

ERUBABYFACED: Yeni Bir Bebek Yüz Tanıma Veri Seti ve Derin Öğrenme ile Tespit ve Tanınması

Tayyip Özcan*¹, Beyza Nur Aydemir²

¹ Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği, KAYSERİ

² Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, KAYSERİ

(Alınış / Received: 18.07.2023, Kabul / Accepted: 19.10.2023, Online Yayınlanma / Published Online: 30.12.2023)

Anahtar Kelimeler

Derin öğrenme,
Yüz tespit,
Yüz tanıma,
Bebek tanıma,
TensorFlow Lite,
ERUBABYFACED

Öz: Yüz tanıma, bir kişinin yüz biyometrik verisini kullanarak kişinin tanınmasını sağlayan sistemdir. Yüz tespiti ve tanıma, günümüzde yapay zeka, görüntü işleme ve bilgisayarlı görü gibi alanlarda kullanılmaktadır. Yeni doğan bebeklerde ise yüz tanıma sistemi zorlu bir süreç gerektirmektedir. Araştırmacılar son yıllarda yüz tespit ve tanıma üzerine çokça araştırmalar yapmıştır. Evrişimli sinir ağları (CNN), yüz tanıma çalışmalarında en sık kullanılan yöntemler arasında yerini almıştır. Her ne kadar yüz tanıma üzerine kamuya açık çokça yetişkin yüzlerinden oluşan veri seti bulunsa da bebek yüzlerinden oluşan veri setine ulaşmak oldukça zordur. Bu yüzden bu çalışmada ilk olarak 10 bebeğe ait toplamda 128 imge içeren ERUBABYFACED adında yeni bir veri seti oluşturulmuştur. Bu çalışmada CNN yöntemi kullanarak bebeklerde yüz tespit ve tanıma çalışmaları gerçekleştirilmiştir. ERUBABYFACED veri seti deneysel çalışmalarda kullanılmıştır. Etiketlenen veriler, TensorFlow kütüphanesi tabanlı TensorFlow Lite modeli elde edilecek şekilde eğitilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda %95'e kadar başarı oranı elde edilmiştir.

ERUBABYFACED: A New Baby Face Recognition Dataset and Its Detection and Recognition using Deep Learning

Keywords

Deep learning,
Face detection,
Face recognition,
Baby recognition,
TensorFlow Lite,
ERUBABYFACED

Abstract: Face recognition is a system that enables a person to be identified using facial biometric data. Face detection and recognition are used in fields such as artificial intelligence, image processing and computer vision. In newborn babies, the face recognition system requires a challenging process. Researchers have done a lot of research on face detection and recognition in recent years. Convolutional neural networks (CNN) have taken their place among the most frequently used methods in face recognition studies. Although there is a large publicly available dataset of adult faces on face recognition, it is very difficult to reach the dataset of baby faces. Therefore, in this study, firstly, a new dataset called ERUBABYFACED, which contains 128 images of 10 babies, was created. In this paper, face detection and recognition works were carried out in infants using the CNN method. The ERUBABYFACED dataset was used in experimental studies. The labeled data is trained to obtain a TensorFlow Lite model based on the TensorFlow library. As a result of experimental studies, a success rate of up to 95% was obtained.

*İlgili Yazar, email: tozcan@erciyes.edu.tr

1. Giriş

Yüz tespiti, bir görüntüde yer alan yüzlerin bölgelerinin bulunmasıdır. Tespit edilen yüzlerden özellikler çıkarılarak kimliklendirilmesi ve sınıflandırılması işlemi ise yüz tanımadır [1]. Yüz tanıma, güvenlik ve erişim

kontrolü, sınır kontrolü, suç önleme ve soruşturma, eğitim ve devamsızlık takibi ile mobil cihaz ve kişisel güvenlik alanları gibi birçok alanda kullanılmaktadır [2].

Yüz tanıma, araştırmacıların yoğun olarak üzerinde çalıştığı bir konudur. Üzerinde çalışılan en yaygın algoritmalar: Eigenfaces, Fisherfaces, Local Binary Patterns ve Evrişimli Sinir Ağları (Convolutional Neural Networks, CNN) [3] olarak sıralanabilir. Yüz görüntülerinin birden fazla dalga boyunda elde edilmesi ve bu görüntülerin birleştirilmesi, çoklu spektral görüntüleme veya çoklu dalga boyunda görüntü işleme olarak adlandırılan bir teknikle gerçekleştirilebilir. Bu teknik, yüz analizi ve tanıma gibi çeşitli uygulamalarda kullanışlı olabilir.

Gelişen teknoloji ile büyük verileri işleme olanağı arttığından, CNN tabanlı yöntemler son yılların popüler algoritma seçimi haline gelmiştir. CNN tabanlı yüz tanıma sistemleri büyük verilerle derin öğrenmeye dayalı olarak çalışmaktadır. Birçok evrişim ve tam bağlantılı katmana sahip olan CNN, yüz imgelerini işleyerek, bu imgelerden özellikler çıkarır ve yüz tanıma işlemini gerçekleştirir. CNN tabanlı yöntemlerle yüksek doğruluk oranında başarılı sonuçlar elde edilmektedir [4].

CNN gibi derin öğrenme modellerini uygulamak için bazı kütüphaneler geliştirilmiştir. Bunlardan birisi TensorFlow'dur [5]. Bu kütüphane, CNN'ler için geliştirilmiş birçok araç ve özellikler sunmaktadır. Model eğitiminden sonuçların gösterilmesine kadar katkı sağlar. Keras API'si ile birlikte sinir ağları oluşturmayı, eğitmeyi ve değerlendirmeyi kolaylaştırır. Hesaplamaların verimliliğini artırmak için işlem optimizasyonu, otomatik diferansiyon ve GPU hızlandırması gibi yöntemleri kullanır. Ön eğitilmiş CNN modelleri sunmaktadır. Bu modeller kullanılarak daha basit ve etkili yöntemler ortaya çıkarılmaktadır. Ortaya çıkarılan bu yöntemlerle büyük ölçekli veri setleri üzerinde görüntü sınıflandırma, nesne tespiti ve takibi gibi görevler gerçekleştirilmektedir.

TensorFlow Lite [6], mobil ve gömülü sistemlerde kullanılmak üzere, TensorFlow modellerini hafifletmek için geliştirilen bir TensorFlow kütüphanesidir. Bu kütüphane ile yapay zeka modellerinin mobil uygulamalarda entegrasyonu kolaylaşmakta, düşük güç tüketimi, hızlı performans ve yerel cihazlarda çalışabilirlik özellikleri kazanılmaktadır. Transfer öğrenme ile daha verimli ve hızlı bir biçimde yeni görevlere adapte olabilen ön eğitilmiş modelleri desteklemektedir.

Mobil ve IoT sistemlerinde kullanılabilecek TensorFlow Lite modelleri için yapılan bazı literatür çalışmaları aşağıda sunulduğu gibidir:

Fadlilah ve arkadaşları [7] duyma engelli insanlar ile iletişimi kolaylaştırmak için android cep telefonlarında kullanılmak üzere BisAndro öğrenme uygulaması üzerine çalışmışlardır. Her ülkenin kendi işaret dili bulunmasının yanı sıra Endonezya'da SIBI ve BISINDO olmak üzere 2 tür işaret dili bulunmaktadır. Ancak BISINDO, SIBI gibi resmi bir işaret dili değildir. Fadlilah ve arkadaşları [7] tarafından BISINDO dilini de yaygınlaştırmak amacıyla android uygulaması geliştirme ihtiyacı duymuştur. İlgili çalışmada CNN ve Tensorflow Lite kütüphanesi kullanılması kararlaştırılmıştır. Zeroual ve ekibi [8] tarafından mobil bulut ortamında derin sinir ağı ile ince ayar yöntemi kullanılarak yüz tanıma için model önerilmiştir. Mobil telefonlarını kullanan kişilerin artması ile birlikte güvenliğin mobil bulutta zorlu hale geldiğini düşündükleri için bu yöntemi önermişlerdir. Bulut veya hesaplama kaynaklarına ihtiyaç duymadan mobilde tanıma yapmak amaçlanmaktadır. Çalışmada mobil için Tensorflow Lite derin öğrenme kütüphanesi kullanılmıştır. Daha öncesinde Python Keras kütüphanesi kullanılarak elde edilen %99,50 doğruluk oranı Tensorflow Lite derin öğrenme kütüphanesi kullanılarak %100'e ulaşmıştır. Alsing [9] algılanacak nesnelere özelliklerinden bağımsız olarak görüntülerdeki nesnelere algılamak için karmaşık makine öğrenimi modelleri oluşturmaktadır. Alsing mobil cihazlarda gerçek zamanlı video akışlarında nesne algılama için derin öğrenme modelleri kullanmanın uygulanabilirliğini, nesne algılama performansı ve çıkarım gecikmesi açısından uçtan uca bir sistem veya mevcut algoritmalar için özellik çıkarma üzerine çalışmıştır [9]. Mobil cihazlarda kullanım için Post-it notu nesne algılayıcı CNN'i oluşturmaya yönelik bir yaklaşım ortaya koymuştur. Çoklu tabanlı modeller ve nesne algılama çerçeveleri kullanarak, bir android uygulamasındaki notların gerçek zamanlı olarak algılanması için çeşitli modelleri başarılı bir şekilde eğitmiş ve uygulamıştır. Abed ve arkadaşları [10] Covid-19'un yaşamın birçok alanında aksamalara ve salgının etkisini azaltmak için de yüz maskesi takılarak salgının kontrol altına alınmasının gerektiğini düşünerek manuel olarak maske kontrolü yapılması yerine otomatik maske kontrolünün yapılabileceği bir sistem önermişlerdir. Önerilen sistem gerçek zamanlı gözetim canlı kızılötesi (IR) kameralı derin öğrenme platformlarına dayalı bir sistemdir. Sistemde YOLOv3 ve Tensorflow Lite isimli nesne algılama platformları kullanılmıştır. İki model, maskeli ve maskesiz kişilerin görüntülerinden oluşan bir veri seti ile eğitilmiş olup ilgili çalışma Google Colab ile simüle edilmiştir ve ardından Raspberry Pi 4 model B, 8 GB RAM adlı hızlı GPU ile eşleştirilmiş gömülü bir cihazda gerçek zamanlı olarak test edilmiştir. Kesinlik oranı ve işlem süresine bağlı olarak performanslarını doğrulamak için iki model arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Sonuç olarak sistem yüksek çıkarım hızıyla tek bir sahnede 10 adede kadar yüz maskesini gerçek zamanlı olarak algılamayı da başarmıştır. Görme engellilerin android tabanlı bir cep

telefonunda kullanması için çevrelerindeki nesnelere algılayarak nesnelere çarpmadan hareket etmelerini sağlayacak bir sistem Aralıkatti ve arkadaşları [11] tarafından önerilmiştir. Sistemde nesnelere tespit, cep telefonu kamerasından çekilen gerçek zamanlı bir videodan yapılmaktadır. OpenCV, YOLO ve FaceNet kullanılarak videodan insanlar ve nesnelere tespit edilmektedir. Bir insan algılandığında sistem kişiyi tanımlamaktadır. Tespit edilen insanlar ve nesnelere kullanıcıya ses formatında sunulmaktadır.

Bebek yüz tanıma süreci, erişkin insanların yüz tanıma sürecine göre oldukça zorlu aşamalar gerektirmektedir. Ayrıca bebek yüz tanıma üzerine kamuya açık veri seti bulmak oldukça güçtür. Bu nedenle etik kurul izin belgesi alınarak bu çalışma için yeni bir bebek yüz veri seti oluşturulmuştur. ERUBABYFACED isimli yeni veri seti, 10 farklı bebeğe ait toplamda 128 görüntüden oluşmaktadır.

Bu çalışmada TensorFlow Lite kütüphanesi ile ERUBABYFACED veri seti kullanılarak mobil ve IoT cihazlar için bebek yüz tespit ve tanıma modeli geliştirilmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda %95'e kadar doğruluk oranı elde edilmiştir.

Bu çalışmanın ana katkıları şu şekildedir:

- ERUBABYFACED isimli yeni bir bebek yüz tanıma veri seti oluşturulmuştur.
- TensorFlow Lite kütüphanesi ile CNN tabanlı bebek yüz tespit ve tanıma modeli geliştirilmiştir.
- Mobil ve IoT cihazlar için Tflite modeli oluşturulmuştur.

Makalenin bundan sonraki bölümleri için; oluşturulan ERUBABYFACED veri seti ve geliştirilen TensorFlow Lite modeli Bölüm 2 ile, deneysel sonuçlar Bölüm 3 ile ve genel değerlendirme Bölüm 4 ile detaylı olarak sunulacaktır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma için bebek yüzlerinden yeni bir veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan ERUBABYFACED veri seti, etiketleme süreci ve geliştirilen TensorFlow Lite modeline ait detaylı bilgi alt bölümlerde sunulmuştur.

2.1. ERUBABYFACED Veri seti

Yapılan detaylı araştırma sonucunda bebeklere ait yüz görüntülerini içeren kamuya açık hazır bir veri seti bulmak oldukça güçtür. Bu sebeple ebeveynlerin izinleri doğrultusunda bebeklere ait yüz görüntülerinin bulunduğu 10 bebeğe ait toplamda 128 görselin bulunduğu yeni bir veri seti oluşturulmuştur. Veri setinde yer alan fotoğraflar genellikle yeni doğan, doğduktan sonraki ilk 10 günlük ve ilk 1 aylık süreçte çekilen fotoğrafları içermektedir. Veri setinde her bebek için ortalama 12 görsel bulunmaktadır. ERUBABYFACED veri setine ait örnek görseller Şekil 1 ile sunulmuştur.



Şekil 1. ERUBABYFACED veri setine ait bazı görseller

2.2 Veri Etiketleme

Veriler, sahip olduğu içerikler çerçevesinde kategorilere ayrılmaktadır. Yapay zekanın herhangi bir veriye özgü uygun çıktılar üretebilmesi için, o veriye ait önceden belirlenmiş kategoriye bilmesi ve her bir kategoriye ait özelliklere aşina olması gereklidir. Verilerin anlamlı parçalarının, ihtiyaç duyulan kategorilere göre işaretlenmesi işlemine veri etiketleme denir.

Yapay zeka tabanlı modellerde istenilen çıktının başarılı bir şekilde üretilmesi; yüksek oranda doğru, temiz, iyi etiketlenmiş ve hazırlanmış verilere bağlıdır. Çalışmamızda içerisinde bebek görselleri bulunan veri setinde bebeklerin yüz bölgeleri işaretlenecek şekilde veri etiketleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Veri etiketleme işlemi labelImg [12] kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Örnek bir etiketleme Şekil 2 ile sunulmuştur.



Şekil 2. LabelImg ile örnek bir etiketleme

2.3 Derin Öğrenme

Derin öğrenme, yapay zekanın (AI) daha geniş bir alanı olan makine öğreniminin bir alt kümesidir. İnsan beyninin verilerdeki örüntüleri işleme ve tanıma yeteneğini simüle etmeye çalışan bir algoritma sınıfıdır. Derin öğrenme modelleri, büyük veri setlerini kullanarak karmaşık ilişkileri öğrenme ve öznitelikleri otomatik olarak çıkarma yeteneğine sahiptir. Dolayısıyla derin öğrenme doğrusal olmayan çoklu karmaşık işlemlerin bulunduğu katmanlardan oluşmaktadır. Her bir katman bir önceki katmanın çıktısını girdi olarak kabul etmektedir. Buradaki her katman denetimli veya denetimsiz algoritmalar olabilmektedir.

2.3.1 Evrişimli Sinir Ağları

özellikle görüntü ve video gibi görsel verileri işlemek ve analiz etmek için tasarlanmış bir yapay sinir ağı türüdür. Bir CNN girdi görüntüsünü alabilen, girdi görüntüsündeki çeşitli nesnelere önem (weight ve bias) değerleri atayan ve nesnelere birbirinden ayırt edilebilmesini sağlayabilen, aynı zamanda nesnelere birbirleriyle olan ilişkilerini ortaya çıkarabilen bir derin öğrenme algoritmasıdır. CNN özellikle görüntü verilerini işlemek ve analiz etmek için tasarlanmıştır.

CNN; evrişim katmanı (convolution layer), ortaklama katmanı (pooling layer), aktivasyon fonksiyonları (activation functions), tam bağlantılı katman (fully connected layer), kayıp katman (loss layer), düzenleme (regularization) ve optimizasyon (optimization) olmak üzere temel bileşenlere sahiptir [13].

2.4 TensorFlow

TensorFlow, Google Brain ekibi tarafından geliştirilen açık kaynak kodlu derin öğrenme ve makine öğrenimi kütüphanesidir. TensorFlow ile çeşitli makine öğrenimi uygulamaları için derin sinir ağları eğitilebilmektedir ve çalıştırılabilmektedir. TensorFlow; Python, Go, Java, C++ ve diğer dillerle kullanılabilir. TensorFlow, bir görüntü hakkında daha karmaşık verileri ortaya çıkarmak için düğüm (nodes) adı verilen katmaları kullanmaktadır. Her bir düğüm ile daha derinlere inerek görüntüdeki karmaşık verileri ortaya çıkarmaktadır. En son çıktıya kadar veri katmanları arasında akan sürece tensor denilmektedir.

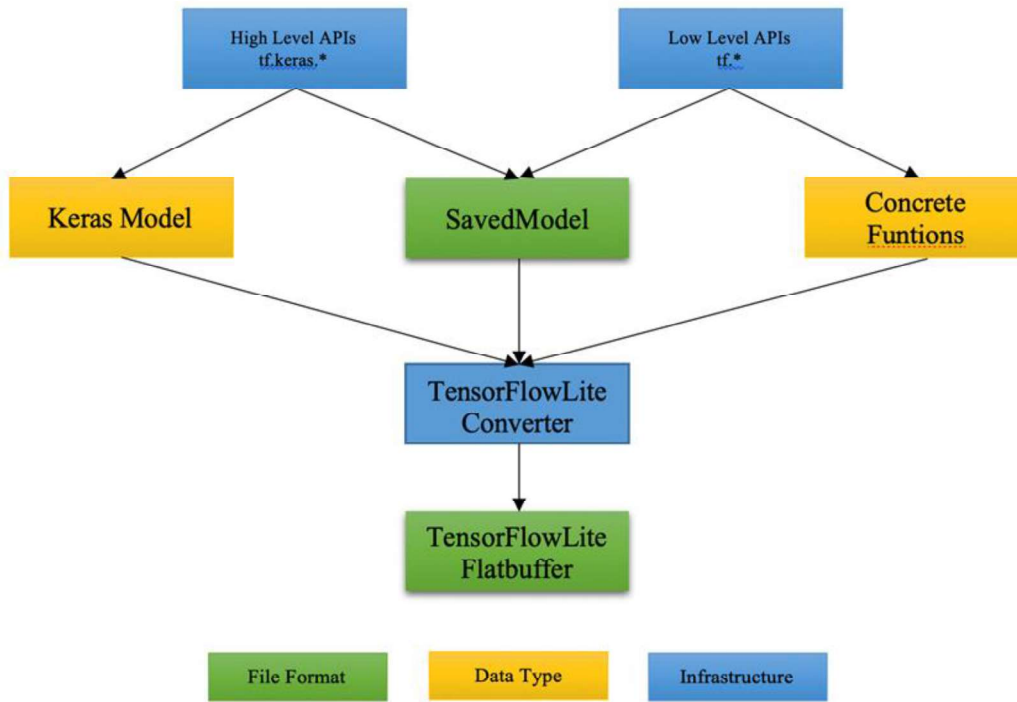
TensorFlow, çok boyutlu veri dizilerindeki görevleri tanımlamaktadır ve otomatik olarak hesaplamak yapmak için olanaklar sağlamaktadır [14]. TensorFlow birden fazla GPU ve CPU üzerinde çalışabilmektedir. TensorFlow birden fazla alanda kullanılabilir. TensorFlow'un yaygın olarak kullanılmasının en önemli sebeplerinden birisi de farklı platformda rahatlıkla çalışabilen kütüphanelere sahip olmasıdır. IOT cihazlar, web uygulamaları veya mobil uygulamalar için TensorFlow platforma uygun kütüphane sağlamaktadır [15].

2.4.1 TensorFlow Lite

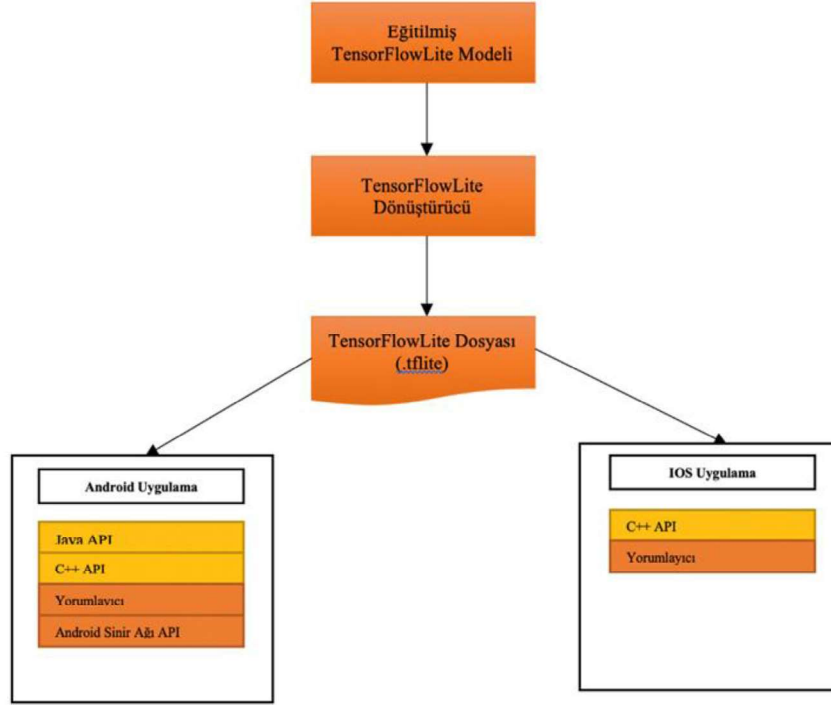
TensorFlow Lite, TensorFlow kütüphanesini mobil uygulamalarda veya IOT projelerde kullanabilmeyi sağlamaktadır. TensorFlow Lite'i mobil ve IOT cihazlarda kullanabilmek için eğitilen modelin .tflite uzantılı dosyaya dönüştürülmesi gerekmektedir. TensorFlow Lite iki ana bileşenden oluşmaktadır: TensorFlow Lite yorumlayıcı ve TensorFlow Lite dönüştürücü.

TensorFlow Lite yorumlayıcı, TensorFlow Lite modellerini çalıştırmak amacıyla kullanılan ara birimdir. TensorFlow Lite yorumlayıcı; minimum miktarda yük, başlatma işlemi ve uygulama gecikmeleri için statik bir grafik ve özel bir bellek ayırıcı kullanmaktadır [16].

TensorFlow Lite dönüştürücü, bir TensorFlow modelini TensorFlow Lite modeline dönüştürmektedir. Saved Model, tf.Keras Model, Jax Model ya da somut fonksiyonlar, TensorFlow Lite dönüştürücü tarafında TensorFlow Lite modeline dönüştürülebilir modellere örnektir. TensorFlow modelin TensorFlow Lite modele dönüştürülmesi işlemi Şekil 3 ile gösterilmiştir. TensorFlow Lite mimari yapısı Şekil 4 ile gösterilmiştir.



Şekil 3. TensorFlow Modelin TensorFlow Lite modele dönüştürülmesi



Şekil 4. TensorFlow Lite mimari yapısı

3. Bulgular

10 bebeğe ait yüz görüntülerinden oluşan ortalama her bebek için 12 görselin bulunduğu toplamda 128 adet görsel içeren veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan veri setinde yüz tespiti ve tanıma işleminin yapılması için ilk olarak labelling kullanılarak veri etiketleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Verilerin %75'i eğitim, %25'i test olarak ayrılmıştır. Eğitim için gerekli olan numpy, TensorFlow Lite kütüphaneleri import edilmiştir. Veriler eğitime hazırlanmıştır. EfficientDet-Lite[0-4] mimarisinden türetilen mobil/IOT cihazlarda kullanım sağlayan algılama modellerinden model seçimi gerçekleştirilmiştir. EfficientDet-Lite[0-4] modellerin performansları Tablo 1 ile gösterilmiştir. Bu tabloda tamsayı kuantize edilmiş modellerin boyutu, gecikme; CPU'da 4 iş parçacığı kullanılarak Pixel 4 üzerinde ölçülen değer ve ortalama hassasiyet; COCO 2017 doğrulama veri kümesindeki mAP (ortalama Ortalama Hassasiyet) değeridir.

Tablo 1. EfficientDet-Lite [0-4] modellerinin performansları

Model Mimarisi	Boyutu (MB)	Gecikme (ms)	Ortalama Hassasiyet
EfficientDet-Lite0	4,4	146	% 25,69
EfficientDet-Lite1	5,8	259	% 30,55
EfficientDet-Lite2	7,2	396	% 33,97
EfficientDet-Lite3	11,4	716	% 37,70
EfficientDet-Lite4	19,9	1886	% 41,96

Modellerden en iyi sonuç EfficientDet-Lite2 modeli ile alınmıştır. EfficientDet-Lite2 modeli eğitimi ERUBABYFACED veri seti üzerinde simüle edilmiştir. Eğitimde parametreler değiştirilerek model test edilmiştir. Test sonuçları Tablo 2 ile gösterilmiştir. Tabloya göre alt örnek sayısını ifade eden batch_size parametresinin 8, eğitim sırasında tüm eğitim verilerinin ağı gösterilme sayısını ifade eden epochs parametresinin 100 seçildiği durumda %95 ile en iyi başarı oranı elde edilmiştir. Model, mobil ve IOT cihazlarda kullanabilmek amacıyla TensorFlow Lite modele dönüştürülmüştür.

Tablo 2. Farklı parametrelerle test sonuçları

batch_size	epochs	Doğruluk Oranı	Eğitim Süresi
4	50	0.82	6 dakika 21 saniye
8	100	0.95	8 dakika 18 saniye

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada bebeklere ait görseller üzerinden yüz tespiti ve tanıma işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sürecinde ilk olarak literatür taraması gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada mevcutta bebeklere ait hazır veri seti bulunmaması sebebi ile bebek yüz görüntülerini içeren veri seti oluşturulmuştur. Veri seti içerisinde bulunan görseller labelImg kullanılarak veri etiketleme işlemine tabii tutulmuştur. TensorFlow Lite kütüphanesi kullanılarak EfficientDet-Lite[0-4] mimarisinden türetilen modellerden birisi seçilmiştir. Modelin eğitimi gerçekleştirilmiştir. Modelin testi sırasında farklı parametreler kullanılarak en iyi sonucun alınması amaçlanmıştır. %95'e kadar doğruluk oranı elde edilerek başarılı bir sonuç alınmıştır. Son olarak modelin mobil ve IOT cihazlara rahatlıkla entegre edilebilmesi amacıyla model TensorFlow Lite modele dönüştürülmüştür.

ERUBABYFACED veri seti üzerinde TensorFlow Lite ile başarılı sonuçlar elde edilse de bu çalışma için bazı kısıtlamaların varlığını belirtmek gerekmektedir. Öncelikle oluşturulan veri seti az sayıda görüntü barındırmakta ve her bir sınıf için farklı sayıda örnek sayı içerdiğinden dengesiz (unbalanced) bir veri setidir. Daha gürbüz modellerin geliştirilmesi için görüntü ön işleme ve çoğullama seçenekleri ile veri sayısı artırılabilir ve veri seti daha dengeli hale getirilebilir. Bir diğer kısıtlama ise aynı bebeğe ait elde edilen görüntülerin farklı zamanlara ait olmasından dolayı bebek yüzünün değişmesidir. Bu yüz tanıma sisteminin başarımını zorlaştırmakta ve klasik yöntemlerin tespit ve tanımadaki başarımını riske atmaktadır. Derin öğrenme modelleri dışında kullanılacak klasik sınıflandırma algoritmaları için veri seti, veri çoğullama vb. süreçlerden geçirilerek çalışmalar gerçekleştirilebilir.

Gelecek çalışmalara ek olarak mevcut veri seti üzerinde başarı oranını artıracak yeni modellerin geliştirilmesi hedeflenmektedir. Ayrıca CNN tabanlı TensorFlow Lite kütüphaneleri ile geliştirilecek yeni modeller farklı veri setleri üzerinde simüle edilecektir.

Teşekkür

Bu çalışma finansal olarak; Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından (Proje No: FYL-2022-11714) desteklenmiştir.

Kaynakça

- [1] Tolba, A. S. (2006). AHE-B., and AA El-Harby, Face recognition: A literature review. *International Journal of Information and Communication Engineering*, 2(2). 88-103.
- [2] Parmar, D. N., Mehta, B. B. (2014). Face recognition methods & applications. arXiv preprint arXiv:1403.0485.
- [3] LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *nature*, 521(7553), 436-444.
- [4] Aslantaş, V., Kurban, R., Toprak, A., Bendes, E. (2015). An interactive web based toolkit for multi focus image fusion. *Journal of Web Engineering*, 14.
- [5] Pang, B., Nijkamp, E., Wu, Y. N. (2020). Deep learning with tensorflow: A review. *Journal of Educational and Behavioral Statistics*, 45(2), 227-248.
- [6] Warden, P., Situnayake, D. (2019). *Tinyml: Machine learning with tensorflow lite on arduino and ultra-low-power microcontrollers*. O'Reilly Media..
- [7] Fadlilah, U., & Handaga, B. (2021, April). The development of android for Indonesian sign language using tensorflow lite and CNN: an initial study. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1858, No. 1, p. 012085). IOP Publishing.
- [8] Zeroual, A., Derdour, M., Amroune, M., & Bentahar, A. (2019, June). Using a fine-tuning method for a deep authentication in mobile cloud computing based on Tensorflow Lite framework. In *2019 International Conference on Networking and Advanced Systems (ICNAS)* (pp. 1-5). IEEE.
- [9] Alsing, O. (2018). Mobile object detection using tensorflow lite and transfer learning.
- [10] Abed, A. A., Al-Ibadi, A., & Abed, I. A. (2023). Real-time multiple face mask and fever detection using YOLOv3 and TensorFlow lite platforms. *Bulletin of Electrical Engineering and Informatics*, 12(2), 922-929.
- [11] Aralikatti, A., Appalla, J., Kushal, S., Naveen, G. S., Lokesh, S., & Jayasri, B. S. (2020, December). Real-time object detection and face recognition system to assist the visually impaired. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1706, No. 1, p. 012149). IOP Publishing.
- [12] Lin, T. 2015. LabelImg. <https://github.com/tzutalin/labelImg>. (Erişim Tarihi: 15.08.2023).

- [13] Özcan, T., 2020. Derin Öğrenme ile İnsan Edimlerinin Tanınması. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 204s, Kayseri.
- [14] AKARSU, K., BORANDAĞ, E., YÜCALAR, F. 2019. Tensorflow ile sebze-meyve hallerinde nesne takibi. ICCTAFA. 1-5.
- [15] KIZILDAŞ, E. 2019. Tensorflow Hakkında. <https://medium.com/emrekizildas/tensorflow-hakk%C4%B1nda-d71e73b81b85>. (Erişim Tarihi: 17.08.2023)
- [16] KİRAZ, M. 2019. TensorFlow-Lite. <https://puffyy.medium.com/tensorflow-lite-ecae0b7a452a#:~:text=TensorFlow%2DLite%2C%20TensorFlow%20modellerinin%20mobil.taraf%C4%B1ndan%20olu%C5%9Fturulmu%C5%9F%20bir%20ara%C3%A7%20seti>. (Erişim Tarihi: 17.08.2023).