

KMÜ Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/kmujens>

5(2), 169-190, (223) © KMUJENS

e-ISSN: 2687-5071

<https://doi.org/10.55213/kmujens.1386520>



Görüntü İşleme Tekniklerini Kullanarak Mobil Uygulama Tabanlı Optik Okuyucu Sisteminin Geliştirilmesi

Development of Mobile Application Based Optical Mark Reader System Using Image Processing Techniques

Sercan TURHAN¹, Mert BOZKURT¹, Durmuş Özkan ŞAHİN^{1,*}

¹Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun, Türkiye

(Alındı: 5 Kasım 2023; Kabul edildi: 30 Kasım 2023)

Özet. Ülkemiz eğitim sisteminde sınavlar önemli bir yere sahiptir. Bu sınavlar genellikle çoktan seçmeli sınavlar olarak uygulanmaktadır. Çoktan seçmeli sınavlar optik form ile daha hızlı okunabilmektedir. Optik formlar zamandan tasarruf sağlarlar ancak bunun yanında bazı dezavantajlarda mevcuttur. Bunların en başında optik okuyucu cihazlarının maliyetinin yüksek olması gelmektedir. Yüksek maliyete sahip optik okuyucu cihazları her eğitim kurumunda bulunmamaktadır. Bu projede bunun önüne geçmek için bu çalışmayla birlikte önerilen mobil optik okuyucu uygulamasının alt yapısı ve geliştirme adımlarına değinilecektir. Önerilen mobil optik okuyucu uygulaması ile eğitimciler telefonlarını kullanarak optik formları okutma imkânına kavuşacaklardır. Bu sayede optik okuyucu cihazına gerek kalmamaktadır. Telefon kamerası yardımıyla okunan optik formlar çeşitli görüntü işleme teknikleriyle uygun formata getirilmektedir. Uygun formata gelen görüntüler üzerinden işaretli şıkların tanınması sağlanır. Tanınan şıkların konumlarından elde edilen soru sırası bilgisi ile sınav sonuçları hesaplanmaktadır. Sınav sonuçları değerlendirilerek öğretmen ve

öğrenciye istatistiksel veriler sunulmaktadır. Bu uygulamanın alt yapısında görüntü işleme teknikleri için Python OpenCV kütüphanesinden yararlanılmaktadır. Önerilen uygulama Dart ve Flutter programlama dilleri ile geliştirilmektedir. Bu programlama dilleri çapraz platformda çalışma imkânı sağlamaktadır. Bu sayede işletim sisteminden bağımsız birçok mobil cihazlar üzerinde verimli bir şekilde kullanımı sağlanacaktır. Bu gibi katkıların yanında geliştirilen uygulama test sınavlarının sonuçlarını yüksek bir oranda doğru hesaplamaktadır. Yapılan deneyler incelendiğinde hesaplama başarımları %90 ile %95 arasında ölçülmektedir. Doğru ışığın sağlanarak optik formların sisteme verilmesi halinde test sınavlarının sonuçları yüksek oranda doğru çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Optik form, mobil optik okuyucu, görüntü işleme, OpenCV, Flutter, uzman sistemler.

Abstract. Exams have an important place in our country's education system. These exams are generally administered as multiple-choice exams. Multiple choice exams can be read faster with optical form. Optical forms save time, but there are also some disadvantages. The first of these is the high cost of optical mark reader devices. High-cost optical mark reader devices are only available in some educational institutions. To prevent this, in this project, the infrastructure and development steps of the mobile optical reader application proposed in this study will be discussed. With the proposed mobile optical mark reader application, educators can read optical forms using their phones. In this way, there is no need for an optical reader device. Optical forms, which are read with the help of a phone camera, are brought into a suitable format with various image processing techniques. It is ensured that the marked options are recognized on the images that are in the appropriate form. Exam results are calculated with the knowledge of the order of questions obtained from the positions of the recognized choices. Statistical data are presented to the teacher and student by evaluating the exam results. In the infrastructure of this application, the Python OpenCV library is used for image processing techniques. The proposed application is developed with Dart and Flutter programming languages. These programming languages provide the opportunity to work cross-platform. In this way, it will be used efficiently on many

mobile devices independent of the operating system. In addition to such contributions, it calculates the results of the practice test exams developed at a high rate. When the experiments are examined, the calculation success is measured between 90% and 95%. If the right light is provided and the optical forms are given to the system, the results of the test exams are highly accurate.

Key words: Optical form, mobile optical mark reader, image processing, OpenCV, Flutter, expert systems.

1. Giriş

Gelişen teknoloji ile beraber görüntü işleme teknikleri hayatımızın her alanına girmiştir. Görüntü işleme teknikleri, çeşitli alanlarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır ve birçok uygulama için önemli bir rol oynamaktadır. Bu alanlardan bazıları tıp, eğitim, otomotiv, güvenlik, tarım ve gıda endüstrisidir [6, 17]. Özellikle mobil cihazların kullanımlarının yaygınlaşması ve sahip oldukları kameralar sayesinde hemen hemen çoğu uygulamalarda görüntü işleme veya video işlemeden faydalanılmaktadır [14]. Görüntü işlemenin kullanıldığı bazı alanlar ve bu alanlar içerisinde yapılan uygulamalar şöyle özetlenebilir:

- Tıp dünyasında görüntü işleme teknikleri tarama ve teşhis için kullanılmaktadır. Tomografi, röntgen gibi görüntüleme yöntemleri hücre ve dokuların görüntülerini oluşturur. Görüntü işleme algoritmaları kullanılarak hastalık tespiti ve teşhislerin konulması sağlanmaktadır [13].
- Günümüz otomotiv sektöründe görüntü işleme çok büyük bir öneme sahiptir. Şerit takip, otomatik sürüş gibi tekniklerin temelinde görüntü işleme teknikleri bulunmaktadır [2].
- Güvenlik ve denetimin sağlanması için görüntü işleme teknikleri kullanılmaktadır. Video kameralar aracılığıyla alınan görüntüler, yüz tanıma, nesne algılama ve hareket analizi gibi yöntemlerle analiz edilebilir. Bu sayede, tehlikeli durumları tespit etmek, güvenlik ihlallerini önlemek ve suçları soruşturmak için kullanılabilir [16].

- Eğitimde kullanılan görüntü işleme teknikleri, görüntüler üzerinde işlemler gerçekleştirerek bilgi çıkarma ve analiz yapma amacıyla kullanılır. Optik karakter tanıma ile görüntülerdeki yazılar algılanarak metne dönüştürülür. Ayrıca sınav değerlendirme uygulamalarında da kullanılmaktadır. Bunların yanında matematik öğretimi başta olmak üzere birçok dersin öğretilmesinde görüntü işlemeden faydalanılmaktadır [8].
- Tarım ve gıda sektöründe görüntü işleme teknolojileri verimliliği artırmak, kaliteyi kontrol etmek ve hastalıkları tespit etmek gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır [15]. Bitkilerin olgunluk durumları gözlemlenerek hasat zamanı tahmin edilebilmektedir.

Görüntü işleme tekniklerinin kullanılması doğru sonuçlar elde etmeyi, bu sonuçların daha hızlı ve güvenilir bir şekilde değerlendirilmesini sağlamaktadır.

1.1. Literatür Araştırması

Yüksel vd. yapmış olduğu çalışmada kamera ile çekilen optik formun çeşitli görüntü işleme teknikleri ile optik formun daha iyi okunmasını sağlamıştır. Optik formun daha önce belirlenen hedeflere uygun şekilde hizalanmasıyla şıkkın tanınması sağlanır. Her bir şıkkın yaklaşık konumu daha önceden hazırlanan form bilgilerinde mevcuttur. Konum bilgisinden yola çıkılarak şık olmaya aday bölgeler tespit edilir. Her aday bölge için yerel minimum hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar sonucunda şıkkın yeri bulunduktan sonra şıkkın dolu veya boş olarak sınıflandırılması daha önceden eğitilen model ile yapılmıştır. Dolu şık için soru numarası ile cevap kaydedilir ve değerlendirme işlemi yapılmış olunur [21].

Küçükkara ve Tümer yapmış olduğu çalışmada görüntü önce gri seviyeye dönüştürülmüştür. Ardından çeşitli görüntü iyileştirme teknikleri ile görüntü iyileştirilmiştir. Daha sonra Otsu algoritması kullanılarak belirlenen dinamik eşik göre gri seviyeden ikili görüntüye dönüştürülmüştür. Kenar bulma yöntemleri ile belirlenen kenarları kullanarak gerekli geometrik düzenlemeler görüntüye uygulanmıştır. Bulunan kenarlar vasıtasıyla optik formdaki daireler tespit edilmiştir. Ardından birden fazla işaretleme olup olmadığı kontrol edilmiştir. İşaretlenen cevap bulunduktan sonra bir

dosyaya kaydedilip öğrencinin doğru, yanlış ve boş soruları üzerinden değerlendirme gerçekleştirilmiştir [11].

Kumar vd. yapmış oldukları çalışmada tamamen farklı bir yaklaşım ile doğrudan fotoğraftaki tüm daireleri bulma yöntemiyle başlamıştır. Bu çalışmadaki en büyük sorun istenmeyen dairelerin bulunması olmaktadır. Fakat bu problem bir formüle dönüştürülerek ve tüm bulunan dairelerden geçecek paralel çizgiler çizerek çözmüşlerdir. Bu şekilde istenmeyen dairelerden geçmemesi sağlanmıştır. Tespit edilen şıkların işaretli olup olmadığını sınıflandırmak için, görüntü ikili formata dönüştürülmüş ve ikili görüntünü yoğunluğuna göre işaretlenmesi kontrol edilmiştir [12].

Şenol'un yapmış olduğu tez çalışmasında görüntünün hep aynı açı ve aynı mesafede alınması için bir düzenek hazırlanmış, kamera yerleştirilmiştir. Alınan RGB formatındaki görüntü gri seviyeye dönüştürülmüş ve kontrast germe işlemiyle fotoğraf daha belirgin hale getirilmiştir. Optik formun üst köşelerine konumlandırılan işaretler ile referans koordinat atanmış, ardından tüm şıkların koordinatları hesaplanmıştır. Hesaplanan şıkların içerdiği siyah piksel toplamları değerlendirilerek işaretli seçenekler tespit edilmiş ve veri tabanına kaydedilmiştir. Kaydedilen veriler ile sınav değerlendirmesi yapılmıştır [20].

Çelik'in yapmış olduğu tez çalışmasında öncelikle görüntünün önceden belirlenen çözünürlükte yeniden boyutlandırılması sağlanmıştır. Görüntünün renk yoğunluğunu kaybetmeden gri ölçeğe dönüştürülmüştür. Görüntünün daha uygun hale getirilmesi için görüntü üzerinde, genişletme, erozyon ve kapama işlemi uygulanmıştır. Eşik işlemi ile görüntü ikili yani siyah-beyaz formatına dönüştürülmüştür. Doğru belirleme işlemi yardımıyla formun köşeleri tespit edilmiş ardından perspektif çarpıtma tekniği ile optik formun doğrusal görüntüsü elde edilmiştir. Uygun formata gelen görüntü üzerinden konumları bilinen alanlar belirlenmiş ardından şıkların ortalama piksel değerleri hesaplanarak işaretli şıklar tespit edilmiştir. Tespit edilen şıklar bir metin dosyasına kaydedilip gerekli değerlendirmeler yapılmıştır [3].

Konuk'un yapmış olduğu çalışmada okunması istenen optik form fotoğrafları sisteme yüklenmiştir. OpenCV kütüphanesinin çeşitli metotları yardımıyla görüntü üzerinde

işlemler yapılmıştır. Fotoğraf üzerinde uygulanan filtreler ile görüntü bir eşik değerine göre ikili (beyaz-siyah) şekle çevrilmiştir. Eşik değeri Otsu algoritması ile belirlenmiştir. Canny algoritması ve Counter metodu ile kenar ve şekiller bulunmuştur. Bulunan daire şekillerinin renk yoğunluğuna göre işaretli olup olmadığı kontrol edilip işaretli olan şıkın koordinatları veri tabanına kaydedilmiştir. Veri tabanındaki kayıtlı koordinatlara göre testin değerlendirilmesi yapılmış ve kullanıcıya iletilmiştir [9].

Krishna vd. yaptıkları çalışmada Java dili ile optik işaret tanınması için uygulama geliştirmişlerdir. Bu çalışmada öncelikle optik form üzerindeki hazırlanmış dört referans noktasını tespit etmişlerdir. Bu noktaları referans olarak görüntü işleme teknikleri görüntünün uygun hale getirilmesi sağlanmıştır. Görüntü düzenleme işlemlerinden sonra optik forma okuma işlemi gerçekleştirilmiştir. Düzgün açı ve ışıpta çekilen fotoğraflarda başarılı sonuçlar elde edildiği gözlemlenmiştir [10].

Belag vd. çalışmasında örnek bir optik form şablonu oluşturulmuştur. Önemli referans noktalarına göre algılamalar yapılmıştır. Görüntü eşik değerine göre ikili formata çevrilmiştir. Bu referans noktalara göre dikey ve yatay projeksiyonlarla doğru yanıtların sayısı otomatik olarak hesaplatılmaktadır. Bu çalışmada 100 den fazla sınav kâğıdı teste tabii tutulmuş ve başarılı sonuçlar alındığı gözlemlenmiştir [1].

Zampirolli vd. yapmış olduğu çalışmada optik form üzerindeki 4 referans noktayı temel olarak görüntü otomatik düzenlenmiştir. Görüntü çeşitli morfolojik işlemlerle elementlerine ayrılmıştır. Ayrılan elementlerdeki cevap seçenekleri matris olarak kaydedilmiştir. Matrisler analiz edilerek doğru cevap şıkları algılanmış ve bir .csv dosyasına kaydedilmiştir. Bu .csv dosyasındaki veriler ile sınav sonuçları analiz edilip kullanıcıya sunulmuştur [4].

Rong vd. yapmış olduğu çalışmada Canny kenar bulma algoritmasını daha performanslı hale getirmeyi amaçlamıştır. Canny kenar bulma algoritmasının dezavantajlarından gürültülere fazla duyarlı olması onu görüntü üzerindeki zayıf ağırlıklı kenarlara karşı duyarsız yapmaktadır. İki değişken eşik değeri sayesinde kenar bilgileri korunmuş ve gürültülere karşı dayanıklı hale gelmiştir [19].

1.2. Motivasyon ve Katkı

Önerilen mobil optik okuyucu uygulaması ile eğitim hayatında zamandan tasarruf sağlanması ve eğitimde dijitalleşmeye katkı verilmesi amaçlanmıştır. Eğitim hayatında büyük bir öneme sahip olan sınavların değerlendirilmesi uzun bir zaman kaybına yol açmaktadır. Geliştirilen mobil uygulama ile sınavların daha hızlı bir şekilde değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Mobil uygulama sayesinde optik okuyucu cihazlara gerek kalmadan kolay bir şekilde sınav değerlendirmesi yapılması hedeflenmektedir. Çalışmanın ana katkıları şöyle özetlenebilir:

- Önerilen mobil optik okuyucu sistemi açık kaynaklıdır. Bu sayede bu uygulamanın kaynak kodu üzerinde değişiklik yapmak isteyen geliştiriciler diledikleri değişiklikleri yaparak bu uygulamayı farklı bir yapıya dönüştürebilirler.
- Önerilen mobil optik okuyucu sistemi açık kaynaklıdır. Bu sayede uygulamayı kullanmak için herhangi bir ücret ödenmez.
- Önerilen mobil optik okuyucu sistemi Android, IOS ve web tarayıcılarında çalışabilmektedir. Bu sayede farklı platformlarda uygulama kolaylıkla kullanılabilir.

1.3. Organizasyon

Çalışmanın geri kalan bölümleri şu şekilde organize edilmiştir: Bölüm 2’de uygulamanın alt yapısında kullanılan teknolojilere, algoritmalara ve bazı önemli kaynak kod parçalarına yer verilmektedir. Bölüm 3’te önerilen uygulamanın detaylı anlatımı yapılmaktadır. Bölüm 4’te uygulama üzerinde yapılan bazı test senaryolarının sonuçları raporlanmaktadır. Son olarak Bölüm 5’te ise uygulamanın genel değerlendirmesi yapılarak gelecek çalışmalar hakkında bilgi verilmektedir.

2. Materyal ve Yöntemler

Önerilen mobil uygulamanın geliştirilmesinde yararlanılan araçlar, programlar ve yazılımlar bu bölümde açıklanmıştır.

2.1. Optik Form

Çoktan seçmeli sınavların değerlendirilmesinde genellikle optik formlar kullanılmaktadır. Tasarlanan optik formların uygun bölümlerine kutucuklar üzerinde işaretleme yapılarak cevap anahtarı oluşturulur. Ayrıca optik form üzerinde cevap bilgilerinin yanı sıra kişi bilgileri de optik form ile tutulur. Böylelikle optik form ile sınav değerlendirmeleri yapılır. Optik formlar tasarlanırken basit ve karmaşıklık dengesi doğru kurulmalıdır. Basit optik formlar kullanıcıların isteklerini karşılamayabilirken, karmaşık optik formlar değerlendirme sürecini maliyetli hale getirecektir. Bu sebeple en az maliyetli ve aynı zamanda kullanıcı ihtiyaçlarını en iyi karşılayabilen bir optik form tasarımı yapmak uygulamanın verimliliği açısından önemlidir.

2.2. Python

Python öğrenmesi kolay güçlü bir programlama dilidir. Verimli üst düzey veri yapılarının kullanımı oldukça kolaydır. Nesne yönelimli programlamaya imkân sağlamaktadır. Python'un zarif söz dizimi ve dinamik yazımı, yorumlanmış doğasıyla birlikte, onu çoğu platformda birçok alanda komut dosyası oluşturma ve hızlı uygulama geliştirme için ideal bir dil haline getirir [18].

2.3. Dart ve Flutter

Dart, ilk kez Google tarafından geliştirilen ve daha sonra Ecma tarafından standart haline getirilen açık kaynaklı bir programlama dilidir. Google'ın desteklediği Flutter SDK sayesinde Dart dilini kullanarak hem IOS hem de Android cihazlar için uygulamalar geliştirilebilmektedir. Bunun yanı sıra bu uygulamanın altyapısında kullanılan WebView tekniği için çeşitli widgetlar sunulmaktadır. Bu widgetlar sayesinde uygulamanın boyutu ve tükettiği kaynak miktarı azalmaktadır [5].

2.4. OpenCV Kitaplığı

Open Source Computer Vision (OpenCV) bir görüntü işleme kütüphanesidir. OpenCV C++ ve Python gibi programlama dillerine destek verir. Windows, Linux, MacOS gibi işletim sistemlerinde çalışabilmektedir. OpenCV sahip olduğu geniş görüntü işleme

metotları sayesinde geliştiricilerin isteklerini karşılayabilmektedir. Çalışma kapsamında sıklıkla kullanılan metotlar ve bu metotların görevleri Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. Çalışmada Sıkça Kullanılan OpenCV Metotları.

OpenCV Metodu	Metot Görevi
<code>.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)</code>	Resmi gri tonlamaya çevirir
<code>.GaussianBlur(imgGray, (5, 5), 1)</code>	Gürültüyü azaltmak, keskin kenarları yumuşatmak için kullanılır. Bu şekilde görüntü daha pürüzsüz hale gelir.
<code>.Canny(imgBlur,10,70)</code>	Görüntüdeki kenar tespiti için kullanılır.
<code>findContours(imgCanny, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_NONE)</code>	Görüntü üzerindeki nesne konturlarının tespitini sağlar. Bu şekilde belirlenen dörtgenler içinden en büyüğü tespit edilebilir.
<code>drawContours(imgContours, contours, -1, (0, 255, 0), 10)</code>	Görüntü üzerinde bulunan konturların çizdirilmesini ve analiz edilebilmesini sağlar.
<code>.getPerspectiveTransform(pts1, pts2)</code>	Tespit edilen pts1 ve pts2 noktalarından perspektif dönüşümünü gerçekleştirir.
<code>.warpPerspective(img, matrix, (wrap_v, wrap_h))</code>	Gerçekleştirilen perspektif dönüşümünü istenilen boyutta görüntü olarak keser.
<code>.threshold(imgWarpGray_1,0,255,cv2.THRESH_BINARY_INV + cv2.THRESH_OTSU)</code>	Otsu algoritması ile eşikleme için en uygun değer otomatik hesaplanmaktadır. Bulunan eşik değer görüntüye uygulanmaktadır.

2.5. Yöntem

Mobil cihaz ile cevap anahtarı ve değerlendirmeye sokulacak olan optik formun görüntüsü kaydedilir. Optik formun görüntüsü işlemlere sokulmadan boyutları uygun hale getirilir. Optik form görüntüsünü sayısal bir formata çevirmek için önce görüntü gri seviyeye çevrilir. Bununla birlikte kenar bulma algoritmaları daha efektif çalışmış olacaktır. Kenar bulma için Canny algoritması kullanılmaktadır. Canny kenar bulma algoritması ile görüntü üzerinde piksel değerlerinin ani değişimlerinin olduğu noktalar bulunmaktadır. Bu noktalar görüntü içerisindeki kenarlar olarak tanımlanır. Görüntüden kontur bulma ile şekiller tespit edilmektedir. Tespit edilen şekillerin dörtgen ve belirli değerden fazla alana sahip olanlar filtrelenmektedir. Gerekli koşulu sağlayan dörtgenler bir listede alanlarına göre büyükten küçüğe sıralanmaktadır. En büyük alana sahip olan yer cevap şıkları alanı olurken ikinci büyük olan yer ise öğrenci numarası alanıdır. Bu

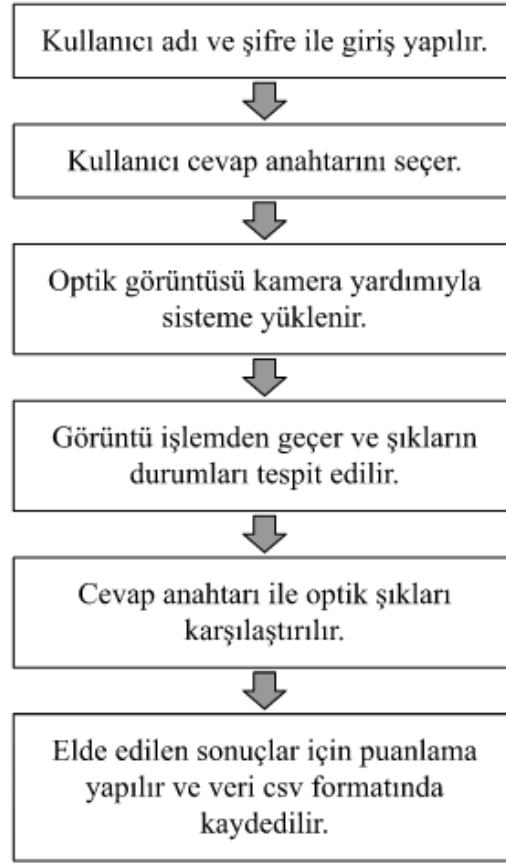
alanların köşeleri tekrar organize edilerek bir perspektif dönüşümü gerçekleştirilmektedir. Bu dönüşümün ardından eşik değeri uygulanarak ikili (binary) hale dönüştürülmektedir. Bu sayede görüntü siyah beyaz hale getirilmektedir.

Gri seviyeden siyah beyaz seviyeye geçişte öncelikle bir eşik değeri belirlenmesi gerekmektedir. Bu eşik değeri belirleme işlemi için 0-255 arası bir değer parametre olarak verilebilir. Eşik değeri belirlemenin daha sağlıklı yolu adaptif şekilde eşik değerini belirlemektir. Birçok otomatik eşik belirleme yöntemi bulunsa da bu problemde en verimli çalışan Otsu Eşik belirleme algoritması olmuş ve bu algoritma kullanılmıştır. Bu şekilde ortamdaki ışık miktarından optik okuyucu uygulamasının en az şekilde etkilenmesi sağlanmıştır.

Gri seviyedeki bir görüntü ve belirlenen bir eşik değeri ile piksel değerlerinin 0 (siyah) veya 1 (beyaz) değerlerine sahip piksellere dönüştürülmektedir. Öğrenci numarası alanı 10×10 'luk bir alana sahip olduğundan 10×10 şeklinde parçalara ayrılmaktadır. Daha sonra her bir parçanın bir işaret alanını temsil ettiği bir listeye eklenmektedir. Cevap işaretleme kısmı 3 bloktan oluştuğu için önce 3 ayrı blok şeklinde ayrılmaktadır. Her bir blok 5 şık, soru numarası ve 20 soru şeklinde olduğu için 6 dikey 20 yatay parçaya ayrılarak işaretleme alanlarının ayrılması sağlanmaktadır. Ayrılan her parçanın beyaz piksel değeri kontrol edilerek rakip parça ile karşılaştırması sonucu en büyük değere sahip olanın işaretli olduğu varsayılmaktadır. İşaretli parçaların indekslerine göre hangi şık ve soruya ait olduğu tespit edilip cevap anahtarı ile karşılaştırılmaktadır.

3. Uygulama Detayları

Bu bölümde geliştirilen uygulamaya ait detaylar anlatılacaktır. Ayrıca uygulamanın kolay kullanımı için uygulama ara yüzü tanıtılacaktır. Şekil 1'de uygulamanın genel çalışma yapısı gösterilmektedir.



Şekil 1. Genel Çalışma Şekli.

3.1. Optik Form

Sınav sonuçlarının değerlendirilmesi için Şekil 2'de gösterilen optik form tasarlanmıştır. Bu optik form iki ana kısımdan oluşmaktadır. Optik formda en büyük dikdörtgen içerisinde olan kısım cevap anahtarı kısmına karşılık gelmektedir. 20 sorudan oluşan 3 farklı dersin değerlendirmesi yapılabilmektedir. Ayrıca diğer dikdörtgen kısmında bulunan öğrenci numarası bölümü ile her öğrencinin numaraları okunmaktadır.

Öğrenci Numarası

Ad-Soyadı :

Numara:

Sınıf:

Kitapçık Türü

A B C

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Ders 1 Ders 2 Ders 3

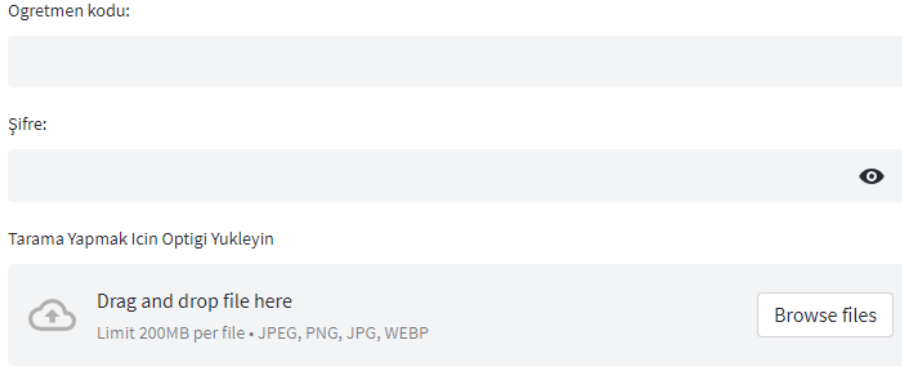
A B C D E A B C D E A B C D E

1					1					1				
2					2					2				
3					3					3				
4					4					4				
5					5					5				
6					6					6				
7					7					7				
8					8					8				
9					9					9				
10					10					10				
11					11					11				
12					12					12				
13					13					13				
14					14					14				
15					15					15				
16					16					16				
17					17					17				
18					18					18				
19					19					19				
20					20					20				

Şekil 2. Tasarlanan Optik Form.

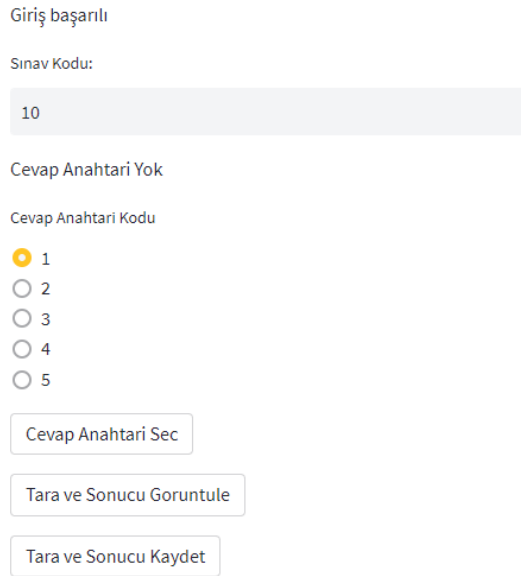
3.2. Uygulama Ara Yüzü

Uygulamanın ara yüzü Flutter ve Python programlama dili kütüphanelerinden Streamlit kullanılarak tasarlanmıştır. Mobil optik okuyucu uygulaması açıldığında Şekil 3'te gösterilen ekran karşımıza gelmektedir. Bu sayfada öğretmen kodu, şifre ve dosya yükleme alanları mevcuttur. Her öğretmenin kendine ait bir kodu ve şifresi bulunmaktadır.



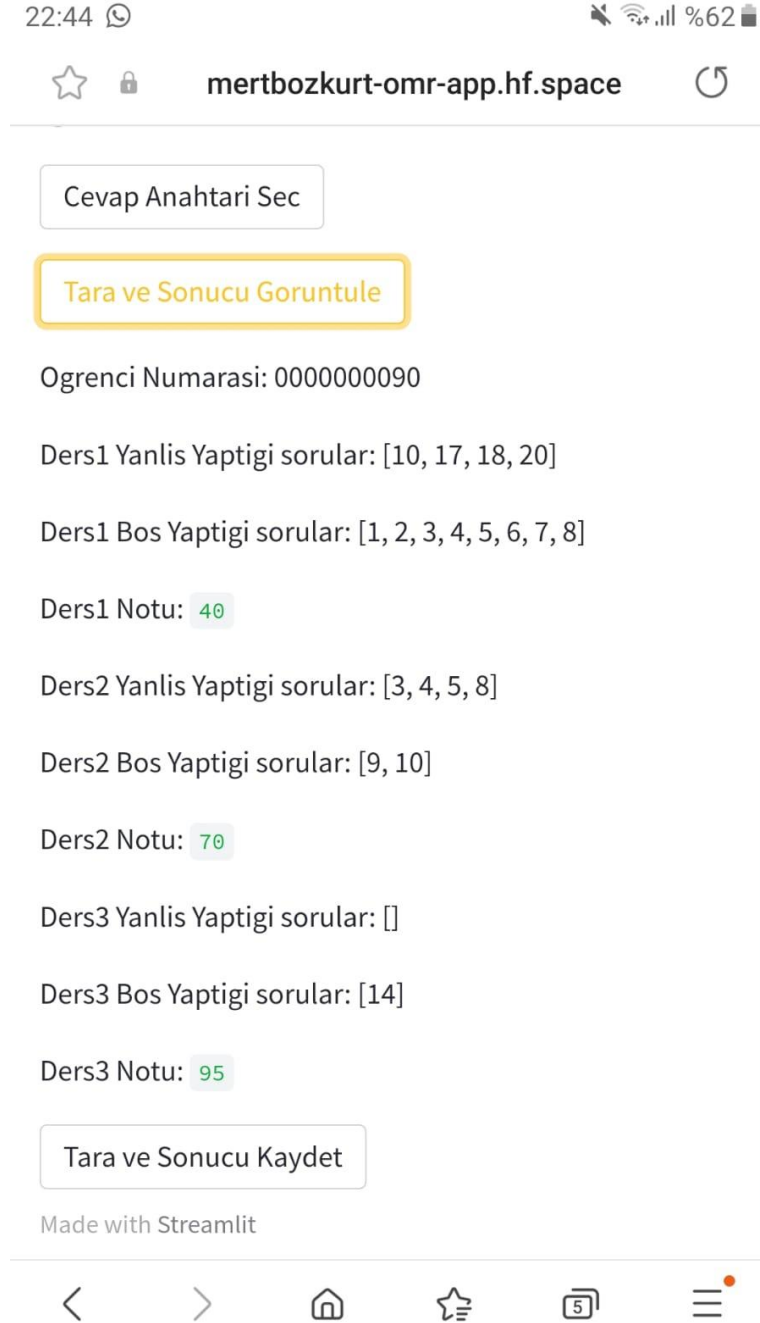
Şekil 3. Giriş Ekranı.

Öğretmen kodu ve şifre ile başarılı bir şekilde giriş yapıldıktan sonra Şekil 4'te gösterilen ekran karşımıza gelmektedir. Burada sınav için belirlenen sınav kodu girilir. Ardından cevap anahtarı kodu seçilir. Cevap anahtarı kodu daha önce eklenmiş cevap anahtarını temsil eder. Bu sayede sınav cevap anahtarı eşleştirmesi yapılmış olur.



Şekil 4. Cevap Anahtarı Kaydetme

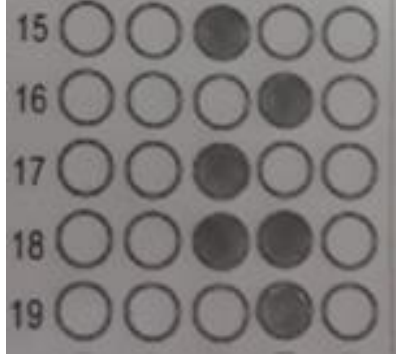
Cevap anahtarı başarılı bir şekilde kaydedildikten sonra değerlendirilecek olan optik formlar taranarak sınav değerlendirmesi gerçekleştirilmiş olunur. Ekranda sonucu görüntülenen değerlendirme istenirse "Tara Sonucu Kaydet" butonuyla kaydedilebilir. Şekil 5'te sınavda yapılan yanlış sorular ve boş soruların numaralarını veren ekran gösterilmiştir.



Şekil 5. Sınav Sonucu

3.3. Optik Formun Değerlendirilmesi

Uygulamada optik form değerlendirilirken çeşitli kullanıcı hataları test edilmiştir. Şekil 6'da gösterildiği üzere öğrenci birden fazla cevap şikkını işaretleyebilir. Bu durumda işaretlenen cevaplarda doğru cevap şikkı olsa dahi soru yanlış olarak kaydedilmektedir. Ayrıca boş bırakılan sorular doğru veya yanlış olarak değerlendirilmeye alınmamaktadır.



Şekil 6. Birden Fazla İşaretli Cevap Şikkı

4. Uygulama Sonuçları

Tablo 2'de farklı cihazlarda yapılan testlerin sonuçları verilmiştir. 5 farklı cevap anahtarı ve 50 adet sonuç kâğıdı üzerinde gerçekleştirilen testler sonucunda farklı cihazlarda yakalanan başarımların yüzdesi gösterilmiştir. Iphone 11 diğer iki telefona göre daha yeni ve özelliklidir. Bu nedenle diğer iki telefona göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Bunun en önemli nedeni kamera kalitesidir. Kamera kalitesi arttıkça test değerlendirmesindeki başarımların yüzdesi de artacaktır. Xiami Note 8 üzerinde yapılan testler sonucunda başarımların %91,86 olarak ölçülmektedir. Bu cihaz üzerinde 2756 tane seçenek doğru olarak okunurken 244 tane seçenek ise yanlış olarak okunmaktadır. Samsung Galaxy J7 üzerinde yapılan testler sonucunda başarımların %92,76 olarak ölçülmektedir. Bu cihaz üzerinde 2783 tane seçenek doğru olarak okunurken 217 tane seçenek ise yanlış olarak okunmaktadır. Iphone 11 üzerinde yapılan testler sonucunda başarımların %94,73 olarak ölçülmektedir. Bu cihaz üzerinde 2842 tane seçenek doğru olarak okunurken 158 tane seçenek ise yanlış olarak okunmaktadır.

Tablo 2 Farklı Cihazlar Üzerinde Yapılan Test Sonuçları

	Test Sayısı	Doğru Okunan Şık	Yanlış Okunan Şık	Başarım Yüzdesi
Xiami Note	50	2756	244	91,86
Samsung Galaxy J7	50	2783	217	92,76
Iphone 11	50	2842	158	94,73

Şekil 7'de üç cep telefonu tarafından yanlış okunan optik form örneği yer almaktadır. Tüm mobil cihazlar tarafından en az bir şık hatalı okunmuştur bu optik form örneğinde. Bu optik formun yanlış okunmasının sebebi resim üzerinde ışığın eşit şekilde yansımamasıdır. Ders-3 kısmında değişen ışık miktarı aynı eşik değeri uygulanan Ders-1 ve Ders-2 kısımlarına göre daha beyaza yakın kalmaktadır. Bu durumda siyah beyaz dönüşümü yapmak zorlaşmakta ve piksel değerleri için algoritma yanlış seçim yapmaktadır. Şekil 8'de ise tüm cep telefonları tarafından doğru okunan optik form örneği verilmektedir. Bir başka ifadeyle 60 seçeneğin hepsi tüm cihazlar tarafından doğru okunmaktadır. Şekil 7'ye göre Şekil 8'de parlaklık dağılımı daha orantılıdır. Bu sayede siyah beyaz dönüşüm işleminde eşik değeri daha iyi çalışmaktadır. Algoritma daha iyi çalıştığı için şıkların tamamı tüm cihazlar tarafından doğru tespit edilmektedir. Mobil uygulamanın başarım oranını arttırmak için fotoğrafların çok iyi çekilmesi ve ortam ışık miktarı da oldukça önemlidir.

Öğrenci Numarası

Ad-Soyad : _____

Numara : _____

Sınıf : _____

Kitapçık Türü

A B C

D1
y 3,5,6,7,13,14,20
B 10. D2
y 7,10,15 y/6,12,19
D 16

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Ders 1 **Ders 2** **Ders 3**

	A	B	C	D	E		A	B	C	D	E		A	B	C	D	E
1						1						1					
2						2						2					
3						3						3					
4						4						4					
5						5						5					
6						6						6					
7						7						7					
8						8						8					
9						9						9					
10						10						10					
11						11						11					
12						12						12					
13						13						13					
14						14						14					
15						15						15					
16						16						16					
17						17						17					
18						18						18					
19						19						19					
20						20						20					

Şekil 7. Tüm Cep Telefonları Tarafından En Az Bir Seçeneğin Yanlış Değerlendirildiği Optik Form

Ad-Soyad: _____

Numara: _____

Sınıf: _____

Öğrenci Numarası: _____

Kitapçık Türü

A B C

D1
Y 3,5,6,7,13,14,20
B 10.

D2
Y 7,10,15
B 4,14

D3
Y 6,12,19
B 14

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Ders 1					Ders 2					Ders 3				
A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1					1					1				
2					2					2				
3					3					3				
4					4					4				
5					5					5				
6					6					6				
7					7					7				
8					8					8				
9					9					9				
10					10					10				
11					11					11				
12					12					12				
13					13					13				
14					14					14				
15					15					15				
16					16					16				
17					17					17				
18					18					18				
19					19					19				
20					20					20				

Şekil 8. Tüm Cep Telefonları Tarafından Doğru Değerlendirilen Optik Form

Bu testler doğrultusunda uygulamanın başarımı; görüntünün elde edildiği ortamın ışığına, cihazın kamera çözünürlüğüne, görüntü açısına ve şıkların doğru kodlanmasına bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Kamera kalitesi, ortam ışığı ve cihazın eski olmaması

durumlarında uygulamanın hatasızca yakın değerlendirme yapması sağlanabilir. Yüksel vd. yaptığı çalışmadaki sonuçlar incelendiğinde de ortamdaki ışık miktarının başarımlı etkilediği raporlanmaktadır [21]. Örneğin Mobee Nett S900-E marka cihaz ile yapılan denemelerde az ışık altında %90 başarımlı elde edilirken ışık arttırıldığında başarımlı %92'ye çıkmaktadır. Benzer durum Samsung Galaxy Note 10.1 marka cihaz ile elde edilen sonuçlarda da görülmektedir. Bu durumda az ışık altında %95 başarımlı rapor elde edilirken çok ışık altında bu başarımlı %99'a çıkmaktadır.

5. Genel Değerlendirme ve Sonuçlar

Bu çalışmada mobil cihazlar kullanılarak optik form temelli çoktan seçmeli sınavların değerlendirmesini yapan mobil uygulama geliştirilmiştir. Uygulama çoktan seçmeli sınavların puanını otomatik olarak tespit etmektedir. Yanlış yapılan ve boş bırakılan sorular kullanıcıya gösterilmektedir. Ayrıca uygulama içerisinde yer alan analiz sayfası ile sınav sonuçları grafiksel veriler halinde gösterilmektedir. Bu sayede sınav değerlendirmesi daha etkili yapılmaktadır. Optik formun taranması ve sonucunun kullanıcıya gösterilmesi yaklaşık 10 saniye sürmektedir. Böylelikle sınav sonuçlarının değerlendirilmesi için zamandan tasarruf edilmektedir. Ayrıca mobil optik okuyucu uygulama sayesinde yüksek maliyetli optik okuyucu cihazların daha az kullanımı hedeflenmektedir. Bu bağlamda açık kaynaklı olarak sunulan mobil uygulama ile yüksek maliyetin düşürülmesi amaçlanmaktadır. Önerilen mobil uygulamanın avantajlarından bir tanesi de çapraz platform desteği sunmasıdır. Bu sayede farklı işletim sistemlerine sahip mobil cihazlar ve tabletlerde kullanılmaktadır. Gelecek çalışmalarda uygulama ara yüzü üzerinde iyileştirmeler yapılması hedeflenmektedir. Çalışmamızda tek bir optik form kullanılması eksiklik oluşturabilir. Uygulamaya farklı optik formlar entegre edilerek kullanıcılara seçim yapabilme imkânı da sunulacaktır. Son olarak uygulamanın başarımlı oranını arttırmak için görüntü iyileştirme, görüntü onarma ve Hough dönüşümü teknikleri kullanılabilir. Bununla birlikte daha güvenilir sınav sonuçlarının elde edilmesi sağlanacaktır. Uygulamaya ait kaynak kodlara GitHub üzerinden ulaşılabilir [7]. Uygulama üzerinde değişiklik yapmak isteyen geliştiriciler kaynak kodlar üzerinde değişiklik yapabilir veya uygulama farklı bir yapıya dönüştürülebilir. Böyle bir imkânın sunulması da oldukça önemlidir.

Kaynaklar

- [1] Belag, I. A., Gültepe, Y., and Elmalti, T. M. An image processing based optical mark recognition with the help of scanner. *International Journal of Engineering Innovation & Research* 7, 2 (2018).
- [2] Bhanu Prasad, P., Radhakrishnan, N., Bharathi, S. S. Machine vision solutions in automotive industry. *Soft Computing Techniques in Engineering Applications* (2014), 1–14.
- [3] Çelik, N. C. Yapay görme tabanlı optik form değerlendirme yöntemi. Master's thesis, Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Eskişehir, Türkiye, 2019.
- [4] de Assis Zampiroli, F., Gonzalez, J. A. Q., de Oliveira Neves, R. P. Automatic correction of multiple-choice tests using digital cameras and image processing. *Universidade Federal do ABC* (2010).
- [5] Dart ve flutter. <https://ata.com.tr/blog-detay/dart-programlama-dili-ve-flutter-nedir-244>. Son erişim tarihi: 24 Mayıs 2023.
- [6] Ghodake, Y. S., Bhosale, D. V., Kulkarni, S. S. Image processing: Methods, techniques, applications review. *AIJR Proceedings* (2021), 198–204.
- [7] Proje kaynak kodları. <https://github.com/mertorelio/omr-app>. Son erişim tarihi: 7 Haziran 2023.
- [8] Greenberg, R., Kolvoord, R. A., Magisos, M., Strom, R. G., Croft, S. Image processing for teaching. *Journal of Science Education and Technology* 2 (1993), 469–480.
- [9] Konuk, M. S. Android Tabanlı Mobil Optik Okuma Test Okuma Sisteminin Geliştirilmesi ve Uygulaması. Master's thesis, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2019.
- [10] Krishna, G., Rana, H. R., Madan, I., Sahu, R. Implementation of omr technology with the help of ordinary scanner. *international journal of advanced research in computer science and software engineering* 3, 4 (2013), 714–719.

- [11] Küçükkara, Z., and Tümer, A. E. An image processing oriented optical mark recognition and evaluation system. *International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers* 6, 4 (2018), 59–64.
- [12] Kumar, A., Singal, H., Bhavsar, A. Cost effective real-time image processing based optical mark reader. *International Journal of Computer and Information Engineering* 12, 9 (2018), 787–791.
- [13] McAuliffe, M. J., Lalonde, F. M., McGarry, D., Gandler, W., Csaky, K., Trus, B. L. Medical image processing, analysis and visualization in clinical research. In *Proceedings 14th IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems. CBMS 2001* (2001), IEEE, pp. 381–386.
- [14] Morikawa, C., Kobayashi, M., Satoh, M., Kuroda, Y., Inomata, T., Matsuo, H., Miura, T., Hilaga, M. Image and video processing on mobile devices: a survey. *The Visual Computer* 37, 12 (2021), 2931–2949.
- [15] Ngugi, L. C., Abelwahab, M., Abo-Zahhad, M. Recent advances in image processing techniques for automated leaf pest and disease recognition—a review. *Information processing in agriculture* 8, 1 (2021), 27–51.
- [16] Phillips, P. J., McCabe, R. M., Chellappa, R. Biometric image processing and recognition. In *9th European Signal Processing Conference (EUSIPCO 1998)* (1998), pp. 1–8.
- [17] Prabakaran, T., Periasamy, P., Mugendiran, V., et al. Studies on application of image processing in various fields: An overview. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (2020), IOP Publishing, pp. 1–13.
- [18] Python programlama dili. <https://docs.python.org/tr/3/tutorial/index.html>. Son erişim tarihi: 24 Mayıs 2023.
- [19] Rong, W., Li, Z., Zhang, W., Sun, L. An improved canny edge detection algorithm. In *2014 IEEE international conference on mechatronics and automation* (2014), IEEE, pp. 577–582.

[20] Şenol, M. C# ile web kameradan optik form okuma. Master's thesis, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar, Türkiye, 2014.

[21] Yüksel, A. S., Çankaya, İ. A., Yalçinkaya, M. A., Ateş, N. Mobil tabanlı optik form değerlendirme sistemi. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences 22, 2 (2016).