

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

BİLİŞİM SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MOBİL OPTİK OKUYUCU UYGULAMASI

SÜMEYYA İLKİN

KOCAELİ 2015

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLİŞİM SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

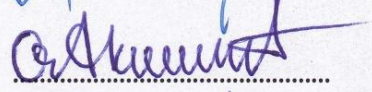
MOBİL OPTİK OKUYUCU UYGULAMASI

SÜMEYYA İLKİN

Yrd.Doç.Dr. Suhap ŞAHİN
Danışman, Kocaeli Üniv.

Yrd.Doç.Dr. Orhan AKBULUT
Jüri Üyesi, Kocaeli Üniv.

Doç.Dr. Cihan KARAKUZU
Jüri Üyesi, Bilecik Şeyh Edebali Üniv.


.....

.....

.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 10.06.2015

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu çalışmada, birçok alanda yaygın olarak kullanılan görüntü işleme uygulamalarından faydalanılarak optik işaret okuyucu sistemlerin akıllı cep telefonlarına uygulanması gerçekleştirilmiştir.

Yüksek lisans öğrenim süremde yaptığı yönlendirmeler başta olmak üzere, özellikle yüksek lisans tez çalışmam boyunca akademik anlamda gösterdiği destekler ve çalışmalarım süresince gösterdiği yakın destek ve ilgisi için değerli danışmanım ve hocam Sn. Yrd. Doç. Dr. Suhap ŞAHİN'e teşekkür ederim. Ayrıca, yüksek lisans tez çalışmama destek veren çalışma arkadaşlarım Arş. Gör. Burcu KIR SAVAŞ'a, Arş. Gör. Fatma KUNCAN'a ve Arş. Gör. M. Zeki KONYAR'a vermiş olduğu desteklerden dolayı teşekkürü borç bilirim.

Yüksek lisans tez dönemimde desteğini esirgemeyen hocam Sn. Prof. Dr. İsmail ERTÜRK'e teşekkür ederim. Ayrıca, yüksek lisans tez dönemim boyunca yanımda olan ve desteğini esirgemeyen Bilgisayar Mühendisliği Gömülü Sistemler Laboratuvarı çalışanlarına teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Son olarak hayatım boyunca desteklerini bir an olsun esirgemeyen ve beni bugünlere getiren anne ve babama sonsuz minnet duygularımı sunarım. Ayrıca her zaman manevi desteğini hissettiğim kardeşim Rumeysa İLKİN'e de teşekkürü bir borç bilirim. Onların destekleri olmadan hayatta başarılı olabilmem zor olurdu.

Haziran – 2015

Sümeyya İLKİN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
ŞİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT.....	viii
GİRİŞ	1
1. GENEL BİLGİLER.....	3
1.1. Optik Okuyucu Sistemleri.....	4
1.2. Optik İşaret Okuma Sistemleri.....	5
2. GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ.....	10
2.1. Renk Uzayı İşlemleri.....	10
2.1.1. Ortalama yöntemi.....	12
2.1.2. Ağırlık toplama yöntemi	12
2.2. Süzgeçleme İşlemleri	14
2.2.1. Median filtresi	15
2.3. İkili İmge Elde Etme İşlemleri	16
2.3.1. Otsu metodu	17
2.4. Kenar Tespit Aşaması	18
2.4.1. Canny kenar belirleme algoritması	19
3. MOBİL OPTİK OKUYUCU UYGULAMA MODELİ	21
3.1. Kameradan Görüntü Alma	22
3.2. Görüntü İyileştirme	25
3.3. Kenarların Tespiti.....	28
3.4. Düzenlenmiş Optik Formun Gösterimi	29
3.5. Optik Form Alanlarının Tespiti.....	31
4. DENEYSEL SONUÇLAR.....	33
4.1. Örnek Sonuçlar.....	33
4.2. Başarı Oranları	46
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	48
KAYNAKLAR	50
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	53
ÖZGEÇMİŞ	54

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1.	Türkiye 2014 yılı ulusal sınav istatistikleri.....	3
Şekil 1.2.	Standart bir optik cevap formu okuyucu cihaz	4
Şekil 1.3.	Tarayıcı kullanılarak oluşturulmuş optik işaret okuma sistemi	5
Şekil 1.4.	Bilgi işaretleri ve kılavuz çizgileri	7
Şekil 1.5.	Cevap alanlarının yerleşimi ve kılavuz çizgileri.....	8
Şekil 1.6.	Sistem için tasarlanan referans optik cevap kağıdı	9
Şekil 2.1.	RGB renk modeli	11
Şekil 2.2.	RGB renk modelinde renk kanalları ve gri tonlamaları.....	12
Şekil 2.3.	Görülebilir alana ait dalga boyları	13
Şekil 2.4.	Median filtre örneği	16
Şekil 3.1.	Uygulama modelinin blok diyagram gösterimi	21
Şekil 3.2.	Optik cevap formu örneği	22
Şekil 3.3.	Cep telefonunda uygulama arayüzü ve kameradan görüntü alma aşaması.....	23
Şekil 3.4.	Tablette uygulama arayüzü ve kameradan görüntü alma aşaması.....	24
Şekil 3.5.	Cep telefonu ve tablette uygulama üzerindeki Tamam ve Reddet seçenekleri	25
Şekil 3.6.	Uygulama aşamaları.....	26
Şekil 3.7.	Cep telefonu ve tablette "orjinal görüntü" seçeneğinin gösterimi	27
Şekil 3.8.	Cep telefonu ve tablette "gri görüntü" seçeneğinin gösterimi	27
Şekil 3.9.	Cep telefonu ve tablette "median blur" seçeneğinin gösterimi	28
Şekil 3.10.	Cep telefonu ve tablette "threshold" seçeneğinin gösterimi	28
Şekil 3.11.	Cep telefonu ve tablette "köşe tespiti" seçeneğinin gösterimi	29
Şekil 3.12.	Cep telefonu ve tablette "kenarlar" seçeneğinin gösterimi	30
Şekil 3.13.	Cep telefonu ve tablette "sonuç" seçeneğinin gösterimi	30
Şekil 3.14.	Cep telefonunda "alanlar-kesilmiş görüntü" seçeneğinin gösterimi	32
Şekil 3.15.	Tablette "alanlar-kesilmiş görüntü" seçeneğinin gösterimi	32
Şekil 4.1.	Uygulamada kullanılan optik form örneği-1.....	34
Şekil 4.2.	Uygulanan görüntü işleme yöntemlerinin örnek sonuçları-1.....	35
Şekil 4.3.	Uygulamada kullanılan optik form örneği-2.....	36
Şekil 4.4.	Uygulanan görüntü işleme yöntemlerinin ve algoritmaların örnek sonuçları-2	37
Şekil 4.5.	Uygulamada kullanılan optik form örneği-3.....	38
Şekil 4.6.	Uygulanan görüntü işleme yöntemlerinin ve algoritmaların örnek sonuçları-3	39
Şekil 4.7.	Uygulamada kullanılan optik form örneği-4.....	40
Şekil 4.8.	Uygulanan görüntü işleme yöntemlerinin ve algoritmaların örnek sonuçları-4	41
Şekil 4.9.	Uygulamada kullanılan optik form örneği-5.....	42
Şekil 4.10.	Uygulanan görüntü işleme yöntemlerinin örnek sonuçları-5.....	43
Şekil 4.11.	Uygulamada kullanılan optik form örneği-6.....	44

Şekil 4.12. Uygulanan görüntü işleme yöntemlerinin örnek sonuçları-6.....	45
Şekil 4.13. Yüzde başarı oranı grafiği.....	47

SİMGELER DİZİNİ VE KISALTMALAR

B_{srgb}	: Blue (Mavi) değeri
C_{linear}	: Geçerli doğrusal yoğunluk
C_{srgb}	: RGB öncüllerinden herhangi bir sıkıştırma değeri
f	: İki boyutlu sayılaştırılan görüntü
g	: Görüntü bilgisi
G	: Gaussian çekirdek konvolüsyonu
G_n	: Gradyan operatör birinci türevi
G_{srgb}	: Green (Yeşil) değeri
k	: Piksel koordinat değeri
l	: Piksel koordinat değeri
m	: Mean değeri
m	: Satır sayısı
m_G	: Sınıf içi piksel ortalama yoğunluk değeri
mm	: milimetre
m_1	: Birinci sınıf piksel yoğunluk değeri
m_2	: İkinci sınıf piksel yoğunluk değeri
n	: Yön bilgisi
n	: Sütun sayısı
N	: Matris boyut değeri
p_i	: Olasılık değeri
Pr	: Olasılık fonksiyon değeri
R_{srgb}	: Red (kırmızı) değeri
u	: Çıkış matrisi
w	: Matris maske pencere değeri
x,y	: Görüntü koordinatı
y	: Giriş matrisi
Y	: Renk uzayında doğrusal parlaklık
σ	: İlişkili olasılık dağılım standart sapma
σ^2	: Varyans değeri
σ_B^2	: Sınıflar arası varyans değeri
σ_G^2	: Global varyans değeri
μm	: Mikro metre

Kısaltmalar

B	: Blue (Mavi)
CMYK	: Cyan, Magenta, Yellow, Key (Cam göbeği, Eflatun, Sarı, Anahtar)
ÇSS	: Çoktan Seçmeli Sorular
G	: Green (Yeşil)
gsm	: Uluslararası Amerikan Kağıt Ağırlık Standart Birimi
OMR	: Optik İşaret Tanıma

OMRS : Optik İşaret Okuma Sistemleri
OOS : Optik Okuyucu Sistemler
R : Red (Kırmızı)
RGB : Red, Green, Blue (Kırmızı, Yeşil, Mavi)
TC : Türkiye Cumhuriyeti
Teog : Temel Eğitimden Ortaöğretime Geçiş
YGS : Yükseköğretime Geçiş Sınavı

MOBİL OPTİK OKUYUCU UYGULAMASI

ÖZET

Değerlendirilmesi açık uçlu sınavlara göre daha kolay ve hızlı ayrıca sonuçlarının daha objektif olması sebebiyle çoktan seçmeli sınavlar son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Sonuç olarak bu sınavları doğru ve hızlı bir şekilde ölçen ve değerlendiren sistemlere ihtiyaç da artmıştır. Bu sistemlerin geliştirilmesi için gelişen teknoloji ile beraber hayatımızın birçok alanında kendini gösteren görüntü işleme tekniklerinden sıklıkla faydalanılmaktadır. Özellikle Optik İşaret Tanıma (OMR) teknikleri, çoktan seçmeli sınavlara ait cevap kağıtları üzerinde oldukça fazla kullanılmaktadır.

Günümüzde mobil cihazlar günlük hayatımızda oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak mobil cihazlar üzerinde görüntü işleme tekniklerini kullanan uygulamalar yaygınlaşmamıştır. Bu tez çalışmasında görüntü işleme yöntemleri kullanılarak, optik formların okunma işlemi akıllı cep telefonları üzerinde yapılmıştır.

Optik işaret okuma işlemlerinde görüntü işleme teknikleri genellikle, işaretli alanların tespiti ve puanlandırma işlemlerinde kullanılmaktadır. Bu tezde çok şıklı testlerin okunmasında akıllı telefonların kameralarının kullanılmasına dayanan yeni bir yöntem (yaklaşım tarzı) üzerinde durulmaktadır. Bu yöntemde geometrik düzeltme, kenar belirleme, görüntü iyileştirme işlemleri yapılarak optik form ve optik form alanlarının tespiti gerçekleştirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Android, Görüntü İşleme, Görüntü İyileştirme, Kenar Tespiti, Optik İşaret Okuma.

A MOBILE OPTICAL MARK READING APPLICATION

ABSTRACT

Multiple-choice tests have been used very widely because of the fact that they are a lot easier and faster to evaluate the results compared to open-ended tests and that their results are more objective. Consequently, need for the systems that test and evaluate the exams has risen. Image processing techniques which appear in many parts of our lives as a consequence of developing technology are frequently used in order to develop these systems. Optical Mark Recognition (OMR) techniques in particular are applied while evaluating optical answer sheets.

At the present time, mobile devices are widely used in our daily lives. However, applications using image processing techniques on mobile devices have not become widespread, yet. In this thesis study, optical answer sheets were read on smart phones by using image processing methods.

In the processes of Optical Mark Reading, image processing techniques are usually used to detect the marked areas and to score. This thesis is about a new method that bases reading of multiple-choice tests on the use of mobile phone cameras. In this method, optical answer sheet and optical answer sheet areas' detection is realized by geometrical correction, edge detection and image enhancement.

Keywords: Android, Image Processing, Image Enhancement, Edge Detection, Optical Mark Reading.

GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte farklı alanlarda görüntü işleme teknolojileri kullanılarak birçok başarılı çalışma ve uygulamalar yapılmaktadır. Özellikle eğitim, sağlık, trafik gibi alanlarda çeşitli görüntü işleme tekniklerinden yararlanılarak başarılı uygulamalar geliştirilmiştir. Aşağıda bu uygulamaların bir kaçına değinilmektedir.

- Kimlik tespitinde kullanılan parmak izi ve avuç içi görüntüleri üzerinden kişi bilgileri kolaylıkla öğrenilebilmekte ve ilgili kişiler hakkında daha doğru bilgilere ulaşılabilmektedir. Geliştirilen bu ve buna benzer teknolojiler sayesinde hastane, karakol gibi kurumlarda çalışan insanların işleri kolaylaşmakta ve bunun yanı sıra iş yükü azalmaktadır [1, 2].
- Mobese kameraları ile elde edilen görüntüler sayesinde trafik akışı denetim altına alınabilmekte ve hatalı sürücüler plaka görüntülerinin üzerinde uygulanan görüntü işleme teknolojileri sayesinde tespit edilebilmektedir [3]. Ayrıca geliştirilen yeni araba takip sistemleri sayesinde elde edilen görüntüler üzerinden, kullanılan yolun durumu ve diğer arabaların konumlarına dair bilgiler elde edilip, bu bilgiler ışığında sürücülere gerekli uyarıları yaparak trafikte yol güvenliği sağlanabilmektedir [4].
- İnsanların dillerinin görüntüleri üzerinde görüntü işleme teknikleri uygulanarak ilgili kişilerin diyabet olup olmadığı tespit edilebilmektedir [5].

Görüntü işleme teknikleri kullanılarak geliştirilen bu teknolojiler sayesinde insanların hayatları kolaylaşmakta, daha gerçekçi ve faydalı bilgilere ulaşılabilmektedir. Bu tez çalışması kapsamında görüntü işleme yöntemleri vasıtası ile eğitimde kullanılan optik cevap kağıtlarının okunması ve optik form alanlarının (Ad/Soyad, TC No, Cevaplar vb.) tespiti işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Bölüm 1’de tez kapsamındaki çalışma hakkında genel bilgiler verilerek, optik işaret okumak için kullanılan görüntü işleme çalışmalarından bahsedilmiştir. Bu alanda kullanılan uygulamalar hakkında çeşitli çalışmalar incelenmiş ve görüntü işleme hakkında literatür araştırmasına yer verilmiştir.

Bölüm 2’de görüntü işleme yöntemleri detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Tez çalışması kapsamında kullanılan görüntü işleme algoritmaları incelenmiştir.

Bölüm 3’de tez çalışması için gerçekleştirilen uygulama modeli detaylı olarak anlatılmıştır.

Bölüm 4’de tez çalışması sonucu ortaya çıkan ürünün, çeşitli optik cevap formları üzerinde denenmesi sonucu elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

Bölüm 5’de tez çalışması kapsamında elde edilen tüm çıktılar özet halinde sunularak genel bir değerlendirme yapılmıştır. Ayrıca bundan sonra yapılacak çalışmalar ve iyileştirmeler hakkında fikirler sunulmuştur.

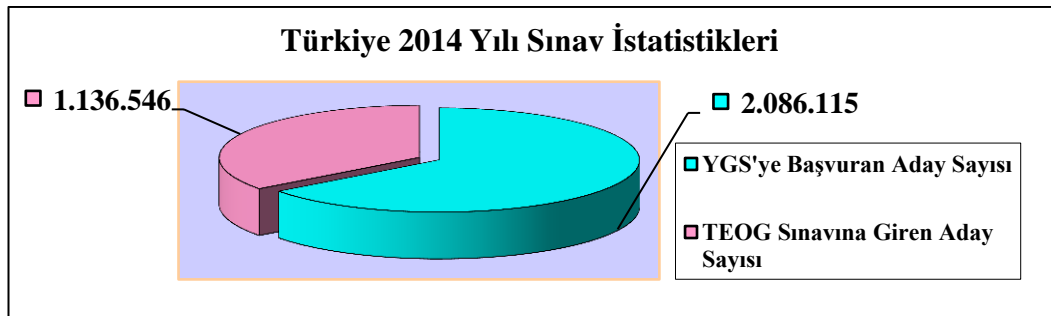
Ülkemizde de birçok eğitim kurumunda (Etüt merkezleri, sürücü kursları vb.) merkezi veya yerel olarak test sınavları sıklıkla yapılmaktadır. Son yıllarda, test şeklinde yapılan sınavları tercih eden eğitim kurumlarının ve eğitimcilerin giderek artması nedeniyle bu sınavların ölçme ve değerlendirilmesi oldukça önem kazanmaktadır.

İçeriği hazır olan test sınavlarının gerçekleştirilmesinde sınav sonuçlarının hızlı ve doğru elde edilmesi gibi bazı önemli iş yükleri öne çıkmaktadır. Halihazırda bu iş yüklerini karşılayabilecek sistemler genellikle çok yüksek maliyetlerle yurt dışından getirilmektedir. Ayrıca piyasada kullanılan sistemlerin, özel test kağıdı kullanım mecburiyeti ve sistemin parça parça kullanılamaması gibi pahalı ve taşradaki bir eğitimcinin kolay ulaşamayacağı kısıtları da mevcuttur.

Bu çalışmanın amacı, eğitim kuruluşlarının veya eğitimcinin test sınavı puanlandırırken ihtiyaç duyduğu donanım ve yazılım sistemlerinin daha düşük maliyetlerle ve herhangi bir kısıt olmadan karşılanmasıdır. Bu sayede, ülkemizde eğitim sektörünün en önemli ihtiyaçlarından biri olan optik cevap kağıtlarının okunma işlemlerinin kolaylaşacağı ve küçük ölçekli eğitim kurumlarında, az gelişmiş bölgelerde bulunan okullarda (kırsal kesim ve köylerde bulunan okullar, etüt merkezleri vb.) bu testlerin kolaylıkla uygulamaya konulabileceği gösterilmektedir. Çalışmanın temel amacı optik cevap formlarının akıllı telefonların kameraları kullanılarak okunması ve form üzerindeki alanların tespiti işlemidir.

1. GENEL BİLGİLER

Ülkemizde lise ve dengi okullar ile üniversitelere giriş için öğrencilerin çoktan seçmeli şeklinde hazırlanan testlerden geçmeleri gerekmektedir. Klasik sınavlara göre daha kolay, hızlı değerlendirilmesi ve sonuçlarının daha objektif olması sebebiyle test sınavları son yıllarda çok fazla kullanılmaya başlamıştır [6, 7, 8]. Şekil 1.1’de görüldüğü gibi her yıl ortalama 3 milyon öğrenci bu okullarda okuma hakkı kazanmak için ülke genelinde yapılan merkezi giriş sınavlarına girmektedir [9, 10]. Bunun yanında üniversitelerde, sürücü kurslarında, orta öğretim ve özel eğitim kurumlarında her eğitim döneminde ülkedeki öğrenci sayısı ile doğru orantılı olarak küçüklü büyüklü çok fazla test sınavı yapılmaktadır. Günümüzde oldukça yoğun bir şekilde yapılan bu sınavlarda; kullanım açısından oldukça hızlı ve güvenilir bir yöntem haline gelen çoktan seçmeli sorular (ÇSS), lise ve üniversite öğrencileri için etkili bir değerlendirme veya derecelendirme metodu olarak kullanılmaktadır. Yapılan bu sınavların sayısının çokluğu ve sınavlara katılan öğrenci sayısı göz önüne alındığında ÇSS sisteminin eğitimin her alanında uygulanması kaçınılmaz bir hal almıştır. Her ne kadar ÇSS kullanımını daha fazla talep edilse de, elle gerçekleştirilen puanlandırma yöntemi, bir okulda bulunan öğrenci sayısının yoğunluğu da göz önünde bulundurulduğunda, uygulanması bakımından oldukça zor görünmektedir [6]. Bundan dolayı ÇSS’nin okunması işlemleri için bu zorlukları ortadan kaldırmayı amaçlayan çeşitli uygulamalar geliştirilmiştir. Fakat bu ihtiyacı karşılayabilecek verimli bir şekilde çalışan, düşük maliyetli bir uygulama bulunmamaktadır [11, 12, 13].



Şekil 1.1. Türkiye 2014 yılı ulusal sınav istatistikleri

Eğitimsel testleri ölçme-değerlendirme sistemlerinde önemli bir iş yükü öne çıkmaktadır; bu da sonuçların en az maliyetle hızlı ve doğru elde edilmesidir. Merkezi sınavların sıkça yapıldığı ülkemizde bu önemli iş yükünü karşılayabilecek sistemler genellikle yüksek maliyetlerle yurt dışından getirilmektedir.

Test sınavlarını ölçme ve değerlendirme işlemi için iki tip teknoloji kullanılmaktadır.

1.1. Optik Okuyucu Sistemleri

Klasik optik okuma sistemleri olarak adlandırılan, cevap anahtarı ve optik okuyucudan oluşan bu sistemlerde özel olarak hazırlanan cevap kağıtları (90-110 gr. 1. hamur kaliteli kağıt) kullanılmaktadır [14]. Optik okuyucu sistemleri (OOS), test cevap kağıtlarındaki verileri OMR yöntemi kullanarak elektronik ortama aktaran sistemlerdir. Cevap kağıtları üzerinde belirli alanlardaki basılı işaretleri tarayarak okuma teknolojisini kullanan OOS oldukça hızlı ve yüksek hassasiyette okuma yapabilmektedir. Dolayısıyla OOS, test sınavları için hazırlanmış özel cevap kağıtları ve tarama işlemi yapan bir cihazdan oluşmaktadır.

Yaygın bir şekilde kullanılan Şekil 1.2’de de bir örneği gösterilen test okuma sistemlerinde cevap anahtarları özel bir kağıt üzerine basılarak hazırlanmaktadır. Bu durum ise cevap kağıdının hazırlanmasının pratikliğini ortadan kaldırmakta ve maliyeti oldukça arttırmaktadır.



Şekil 1.2. Standart bir optik cevap formu okuyucu cihaz

OOS için tarama işlemi yapan cihazlar sadece optik formları değerlendirmekte kullanılmaktadır. Okuduğu optik formların bilgilerini de ham data olarak vermekte olup bu bilgileri değerlendirmek için ikinci bir yazılıma ihtiyaç duyulmaktadır. İkinci

yazılım ise işlemi zorlaştırarak bu sistemi kullanan kurumlarda zaman israfı ve iş gücü kaybına neden olmaktadır.

Bu sistemler ne yazık ki ülkemizde üretilmemekte ve dolayısıyla çok yüksek maliyetlerde yurt dışından ithal edilmektedir. Kullanım kısıtları bulunan ve yüksek maliyetler gerektiren bu sistemler yerlerini görüntü işleme ile optik okuma yapan sistemlere bırakmaktadır.

1.2. Optik İşaret Okuma Sistemleri

Optik işaret okuma sistemleri (OMRS); görüntü işleme yöntemlerini kullanarak test cevap kağıtlarını okuyan sistemlerdir.

Görüntü işleme tekniklerini kullanan test okuma sistemleri;

➤ Bir görüntü işleme yazılımı ve bir tarayıcıdan oluşan sistemlerdir. Bu sistemler özel cevap kağıdı formatı gerektirmeden ve basit bir tarayıcı sayesinde optik okumayı gerçekleştirdiğinden oldukça kullanışlı ve maliyetsiz sistemlerdir [15]. Ancak Şekil 1.3'te bir örneği gösterilen, yetenekli bir yazılım ve tarayıcı cihazı gerektirdiğinden erişilebilirlik ve maliyet açısından diğer sistemdeki dezavantajları kısmen de olsa içermektedir. Piyasada bulunan ve makul maliyetlere sahip (küçük eğitim kurumları ve/veya bir eğitimci için) mevcut ürün yazılımların performansları oldukça kötüdür [11, 16].



Şekil 1.3. Tarayıcı kullanılarak oluşturulmuş optik işaret okuma sistemi

➤ OMR yazılım sistemleri ile okuma yapabilecek diğer bir yöntem ise bir görüntü işleme yazılımı ve kamera kullanılan sistemlerdir. Bu sistemler görüntü işleme tekniğini kullanan sistemlerin mobil bir cihaz üzerinde gerçekleşmesinden

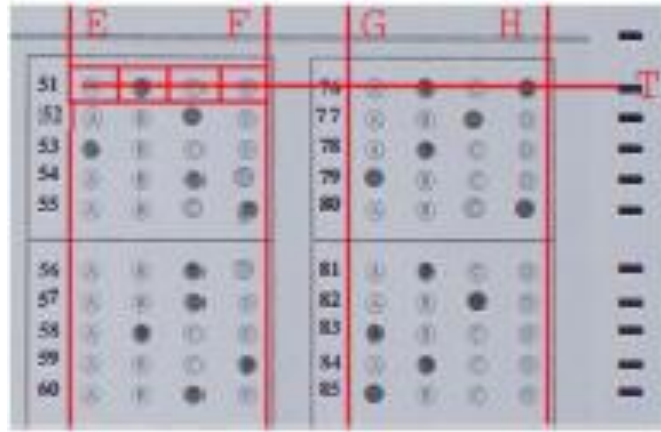
oluşmaktadır. Bu sistemlerde de tıpkı tarayıcı kullanılarak oluşturulan sistemlerde olduğu gibi sisteme özel cevap kağıdı (110 gr. 1. Hamur) kullanımı gerekmemektedir. Fakat bu sistemlerde kullanılmak üzere özel olarak tasarlanan optik cevap formları (kenarlarında okumayı kolaylaştıran işaretleme çizgileri vb.) kullanıcılar açısından kısıt oluşturmakta ve kullanım maliyetini arttırmaktadır [8, 12, 13, 17]. Mobil optik okuma sistemleri yeni bir alan olduğu için geliştirilmeye devam edilmektedir. Halihazırda piyasada bulunan bir kaç ürün ise bütün bir sistemin parçası olarak kötü performansları ile prototip olma özelliğinden öteye gidememektedirler. Ayrıca bu sistemlerde cevap kağıtlarının sistem tarafından belirlenen bir formatta olması da ayrı bir dezavantaj içermektedir.

Ülkemizde test sınav sistemini kullanan birçok eğitim kurumu mevcuttur (Dershaneler, Sürücü kursları vb.). Çalışmamızda bu kuruluşların test hazırlarken ihtiyaç duyduğu donanım ve yazılım sistemini oldukça düşük bir maliyetle karşılaması hedeflenmektedir. Halihazırda kullanılan optik okuyucular yüksek maliyetlere sahip olmakla birlikte kullanım alanları kısıtlı olabilmektedir. OMR teknolojilerine dayanan bir kaç uygulama bu problemi çözmek için geliştirilmiştir [6, 7]. Geliştirilen bu uygulamalara rağmen bir mobil kameranın, tarayıcı ya da optik okuyuculara göre görüntü okuma hızı, ayarlar gibi belirgin avantajları bulunmaktadır.

Bu sebeple, bu tez çalışmasında optik cevap kağıtlarının cep telefonu kamerası kullanılarak okunması işlemi hedeflenmiştir. Çeşitli görüntü işleme algoritmaları kullanılarak gerçekleştirilen uygulamaların incelenmesi yapılmıştır.

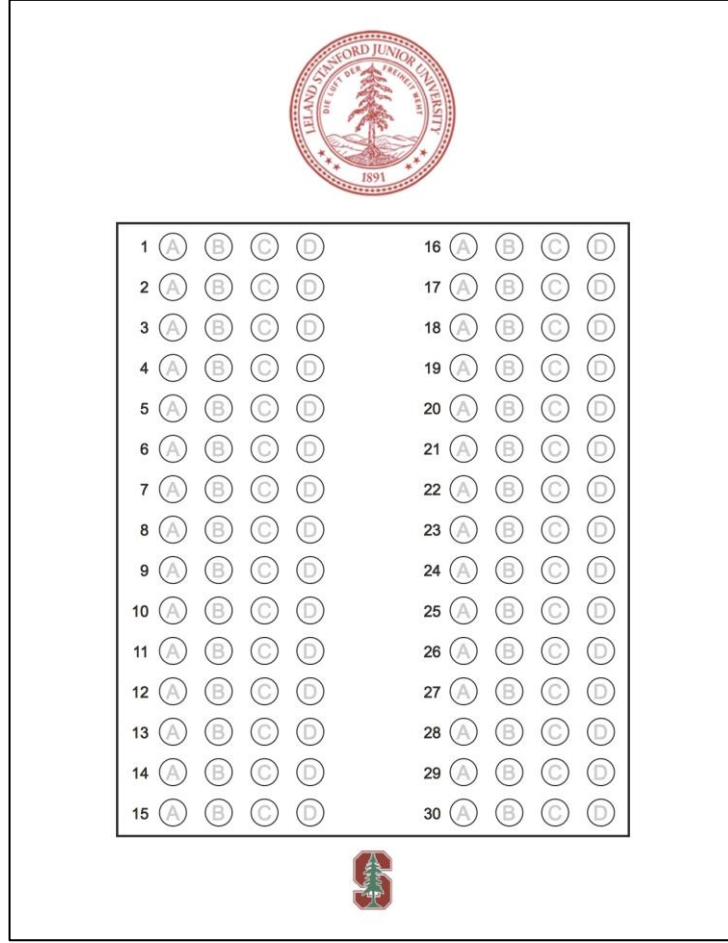
Deng vd. [7] sunduğu çalışmada optik okuyucularda kullanılan pahalı/kaliteli kağıtlar yerine daha az maliyetli (60-70 gsm) ince kağıtlar [18] kullanılarak optik cevap kağıdı okuma işlemi yapılmıştır. Tarayıcıdan taranarak elde edilen görüntü üzerinde eğim tespiti için formlar üzerindeki Şekil 1.4'te gösterilen yatay/dikey kılavuz çizgilerden faydalanılmıştır. Bu çizgilerin konum bilgileri kullanılarak kağıt başlangıç noktasına çekilmiştir. Aynı zamanda aynı kılavuz çizgileri görüntüdeki işaretli alanların konumunun tespitinde de kullanılmıştır. Sonuç olarak bu çalışmada gerçekleştirilen sistem, kaliteli optik cevap kağıdı kullanım gerekliliğini ortadan kaldırmış olmasına rağmen bu kağıtların okunması için bir tarayıcı, ikincil bir

Nguyen vd. [6] dijital kamera ile çekilen optik formların iyileştirilmesi ve işaretlerin bu yolla okunması üzerinde çalışmışlardır. Bir kamera yardımıyla optik formların görüntüleri çekilip, çekilen bu görüntüler üzerinde görüntü iyileştirme işlemleri uygulanmıştır. Bu işlemlerden sonra görüntüde eğim açısı tespit edilmiştir. Belirlenen açı kullanılarak eğim düzeltilmiştir. İşaretli alanların tespiti için formlardaki kılavuz çizgilerinden faydalanılmıştır. Bu çalışmada gerçekleştirilen sistem her ne kadar başarılı sonuçlar verse de sistemin başarılı okuma yapabilme yeteneği Şekil 1.5'te gösterilen tek tip kılavuz çizgisine sahip standart optik cevap formlarına bağlıdır.



Şekil 1.5. Cevap alanlarının yerleşimi ve kılavuz çizgileri [6]

Chidrewar vd. [8] sunduğu çalışmada optik cevap formlarının okunması işlemi için mobil telefonlar kullanılmaktadır. Geliştirdikleri bu sistemde uygulama için Şekil 1.6'da gösterilen, tasarladıkları tek tip optik cevap formu kullanılmaktadır. Sistem bu cevap kağıtlarından seçilen referans cevap kağıdının şıklarını belirleyip, öğrencinin cevap kağıdındaki işaretli şıklarla karşılaştırmaktadır. Referans işaretleri (anahtar noktalar) kullanılarak eşleştirilen bu iki cevap kağıdının karşılaştırma sonuçları kullanılarak puanlama işlemi gerçekleştirilmektedir. Sonuç olarak bu çalışmada gerçekleştirilen sistemin dezavantajı, cevap şıklarının karşılaştırılabilmesi için tek tip optik formlar kullanılması (aynı anahtar noktalara sahip olan formlar) gerekmektedir. Bu da uygulamanın esnekliğini ortadan kaldırmaktadır.



Şekil 1.6. Sistem için tasarlanan referans optik cevap kağıdı [8]

Yapılan literatür araştırmaları neticesinde bu alanda yapılan çalışmaların oldukça az ve yetersiz olduğu sonucuna varılmıştır. Ülkemizdeki sınav yoğunluğu ve bu sınavlara her yıl giren adayların sayısının artması da göz önüne alındığında buna benzer sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Elde ettiğimiz bu sonuçlar eğitim alanında, düşük maliyetli ve kullanım kolaylığı sunan buna benzer sistemlerin eksikliğini ortaya koymuştur. Her geçen gün zorunluluk haline gelen bu eksikliklerin giderilmesi hususu oldukça motive edici olmuştur. Bunun neticesinde böyle bir çalışma yapmaya başladık.

2. GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ

Görüntü işleme algoritmalarının mobil cihazlar üzerinde gerçekleştirilme süreçlerinin yeni olması ve OMR algoritmalarının akademik olarak yeterince incelenmeden uygulamaya geçirme çabası sonucu mobil cihaz üzerinden optik okuma işlemini verimli bir şekilde gerçekleyen ticari bir ürün bulunmamaktadır [8, 19, 20].

Bu tez çalışmasında görüntü işleme teknikleri kullanılan bir sistem geliştirilmiştir. Çalışmada görüntü işleme algoritmalarından yararlanılarak akıllı cep telefonlarına optik cevap kağıdı okutma özelliği kazandırılmıştır. Dolayısıyla uygulamanın kullanılabilmesi için ayrı bir donanım kurulmasına ihtiyaç yoktur, sadece akıllı cep telefonları aracılığıyla, geliştirilen uygulama yüklenip direk kullanımına geçilebilmektedir. Cep telefonuna yüklenen uygulama aracılığı ile optik cevap formunun fotoğrafı çekilmektedir. Elde edilen optik cevap formu görüntüsü üzerinde sırasıyla aşağıdaki görüntü işleme aşamaları gerçekleştirilmektedir;

- Renk uzayı işlemleri
- Süzgeçleme işlemleri
- İkili imge elde etme işlemleri
- Kenar tespit aşaması

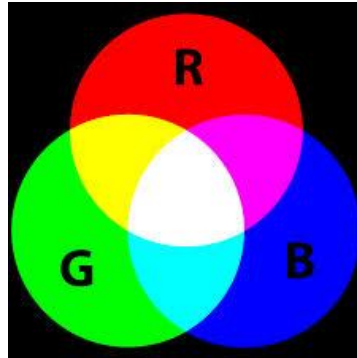
Bu tez çalışması kapsamında geliştirilen sistem, OpenCV kütüphanelerinden faydalanılarak Android işletim sistemine sahip bir mobil cihaz üzerinde gerçekleştirilmiştir. Görüntü işleme algoritmaları gerçekleştirilirken JAVA programlama dili kullanılmıştır. Bu bölümde uygulamada kullanılan görüntü işleme algoritmaları anlatılmıştır.

2.1. Renk Uzayı İşlemleri

Analog görüntülerin bilgisayar ortamında değerlendirilebilmeleri için bilgisayarın anlayabileceği veri formatları haline getirilmeleri gerekmektedir. Bu dönüşüme sayısallaştırma adı verilir. Sayısallaştırılan görüntü (Analog/Sayısal dönüşüm) iki boyutlu $f(x,y)$ fonksiyonu olarak tanımlanabilir. Burada x ve y düzlemsel

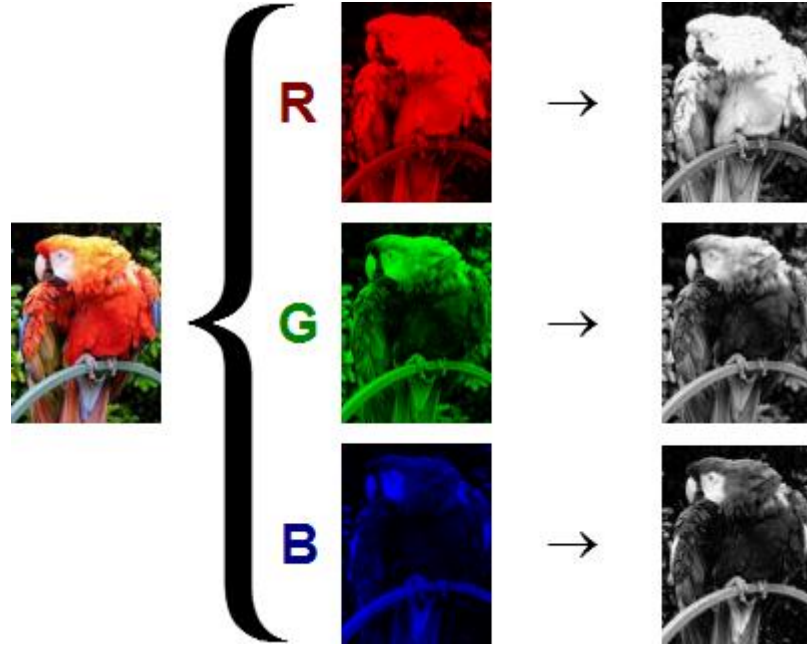
koordinatlarıdır. f fonksiyonun herhangi bir (x, y) koordinatındaki genliği görüntünün o noktadaki yoğunluğu olarak adlandırılır.

Renkli görüntüler çeşitli renk alanlarının bir araya gelmesiyle oluşur. Renklerin oluşması ile ilgili farklı renk modelleri vardır. En sık kullanılan renk modeli Şekil 2.1'de gösterilen; RGB'de tüm renk kodları üç temel renk olan kırmızı (red), yeşil (green) ve mavi (blue) renkleriyle belirlenir. Bu renk modeli, insan gözünün görme yapısı ilham alınarak oluşturulmuştur. İnsan gözü; gözde bulunan koni algılayıcıları ile bu üç rengin birleşimini oluşturarak renkleri algılamaktadır. İnsan gözündeki koni algılayıcılarının yaklaşık %65'i kırmızı, %33'ü yeşil ve %2'si mavi renge duyarlıdır [21]. Tıpkı insan gözündeki koni algılayıcılarının, renkleri algılama oranında olduğu gibi elektronik spektrumda da en büyük dalga boyu kırmızıya aitken en küçük maviye aittir. Elektro-manyetik spektrumda 0,4-0,5 μm . dalga boyu mavi renge; 0,5-0,6 μm . dalga boyu yeşil renge; 0,6-0,7 μm . dalga boyu kırmızı renge karşılık gelir. Bu dalga boylarında elde edilmiş görüntü sırası ile kırmızı-yeşil-mavi kombinasyonu ile üst üste getirilerek bilgisayar üzerinde renkli görüntüler elde edilir. Son dönemlerde sıkça kullanılan bir diğer model de; CMYK (Cyan-Magenta-Yellow-Key) renk modelidir ve camgöbeği (mavi), morumsu-kırmızı, sarı ve mavi renk tonlarının bulunduğu kanallardan oluşmaktadır [22].



Şekil 2.1. RGB renk modeli

Görüntü işlemenin temel adımlarından biri görüntüyü griye çevirme işlemidir. Şekil 2.2'de de örneği gösterilen; görüntüyü griye çevirme işlemi basit bir işlemdir. Gri seviyeli görüntülerin arasında grinin pek çok gölgesi, tonu bulunmaktadır. Gri seviyeli görüntülere aynı zamanda “monochromatik” de denmektedir. Gri seviyeli görüntüler genellikle, tek bantlı elektromanyetik tayfda her bir pikselin ışık yansımalarını ölçmenin bir sonucudur.



Şekil 2.2. RGB renk modelinde renk kanalları ve gri tonlamaları

Görüntünün gri seviyesinin çıkarılmasında yaygın olarak 2 yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan biri görüntünün ortalama değerinin elde edilmesi ile gerçekleştirilen ortalama yöntemidir. En sık kullanılan diğer yöntem de, her bir pikselin aydınlık derecesini bularak bu değeri kullanmaktır. Bu yöntem, RGB kanallarının belirlenmiş kat sayılarla çarpılması ile gerçekleştirilen ağırlık toplama yöntemidir.

2.1.1. Ortalama yöntemi

Ortalama yönteminde RGB kanalına ait değerler toplanıp üçe bölünerek elde edilen mean (ortalama) değeri ile görüntünün griye çevrilme işlemi gerçekleştirilir. Ortalama yöntemi ile gri değer Denklem (2.1) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$m = \frac{R_{ij} + G_{ij} + B_{ij}}{3} \quad (2.1)$$

Burada m ortalama değerini ifade etmektedir.

2.1.2. Ağırlık toplama yöntemi

Ağırlık toplama yönteminde renkli bir görüntünün gri görüntüye çevrilmesi işlemi için ilk olarak doğrusal RGB uzayında ağırlıklı ortalaması hesaplanmaktadır. Bu işlem de, ilk olarak gama genişmesi ile gama sıkıştırma fonksiyonunun kaldırılmasından sonra gerçekleştirilir [23].

RGB renk uzayında gama sıkıştırmasının kaldırılması Denklem (2.2) ile hesaplanmaktadır.

$$C_{\text{linear}} = \begin{cases} \frac{C_{\text{srgb}}}{12,92}, & C_{\text{srgb}} \leq 0,04045 \\ \left(\frac{C_{\text{srgb}} + 0,055}{1,055} \right)^{2,4}, & C_{\text{srgb}} > 0,04045 \end{cases} \quad (2.2)$$

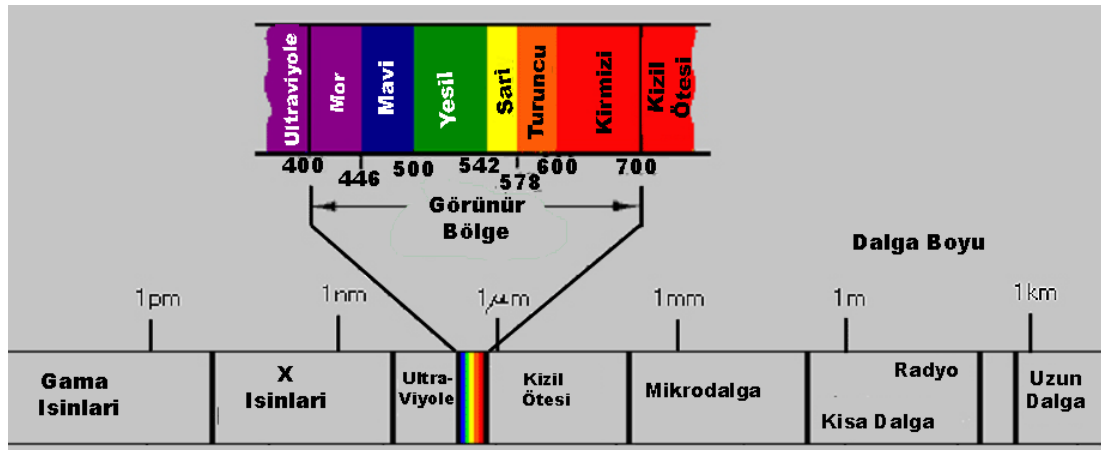
Burada C_{srgb} RGB öncüllerinden (R_{srgb} , G_{srgb} ve B_{srgb} her bir $[0,1]$ aralığında) herhangi bir gama sıkıştırma ve C_{linear} geçerli doğrusal-yoğunluk değerini (R, G, ve B, yine $[0,1]$ aralığında) temsil etmektedir.

RGB renk uzayında doğrusal parlaklık;

$$Y = 0,2126R + 0,7152G + 0,0722B \quad (2.3)$$

Denklem (2.3) ile hesaplanmaktadır [24].

Denklem (2.3)'te kullanılan katsayılar; gama ışınlarının insan gözünde algılanma aralıkları (insan gözünün renkleri algılama oranları) dikkate alınarak hesaplanmıştır. Şekil 2.3'de de görüldüğü üzere görülebilen alana ait dalga boyları $0,4\mu\text{m}$ - $0,7\mu\text{m}$ arasındadır [25].



Şekil 2.3. Görülebilen alana ait dalga boyları [25]

RGB renk modelinde renkleri griye çevirebilmek için her üç kanalında aynı renk değerine sahip olması gerekmektedir. Bu işlemi gerçekleştirmek için doğrusal bir RGB uzayında ağırlıklar toplamı hesaplanmalıdır. RGB renk modeli için ağırlıklar toplamı Denklem (2.3)'deki gibi hesaplanmaktadır. RGB renk modelinde her bir

kanal 8 bitlik bir görüntü için {0-255} arasında değerler almaktadır. Bunun bir sonucu olarak, bir görüntüden 0'dan 255'e kadar, 256 farklı gri ton elde edilebilmektedir.

2.2. Süzgeçleme İşlemleri

Filtreleme, genel olarak görüntü zenginleştirilmesi ve görüntüdeki bir takım detayların ortaya çıkarılması için uygulanan işlemler bütünüdür. Son gelişen dijital teknolojiler sayesinde mobil cihaz kameraları ile elde edilen görüntüler üzerinde de birçok filtreleme işlemi uygulanabilmektedir [26]. Görüntülerdeki istenmeyen hataların giderilmesi işlemine filtreleme denir. Filtreler genellikle, çekirdek matris adı verilen $N \times N$ matrislerden oluşmaktadır. Bu matrisler filtreleme işlemleri yapılırken görüntü üzerinde gezdirilmektedir [20]. Filtreleme yöntemleri genel olarak; gürültüyü azaltanlar ve kenar kuvvetlendirenler olarak iki şekilde sınıflandırılabilir [27]. Görüntü işlemede, filtreleme işlemleri sık kullanılan tekniklerden biridir ve görüntü işleme yapılırken istenilen kriterlere en uygun filtrenin seçilmesi önemlidir. Gürültü bozulmalarını gidermek için en sık kullanılan filtrelerin başında; Median filtresi, Mean filtresi, Gauss (Gaussian) filtresi, Adaptif filtre gelmektedir.

Mean filtresi doğrusal filtreleme algoritmaları arasında yer alır. Median filtresinden farkı adından da anlaşılacağı gibi komşu alanların ortalamasını (mean değerini) bularak bu değeri matrisin orta elemanı olarak yerleştirir.

Gauss (Gaussian) filtresi, Mean filtreye benzemektedir. Belirlenen bir maske boyutunda oluşturulan matris ile görüntüyü tarar ve her bir matriste ağırlıklı ortalamayı hesaplar. Bundan dolayı Mean filtresinden daha yumuşak bir bulanıklaştırma sağlar. Gauss maskesi, maske sınırları içerisindeki matriste bulunan hemen hemen bütün sıfırları temizler. Diğer filtrelemeler arasında avantajı; filtrelemenin önce yatay ardından çıkan sonuçlar üzerinde düşey ekseninde gerçekleştirilebilmesidir [25].

Adaptif filtresi imgesel bozulmaları donanımsal olarak gidermede kullanılır. Bir kameradan alınan görüntünün taşınması esnasında doğabilecek sorunları gidermek için genellikle adaptif filtre kullanılır [28]. Birincil sinyal (video/görüntü vb.)

üretirken uygun frekansta, bu sinyali sönümleyebilecek referans sinyal üretilir. Bu sinyaller, uygun oranlarda ve frekanslarda genlikleri bir araya getirip sönümlemeyi sağlayan entegre üzerinde (adaptif filtrede) uygun şekilde bir araya getirilip bozuk pikseller sönümlendirilir.

Bu tezde üzerinde çalıştığımız görüntüler üzerinde, tuz-biber gürültülerini gidermede oldukça başarılı sonuçlar verdiği için diğer filtreler yerine Median filtresini kullandık [15].

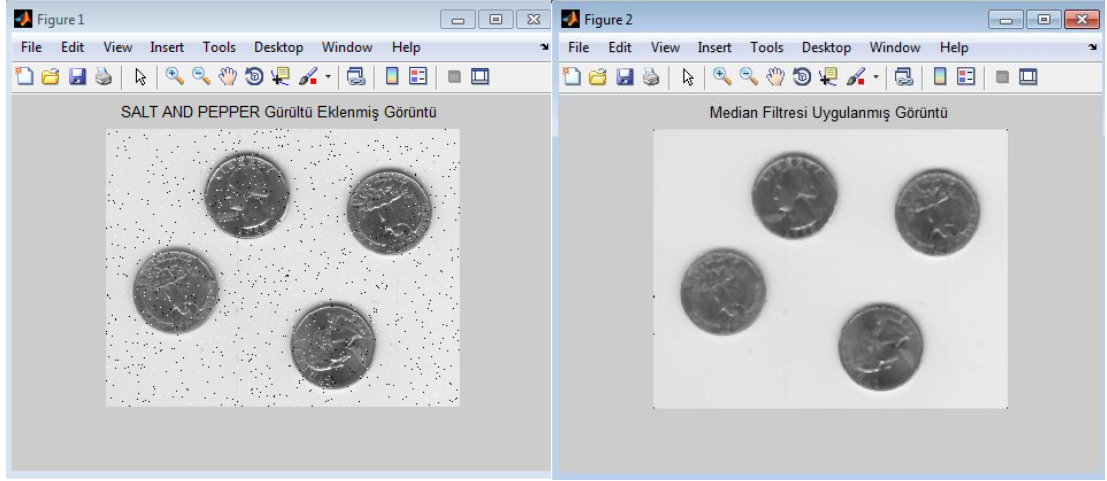
2.2.1. Median filtresi

Median filtresi gürültü temizleme için en sık kullanılan filtreleme algoritmalarındandır. Tuz-Biber gürültüsü olarak bilinen, iletişim kanalındaki rastgele bit hataları sonucu oluşan gürültüleri engellemede oldukça başarılıdır. Standart Median filtresi ciddi dereceli tuz-biber gürültülerini engellemede iyi sonuçlar vermektedir [15]. Görüntü işleme işlemlerinden önce kullanıldığı için ön-görüntü işleme olarak kabul edilebilir. Genellikle $N \times N$ boyutlarında bir matris belirlenerek bu matristeki değerleri büyükten küçüğe ya da küçükten büyüğe sıralar. Daha sonra ortadaki değeri seçerek yeni değer ile eski orta değerini yerini değiştirir. Bu işlem soldan sağa ve aynı satırdaki her bir sütun için tekrarlanır, tüm sütunlar bitince bir alt satıra geçilerek bu işlem tüm görüntü üzerinde tamamlanmaktadır. Median filtresi Denklem (2.4) ile hesaplanmaktadır.

$$v(m,n) = \text{median}\{y(m - k, n - l), (k,l) \in w\} \quad (2.4)$$

Burada $y(m,n)$ fonksiyon girişini, $v(m,n)$ fonksiyon çıkışını, w seçilen matris maske penceresini (window), k ve l ilgili piksel değerlerini temsil etmektedir.

Genel olarak konu tuz-biber gürültülerinin giderilmesine geldiğinde Median filtresi, Mean filtresinden çok daha uygun sonuçlar vermektedir [29]. Şekil 2.4'te örnek bir median filtre uygulaması gösterilmektedir.



Şekil 2.4. Median filtre örneği

2.3. İkili İmge Elde Etme İşlemleri

Görüntü eşikleme; görüntü işleme uygulamalarında sezgisel özellikleri, gerçekleştirilmesinin basitliği ve hesaplama hızı bakımından önemli bir yere sahiptir [29]. Eşikleme işlemleri ile görüntü içerisindeki nesnelere görüntü arka planından ayrılabilir. Sezgisel ve kolay gerçekleştirilmesinden ötürü görüntü eşikleme işlemleri görüntü bölütlemesinde de oldukça önemli bir rol oynamaktadır [30]. Gri seviyeli görüntülerin ikili biçime dönüştürülmesi işlemi oldukça basit bir işlemdir. Bu işlem için ilk olarak bir eşik değeri belirlenir ve bu değer üzerinden renkler beyaz ya da siyaha dönüştürülür. Bu sebepten eşikleme için, görüntünün histogramından faydalanılır [31].

Eşikleme iki veya daha fazla sınıfa pikselleri atarken ortaya çıkabilecek ortalama hataları minimuma indirmeyi amaçlayan istatistiksel-karar teorisidir [29].

Gri histogram kullanılarak gerçekleştirilen birçok eşik seçim yöntemlerinden biri olan ve Otsu tarafından önerilen eşik seçim yöntemi [32] daha iyi bölütleme sonuçları, hesaplama kolaylığı ve geniş uygulama alanları ile görüntü işlemede yaygın olarak kullanılmaktadır [30].

Bu uygulamada, yapılan literatür çalışmalarından çıkan sonuçlar göz önünde bulundurularak, eşik belirleme metodu olarak Otsu'nun metodu seçilmiştir [6, 8, 32, 33].

2.3.1. Otsu metodu

Adını bu metodu geliştiren Nobuyuki Otsu'dan almıştır. Otsu metodu; gri seviye görüntüler üzerinde uygulanabilen bir eşik tespit yöntemidir. Yöntem gri seviye görüntüler üzerinde çalışır ve sadece renklerin görüntü üzerinde kaçar defa bulunduğu bakar [34]. Gri seviyedeki bir görüntüyü ikili seviyeye dönüştürülürken kullanılacak en uygun eşik değerinin tespit edilmesini sağlayan yöntemdir. Bu yöntemde, renklerin görüntü üzerinde var olma sayısına bakıldığı için uygulamaların eşik belirleme adımına geçilmeden önce renk histogramı hesaplanır ve tüm işlemler ilgili histogram dizisi üzerinden yapılır.

Otsu'nun yönteminde temel fikir iyi eşiklenmiş sınıfların (arka plan ve ön plan olmak üzere iki renk sınıfı) tüm eşik değerleri için sınıf içi (global) varyans değerlerinin hesaplanmasıdır. Bu hesaplama elde edilen değerler içinden sınıflar arasındaki yoğunluk değerleri için en iyi ayrımı (en küçük sınıf içi (global) varyans ya da en büyük sınıflar arası varyans değerini) veren eşik değeri optimum eşik değeri seçilir [29, 34].

Varyans hesaplaması Denklem (2.5) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x}_i)^2 \Pr(x_i) \quad (2.5)$$

Burada σ varyans değeri, $(x_i - \bar{x}_i)^2$ ağırlıklı ortalama değeri, $\Pr(x_i)$ ise olasılık fonksiyonunu temsil etmektedir.

Sınıf içi (global) varyans değeri Denklem (2.6) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\sigma_G^2 = \sum_{i=0}^{N-1} (i - m_G)^2 p_i \quad (2.6)$$

Burada σ_G^2 global varyans değerini, m_G sınıf içi piksellerin ortalama yoğunluğunu ve p_i i değerinin olasılığını vermektedir.

Sınıflar arası varyans değeri Denklem (2.7) kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\sigma_B^2 = P_1(m_1 - m_G)^2 + P_2(m_2 - m_G)^2 \quad (2.7)$$

Burada σ_B^2 sınıflar arası varyans değerini, m_1 ilk sınıftan ve m_2 ikinci sınıftan gelen piksel yoğunluğunu vermektedir.

2.4. Kenar Tespit Aşaması

Görüntü işlemenin en önemli konularından birisi de kenar tespiti için kullanılan algoritmalarıdır. Bu algoritmalar sayesinde herhangi bir görüntü içindeki kenarları bulmak mümkün olmaktadır. Görüntüler üzerinde kenar belirleme işlemleri birçok durumda fayda sağlamaktadır. Bir görüntüdeki kenar, görüntünün fiziksel değişimlerini (ani parlaklık, renk ve doku değişimleri) etkileyen önemli bir unsurdur. Aslında bizim kenar dediğimiz şey görüntü içerisindeki renk değişimlerinin olduğu yerlerdir. Ama her renk değişimini de kenar olarak adlandırmamız mümkün değildir. Kenar, aralarında göreceli olarak büyük gri ton değeri farkı bulunan iki bölgeyi birbirinden ayıran sınırdır. Bu tanımdan bir kenarın, piksellerin parlaklığında lokal bir değişim olduğu sonucu çıkarılabilir. Bu yüzden bir çok kenar belirleme yöntemi, lokal türevlerin hesaplanmasına dayanır [34].

Kenar belirleme algoritmalarının çalışma mantığı genel olarak şu şekildedir:

- Görüntü siyah-beyaza çevrilir.
- Belli bir eşik değeri belirlenir.
- Görüntüde ki tüm pikseller belli uzaklıkta ki diğer piksellerle karşılaştırılır.
- Eğer karşılaştırılan pikseller arasındaki renk değişimi bu eşik değerinin üzerindeyse buralarda 'kenar' var denilir.
- Eğer renk değişimi bu eşik değerin altındaysa buralar kenar olarak değerlendirilmez.

Literatür taramaları sonucunda en yaygın kullanılan kenar belirleme algoritmaları Prewitt, Sobel, Canny, Marr ve Hildreth olarak gösterilebilir. Birçok çalışmada, griye çevrilmiş görüntüler üzerinde bu algoritmalar kullanılmıştır [35, 36].

2.4.1. Canny kenar belirleme algoritması

Görüntüdeki keskin kenarları belirlemek için oluşturulmuş çok aşamalı bir kenar tespit algoritmasıdır. John F. Canny tarafından 1986 yılında geliştirilmiştir. Diğerleri ile karşılaştırıldığında daha karmaşık olmasına rağmen, Canny en üstün kenar belirleme algoritmalarından biridir. Canny'nin üç temel hedefi bulunmaktadır.

1. Düşük hata oranı; algılanan kenarların mümkün olduğunca gerçek kenarlara yakın olması durumudur.
2. Kenar noktaları iyi belirlenebilmektedir; belirlenen noktalar ile gerçek kenar merkezi arasındaki mesafe minimumdur.
3. Tek kenar noktası cevabı; algılayıcı her doğru kenar noktası için sadece bir noktaya sahip olmakta, doğru kenar etrafındaki yerel en büyük sayısı minimumdur.

Canny'nin çalışma mantığı yukarıda açıklanan üç temel hedefin matematiksel ifadesine ve çıkarılan formülasyonların en uygun çözümlerinin bulunmasına dayanmaktadır [29].

Görüntü üzerindeki kenarların tespitinde oldukça etkili bir yöntemdir. Görüntünün türevi alınmadan önce yumuşatma filtresi uygulanır. Canny kenar belirleme algoritması ile tek piksel kalınlığında kenarlar üretir ve kırık çizgiler birleştirilir [37]. İlk olarak görüntü üzerindeki gürültüyü azaltmak için gaussian çekirdekle konvolüsyon işlemi gerçekleştirilir. Bu işlem denklem (2.8) ile hesaplanmaktadır.

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (2.8)$$

Burada x,y görüntü koordinat bilgisini, σ ilişkili olasılık dağılımının standart sapmasını vermektedir.

Daha sonra gradyan operatörü uygulanarak kenar gradyan büyüklüğü ve yönü Denklem (2.9) ile hesaplanmaktadır.

$$G_n = \frac{\partial G}{\partial n} = n \cdot \nabla G \quad \text{ve} \quad n = \frac{\nabla(G * g)}{|\nabla(G * g)|} \quad (2.9)$$

Burada G_n birinci türevi, n yönü ve g görüntüyü vermektedir.

Kenarlar Denklem (2.10)'da hesaplanan non-maksima baskılama uygulanarak inceltir.

$$\frac{\partial^2}{\partial n^2} G * g = 0 \quad (2.10)$$

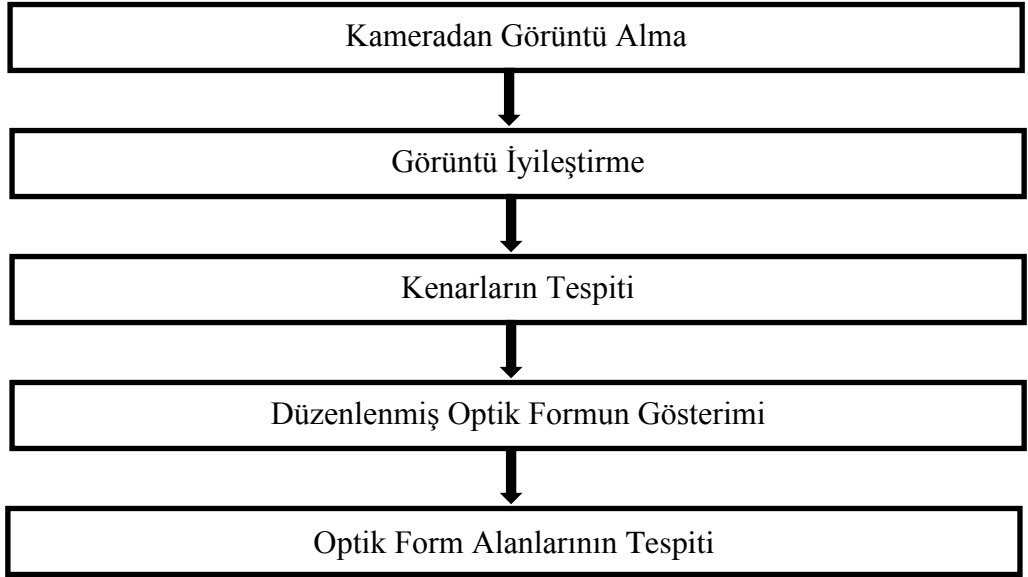
İnceltiren kenar noktasında, güçlü kenarların büyüklüğü Denklem (2.11) ile hesaplanmaktadır [38].

$$|G_n * g| = |\nabla(G * g)| \quad (2.11)$$

Bu algoritmada, son olarak bir çift eşikleme algoritması kullanılarak kenarlar belirlenir ve bağlantıları sağlanır.

3. MOBİL OPTİK OKUYUCU UYGULAMA MODELİ

Bu bölümde, bu tez çalışması için gerçekleştirilen uygulama adımlarına tek tek değinilmiş ve bu adımlardan ayrıntılı olarak bahsedilmiştir. Uygulama modelinin blok diyagramı Şekil 3.1’de gösterilmektedir. Bu bölümde ayrıca bölüm ikide detaylı olarak anlatılan görüntü işleme algoritmalarının uygulamadaki kullanımından bahsedilmiştir.



Şekil 3.1. Uygulama modelinin blok diyagram gösterimi

Şekil 3.2’de bir örneğini görebileceğiniz optik cevap formları, eğitim sistemimiz içerisinde özellikle sınavlara giren aday sayısının son senelerde artmasıyla (Şekil 1.1) beraber değer kazanmıştır. Optik cevap formlarının kullanılmasıyla beraber eğitimcilerin sınav yükü hafiflemektedir. Fakat optik cevap formu okuma cihazlarının pratik olmayan kullanımları yüzünden bu etki fazla hissedilememektedir.

ABC İlköğretim Okulu Ölçme Değerlendirme Sınavı Cevap Formu																																																
<p>Adı :</p> <p>Soyadı :</p> <p>Numarası :</p> <p>Sınıf/Şube :</p> <p>Tarih :</p> <p>İmza :</p>	<p>Kitapçık Türü</p> <p>(A) (B)</p>	<p>DİKKAT ! Optik form üzerinde tüm işaretlemelerinizde kurşun kalem kullanınız. + Kitapçık türünü işaretlemeyi unutmayınız.</p> <p>Cevaplarınızı aşağıdaki örnek gibi işaretleyiniz.</p> <p>ÖRNEK</p> <p style="text-align: center;">●</p>		<p>NUMARANIZ</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>2</td><td>2</td><td>2</td><td>2</td></tr> <tr><td>3</td><td>3</td><td>3</td><td>3</td></tr> <tr><td>4</td><td>4</td><td>4</td><td>4</td></tr> <tr><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td></tr> <tr><td>6</td><td>6</td><td>6</td><td>6</td></tr> <tr><td>7</td><td>7</td><td>7</td><td>7</td></tr> <tr><td>8</td><td>8</td><td>8</td><td>8</td></tr> <tr><td>9</td><td>9</td><td>9</td><td>9</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> </table>					1	1	1	1	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	8	9	9	9	9	0	0	0	0
1	1	1	1																																													
2	2	2	2																																													
3	3	3	3																																													
4	4	4	4																																													
5	5	5	5																																													
6	6	6	6																																													
7	7	7	7																																													
8	8	8	8																																													
9	9	9	9																																													
0	0	0	0																																													
TÜRKÇE	MATEMATİK	FEN	SOSYAL	DİL																																												
<p>1) (A) (B) (C) (D)</p> <p>2) (A) (B) (C) (D)</p> <p>3) (A) (B) (C) (D)</p> <p>4) (A) (B) (C) (D)</p> <p>5) (A) (B) (C) (D)</p> <p>6) (A) (B) (C) (D)</p> <p>7) (A) (B) (C) (D)</p> <p>8) (A) (B) (C) (D)</p> <p>9) (A) (B) (C) (D)</p> <p>10) (A) (B) (C) (D)</p> <p>11) (A) (B) (C) (D)</p> <p>12) (A) (B) (C) (D)</p> <p>13) (A) (B) (C) (D)</p> <p>14) (A) (B) (C) (D)</p> <p>15) (A) (B) (C) (D)</p> <p>16) (A) (B) (C) (D)</p> <p>17) (A) (B) (C) (D)</p> <p>18) (A) (B) (C) (D)</p> <p>19) (A) (B) (C) (D)</p> <p>20) (A) (B) (C) (D)</p>	<p>1) (A) (B) (C) (D)</p> <p>2) (A) (B) (C) (D)</p> <p>3) (A) (B) (C) (D)</p> <p>4) (A) (B) (C) (D)</p> <p>5) (A) (B) (C) (D)</p> <p>6) (A) (B) (C) (D)</p> <p>7) (A) (B) (C) (D)</p> <p>8) (A) (B) (C) (D)</p> <p>9) (A) (B) (C) (D)</p> <p>10) (A) (B) (C) (D)</p> <p>11) (A) (B) (C) (D)</p> <p>12) (A) (B) (C) (D)</p> <p>13) (A) (B) (C) (D)</p> <p>14) (A) (B) (C) (D)</p> <p>15) (A) (B) (C) (D)</p> <p>16) (A) (B) (C) (D)</p> <p>17) (A) (B) (C) (D)</p> <p>18) (A) (B) (C) (D)</p> <p>19) (A) (B) (C) (D)</p> <p>20) (A) (B) (C) (D)</p>	<p>1) (A) (B) (C) (D)</p> <p>2) (A) (B) (C) (D)</p> <p>3) (A) (B) (C) (D)</p> <p>4) (A) (B) (C) (D)</p> <p>5) (A) (B) (C) (D)</p> <p>6) (A) (B) (C) (D)</p> <p>7) (A) (B) (C) (D)</p> <p>8) (A) (B) (C) (D)</p> <p>9) (A) (B) (C) (D)</p> <p>10) (A) (B) (C) (D)</p> <p>11) (A) (B) (C) (D)</p> <p>12) (A) (B) (C) (D)</p> <p>13) (A) (B) (C) (D)</p> <p>14) (A) (B) (C) (D)</p> <p>15) (A) (B) (C) (D)</p> <p>16) (A) (B) (C) (D)</p> <p>17) (A) (B) (C) (D)</p> <p>18) (A) (B) (C) (D)</p> <p>19) (A) (B) (C) (D)</p> <p>20) (A) (B) (C) (D)</p>	<p>1) (A) (B) (C) (D)</p> <p>2) (A) (B) (C) (D)</p> <p>3) (A) (B) (C) (D)</p> <p>4) (A) (B) (C) (D)</p> <p>5) (A) (B) (C) (D)</p> <p>6) (A) (B) (C) (D)</p> <p>7) (A) (B) (C) (D)</p> <p>8) (A) (B) (C) (D)</p> <p>9) (A) (B) (C) (D)</p> <p>10) (A) (B) (C) (D)</p> <p>11) (A) (B) (C) (D)</p> <p>12) (A) (B) (C) (D)</p> <p>13) (A) (B) (C) (D)</p> <p>14) (A) (B) (C) (D)</p> <p>15) (A) (B) (C) (D)</p> <p>16) (A) (B) (C) (D)</p> <p>17) (A) (B) (C) (D)</p> <p>18) (A) (B) (C) (D)</p> <p>19) (A) (B) (C) (D)</p> <p>20) (A) (B) (C) (D)</p>	<p>1) (A) (B) (C) (D)</p> <p>2) (A) (B) (C) (D)</p> <p>3) (A) (B) (C) (D)</p> <p>4) (A) (B) (C) (D)</p> <p>5) (A) (B) (C) (D)</p> <p>6) (A) (B) (C) (D)</p> <p>7) (A) (B) (C) (D)</p> <p>8) (A) (B) (C) (D)</p> <p>9) (A) (B) (C) (D)</p> <p>10) (A) (B) (C) (D)</p> <p>11) (A) (B) (C) (D)</p> <p>12) (A) (B) (C) (D)</p> <p>13) (A) (B) (C) (D)</p> <p>14) (A) (B) (C) (D)</p> <p>15) (A) (B) (C) (D)</p> <p>16) (A) (B) (C) (D)</p> <p>17) (A) (B) (C) (D)</p> <p>18) (A) (B) (C) (D)</p> <p>19) (A) (B) (C) (D)</p> <p>20) (A) (B) (C) (D)</p>																																												

Şekil 3.2. Optik cevap formu örneği

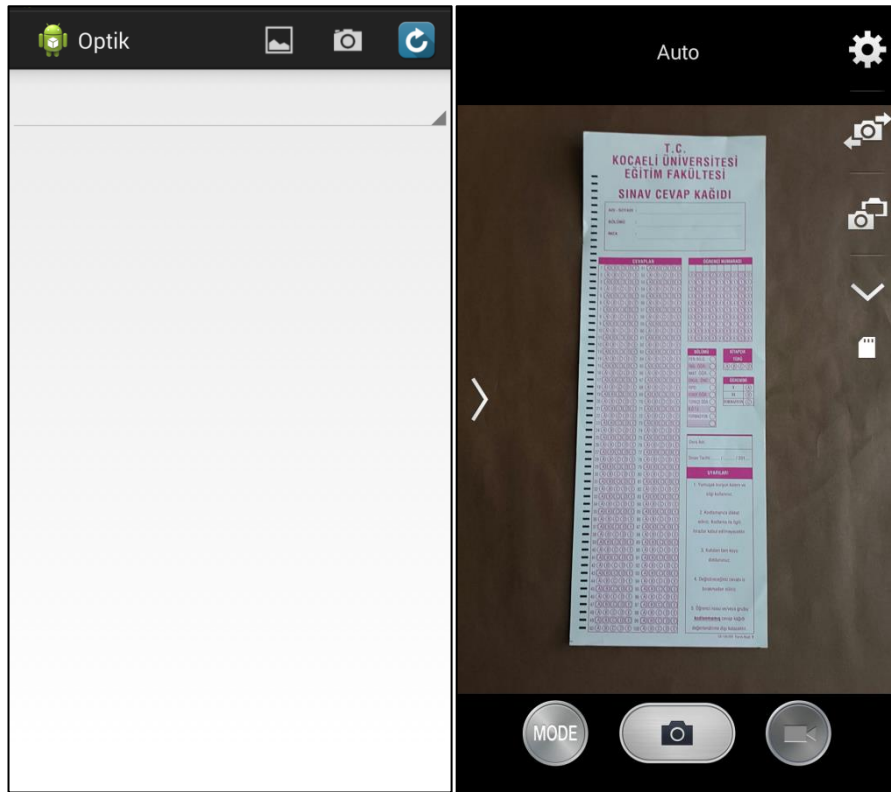
Optik cevap formları okuma cihazlarının ya da bunun muadili olarak geliştirilen OMRS'nin maliyetlerinin fazla olması gibi nedenler sebebiyle bu sistemlere sahip okulların sayısı çok azdır. Biz bu çalışmamızla OMRS'ye yeni bir boyut getirerek optik formların kullanımının eğitim sistemi içerisinde yaygınlaşmasını ve bu uygulamayı kullanabilecek eğitimcilerimizin yükünün azalmasını hedeflemekteyiz.

3.1. Kameradan Görüntü Alma

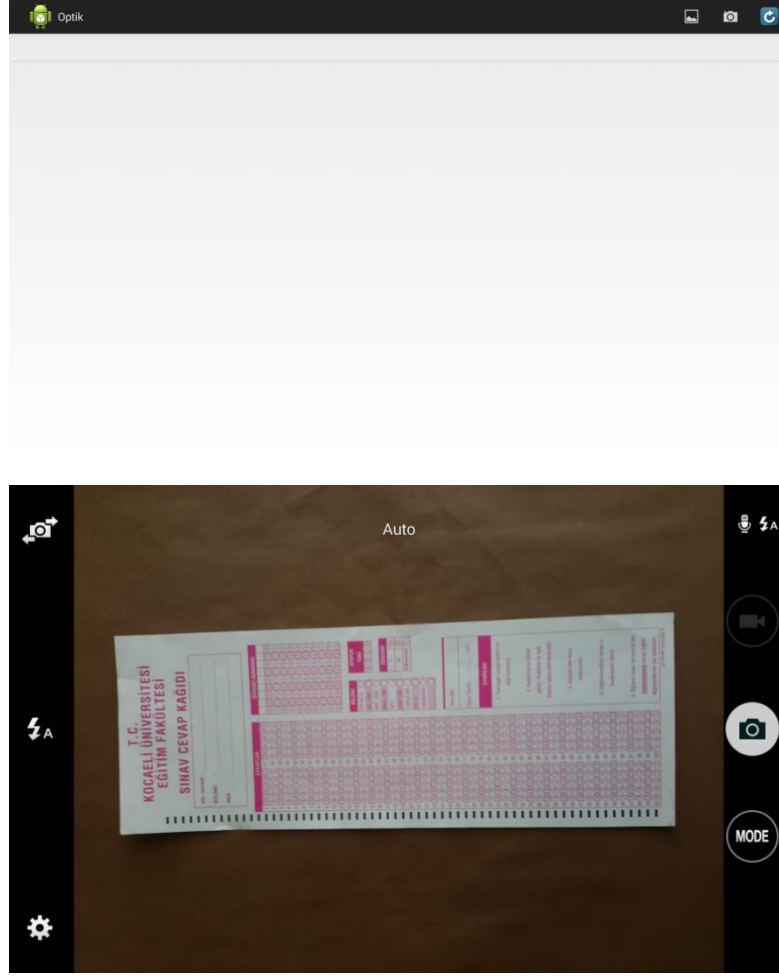
Günümüzde, gelişen dijital teknolojilerin yaygınlaşması ve maliyetin azalması sayesinde hemen hemen herkesin elinde akıllı cep telefonlarını görmek mümkün olmaktadır. Gelişen ve kullanım alanları çoğalan bu teknolojilere olan bağımlılık

artmakta ve bunun bir sonucu olarak günlük yaşamı kolaylaştırıcı etkileri yaygınlaşmaktadır.

Yapılan bu tez çalışması kapsamında; Samsung Galaxy Note 3 SM-N9000Q model (Android 4.4.2 versiyon işletim sistemi, 5.7” ekran boyutu, 8.0 Megapiksel kamera çözünürlüğe ayarlı) cep telefonu ve Samsung Galaxy Tab S T807 model (Android 4.4.2 versiyon işletim sistemi, 10.5” ekran boyutu, 8.0 Megapiksel kamera çözünürlüğe ayarlı) tablet kullanılmıştır. Cep telefonu ve tablet üzerinde ayrı ayrı yüklenen uygulama çalıştırılmıştır. Bu aşamada uygulama arayüzündeki kamera butonu kullanılarak optik cevap formu görüntüsünün fotoğrafı çekilmektedir. Şekil 3.3 ve Şekil 3.4’te optik cevap formunun sırasıyla cep telefonu ve tablet üzerinde fotoğraflanması gösterilmiştir.

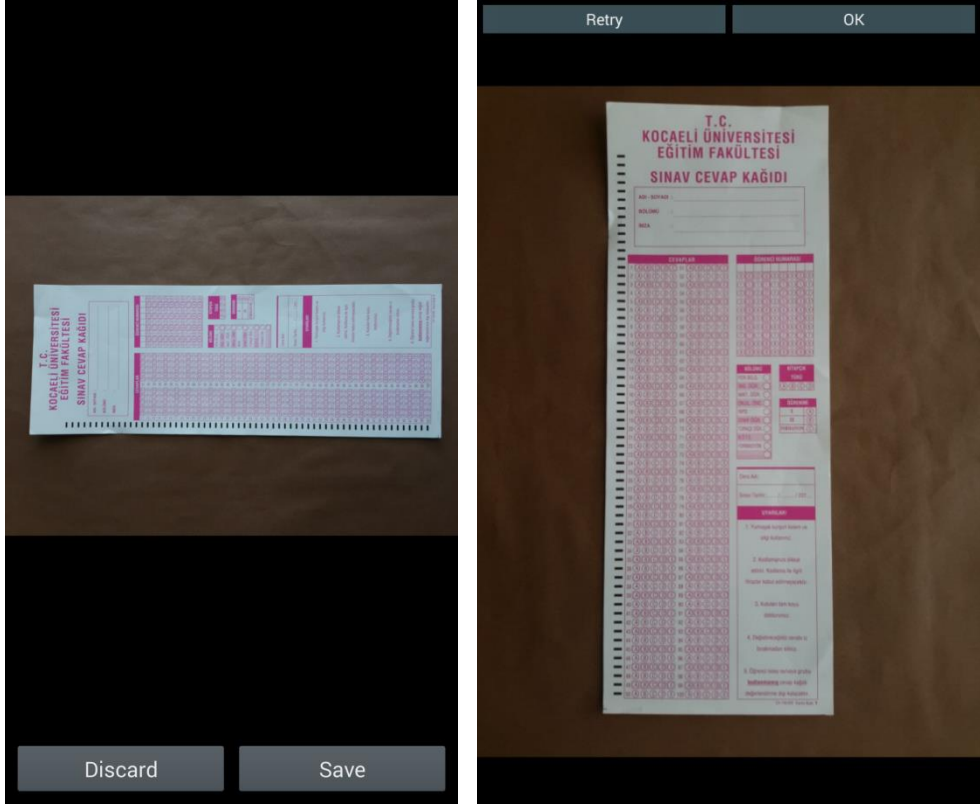


Şekil 3.3. Cep telefonunda uygulama arayüzü ve kameradan görüntü alma aşaması



Şekil 3.4. Tablette uygulama arayüzü ve kameradan görüntü alma aşaması

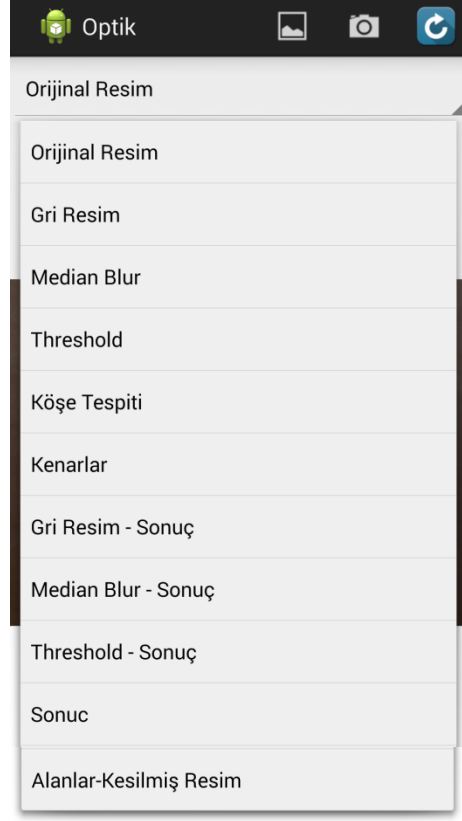
Uygulama, çekilen görüntü üzerinde Şekil 3.5’te gösterilen tamam (Save, Ok) ve reddet (Discard, Retry) olmak üzere iki seçenek sunmaktadır. Bunlardan tamam seçeneği seçildiği zaman uygulama ilgili optik cevap formu fotoğrafını yerel klasörler içerisinde bulunan ‘Resimlerim’ dosyasına erişerek burada ‘MOPTIK IMAGE’ adı altında ikinci bir dosya oluşturmaktadır. İlgili optik cevap formu görüntüsü bu dosyada kayıt altına alınmaktadır. Reddet seçildiği takdirde uygulama arayüzüne geri dönmektedir.



Şekil 3.5. Cep telefonu ve tablette uygulama üzerindeki Tamam ve Reddet seçenekleri

3.2. Görüntü İyileştirme

Bölüm 3.1’de detaylı bir şekilde anlatılan kameradan görüntü alma adımından bir sonraki aşamaya geçilir. Bu bölümde sistemimizdeki ikinci aşama olan görüntü iyileştirme adımından detaylı olarak bahsedilmektedir. Şekil 3.6’da uygulamanın aşamaları gösterilmiştir.



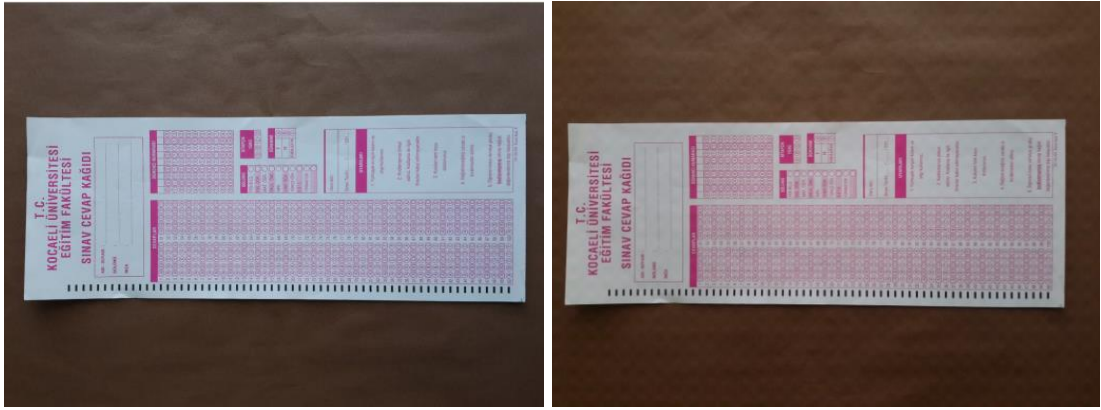
Şekil 3.6. Uygulama aşamaları

Cep telefonlarından her zaman kaliteli görüntü elde etmek mümkün olmamaktadır. Zaman kısıtlılığı, telefon kamerasının düşük kalitede olması gibi nedenler sebebiyle fotoğraflar bulanık, bozuk ya da yamuk çıkabilmektedir. Bu fotoğraf üzerinde görüntü iyileştirme işlemleri gerçekleştirilmediği takdirde; bir sonraki aşamaya geçecek olan görüntü bilgilerinin hatalı olmasına (piksel ve bit hataları) neden olmakta, dolayısıyla aday cevapları sistem tarafından yanlış algılanabilmektedir. Bu da sistemin hatalı sonuç vermesine ve başarısız olmasına neden olmaktadır.

Optik cevap formları üzerinde Bölüm 2’de detaylı olarak anlattığımız görüntüyü gri seviyeye çevirme tekniği, Median filtreleme tekniği, eşik değeri belirleme metodu kullanılmıştır. Görüntüyü gri seviyeye çevirme yöntemlerinden; en sık kullanılan ve insan gözünün renkleri görme aralıkları [21, 25] dikkate alınarak hesaplanan kat sayıları kullanarak daha başarılı bir şekilde görüntüleri griye çeviren Ağırlıklı toplama yöntemi seçilmiştir. Filtreleme yöntemleri arasından Median filtresi seçilmiştir. Median filtreleme tekniğini seçme sebeplerinden en önemli olanları; tuz-biber gürültüsünü gidermede optimum sonuçları vermesi [29] ve yapılan literatür taraması sonucunda, gürültü gidermede verdiği başarılı sonuçlardan dolayı optik

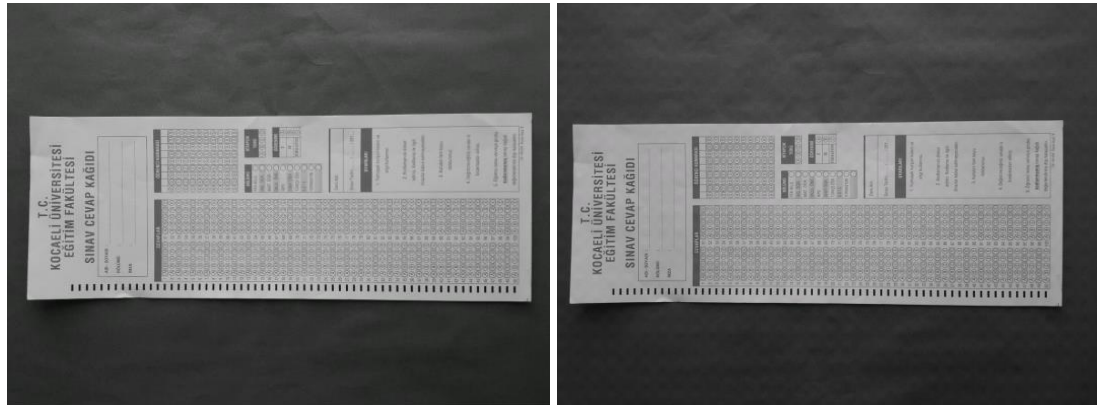
cevap formları üzerinde yapılan çalışmalarda Median filtresinin tercih edilmesidir [6]. Eşik değeri belirleme metodu olarak Otsu metodu [32] daha iyi sonuçlar verdiği için ve görüntü üzerindeki renklerin tekrarlama sıklığına dayalı hesaplamalar yaparak tespit ettiği adaptif bir eşik değeri ile görüntüleri daha başarılı bir şekilde ikili hale çevirebildiğinden dolayı seçilmiştir [30].

Bu aşamada uygulama aracılığıyla kaydedilen görüntü kullanılmaya başlanmaktadır. Uygulama arayüzünde gösterilen optik cevap formuna, ‘Orijinal Görüntü’ seçeneği ile erişilebilmektedir. Bu aşama Şekil 3.7’de görülmektedir.



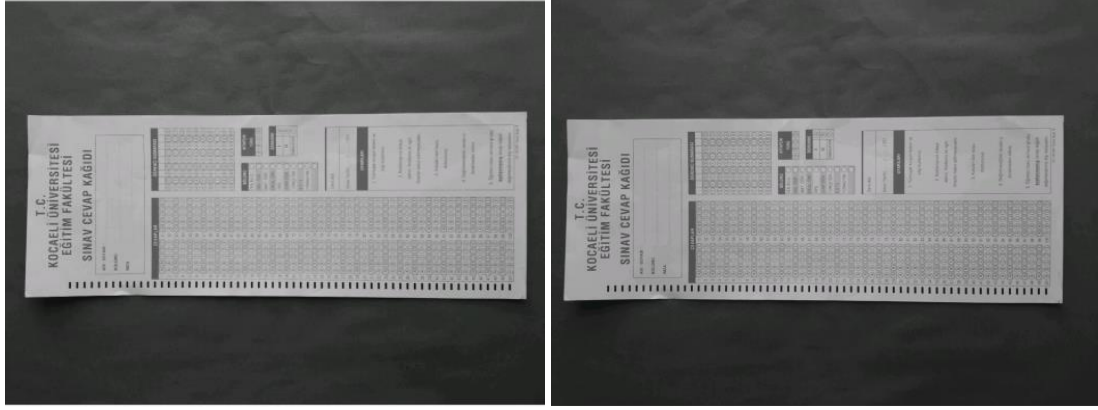
Şekil 3.7. Cep telefonu ve tablette “orijinal görüntü” seçeneğinin gösterimi

Uygulama modülündeki (Şekil 3.1) görüntü iyileştirmenin ikinci adımında Şekil 3.8’de gösterilen ‘Gri Görüntü’ seçeneği ile görüntü üzerinde Bölüm 2’de detaylı olarak anlattığımız görüntünün gri seviyeye çevrilmesi tekniği uygulanır.



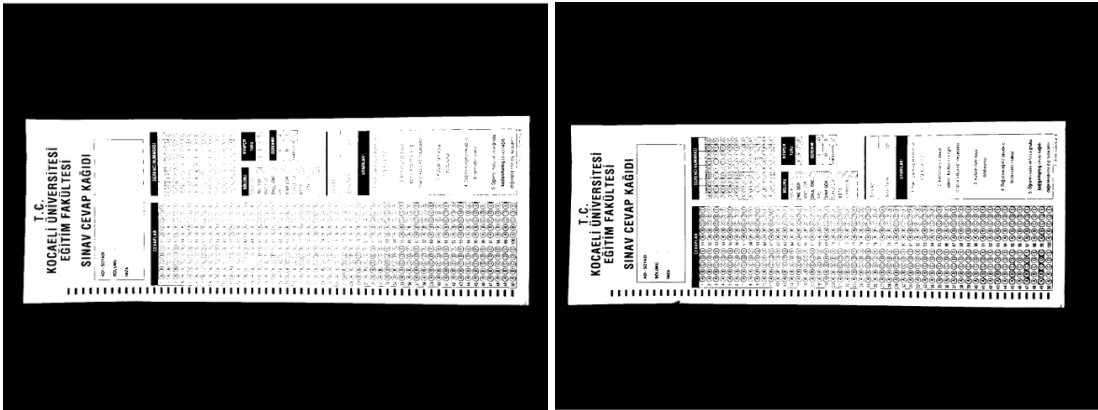
Şekil 3.8. Cep telefonu ve tablette “gri görüntü” seçeneğinin gösterimi

Gri seviyeye dönüştürülen görüntü ‘Median Blur’ seçeneği ile Şekil 3.9’da gösterildiği gibi tuz-biber gürültülerinden temizlenerek piksel hatalarından büyük ölçüde arındırılır.



Şekil 3.9. Cep telefonu ve tablette “median blur” seçeneğinin gösterimi

Şekil 3.10’da gösterildiği gibi uygulamanın ‘Threshold’ seçeneği kullanılarak görüntüye Otsu’nun eşik belirleme yöntemi uygulanır.



Şekil 3.10. Cep telefonu ve tablette “threshold” seçeneğinin gösterimi

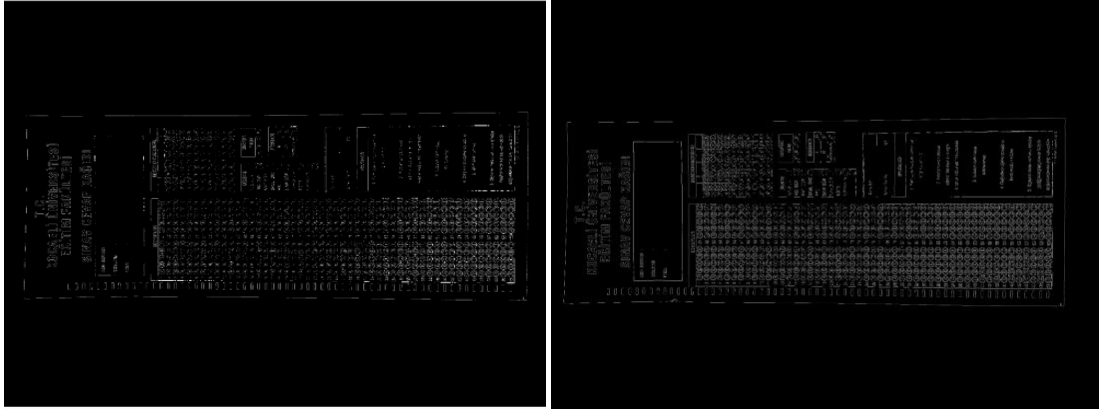
3.3. Kenarların Tespiti

Bölüm 3.2’deki adımlar uygulandıktan sonra süzgeçleme işlemleri yapılan optik cevap kağıdı görüntüsü üzerinde, kenarların tespiti ve düzeltilmesi aşamasına geçilmektedir. Bu bölümde modüldeki (Şekil 3.1) üçüncü aşama detaylı olarak anlatılmaktadır.

Optik formlar üzerinde Bölüm 2’de detaylı olarak anlattığımız Canny kenar belirleme yöntemi kullanılmıştır.

Optik cevap formu görüntüsünün kenar bilgileri Canny kenar belirleme metodu kullanılarak bulunmaktadır. Kenar nokta bilgileri ile kenarların hizalanması işlemi bir sonraki adımda gerçekleştirilmektedir. Kenarlar belirlenerek yanlış açılardan çekilen optik cevap formu görüntülerinin düzeltilmesi ile kullanıcılara esnek bir uygulama sağlanmaktadır.

Bu adımda görüntüye ‘Köşe Tespiti’ seçeneği kullanılarak Canny kenar belirleme metodu uygulanmaktadır. Bu adım Şekil 3.11’de gösterilmektedir.



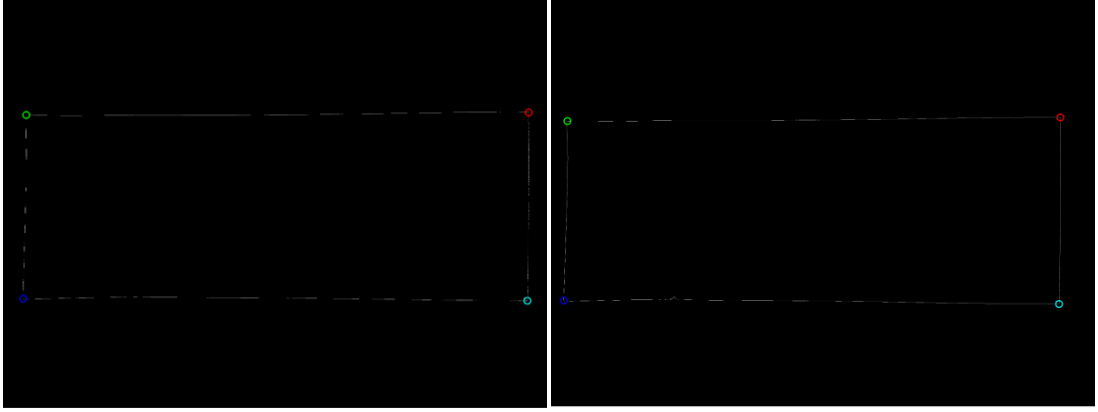
Şekil 3.11. Cep telefonu ve tablette “köşe tespiti” seçeneğinin gösterimi

3.4. Düzenlenmiş Optik Formun Gösterimi

Bu bölümde, Bölüm 3.3’deki adım uygulandıktan sonra elde edilen optik cevap kağıdı görüntüsü üzerinde, bir sonraki adım olan görüntünün kullanıcılara sunulması aşamasına geçilmektedir. Modülde (Şekil 3.1) bulunan bu aşama detaylı olarak anlatılmaktadır.

Görüntü düzenleme işlemleri yapıldıktan sonra kullanıcıya düzenlenmiş optik cevap formu görüntüsü sunulmaktadır.

Bu adımda Bölüm 3.3’te uygulanan Canny kenar belirleme metoduyla tespit edilen kenar nokta bilgileri kullanılarak kenarların çizilme işlemi ‘Kenarlar’ seçeneğiyle yapılmaktadır. Şekil 3.12’de ‘Kenarlar’ seçeneğinin uygulanması gösterilmektedir.



Şekil 3.12. Cep telefonu ve tablette “kenarlar” seçeneğinin gösterimi

Canny kenar belirleme metodu ile elde edilen kenar bilgileri kullanılarak görüntünün başlangıç noktalarına ($f(x,y) = (0.0,0.0)$) çekilmesi sağlanmaktadır. Canny işleminin ardından görüntü ikili görüntüden, RGB kombinasyonu ile renkli görüntü haline getirilir ve “RGBMat” değişkeninde tutulur. Bu değişken “findLargestRectangle” fonksiyonuna parametre olarak gönderilir. Bu fonksiyon gelen görüntü üzerindeki en büyük dikdörtgen alanı tespit eder ve geriye değer olarak bu dikdörtgenin köşe noktalarını gönderir. Buradan dönen sonuç, görüntünün kırılacak noktalarını vermektedir. Eğer bu noktalar null (boş) değeri taşıyorsa “DikdortgenDuzelt” fonksiyonuna parametre olarak gönderilir. Bu fonksiyon “findLargestRectangle” fonksiyonunda belirlenen köşe değerlerine göre görüntüyü kırpar (başlangıç noktalarına çeker) ve yeni bir görüntü oluşturur. Sırasıyla çalışan bu işlemlerden sonra görüntü üzerinde kırma işlemi gerçekleştirilerek kullanıcıya düzenlemiş optik cevap formu görüntüsü sunulmaktadır. Şekil 3.13’te optik cevap formu görüntüsünün uygulama kullanılarak düzeltilmiş hali gösterilmektedir.



Şekil 3.13. Cep telefonu ve tablette “sonuç” seçeneğinin gösterimi

3.5. Optik Form Alanlarının Tespiti

Bu bölümde, Bölüm 3.4’de anlatılan adım uygulandıktan sonra elde edilen optik cevap kağıdı görüntüsü üzerinde bir sonraki adım olan formlarda alanların tespiti aşamasına geçilmektedir.

Bu uygulamadan faydalanacak olan kullanıcılar için son aşama bu adımla gerçekleştirilmektedir. Bütün görüntü düzenleme işlemleri yapıldıktan sonra kullanıcıya düzenlenmiş ve alanları belirlenmiş olan optik cevap formu görüntüsü sunulmaktadır.

Yapılan literatür taramaları sonucunda bu alanda gerçekleştirilen sistemlerde/uygulamalarda optik cevap form alanları ya da cevap şıklarının yerleri belirlenirken; optik cevap formları üzerinde çeşitli yerler ve şekillerde yer alan kılavuz çizgileri esas alınarak optik form alanlarının ya da cevap şıklarının yerlerinin tespitinin yapıldığı sonucuna varılmıştır. Bu da gerçekleştirilen sistemlerin kullanım esnekliğini ortadan kaldırarak kullanıcılara tek tip optik form kullanma zorunluluğu getirmektedir. Bu tez çalışmasında optik cevap form alanlarını belirlemede yeni bir yaklaşım geliştirildi.

Optik form okuma işlemlerinin en önemli adımlarından birisi de optik formda yer alan alanların tespiti işlemidir. Görüntünün türdeş bölümlere bölütlenmesi sayısal görüntü işleminin önemli konularından birisidir ve bu problemin çözümü için literatürde birçok farklı yaklaşım ve metot önerilmiştir. Ancak bütün görüntü tiplerine global olarak uygulanabilen ve doğru sonuçlar veren kesin bir çözüm halen mevcut değildir [31].

Optik formlar üzerinde yer alan alt alanların (Ad/Soyad, TC No, Cevaplar vb.) tespiti işleminde Bölüm 2’de detaylı olarak anlattığımız Otsu’nun eşik değeri belirleme metodu kullanılmıştır. Eşik değeri belirlenerek ikili hale (binary görüntü) çevrilen kırılmış görüntü, üzerindeki alt alanların bulunması için “fieldDetect” fonksiyonuna gönderilir. Ardından “fieldDetect” fonksiyonuna gelen görüntü üzerindeki alanlar teker teker taranarak dikdörtgenlerin tespiti yapılır. Burada tespit edilen dikdörtgenlerden yüksekliği ve genişliği 50 pikselden fazla olanlar seçilir ve mavi renge boyanır. Burada geliştirilen yaklaşımda 50 piksel sabit bir değer olarak

alınmaktadır. Bunun neticesinde uygulamanın bu adımında istenilen başarıml yakalanamamaktadır.

Şekil 3.14 ve 3.15'te optik cevap formu görüntüsünün uygulama kullanılarak bulunan alt alanları gösterilmektedir.

**T.C. KOCAELI ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM FAKÜLTESİ
SINAV CEVAP KAĞIDI**

ADI - SOYADI :
BÖLÜMÜ :
İMZA :

CEVAPLAR

1	CA	CB	CC	CD	CE	51	CA	CB	CC	CD	CE
2	CA	CB	CC	CD	CE	52	CA	CB	CC	CD	CE
3	CA	CB	CC	CD	CE	53	CA	CB	CC	CD	CE
4	CA	CB	CC	CD	CE	54	CA	CB	CC	CD	CE
5	CA	CB	CC	CD	CE	55	CA	CB	CC	CD	CE
6	CA	CB	CC	CD	CE	56	CA	CB	CC	CD	CE
7	CA	CB	CC	CD	CE	57	CA	CB	CC	CD	CE
8	CA	CB	CC	CD	CE	58	CA	CB	CC	CD	CE
9	CA	CB	CC	CD	CE	59	CA	CB	CC	CD	CE
10	CA	CB	CC	CD	CE	60	CA	CB	CC	CD	CE
11	CA	CB	CC	CD	CE	61	CA	CB	CC	CD	CE
12	CA	CB	CC	CD	CE	62	CA	CB	CC	CD	CE
13	CA	CB	CC	CD	CE	63	CA	CB	CC	CD	CE
14	CA	CB	CC	CD	CE	64	CA	CB	CC	CD	CE
15	CA	CB	CC	CD	CE	65	CA	CB	CC	CD	CE
16	CA	CB	CC	CD	CE	66	CA	CB	CC	CD	CE
17	CA	CB	CC	CD	CE	67	CA	CB	CC	CD	CE
18	CA	CB	CC	CD	CE	68	CA	CB	CC	CD	CE
19	CA	CB	CC	CD	CE	69	CA	CB	CC	CD	CE
20	CA	CB	CC	CD	CE	70	CA	CB	CC	CD	CE
21	CA	CB	CC	CD	CE	71	CA	CB	CC	CD	CE
22	CA	CB	CC	CD	CE	72	CA	CB	CC	CD	CE
23	CA	CB	CC	CD	CE	73	CA	CB	CC	CD	CE
24	CA	CB	CC	CD	CE	74	CA	CB	CC	CD	CE
25	CA	CB	CC	CD	CE	75	CA	CB	CC	CD	CE
26	CA	CB	CC	CD	CE	76	CA	CB	CC	CD	CE
27	CA	CB	CC	CD	CE	77	CA	CB	CC	CD	CE
28	CA	CB	CC	CD	CE	78	CA	CB	CC	CD	CE
29	CA	CB	CC	CD	CE	79	CA	CB	CC	CD	CE
30	CA	CB	CC	CD	CE	80	CA	CB	CC	CD	CE
31	CA	CB	CC	CD	CE	81	CA	CB	CC	CD	CE
32	CA	CB	CC	CD	CE	82	CA	CB	CC	CD	CE
33	CA	CB	CC	CD	CE	83	CA	CB	CC	CD	CE
34	CA	CB	CC	CD	CE	84	CA	CB	CC	CD	CE
35	CA	CB	CC	CD	CE	85	CA	CB	CC	CD	CE
36	CA	CB	CC	CD	CE	86	CA	CB	CC	CD	CE
37	CA	CB	CC	CD	CE	87	CA	CB	CC	CD	CE
38	CA	CB	CC	CD	CE	88	CA	CB	CC	CD	CE
39	CA	CB	CC	CD	CE	89	CA	CB	CC	CD	CE
40	CA	CB	CC	CD	CE	90	CA	CB	CC	CD	CE
41	CA	CB	CC	CD	CE	91	CA	CB	CC	CD	CE
42	CA	CB	CC	CD	CE	92	CA	CB	CC	CD	CE
43	CA	CB	CC	CD	CE	93	CA	CB	CC	CD	CE
44	CA	CB	CC	CD	CE	94	CA	CB	CC	CD	CE
45	CA	CB	CC	CD	CE	95	CA	CB	CC	CD	CE
46	CA	CB	CC	CD	CE	96	CA	CB	CC	CD	CE
47	CA	CB	CC	CD	CE	97	CA	CB	CC	CD	CE
48	CA	CB	CC	CD	CE	98	CA	CB	CC	CD	CE
49	CA	CB	CC	CD	CE	99	CA	CB	CC	CD	CE
50	CA	CB	CC	CD	CE	100	CA	CB	CC	CD	CE

ÖĞRENCİ NUMARASI

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	00

BÖLÜMÜ

TEZ DİLİ
İNGLİZ DİLİ
MAT. DİLİ
FİZİK DİLİ
RİZE DİLİ
TÜRKÇE DİLİ
BÖLGE
FORMASYON

KİTAPÇIK TÜRÜ

CA CB CC CD CE

ÖĞRENCİ

1 2
3 4
5 6
7 8
9 10

Ders Adı :
Sınav Tarihi : / / 201

UYARILAR

- Yalnızca buradan kabulü ve işlemleri yapınız.
- Kullanılmayan sorulara cevap vermez. Kullandığınız soruların işaretleri kabul edilmeyecektir.
- Kullanılmayan sorulara cevap vermez.
- Değerlendirme için soruların izlenmesi için.
- Öğrenci numarası yanlış girilirse değerlendirme işlemi yapılmaz.

Şekil 3.14. Cep telefonunda “alanlar-kesilmiş görüntü” seçeneğinin gösterimi

**T.C. KOCAELI ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM FAKÜLTESİ
SINAV CEVAP KAĞIDI**

ADI - SOYADI :
BÖLÜMÜ :
İMZA :

CEVAPLAR

1	CA	CB	CC	CD	CE	51	CA	CB	CC	CD	CE
2	CA	CB	CC	CD	CE	52	CA	CB	CC	CD	CE
3	CA	CB	CC	CD	CE	53	CA	CB	CC	CD	CE
4	CA	CB	CC	CD	CE	54	CA	CB	CC	CD	CE
5	CA	CB	CC	CD	CE	55	CA	CB	CC	CD	CE
6	CA	CB	CC	CD	CE	56	CA	CB	CC	CD	CE
7	CA	CB	CC	CD	CE	57	CA	CB	CC	CD	CE
8	CA	CB	CC	CD	CE	58	CA	CB	CC	CD	CE
9	CA	CB	CC	CD	CE	59	CA	CB	CC	CD	CE
10	CA	CB	CC	CD	CE	60	CA	CB	CC	CD	CE
11	CA	CB	CC	CD	CE	61	CA	CB	CC	CD	CE
12	CA	CB	CC	CD	CE	62	CA	CB	CC	CD	CE
13	CA	CB	CC	CD	CE	63	CA	CB	CC	CD	CE
14	CA	CB	CC	CD	CE	64	CA	CB	CC	CD	CE
15	CA	CB	CC	CD	CE	65	CA	CB	CC	CD	CE
16	CA	CB	CC	CD	CE	66	CA	CB	CC	CD	CE
17	CA	CB	CC	CD	CE	67	CA	CB	CC	CD	CE
18	CA	CB	CC	CD	CE	68	CA	CB	CC	CD	CE
19	CA	CB	CC	CD	CE	69	CA	CB	CC	CD	CE
20	CA	CB	CC	CD	CE	70	CA	CB	CC	CD	CE
21	CA	CB	CC	CD	CE	71	CA	CB	CC	CD	CE
22	CA	CB	CC	CD	CE	72	CA	CB	CC	CD	CE
23	CA	CB	CC	CD	CE	73	CA	CB	CC	CD	CE
24	CA	CB	CC	CD	CE	74	CA	CB	CC	CD	CE
25	CA	CB	CC	CD	CE	75	CA	CB	CC	CD	CE
26	CA	CB	CC	CD	CE	76	CA	CB	CC	CD	CE
27	CA	CB	CC	CD	CE	77	CA	CB	CC	CD	CE
28	CA	CB	CC	CD	CE	78	CA	CB	CC	CD	CE
29	CA	CB	CC	CD	CE	79	CA	CB	CC	CD	CE
30	CA	CB	CC	CD	CE	80	CA	CB	CC	CD	CE
31	CA	CB	CC	CD	CE	81	CA	CB	CC	CD	CE
32	CA	CB	CC	CD	CE	82	CA	CB	CC	CD	CE
33	CA	CB	CC	CD	CE	83	CA	CB	CC	CD	CE
34	CA	CB	CC	CD	CE	84	CA	CB	CC	CD	CE
35	CA	CB	CC	CD	CE	85	CA	CB	CC	CD	CE
36	CA	CB	CC	CD	CE	86	CA	CB	CC	CD	CE
37	CA	CB	CC	CD	CE	87	CA	CB	CC	CD	CE
38	CA	CB	CC	CD	CE	88	CA	CB	CC	CD	CE
39	CA	CB	CC	CD	CE	89	CA	CB	CC	CD	CE
40	CA	CB	CC	CD	CE	90	CA	CB	CC	CD	CE
41	CA	CB	CC	CD	CE	91	CA	CB	CC	CD	CE
42	CA	CB	CC	CD	CE	92	CA	CB	CC	CD	CE
43	CA	CB	CC	CD	CE	93	CA	CB	CC	CD	CE
44	CA	CB	CC	CD	CE	94	CA	CB	CC	CD	CE
45	CA	CB	CC	CD	CE	95	CA	CB	CC	CD	CE
46	CA	CB	CC	CD	CE	96	CA	CB	CC	CD	CE
47	CA	CB	CC	CD	CE	97	CA	CB	CC	CD	CE
48	CA	CB	CC	CD	CE	98	CA	CB	CC	CD	CE
49	CA	CB	CC	CD	CE	99	CA	CB	CC	CD	CE
50	CA	CB	CC	CD	CE	100	CA	CB	CC	CD	CE

ÖĞRENCİ NUMARASI

01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	00

BÖLÜMÜ

TEZ DİLİ
İNGLİZ DİLİ
MAT. DİLİ
FİZİK DİLİ
RİZE DİLİ
TÜRKÇE DİLİ
BÖLGE
FORMASYON

KİTAPÇIK TÜRÜ

CA CB CC CD CE

ÖĞRENCİ

1 2
3 4
5 6
7 8
9 10

Ders Adı :
Sınav Tarihi : / / 201

UYARILAR

- Yalnızca buradan kabulü ve işlemleri yapınız.
- Kullanılmayan sorulara cevap vermez. Kullandığınız soruların işaretleri kabul edilmeyecektir.
- Kullanılmayan sorulara cevap vermez.
- Değerlendirme için soruların izlenmesi için.
- Öğrenci numarası yanlış girilirse değerlendirme işlemi yapılmaz.

Şekil 3.15. Tablette “alanlar-kesilmiş görüntü” seçeneğinin gösterimi

4. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu bölümde, bu tez çalışmasında kullanılan görüntü işleme metotlarının ve geliştirilen algoritmaların deneysel sonuçlarından bahsedilmiştir. Uygulanan 4 farklı görüntü işleme algoritmasının ve geliştirilen 3 farklı algoritmanın kullanımı sonucunda elde edilen deneysel sonuçlar yorumlanmıştır. Alınan örnek sonuçların görüntüleri verilmiş olup bu görüntüler yorumlanarak başarı oranlarının çıkarımı yapılmıştır.

4.1. Örnek Sonuçlar

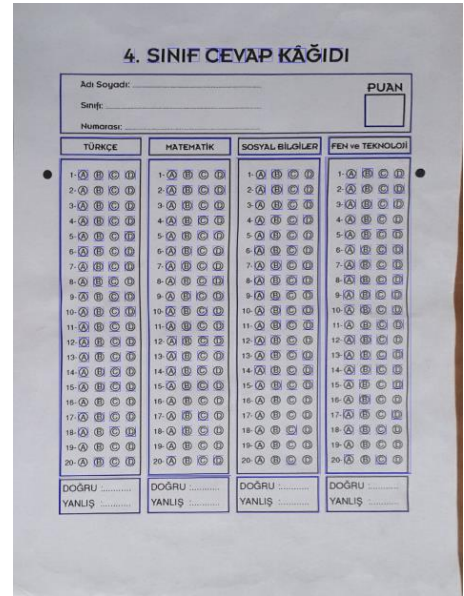
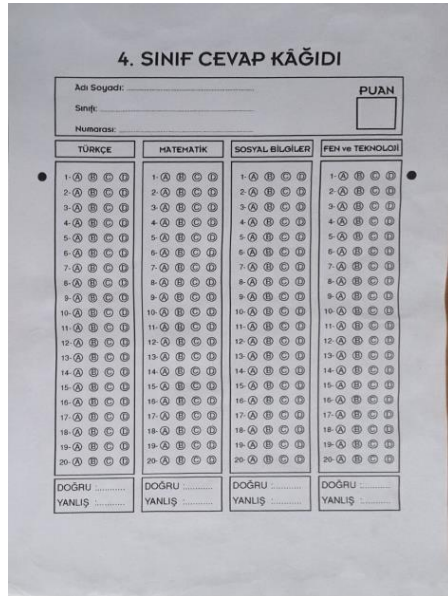
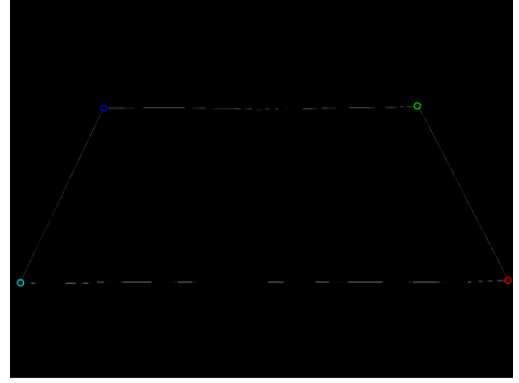
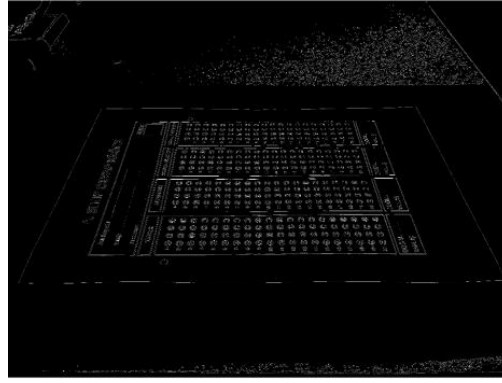
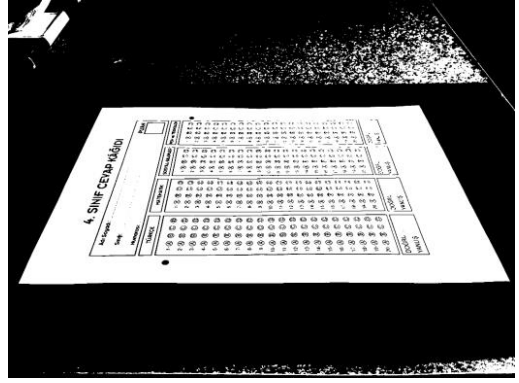
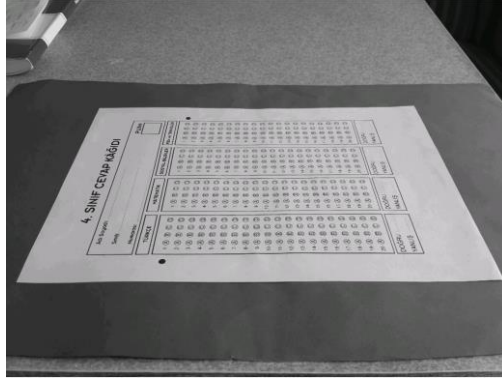
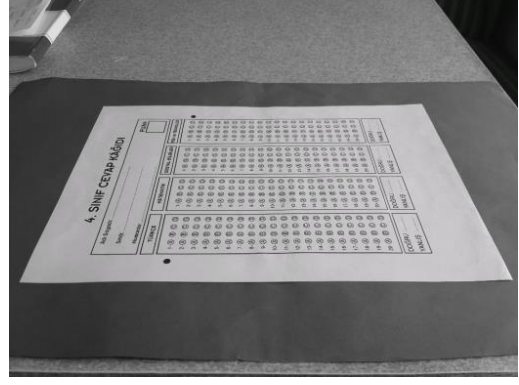
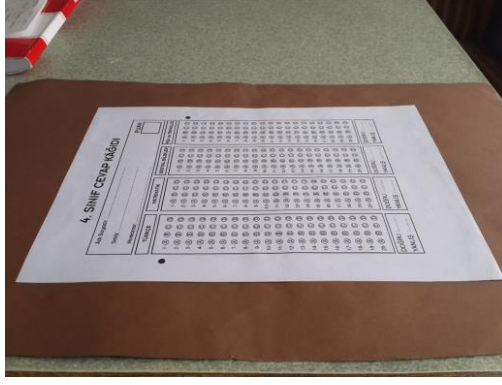
Yapılan bu tez çalışması kapsamında geliştirilen uygulama kullanılarak elde edilen birbirinden farklı örnek test kağıdı görüntüleri, 4 tane görüntü işleme algoritması çalıştırılarak optik cevap formlarının ve optik cevap formu alt alanlarının tespiti işlemlerinde kullanılmıştır.

İlk uygulama modeli olarak basit bir siyah-beyaz optik form kullanılmaktadır. Optik form Şekil 4.1’de gösterilmektedir. Her bir optik form 8 farklı renkteki (siyah, mor, mavi, pembe, sarı, kahverengi, kırmızı, yeşil) arka plan üzerinde test edilmektedir. Farklı arka planlar kullanmadaki amaç uygulamanın farklı zeminlerde kullanıldığında vereceği sonuçları gözlemlemektir. Uygulanan görüntü işleme yöntemlerinin örnek sonuçları Şekil 4.2’de gösterilmektedir.

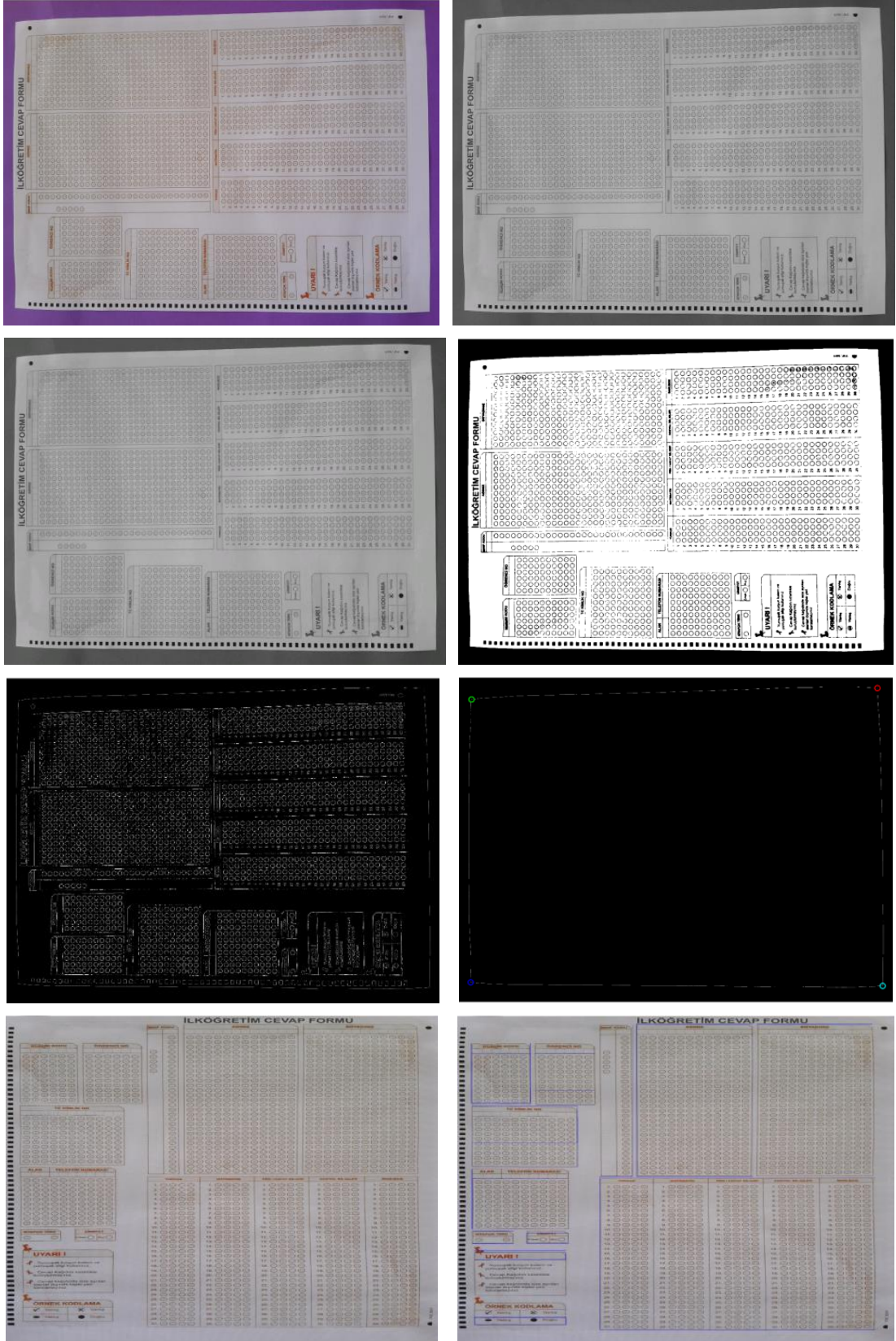
4. SINIF CEVAP KÂĞIDI

Adı Soyadı:			PUAN <input type="text"/>
Sınıfı:			
Numarası:			
TÜRKÇE	MATEMATİK	SOSYAL BİLGİLER	FEN ve TEKNOLOJİ
1- (A) (B) (C) (D)	1- (A) (B) (C) (D)	1- (A) (B) (C) (D)	1- (A) (B) (C) (D)
2- (A) (B) (C) (D)	2- (A) (B) (C) (D)	2- (A) (B) (C) (D)	2- (A) (B) (C) (D)
3- (A) (B) (C) (D)	3- (A) (B) (C) (D)	3- (A) (B) (C) (D)	3- (A) (B) (C) (D)
4- (A) (B) (C) (D)	4- (A) (B) (C) (D)	4- (A) (B) (C) (D)	4- (A) (B) (C) (D)
5- (A) (B) (C) (D)	5- (A) (B) (C) (D)	5- (A) (B) (C) (D)	5- (A) (B) (C) (D)
6- (A) (B) (C) (D)	6- (A) (B) (C) (D)	6- (A) (B) (C) (D)	6- (A) (B) (C) (D)
7- (A) (B) (C) (D)	7- (A) (B) (C) (D)	7- (A) (B) (C) (D)	7- (A) (B) (C) (D)
8- (A) (B) (C) (D)	8- (A) (B) (C) (D)	8- (A) (B) (C) (D)	8- (A) (B) (C) (D)
9- (A) (B) (C) (D)	9- (A) (B) (C) (D)	9- (A) (B) (C) (D)	9- (A) (B) (C) (D)
10- (A) (B) (C) (D)	10- (A) (B) (C) (D)	10- (A) (B) (C) (D)	10- (A) (B) (C) (D)
11- (A) (B) (C) (D)	11- (A) (B) (C) (D)	11- (A) (B) (C) (D)	11- (A) (B) (C) (D)
12- (A) (B) (C) (D)	12- (A) (B) (C) (D)	12- (A) (B) (C) (D)	12- (A) (B) (C) (D)
13- (A) (B) (C) (D)	13- (A) (B) (C) (D)	13- (A) (B) (C) (D)	13- (A) (B) (C) (D)
14- (A) (B) (C) (D)	14- (A) (B) (C) (D)	14- (A) (B) (C) (D)	14- (A) (B) (C) (D)
15- (A) (B) (C) (D)	15- (A) (B) (C) (D)	15- (A) (B) (C) (D)	15- (A) (B) (C) (D)
16- (A) (B) (C) (D)	16- (A) (B) (C) (D)	16- (A) (B) (C) (D)	16- (A) (B) (C) (D)
17- (A) (B) (C) (D)	17- (A) (B) (C) (D)	17- (A) (B) (C) (D)	17- (A) (B) (C) (D)
18- (A) (B) (C) (D)	18- (A) (B) (C) (D)	18- (A) (B) (C) (D)	18- (A) (B) (C) (D)
19- (A) (B) (C) (D)	19- (A) (B) (C) (D)	19- (A) (B) (C) (D)	19- (A) (B) (C) (D)
20- (A) (B) (C) (D)	20- (A) (B) (C) (D)	20- (A) (B) (C) (D)	20- (A) (B) (C) (D)
DOĞRU :	DOĞRU :	DOĞRU :	DOĞRU :
YANLIŞ :	YANLIŞ :	YANLIŞ :	YANLIŞ :

Şekil 4.1. Uygulamada kullanılan optik form örneği-1



Şekil 4.2. Uygulanan görüntü işleme yöntemlerinin örnek sonuçları-1



Şekil 4.4. Uygulanan görüntü işleme yöntemlerinin ve algoritmaların örnek sonuçları-2

Üçüncü uygulama modeli olarak Şekil 4.5'te gösterilen optik form kullanılmaktadır. Uygulanan görüntü işleme yöntemlerinin örnek sonuçları Şekil 4.6'da gösterilmektedir.

Adınız									
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
D	D	D	D	D	D	D	D	D	D
E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
G	G	G	G	G	G	G	G	G	G
H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
I	I	I	I	I	I	I	I	I	I
J	J	J	J	J	J	J	J	J	J
K	K	K	K	K	K	K	K	K	K
L	L	L	L	L	L	L	L	L	L
M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
P	P	P	P	P	P	P	P	P	P
R	R	R	R	R	R	R	R	R	R
S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
U	U	U	U	U	U	U	U	U	U
V	V	V	V	V	V	V	V	V	V
Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y	Y
Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z	Z

Kit. Türü
<input type="radio"/> A kit.
<input type="radio"/> B kit.
<input type="radio"/> C kit.
<input type="radio"/> D kit.
<input type="radio"/> E kit.

YANLIŞ

● ○ ● ○ ● ○ ● ○ ● ○

DOĞRU

●

GrupNo		
0	0	0
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

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

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

YGS CEVAP FORMU

ADINIZ :.....

SOYADINIZ :.....

SINIFINIZ :.....

NUMARANIZ :.....

TÜRKÇE					
1	A	B	C	D	E
2	A	B	C	D	E
3	A	B	C	D	E
4	A	B	C	D	E
5	A	B	C	D	E
6	A	B	C	D	E
7	A	B	C	D	E
8	A	B	C	D	E
9	A	B	C	D	E
10	A	B	C	D	E
11	A	B	C	D	E
12	A	B	C	D	E
13	A	B	C	D	E
14	A	B	C	D	E
15	A	B	C	D	E
16	A	B	C	D	E
17	A	B	C	D	E
18	A	B	C	D	E
19	A	B	C	D	E
20	A	B	C	D	E
21	A	B	C	D	E
22	A	B	C	D	E
23	A	B	C	D	E
24	A	B	C	D	E
25	A	B	C	D	E
26	A	B	C	D	E
27	A	B	C	D	E
28	A	B	C	D	E
29	A	B	C	D	E
30	A	B	C	D	E
31	A	B	C	D	E
32	A	B	C	D	E
33	A	B	C	D	E
34	A	B	C	D	E
35	A	B	C	D	E
36	A	B	C	D	E
37	A	B	C	D	E
38	A	B	C	D	E
39	A	B	C	D	E
40	A	B	C	D	E

T.MATEMATİK					
1	A	B	C	D	E
2	A	B	C	D	E
3	A	B	C	D	E
4	A	B	C	D	E
5	A	B	C	D	E
6	A	B	C	D	E
7	A	B	C	D	E
8	A	B	C	D	E
9	A	B	C	D	E
10	A	B	C	D	E
11	A	B	C	D	E
12	A	B	C	D	E
13	A	B	C	D	E
14	A	B	C	D	E
15	A	B	C	D	E
16	A	B	C	D	E
17	A	B	C	D	E
18	A	B	C	D	E
19	A	B	C	D	E
20	A	B	C	D	E
21	A	B	C	D	E
22	A	B	C	D	E
23	A	B	C	D	E
24	A	B	C	D	E
25	A	B	C	D	E
26	A	B	C	D	E
27	A	B	C	D	E
28	A	B	C	D	E
29	A	B	C	D	E
30	A	B	C	D	E
31	A	B	C	D	E
32	A	B	C	D	E
33	A	B	C	D	E
34	A	B	C	D	E
35	A	B	C	D	E
36	A	B	C	D	E
37	A	B	C	D	E
38	A	B	C	D	E
39	A	B	C	D	E
40	A	B	C	D	E

FEN BİLİMLERİ					
1	A	B	C	D	E
2	A	B	C	D	E
3	A	B	C	D	E
4	A	B	C	D	E
5	A	B	C	D	E
6	A	B	C	D	E
7	A	B	C	D	E
8	A	B	C	D	E
9	A	B	C	D	E
10	A	B	C	D	E
11	A	B	C	D	E
12	A	B	C	D	E
13	A	B	C	D	E
14	A	B	C	D	E
15	A	B	C	D	E
16	A	B	C	D	E
17	A	B	C	D	E
18	A	B	C	D	E
19	A	B	C	D	E
20	A	B	C	D	E
21	A	B	C	D	E
22	A	B	C	D	E
23	A	B	C	D	E
24	A	B	C	D	E
25	A	B	C	D	E
26	A	B	C	D	E
27	A	B	C	D	E
28	A	B	C	D	E
29	A	B	C	D	E
30	A	B	C	D	E
31	A	B	C	D	E
32	A	B	C	D	E
33	A	B	C	D	E
34	A	B	C	D	E
35	A	B	C	D	E
36	A	B	C	D	E
37	A	B	C	D	E
38	A	B	C	D	E
39	A	B	C	D	E
40	A	B	C	D	E

SOSYAL BİL					
1	A	B	C	D	E
2	A	B	C	D	E
3	A	B	C	D	E
4	A	B	C	D	E
5	A	B	C	D	E
6	A	B	C	D	E
7	A	B	C	D	E
8	A	B	C	D	E
9	A	B	C	D	E
10	A	B	C	D	E
11	A	B	C	D	E
12	A	B	C	D	E
13	A	B	C	D	E
14	A	B	C	D	E
15	A	B	C	D	E
16	A	B	C	D	E
17	A	B	C	D	E
18	A	B	C	D	E
19	A	B	C	D	E
20	A	B	C	D	E
21	A	B	C	D	E
22	A	B	C	D	E
23	A	B	C	D	E
24	A	B	C	D	E
25	A	B	C	D	E
26	A	B	C	D	E
27	A	B	C	D	E
28	A	B	C	D	E
29	A	B	C	D	E
30	A	B	C	D	E
31	A	B	C	D	E
32	A	B	C	D	E
33	A	B	C	D	E
34	A	B	C	D	E
35	A	B	C	D	E
36	A	B	C	D	E
37	A	B	C	D	E
38	A	B	C	D	E
39	A	B	C	D	E
40	A	B	C	D	E

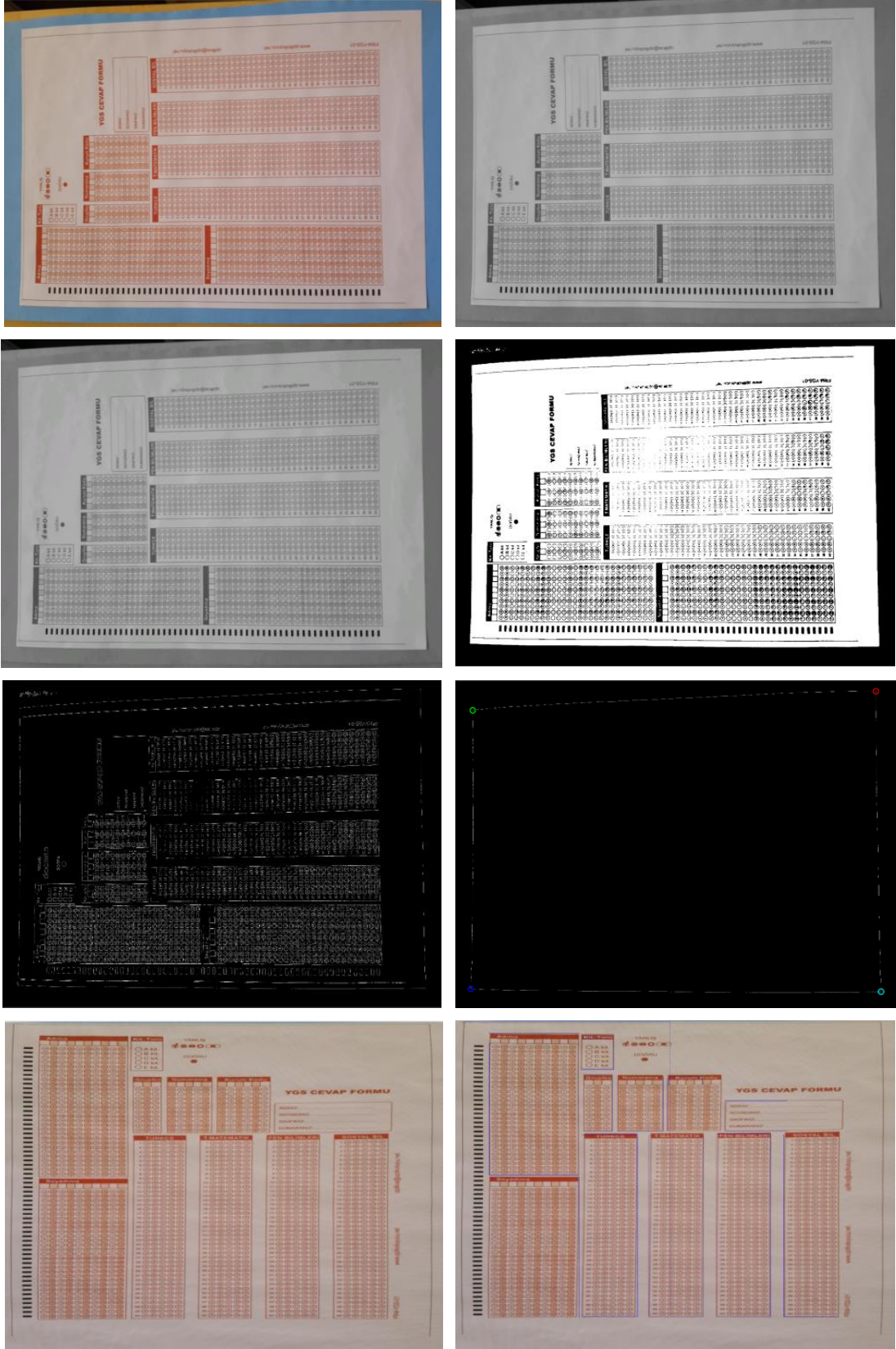
optikos@optikokuyucu.net

www.optikokuyucu.net

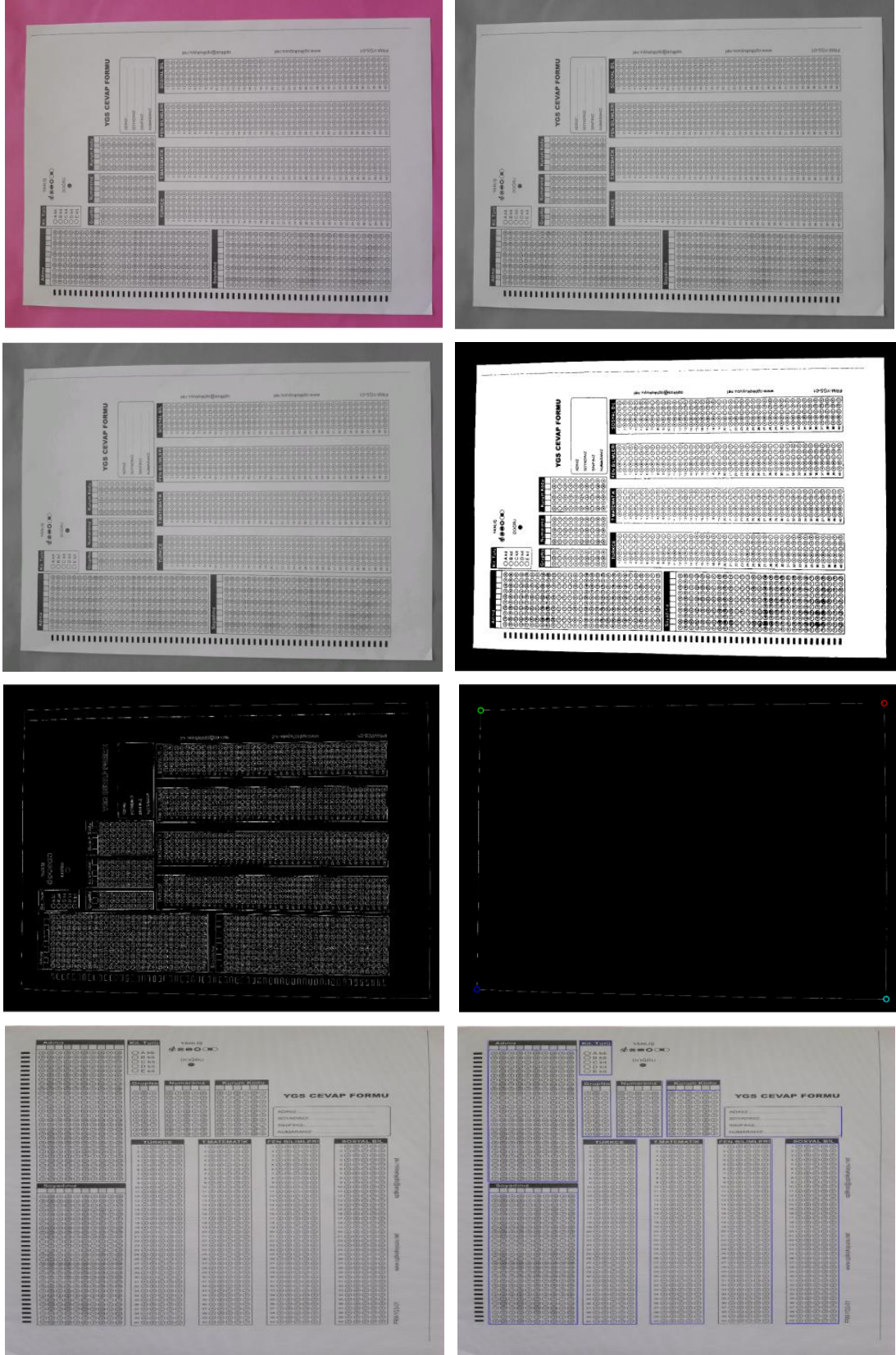
FRM-YGS-01

Şekil 4.5. Uygulamada kullanılan optik form örneği-3

38



Şekil 4.6. Uygulanan görüntü işleme yöntemlerinin ve algoritmaların örnek sonuçları-3



Şekil 4.8. Uygulanan görüntü işleme yöntemlerinin ve algoritmaların örnek sonuçları-4

Beşinci uygulama modeli olarak Şekil 4.9’da gösterilen optik form kullanılmaktadır. Uygulanan görüntü işleme yöntemlerinin örnek sonuçları Şekil 4.10’da gösterilmektedir.

**T.C.
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
EĞİTİM FAKÜLTESİ
SINAV CEVAP KAĞIDI**

ADI - SOYADI : _____
BÖLÜMÜ : _____
İMZA : _____

CEVAPLAR		ÖĞRENCİ NUMARASI																		
1	A B C D E	31	A	B	C	D	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	A B C D E	32	A	B	C	D	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	A B C D E	33	A	B	C	D	E	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
4	A B C D E	34	A	B	C	D	E	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
5	A B C D E	35	A	B	C	D	E	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	A B C D E	36	A	B	C	D	E	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
7	A B C D E	37	A	B	C	D	E	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
8	A B C D E	38	A	B	C	D	E	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
9	A B C D E	39	A	B	C	D	E	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
10	A B C D E	40	A	B	C	D	E	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
11	A B C D E	41	A	B	C	D	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	A B C D E	42	A	B	C	D	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	A B C D E	43	A	B	C	D	E	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
14	A B C D E	44	A	B	C	D	E	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
15	A B C D E	45	A	B	C	D	E	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
16	A B C D E	46	A	B	C	D	E	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
17	A B C D E	47	A	B	C	D	E	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
18	A B C D E	48	A	B	C	D	E	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
19	A B C D E	49	A	B	C	D	E	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
20	A B C D E	50	A	B	C	D	E	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
21	A B C D E	51	A	B	C	D	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	A B C D E	52	A	B	C	D	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
23	A B C D E	53	A	B	C	D	E	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
24	A B C D E	54	A	B	C	D	E	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
25	A B C D E	55	A	B	C	D	E	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
26	A B C D E	56	A	B	C	D	E	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
27	A B C D E	57	A	B	C	D	E	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
28	A B C D E	58	A	B	C	D	E	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
29	A B C D E	59	A	B	C	D	E	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
30	A B C D E	60	A	B	C	D	E	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
31	A B C D E	61	A	B	C	D	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	A B C D E	62	A	B	C	D	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
33	A B C D E	63	A	B	C	D	E	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
34	A B C D E	64	A	B	C	D	E	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
35	A B C D E	65	A	B	C	D	E	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
36	A B C D E	66	A	B	C	D	E	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
37	A B C D E	67	A	B	C	D	E	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
38	A B C D E	68	A	B	C	D	E	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
39	A B C D E	69	A	B	C	D	E	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
40	A B C D E	70	A	B	C	D	E	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
41	A B C D E	71	A	B	C	D	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	A B C D E	72	A	B	C	D	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
43	A B C D E	73	A	B	C	D	E	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
44	A B C D E	74	A	B	C	D	E	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
45	A B C D E	75	A	B	C	D	E	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
46	A B C D E	76	A	B	C	D	E	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
47	A B C D E	77	A	B	C	D	E	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
48	A B C D E	78	A	B	C	D	E	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
49	A B C D E	79	A	B	C	D	E	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
50	A B C D E	80	A	B	C	D	E	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
51	A B C D E	81	A	B	C	D	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	A B C D E	82	A	B	C	D	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
53	A B C D E	83	A	B	C	D	E	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
54	A B C D E	84	A	B	C	D	E	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
55	A B C D E	85	A	B	C	D	E	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
56	A B C D E	86	A	B	C	D	E	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
57	A B C D E	87	A	B	C	D	E	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
58	A B C D E	88	A	B	C	D	E	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
59	A B C D E	89	A	B	C	D	E	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
60	A B C D E	90	A	B	C	D	E	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
61	A B C D E	91	A	B	C	D	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
62	A B C D E	92	A	B	C	D	E	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
63	A B C D E	93	A	B	C	D	E	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
64	A B C D E	94	A	B	C	D	E	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
65	A B C D E	95	A	B	C	D	E	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
66	A B C D E	96	A	B	C	D	E	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
67	A B C D E	97	A	B	C	D	E	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
68	A B C D E	98	A	B	C	D	E	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
69	A B C D E	99	A	B	C	D	E	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
70	A B C D E	100	A	B	C	D	E	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

BÖLÜMÜ

FEN BİLG.

İNŞ. ÖĞR.

MAT. ÖĞR.

OKUL. ÖNC.

RPD

SINIF ÖĞR.

TÜRKÇE ÖĞR.

BÖTE

FORMASYON

KITAPÇIK TÜRÜ

A B C D

ÖĞRETİM

I (A)

II (B)

FORMASYON (C)

Ders Adı: _____

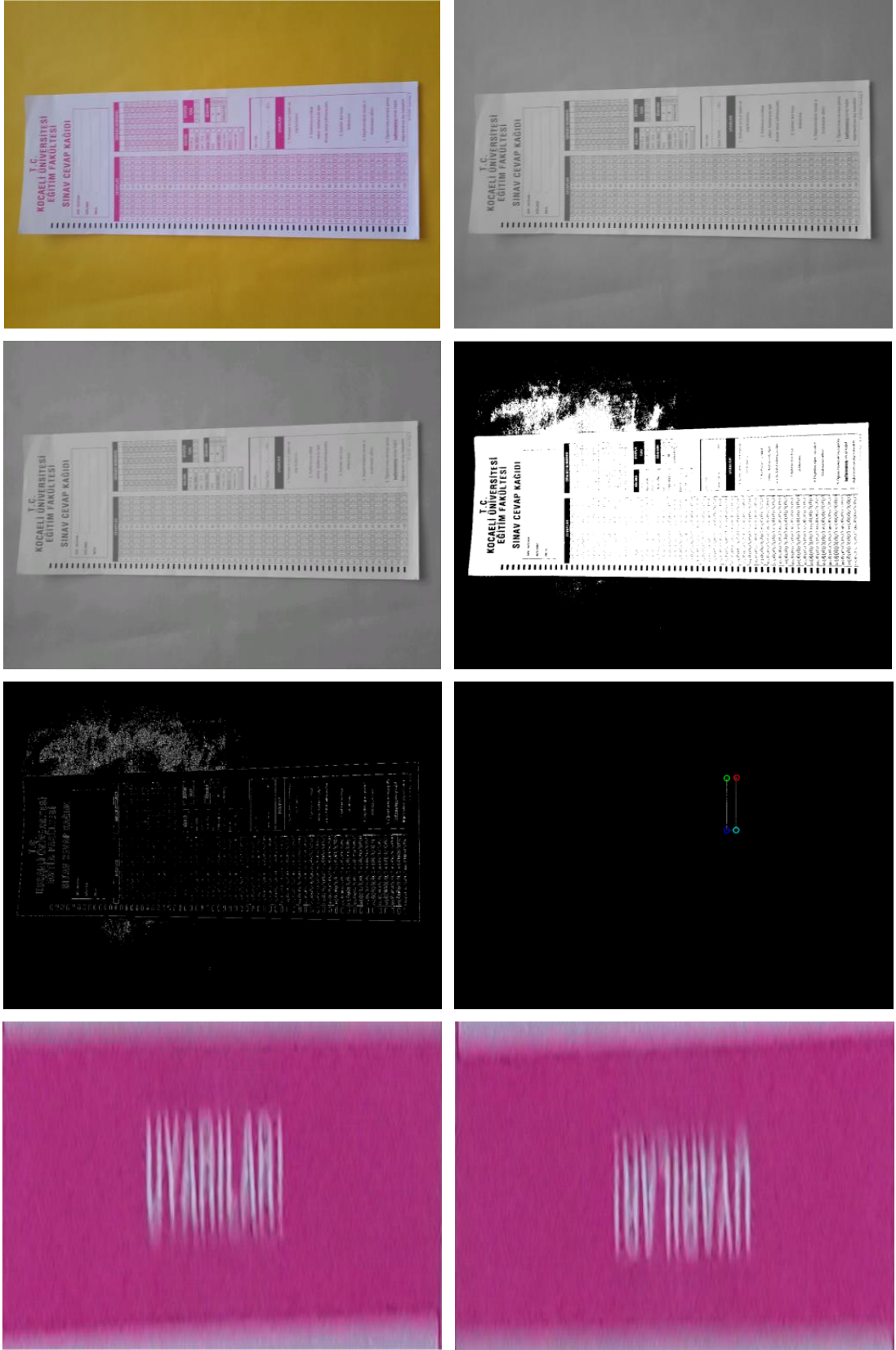
Sınav Tarihi: / / 201...

UYARILARI

- Yumuşak kurşun kalem ve sağı kullanınız.
- Kodlamaya dikkat ediniz. Kodlama ile ilgili itirazlar kabul edilmeyecektir.
- Kutuları tam koyu doldurunuz.
- Değiştireceğiniz cevabı iz bırakmadan siliniz.
- Öğrenci nosu ve/veya grubu **kodlanmamış** cevap kağıdı değerlendirme dışı kalmaktadır.

CA-100.000 Faren Kod: Y

Şekil 4.9. Uygulamada kullanılan optik form örneği-5



Şekil 4.10. Uygulanan görüntü işleme yöntemlerinin örnek sonuçları-5

Altıncı uygulama modeli olarak Şekil 4.11’de gösterilen optik form kullanılmaktadır. Uygulanan görüntü işleme yöntemlerinin örnek sonuçları Şekil 4.12’de gösterilmektedir.

İLKOKUL 2-3-4. SINIF OPTİK CEVAP KAĞIDI

ADI - SOYADI: _____
KURUMU: _____
TELEFON: _____
SINAV KODU: _____

T.C. KİMLİK NO
MUTLAKA DOLDURULMALIDIR.

KURUM KODU

ÖĞRENCİ NO

KITAPÇIK

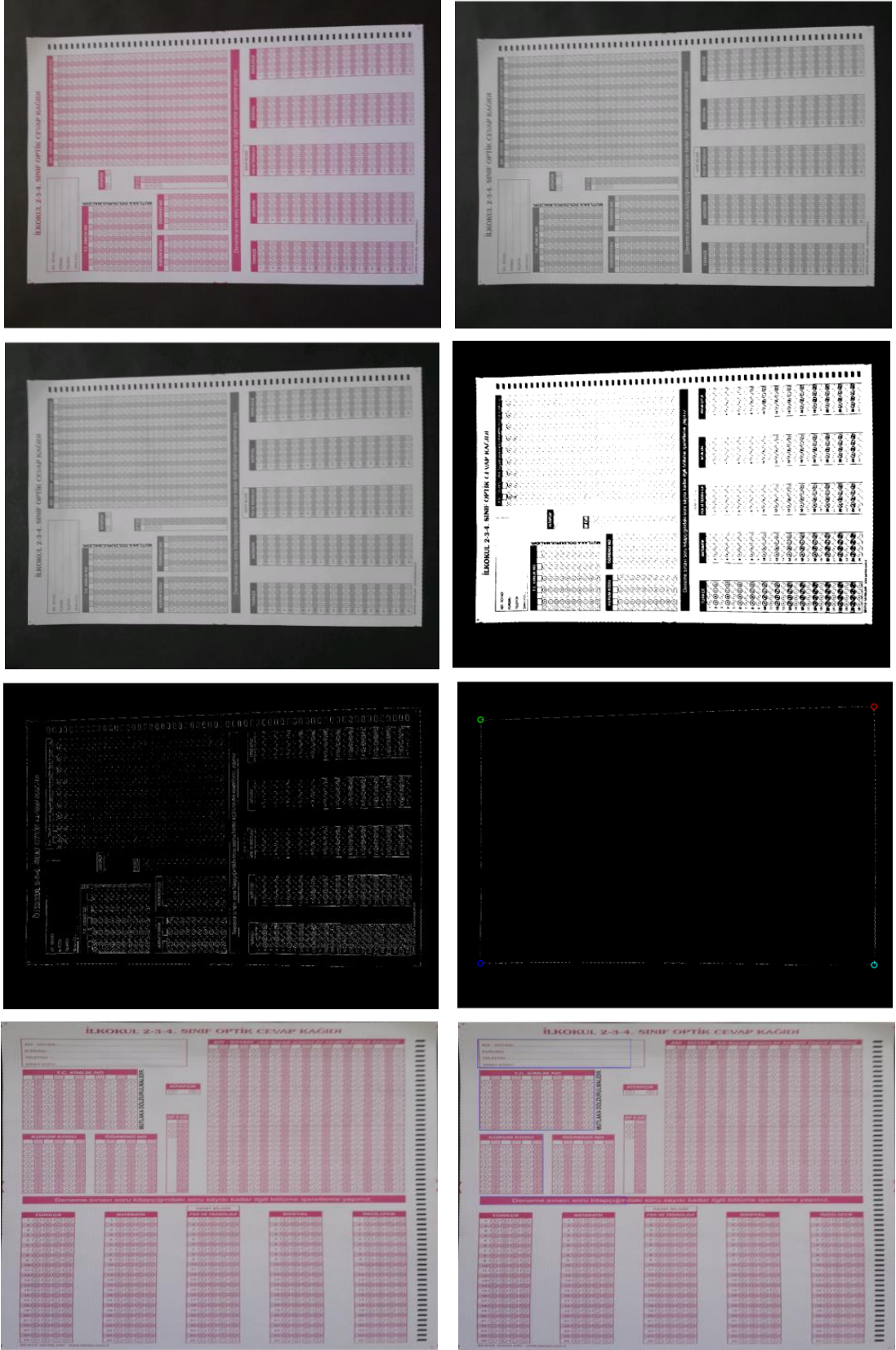
ADI - SOYADI (Adı-Soyadı arasında bir karakter boşluk bırakınız)

Deneme sınavı soru kitapçığındaki soru sayısı kadar ilgili bölüme işaretleme yapınız.

TÜRKÇE	MATEMATİK	HAYAT BİLGİSİ FEN VE TEKNOLOJİ	SOSYAL	İNGİLİZCE
1 A B C D	1 A B C D	1 A B C D	1 A B C D	1 A B C D
2 A B C D	2 A B C D	2 A B C D	2 A B C D	2 A B C D
3 A B C D	3 A B C D	3 A B C D	3 A B C D	3 A B C D
4 A B C D	4 A B C D	4 A B C D	4 A B C D	4 A B C D
5 A B C D	5 A B C D	5 A B C D	5 A B C D	5 A B C D
6 A B C D	6 A B C D	6 A B C D	6 A B C D	6 A B C D
7 A B C D	7 A B C D	7 A B C D	7 A B C D	7 A B C D
8 A B C D	8 A B C D	8 A B C D	8 A B C D	8 A B C D
9 A B C D	9 A B C D	9 A B C D	9 A B C D	9 A B C D
10 A B C D	10 A B C D	10 A B C D	10 A B C D	10 A B C D
11 A B C D	11 A B C D	11 A B C D	11 A B C D	11 A B C D
12 A B C D	12 A B C D	12 A B C D	12 A B C D	12 A B C D
13 A B C D	13 A B C D	13 A B C D	13 A B C D	13 A B C D
14 A B C D	14 A B C D	14 A B C D	14 A B C D	14 A B C D
15 A B C D	15 A B C D	15 A B C D	15 A B C D	15 A B C D
16 A B C D	16 A B C D	16 A B C D	16 A B C D	16 A B C D
17 A B C D	17 A B C D	17 A B C D	17 A B C D	17 A B C D
18 A B C D	18 A B C D	18 A B C D	18 A B C D	18 A B C D
19 A B C D	19 A B C D	19 A B C D	19 A B C D	19 A B C D
20 A B C D	20 A B C D	20 A B C D	20 A B C D	20 A B C D
21 A B C D	21 A B C D	21 A B C D	21 A B C D	21 A B C D
22 A B C D	22 A B C D	22 A B C D	22 A B C D	22 A B C D
23 A B C D	23 A B C D	23 A B C D	23 A B C D	23 A B C D
24 A B C D	24 A B C D	24 A B C D	24 A B C D	24 A B C D
25 A B C D	25 A B C D	25 A B C D	25 A B C D	25 A B C D

SEVİYE YAYINLARI - www.seviye.com.tr

Şekil 4.11. Uygulamada kullanılan optik form örneği-6



Şekil 4.12. Uygulanan görüntü işleme yöntemlerinin örnek sonuçları-6

Buradaki örnek görüntülerde de görüldüğü gibi uygulama üzerinde çalıştırılan her bir metodun sonucu adım adım gösterilmektedir. Geliştiren uygulamanın; ‘Orijinal görüntü’, ‘Gri görüntü’, ‘Median Blur’, ‘Threshold’, ‘Köşe tespiti’, ‘Kenarlar’, ‘Sonuç’ adımları her bir denemede başarılı sonuçlar verirken, son aşaması olan ‘Alanlar-Kesilmiş görüntü’ adımı istenilen başarıyı elde edilememiştir. Uygulamanın bu adımı karşılaşılan problemin doktora çalışmasında yapılacak iyileştirmelerle giderileceği planlanmaktadır. Yapılan bu çalışmanın, piyasada bulunan muadil ürünlerle kıyaslanması yapıldığında esnek bir uygulama olması noktasında başarılı olduğu görülmektedir.

Bu uygulamada görüntü işleme algoritmaları; 8 farklı renkte (siyah, mor, mavi, pembe, sarı, kahverengi, kırmızı, yeşil) arka plan üzerinde kullanılan 6 farklı tipte optik form görüntüleri kullanılarak birçok kez çalıştırılmıştır. Optik formla cep telefonu arasında $180^\circ - 90^\circ$ arası değişen farklı açılarda yapılan çekimler sonucu elde edilen görüntülerde, uygun ışık miktarı ve açısı yakalandığı takdirde oldukça yüksek doğruluk oranları elde edilmektedir. Bu uygulamadan çıkan örnek sonuçlar sayesinde belirli bir doğruluk oranı elde edilmiştir. Bir sonraki kısımda doğruluk oranları daha kapsamlı bir şekilde anlatılmıştır. Şekillerde de görüldüğü üzere geliştirilen görüntü işleme algoritmasıyla, görüntüleri kameradan anlık çekim veya cep telefonunda kayıtlı görüntüler kullanılarak elde edilen optik cevap formları başarılı bir şekilde elde edilmektedir. Bir sonraki aşama olan optik cevap formu alt alanlarının belirlenmesi aşaması henüz başarılı sonuçlar verememektedir. Ancak elde edilen test verilerinden; uygulama üzerinde doktora çalışmasında yapılacak iyileştirmelerle beklenen doğruluk oranlarını vereceği çıkarımı yapılabilmektedir.

4.2. Başarı Oranları

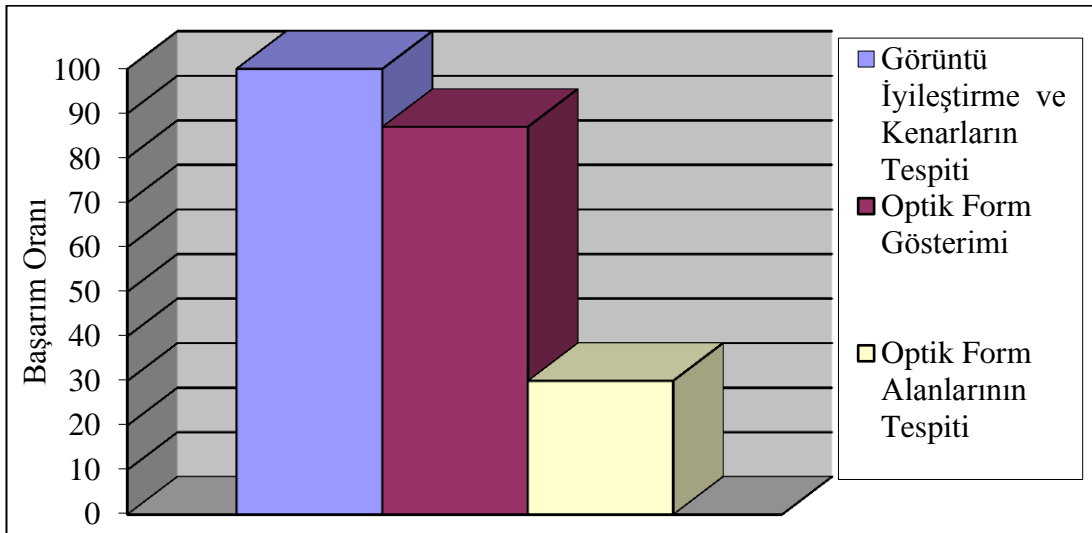
Önceki bölümlerde uygulama hakkında genel bilgiler verilip, uygulama modelinden bahsedilmiştir. Bu tez çalışması kapsamında ilk olarak kullanıcıları bir arayüz karşılamaktadır. Kullanıcılar seçimleri doğrultusunda, anlık çekim yoluyla ya da önceden akıllı telefona kaydedilen görüntüleri kullanma yoluyla optik cevap formu görüntülerini elde edebilmektedir. Uygulama 8 megapiksele kadar çözünürlüğe sahip fotoğrafları desteklemektedir. Uygulamada, elde edilen bu görüntüler üzerinde ilk olarak orijinal görüntü seçeneği çalışmakta bu adımı sıra ile gri görüntü, median blur,

threshold, köşe tespiti, kenarlar seçeneği izlemektedir. Uygulama üzerinde bu işlemler %100 başarı oranı ile gerçekleşmektedir. Geliştirilen uygulama üzerinde 100 adet farklı görüntü kullanılarak başarı oranı belirlenmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen uygulamanın bir sonraki adımı olarak sonuç seçeneğine geçilmektedir. Uygulamanın bu adımında kullanılan metot ve yöntemler önceki bölümlerde detaylı olarak anlatılmaktadır. Uygulamanın bu adımında kullanılan görüntü işleme algoritmaları ile optik cevap formlarını %87 başarı oranı ile tespit etme işlemi gerçekleştirilmiştir. %13'lük başarı kaybı, parlak ve güneş ışığını yansıtan arka plan renklerini kullanmaktan kaynaklanmıştır.

Bu tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen uygulamanın son adımı olarak alanlar-kesilmiş görüntü seçeneğine geçilmektedir. Uygulamanın bu adımında, optik cevap formlarının alt alanları %30 başarı oranı ile tespit edilmektedir. Uygulamanın bu adımı sadece Şekil 4.1'de örneği gösterilen optik cevap formları üzerinde başarılı sonuçlar vermektedir. Uygulamanın çalıştırılması sonucunda en iyi performans, Şekil 4.1'de gösterilen optik cevap formu ile elde edilmiştir.

Bu uygulamada görüldüğü üzere örnek sonuçlar sayesinde belirli bir başarı oranına ulaşılmıştır. Şekil 4.13'de yüzde başarı oranı grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Yüzde başarı oranı grafiği

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında optik cevap formu okuma sistemlerinin akıllı cep telefonlarına uyarlanması çalışması gerçek zamanlı çalışan bir uygulama olarak yapılmıştır. Yapılan çalışmada optik cevap formu görüntüsü üzerinde sırasıyla kameradan görüntü alma, görüntü iyileştirme, kenarların tespiti, düzenlenmiş optik formun gösterimi ve optik form alt alanlarının tespiti işlemleri yapılmıştır.

Optik cevap formu görüntülerinin düzenlenmesinde farklı görüntü işleme yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler sırasıyla görüntüyü gri seviyeye çevirme tekniği (Grayscale), filtreleme tekniği (Median filtresi), eşik değeri belirleme metodu (Otsu'nun metodu), kenar belirleme metodu (Canny kenar belirleme algoritması) 'dur. Bu yöntemler seçilirken yapılan literatür taraması neticesinde olumlu ve olumsuz yönleri göz önüne alınmıştır.

Median filtreleme yöntemi gürültü temizlemede en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Ve yapılan literatür taraması sonucunda tuz-biber gürültüsü olarak bilinen gürültüleri temizlemede oldukça başarılı olduğu kanıtlanmıştır. Tüm bunlar uygulamamızda median filtreleme yöntemini kullanmamıza neden olmuştur.

Görüntü işleme üzerine yapılan birçok çalışmada kullanılan, görüntünün eşiklenmesi aşamasının mihenk taşı olarak kabul edilen Otsu'nun metodu bu tez çalışmasında kullanılmıştır. Otsu'nun metodu daha iyi görüntü bölütleme sonuçları, hesaplama kolaylığı gibi özellikleri sayesinde bu tez çalışmasında kullanılmıştır.

Canny kenar belirleme algoritması; düşük hata oranı, kenar noktalarını iyi belirlemesi ve tek kenar noktası cevabı gibi artıları sayesinde oldukça etkili bir kenar belirleme yöntemidir. Yapılan literatür taramaları sonucunda; diğer kenar belirleme yöntemleri ile karşılaştırıldığında daha karmaşık olmasına rağmen en üstün kenar belirleme algoritmalarından biri olduğu anlaşıldığı için bu tez çalışmasında kullanılmıştır.

Yapılan çalışma sırasında kameranın konumunun ve çekim ortamının uygulamanın başarısında etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Görüntü işleme tekniklerinin kullanıldığı uygulamalarda genel olarak ortamdaki ışık miktarının ve açısının uygulamanın çıktılarına etki ettiği tespit edilmiştir.

Uygulamanın kullanıcı profillerinin genişliği dolayısıyla kullanım senaryolarının fazla olması (kullanıcıların uygulamayı nasıl ve ne şekilde kullanacaklarının kestirilememesi) bir sakınca olarak karşımıza çıkmaktadır. İhtiyaç duyulması halinde ileride uygulama geliştirilerek bu eksikliklerin giderileceği ön görülmektedir. Genel olarak bu uygulama üzerinde yapılacak bir takım iyileştirmelerle uygulamayı çok daha verimli hale getirmek mümkündür. Bu tez çalışması kapsamında geliştirilmeye başlanılan uygulamanın; doktora programında da ilgili iyileştirmeler ve gerekli eklentiler yapılarak tamamlanması planlanmaktadır. Ayrıca uygulama üzerinde gerekli iyileştirme işlemlerinin başarılı bir şekilde yapılmasıyla; uygulamanın tam anlamıyla gerçek zamanda çalışacak, kullanıcılar için esnek bir ürün haline gelebileceği düşünülmektedir.

Geliştirdiğimiz bu sisteminin ülke genelinde kullanılmaya başlanması ile birlikte sınavların puanlanmasının daha hızlı ve daha kolay bir şekilde gerçekleştirileceği düşünülmektedir. Bunun bir neticesi olarak da bu uygulamanın, sınavları uygulama potansiyeline sahip eğitimcileri optik cevap formlarının kullanıldığı sınavlar yapmaya teşvik edeceği ön görülmektedir. Bunun da adayların ülke genelinde yapılan merkezi sınavlara yatkınlığını arttırıp, daha doğru kodlama yapabilmelerine yardımcı olacağı dolayısıyla adayların testlerdeki başarı oranının artacağı umulmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Zhou W., Hu J., Petersen I. , Wang S., Bennamoun M. , Performance Evaluation of 2D to 3D Fingerprint Recognition, *2013 6th International Congress on Image and Signal Processing (CISP 2013)*, 2013, **03**, 1736 – 1741.
- [2] Li H., Guo Z., Ma S., Luo N., A New Touchless PalmPrint Location Method Based on Contour Centroid, *2011 International Conference on Hand-Based Biometrics (ICHB)*, DOI: 10.1109/ICHB.2011.6094306.
- [3] Başkurt M., Durmuş M. C., Gümüşay M. Ü., Yapay Sinir Ağları Yardımıyla Plaka Tanıma Sisteminin Oluşturulması ve Cbs İle Bütünleştirilmesi, http://www.hkmo.org.tr/etkinlikler/kurultay/etkinlik_bildiriler.php?etkinlikkod=21 (Ziyaret tarihi: 03 Ocak 2015).
- [4] Chang K., Wang K., Design and Implementation of Traffic Safety Guardian System for Android based on OpenCV, *2012 International Conference on Connected Vehicles and Expo (ICCVE)*, DOI: 10.1109/ICCVE.2012.64.
- [5] Zhang B., Kumar B.V.K.V., Zhang D., Detecting Diabetes Mellitus and Nonproliferative Diabetic Retinopathy Using Tongue Color, Texture, and Geometry Features, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 2014, **61**(2), 491 – 501.
- [6] Nguyen T.D., Manh Q., Minh P., Thanh L.N., Hoang T.M., Efficient and Reliable Camera Based Multiple-choice Test Grading System, *2011 International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC 2011)*, DOI: 10.1109/ATC.2011.6027482.
- [7] Deng H., Wang F., Liang B., A Low-Cost OMR Solution for Educational Applications, *International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications (ISPA 2008)*, DOI: 10.1109/ISPA.2008.130.
- [8] Chidrewar V., Yang J., Moon D., Mobile Based Auto Grading Of Answersheets, https://stacks.stanford.edu/file/druid:yt916dh6570/Moon_Chidrewar_Yang_Mobile_OMR_System.pdf (Ziyaret tarihi: 05 Mayıs 2015).
- [9] <http://dokuman.osym.gov.tr/pdfdokuman/2014/YGS/2014YGSSAYISALBiLGiLER03042014.pdf> (Ziyaret tarihi: 27 Şubat 2015).
- [10] <http://www.mebpersonel.com/yer-degistirme/teog-yerlestirme-istatistikleri-2014-meb-h148974.html> (Ziyaret tarihi: 27 Şubat 2015).

- [11] <http://www.iltelis.com/OptikosOptikOkuyucu.aspx?NO=34> (Ziyaret tarihi: 12 Mart 2015).
- [12] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.fem.femtest&hl=en> (Ziyaret tarihi: 12 Mart 2015).
- [13] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.teknolist.taragoz> (Ziyaret tarihi: 12 Mart 2015).
- [14] <http://www.dersonet.com.tr/optik-form.asp> (Ziyaret tarihi: 03 Mart 2015)
- [15] Gupta G., Algorithm for Image Processing Using Improved Median Filter and Comparison of Mean, Median and Improved Median Filter, *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, 2011, 1(5), 304-311.
- [16] <http://www.testokur.com/modules/icontent/index.php?page=4> (Ziyaret tarihi: 12 Mart 2015).
- [17] Kayar O., QuickKey İle Cevap Kağıdını Okumak Hiç Bu Kadar Kolay Olmamıştı, <http://www.egitimdeteknoloji.com/quickkey-ile-cevap-kagidini-okumak-hic-bu-kadar-kolay-olmamisti/> (Ziyaret tarihi: 18 Ocak 2015).
- [18] International Paper and Card Sizes, <http://www.designtechnology.info/graphics/page14.htm> (Ziyaret tarihi: 18 Aralık 2014).
- [19] Dell N., Breit N., Chaluco T., Crawford J., Borriello G., Digitizing Paper Forms with Mobile Imaging Technologies, *Proceedings of the 2nd ACM Symposium on Computing for Development (ACM DEV 2012)*, DOI: 10.1145/2160601.2160604.
- [20] Atasever V., Arslan D., Güvenoğlu E., Mobil Cihazlarda Online Görüntü İşleme Yazılımının Geliştirilmesi, <http://www.volkanatasever.com/post/2010/02/14/Mobil-Cihazlarda-Online-Goruntu-Isleme.aspx> (Ziyaret tarihi: 10 Ocak 2015).
- [21] Güllü M.K., Renkli İmge İşleme – Renk Uzayları, http://www.yalova.edu.tr/Files/UserFiles/70/aliiskurt/IMAGE_PROCESS/Renk_uzaylar_30Ekim.pdf (Ziyaret tarihi: 08 Şubat 2015).
- [22] Boy F., Renkli bir Resmi Gri Tonlamaya Dönüştürme, <http://www.enterprisecoding.com/post/renkli-resmi-gri-tonlamaya-donusturme> (Ziyaret tarihi: 21 Aralık 2014).
- [23] Lindbloom B., RGB Working Space Information, <http://www.brucelindbloom.com/index.html?WorkingSpaceInfo.html> (Ziyaret tarihi: 21 Aralık 2014).
- [24] Stokes M., Anderson M., Chandrasekar S., Motta R., A Standard Default Color Space for the Internet - sRGB, <http://www.w3.org/Graphics/Color/sRGB> (Ziyaret tarihi: 04 Ocak 2015).

- [25] <http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm> (Ziyaret tarihi: 24 Ocak 2015).
- [26] Altuntaş C., Çorumluoğlu Ö., Uzaktan Algılama Görüntülerinde Digital Görüntü İşleme ve Rimage Yazılımı, *Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Öğretiminde 30. Yıl Sempozyumu*, Konya, Türkiye, 16-18 Ekim 2002.
- [27] <http://yavuzbugra.wordpress.com/2011/05/01/goruntu-islemeye-filtreleme/> (Ziyaret tarihi: 25 Aralık 2014).
- [28] <http://omertaban.com/tag/mean-filtresi/> (Ziyaret tarihi: 28 Nisan 2015).
- [29] Gonzales R. C., Woods R. E., *Digital Image Processing*, 3rd ed., Prentice Hall, New Jersey, 2008.
- [30] Yu C., Dian-ren C., Xu y., Yang L., Fast Two-Dimensional Otsu's Thresholding Method Based on Integral Image, *2010 International Conference on Multimedia Technology (ICMT)*, DOI: 10.1109/ICMULT.2010.5630923.
- [31] Kızılkaya A., Görüntü Bölütleme, http://akizilkaya.pamukkale.edu.tr/B%C3%B6l%C3%BCm4_goruntu_isleme.pdf (Ziyaret tarihi: 25 Ocak 2014).
- [32] Otsu N., A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 1979, **9**(1), 62 – 66.
- [33] Yin J., Wang L., Li L., The Research on Paper-mediated Braille Automatic Recognition Method, *2010 Fifth International Conference on Frontier of Computer Science and Technology (FCST)*, DOI: 10.1109/FCST.2010.95.
- [34] <http://www.atasoyweb.net/Otsu-Esik-Belirleme-Metodu> (Ziyaret tarihi: 28 Aralık 2014).
- [35] Basu M., Gaussian - Based Edge – Detection Methods – A Survey, *IEEE Transactions on Systems, Man, Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, 2002, **32**(3), 252 - 260.
- [36] Wei G.W., Jia Y.Q., Synchronization – Based Image Edge Detection, *Europhysics Letters*, 2002, **59**(6), 814-819.
- [37] San D.K., İnsan Yapımı Nesnelerin Hava Fotoğrafları Ve Uydu Görüntülerinden Belirlenmesi, <http://itracode.com/Adepo/Haber/Dosya/362.pdf> (Ziyaret tarihi: 24 Aralık 2014).
- [38] Canny J., A Computational Approach to Edge Detection, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 1986, **PAMI-8**(6), 679 – 698.

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

- [1] **İlkin S., Şahin S.**, Edge Detection and Reduction of Brightness of Students' Bubble Form Images, *Sixth International Conference on Graphic and Image Processing (ICGIP 2014)*, DOI:10.1117/12.2178842.

ÖZGEÇMİŞ

Sümeyya İLKİN, Ocak 1989, Sivas doğumludur. Orta ve lise öğrenimini İstanbul'da tamamlamıştır. 2007 yılında kazandığı Cumhuriyet Üniversitesi Bilgisayar Teknolojileri ve Programlama Bölümü'nden 2009 yılında üniversite birincisi olarak mezun oldu. 2009 yılında, başladığı Kocaeli Üniversitesi Bilgisayar Öğretmenliği bölümünü 2012 yılında bölüm birincisi olarak tamamladı. 2012 yılında Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2014 yılında Kocaeli Üniversitesi Teknoloji Fakültesi'nde araştırma görevlisi olarak göreve başlamıştır ve halen görevine devam etmektedir.