



Gerçek Zamanlı Yüz Tespiti İçin Yapay Sinir Ağı Tabanlı Bir Görüntü Analizi Yaklaşımı

Cemil İLYAS¹ , Barış KÖSE¹ , Aslı TÜRK¹ , Ali ÇETİNKAYA^{2*} 

¹ İstanbul Gelişim Üniversitesi, İstanbul Gelişim Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Teknolojisi Programı,
İstanbul / Türkiye

² İstanbul Gelişim Üniversitesi, İstanbul Gelişim Meslek Yüksekokulu, Elektronik Teknolojisi Programı,
İstanbul / Türkiye

Özet

Görüntü işleme ve Yapay Zeka (YZ) teknolojilerindeki son gelişmeler, yüz tespit ve tanıma sistemlerinin performansını önemli ölçüde artırmıştır. Gerçek zamanlı görüntü analizi gerektiren yüz bölge tespiti çalışmalarında, YZ tabanlı uygulamalar yüksek doğruluk ve hız sunarak kritik bir rol oynamaktadır. Bu çalışmanın amacı, yapay sinir ağı tabanlı yöntemler kullanarak gerçek zamanlı görüntülerde yüz bölgesi tespiti yapan sistemlerin performansını artırmak ve bu sistemlere yönelik iyileştirme önerileri sunmaktır. Bu bağlamda, YZ tabanlı yüz tespit sistemlerinin optimizasyonu, sinir ağı tabanlı çözümler ve performans iyileştirme yöntemleri ele alınmıştır. Geliştirilen sistemde, bir kamera aracılığıyla anlık ve sabit görüntüler alınmış ve görüntüler ön işleme aşamasından geçirilmiştir. Ön işleme sürecinde kontrast ve parlaklık ayarları, yüz bölgesinin belirlenmesi ve kenar tespiti (Canny) algoritması işlemleri uygulanarak modelin doğruluğu artırılmıştır. Ardından, ArcFace, Haar-cascade ve CNN tabanlı yüz bölge tespiti modeli çalıştırılarak tespit edilen yüzler analiz edilmiştir. Toplam 15 adet deney gerçekleştirilerek tespit edilen yüz bilgisi ekrana yansıtılarak tanıma oranı hesaplanmaktadır. Yapılan deneyler sonucunda, yüz tespitinde %40 ile %92,75 arasında başarı oranları elde edilmiştir. Bu çalışmada, deneyler gerçek zamanlı olarak kamera üzerinden elde edilen görüntülerle gerçekleştirilmiştir. Ek olarak, deney çeşitliliğini artırmak amacıyla aktör yüz görüntülerinden oluşan bir veri seti de çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmanın bulguları, YZ tabanlı yüz bölge tespiti modellerinin başarı oranlarını nasıl etkilediğini göstermekte ve bu sistemlerin optimum performansla çalışabilmesi için öneriler sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Görüntü İşleme, Yapay Sinir Ağı, Yüz Tespiti, OpenCv, ArcFace

A Neural Network-Based Image Analysis Approach for Real-Time Face Detection

Abstract

Makale Bilgisi

Başvuru:
22/03/2025
Kabul:
20/05/2025

* İletişim e-posta: alçetinkaya@gelisim.edu.tr

Recent advances in image processing and artificial intelligence (AI) technologies have significantly enhanced the performance of face detection and recognition systems. In studies requiring real-time image analysis for face region detection, AI-based applications play a critical role by offering high accuracy and processing speed. The aim of this study is to improve the performance of real-time face region detection systems using artificial neural network-based methods and to provide optimization strategies for such systems. In this context, the optimization of AI-based face detection systems, neural network-driven solutions, and performance enhancement techniques are examined in detail. In the proposed system, both real-time and static images were captured using a camera and subjected to a preprocessing phase. During this stage, contrast and brightness adjustments, face region localization, and edge detection using the Canny algorithm were applied to increase model accuracy. Following this, face detection models based on ArcFace, Haar-cascade, and Convolutional Neural Networks (CNNs) were utilized to analyze the detected face regions. A total of 15 experiments were conducted, and the number of correctly detected faces was displayed and used to calculate the recognition accuracy. Experimental results revealed accuracy rates ranging from 40% to 92.75%. These experiments were performed using real-time video data captured by a live camera. Additionally, in order to increase the diversity of the evaluation scenarios, an actor face image dataset was also incorporated into the study. The findings demonstrate the influence of various AI-based face detection models on recognition performance and offer practical suggestions for achieving optimal system accuracy and robustness under different environmental conditions.

Keywords: Image Processing, Artificial Neural Network, Face Detection, OpenCV, ArcFace

1 Giriş

YZ ve görüntü işleme teknikleri, son yıllarda birçok sektörde hızlı bir şekilde gelişim göstermekte ve çeşitli uygulamalarda etkin bir biçimde kullanılmaktadır. Nesne algılama, yüz tanıma, otonom sistemler ve tıbbi görüntüleme gibi alanlarda bu teknolojilerin sağladığı yüksek doğruluk ve otomasyon olanakları dikkat çekmektedir. Derin öğrenme algoritmaları ve veri analitiği yöntemleriyle desteklenen YZ tabanlı görüntü işleme sistemleri, karar destek mekanizmalarının geliştirilmesine önemli katkı sağlamaktadır. Bu sistemler; güvenlik, sağlık, endüstri ve tarım gibi alanlarda hem operasyonel verimliliği artırmakta hem de insan hatasını en aza indirmektedir [4, 5, 7, 31, 35]. Makine öğrenmesi ve YZ temelli yöntemler, günümüzde sadece teknik alanlarda değil, sağlık, tarım, güvenlik ve sosyal medya gibi çok çeşitli disiplinlerde de etkili biçimde kullanılmaktadır. k-NN ve derin sinir ağları gibi sınıflandırma algoritmaları, karar destek sistemlerinin doğruluğunu artırarak veri analitiğinde önemli rol oynamaktadır [32, 33]. Otonom araçlar ve insansız hava araçları gibi ileri teknolojilerde, siber güvenlik tehditlerinin tespiti için makine öğrenmesine dayalı çözümler geliştirilmektedir [35, 36]. Sağlık sektöründe, özellikle anne sağlığı gibi kritik konularda makine

öğrenmesi modelleriyle risk tahmini yapılmakta ve önleyici sağlık politikalarına veri temelli katkılar sunulmaktadır [37]. Öte yandan, büyük dil modelleri ve YZ tabanlı sohbet robotları, sosyal medya etkileşimlerini şekillendiren yeni bir iletişim paradigması oluşturmaktadır [38]. Bu gelişmeler, YZ'nin yalnızca mühendislik değil, toplumsal yapılar üzerinde de dönüştürücü bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır.

Derin öğrenme tabanlı yaklaşımlar, görüntü işleme ve bilgisayarla görü alanlarında giderek daha fazla ön plana çıkmaktadır. Evrimsel Sinir Ağları (CNN) ve türevleri, nesne tespiti ve yüz tanıma gibi karmaşık görsel görevlerde yüksek doğruluk oranları sunmaktadır [9]. Bu yöntemler, yüz ifadelerinin tanınması gibi daha detaylı sınıflandırma problemlerinde de başarılı sonuçlar vermektedir [10]. Farklı yüz tanıma sistemlerinin doğruluk ve birlikte çalışabilirlik performanslarını karşılaştıran çalışmalar, çeşitli algoritma modüllerinin birlikte kullanımındaki avantajları ortaya koymaktadır [18]. Ayrıca, derin öğrenme yöntemlerinin genel yapısı, uygulama çeşitliliği ve sektörel potansiyeli üzerine yapılan derleme çalışmaları, bu alandaki araştırmaların kuramsal temelini güçlendirmektedir [22]. Bu bağlamda, görüntü işleme süreçlerine entegre edilen derin öğrenme modelleri hem akademik araştırmalarda

hem de endüstriyel çözümlerde karar destek mekanizmalarının vazgeçilmez bileşenleri hâline gelmektedir.

Yüz tanıma teknolojileri, derin öğrenme tabanlı yaklaşımların gelişimiyle birlikte daha güvenilir ve esnek sistemlere dönüşmüştür. ArcFace, FaceNet ve AdaptiveFace gibi modeller; yüz tanıma doğruluğunu artırmak için farklı mimari yaklaşımlar ve marj örnekleme stratejileri sunmakta, özellikle maske gibi yüzü kısmen örten durumlarda dahi yüksek performans sergilemektedir [15, 17, 20]. Bu modellerin karşılaştırmalı analizleri, derin öğrenme çerçevelerinin hassasiyet, hız ve genel doğruluk açısından farklı senaryolarda nasıl davrandığını ortaya koymaktadır [17]. Gerçek dünya uygulamaları arasında, mobil tabanlı yoklama sistemlerinden yaş tahmini gibi bireysel özelliklerin analizine kadar uzanan geniş bir yelpaze bulunmaktadır [19, 21]. Özellikle ArcFace ve FaceNet'in bulut tabanlı entegrasyonları, uzaktan kimlik doğrulama sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [19]. Bu uygulamaların başarısında, CNN'e dayalı gelişmiş mimarilerin önemli bir rol oynadığı görülmektedir [23]. Tüm bu gelişmeler, yüz tanıma teknolojilerinin hem bireysel hem de kurumsal düzeyde çok boyutlu kullanım potansiyelini artırmakta, güvenlik ve kişiselleştirilmiş hizmet alanlarında yeni çözümler sunmaktadır.

Makine öğrenmesi uygulamalarında sınıflandırma performansını doğrudan etkileyen önemli sorunlardan biri, veri setlerindeki sınıf dengesizliğidir. Dengesiz veri kümesi, çoğunluk sınıfın baskın olduğu ve azınlık sınıfın yetersiz temsil edildiği durumlarda, modelin genel doğruluğunun yanıltıcı biçimde yüksek görünmesine neden olabilmektedir [13]. Bu sorunu aşmak amacıyla geliştirilmiş yöntemler arasında yeniden örnekleme, ağırlıklandırma ve sınıf dağılımını dikkate alan özel algoritmalar yer almaktadır [11, 14]. Özellikle sınıf yoğunluklarına göre yapılan örnekleme stratejileri, azınlık sınıf örneklerinin daha anlamlı bir biçimde çoğaltılmasını ve sınırlı veri koşullarında sınıflandırma başarımının artırılmasını mümkün kılmaktadır [12, 26]. Son dönem çalışmalar,

gelişmiş SMOTE türevleri ve öznitelik bazlı standardizasyon yöntemlerinin sınıflandırma doğruluğuna önemli katkılar sağladığını göstermektedir [26]. Ayrıca, dengesiz veri yapısına sahip ağ trafiği gibi alanlara yönelik yapılan analizlerde, farklı yeniden örnekleme yöntemlerinin performansları karşılaştırılarak, güvenlik sistemlerinde uygulanabilirlikleri değerlendirilmiştir [25]. Bu bağlamda, veri dengesizliğinin sistematik biçimde ele alınması hem genel sınıflandırma kalitesinin artırılmasında hem de kritik alanlardaki karar destek sistemlerinin güvenilirliğinde belirleyici rol oynamaktadır.

Günümüzde spor bilimlerinde teknoloji tabanlı yaklaşımlar giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bilgisayarla görme ve derin öğrenme teknikleri, bireylerin sportif performanslarının değerlendirilmesinde yüksek doğrulukla sonuçlar sunarken [27], sağlıklı yaşam alışkanlıklarının takibi de bu süreçte önemli bir yer tutmaktadır [28]. Özellikle bireysel fiziksel yapıların analizi hem spor hem de tekstil gibi alanlarda kişiye özel çözümler geliştirilmesine imkân tanımaktadır [29]. Mobil uygulamaların yaygın kullanımı, atletik performansın uzaktan ve anlık izlenmesini mümkün kılmakta, böylece antrenman süreçlerinde yenilikçi trendler doğmaktadır [30]. Tüm bu gelişmeler, Endüstri 5.0 kavramı çerçevesinde insan merkezli ve teknoloji destekli bir spor anlayışının şekillenmesine katkı sağlamaktadır [31].

Bu kapsamda çalışmanın birinci bölümünde konuya ilişkin literatür ve temel kavramsal çerçeve sunulmuş, ikinci bölümde incelenen çalışmalar tabloyla karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Üçüncü bölümde çalışmada kullanılan yöntemler, veri seti ve sistem akış şeması detaylandırılmış; dördüncü bölümde ise yüz bölgesi tespiti ve deneysel uygulamalara yer verilmiştir. Son bölümde, elde edilen bulgular ışığında sistemin başarımları değerlendirilmiş ve öneriler sunulmuştur.

2 İlgili çalışmalar

Tablo 1'de, görüntü işleme temelli yüz tespiti üzerine yapılan çalışmalar; kullanılan yöntemler, uygulama alanları ve elde edilen başarı oranları bakımından karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Tablo 1. İncelenen literatür çalışmalarının karşılaştırmalı değerlendirme tablosu.

Referans Çalışması	Kullanılan yöntem	Kullanılan alan	Başarı oranı (%)	Yıl
[1]	Görüntü Artırma	İnsan Duruşu Tespit	% 87.5 - % 91.2	2022
[2]	Görüntü işleme	Yüz algılama	%79	2017
[3]	Görüntü işleme	Görüntüde Kusur Tespiti.	%83-%100	2023
[4]	Görüntü işleme,	Yüz Tanıma tespit etme	%95,2	2022
[5]	Görüntü işleme	Covid 19 Maskeli Yüz Tanıma	%84,5	2020
[6]	Görüntü işleme	Sağlık, Cilt kanseri	%89 - %97	2022
[7]	Görüntü işleme,	İHA, Tarım	%96	2021
[8]	Görüntü Arttırma	Renkli 3B vücut tanıma, Fitness hareket algılama	%85,7 – 92,9	2018
[16]	Derin Öğrenme	ArcFace	%79.80	2019
[24]	Sinir Ağları	DeepFace	%97.35	2014
[35]	Makine Öğrenimi	Otonom araçlarda siber güvenlik	%96,1	2024

Tablo 1. üzerinde; Görüntü işleme ve artırma teknikleri, YZ tabanlı uygulamalarda sıklıkla tercih edilen yöntemler arasında yer almakta ve özellikle yüz tanıma, insan duruşu tespiti, sağlık ve tarım gibi çeşitli alanlarda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Yapılan çalışmalar, bu yöntemlerin %79 ile %97 arasında değişen yüksek başarı oranları sunduğunu göstermektedir. Özellikle son yıllarda görüntü işleme destekli derin öğrenme modelleri; yüz algılama, cilt kanseri tespiti, maskeli yüz tanıma gibi kritik görevlerde etkili sonuçlar vermektedir. Bununla birlikte, sinir ağları ve makine öğrenimi tabanlı yaklaşımlar %96'nın üzerinde başarı oranlarıyla öne çıkarak, otonom sistemler ve siber güvenlik gibi daha karmaşık alanlarda kullanılmaktadır. Genel olarak incelendiğinde, görüntü tabanlı yaklaşımlar ile yapay sinir ağlarının birlikte kullanılması, YZ uygulamalarında doğruluk oranlarını belirgin biçimde artırmaktadır.

3 Materyal ve metot

Bu çalışmada, YZ tekniklerinin görüntü işleme uygulamalarıyla entegrasyonu ele alınmıştır. Araştırma kapsamında, özellikle yüz bölgesi tespiti ve nesne algılama gibi uygulamalarda kullanılan yöntemler değerlendirilmiştir. Ayrıca, görüntü işleme sistemlerinde sıklıkla karşılaşılan dengesiz

veri setleri problemi incelenmiş ve bu probleme yönelik çözüm önerileri ortaya konmuştur.

3.1. Çalışmada kullanılan yöntemler

YZ destekli görüntü işleme sistemlerinin sağlık, güvenlik ve üretim gibi sektörlerde sunduğu çözümler, bu çalışmanın temel motivasyonunu oluşturmaktadır. Bu bağlamda, YZ algoritmalarının bu alanlardaki etkinliğini artırmaya yönelik strateji ve metodolojiler analiz edilmiştir. Uygulamada, görüntü işleme süreçlerine derin öğrenme tabanlı CNN, transfer öğrenme ve optimizasyon teknikleri entegre edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan görüntü işleme teknikleri, Python programlama dili ile kullanılan OpenCV kütüphanesi yardımıyla gerçekleştirilmiştir. OpenCV, özellikle yüz bölgesi tespiti ve nesne algılama konularında Haar-Cascade, Local Binary Pattern (LBP) ve Derin Sinir Ağı (DNN) tabanlı yöntemleri desteklemektedir. Söz konusu yöntemler bu çalışmada uygulanmış ve karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Deneysel süreçte kullanılan veri setleri, önceden etiketlenmiş yüz görüntülerinden oluşmakta olup, bu veriler üzerinde kenar tespiti (Canny, Sobel, Laplacian), kontrast-parlaklık ayarı ve yüz konumlandırması ön işleme teknikleri uygulanmıştır. Ardından, ArcFace, Haar-Cascade ve CNN tabanlı algoritmalar ile yüz bölgesi tespiti gerçekleştirilmiştir. Bu

bağlamda, ArcFace algoritması yüksek doğruluk oranı sunan bir model olarak tercih edilmiştir.

ArcFace, yüz bölgesi tespiti görevlerinde yüksek ayırt ediciliğe sahip özellikler elde etmek için kullanılan bir kayıp fonksiyonudur. Geleneksel olarak bu tür görevlerde SoftMax kaybı kullanılır. ArcFace, yüz bölgesi tespiti için kullanılabilir. Önerilen ArcFace, hiperküre üzerindeki jeodezik mesafeyle tam bir karşılığa sahip olduğu için net bir geometrik yoruma sahiptir. ArcFace fonksiyonu denklem 1 üzerinde verilmiştir [19].

$$L = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \log \frac{e^{W_{y_i}^T x_i + b_{y_i}}}{\sum_{j=1}^n e^{W_j^T x_i + b_j}} \quad (1)$$

Denklem 1’de kullanılan parametrelere ilişkin açıklamalar Tablo 2’de sunulmuştur [19]. Bu çalışmada kullanılan Denklem 1, çok sınıflı sınıflandırma problemleri için yaygın olarak tercih edilen Softmax Cross-Entropy Loss fonksiyonudur. Fonksiyon, modelin tahmin ettiği sınıf dağılımı ile gerçek sınıf etiketi arasındaki farkı ölçerek, sınıflandırma başarımını değerlendirmeye olanak tanır. Bu doğrultuda, Denklem 1’de yer alan parametrelerin matematiksel anlamlarını ve işlevlerini açıklamak amacıyla Tablo 2’de sembollerin karşılıkları detaylı bir şekilde sunulmuştur. Söz konusu tabloda, ortalama kayıp değeri (L), örnek sayısı (N), giriş özellik vektörü (xi), doğru sınıf etiketi (yi), sınıfa ait ağırlık vektörü (Wj), bias terimi (bj) ve sınıf sayısı (n) gibi temel değişkenlerin anlamları açıklanmıştır. Bu sembollerin her biri, modelin öğrenme sürecindeki rolü ve sınıflandırma doğruluğu üzerindeki etkisi açısından önem arz etmektedir.

Tablo 2. Sembol ve anlam detaylı açıklanması.

Sembol	Anlamı
L	Ortalama kayıp (loss) değeri; modelin tahmin performansını ölçer.
N	Toplam örnek sayısı (batch size).
xi	i. girdiye ait özellik vektörü (input feature vector)
yi	i. örneğin doğru (gerçek) sınıf etiketi (label).

Wj	j. sınıfa ait ağırlık vektörü. Modelin öğrenmesi gereken parametre.
bj	j. sınıfa ait bias (sapma) terimi.
n	Toplam sınıf sayısı.

3.2. Çalışmada deneylerde kullanılan veri seti

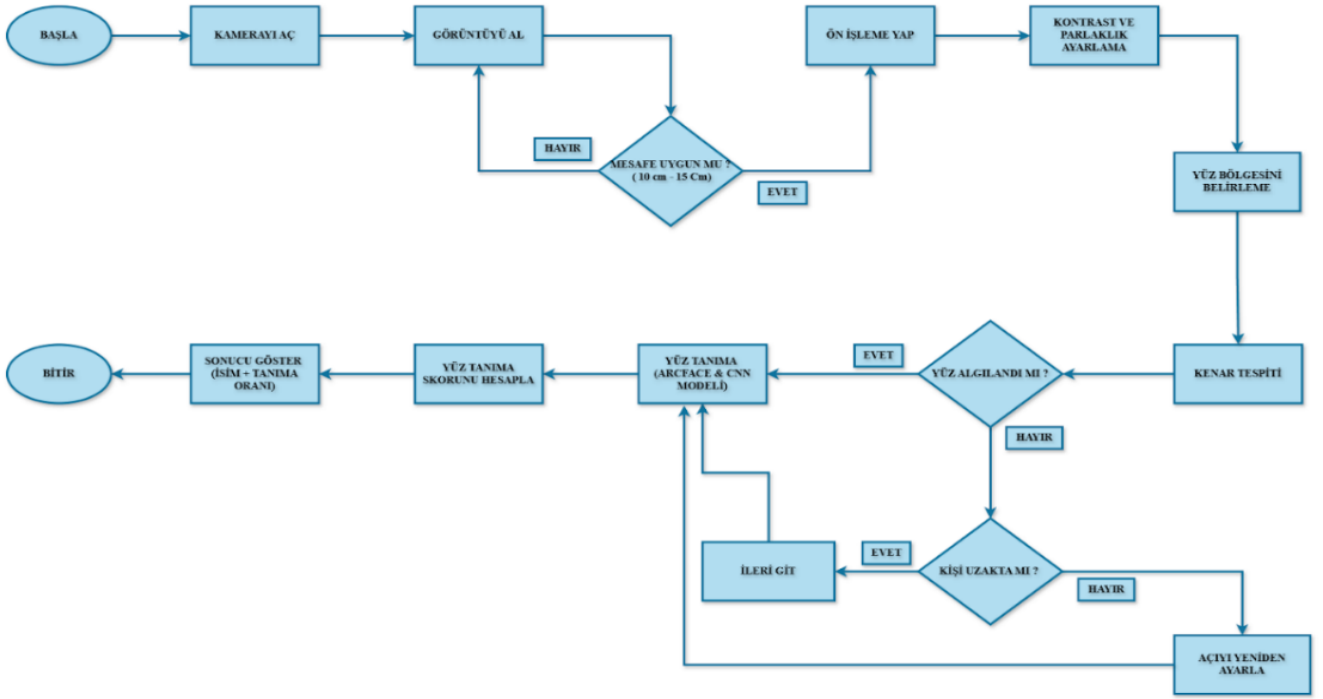


Şekil 1. Aktör yüz veri setinden seçilen yüz örnekleri

Şekil 1’de, bu çalışmada kullanılan “Actors Face Recognition” veri setine ait örnek yüz görüntüleri gösterilmektedir. Bu veri seti, yüz bölgesi tespiti sistemlerinin geliştirilmesi ve test edilmesi amacıyla oluşturulmuş bir kaynaktır. Farklı aktörlere ait yüz ifadelerini içeren veri seti, toplamda 60 adet yüz görüntüsünden oluşmaktadır [34].

3.3. Çalışmanın akış şeması

Şekil 2, geliştirilen YZ tabanlı yüz tespiti sisteminin iş akışını göstermektedir. Süreç, kameradan gerçek zamanlı görüntü alınmasıyla başlamakta ve görüntü üzerinde çeşitli işlemlerin uygulanmasıyla devam etmektedir. Sistemde ışık seviyesi doğrudan ölçülmemekte; deneysel ortamda sabit tutulmuştur. Görüntü alındıktan sonra, kullanıcının kamera ile arasındaki mesafe kontrol edilmektedir. Bu kontrol, belirlenen 10–14 cm mesafe aralığında olup olmadığını değerlendirmek amacıyla bir görsel geri bildirim sistemiyle yapılmaktadır. Uygun mesafe sağlandığında, yüz yeşil çerçeve ile işaretlenir; aksi durumda kırmızı çerçeve ile uyarı verilir. Sonrasında, kontrast ve parlaklık düzeltmesi, yüz bölgesi tespiti ve Canny kenar algılama işlemleri uygulanarak ön işleme tamamlanır. Ön işleme sonrası sistem, yüz algılama işlemini başlatır. Yüz algılanamazsa, sistem mesafe ve açı gibi değişkenleri kontrol ederek kullanıcıyı yönlendirir. Yüz başarıyla algılandığında, ArcFace ve CNN tabanlı modellerle analiz gerçekleştirilir. Tanıma oranı hesaplanır ve elde edilen sonuç ekrana yansıtılır. Tüm bu süreç, gerçek zamanlı analiz sağlayarak sistemin doğruluğunu artırmayı hedeflemektedir.



Şekil 2. Sistemin akış diyagramı

4 Deneyisel çalışmalar

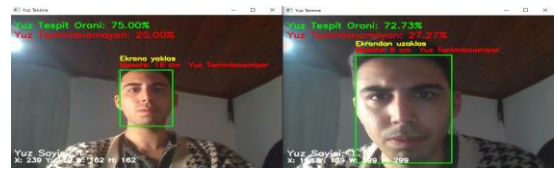
Bu çalışmada, YZ teknolojisinin görüntü işleme ile bütünleştğinde elde edilen performans artışı incelenmiş; özellikle YZ tabanlı yüz bölgesi tespiti uygulamaları ele alınmıştır. Uygulamalar, Python programlama dili kullanılarak PyCharm platformunda OpenCV, NumPy ve OpenCV python programlama dili kütüphaneleri aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Derin öğrenme tabanlı bilgisayarlı görü teknikleri ile gerçek zamanlı görüntü işleme süreçleri detaylı olarak değerlendirilmiştir.

4.1. Yüz bölgesinin tespiti deneyleri

Yüz tespiti öncesinde kullanılan kenar belirleyici algoritmalar, görüntüdeki ani yoğunluk değişimlerini tespit ederek yüz gibi nesnelerin sınırlarının belirlenmesini sağlamıştır. Yüz tespitinin ardından, yüz üzerinde yapısal olarak önemli kabul edilen göz kenarları, burun ucu, ağız köşeleri ve çene hattı gibi noktalara karşılık gelen "facial landmarks" tespit edilmiştir. Bu işlem, hem Haar-Cascade sonrası bölge işleme algoritmalarıyla hem de DNN destekli sistemlerle gerçekleştirilmiştir. Sistem tarafından yüz bölgesi tespiti mesafesi dışına çıkan kullanıcılar için, tanınmanın başarısız olduğu durumlarda ekranda yönlendirme mesajları ("Ekranı yaklaş" veya "Ekrandan uzaklaş") görüntülenmektedir. Bu

yönlendirmeler, yüzün kamera tarafından tanımlanabilir konuma gelmesini sağlamak amacıyla otomatik olarak yapılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan yazılım araçları ve yöntemler bütünleşik bir sistem oluşturacak şekilde yapılandırılmış; deneysel verilerle desteklenerek sistem performansı değerlendirilmiştir.

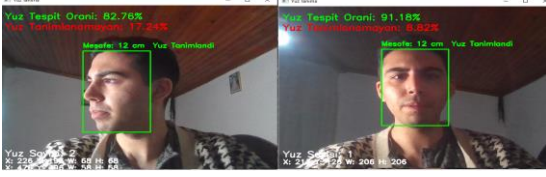
Şekil 3 üzerinde yüz tespiti için tanımlanan eşik değerlerinin dışında kalan bir örnek gösterilmiştir. Görüntü kalitesi, yüz açısı veya ışık yetersizliği gibi nedenlerle model, yüz bölgesini başarılı bir şekilde algılayamamıştır. Bu durum, tespit algoritmasının başarımını doğrudan etkileyen çevresel faktörlerin önemini vurgulamaktadır.



Şekil 3. Yüz bölgesi tespiti eşiği dışında kalan ve tanımlanamayan yüz görseli

Şekil 4 üzerinde sunulan görselde ise, yüz tanımlaması için belirlenen eşik değerleri dahilinde kalan bir örnek yer almaktadır. Bu yüz, Haar-Cascade veya CNN tabanlı modeller tarafından başarıyla algılanmış ve OpenCV'nin tespit

algoritmaları aracılığıyla yüz bölgesi doğru bir şekilde işaretlenmiştir. Gerçekleştirilen bu tespit, daha sonra kenar tespiti kullanılmaktadır.



Şekil 4. Yüz bölgesi tespiti işleminde belirlenen eşik değeri aralığında tanımlanan yüz görseli

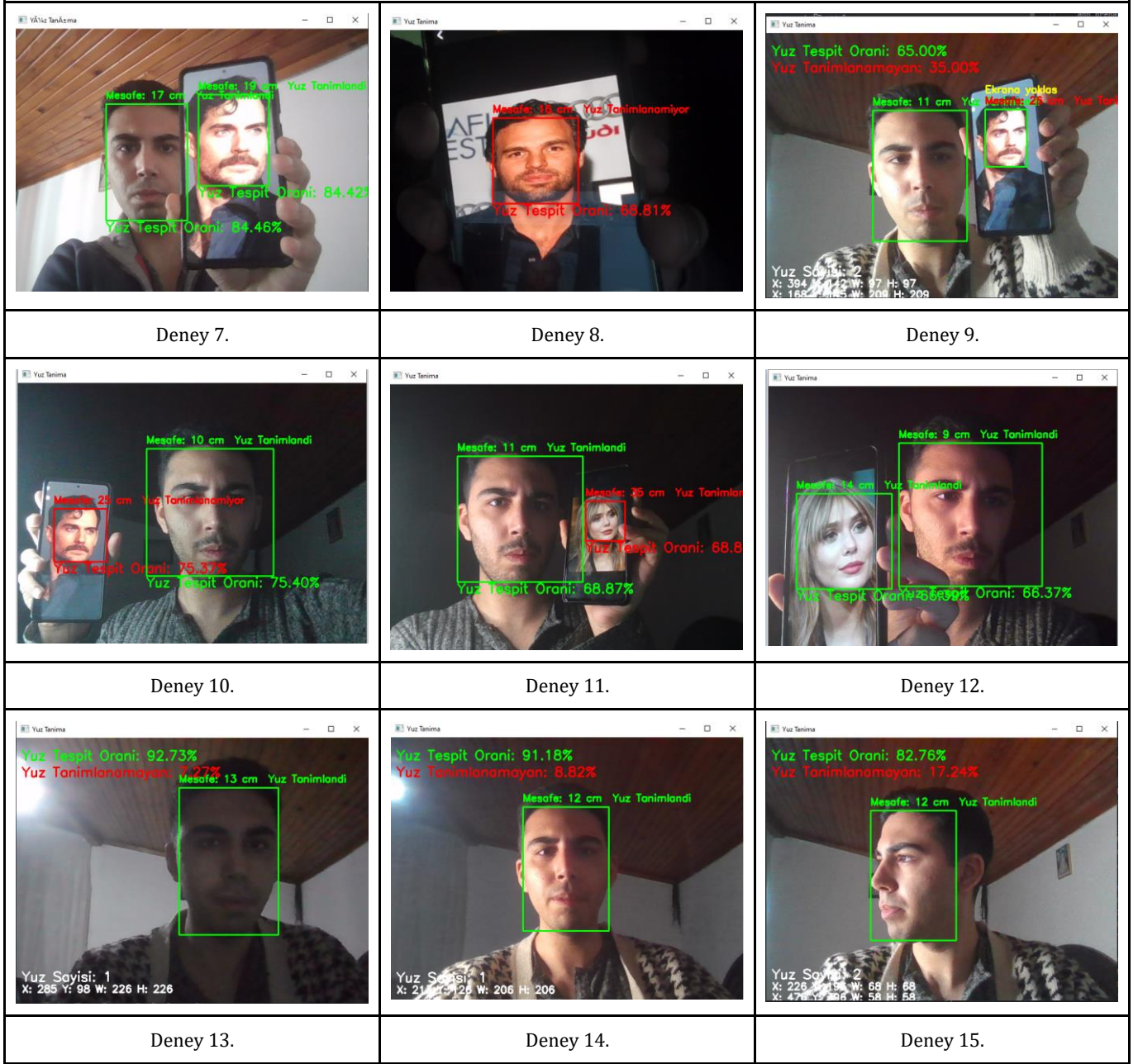
4.2. Çalışmada gerçekleştirilen deneyler

Tablo 3 üzerinde bu çalışmada gerçekleştirilen deneyler sonrasında elde edilen veriler verilmiştir.

Çalışma sonucunda, yüz bölgesi tespit sistemlerinin başarısının; ışık seviyesi, ölçüm mesafesi ve yüz açısı gibi çevresel değişkenlerden önemli ölçüde etkilendiği gözlemlenmiştir. Özellikle iyi aydınlatılmış ortamlarda yüksek doğruluk oranlarına ulaşılırken, düşük ışık koşulları ve farklı açılardan yapılan çekimlerde tespit performansında ciddi düşüşler meydana gelmiştir. Ayrıca, canlı yüzlerle kıyasla, telefon ekranı gibi ortamlardaki yüz görüntülerinde tespit başarı oranının daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular, YZ destekli karar verme sistemlerinin doğruluğunu ve verimliliğini artırmaya yönelik önemli katkılar sunmaktadır.

Tablo 3. Deney süreçlerinden elde edilen ekran görüntüleri.

Deney 1.	Deney 2.	Deney 3.
Deney 4.	Deney 5.	Deney 6.



Tablo 4. Deneylerin başarı ve hata oranı sonuçları.

Deney No	Deneyin Ortamı	Deneyde Tespit Edilen Yüz Sayısı	Haar-cascade	Arcface	Doğruluk (Accuracy)
1	Yüksek ışık (Aydınlık Ortam)	2	İçeriyor	İçermiyor	%47.21
2	Yüksek ışık (Aydınlık Ortam)	3	İçeriyor	İçermiyor	%40.06
3	Düşük ışık	3	İçeriyor	İçermiyor	%49.25
4	Çok düşük ışık	2	İçeriyor	İçermiyor	%72.96
5	Çok düşük ışık	2	İçeriyor	İçermiyor	%65.37
6	Çok düşük ışık	1	İçeriyor	İçermiyor	%80.85
7	Yüksek ışık (aydınlık ortam)	2	İçermiyor	İçeriyor	%84.46
8	Çok düşük ışık	1	İçeriyor	İçermiyor	%68.81
9	Yüksek ışık (aydınlık ortam)	2	İçeriyor	İçeriyor	%65
10	Çok düşük ışık	2	İçeriyor	İçermiyor	%75.40
11	Çok düşük ışık	2	İçeriyor	İçermiyor	%68.87

12	Çok düşük ışık	2	İçeriyor	İçermiyor	%66.37
13	Çok düşük ışık	1	İçeriyor	İçeriyor	%92.73
14	Çok düşük ışık	1	İçeriyor	İçeriyor	%91.18
15	Çok düşük ışık	1	İçeriyor	İçeriyor	%82.76

Tablo 3'te bu çalışmada gerçekleştirilen 15 farklı deney, yüz bölgesi tespiti sistemlerinin ışık seviyesi, ölçüm mesafesi, yüz açısı ve veri kaynağı gibi faktörlerden nasıl etkilendiğini analiz etmek amacıyla tasarlanmıştır. Deneylerde hem canlı yüzler hem de telefon ekranındaki yüz görüntüleri kullanılarak sistemin farklı koşullardaki performansı değerlendirilmiştir. Bulgular, yüz bölgesi tespiti oranlarının özellikle ışık seviyesi, mesafe ve yüz açısına bağlı olarak önemli değişiklikler gösterdiğini ortaya koymuştur. Deney ortamları; aydınlık ortam, düşük ışık ve çok düşük ışık olmak üzere sınıflandırılmıştır. Daha önce kullanılan "karanlığa yakın ışık seviyesi" gibi belirsiz tanımlamalar yerine, ışık koşulları bu çalışmada daha teknik terimlerle ifade edilmiştir. Işığın seviyesi, yüz bölgesi tespiti performansı üzerinde doğrudan etkili bir faktör olarak belirlenmiştir. Aydınlık ortamlarda yüksek tespit oranlarına ulaşılırken, düşük ışık koşullarında bu oranlarda ciddi azalmalar gözlemlenmiştir. Ölçüm mesafesi ve yüz açısı da tespit doğruluğunu etkileyen diğer temel parametreler arasında yer almaktadır.

Haar-Cascade yüz tespitini kullanarak yüzlerin konumlarını belirledikten sonra, bu yüzlerin koordinatları ArcFace'e gönderilmiştir ve ArcFace, yüzlerin kime ait olduğunu tanımaktadır. Eğer yüz başarıyla tanınırsa, doğru tespit olarak kaydedilmekte; eğer yüz tanınmazsa "Yüz Tanımlanamadı" olarak işaretlenmektedir. Ayrıca, mesafe hesaplaması yapılarak ekrana yaklaşma veya uzaklaşma uyarıları verilmekte, böylece Haar-Cascade yüz tespiti ve ArcFace yüz bölgesi tespiti birlikte çalışarak daha doğru bir sonuç elde edilmektedir.

Deney 1 ve Deney 2'de, Haar-cascade ile iyi aydınlatılmış bir ortamda yapılan yüz bölgesi tespiti testlerinde, farklı ölçüm mesafelerine rağmen tespit oranları sırasıyla %47,21 ve %40,06 seviyesinde korunmuştur. Bu deneyde sadece Haar-cascade algoritması kullanılmıştır.

Deney 3 ve Deney 4'te, Haar-cascade ile düşük ışık koşullarında yüz bölgesi tespiti performansı analiz edilmiştir. Deney 3'te, ışığın az olduğu ortamda %50,75 oranında düşüş gözlemlenirken, Deney 4'te, bazı yüzlerin daha başarılı algılandığı ve tespit

oranlarında %72,96 oranı olduğu belirlenmiştir. Bu durum, bazı yüzlerin düşük ışık altında daha iyi algılanabildiğini göstermektedir. Bu deneyde sadece Haar-cascade algoritması kullanılmıştır.

Deney 5 ve Deney 6'da Haar-cascade ile ışığın karanlığa yakın olduğu ortamlarda, farklı yüz açıların ve mesafelerin etkileri incelenmiştir. Deney 5'te tespit oranı %65,37 olarak kaydedilirken, Deney 6'da ise telefon kamerasının çevresel koşullarının YZ algoritması ile iyileştirilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu deneyde sadece Haar-cascade algoritması kullanılmıştır.

Deney 7, Deney 9 ve Deney 12'de, telefon ekranındaki yüz görüntülerinin kullanıldığı testlerde başarı oranları sırasıyla %84,46, %65 ve %66,37'dir. Deney 7 için yüz bölgesi tespiti oranları her yüz görüntüsü için ayrı hesaplanmıştır ve sadece ArcFace algoritması kullanılmıştır. Deney 9 için ise iki yüzün algılanma oranının ortalaması sol üst köşeye yazılmıştır ve Haar-cascade ve ArcFace algoritması birlikte kullanılmıştır. Bu düşüşler, telefon ekranındaki yüzlerin algılanmasının canlı yüzlerle kıyasla daha zor olduğunu göstermektedir.

Deney 10 ve Deney 11'de, ölçüm mesafesinin ve çekim açısının yüz bölgesi tespiti üzerindeki etkisi test edilmiştir. Sağ ve sol açılardan yapılan çekimlerin tespit oranlarını değiştirdiği gözlemlenmiş ve tespit oranları sırasıyla %75,40 ve %68,87 olarak kaydedilmiştir. Bu deneyde sadece Haar-cascade algoritması kullanılmıştır.

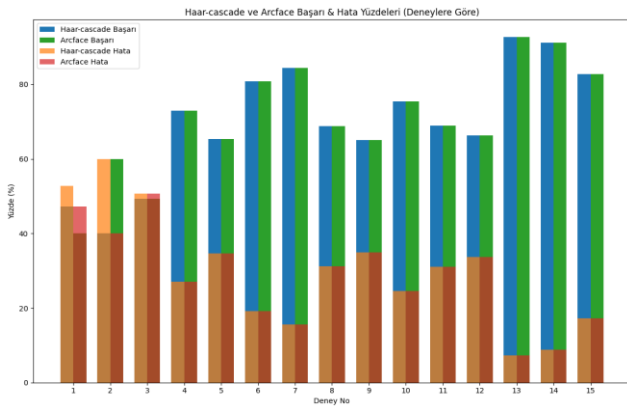
Deney 8'de, telefon ekranındaki yüz görüntüsünün tanımlı olmayan bir mesafe aralığında olması, tespit oranında %31,19 oranında düşüşe neden olmuştur. Bu deneyde sadece Haar-cascade algoritması kullanılmıştır.

Deney 13, 14 ve 15'te, Haar-cascade ve ArcFace yöntemleri kullanılarak düşük ışık seviyelerinde gerçekleştirilen ölçümlerde, belirlenen unsurun tespit oranları sırasıyla %92,73, %98 ve %82,76 olarak kaydedilmiştir. Deney 15 için ise Haar-cascade algoritmasının yüzün sağ ve sol profillerinin anlık algılanmasında fazladan yüz ekleme gibi bir hatası bulunmaktadır. Bu deneyde

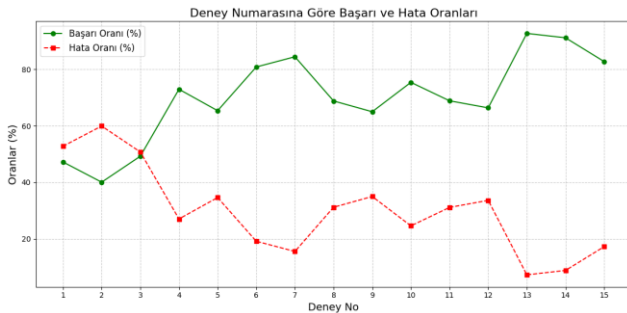
Haar-cascade ve ArcFace algoritması birlikte kullanılmıştır.

5 Sonuçlar ve tartışmalar

Bu çalışmada, YZ tabanlı yüz bölgesi tespiti sistemlerinin farklı çevresel koşullardaki performansı deneysel olarak incelenmiştir. Gerçekleştirilen 15 farklı deney; ışık seviyesi, ölçüm mesafesi, yüz açısı ve veri kaynağı (canlı yüz veya ekran görüntüsü) gibi değişkenlerin yüz tespit oranı üzerindeki etkisini analiz etmeyi amaçlamaktadır. Elde edilen görsel sonuçlar Şekil 5 ve Şekil 6'da çubuk ve çizgi grafikleriyle sunulmuştur.



Şekil 5. Geliştirilen sisteme ait doğruluk ve hata oranları (çubuk grafiği)



Şekil 6. Geliştirilen sisteme ait doğruluk ve hata oranları (çizgi grafiği)

Deneyler sonucunda, özellikle düşük ışık koşullarında yüz tespit oranlarının düştüğü, bazı durumlarda ise belirli yüzlerin bu koşullarda daha net algılandığı gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, farklı mesafelerden ve açılardan yapılan ölçümler, tanıma başarısında düşüşe neden olmuştur. Bu bağlamda, aydınlatma, mesafe ve açısal değişiklikler, tanıma oranlarını etkileyen kritik faktörler olarak öne çıkmaktadır. Yüz bölgesi

tespiti için tercih edilen ArcFace tabanlı modeller, klasik softmax yaklaşımlarına kıyasla daha ayırık ve genelleştirilebilir yüz temsilleri üretmekte; bu da sistemin genel tanıma başarımını artırmaktadır. Bununla birlikte, düşük ışık, yüksek açısal sapmalar ve uzak mesafe gibi zorlu senaryolarda ArcFace performansı dalgalanma gösterebilmektedir. Ayrıca, kullanılan veri setlerinde sınıflar arasında veri dengesizliği bulunması, bazı yüzlerin sistem tarafından daha az başarılı tanınmasına neden olmuştur. Bu durum, gelecekteki çalışmalarda sınıf dengesi gözetilerek oluşturulacak veri setlerinin önemini ortaya koymaktadır.

Deneylerden elde edilen ana bulgular şunlardır:

Işık seviyesinin düşük olduğu ortamlarda yüz tespitinde genel olarak düşüş gözlemlenmiş, ancak Deney 4'te olduğu gibi belirli durumlarda tespit oranında artış yaşanmıştır.

Ölçüm mesafesi, açı farkları, kişi sayısının artması ve ortam ışıklandırması sistemin yüz bölgesi tespiti başarısını olumsuz etkilemiş, özellikle Deney 1, 2, 5'te ciddi düşüşler meydana gelmiştir.

Telefon ekranındaki yüz görüntüleri, canlı yüzlerle kıyasla tespit oranlarını önemli ölçüde düşürmüştür (Deney 7, 9 ve 12). Deney 7 için yüz bölgesi tespiti oranları her yüz görüntüsü için ayrı hesaplanmıştır. Deney 9 için ise iki yüzün algılanma oranının ortalaması sol üst köşeye yazılmıştır. Telefon ekranındaki yüzün tam ortalanmaması gibi faktörlerde sonuçları etkilemiştir.

Deney 6'da telefon kamerasının çevresinin YZ algoritması ile düzeltilmesi gerektiği belirlenmiştir.

Deney 10 ve 11'de, yüz bölgesi tespiti sistemlerinin sağ ve sol açılardan yapılan çekimlere duyarlı olduğu ve bu değişkenlerin tespit oranlarını etkilediği görülmüştür.

Sistemimizin en başarılı sonuçları, sırasıyla 13, 14 ve 15 numaralı testlerde elde edilmiştir. Haar-cascade ve ArcFace yöntemlerinin birlikte kullanılmasıyla en doğru sonuçlar alınmıştır.

Çalışmanın genel sonuçları değerlendirildiğinde, yapay zeka tabanlı yüz bölgesi tespiti sistemlerinde ışık şiddeti, ışığın yönü, yüz ile kamera arasındaki mesafe, yüz açısı ve kullanılan veri setinin çeşitliliği gibi çevresel ve yapısal faktörlerin sistem performansı üzerinde doğrudan etkili olduğu belirlenmiştir. Gerçekleştirilen 15

deney boyunca, sisteme entegre edilen ArcFace, Haar Cascade ve CNN gibi yöntemlerin aşamalı olarak kullanılması başarı oranını %40'tan %92,75'e kadar yükseltmiştir. Bu durum, çoklu algoritmaların birlikte kullanımının sistem doğruluğunu artırmada etkili olduğunu ortaya koymuştur. Kullanılan OpenCV tabanlı görüntü ön işleme adımları, yüz tespit doğruluğuna katkı sağlamış; ancak sistemin daha geniş ortamlarda kararlı çalışabilmesi için ek iyileştirmelere ihtiyaç duyulduğu görülmüştür. Bu kapsamda, TensorFlow veya PyTorch gibi ileri seviye derin öğrenme kütüphanelerinin entegrasyonu önerilmektedir. Gelecekteki çalışmalarda; düşük ışık koşullarında başarıyı artırmak amacıyla görüntü iyileştirme algoritmaları, yansıma ve ekran parlaklığı gibi zorluklara karşı özel veri artırımı stratejileri ve IR kamera desteği gibi donanımsal çözümler dikkate alınmalıdır. Ayrıca, farklı açılardan alınan yüz görüntüleriyle eğitim sağlanarak modelin genelleme yeteneği artırılabilir. Kamera açısı ve mesafeye duyarlı otomatik ayarlama mekanizmalarının entegrasyonu da sistemin gerçek zamanlı uygulamalardaki başarımını güçlendirecektir. Sonuç olarak, bu çalışma; YZ tabanlı yüz tespiti sistemlerinin gerçek zamanlı ortamlarda performansını artırmaya yönelik çeşitli tekniklerin etkili bir şekilde entegre edilmesini ve gelecekteki araştırmalar için somut geliştirme alanlarını ortaya koymaktadır.

Kaynaklar

- [1] Ogundokun R O, Maskeliūnas R, Damaševičius R. "Human posture detection using image augmentation and hyperparameter-optimized transfer learning algorithms". *Applied Sciences*, 12(19), 10156, 2022.
- [2] Eldem A., Eldem H, Palalı A. "Görüntü işleme teknikleriyle yüz algılama sistemi geliştirme". *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 44-48. 2017.
- [3] Sözeri V, Keskin O, Harmanşah C, Kozak İ, Kibar E. N. "Görüntü İşleme Algoritmalarına Dayalı Olarak Manyetik Parçacık Test Görüntülerinde Kusur Tespitinin Araştırılması". *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(1), 115-122. 2023.
- [4] Lee M F R, Chen Y C, Tsai C Y. "Deep learning-based human body posture recognition and tracking for unmanned aerial vehicles". *Processes*, 10(11), 2295, 2022.
- [5] Karadağ N, Çetinkaya A, Aydın H. "Yerel İkili Desenler Histogramları ile Covid-19 Tanılı Kişiler Üzerinde Kimlik Analizi ve Bildiri Sistemi". *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6(3), 172-183. 2020.
- [6] Akyel C, Arıcı N. "Cilt Kanseri Görüntülerinde FCN8-ResNetC ve Görüntü İşleme ile Kıl Temizliği ve Lezyon Bölütleme". *International Journal of InformaticsTechnologies*, 15(2). 2022.
- [7] Aksoy B, Korucu K, Çalışkan Ö, Osmanbey Ş, Halis, H. D. "İnsansız hava aracı ile görüntü işleme ve yapay zekâ teknikleri kullanılarak yangın tespiti: örnek bir uygulama". *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(6), 112-122, 2021.
- [8] Elforaici M E A, Chaaraoui I, Bouachir W, Ouakrim Y, Mezghani N. "Posture recognition using an RGB-D camera: exploring 3D body modeling and deep learning approaches". *In 2018 IEEE life sciences conference (LSC)*, (pp. 69-72), IEEE, 2018.
- [9] Yılmaz O, Aydın H, Çetinkaya A. "Faster R-CNN Evrimsel sinir ağı üzerinde geliştirilen modelin derin öğrenme yöntemleri ile doğruluk tahmini ve analizi: Nesne Tespiti Uygulaması". *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 783-795, 2020.
- [10] Akçelik C, Okatan A, Çetinkaya A. "Face and emotion recognition using deep learning based on computer vision methods". *Ntmsci*, 11, 12. 2021.
- [11] Cao L, Zhai Y. "Imbalanced data classification based on a hybrid resampling SVM method". *In 2015 IEEE 12th Intl Conf on Ubiquitous Intelligence and Computing and 2015 IEEE 12th Intl Conf on Autonomic and Trusted Computing and 2015 IEEE 15th Intl Conf on Scalable Computing and Communications and Its Associated Workshops (UIC-ATC-ScalCom)*, (pp. 1533-1536). IEEE, 2015.
- [12] Wang F, Zheng M, Ma K, Hu X. "Resampling approach for imbalanced data classification based on class instance density per feature value intervals". *Information Sciences*, 692, 121570, 2025.
- [13] He, H., & Garcia, E. A. "Learning from imbalanced data". *IEEE Transactions on knowledge and data engineering*, 21(9), 1263-1284, 2009.
- [14] Zheng Z, Cai Y, Li Y. "Oversampling method for imbalanced classification". *Computing and Informatics*, 34(5), 1017-1037, 2015.
- [15] Montero D, Nieto M, Leskovsky P, Aginako N. "Boosting masked face recognition with multi-task arcface". *In 2022 16th International Conference on Signal-Image Technology & Internet-Based Systems (SITIS)*, (pp. 184-189). IEEE, 2022.
- [16] Deng J, Guo J, Xue N, Zafeiriou S. "Arcface: Additive angular margin loss for deep face recognition". *In Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*, (pp. 4690-4699), 2019.
- [17] Firmansyah A, Kusumasari T F, Alam E N. "Comparison of face recognition accuracy of ArcFace, FaceNet and FaceNet512 models on deepface framework". *In 2023 International conference on computer science, information*

- technology and engineering (ICCoSITE), (pp. 535-539). IEEE, 2023.
- [18] Serengil S, Özpınar A. "A benchmark of facial recognition pipelines and co-usability performances of modules". *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 17(2), 95-107, 2024.
- [19] Asmara R A, Sayudha B, Mentari M, Budiman R P P, Handayani A N, Ridwan M, Arhandi P P. "Face recognition using arcface and facenet in google cloud platform for attendance system mobile application". In *Proceedings of the 2022 Annual Technology, Applied Science and Engineering Conference (ATASEC 2022)*, (Vol. 219, pp. 134-144), 2022.
- [20] Liu H, Zhu X, Lei Z, Li S Z. "Adaptiveface: Adaptive margin and sampling for face recognition". In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*, (pp. 11947-11956), 2019.
- [21] Rothe R, Timofte R, Van Gool L. "Dex: Deep expectation of apparent age from a single image". In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision workshops*, (pp. 10-15). 2015.
- [22] Şeker A, Diri B, Balık H H. "Derin öğrenme yöntemleri ve uygulamaları hakkında bir inceleme". *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(3), 47-64, 2017.
- [23] He K, Zhang X, Ren S, Sun J. "Deep residual learning for image recognition". In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, (pp. 770-778). 2016.
- [24] Taigman Y, Yang M, Ranzato M A, Wolf L, "Deepface: Closing the gap to human-level performance in face verification". In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, (pp. 1701-1708), 2014.
- [25] Cengiz E, Harman G. "Dengesiz Ml-Tabanlı Nıds Veri Setlerinin Sınıflandırma Performanslarının Karşılaştırılması". *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (41), 349-356, 2022.
- [26] Zhang Y, Deng L, Wei B. "Imbalanced Data Classification Based on Improved Random-SMOTE and Feature Standard Deviation". *Mathematics*, 12(11), 1709, 2024.
- [27] Acı N, Kuluöztürk M F. "Accuracy Detection in Some Sports Training Using Computer Vision and Deep Learning Techniques". *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, 13(2), 133-158, 2023.
- [28] Berk Y, Bingöl M. "Fitness ve vücut geliştirme yapan bireylerin sağlıklı yaşam alışkanlıklarının incelenmesi". *Gaziantep Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 8(1), 93-105, 2023.
- [29] Kocaman A B, Kılınç N. "Giyim endüstrisi için 20-32 yaş arası kadınlarda bölümlerine göre vücut şeklinin tahminlenmesi üzerine bir araştırma". *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 14(2), 938-952, 2024.
- [30] Öniz M, Koç M, Göçer İ, Müniroğlu R S. Mobil "Uygulamalar ile Atletik Performansın Değerlendirilmesinde Güncel Trendler". *Iğdır Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 7(1), 36-58, 2024.
- [31] Özsoy D, Özsoy Y, Karakuş O. "Endüstri 5.0'da Spor". *Fenerbahçe Üniversitesi Spor Bilimleri Dergisi*, 3(2), 83-94, 2023.
- [32] Çetinkaya A, Gök M, "k-NN Sınıflandırma Yöntemi". *Makine Öğrenmesi Algoritmaları* (pp.186-198), Ankara: Nobel Yayınevi, 2024.
- [33] Ser G, Bati C T. "Derin sinir ağları ile en iyi modelin belirlenmesi: mantar verileri üzerine Keras uygulaması". *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 29(3), 406-417. 2019.
- [34] Actors Face Recognition Computer Vision Project Dataset. URL: <https://universe.roboflow.com/alpha-jigfo/actors-face-recognition> , Son Erişim Tarihi: 20.01.2025
- [35] Onur F, Gönen S, Barışkan M A, Kubat C, Tunay M, Yılmaz E N. "Machine learning-based identification of cybersecurity threats affecting autonomous vehicle systems". *Computers & Industrial Engineering*, 190, 110088, "2024".
- [36] Sentürk K, Gormuş A F, Gonen S, Barışkan M A, Durmaz A K. "Artificial intelligence-enhanced intrusion detection systems for drone security: a real-time evaluation of algorithmic efficacy in mitigating wireless vulnerabilities". *Cluster Computing*, 28(3), 175, 2025.
- [37] Yaşar Ç, Çetinkaya T S. "Anne sağlığı riskine yönelik makine öğrenmesi tahmin modelleri karşılaştırılması". *Veri Bilimi*, 7(2), 22-29, 2024.
- [38] Sadıkoğlu E, Gök M, Mijwıl M M, Kösesoy İ. "The evolution and impact of large language model chatbots in social media: A comprehensive review of past, present, and future applications". *Veri Bilimi*, 6(2), 67-76, 2023.