TARANMIŞ BELGELERDE ISLAK İMZA VARLIĞININ TESPİTİ

Serdar SEZGİN
20 14 19 209

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Bilgisayar Mühendisliği Tezsiz Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erdal GÜVENOĞLU

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Haziran, 2022

TARANMIŞ BELGELERDE ISLAK İMZA VARLIĞININ TESPİTİ

Serdar SEZGİN
20 14 19 209
ORCID: 0000-0001-7487-0701

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Bilgisayar Mühendisliği Tezsiz Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erdal GÜVENOĞLU

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Haziran, 2022



ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

Bu belge, Yükseköğretim Kurulu tarafından 19.01.2021 tarihli *"Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"* ile bildirilen 6689 Sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu kapsamında gizlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Lisansüstü öğrenimime ve çalışmalarıma katkı sağlayan tüm hocalarıma, her türlü destek ve yardımlardan dolayı danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Erdal Güvenoğlu'na, sevgisi ve sabrıyla yanımda olan eşim Merve'ye, varlığıyla yaşamıma neşe katan kızım Zehra'ya sevgi, saygı ve en içten dileklerimle teşekkürlerimi sunarım.

Serdar Sezgin

Mayıs, 2022

ÖZ

TARANMIŞ BELGELERDE ISLAK İMZA VARLIĞININ TESPİTİ

Serdar Sezgin
Yüksek Lisans Tezi
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Bilgisayar Mühendisliği Tezsiz Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erdal Güvenoğlu
Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2022

Yazılımların yaygınlaşmasıyla birlikte tüm ticari ilişkiler dijital ortama taşınmıştır. Ancak daha eski zamanlardan kalma matbu evraklar saklanılmaya ve kullanılmaya devam etmekte ve taranarak dijital ortamlara aktarılmaya çalışılmaktadır. Aktarım tamamlandıktan sonra projelerde kullanılmak üzere dijital ortamlarda saklanmakta, gerektiğinde üzerindeki imzalar kontrol edilmektedir. İmza üzerine yapılmış olan çalışmalar incelendiğinde, imzanın kime ait olduğunun tespit edilmesi üzerine çalışmalara rastlanmıştır. Bu çalışma, imzanın sahibini tespit etmek üzerine değil, belge içerisinde imza olup olmadığının tespit edilmesine dayalıdır. Elektronik imzalı belgeler yazılımlar tarafından hızla doğrulanabilirken, taranmış evrakların üzerinde imza olup olmadığı ancak insan gözüyle kontrol edilebilmektedir. Özellikle bankacılık ve sigortacılık alanlarında çok sayıda sözleşme kullanıldığı için bu işlem nitelikli işgücünün doğru alanda kullanılmasına engel olmaktadır. Bu çalışma ile taranmış belgeler üzerinde imzanın varlığının tespit edilmesi işlemi insan kontrolüne en az ihtiyaç duyulacak ölçüde yazılımlara yaptırılmaya çalışılmıştır. Böylelikle nitelikli işgücünün doğru alanlarda kullanılmasına katkı sağlaması amaçlanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Bilgisayarlı görme, imza saptama, imza tespiti

ABSTRACT

DETECTION OF SIGNATURE IN SCANNED DOCUMENTS

Serdar Sezgin

Master of Science
Master of Science in Computer Engineering (Without Thesis)
Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Erdal Güvenoğlu
Maltepe University Graduate School, 2022

As software became prevalent, commercial relations have been transferred to the digital environment. However, old-fashioned printed matters are still stored and used, and they are being scanned and transferred to the digital media. After the transfer is completed, they are stored in digital media to be used further in the projects, and the signatures on them are checked if necessary. When previous studies on signatures are examined, there found ones on determining who the signature belongs to. However, this study is not intended to identify the owner of the signature, but to determine whether there is a signature on the document. While electronically signed documents can be verified quickly by software, it can only be checked by the human eye that whether there is a signature on scanned documents. This process prevents the use of qualified workforce in the right areas, especially since there are many contracts used in the banking and insurance industries. With this study, the process of detecting the existence of a signature on scanned documents has been tried to be done by the software to the extent that minimum human control is needed. Thus, it is aimed to contribute to the use of qualified workforce in the right areas.

Keywords: Computer vision, signature detection, signature determination

İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI ii
TEŞEKKÜR iii
ÖZ iv
ABSTRACT v
İÇİNDEKİLER vi
ŞEKİLLER LİSTESİ vii
ÖZGEÇMİŞ ix
BÖLÜM 1. GİRİŞ 1

Problem 1
Amaç 1
Önem 2
Varsayımlar 2
Sınırlılıklar 2

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI 3
BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM 5

3.1. Görüntü İşleme - Tarama 5
3.2. Görüntü İşleme ve Bilgisayarlı Görme 5
3.3. Görüntü İşleme Teknikleri 5
3.4. Sayısal Görüntü 6
3.5. Görüntü Türleri 6
3.6. Görüntü Komplementi 8
3.7. Otsu Metodu 9
3.8. Blob Analizi ve Bölge Etiketleme 10
3.9. Bölge Sayma 10
3.10. Küçük Bölgelerin Kaldırılması 10
3.11. Kenar Saptama 11
3.12. Önerilen Yöntem 12
3.12.1. Gri seviyeye dönüştürme 12
3.12.2. İkili Görüntüye Dönüştürme 13
3.12.3. Görüntü Komplementi 14
3.12.4. Gereksiz Nesnelerin Temizlemesi 15
3.12.5. İncelenecek Nesnelerin Belirlenmesi 15
3.12.6. Nesnelerin İmza Olup Olmadığına Karar Verilmesi 16
3.13. Örnek Giriş Görüntüleri ve Sonuçlarının İncelenmesi 20

BÖLÜM 4. SONUÇ 30
Kaynakça 31

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1 Görüntü İşlemenin Temel Adımları (Gonzalez, 2002) 6

Şekil 3.2 Gri seviyeli görüntü (a) ve sayısal değerleri (b) (Karakuş, 2006)..... 7

Şekil 3.3 İkili görüntü örneği..... 8

Şekil 3.4 Görüntü komplementi dönüşüm tablosu (Gonzalez, 2002)..... 9

Şekil 3.5 Örnek görüntü ve Otsu metodu 9

Şekil 3.6 Görüntünün (a) ikili formu (b) ve bölge etiketlemesi yapılmış formu (c) 10

Şekil 3.7 Kenar bulma operatörlerinin sonuç örnekleri..... 11

Şekil 3.8 Tüm İşlem Adımlarına Ait Örnek Diyagram 12

Şekil 3.9 Renkli Görüntü ve Gri Seviyeye Dönüştürülmüş Görüntü 13

Şekil 3.10 Gri Seviye Görüntü ve İkili Görüntüsü 14

Şekil 3.11 İkili Görüntü ve Komplementi 14

Şekil 3.12 Görüntü Komplementi ve Temizlenmiş Görüntü..... 15

Şekil 3.13 İkili Görüntü ve Tespit Edilen Nesnelerin Gösterimi 16

Şekil 3.14 En karmaşık satır ve sütunun noktalarla gösterilmesi..... 18

Şekil 3.15 Tespit edilen nesnenin imza olup olmadığına karar verilmesi..... 19

Şekil 3.16 Belge üzerinde tespit edilen imzaların gösterimi 20

Şekil 3.17 Örnek Giriş Görüntüsü..... 21

Şekil 3.18 Örnek görüntü üzerinde tespit edilen nesneler..... 22

Şekil 3.19 Örnek Sonuç..... 23

Şekil 3.20 “İmza değildir” olarak yorumlanan gerçek imza örneği 23

Şekil 3.21 Mavi ve siyah kalemler için örnek giriş görüntüsü 24

Şekil 3.22 İmza olarak değerlendirilen nesneler 25

Şekil 3.23 “imzadır” olarak yorumlanan resim örneği. 25

Şekil 3.24 Karmaşıklık hesaplamasının denenmesi ve sonucu 26

Şekil 3.25 Düşük ışık koşullarında çekilen belge fotoğrafı 26

Şekil 3.26 Şekil 3.24’ün ikili görüntüsü 27

Şekil 3.27 Sert zemin üzerinde atılan imza görüntüsü 28

Şekil 3.28 Sert zemin üzerinde atılan imza ve ikili görüntüsü 29

ÖZGEÇMİŞ

Serdar Sezgin

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Eğitim

Derece	*Yıl*	
Ls.	2012	Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı
ÖLs.	2007	Yıldız Teknik Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu Bilgisayar Teknolojileri ve Programlama
Lise	2005	Zeytinburnu Teknik Lisesi

İş/İstihdam

Yıl	*Görev*
2018 -	Robotik Otomasyon Kıdemli Lider Danışman. Koçsistem
2016- 2018	Robotik Otomasyon Geliştirici. Unite BT
2009-2016	Yazılım Geliştirici ve Analist. Veriport
2008-2009	Yazılım Geliştirici ve Analist. Hiperaktif İnternet Ajansı
2007-2008	Yazılım Destek Görevlisi. ITD

Alınan Burs ve Ödüller

Yıl	*Burs/Ödül*
2006	Yıldız Teknik Üniversitesi Eğitim Bursu

BÖLÜM 1. GİRİŞ

İmza, bir kimsenin kendi eliyle ve her zaman aynı veya çok benzer şekilde yazdığı adı olarak açıklanabilir. Bir belgeyi imzalamak, belgede yazılı bulunan sorumlulukların kabul edildiği, fikirlerin benimsendiği, ifadelerin kabul edildiği ve onaylandığı anlamına gelmektedir. Soyadı Kanunu'nun 2. maddesinde "Söyleyişte, yazışta, imzada özad önde soyadı sonda kullanılır" ifadesi yer almaktadır. Buradan, imzada ad ve soyadın yer alması gerektiği anlaşılmaktadır. 11.01.2011 tarih ve 6098 sayılı Borçlar Kanunu'nun 15. maddesinde ise "İmzanın, borç altına girenin el yazısıyla atılması zorunludur" ifadesine yer verilmektedir. Buradan da imzanın el yazısı olması gerektiği anlaşılmaktadır. Borç ve sorumluluk altına girilebilmesi, kişisel fikir beyan edilmesi gibi özellikleri sebebiyle imza günlük hayatımızda son derece büyük bir öneme sahiptir.

Problem

Günümüzde belgeler elektronik ortamlara geçiş döneminde bulunmaktadır. Hali hazırda faaliyetlerini yürütmekte olan şirketler hem yeni kurulan belge yönetim sistemlerini elektronik ortamlarda inşa etmekte hem de geçmiş zamandaki faaliyetlerinde oluşturmuş oldukları matbu evraklarını aynı ortamda birleştirme ihtiyacı duymaktadır. Elektronik ortamdaki belgelerin elektronik imza ile imzalanıp imzalanmadığı hızlı bir şekilde doğrulanabilirken, matbu evrakların üzerinde bir imzanın olup olmadığını anlamak için ancak bir insanın evrakı göz ile inceleyerek karar vermesi gerekmektedir.

Amaç

Bu çalışmanın amacı, taranarak elektronik ortama bir resim olarak aktarılmış olan matbu evrakların üzerine el ile imza atılıp atılmadığına en az hata payı ile bir yazılım tarafından karar verilebilmesini sağlamaktır.

Önem

Bu çalışmanın önemi, matbu evrakların elektronik ortamlara geçirilmesi sırasında imzalı olup olmadığının bir insan tarafından tek tek incelenerek karar verilmesi yerine yazılımlar aracılığı ile yapılabilmesinin mümkün hale getirilmesidir. Böylece nitelikli işgücüne sahip çalışanların, zamanlarını kendi uzmanlık alanlarında kullanabilmelerine katkı sağlanabilecektir. Ayrıca Şirketler ve müşteriler arası bağlayıcılığı olan ve imza altına alınarak şartları üzerinde karşılıklı anlaşmaların sağlandığı sözleşmelerin elektronik ortamlara aktarılmasını hızlandırarak teknolojik gelişmeleri yakalayabilmelerine imkân sağlanabilecektir.

Varsayımlar

Kâğıt üzerindeki yazıların ve kirlilik olarak tanımlanan piksellerin boyutları hesaplanırken kâğıdın standart A4 boyutlarında (210 x 297 mm.) olduğu varsayılmıştır.

Sınırlılıklar

Yapılan uygulama 0,5 mm ile 1mm arası uç kalınlığındaki kalemler ile atılan imzaları yüksek başarı oranı ile tespit edebilmektedir. Daha kalın uçlu kalemler kullanılarak atılan imzalar küçük alanlara atıldığında resim olarak yorumlanma ihtimali artmaktadır.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Bu bölümde literatürde bulunan görüntü işleme ve imza tanıma projeleri üzerinde yapılan araştırmalardan elde edilen bazı sonuçlar gösterilmektedir.

Çetinkol tarafından 2021 yılında gerçekleştirilen bir çalışmada, derslere devam eden öğrencilerin imzalarının dijital ortamda yoklama listelerine aktarılması ve bilgisayarla görme ve makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak olası imza sahteciliğinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Öğrenci bilgi sisteminden çıktı alınan devam takip listesi öğrenciler tarafından imzalanır ve bu imzalı devam takip listesi taranarak veya fotoğraflanarak tekrar dijital ortama aktarılmaktadır. Orijinal liste ile imzalı liste yazılan program ile karşılaştırılarak hücrelerin imzalanıp imzalanmadığı belirlenir ve imzaların özgünlük olasılığı hesaplanarak özgünlük olasılığı düşük olan imzalar öğretim elemanına bildirilir. Öğrencilerin imzaladıkları karmaşık devam takip listelerini dijital ortama aktaran ve bu listelerdeki sahte imzaları tespit eden bir sistemin bulunmadığı ifade edilmiştir. Geliştirilen sistemin, öğretmenlerin devam takip listelerini incelemede zaman kaybetmesini önlemek ve öğrenci devamını sağlayarak öğrenci başarısını artırmak için faydalı bir çalışma olduğu belirtilmiştir (Çetinkol, 2021).

Yapılan benzer bir çalışmada, imzalı devam takip listeleri taranmış ve görüntü işleme teknikleri kullanılarak imza hücreleri tespit edilmiştir. İmza yeri olan hücrelere, imzanın beyaz ve arka planın siyah olması için ikili (binary) eşikleme uygulanmıştır. Eşik görüntüsündeki beyaz piksel sayısı kullanılarak imza tespiti yapılmış ve böylece devam takip listesi dijital ortama aktarılmıştır (Kurniawan, 2017).

2011 yılında, Karouni ve diğerleri, bir sinir ağı yaklaşımı kullanarak çevrimdışı imza tanıma üzerine bir çalışma yürütmüştür. İnceleme sırasında imza görüntüsü taranır ve taranan görüntü gri tonlamalı formata dönüştürülmektedir. Görüntüdeki parazitleri gidermek için Finite Impulse Response filtresi kullanılmış ve filtrelenen görüntü ikili görüntüye dönüştürülmüştür. İmza ile ilgili öznitelikleri elde etmek için imza alanı, ağırlık merkezi, eksantriklik, basıklık, eğrilik gibi imza geometrik özellikleri bulunarak sistem yapay sinir ağları ile eğitilmiş ve sınıflandırılmıştır. Çalışmanın %93'lük bir başarı oranına ulaştığı iddia edilmiştir. Ayrıca sistemin rastgele ve basit sahtekârlığı tespit

edebildiğini ancak yüksek nitelikli sahtecilikle sistemin nasıl performans gösterebileceği konusunda kesin bilgilere sahip olmadıklarını belirtmişlerdir (Karouni, 2011).

Hafemann ve diğerleri, 2017 yılında derin konvolüsyonel sinir ağlarını kullanarak imza doğrulama çalışması yapmıştır. Çalışma sırasında imza görüntüsüne OTSU algoritması uygulanmış, arka plan kaldırılmış, arka plan beyaza, ön plan gri tonlama formatına dönüştürülmüştür. Daha sonra doğrulama aşamasına geçilerek CNN eğitilmiştir (Oliveira, Sabourin, & Hafemann, 2017).

2018 yılında Kancharla ve diğerleri, CNN yaklaşımıyla imza tanıma üzerine bir çalışma yapmıştır. Çalışma sırasında imza görüntüsü gri tonlama formatına dönüştürülmüş ve eşiğin altındaki piksel değerlerine 0 piksel değeri, eşiğin üzerindeki piksel değerlerine 255 piksel değeri atanmıştır. Elde edilen görüntülerde siyah beyaz noktalardan oluşan gürültüyü gidermek için morfolojik dönüşümler olan aşındırma ve dilatasyon uygulanmıştır. Görüntü yeniden boyutlandırılarak CNN eğitimi için kullanılmıştır. Daha sonra doğrulama aşamasına geçilerek CNN eğitilmiştir (Kancharla, Kamble, & Kapoor, 2018).

2018 yılında Rehman ve diğerleri tarafından yapay sinir ağları kullanılarak çevrimdışı bir imza tanıma ve doğrulama sistemi üzerinde bir çalışma yapılmış ve imzanın kalitesinin esas olduğu ifade edilmiştir. Çalışma sırasında imza yeniden boyutlandırılmış ve görüntü gri tonlama formatına dönüştürülmüştür. Resmin arka planı beyaz olarak değiştirilmiş ve imza görüntüsü inceltilmiştir. İmzanın normalizasyonu, imzanın yüksekliği ve boyu kullanılarak yapılmıştır. Ortaya çıkan imzanın alanı, oranı, geometrik merkezi, köşe noktaları ve en boy oranı bulunarak imzayla ilişkili nitelikler belirlenmiştir. Yapay sinir ağları bu özellikler üzerinde eğitilmiştir (Rehman vd., 2018). (Rehman, Ur Rehman, Babar, & Qadeer, 2018).

Yapılan çalışmalarda da görüldüğü üzere, imza tanıma ve doğrulama işlemlerinde uygulanan yöntemlerde başarı elde edilebilmektedir. Bu çalışmada da taranan evrak üzerindeki imzaların yerleri ve sayıları tespit edilerek benzer çalışmalara girdi oluşturması amaçlanmıştır.

BÖLÜM 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde görüntü işleme çalışmasında kullanılan bazı kavramlar ve yöntemleri açıklanmaktadır. İmza tespiti çalışmasında kullanılan yöntemlerin anlaşılabilmesi için örnek görüntüler sunulmaktadır.

3.1. Görüntü İşleme - Tarama

Gelişen teknoloji ile görüntü işleme (image processing) ve bilgisayarlı görü (computer/machine vision) uygulamaları günümüzde önemli bir yere sahip olmuştur. Özellikle son yıllarda bilgisayar boyutlarının küçülmesi, kapasite ve işlem hızlarının artması görüntü işleme yöntem ve uygulamalarındaki gelişmeyi hızlandırmıştır (Karakuş, 2006). Tıp, Astronomi, Biyoloji, Oşinografi, Savunma sanayi, Malzeme bilimi, Endüstriyel otomasyon, Elektronik tüketici ürünleri, Güvenlik, Trafik denetimi bu teknolojilerin kullanım alanlarındandır.

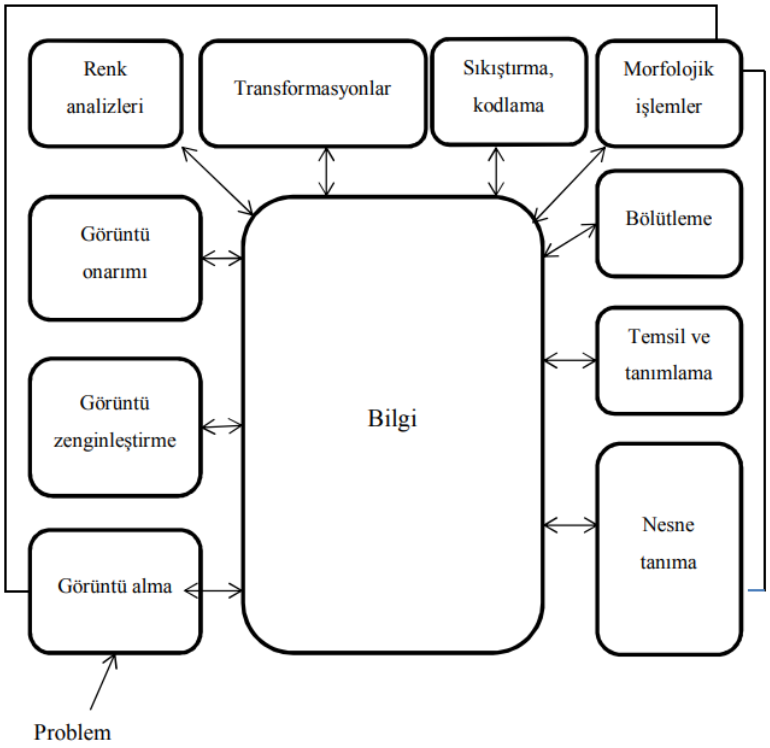
3.2. Görüntü İşleme ve Bilgisayarlı Görme

Görüntü işleme; ölçülen veya kaydedilen sayısal görüntü verilerinin elektronik ortamda (bilgisayar ve yazılım yardımıyla) amaca uygun olarak değiştirilmesidir (Akar, 2009). Görüntü işleme, sayısal bir ortamda olması ve sayılarla ilgili olması nedeniyle sıklıkla sayısal görüntü işleme olarak anılmaktadır. Görüntü işleme uygulamalarının kapsamı; mevcut bir görüntüyü zenginleştirmekten onu anlamlandırmaya veya istenen hedef nesneleri tespit etmeye hatta yapay zekâ bilimine kadar uzanmaktadır. Görüntü işleme ve bilgisayarlı görünün bilinen bu gerçekler ışığında mantıksal kesişim alanı, bir görüntüdeki benzersiz özelliklere sahip nesneleri veya bölgeleri tanımak olarak tanımlanmaktadır (Gonzalez, 2002).

3.3. Görüntü İşleme Teknikleri

Amaca yönelik farklılık gösteren görüntü işleme teknikleri genel olarak dört gruba ayrılmaktadır. Görüntü zenginleştirme (image enhancement), Görüntü onarımı (image restoration), Görüntü sıkıştırma ve kodlaması (image coding), Görüntü bölütlemesi ve algılaması (image segmentation, representation and understanding) (Çulha, 1996). Bahsedilen tekniklerin hangilerinin ne şekilde kullanılacağı uygulamaya göre farklılıklar

göstermektedir. Şekil 3.1’ de sayısal görüntü işlemenin temel adımları görülmektedir (Gonzalez, 2002).



Şekil 3.1 Görüntü İşlemenin Temel Adımları (Gonzalez, 2002)

3.4. Sayısal Görüntü

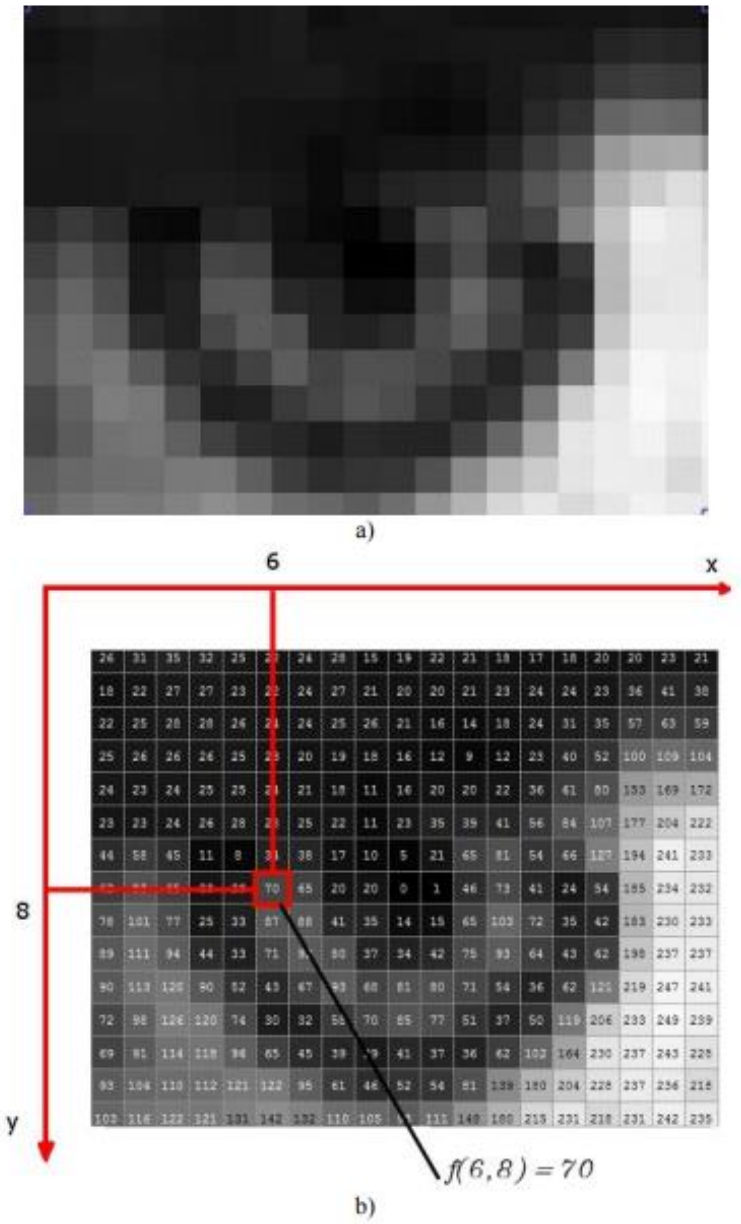
Analog formdaki sinyaller ve görüntüler doğal ortamda bol miktarda bulunur. İnsanlar ve hayvanlar gözleriyle sürekli olarak Analog görüntü işleme yapmaktadır. Analog kelimesinin buradaki anlamı, sinyallerin uzay-zamanda sürekli varlığıdır. Ancak bu analog sinyallerin uzay-zamanda görüntü işleme açısından bilgisayar ortamına uyarlanması gerekmektedir. Bu işlem sayısallaştırma (digitizing) olarak ifade edilir. Kamera ve tarayıcı gibi görüntü alma cihazları görüntünün sayısallaştırılmasını gerçekleştirir (Bovik, 2009) (Karakuş, 2006)

3.5. Görüntü Türleri

Görüntüler üç farklı türden oluşmaktadır. Bunlar renkli görüntü, gri seviye görüntü ve ikili (binary) görüntülerdir. Renkli görüntüler, üç yoğunluk öğesi veya bileşeni ile temsil edilir. Bu bileşenler, farklı renk şemaları olmasına rağmen genellikle kırmızı, yeşil ve mavidir (RGB). Örneğin, CMYK renk modeli siyan, magenta, sarı ve siyah

bileşenlerden oluşur. Görüntüleme sırasında R(Kırmızı), G(Yeşil), B(Mavi) ile kodlanmış görüntünün gri seviyeli üç görüntüsü arka arkaya ekrana aktarılır. Elde edilen gri seviyeli üç görüntü bilgisayar ekranında kırmızı-yeşil-mavi kombinasyonu ile üst üste getirilirse renkli görüntü elde edilir (Karakuş, 2006) (Nixon, 2002)

Gri sevive görüntüler, gri tonlamalı olarak da ifade edilmektedir (Karakuş, 2006). Şekil 3.2'de gri seviyeli örnek bir görüntü görülmektedir.



Şekil 3.2 Gri seviyeli görüntü (a) ve sayısal değerleri (b) (Karakuş, 2006)

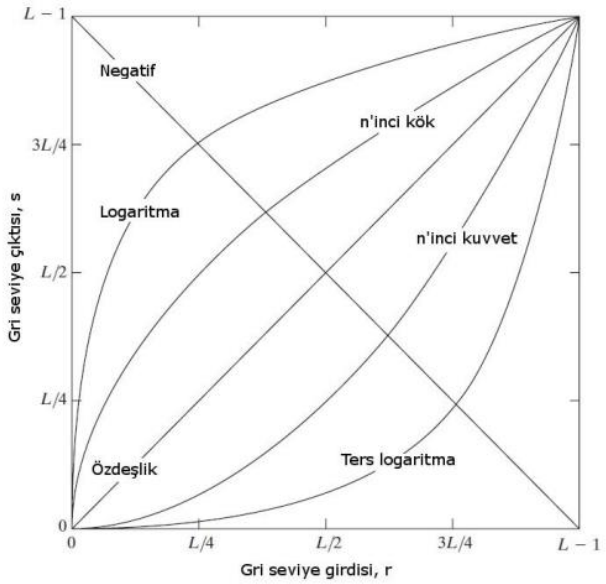
Her piksel için yalnızca iki olası değere sahip dijital görüntü ikili görüntü olarak adlandırılmaktadır. Tipik olarak her piksel sırasıyla siyah veya beyazı temsil etmek için 1 ve 0 değerleriyle kodlanır. Eş özelliklere sahip alanları temsil eden pikselleri ve piksel gruplarını temsil etmek için ikili görüntüler kullanılır. (Russ, 2011) Aşağıdaki Şekil 3.3' te ikili görüntü örneği verilmektedir.



Şekil 3.3 İkili görüntü örneği

3.6. Görüntü Komplementi

Dijital bir görüntünün yoğunluk değerlerinin tersi, fotoğrafçılıkta kullanılan görüntü komplementini temsil eder. Komplement oluşturma işlemi genellikle bir görüntünün karanlık kısımlarında gizlenmiş beyaz veya gri seviyeli detayları ortaya çıkarmak için kullanılır. [0, L-1] arasında değerlere sahip gri tonlamalı bir görüntünün komplementi, Şekil 3.4'te gösterilmiştir (Gonzalez, 2002)



Şekil 3.4 Görüntü komplementi dönüşüm tablosu (Gonzalez, 2002)

3.7. Otsu Metodu

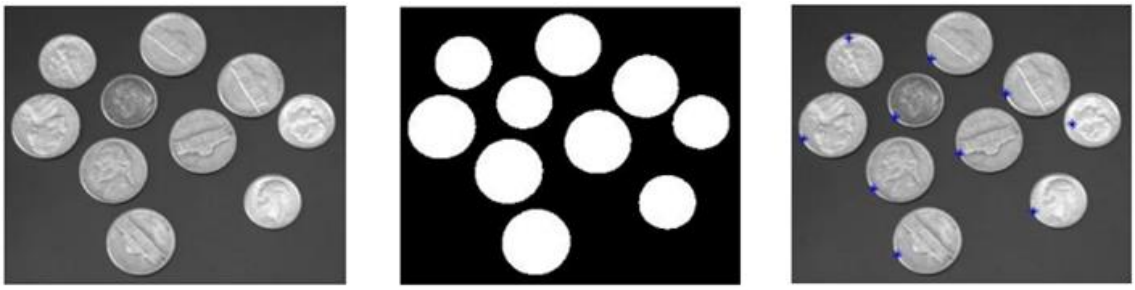
Nobuyuki Otsu tarafından oluşturulan Otsu yöntemi, bir görüntünün eşiğini otomatik olarak belirlemek için kullanılır. En basit biçiminde, algoritma pikselleri iki sınıfa ayıran tek bir yoğunluk eşiği döndürür: ön plan ve arka plan. (Zhang, 2008) Şekil 3.5'te örnek bir görüntü ve Otsu metoduyla belirlenen eşik değeri kullanılarak ikili görüntüye dönüştürülmüş çıktısı gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Örnek görüntü ve Otsu metodu

3.8. Blob Analizi ve Bölge Etiketleme

İkili bir görüntüde birbiriyle bağlantılı piksel topluluklarını tanımlayarak bulma işlemi bölge etiketleme olarak adlandırılmaktadır. Bölge etiketlemenin en kolay yolu, görüntünün tamamını soldan sağa veya yukarıdan aşağıya tarayarak yatay ve dikey yönlerde aynı ikili değere sahip pikselleri aramaktır. Bu işlemi dikdörtgen görüntünün köşegeni boyunca yapmak genellikle gerekli değildir (Bovik 2009). Şekil 3.6'da örnek blob analizi ve bölge etiketleme gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Görüntünün (a) ikili formu (b) ve bölge etiketlemesi yapılmış formu (c)

3.9. Bölge Sayma

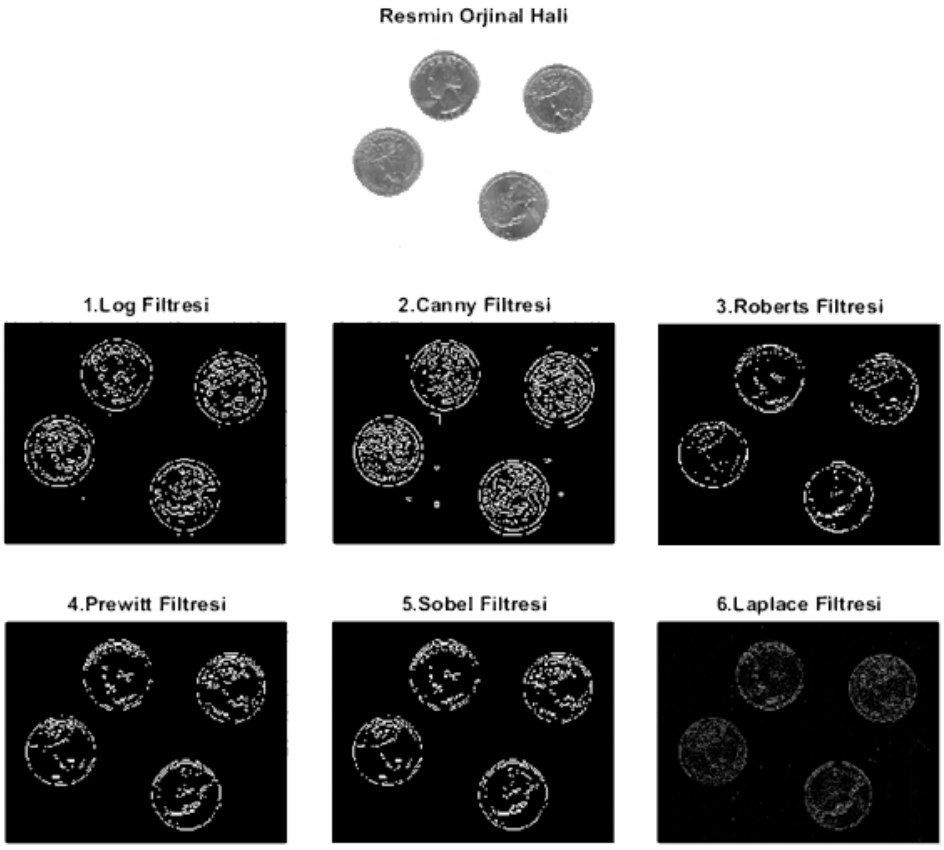
Görüntüde birbirinden bağımsız kaç adet nesne olduğunu tespit etmek için bölge sayma yapılmaktadır. Nesneler beyaz, diğer tüm alanlar siyah olarak işaretlenmektedir. Birbiri ile temasta olmayan bağımsız beyaz bölge sayısı, görüntüdeki nesne sayısını ifade etmektedir.

3.10. Küçük Bölgelerin Kaldırılması

İkili görüntülerde algoritmaya dahil edilmeyecek siyah değerlerin bulunması istenmez. Bu sebeple mümkün olduğunca istenmeyen siyah değerler belirlenip yerine beyaz değer yazılarak yok edilmesi gereklidir. Bunu yapabilmek için bölge sayma adımında belirlenen her bir bağımsız nesnenin toplam piksel sayısı hesaplanarak kabul edilecek en küçük nesne boyutu ile karşılaştırılır. Bu boyuttan küçük ise ilgili nesnenin tüm piksellerine beyaz değer atanarak nesne yok edilir. (Bovik, 2009).

3.11. Kenar Saptama

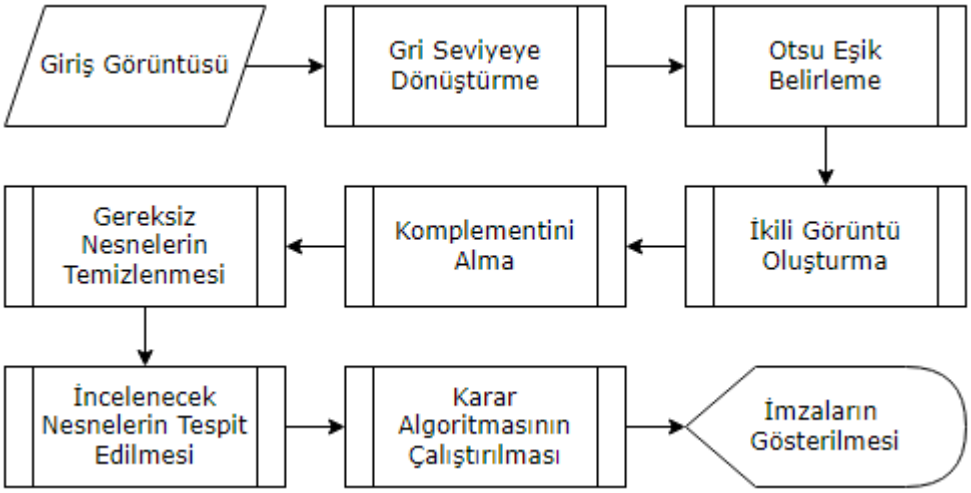
Aynı görüntü içerisinde renk değerleri birbirinden belirgin derecede farklı iki bölge arasında bulunan geçiş noktası kenar olarak tanımlanmaktadır (Çulha, Sayısallaştırılmış bilgisayarlı tomografi ve magnetik rezonans tomogramları üzerinde görüntü işleme tekniği uygulamaları, 1996). Nesneleri konumlandırma bakımından kenar bilgisi büyük önem taşımaktadır. Kenar saptama yöntemleri kenar bulma operatörleri olarak adlandırılır. Bu operatörlerden en sık kullanılanları; Log, Canny, Roberts, Prewitt, Sobel, Laplacian gibi operatörlerdir. Şekil 3.7' de örnek bir görüntü ve kenar saptama sonrası elde edilen görüntüler verilmiştir.



Şekil 3.7 Kenar bulma operatörlerinin sonuç örnekleri

3.12. Önerilen Yöntem

Bu çalışmada gerçekleştirilen tüm işlem adımlarına ait blok diyagram Şekil 3.8' de verilmiştir.

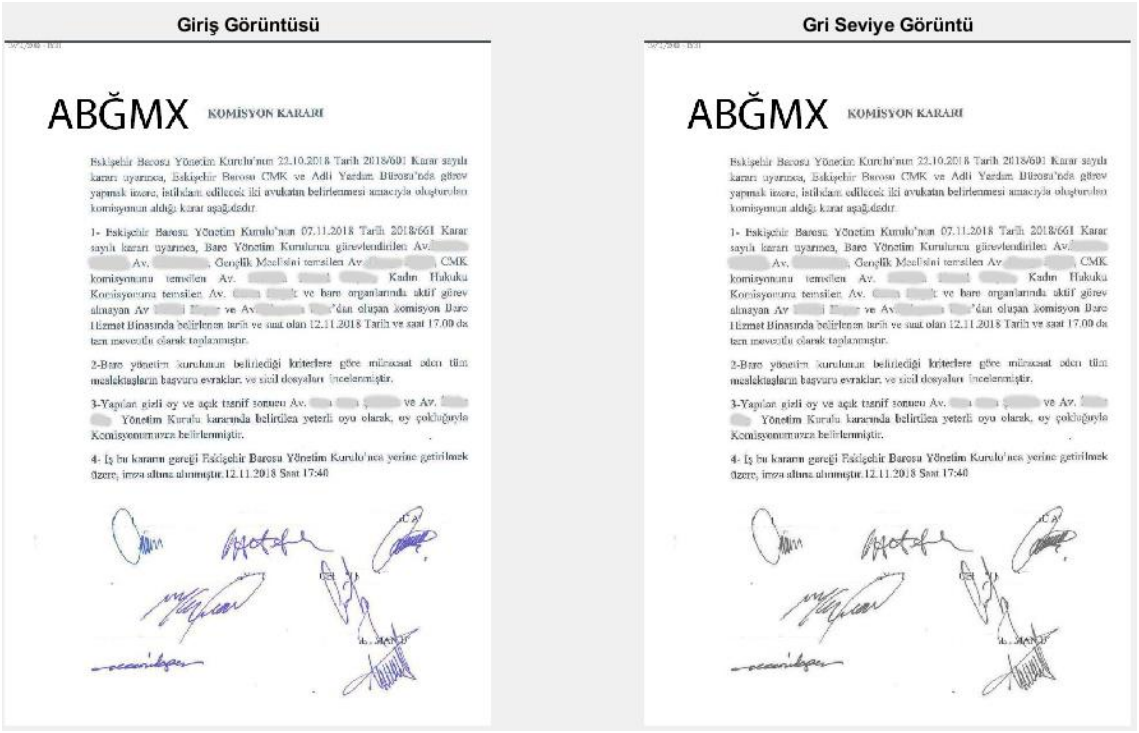


Şekil 3.8 Tüm İşlem Adımlarına Ait Örnek Diyagram

Bu çalışmayı gerçekleştirirken taranmış belge görüntüsü üzerinde sırasıyla aşağıdaki adımlar kullanılmıştır.

3.12.1. Gri seviyeye dönüştürme

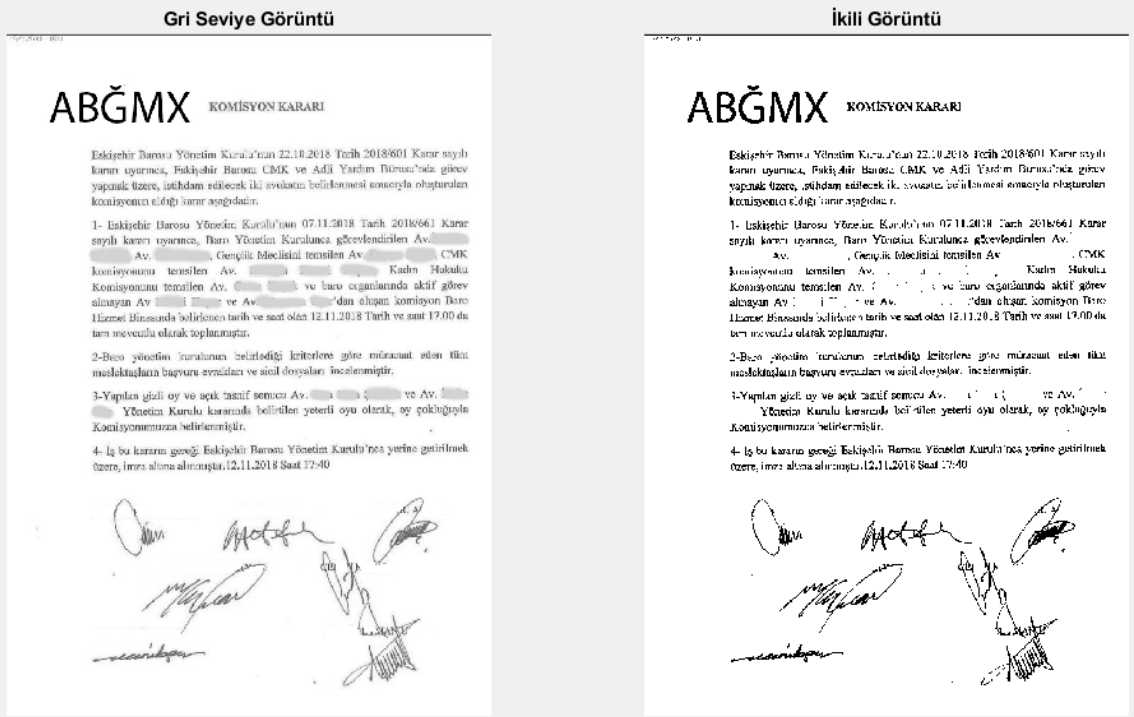
Renkli bir görüntünün her bir pikselinde kırmızı, yeşil ve mavi olmak üzere üç ayrı katman için 3 ayrı renk değeri bulunmaktadır. Bu işlem sırasında, görüntü üzerinde bulunan tüm renk katmanları yok edilerek siyah ile beyaz arasında kalan 256 renk tonundan biri seçilerek ilgili piksele uygulanmaktadır. 0 tam siyah, 255 ise tam beyaz anlamına gelmektedir. İşlem tamamlandığında, görüntüdeki her bir piksel 0 ile 255 arasında tek bir değere sahip olmaktadır. Şekil 3.8'de renkli taranmış bir belgenin gri seviyeye dönüştürüldükten sonraki hali gösterilmiştir.



Şekil 3.9 Renkli Görüntü ve Gri Seviyeye Dönüştürülmüş Görüntü

3.12.2. İkili Görüntüye Dönüştürme

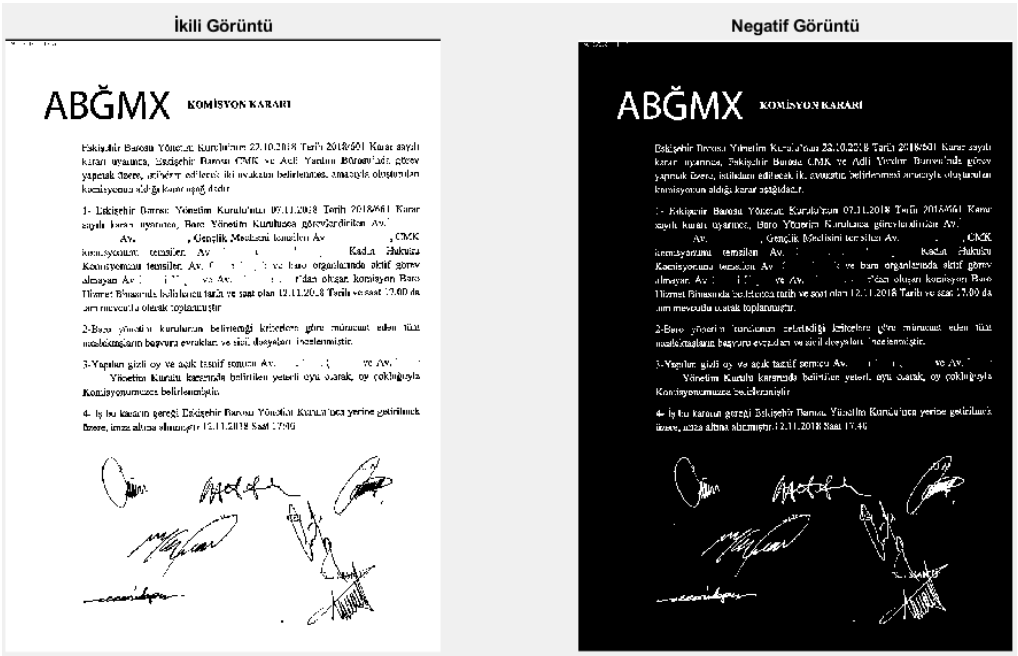
Görüntü sadece siyah ve beyaz (0 ve 255) piksellerden oluşacak şekilde yeniden düzenlenmiştir. Hangi pikselin hangi rengi alacağına, Otsu metodu ile belirlenmiş olan eşik değeri baz alınarak karar verilmiştir. İşlem yapılan piksel eşik değerinden büyük ise beyaz, küçük ise siyah değerini almaktadır. Bu işlem yazılı bir belgenin görüntüsü üzerinde uygulandığında yazılar ve kâğıt kolaylıkla birbirinden ayrıştırılmaktadır. Şekil 3.10'da gri seviye görüntünün ikili seviye görüntüye dönüştürüldükten sonraki hali belirtilmiştir. Taranan belge üzerinde griye boyanan alanların ikili görüntüye dönüştürülürken Otsu eşik değerinin altında kalması sebebiyle beyaza dönüştüğü gözlemlenebilir.



Şekil 3.10 Gri Seviye Görüntü ve İkili Görüntüsü

3.12.3. Görüntü Komplementi

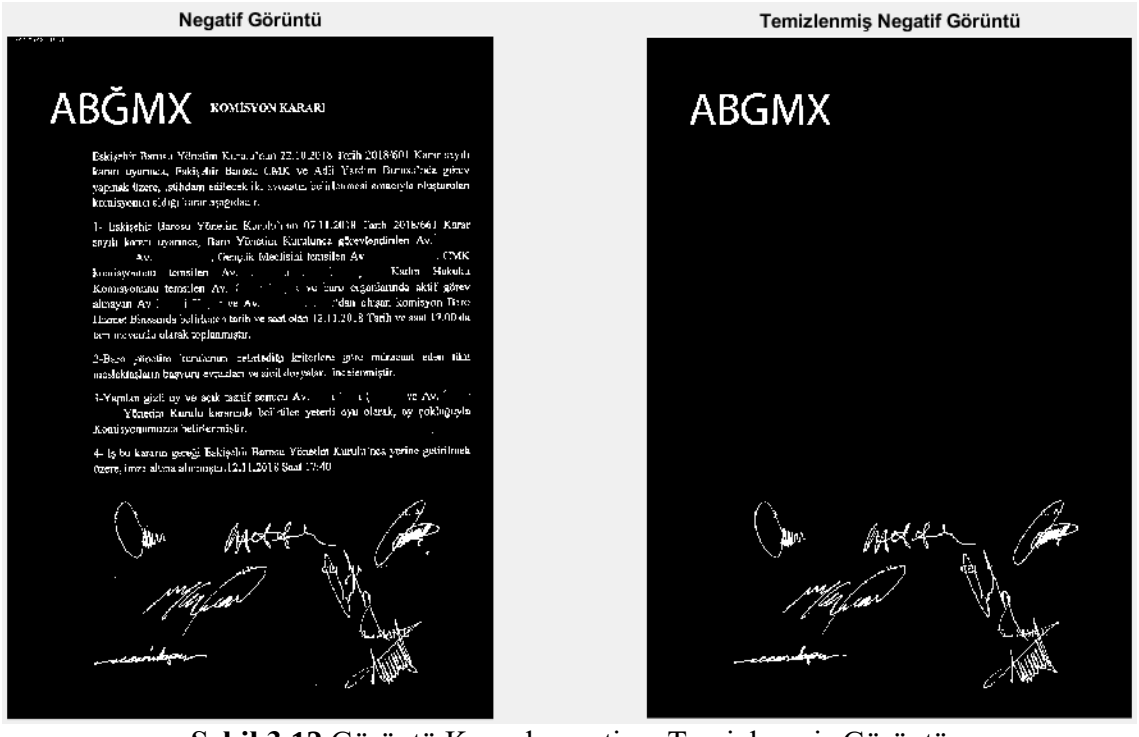
Bu aşamaya gelindiğinde görüntü üzerinde yalnızca eşik değerinden büyük olan nesneler bırakılmış, diğer piksellerin tamamı beyaz olarak yeniden düzenlenmiştir. Elde edilen görüntü örneği Şekil 3.11'de gösterilmiştir.



Şekil 3.11 İkili Görüntü ve Komplementi

3.12.4. Gereksiz Nesnelerin Temizlemesi

Varsayılan kağıt boyutu A4 olarak ele alındığında bir harfin ve kağıt üzerindeki benzeri lekelerin temizlenmesi ve aynı zamanda imzaların temizlenmemesi için bir büyüklük eşik değeri belirlenmiştir. Örnekler üzerinden yapılan gözlemlerde taranmış görüntünün 2000'de 1 boyutundan daha küçük nesnelerin temizlenmesi, yazıların ve istenmeyen çizgilerin kağıt üzerinden silinmesi için yeterli bulunmuştur. Bu oran büyütülerek 1000'de 1 olarak kullanıldığında, uygulamanın bazı küçük boyutlu imzaları da kirlilik olarak nitelendirip temizlediği ve imzaları doğru tespit edebilme oranını azalttığı gözlemlenmiştir. Büyük boyutlu harfler tek başına yeterli büyüklüğü sağlamaktadır ancak imza olması için yeterli kriterleri sağlamayacağından uygulama için sorun teşkil etmemektedir. Bu temizlik işleminin amacı, imza olma ihtimali olan nesne sayısını azaltarak uygulamanın daha hızlı çalışmasını sağlamaktır. Büyüklük tek başına uygulamayı yanıltıcı kriter değildir. Şekil 3.12'de ikili görüntü ve bu görüntünün temizlendikten sonraki hali gösterilmiştir.

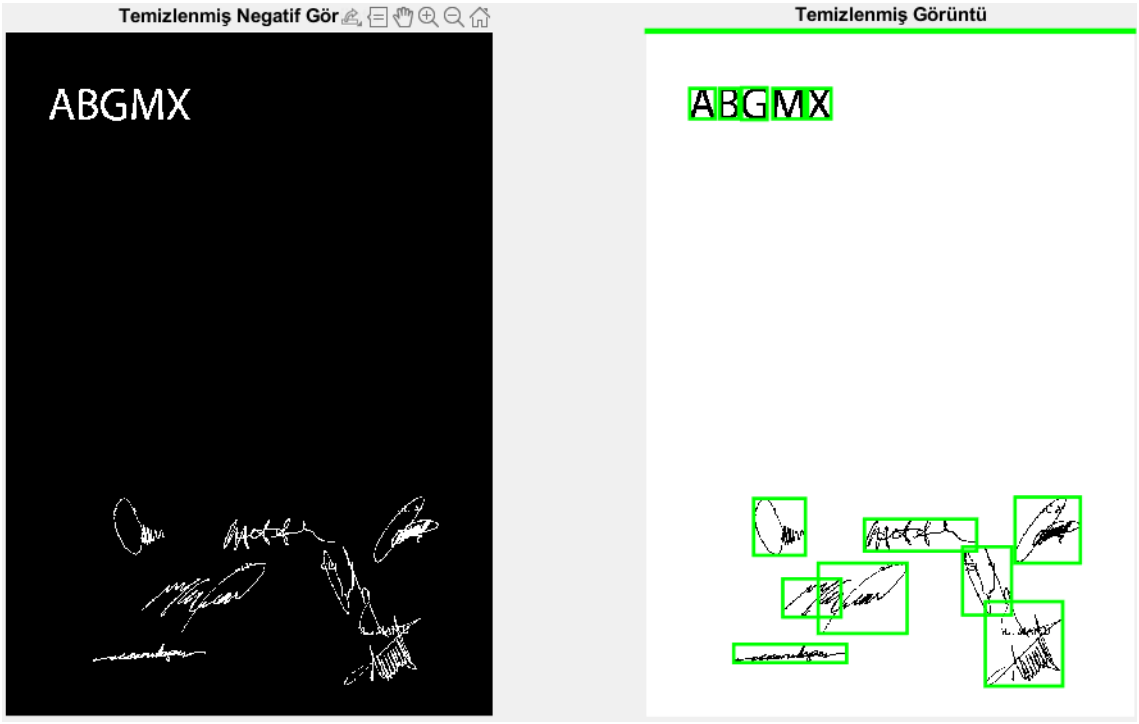


Şekil 3.12 Görüntü Komplementi ve Temizlenmiş Görüntü

3.12.5. İncelenecek Nesnelerin Belirlenmesi

Bu aşamada görüntü içerisindeki her nesne beyaz piksel kümelerinden oluşmaktadır. Burada bir eşik belirlenmektedir. Her bir nesnedeki beyaz piksel adetleri

kontrol edilmektedir. Belirlenen eşik değerine eşit ve altında beyaz piksel adedine sahip nesneler var ise bunlar siyah piksel marifetiyle görüntüden kaldırılmaktadır. Bu aşamanın ardından görüntünün tekrar komplementi alınmaktadır. Şekil 3.13'te tespit edilen birbirinden ayrı nesneler yeşil çerçeve ile işaretlenmiştir.



Şekil 3.13 İkili Görüntü ve Tespit Edilen Nesnelerin Gösterimi

3.12.6. Nesnelerin İmza Olup Olmadığına Karar Verilmesi

Temizlenmiş görüntü üzerinde tespit edilen her bir nesne birbirinden bağımsız şekilde aşağıdaki algoritmadan geçirilerek imza olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Adım 1: Piksek Yoğunluğunun Hesaplanması

Nesnenin içerisinde bulunduğu dörtgen alanın sınırları içerisinde kalan alanın tüm siyah pikseller (S) sayılır ve dörtgen alanın toplam piksel sayısına (T) oranı (O) hesaplanır. Toplam piksel sayısı, görüntüdeki satır ve sütun piksel sayılarının çarpımı ile hesaplanır. Bu ifadeler Denklem 3.1 ve 3.2' de verilmiştir.

$$T = \text{Satir} \times \text{Sütun} \quad (1)$$

$$O = S / T \quad (2)$$

İncelenen örneklere logoların ve boyalı resim görsellerinin imzalardan ayırt edilebilmesi için O değerinin 0.21'den küçük olması gerektiği gözlemlenmiştir. Uygulama O değerinin üst limitini 0.21 olarak kullanmaktadır. Aynı zamanda imzaların basit çizgiler, çizgisel resimler gibi simgelerden ayırt edilebilmesi için O değerinin 0.1'den büyük olması gerektiği gözlemlenmiştir.

Adım 2: Nesnenin Genişliğinin Ölçülmesi

Örnekler incelendiğinde imza olması muhtemel işaretlerin kâğıt üzerinde 1/3 genişlikten daha geniş olmaması gerektiği gözlemlenmiştir. Uygulama, tespit ettiği tüm nesnelerin genişliklerini kontrol eder ve toplam görüntünün genişliğinin 1/3'ünden büyük olan nesneleri imza değildir olarak değerlendirir.

Adım 3: Nesnenin Yüksekliğinin Ölçülmesi

Örnekler incelendiğinde imza olması muhtemel işaretlerin kâğıt üzerinde 1/4 yükseklikten daha yüksek olmaması gerektiği gözlemlenmiştir. Uygulama, tespit ettiği tüm nesnelerin yüksekliklerini kontrol eder ve toplam görüntünün yüksekliğinin 1/4'ünden yüksek olan nesneleri imza değildir olarak değerlendirir.

Adım 4: Karmaşıklık Hesaplama

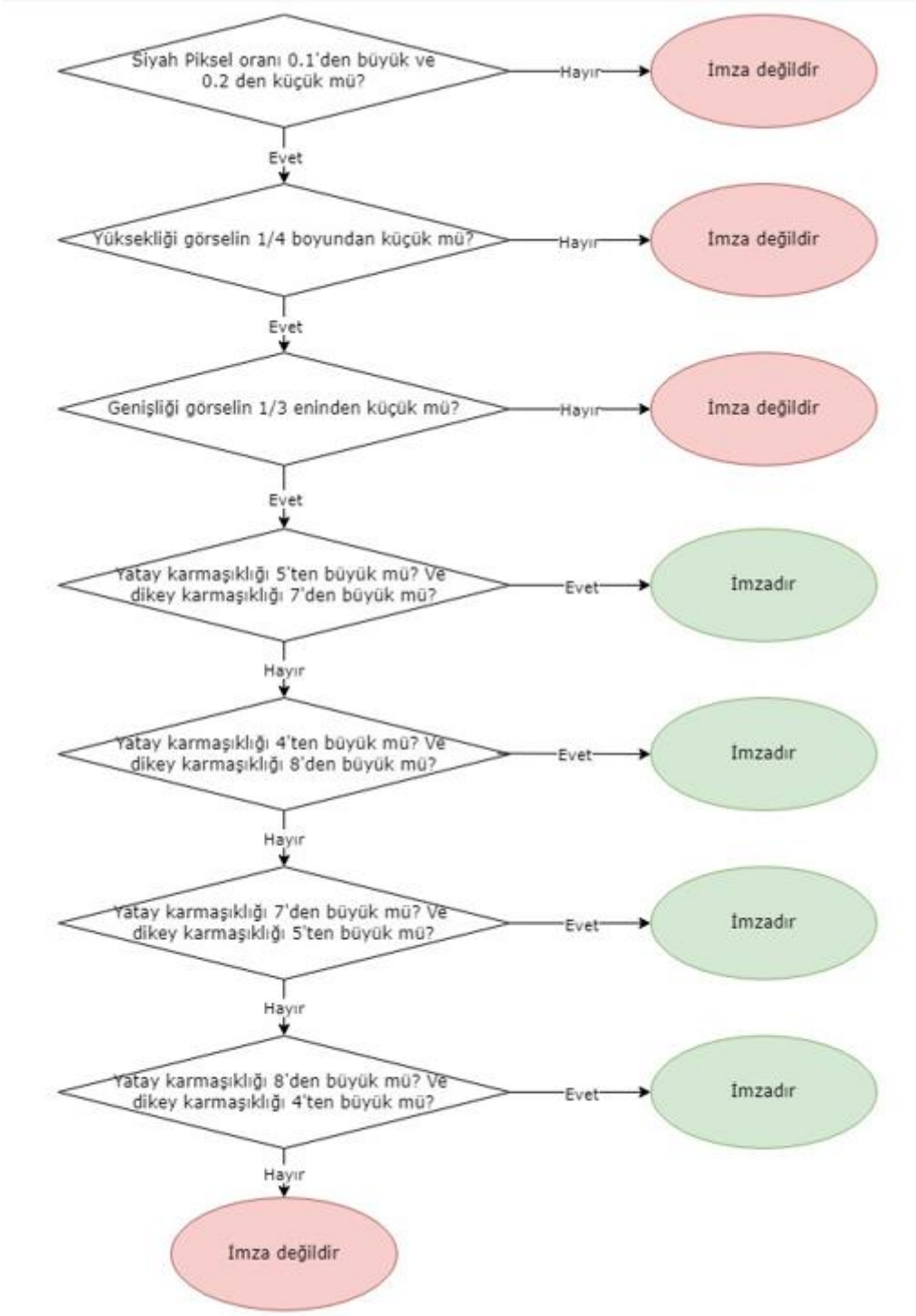
Bu aşamaya kadar yapılan işlemler kâğıtların antetlerini, altı çizili bir metnin altındaki çizgiyi veya kâğıt üzerinde büyükçe yazılmış tek bir harfi imzadan ayırt etmek için yeterli gelmemektedir. Bu ayrımı yapabilmek için tespit edilen nesnenin ne kadar karmaşık olduğunun da hesaplanması gerekmektedir. Bu karmaşıklığı hesaplayabilmek için tüm satırlardaki ve tüm sütunlardaki renk değişimleri sayılarak en karmaşık olan satır ve sütun için birer skor üretilmiştir. Bir imzanın yatayda çok, dikeyde daha az karmaşık olması veya dikeyde çok, yatayda daha az karmaşık olma olasılığı bulunmaktadır. Bu sebeple uygulamada dikeyde veya yatayda daha fazla renk değişimi bulunması şartı aranmaktadır. Bu kurala uyan nesneler imza olarak, uymayan nesneler ise imza değildir olarak kabul edilmektedir. Şekil 3.14'te en karmaşık yatay ve en karmaşık dikey çizgi sarı ile gösterilmiş, yatay çizgi üzerindeki renk değişim noktaları yeşil noktalar ile, dikey çizgi üzerindeki renk değişim noktaları da kırmızı noktalar ile gösterilmiştir.



Şekil 3.14 En karmaşık satır ve sütunun noktalarla gösterilmesi

Kırmızı ve yeşil noktalar ile gösterilmiş olan renk değişim noktalarının adedi, nesnemizin karmaşıklık skorunu vermektedir. Sarı ile boyalı olan en karmaşık satırın renk değerleri soldan sağa doğru takip edildiğinde beyaz piksel ile başlamıştır ve her bir renk değişimi +1 olarak toplam satır değişim değerine eklenir. Beyazdan siyaha ilk geçtiği yeşil ile belirtilmiş nokta +1 değerini gösterir. Yeşil ile belirtilen her nokta yaklaşık olarak renk değişimi ile karşılan noktayı göstermektedir. Aynı işlem yukarıdan aşağı doğru en karmaşık sütun için de hesaplanarak kırmızı noktalar ile renk değişimi ile karşılaşılan noktaları göstermektedir. Yatay ve dikey karmaşıklık skorları ayrı ayrı hesaplanmıştır. Bu nesnenin karmaşıklık skoru yatayda 13, dikeyde ise 5 olarak hesaplanmıştır. Bu nesne, "imza olabilecek yeterli karmaşıklık değerine sahip" olarak kabul edilmektedir.

Uygulamanın karar verme haritasının gösterildiği akış diyagramı Şekil 3.15'te gösterilmiştir.



Şekil 3.15 Tespit edilen nesnenin imza olup olmadığına karar verilmesi

Algoritma çalıştığında kriterlerine uymayan nesnelerin imza olmadığına karar vererek, kriterlere uyan nesneler için sonraki adımları uygulamaktadır. Tüm kriterlerden geçtikten sonra hâlâ silinmemiş olan nesneler uygulama tarafından "imza olma ihtimali yüksek" olarak değerlendirilmekte ve çıktı olarak sunulmaktadır.

Tüm kriterler uygulandıktan sonra uygulama kalan nesneleri imza olarak kabul etmekte ve imzaların görsellerini ekranda göstermektedir. Bir belge üzerinde tespit edilen imzaların örnek çıktısı şekil 3.16'da gösterilmiştir.

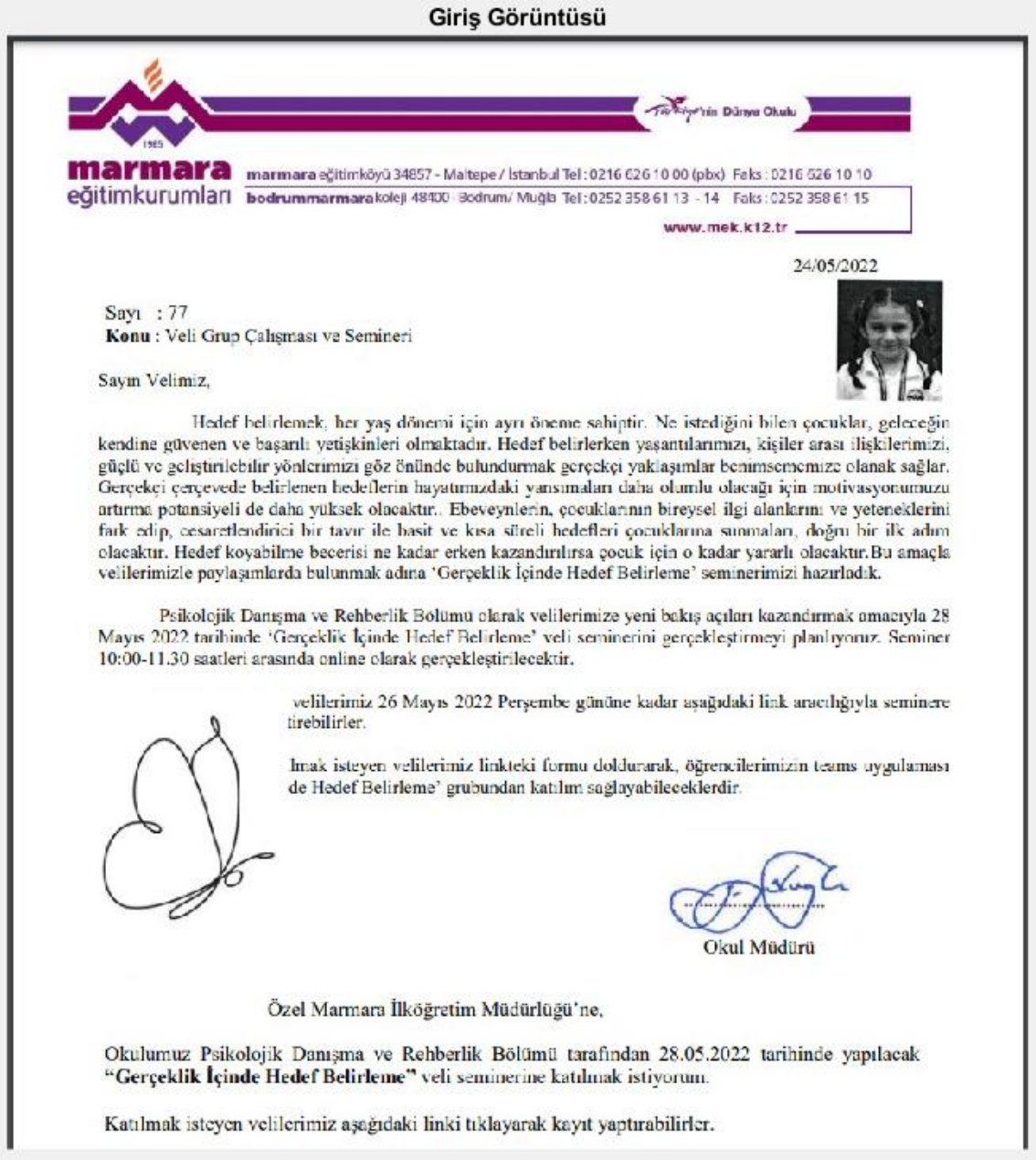


Şekil 3.16 Belge üzerinde tespit edilen imzaların gösterimi

Bu aşamada uygulama sonuca ulaşarak kararını vermiş bulunmaktadır. Elde edilen imza sayısı 0'dan büyük ise "görselde imza mevcuttur", imza sayısı 0 ise "görselde imza mevcut değildir" olarak yorumlanır.

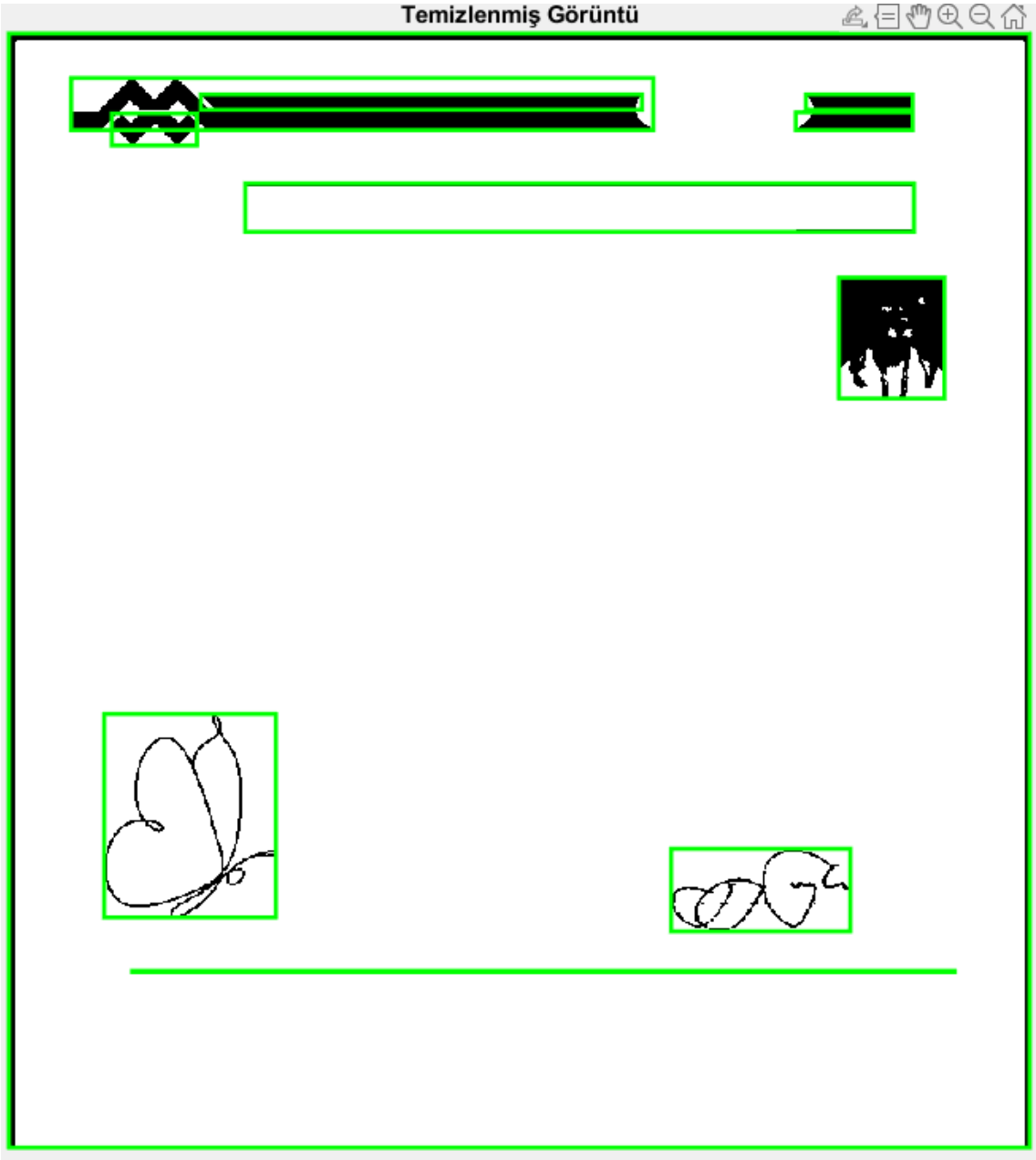
3.13. Örnek Giriş Görüntüleri ve Sonuçlarının İncelenmesi

Şekil 3.17'de giriş görüntüsü olarak içerisinde çerçeve ve antet çizgileri, logo, fotoğraf, metinsel ifadeler, çizgisel resim ve imza bulunan bir belgenin taranmış görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.17 Örnek Giriş Görüntüsü

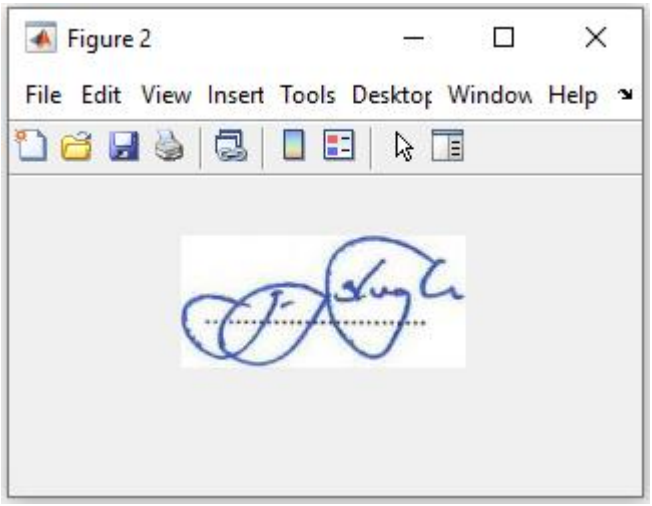
Şekil 3.18'de Metinsel ifadeler temizlendikten sonra yeterli büyüklükte olan nesneler görüntülenmektedir.



Şekil 3.18 Örnek görüntü üzerinde tespit edilen nesneler

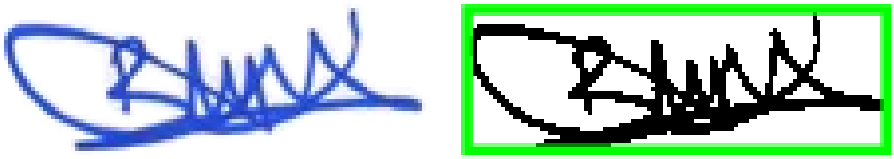
Logo ve fotoğraf içerisinde bulunan siyah piksel sayısı, imza olarak kabul edilen kriterden daha fazla olduğu için "imza değildir" olarak yorumlanmıştır. Çerçeve ve antet çizgileri geçerli yükseklik ve genişlik kriterlerini sağlamadığı için "imza değildir" olarak yorumlanmıştır. İmzaya oldukça benzer şekilde çizilmiş olan kelebek resmi ise gerekli yükseklik ve genişlik kriterlerine sahip ve yeterli karmaşıklık seviyesinde olmasına rağmen içerisinde büyük beyaz boşluklar bulundurduğu için yeterli siyah piksel yoğunluğuna sahip değildir. Bu sebeple "imza değildir" olarak yorumlanmıştır. Gerçek

imza olan nesne ise genel kriterlere uygun bir imza olması sebebiyle "imzadır" olarak yorumlanmıştır. Şekil 3.19'da bu belge için üretilen sonuç görüntülenmektedir.



Şekil 3.19 Örnek Sonuç

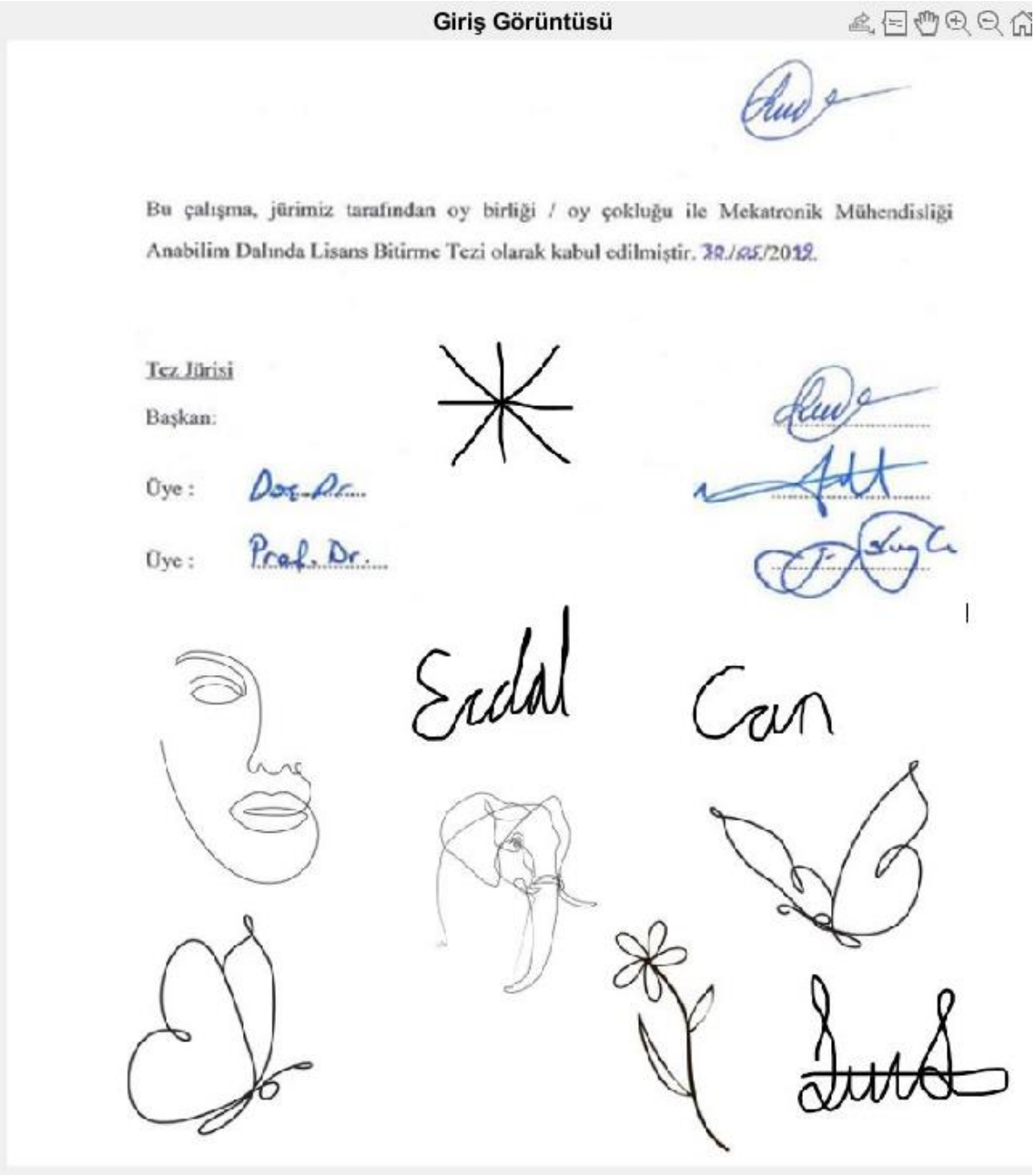
Uygulamada çoğunluğu kapsayacak şekilde deneme yanılma yöntemi ile üretilen kurallar ve parametreler kullanılmıştır. Ancak kriterlere uygun yükseklik ve genişlik değerlerine sahip, uygun siyah yoğunluk oranında ve uygun karmaşıklık seviyesinde çizilen şekiller de "imzadır" olarak yorumlanmaktadır. Bununla birlikte parametrelere uygun olmayan gerçek imzalar da bulunmaktadır ve uygulama bu imzaları "imza değildir" olarak yorumlamaktadır. Gerçek bir imza olmasına rağmen, ikili görüntüye dönüştürüldüğünde siyah piksel yoğunluğu yüksek olduğu için "imza değildir" olarak yorumlanan gerçek bir imza örneği Şekil 3.20'de gösterilmiştir.



Şekil 3.20 "İmza değildir" olarak yorumlanan gerçek imza örneği

Şekil 3.21'de verilen giriş görüntüsünde uygulamanın mavi ve siyah kalemler üzerinde verdiği kararlar ve şekiller ile gerçek imzalar üzerinde verdiği kararlar

incelenmiştir. Ayrıca görüntü içerisine bir adet yeterli karmaşıklık seviyesine uygun düz çizgilerden oluşan, doğru yükseklik ve genişlik değerlerine sahip nesne eklenmiştir.



Şekil 3.21 Mavi ve siyah kalemler için örnek giriş görüntüsü

Şekil 3.22'de uygulamanın imza olarak yorumladığı nesneler gösterilmiştir. Çizgisel resimler "imza değildir" olarak başarılı yorumlanmasına rağmen tüm kriterleri sağlayan ve düz çizgilerden oluşan ve gerçekte imza özellikleri taşımayan nesne ise "imzadır" olarak yorumlanmıştır.



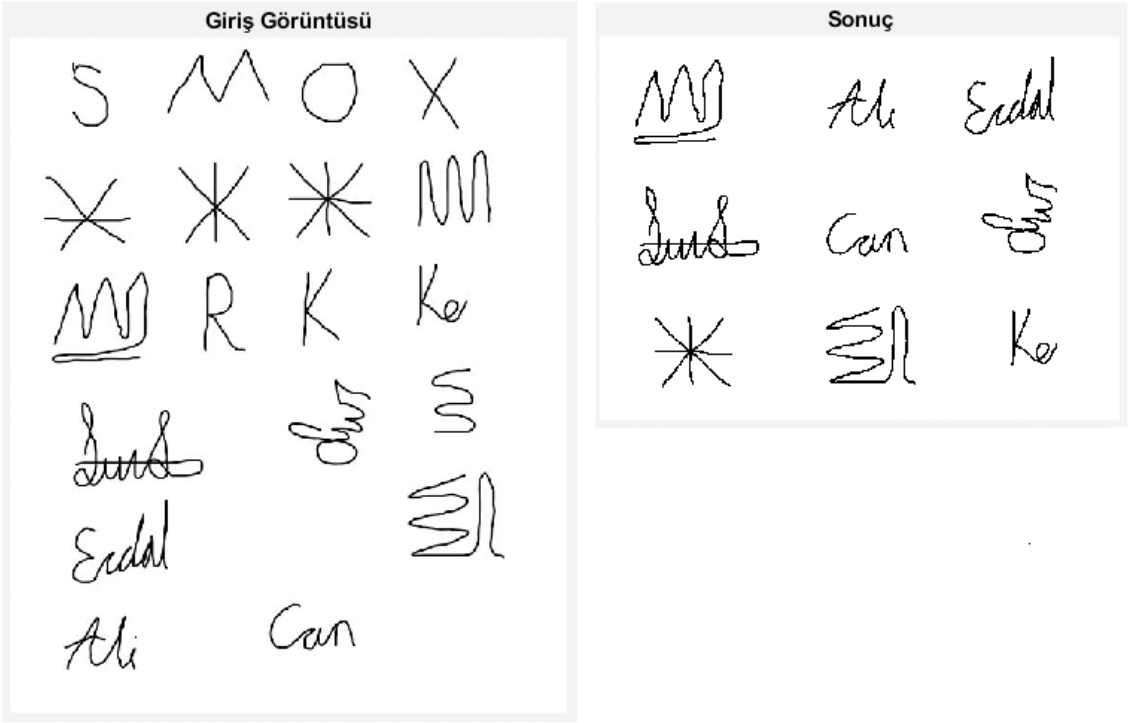
Şekil 3.22 İmza olarak değerlendirilen nesneler

İçerisinde büyük boşluklar veya koyu renkler bulundurmadığı için uygulamanın tüm kriterlerini karşılayarak "imzadır" olarak yorumlanan resim örneği Şekil 3.23'te gösterilmiştir.



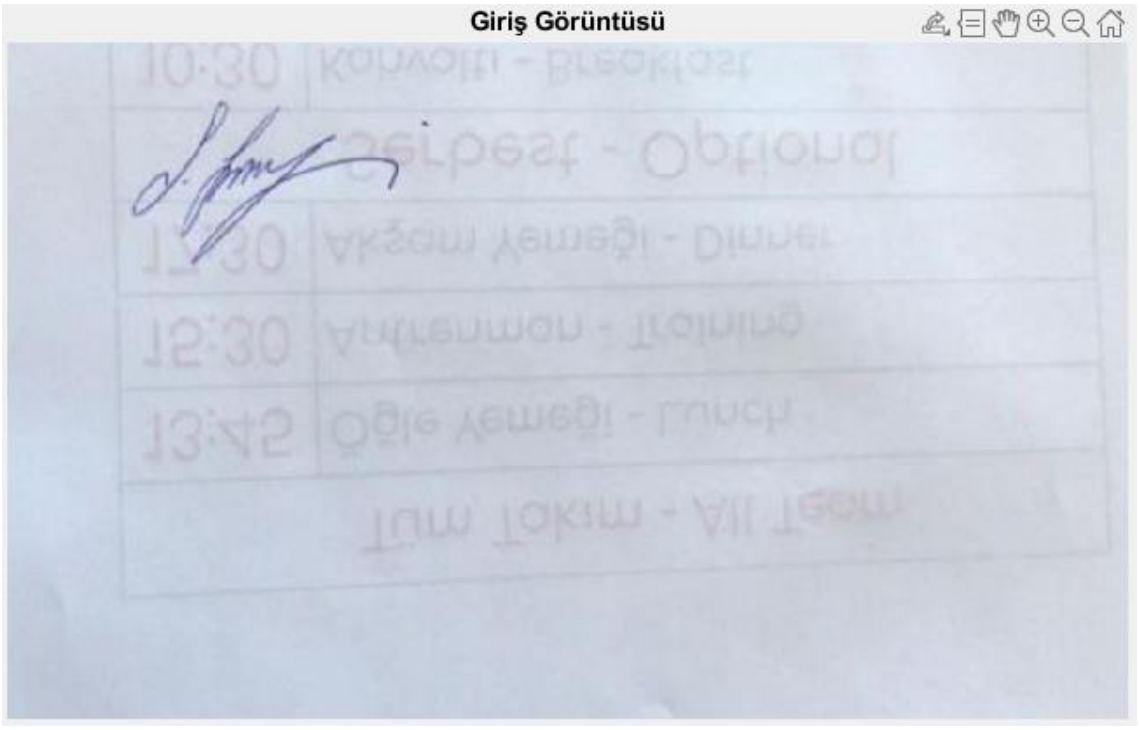
Şekil 3.23 "imzadır" olarak yorumlanan resim örneği.

Uygulamanın karmaşıklık hesaplamasını gözlemlemek için, diğer kriterleri sağlayan nesnelerin el ile çizildiği giriş görüntüsü ve uygulamanın "imzadır" olarak yorumladığı sonuç Şekil 3.24'te gösterilmiştir.



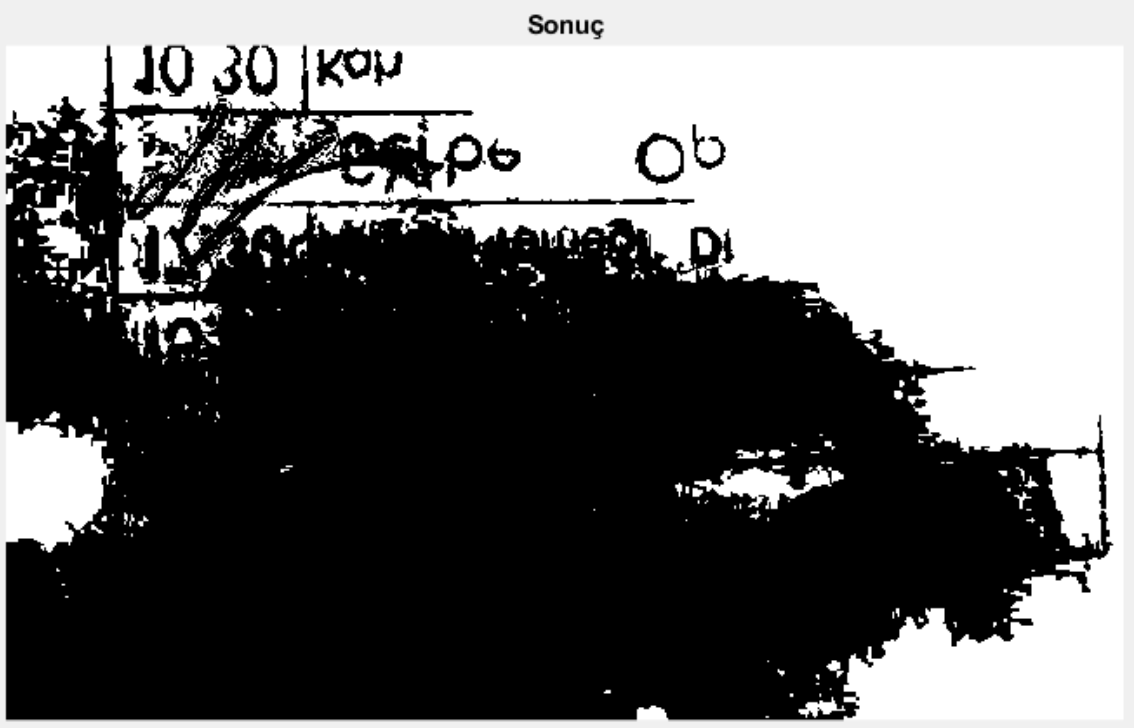
Şekil 3.24 Karmaşıklık hesaplamasının denenmesi ve sonucu

Şekil 3.24'te, giriş görüntüsü olarak düşük ışık koşullarında fotoğrafı çekilen ve üzerinde imza olan bir kağıt kullanılmıştır. Kağıdın arka yüzünde ise farklı bir baskı bulunmaktadır.



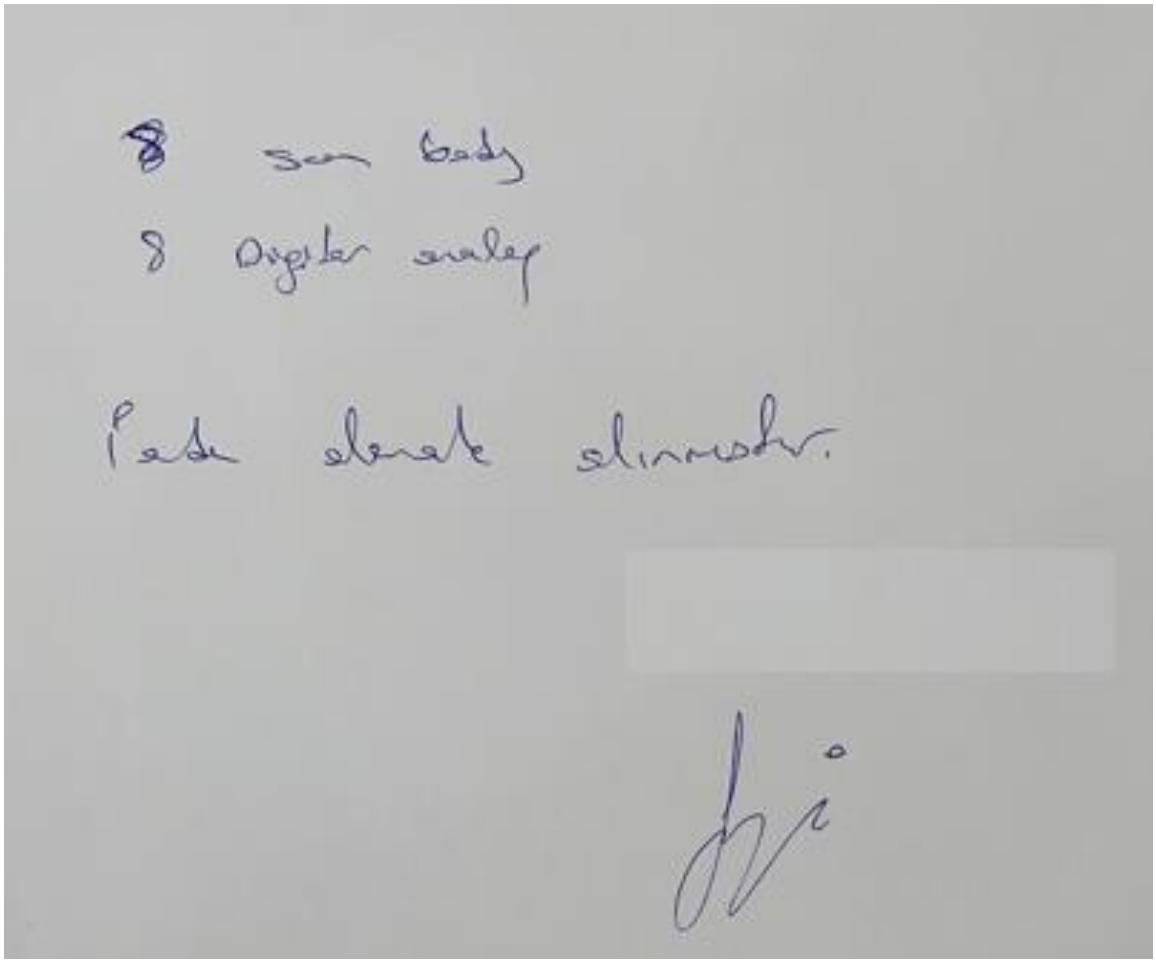
Şekil 3.25 Düşük ışık koşullarında çekilen belge fotoğrafı

Örnek görüntü sonucunda uygulama “imza değildir” kararını vermiştir. Giriş görüntüsünün ikili görüntüsü incelendiğinde hem düşük ışık koşullarının hem de kâğıdın arka yüzeyindeki baskının görüntüyü olumsuz etkilediği tespit edilmiştir. Düşük ışık alan yüzey ve kâğıdın arka yüzeyinden yansıyan çizgiler, otsu metodu ile belirlenen eşik değerinin üzerinde kalmıştır. Görüntü ikili seviye görüntüye dönüştürüldüğünde bu alanlar siyah değerini almış, atılan imza ile birleşerek büyük siyah tek bir görsel oluşmasına sebep olmuştur. Bu nedenle imza kendi başına incelenememiştir. Şekil 3.26’da uygulamanın ikili görüntü sonucu gösterilmiştir.



Şekil 3.26 Şekil 3.24’ün ikili görüntüsü

Giriş görüntüsü olarak, sert bir zemin üzerinde ve kağıdın altına herhangi bir cisim koymadan atılan imza verildiğinde uygulama “imza değildir” sonucunu üretmiştir. Kullanılan Giriş görüntüsü Şekil 3.27’de gösterilmiştir.



Şekil 3.27 Sert zemin üzerinde atılan imza görüntüsü

Bu kararı vermesinin nedenini incelemek için atılan imzaya ve ikili görüntüsüne çok yakından bakıldığında, kâğıt üzerinde mürekkep izinin boşluklar bırakarak ilerlediği tespit edilmiştir. Boşlukların oluşması, imzanın tek parça olarak değerlendirilmesine engel olmuş, her iki boşluk arasında bulunan çizginin ayrı bir nesne olarak kabul edilmesini sağlamıştır. Nesne olarak kabul edilen çizgiler ayrı ayrı değerlendirildiğinde imza niteliği taşımadığı için "imza değildir" olarak yorumlanmıştır. Atılan imzanın ve ikili görüntüsünün daha yakından incelendiği görüntü Şekil 3.28'de gösterilmiştir.



Şekil 3.28 Sert zemin üzerinde atılan imza ve ikili görüntüsü

BÖLÜM 4. SONUÇ

Bu çalışmada gerçekleştirilen yöntem kullanılarak, kullanılan örnekler üzerinde el ile atılan imzanın varlığı yüksek olasılıkla tespit edilebilmiştir. Başarılı tespit edilebilen imzaların tarayıcı tarafından taranmış belgeler üzerinde tespit edilebildiği saptanmıştır. Belgenin fotoğrafı üzerinden yapılan denemelerde başarı oranının ışık koşullarına bağlı olarak düştüğü gözlemlenmiştir.

Akışkan mürekkepli kalemler ile atılan imzaların doğru tespit edilmesi ihtimalinin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Sert zemin üzerinde, ince uçlu kalemler ile atılan imzalarda mürekkep tek bir çizgi şeklinde değil, parçalı çizgiler şeklinde kağıda iz bıraktığından uygulamanın parçaları ayrı ayrı değerlendirmesine sebep olmakta ve atılan imzayı tespit etmesine engel olmaktadır.

Yoklama listesi gibi çok küçük alanlara sığdırılmaya çalışılan imzalarda, çizgiler üst üste binerek bütünleştiği için imza tespit etme algoritmasının kullandığı kural setinin dışına çıkmakta ve imza resim olarak algılanabilmektedir.

Bu çalışmadan elde edilen yöntem kullanılarak, özellikle sigorta sektöründe, müşterilerin imza atmasının gerekli olduğu fakat gözden kaçırılan poliçeler bilgisayarlar tarafından belirlenebilir. Yapılan bu çalışma ile insan işgücünden tasarruf sağlanabilir. Aynı şekilde, yazılımsal robotların kullanıldığı süreçlerde eksik imzalı belgeler ile ilgili bilgilendirme, hatırlatma çalışmaları gerçekleştirilebilir. Bunun gibi birçok sektörde ve alanda ihtiyaca göre hazırlanmış olan yazılımlara yeni bir yetenek kazandırabilir.

KAYNAKÇA

Akar, F. (2009). Şablon eşleme yöntemi ile plaka tanıma ve değerlendirme sistemi. *Doktora Tezi*. Erzurum: AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı.

Bovik, A. (2009). *The essential guide to image processing. Elsevier Inc.*

Çetinkol, S. (2021). Bilgisayarlı Görme Yöntemleri ile Yoklama Listelerinin Dijital Ortama Aktarılması. *Yüksek Lisans Tezi*. Isparta: Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı.

Çulha, S. (1996). *Sayısallaştırılmış bilgisayarlı tomografi ve magnetik rezonans tomogramları üzerinde görüntü işleme tekniği uygulamaları*. Ankara: AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı.

Çulha, S. (1996). Sayısallaştırılmış bilgisayarlı tomografi ve magnetik rezonans tomogramları üzerinde görüntü işleme tekniği uygulamaları. *Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: AÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı,.

Drott, B., & Hassan-Reza, T. (2015). On-line handwritten signature verification using machine learning techniques with a deep learning approach. Matematik Bilimleri Yüksek Lisans Tezi, Lund Üniversitesi.

Gonzalez, R. W. (2002). *Digital image processing using MATLAB.*

Kancharla, K., Kamble, V., & Kapoor, M. (2018). Handwritten signature recognition: a convolutional neural network approach. (s. 28-29). International Conference on Advanced Computation and Telecommunication.

Karakuş, D. (2006). Görüntü analiz yöntemleri ile kayaçların yapısal özelliklerinin tanımlanması. *Doktora Tezi*. İzmir: DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden İşletme Anabilim Dalı.

Karouni, A. D. (2011). Offline signature recognition using neural networks approach. *Procedia Computer Science*, 155-161.

Kurniawan, H. A. (2017). Image processing: capturing student attendance data. *International Journal of Computers and Technology*.

Kurtulmuş, F. (2012). Olgunlaşmamış Şeftali Meyvesini Doğal Bahçe Koşullarında Alınmış Görüntülerde Görüntü İşleme Teknikleri ve Yapay Sınıflandırıcılarla Saptayarak Sayan Algoritmaların Geliştirilmesi. *Doktora Tezi*. Bursa: Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı.

Nixon, M. A. (2002). Feature extraction and image processing.

Oliveira, L., Sabourin, R., & Hafemann, L. (2017). Learning features for offline handwritten signature verification using deep convolutional neural networks. *Pattern Recognition*, 163-176.

Rehman, A., Ur Rehman, S., Babar, Z., & Qadeer, H. (2018). Offline signature recognition and verification system using artificial neural network. *University of Sindh Journal of Information and Communication Technology*, 73-80.

Russ, J. (2011). The image processing handbook. CRC Press.

Zhang. (2008). Image segmentation based on 2D Otsu method with histogram analysis.