



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE
OPTİK İŞARET TANIMA VE DEĞERLENDİRME SİSTEMİ**

Zeki KÜÇÜKKARA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

**Ocak-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Zeki KÜÇÜKKARA tarafından hazırlanan “Görüntü İşleme Yöntemi İle Optik İşaret Tanıma ve Değerlendirme Sistemi” adlı tez çalışması 23/01/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Kemal TÜTÜNCÜ

.....

Danışman

Dr. Abdullah Erdal TÜMER

.....

Üye

Prof. Dr. Sabri KOÇER

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Ahmet AVCI
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Zeki KÜÇÜKKARA

23.01.2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİ İLE OPTİK İŞARET TANIMA VE DEĞERLENDİRME SİSTEMİ

Zeki KÜÇÜKKARA

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Abdullah Erdal TÜMER

2019, 79 Sayfa

Jüri

Dr. Kemal TÜTÜNCÜ
Dr. Abdullah Erdal TÜMER
Prof. Dr. Sabri KOÇER

Bu tezde, Python yazılım dili ile birlikte OpenCV görüntü işleme kütüphanesi kullanılarak optik işaret tanıma ve değerlendirme sistemi geliştirilmiştir. Optik form üzerinde bulunan alanlar; benzersiz bir sayı ile basılmış kare kod, cevap alanı, kitapçık türü ve öğrenci sınava girmedi alanlarından oluşmaktadır. Öğrenci bilgileri ve kare kod basımı Python dili ile geliştirilen başka bir uygulama ile yapılmıştır. İlk olarak, optik form görüntüsü üzerinde bulunan kare kod okunarak, kare kod'un bulunduğu koordinattan kâğıdın düz mü, ters mi taranmış olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra sırasıyla, öğrencinin sınava girip girmediği, kitapçık türü ve öğrenci cevap alanı içindeki işaretlemeler tespit edilmiş ve cevaplar değerlendirilmiştir.

Geliştirilen sistemle 105.750 optik form görüntüsü okunmuş ve %99,1 oranında başarı elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü işleme, Kare kod, OpenCV, Optik işaret tanıma, Python

ABSTRACT

MS THESIS

**OPTICAL MARK RECOGNITION AND EVALUATION SYSTEM USING
IMAGE PROCESSING METHOD**

Zeki KÜÇÜKKARA

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN INDUSTRIAL ENGINEERING**

Advisor: Dr. Abdullah Erdal TÜMER

2019, 79 Pages

Jury

Dr. Kemal TÜTÜNCÜ

Dr. Abdullah Erdal TÜMER

Prof. Dr. Sabri KOÇER

An optical mark recognition and evaluation system has been developed using the OpenCV image processing library in conjunction with the Python software language. Areas on optical form; It consists of a code number printed with a unique number, the answer area, the booklet type and the student did not take the exam. We are the student information and QR code printing with an application we developed with Python language. The optical form image is first read the QR code on the page. It was found that the paper with the QR code was flat or reverse. After that the booklet type and finally the markings within the response area were determined and the answers were evaluated.

105,750 optical form images were read with our application and 99.1% success was achieved.

Keywords: Image processing, QR code, OpenCV, Optical Mark Recognition (OMR), Python

TEŞEKKÜR

Çalıőmam boyunca beni sürekli teşvik eden ve hayatım boyunca maddi ve manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen eőim Sayın Ayőe KÜÇÜKKARA'ya ve aileme teőekkürlerimi sunar çalıőmamızın, ülkemiz biliminin gelişmesine katkı sağlamasını temenni ederim.



ÖNSÖZ

Değerlendirilmesi diğer sınav türlerine göre daha hızlı, daha kolay ve daha objektif olması sebebiyle günümüzde çoğu sınav, çoktan seçmeli test şeklinde uygulanmaktadır. Günümüzde sınavları daha doğru ve hızlı bir şekilde ölçen, değerlendiren sistemlere de ihtiyaç artmaktadır. Bu tez çalışmasında gelişen teknoloji ile hayatımızın artık her alanında kullanılmaya başlanan *görüntü işleme* teknikleri kullanılmıştır. Bu teknik ile, optik formların hızlı ve güvenli bir şekilde okuma ve değerlendirme için bir yazılım geliştirilmiştir.

Python yazılım dili kullanılarak görüntü üzerinden okuma işleminde görüntü, sırası ile gri seviyeye (grayscale) dönüştürülmekte ve görüntü iyileştirme yöntemiyle de belirginleştirilmektedir. Daha sonra Otsu algoritması ile belirlenen dinamik eşikçe göre gri seviyeden ikili seviyeye dönüştürülmektedir. Cevap kâğıdı üzerinde bulunan kare koddaki (QR kod) veri okunmakta, cevap alanı etrafındaki kare algılanmakta (kenar belirleme yöntemi) ve bu kareye göre eğim hesabı yapılarak görüntüye gerekli geometrik düzeltme işlemi uygulanmaktadır. Düzeltme işlemi uygulandıktan sonra cevap alanı içindeki daireler (bubble) tespit edilir, her soru için bir veya birden fazla işaretleme varsa gerekli analiz ve kontroller yapılır, işaretli cevap dosyaya yazılır ve öğrencinin, hangi soru/sorulara doğru/yanlış cevap verdiği bilgiler görüntü üzerine yazılıp görüntü yeniden kaydedilir.

Bu tez çalışmasında, kare kodlu optik formların oluşturulması ve oluşturulan optik formlardaki işaretleri görüntü işleme yöntemleri ile okunup değerlendirilmesine ilişkin 2 farklı uygulama geliştirilmiştir. Geliştirilen optik form okuma ve değerlendirilme yazılımının başarısı 105.750 optik formda denenmiştir. 105750 optik form, Konya Milli Eğitim Müdürlüğünden alınan yazılı izinle, 31 ilçede 5. sınıf öğrencilerinden oluşan 571 okuldaki 35.250 öğrenci üzerinde 3 farklı sınav çalışmasından elde edilmiştir. Optik form oluşturma ve değerlendirme yazılımları Python programlama dili kullanılarak kodlanmıştır. Optik form oluşturma yazılımı ile öğrenci bilgileri kodlamakta, kare kodlar ve cevap alanı oluşturulmaktadır. Optik form değerlendirme programı ise, optik form üzerindeki öğrenci cevap kâğıtlarını görüntü işleme yöntemi ile okunmasını ve değerlendirilmesini sağlamaktadır. Geliştirilen yazılımın başarısını test/karşılaştırmak için OMR tarayıcı ve optik form üreticisi olan Scantron firmasının insight 700c isimli tarayıcı ve yazılımı ile de okunmuştur. Bu tarayıcının yazılımı tüm optik formları okumuş ve değerlendirmiştir.

Geliştirilen yazılımda ise, öğrenci kaynaklı hatalardan dolayı (kare kodun karalanması gibi) 250 öğrenci cevap formunun kare kodu okunamamıştır. 750 tanesinin de öğrenci kaynaklı hatalardan dolayı (dairelerin birleştirilmesi, cevap alanının etrafındaki kenar çizgilerinin silinmesi, dairelerin kenar çizgilerinin silinmesi vb.) okunamamıştır. Toplamda ise 105.750 öğrenci cevap kâğıdının 1.000 tanesi okunamamış ve %99,1 oranında başarı elde edilmiştir.

Uygulama ile her bir optik form görüntüsü 2,4 saniyede okunmuştur. Aynı bilgisayarda optik formlar 11 farklı klasöre eşit bir şekilde dağıtılmış ve her bir klasörde geliştirilen yazılım ayrı ayrı çalıştırılmıştır. Bu şekilde 11 farklı klasörde geliştirilen OMR yazılım çalıştırarak 105.750 optik cevap kâğıtlarının okunması 8 saat (28.800 saniye) sürmüştür. Buna göre tek bir görüntü yaklaşık olarak 0,34 saniyede okunmuştur.

Zeki KÜÇÜKKARA
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖN SÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Eğitimde Görüntü İşleme Çalışmaları	4
2.2. Diğer Alanlardaki Görüntü İşleme Çalışmaları	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	14
3.1. Python	14
3.2. Uygulamada Kullanılan Kütüphaneler	14
3.2.1. NumPy Kütüphanesi	15
3.2.2. OpenCV Kütüphanesi	15
3.2.3. ZBar Kütüphanesi	16
3.3. Uygulamada Kullanılan Görüntü İşleme Algoritma ve Teknikleri	16
3.3.1. Sayısal Görüntü.....	16
3.3.1.1. İkili Görüntü (Binary Image).....	18
3.3.1.2. Gri Seviyeli Görüntü (Grayscale Image).....	20
3.3.1.3. Renkli Görüntü (Color Image).....	21
3.3.1.3.1. Ortalama Yöntemi (Simple Averaging).....	24
3.3.1.3.2. Ağırlık Toplama Yöntemi (Weighted Average).....	25
3.3.2. Sayısal Görüntü İşleme	25
3.3.3. Görüntü Karakteristikleri.....	26
3.3.3.1. Görüntü Çözünürlüğü	26
3.3.3.2. Görüntü Histogramı	27
3.3.3.2.1. Histogram Eşitleme.....	28
3.3.3.3. Eşikleme (Thresholding).....	31
3.3.3.3.1. Basit Eşikleme (Simple Thresholding).....	31
3.3.3.3.2. Uyarlanabilir Eşikleme (Adaptive Thresholding).....	33
3.3.3.3.3. Otsu Eşik Belirleme Yöntemi	34
3.3.3.4. Filtreleme	36
3.3.3.5. Morfolojik İşlemler.....	37
3.3.3.5.1. Genişletme (Dilation)	39
3.3.3.5.2. Aşındırma (Erosion)	40

3.3.3.5.3. Açma (Opening)	41
3.3.3.5.4. Kapatma (Closing).....	42
3.3.3.6. Kenar Bulma (Edge Detection).....	42
3.3.3.6.1. Canny Kenar Bulma Algoritması	44
3.3.3.7. Kontur Çıkarma (Contours).....	45
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	49
4.1. Optik Form Görüntüsünün Okunması	53
4.2. Gri Seviyeye Dönüştürme.....	55
4.3. Görüntü İyileştirme.....	56
4.4. İkili Seviyeye Dönüştürme	57
4.5. Morfolojik İşlem Uygulama	59
4.6. Kenar Tespiti.....	59
4.7. Kontur Çıkarma ve Köşe Bulma.....	61
4.8. Cevap Alanındaki Dairelerin Bulunması.....	64
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	70
KAYNAKLAR.....	72
ÖZGEÇMİŞ	77

SİMGELER VE KISALTMALAR

OKT	Optik Karakter Tanıma
YSA	Yapay Sinir Ağları
OMR	Optik İşaret Tanıma
B	Blue (Mavi)
CMY	Cyan, Magenta, Yellow (Cam göbeği, Eflatun, Sarı)
G	Green (Yeşil)
R	Red (Kırmızı)
RGB	Red, Green, Blue (Kırmızı, Yeşil, Mavi)
QR	Quick Response (Kare Kod)
Vb.	Ve Benzeri
CV	Computer Vision (Bilgisayarlı Görme)
MRI	Magnetic Resonance Imaging (Manyetik Rezonans Görüntüleme)
PIP	Python installs packages (Python Paket Yükleyicisi)
MLL	Machine Learning Libraries (Makine öğrenme kütüphanesi)
GUI	Graphical User İnterface (Kullanıcı grafik arayüzü)
EAN	European Article Number (Avrupa Makale Numarası)
UPC	Universal Product Code (Evrensel Ürün Kodu)

1. GİRİŞ

Günümüz teknolojisinde bilgisayar destekli görüntü işleme ve bilgisayarlı görme ile ilgili birçok uygulama hayatımızda yer almaktadır ve yakın zamanda sayıları ciddi bir şekilde artış göstermektedir.

Bunlardan bazıları şu şekilde sıralanabilir: Araç içi otomasyon, gezgin robot uygulamaları, tarım uygulamaları, askerî alanlarda dost ve düşman unsurlarının gözetlenmesi, biyomedikal ve tıp, coğrafi bilgi sistemleri, güvenlik sistemleri, tasarım ve imalat uygulamaları gibi alanlarda etkin bir şekilde kullanılmaktadır (Sambaş ve Gülesin, 2011).

Görüntüde var olan nesnelere hakkında bilgi edinme ve bu bilgiden bir değerlendirme çıkarma işlemi araştırmacıların yoğun ilgisini çekmektedir. Görüntü işleme, insan gözünün gördüğü ve beynin yorumladığı gibi olmasa da görme işleminin ve yorumlamasının makine tarafından yapılabilmesi olarak tanımlanabilir.

Eğitim teknolojilerinde görüntü işleme ile ilgili uygulamaların azlığı ve bu uygulamalara ihtiyacın giderek artmasıyla eğitim alanında da görüntü işleme tekniklerine yer verilmeye başlanmıştır.

Görüntü işleme algoritma ve tekniklerini kullanarak öğrenci optik formu üzerine işaretlenmiş öğrenci cevaplarını ve formun üzerinde bulunan QR koddaki öğrenci bilgilerini de alarak gerekli bilgileri ilgili dosyaya yazdırmaya bağlı bir uygulama geliştirmek bu çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır.

Uygulamada; öğrencinin vermiş olduğu cevaplar ile cevap anahtarı karşılaştırılarak, yanlış cevap işareti kırmızı, doğru cevap işareti ise yeşil renk ile işaretlenip öğrencinin doğru/yanlış/boş sayıları belirlenip, taranmış öğrenci cevap formu görüntüsünün üzerine yazılacaktır.

Görüntü işleme yöntemi ile geliştirilen yazılımda yapılan işler sırasıyla aşağıdaki gibidir:

- Görüntüyü grayscale (gri seviyeli görüntü) görünümüne dönüştürme,
- Görüntü iyileştirme ve belirginleştirme,
- Otsu algoritması ile eşik değerine göre binary (ikili seviye) dönüşümü,
- Kenar belirleme,
- Geometrik düzeltme,
- Kabarcık bulma,

- Kabarcık karşılaştırma.

Bu işlemler Python programlama dili ile OpenCV, Imutils ve ZBar kütüphaneleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Eğitim alanında olduğu gibi birçok alanda, çoktan seçmeli test tekniğinden faydalanılarak sınav ya da anket gibi uygulamalar ile kişinin ne bildiğini sorgulayan sorular sorulmaktadır.

Genelden özele doğru gidildiğinde ülke genelinde ÖSYM ve MEB'in uyguladığı büyük ölçekli sınavlarda, il geneli veya kurum içinde kurum içi sınavlarda ve okullardaki sınavlarda genellikle çoktan seçmeli sorular sorulmaktadır.

Ülke geneli bir sınav yapıldığında; sınav kâğıdının ve optik formun renkli olarak bastırılması, sınavın yapılacağı yere nakliyesi, optik formların toplanması ve bu optik formların özel cihazlarla okunup değerlendirilmesi gibi işlemlerin her biri birer maliyet gerektirmektedir. Özellikle öğrenci optik formlarından cevapları elde etmek için yüksek fiyatlardaki optik form tarayıcıların kullanılması önemli ve büyük bir maliyet olarak karşımıza çıkmaktadır.

Sayılan bu işlemlerin her biri, birer süreçtir ve öğrenci cevaplarının optik form üzerinden okunması için kullanılacak teknik, optik işaret tanımadır. Optik işaret tanıma (OMR – Optical Mark Recognition), anket ve testler gibi belgeler üzerinden insan tarafından işaretlenmiş verileri yakalamak için kullanılan bir tekniktir (Parul ve ark., 2012). OMR teknolojisi, belge üzerine ışık göndererek, belge üzerinde bulunan dairelerin yansıttığı ışık yoğunluğuna göre işaretin varlığını ve yokluğunu algılar ancak işaretin şeklini algılayamaz (Anonymous, 2018a).

Çok çeşitli ve çok sayıda OMR sistemleri olmasına rağmen bu cihazları edinme, bakım maliyetlerinin yüksek olması ve cihazların bakımlarının zor olması, gelişmekte olan ülkelerde bu sistemlerin kullanılmasını zorlaştırmaktadır (Yüksel ve ark., 2016).

Ülkemizde eğitim alanında bu teknolojinin en sık kullanıldığı yerler okullar olduğu bilinmektedir. Okulların bütçelerinin sınırlı olması bu tür sistemlerin kullanılmasını zorlaştırıcı bir etken olarak karşımıza çıkmaktadır.

Okullarda optik formlar aracılığı ile yapılan sınavların tek bir merkezden (merkezî olarak) değil de her kurumda bulunan standart/sıradan bir tarayıcı ve bir yazılım ile daha hızlı ve daha az maliyetli olarak değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

Geliştirilen OMR yazılımı ile öğrencilerin, çoktan seçmeli şıklar arasından doğru cevabı optik formdaki ilgili daireyi işaretlediğinde işaretli optik formların bir tarayıcı yardımıyla görüntü olarak bilgisayara kaydedilmesi, bu görüntüleri işleyerek öğrenci cevaplarının çıkartılması ve verilen cevapların değerlendirilerek öğrenci hakkında karar vermek mümkün olabilecektir. Böyle bir uygulama hem ekonomik hem de pratik olarak avantajlar sağlayacaktır. Tezin geri kalan kısmı şu şekilde organize edilmiştir:

İkinci bölüm, literatürdeki ilgili çalışmalardan, üçüncü bölüm, kullanılacak görüntü işleme algoritmaları ve kütüphanelerden, dördüncü bölüm, uygulamanın nasıl çalıştığı, görüntüsü işlenen öğrenci optik formları ve işlem sonucu oluşturulan görüntü örneklerinden oluşmaktadır. Beşinci ve son bölümde ise ulaşılan sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

İnsanın görme sistemini temel alan bilgisayar destekli görüntü işleme yöntemi günlük hayatımızın her alanına girmiş durumdadır. Girdi görüntülerinin değişik tekniklerle alınması ve işlenmesi temeline dayanan görüntü işleme sonucunda, ya yeni bir görüntü elde edilir ya da görüntüden anlamlı bir sonuç çıkarılır. Bu tür uygulamalar ile hayatımız olumlu yönde etkilenmekte, işlemler hem hızlı hem kolay hem de ekonomik hâle gelebilmektedir.

Bu yüzden görüntü işleme teknikleri her geçen gün gelişmekte ve kendisine yeni uygulama sahaları bulmaktadır. Endüstride, tarımda, mühendislikte ve birçok alanda görüntü işleme çalışmaları yaygın olarak kullanılmaktadır (Balcı ve ark., 2016).

Literatüre bakıldığında görüntü işleme ile alakalı pek çok çalışma yapıldığını görmekteyiz. Bu bölüm eğitim ve diğer alanlardaki çalışmaları içermek üzere iki başlık altında incelenecektir. Bunlar eğitimde ve diğer alanlarda görüntü işleme çalışmaları olarak ele alınacaktır.

2.1. Eğitimde Görüntü İşleme Çalışmaları

Parul ve arkadaşları Uluslararası Bilgi Teknolojileri ve Bilgi Yönetimi dergisindeki “A Novel Optical Mark Recognition Technique Based On Biogeography Based Optimization” isimli çalışmada, biyografi bazlı optimizasyon tekniğini kullanmışlardır. Bu teknik ile sınavlardaki veya topluluk anketlerindeki kabarcık işaretlemelerinin doluluk oranını başarıyla hesaplamışlardır. (Parul ve ark., 2012).

Yüksel ve arkadaşları Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri dergisindeki “Mobil Tabanlı Optik Form Değerlendirme Sistemi” isimli çalışmada, eğitimcilerin, sahip oldukları akıllı telefon ya da tabletler aracılığı ile, optik cihaza bağlı kalmadan öğrenci cevap formlarını değerlendirecekleri mobil bir uygulama yazılımı sunmuşlardır. 100 öğrencinin katıldığı çoktan seçmeli bir sınavda form hizalama, formun özniteliklerin çıkarılması, okuma ve değerlendirme işlemini her bir öğrenci optik formu için 20 saniyede tamamlamışlardır. 4 ayrı cihaz ile okunan bu optikler en düşük başarı oranı %90, en yüksek başarı oranı%99,7 olarak hesaplamışlardır (Yüksel ve ark., 2016).

Gupta ve arkadaşları, *International Conference on Computer and Communication Technologies* dergisindeki “A Generalized Approach To Optical Mark Recognition” isimli çalışmada, OMR'nin standart olarak genelleştirilmesinden bu standartların avantaj ve dezavantajlarının neler olduğunu söylemişlerdir. Ayrıca OMR'nin tasarım açısından nasıl olması gerekliliğine de vurgu yapmışlardır (Gupta ve ark., 2012).

Gaikwad, *International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering* dergisindeki “Image Processing Based OMR Sheet Scanning” isimli çalışmada, Visual Studio platformu ile C# dilini kullanarak ve OpenCv kütüphanesi yardımı ile görüntü işlemede şablon eşleştirme yöntemini kullanmak suretiyle optik işaret tanıma sistemi geliştirmiştir (Gaikwad, 2015).

Patel ve arkadaşları *International Journal of Advanced Research in Engineering, Science & Management* dergisindeki “Efficient System For Evaluation of OMR Sheet - A Survey” isimli çalışmada, optik işaret tanıma sürecinde şablon eşleştirme yönteminden yola çıkarak taranmış optik formu boş optik form ile karşılaştırma yaparak cevapların tespit edilmesini başarılı bir şekilde göstermişlerdir (Patel ve Zaid, 2017).

Krishna ve arkadaşları *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering* dergisindeki “Implementation of OMR Technology with the Help of Ordinary Scanner” isimli çalışmada, tarayıcı yardımıyla NetBeans IDE ve Java dilini kullanarak optik işaret tanıma uygulaması geliştirmişlerdir. Bu uygulama ile optik form üzerinde bulunan dört referans noktası tespit edilerek optik formlar bu noktalara göre düzeltilmiştir. Bu işlem sonrası optik form okuma işlemini gerçekleştirmişlerdir. Sonuç olarak hasar görmemiş görüntü üzerinde okuma başarı oranının yüksek olduğunu, hasar görmüş taramalarda okuma hatasının yüksek olduğunu söylemişlerdir (Krishna ve ark., 2013).

Belag ve arkadaşları *International Journal of Engineering Innovation & Research* dergisindeki “An Image Processing Based Optical Mark Recognition with the Help of Scanner” isimli makalelerinde, tarayıcıdan tarattıkları optik form görüntülerini, optik form üzerinde bulunan anahtar noktaları tespit ederek bu noktalardan düzeltme işlemi yapmışlar ve düzeltilmiş optik form görüntüsü üzerinden okuma yapmışlardır. (Belag ve ark., 2018).

Reddy ve arkadaşları *International Journal of Innovations & Advancement in Computer Science* dergisindeki “OMR Evaluation Using Image Processing” isimli çalışmada, OpenCV (Open Source Computer Vision Library-Açık Kaynak Bilgisayarlı Görme Kitaplığı) ve Python ile görüntü işleme teknikleri kullanarak, bir optik işaret tanıma yazılımı geliştirmişlerdir. Çalışmada optik bir formun tüm alanları (formun kime ait olduğu, kitapçık türü, sınav girip girmediği vb.) değil, sadece cevap alanındaki dairelerin bulunduğu bir görüntü alanı üzerinden okuma yapılmıştır. Ayrıca sadece başarı yüzdesi verilmiştir. Doğru/yanlış ya da boş bırakılma sayısı hakkında herhangi bir işlem yapılmamıştır (Reddy ve ark., 2018).

Kakade ve arkadaşları *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research* dergisindeki “OMR Sheet Evaluation Using Image Processing” isimli çalışmada, doğru cevabı girilmiş optik form görüntüsünü veri tabanına kaydetmişlerdir. Kayıtlı form ile öğrenci optik formlarını karşılaştıran bir sistem tasarlamışlardır. Sistemde her soru ve cevap alanını kendi cevap anahtarı ile AND işlemine tabi tutmuşlardır. Sonuç olarak kâğıt üzerinde oluşan siyah piksel sayılarından doğru cevabı tespit etmişlerdir. Eşik değerini 150 ile sabit tutmuşlar ve okuma başarı oranı %88 olarak belirtmişlerdir. (Kakade ve Jaiswal, 2017).

Zampirolli ve arkadaşları *In the Proceedings of IX Workshop de Visão Computacional* isimli çalıştaydaki “Automatic Correction of Multiple-Choice Tests Using Digital Cameras and Image Processing” isimli çalışmada, çoktan seçmeli testlerin dijital kamera ile görüntülerinin alınması, bunların morfolojik teknikler kullanarak cevap alanı etrafındaki dört referans noktası yakalanarak otomatik düzeltilmesi ve işaretlemelerin değerlendirilmesini göstermişlerdir (Zampirolli ve ark., 2013).

2.2. Diğer Alanlardaki Görüntü İşleme Çalışmaları

Hoang *Hindawi Advances in Civil Engineering* dergisindeki “Detection of Surface Crack in Building Structures Using Image Processing Technique with an Improved Otsu Method for Image Thresholding” isimli çalışmada, yapı sağlığını izleme ve güvenliğini tespit etmede, çatlakların görüntü işleme yöntemi ile saptanmasını sunmuştur. Çalışma ile yapıdaki çatlakları otomatik tanıma ve analizleri için görüntü

işleme tekniklerine dayanan akıllı bir model oluşturmuştur. Modelde, Otsu yöntemi ile eşleştirilen görüntüyü bir ön işleme tabii tutmak için Min-Maks Gri Seviye Ayrımcılığı (M2GLD) olarak adlandırılan gri yoğunluk ayarlama yöntemini önermiştir. Gri yoğunluk ayarlama yönteminin amacı, çatlak tespit sonuçlarının doğruluk düzeyini artırmaktadır. Deneysel sonuçlar, M2GLD ve Otsu yöntem entegrasyonunun, diğer şekil analizi algoritmalarının takip ettiği, dijital görüntülerdeki çatlak kusurlarını başarılı bir şekilde tespit ettiğini kanıtlamıştır (Hoang, 2018).

Issac ve arkadaşları *Computer Methods and Programs in Biomedicine* dergisindeki “An adaptive threshold based image processing technique for improved glaucoma detection and classification” isimli çalışmada, kalıcı körlüğün başlıca nedenlerinden biri ve optik bir nöropati olan glokom isimli rahatsızlığın tespiti ve sınıflandırılması için adaptif eşik tabanlı görüntü işleme tekniğini kullanmışlardır. Bu çalışmada glokom tanısı için, optik diskin farklı bölgelerindeki cup-disk oranı (CDR), nöro retinal kenar (NRR) alanı ve kan damarları gibi glokom enfeksiyonunun ayırt edici parametrelerini öğrenme algoritmaları için girdi olarak kullanmışlardır. Gözün arka bölümü olan optik sinir baş bölgesinde yer alan Optik disk, optik cup disk oranı (CDR) ve nöroretinal kenar (NRR) alanlarının piksel yoğunluğu adaptif eşığe göre belirlenen bu çalışmada, glokom tespitinin başarı oranının %94,11 olduğunu göstermişlerdir. (Issac ve ark., 2015).

Vikhe ve arkadaşı *Journal of Medical Systems* dergisindeki “Mass Detection in Mammographic Images Using Wavelet Processing and Adaptive Threshold Technique” isimli çalışmada, meme kanserinin erken teşhisi için mamogramda kitlenin saptanması ölüm oranının azaltılmasında önemli bir görev olduğunu ve mamogramlarda radyologların kitle tespit etmesinin zor olduğundan dolayı görüntü işleme yöntemi ile mamografik görüntüleri morfolojik işlemlere dayalı artifakt bastırma ve pektoral kas çıkarma işleminden sonra kitleyi arka plandan ayırmak için adaptif eşik tekniği kullanılarak kitle tespit edilmiş ve önerilen bu teknikle elde edilen sonuçlara göre erken meme kanseri tespitinde daha iyi tanı sağladığını göstermişlerdir (Vikhe ve Thool, 2016).

Hoang ve arkadaşları *Journal of Computing in Civil Engineering* dergisindeki “Image Processing-Based Classification of Asphalt Pavement Cracks Using Support Vector Machine Optimized by Artificial Bee Colony” isimli çalışmada, yapay arı kolonisi ile optimize edilmiş destek vektör makinesi kullanılarak asfalt kaplama çatlaklarının görüntü işleme yöntemi ile sınıflandırmışlardır. Bu çalışma ile kaldırım çatlaklarının otomatik olarak tanınması için akıllı bir yaklaşım oluşturduklarını dile getirmişlerdir. Bu işlemi yaparken dijital görüntüden kullanışlı özellikler elde etmek için nonlocal means, yönetilebilir filtre ve görüntü eşiği dahil olmak üzere görüntü işleme tekniklerini kullanmışlardır. Multiclass destek vektör makinesi ile birlikte yapay arı kolonisi optimizasyon algoritmasını içeren bir makine öğrenme modelini kaldırım çatlağı sınıflandırmasını gerçekleştirmek için kullanmışlardır. Özellik analizine dayanarak, görüntü yansıtımlı integralinden türetilen bir dizi özellik tahmin performansını önemli ölçüde arttırdığını bulmuşlar ve bu model ile sınıflandırmanın doğruluk oranını % 96 üzerinde olduğunu sonucuna ulaşmışlardır (Hoang ve ark., 2018).

De Santiago-Perez ve arkadaşları *Measurement Science and Technology* dergisindeki “Fourier transform and image processing for automatic detection of broken rotor bars in induction motors” isimli çalışmada, fourier dönüşümü ve görüntü işleme ile asenkron motorlarda kırılmış rotor çubuklarının otomatik algılanması için bir yöntem geliştirmişlerdir. Sinyal işleme ve görüntü işleme, mevcut sinyalleri kullanarak kırık bir rotor çubuğunu (broken rotor bar-BRB) otomatik olarak teşhis etmek için kullanmışlardır. Sinyal işleme için önce bir kırılma aşaması önerilmiş ve kısa bir süre sonra mevcut sinyale fourier dönüşümü uygulamışlardır. Önerilen sinyal işleme, güç hattının 60 hz bileşenini ve bununla ilişkili sızıntıyı ortadan kaldırarak arıza teşhisi, mevcut sinyalin zaman-frekans düzlemine görüntü işleme algoritmaları uygulanarak otomatikleştirilmiştir. Bu zaman-frekans düzleminden, ilgilenilen bölge, bu durumda, BRB koşulu ile ilişkili V şekilli model, esas olarak matematiksel morfoloji-tabanlı algoritmalar kullanılarak yerleştirilmiştir. Ek olarak, V şekilli modelin alanı, hatalı ve sağlıklı durumu, yarım BRB, bir BRB ve iki BRB arasında otomatik olarak ayırım yapmak için hesaplanmıştır. Yöntemin son adımında, uzman bir kullanıcının ihtiyacını ortadan kaldırmışlardır (De Santiago-Perez ve ark., 2018).

Rodellar *International Journal of Laboratory Hematology* dergisindeki “Image Processing and Pattern Recognition in the Morphological Analysis of Blood Cells” isimli çalışmada, vücudun kan damarları boyunca dolaşan bir sıvı olan periferik kan (PB), plazma içinde asılı kan hücrelerini (eritrositleri, lökositleri ve trombositleri) morfolojik açıdan analiz etmek için görüntü işleme ve makine öğrenimini kullanmışlardır (Rodellar, 2018).

Wang ve arkadaşları *International Journal of Geomechanics* dergisindeki “Digital Image Processing on Segregation of Rubber Sand Mixture” isimli çalışmada, kauçuk ile kum karışımının ayrılmasında dijital görüntü işleme yöntemini kullanmışlardır (Wang ve ark., 2018).

Lin ve arkadaşları *Measurement* dergisindeki “Image processing for rear foot image evaluating leg and foot angles” isimli çalışmada, arka ayak (rear foot) görüntüsünden bacak ve ayak açıları, görüntü işleme yöntemini kullanarak, değerlendiren bir yöntem geliştirmişlerdir. Ayak ve ayak açıları, ayak ortezlerinin değerlendirilmesi ve üretilmesinde anahtar bilgiler oluşturduğundan dolayı bu çalışmada, ayak ve bacak açılarının ölçümü için bir ayak değerlendirme sistemi önermişlerdir. Dijital görüntü işleme ile tibia ve kalkaneusun kemiklerinin orta hatlarını hesaplamak için otomatik bir yöntem sağlanarak sobel operatörü, alt bacağın ve Achilles tendonunun daha net karakteristik kenarlarının görüntü işleme yoluyla elde etmişlerdir. Bacak ve ayak açıları, bacağın ve kalkaneusun orta çizgisi boyunca belirleyerek alt bacak ve kalkaneusta doktor yer belirteçleri kullanarak, bacak ve ayak açılarını belirlemek için görüntü işleme yönteminin uygulanabilirliği sağlamışlardır (Lin ve ark., 2018).

Zhan ve arkadaşları *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* dergisindeki “Research on X-ray image processing technology for laser welded joints of aluminum alloy” isimli çalışmada, alüminyum alaşımlı lazer kaynaklı eklemler için X-ışını görüntü işleme teknolojisi üzerine araştırmışlardır. Bu çalışmada, alüminyum alaşımının lazer kaynağı için X-ışını görüntüsü deneysel nesne olarak kullanılmıştır. Dalgacık dönüşümüne dayanan ağırlıklı uyarlamalı medyan filtre ve gürültü azaltma algoritması ile kombine edilen yeni bir görüntü anlamlandırma algoritması önerilmiştir. Geleneksel Pal-King bulanık iyileştirme algoritmasına dayanan

geliştirilmiş bir uyarlamalı bulanıklaştırma algoritması ortaya atılmıştır. X ışını görüntüsünü ortadan kaldırmak için farklı gürültü azaltma algoritmaları gerçekleştirilmiştir. Gürültü azaltma etkisinin kapsamlı bir değerlendirmesi, farklı etkisizleştirme algoritmalarından sonra işleme etkisi, 3D gri tonlama dağılımı ve görüntü kalitesi değerlendirme endeksi karşılaştırılarak gerçekleştirilmiştir. Geleneksel entropi ve bulanık indeks, geleneksel Pal-King bulanık algoritması ve geliştirilmiş uyarlamalı bulanıklaştırma algoritmasının iyileştirme etkisini tahmin etmek için kullanılmışlardır. Sonuçlar, önerilen algoritma ile elde edilen gürültü azaltma etkisinin ve görüntü kalitesinin, dalgacık dönüşümü temelli ağırlıklı adaptif medyan filtresi veya gürültü azaltma algoritması kullanılarak ayrı ayrı olduğundan daha iyi olduğunu ortaya koymuşlardır. Dahası, geliştirilmiş uyarlamalı bulanık geliştirme algoritmasıyla işlendikten sonra, görüntü detay bilgisi daha belirgin olmuştur ve hiyerarşi duygusu daha güçlü olduğunun sonucuna varmışlardır (Zhan ve ark., 2018).

Cerqueira ve arkadaşları *Chemical Engineering Science* dergisindeki “Image processing techniques for the measurement of two-phase bubbly pipe flows using particle image and tracking velocimetry (PIV/PTV)” isimli çalışmada, görüntü işleme tekniğini kullanarak iki fazlı kabarcıklı boru akışlarının ölçümünü, parçacık görüntü ve izleme hızını kullanarak hesaplamışlardır (Cerqueira ve ark., 2018).

Zhang ve arkadaşları *Measurement* dergisindeki “Temperature measurement of coal fired flame in the cement kiln by raw image processing” isimli çalışmada, görüntü işleme yöntemiyle çimento fabrikalarındaki kömür ateşlemeli fırınların alevinden sıcaklık ölçümü yapmışlardır. Bu çalışmada CCD kamera ve Spektrometre cihazları kullanıldı. Spektrometre ile saptanan monokromatik yayma, bir üstel polinom ile sıcaklık çözeltisini düzeltmek için, CCD kamera ile filtre yardımıyla örtülü bir denklemden geçen görüntüden ise ısıyı çözmek için kullanılmışlardır. Ham görüntü işleme ile ölçülen sıcaklıklar, kızılötesi bir pirometre tarafından ölçülen değerler ile karşılaştırmışlardır. Doğruluk oranı %98 olarak tespit etmişlerdir (Zhang ve ark., 2018).

Li ve arkadaşı *Journal of Clinical Nursing* dergisindeki “Automated measurement of pressure injury through image processing” isimli çalışmada, görüntü işleme yöntemi ile insan vücudunda basınç hasarı ile oluşmuş yaraların otomatik ölçülmesini hesaplaya bir algoritma geliştirmişlerdir. Basınç ile oluşmuş yaraları fotoğraflamak ve elektronik ortamda saklamak sağlık kayıtları için hastanelerde uygulanan standart bir prosedür olup bu yaraların ölçümü zaman alıcı ve zorlayıcı bir durum olduğundan bunu otomatik yapan bir sistem geliştirmişlerdir. İlk olarak, değişen ışık koşullarından ve ten renginden gelen çıkarımları ortadan kaldırmak için görüntüleri RGB renk uzayından YCbCr renk uzayına dönüştürmüşlerdir. İkinci olarak gauss modeli ile cilt rengi olasılık haritası çıkarıldı ve destek vektör makinesi sınıflandırıcısı kullanılarak basınç zedelenmesi segmentasyon sürecini yönlendirmişlerdir. Son olarak ise segmentasyon sonrası referans cetveli örüntülerin her birine dahil perspektif transformasyonu dönüştürmüşler ve basınç yaralanması boyutunu belirlemişlerdir (Li ve Mathews, 2017).

Jo ve arkadaşları *Sustainability* dergisindeki “Computer Vision-Based Bridge Displacement Measurements Using Rotation-Invariant Image Processing Technique” isimli çalışmada, görüntü işleme tekniğini kullanarak köprülerin yer değiştirme ölçümlerini hesaplamışlardır. Bu çalışma ile akıllı telefon kamerası ile, herhangi bir çekim açısından bağımsız, çekilen görüntü şablon eşleştirme ve homografi matrisi uygulanarak yer değiştirme ölçümü yapabilmişlerdir (Jo ve ark., 2018).

Poursadeghiyan ve arkadaşları *Iranian Journal of Public Health* dergisindeki “Using Image Processing in the Proposed Drowsiness Detection System Design” isimli çalışmada, görüntü işleme yöntemi ile uyuşukluk algılama sistemi tasarlamışlardır. Bu çalışma, bir teknoloji üniversitesinin sanal gerçeklik laboratuvarı üzerine kurulu bir sürüş simülatörü kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Sistemde göz ve yüz ifadelerini tespit etmek için Viola-Jones algoritması kullanmışlardır. Bu algoritma ile göz kırpma süresi ve sıklığı tespit edilerek sürücülerin uyuşukluk düzeyini tespit etmişlerdir. Bununla birlikte göz kapanım yüzdesi (PERCLOS) ile de sonuçların doğruluğunu hesaplamışlardır. Doğruluk oranı %93 olarak tespit etmişlerdir (Poursadeghiyan ve ark., 2018).

Karhan ve arkadaşları 6. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*'nda sunulan, "Morfolojik Görüntü İşleme Yöntemleri ile Kayıslarda Yaprak Delen (Çil) Hastalığı Sonucu Oluşan Lekelerin Tespiti" isimli çalışmada, matematiksel morfoloji tekniği ile kayısıda kalite sınıflandırması yaparken leke sayısı ve büyüklüğünün bulunmasını göstermişlerdir (Karhan ve ark., 2011).

Arı ve arkadaşları 2015 *Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi*'nde sundukları "Beyin MR Görüntülerinden Bilgisayar Destekli Tümör Teşhisi Sistemi" isimli çalışmada, bilgisayar destekli tespit sistemleri ile görüntü işleme tekniklerini kullanarak, radyoloji uzmanlarına kitle tespiti konusunda yardımcı olmayı hedeflediklerini ve çalışma ile üç boyutlu beyin MRI (Magnetic Resonance Imaging) görüntüleri üzerinde kitle tespit işlemini gerçekleştirmeyi amaçladıklarını dile getirmişlerdir (Arı ve ark., 2015).

Kurtulmuş ve arkadaşları *Tarım Makinaları Bilim* dergisindeki "Bahçe Koşullarında Renkli Görüntülerde Doku ve Şekil Öznitelikleriyle Genç Şeftali Meyvelerinin Saptanması" isimli çalışmada, şeftali ağacının görüntülerinden elde edilen meyve sayısı ile ortalama meyve büyüklüğü bilgisinden yararlanarak, verimleri hakkında bilgi edinmişlerdir (Kurtulmuş ve ark., 2013).

Kahraman ve arkadaşları *Endüstri ve Otomasyon* dergisindeki "Bakış Açısından Bağımsız Gürbüz Plaka Tanıma Sistemi" isimli çalışmada, gabor süzgeçlerini kullanarak plaka bölgesini tespit etmişlerdir. Optik karakter tanıma ve plaka bölütleme gibi imge analizinde kullanılan yöntemleri kullanmışlardır (Kahraman ve ark., 2006).

Koçer ve Akdağ 2017 *Uluslararası Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Konferansı*'nda sundukları "Konvolüsyon Sinir Ağı Tabanlı Silah Algılama Uygulaması" isimli çalışmada, gömülü sistemlerde kullanılacak konvolüsyonel sinir ağı tabanlı yöntemler ile görüntü sınıflandırma ve nesne algılama yöntemlerinden, DetectNet nesne algılama mimarisi ile YOLO nesne algılama mimarisini karşılaştırmışlardır (Koçer ve Akdağ, 2017).

Solak ve Altınışik *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* dergisindeki “Görüntü İşleme Teknikleri ve Kümeleme Yöntemleri Kullanılarak Fındık Meyvesinin Tespit ve Sınıflandırılması” isimli çalışmada, fındıkların görüntü düzlemi üzerinde kapladıkları boyut ve alan verilerinin hesaplanmasıyla elde edilen verileri değerlendirmişlerdir. Fındıkların gerçek zamanlı olarak küçük, orta ve büyük olmak üzere üç sınıfa ayırmışlardır. Bu işlemi, k-means kümeleme ve ortalama tabanlı sınıflandırma yöntemini kullanarak gerçekleştirmişlerdir (Solak ve Altınışik, 2018).

Balcı ve arkadaşları *Selçuk-Teknik* dergisindeki “Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Napolyon Tipi Kirazların Sınıflandırılması” isimli çalışmada, napolyon tipi kirazların görüntü işleme yöntemi ile renk ve büyüklüklerine göre sınıflandırmışlardır (Balcı ve ark., 2016).

Bul ve arkadaşları *Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 11. Ulusal Kongresi Ve Fuarı*’ndaki “Görüntü İşlemeye Dayalı Tarımsal Ürün Sınıflandırma” isimli çalışmada, kuru fasulye tanelerinin görüntülerinin dijital kamera ile alınarak 302x200 boyutlarında *.JPEG formatında bilgisayar sistemine aktarılması ve bunların MATLAB ile görüntü işleme tekniğiyle işlenmişlerdir. Bu çalışma ile fasulye tanelerinin en ve boy tespiti yapılırken, “yapay sinir ağları” metodu kullanılarak fasulyeler için iyi ve kötü kalite şeklinde bir sınıflandırma yapmışlardır (Bul ve ark., 2005).

Sabancı ve arkadaşları *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* dergisindeki “Görüntü İşleme ve Yapay Sinir Ağları Yardımıyla Patates Sınıflandırma Parametrelerinin Belirlenmesi” isimli çalışmada, görüntü işleme tekniklerini kullanarak yapay sinir ağı yardımıyla patatesleri boyutlarına göre sınıflandırmayı amaçlamışlardır. Sınıflandırma işleminden önce, şekil bozukluğu olan patatesleri otsu yöntemini ve morfolojik işlemleri kullanarak tespit etmişlerdir. Şekil bozukluğu olan patatesleri sınıflandırma dışı tutmuşlardır. Geriye kalan şekli düzgün patatesleri boyut olarak sınıflandırılmasını gerçekleştirmişlerdir (Sabancı ve ark., 2012).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, tez çalışmasında geliştirilen uygulamada kullanılan teknikler, kütüphaneler ve Python anlatılacaktır.

3.1. Python

Python, Hollandalı programcı Guido Van Rossum tarafından yazılmış programlama dilidir. Bağımsız platform, yorumlanabilir, interaktif nesne yönelimli üst seviye programlama dilidir. Bu dilde; C, C++, Java gibi dillerde olduğu gibi bir derleyiciye ihtiyaç yoktur. Diğer bir ifadeyle Python, derlemeden çalışan bir dil olup, yorumlayıcı olarak çalışmaktadır. Bundan dolayı bu programlama dilinde geliştirilen yazılım, bir değişiklik yapılmadan farklı işletim sistemlerinde ve farklı mimarilerde çalışabilmektedir. Python'un önemli diğer bir özelliği de, açık kaynak kodlu olarak geliştirilmesi ve dağıtılmasıdır (Van Rossum, 2003).

Dinamik bir programlama dili olan Python sade bir yazım kuralı sunmaktadır. Girintilere dayalı, basit söz dizimi, dilin akılda kalmasını ve öğrenilmesini kolaylaştırır. Modüler yapısı sayesinde sınıf kullanımını ve her türlü veri alanı girişini destekler. Tüm platformlarda (Linux, Mac, Windows vs.) çalışabilmektedir (Van Rossum, 2003).

Yaygın geliştiricileri ve kütüphane desteği sayesinde Python yazılım dili ile masaüstü uygulamaları, web uygulamaları, bilimsel ve matematiksel hesaplamalar başta olmak üzere her konuda uygulama geliştirmek mümkündür. Uygulama için ihtiyaç olan kütüphanelerin yönetimi (modül yönetimi), "PIP" (Python Installer Package) adı verilen bir paket yönetici aracılığı ile yapılmaktadır. Bu çalışmada geliştirilen uygulamaların tamamı Python programlama dili ile yazılmıştır.

3.2. Uygulamada Kullanılan Kütüphaneler

Bu bölümde uygulamada kullanılan NumPy, OpenCV ve ZBar isimli kütüphanelerle ilgili ayrıntılı bilgiler sunulmuştur.

3.2.1. NumPy Kütüphanesi

Van Der Walt ve arkadaşlarına göre NumPy kütüphanesi, $n \times m$ boyutlu diziler üzerinde kullanılan matematiksel işlemler için geliştirilmiştir. NumPy kütüphanesi kullanılarak matris oluşturma, matrislerde çarpma ve toplama gibi işlemler, kütüphane içerisinde tanımlı fonksiyonlar aracılığı ile yapılabilmektedir. NumPy kütüphanesi içindeki matematiksel fonksiyonlar, C ve C++ gibi derlenebilen diller kullanılarak geliştirilmiştir.

NumPy kütüphanesi, performansı arttırmak için genel olarak üç teknik uygular: vektörel hesaplama, hafızadaki verileri kopyalamadan kaçınma ve işlem sayılarını en aza indirmektir (Van Der Walt ve ark., 2011). Geliştirilen uygulamada bu kütüphaneyi, taranmış optik formu sayısal görüntüye çevirdikten sonra pikselleri matris formatında tutulması için kullanılmıştır.

3.2.2. OpenCV Kütüphanesi

OpenCV(Open Source Computer Vision), görüntü ve video analizi için intel tarafından tanıtılan açık kaynaklı kütüphanedir (Culjak ve ark., 2012). Bilgisayarlı görme uygulamaları ve ticari ürünlerde, makine algısının kullanımını hızlandırmak için geliştirilmiştir. İçerisinde 2.500'den fazla optimize edilmiş görüntü işleme algoritması bulunan, kırk yedi binden fazla geliştirici tarafından C ve C++ dilleri kullanılarak geliştirilmiştir.

OpenCV kütüphanesi C++, C, Python, Java ve MATLAB gibi birçok dil ile birlikte kullanılabilir. Windows, Linux, MacOS ve Android platformları üzerinde çalışabilmektedir (Beyeler, 2015).

Açık kaynaklı bir yazılım kütüphanesi olan OpenCV, 5 temel bileşenden oluşmaktadır.

1. CV (Computer Vision) Bileşeni: Temel resim işleme fonksiyonlarından oluşur.
2. MLL (Machine Learning Library) Bileşeni: Makine öğrenmesi için gerekli fonksiyonları içeren bir kütüphanedir.
3. HighGUI (High Graphical User Interface) Bileşeni: Kütüphane içerisindeki tanımlı nesnelerin oluşturulduğu, resim ve videolar ile ilgili fonksiyonları içerir.

4. CXCore Bileşeni: Genel veri yapılarını barındıran, görüntü üzerinde çizim yapmayı sağlayan ve XML desteği sağlayan kütüphanedir.
5. CvAux Bileşeni: Ağız hareketleri izleme (mouth-tracking), yüz tanıma (face-recognition), şekil eşleştirme (shape matching) gibi algoritmaları içeren kütüphanedir (Savaş, 2018).

Geliştirilen uygulamada bu beş temel öğeden sadece Computer Vision bileşenini kullanılmıştır. Bu bileşen ile temel görüntü işleme fonksiyonları kullanılmıştır.

3.2.3. ZBar Kütüphanesi

ZBar kütüphanesi, video akışları ve görüntü dosyaları gibi çeşitli kaynaklardan gelen barkodları okumak için geliştirilen açık kaynaklı bir yazılım paketidir. UPC-E , EAN-13/UPC-A, EAN-8, Code 128, Code 39, Interleaved 2 of 5 ve QR Code dâhil olmak üzere birçok popüler barkod türlerini destekler.

Bu kütüphane esnek ve katmanlı bir yapıya sahip olup, herhangi bir uygulama için barkod tarama ve kod çözmeyi kolaylaştırır. Dâhili GUI ve komut satırı programları ile bağımsız olarak kullanılabilir.

ZBar kütüphanesi açık kaynaklıdır ve ticari projelerin geliştirilmesini sağlamak için GNU LGPL 2.1 kapsamında lisanslıdır. Bu kütüphane ile optik form üzerinde bulunan kare kod bilgisi elde edilmiştir. Bu bilgiler yer bilgisi ve kare kod içerisindeki verilerdir.

3.3. Uygulamada Kullanılan Görüntü İşleme Algoritma ve Teknikleri

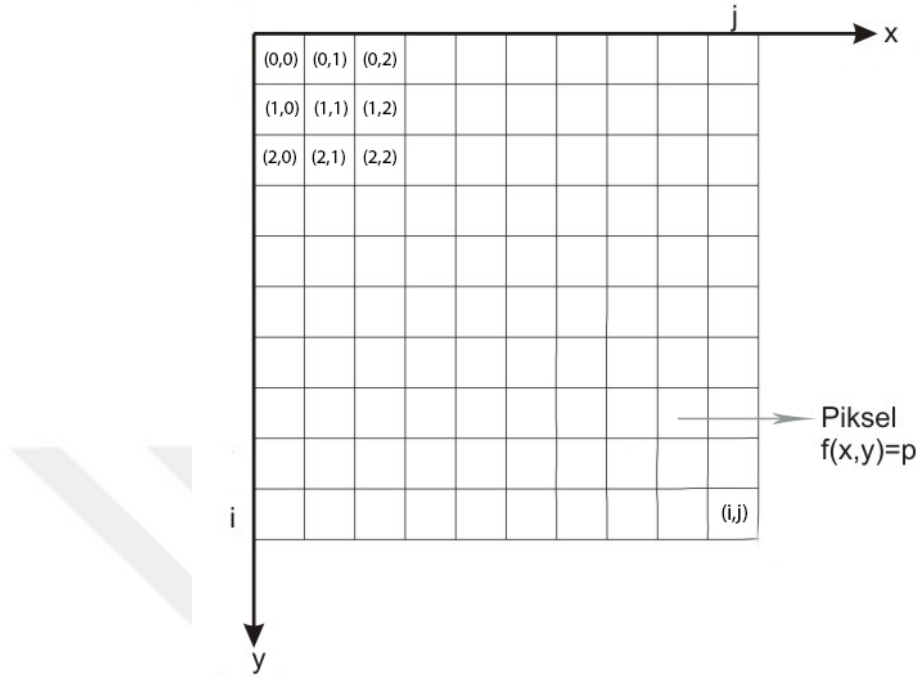
3.3.1. Sayısal Görüntü

Bir görüntü, $f(x, y)$ şeklinde iki boyutlu bir fonksiyon olarak tanımlanabilir. Matematiksel olarak bir görüntü, iki boyutlu bir vektör dizisi olarak kabul edilir. Her elemanı bir vektör olan bir matris olarak ifade edilebilir.

Şekil 3.1'de gösterildiği gibi görüntünün bağımsız iki değişkeni olan x ve y değişkenleri, geometrik boyutları oluşturur. Matris elemanlarının değerleri de her $f(x, y)$ noktasındaki görüntünün yoğunluğu ve gri seviyesi olarak gösterir.

Matematiksel notasyon olarak sayısal görüntü, Denklem 3.1.'de verildiği gibi gösterilir. Görüntü üzerinde $f(x, y)$ fonksiyonunun, herhangi bir koordinatında

gösterdiği alana piksel denir. Piksel sayısal görüntünün en küçük elemanı olarak kabul edilir (Gonzales ve Woods, 2002; Karakuş, 2006).



Şekil 3.1. Görüntünün sayısal gösterimi

Denklem 3.1. Sayısal görüntünün matematiksel notasyonu

$$f(x, y) = \begin{pmatrix} f(0, 0) & f(0, 1) & f(0, j-1) \\ f(1, 0) & f(1, 1) & f(1, j-1) \\ f(i-1, 0) & f(i-1, 1) & f(i-1, j-1) \end{pmatrix}$$

Çözünürlük, sayısal görüntüdeki dikey piksel ile yatay piksellerin sayısının çarpımı olarak ifade edilir (Gonzales ve Woods, 2002). Çözünürlük ile görüntü ebadı hakkında bir bilgiye ulaşamayız çünkü pikseller için görüntü ebadı söz konusu değildir. Aynı ebattaki bir görüntü üzerinde hem 1920x1080 piksel hem de 1024x768 piksel olabilir.

Sayısal görüntü işleme yöntemlerinde görüntü üç başlık altında incelenmektedir. Yukarıda ele alınan koordinat sisteminde piksellerin sayısal değerlerine göre ikili seviye görüntü (binary image), gri seviye görüntü (grayscale) ve renkli görüntü (color image) olarak sınıflandırılırlar (Karakuş, 2006). Geliştirilen uygulamada optik formu sayısal

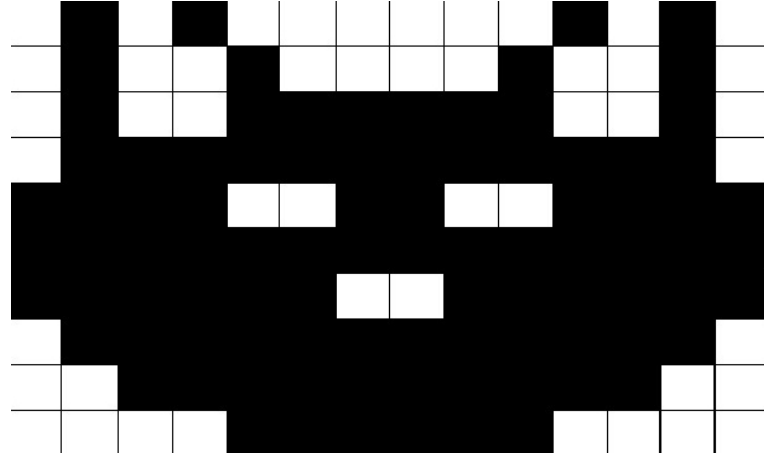
forma çevirirken, renkli taranmış optik formu `cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)` komutu ile gri seviyeli görüntüye çevrilmiştir. Gri seviye çevirme işlemi için Ağırlık Toplama Yöntemi (Weighted Average) yöntemi kullanılmıştır.

3.3.1.1. İkili Görüntü (Binary Image)

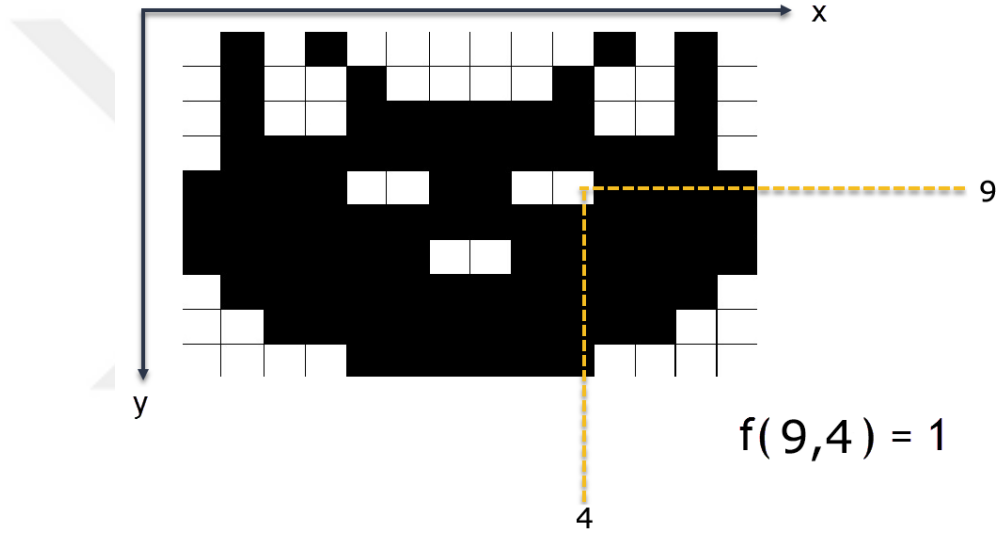
Bir görüntüyü matematiksel olarak ifade edebilmek için siyah beyaz resim göz önünde bulundurulmuştur. Böyle bir görüntüde bir piksel beyaz ya da siyah olacaktır. Bu da sembolik olarak beyaz pikseller 1 değeri ile, siyah pikseller ise 0 değeri ile gösterilecektir. Bu şekilde 0 ve 1 ile oluşturulmuş piksellerden oluşan görüntüye *ikili görüntü (binary image)* adı verilir (Russ, 2013).

Bir görüntü gri seviyeden ikili görüntüye çevrilirken [0-255] aralığının ortanca değeri olan 128 değeri (eşik değeri) seçilir. Parlaklık değeri 128'den küçük olan pikseller 0, parlaklık değeri 128'den büyük olan pikseller 255 olarak kabul edilir. Görüntünün sadece beyaz ve siyah renklerden oluşması sağlanır. Şekil 3.2.'de ikili seviye görüntü, Şekil 3.3.'de görüntünün herhangi bir pikselinin koordinat sistemindeki gösterimi ve Şekil 3.4.'te görüntünün bir bölgedeki piksellerinin koordinat sistemindeki gösterimi verilmiştir (Papasaika, 1967; Anonymous, 2018f).

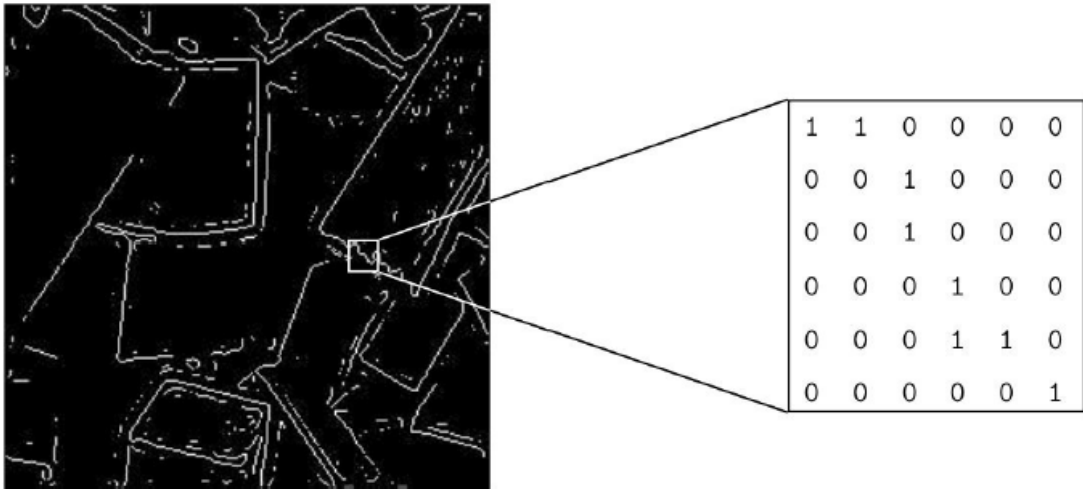
Görüntü işleme yönteminde eşikleme (thresholding) adı verilen yöntemde eşik değeri kullanıcıya bırakılır. Görüntü işleme yapan kişi belirleyeceği değer, yukarıda belirtilen 128 değerinin yerini alır. Bu eşik değerine göre görüntü değerleri, belirlediği değere göre o değer altında kalan değer 0 değerine, üstünde kalan değer ise 255 değerine çekilir. Örneğin standart olarak 128 değerinin altındaki değerler 0 değerine çekilirken kullanıcı bu değeri 200 değeri olarak belirleyebilir. Böylelikle 200 değerinin altındaki değerler 0, üstündeki değerler 255 değerine çekilerek görüntü ikili seviyeye çevrilir (Karakuş, 2006).



Şekil 3.2. Görüntünün ikili hâli (binary image)



Şekil 3.3. Görüntünün bir pikselinin koordinat sistemindeki gösterimi

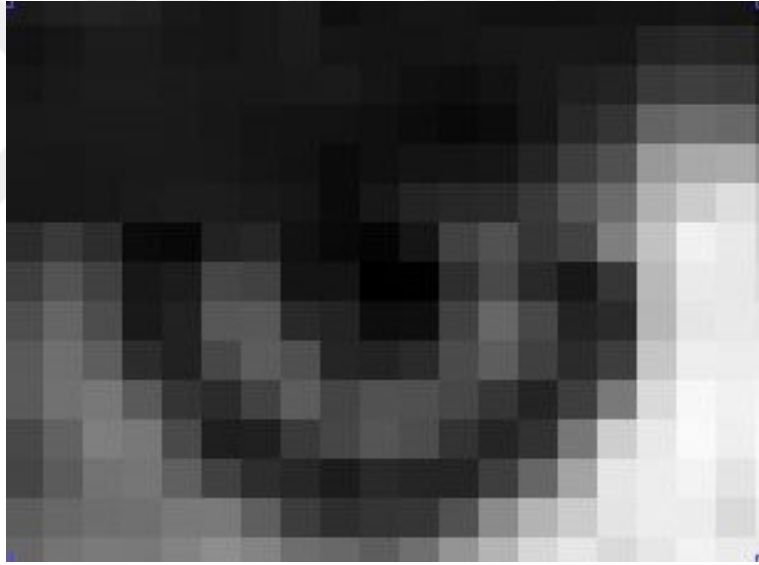


Şekil 3.4. Görüntünün bir bölgedeki piksellerinin koordinat sistemindeki gösterimi

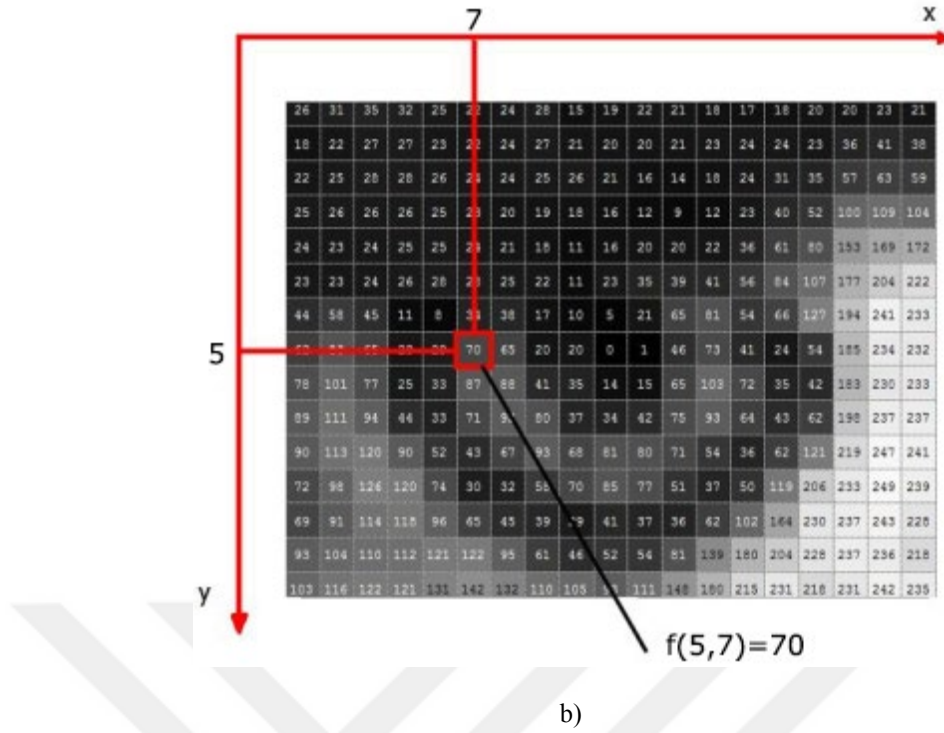
3.3.1.2. Gri Seviyeli Görüntü (Grayscale Image)

Gri tonlamalı olarak da ifade edilebilen bu görüntü türünde görüntü, farklı tondaki gri seviye değerlerinden oluşur. Gri değer aralıkları: $G = 0,1,2, \dots, 255$ şeklinde ifade edilir. Bilindiği gibi bilgisayarda en düşük veri depolaması *byte* olarak yapılır ve bir byte, 8 bittir. Yani bir karakter 8 bit olarak temsil edilir ($1 \text{ byte} = 8 \text{ Bit}$ ve $2^8 = 256$).

Bir gri seviyeli görüntüde 256 tane farklı gri ton değeri, daha doğru bir ifadeyle gri değer bulunabilir. Bu gösterimde 0, gri değeri olarak siyah renge, 255 gri değeri ise beyaz renge karşılık gelir. Bu değerler arasında ise gri seviyeler oluşmaktadır (Karakuş, 2006). Şekil 3.5.'te gri seviyeli örnek bir görüntü gösterilmektedir. Şekil 3.5.'te gösterilen koordinattaki piksele karşılık gelen gri seviye değeri 70'dir (Kurtulmuş, 2012).



a)

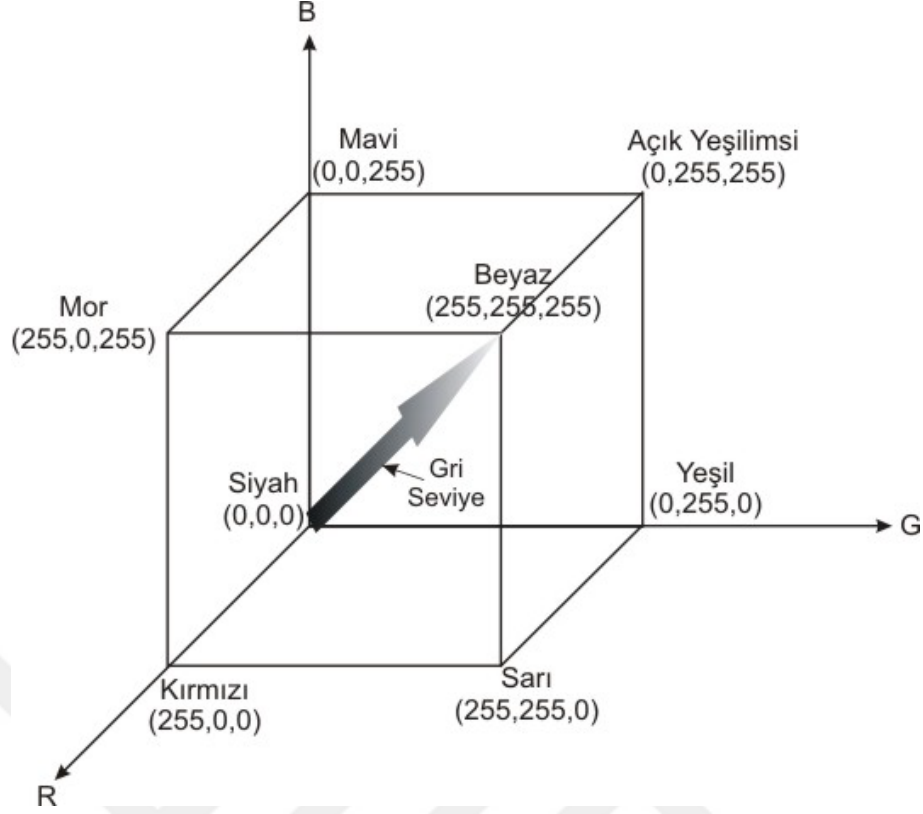


Şekil 3.5. Gri seviyeli görüntü (a) ve gri seviyeli görüntünün sayısal temsili (b)

3.3.1.3. Renkli Görüntü (Color Image)

Bilindiği gibi renkler birincil renkler diye adlandırılan yeşil, mavi ve kırmızın farklı oranlarda karıştırılmasıyla elde edilir. Renkli görüntüler (Red) kırmızı, (Green) yeşil ve (Blue) mavinin (RGB) 0 ile 255 sayıları arasında değişen değerlerden oluşmaktadır. Bu durum, kartezyen koordinat sisteminde açıklanacak olursa; tüm renk değerlerinin (0,0,0) olduğunda siyah, tüm renk değerlerinin (255,255,255) olduğunda ise beyaz olacaktır.

Şekil 3.6.'da görüldüğü gibi en az iki rengin bir araya gelmesi sonucu da ikincil renkler diye adlandırılan (cyan) açık yeşil, (magenta) mor ve (yellow) sarı renklerden meydana gelmektedir. Birincil renkler ile oluşturulan model RGB, ikincil renkler ile oluşturulan model ise CMY olarak isimlendirilmektedir (Karakuş, 2006).



Şekil 3.6. Kırmızı, yeşil, mavi (RGB) renkli görüntü küpü

Renkli görüntüler dijital ortamlarda 24 bitlik veri şeklinde görüntülenir. Görüntü kırmızı (red), yeşil (green), mavi (blue) olarak kodlanmış aynı görüntüye ait üç katmanlı gri düzeyli görüntünün üst üste gelerek ekrana iletilmesi ile oluşur.

Elektromanyetik spektrumda; 0.4-0.5 mm dalga boyu mavi renge, 0.5-0.6 mm dalga boyu yeşil renge, 0.6-0.7 mm dalga boyu ise kırmızı renge karşılık gelir. Bu dalga boylarından elde edilmiş üç gri düzeyli görüntü, bilgisayar ekranında sırası ile kırmızı, yeşil ve mavi kombinasyonunda üst üste düşürülecek olursa renkli görüntü meydana gelmiş olur.

Bu duruma göre renkli görüntülerin $f(x, y)$ fonksiyonu, gri seviyeli görüntüde olduğu gibi 0 ile 255 değerleri arasında sayısal bir büyüklük değil, 3 elemanlı bir vektördür. Denklem 3.2.'de renkli sayısal görüntünün matematiksel notasyonu, Şekil 3.7.'de renkli görüntünün bir bölgedeki piksellerinin koordinat sistemindeki gösterimi verilmiştir (Papasaika, 1967; Karakuş, 2006).

Denklem 3.2. Renkli sayısal görüntünün matematiksel notasyonu

$$f(x, y) = \left(\begin{array}{l} f(0, 0) = \begin{bmatrix} R_{ed} \\ G_{reen} \\ B_{lue} \end{bmatrix} \quad f(0, 1) = \begin{bmatrix} R_{ed} \\ G_{reen} \\ B_{lue} \end{bmatrix} \quad f(0, j-1) = \begin{bmatrix} R_{ed} \\ G_{reen} \\ B_{lue} \end{bmatrix} \\ f(1, 0) = \begin{bmatrix} R_{ed} \\ G_{reen} \\ B_{lue} \end{bmatrix} \quad f(1, 1) = \begin{bmatrix} R_{ed} \\ G_{reen} \\ B_{lue} \end{bmatrix} \quad f(1, j-1) = \begin{bmatrix} R_{ed} \\ G_{reen} \\ B_{lue} \end{bmatrix} \\ f(i-1, 0) = \begin{bmatrix} R_{ed} \\ G_{reen} \\ B_{lue} \end{bmatrix} \quad f(i-1, 1) = \begin{bmatrix} R_{ed} \\ G_{reen} \\ B_{lue} \end{bmatrix} \quad f(i-1, j-1) = \begin{bmatrix} R_{ed} \\ G_{reen} \\ B_{lue} \end{bmatrix} \end{array} \right)$$



49	55	56	57	52	53	64	76	82	79	78	78	66	80	77	80	87	77
58	60	60	58	55	57	93	93	91	91	86	86	81	93	96	99	86	85
58	58	54	53	55	56	88	82	88	90	88	89	83	83	91	94	92	88
83	78	72	69	68	69	125	119	113	108	111	110	135	128	126	112	107	106
88	91	91	84	83	82	137	136	132	128	126	120	141	129	129	117	115	101
69	76	83	78	76	75	105	108	114	114	118	113	95	99	109	108	112	109
61	69	73	78	76	76	96	103	112	108	111	107	84	93	107	101	105	102

Red

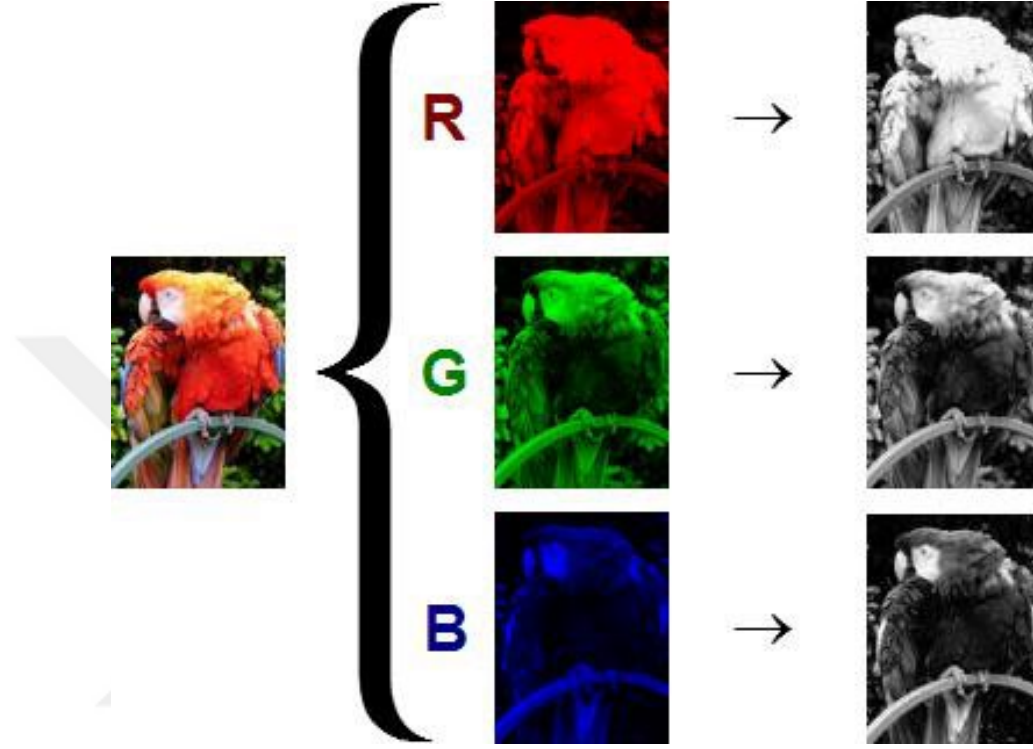
Green

Blue

Şekil 3.7. Renkli görüntünün bir bölgedeki piksellerinin koordinat sistemindeki gösterimi

Görüntünün gri seviyeye dönüştürülmesinde birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan en çok kullanılan 2 yöntem ele alınmıştır. 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 yöntemi*dir. Şekil 3.8.'de RGB renk modelinde renk kanalları ve gri tonlamaları gösterilmiştir (İlkin, 2015).



Şekil 3.8. RGB renk modelinde renk kanalları ve gri tonlamaları

3.3.1.3.1. Ortalama Yöntemi (Simple Averaging)

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 3.3. kullanılarak hesaplanmaktadır (Anonymous, 2018g).

Denklem 3.3. Ortalama yöntemi ile renkli görüntüyü gri görüntüye çevirme denklemi

$$gri = \frac{kırmızı + yeşil + mavi}{3}$$

Formüldeki gri, bir pikselin ortalama değerini ifade etmektedir.

3.3.1.3.2. Ağırlık Toplama Yöntemi (Weighted Average)

Ağırlık toplama yönteminde, RGB kanalına ait değerler, insan gözünün algıladığı renk oranlarına göre griye çevirme işlemi gerçekleştirilerek yapılır.

Bu yöntem, Denklem 3.4.'teki formül kullanılarak hesaplanır (Boyras ve Yıldız, 2016; Helland, 2018).

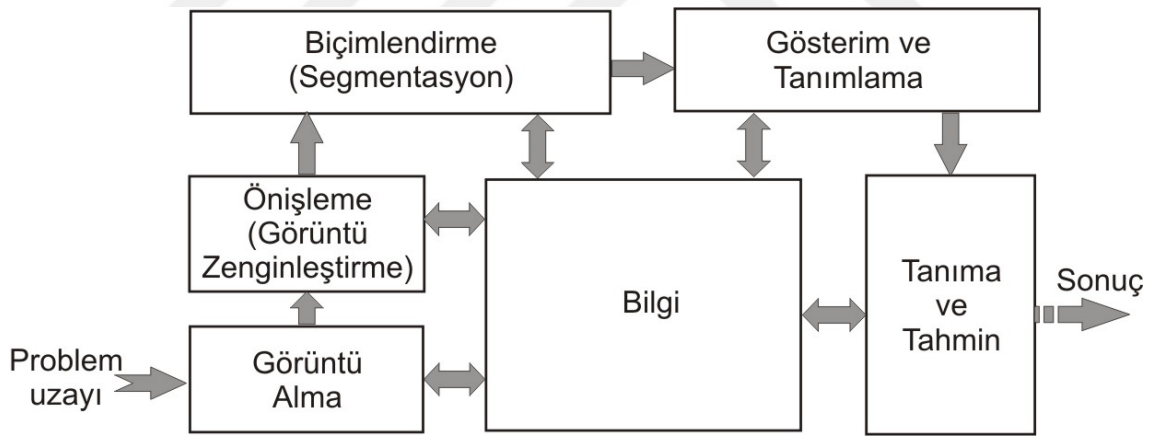
Denklem 3.4. Ağırlık toplama yöntemi ile renkli görüntüyü gri görüntüye çevirme denklemi

$$\text{gri} = (\text{kırmızı} * 0.3 + \text{yeşil} * 0.59 + \text{mavi} * 0.11)$$

Formüldeki gri, bir pikselin ortalama değerini ifade etmektedir.

3.3.2. Sayısal Görüntü İşleme

Sayısal görüntü işlemede kullanılan birden fazla işlem basamakları bulunur. En basit ve genel hali Şekil 3.9.'da grafiksel olarak verilmiştir (Karakuş, 2006).



Şekil 3.9. Görüntü işleme genel akım şeması

Sayısal görüntü elde edildikten sonraki basamak ön işlemdir. Ön işlem, elde edilen sayısal görüntü kullanılmadan önce daha başarılı bir sonuç elde edebilmek için görüntüye bazı yöntemlerin uygulanmasıdır. Bu yöntemler: kontrastın ayarlanması, gürültülerin azaltılması veya yok edilmesi, görüntüdeki bölgelerin birbirinden ayrılması gibi işlemler bu yöntemlere örnek olarak verilebilir.

Ön işlemler bittikten sonra uygulanacak işlem görüntü biçimlendirme (segmentation) basamağıdır. Görüntü biçimlendirme, bir görüntüdeki nesne, art alan

veya görüntü içerisindeki ilgilenilen özelliklere sahip bölgelerin birbirinden ayrıştırılması işlemidir. Biçimlendirme görüntü işlemenin en zor uygulamasıdır. Biçimlendirme işleminin sonuçlarında belli bir hata oranı oluşabilmektedir.

Görüntü biçimlendirme aşaması sonunda, görüntüdeki nesnenin sınırları, şekli veya o nesnenin alanı gibi ham bilgiler elde edilir. Görüntü üzerinde bulunan objelerin şekilleriyle ilgileniyorsak biçimlendirme işleminin, bize o nesnenin sınırlar, köşeleri ve kenarları hakkında bilgi vermesi beklenir. Fakat görüntü içerisinde nesnenin renkleri, alanı, yüzey kaplaması ve iskeleti gibi iç özellikleriyle ilgili bilgilere ihtiyacımız varsa bu durumda bölgesel biçimlendirme tekniği kullanılması gerekir. Karakter tanıma veya genel olarak örnek (pattern) tanıma gibi oldukça karmaşık problemlerin çözümünde her iki biçimlendirme metodunun da birlikte kullanılması gerekebilir.

Görüntü biçimlendirme basamağından sonraki işlem basamağı, görüntünün tanımlanmasıdır. Görüntü üzerinde bulunan ve ihtiyaç duyduğumuz ayrıntıların ön plana çıkarılması bu işlem basamağında yapılır. En son işlem basamağı ise tanıma ve yorumlamadır. Bu işlem basamağında görüntü üzerinde bulunan nesnelerin veya bölgelerin, önceden belirlenen tanımlamalara göre etiketlenilmesidir. Bütün bu işlem basamakları sırasında görüntü bilgisinden sürekli yararlanılmaktadır. Ham görüntünün ilk durumunda var olan bilgiler de işlemlerden önce gözden geçirilmeli ve görüntü işleme teknikleri esnasında sürekli olarak görüntüden bilgi alınarak analizi yapılmalıdır (Gonzales ve Woods, 2002; Karakuş, 2006). Geliştirilen uygulamada sayısal görüntü işleme adımlarını 4. Bölüm olan araştırma sonuçlarında ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur.

3.3.3. Görüntü Karakteristikleri

3.3.3.1. Görüntü Çözünürlüğü

Sayısal görüntüdeki piksel sayısı görüntü çözünürlüğü ifade eder. X piksel genişliğinde ve Y piksel yüksekliğindeki bir görüntünün çözünürlüğü $X*Y$ şeklinde tanımlanır.

Görüntü işlemede çözünürlüğün yüksek olması, görüntü üzerinde bulunan nesnelerin ayrıntıların net olması anlamına gelirken; görüntü üzerinde yapılan işlemler veya hesaplamalar, bilgisayar donanım kaynaklarının daha fazla kullanılması ve hesaplama zamanlarının artması söz konusu olmaktadır.

Donanım ve uygulamanın müsaade edebildiği optimum çözünürlüğün seçimi önem taşımaktadır (Kurtulmuş, 2012). Geliştirilen uygulamada optik formların görüntüsü 300 dpi çözünürlükte (2480,3507) test edilmiştir. 300 dpi altı değerlerde taranan optik form görüntülerinde bozulma olduğundan ve 300 dpi üzeri değerlerde taranan optik form görüntülerinde ise üzerinde işlem yaparken işlem süresi uzadığından en verimli sonuç ve hıza 300 dpi çözünürlükte taranan optik form görüntülerinde erişilmiştir.

3.3.3.2. Görüntü Histogramı

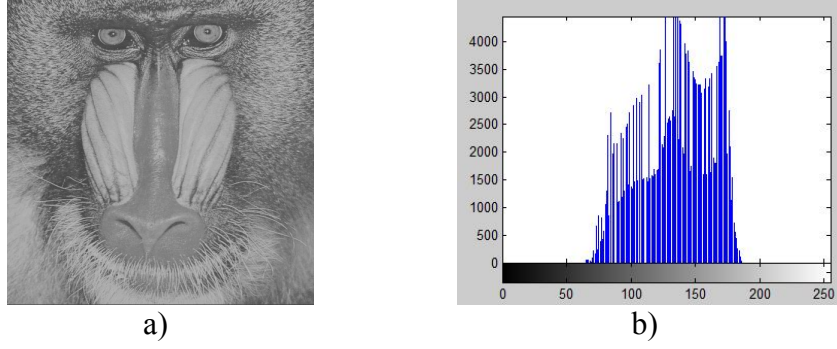
Sayısal görüntüde histogram, görüntü içerisinde bulunan renklerin hangi renk değerinden kaç tane olduğunu gösteren grafikdir. Bu grafik, değerlerin sayıca dağılımını gösteren bir fonksiyon olarak ifade edilmektedir. Bu grafiğe bakılarak görüntünün kontrastı, tonları veya parlaklık durumu hakkında bilgi sahibi olunabilir.

Histogramlar, farklı renk bileşenleri ve gri seviye düzlemleri için elde edilebilir. Bileşenin piksel değerleri dağılımları, görüntüde yer alan farklı nesnelere için incelendiğinde, eşikleme yöntemi için uygun eşik değerleri elde edilebilmektedir. Denklem 3.5.'te histogram fonksiyonu görülmektedir.

Denklem 3.5. Histogram fonksiyonu

$$h(k) = \sum_{k=0}^{255} p(k)$$

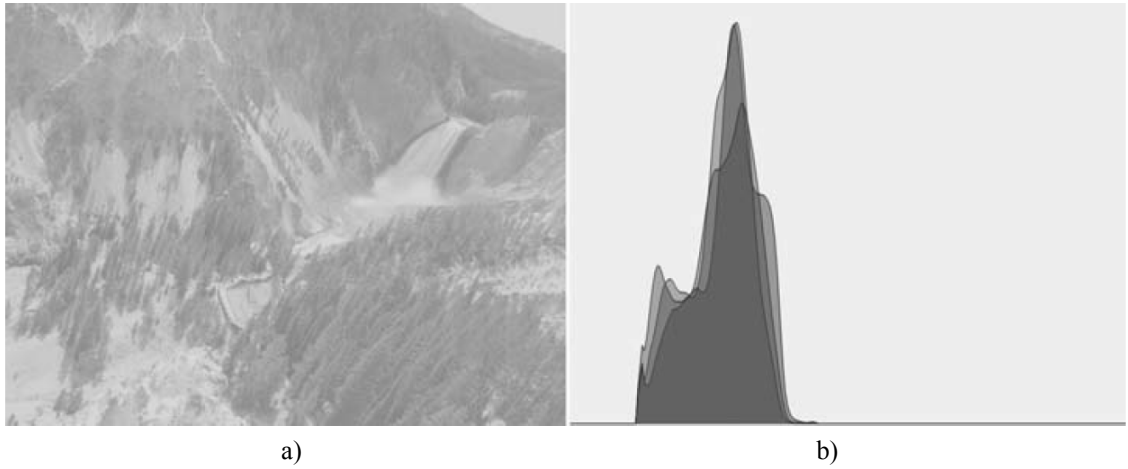
Formülde $h(k)$, k 'nin renk değerinin görüntü içinde sayıca dağılımıdır (Gonzales ve Woods, 2002). Şekil 3.10. gri seviyeli görüntü ve buna ait histogram grafiğini göstermektedir (Otsu, 1979; Akar, 2009). Bu grafik ile resmin parlaklık durumu ya da tonları hakkında bilgi sahibi olunabilir (Akar, 2009).



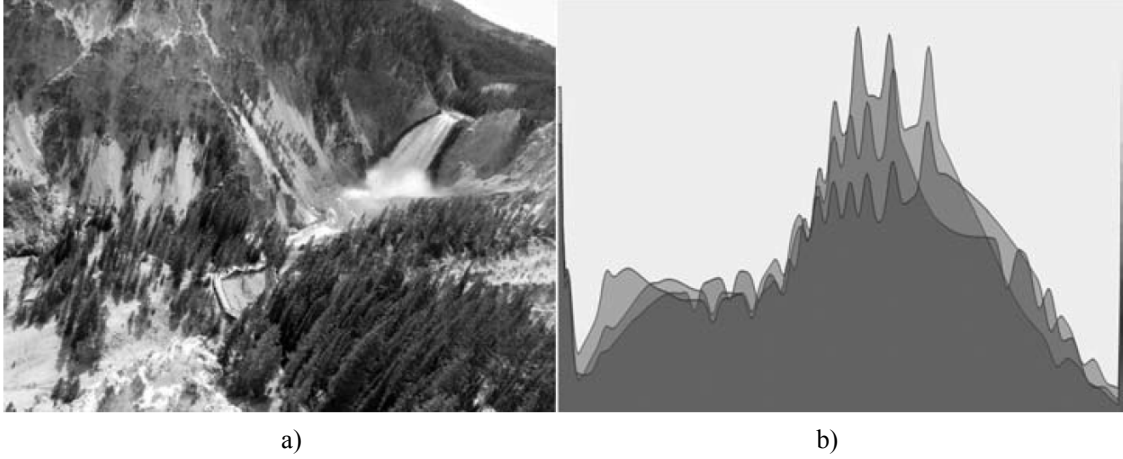
Şekil 3.10. Gri seviyeli görüntü (a) ve histogram grafiği (b)

3.3.3.2.1. Histogram Eşitleme

Histogram eşitleme, görüntü üzerinde renk değerlerinin düzgün dağılımlı olmaması sonucunda görüntünün renk dağılımını uygun hale getirme, iyileştirme metodudur. Histogram eşitleme görüntünün tamamına uygulanabileceği gibi sadece belli bir bölgesine de uygulanabilir. Tüm görüntü üzerine uygulandığında *global histogram eşitleme*, Görüntünün belli bir bölgesine uygulandığında ise *lokal histogram eşitleme* adını alır.



Şekil 3.11. Kontrastı düşük görüntü (a) ve görüntünün histogram yoğunluğu (b)



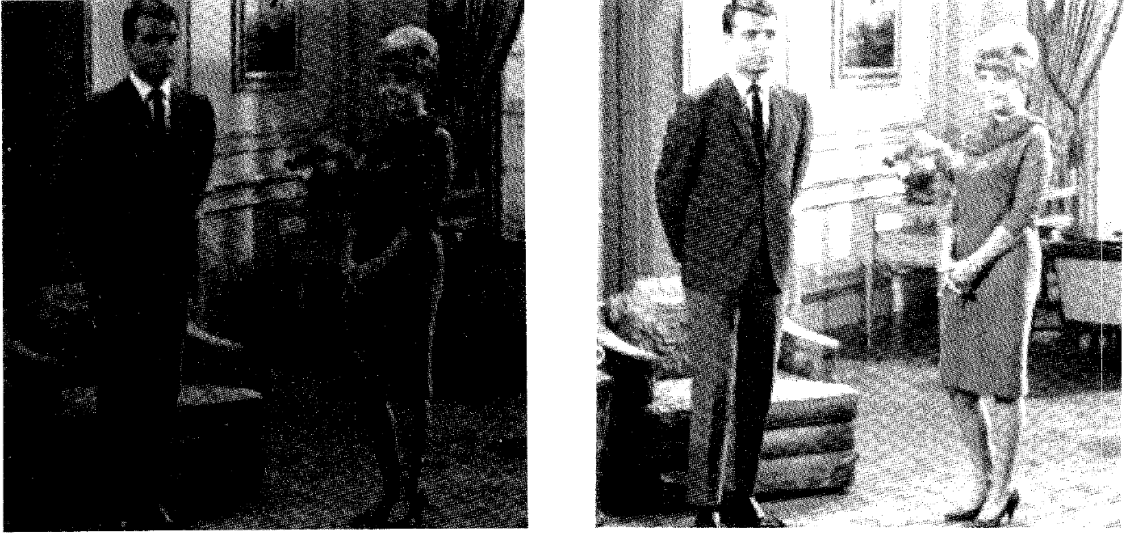
Şekil 3.12. 3.11'deki görüntünün histogramı eşitlenmiş hâli

Histogram eşitleme yöntemi, histogramı dar olan görüntüler ve görüntü içindeki belli bölgeler üzerine uygulandığında daha iyi sonuç verir. İlk aşama olarak görüntü histogramı bulunur. Histogramdan yararlanılarak kümülatif histogram bulunur.

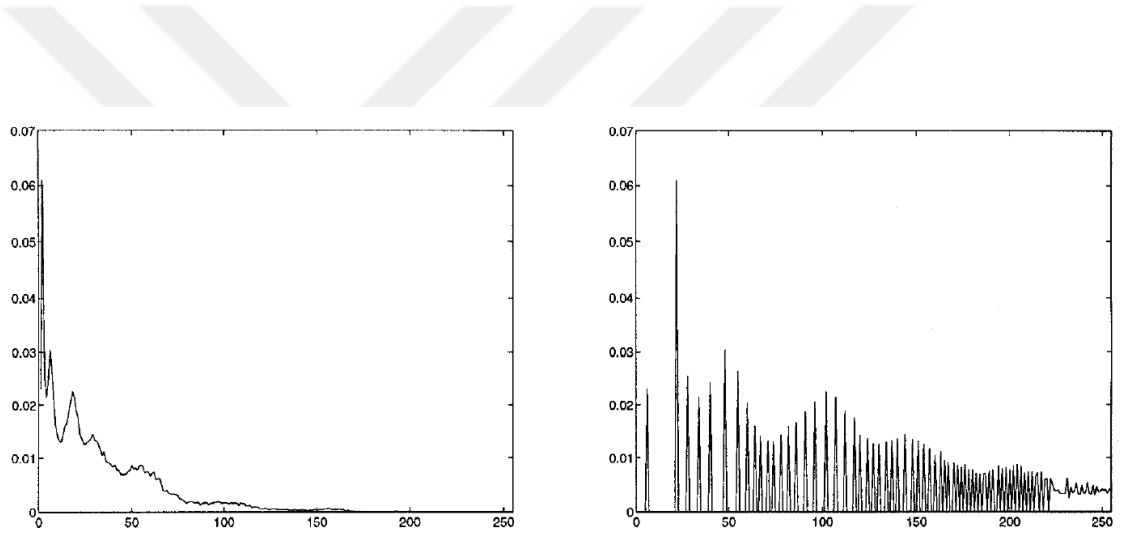
Kümülatif histogram, histogramın her değerinin, kendisi de dâhil kendisinden öncekiler ile toplamından elde edilen değerleri içeren grafikdir. Kümülatif histogram değerleri, yeni görüntüde olmasını istediğimiz maksimum renk değerleri ile çarpılıp görüntüdeki toplam nokta sayısına bölünerek normalize edilir. Bu aşamadan sonra normalize olmuş histogram değerleri ile görüntünün renk değerleri tekrar güncellenirse o görüntüye histogram eşitleme metodu uygulanmış olur.

Şekil 3.11.'de kontrastı düşük görüntü ve görüntünün histogram yoğunluğu, Şekil 3.12.'de ise Şekil 3.11.'de bulunan görüntünün spektrum yayılmış hâli (histogramı eşitlenmiş görüntü) görülmektedir (Gonzales ve Woods, 2002; Bradski ve Kaehler, 2008; Akar, 2009).

Histogram dengeleme, bir görüntünün yoğunluk dağılımını düzleştirir ve sonuç olarak görüntünün kontrastını artırır. Çünkü histogram dengeleme, dinamik aralığın gerilmesi etkisine sahiptir (Kim, 1997). Şekil 3.13.'te orijinal görüntü ve histogramı dengelenmiş görüntü ile Şekil 3.14.'te bu görüntülerin histogram görüntüleri sunulmuştur.



Şekil 3.13. Orijinal görüntü ve histogramı dengelenmiş görüntü.



Şekil 3.14. Şekil 3.13'deki görüntülerin histogram görüntüleri

Doğrusal kontrast iyileştirme fonksiyonu Denklem 3.6.'ya göre belirlenir. Daha hassas kontrast genişletme işlemi için Denklem 3.7.'ye göre verilen formül ile kullanılır (Karakuş, 2006).

Denklem 3.6. Doğrusal kontrast iyileştirme fonksiyonu

$$g(k, m) = \left(\frac{f(k, m) - f(k, m)_{\min}}{f(k, m)_{\max} - f(k, m)_{\min}} \right) * 255$$

- $g(k, m)$: görüntülenecek piksel değeri
 $f(k, m)$: orijinal görüntünün piksel değeri
 $f(k, m)_{\min}$: orijinal görüntünün en küçük piksel değeri
 $f(k, m)_{\max}$: orijinal görüntünün en büyük piksel değeri

Denklem 3.7. Hassas kontrast genişletme fonksiyonu

$$g(k, m) = \begin{cases} 0 & f(k, m) \leq \%f(k, m)_{\min} \\ 255 \frac{f(k, m) - \%f(k, m)_{\min}}{\%f(k, m)_{\max} - \%f(k, m)_{\min}} & \%f(k, m)_{\min} < f(k, m) < \%f(k, m)_{\max} \\ 255 & f(k, m) \geq \%f(k, m)_{\max} \end{cases}$$

Histogram eşitleme daha çok ışık kaynağının düzensiz geldiği durumlarda kullanılır. Genellikle dış ortamda çekilen görüntülerde ışığın dengesiz olarak dağılmasının dolayı görüntünün belli bölgelerinde parlama ya da kararma meydana gelir. Bu durumlarda bu yöntem ile ışığı eşit miktarda genele yayılabilir. Geliştirilen uygulamada görüntüleri tarayıcı yardımı ile elde ettiğimiz için histogram eşitleme yöntemine gerek kalmamıştır.

3.3.3.3. Eşikleme (Thresholding)

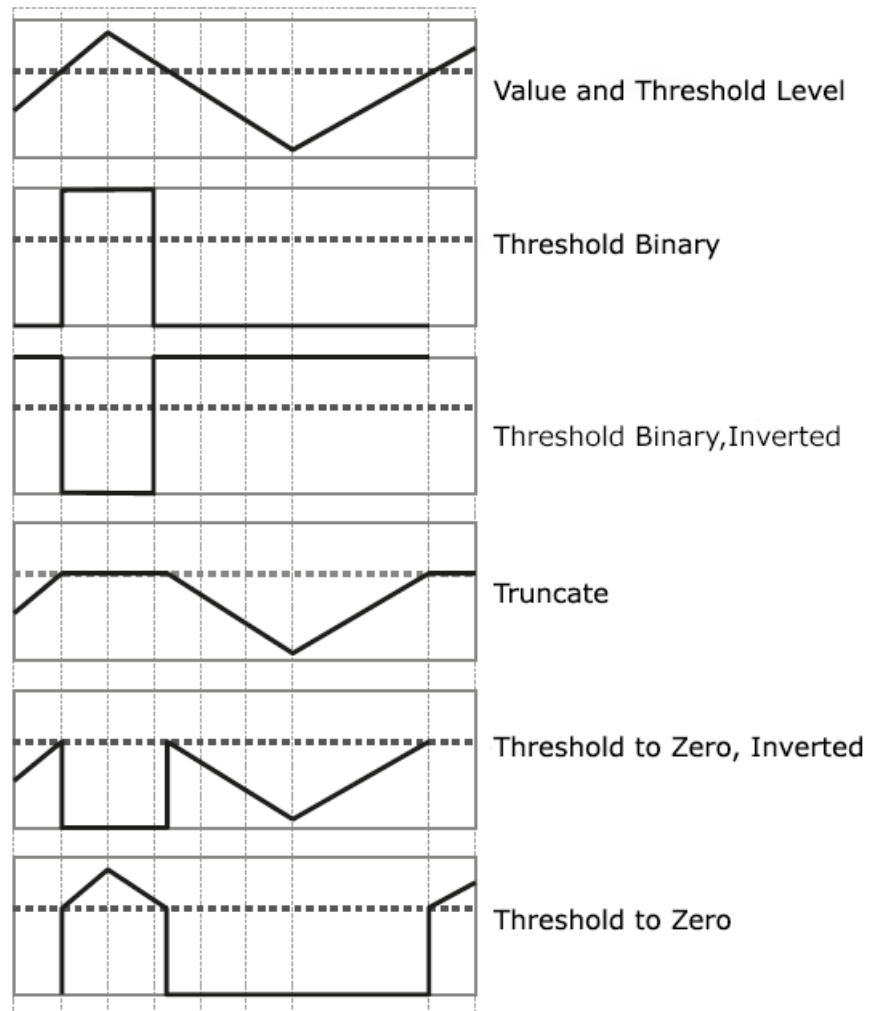
3.3.3.3.1. Basit Eşikleme (Simple Thresholding)

Bir görüntüdeki pikseller hakkında nihai karar vermek ya da istediğimiz değerdeki pikselleri korumak için bu pikselleri bir değer altında veya üzerinde bir dereceye kadar reddetmek istenebilir. Bunun için kullanacak yöntem eşikleme (thresholding) yöntemidir.

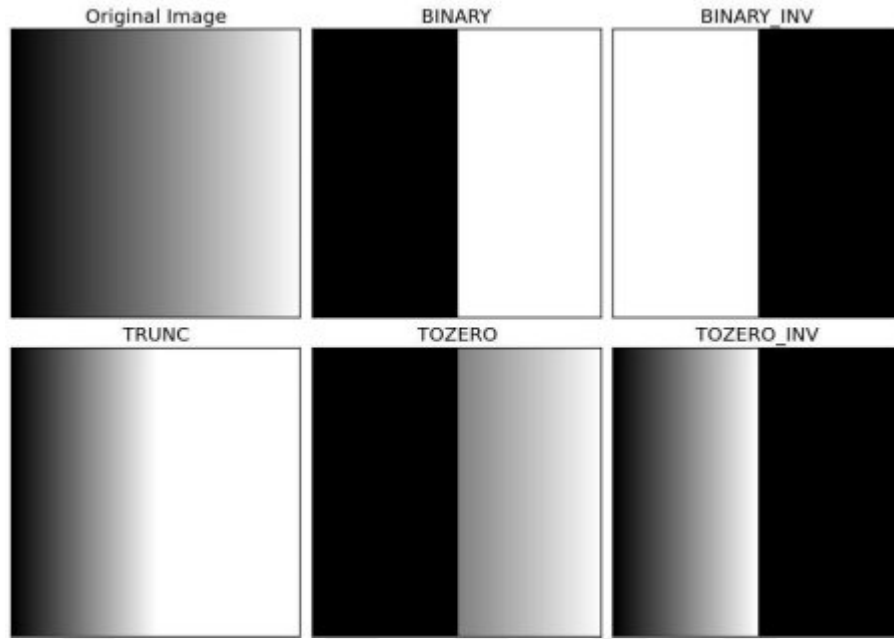
Temel fikir, bir eşik ile birlikte bir dizinin verilmesi daha sonra eşik altında veya üstünde olup olmasına bağlı olarak dizinin her elemanına bir değer verilmesidir (Sezgin ve Sankur, 2004; Bradski ve Kaehler, 2008). OpenCV kütüphanesinde kullanılan threshold eşik tipi sayısı 5 adettir (Bradski ve Kaehler, 2008; Anonymous, 2018e). Bunlar;

- THRESH_BINARY
- THRESH_BINARY_INV
- THRESH_TRUNC
- THRESH_TOZERO
- THRESH_TOZERO_INV

Şekil 3.15.'te OpenCV 'de kullanılan threshold eşik belirleme tiplerinin etkileri gösterilmiştir (Bradski ve Kaehler, 2008). Şekil 3.16.'da ise OpenCV 'de kullanılan threshold eşik belirleme tiplerinin görüntü üzerindeki etkileri gösterilmiştir (Anonymous, 2018e).



Şekil 3.15. OpenCV 'de kullanılan threshold eşik belirleme tiplerinin etkileri



Şekil 3.16. OpenCV 'de kullanılan threshold eşik belirleme tiplerinin görüntü üzerindeki etkileri

Eşiklemenin iyi sonuç vermediği durumlarda uyarlanabilir eşik yöntemi kullanılır (Akar, 2009).

Geliştirilen uygulamada eşik belirlerken THRESH_BINARY_INV ve otsu metodunu her ikisi bir arada kullanılmıştır.

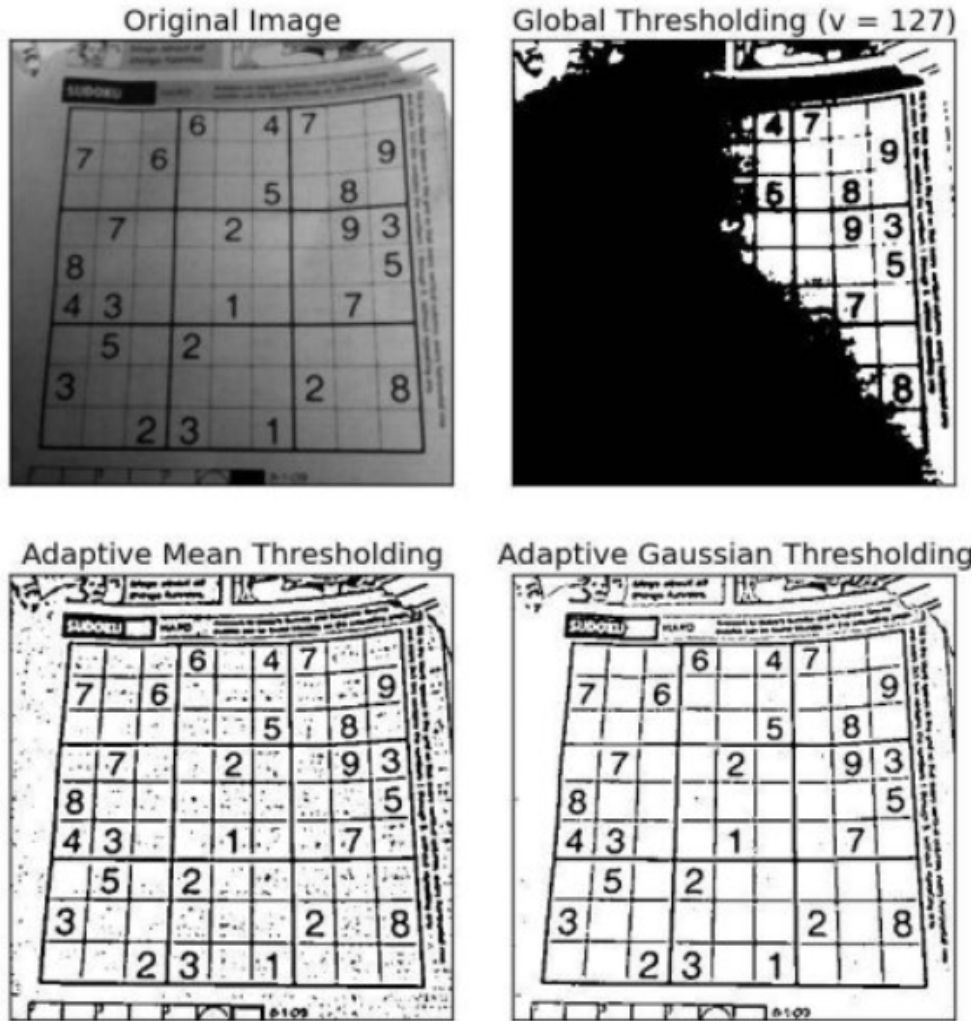
3.3.3.3.2. Uyarlanabilir Eşikleme (Adaptive Thresholding)

Görüntünün farklı alanlarındaki aydınlatma farklı olacağından basit eşikleme yönteminden verimli bir sonuç alınamaz. Bu yüzden, görüntü yüzeyinde farklı aydınlatma varsa uyarlanabilir eşik yöntemini kullanılması tavsiye edilir. Uyarlanabilir eşikleme, eşik seviyesi dinamik olan modifiye bir eşikleme tekniğidir. OpenCV 'de 2 tane uyarlanabilir eşik tipi vardır (Bradski ve Kaehler, 2008; Anonymous, 2018e).

- ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C
- ADAPTIVE_THRESH_GAUSSIAN_C

Her iki tipte de farklı bloklardaki farklı eşikler hesaplanır. ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C yöntemine göre bölgelerin ortalaması alınarak eşik değeri hesaplanır ve belirlenir. ADAPTIVE_THRESH_GAUSSIAN_C yöntemine göre ise bir bloktaki tüm piksellerin, merkez noktasından uzaklıkları bir gauss fonksiyonuna

göre ağırlıkları hesaplanıp eşik değeri belirlenir. Şekil 3.17.'de uyarlanabilir eşiklemenin her iki tipi için de örneği verilmiştir (Anonymous, 2018e).



Şekil 3.17. Basit eşikleme (Simple Thresholding) ve uyarlanabilir eşikleme (Adaptive Thresholding)

3.3.3.3.3. Otsu Eşik Belirleme Yöntemi

Görüntü işlemede, nesnelere arka plandan ayıklamak için uygun bir gri düzey eşiği belirlemek en önemli işlemdir. Bu konuda çeşitli teknikler önerilmiştir. İdeal bir durumda histogram, nesnelere ve arka planı temsil eden iki zirve arasında derin ve keskin bir vadiye sahiptir. Bundan dolayı eşiğin bu vadinin dibinden seçilmesi mümkündür (Mendelsohn ve Prewitt, 1966; Otsu, 1979).

Ancak çoğu görüntü için vadi tabanını hassas bir şekilde tespit etmek zordur. Özellikle vadi geniş ve düz olduğunda, gürültü çoksa veya zirve noktaları eşit

olmadığında vadiyi tespit etmek güç olur. Bu zorlukların üstesinden gelebilmek için bazı teknikler önerilmiştir.

Örneğin histogramı büyük mutlak türev değerleri (Laplacian or Gradient) ile pikselleri sınırlayan vadi bileme tekniği (Weszka ve ark., 1974; Otsu, 1979) ve farkın maksimum miktarı ile gri seviyedeki eşiği seçen fark histogram yöntemi bunlardan bazılarıdır (Watanabe ve Group, 1974; Otsu, 1979).

Bunlar orijinal görüntüdeki komşu piksellere veya kenarlara ilişkin bilgileri eşikleme için yararlı hâle getirmek amacıyla histogram modifiye etmek için kullanılır. Başka bir yöntem sınıfı, parametrik tekniklerle doğrudan gri düzey histogramı ile ilgilidir.

Örneğin histogram en küçük kareler hâlinde, gauss dağılımlarının bir toplamı ile yaklaşık olarak tahmin edilir ve bu durumda istatistiksel karar prosedürleri uygulanır (Chow ve Kaneko, 1972; Otsu, 1979). Ancak böyle bir yöntem oldukça kararsız hesaplamalar yapabilir. Dahası birçok durumda gauss dağılımları gerçek modları yetersiz kalabilmektedir. Bundan dolayı Otsu metodunda gri bir histogramdan otomatik olarak eşik seçmek için diskriminant analizi yapılır (Otsu, 1979).

Bir segmentasyon tekniği olarak Otsu 'nun yöntemi; desen tanımadaki, belgeyi ikili hâle getirmede ve bilgisayar vizyonunda yaygın olarak kullanılır. Birçok durumda Otsu 'nun yöntemi, bir görüntüyü özellik analizi ve nicelendirme gibi daha fazla işlem için bölümlere ayırmak amacıyla bir ön işleme tekniği olarak kullanılır.

Otsu 'nun yöntemi, segmentli görüntünün sınıf içi varyanslarını en aza indiren ve orijinal görüntünün histogramının iki farklı tepe noktası biri arka plana ve diğeri ön plana veya sinyale ait olduğunda iyi sonuçlar elde edebilen bir eşik arar. Otsu 'nun eşiği, sınıf içi varyanslar minimumlarına ulaşıncaya kadar görüntünün piksel değerlerinin tüm aralığı boyunca arama yaparak bulunur. Tanımlandığı gibi, Otsu 'nun yöntemi tarafından belirlenen eşik, arka plan veya ön plan olsun, daha büyük varyansa sahip sınıf tarafından daha derinden belirlenir. Bu nedenle Otsu 'nun yöntemi, resmin histogramı ikiden fazla doruğa sahip olduğunda veya sınıflardan birinin büyük bir varyansa sahip olması durumunda en küçük sonuçları oluşturabilir (Senthilkumaran ve Vaithegi, 2016).

Diskriminant analize ve sınıflar arasındaki varyantın en büyük olmasına dayanan bu yöntemle eşik değerinin belirlenmesi, obje ve art alan piksellerine ait toplam sınıf içi değişimlerin en aza indirilmesi ile gerçekleştirilir. Bu eşik belirleme yönteminde, sınıflardaki piksel sayıları yakın ise sonuçlar kullanılabilir niteliktedir. Eşik

değeri Denklem 3.8. ile bulunabilir (Otsu, 1979; Sezgin ve Sankur, 2004; Baykan, 2007).

Denklem 3.8. Otsu eşik değeri hesaplama fonksiyonu

$$T_{opt} = \arg \max \left\{ P(T)(1 - P(T))[m_0(T) - m_1(T)]^2 \right\}$$

3.3.3.4. Filtreleme

Filtreler; görüntü zenginleştirme, görüntüde istenilen özelliklerin vurgulanması, gürültü giderme, ayrıntıların belirgin hale getirilmesi ve belirli ayrıntıların ayıklanması vb. gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Görüntü işlemede filtreler, görüntüyü sayısal olarak kayıt eden cihazların görüntüyü hatalı şekilde elde etmelerinden ve aydınlatma gibi çevre koşullarının yetersizliğinden kaynaklanan pürüz ve kayıpları en aza indirmek için kullanılmaktadır (Kim, 1997; Akar, 2009).

Sayısal filtreler, görüntü zenginleştirme, görüntüde istenilen özelliklerin vurgulanması veya gürültü giderme amacıyla kullanılmaktadır. Uzaysal tanım kümesinde; filtrelemelerde, kenarların veya özel şekillerin görüntüde aranmasında genellikle konvolüsyon işlemi kullanılmaktadır. Konvolüsyon ile iki matris üst üste koyularak birleştirir ve aralarındaki ilişki aranır. Görüntü işlemede, görüntünün belirlenen bir çekirdek matrise ne kadar uyduğunu simgeleyen bir çıkış görüntüsü üretilir (Baykan, 2007).

Farklı amaçlar için kullanılan filtreleme operatörleri vardır. Bunlara kenar yakalama, kenar keskinleştirme ve görüntü yumuşatma vb. gibi birçok amaç için kullanılan filtreler örnek verilebilir (Kim, 1997; Akar, 2009).

Filtreler genellikle, çekirdek matris adı verilen 3x3 matrislerden oluşmaktadır. Bu matrisler filtreleme işlemleri yapılırken görüntü üzerinde gezdirilmektedir. Üst üste gelen değerlerin çarpımları ve elde edilen tüm çarpımların toplamalarının, filtre elemanlarının toplamına bölünmesiyle filtreleme işlemi gerçekleştirilir. Her defasında merkez pikselin yani ortadaki pikselin değeri değiştirilmektedir. Bu işlemler sırası ile tüm piksellere uygulanarak görüntü pikselleri güncellenmektedir (Atasever ve ark., 2010).

Gürültü gidermek için genellikle tercih edilen filtrelerden bazıları şunlardır (Bradski ve Kaehler, 2008).

- Ortalama Filtre (Mean Filter)
- Medyan Filtresi (Orta Değer Filtresi-Median Filter-Median Blur)
- Gauss Düzleştirme Filtresi (Gaussian Smoothing-Gaussian Blur)
- Bilateral Filtre
- Sobel Filtresi (Köşe Belirleme)

Geliştirilen uygulamada filtreleme yöntemleri arasından Medyan filtresi seçilmiştir. Medyan filtreleme tekniği, tuz-biber gürültüsünü gidermede en iyi sonuçları vermesinden dolayı tercih edilmiştir.

3.3.3.5. Morfolojik İşlemler

Biyoloji biliminde, canlıların yapı ve şekillerini inceleyen dalına “biçim bilimi” anlamına gelen “morfoloji” adı verilmektedir. Matematiksel morfoloji, temel küme işlemlerine dayanan, imgedeki sınırlar, iskelet gibi yapıların çıkartılması ve tanımlanması, bölütleme, gürültü giderme gibi uygulamalar için kullanılan araçtır (Karhan ve ark., 2011; Balcı ve ark., 2016).

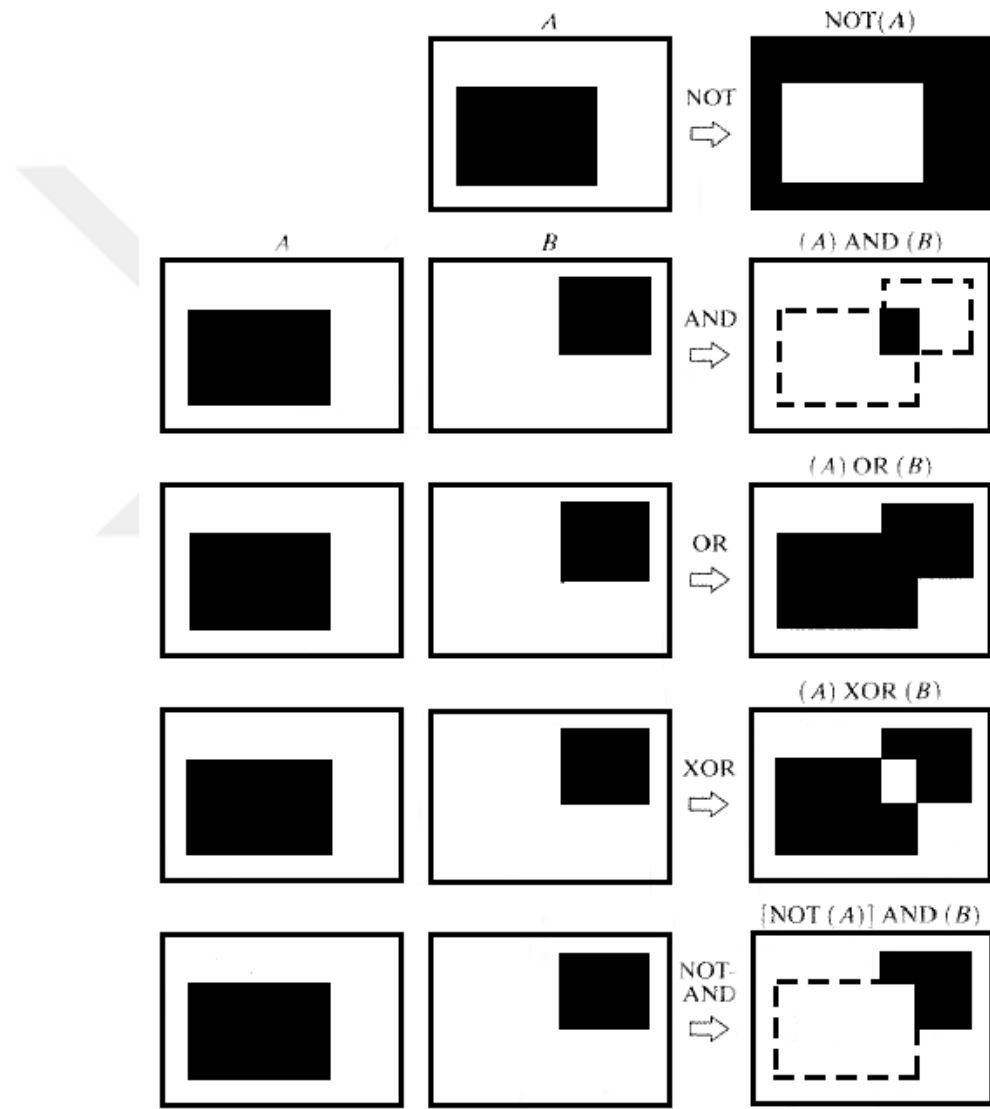
Matematiksel morfolojik işlemler, görüntünün temel şekil özelliklerini koruyarak ve yanlışları ortadan kaldırarak görüntü verisini sadeleştirme görevini görür (Haralick ve ark., 1987). Karmaşık şekillerde hareket ederken, onları anlamlı parçalarına ayırabilir ve anlamlı parçaları yabancı kısımlarından ayırt edilebilir (Haralick, 1988).

Görüntü işleme yönteminde ikili resimlerin analizinde; kenar belirleme, gürültü giderme, görüntü iyileştirme ve segmentasyonu gibi işlemlerde matematiksel morfoloji kullanılmaktadır (Akar, 2009).

Matematiksel morfoloji, imgenin şekilsel yapısına dayanan kümeler teorisine üzerine kurulmuş bir yaklaşımdır. Matematiksel morfoloji teorisinin temelleri ilk olarak 1980’li yıllarda Jean Serra ve Georges Matheron tarafından atılmıştır. Bu metodun temelinde iki morfolojik operatör yatmaktadır; Bunlar aşınma ve genişlemedir. Dijital

sinyaller için genişleme işlemi ise Minkowski küme toplama işlemi; aşınma işlemi, bir Minkowski küme çıkarma işlemidir. Genişleme işlemi kümeler cebirinde birleşim işlemine denk gelirken, aşınma işlemi, kümeler cebirinde kesişim işlemine denk düşmektedir. Bu işlemler Serra tarafından ikili olmayan sinyallere de genişletilmiştir (Karhan ve ark., 2011; Balcı ve ark., 2016).

Şekil 3.18.'de binary görüntüler üzerindeki bazı lojik işlemler gösterilmiştir. Şekildeki siyah pikseller 0'ı, beyaz pikseller ise 1'i temsil eder.



Şekil 3.18. Binary görüntüler üzerindeki (NOT, AND, OR, XOR, NOT-AND) lojik işlemler

Binary resimler üzerinde uygulanacak morfolojik işlemler şunlardır (Balcı ve ark., 2016):

- Genişletme (Dilation)
- Aşındırma (Erosion)
- Açma (Opening)
- Kapama (Closing)

Bu işlemler için giriş bilgisi olarak iki parçalı bilgi kullanılır. Bunlardan biri aşındırılacak veya genişletilecek görüntü, diğeri de maske ya da kernel diye isimlendirilen yapısal elemandır (Akar, 2009). Şekil 3.19.'da 3x3 yapısal eleman (maske) gösterilmiştir.

1	1	1
1	1	1
1	1	1

Şekil 3.19. 3x3 Yapısal eleman (maske)

Şekil 3.19.'daki maske, bir ön alan pikselinin komşu piksellerinin 8'inin de beyaz olmasını ayırt edebilen bir maske çeşididir. Yani 8'li komşuluk ilişkisine göre çalışır. Farklı işlemler için farklı yapıda maskeler kullanılabilir. Bunların yanı sıra morfolojik işlemlere ek olarak iskeletini çıkarmak (skeletonization), inceltmek (thinning), kalınlaştırmak (thickening), Hit and Miss dönüşümü (Hit and Miss Transform) gibi operatörler de sayılabilir (Akar, 2009).

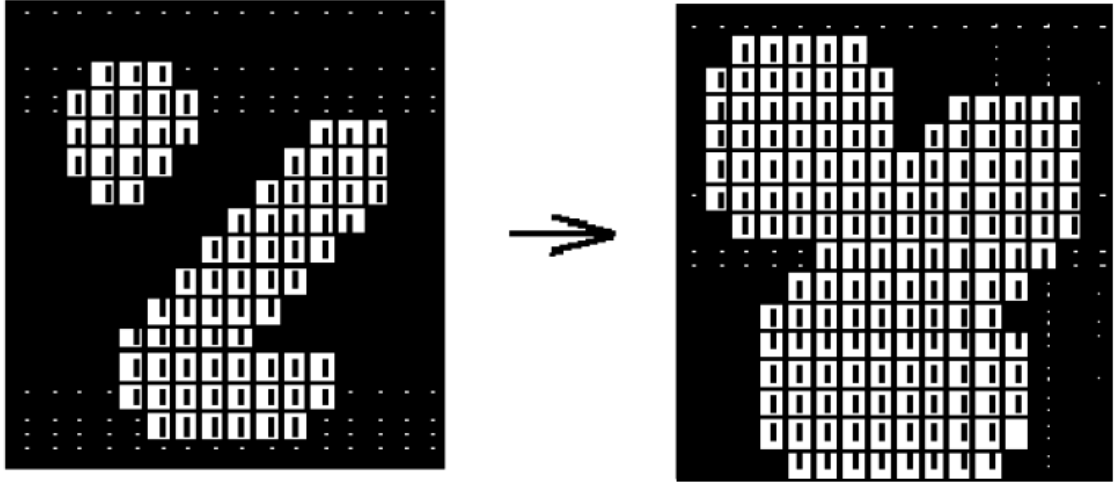
Bu tez çalışmasında, görüntü üzerindeki şekillerin netleşmesini sağlamak için ikili seviye görüntüye "Açma (opening) işlemi uygulanmıştır. Bu işlem, ilk olarak aşındırma (erosion) daha sonra da genişleme (dilation) işlemlerinin uygulandığı bir tekniktir.

3.3.3.5.1. Genişletme (Dilation)

İkili imgedeki nesneyi kalınlaştırmaya veya büyütmeye yarayan morfolojik işlemdir. Sayısal bir imgeyi genişletmek için imgeyi yapısal elemanla kesiştiği bölümler kadar büyütmek gerekir. İşlenecek imgenin her bir pikseli, yapısal elemanın merkez noktasına yerleştirilerek genişleme işlemi yapılmaktadır. Kalınlaştırma işleminin nasıl

yapılması gerektiğini yapısal eleman belirler. Genleşme işlemi gerçekleştirilmiş bir imgede, imge içerisinde bulunan boşluk ve deliklerin doldurulması ve köşe noktasının yumuşaması gözlenir (Gonzales ve Woods, 2002; Karhan ve ark., 2011).

Genişletme işlemi genellikle ikili resimlerde kullanılan bir işlemdir ancak gri ton resimlere de uygulanabilir. Şekil 3.19.'da gösterilen 3x3 lük karesel bir maskenin genişletme işlemlerinde kullanılmasından elde edilen görüntü, Şekil 3.20.'de verilmiştir (Akar, 2009).



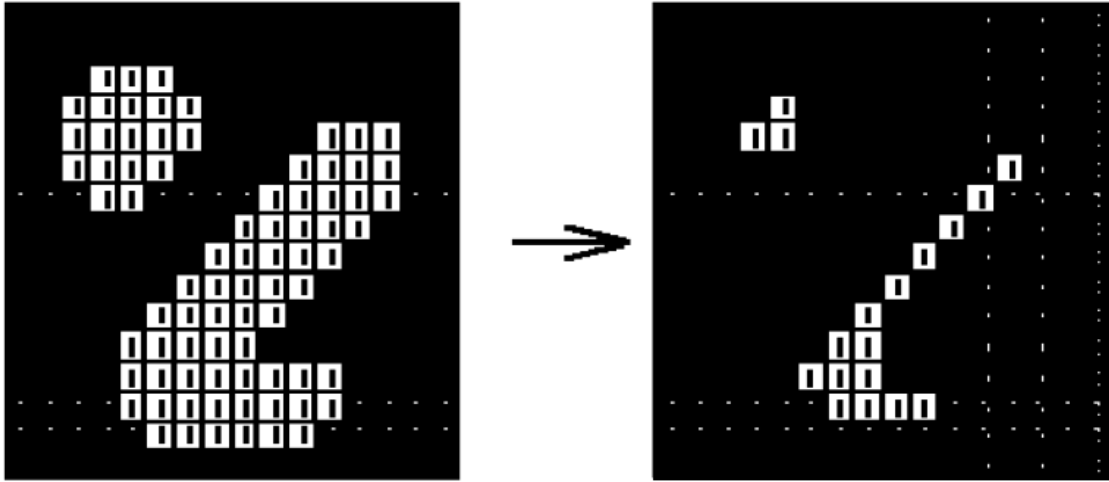
Şekil 3.20. 3x3 Maske kullanılarak yapılan genişletme işlemi

Genişletme işlemi yapılırken; ön alan piksellerini aşındırma işlemine karşılık, art alan piksellerini genişletme işlemi söz konusudur. Yani maskenin herhangi bir pikseline, görüntünün ön alan pikseli karşılık geliyorsa o piksel değeri ön alan değerine atanır; maskenin her bir pikseline, görüntünün art alan pikseli karşılık geliyorsa o piksel değeri olduğu gibi bırakılarak geçilir (Akar, 2009).

3.3.3.5.2. Aşındırma (Erosion)

İkili imgedeki nesneyi inceltmeye ya da küçültmeye yarayan morfolojik işlemdir. İmge içerisindeki nesnelere küçülerek sınır bölgesi aşınır, delik varsa genişler, bağlı nesnelere birbirinden ayrılma eğilimine girer ve gürültülü şekiller düzelir (Gonzales ve Woods, 2002; Karhan ve ark., 2011). Aşındırma işlemi genellikle ikili resimlerde kullanılan bir işlemdir ancak gri ton resimlere de uygulanabilir. Şekil 3.19.'da gösterilen

3x3 lük karesel bir maskenin aşındırma işlemlerinde kullanılmasından elde edilen görüntü, Şekil 3.21.'de verilmiştir (Akar, 2009).



Şekil 3.21. 3x3 Maske kullanılarak yapılan aşındırma işlemi

Aşındırma işlemi yapılırken; eğer maskenin her bir pikseline, görüntünün ön alan pikseli karşılık geliyorsa o piksel değeri olduğu gibi bırakılarak geçilir; maskenin herhangi bir pikseline, görüntünün art alan pikseli karşılık geliyorsa ön alan değeri art alan değerine atanır.

3.3.3.5.3. Açma (Opening)

İmge üzerinde aşınma işlemi uygulandıktan sonra genişleme işleminin uygulanmasıyla *açma işlemi* elde edilir. İmge içerisindeki nesnelere ve nesnelere arasındaki boşluklar yapısal elemanların büyüklüklerine göre temizlenir (Karhan ve ark., 2011; Balcı ve ark., 2016). Açma işlemiyle birbirlerine yakın iki nesne, imge üzerinde fazla değişime sebebiyet vermeden ayrılmış olur (Topaloğlu ve Gangal, 2006; Karhan ve ark., 2011; Balcı ve ark., 2016). Şekil 3.19.'da gösterilen 3x3 lük karesel bir maskenin açma işlemlerinde kullanılmasından elde edilen görüntü, Şekil 3.22.'de verilmiştir (Anonymous, 2018b).



Şekil 3.22. 3x3 Maske kullanılarak yapılan açma işlemi

3.3.3.5.4. Kapatma (Closing)

İmge üzerinde genişleme işlemi uygulandıktan sonra aşınma işleminin uygulanmasıyla *kapama işlemi* elde edilir. Böylelikle birbirine yakın iki nesne, imge üzerinde fazla değişiklik yapılmadan birbirine bağlanmış olur (Topaloğlu ve Gangal, 2006; Karhan ve ark., 2011; Balcı ve ark., 2016). Şekil 3.19.'da gösterilen 3x3 lük karesel bir maskenin kapatma işlemlerinde kullanılmasından elde edilen görüntü, Şekil 3.23.'te verilmiştir (Anonymous, 2018b).



Şekil 3.23. 3x3 Maske kullanılarak yapılan kapatma işlemi

3.3.3.6. Kenar Bulma (Edge Detection)

Kenar bulma, resimlerde nesnelerin sınırlarını bulmak için bir görüntü işleme tekniğidir (Anonymous, 2018c). Kullanımda pek çok kenar bulma operatörü mevcuttur ve bunların her biri ayrı ayrı karakteristik özelliğe sahiptir. Operatörlerin seçimi, kişisel öncelik veya özel deneyimlere göre farklılık gösterir.

Kenar bulma, kenar piksellerini belirlemeyi içerir ve bir bölgedeki grup hâlindeki pikseller “kenar konturları” olarak isimlendirilir. Bu iki adım arasında önemli farklılıklar vardır. Siyah pikselleri, bilinen kenar piksellerine; beyazları da diğer bütün piksellere sıralamak buna örnek olarak gösterilebilir. Eğer bu ikili görüntü ekranda

gösterilirse tüm kenarlar rahatça görülebilir ama kenarlar arasındaki komşuluk ilişkileri henüz kesin olarak belirlenemez. Şu da var ki kenar konturları sadece *kapalı alan* olarak ifade edilir ancak bu, kenar eşleştirme metotlarının çoğuna uygun değildir.

Bu metotta sıfır köşeli konturlar, öncelikle piksel piksel eşleştirilir daha sonra büyük alanlar içeren sınıflarda eşleştirmeleri yapılır. Bu sayede varlıklar aynı satırda görüntü çiftleri oluşturur (Akar, 2009).

Görüntü üzerindeki birbirlerinden farklı gri seviye veya renk değerlerine sahip bölgeler arasındaki sınırlar, kenar olarak tanımlanmaktadır (Çulha, 1996; Kurtulmuş, 2012). Kenar bilgisi görüntü üzerindeki nesnelere konumlandırma açısından önemlidir. Kenar tanıma, gri seviyeli ya da renkli görüntüdeki anlamlı süreksizliklerin bulunması için en çok tercih edilen yaklaşımdır. Kenar saptama yöntemleri, üzerinde sıklıkla çalışılan bir konudur.

Bu yöntemler, genellikle kenar bulma operatörleri şeklinde isimlendirilirler. Canny, Gradyan, Sobel, Prewitt, Roberts gibi kenar bulma operatörleri görüntü işleme alanında kenar tespitinde sıklıkla kullanılmaktadır. Şekil 3.24.'te örnek görüntü ve kenar görüntüleri verilmiştir (Kurtulmuş, 2012).



Şekil 3.24. Örnek görüntü ve çıkartılmış kenar görüntüsü

Bir görüntüyü kenarlarından temsil etmek, görüntü bilgilerinin çoğunu muhafaza ederken depolanması gereken veri miktarını azaltma avantajına sahiptir (Vijayarani ve Vinupriya, 2013).

3.3.3.6.1. Canny Kenar Bulma Algoritması

Canny kenar detektörü olarak adlandırılan ve kenarları bulmak için kullanılan bu yöntem, 1986 yılında J. Canny tarafından geliştirilmiştir (Bradski ve Kaehler, 2008; Vijayarani ve Vinupriya, 2013).

Canny Edge Detector, kenarları çok güçlü bir şekilde algılayan en yaygın kullanılan görüntü işleme araçlarından biridir. Canny kenar detektörü, endüstride standart kenar algılama yöntemi olarak kabul edilmektedir. Canny, kenar algılama problemini, bir sinyal işleme optimizasyonu problemi olarak görmüş ve bu yüzden objektif bir fonksiyon optimize edilecek şekilde geliştirmiştir. Bu problemin çözümü oldukça zor bir üstel fonksiyondur ancak Canny, kenar arama problemini tahmin etmek ve optimize etmek için sayısız yol bulmuştur (Vijayarani ve Vinupriya, 2013).

Canny kenar detektöründeki algoritma 5 ayrı adımda çalışır:

1. Pürüzsüzleştirme: Gürültüyü kaldırmak için görüntünün bulanıklaştırılmasıdır. İlk olarak görüntü üzerindeki gürültüyü azaltmak için gaussian çekirdekle konvolüsyon işlemi gerçekleştirilir. Denklem 3.9.'daki formül ile gerçekleştirilir.

Denklem 3.9. Gauss gürültü azaltma fonksiyonu

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

Formüldeki x, y görüntü koordinat bilgisi, ilişkili olasılık dağılımının standart sapmasını vermektedir.

2. Gradyanların bulunması: Görüntüde; kenarların, büyük gradyanlarının işaretlenmesi için gradyan operatörü uygulanarak gradyanın yönü ve büyüklüğü bulunur. Denklem 3.10. ile gradyanın yönü ve büyüklüğü hesaplanmaktadır.

Denklem 3.10. Gradyan operatörü ile kenar gradyan ve yönü bulma fonksiyonu

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

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

3. Maksimum olmayan baskıların yok edilmesi: Büyük pikseller kenar olarak işaretlenir, küçük pikseller dikkate alınmaz. Kenarlar Denklem 3.11.'de hesaplanan non-maksima baskılama fonksiyonu uygulanarak inceltir.

Denklem 3.11. Non-maksima baskılama fonksiyonu

$$\frac{\partial^2}{\partial n^2} G * g = 0$$

İnceltiren kenar noktasında, güçlü kenarların büyüklüğü Denklem 3.12. ile hesaplanmaktadır.

Denklem 3.12. Güçlü kenarların büyüklüğünü bulma fonksiyonu

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

4. Çift eşikleme: Potansiyel kenarlar çift eşikleme ile belirlenir.

5. Kenar izleme: Son kenarlar, kesin (güçlü) bir kenara bağlı olmayan tüm kenarların yok edilmesiyle belirlenir. (Canny, 1986; Vijayarani ve Vinupriya, 2013; İlkin, 2015; Kalra, 2018)

3.3.3.7. Kontur Çıkarma (Contours)

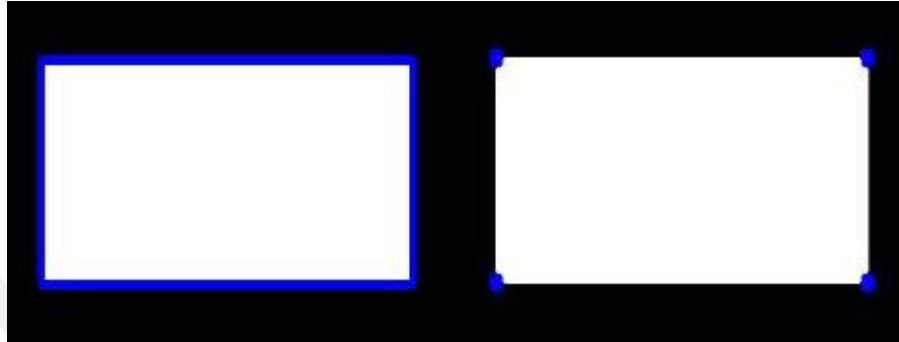
Canny kenar detektörü gibi algoritmalar, bir görüntüde farklı bölümleri ayıran kenar piksellerini bulmak için kullanılabilir olsalar da bu kenarlar, kendileriyle ilgili oldukları varlıklar hakkında hiçbir şey söylemezler.

Bir sonraki adım, bu kenar piksellerini konturlara birleştirebilmektir. Bir kontur, bir şekilde veya bir görüntüde bir eğriyi temsil eden noktaların bir listesidir (Bradski ve Kaehler, 2008). Sınıflandırmada ve segmentasyonda görüntüyü parçalara ayırmak önemlidir (Auroux ve ark., 2011).

Konturlar aynı yoğunluk ya da renge sahip sürekli noktaları (sınır boyunca) birleştiren eğri olarak tanımlanabilir. Konturlar şekil analizi, nesne algılama ve nesne tanıma için kullanışlı bir araçtır.

OpenCV 'de kontur alma, *findContours* komutu ile yapılır ve üç parametre alır. Birinci parametre kaynak görüntü, ikinci parametre kontur alım modu ve sonuncusu da kontur yaklaşım metodudur (Anonymous, 2018d).

Kontur yaklaşım metodunun da iki yöntemi vardır: CHAIN_APPROX_NONE ve CHAIN_APPROX_SIMPLE yöntemleri. Şekil 3.25.'te bu iki yöntemin sonuçlarının gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.25. CHAIN_APPROX_NONE ve CHAIN_APPROX_SIMPLE yöntemlerinin görüntü üzerindeki gösterimi

Şekil 3.25.'teki sol görüntü üzerine mavi renkler ile CHAIN_APPROX_NONE yöntemi kullanılarak kontur alma olayı gösterilmiştir.

Resimden de anlaşılacağı üzere nesnenin tüm konturları hafızada tutularak işlem yapılır. Yani mavi ile çizilmiş çizgilerin piksel olarak koordinat değerleri tutulur ve 734 adet pikselin koordinatları saklanır. Sağ taraftaki resimde ise CHAIN_APPROX_SIMPLE yöntemi ile sadece nesnenin köşe noktalarının koordinatları hafızada tutulur ve 4 adet pikselin koordinatları saklanır (Anonymous, 2018d).

Kontur alım modunun ise 4 modu vardır:

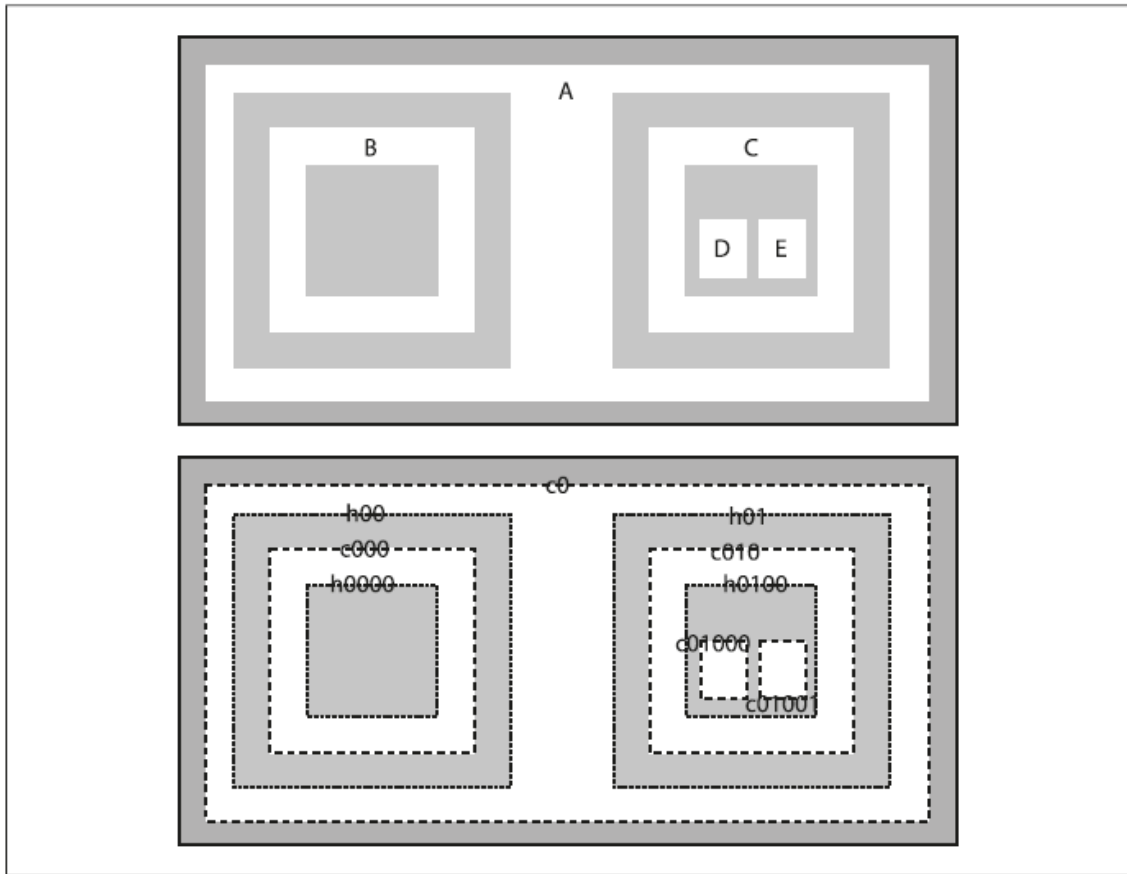
RETR_EXTERNAL: Sadece en dış konturu almak için kullanılır. Şekil 3.26.'da gösterildiği gibi sadece c0'ı bulur ve Şekil 3.27'de gösterildiği gibi c0 piksellerinin koordinatlarını tutar.

RETR_LIST: Görüntü üzerindeki tüm konturları bulur ve listeye koyar. Şekil 3.27.'de, Şekil 3.26.'daki görüntüden oluşan listeyi göstermektedir.

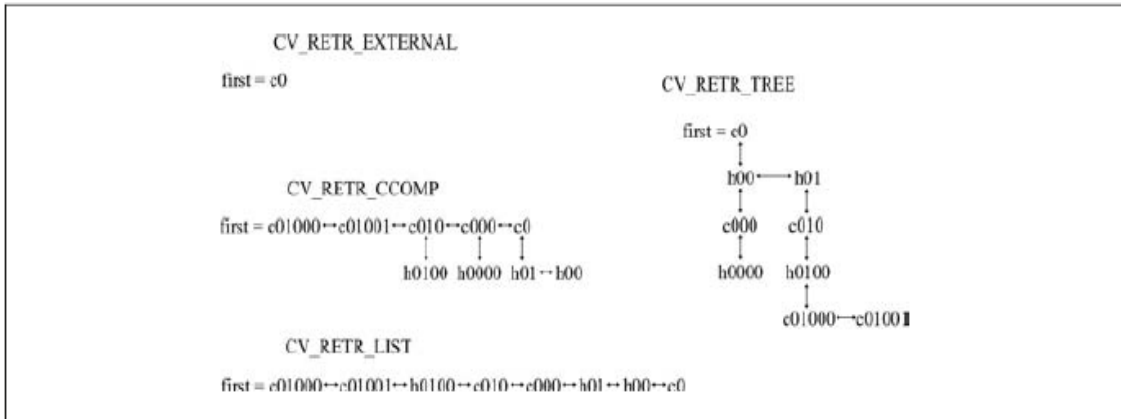
RETR_CCOMP: Tüm konturları alır ve bunları iki seviyeli bir hiyerarşide düzenler. En üst düzeyde bileşenlerin harici sınırları vardır. İkinci seviyede, deliklerin sınırları vardır. Bağlı bir bileşenin deliğinin içinde başka bir kontur varsa onu en üst

seviye kontura konur. Şekil 3.26.'da görüldüğü üzere beş tane dış kontur ve bunun üç tanesinin de delikleri olduğunu ve en dış c0 konturunun da 2 delik içerdiği görülmektedir.

RETR_TREE: Tüm konturları alır ve iç içe konturların tam hiyerarşisini yeniden yapılandırır. Şekil 3.26. ve Şekil 3.27.'e baktığımızda kök düğümün en dıştaki c0 olduğunu görürüz. c0 konturunda aynı seviyede h01 ve h00 delikleri vardır. Bu deliklerin her biri, ebeveynlerine dikey bağlantılarla bağlı olan çocuklara sahiptir (sırasıyla c000 ve c010). Bu, görüntüdeki en içteki konturlara kadar devam eder ve bu da ağaçtaki yaprak düğümleri hâline gelir. (Bradski ve Kaehler, 2008)



Şekil 3.26. İki tip kontur gösterimi: Dış konturlar (kesikli çizgiler) ve delikler (noktalı çizgiler)



Şekil 3.27. Konturların modlara göre bağlı liste gösterimi



4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu tez çalışmasında amaç, sıradan bir yazıcıdan kare kodlu ve cevap alanlı bir optik form çıktısı alabilmek ve optik formdaki işaretlenmiş şıklardan oluşan verilerin hızlı ve maliyetsiz olarak dijital ortama aktararak değerlendirme işleminin yapılmasıdır. Çoğu benzer sistemlerde iş gücü, enerji ve zaman kaybını en aza indirmek için optik okuyucular kullanılmaktadır. Optik okuyucuların ve optik formların maliyetli olması, çeşitli ortamlara adapte edilememesi ve kullanım için eğitim gerektirmesi kullanışlı olmasını engellemektedir. Görüntü işleme ile optik okuma yapılması, optik okuyucu ile meydana gelen okuma maliyetlerini önemli oranda düşürmektedir. Ayrıca özel basım optik formlara da ihtiyaç kalmadan sıradan bir yazıcıdan (siyah/beyaz) alınan optik formlar da kullanılabilir. Görüntü işleme yöntemi ile optik okuma ve değerlendirme konulu çalışmalar mevcuttur.

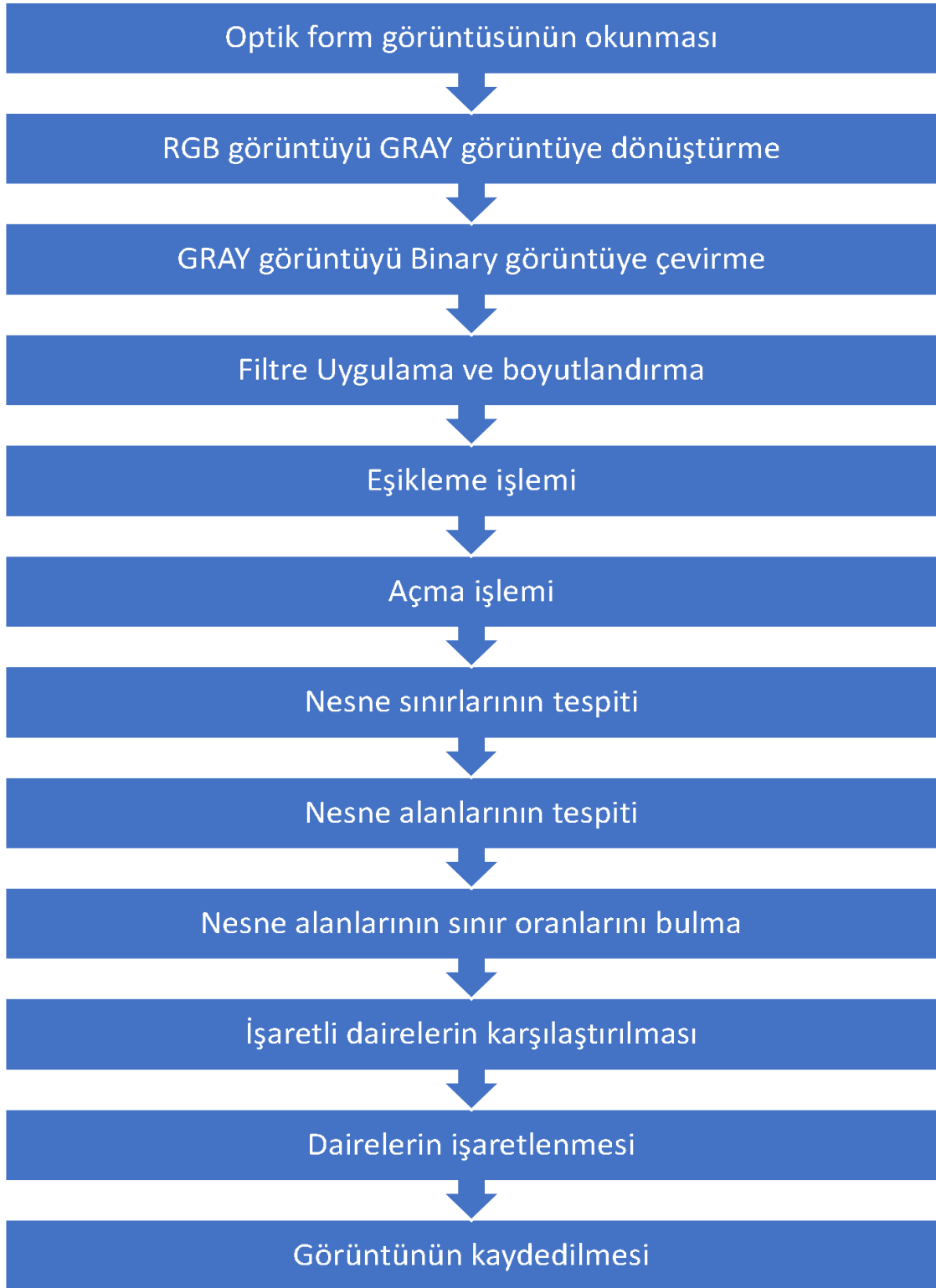
Mevcut çalışmalarla geliştirilen yazılım kıyaslandığında, bu çalışmadaki yenilik, optik formun içinde bulunan her alana bir nesne gibi davranması ve nesnenin boyut ve özelliklerine göre okunmasıdır. Başka bir ifade ile cevap alanındaki a, b, c ve d şıklarına, piksellerden oluşmuş bir renk skalası olarak değil, her şıkka bir nesne gibi davranarak o nesnenin tüm özelliklerini kullanabilmesidir.

Ayrıca çoğu optik okuyucular sadece kurşun kalem ile işaretlenmiş kâğıtları okuyabilir ve farklı renklerle işaretlenmiş optik formları okuyamaz. Geliştirilen uygulamanın en avantajlı yönlerinden biri farklı renkle işaretlenmiş optik formları okumaya imkân sağlaması ve düzgün işaretleme yapılmassa bile okuyabilmeye imkân vermesidir.

Geliştirilen uygulamanın diğer bir avantajı da her soruyu kendi içerisindeki işaretleme ile karşılaştırmasıdır. Örneğin işaretleyici, belli bir yere kadar aynı kalemi kullanıp daha sonra bu kalemini değiştirebilir. Bu yüzden sayfa genelindeki işaretlemenin ortalaması alınarak elde edilen değer ile bir işlem yapmak mümkün olmayacaktır. Geliştirilen uygulamada her soru şikkının işaretlenmesinin ortalamasını ayrı ayrı alınarak birer eşik değeri üretilip, o işaretleme alanı için bu eşik değerinin kullanılmasıdır. Mevcut kullanılan optik okuyucu ve ilgili yazılımlar renkli kalem işaretlerini okuyamamakta ve dolayısıyla değerlendirme mümkün olmamaktadır.

Geliştirilen yazılımda okuma işlemi, optik okuyucu yerine sıradan herhangi bir tarayıcı ile optik formlar taranır ve görüntü işleme tekniğine dayalı olarak değerlendirme yapılır.

Bu bölümde tez çalışmasına konu olan uygulamanın çalışma adımlarına tek tek değinilmiş ve bu adımlar ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Uygulama modelinin çalışma adımları Şekil 4.1.'de, pseudocode (sözde kod) Şekil 4.2.'de ve akış şeması Şekil 4.3.'de gösterilmektedir.



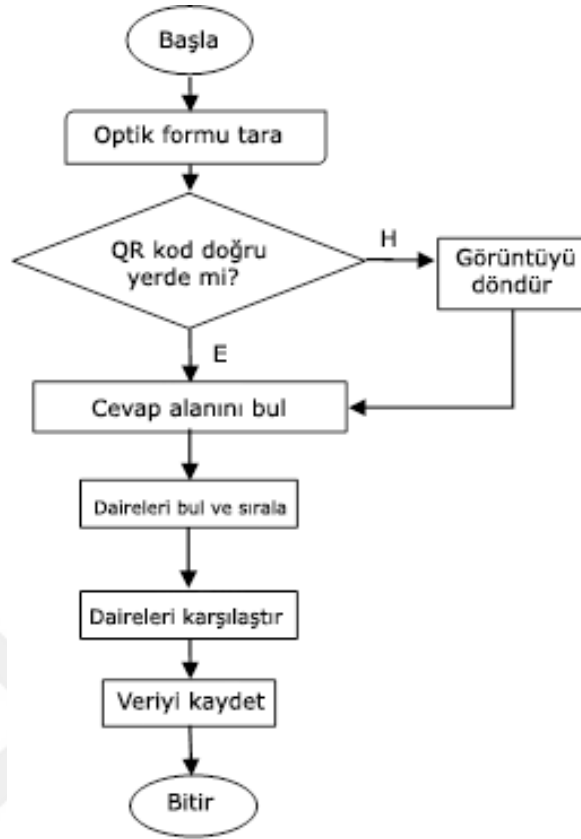
Şekil 4.1. Uygulama Modelinin İşlem Basamaklarının Blok Diyagramı

```

FUNCTION qroku(img):
  data <- decode(img)
  qrcode <- data[0][0]
  location <- data[0][1]
  IF(location = mylocation):
    OUTPUT qrcode
  ELSE:
    rotate(img)
  ENDIF
ENDFUNCTION
FUNCTION cevapanibul(img):
  img <- threshold(img)
  opening <- morphology(img)
  canny <- cannydetector(opening)
  for gray in split(canny):
    contours <- findContours(canny)
    for cnt in contours:
      IF len(cnt) = 4 AND contourArea(cnt) = myarea:
        x,y,w,h <- boundingRect(cnt)
        cevapalani <- img[y:y+h,x:x+w]
        OUTPUT cevapalani
      ENDIF
    ENDFOR
  ENDFOR
ENDFUNCTION
FUNCTION degerlendir(img):
  cnts <- findContours(img)
  for cnt in cnts:
    (x, y, w, h) <- boundingRect(cnt)
    ar <- w / h
    IF ar=dairecapi
      dairecnts.append(cnt)
    ENDIF
  ENDFOR
  dairecnts <- sort_contours(dairecnts,method="top-to-bottom")
  for (q, i) in enumerate(np.arange(len(dairecnts), 4)):
    satircnt <- sort_contours(dairecnts[i:i + 4])
    for (j, c) in enumerate(satircnt):
      mask <- np.zeros(img.shape)
      drawContours(mask, [c])
      mask <- bitwise_and(img, img, mask=mask)
      IF array[i] < countNonZero(mask)
        array[i] = c
      ENDIF
    ENDFOR
  ENDFOR
ENDFOR
ENDFUNCTION

```

Şekil 4.2. Uygulama Modelinin Akış Şeması



Şekil 4.3. Uygulama Modelinin Akış Şeması

Optik cevap formları üzerinde, Bölüm 3’te detaylı olarak anlatılan renkli görüntüyü gri seviyeye çevirme tekniği, Median filtreleme tekniği ve eşik değeri belirleme metodu kullanılmıştır.

Görüntüyü gri seviyeye çevirme yöntemlerinden, en sık kullanılan ve insan gözünün, renkleri görme aralıkları (Anonymous, 2018g; Helland, 2018) dikkate alınarak hesaplanan kat sayıları kullanmak suretiyle daha başarılı bir şekilde görüntüleri griye çeviren ağırlık toplama yöntemi seçilmiştir.

Filtreleme yöntemleri arasından Median filtresi seçilmiştir. Median filtreleme tekniği, tuz-biber gürültüsünü gidermede en iyi sonuçları vermesinden dolayı tercih edilmiştir (Gonzales ve Woods, 2002).

Eşik değeri belirleme metodu olarak Otsu metodu, daha iyi sonuçlar verdiği için ve görüntü üzerindeki renklerin tekrarlanma sıklığına dayalı hesaplamalar yaparak tespit ettiği adaptif bir eşik değeri ile görüntüleri daha başarılı bir şekilde ikili hâle çevirebildiğinden dolayı seçilmiştir (Otsu, 1979; Yu ve ark., 2010).

Bölüm 3.2.3.'te de belirtildiği gibi öncelikle ZBar kütüphanesini kullanılarak kare kod bilgileri okunmuştur. Bu bilgiler içerisinde kare kodun konum bilgileri, tipi ve data bilgisi yer almaktadır. Konum bilgisi ile kare kodun başlangıç pikselinin x ve y koordinatlarını yine aynı şekilde bitiş pikselinin x ve y koordinatları elde edilmiştir. Elde edilen bu bilgilerle, taranmış optik form görüntüsünün yönünün ters mi yoksa düz mü olduğu belirlenmiş ve ona göre bir işlem uygulanmıştır.

Optik form görüntüsünün yönü düz ise herhangi bir işlem yapmadan bir sonraki işleme yönlendirilmiştir. Eğer ters ise, döndürme fonksiyonu ile optik form görüntüsü otomatik olarak 180 derecelik açı ile döndürerek düzeltilmiştir.



Griye çevirme

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20


21

22

23


24

25



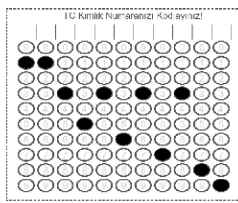
ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
AD SOYAD	Zeki KÜÇÜKARA
SINIF / ŞUBE	8. Sınıf / A Şubesi
İLÇE	SELÇUKLU
OKULADI	NEÜ Ortaokulu
NUMARA	123
KURUM KODU	123456

KITAPÇIK TÜRÜ



Kitapçık türünü
işaretlemeyi
unutmayınız!


TC Kimlik Numaranızı Kodlayınız




Değerli Öğrencimizi! Cevap kâğıdımızın doğru ve tam okunabilmesi için:

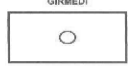
- Cevap kâğıdınızı katlamayınız ve buruşturmayınız.
- Sizi ayrılan bölümler dışında başka bir yere işaretleme yapmayınız.
- Kodlamalarımızı koyu, siyah ve yumuşak uçlu kurşun kalem ile yapınız.
- Kodlamalarınızı cevap için ayrılan alanın dışına taşımayınız.
- Doğulamak istediğiniz cevabı yumuşak bir silgi ile kâğıda zarar vermeden temizce siliniz.
- Bu testte her bir soru için tek bir doğru cevap vardır. Birden fazla seçeneği işaretlemeiniz.

ÖRNEK KODLAMA

DOĞRU 

YANLIŞ 

GÖZETMEN TARAFINDAN DOLDURULACAK ALANLAR

GÖZETMEN BİLGİLERİ		ÖĞRENCİ SINAVA GİRMEZ!
AD SOYAD		
İMZA	Öğrenci, kitapçık türünü doğru kodlamıştır.	

Şekil 4.6. Gri seviyeli kodlanmış optik form görüntüsü

4.3. Görüntü İyileştirme

Gri seviyeye dönüştürülen görüntü Median Blur filtresi ile Şekil 4.7.'te gösterildiği gibi tuz-biber görüntülerinden temizlenerek piksel hatalarından büyük ölçüde arındırılmıştır.

The image shows a window titled 'Median Blur Filtre' with a green border. Inside, there is an optical form with a grid of circles on the left, numbered 1 to 25. The form contains the following sections:

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ
 AD SOYAD: **Zeki KÜÇÜKKARA**
 SINIF / ŞUBE: **B. Sınıf / A Şubesi** NUMARA: **123**
 İLÇE: **SELÇUKLU** KURUM KODU: **123456**
 OKULADI: **NEÜ Ortaokulu**

KITAPÇIK TÜRÜ
 (Two circles, one filled, one empty)
 Kitapçık türünü işaretlemeyi unutmayınız!

T.C Kimlik Numaranızı Kodlayınız!
 (A 16x16 grid of circles, some filled, some empty)

Değerli Öğrencimiz! Cevap kâğıdınızın doğru ve tam okunabilmesi için:

- Cevap kâğıdınızı katlamayınız ve buruşturmayınız.
- Size ayrılan bölümler dışında başka bir yere işaretleme yapmayınız.
- Kodlamalarınızı koyu, siyah ve yumuşak uçlu kurşun kalem ile yapınız.
- Kodlamalarınızı cevap için ayrılan alanın dışına taşırmayınız.
- Değiştirmek istediğiniz cevabı yumuşak bir silgi ile kâğıda zarar vermeden temizce siliniz.
- Bu testte her bir soru için tek bir doğru cevap vardır. Birden fazla seçeneği işaretlemeyiniz.

ÖRNEK KODLAMA
 DOĞRU: (Filled circle)
 YANLIŞ: (Circle with a slash)

GÖZETMEN TARAFINDAN DOLDURULACAK ALANLAR

GÖZETMEN BİLGİLERİ
 AD SOYAD: _____
 İMZA: _____
 Öğrenci, kitapçık türünü doğru kodlamıştır.

ÖĞRENCİ SINAVA GİRMEZ!
 (Empty circle)

Şekil 4.7. Median Blur filtresi uygulanmış optik form görüntüsü

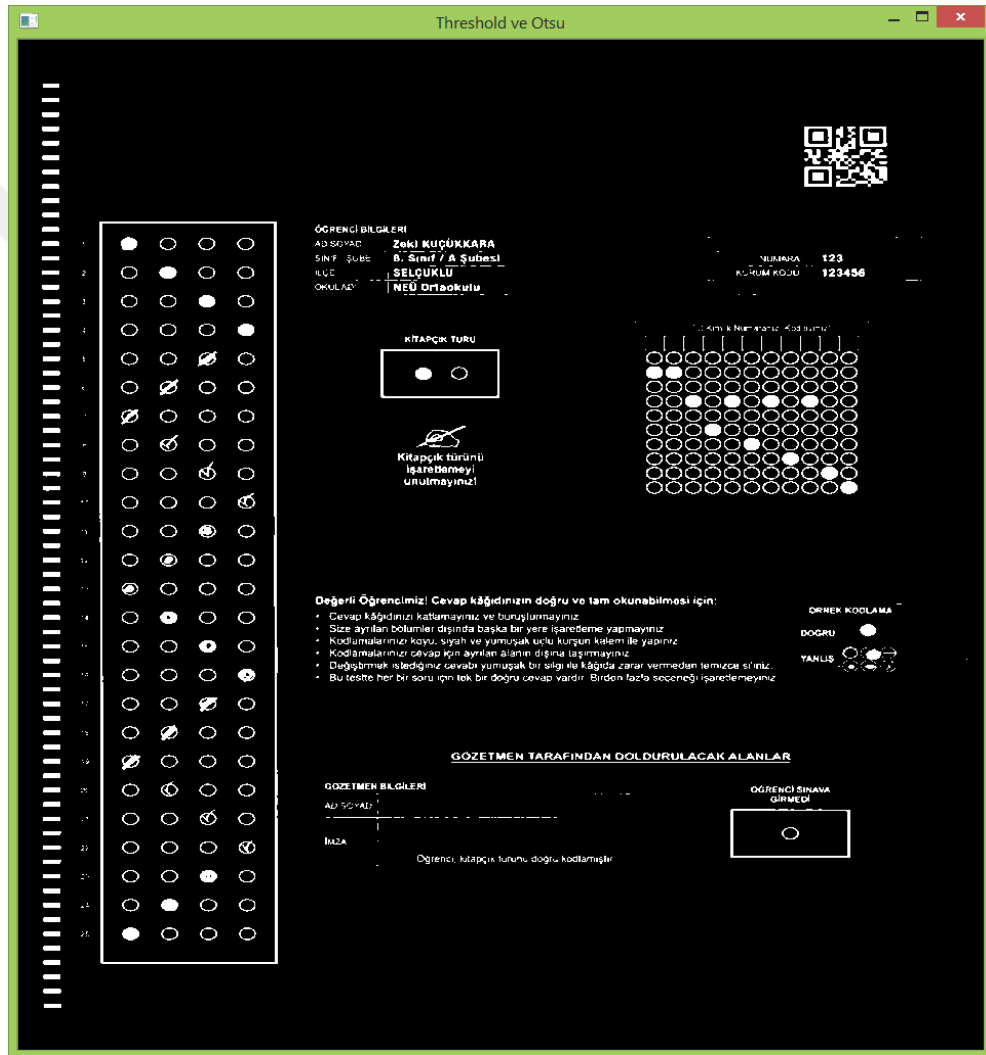
Verilen parametre ile 5x5'lik çekirdek alanı altındaki tüm piksellerin komşuluk değerleri ilk olarak sıraya koyulur ve ortanca değer alınır. Bu değer, doğrudan sonuç olarak kabul edilir ve diğer komşu piksel değerleri de bu değer ile değiştirilir. Ortanca değeri net elde edebilmek için komşu sayısı tek sayı olarak seçilir. Eğer hesaplamada komşu sayısı çift sayı bir değer kullanılırsa ortada kalan iki değer aritmetik ortalaması hesaplanarak kullanılır (Siyah, 2018; Şeker, 2018).

4.4. İkili Seviyeye Dönüştürme

Gri seviyeli bir görüntüyü, ikili seviye görüntüye dönüştürülürken bir eşik değeri kullanılır. Gri seviyeli görüntüde her piksel işleme alınarak değerlendirilir. Bu işlem sırasında belirlenen eşik değerinden büyük olan pikseller 255 yani beyaz renk, eşik

değeri altında kalan pikseller 0 yani beyaz renk olarak atanır. Geliştirilen uygulamada standart bir değer vererek bir eşik değeri belirleme yoluna gidilmemiştir.

Eşik değerini Otsu 'nun eşik belirleme yöntemine göre dinamik olarak oluşturulması ve gri seviyeli görüntü ikili seviyeye dönüştürülmesi gerektiğinden (Weszka ve ark., 1974; Haralick ve ark., 1987; Sezgin ve Sankur, 2004; Yu ve ark., 2010) bu işlem yapılmıştır. Şekil 4.8.'te Otsu eşik yöntemine göre ikili seviyeye dönüştürülmüş görüntü verilmiştir.

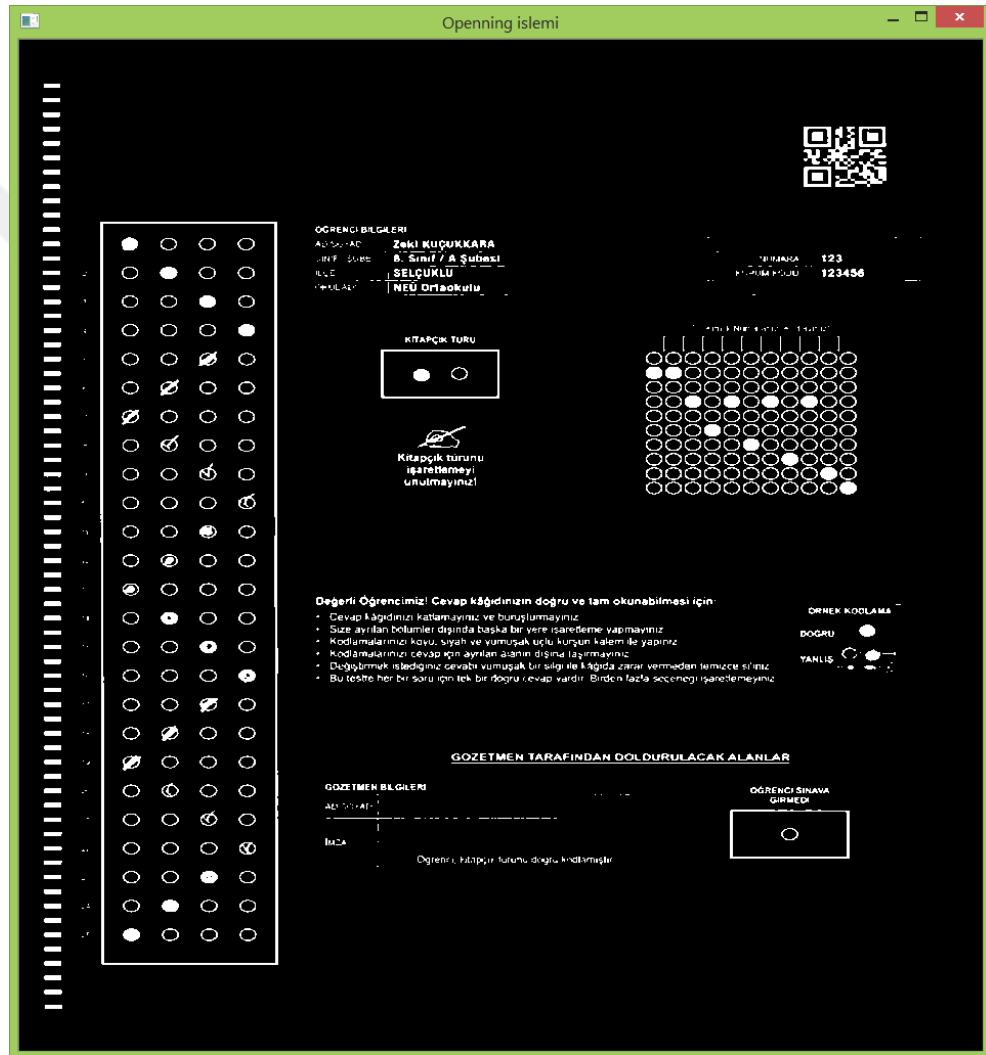


Şekil 4.8. İkili seviyeye dönüştürülmüş görüntü

Geliştirilen uygulamada, istenen en uygun ikili seviye görüntüyü elde edebilmek için eşik değerinin dinamik olması gerekmektedir. Bu tez çalışmasında dinamik eşik değeri belirlemek için Otsu algoritması kullanılmıştır.

4.5. Morfolojik İşlem Uygulama

Bu tez çalışmasında, görüntü üzerindeki şekillerin netleşmesini sağlamak için ikili seviye görüntüye “Açma (opening) işlemi uygulanmıştır. Bilindiği üzere bu işlem, ilk olarak aşındırma (erosion) daha sonra da genleşme (dilation) işlemlerinin uygulandığı bir tekniktir. Şekil 4.9.’da ikili seviye görüntüye açma işleminin uygulanmış hâli verilmiştir.



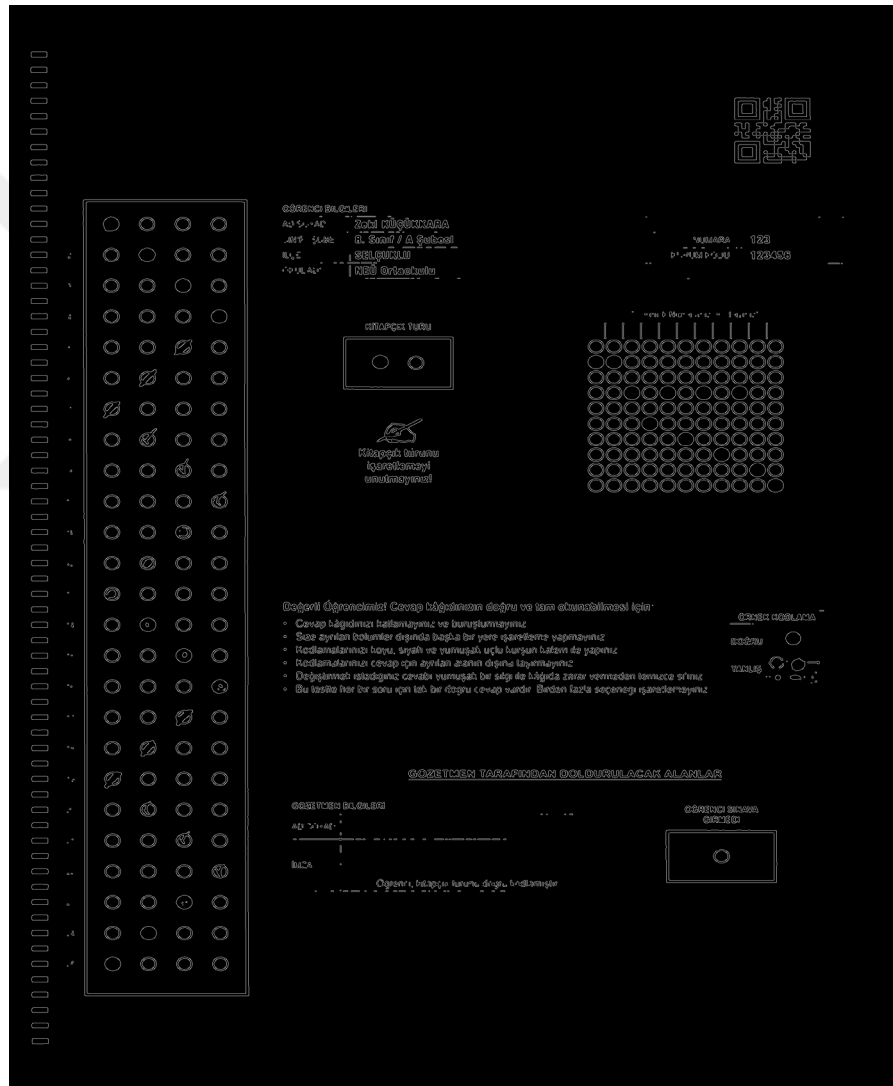
Şekil 4.9. Morfolojik işlem görmüş ikili seviye görüntü

4.6. Kenar Tespiti

Bölüm 4.7.’deki morfolojik işlem uygulandıktan sonra optik cevap kâğıdı görüntüsü üzerinde, kenarların tespiti aşamasına geçilmektedir.

Bu amaçla Bölüm 3.3.3.6.1.'de detaylı olarak bahsedilen Canny Kenar Bulma Algoritması kullanılmıştır. Buna göre optik cevap formu görüntüsünün kenar bilgileri, Canny kenar bulma algoritması kullanılarak bulunmaktadır. Kenar nokta bilgileri de bu bölümde elde edilmektedir. Algoritma ile belirlenen kenarlar yanlış açılardan tarama yapılsa dahi görüntünün düzeltilme işlemi bu bölümde gerçekleştirilebilmektedir. Yapılan uygulamada görüntü eğriliğinin bir önemi olmadığından herhangi bir düzeltme işlemi yapmaya gerek duyulmamıştır.

Şekil 4.10.'de Canny kenar bulma algoritması ile optik cevap formu görüntüsü üzerindeki nesnelerin kenarlarının tespit edildiği görüntü verilmiştir.



Şekil 4.10. Canny kenar bulma algoritması ile kenarların tespiti

4.7. Kontur Çıkarma ve Köşe Bulma

Bölüm 4.8.'da bahsedildiği gibi Canny kenar bulma algoritması ile görüntünün kenarları tespit edilmiştir. Şu ana kadar, kenarları tespit edilmiş görüntüdeki nesnelere hakkında bilgi verilmediğinden dolayı bu bölümde, kontur çıkarma işlemi ile piksellere bir yapı kazandırılarak nesne gibi kullanılmıştır. Bu şekilde nesnelere; alan, büyüklük ve köşe sayısı gibi özelliklere sahip olmuştur.

Bu işlem Bölüm 3.3.3.7.'de Kontur Çıkarma (Contours) başlığı altında detaylı olarak belirtilmiş ve bu bağlamda konturların; nesne algılama, nesne tanıma ve şekil analizi için kullanışlı bir araç olduklarına yer verilmiştir. Burada ise konturların görüntü üzerindeki etkileri incelenecektir.


Kontur alma işlemini *findContours* komutu ile gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen uygulamada “Cevap Alanı” ile “Kitapçık Türü” ve “Öğrenci Sınava Girmedi” alanları etrafındaki çizgilerin tespiti için tüm piksellerin koordinatlarına ihtiyaç olmadığından bu aşamada CHAIN_APPROX_SIMPLE yöntem seçilerek, sadece dört köşe noktanın koordinatları kullanılmıştır.

Şekil 4.11.'de cevap alanının köşe noktalarının gösterimi verilmiştir. Elde edilen pikseller ile pikselin sürekli bir çizgi olup olmadığı, eğrilik açısı ya da kapalı devre oluşturup oluşturmadığı gibi bilgilerin kontrolü sağlanarak gerekli sorgulamalar kullanabilmemiz mümkün olmaktadır.

Geliştirilen uygulamada, cevap alanı tespit edilirken; *findContours* komutu ile elde edilen piksellerin oluşturduğu çevre çizgisi ile ark uzunluğu ve kapalı bir devre olup olmadığını kontrol ettikten sonra nesnenin 4 köşesi olup olmadığı kontrol edilmiştir.

Ardından alan hesabı ve dış bükey kontrolü ile öğrenci cevap alanının bu sorgulanan özelliklerle eşleşiyor ise bu durum dört köşenin koordinatlarını verecektir. Köşe noktaları tespit edilmiş görüntünün çevresi çizilmiş hâlinin gösterimi Şekil 4.12.'de verilmiştir.

Koselerin Tespiti




ÖĞRENCİ BİLGİLERİ

AD SOYAD	Zeki KÜÇÜKÇİKARA
SINIF / ŞUBE	8. Sınıf / A Şubesi
İLÇE	SELÇUKLU
OKUL ADI	NEÜ Ortaokulu

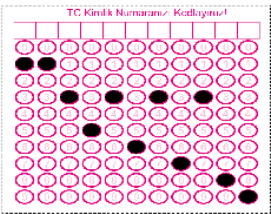
NUMARA	123
KURUM KODU	123456

KITAPÇIK TÜRÜ



Kitapçık türünü
İşaretlemeyi
unutmayınız!


TC Kimlik Numaranızı Kodlayınız!




Değerli Öğrencimizi Cevap kâğıdımızın doğru ve tam okunabilmesi için:

- Cevap kâğıdınızı kullamayınız ve buruşlurmayınız.
- Size ayrılan bölümler dışında başka bir yere işaretleme yapmayınız.
- Kodlamalarınızı koyu, siyah ve yumuşak uçlu kurşun kalem ile yapınız.
- Kodlamalarınızı cevap için ayrılan alanın dışına taşırmayınız.
- Değiştirmek istediğiniz cevabı yumuşak bir silgi ile kâğıda zarar vermeden temizce siliniz.
- Bu testte her bir soru için tek bir doğru cevap vardır. Birden fazla seçeneği işaretlemeyiniz.

ÖRNEK KODLAMA

DOĞRU 

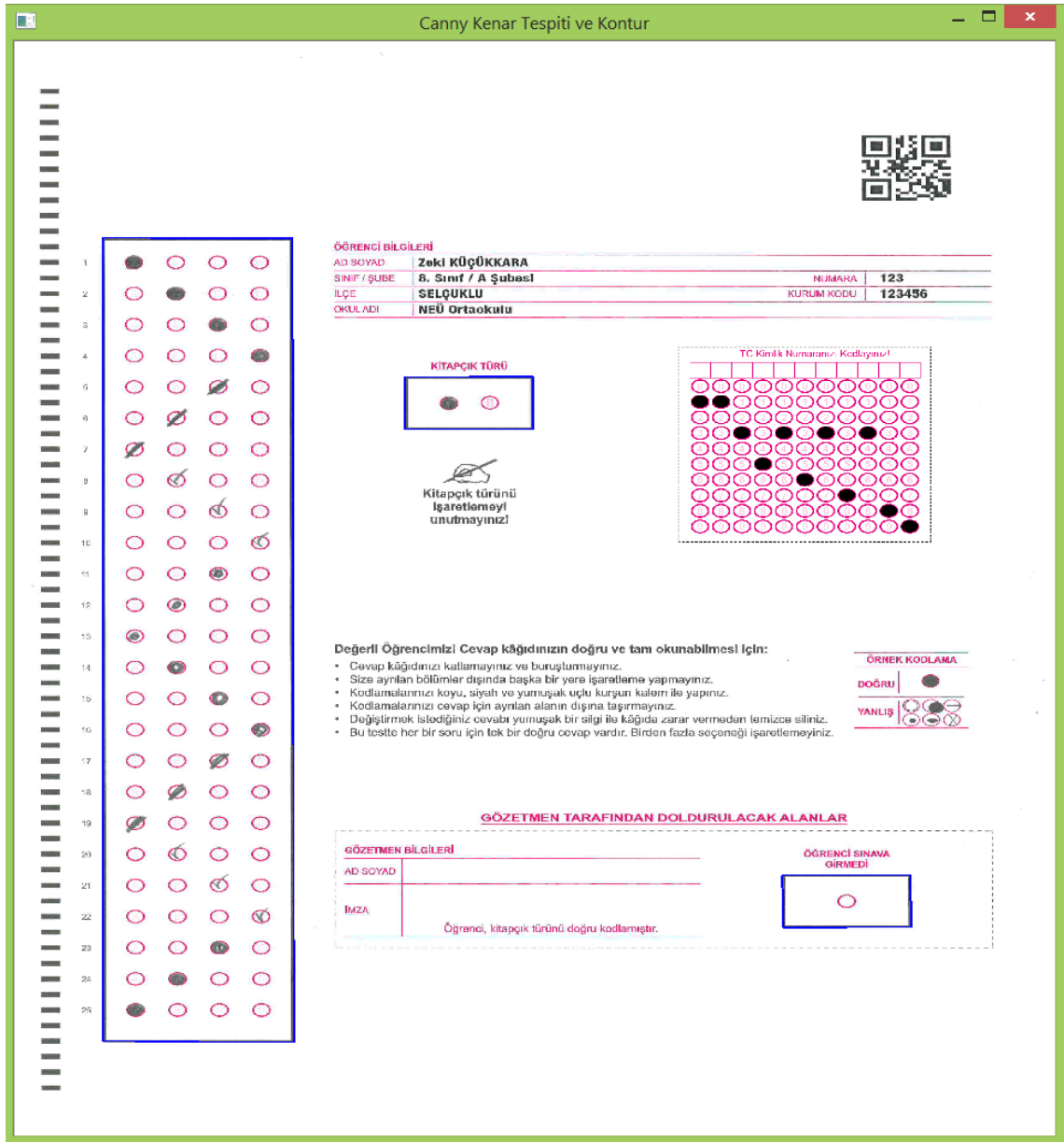
YANLIŞ 

GÖZETMEN TARAFINDAN DOLDURULACAK ALANLAR

GÖZETMEN BİLGİLERİ		ÖĞRENCİ SINAVA GİRMEZ!
AD SOYAD		
İMZA	Öğrenci, kitapçık türünü doğru kodlamıştır.	

Şekil 4.11. Görüntünün köşe noktaları

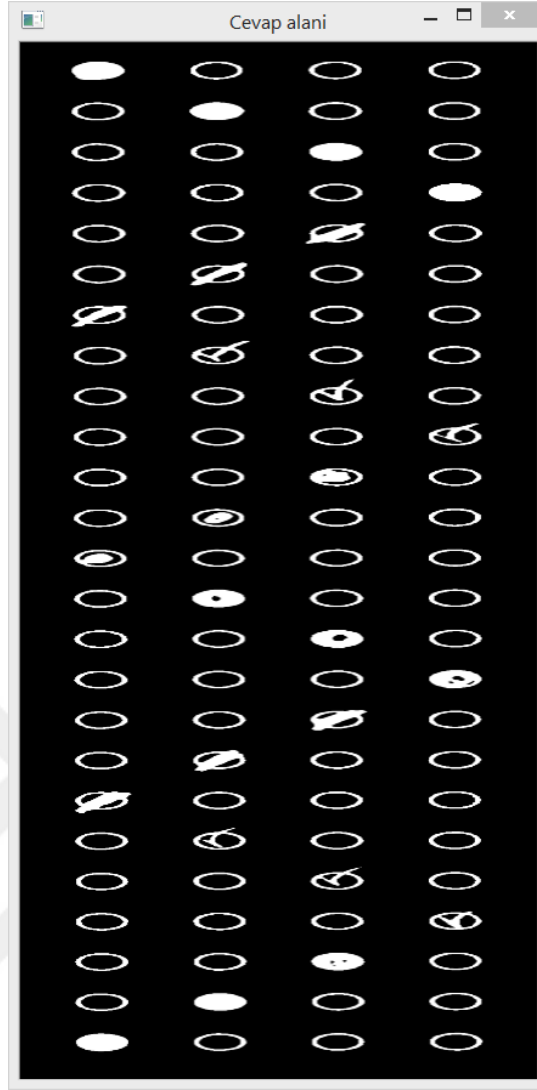
Şekil 4.11.'deki görüntüde öğrenci cevap alanının kontur çıkarma yöntemi ile dört köşe kenarını belirtmek için; 1. köşe (sol üst köşe) mavi, 2. köşe (sol alt köşe) yeşil, 3. köşe (sağ alt köşe) sarı, 4. köşe (sağ üst köşe) kırmızı renklerle işaretlenmiştir.



Şekil 4.12. Görüntünün köşe noktaları bulunduktan sonra kenarları çizilmiş hâli

Şekil 4.12.'daki görüntüde; cevap alanının, kitapçık türü alanının ve öğrenci sınava girmedi alanının kontur çıkarma yöntemi ile dört köşe kenarının bulunmasından sonra, ham görüntü üzerinde çevresinin mavi renkle çizilmiş hâli gösterilmiştir.

Bu kısımdan sonra öğrenci cevap alanının köşe noktaları olduğundan; başlangıç noktasının ve bitiş noktasının x ve y koordinatları ve dikdörtgenin en ve boy bilgilerini kullanarak Bölüm 4.7.'de elde edilen imaj üzerinden cevap alanının gerekli koordinatları kesilerek alınmıştır. Şekil 4.13.'da öğrenci cevap alanının Bölüm 4.7.'deki gösterimi verilmiştir.

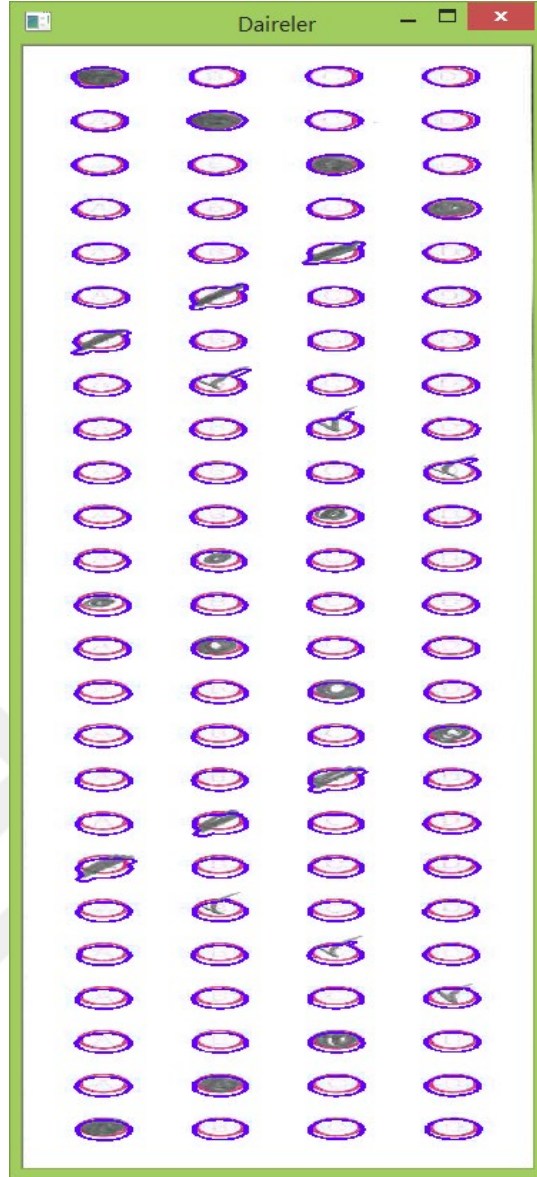


Şekil 4.13. Öğrenci cevap alanı

4.8. Cevap Alanındaki Dairelerin Bulunması

Bu Bölümde, elde edilen Şekil 4.13.'daki görüntüyü, Bölüm 4.9.'deki gibi kontur çıkarma işlemine tabi tutarak daireleri bulunmuştur. Burada dikkat edilmesi gereken önemli nokta, bulunacak dairelerin belli bir orana sahip olması ve belli bir büyüklükte olmasının kontrol edilmesidir.

Bu kontrol, yanlışlıkla oluşturulan küçük daireleri dikkate almamak için uygulanmaktadır. Görüntü kontur çıkarma işleminden sonra, elimizde öğrenci cevap alanında bulunan yüz adet daire tespit edilmiştir. Şekil 4.14.'de konturu çıkarılmış dairelerin orijinal görüntü üzerindeki gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.14. Öğrenci cevap alanı

Şekil 4.14.'de görüldüğü gibi daireleri tespit edilmiştir. Tespit edilen dairelerin x ve y koordinatlarına göre bir sıralama içerisinde olması gerekir. Dairelerin konturları bulduktan sonra `sort_contours` komutunun "top-to-bottom" metodu ile bu dairelerin x ve y koordinatlarına göre yukarıdan aşağıya, soldan sağa doğru hizalaması yapılır.

Bundan sonra, bir dizi içinde sırası ile 1. sorunun a, b, c ve d şıkkı ve bunu bu şekilde takip eden diğer soru şıkları olacaktır. Sıralama önemli olduğu için her dizi elemanın sırası hangi sorunun hangi şıkkı olduğunu bilmemiz bizim için önemlidir.

Bölüm 3.3.3.5.'de Morfolojik İşlemler başlığı altında AND, OR, XOR ve NOT operatörleri incelenmiştir. Burada sıralama işlemi bittikten sonra dizi içindeki her veri sırasıyla (Şekil 4.13) siyah zemin ile AND işlemine tabi tutulur. Şekil 4.15.'de 1.

sorunun a, b, c ve d şıklarının siyah zemin ile AND işleminin sonuçlarının gösterimi verilmiştir.

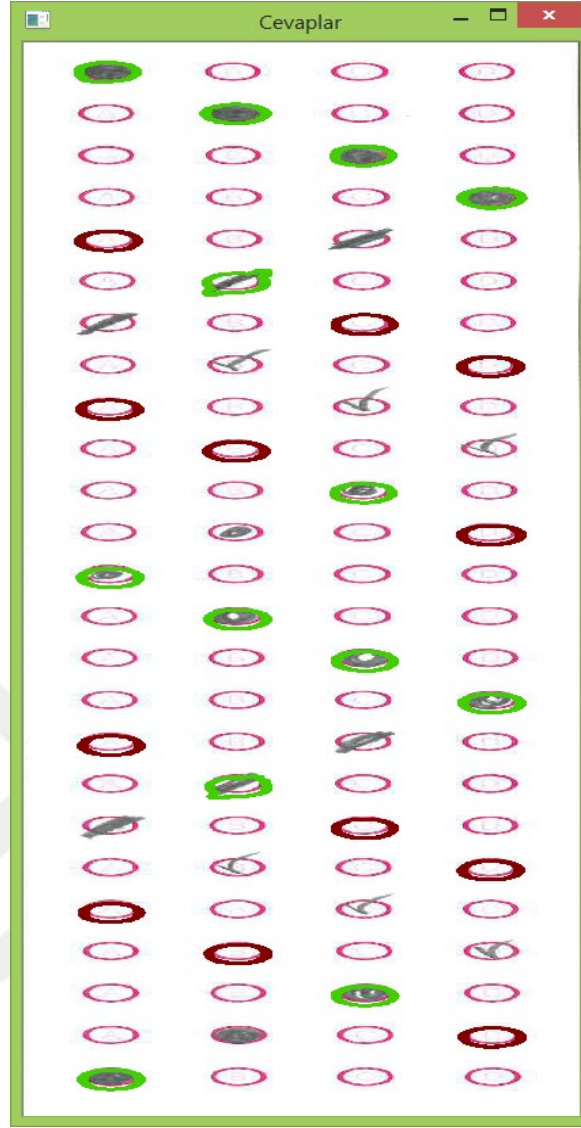


Şekil 4.15. 1. sorunun şıklarının siyah zemin ile AND işlemi gösterimi

Her şık için bu AND işlemi yapılır ve ekrandaki beyaz piksellerin sayısını *countNonZero* komutu ile buluruz ve bu beyaz piksel sayılarını sıralı bir şekilde dizi içerisinde tutulur. Daha sonra hangi şıkta beyaz piksel sayısı fazla ise onu doğru cevap olarak kabul edilir.

Bu durumda öğrenci eğer tek cevap şikkını işaretledi ise bunda bir problem yoktur ama birden fazla şikkı işaretledi ise bunun, birden fazla işaretleme mi yoksa işaretilenip silinen bir cevap şikkı mı olduğunu anlamak için farklı algoritmalarla bu ikisini birbirinden ayrılması gerekir. Geliştirilen uygulamadaki algoritma ile birden fazla işaretleme yapılıp yapılmadığı da tespit edilmiştir. Bu test işlemi geliştirilen yazılımda yapılmıştır.

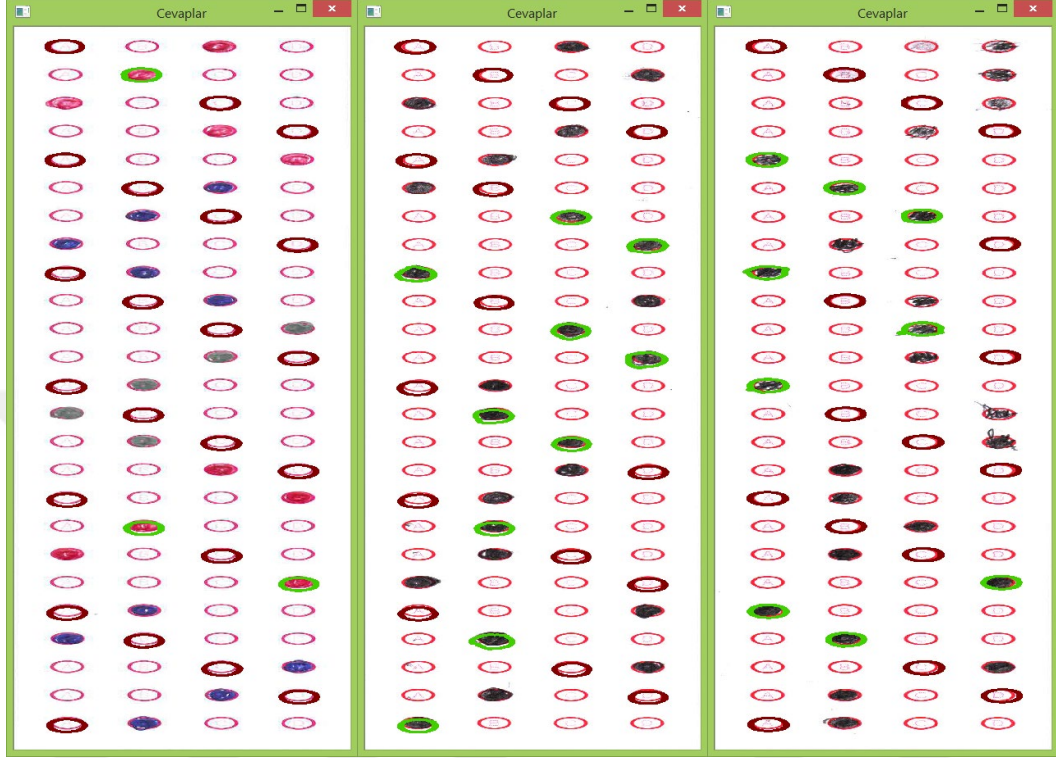
Yazılım içerisinde kodlanan cevap anahtarı ile işaretli şikkın aynı olup olmadığını kontrol edip cevap doğru ise yeşil, yanlış ise kırmızı ile cevabını işaretleyip kaç doğru, kaç yanlış ve kaç tane boş yaptığını optik cevap kâğıdının üzerine yazılmaktadır. Şekil 4.16.'de öğrencinin vermiş olduğu cevapların doğru ve yanlış olarak gösterimi verilmiştir.



Şekil 4.16. Doğru ve yanlış cevapların gösterimi

Şekil 4.17.'de öğrencinin vermiş olduğu cevapların doğru, yanlış ve boş sayılarının öğrenci optik cevap formu üzerindeki gösterimi verilmiştir.

Şekil 4.18.'te bazı öğrenci işaretlemelerinin okumaları verilmiştir.



Şekil 4.18. Örnek öğrenci işaretlemeleri ve okuma sonuçları

Tüm işlemlerden sonra geliştirilen uygulamada, okuma işleminde kare kodu okuyamadıysa “kare kod okunamadı” klasörüne; öğrenci cevap alanı, kitapçık türü ve sınava girmedi karelerini tespit edemediyse “kare tespit edilemedi” klasörüne; son olarak da daire sayısı kadar daire tespit edemediyse “daire bulunamadı” klasörüne orijinal dosya kopyalanmaktadır.

Okunan dosyaların verisini “.txt” uzantılı dosyaya, sırasıyla aralarına istenilen bir karakteri koyarak T.C. kimlik numarası, kitapçık türü, sınava girmedi bilgisi ve öğrenci cevapları şeklinde kaydedilmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu bölümde, tez çalışmasında kullanılan görüntü işleme metotları ve geliştirilen algoritmaların uygulama sonuçları sunulmuştur.

Konya il Milli Eğitim Müdürlüğünden alınan izinle, Konya'da 31 ilçedeki 5. sınıf öğrencilerinin bulunduğu 571 okulda 35.250 öğrenci üzerinde 3 farklı sınav çalışması sonucunda elde edilen 105.750 optik form cevap kâğıdı, Python dili ile geliştirilen uygulama ile okunmuştur. Süreç kapsamında hem öğrenci bilgilerinin kodlanması hem de kare kodların oluşturulması yapılmış ve görüntü işleme yöntemi ile de taranmış 105.750 optik form cevap kâğıdı okunarak değerlendirilmiştir. Geliştirilen uygulama, OMR tarayıcı ve optik form üreticisi olan Scantron firmasının insight 700c isimli tarayıcı ve bu tarayıcı ait optik okuyucu yazılımı ile karşılaştırılmıştır. İlgili tarayıcı ve yazılım 105.750 optik formun tamamını okumuş ve değerlendirmiştir. Geliştirilen yazılımda ise 250 öğrencin optik formdaki kare kodları karalanmasından dolayı formlar okunamamıştır. Ayrıca 750 optik form da dairelerin birleştirilmesi, cevap alanı etrafındaki kenar çizgilerinin silinmesi, dairelerin kenar çizgilerinin silinmesi gibi nedenlerden dolayı okunamadığından değerlendirilememiştir. Toplamda 105.750 optik formda işaretli öğrenci cevap kâğıdının 1.000 tanesi okunamamıştır. Bu karşılaştırma sonucunda geliştirilen optik form değerlendirme başarısı %99,1 olarak bulunmuştur.

Uygulama ile görüntüler tek tek okunduğunda her bir görüntü için 2,4 saniyede okunmuştur. Aynı bilgisayar (i7 işlemci,16 GB Ram) ile görüntüler eşit şekilde 11 ayrı klasöre kopyalanıp uygulama 11 ayrı klasör için çalıştırılarak okuma yapıldığında, bütün optik cevap kâğıtların okunması 8 saat (28.800 saniye) sürmüştür. Yaklaşık olarak tek bir görüntü 0,34 saniyede okunmuştur.

Optik cevap formu görüntülerinin işlenmesinde farklı görüntü işleme yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler sırasıyla görüntüyü gri seviyeye çevirme tekniği (Grayscale), ikili seviyeye dönüştürme, filtreleme tekniği (Median filtresi), eşik değeri belirleme metodu (Otsu metodu), kenar belirleme metodu (Canny kenar belirleme algoritması) ve kontur bulma. Bu yöntemler seçilirken, literatür taraması göz önüne bulundurulmuştur.

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 görülmüştür. Bundan dolayı uygulamamızda Median filtreleme yöntemi tercih edilmiştir.

Görüntü işleme üzerine yapılan birçok çalışmada kullanılan ve görüntünün eşiklenmesi aşamasının mihenk taşı olarak kabul edilen Otsu metodu bu tez çalışmasında da kullanılmıştır.

Canny kenar belirleme algoritması, düşük hata oranı ve kenar noktalarını iyi belirlemesi gibi artıları sayesinde oldukça etkili bir kenar belirleme yöntemidir. Yapılan literatür taramaları sonucunda, diğer kenar belirleme yöntemleri ile karşılaştırıldığında diğer algoritmalara göre üstün yönleri olduğu görüldüğünden bu tez çalışmasında da Canny kenar belirleme algoritması kullanılmıştır.

Geliştirilen yazılımın diğer uygulamalardan/yazılımlardan ayıran en önemli özelliği, öğrenci cevap alanlarının tespitinde daireleri bulması ve onlara nesne gibi davranmasıdır. Diğer uygulamalarda ise cevap alanlarının bulunmasında x ve y koordinatlarının yazılımcı tarafından uygulama içine gömülmesi ve okuma esnasında bu koordinatlara gidilerek piksel renginin kontrol edilmesi söz konusudur. Bu durum okunup değerlendirilecek optik form sayısının artması durumunda ciddi bir zaman kaybına sebep olacağı ortadadır.

Bu tez çalışması, OMR, OCR, sınıflandırma yaklaşımları ve görüntü işleme teknikleri alanlarında araştırma yapmak için bazı önemli sonuçlar ortaya koymuştur. Geliştirilen uygulama gerçek hayatta öğrenciler üzerinde kazanım ölçme sınavlarında test edilmiş olup gelecekte benzer sistemler ile anket formlarının okunması, oy formların okunması, yoklama formların okunması, ürün değerlendirmesi, üniversiteye giriş formların okunması ve değerlendirmesi gibi uygulamalarda geliştirilip kullanılabilir.

Geliştirilen bu yazılımın ülke genelinde (sadece Milli Eğitime bağlı okullarda değil, üniversitelerde, özel eğitim kurumlarında) kullanılmaya başlanması ile birlikte sınavların puanlanmasının daha hızlı ve daha kolay bir şekilde gerçekleştirileceği ve bunun neticesinde de uygulamanın, sınavları uygulama potansiyeline sahip eğitimcileri optik cevap formlarının kullanıldığı sınavlar yapmaya teşvik edeceği ön görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Akar, F., 2009, Şablon Eşleme Yöntemi İle Plaka Tanıma ve Değerlendirme Sistemi, Doktora Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 100.
- Anonymous, 2018a, ICR, OCR and OMR - A Comparison of Technologies, <http://www.syrex.com.ph/Product/Download?filename=WhatIsOMR>, [Erişim Tarihi: 29.8.2018].
- Anonymous, 2018b, Morphological Transformations, https://docs.opencv.org/trunk/d9/d61/tutorial_py_morphological_ops.html, [Erişim Tarihi: 13.09.2018].
- Anonymous, 2018c, Edge Detection, <https://www.mathworks.com/discovery/edge-detection.html>, [Erişim Tarihi: 07.10.2018].
- Anonymous, 2018d, Contours, https://docs.opencv.org/3.3.1/d4/d73/tutorial_py_contours_begin.html, [Erişim Tarihi: 15.09.2018].
- Anonymous, 2018e, Image Thresholding, https://docs.opencv.org/3.0-beta/doc/py_tutorials/py_imgproc/py_thresholding/py_thresholding.html, [Erişim Tarihi: 11.09.2018].
- Anonymous, 2018f, Representing Images Using Binary, <https://www.digitaltechnologieshub.edu.au/teachers/scope-and-sequence/5-6/data-representations/representing-images-using-binary>, [Erişim Tarihi: 06.09.2018].
- Anonymous, 2018g, Grayscale to RGB Conversion, https://www.tutorialspoint.com/dip/grayscale_to_rgb_conversion.htm, [Erişim Tarihi: 07.09.2018].
- Arı, A., Alpaslan, N. ve Hanbay, D., 2015, Beyin MR Görüntülerinden Bilgisayar Destekli Tümör Teşhisi Sistemi. Tıp Teknolojileri Ulusal Kongresi. Muğla.
- Atasever, V., Arslan, D. ve Güvenoğlu, E., 2010, Mobil Cihazlarda Online Görüntü İşleme Yazılımının Geliştirilmesi. Akademik Bilişim Konferansı. Muğla.
- Auroux, D., Cohen, L. D. ve Masmoudi, M., 2011, Contour Detection and Completion for Inpainting and Segmentation Based on Topological Gradient and Fast Marching Algorithms, *International Journal of Biomedical Imaging*, 2011, 20.
- Balcı, M., Altun, A. A. ve Taşdemir, Ş., 2016, Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Napolyon Tipi Kirazların Sınıflandırılması, *Selçuk-Teknik Dergisi*, 15 (3).
- Baykan, Ö. K., 2007, Bilgisayar Destekli Un Kalite İzleme Sistemi Tasarımı, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi*, Konya, 90.
- Belag, I. A., Gültepe, Y. ve Elmalti, T. M., 2018, An Image Processing Based Optical Mark Recognition with the Help of Scanner, *International Journal of Engineering Innovation & Research*, 7 (2).
- Beyeler, M., 2015, OpenCV with Python Blueprints : Design and develop advanced computer vision projects using OpenCV with Python. London, England, Packt Publishing Ltd.: 230.
- Boyraz, Ö. F. ve Yıldız, M. Z., 2016, Mobil Damar Görüntüleme Cihaz Tasarımı. 4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science - ISITES2016. (Alanya/Antalya - Turkey).
- Bradski, G. ve Kaehler, A., 2008, Learning OpenCV, USA, O'Reilly Media, Inc., p.
- Bul, E., Gelen, G. ve Altun, H., 2005, Görüntü İşlemeye Dayalı Tarımsal Ürün Sınıflandırma, http://www.emo.org.tr/ekler/3287fccc194dbd9_ek.pdf,
- Canny, J., 1986, A Computational Approach to Edge Detection, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, PAMI-8 (6), 679 - 698.

- Cerqueira, R. F. L., Paladino, E. E., Ynumaru, B. K. ve Maliska, C. R., 2018, Image processing techniques for the measurement of two-phase bubbly pipe flows using particle image and tracking velocimetry (PIV/PTV), *Chemical Engineering Science*, 189, 1-23.
- Chow, C. K. ve Kaneko, T., 1972, Automatic boundary detection of the left ventricle from cineangiograms, *Computers and Biomedical Research*, 5 (4), 388-410.
- Culjak, I., Abram, A., Pribanic, T., Dzapo, H. ve Cifrek, M., 2012, A brief introduction to OpenCV. 2012 Proceedings of the 35th International Convention MIPRO. Opatija: 1725-1730.
- Çulha, S., 1996, Sayısallaştırılmış bilgisayarlı tomografi ve manyetik rezonans tomogramları üzerinde görüntü işleme tekniği uygulamaları, Yüksek Lisans, *Ankara Üniversitesi*, 162.
- De Santiago-Perez, J. J., Rivera-Guillen, J. R., Amezcua-Sanchez, J. P., Valtierra-Rodriguez, M., Romero-Troncoso, R. J. ve Dominguez-Gonzalez, A., 2018, Fourier transform and image processing for automatic detection of broken rotor bars in induction motors, *Measurement Science and Technology*, 29 (9).
- Gaikwad, S. B., 2015, Image Processing Based OMR Sheet Scanning, *International Journal of Advanced Research in Electronics and Communication Engineering (IJARECE)*, 4 (3), 519-522.
- Gonzales, R. C. ve Woods, R. E., 2002, Digital Image Processing, Prentice-Hall, Inc. Upper Saddle River, NJ, USA.
- Gupta, S., Singla, G. ve Sandhu, P. S., 2012, A Generalized Approach To Optical Mark Recognition, *International Conference on Computer and Communication Technologies (ICCT'2012)*.
- Haralick, R. M., Sternberg, S. R. ve Zhuang, X., 1987, Image Analysis Using Mathematical Morphology, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 9 (4), 532-550.
- Haralick, R. M., 1988, Mathematical Morphology and Computer Vision. Twenty-Second Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers: 468-479.
- Helland, T., 2018, Seven grayscale conversion algorithms, <http://www.tannerhelland.com/3643/grayscale-image-algorithm-vb6/>, [Erişim Tarihi : 07.09.2018].
- Hoang, D. N., 2018, Detection of Surface Crack in Building Structures Using Image Processing Technique with an Improved Otsu Method for Image Thresholding, *Advances in Civil Engineering*.
- Hoang, N. D., Nguyen, Q. L. ve Bui, D. T., 2018, Image Processing-Based Classification of Asphalt Pavement Cracks Using Support Vector Machine Optimized by Artificial Bee Colony, *Journal of Computing in Civil Engineering*, 32 (5).
- İlkin, S., 2015, Mobil Optik Okuyucu Uygulaması, *Kocaeli Üniversitesi*, 64.
- Issac, A., Sarathi, M. P. ve Dutta, M. K., 2015, An adaptive threshold based image processing technique for improved glaucoma detection and classification, *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 122 (2), 229-244.
- Jo, B. W., Lee, Y. S., Jo, J. H. ve Khan, R. M. A., 2018, Computer Vision-Based Bridge Displacement Measurements Using Rotation-Invariant Image Processing Technique, *Sustainability*, 10 (6).
- Kahraman, F., Demiröz, B. E., Kurt, B. ve Gökmen, M., 2006, Bakış Açısından Bağımsız Gürbüz Plaka Tanıma Sistemi, *Endüstri ve Otomasyon*, 106, 28-32.
- Kakade, N. ve Jaiswal, R. C., 2017, OMR Sheet Evaluation Using Image Processing, *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 4 (12), 640-643.

- Kalra, P. K., 2018, Digital Image Processing, <http://www.cse.iitd.ernet.in/~pkalra/col783-2017/canny.pdf>, [Erişim Tarihi : 14.09.2018].
- Karakuş, D., 2006, Görüntü Analiz Yöntemleri İle Kayaçların Yapısal Özelliklerinin Tanımlanması, Doktora Tezi, *Dokuz Eylül Üniversitesi*.
- Karhan, M., Oktay, M. O., Karhan, Z. ve Demir, H., 2011, Morfolojik Görüntü İşleme Yöntemleri ile Kayıslarda Yaprak Delen (Çil) Hastalığı Sonucu Oluşan Lekelerin Tespiti. 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11). 3: 172-176.
- Kim, Y. T., 1997, Contrast Enhancement Using Brightness Preserving Bi-Histogram Equalization, *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 43 (1).
- Koçer, S. ve Akdağ, A., 2017, Konvolüsyon Sinir Ağı Tabanlı Silah Algılama Uygulaması. 2017 International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK): 89-93.
- Krishna, G., Ram, R. H., Madan, I., Kashif ve Sahu, N., 2013, Implementation of OMR Technology with the Help of Ordinary Scanner, *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 3 (4), 714-719.
- Kurtulmuş, F., 2012, Olgunlaşmamış Şeftali Meyvesini Doğal Bahçe Koşullarında Alınmış Görüntülerde Görüntü İşleme Teknikleri ve Yapay Sınıflandırıcılarla Saptayarak Sayan Algoritmaların Geliştirilmesi, Doktora Tezi, *Uludağ Üniversitesi*, Bursa.
- Kurtulmuş, F., Vardar, A. ve Kavdır, İ., 2013, Bahçe Koşullarında Alınmış Renkli Görüntülerde Doku ve Şekil Öznitelikleriyle Genç Şeftali Meyvelerinin Saptanması, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science)*, 9 (2), 141-148.
- Li, D. ve Mathews, C., 2017, Automated measurement of pressure injury through image processing, *Journal of Clinical Nursing*, 26 (21-22), 3564-3575.
- Lin, C. H., Qiu, Z. H. ve Yeh, C. C., 2018, Image processing for rear foot image evaluating leg and foot angles, *Measurement*, 126, 168-183.
- Mendelsohn, M. L. ve Prewitt, J. M. S., 1966, The Analysis of Cell Images, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 128 (3), 1035-1053.
- Otsu, N., 1979, A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, 9 (1), 2 - 66.
- Papasaika, H. H., 1967, Digital image processing using matlab. Institute of Geodesy and Photogrammetry, ETH Zurich. 63.
- Parul, Monga, H. ve Kaur, M., 2012, A novel optical mark recognition technique based on biogeography based optimization, *International Journal of Information Technology and Knowledge Management*, 5(2), 331-333.
- Patel, D. ve Zaid, S., 2017, Efficient System For Evaluation Of Omr Sheet-A Survey, *International Journal of Advanced Research in Engineering, Science & Management*, 3 (7).
- Poursadeghiyan, M., Mazloumi, A., Nasl Saraji, G., Baneshi, M. M., Khammar, A. ve Ebrahimi, M. H., 2018, Using Image Processing in the Proposed Drowsiness Detection System Design, *Iranian Journal of Public Health*, 47 (9), 1370-1377.
- Reddy, Y. S. S. S., Srinivas, A. S. ve Krishna, G. M., 2018, OMR Evaluation using Image Processing, *International Journal of Innovations & Advancement in Computer Science*, 7 (4).

- Rodellar, J., 2018, Image Processing and Pattern Recognition in the Morphological Analysis of Blood Cells, *International Journal of Laboratory Hematology*, 40, 122-122.
- Russ, J. C., 2013, *The Image Processing Handbook* (6th Edition). Boca Raton, London, New York.
- Sabancı, K., Aydın, C. ve Ünlerşen, M. F., 2012, Görüntü İşleme ve Yapay Sinir Ağları Yardımıyla Patates Sınıflandırma Parametrelerinin Belirlenmesi, *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2 (2), 59-62.
- Samtaş, G. ve Gülesin, M., 2011, Sayısal Görüntü İşleme ve Farklı Alanlardaki Uygulamaları, *Electronic Journal of Vocational Colleges*, 2 (1), 85-97.
- Savaş, M., 2018, Görüntü İşlemede Devrim: OpenCv, <https://cengturkey.com/2018/07/goruntu-islemede-devrim-opencv.html>, [Erişim Tarihi : 05.09.2018].
- Senthilkumaran, N. ve Vaithegi, S., 2016, Image Segmentation By Using Thresholding Techniques For Medical Images, *Computer Science & Engineering: An International Journal (CSEIJ)*, 6 (1), 1-13.
- Sezgin, M. ve Sankur, M., 2004, Survey over image thresholding techniques and quantitative performance evaluation, *Journal of Electronic Imaging*, 13 (1), 146-165.
- Siyah, B., 2018, Görüntü Filtreleme, <https://www.bulentsiyah.com/goruntu-filtreleme-uygulamalari-ve-amaclari-matlab/>,
- Solak, S. ve Altınışik, U., 2018, Görüntü işleme teknikleri ve kümeleme yöntemleri kullanılarak fındık meyvesinin tespit ve sınıflandırılması, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22 (1), 56-65.
- Şeker, S. E., 2018, Ortanca Filtresi (Median Filter), <http://bilgisayarkavramlari.sadievrenseker.com/2007/11/26/ortanca-filtresi-median-filter/>, [Erişim Tarihi : 19.09.2018].
- Topaloğlu, M. ve Gangal, A., 2006, Watershed Dönüşümü Kullanılarak Corpus Callosumun Bölütlenmesi. URSI-Türkiye 2006 3. Bilimsel Kongresi. Ankara, Türkiye, : 607-609.
- Van Der Walt, S., Colbert, S. C. ve Varoquaux, G., 2011, The NumPy array: a structure for efficient numerical computation, *Computing in Science & Engineering*, 13 (2), 22-30.
- Van Rossum, G., 2003, *Python Kılavuzu*.
- Vijayarani, S. ve Vinupriya, M., 2013, Performance Analysis of Canny and Sobel Edge Detection Algorithms in Image Mining, *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, 1 (8), 1760-1767.
- Vikhe, P. S. ve Thool, V. R., 2016, Mass Detection in Mammographic Images Using Wavelet Processing and Adaptive Threshold Technique, *Journal of Medical Systems*, 40 (4).
- Wang, C., Deng, A. ve Taheri, A., 2018, Digital Image Processing on Segregation of Rubber Sand Mixture, *International Journal of Geomechanics*, 18 (10).
- Watanabe, S. ve Group, T. C., 1974, An automated apparatus for cancer prescreening: CYBEST, *Computer Graphics and Image Processing*, 3 (4), 350-358.
- Weszka, J. S., Nagel, R. N. ve Rosenfeld, A., 1974, A Threshold Selection Technique, *IEEE Transactions on Computers*, 23 (12), 1322-1326.
- Yu, C., Dian-ren, C., Xu, Y. ve Yang, L., 2010, Fast Two-Dimensional Otsu's Thresholding Method Based on Integral Image 2010 International Conference on Multimedia Technology (ICMT). Ningbo, China: 1-4.

- Yüksel, A., Çankaya, İ., Yalçınkaya, M. ve Ateş, N., 2016, Mobile based optical form evaluation system, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22, 94 - 99.
- Zampirolli, F., Gonzalez, J. ve Neves, R., 2013, Automatic Correction of Multiple-Choice Tests using Digital Cameras and Image Processing, *In the Proceedings of IX Workshop de Visão Computacional*, 1 (9).
- Zhan, X. H., Zhang, D., Yu, H. S., Chen, J., Li, H. ve Wei, Y. H., 2018, Research on X-ray image processing technology for laser welded joints of aluminum alloy, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 99 (1-4), 683-694.
- Zhang, X. Y., Lu, X., Yang, Y., Zhang, B. ve Xu, H. J., 2018, Temperature measurement of coal fired flame in the cement kiln by raw image processing, *Measurement*, 129, 471-478.



EKLER**EK-1 Araştırma izni**

T.C.
KONYA VALİLİĞİ
İl Millî Eğitim Müdürlüğü

Sayı : 83688308-605.99-E.21636614
Konu: Araştırma İzni

13.11.2018

Sayın Zeki KÜÇÜKKARA
Konya İl Millî Eğitim Müdürlüğü Ölçme Değerlendirme Merkezi
Fatih Mes.Tek.And.Lis. B Blok Zemin Kat Selçuklu KONYA

İlgi : 12/11/2018 tarihli ve 21541002 sayılı dilekçeniz.

İlgi dilekçenizde belirtmiş olduğunuz "Görüntü İşleme Yöntemi İle Optik İşaret Tanıma ve Değerlendirme Sistemi" konulu araştırmanızı uygulama talebi incelenmiştir.

Araştırma kapsamında Konya İl Millî Eğitim Müdürlüğü tarafından 2017-2018 Eğitim Öğretim yılı içerisinde Konya ili genelindeki ortaokulların 5. sınıf öğrencilerine yönelik olarak uygulanan dönem izleme sınavlarına ait verileri incelemenizde sakınca görülmektedir. Müdürlüğümüze bünyesindeki çalışmalarınızı 2018-2019 eğitim öğretim yılı içerisinde tamamlamanız zorunludur. Araştırma kapsamında yürütülecek çalışmaların 2018-2019 eğitim öğretim yılında tamamlanmaması durumunda Müdürlüğümüzden tekrar izin alınması gerekmektedir.

Bilgilerinize sunulur.

Mukadder GÜRSOY
İl Millî Eğitim Müdürü

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Zeki KÜÇÜKKARA
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti
Doğum Yeri ve Tarihi : KONYA / 14.08.1984
Telefon : 05064289553
e-mail : zekikucukkara@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	Hocacihan İmam Hatip Lisesi, Konya	2001
Üniversite	Selçuk Üniversitesi Akören Ali Rıza Ercan MYO, Bilgisayar Programcılığı, Konya	2004
Üniversite	Selçuk Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi Bilgisayar Sistemleri Öğrt., Konya	2009
Üniversite	Necmettin Erbakan Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, Konya	2018
Yüksek Lisans	Necmettin Erbakan Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Konya	2019

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2009 – 2010	Konya - Bosna Hersek Lisesi	Öğretmen
2010 – 2013	Van – Başkale Çok Programlı Lisesi	Öğretmen
2013 – 2016	Mardin – Anadolu Öğretmen Lisesi	Öğretmen
2016 – 2017	Konya – Derebucak Durak Ömer Akkanat Ortaokulu	Öğretmen
2016 – 2017	Konya İl Milli Eğitim Müdürlüğü - ARGE	Öğretmen
2017 –	Konya İl Milli Eğitim Müdürlüğü – Ölçme Değerlendirme Merkezi	Öğretmen

YAYINLAR

Z. Küçükkara and A. E. Tümer, 2018, "An Image Processing Oriented Optical Mark Recognition and Evaluation System," International Journal of Applied Mathematics, Electronics and Computers, vol. 6, no. 4, pp. 59- 64.

A.E.Tumer, Z. Küçükkara, S. Koçer, 2018, "Prediction of Heart Disease with Artificial Neural Network," 7th International Conference on Advanced Technologies (ICAT'18), 1 (1), pp. 695-698.

Z. Küçükara et al.,2017, "Kazanım Temelli Süreç Odaklı İzleme ve Değerlendirme Sisteminin Öğrenciler Ve Eğitim Yöneticileri Üzerindeki Etkisi," in FATİH Projesi Eğitim Teknolojileri Zirvesi 2017, Ankara, vol. 6, pp. 51-57: FATİH Projesi Eğitim Teknolojileri Zirvesi bildiriler kitabı.

