



**YAPAY GÖRME TABANLI OPTİK FORM
DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ**

NURİ CİHAN ÇELİK

Yüksek Lisans Tezi

Eskişehir, 2019

**YAPAY GÖRME TABANLI OPTİK FORM
DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ**

Nuri Cihan ÇELİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Cihan TOPAL

Eskişehir

Eskişehir Teknik Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Ağustos, 2019

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Nuri Cihan Çelik'in “**Yapay Görme Tabanlı Optik Form Değerlendirme Yöntemi**” başlıklı tezi .../.../20.. tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek “Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği” nin ilgili maddeleri uyarınca, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

<u>Jüri Üyeleri</u>	<u>Unvanı Adı Soyadı</u>	<u>İmza</u>
Üye (Tez Danışmanı)	: Dr. Öğr. Üyesi Cihan TOPAL	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KOÇ	
Üye	: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ARSLAN	

.....
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

ÖZET

YL Bitirme Tezi

YAPAY GÖRME TABANLI OPTİK FORM DEĞERLENDİRME YÖNTEMİ

Nuri Cihan ÇELİK

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ağustos 2019

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Cihan TOPAL

Görüntü işleme; bir görüntüyü dijital ortamda algılayarak içerisindeki anlamlı ve yararlı bilgileri ortaya çıkarmak suretiyle belirli sonuçlar elde etmek amacıyla kullanılan bir bilim dalı olarak ifade edilebilir. Yukarıda da belirtildiği üzere bu işlemin girdisi bir imge ya da imgelerden oluşan bir video serisi de olabilir. Bu girdiler üzerinde çeşitli işlemler yapılarak istenmeyen görüntü veya gürültü engellemesi ile istenilen çıktılar elde edilir. Bu işlemin günümüzde kullanılan örneklerinden birkaçı; insan yazısını bilgisayarların okuması, sosyal medyalarda ve çeşitli platformlarda kullanılan fotoğraf filtreleme araçları, trafikte plaka tanımlama sistemleri, yüz tanıma sistemleri olarak ifade edilebilir. Dershanelerde, okullarda ve çeşitli sınav merkezlerindeki sınav değerlendirmeleri de konunun en yaygın örneklerinden birisidir. Bu tez çalışmasında görüntü işleme yöntemleri kullanılarak, farklı açılardan, farklı ortamlarda ve farklı ışık koşullarında çekilmiş optik formlar üzerinde çeşitli filtrelemeler ve çarpıtma işlemi yapılarak standart bir okuma ve sonuç döndürme işlemlerinin ardından optik form değerlendirme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Görüntü işleme, Optik form okuma, Filtreleme, Çarpıtma, Optik form değerlendirme.

ABSTRACT
MS Dissertation

COMPUTER VISION BASED OPTICAL FORM EVALUATION METHOD

Nuri Cihan ÇELİK

Computer Engineering Program

Eskişehir Technical University, Institute of Graduate Program, Aug, 2019

Supervisor: Asst. Prof. Cihan TOPAL

Image processing can be expressed as the method used to obtain the specific images by detecting an image in digital environment and revealing the meaningful and useful information within it. Part of a video or a photograph can be an input for image processing. The desired outputs are obtained by unwanted image or noise blocking by various operations on these inputs. Some of the examples used today are; reading of human writes by computers, photo filtering tools used in social media and various platforms, plate identification systems in traffic, face recognition systems. Exam assessments in classrooms, schools and various examination centers are also one of the most common examples of the subject. In this thesis, we aimed to build a test form evaluation application that can read various test forms captured in different environments, under different light conditions, from different angles as input, using image filtering and image warping techniques on image and returns answers as results.

Keywords:Image processing, Test form processing, Image filtering, Image warping, Test form evaluation.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı” ile tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Nuri Cihan ÇELİK

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, iki seneye yakın süre boyunca her zaman bilgilendirmeye ve yardım etmeye açık olan, yolun başında bilgi sahibi olmadığım bu konuda beni bilgi sahibi bir birey haline getiren ve gerek yüksek lisans programıma, gerekse hayatıma katkıda bulunan danışman hocam; Dr. Öğr. Üyesi Cihan TOPAL’a ve çalışmalarım süresince yanımda bulunan ve hayatım boyunca bir an olsun desteklerini esirgemeyen değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Nuri Cihan ÇELİK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT.....	iv
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
TABLolar	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR.....	2
3. YÖNTEM	8
3.1. Örnek Kümesinin Oluşturulması	10
3.2. İmgenin Yeniden Boyutlandırılması	10
3.3. İmgenin Siyah Beyaz Formata Dönüştürülmesi.....	11
3.4. Morfolojik Operasyonlar.....	12
3.4.1. Yayma işlemi	13
3.4.2. Erozyon (erodion) işlemi	15
3.4.3. Kapama işlemi.....	16
3.5. Eşik (Treshold) İşlemi.....	17
3.6. Doğru Tespiti	19
3.7. Formun Köşelerinin Belirlenmesi.....	20
3.8. Çarpıtma İşlemi.....	22
3.9. Alanların Belirlenmesi	24
3.10. Okuma İşlemi	26
4. SÜRE ANALİZİ	28
5. BULGULAR	29
5.1. Form Okuma	29
5.2. Şık Gruplarının Değerlendirilmesi.....	30
5.2.1. Boş olan şık grubunun dolu olarak okunması.....	30
5.2.2. Dolu olan şık grubunun boş olarak okunması	31
5.2.3. Geçersiz olan şık grubunun geçerli olarak okunması	31

5.2.4. Geçerli olan şık grubunun yanlış okunması	31
6. DEĞERLENDİRME ve SONUÇ	33
KAYNAKÇA.....	34
ÖZGEÇMİŞ	36



TABLÖLAR

	<u>Sayfa</u>
Tablo 3.1. Örnek girdiler ve çıktıları.....	25
Tablo 4.1. Algoritma süre değerleri.	28
Tablo 5.1. Şık gruplarının dağılımı.	30
Tablo 5.2. Boş olup dolu okunan şık gruplarının dağılımı.	30
Tablo 5.3. Dolu olup boş olan şık gruplarının dağılımı.	31
Tablo 5.4. Geçersiz olup geçerli okunan şık gruplarının dağılımı.	31
Tablo 5.5. Geçerli olup yanlış okunan şık gruplarının dağılımı.	32
Tablo 5.6. Başarılı - başarısız okuma yüzdeleri.	32

ŞEKİLLER

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Konvolüsyon işlemi sonucunda kaynağın hedefe dönüşmesi.	2
Şekil 3.1. Algoritma akış diyagramı.	9
Şekil 3.2. Orijinal görüntü (3024x4032).	10
Şekil 3.3. Orijinal görüntü ve siyah beyaz görüntü (800x600).	12
Şekil 3.4. Farklı yapısal elemanlar kullanılarak uygulanan yayma işlemlerinin sonuçları.	14
Şekil 3.5. Farklı yapısal elemanlar kullanılarak uygulanan erozyon işlemlerinin sonuçları.	15
Şekil 3.6. Kapama işlemi sonrası görüntülerin karşılaştırılması.	16
Şekil 3.7. Eşik filtreleme örnekleri (soldan sağa anlatılan sırayla).	18
Şekil 3.8. Kapanım işleminin ardından eşik filtresi uygulanan görüntü.	19
Şekil 3.9. Girdi üzerindeki doğrular.	20
Şekil 3.10. Çarpıtma operasyonunun ardından oluşan görüntü.	23
Şekil 3.11. Alanların belirlenmesi ve çizdirilmesi.	24
Şekil 3.12. Okuma yapılacak çıktı.	26
Şekil 3.13. Örnek imge üzerindeki işlemler sonucunda elde edilen işaret değerleri.	27
Şekil 5.1. Okunan ve okunamayan imge sayısı.	29

1. GİRİŞ

Görüntü işleme, günümüzde hem sanal ortamda hem de gerçek ortamda pek çok alanda kullanılan ve kapsamı ile birlikte önemi gittikçe artan bir kavramdır. Görüntü işleme; kavram olarak çok geniş kapsamlıdır ve kullanım amacına göre farklı teknikleri bulunmaktadır. Görüntü işleme ile ihtiyaca göre pek çok sonuç elde etmek mümkündür. Bunlardan bazıları; yüz güzelleştirme uygulamaları, sosyal medyada milyonlarca insan tarafından kullanılmakta olan ışık, netlik, keskinlik vb. filtreleme işlemleri, yüz tanımlama uygulamaları, kenar belirleme uygulamaları ile kendi kendine park eden araçlar vb. olarak ifade edilebilir.

Bir video, birden fazla görüntünün birleşmesi ile oluşmaktadır. Görüntü ise boyutu kadar pikselin birleşiminden oluşan iki boyutlu bir nesne olarak ifade edilebilir. Görüntünün üzerindeki her bir pikselin kendi değeri bulunmaktadır. Böylece, bu piksellerin birleşimi ile anlamlı bir görüntü ortaya çıkmaktadır. Her bir pikselin kendi renk değeri bulunmaktadır. Bu renk değeri, siyah beyaz görüntülerde 0-255 aralığında tek boyuttan oluşmakta iken, renkli görüntülerde kırmızı, yeşil ve mavi renk parametrelerinin her birinin ayrı bir değere sahip olduğu üç boyuttan oluştuğu görülmektedir.

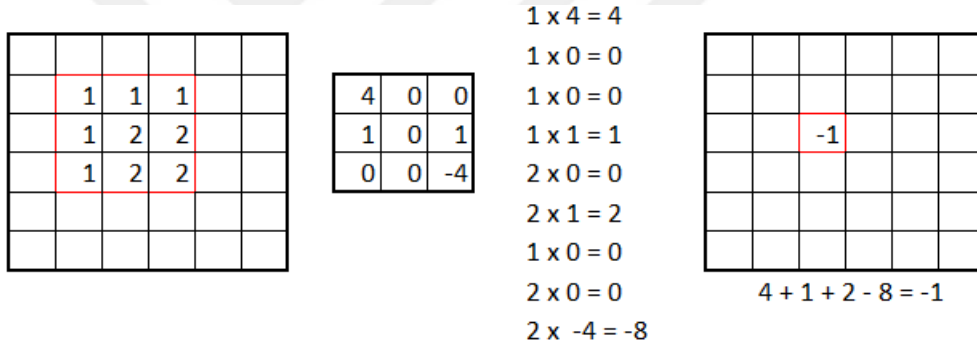
Görüntü işlemede, bir görüntünün içerisinde bulunan tüm nesneler her zaman anlamlı olmaya bilmektedir. Bazı durumlarda bir görüntü içerisinde belirli görüntüleri elde etmek ve bu görüntüler üzerinde işlemler gerçekleştirmek gerekmektedir. Bu işlem için de çeşitli filtreleme teknikleri bulunmaktadır. Bu çalışmada, optik formların bulunduğu fotoğraflar üzerinde çeşitli işlemler gerçekleştirilerek anlamlı görüntü olan optik formun elde edilmesi ve bu formda bulunan değerlerin okunması hedeflenmiştir.

Çalışmanın devamında literatürde yapılan bazı çalışmalardan bahsedilecek, sonrasında uygulamanın algoritması detaylı olarak anlatılacak ve sonuçlar değerlendirilecektir.

2. LİTERATÜRDEKİ ÇALIŞMALAR

Görüntü işleme konusunda kullanılan çeşitli teknikler; büyütme, küçültme, döndürme, birleştirme, keskinleştirme, gürültü azaltma, görüntü sınıflandırma, sıkıştırma vb. işlemlerdir. Her bir işlemde, belirlenen bir yapısal eleman, pikseller üzerinde belirli algoritmalarla göre uygulanarak belirli sonuçlar döndürmektedir. Yapılan çalışmalardan birinde görüntü işlemede kullanılan bazı yöntemler hakkında genel bilgi verilmesi amaçlanmıştır. Bahse konu olan çalışmada, büyütme operasyonunda, her bir piksel değeri 2x2'lik bir alana yayılmış, böylece görüntü 2 kat büyütülmüştür, küçültme operasyonunda ise bu işlemin tersi uygulanmıştır [1].

Filtreleme işlemlerinde sıkça kullanılan yöntemlerden biri de bir matris operasyonu olan konvolüsyondur. Bu operasyonda, değeri değiştirilmek istenen piksel, belirlenen bir matris ise komşu piksellerin değerlerinin çarpımlarının toplamı sonucunda elde edilen yeni değer ile değiştirilmektedir (Bkz. Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Konvolüsyon işlemi sonucunda kaynağın hedefe dönüşmesi.

Belirlenen matrise göre, yumuşatma, keskinleştirme, parlaklığı artırma vb. şeklinde çeşitli sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. 3x3'lük bir matris ile işlemlerin yapıldığı varsayımı altında; yapısal eleman olarak $\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$ matrisi kullanıldığında, işlem sonucunda pikselin değeri değişmeyecektir. Görüntünün yumuşatılması, her piksel değerinin birbirlerine / ortalamaya daha da yakınlaştırılması olarak açıklanmakta olup, yumuşatma matrisi $\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$ şeklinde ifade gösterilmektedir. Negatif yapısal elemanı $\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ -1 & 8 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$ olmaktadır. Bir imgenin keskinleştirilmesi ise görüntüdeki merkez pikselin diğer piksellere göre belirginleştirilmesi, ağırlığının artırılması olarak ifade edilmektedir. Bu durum bir nevi negatif alma işlemidir; ancak negatif işleminde katsayı 9 iken (3x3'lük bir matrise göre), keskinleştirme işleminde daha az olarak karşımıza çıkmaktadır [2].

Bir görüntü sinyaller bütününden oluşan bir yapı olarak tanımlanacak olursa, gürültünün azaltılmasını da istenmeyen sinyallerin etkilerinin ortadan kaldırılması ve esas görüntüye erişme olarak tanımlamak mümkündür. Gürültü engellemek adına yapılan bir çalışmada; Sobel kenar belirleyici operatörü, Gauss filtrelemesi gibi çeşitli teknikler kullanılmıştır. Bu filtreler, imgeyi yumuşatma, keskinleştirme, görüntüyü azaltma, parlaklığı artırma, karartma, doğruların tespiti vb. amaçlarla uygulanabilmektedir [3].

Filtrelemeler lineer ve lineer olmayan olarak iki farklı kategoride ele alınmaktadır. Lineer filtrelemedeki en temel dezavantajlardan birisi, görüntü üzerindeki keskin kenarların yumuşatılması ve potansiyel kayıpların meydana gelmesi durumudur. Bu durumun önüne geçmek amacıyla bulanık, medyan ve Wiener gibi birkaç lineer olmayan filtreleme yöntemleri önerilmektedir [4].

Morfolojik operasyonların uygulanması aşamasında pek çok algoritma tekniği bulunmaktadır. İmge üzerindeki bütün piksellerin taranmasına dayanan algoritmalar olan paralel ve sıralı algoritmalar, klasik bilgisayarlar üzerinde performans açısından başarısız sonuçlar doğurmaktadır; ancak basit 2 boyutlu görüntülerin işlenmesinde halen etkili ve iyi sonuçlar döndürmektedirler. İncelenen tekniklerin kıyaslaması sonucunda; paralel ve sıralı algoritmaların iki boyutlu siyah beyaz imgeler üzerinde etkili sonuçlar verdiği ve tercih edilebilirliklerinin fazla olduğu sonucuna varılmaktadır [5].

Bir imge üzerindeki, işlenmek istenen görüntü / nesne haricindeki piksel kaldırılırsa, görüntünün işlenmesi hem performans, hem de doğruluk açısından daha kolay olacağı düşünülmektedir. İmge üzerindeki istenmeyen pikseller gürültü olarak ifade edilmektedir. Dijital görüntü işlemenin önemine ve geometrik nesnelerin bulunduğu ve bu nesnelerle işlem yapılmasının amaçlandığı durumlarda, morfolojik yöntemlerin kullanılmasının etkili ve faydalı bir yöntem olduğu savunulmaktadır [6].

Morfolojik operasyonlar sayesinde bir imgede bulunan gürültüler kolayca ortadan kaldırılabilir. Morfolojik operasyonlarda, yapısal eleman olarak tabir edilen ve işlemi gerçekleştiren bir operatör bulunmaktadır. İmajın üzerindeki piksel değerleri ile tamamen eşleşmesi veya kısmi eşleşmesi durumunda imge üzerinde bazı değişiklikler meydana gelmektedir [7].

Gerçekleştirilen bir çalışmada Java üzerinde bir görüntü işleme uygulaması geliştirilmiş ve parmak izlerine dair alınan fotoğrafların çeşitli morfolojik

operasyonlardan geçirilerek gürültülerden arındırılması hedeflenmiştir. Çalışma, elde edilen imgeler siyah beyaza dönüştürüldükten sonra uygulanmıştır. Morfolojik operasyonlar hızlı ve etkili sonuç vermesine karşın, renk skalaları arttığında sonuçların kesinlikten uzaklaştığı savunulmuştur. Bu durumun önüne geçmek için öncelikle çeşitli filtrelemeler ile imgelerin siyah beyaza dönüştürülmesi, sonrasında operasyonların uygulanması önerilmektedir [6].

Morfolojik operasyonların ikili imge ve gri ölçekli imge üzerinde uygulanmasının faydalı sonuçlar ortaya çıkardığı savunulmaktadır. Yapısal eleman; küçük boyutlu ve (0,1) değerlerinden oluşan bir matris olarak ifade edilmektedir. Morfolojik işlemlerden bazıları: Erozyon, yayma – genişletme, açınım, kapanım olarak ele alınmaktadır. Yayma operasyonu, siyah-beyaz bir imgenin üzerindeki belirli piksel değerine sahip olan alanların genişlemesi; erozyon operasyonu, siyah-beyaz bir imge üzerindeki belirli piksel değerine sahip olan alanların daraltılması olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir morfolojik işlem olan açınım operasyonu; erozyon operasyonunun ardından yayma operasyonunun uygulanması olarak açıklanmaktadır; kapanım operasyonu ise, yayma operasyonunun ardından erozyon operasyonunun uygulanması olarak açıklanmaktadır. Bu iki operasyonda, imgenin içerisinde çalışılmak istenen şeklin boyutu değişmemektedir; ancak içeride ve / veya dışarıda kalan gürültüler ortadan kaldırılmaktadır [8].

Görüntü işlemenin ele aldığı önemli konulardan biri de bir imgenin iyileştirilmesi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum, özellikle el yazılarının algılanması, tanımlanması şeklindeki uygulamalarla ele alınmaktadır. Bir imgenin kalitesinin artırılması ve sıkıştırılması, görüntü üzerindeki odaklanılmak istenen alanların daha belirgin hale getirilmesi ve gürültünün azaltılması sayesinde daha az yer kaplamasını amaçlamaktadır. Orijinal imgenin gri ölçekliye dönüştürülmesinin ardından çeşitli filtrelemeler ile gürültüleri ortadan kaldırmaya yönelik gerçekleştirilen bir çalışmada; bu işlemin ardından morfolojik operasyonlar ile çalışılmak istenen imge elde edilmekte ve interpolasyon algoritmaları ile genişletme işlemi uygulanmaktadır [9].

Morfolojik işlemler ile birlikte istatistiksel filtrelerin kullanımı da etkili yöntemlerden biridir. Morfolojik işlemlerin istatistiksel filtrelere uygulandıktan sonraki çıktılar ile yalnızca istatistiksel filtrelerin uygulandığı çıktıların kıyaslandığı bir çalışmada, medyan gibi istatistiksel filtreleme yöntemlerinde görüntüdeki gürültüler

azaltılmıştır. Ancak yapılan denemelerde elde edilen sonuçlara göre, bir imgeye öncelikle medyan vb. filtreleme uygulanıp sonrasında açınım, kapanım gibi morfolojik filtreler uygulandığında, gürültü azalması maksimum olmaktadır ve daha başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Söz konusu çalışmada, filtreleme işlemleri iteratif olarak uygulanmıştır [10].

Görüntü işlemenin en önemli proseslerinden birisi de kenar bulma – kenar tespiti (edge detection). Bu işlem sayesinde, imgenin içerisinde bulunan nesneler kolaylıkla belirlenebilir ve yorumlanabilir hale gelmektedir. Kenar belirleme, bir imgenin içerisinde, benzer değere sahip piksellerin birleşmesinin tespiti olarak ifade edilebilmektedir. Kenar belirleme amacıyla kullanılan yöntemlerden bazıları; Sobel operatörü, Canny operatörü, Prewitt operatörü, Robert kenar bulma operatörü ve Laplacian of Gaussian (LOG) şeklinde örneklendirilmektedir [11].

Sobel operatörü; imgenin siyah – beyaza çevrildikten sonra, uygulanan konvolüsyon matrisleri ile dikey ve yatay kenarları bulmayı amaçlayan ve gürültüden az etkilenen bir algoritmadır [12].

Canny operatörü; öncelikle imge üzerindeki gürültüleri engellemek amacıyla filtreleme işlemi, ardından kenarların belirlenmesi, kenarların faktörlerine göre eleme işlemi ve bu işlemin ardından eşik operasyonunun uygulanması şeklinde ilerleyen bir algoritmadır [13].

Prewitt operatörü, Sobel operatörüne benzer şekilde işleyen; ancak merkeze yakın değerleri ayırmayan, yapısal elementin değerleri eşit olan bir algoritmadır [14].

Robert kenar belirleme operatörü, diğer operatörlerin aksine 2x2'lik bir yapısal eleman kullanılarak piksel değerlerinin hesaplandığı ve çizgilerin belirlendiği bir algoritmadır [15].

Laplacian of Gaussian (LOG) filtreleme ise; gürültü azaltma amacıyla öncelikle Gauss filtrelemesinin uygulandığı bir imgeye Laplace filtrelemesi uygulanması olarak ifade ele alınmaktadır [16].

Görüntüye 4 farklı yapısal eleman uygulanmasının ardından aşındırma ve yayma operasyonlarının uygulanması, elde edilen görüntülerin farklarının alınması ve değerlerin ortalamalarının alınması ile doğru belirleme yöntemi üzerinde yapılan bir çalışmada; denemeler sonucunda, geleneksel yöntemlere kıyasla, morfolojik operasyonların kullanıldığı kenar belirleme yöntemlerinin daha başarılı sonuçlar doğurduğu tespit edilmiştir [17].

Görüntü işleme biliminin hayatımıza kazandırdığı en büyük kolaylıklardan birisi de form okuyucularıdır. Liselerde, üniversitelerde, dershanelerde ve pek çok sınav merkezlerinde bireylerin ekstra bilgiler girmesini engellemek ve standardı yakalamak adına optik formlar kullanılmaktadır. Yapıları farklı olmakla birlikte, tüm optik formların mantığı aynıdır. İşaretli olan şıklar belirli kurallara göre değerlendirilir ve sonuç döndürülür.

İncelenen bir form değerlendirme uygulaması, test formları üzerinde çeşitli morfolojik işlemlerin uygulanması ve formun ikili imge haline dönüştürülmesinin ardından imgenin düzenlenmesi ve okumak için standart hale getirilmesini kapsamaktadır. İmgelerin standart boyuta getirilmesi için form üzerinde bulunan, belirli şekillerdeki nirengi noktalarından da faydalanılmaktadır. Kontrol noktalarının merkezi ile formun merkez noktası eşleştirilerek bir dönüşüm uygulanmakta ve formlar çekim açısından bağımsız hale gelmektedirler [18].

İmge tarayıcıya eklenen bir mikroişlemci ile bir optik form okuyucu tasarlanan bir uygulamada, okuyucunun işlemleri iki faza ayrılmaktadır: Öğrenme ve okuma işlemi. Öğrenme işleminde öncelikle çeşitli filtreler uygulanmakta ve önceden hazırlanmış olan boş bir form tanıtılmaktadır. Uygulama, bu formda bulunan yatay ve dikey kenarları tarayarak formun içerisinde bulunan dikdörtgenleri tespit etmektedir. Alanların belirlenmesinin ardından, form dikey ve yatay olarak taranarak formda bulunan siyah piksel yoğunluğuna göre eşleştirme yapıp şıkların yerleri belirlenmektedir. Okuma işleminde öncelikle orijinal imge üzerinde çeşitli filtrelemeler uygulanarak form ikili imge haline dönüştürülmektedir. Ardından 10 x 10'luk alanda tüm şıklar kontrol edilmekte ve en yüksek ile ikinci en yüksek piksel değerine sahip şıklar saptanmaktadır [19].

Optik form okumak amacıyla tasarlanan cihazlardan başarılı sonuçlar elde edilmektedir; ancak bu cihazlar hem pahalı, hem de olası arıza durumunda müdahalesi zor cihazlardır. Optik formlarda şıkların tespiti büyük bir öneme sahiptir. Bir diğer form değerlendirme çalışmasında şıkların tespiti için Hough dönüşümünden yararlanıldığı görülmektedir. Hough dönüşümünde daireyi oluşturan elemanlar girdi olarak kullanılmakta ve tüm şıkların orta noktaları tespit edilmektedir. İlk sorunun ilk şikkından başlayıp son sorunun son şikkına kadar form taranmakta ve şıkların yerleri belirlenmektedir. İlk şikkın üzerine ve son şikkın altına birer kontrol noktası eklenerek

değerlendirme yapılırken başlangıç ve bitiş noktaları dikkate alınarak kolaylıkla iterasyon gerçekleştirilebilmektedir [20].

Optik form okuyucu olarak, cihaz haricinde kamera ile alınan görüntülerin değerlendirilmesi amacıyla geliştirilen bir başka çalışmada ise; imgelerde bulunan cevap alanı belirlenmiştir. Morfolojik işlemler ve ikili eşik dönüşümü uygulanmış ve bu işlemin ardından imge, bir matris olarak ele alınmıştır. Cevap alanının kaydedildiği bir taslak imge oluşturulmuş ve programa tanıtılmıştır. Yeni imgelerdeki optik formlar okutulacağı zaman, cevaplar kaydedilen formata göre okunmuş ve sonuç csv formatında döndürülmüştür [21].

Optik formların değerlendirilmesinde, alanların belirlenmesi kritik öneme sahiptir. Alanların imge üzerinde hangi bölgede olduğu bilindiği takdirde sağlıklı bir okuma ve doğru sonuç döndürme gerçekleştirilebilmektedir. Çalışmaların genelinde varsayılan cevap formunun şekli tanıtılmakta ve okutma işlemi bu form baz alınarak uygulanmaktadır. İncelenen diğer bir çalışmada çoktan seçmeli optik formlar için yapının dinamik olarak belirlendiği bir yaklaşımda bulunulmuştur [22].

Eyegrade adı verilen bir uygulama tanıtımında; kamera yardımı ile görüntülenen imge gri ölçekli imgeye dönüştürülmekte ve eşik filtreleme uygulanmaktadır. Sonrasında Hough dönüşüm ile kenarlar belirlenmekte ve cevap alanının köşeleri belirlenerek şablon oluşturulmaktadır. Soru kağıtları okunurken öncelikle form üzerinde bulunan ve el yazısı ile giriş yapılan numara tespit edilmekte ve form numarası olarak kaydedilmektedir. Form değerlendirme, şıkkın işaretli olup olmadığının belirlenmesi amacıyla, bir eşik değeri ile ortalama piksel değerinin kıyaslaması yöntemi ile gerçekleştirilmektedir. Program csv formatında bir çıktı vermektedir [23].

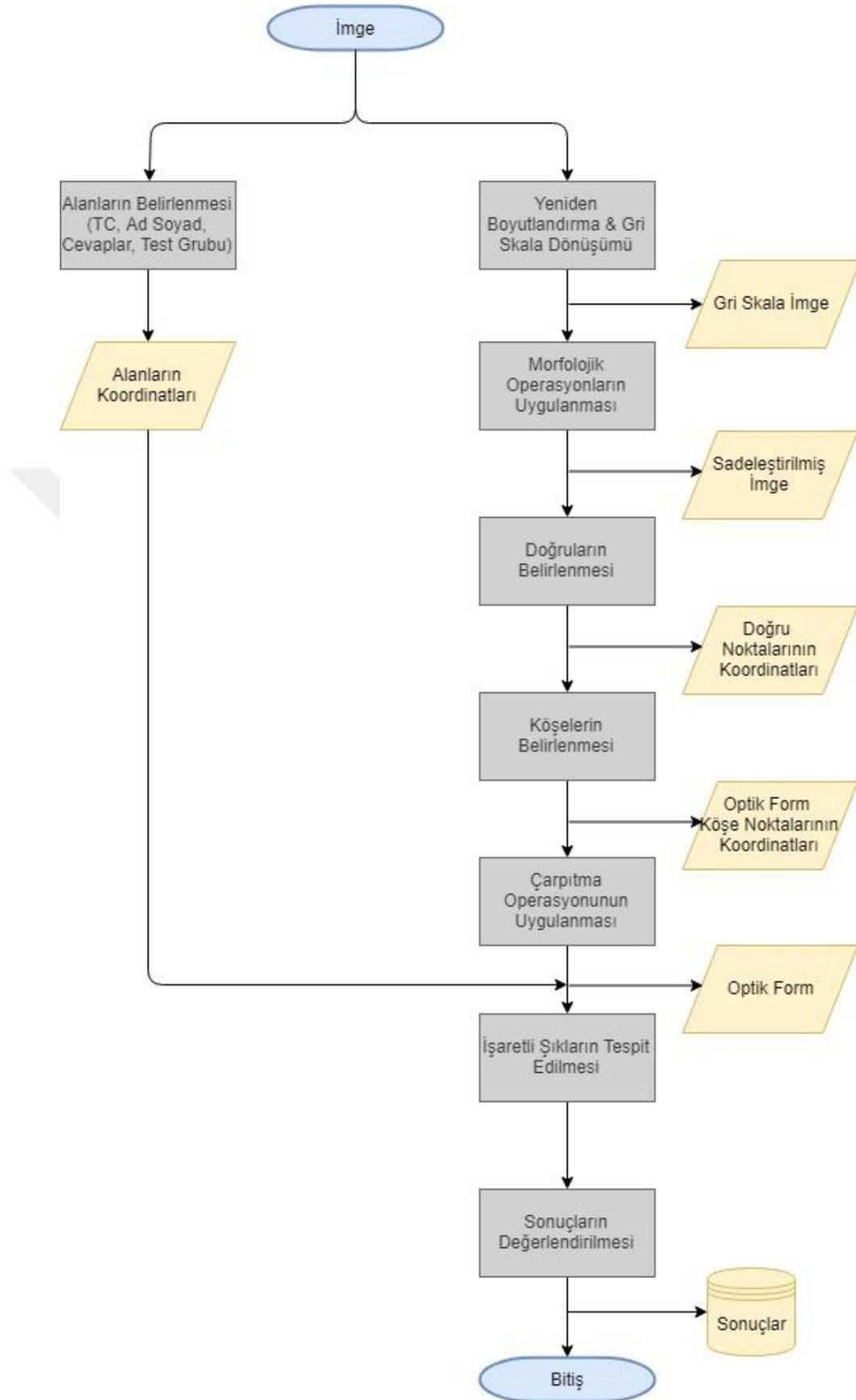
Kamera ile elde edilen optik form imgelerinin değerlendirilmesini amaçlayan diğer bir çalışmada hough dönüşümü kullanılarak optik form tespit edilmiş, sonrasında çeşitli filtreler uygulanarak form normalize edilmiş ve şablon üzerinden belirlenen alanların okunması işlemi gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın doğru okuma oranı %99,7 olarak ölçülmüştür [24].

3. YÖNTEM

Bu bölümde; farklı ışık koşullarında ve farklı açılarda görüntülenen çoktan seçmeli optik formlar üzerinde çeşitli işlemler yapılarak sonuçların elde edilmesi ve değerlendirilmesi aşaması detaylı olarak anlatılacaktır.

Görüntü işlemede kullanılacak fotoğraflar; mobil cihazlar ile çekilmiş, farklı çözünürlük değerlerine sahip çeşitli görüntülerdir. Bu görüntülerin her birisinin çekim açısı farklıdır; ancak değerlendirmenin sağlıklı bir biçimde yapılabilmesi için çekilen görüntülerin filtrelemeler sonucunda çekilen ışık koşulları ve poz farklarından bağımsız hale gelmesi gerekmektedir. Başka bir deyişle, görüntü hangi açıdan çekilmiş olursa olsun incelenecek olan görüntünün nihai şekli aynı olmalıdır. Girdi olarak ele alınan görüntünün sonuç çıktısına dönüşebilmesi için bir dizi işlem uygulanmaktadır. Yapılan işlemler ve algoritma akış diyagramı sırasıyla aşağıda gösterilmiştir:

- Örnek görüntülerin oluşturulması
- Orijinal görüntünün okunması
- Siyah beyaz görüntünün yeniden boyutlandırılması (piksel değerlerinin ayarlanması)
- Görüntünün siyah beyaz formata dönüştürülmesi
- Morfolojik operasyonlar ile görüntü üzerindeki gürültünün ortadan kaldırılması (elde edilmesi istenen, anlamlı kısımlar haricindeki görüntülerin ortadan kaldırılması)
- Elde edilen filtrelenmiş görüntü üzerindeki doğruların belirlenmesi (line detection)
- Belirlenen doğrular kullanılarak formun köşe noktalarının belirlenmesi
- Warping işleminde köşe noktaları kullanılarak farklı açılardan çekilen görüntülerin aynı formata getirilmesi
- Görüntü üzerinde okunacak alanların (test grubu, öğrenci id, ad, soyad ve cevaplar) belirlenmesi
- Belirlenen alanların taranması
- Cevapların okunması ve sonucun döndürülmesi (Bkz. Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Algoritma akış diyagramı.

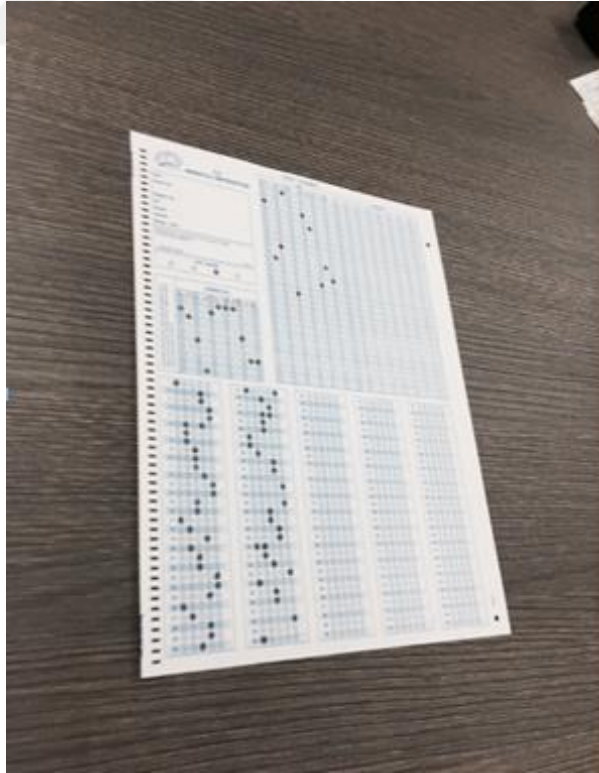
3.1. Örnek Kümesinin Oluşturulması

Birden fazla optik formun mobil cihazlarla farklı açılardan fotoğraflanması ile örnek kümesi elde edilmiştir. Bu görüntülerden okunabilecek durumda olanlar algoritmada kullanılmak üzere kaydedilmiştir. Görüntülerin bazılarına, sanal ortamda çeşitli gürültüler eklenmiştir ve ışık koşulları değiştirilmiştir. Bu sayede, farklı ortamlarda ve farklı gürültü koşulları altında programın ne şekilde sonuç verdiğini test etmek mümkün olmuştur.

3.2. İmgenin Yeniden Boyutlandırılması

Çalışma, farklı boyutlarda ve farklı koşullarda olan optik formları doğru şekilde okuma ve sonuç döndürme motivasyonu ile gerçekleştirilmiştir. Farklı cihazlar ile farklı boyutlarda / çözünürlüklerde görüntüler yüklendiğinde sistemin istenen şekilde çalışması için öncelikle bu görüntülerin sabit bir boyuta dönüştürülmesi gerekmektedir.

Çekilen optik formlar, cihazın kamera özelliklerine bağlı olarak farklı çözünürlük değerlerinde olmaktadır. Örnek olarak, aşağıda belirtilen imge 3024x4032 piksel boyutundadır (Bkz. Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Orijinal görüntü (3024x4032).

İmgenin çözünürlüğünün ayarlanması, bir imgenin farklı boyutlara sahip bir kopyasını oluşturmaktır. İmgenin boyutunu arttırmaya “upsampling”, düşürmeye ise “downsampling” denilmektedir [25].

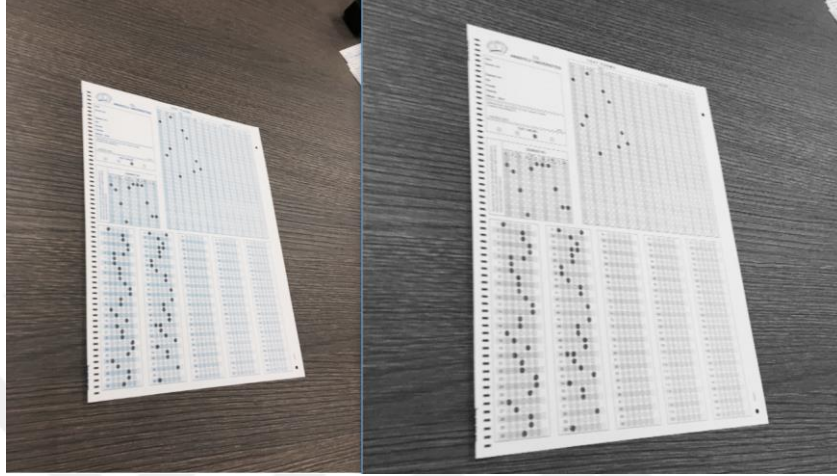
Çekilen optik formlardan birkaçının imgesi 3024x4032 piksel boyutundadır ve bu imgelerin her birisi 800x600 piksel boyutuna dönüştürülmüştür. Bu işlem, resmin $\frac{1}{4}$ oranında küçültülmesi anlamına gelmektedir. İmgenin yeniden boyutlandırılması amacıyla kullanılan pek çok algoritma mevcuttur. Bu amaçla en yaygın kullanılan iki yöntemden biri, imgenin boyutunu arttırırken eklenen piksellerin değerlerini bir önceki pikseller ile aynı kabul ederek eklemek, bir diğeri ise interpolasyon, yani eklenen pikselin koordinatına göre ortalama değer hesaplayarak, eklemektir. İlk yaklaşımda daha keskin bir imge elde edilirken, ikincisinde daha yumuşak ve orijinale yakın bir imge elde edildiği savunulmaktadır [26].

3.3. İmgenin Siyah Beyaz Formata Dönüştürülmesi

Renkli imgeler, ana renklerin (kırmızı, mavi ve yeşil) farklı değerlerinden oluşan imgelerdir [25]. Önceki bölümlerde bahsedildiği üzere, bir imge, boyutu kadar farklı pikselden meydana gelen bir nesnedir. İmgeyi iki boyutlu bir dizi veya bir matris olarak tanımlamak mümkündür. Her bir piksel değerinde kırmızı tonunun, yeşil tonunun ve mavi tonunun ayrı değerleri bulunmaktadır. Bu biçim RGB olarak ifade edilmektedir. Görüntü işlemede, çalışılacak imgenin renklerden arındırılması sıkça kullanılan bir tekniktir. Bu tekniğin filtrelemeler üzerinde pek çok olumlu etkisi bulunmaktadır. En temel örneği, performans olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir imgenin üzerindeki her bir piksel değeri $f(x,y)$ olarak ifade edilecek olursa; renkli imgelerde $f(x,y)$ değeri (r,g,b) parametrelerinden oluşmakta iken, siyah beyaz imgelerde tek değerden oluşmaktadır. İmgenin gri skalaya dönüştürülmesindeki bir diğer neden de doğruluk olarak karşımıza çıkmaktadır. Gri ölçekli olarak ifade edilen siyah beyaz imgelerde, morfolojik operasyonlar başta olmak üzere yapılan filtreleme operasyonları renkli imgelere kıyasla daha doğru sonuçlar ortaya koymaktadır [13].

İmgenin pikselleri 0-255 aralığındadır. İmgenin gri ölçekliye dönüştürülme aşamasının, her pikselin renk değerlerinin belirli ağırlıklar dikkate alınarak ortalamalarının alınması ve 0-255 aralığında bir siyah beyaz değer döneürülmesi olarak tanımlanması mümkündür. Uygulamada, imgenin okunması, filtreleme ve sonuçların döndürülmesi için OpenCV aracı kullanılmıştır. Çeşitli algoritmalar olmakla

birlikte, RGB[A] – Gri ölçek: $Y \leftarrow -0.299 \times R + 0.587 \times G + 0.114 \times B$ dönüşümü kullanılmıştır. Optik formun okutulması ve gri ölçekliye dönüştürülmesinin ardından elde edilen imge incelendiğinde, okunacak detaylarda herhangi bir piksel kaybının olmadığı, renk yoğunluğunun renkli imgede olduğu gibi korunduğu ve işlenebilecek bir imgenin elde edildiği görülmektedir (Bkz. Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Orijinal görüntü ve siyah beyaz görüntü (800x600).

3.4. Morfolojik Operasyonlar

Morfoloji, yapı bilimi / şekil bilimi olarak tanımlanan ve bir nesnenin dış görünüşü ile ilgilenen bir bilim dalı olarak ele alınmaktadır. Görüntü işlemede morfolojik operasyonlar ise şekilde bulunan gürültüyü ortadan kaldırmak ve elde edilmek istenen görüntüye erişim sağlamak amacıyla sıkça kullanılmaktadır [1].

Bir ortamdaki imgeden insan yüzünün çıkartılması, otomobillerin markalarının incelenmesi, bir kıyafetin ne olduğunun algılanması gibi süregelen pek çok örnek morfolojik operasyonların kullanım amacına uygundur. Yapılan çalışmada, çekilen bir optik formun algılanması amacıyla morfolojik operasyonlar kullanılmıştır.

Görüntü işlemede morfolojik operasyonlar sayesinde imge üzerinde çeşitli filtreleme işlemleri yapılarak, istenmeyen görüntülerin ortadan kaldırılması ve çalışılacak imgenin elde edilmesi hedeflenmiştir. Örnek olarak, optik form bir masanın üzerinde durmaktadır, masa yapısal olarak girintili – çıkıntılı bir yüzeye sahiptir. Masanın kenarında farklı nesneler bulunmaktadır ve hepsi farklı yüzeysel özelliklere sahiptir. Doğru tespiti algoritmasının imgenin orijinaline uygulandığı durumda, bir imge üzerinde düşük çözünürlüklü bir imgeye kıyasla çok sayıda doğru elde edildiği gözlemlenmiştir. Çalıştırılan algoritmada, doğrular belirlendikten sonra bu doğrular

kullanılarak formun köşelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Doğru sayısının fazla olduğu durumlarda formu belirlemek performansın düşük olmasına ve hata payının yüksek olmasına sebebiyet vermekte; ancak öncelikle birtakım operasyonlar ile formun dışında ve içerisinde kalan istenmeyen nesneler elimine edildikten sonra doğru belirleme algoritması çalıştırıldığında çok daha az doğru elde edilmekle birlikte daha kesin sonuçlar saptanmıştır.

Çalışmada kullanılan operasyonlar;

- Dilation (Yayma – Genişletme),
- Erodion (Erozyon) ve
- Closing (Kapama) işlemleridir.

3.4.1. Yayma işlemi

İmgenin içerisinde farklı renklerde, boyutlarda ve yapılarda olan çeşitli nesneler bulunmaktadır. Bu nesnelerin bazıları gürültü iken, bazıları da ele alınmak istenen imge olarak karşımıza çıkmaktadır. Problem, bütün bir imgenin üzerinde yalnızca istenilen nesnelerin nasıl elde edileceğidir. Optik form imgesi ele alındığında, masanın üzerinde çeşitli nesneler ile birlikte optik form bulunmaktadır. İmgenin kenarlarında da ek nesneler bulunmaktadır. Burada ele alınmak istenen nesne formun kendisi olduğu için, formun dışında kalan bütün alanlar gürültü olarak ele alınmıştır.

Yayma işlemi, imgenin belirli kısımlarını dışa doğru yayarak imgenin genişlemesini amaçlayan bir yöntemdir. İkili dönüşüm uygulanan bir imgenin pikselleri 1 (beyaz) ve 0 (siyah) değerlerinden oluşmaktadır. Bir imgeye yayma filtrelemesi uygulandığında, o imgede bulunan 1 değerine sahip pikseller dışa doğru yayılmakta, başka bir ifade ile, ilgili piksellerin komşu 0 pikselleri 1'e dönüşmekte ve imge yeni bir şekil almaktadır.

Yayma operasyonunda; belirlenen bir yapısal eleman imgenin ilk pikselinden son pikseline kadar her pikseli üzerinde işlem yapmaktadır. Bu işlemin; yapısal eleman(matris) imgenin dışına taşmayacak şekilde uygulanması da kabul edilen bir yöntemdir ve tam eşleşme / temas durumuna göre imge üzerinde çeşitli değişiklikler yapmaktadır. Bu iki durum hit ve fit olarak tanımlanmaktadır. Yayma işleminde; yapısal eleman ile imgenin piksellerinden en az birer tane elemanın eşleşmesi yeterli

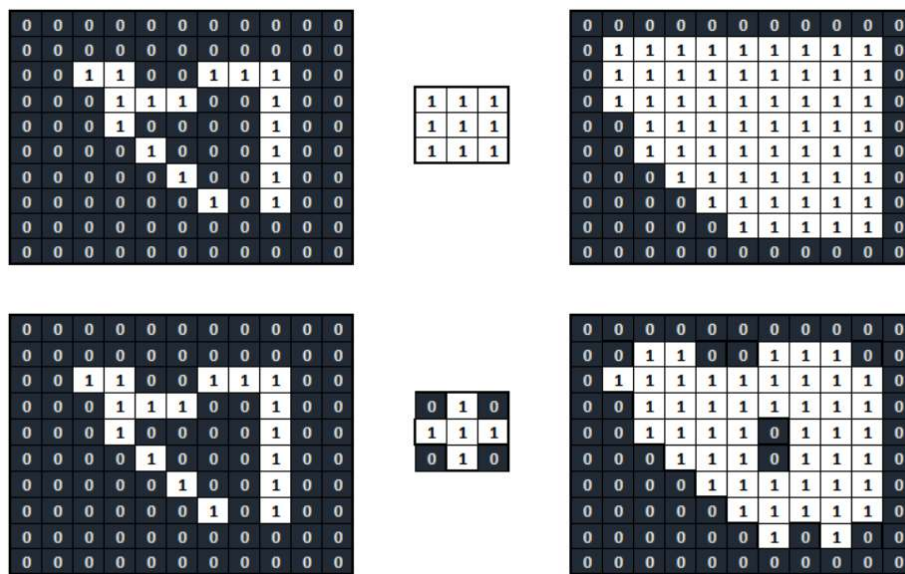
olmaktadır. Bu durum “hit” olarak ifade edilmektedir. İkili imge üzerinde yayma işleminin işleyişi aşağıdaki gibidir:

- İmgenin okunması ve dönüştürülmesi
- Yapısal elemanın belirlenmesi
- Yapısal elemanın (1,1) pikselinden başlayarak tüm pikseller üzerinde gezdirilmesi
- Yapısal elemanın üzerindeki piksel değerleri ile görüntü üzerindeki piksel değerleri aynı ise mevcut değerin dışarıya doğru kaydırılması
- Piksel değerleri aynı değil ise taramaya devam edilmesi

Yayma işleminde amaç, imgenin içerisinde kalan açık renklerin dışa doğru genişletilmesidir. Yayma işleminin gerçekleştirilmesi için eklenecek olan yapısal eleman $\{\{1,1,1\},\{1,1,1\},\{1,1,1\}\}$ olmaktadır. Ele alınan piksel değeri ile yapısal elemanın merkez değerleri çakıştığında, herhangi bir komşu değer 1 değerine sahipse o değerin dışarıya doğru yayılması işlemi gerçekleştirilmektedir.

Yayma işleminin çeşitli fonksiyonları bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; ön planda bulunan nesneleri belirginleştirme, nesnelerin içerisindeki boşlukları doldurma, belirgin imgenin içerisindeki belirsiz-arka planda kalan nesnelerin yumuşatılması olarak ifade edilmektedir [25].

Aşağıdaki şekilde farklı yapısal elemanlar kullanılarak aynı imge üzerinde uygulanan yayma işleminin sonuçları gösterilmektedir (Bkz. Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Farklı yapısal elemanlar kullanılarak uygulanan yayma işlemlerinin sonuçları.

Yayma işlemi optik formun içerisinde ve dışarısında bulunan gürültüleri azaltmakta; ancak bu işlem gerçekleşirken formun yapısında belli değişiklikler meydana gelmektedir. Bu değişikliklerden en temeli formun boyutu olmaktadır. Formun doğru okunabilmesi amacıyla sağlıklı bir çarpıtma işleminin gerçekleştirilmesi için, form boyutunun orijinal form boyutu ile aynı olacak şekilde tespit edilmesi gerekmektedir. Yayma işlemi sonucunda boyutu bozulan formu orijinal boyutuna getirmek amacıyla, yayma işleminin ardından erozyon işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

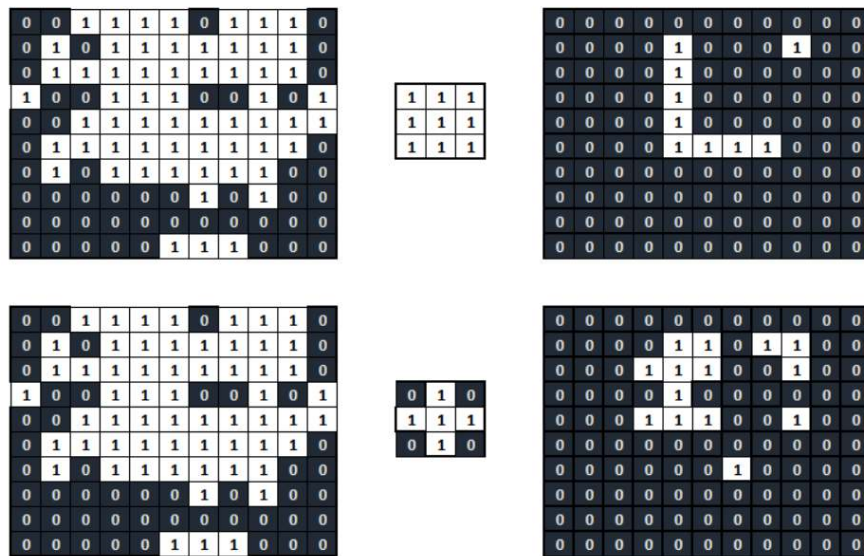
3.4.2. Erozyon (erodion) işlemi

Erozyon işleminin, yayma işleminin tersi olarak tanımlanması mümkündür. Yayma işleminde uygulanan yapısal elemana göre içten dışa doğru bir genişleme söz konusu iken, erozyon işleminde dıştan içe bir daralma söz konusu olmaktadır.

Yayma işleminde, yapısal eleman ile imge üzerindeki piksellerin temas etmesi durumunda genişletme uygulanmakta iken; erozyon işleminde yapısal eleman, pikseller üzerinde gezdirilerek daraltma işlemi gerçekleştirilmektedir; ancak bu işlem yapılırken doğrudan tam eşleşme durumu aranmaktadır.

Erozyon işlemi, ön planda bulunan nesnelerin daraltılmasını, boşlukların büyümesini, katmanlı bir görüntüde küçük tepe noktalarının ortadan kaldırılmasını hedeflemektedir [26].

Aşağıdaki imgede farklı yapısal elemanlar kullanılarak elde edilen yayma işlemi çıktıları gösterilmektedir (Bkz. Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Farklı yapısal elemanlar kullanılarak uygulanan erozyon işlemlerinin sonuçları.

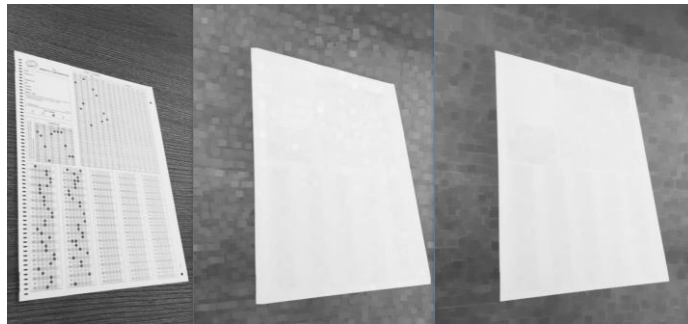
Erozyon işlemi imgenin orijinal haline uygulandığında, form dışında kalan alanları içe doğru ittiğinden, form üzerinde bir daralmaya sebebiyet vermektedir. Bu yüzden öncelikle yayma işlemi uygulanan imge alınmakta, sonrasında bu imge üzerinde erozyon işlemi uygulanmaktadır (yapısal bütünlüğün sağlanması amacıyla aynı yapısal elemanlar kullanılmaktadır). Bunun sonucunda orijinal form boyutu elde edilmektedir. Yayma işleminin ardından erozyon işleminin uygulanması, kapama işlemi olarak ifade edilmektedir.

3.4.3. Kapama işlemi

Kapama işlemi, yayma işleminin ardından erozyon işlemi uygulanarak elde edilmek istenen imgenin boyutunun aynı kalması; ancak gürültünün ortadan kaldırılması amacıyla uygulanan bir işlem olarak ele alınmaktadır.

İmge üzerinden elde edilmek istenen kısım imgenin merkezinde ise kapama işlemi; yani sırasıyla yayma ve erozyon işlemlerini uygulamak okunmak istenen alanın dışındaki pürüzü ortadan kaldırmaktadır.

Mevcut çalışmada yayma ve erozyon işlemleri bir iterasyona bağlı olarak uygulanmıştır. Çeşitli optik form imgeleri üzerinde optimum iterasyon sayısını belirlemek amacıyla çalışmalar gerçekleştirilmiştir. 1 yayma ardından 1 aşındırma uygulanması durumunda imge üzerinde gürültü azaltma gerçekleştirilmiş; ancak optik formun dışında da önmeli gürültüler ortadan kaldırılamamıştır. 2 yayma ardından 2 aşındırma uygulandığında, ilk yöntemle göre daha iyi bir sonuç ortaya çıkmış; ancak bazı gürültülerin ortadan kaldırılamadığı saptanmıştır. İşlemler 3'er kez uygulandığında gürültüler istenilen seviyede azaltılmış, aynı zamanda formun boyutlarında herhangi bir bozulma meydana gelmemiştir. 4'er kez yapıldığında ise gürültüler neredeyse tamamen ortadan kaldırılmış; ancak formun yapısı bozulmuştur. Yapılan denemeler sonucunda optimum sonuçlar, 3 yayma işleminin ardından 3 erozyon işleminin uygulanması durumunda elde edilmiştir (Bkz. Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Kapama işlemi sonrası görüntülerin karşılaştırılması.

İlk imge, orijinal formun gri ölçekliye dönüştürülmüş halidir. İkinci imgede 3 kez yayma işlemi uygulandığında formun kenarlarında bozulmalar ve dışarıya doğru taşmaların olduğu gözlemlenmiştir. Son imgede ise ikinci imgeye 3 kez erozyon işlemi uygulanmıştır. Bu işlem sonucunda optik form, ilk imgedeki boyutuna döndürülmüş ve form dışındaki gürültüler büyük ölçüde azaltılmıştır.

Kapama işleminin ardından doğruların belirlenmesinde bir engel var ise çeşitli ek filtreleme yöntemleri ile bu gürültüleri ortadan kaldırmak mümkün olmaktadır.

3.5. Eşik (Threshold) İşlemi

Renkli bir imgenin gri ölçekli imgeye dönüştürülmesi durumunda 3 farklı renk parametresi (kırmızı, yeşil ve mavi) 0-255 aralığında tek bir değer almıştır. Eşik işlemi ile imge üzerine çeşitli filtrelemeler yapmak olmuştur. Bu adımda gri ölçekli olan bir imgenin siyah beyaza dönüştürülmesi işlemi uygulanmıştır.

Eşik işleminin; imgede bulunan piksellere bir limit belirleyerek bu limitin altında kalan veya üstünde olan piksellere belirli bir değer / değerler kümesi atamak amacıyla kullanılan bir işlem olarak tanımlanması mümkündür. Eşik ve sonuç değerleri siyah – beyaz olmak zorunda değildir.

Eşik işleminin çeşitli varyasyonları bulunmaktadır. Bu varyasyonlar; binary , binary inverse, trunc, to-zero ve to-zero inverse olarak beş gruba ayrılmaktadır. Her bir grupta amaç, piksel değerlerine göre renkleri iki ayrı gruba bölmek ve imge üzerinde işlem yapmayı kolaylaştırmak olarak ifade edilmektedir [27].

İkili eşik değeri, girdi olarak verilen gri ölçekli imgenin üzerindeki piksel değerlerini sırasıyla taramakta ve belirlenen eşik değeri ile taranan değeri karşılaştırmaktadır. Piksel değerinin eşik değerinden büyük olması durumunda, piksel değeri 255'e yani beyaza çevrilmekte, piksel değerinin eşik değerinden küçük veya eşit olması durumunda ise piksel değeri, 0'a yani siyaha çevrilmektedir.

$$pxl(x,y) = \begin{cases} 255, & pxl(x,y) > \text{eşik değeri} \\ 0, & pxl(x,y) \leq \text{eşik değeri} \end{cases} \quad (3.1)$$

İkili eşik işleminin tersi olan ters ikili eşik işleminde, eşik değerinden küçük olanlar piksel değerleri 255 değerine, eşik değerine büyük veya eşit olan piksel değerleri ise 0 değerine çevrilmektedir.

$$pxl(x,y) = \begin{cases} 0, & pxl(x,y) \geq \text{eşik değeri} \\ 255, & pxl(x,y) < \text{eşik değeri} \end{cases} \quad (3.2)$$

Trunc treshold işleminde, belirlenen eşik değeri ile piksel değerleri karşılaştırılmakta ve piksel değerinin eşik değerinden büyük olduğu durumlarda piksel değeri eşike eşitlenmekte; diğer durumlarda ise değişiklik gerçekleştirilmemektedir.

$$pxl(x,y) = \begin{cases} \text{eşik, } pxl(x,y) > \text{eşik değeri} \\ pxy(x,y), pxl(x,y) \leq \text{eşik değeri} \end{cases} \quad (3.3)$$

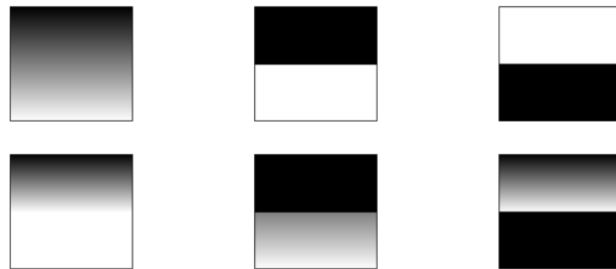
Tozero işleminde, piksel değeri ile eşik değeri karşılaştırılmakta ve piksel değerinin eşikten büyük olması durumunda herhangi bir değişiklik yapılmamakta, küçük veya eşit olması durumunda piksel değeri 0'a eşitlenmektedir.

$$pxl(x,y) = \begin{cases} pxl(x,y), pxl(x,y) > \text{eşik değeri} \\ 0, pxl(x,y) \leq \text{eşik değeri} \end{cases} \quad (3.4)$$

Tozero Inverse işleminde ise tozeronun tersi bir mantık söz konusudur. Piksel değerinin eşik değerinden büyük olması durumunda piksel değeri 0'a çevrilmekte, diğer durumlarda herhangi bir değişiklik yapılmamaktadır.

$$pxl(x,y) = \begin{cases} 0, pxl(x,y) > \text{eşik değeri} \\ pxl(x,y), pxl(x,y) \leq \text{eşik değeri} \end{cases} \quad (3.5)$$

İkili imge üzerinde uygulanan işlemler aşağıdaki gibidir. İlk imge orijinal imge olmak üzere, soldan sağa olacak şekilde yukarıdaki anlatım sırasına göre örnekler verilmiştir (Bkz. Şekil 3.7).

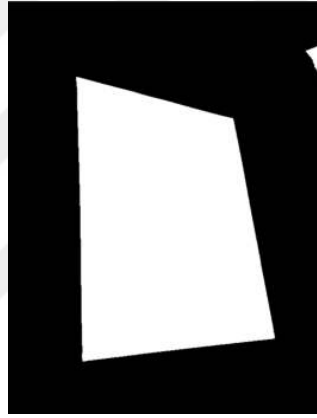


Şekil 3.7. Eşik filtreleme örnekleri (soldan sağa anlatılan sırayla).

Tez çalışmasında girdi olarak kullanılan imgeler incelendiğinde, formun içerisi açık renkte iken, formun dışında kalan alanlar daha koyu renkte olmaktadır. Bu duruma bağlı olarak mevcut çalışmada eşik filtresi uygulandığında dikkat edilmesi gereken nokta; formun dışında kalan alanların siyaha, formun ise beyaza dönüştürülmesi işlemidir. Diğer bir ifade ile, form üzerinde piksel değeri 255'e yakın olan pikseller 255'e çevrilirken, 0'a yakın olan pikseller 0'a çevrilmelidir. Eşik filtrelemesinde en önemli noktalardan birisi eşik değerinin belirlenmesidir. Eşik değeri, ortam koşullarına

ve ihtiyaca göre belirlenmelidir. Optik formların her birisi beyaz renklidir (ya da beyaza çok yakındır); ancak formların bulunduğu ortamlar her zaman koyu renkli olmamaktadır. Eşik değerinin 0 ile 255'in orta noktası olarak alınması durumunda hata payının arttığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple, mevcut çalışmada eşik değeri 255'e yakın tutulmuştur. Bu değer, imgelerin ortalama piksel değeri dikkate alınarak hesaplanmış ve kullanılmıştır. Bu sayede formun dışında kalan alanların çoğu siyaha dönüştürülürken form beyaza dönüştürülmüştür.

Siyah beyaza dönüştürülüp 3 yayma, ardından 3 erozyon işlemleri uygulanan imgeye ikili eşik işlemi uygulandığında formun kenarlarının bulunduğu bir imge elde edilmiştir. Form çevresinde, beyaza yakın olan bazı alanlarla birlikte formun kendisi rahatça anlaşılmaktadır (Bkz. Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Kapanım işleminin ardından eşik filtresi uygulanan görüntü.

3.6. Doğru Tespiti

Optik form geometrik olarak dikdörtgen yapısında bir formdur; ancak elde edilen imgelerde farklı çekim açıları ve uzaklıklardan kaynaklanan şekil değişiklikleri söz konusu olmaktadır. Ancak önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi, formların çekim açısından bağımsız bir biçimde değerlendirilmesi gerekmektedir.

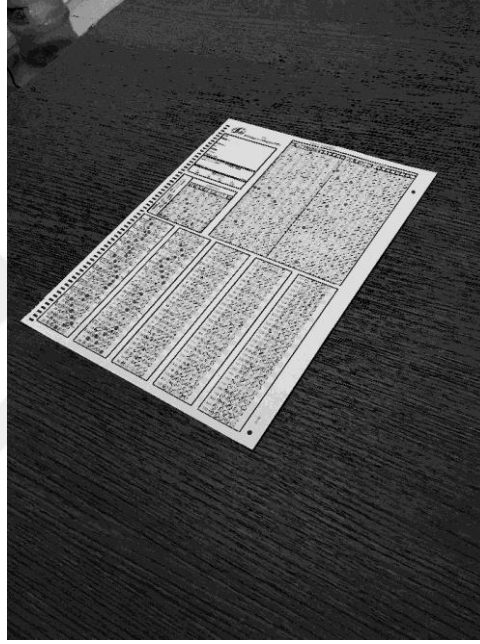
Yamuk şeklinde bir görüntünün dikdörtgene dönüştürülmesi için çarpıtma (warping) operasyonu kullanılmıştır. Bu operasyonun doğru bir biçimde uygulanabilmesi için forma ait doğruların tespit edilmesi ve formun köşe noktalarının belirlenmesi gerekmektedir.

Doğru tespiti (line detection), görüntü işlemede sıklıkla üzerinde çalışılan bir kavram olup çeşitli algoritmaları mevcuttur. Günümüzde yüz belirleme, görüntü sıkıştırma, otomatik rota takibi (otomatik sürücülü araçlar gibi) gibi çok çeşitli

uygulamalarda doğru belirleme tekniği kullanılmaktadır. İmge üzerindeki doğruların belirlenmesi ve işlenmesi amacıyla EDLines doğru belirleyici kullanılmıştır [28] .

EDLines programının doğrusal ve doğrusal olmayan geometrik şekilleri belirleme fonksiyonu mevcuttur. Ancak çalışmada, optik form üzerindeki doğruların belirlenmesi yeterli olmuştur. Filtreleme işlemi yapılmış olan ikili imgeler üzerinde çalışılarak her bir doğrunun başlangıç koordinatı (x_1, y_1) ve bitiş koordinatı (x_2, y_2) elde edilmiştir.

Aşağıdaki görüntüde filtreleme işlemleri yapılmamış olan bir siyah beyaz imge üzerindeki doğrular belirlenmiş ve çizdirilmiştir (Bkz. Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Girdi üzerindeki doğrular.

Filtreleme işlemlerinin ardından doğru tespiti yapıldığında, örnek bir imge üzerinde 9 doğru belirlenmiştir (doğru sayısı çeşitli imgelerde farklılık gösterebilir).

Doğru belirleme işleminin ardından optik formu oluşturan doğruların tespit edilmesi ve bu doğrular kullanılarak optik formun köşe noktalarının belirlenmesi gerekmektedir.

3.7. Formun Köşelerinin Belirlenmesi

İmgeler üzerinde yapılan filtreleme ve doğru belirleme işlemlerinin ardından elde edilen doğrular kullanılarak köşe belirleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Formun köşelerini belirlemek için öncelikle formu oluşturan dört kenarı belirlemek

gerekmektedir. Kenarları belirlemek amacıyla birdizi işlemler gerçekleştirilmiştir. Aşağıdaki kabuller kullanılarak potansiyel kenarlar belirlenmiştir:

- Bir doğru en az iki doğru ile kesişmeli,
- Bu doğru ile en az bir paralel veya paralele yakın doğru bulunmalı,
- Paralel veya paralele yakın olan doğrulardan en az birisi için ilk koşul sağlanmalı,
- Bulunan doğrular için; sol üst, sol alt, sağ üst ve sağ alt köşe olmak üzere toplam 4 kesişim noktası olmalı.

Formu oluşturan dört doğrunun (geometrik şeklin kenarlarının) belirlenmesi ve bu kenarlar kullanılarak köşelerin belirlenmesi işlemi için aşağıdaki adımlar uygulanmıştır:

- Kenar kümesinin bir diziye / listeye atanması,
- Bu dizi içerisinde ilk kenardan başlanarak tüm kenarların döngüye dahil edilmesi,
- Tüm kenarların, kendisi hariç diğer kenarlar ile kesişim noktalarının belirlenmesi (örnek olarak ele alınan imgede 9 kenar vardır, toplamda $(9 \times 10) / 2 = 45$ kontrol gerçekleştirilmiştir): Bu işlem gerçekleştirilirken doğruların aralarındaki açılar kontrol edilmektedir. Doğruların aralarındaki açı belirlenen toleranstan küçükse, o doğru dikkate alınmamakta ve diğer doğruya geçilmektedir (optik form dikdörtgen şeklinde olduğu için paralel doğrular aralarındaki açının 0 derece olması beklenmekte; ancak çekim açısı gereği form yamuk şeklinde olduğundan neredeyse paralel olan doğruların bulunması amacıyla tolerans değeri 30 derece olarak alınmıştır),
- İlk doğrunun başlangıç ve bitiş noktaları $A(x_1, y_1)$ ve $B(x_2, y_2)$ ile $C(x_3, y_3)$ ve $D(x_4, y_4)$ olarak tanımlandığında, Bu durumda iki doğrunun kesişim noktası E_x ve E_y noktaları:

$$T = \frac{(y_4 - y_3) \times (x_3 - x_1) - (y_3 - y_1) \times (x_4 - x_3)}{(y_4 - y_3) \times (x_2 - x_1) - (y_2 - y_1) \times (x_4 - x_3)} \quad (3.6a)$$

$$E_x = \{x_1 + (x_2 - x_1) \times T\} \quad (3.6b)$$

$$E_y = \{y_1 + (y_2 - y_1) \times T\} \quad (3.6c)$$

olmaktadır,

- Kesişim noktaları formun sınırlarının dışarısında olan noktaların elenmesi,

- Yukarıdaki işlemlerin 4 farklı doğru kalana kadar gerçekleştirilmesi ve doğruların tespit edilmesi,
- Doğruların kesişim noktaları hesaplanarak köşe noktalarının belirlenmesi,
- Bulunan köşe noktalarının optik form üzerinde ilgili noktaya yerleştirilmesi (sol üst, sağ üst, sol alt, sağ alt).

Filtreleme işlemleri sonucunda birçok görüntüde formun üzerindeki doğrular haricindeki doğrular elenmektedir. İmgenin içerisinde başka bir dört köşeli nesne bulunmamakta olup, yukarıdaki adımlar izlendiğinde elde edilen dört doğru yalnızca forma ait olmaktadır.

Köşele noktalarının doğru olarak belirlenmesi, çarpıtma işleminin doğru olarak gerçekleştirilmesi için kritik öneme sahiptir.

3.8. Çarpıtma İşlemi

Çarpıtma işlemi, görüntü işleme biliminde pek çok amaçla ve sıklıkla kullanılan bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır. Çarpıtma işlemi, kaynak imge üzerindeki bir / birkaç pikselin, hedef imge üzerindeki bir piksele taşınması suretiyle imge üzerinde çeşitli geometrik dönüşümler yapılması olarak ifade edilebilir. Görüntü işlemede çarpıtma işleminin kullanılmasının pek çok örneği bulunmaktadır. Çarpıtma işleminde doğrusal ve doğrusal olmayan çeşitli algoritmalar bulunmaktadır. Bu algoritmalarından bazıları 2 boyutlu imgelerde, bazıları da 3 boyutlu imgelerde daha etkili sonuçlar döndürmektedir [29].

Tez çalışmasının en temel gereksinimlerinden birisi; farklı açılardan çekilen imgelerin girdi olarak kullanılması durumunda, çıktı olarak aynı sonuçların (aynı boyutta optik formların) döndürülmesidir. Pek çok form örneğinde yüksek doğrulukta bir okuma oranı elde edilmiştir. İncelenen optik formların standart / standarta ölçülerde olduğu gözlemlenmiştir. Çıktıların standartlaştırılabilmesi için çarpıtma işleminin başarıyla gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Dikdörtgen şeklindeki bir optik formu tam yukarıdan, çekim yapan cihazın imgeye tam olarak paralel şekilde konumlandırılması imgenin içerisinde bulunan form nesnesi ile imgenin şekli aynı olacaktır. Ancak bu işlemin gerçekleştirilmesi çoğu zaman mümkün olmamaktadır. Ufak bir açı sapmasında, imgenin dikdörtgen biçiminin yerine yamuk biçiminde elde edildiği gözlemlenmiştir. Çarpıtma operasyonuna girdi olarak optik form (girdi olarak kullanılan imge, gri ölçekli, kapanım veya ikili eşik filtresi yapılan herhangi bir form) ve yukarıdaki

aşamada belirlenen dört köşe noktası dahil edilmiştir. Formun belirlenen köşelerinin koordinatları; sol üst köşe (x_1, y_1) , sağ üst köşe (x_2, y_2) , sol alt köşe (x_3, y_3) , sağ alt köşe (x_4, y_4) olarak tanımlanmıştır. Çarpıtma operasyonunda, (x_1, y_1) 'i yeni görüntünün $(0,0)$ noktası, (x_2, y_2) 'yi yeni görüntünün $(x_{maks}, 0)$ noktası, (x_3, y_3) 'ü yeni görüntünün $(0, y_{maks})$ 'ı, (x_4, y_4) 'ü yeni görüntünün (x_{maks}, y_{maks}) noktası olacak şekilde dönüştürmek amaçlanmıştır. Optik form nesnesi doğrusal bir nesnedir. Çarpıtma işlemini, optik formun köşelerden tutularak belirlenen noktalara çekilmesi olarak da ifade etmek mümkündür.

Optik form doğrusal bir biçimde olduğu için bu transpoz işleminin ardından elde edilen imge tam olarak formun kendisi olacaktır. Diğer bir ifade ile; okunacak imge, yani optik formun kendisi çıktı olarak döndürülecektir.

Mevcut çalışmada perspektif çarpıtma tekniği kullanılarak dönüşüm uygulanmıştır. Gri ölçekliye dönüştürülen imgeler girdi olarak kullanılmış ve dönüşüm matrisi olarak da belirlenen köşe değerleri kullanılmıştır. Çarpıtma işleminin sonucunda elde edilen bir örnek form aşağıdaki gibidir (Bkz. Şekil 3.10):

Şekil 3.10. Çarpıtma operasyonunun ardından oluşan görüntü.

Çarpıtma işleminin ardından değerlendirilmek istenen formların aynı veya birbirine yakın boyutlarda olduğu gözlemlenmiştir. Form üzerinde değerlendirilmek istenen alanlar belirlenmiş ve bu alanlar sisteme tanıtılmıştır.

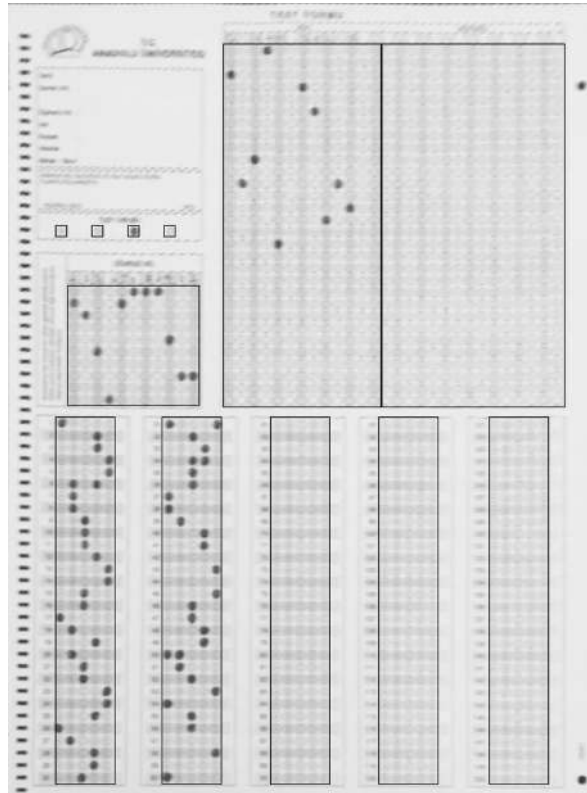
3.9. Alanların Belirlenmesi

Elde edilen form, dönüşümler sonrasında 800 satır ve 600 kolondan oluşmaktadır. Bir optik formun üzerinde bulunan alanlar;

- Test Grubu: Kitapçığın hangi gruba ait olduğunu belirleyen işaret (4 şık),
- ID numarası: Sınavı hangi öğrencinin verdiğini belirleyen işaretler bütünü (11 kolon ve 10 satır),
- Ad Soyad: Öğrencinin adı ve soyadının bulunduğu iki farklı alan (13 kolon ve 30 satır),
- Yanıtlar: Her birisinde 5 şık bulunan ilk 60 soru değerlendirilmiştir.

Kağıdın gerçek ölçüleri ile imgenin ölçüleri (800 x 600) oranlandığında, kağıt üzerindeki bir noktanın imge üzerindeki hangi noktaya denk geldiğini belirlenmiştir.

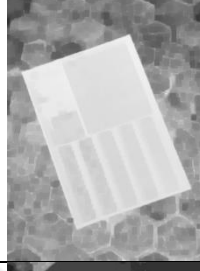
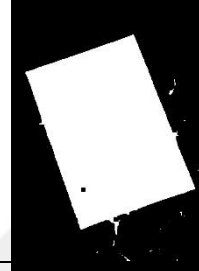
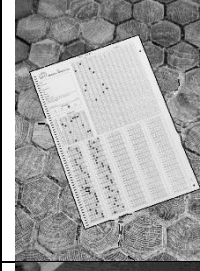
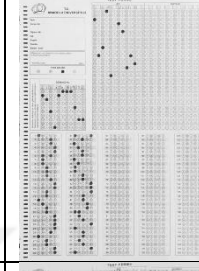
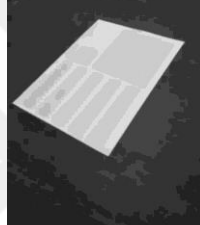
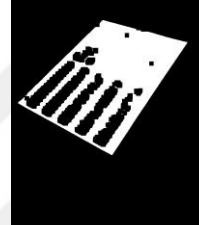
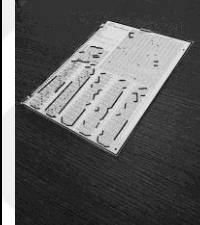
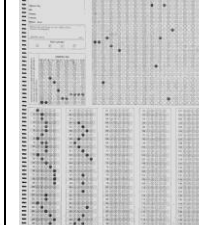
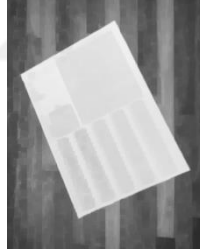
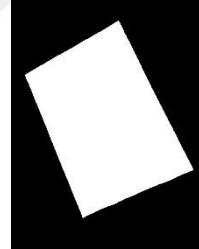
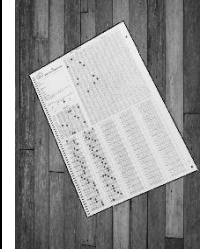
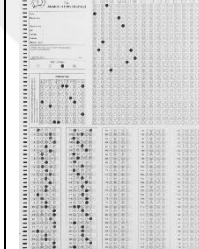
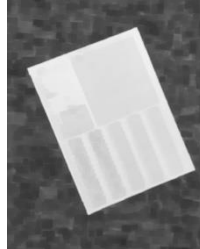
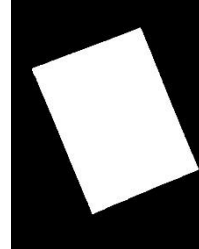
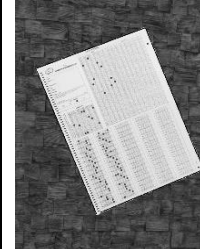
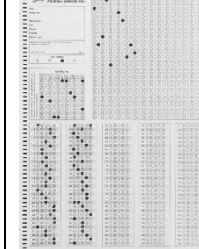
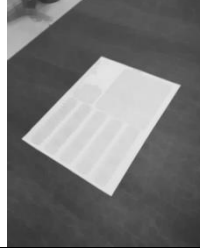
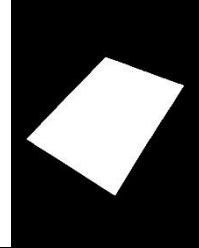
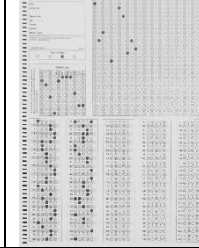
Belirlenen alanlar, test amacıyla işlem yapılan imgenin üzerinde çizdirilmiştir. Çizim sonucunda elde edilen imge aşağıdaki gibidir (Bkz. Şekil 3.11):



Şekil 3.11. Alanların belirlenmesi ve çizdirilmesi.

İmgeler üzerinde sırasıyla gri ölçekli dönüşüm, ikili dönüşüm, doğru belirleme, belirlenen doğruları çizdirme ve çarpıtma operasyonunun uygulanması sonucunda elde edilen örnekler aşağıdaki tabloda paylaşılmıştır (Bkz. Tablo 3.1).

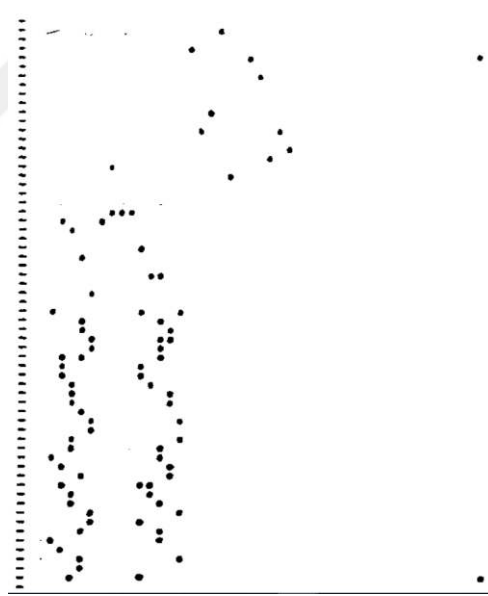
Tablo 3.1. Örnek girdiler ve çıktılar.

Girdi	Proses 1 (Morfolojik opr.)	Proses 2 (Eşik filtreleme)	Doğruların çizdirilmesi	Proses 3 (Çarpıtma opr.)
				
				
				
				
				

3.10. Okuma İşlemi

Alanları belirlenmiş olan imgede, hangi alanda hangi şıkkın işaretli olduğunu belirlemek amacıyla iterasyon gerçekleştirilmiştir. İşaretli olan şıklar, şık içerisinde bulunan piksel değerlerinin ortalaması 0'a yakın olan şıklar olarak tanımlamak mümkündür. Şıkların tespiti için iki farklı yöntem izlenmiştir. İlki, elde edilen çarpıtılmış imge üzerinde ikili eşik filtresinin uygulanması ve imgenin siyah beyaza dönüştürülmesinin ardından 0'a yakın olan değerler taranarak şıkların tespit edilmesi; ikinci yöntem ise ikili eşik filtrelemesi yapılmadan şık grupları üzerinde bulunan şıkların ortalama piksel değerleri hesaplanarak işaretli şıkların tespit edilmesi olarak ifade edilebilir.

Eşik filtreleme işleminin ardından, 800x600 boyutunda ve 0 veya 1 piksellerinden oluşan 2 boyutlu bir dizi elde edilmiştir ve iterasyon ile dizi elemanları tarayarak ortalaması 0'a yakın olan piksel kümeleri belirlenmiştir. Belirlenen kümelerin koordinatlarına göre hangi şıkkın işaretlendiği tespit edilmiştir(Bkz Şekil 3.12).



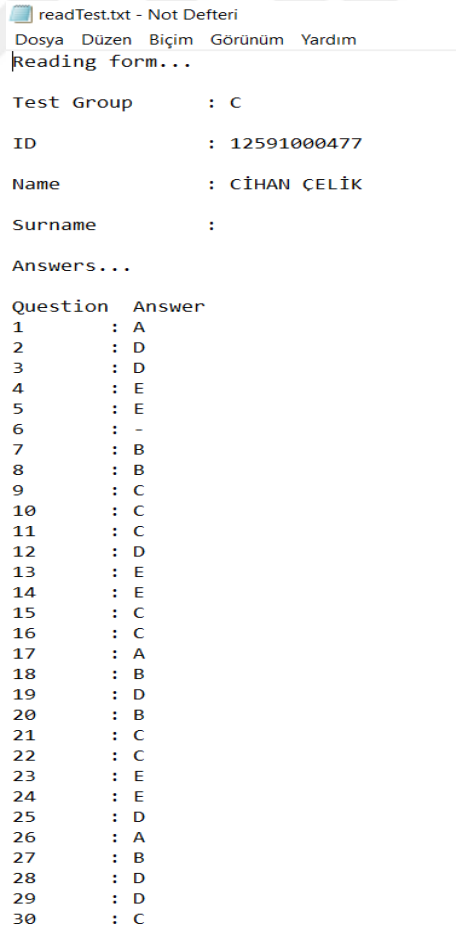
Şekil 3.12. Okuma yapılacak çıktı.

Formun sol tarafında bulunan şeritler ile birlikte sağ üst köşede ve sağ alt köşede bulunan dairelerin yanıltıcı olması, formdaki alanlar belirlendiği için engellenmiştir. Yapılacak kontrollerde belirlenen alanlar dışındaki alanlar kontrol edildiğinden, program tarafından o alanlar işaretli olarak algılanmamıştır.

Yapılan ölçümler sonucunda form üzerindeki her bir dairenin yaklaşık olarak 12 x 12 pikselden oluştuğu gözlemlenmiştir (800 x 600'lük bir imge üzerinde). Kabul gören

işaretleme şekli merkezden başlayıp dairenin çoğunu doldurmak olduğundan hesaplamalar yapılırken dairenin merkezi 0 noktası olarak kabul edilmiş ve dairenin piksel ortalaması alınarak siyaha yakınlığı hesaplanmıştır. Ancak dairenin tamamı kontrol edildiğinde iterasyon sayısının fazla olduğu ve okumaların doğruluğunun tam sağlanmadığı gözlemlenmiştir. Bu sebeple, dairenin merkezinden başlanarak aşağı, yukarı, sağa ve sola 4'er piksel taranmış ve piksel değerlerinin ortalaması alınmıştır (144 piksel yerine 64 piksel taranmış ve performans arttırılmıştır). Bulunan sonuç 0'a yakın – siyah ise şık işaretli olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirilen form siyah beyaz olduğundan, siyaha yakınlık kontrolünde eşik değeri geniş tutulmuştur. 0-255 aralığında bir piksel kümesinde, 0-100 arasında olan ortalamalar işaretli olarak kabul edilmiştir. Bu işlem, belirlenen alanların tamamında yapılarak formun grubu, öğrencinin numarası, ad soyad bilgileri ve işaretlediği sorular belirlenmiştir.

Belirlenen sonuçlar, cevap kağıdıyla eşleştirilmek üzere bir metin dosyasına kaydedilmiştir. Bu işlem sonuçların listelenmesi amacıyla yapılmıştır (Bkz. Şekil 3.13). Kıyaslama ve listeleme işlemleri bir web uygulaması geliştirilmiştir.



Question	Answer
1	: A
2	: D
3	: D
4	: E
5	: E
6	: -
7	: B
8	: B
9	: C
10	: C
11	: C
12	: D
13	: E
14	: E
15	: C
16	: C
17	: A
18	: B
19	: D
20	: B
21	: C
22	: C
23	: E
24	: E
25	: D
26	: A
27	: B
28	: D
29	: D
30	: C

Şekil 3.13. Örnek imge üzerindeki işlemler sonucunda elde edilen işaret değerleri.

4. SÜRE ANALİZİ

Algoritma akış diyagramında belirtilen ve yöntem bölümünde detaylı olarak açıklanan adımların çalışma süreleri kayıt altına alınmış ve değerlendirilmiştir (Şekil 3.1). Zaman ölçümü, programın her bir bloğunun çalışması öncesi ve sonrasındaki zaman değerlerinin farkının alınması ve bu farkın milisaniye (ms) çevriminin gerçekleştirilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Her bir imgede bulunan doğru sayısı farklı olduğundan, imgelerin işlenmesi ve değerlendirilmesi için geçen sürenin de farklı olduğu gözlemlenmiştir.

Bir optik formun değerlendirmesindeki adımlar ve ortalama süreleri aşağıda belirtilmiştir (Bkz. Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Algoritma süre değerleri.

İşlem	Süre (ms)
Orjinal imgenin gri ölçekli imgeye dönüştürülmesi	1,43
Gri ölçekli imge üzerinde gaus filtrelemesinin uygulanması	12,67
Filtrelenmiş imgeye yayma işleminin uygulanması (tekrarlı)	1,96
Yayma işleminin ardından erozyon işleminin uygulanması (tekrarlı)	1,71
Ortalama piksel değerine göre imgenin parlaklığının ölçülmesi, ihtiyaca göre parlaklığının artırılması ve bu işlemin ardından eşik işleminin uygulanması	72,75
İmge üzerindeki doğruların belirlenmesi	65,63
İmge üzerindeki doğruların çizdirilmesi	39,88
Optik formun köşelerinin belirlenmesi ve çarpıtma işleminin uygulanması	82,67
Form değerlendirme	56,25
Toplam süre	334,95

Uygulamanın performansı önemli bir ölçüttür; ancak mevcut çalışmada uygulamanın doğruluğu birinci öncelik olarak belirlenmiştir. İşaretli olan şıklar ile uygulama tarafından okunan şıkların eşleşme oranının daha yüksek çıkması amacıyla ilave edilen kontroller sebebiyle ortaya çıkan performans kayıpları kabul edilebilir seviyededir.

5. BULGULAR

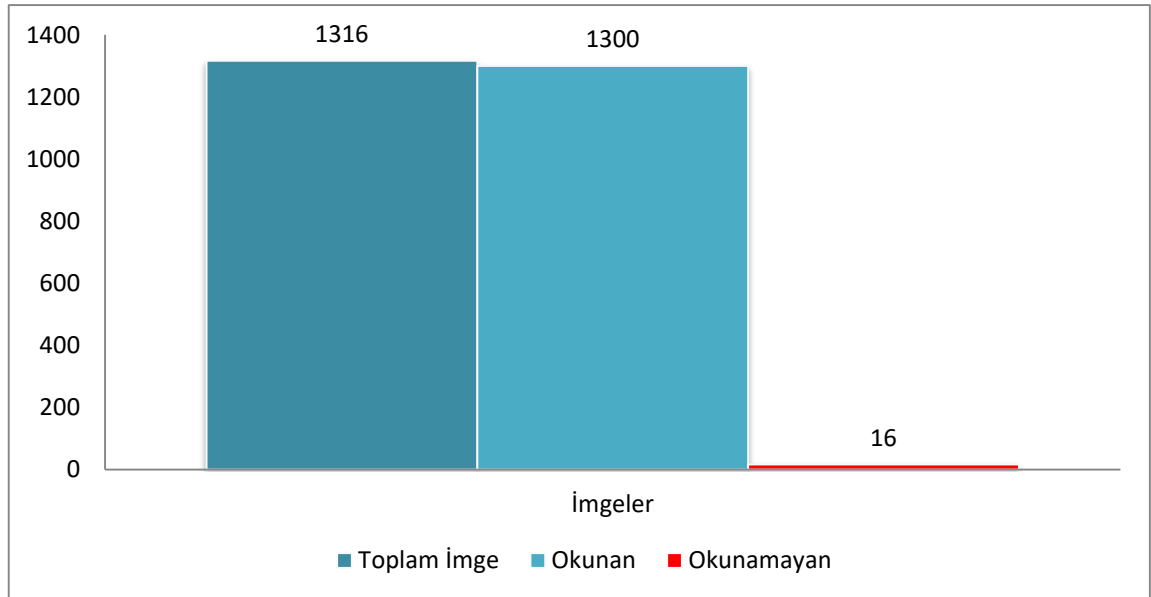
Çalışmada 34 optik formun farklı arkaplanlarda farklı imgeleri alınmış ve alınan 1316 imge girdi olarak kullanılmıştır. Her bir imgenin farklı çekim açılarından elde edilmesine dikkat edilmiştir. Her bir optik formda belirlenen alanlar değerlendirilmiştir. Değerlendirilen alanlar: Test grubu, TC kimlik numarası / öğrenci numarası, cevaplar (ilk 60 soru), öğrenci adı alanlarıdır.

Test grubu alanı; A, B, C ve D olmak üzere 4 farklı şıktan oluşmaktadır. TC kimlik numarası / öğrenci numarası alanı; 11 x 10'luk bir alandan oluşmaktadır (her bir kolon ayrı bir grup olarak değerlendirilmiştir). Cevaplar, her biri 5 farklı şıktan oluşmak üzere 300 şıktan oluşmaktadır. Her bir soru numarası ayrı bir grup olarak değerlendirilmiştir. Öğrenci adı alanı; 13 x 30'luk bir alandan oluşmaktadır ve her bir kolon ayrı bir grup olarak değerlendirilmiştir. Her optik formda 85 ayrı şık grubu değerlendirilmiştir.

Hatalar; imgenin okunabilmesi ve şık gruplarının okunabilmesi olarak iki ana kategoride incelenmiştir.

5.1. Form Okuma

Girdi olarak tanıtılan 1316 imge işlenmiş ve değerlendirilecek form olarak çıktı elde edilmesi hedeflenmiştir. 1316 adet formdan 1300'ünün okunabildiği ve değerlendirilecek hale geldiği gözlemlenmiştir (Bkz. Şekil 5.1).



Şekil 5.1. Okunan ve okunamayan imge sayısı.

5.2. Şık Gruplarının Değerlendirilmesi

Şık gruplarının değerlendirilmesi; boş şık grubunun dolu olarak okunması, dolu şık grubunun boş olarak okunması, geçersiz şık grubunun geçerli olarak (boş veya tek şık işaretli) okunması ve geçerli şık grubunun yanlış okunması (farklı bir şık olarak okunması) olarak 4 alt kategoride değerlendirilmiştir.

İmgelerden elde edilen 1300 optik formun her birisinde 85 şık grubu olmak üzere toplamda 110500 şık grubu değerlendirilmiştir. Şık gruplarının form üzerindeki alanlarına göre dolu, boş veya geçersiz olma durumları aşağıda gösterilmektedir (Bkz. Tablo 5.1).

Tablo 5.1. Şık gruplarının dağılımı.

Alan	Toplam Şık Grubu	Dolu	Boş	Geçersiz
Form Grubu	1300	1261	39	0
Öğrenci Numarası	14300	14223	40	37
Cevaplar	78000	73068	4741	191
Öğrenci Adı	16900	12618	4282	0
Toplam	110500	101170	9102	228

5.2.1. Boş olan şık grubunun dolu olarak okunması

Elde edilen formlarda 9102 adet boş şık grubu bulunmaktadır (öğrenci adının devamındaki ve arasındaki boşluklar da bu sayıya dahil edilmiştir). Bazı imgelerde çarpıtma operasyonunun sonucunda elde edilen formun kenarlarında eğiklik meydana geldiği gözlemlenmiştir. Tanıtılan alanlar ile form üzerindeki gerçek alanların uyuşmadığı durumlarda okumalarda kayma gerçekleşebildiği gözlemlenmiştir.

Değerlendirilen formlarda; 9102 adet boş şıkkın 8459 adedi doğru okunmuş, 643 adedi dolu olarak okunmuştur (Bkz. Tablo 5.2).

Tablo 5.2. Boş olup dolu okunan şık gruplarının dağılımı.

Alan	Boş Şık	Doğru Okuma	Yanlış Okuma
Form Grubu	39	39	0
Öğrenci Numarası	40	39	1
Cevaplar	4741	4493	248
Öğrenci Adı	4282	3888	394
Toplam	9102	8459	643

5.2.2. Dolu olan şık grubunun boş olarak okunması

Elde edilen formlarda 101170 adet dolu şık grubu bulunmaktadır. Yukarıdaki bölümde boş olan şık grubunun dolu olarak okunması durumu açıklanmıştır. Benzer şekilde, kayma meydana gelen gruplarda dolu olan şık boş olarak okunmuş, onun yerine boş olan başka bir şık dolu olarak okunmuştur. Bu grupta; piksel farkından dolayı şık işaretli olsa dahi uygulama tarafından boş olarak okunan şık grupları değerlendirilmiştir.

Değerlendirilen formlarda; 100127 adet dolu şıkkın 99980 adedi doğru okunmuş, 1190 adedi boş olarak okunmuştur (Bkz. Tablo 5.3).

Tablo 5.3. Dolu olup boş olan şık gruplarının dağılımı.

Alan	Dolu Şık	Doğru Okuma	Yanlış Okuma
Form Grubu	1261	1261	0
Öğrenci Numarası	14222	14222	0
Cevaplar	72620	72558	62
Öğrenci Adı	12024	11939	85
Toplam	100127	99980	147

5.2.3. Geçersiz olan şık grubunun geçerli olarak okunması

Elde edilen formlarda 228 adet geçersiz şık bulunmaktadır. Geçersiz olan şık grupları; bir grupta en az iki şıkkın işaretlendiği durumlar olarak ifade edilebilir. Değerlendirilen formlarda; 228 adet geçersiz şıkkın tamamı geçersiz olarak okunmuştur (Bkz. Tablo 5.4).

Tablo 5.4. Geçersiz olup geçerli okunan şık gruplarının dağılımı.

Alan	Geçersiz Şık	Doğru Okuma	Yanlış Okuma
Form Grubu	0	0	0
Öğrenci Numarası	37	37	0
Cevaplar	191	191	0
Öğrenci Adı	0	0	0
Toplam	228	228	0

5.2.4. Geçerli olan şık grubunun yanlış okunması

Elde edilen formlardaki geçerli şık grubu adedi; boş ve dolu şık gruplarının toplamıdır (101272); ancak geçerli olan şık gruplarından boş olup dolu okunan ve dolu

olup boş okunan gruplar yukarıda belirtildiği için, bu kategoride bu iki grup haricindeki hata durumu dikkate alınmıştır. Değerlendirilen formlarda 99980 adet geçerli şık grubu bulunmaktadır (yukarıdaki koşullar elenerek elde edilmiştir). Bir şık işaretli iken başka bir şıkkın okunması durumu 334 şık grubunda meydana gelmiştir (Bkz. Tablo 5.5).

Tablo 5.5. Geçerli olup yanlış okunan şık gruplarının dağılımı.

Alan	Geçerli Şık	Doğru Okuma	Yanlış Okuma
Form Grubu	1261	1261	0
Öğrenci Numarası	14222	14222	0
Cevaplar	72558	72425	133
Öğrenci Adı	11939	11738	201
Toplam	99980	99646	334

Yapılan değerlendirmeler sonucunda; 110500 şık grubu okunmuş olup, 109376 doğru okuma, 1124 yanlış okuma tespit edilmiştir. Yapılan okumaların gruplar bazında hata oranları aşağıda belirtilmiştir (Bkz. Tablo 5.6).

Tablo 5.6. Başarılı - başarısız okuma yüzdeleri.

Alan	Toplam Okuma	Doğru Okuma	Doğru Okuma (%)	Yanlış Okuma	Yanlış Okuma (%)
Form Grubu	1300	1300	100,00	0	0,00
Öğrenci Numarası	14300	14299	99,99	1	0,01
Cevaplar	78000	77557	99,43	443	0,57
Öğrenci Adı	16900	16220	95,97	680	4,02
Toplam	110500	109376	98,98	1124	1,02

6. DEĞERLENDİRME ve SONUÇ

Farklı ışık koşullarında, farklı açılarla ve farklı ortamlarda çekilen optik formlar üzerinde yapılan çalışmalarda, orijinal görüntü üzerinden yapılan filtreleme işlemleri sonucunda okuma yapılmak istenen alanlar belirlenmiş ve form okuma işlemi gerçekleştirilmiştir. Formların şekillerinin standart dışında olması (baskı hatası), kamera kaynaklı çözünürlük kayıpları, işaretleme hataları, arkaplan ile form renginin benzerliği gibi faktörlerin form okumanın doğruluğunu azalttığı tespit edilmiştir ve okumanın farklı koşullar altında doğru sonuçlar döndürmesi için çeşitli filtreleme teknikleri uygulanmıştır ve sonuçlar iyileştirilmiştir.

Uygulamanın gerçek hayatta kullanımı hedeflendiğinden, elde edilen sonuçların raporlanması amacıyla bir web tabanlı uygulama geliştirilmiştir. Bu çalışmada, tanıtılan cevap formu ile soru formlarının kıyaslaması anlatılmamıştır. Geliştirilen web tabanlı uygulama sayesinde formlar kontrol edilip raporlanabilecektir.

İlerleyen çalışmalarda uygulamanın mobil platformlara taşınması hedeflenmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] S., R. ve Khan, A. (2013). Morphological Operations for Image Processing: Understanding and Its Applications.
- [2] Weinhaus, F. (2019). Digital Image Filtering.
- [3] Kim, S. ve Casper, R. (2013). Applications of Convolution in Image Processing with MATLAB.
- [4] Patidar, P. K., Lalit, Singh, B. ve Bagaria, G. (2014). Image Filtering Using Linear and Non Linear Filter for Gaussian Noise.
- [5] Vincent, L. (1992). Recent Developments in Morphological Algorithms.
- [6] Dar, S. A. ve Lone, S. A. (2015). An Application of Morphological Image Processing to Forensics.
- [7] Zhuang, X. ve Harlick, M. R. (1986). Morphological structuring element decomposition. ELSEIVER.
- [8] Rao, K. (1989). Overview of Image Processing.
- [9] Sakila, A. ve Vijayarani, S. (2017). Image Enhancement Using Morphological Operations. IJSRSET.
- [10] Chefchaoui, M. C. ve Schonfeld, D. (1995). Morphological Representation of Order-Statistics Filters.
- [11] Kaur, B., Mohal, G. ve Gupta, P. (2011). Mathematical Morphological Edge Detection For Different Applications :A Comparative Study.
- [12] Kanopolus, N., Vasanthavada, N. ve Baker, R. L. (1988). Design of an image edge detection filter using the Sobel operator. IEEE Journal of Solid-State Circuits.
- [13] Deng, C. X., Wang, G. B. ve Yang, X. R. (2013). Image edge detection algorithm based on improved Canny operator. IEEE.
- [14] Yang, L., Wu, X., Zhao, D., Li, H. ve Zhai, J. (2011). An improved Prewitt algorithm for edge detection based on noised image. IEEE.
- [15] Chaple, G. N., Daruwala, R. D. ve Gofane, M. S. (2015). Comparisions of Robert, Prewitt, Sobel operator based edge detection methods for real time uses on FPGA. IEEE.
- [16] Wang, X. (2007). Laplacian Operator-Based Edge Detectors. IEEE.

- [17] Abbas, A. A. (2008). An Automatic System to Grade Multiple Choice Questions Paper. J. of Al-Anbar University for Pure Science.
- [18] Chinnasarn, K. ve Rangsanseri, Y. (1999). An Image-Processing Oriented Optical Mark Reader.
- [19] Bayar, G. (2016). The Use of Hough Transform to Develop An Intelligent Grading System for The Multiple Choice Exam Papers. Karaelmas Fen ve Müh. Derg.
- [20] Zampirolli, F., Gonzalez, J. ve Neves, R. (2016). Automatic Correction of Multiple-Choice Tests Using Digital Cameras and Image Processing.
- [21] Raina, N., Sonawane, P. ve Nikam, M. (2014). A Novel Approach to A Dynamic Template Generation Algorithm for Multiple-Choice Forms. International Journal of Advance Research.
- [22] Fisteus, J. A., Pardo, A. ve Norberto, F. (2013). Grading Multiple Choice Exams with Low-Cost and Portable Computer-Vision Techniques. Journal of Science Education And Technology.
- [23] Clouard, R. (2019). Image Rescaling. Research Lab in Digital Sciences: <https://Clouard.Users.Greyc.Fr/Pantheon/Experiments/Rescaling/Index-En.Html>.
- [24] Nguyen, T. D., Manh, Q. H., Minh, P. B., Thanh, L. N. ve Hoang, T. M. (2011). Efficient and reliable camera based multiple-choice test grading system. IEEE.
- [25] Saravanan, C. (2010). Color Image to Grayscale Image Conversion. Second International Conference on Computer Engineering and Applications.
- [26] Skrede, O.-J. (2017). Morphology On Binary Images.
- [27] Opencv. (2019). Image Tresholding. Opencv: https://Docs.Opencv.Org/3.4.3/D7/D4d/Tutorial_Py_Thresholding.Html.
- [28] Akınlar, C. ve Topal, C. (2011). Edlines: A Real-Time Line Segment Detector with A False Detection Control. ELSEVIER.
- [29] Glasbey, C. A. ve Mardia, K. V. (1998). A Review of Image-Warping Methods. Journal of Applied Statistics, 155-171.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Nuri Cihan ÇELİK

Yabancı Dil : İngilizce

Doğum Yeri ve Yılı : İzmit, 1990

E-Posta : nccelik@gmail.com

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2013, Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği,
- 2013, Sistem Analisti, Eroğlu Bilişim, Bilgi Teknolojileri,
- 2014, İş Analisti, ALP Havacılık A.Ş., Bilgi Teknolojileri
- 2018, İş Analisti, Euroopen A.Ş., Bilgi Teknolojileri
- 2019, Toyotetsu A.Ş., Bilgi Teknolojileri