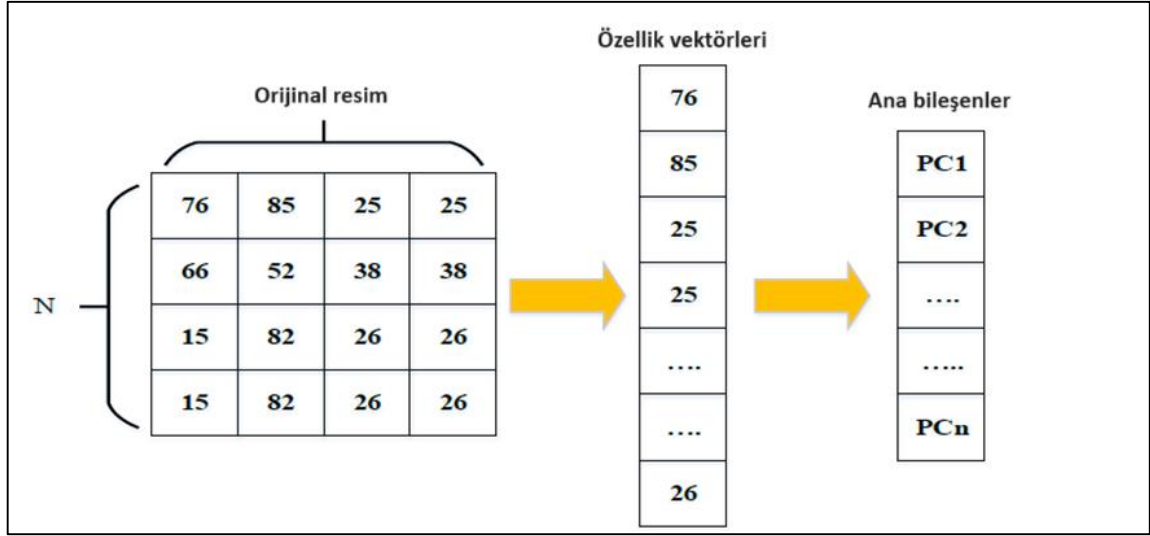
Gabor Filtreleri: Gabor filtreleri, frekanslarını, yönelimlerini ve ölçeklerini seçerek görüntülerden özellik çıkarmak için izin veren bir Gauss penceresi tarafından belirlenen mekansal sinüzoidlerdir. Yüz tanıma için kısıtlı olmayan ortamlarda performansı artırmak için Gabor filtreleri, şekil ve pozlarına göre dönüştürülür ve özellik vektörlerini elde etmek

için PCA ile birleştirilir [69]. PCA, Gabor özelliklerine uygulanır ve düşük boyutlu bir uzaya implemente edilir veya alt uzay teknikleri olarak kullanılır.

Frekans alanı analizi: Son olarak, frekans alanındaki analiz teknikleri, insan yüzünü düşük frekans bileşenlerinin yüksek enerjiyi temsil ettiği bir fonksiyon olarak sunar. Kesikli Fourier dönüşümü (DFT), kesikli kosinüs dönüşümü (DCT) veya kesikli dalgalet dönüşümü (DWT) teknikleri veriden bağımsızdır ve dolayısıyla eğitim gerektirmez.

Kesikli dalgalet dönüşümü (DWT): Yüz tanıma için kullanılan başka bir lineer teknik [70]. çalışmada, yazarlar yüz tanıma için yeni bir yama stratejisi kullanarak iki boyutlu kesikli dalgalet dönüşümü (2B-DWT) yöntemini kullandılar. 2B-DWT'nin en üst düzey düşük frekanslı alt bantı için bir eşitsiz yama stratejisi, tüm eğitim örneklerinin ortalama görüntüsüne dayalı olarak iki üst düzey yüksek frekanslı alt bant için bir integral yansıma tekniği kullanılarak önerilir. Bu yama stratejisi, yerel bilginin bütünlüğünü korumak için daha iyidir ve yüz görüntüsünün yapısal özelliğini daha iyi yansıtır. Test ve eğitim örneklerini kullanarak yama stratejisi oluşturulurken, karar, komşu sınıflandırıcı kullanılarak gerçekleştirilir. Bu yöntemi değerlendirmek için Labeled Faces in Wild (LFW), Extended Yale B, Face Recognition Technology (FERET) ve AR dahil olmak üzere birçok veritabanı kullanılmıştır.

Kesikli kosinüs dönüşümü (DCT), global ve yerel yüz tanıma sistemleri için kullanılabilir. DCT, farklı frekansta salınan bir dizi kosinüs fonksiyonunun toplamı olarak sonlu bir veri dizisini temsil eden bir dönüşümdür. Bu teknik, yüz tanıma sistemlerinde geniş bir şekilde kullanılmaktadır, ses ve görüntü sıkıştırmasından sayısal diferansiyel denklemlerin spektral yöntemlerine kadar [71] DCT tekniğini uygulamak için gereken adımlar aşağıda sunulmuştur.



Şekil 2.8: Yüz Tanıma Yapısı. (PCA) [71]



Şekil 2.9: Veri Tabanında Oluşturulan İlk 5 Eigenfaces.



Şekil 2.10: Veri Tabanında Oluşturulan İlk 5 Fisherfaces.

Nanoteknoloji ile Geliştirilmiş Lensler ve Bilgisayar Yardımlı Derin Yüz Tanıma Sistemi ile Eigenfaces yönetime kullanılarak algılanan görsellerin performansları artırılmakta ve maksimum verim elde edilmektedir.

- i. Nanoteknoloji ile Geliştirilmiş Lensler: Nanoteknoloji, lenslerin performansını belirgin şekilde artırabilir. Nano boyutlu yapılar kullanılarak tasarlanan nanolensler, ışığın etkileşimini hassas bir şekilde kontrol eder ve böylece daha yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edilmesini sağlar. Bu, yüz tanıma sistemlerinin daha

ayrıntılı görüntüler üzerinden yüzleri tanımasını mümkün kılar. Örneğin, bir araştırmada, geleneksel nokta projektör sistemlerinin yerine düşük güçlü bir lazer ve düz bir gallium arsenid yüzeyi kullanılarak, cihazın boyutu ve enerji tüketimi önemli ölçüde azaltılmıştır [82].

- ii. Bilgisayar Yardımlı Derin Yüz Tanıma Sistemi: Yapay zeka algoritmalarının entegre edildiği yüz tanıma sistemleri, her kullanımda öğrenme yetenekleri kazanarak ve kendilerini geliştirerek zaman içinde daha akıllı hale gelir. Derin öğrenme teknikleri, büyük veri kümelerinden yararlanarak yüz özelliklerini tanımlama ve kodlama süreçlerini gerçekleştirir. Örneğin, derin evrişimli sinir ağları (DCNN), yüz özelliklerini ayıklama ve yüzleri etkin bir şekilde karşılaştırma amacıyla kullanılır. Bu sistemler, yeni yüzleri işleyerek ve tanıdığı kişilerin tahminlerini iyileştirerek sürekli olarak öğrenme kabiliyetine sahiptirler [82].



Şekil 2.11: Veri Tabanına Eklenen Görseller

Yüz tanıma alanında doğrusallığı yönetme konusundaki kısıtlamaları nedeniyle, altuzay veya bütünsel teknikler, yüz görüntülerinin geometrik çeşitliliğinin tam detaylarını temsil etmek için uygun değildir. Veri yapıları doğrusal olduğunda, lineer teknikler yüz görüntülerini sadık bir şekilde tanımlar. Ancak, yüz görüntüleri veri yapıları doğrusal olmadığında, birçok araştırma türü, sorunun doğrusal hale geldiği geniş bir alan oluşturmak için "çekirdek" adı verilen bir fonksiyon kullanır.

2.2.2.2 Doğrusal olmayan teknikler

Çekirdek PCA (KPCA) [72]: PCA'nın geliştirilmiş bir yöntemidir ve çekirdek yöntem tekniklerini kullanır. KPCA, özdeğer yüzlerini veya çekirdek matrisinin özvektörlerini hesaplar, PCA ise kovaryans matrisini hesaplar. Ayrıca, KPCA, ilişkili çekirdek işlevi tarafından eşlenen yüksek boyutlu özellik uzayında PCA tekniğinin bir temsidir. KPCA algoritmasının üç önemli adımı, n veri noktasından oluşan dağılımın çekirdek matrisi K 'nın fonksiyonunu hesaplamak için kullanılır, ardından veri noktaları yüksek boyutlu özellik uzayı F 'ye eşlenir, Algoritma 2'de gösterildiği gibi.

KPCA tekniğinin performansı, çekirdek matrisi K 'nın seçimine bağlıdır. Genellikle kullanılan lineer çekirdekler arasında Gauss veya polinom çekirdekleri bulunur. KPCA, yenilik algılama veya konuşma tanıma için başarıyla kullanılmıştır.

Çekirdek lineer diskriminant analizi (KDA) [73]: KLDA tekniği, doğrusal LDA tekniğinin bir çekirdek genişlemesidir ve PCA'nın aynı çekirdek genişlemesidir. Arashloo ve ekibi (2017), spektral regresyon çekirdek diskriminant analizine dayalı olarak doğrusal olmayan ikili sınıf özgü çekirdek diskriminant analiz sınıflayıcısı (CS-KDA) önermiştir. Yüz tanıma bağlamında diğer doğrusal olmayan teknikler de kullanılmıştır:

Gabor-KLDA, Evrimsel ağırlıklı temel bileşen analizi (EWPCA), Çekirdekli maksimum ortalama marj kriteri (KMAMC), SVM ve çekirdek Fisher diskriminant analizi (KFD), Dalgalet dönüşümü (WT), radon dönüşümü (RT) ve hücrel sinir ağları (CNN), Ortak dönüşüm korelatörü tabanlı iki katmanlı sinir ağı, Çekirdek Fisher diskriminant analizi (KFD) ve KPCA

Yerel olarak lineer gömme (LLE) ve LDA, Derin ağlarla doğrusal olmayan yerel koruma, Doğrusal olmayan DCT ve çekirdek diskriminatif ortak vektör (KDCV).

2.2.3 Karma Yaklaşım

Karma Yaklaşımlar yüz tanıma sistemleri için daha iyi performans sunma potansiyeline sahip yerel ve altuzay özelliklerine dayanmaktadır. Gabor dalgaleti ve doğrusal diskriminant analizi (GW-LDA) Fathima ve Ajitha [74] yüz tanıma için Gabor dalgaleti ve doğrusal diskriminant analizi (HGWLDA) kombinasyonunu içeren bir karma yaklaşım önermiştir. Grayscale yüz görüntüsü, boyutları azaltılarak yaklaşık olarak hesaplanır. Yazarlar, grayscale yüz görüntüsünü değişen yönelimlere ve ölçeklere sahip bir Gabor filtre bankası

ile çarpmışlardır. Çalışmalar neticesinde 2B-DLA tekniği kullanılmaya başlandı. 2B-DLA tekniğinde sınıf arası uzayı en üste çıkarmak ve sınıf içi uzayı en aza indirmek için hedeflenmektedir. Karma Yaklaşımlar yüz tanıma sistemleri için aydınlatma koşullarında sağlamlığını deneylerin sonucu göstermektedir.

Aşırı tam LBP (OCLBP), LDA ve sınıf içi kovaryans normalizasyonu (WCCN): Barkan ve ekibi, aşırı tam LBP (OCLBP) tabanlı yüz görüntüsü temsili önermiştir. WCCN tekniği LBP tekniğine nazaran geliştirilmiş bir versiyondur. Sisteme aktarılan ve boyutu yüksek olan tanımların boyutunu azaltmak için kullanılır. Yüz tanıma sistemlerinde WCCN, ölçü öğrenme tekniği olarak bilinir.

Gelişmiş korelasyon filtreleri ve Walsh LBP (WLBP): Juefei ve ekibi, yüksek boyutlu Walsh LBP (WLBP) tabanlı bir yüz tanıma tekniği uygulamıştır. Bu teknik, her bir konu sınıfı için yalnızca bir örnek kullanır ve 3B genel elastik model kullanarak 3B dönüşümlerde yeni yüz görüntüleri oluşturur. LFW veritabanı kullanılarak değerlendirme yapılır ve önerilen yöntem, dört değerlendirme protokolünde yüksek bir doğrulukla 89.69% performans göstermiştir.

Çok alt-bölge tabanlı korelasyon filtresi bankası (MS-CFB): Yan ve ekibi, sağlam yüz tanıma için etkili bir özellik çıkarma tekniği önermiştir. MS-CFB, her bir yüz alt bölgesi için yerel özellikleri bağımsız olarak çıkarır. Sonrasında, farklı yüz alt bölgeleri, optimal genel korelasyon çıktıları elde etmek için bir araya getirilir.

SIFT özellikleri, Fisher vektörleri ve PCA: Simonyan ve ekibi, SIFT tanımlayıcısı ve Fisher vektörlerine dayanan yüz tanıma için yeni bir yöntem geliştirmiştir. Bu metodolojinin amacı, yoğun SIFT özellikleri ve Fisher vektör kodlaması kullanarak görüntüyü tanımlamaktır. Bu teknik, zorlu LFW veri setinde yüksek performans elde etmeyi hedeflemektedir.

CNN'ler ve üst üste otomatik kodlayıcı (SAE) teknikleri: Ding ve ekibi, CNN tabanlı çoklu modal derin yüz temsili (MM-DFR) çerçevesini önermiştir. Önerilen MM-DFR çerçevesi, özellikleri çıkarmak için CNN tekniğini kullanır ve yüksek boyutlu derin özellikleri sıkılaştırmak için üç katmanlı üst üste otomatik kodlayıcı (SAE) tekniğini kullanır. Önerilen MM-DFR çerçevesinin tanımlama performansı, LFW veritabanı kullanılarak değerlendirilmiştir.

PCA ve ANFIS: Sharma ve ekibi [75] PCA tekniği ve ANFIS sınıflandırıcısına dayalı etkin bir poz tanımsız yüz tanıma sistemi önermiştir.

DCT ve PCA: DCT ve PCA teknikleriyle Ojala ve ekibi [76] tarafından hızlı bir yüz tanıma sistemi geliştirmiştir.

PCA, SIFT ve tekrarlamalı en yakın nokta (ICP): Mian ve arkadaşları [77] hibrit eşleştirme tabanlı bir çoklu modal (2D ve 3D) yüz tanıma sistemi sunmuştur.

PCA, yerel Gabor ikili model histogram dizisi (LGBPMS) ve GABOR dalgaletleri: Cho ve arkadaşları [78] hem bütünsel hem de yerel özellikler kullanan hesaplamalı olarak verimli bir karma yüz tanıma sistemi önermiştir.

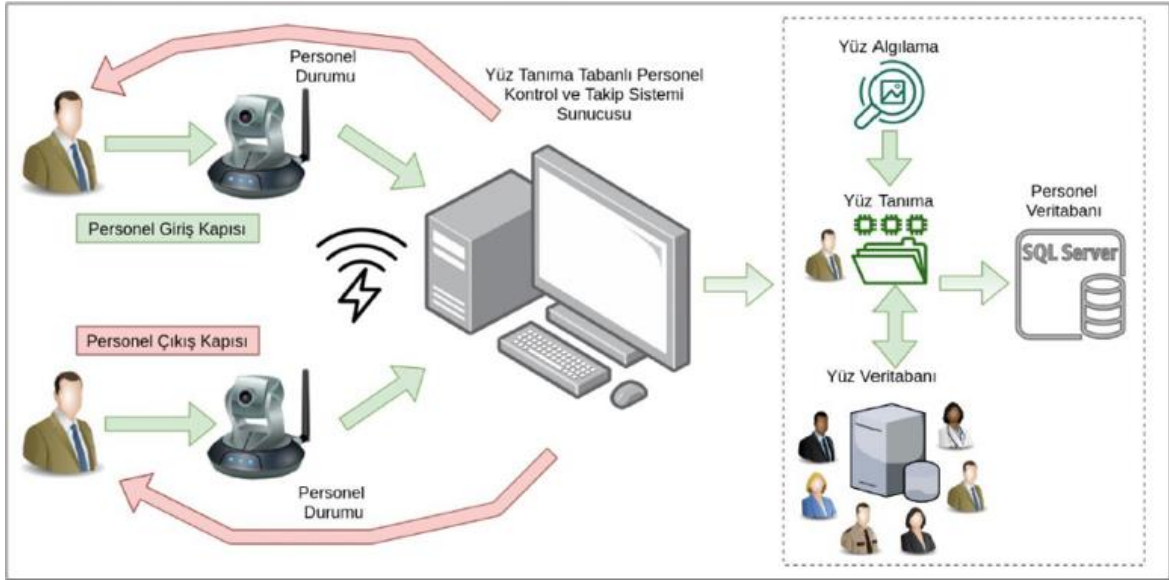
PCA ve Fisher doğrusal diskriminant (FLD)(Guru, 2011): Sing ve arkadaşları [79], yerel ve altuzay özelliklerini kullanan yeni bir karma teknik önermiştir.

SPCA-KNN: SIFT, PCA ve KNN tekniklerine dayanan yeni bir yüz tanıma yöntemi Kamencay ve ekibiyle birlikte geliştirmiştir [80].

Evriřim işlemleri, LSTM tekrarlayan birimler ve ELM sınıflandırıcı: Sun ve arkadaşları [81] sıralı insan aktivitesi tanıma (HAR) için CNN-LSTM-ELM olarak adlandırılan bir hibrit derin yapı önermiştir.

3. SONUÇ

Yüz tanıma sistemlerinin en çok kullanıldığı alanlardan biri güvenlik sistemleri geliştiren firmalar ve güvenlik ihtiyacı duyulan sosyal alanlardır. Bu çalışmada Ergosis Güvenlik Sistemleri ve A.Ş firmasında mevcutta kullanılan yüz tanıma metodu ele alınmıştır ve verimliliği diğer metodlar ile karşılaştırılmıştır. Mevcut sistemin yüzü tanıma ve eşleştirme konusunda en düşük hata oranına sahip olduğu, farklı açılardan ve farklı verilen pozlardan etkilenmeden tespiti doğru şekilde yapabildiği gözlemlenmiştir ve hız performansının efektif olduğu tespit edilmiştir. Firmadaki personellerinin etkili ve doğru bir şekilde takibi sağlanmıştır.



Şekil 3.1: Giriş Çıkış Kontrol Sistemi [55]

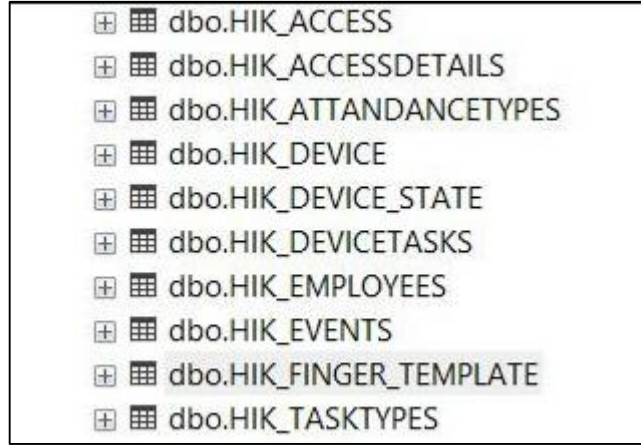
Şirketteki giriş ve çıkış kapıları, otopark giriş ve çıkışı, mola alanları (kantin, yemekhane, sigara alanı) ve sosyal alanlarda (spor salonu, oyun odası, mescit) personelin kart veya parmak izi uygulamasının yerini yüz tanıma sistemleri almıştır. Mobil uygulama üzerinden bu hareketlerin anlık takipleri de sağlanabilmektedir. Personel kartı ile yapılan takiplerdeki kötüye kullanım, başkasının kartını kullanma gibi aşılacak güvenlik duvarları yüz tanıma sistemleri sayesinde sağlam örülmüştür. Aynı zamanda kart taşıma zorunluluğu, kartın unutulması durumundaki süre kaybı ve giriş çıkıştaki kart basma işleminde geçen süre kaybı ortadan kalkmıştır. Yüz tanıma istemi kartlı geçişten çok daha hızlı ve pratik bir şekilde gerçekleşmektedir, üstelik kartı unutma riski gibi bir duruma mahal vermemektedir. Parmak izi sistemi, kartlı geçiş sisteminden daha hantal bir metottur ve pandemi süresince hijyen

konusundaki hassasiyet oluşması sebebiyle birçok firma tarafından bu sistemden kalıcı olarak vazgeçilmiştir. Yüz tanıma sisteminde kullanıcının hiçbir temasa, bir cisme ihtiyaç duymadan yalnızca kamera karşısına geçip işlemine devam etmesi sağlanmaktadır. Yüz tanıma sistemleri kamera karşısına geçmek dışında bir ek işlem gerektirmemesi ile hem hızlı hem de sağlık koşullarına en uygun bir yöntem olarak kabul edilir. Anlık olarak giriş çıkış bilgilerinin takibi veri tabanına ekli şekilde düşer ve yönetici, personel izleme takip ekranı aracılığı ile raporlama yapabilir.

Tablo 3.1: Yüz Tanıma Algoritmalarının Zaman Karşılaştırması

Kişi Bilgisi	Yerel İkili Görüntü Histogramı Algoritması	Özyüz Algoritması	Fisheryüz Algoritması
Giriş Yapan 1	2,12 sn	3,28 sn	4,02 sn
Giriş Yapan 2	2,50 sn	2,20 sn	2,05 sn
Giriş Yapan 3	1,58 sn	2,84 sn	1,83 sn
Giriş Yapan 4	1,69 sn	1,85 sn	2,14 sn
Giriş Yapan 5	2,51 sn	2,50 sn	1,93 sn
Giriş Yapan 6	1,55 sn	3,29 sn	3,07 sn
Ortalama	1,99 sn	2,66 sn	2,50 sn

Tablo 3.1’deki deneysel sonuçlar Casper Excalibur, i7-12650H 2.50GHz işlemci, 32 GB RAM özelliklerine sahip bilgisayar kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yerel ikili arama histogramı yöntemi ortalama 1,99 saniyede, özyüz algoritması 2,66 saniyede ve fisheryüz algoritması 2,50 saniyede yüz algılama ve tanıma işlemlerini gerçekleştirmektedir. Personelin giriş veya çıkışta kamera karşısındaki pozisyonuna göre yüz tespit sürelerinde farklılıklar olabilmektedir.



Şekil 3.2: Veri tabanı

```

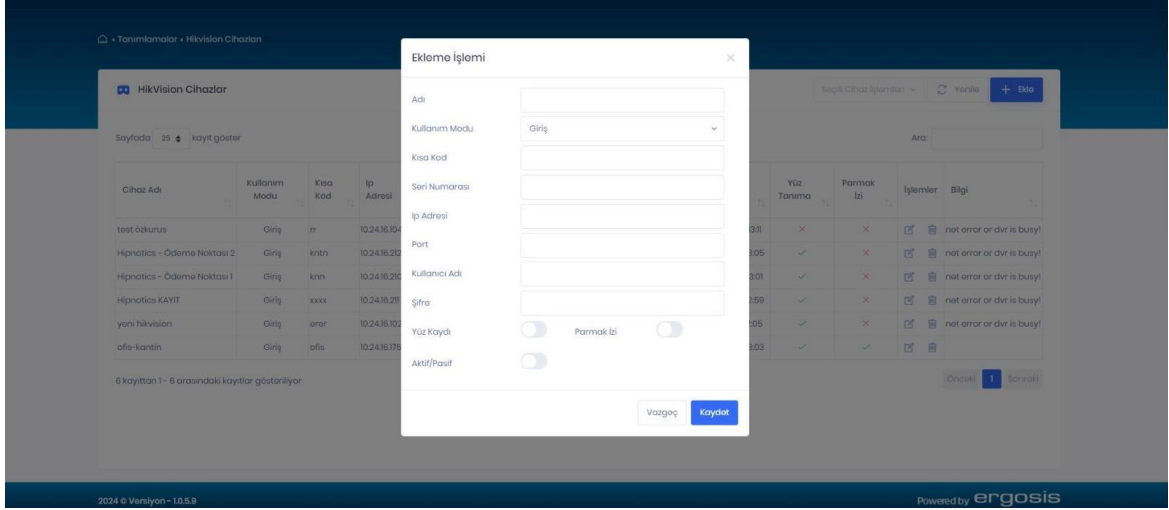
2 SELECT TOP (1000) [ID]
3 ,[SICILNO]
4 ,[BIOMETRICDATA]
5 ,[BIOMETRICINDEX]
6 ,[BIOMETRICTYPE]
7 ,[SENSORTYPE]
8 ,[QUALITY]
9 ,[TEMPLATEQUALITY]
10 ,[DELETED]
11 ,[CREATEDATE]
12 ,[UPDATEDATE]
13 FROM [Ergosis_PDKS_DEMO].[dbo].[HIK_FINGER_TEMPLATE]

```

ID	SICILNO	BIOMETRICDATA	BIOMETRICINDEX	BIOMETRICTYPE	SENSORTYPE	QUALITY	TEMPLATEQUALITY	DELETED	CREATEDATE	UPDATEDATE
1	19	2011000	0x3330311E3D3D26B8A4A44912698A0BA4D11418C42455A...	7	1	97	97	0	2022-06-13 14:28:25.150	NULL
2	21	9998	0x3330312516791578C9044A1D2548C5874239165898493EA1...	5	1	92	92	0	2022-06-13 15:25:27.537	NULL
3	22	9998	0x3330312820C515488C8B2EE11558980D4C3D1538A40D3D3...	6	1	91	91	0	2022-06-13 15:25:49.853	NULL
4	23	9998	0x3330312318491658880931E915D8AC6D29FD16D89873333...	4	1	88	88	0	2022-06-13 15:27:41.977	NULL
5	24	2012	0x3330312E10591518A5161C2525A8842926C91448A826305D...	8	1	91	91	0	2022-06-16 20:23:29.263	NULL
6	25	2018	0x3330312638552688A0C144F12538CDCA44B91518D6E671C...	9	1	84	84	1	2022-06-16 20:25:25.063	2023-03-01 14:13:00.907
7	26	2012	0x3330310F36D915589C05D13525888403674915787C7E6DE...	4	1	88	88	0	2022-06-16 22:09:06.500	NULL
8	27	2012	0x3330311B4CD21628688956C125286C1469191538B4116C25...	6	1	95	95	0	2022-06-16 22:17:47.063	NULL
9	28	2011000	0x3330312112AD258898E911CD1638C9652CC11478A48D23A...	5	1	75	75	0	2022-07-20 15:58:22.747	2022-07-21 15:23:26.467
10	31	2424	0x333031300ED11558888F2AB525888C8B320D2648942639C...	8	1	95	95	1	2022-09-29 16:24:42.043	2023-03-16 16:25:12.517
11	32	2424	0x33303133149924E880C053C52488CC6C1F012548C45F565...	9	1	92	92	1	2022-09-29 16:24:54.790	2023-03-16 16:25:14.797
12	33	2011	0x3330312333511548A8093A4525588B773CF92538B08745F9...	2	1	77	77	0	2022-10-21 16:14:39.607	NULL
13	34	2011	0x3330312047011738A883613116587CEE6A9D1728A4156F25...	7	1	70	70	1	2022-10-21 16:36:44.187	2023-02-20 13:35:26.717
14	35	2011	0x3330312650352758D00A63651658886F7B891538A0099251...	8	1	84	84	0	2022-10-21 16:37:14.107	NULL
15	36	2032	0x333031323659256860E4467116485C0E4B71153870DF63D1...	4	1	68	68	0	2022-11-23 10:10:34.703	NULL
16	37	1907	0x33303137866D166874E982DD1658A075A30D17886C09A89...	7	1	77	77	1	2023-02-17 15:36:53.050	2023-02-17 15:37:07.500
17	38	1907	0x3330313045C115785809565240885F2644D25A88C687765...	7	1	70	70	1	2023-02-17 15:37:14.597	2023-02-17 15:37:46.457

Şekil 3.3: Veri Tabanı Tablo Yapısı

Yüz tanıma sisteminde bir kişiyi tanımak ve doğrulamak amacıyla görüntü algılaması kullanılır. Yüz tanıma sistemlerinde kullanılan yöntemlerde PCA ile öncelikle personellerin biyometrik görüntüleri toplanır. Veri tabanına farklı pozlar ve açılar ile çekilmiş yüz görselleri depolanır. Yüz tanıma sisteminde kameranın algıladığı görüntü analiz edilerek yapay zeka tabanlı uygulama sayesinde kayıtlı personel bilgileri ile eşleştirilir. Personel listesinde bulunmayan bir görüntü işleme alındığında Şekil 3.4'te belirtildiği üzere personele ait bilgilerin veri girişleri yapılabilir.



Şekil 3.4: Personel Ekleme İşlemi

Ergosis firmasında kullanılan yüz tanıma sistemi sayesinde personelin anlık durum bilgisi kolaylıkla tespit edilebilmektedir. Kullanılan yöntemle personellerin hızlı bir şekilde sisteme kaydedilmesi de sağlanmaktadır. Veri tabanında daha önce kaydı olamayan bir personel ve ya misafir kolaylıkla kayıt altına alınabilmektedir. Bu sayede kaydedilen personelin tüm alanlardaki giriş ve çıkışları aşağıdaki adımlarda belirtildiği gibi sisteme işlenmektedir.

Ergosis firmasında Nanoteknoloji ile Geliştirilmiş Lensler kullanılmakta ve görüntü işleme cihazından en iyi performansın alınması sağlanmaktadır. Bilgisayar destekli derin yüz tanıma sistemi ile de zaman içinde öğrenme yetenekleri kazanmakta ve gelişen yapı ile yüz özellikleri tespit edilebilmektedir. Hafızaki kişiyi tespit etmek ve yeni bir yüz işleme kararını verirken daha hızlı aksiyom alınması sağlanmaktadır.

```

1 reference
public class NanoLensFacialRecognitionEx
{
    //          batuhan İyigel
    // Aygıt başlatma
    private VideoCapture _VideoCapture;
    private CascadeClassifier _FaceCascade;

    0 references
    public NanoLensFacialRecognitionEx()
    {
        // Kamera Başlat
        _VideoCapture = new VideoCapture(0);
        // Sınıflandırıcı Yükle
        _FaceCascade = new CascadeClassifier("Example_default.xml");
    }

    0 references
    public void DetectFacesEx()
    {
        using (Engu.CV.Mat frame = new Engu.CV.Mat())
        {
            // Görüntü yakala
            _VideoCapture.Read(frame);
            if (!frame.IsEmpty)
            {
                return;
            }

            // Griye çevir ve yüzleri tespit et
            using (Engu.CV.Mat grayFrame = new Engu.CV.Mat())
            {
                Engu.CV.CvInvoke.CvtColor(frame, grayFrame, Engu.CV.CvEnum.ColorConversion.Bgr2Gray);
                Engu.CV.CvInvoke.EqualizeHist(grayFrame, grayFrame);

                Rectangle[] faces = _FaceCascade.DetectMultiScale(
                    grayFrame, 1.1, 10, Size.Empty, Size.Empty);

                // Tespit edilen yüzleri işaretle
                foreach (var face in faces)
                {
                    Engu.CV.CvInvoke.Rectangle(frame, face, new Bgr(Color.Red).MCvScalar, 2);
                }

                // İşlenmiş görüntüyü göster
                Engu.CV.CvInvoke.Imshow("NanoLens Yüz Tanıma", frame);
            }
        }
    }
}

```

Şekil 3.5: Nanolens Yüz Tanıma

```

44 int m_lGetUserCfgHandle = -1;
45 int m_lSetUserCfgHandle = -1;
46 int m_lGetFaceCfgHandle = -1;
47 int m_lSetFaceCfgHandle = -1;
48 int m_lCapFaceCfgHandle = -1;
49 int m_lGetFingerPrintCfgHandle = -1;
50 int m_lSetFingerPrintCfgHandle = -1;
51 int m_lDelFingerPrintCfgHandle = -1;
52 int m_lCapFingerPrintCfgHandle = -1;
53
54 #region "Get By IDtoText"
55 0 references | 0 changes | 0 authors, 0 changes
56 private string GetAttendanceTypeBase(ref CHCNetSDK.NET_DVR_ACS_EVENT_CFG struEventCfg)
57 {
58     string Result = "";
59     switch (struEventCfg.struAcsEventInfo.byAttendanceStatus)
60     {
61         case 1:
62             Result = "Check IN";
63             break;
64         case 2:
65             Result = "Check OUT";
66             break;
67         case 3:
68             Result = "Break OUT";
69             break;
70         case 4:
71             Result = "Break IN";
72             break;
73         case 5:
74             Result = "Overtime IN";
75             break;
76         case 6:
77             Result = "Overtime OUT";
78             break;
79         default:
80             Result = "No effect";
81             break;
82     }
83     return Result;
84 }
85 0 references | 0 changes | 0 authors, 0 changes
86 public string LastErrorDescription { get; set; }
87 0 references | 0 changes | 0 authors, 0 changes
88 public string LastErrorDescription1 { get; set; }
89
90 #endregion
91
92 #region Json:ResponseStatus

```

Şekil 3.6: Personel Takip İşlemi

```

SqlConnection cn = new SqlConnection(Cnn);
DataSet ds = new DataSet();
try
{
    cn.Open();
    cmd.CommandText = "SELECT top 5 * FROM HIK_DEVICETASKS WHERE DeviceID=@DeviceID and IsCompleted=0 Order By RecordID ";
    cmd.Parameters.Clear();
    cmd.Parameters.AddWithValue("@DeviceID", _DeviceID);
    da.Fill(ds, "t");
    if (ds.Tables["t"].Rows.Count > 0)
    {
        for (int i = 0; i < ds.Tables["t"].Rows.Count; i++)
        {
            var t = ds.Tables["t"].Rows[i];
            int RecordID = (int)t["RecordID"];
            int EventID = (int)t["EventID"];
            string EmployeeNumber = t["EmployeeNumber"].ToString();

            bool EventStatu = false;
            switch (EventID)
            {
                case 1:
                    // Set devicetime
                    if (DeviceConnect())
                    {
                        EventStatu = DeviceSetDateTime(DateTime.Now);
                    }
                    break;
                case 2:
                    //send all user
                    if (DeviceConnect())
                    {
                        //DotReplace OK - 20200910
                        EventStatu = SendDeviceUsers();
                    }
                    break;
                case 3:
                    //send one user
                    if (DeviceConnect())
                    {
                        //DotReplace OK - 20200910
                        EventStatu = SendDeviceUsers(EmployeeNumber);
                    }
                    break;
                case 4:
                    //delete all user
                    if (DeviceConnect())
                    {
                        List<CEmployeeNoList> emplist = new List<CEmployeeNoList>();
                        EventStatu = DeleteDeviceUsers(emplist);
                    }
                    break;
                case 5:
                    //delete employee
                    //DotReplace OK - 20200910
                    if (DeviceConnect())
                    {
                        List<CEmployeeNoList> emplist = new List<CEmployeeNoList>();
                        CEmployeeNoList emp = new CEmployeeNoList();
                        if (_DotReplace == 1)
                        {
                            //replace edilmiş hali
                            emp.employeeNo = EmployeeNumber.Replace(".", "");
                        }
                        else
                        {
                            //orjinal hali
                            emp.employeeNo = EmployeeNumber;
                        }
                        emplist.Add(emp);
                        EventStatu = DeleteDeviceUsers(emplist);
                    }
            }
        }
    }
}
catch { }

```

Şekil 3.7: Personel Takip İşlemi-2

Sonuç olarak, 2D yüz tanıma tekniklerinin önemli bir olgunluğa ve yüksek bir başarı oranına ulaşmış olmasına rağmen, 3D yüz tanıma yöntemlerinin geliştirilmesi, multimodal yüz tanıma ve derin öğrenme yöntemlerinin kullanımı gibi belirli tekniklerin geliştirilmesi üzerine araştırmaların devam ettiği gözlemlenmektedir. Bu tezde, yüz tanıma sistemlerinde kullanılan yöntemler ve verimlilik artırıcı unsurlar bir arada değerlendirilmektedir. Ergosis firması çalışanları tarafından kullanılan farklı özelliklerdeki teknolojilerin sonucunda varılan bulgular sunularak Yüz Tanıma Sistemlerinde Verimlilik Karşılaştırması konusunu dikkat çekilmek istenmektedir.

REFERANSLAR

- [1] M. Lal, K. Kumar, R. H. Arain, A. Maitlo, S. A. Ruk, ve H. Shaikh, "Study of Face Recognition Techniques: A Survey," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, cilt 9, sayı 6, ss. 42-49, 2018.
- [2] A. Kumar, A. Kaur ve M. Kumar, "Face detection techniques: a review," *Artif Intell Rev*, cilt 52, ss. 927-948, 2019.
- [3] H. Hatem, Z. Beiji, ve R. Majeed, "A Survey of Feature Base Methods for Human Face Detection," *International Journal of Control and Automation*, cilt 8, sayı 5, ss. 61-78, 2015.
- [4] H. Kekül, H. Bircan ve H. Arslan, "Yüz tanıma uygulamalarında özyüzler ve yapay sinir ağlarının karşılaştırılması," *Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri ve Bilgisayar Bilimleri Dergisi*, cilt 2, sayı 1, ss. 51-59, 2018.
- [5] Y. Vurgun, "Biyometrik yüz tanımaya dayalı web üzerinden güvenli erişim sistemi tasarımı," Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 2017.
- [6] Y. Q. Li, D. T. Lin ve Z. W. Yeh, "Improving Deep Learning for Face Verification Using Color Histogram Equalization Data Augmentation," in *Proceedings of the 5th World Congress on Electrical Engineering and Computer Systems and Sciences*, 2019, Paper No. MVML 103, Prague, Czech Republic.
- [7] V. Kazemi ve J. Sullivan, "One millisecond face alignment with an ensemble of regression trees," in *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, 2014, ss. 1867-1874.
- [8] C. Ren, N. An, J. Wang, L. Li, B. Hu ve D. Shang, "Optimal parameters selection for BP neural network based on particle swarm optimization: A case study of wind speed forecasting," *Knowledge-based systems*, cilt 56, ss. 226-239, 2014.
- [9] C. Cui, H. Cai, Y. Zhang ve H. Chen, "A face alignment method based on SURF features," in *10th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI)*, 2017, ss. 1-6.

- [10] B. Ammour, T. Bouden, L. Boubchir ve S. Biad, "Face identification using local and global features," in *40th International Conference on Telecommunications and Signal Processing (TSP)*, 2017, ss. 784-788.
- [11] J. Jiao, M. Zhao, J. Lin ve K. Liang, "A comprehensive review on convolutional neural network in machine fault diagnosis," *Neurocomputing*, cilt 417, ss. 36-63, 2020.
- [12] J. Jiao, M. Zhao, J. Lin, and K. Liang, "A comprehensive review on convolutional neural network in machine fault diagnosis," *Neurocomputing*, vol. 417, pp. 36-63, 2020.
- [13] L. Cuimei, Q. Zhiliang, J. Nan, and W. Jianhua, "Human face detection algorithm via Haar cascade classifier combined with three additional classifiers," in *Proceedings of the 13th IEEE International Conference on Electronic Measurement & Instruments (ICEMI)*, 2017, pp. 483-487.
- [14] M. F. Aslan, K. Sabanci, and A. Durdu, "A CNN-based novel solution for determining the survival status of heart failure patients with clinical record data: numeric to image," *Biomedical Signal Processing and Control*, vol. 68, p. 102716, 2021.
- [15] S. Akkol, A. Akilli, and I. Cemal, "Comparison of artificial neural network and multiple linear regression for prediction of live weight in hair goats," *Yyu J. Agric. Sci*, vol. 27, pp. 21-29, 2017.
- [16] E. D. Cubuk, B. Zoph, D. Mane, V. Vasudevan, and Q. V. Le, "Autoaugment: Learning augmentation strategies from data," in *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2019, pp. 113-123.
- [17] V. Sharma and R. N. Mir, "A comprehensive and systematic look up into deep learning based object detection techniques: A review," *Computer Science Review*, vol. 38, p. 100301, 2020.
- [18] O. A. Shawky, A. Hagag, E. S. A. E. Dahshan, and M. A. Ismail, "Remote sensing image scene classification using CNN-MLP with data augmentation," *Optik*, vol. 221, no. 165356, 2020.
- [19] R. Yan, J. Liao, J. Yang, W. Sun, M. Nong, and F. Li, "Multi-hour and multi-site air quality index forecasting in Beijing using CNN, LSTM, CNN-LSTM, and

spatiotemporal clustering," *Expert Systems with Applications*, vol. 169, no. 114513, 2021.

- [20] W. Zhang, C. Li, G. Peng, Y. Chen, and Z. Zhang, "A deep convolutional neural network with new training methods for bearing fault diagnosis under noisy environment and different working load," *Mechanical Systems and Signal Processing*, vol. 100, pp. 439-453, 2018.
- [21] J. Jiao, M. Zhao, J. Lin, and K. Liang, "A comprehensive review on convolutional neural network in machine fault diagnosis," *Neurocomputing*, vol. 417, pp. 36-63, 2020.
- [22] S. Patel, P. Kumar, S. Garg, and R. Kumar, "Face Recognition based smart attendance system using IOT," *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, pp. 871-877, 2018.
- [23] R. Nandhini, N. Duraimurugan, and S. P. Chokkalingam, "Face Recognition Based Attendance System," *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, vol. 8, no. 3, pp. 574-577, 2019.
- [24] S. K. Selvi, P. Chitrakala, ve A. A. Jenitha, "Face Recognition Based Attendance Marking System," *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, cilt 3, sayı 2, ss. 337-342, 2014.
- [25] G. B. Huang, M. Ramesh, T. Berg, ve E. L. Miller, "Labeled Faces in the Wild: A Database for Studying Face Recognition in Unconstrained Environments," University of Massachusetts, Amherst, Teknik Rapor 07-49, 2007.
- [26] O. M. Parkhi, A. Vedaldi, ve A. Zisserman, "Deep face recognition," in *Proceedings of the BMVC 2015—British Machine Vision Conference*, Swansea, UK, 7–10 Eylül 2015.
- [27] A. A. Fathima, S. Ajitha, V. Vaidehi, M. Hemalatha, R. Karthigaiveni, ve R. Kumar, "Hybrid approach for face recognition combining Gabor Wavelet and Linear Discriminant Analysis," in *Proceedings of the 2015 IEEE International Conference on Computer Graphics, Vision and Information Security (CGVIS)*, Bhubaneswar, India, 2–3 Kasım 2015, ss. 220–225.

- [28] O. Barkan, J. Weill, L. Wolf, ve H. Aronowitz, "Fast high dimensional vector multiplication face recognition," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*, Sydney, Australia, 1–8 Aralık 2013, ss. 1960–1967.
- [29] S. Liao, A. K. Jain, ve S. Z. Li, "Partial face recognition: Alignment-free approach," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, cilt 35, ss. 1193–1205, 2012.
- [30] M. Jridi, T. Napoléon, ve A. Alfalou, "One lens optical correlation: Application to face recognition," *Appl. Opt.*, cilt 57, ss. 2087–2095, 2018.
- [31] C. Zhao, X. Li, ve Y. Cang, "Bisecting k-means clustering based face recognition using block-based bag of words model," *Opt. Int. J. Light Electron Opt.*, cilt 126, ss. 1761–1766, 2015.
- [32] W. Liu, Z. Wang, X. Liu, N. Zeng, Y. Liu, ve F. E. Alsaadi, "A survey of deep neural network architectures and their applications," *Neurocomputing*, cilt 234, ss. 11–26, 2017.
- [33] P. Viola ve M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," in *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Kauai, HI, USA, 8–14 Aralık 2001.
- [34] J. H. Shah, M. Sharif, M. Raza, ve A. Azeem, "A Survey: Linear and Nonlinear PCA Based Face Recognition Techniques," *Int. Arab J. Inf. Technol.*, cilt 10, ss. 536–545, 2013.
- [35] R. Holat ve S. Kulaç, "ID Identification By Using Face Detection And Recognition Systems," in *Proceedings of the 22nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, Trabzon, Nisan 2014, ss. 866-869.
- [36] K. Kadlag, P. Kale, ve K. Pagar, "Intellegent Employee Authentication using RFID and Face Detection," *International Journal on Emerging Trends in Technology*, cilt 3, sayı 1, ss. 4083-4085, 2016.
- [37] S. Bhattacharya, G. S. Nainala, P. Das, ve A. Routray, "Smart Attendance Monitoring System (SAMS): A Face Recognition based Attendance System for Classroom

Environment," in *Proceedings of the IEEE 18th International Conference on Advanced Learning Technologies*, Mumbai, Temmuz 2018, ss. 358-360.

- [38] M. Lal, K. Kumar, R. H. Arain, A. Maitlo, S. A. Ruk, ve H. Shaikh, "Study of Face Recognition Techniques: A Survey," *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, cilt 9, sayı 6, ss. 42-49, 2018.
- [39] M. Calonder, V. Lepetit, M. Ozuysal, T. Trzcinski, C. Strecha, ve P. Fua, "BRIEF: Computing a local binary descriptor very fast," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, cilt 34, ss. 1281–1298, 2011.
- [40] G. Du, F. Su, ve A. Cai, "Face recognition using SURF features," in *Proceedings of MIPPR 2009: Pattern Recognition and Computer Vision*, International Society for Optics and Photonics, SPIE, Bellingham, WA, USA, 2009, cilt 7496, sayı 749628.
- [41] H. J. Seo ve P. Milanfar, "Face verification using the lark representation," *IEEE Trans. Inf. Forensics Secur.*, cilt 6, ss. 1275–1286, 2011.
- [42] H. Yang ve X. A. Wang, "Cascade classifier for face detection," *J. Algorithms Comput. Technol.*, cilt 10, ss. 187–197, 2016.
- [43] Y. Ouerhani, M. Jridi, A. Alfalou, ve C. Brosseau, "Optimized pre-processing input plane GPU implementation of an optical face recognition technique using a segmented phase only composite filter," *Opt. Commun.*, cilt 289, ss. 33–44, 2013.
- [44] I. Kambi Beli ve C. Guo, "Enhancing face identification using local binary patterns and k-nearest neighbors," *J. Imaging*, cilt 3, sayı 37, 2017.
- [45] M. Xi, L. Chen, D. Polajnar, ve W. Tong, "Local binary pattern network: A deep learning approach for face recognition," in *Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)*, Phoenix, AZ, USA, 25–28 Eylül 2016, ss. 3224–3228.
- [46] T. Ojala, M. Pietikäinen, ve D. Harwood, "A comparative study of texture measures with classification based on featured distributions," *Pattern Recognit.*, cilt 29, ss. 51–59, 1996.

- [47] A. Alahi, R. Ortiz, ve P. Vandergheynst, "Freak: Fast retina keypoint," in *Proceedings of the 2012 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Providence, RI, USA, 16–21 Haziran 2012, ss. 510–517.
- [48] J. Mahier, B. Hemery, M. El-Abed, M. El-Allam, M. Bouhaddaoui, ve C. Rosenberger, "Computation evabio: A tool for performance evaluation in biometrics," *Int. J. Autom. Identif. Technol.*, cilt 24, hal-00984026, 2011.
- [49] Ş. Işık, "A comparative evaluation of well-known feature detectors and descriptors," *Int. J. Appl. Math. Electron. Comput.*, cilt 3, ss. 1–6, 2014.
- [50] G. Du, F. Su, ve A. Cai, "Face recognition using SURF features," in *Proceedings of MIPPR 2009: Pattern Recognition and Computer Vision*, International Society for Optics and Photonics, SPIE, Bellingham, WA, USA, 2009, cilt 7496, sayı 749628.
- [51] L. Lenc ve P. Král, "Automatic face recognition system based on the SIFT features," *Comput. Electr. Eng.*, cilt 46, ss. 256–272, 2015.
- [52] B. Heflin, W. Scheirer, ve T. E. Boulton, "For your eyes only," in *Proceedings of the 2012 IEEE Workshop on the Applications of Computer Vision (WACV)*, Breckenridge, CO, USA, 9–11 Ocak 2012, ss. 193–200.
- [53] D. Benarab, T. Napoléon, A. Alfalou, A. Verney, ve P. Hellard, "Optimized swimmer tracking system by a dynamic fusion of correlation and color histogram techniques," *Opt. Commun.*, cilt 356, ss. 256–268, 2015.
- [54] Y. Ouerhani, A. Alfalou, ve C. Brosseau, "Road mark recognition using HOG-SVM and correlation," in *Optics and Photonics for Information Processing XI*, International Society for Optics and Photonics, SPIE, Bellingham, WA, USA, 2017, cilt 10395, sayı 103950Q.
- [55] S. Liao, A. K. Jain, ve S. Z. Li, "Partial face recognition: Alignment-free approach," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, cilt 35, ss. 1193–1205, 2012.
- [56] W. Yang, S. Wang, J. Hu, G. Zheng, ve C. Valli, "A fingerprint and finger-vein based cancelable multi-biometric system," *Pattern Recognit.*, cilt 78, ss. 242–251, 2018.

- [57] I. Kambi Beli ve C. Guo, "Enhancing face identification using local binary patterns and k-nearest neighbors," *J. Imaging*, cilt 3, sayı 37, 2017.
- [58] Q. Wang, A. Alfalou, ve C. Brosseau, "New perspectives in face correlation research: A tutorial," *Adv. Opt. Photonics*, cilt 9, ss. 1–78, 2017.
- [59] T. Napoléon ve A. Alfalou, "Pose invariant face recognition: 3D model from single photo," *Opt. Lasers Eng.*, cilt 89, ss. 150–161, 2017.
- [60] F. Smach, J. Miteran, M. Atri, J. Dubois, M. Abid, ve J. P. Gauthier, "An FPGA-based accelerator for Fourier Descriptors computing for color object recognition using SVM," *J. Real-Time Image Process.*, cilt 2, ss. 249–258, 2007.
- [61] R. Sharma ve M. S. Patterh, "A new pose invariant face recognition system using PCA and ANFIS," *Optik*, cilt 126, ss. 3483–3487, 2015.
- [62] T. Napoléon ve A. Alfalou, "Pose invariant face recognition: 3D model from single photo," *Opt. Lasers Eng.*, cilt 89, ss. 150–161, 2017.
- [63] D. S. Guru, M. G. Suraj, ve S. Manjunath, "Fusion of covariance matrices of PCA and FLD," *Pattern Recognit. Lett.*, cilt 32, ss. 432–440, 2011.
- [64] P. Kamencay, M. Zachariasova, R. Hudec, R. Jarina, M. Benco, ve J. Hlubik, "A novel approach to face recognition using image segmentation based on spca-knn method," *Radioengineering*, cilt 22, ss. 92–99, 2013.
- [65] J. Sun, Y. Fu, S. Li, J. He, C. Xu, ve L. Tan, "Sequential Human Activity Recognition Based on Deep Convolutional Network and Extreme Learning Machine Using Wearable Sensors," *J. Sens.*, cilt 2018, sayı 10.
- [66] I. Kambi Beli ve C. Guo, "Enhancing face identification using local binary patterns and k-nearest neighbors," *J. Imaging*, cilt 3, sayı 37, 2017.
- [67] S. R. Arashloo ve J. Kittler, "Class-specific kernel fusion of multiple descriptors for face verification using multiscale binarised statistical image features," *IEEE Trans. Inf. Forensics Secur.*, cilt 9, ss. 2100–2109, 2014.

- [68] J.H. Shah, M. Sharif, M. Raza, ve A. Azeem, "A Survey: Linear and Nonlinear PCA Based Face Recognition Techniques," *Int. Arab J. Inf. Technol.*, cilt 10, ss. 536–545, 2013.
- [69] Z. Sufyanu, F.S. Mohamad, A.A. Yusuf, ve M.B. Mamat, "Enhanced Face Recognition Using Discrete Cosine Transform," *Eng. Lett.*, cilt 24, ss. 52–61, 2016.
- [70] Z.H. Huang, W.J. Li, J. Shang, J. Wang, ve T. Zhang, "Non-uniform patch based face recognition via 2D-DWT," *Image Vision Comput.*, cilt 37, ss. 12–19, 2015.
- [71] A. Lima, H. Zen, Y. Nankaku, C. Miyajima, K. Tokuda, ve T. Kitamura, "On the use of kernel PCA for feature extraction in speech recognition," *IEICE Trans. Inf. Syst.*, cilt 87, ss. 2802–2811, 2004.
- [72] S. Prince, P. Li, Y. Fu, U. Mohammed, ve J. Elder, "Probabilistic models for inference about identity," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, cilt 34, ss. 144–157, 2011.
- [73] Z. Cui, W. Li, D. Xu, S. Shan, ve X. Chen, "Fusing robust face region descriptors via multiple metric learning for face recognition in the wild," in *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, Portland, OR, USA, 23–28 Haziran 2013, ss. 3554–3561.
- [74] M. Annalakshmi, S.M.M. Roomi, ve A.S. Naveedh, "A hybrid technique for gender classification with SLBP and HOG features," *Clust. Comput.*, cilt 22, ss. 11–20, 2019.
- [75] K. Simonyan, O.M. Parkhi, A. Vedaldi, ve A. Zisserman, "Fisher vector faces in the wild," in *Proceedings of the BMVC 2013—British Machine Vision Conference*, Bristol, UK, 9–13 Eylül 2013.
- [76] B.J. Devi, N. Veeranjanyulu, ve K.V.K. Kishore, "A novel face recognition system based on combining eigenfaces with fisher faces using wavelets," *Procedia Comput. Sci.*, cilt 2, ss. 44–51, 2010.
- [77] H.J. Seo ve P. Milanfar, "Face verification using the lark representation," *IEEE Trans. Inf. Forensics Secur.*, cilt 6, ss. 1275–1286, 2011.

- [78] K. Simonyan, O.M. Parkhi, A. Vedaldi, ve A. Zisserman, "Fisher vector faces in the wild," in *Proceedings of the BMVC 2013—British Machine Vision Conference*, Bristol, UK, 9–13 Eylül 2013.
- [79] B. Li ve K.K. Ma, "Fisherface vs. eigenface in the dual-tree complex wavelet domain," in *Proceedings of the 2009 Fifth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, Kyoto, Japan, 12–14 Eylül 2009, ss. 30–33.
- [80] R. Agarwal, R. Jain, R. Regunathan, ve C.P. Kumar, "Automatic Attendance System Using Face Recognition Technique," in *Proceedings of the 2nd International Conference on Data Engineering and Communication Technology*, Springer, Singapore, 2019, ss. 525–533.
- [81] H.D. Vankayalapati ve K. Kyamakya, "Nonlinear feature extraction approaches with application to face recognition over large databases," in *Proceedings of the 2009 2nd International Workshop on Nonlinear Dynamics and Synchronization*, Klagenfurt, Austria, 20–21 Temmuz 2009, ss. 44–48.
- [82] "Sleeker Facial Recognition Technology Tested on Michelangelo's David," [Online]. Available: <https://www.acs.org/pressroom/presspacs/2024/february/sleeker-facial-recognition-technology-tested-on-michelangelos-david.html>. [Accessed: 14-Jun-2024].