

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HATALI YERLEŞTİRİLEN ARAÇ SİGORTALARININ ŞABLON
EŞLEŞTİRME YÖTEMİYLE TESPİTİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa KARAKURT

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Bilim Dalı

OCAK 2024

**T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HATALI YERLEŞTİRİLEN ARAÇ SİGORTALARININ ŞABLON
EŞLEŞTİRME YÖTEMİYLE TESPİTİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mustafa KARAKURT

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr.Öğr.Üyesi Ahmet KÜÇÜKER

OCAK 2024

Mustafa KARAKURT tarafından hazırlanan “Hatalı Yerleştirilen Araç Sigortalarının Şablon Eşleştirme Yöntemiyle Tespiti” adlı tez çalışması 10.01.2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik Mühendisliği Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı : **Unvan Adı SOYADI**
Sakarya Üniversitesi

Jüri Üyesi : **Unvan Adı SOYADI (Danışman)**
Sakarya Üniversitesi

Jüri Üyesi : **Unvan Adı SOYADI**
Sakarya Üniversitesi



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “HATALI YERLEŞTİRİLEN ARAÇ SİGORTALARININ ŞABLON EŞLEŞTİRME YÖTEMİYLE TESPİTİ” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

(10/01/2024).

(imza)

Mustafa Karakurt





Aileme



TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, yardımlarını bir an olsun esirgemeyerek her daim yardımına koşan, akademik bakış açımın yanında hayata bakış açıma da fazlasıyla yön veren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Ahmet KÜÇÜKER'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca çalışmamda emeği geçen Araş. Görevlisi Bozkurt TORAL'a da teşekkür ederim.

Değerli aileme bana olan destek ve inançlarından dolayı teşekkür ederim.



Mustafa KARAKURT



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
TEŞEKKÜR	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
SİMGELER	xv
TABLO LİSTESİ	xvii
ŞEKİL LİSTESİ	xix
ÖZET	xxi
SUMMARY	xxv
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Kapsamı	3
1.2. Tezin Amacı ve Hedefleri	4
1.3. Literatür Araştırması	4
1.4. Tezin İçeriği	8
2. KURAMSAL TEMELLER	11
2.1. Araç Sigorta Kutuları	11
2.2. Sigortalar	12
2.3. Sigorta Yerleştirme Problemleri	14
2.4. Görüntü İşleme	17
2.4.1. Görüntü işleme yöntemleri	18
3. MATERYAL VE YÖNTEM	21
3.1. Renk Dönüşüm Yöntemleri	21
3.2. Sigorta Grup Sınırlarının Belirlenmesi	22
3.3. Görüntü Parselleme İşlemi	24
3.4. Görüntü Eşleştirme	25
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SONUÇLAR	29
4.1. Sistem Düzenegi	29
4.2. Gerçek Zamanlı Görüntü Parselleme	30
4.3. Görüntü Eşleştirme Algoritması	32
4.4. Veri Tabanı Yapısı ve Kayıt İşlemleri	34
4.5. Deneysel Sonuçlar	36
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	45
5.1. Sonuçlar	45
5.2. Öneriler	46
6. KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	55



KISALTMALAR

CCOEFF	: Korelasyon katsayısı
CCORR	: Çapraz korelasyon
FPGA	: Field-programmable-gate-array
HOG	: Histogram of oriented gradient
HRT	: Hao Rui Tuo HRT-F1 automobile fuse box detection system
IATF	: International Automotive Task Force
İHA	: İnsansız hava aracı
KLT	: Kanade-lucas-tomasi
KNN	: K-nearest neighbors
KSTS	: Konuma bağlı sigorta tespit sistemi
LWDT	: Lineer değişken diferansiyel trafo
MAF	: Multi-angle automotive fuse box detection and assembly method based on machine vision
MR	: Manyetik rezonans görüntüleme
ORCA	: Sigorta kutusu otomatik algılama sistemi
RVT	: Shanghai Rayao Electronic Technology RVT-FuseVision System
RAM	: Rastgele erişimli hafıza
SQDIFF	: Kare farkları toplamı
WB	: Beyaz dengeleme
YYS	: Yanlış yerleştirilmiş sigorta



SİMGELER

A	: Elektrisel yük taşınma birimi [Amper]
R(x,y)	: Eşleşme konumu
V	: Potansiyel gerilim farkı [Volt]
R(x,y)	: Eşleşme değeri
T(x',y')	: Örnek görselde bulunan bir pikselin (x',y') görüntü piksel değeri
I(x+x',y+y')	: Hedef görüntüdeki karşılık gelen pikselin piksel değeri
I*	: Benzerlik derecesi en yüksek alan
I_w	: Şablon görselin genişliği
T_w	: Hedef görselin genişliği
I_h	: Şablon görselin yüksekliği
T_h	: Hedef görselin yüksekliği



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. Görüntü işleme işlem seviyeleri ve kullanım alanları.....	18
Tablo 3.1. Şablon eşleştirme algoritması	28
Tablo 4.1. Maliyet fonksiyonlarının sonuçları.	36
Tablo 4.2. Hatalı yerleştirilmiş sigorta tespit sonuçları.....	38
Tablo 4.3. Test sonuçları.	42





ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Algoritma genel akış diyagramı.	9
Şekil 2.1. Araç sigorta kutusu örneği.	12
Şekil 2.2. Çalışmada kullanılan sigorta örnekleri.	13
Şekil 2.3. Sigorta yerleşim masası.	14
Şekil 2.4. Sigorta yerleştirme metodu.	15
Şekil 2.5. Farklı özelliklere ait sigorta dizilimleri.	16
Şekil 2.6. Örnek şablon.	16
Şekil 3.1. Sigorta tipleri.	21
Şekil 3.2. Araç sigorta kutusu.	23
Şekil 3.3. Sigorta gruplandırması.	24
Şekil 3.4. Şablon eşleştirmenin tarama yapısı.	25
Şekil 4.1. Deney düzeneği.	29
Şekil 4.2. Sigorta kutusu kontrol sensörleri.	30
Şekil 4.3. Değer yapısı.	31
Şekil 4.4. Parselleme örneği.	32
Şekil 4.5. Şablon örnekleri.	32
Şekil 4.6. Eşleştirme algoritması ve sistemin işleyişi.	33
Şekil 4.7. Algoritma akış diyagramı.	34
Şekil 4.8. Başlatma arayüzü.	36
Şekil 4.9. Doğru tespit sonuçlarının işaretlenmesi.	37
Şekil 4.10. Hatalı tespit sonuçlarının işaretlenmesi.	38
Şekil 4.11. Sigorta grupları için yanlış yerleştirme tespit oranı.	40
Şekil 4.12. Yanlış yerleştirilmiş sigorta tespiti GUI uygulaması.	40
Şekil 4.13. Yanlış yerleştirilmiş sigorta verileri.	41



HATALI YERLEŞTİRİLEN ARAÇ SİGORTALARININ ŞABLON EŞLEŞTİRME YÖNTEMİYLE TESPİTİ

ÖZET

Otomotiv sektörü 21. yüzyıl itibari ile farklılaşan dünya ve değışen çevresel koşullarla birlikte oldukça hızlı ilerlemeler kaydederken sektörün büyüklüğü de gün geçtikçe katlanarak artmaktadır. Günümüz dünyasında otomotiv sektörü, teknolojik gelişimlere ve yeni fikirlere açık bir pazar konumunda yer almaktadır. Gerçekleşen bu sektörel ve teknolojik gelişmeler ışığında araçlarda bulunan elektronik sistemlerin de gelişip farklılaştığı görülmektedir. Gelişen sektörel dinamiklerle de birlikte müşteri memnuniyeti firmalar için daha önemli hale gelmekte ve yapılan planlamalarda göz önüne alınmaktadır. Müşterilerden alınan geri bildirimlerle araçlarda birçok değışiklik yapılmakta olup araçlar teknolojik gelişimlerin entegrasyonuna daha açık hale getirilmektedir. Sektörel olarak teknolojiye uyumluluk furyası firmalar arası rekabetlere de fazlaca yansımaktadır. Büyük otomotiv pazarından payını almak isteyen firmalar; yenilikçi, ekonomik ve güvenilir modelleriyle olası tüm müşteri kitlelerine hitap etmeye çalışmaktadır.

Bu doğrultuda araçlara yeni eklenen özelliklere bağılı olarak enerji bağlantıları ve seviyeleri de günden güne farklılaşırken aynı zamanda buna paralel olarak artmaktadır. Özellikle yeni gelişen elektrikli araç teknolojileri ile birlikte enerji düzeylerinde çok hızlı yükselişler olmaktadır. Geleneksel içten yanmalı ve hibrit sistemle çalışan artık eski nesil olarak adlandırılabilir araçlar, motor ve akümülatör kaynaklı enerjiye sahipken, yeni nesil araçlarda kullanılan devasa lityum-iyon bataryalarla birlikte elektriksel enerji seviyeleri çok yükselmiştir. Depolama miktarı, kullanım durumları ve verimleri değerlendirildiğinde lityum-iyon bataryalar faydalı ve güvenli olarak kabul edilseler de barındırdıkları enerjinin sisteme kontrolsüz aktarımı kontrol edilmesi gereken hassas bir noktadır. Araçların çevresel bir takım etmenlere maruz kalmaları durumunda lityum-iyon bataryadan fazla enerji çekmeleri istenmeyen sonuçlara yol açabilmektedir. Örnek olarak araç üzerinde yangın, kaza veya farklı güvenlik bölümlerinin devre dışı kalması gibi sorunlar görülebilir. Bu noktada üretici firmalar ve kullanıcılar tarafından geçmişte var olan fiyat odaklı yaklaşım yerini günümüzde güvenlik kriterlerinin yüksekliğine bırakmıştır. Üretici firmalar müşterilerin bu beklentilerini yanıtsız bırakmamakta olup bu sebeple oluşabilecek prestij kayıplarını da yaşamak istememektedirler.

Tüm bunlar ışığında araç elektroniğinde bu seviyelerdeki enerjilerin güvenli bir şekilde kontrol edilmesi önemliken yolcu ve araç sağlığı için bir takım koruyucu önlemlerin alınması da gerekmektedir. Tüm enerji uygulamalarında olduğu gibi araç elektroniğinde de sigortalar önemli bir yer tutmakta olup yıllardır güvenle kullanılmaktadır. Sigorta sayıları araçlarda yer alan ve müşteri istekleriyle değışen donanımlara göre farklılık göstermektedir. Kullanıcı seçimine bağılı olarak değışen özellikler neticesinde sigorta sayıları değışiklik gösterse de sistemin çalışması için temel olarak kullanılması gereken zorunlu sigortalar mevcuttur.

Sigorta sayısının fazla olması sebebiyle sigortaların ortak bir alanda toplanma zorunluluğu doğmaktadır. Herhangi bir müdahale, değişim veya kontrol durumunda tüm sigortaların kolay erişilebilir ve ortak bir alanda toplu halde bulunması kullanıcıya ve teknik servise büyük bir avantaj sunmaktadır. Bunun için diğer sektörlerde olduğu gibi otomotiv sektöründe de yaygın olarak sigorta kutuları kullanılmaktadır. Sigorta kutuları kutu içerisinde sigorta erimesi kaynaklı herhangi bir yangın durumunda yanmaz materyallerden üretilerek aynı zamanda geriye kalan sistemi koruma görevini de dolaylı yollardan üstlenmektedir. Araç üzerinde kullanılan tüm bu sigortaların sigorta kutularına montajı manuel olarak yapılmaktadır. Manuel montaj uygulamalarında hatalı yapılan yerleştirmeler hem araçta hatalara sebebiyet vermekte hem üretim sisteminde aksamalara yol açmakta hem de yolcu güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Tüm aşırı güç tüketim durumlarını kontrol eden sigortaların doğru şekilde çalışabilmesi için motaj işleminin doğru bir şekilde yapılması gerekmektedir. Üretilen sigorta kutusunda yer alan sigorta hatalı yerleştirme işleminin araç üzerine montaj işlemi yapılmadan önce bulunarak giderilmesi gerekmektedir. İnsan odaklı yaklaşım olan montaj işleminde meydana gelen bu hatalardan sonra tekrar yapılacak olan insan odaklı göz kontrol sistemi tekrardan hataya müsait bir ortam hazırlamaktadır. Bu sebeple kontrol işleminin insan odaklı yaklaşım yerine otonom olarak yapılarak hata olasılığının azaltılması hedeflenmiştir.

Hassas üretim tesislerinde de kullanılan görüntü işleme uygulamalarından biri olan şablon eşleştirme yöntemiyle sigorta kutusuna montajı hatalı yapılan araç sigortalarının tespiti hedeflenmiştir. Şablon eşleştirme, seri üretim koşullarında ürün renk ve boyut tespiti ile mevcudiyet doğrulaması işlemlerinde çoğunlukla kullanılmaktadır. Tespit işlemi için özel olarak tasarlanan konuma bağlı sigorta tespit sistemi (KSTS) deney düzeneğine sigorta kutusu yerleştirilerek sigorta kutularının görüntüleri alınmıştır. Benzerlik oranının en efektif çalıştığı eşik değer deneysel olarak yapılan çalışmalarla %75 olarak belirlenmiş ve testler bu eşik değerinde gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan uygulama sayesinde otonom hata tespiti gerçekleştirilen yazılım ve test sistemi oluşturulmuştur. Yazılımsal altyapı Python 3.8 programlama dilinde OpenCv kütüphanesi kullanılarak hazırlanmıştır. Grafiksel arayüz ve kamera yayının aynı anda verilebilmesi ve gecikme olmaması için multithreading yönteminden faydalanılmıştır. Python PySimpleGui kullanılarak arayüz oluşturulmuş olup bu sayede verilerin takibi ve kontrolü kolaylaştırılmıştır. Sonuçlar veritabanına aktararak uzaktan kontrol sistemi de kurulmuş ve oluşabilecek uygunsuzluk durumlarının sürekli takip edilebilmesi sağlanmıştır. Sistemin prototipi tasarlanarak algılama hızı, tespit değerleri ve hata oranı simüle edilmiştir. Gerçek zamanlı deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yanlış montajı yapılan 1 adet sigortanın eşik değeri %78 bulunurken doğru montajı yapılan 1 adet sigortanın eşik değeri de %72 olarak bulunmuştur. Toplamda 2 adet hatalı sonuca ulaşılmıştır. Sonuç olarak geliştirilen yöntemle arızalı sigorta tespiti doğruluk oranı %99,33 olarak elde edilmiştir. Testler sonucunda manuel olarak sigortaların araç sigorta kutusuna hatalı takılma oranının, en fazla hata gerçekleştirilen sigorta kutusunda %12,96 oranına kadar yükselebildiği tespit edilmiştir. Hazırlanan KSTS sisteminin algılama hızı 237 ms'dir.

Günümüzde şablon eşleştirme uygulamaları yerini derin öğrenme tabanlı görüntü işleme uygulamalarına bıraksa da onlarca farklı sigorta kutusu ve yüzlerce farklı sigorta yerleşimi olan bir üretim hattında işlevsel olarak kullanılması pek mümkün olmamaktadır. Tüm sigorta kutusu değişimlerinde derin öğrenme eğitim süreçlerini

gerektirmesi sebebiyle tespit sistemi olarak derin öğrenme tabanlı yöntemler yerine şablon eşleştirme tercih edilmiştir.

Kurulan test sistemi sayesinde operatör kaynaklı hatalı montaj oranları minimize edilmiş, üretim hattında kaybedilen kontrol zamanında iyileştirme sağlanarak kalitesel süreç hedeflerine ulaşılmıştır. Tüm bunların yanında araç ve yolcu güvenliği artırılarak istenen hedeflere ulaşılmıştır.





DETECTION OF MISPLACED VEHICLE FUSES USING TEMPLATE MATCHING METHOD

SUMMARY

As of the 21st century, the automotive industry is making rapid progress with the changing world and changing environmental conditions, while the size of the industry is increasing exponentially day by day. In today's world, the automotive industry is a market open to technological developments and new ideas. In the light of these sectoral and technological developments, it is seen that the electronic systems in vehicles are also developing and differentiating. Along with the developing sectoral dynamics, customer satisfaction is becoming more important for companies and is taken into account in the planning. Many changes are made to the vehicles based on feedback from customers, and the vehicles are made more open to the integration of technological developments. The sectoral trend of compatibility with technology is also reflected in the competition between companies. Companies that want to get their share of the large automotive market try to appeal to all possible customer masses with innovative, economical and reliable models.

In this regard, depending on the newly added features to the vehicles, energy connections and levels differ from day to day and also increase in parallel. Especially with the newly developing electric vehicle technologies, there are rapid increases in energy levels. While traditional internal combustion and hybrid vehicles, which can now be called old generation vehicles, have energy from the engine and accumulator, the electrical energy levels have increased significantly with the huge lithium-ion batteries used in new generation vehicles. Although lithium-ion batteries are considered useful and safe when their storage amount, usage situations and efficiency are evaluated, the uncontrolled transfer of the energy they contain to the system is a sensitive point that needs to be controlled. In case the vehicles are exposed to some environmental factors, drawing more energy from the lithium-ion battery may lead to undesirable results. For example, problems such as fire, accident or deactivation of different safety sections may occur on the vehicle. At this point, the price-oriented approach that existed in the past by manufacturers and users has been replaced by the high level of security criteria today. Manufacturer companies do not leave these expectations of their customers unanswered, and they do not want to experience prestige losses that may occur for this reason.

In light of all this, while it is important to safely control the energies at these levels in vehicle electronics, it is also necessary to take a number of protective measures for passenger and vehicle health. As in all energy applications, fuses occupy an important place in vehicle electronics and have been used safely for many years. The number of insurances varies according to the equipment included in the vehicles, which change according to customer requests. Although the number of insurances varies as a result of changing features depending on the user's choice, there are mandatory insurances that must be used as the basis for the operation of the system.

Due to the large number of insurances, there is an obligation for insurances to be collected in a common area. In the event of any intervention, change or control, the presence of all fuses in an easily accessible and common area collectively offers a great advantage to the user and the technical service. For this, fuse boxes are widely used in the automotive industry as in other sectors. Fuse boxes are manufactured from fireproof materials in case of any fire caused by fuse melting in the box and at the same time assume the task of protecting the remaining system indirectly. All these fuses used on the vehicle are placed manually in the fuse boxes. Misplacement in manual assembly applications both causes errors in the vehicle and leads to disruptions in the production system and endangers passenger safety. In order for the fuses controlling all excessive power consumption situations to work correctly, the motage operation must be performed correctly. The misplacement of the fuse contained in the manufactured fuse box must be found and corrected before the installation process is performed on the vehicle. The human-oriented eye control system, which will be performed again after these errors that occur in the assembly process, which is a human-oriented approach, prepares an environment that is suitable for error again. For this reason, it is aimed to reduce the probability of error by performing the control process autonomously instead of a human-oriented approach.

With the template matching method, which is one of the image processing applications also used in sensitive production facilities, it is aimed to detect vehicle fuses that have been installed incorrectly in the fuse box. Template matching is mostly used in product color and size detection and availability verification processes under mass production conditions. The fuse box was placed in the konuma bağlı sigorta tespit sistemi (KSTS) experimental setup, which was specially designed for detection, and images of the fuse boxes were taken. The threshold value at which the similarity ratio works most effectively has been determined to be 75% by experimental studies and tests have been carried out at this threshold value. Thanks to the prepared application, a software and test system that enables autonomous error detection has been created. The software infrastructure has been prepared using the OpenCV library in the Python 3.8 programming language. The multithreading method has been used to ensure that the graphical interface and the camera broadcast can be transmitted at the same time and there is no delay. An interface has been created using Python PySimpleGui, which makes it easier to track and control data. By transferring the results to the database, a remote control system was also established and it was ensured that any non-compliance situations that might occur could be monitored continuously. By designing the prototype of the system, detection rate, detection values and error rate were simulated. Real-time experimental studies were carried out. The similarity value of 1 piece of insurance that was installed incorrectly was found to be 78%, while the value of 1 piece of insurance that was installed correctly was found to be 72%. In total, 2 erroneous conclusions were reached. As a result, the accuracy rate of defective fuse detection has been achieved as 99.33% by the method developed as a result. As a result of the tests, it was determined that the rate of misplacement manual insertion of fuses into the vehicle fuse box can increase up to 12.96% in the fuse box with the highest number of errors. The detection speed of the prepared KSTS system is 237 ms. Although template matching applications have been replaced by deep learning-based image processing applications today, it is unlikely to be used functionally on a production line with dozens of different fuse boxes and hundreds of different fuse placements.

Due to the fact that all fuse box exchanges require training, template matching has been preferred instead of deep learning-based methods as a detection system.

Thanks to the established test system, operator-caused faulty assembly rates have been minimized, and quality process goals have been achieved by improving the control time lost on the production line. In addition to all these, the desired goals have been achieved by increasing the vehicle and passenger safety.





1. GİRİŞ

Otomotiv sektörü; son yıllarda insanların yaşam standartlarının yükselmesi, düzelen ekonomik koşullar, teknolojik gelişmeler ve lojistik hizmetlerindeki ilerlemeler gibi etmenlerle birlikte çok hızlı büyümektedir. Sektörel olarak kullanılan hammaddelerin geçmiş yıllara göre daha ulaşılabilir ve uygun fiyatlı olmasına bağlı olarak otomotiv sektörünün pazar payı diğer sektörlerle kıyasla ciddi oranda artış göstermektedir. Sektörel olarak otomotiv; cam, tekstil, deri, petrol, demir-çelik, kimya gibi sektörleri alt tedarikçisi olarak kullanması ve yedek parça üretimini dolaylı olarak desteklemesiyle araç üretimi yapan ülke ekonomilerine farklı alanlarda da ekonomik katkılar sunmaktadır. Otomotiv sadece sektörel odaklı olmaktan daha çok ülkesel kalkınma odaklı bir sektördür. Birçok gelişmekte olan ülke cari açık sorununu otomotiv sektöründen elde edilen ihracat gelirleri ile çözmeyi hedefleyen adımlar atmaktadır. Ekonomiye sağlanan pozitif girdilerle birlikte ülkeler; otomotiv sektörüne yapılan yatırımları desteklerken vergi indirimleri, sanayi teşvikleri ve kredi olanakları gibi yeni fırsatlar yaratarak sektörel büyümeye katkılar sunmaktadır.

Bu gelişmelere bağlı olarak sektörel rekabetin boyutu gün geçtikçe daha da artmaktadır. Geçmiş dönemlerdeki fiyat odaklı rekabet anlayışının yerini günümüzde tüketici beklentilerini odak noktasına alarak ürün çeşitliliği ve kalitesinin artırılıp yenilikçi modeller tasarlanması almıştır. Bu sayede firmalar arası rekabet farklı bir boyut kazanmıştır. Günümüzde tüketici profilleri geçmiş yıllara göre değişmiş olup; güvenlik kriterleri yüksek, yeni teknolojiye uygun, ekonomik ve aynı zamanda görsellik algısına hitap eden otomobil özellikleri bir arada istenmektedir. Tüm bunları sağlarken artan rekabet koşullarına bağlı olarak kar marjları düşmekte, güvenlik kriterlerini sağlamaya yönelik Ar-Ge çalışmalarının maliyetleri neticesinde firmalar arası birleşme ve yeni markalar yaratılması gibi durumlar görülmektedir [1].

Otomotiv sektöründe güvenlik kriterlerinin sağlanması ve kalitesel kontrolü de sağlayarak üretimler esnasında standartlaşmanın oluşturulması amacıyla International Automotive Task Force(IATF) tarafından IATF 16949 Kalite Yönetim Sistemi standardı kullanılmaktadır. Son olarak 2016 yılında güncellenen IATF

16949:2016 Kalite Yönetim Sistemi standardının amacı; ana sanayi veya yan sanayi kuruluşlarında üretilen asıl otomotiv ürünleri ve yedek parça olarak kullanılan ürünlerin kalite yönetim sistemine dahil edilerek üretim standartlarının oluşturulmasını sağlamaktır. Üretim standartlarının büyük çoğunluğu araçların güvenli bir şekilde kullanıma sunumunu hedeflerken buna bağlı olarak asıl amaç; araç, yolcu sağlığı ve güvenliği kriterlerini sağlamaktır. Bu kriterleri sağlamak amacıyla üretim yapan firmalardan uluslararası standartlara uygun ürünler üretilmesi ve onaylanması amacıyla ilgili test standartlarına ait gerekliliklerin sağlanması istenir. Yürütülen bu süreç güvenilir ve doğru üretilmiş ürünlere sahip olmanın ilk ve yegane şartlarından biridir.

Günümüzde araç sahibi olunurken dikkat edilen hususlardan bir tanesi de aracın sunduğu güvenlik kriterleridir. Araçlarda yer alan dış sağlamlık, yolcu ve şoför hava yastıkları, fren teknolojileri, şerit takip sistemleri, otomatik sürüş modu ve çeşitli kaza önleme sensörleri gibi güvenlik kriterleri ilk olarak göze çarpmaktadır. Bunlara ek olarak en az bunlar kadar önemli olan güvenlik sistemlerinden biri de gelişen enerji seviyeleriyle birlikte araçlarda kullanılan sigortalardır. Otomotiv sektöründe araçlar titreşim, sıcak hava, soğuk hava, nem, sıvı teması, kimyasal ajanlar, termal şoklanma vb. gibi birçok etkiye maruz kalmaktadır. Çeşitli etmenler sebebi ile araçlar maksimum seviyelerde güç tüketebilmektedir. Buna sıcak havalarda motorun aşırı ısınmasına bağlı soğutma sistemleri, klima kullanımı, ıslak ve kaygan yollarda harcanan tutunma kuvvetleri, zorlu arazi koşullarında yapılan yolculuklar örnek olarak gösterilebilir.

Elektrikli ve hibrit araç teknolojilerinin de yaygınlaşması ile birlikte araçların var olan fosil yakıt ve akümülatör kaynaklı güçlerine devasa elektriksel enerjileri de eklenmiştir. Tüm bunlar ışığında araçlar üzerinde sigortaların önemi daha da artmıştır. Tüm bu aşırı güç tüketimi durumlarını kontrol eden en temel birimler sigortalardır. Sigortaların bu önemli görevi yerine getirebilmesi için montajlarının doğru olarak yapılması ve en doğru şekilde çalışmasının sağlanması gerekmektedir. Hatalı montaj uygulamaları sonucunda araçların düşük enerji ile çalışması gereken kısımlarında aşırı yüklenme olması durumlarında yüksek enerji iletilir ve buna bağlı olarak tehlikeli sonuçlar doğabilmektedir. Bunların sonucunda araç arızaları, kazalar ve kaza kaynaklı yangınlar gibi istenmeyen durumlar meydana gelebilmektedir.

Dünya üzerinde gerçekleşen kazalarda araçlar büyük pay sahibidir. Trafik kazaları gerçekleşen tüm kazalar arasında ilk sırada yer almaktadır [2]. Trafik kazaları sebepli ölüm oranları dünya üzerindeki tüm ölümlerin %2,1'ini oluşturmaktadır [3]. Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre her yıl 1,24 milyon insan trafik kazaları sebebiyle hayatını kaybetmektedir [4]. Kazalara ve farklı etmenlere bağlı olarak araç yangınları da fazlaca görülmektedir. Çin'deki istatistiklere göre 2009-2015 yılları arasında 20000 araç yangını gerçekleşmiştir [5]. Araçlarda kaza harici yangın durumlarında hava yastığı gazı, klima gazı gibi gazlar ani bir şekilde alev alabilmektedir [6]. Bu tehlikeli gazları güvenli hale getirmenin yolu oluşabilecek yangın ve kaza kaynaklı darbe riskini en aza indirecek, akım kaçaklarını önleyebilecek düşük maliyetli önlemler almaktan geçmektedir.

Sigortalar; kullanımının kolaylığı, basit yapısı, yenisi ile değiştirilme kolaylığı, erişilebilirliğinin yüksek olması ve uygun maliyetleri sebebiyle bu alandaki yegane kurtarıcılar olarak görülmektedir. Sigortaların bu özelliklerine ek olarak tepki sürelerinin kısa olması sayesinde sistemi koruma yeteneklerinin yüksekliği başlıca tercih nedenlerindendir.

Bu tez kapsamında araç güvenliği için son derece önemli bir yere sahip olan sigortaların sigorta kutularına yanlış yerleştirilmesinin önlenmesine yönelik bilgisayarla görü uygulaması geliştirilmiş, test sistemi kurularak deneysel çalışmalarla otonom hata tespiti yapılmıştır. Ulaşılan deney sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilerek yöntemin işlevselliği ve tercih nedenleri sunulmuştur.

Bu bölümde sırasıyla tezin kapsamından, amaç ve hedeflerin neler olduğundan, kullanılan yöntemin literatürdeki yerinden ve daha önce kullanıldığı çalışmalardan bahsedilirken, tezin içeriğinde neler olduğu sunulmuştur. İlerleyen bölümlerde işlenecek konulara da ışık tutması amacıyla genel akış diyagramı verilmiştir.

1.1. Tezin Kapsamı

Bu çalışma kapsamında sadece manuel sigorta montajı yapılan araç sigorta kutuları değerlendirmeye alınacak olup, yöntem kapsamında özel görüntü alma deney düzeneği oluşturulacak, renk dönüşümlerini ile görüntü parsellemeyi kullanan görüntü işleme algoritması ve şablon eşleştirme yöntemi değerlendirilmeye alınacaktır. Çalışma kapsamında hazırlanacak sistemin kullanıcı arayüzü Python programlama dilinde OpenCv ve PySimpleGUI kütüphaneleri kullanılarak

hazırlanacaktır. Hatalı montajı yapılan sigortaların tespitini sağlayacak hem donanım hem de yazılım destekli bu çalışmada istatistiksel verilerin kaydı ve analizi ışığında üretim hattının dizaynı tekrar gözden geçirilecektir. Elde edilen veriler Deneysel Çalışmalar ve Sonuçlar bölümünde değerlendirilerek sistemin verimi ve kullanılabilirliği değerlendirilecektir.

1.2. Tezin Amacı ve Hedefleri

Bu tezin amacı insan odaklı bir yaklaşım olan sigorta kutularına manuel sigorta montajı işlemi sırasında oluşan hataların minimize edilmesi, araç üzerine montaj işlemi yapılmadan önce hataların bulunarak giderilmesi ve üretim hattının buna göre dizayn edilmesidir.

Sorunun çözümüne yönelik ana hedef, araç ve yolcu sağlığını tehlikeye atabilecek hatalı montaj problemlerinin azaltılması olup alt hedefler ise aşağıda verilmiştir;

- Konuma bağlı sigorta tespit sistemi (KSTS) deney düzeneği kurulması
- Şablon benzerlik eşik oranının deneysel çalışmalarla belirlenmesi
- Yazılım arayüzü hazırlanarak otonom hata tespiti oluşturulması
- Verilerin raporlanması ve izlenebilmesi
- Tespit süresinin 500 ms nin altında gerçekleştirilmesi
- Doğru tespit oranının 90% üzerinde tutulması
- Yazılım altyapısının geliştirmeye açık ve modüler olarak sağlanmasıdır.

Görüntü işleme uygulaması ve kurulan deneysel sistemle birlikte 237 ms içerisinde sigorta kutusu otonom olarak taranarak %75 eşik değerine göre hatalı olan parçalar tespit edilmiştir. Tespit edilen hatalı parçaların kontrol adımıyla değerlendirilip doğruları ile değiştirilmesi sağlanarak operatör kaynaklı hatalar minimize edilmektedir.

1.3. Literatür Araştırması

Otomotiv sektöründe sigorta kutuları birçok farklı komponent içermekte olup hepsinin doğru şekilde montaj yapıldığının kontrol edilmesi gerekli bir prosestir [7]. Montaj sırasında insan odaklı yaklaşım yüzünden hatalar çok fazla çıkmakta, üretim verimi düşmekte, maliyetler artmakta ve bu durum kalite sürecindeki iyileştirmeyi sınırlandırmaktadır [8]. Üretim ortamının rekabetçi olması, kalite ve verimlilik gibi

etmenler firmaların devamlılığı açısından çok önemlidir [9]. Müşteriler üretici firmalardan yenilikçi ürünleri en optimum yanıt süreleriyle sunmalarını istemektedir [10]. Bunun sonucu olarak firmalardan arızalı ürün geri dönüşleri gelmekte ve üretici firma açısından çeşitli kayıplar ortaya çıkmaktadır. Bunların en başında maddi kayıplar gelse de, göz önünde bulundurulması gereken en önemli kayıp prestij kayıplarıdır.

Almanya’da 2011 yılında temelleri atılan Endüstri 4.0 birçok yeni teknolojilerin entegrasyonunu içermektedir [11,12]. Buna bağlı olarak makine görmesi teknolojileri günden güne gelişmekte olup endüstri 4.0 ile birlikte daha fazla kullanılır olmuştur [13-15]. Amaç kalite sürecinde iyileşmeyi sağlamak ve müşterilere en kısa zamanda en sorunsuz ürünü sunabilmektir [10,16]. Üretim şartlarının kompleks ve değişken hale gelmesi sebebiyle firmalar üzerinde fazla baskılar meydana getirmektedir [17]. Bu baskıların üstesinden gelmek için uygun maliyetli ve aynı zamanda akıllı sistemler kullanılmaya başlanmaktadır [18,19]. Firmaların düşük maliyetle sorunsuz ürünler sunabilmeleri için daha gelişmiş sistemleri olması gerekir [20].

Literatürde yapılacak çalışmaya benzer olarak sadece 2019 yılında Weiqiang Wang, Yi Luo, Kun Yang ve Chunxue Shang tarafından hazırlanan bir çalışma mevcuttur. Bu çalışmada sigortaların tespitinin makine öğrenmesi tabanlı konumsal olarak tespiti yapılması ve konumsal olarak yerleri belirlenen montaj elemanlarının otomatik olarak torklamasını içermektedir. Bu yöntemde sinirsel ağların eğitimi gerektirmesi, tespit süresinin uzun olması ve değişikliğe entegrasyonun zor olması sebebiyle üretim sistemleri için uygulanabilir değildir. Bunun yerine hızlı ve daha doğru bir sistem olan şablon eşleştirme kullanılacaktır.

Benzer kuramlar üzerine çalışmamasına rağmen şablon eşleştirme üzerine yapılan çalışmalar da mevcuttur.

Plakalarda yer alan karakterler ayrıştırılarak şablona tanıtılan karakterlerin boyutuna göre ölçeklendirilir. 10 adet rakam ve 23 adet harf olmak üzere toplam 33 adet karakterin her birine birden fazla şablon belirlenip sisteme tanıtıldığı tümevarımsal öğrenme tekniği kullanılmıştır. Son aşama olarak şablon eşleştirme sayesinde kaynak görseller ile hedef görsel (plaka) eşleştirmesi yapılarak sonuca varılmıştır [21].

İlk olarak plaka üzerinde yer alan karakterlerin ayrıştırma işlemi yapılır sonrasında tanınan karakterlerin metne dönüştürülmesi işlemine geçilir. İzdüşümlü şablon eşleştirme ve tümevarımsal öğrenme yönteminden oluşan iki algoritma birbiri ile ilintili çalışmaktadır. Şablon eşleştirme ile plakada yer alan karakterler aynı boyuta ölçeklenerek satır ve sütunlardaki pixel sayısını ifade eden yatay ve dikey izdüşümleri alınır. Harfler ve rakamlar olarak 47 karakter belirlenmiştir. Tümevarımsal öğrenme yöntemiyle plakalardan alınan örnekler veritabanına tekrar tekrar girilerek örneklem sayısı artırılmış olup bu da sistemin başarı oranına pozitif yansımaktadır. Başarı oranını ve hızını artırmak amacıyla harfler ve rakamlar ayrı ayrı gruplandırılmış olup; rakamlar rakam grubunda, harfler harf grubunda aranmaktadır [2123].

Şablon eşleştirme demiryolu köprüsünden tren geçerken oluşan ve asma köprülerin askılarında oluşan titreşimlerin görüntü işleme teknikleri ile bulunmasında ve ölçümlerinde kullanılmıştır [23].

Field-Programmable-Gate-Array (FPGA) uygulamalarında hesaplama maliyeti ve döngü sayısının azaltılması amacıyla mutlak farkların toplamı yöntemi kullanılmıştır. FPGA'nın sahip olduğu dahili RAM'ler kullanılarak algoritma hızlandırılmış olup bu sayede gerçek zamanlı takip uygulamaları için İHA'larda kullanılabilecektir [24].

İnşaat mühendisliği uygulamalarında titreşim hızı belirlemek için kullanılan sayısal görüntü işleme algoritmalarından Kanade-Lucas-Tomasi (KLT) algoritması ile korelasyon tabanlı şablon eşleştirme ve görsel akış yöntemleri kullanılmıştır. Laboratuvar koşullarında hedef takipleri yapılarak sistem performans verileri tutulmuştur. Görüntü işlemeyle alınan yer değiştirme verileri ile Lineer değişken diferansiyel trafo (LVDT) yardımıyla alınan veriler karşılaştırılmıştır. Yer değiştirmelere ek olarak frekans alanında da karşılaştırmalar yapabilmek amacıyla görüntü işleme yöntemleri ile ivme ölçer sonuçları karşılaştırılmıştır. Şablon eşleştirme maliyeti düşük bir sistem olup uygulanabilir görülmüştür fakat dezavantaj olarak LVDT sistemlerine göre hız açısından daha yavaş olduğu görülmüştür [25].

Şablon eşleştirme yönteminin ölçekleme, çoklu nesne algılama da yetersiz kaldığı bazı durumlarda görüntü piramidi uygulaması ile birlikte halka izdüşüm (RPT) dönüşümüne ve Zernike momentlerine momentine sahip iki aşamalı ve hızlı şablon eşleştirme algoritması kullanılmıştır. Görüntü piramidi hesap verimliliğini de 50 kat

artırmıştır. RPT hesaplama yükünü hafifletirken Zernike momentleri şablon eşleştirmeyi daha hassas hale getirmiştir. Dönme açısı tahmini ışık ve çevresel koşullara rağmen $0,2412^\circ$ den düşüktür. Ölçekleme tahmini ışık ve gürültü değişikliklerine rağmen ortalama hatası ve standart sapması 0,0037 ve 0,0059'dan küçüktür [26].

İnsanların el jestlerinin verisi giyilebilir teknolojik ekipmanlar ile alınabilir fakat bu maliyetli bir işlemdir. Bunun yerine saniyede 200 hareketi 0,01 mm hassasiyetle yakalayabilen hareket sensörü kullanılarak el jestleri analiz edilmiştir. Kinect derinlik kamerası ve özellikleri ayıklamak için HOG (Histogram of Oriented Gradient) algoritması kullanılmıştır. Şablon eşleştirmenin en yakın komşular yöntemiyle (KNN) hareketleri önceden tanımlanan şablonlar ile kıyaslanarak eşleştirme yapılmıştır. İki elin hareketlerini de %96 doğrulukla tahmin edebilen başarılı bir algoritma olmuştur [27].

3D çelik çerçeveli deney numunesiyle sarsma deneyinde LVDT ve ivmeölçer aracılığıyla yer değiştirme parametreleri ile görüntü işleme teknikleri ile yer değiştirme parametreleri hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Referans alınan bölge parametreleri şablon eşleştirme ile bulunmuştur. Piksel derinliği, yer ve şekil değiştirmelere bağlı hesaplamalarda şablon eşleştirme kaynaklı hatalar oluşmaktadır. Bu hataları azaltmak amacıyla akıllı tarama sistemi geliştirilmiştir. Bilinen şablon eşleştirmeden farklı olarak tüm resim üzerinde tarama yapmak yerine tarama hızına bağlı olarak tarama alanlarına odaklanılmıştır. Yapılan çalışma neticesinde hata oranı %0,1'in altında çıkmaktadır. 3D deney düzeneği Abaqus SE programı ile modellenerek referans noktadaki dinamik yer değiştirmeler ile görüntü işleme tabanlı veriler karşılaştırılmıştır [28].

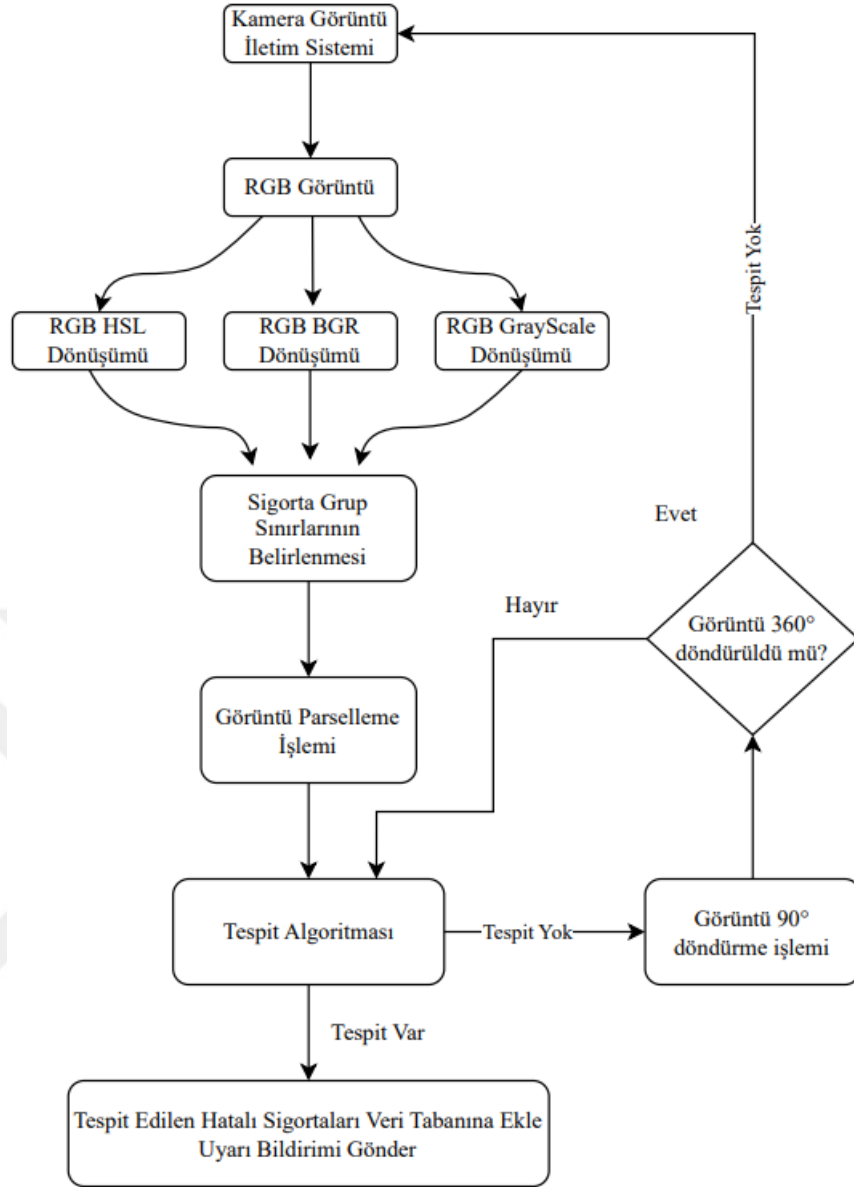
Radyolojik görüntülerde yoğunluk ve kontrast değerlerine göre sefalometrik dönüm noktası olarak adlandırılan, vucüt bütünlüğünü kontrol amaçlı belirli keskin noktalar incelenmektedir. Görüntülerde sefalometrik dönüm noktalarını bulmak önemli bir sorundur. Bu sorunu çözmek için eğitilen algoritma şablon eşleştirme metodunun normalleştirilmiş korelasyon sayısı ve mesafe hesaplamaları ile sonuçları bulmaktadır. Döndürme, ölçeklendirme ve açı ayarlamaları yapılarak dezavantajlar ortadan kaldırılmasına rağmen gri tonlamalardaki ayrımların yapılması şekle, boyut ve kontrasta bağımlı olması sebebi ile bu çalışmada pahalı bir yöntem olacağı sonucuna varılmıştır [29].

Resimler üzerinde renk bozulmalarının azaltılması amacıyla beyaz dengeleme (WB) tekniği kullanılmaktadır. WB tekniği çoklu aydınlatma koşullarındaki görüntüleri sağlamamaktadır. Bunun yerine N-WB tekniği kullanılmaktadır. N-WB farklı ışık koşullarındaki görüntülerin dengelenmesi sağlamakta ve şablon eşleştirmenin ışığa bağımlılık sorununa çözüm getirmektedir. Yapılan deneylerde aynı görüntülere WB tekniği ve N-WB tekniğiyle işlenmiş görüntüler üzerinde şablon eşleştirme yapılmıştır. WB tekniğiyle istenilen sonuçlara ulaşamamış olup N-WB tekniğinde yöntemin etkinliği kanıtlanmıştır [30].

Petrol doğalgaz boru hatlarında meydana gelen sızıntıların tespit edilmesi amacıyla, 121A41 basınç sensörleri ve ivme ölçerler ile veriler alınıp işlenerek şablon eşleştirme uygulaması kullanılmıştır. Uygulama öncesinde tadilat işlemleri sırasında yanlış alamlar meydana gelmemesi için vidalama, monta ve sökme işlemleri sırasında örnekler alınmıştır. Kurulan deney düzeneği ile titreşimler kaydedilip manuel sızıntı valfi sayesinde simülasyonu yapılarak şablon eşleştirmenin başarılı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Daha fazla sensör ve uygun uzunluktaki boru hattı ile uygulamanın tekrarlanmasının yararlı olacağı sonucuna ulaşılmıştır [31].

1.4. Tezin İçeriği

Değişen dünya beraberinde gerçekleşen teknolojik ilerlerlemeler ile birlikte araç sigorta kutularını geliştirip üreten firmaların da çeşitli kayıplarını minimize etme hedefleri ve kalite süreçlerini geliştirmeleri gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu gereklilik doğrultusunda gerçekleştirilen bu çalışmada; üretim koşullarında çalışan operatörlerin hataları sebebi ile yanlış yere veya farklı değerlerde yanlış konumlara montajı yapılan sigortaların tespit edilmesi amaçlanmıştır. Hazırlanacak sistemin, yolcu ve araç sağlığı için çok önemli olan sigortaların hatalı montajı probleminin tespiti sonucunda vereceği uyarı ile yeri hatalı olan sigortaların değiştirilmesi hedeflenmiştir. Sistemin işleyişine ait genel algoritma akış diyagramı Şekil 1.1’de gösterilmiştir. Hatalı yerleştirilen sigortaların tespiti amacıyla bilgisayarlı görü yöntemlerinden şablon eşleştirme tercih edilmiştir. Şablon eşleştirme kaynak görsel ile hedef görsel arasında benzerlik eşik oranını tespit için kullanılmaktadır [32]. Şablon eşleştirmenin hızlı cevap süresi, ek algoritmalara ihtiyaç duymaması ve dinamik yapısı tercih sebeplerinden bazılarıdır [33].



Şekil 1.1. Algoritma genel akış diyagramı.

Şablon eşleştirme tabanında renk dönüşüm metotları ve görüntü bölütleme yöntemleri de kullanılarak istenilen çözüme gidilmiştir. Araç sigorta kutularında bulunan sigortaların çeşitli renklerde olması nedeniyle tespit işlemi yapılırken çeşitli zorluklarla karşılaşmaktadır. Tespit işlemlerinde sigortaların renk geçişlerinin daha kolay ayırt edilmesini sağlayan HSL renk dönüşümü yapılmış halleri tercih edilmiştir. Ancak beyaz ve beyaza yakın renk tonlarında yansımalar gerçekleşebilmektedir. Bu tonlardaki sorunların aşılmasında GrayScale yöntemi kullanılmıştır. Python programlama dilinde RGB, BGR dönüşümleri ile de parçaların daha kolay tespitinin sağlanabildiği keşfedilerek bu yöntemden de yararlanılmıştır. Araç sigorta kutularında birçok sigorta bulunmakta olup aracın barındırdığı ekstra

özelliklere göre bu sayı artmaktadır. Küçük boyutlu sigortalar üzerindeki amper bilgileri eşleştirme açısından belirleyici unsur olarak ele alınmıştır. Büyük boyutlu olan sigortaların ise renk dönüşümleri uygulanmış hallerinin merkez bölgelerinden örnek kesitler alınmıştır. Şablon eşleştirme yöntemiyle %75 benzerlik eşik oranını geçen parçalar hatasız olarak kabul edilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde tezde kullanılacak kuramlar hakkında bilgilere ve detaylara yer verilmiş, üçüncü bölümünde önerilen yöntemden bahsedilmiş, dördüncü bölümünde deneysel çalışmalar ve sonuçları sunulurken istatistiksel veriler işlenmiş, beşinci bölümde ise sonuç ve öneriler takdim edilerek ileride yapılacak çalışmalara ışık tutulmaya çalışılmıştır.



2. KURAMSAL TEMELLER

Bu bölümde çalışmada yararlanılacak olan ürünler ve yöntemler hakkında bilgi verilmiştir.

2.1. Araç Sigorta Kutuları

Araçlarda artan enerji seviyeleri, farklılaşıp gelişen özelliklere ve teknolojik entegrasyonlara paralel olarak sigorta sayılarında da ciddi artış olmaktadır. Araç üzerindeki farklı bölüm ve özellikleri kontrol eden farklı sayılarda sigortalar mevcut olup tümünün belirli bir alanda toplanması, kontrol ve bakım durumları için gerekli bir prosestir. Bunları sağlamak amaçlı kullanılan, her sigortanın boyutuna ve bölgesine göre toplanması sağlayan yapıya araç sigorta kutusu denir. Sigorta kutularının temel amacı, herhangi bir kaza durumunda oluşabilecek kısa devre, sigortalarda yanma veya erime neticesinde oluşabilecek tehlikelerin yüksek akım taşıyan kablo demetlerine ve araca zarar getirmesini önlemektir [34]. Sigorta kutuları yanmazlık özelliği olan metaryellerden üretilirler. Sigorta kutusu Şekil 2.1’de gösterildiği gibi sigortaların bir arada durmasını sağlarken arka tarafında ise sigortanın araç üzerindeki kontrol ettiği kısımlara uzanan kablo bağlantıları bulunmaktadır.



Şekil 2.1. Araç sigorta kutusu örneği.

Sigorta montaj adımlarının zorluğu ve sigorta kutularının çok sayıda komponent içermesi sebebiyle üretim hattının bu kısımda kontrol zorunlu bir prosestir [35]. Sigorta kutuları, çeşitli renk ve boyutlardaki sigortaları bir arada tutarken aynı zamanda sigortalar arasında gruplandırmalar yapılmasına olanak sağlamaktadırlar. Gruplandırmalar sigortaların araç üzerinde kontrol ettiği ilgili bölümlere göre yapılmaktadır. Bu yapısı araç üzerinde sorun oluşan bölge ve ilgili bölgelerin kontrolünü daha etkin kılmaktadır. Sigorta boyut ve renkleri, sigortaların kontrol ettiği alanda kullanılan güç yoğunluğu ile sistemin taşıyabileceği maksimum akım değerine bağlı olarak değişmektedir.

2.2. Sigortalar

Uzun yıllardır tüm enerji uygulamalarında olduğu gibi araç elektroniğinde de sigortalar güvenlik amacıyla kullanılmaktadır [36]. Sigortalar, hızlı bir şekilde yüksek kısa devre akımlarını kesme yeteneğine sahiptirler [37]. Araç üzerinde herhangi bir sorun olması durumunda devreyi hızlı bir şekilde kesme prensibine göre çalışırlar, bölgesel ya da özellik bazlı kullanılmalarından dolayı eğer tüm sistemi kapsayan bir sorun yoksa local çözümler üreterek geriye kalan sistemin çalışmasına olanak sağlarlar [38]. Örneğin basit bir klima arızası durumunda klima devre dışı bırakılarak araç ile güvenli bir şekilde yolculuğa devam edilebilmesine imkan

vermesi sigortaların belirgin avantajlarından. Çalışmada kullanılan farklı boyut ve özelliklerdeki sigorta örnekleri Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Çalışmada kullanılan sigorta örnekleri.

Sigortalar düşük üretim maliyeti ve basit bir yapıya sahip olması sebebiyle 19. yüzyıldan bu yana aktif olarak kullanılmaktadır [39]. Sigortalar, kullanılacağı maksimum akım değerleri göz önüne alınarak tasarlanır ve buna göre farklı iletken materyallerden üretilirler. Kullanılan iletken belirli bir değere kadar olan akımları geçirmekte olup daha fazla akım geçeceği esnada direnç göstererek hızlı bir şekilde erir ve devreyi açık konuma getirir. Bu sayede sigortanın kontrol ettiği sisteme istenmeyen büyüklükte akım geçişi önlenmiş olur. Son yıllarda otomotiv sektöründe düşük maliyet, hızlı şarj, yüksek verimliliğin yanında güvenilirliğin de bunlara paralel artışı ön plana çıkmaktadır. Araçlarda artan özellikler ve bunlara bağlı artan enerji seviyeleri sigortaları daha önemli hale getirmektedir [30]. Bu kadar düşük maliyetli ve etkili bir sistemin doğru bir şekilde kullanımı her türlü soruna dair etkili sonuçlar vermektedir. Sigortaların doğru kullanımının yolu sigorta kutusuna yanlış

yerleştirme problemlerini önleyebilmekten veya yapılan yanlış yerleştirme işleminin düzeltilmesini sağlamaktan geçmektedir.

2.3. Sigorta Yerleştirme Problemleri

Araçların en önemli parçalarından olan sigortaların, sigorta kutusu içerisine yerleştirilmesi prosesi hataya tahammülü en az olan bölümlerden bir tanesidir. Dışarıdan müdahale ve etkilere maruz kalınmaması amacıyla sigorta yerleştirme alanı diğer bölümlerden izole edilmiştir. Sigorta yerleştirme bölümü Şekil 2.3’de gösterildiği üzere sadece ilgili numunelere özgü bir alan olup kullanılmak istenilen her sigorta rahat ulaşılabilir konumdadır.



Şekil 2.3. Sigorta yerleşim masası.

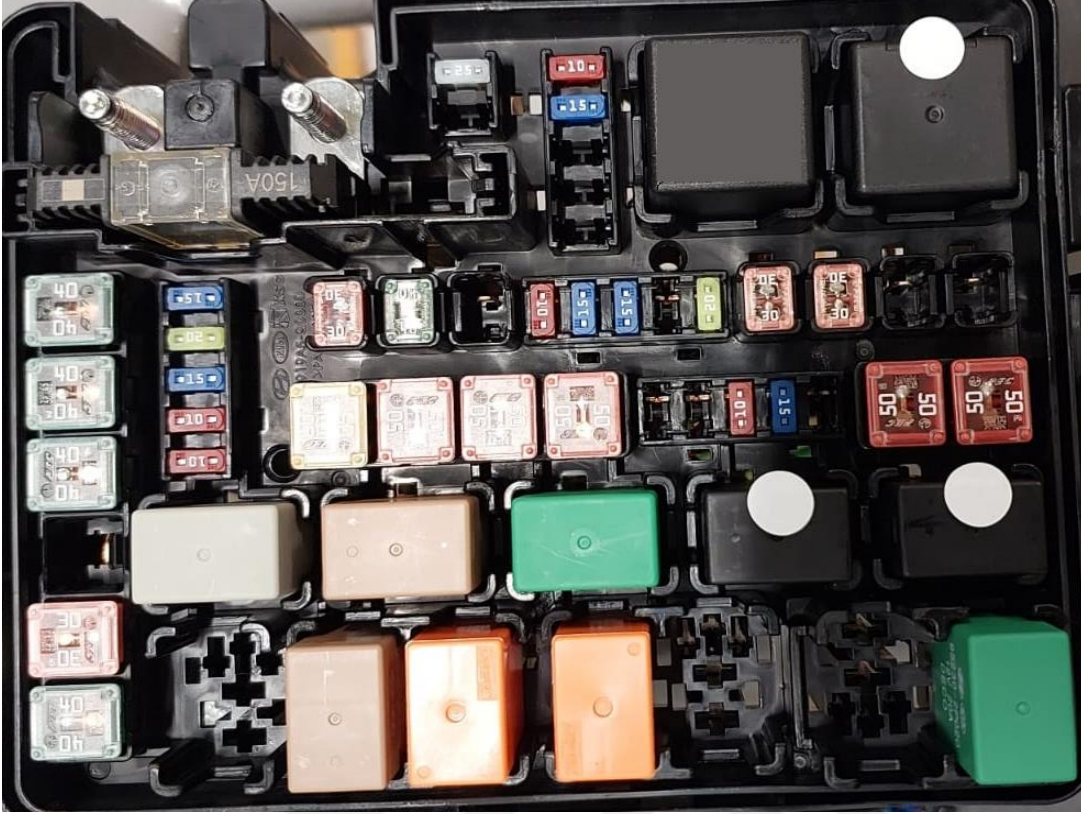
Yerleştirme işlemleri Şekil 2.4’de gösterildiği şekilde operatörler tarafından manuel olarak yapılmaktadır. Araç üzerinde yer alan ana kart gibi bölümleri kontrol eden sigortaların varlığı sebebi ile statik elektrik maruziyeti önlemek amaçlı montaj sırasında antistatik eldiven kullanılmaktadır.



Şekil 2.4. Sigorta yerleştirme metodu.

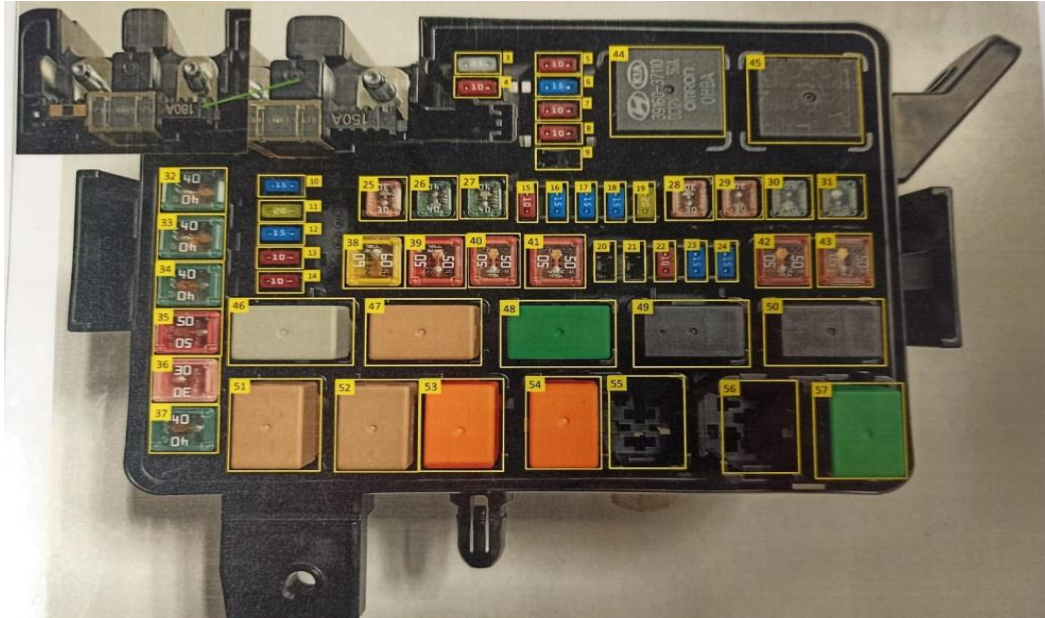
Başta ifade edilen kullanıcı tercihlerine göre sigorta yoğunluğu ve dizilimi değişmekte olan sigorta kutuları şekil 2.5’de gösterilmiştir. Sigorta algılama sisteminin kolay entegrasyonu burada devreye girerek işleri kolaylaştırmaktadır. Tek yapılması gereken sigorta gruplarında bulunan sigortaların konumlarının sisteme tanıtılması işlemidir. Varyant değişikliği durumunda tanıtma işlemi yapılırken zaman tutulmuş ve işlem yaklaşık olarak 4 dakikada tamamlanmıştır. Sigorta kutusunun ilgili kablolarla bağlantılarının yapılarak üretim bandından çıkma süresine oranı 1/7 gibi çok kısa bir süre olup sadece varyant değişikliği başında bir kez yapılması yeterlidir.

Müşteri tarafından araçta bulunan donanımlara özgü hazırlanan teknik datalara göre örnek bir şablon oluşturulmaktadır. Şablon oluşturulurken tüm sigorta gözlerindeki olası varyantlar kullanım yerine göre dizayn edilir.



Şekil 2.5. Farklı özelliklere ait sigorta dizilimleri.

Şekil 2.6'da gösterilen bu şablon operatörün montaj sırasında yararlanması için montaj hattında tutulmaktadır.



Şekil 2.6. Örnek şablon.

Tüm bu çalışmalara rağmen insan kaynaklı yaklaşıma sahip olan bu proseste hatalar önlenememektedir. 2021 yılında aynı üretim hattında aylık hata sayısı yaklaşık %19-%24 aralığında iken, montaj hattına eklenen uyarıcılar ve örnek şablon sayılarının artırılması ile %13 oranlarına düşürülmüştür. Buna rağmen otomotiv sektörü için bu oranlar kabul edilebilir değerlerin çok üzerindedir. Hata oranlarını düşürmek amacıyla şablon eşleştirme tabanında görüntü işleme yöntemleri kullanılarak ilgili çalışma yapılmıştır.

2.4. Görüntü İşleme

İçerisinde çok fazla bilgiyi barındıran görüntünün sensörler tarafından alınarak dijitalleştirip işlenerek gerekli bilgileri çıkartmak için kullanılan yöntem görüntü işleme denir [40-45]. Genel anlamda gerçek yaşamdaki görüntülerin çeşitli cihazlar aracılığıyla işlenerek değiştirilmesi ve yeni veriler oluşturulmasıdır [46]. Teknolojik ilerlemeler neticesinde herhangi bir veri üzerinde istenilen değişiklikler veya işlemler yapılarak beklenen sonuçlara kolaylıkla ulaşılabilir. Verilerin analog ortamdan dijital ortama aktarımı sırasında bir takım bozulmalar oluşur. Bozulmaya sebep olan bu hatalar gürültü olarak adlandırılır. Gürültü; görüntü alma veya aktarma kaynaklarından, çevrede bulunan çeşitli etmenlerden kaynaklanabilir. Görüntü işleme oluşan bu hataların minimize edilmesine olanak sağlar [47].

Dijital formdaki görüntüde yazılımsal olarak düzenlemeler yapılmasını içeren görüntü işleme; günümüzde tıp, askeri alanlar, güvenlik, şifreleme, yüz tanıma, bitki hastalıklarının tespiti, plaka tanıma, duygu analizi, robotik gibi birçok alanda kullanılmaktadır [48-51]. Düşük seviyedeki işlemlerde iyileştirme amacıyla görüntüye filtre uygulaması yapılır. Orta seviyedeki işlemlerde bilgisayar işlemleri için tanıma, sınıflandırma ve tanımlama işlemleri yapılmaktadır. Yüksek seviyedeki işlemlerde ise nesne tanımlamalarıyla analiz edilerek yorumlanmaktadır. Yüksek seviyedeki işlemler için yüksek çözünürlüklü görüntüler gerekmesi sebebiyle gerektiğinde diğer seviyelerle birlikte kullanılabilir [50]. İşlem seviyeleri ve kullanım alanları Tablo 2.1’de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Görüntü işleme işlem seviyeleri ve kullanım alanları [51].

Kullanım Alanları	Kullanım Amacı	İşlem Seviyesi	Görüntü Renk Biçimi
Tasarım ve İmalat Uygulamaları	Üretim süreçlerinde ürün tespiti	Düşük Seviye	Gri ve Siyah-Beyaz
	Üç boyutta yorumlama	Orta Seviye	Renkli
	Nesne tanıma	Yüksek Seviye	Renkli ve Siyah-Beyaz
	Ürün hasar tespitleri		
Savunma Sanayi Güvenlik Uygulamaları	Otomasyon ve robotik uygulamalar		
	Hedef takip ve izleme	Orta Seviye	Gri ve Siyah-Beyaz
Tıp Alanında Görüntülerin İncelenmesi	Nesne, yüz ve parmak izi tanıma	Yüksek Seviye	Renkli ve Siyah-Beyaz
	Görüntü iyileştirme		
	Mikroskobik, kardiografi ve sintigrafi görüntü iyileştirmeleri	Düşük Seviye	Siyah-Beyaz
	Ortopedi alanında röntgen ve ultrason görüntüleri	Orta Seviye	Renkli ve Gri
Mimari Uygulamalar		Yüksek Seviye	Gri ve Siyah-Beyaz
	Arkeolojik eserlere doku giydirme	Düşük Seviye	Renkli
	Eski yapıların mimari olarak yeniden yapılandırılması	Orta Seviye	
Gıda Uygulamaları		Yüksek Seviye	
	Gıdaların sınıflara ayrılması	Orta Seviye	Renkli ve Gri
Harita ve Jeodezi Uygulamaları		Yüksek Seviye	
	Uzaktan algılama	Orta Seviye	Renkli ve Gri

2.4.1. Görüntü işleme yöntemleri

Görüntü işleme yöntemleri ele alınan problemin türüne ve yapılacak işlemin gerekliliklerine göre değişiklik gösterir. Görüntü modelleme, karşılaştırma, arama, benzerlik çıkarma ve hız gibi parametreler yöntemlerin seçiminde belirleyici rol oynamaktadır [53].

Dijital görüntü işleme, günümüzde artan teknolojik gelişmelerin paralelinde dijital görüntü işleme teknikleri ilerleme kaydetmiştir. Bilgisayar kapasiteleri ve hızlarının

artması görüntü işlemedeki ilerlemeyi hızlandırmıştır. Görüntü işleme genel olarak bilgisayarlar kullanılarak dijital verilerin işlenmesidir.

Analog görüntü işleme sadece 2 boyutlu analog sinyaller üzerinde yapılmaktadır. Röntgen görüntüleri ve fotoğraflar gibi analog sinyaller işlenmeleri sırasında dış etmenlere bağlı gürültü ve bozulmalardan etkilenmektedir. Buna çözüm olarak çoğunlukla analog sinyaller dijital sinyallere dönüştürülür. Analog görüntüler piksel değerleri sayısallaştırılarak dijital sinyale dönüştürülebilir.

Görüntü işleme yöntemlerini aşağıda belirtilen 5 ana grupta toplamak mümkündür [54]. Bunlar;

1. Gürültü giderme ve fotoğraf düzenleme
2. Renk düzeltme ve dönüşüm
3. Kenar ve köşe bulma
4. Geometrik dönüşüm
5. Dijital veya optik karıştırma

Gürültü giderme ve fotoğraf düzenleme adımı fotoğraflardaki gürültünün giderilmesi hedeflenmektedir. Görüntüdeki gürültüyü kaldıran ve yumuşatan Gauss Filtresi kullanılmaktadır [54].

Renk düzeltme ve dönüşüm adımı renk, kontrast, parlaklık ve histogram eşitleme teknikleri kullanılır. Histogram eşitleme ile parlaklığın en yoğun olduğu alanlarda bile kontrast iyileştirmesi elde edilebilir [55]. Kontrast kavramı insan gözünün görebildiği yaklaşık 30 adet gri renk seviyesinin daha detaylı olarak sunulmasıyla ilgilidir. Görüntüdeki gri renkler arasındaki seviye farkı kontrast olarak ifade edilir ve bu fark az ise insan gözü renkleri ayırt etmekte zorlanır. Kontrast değeri yükseltilerek insan gözünün algılama aralığı artırılmış olur [52].

Kenar ve köşe bulma ile görüntü tanıma ve segmentasyon uygulamalarında kullanılmaktadır. Açık bulma işlemi geometrik tabanlı ve şablon tabanlı olarak ikiye ayrılır. Geometrik tabanlı yaklaşımda şekillerin açı ve konum bilgilerinden yararlanılırken şablon tabanlı yaklaşımda şablon eşleştirmedeki benzerlikten yararlanılır. Şablon tabanlı yaklaşımın işlem fazlalığı sebebi ile performansı düşüktür [56,57].

Geometrik dönüşüm işleminde fotoğraflar büyütme, küçültme, döndürme gibi uygulamalarla istenilen düzeye getirilir [58].

Dijital veya optik karıştırma işlemi ise iki veya daha fazla fotoğrafın birleştirilmesi işlemidir [58].



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Araç sigorta kutularında yer alan sigortaların hatalı yerleştirilmesi probleminin çözümü amacıyla temel tespit yöntemi olarak şablon eşleştirme yöntemi esas alınmıştır. Sigorta kutusunda Şekil 3.1 ile gösterilen farklı boyutlarda ve tiplerde sigortaların bulunması sebebiyle şablon eşleştirme yönteminde doğruluk düzeyinin düşebilmesi söz konusudur.



Şekil 3.1. Sigorta tipleri.

Şablon eşleştirme yönteminin doğruluk düzeyini arttırabilmek amacıyla renk dönüşümleri, grup sınırlarının belirlenmesi ve görüntü parsellemesi sonrası uygulanmıştır. Bu bölümde sırasıyla renk dönüşüm yöntemleri, grup sınırlarının belirlenmesi, görüntü parsellemesi ve şablon eşleştirme yöntemi sunulmuştur.

3.1. Renk Dönüşüm Yöntemleri

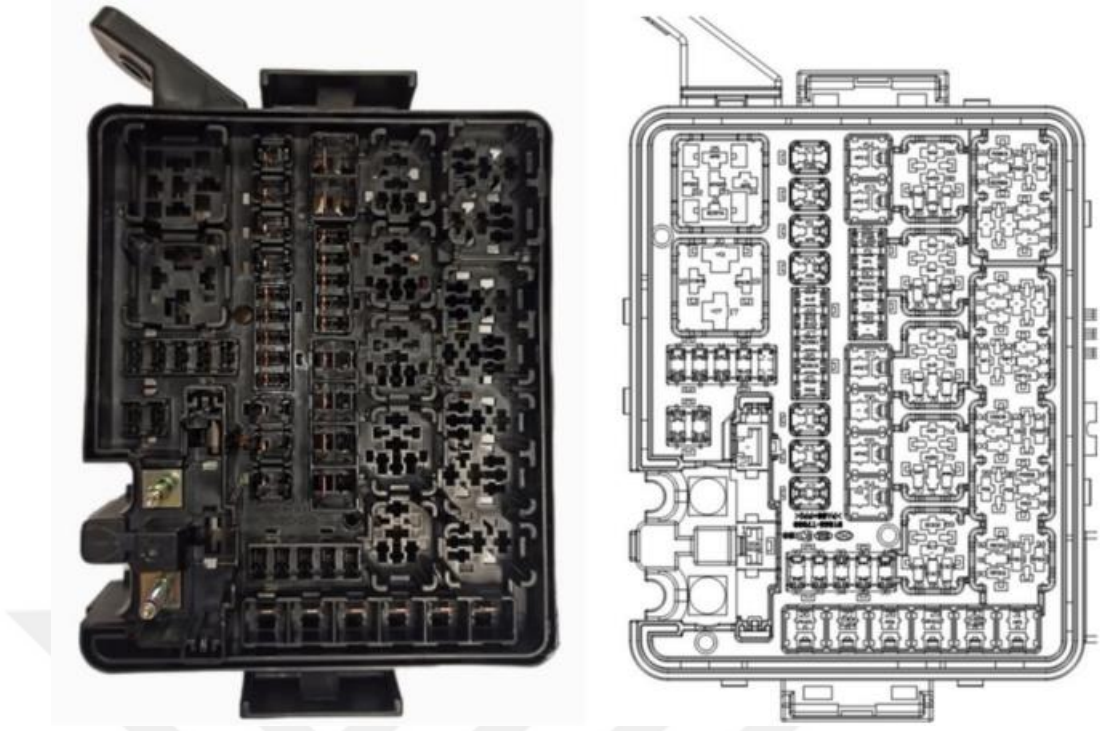
Şablon eşleştirme öncesi farklı sigorta tiplerinin daha doğru belirlenebilmesi ve eşleştirilebilmesi için sigorta kutusu görüntüsüne farklı renk dönüşümleri uygulanacaktır. Görüntüler kameradan RGB renk uzayında elde edilmektedir. RGB renk uzayı kırmızı, yeşil ve mavi üç ana rengi ve bunlardan oluşan tüm renkleri ifade eder [59]. Birçok görüntüleme sisteminde kullanılan RGB renk uzayı, görüntüleme cihazlarının değerlerinden türetilen elektromanyetik bir dalga boyudur [60]. RGB değerleri sensörler tarafından algılanabilen, sensör çıkış genliği her bir renk için 8 bitlik yer kaplayan analog bir sinyaldir [61]. RGB renk uzayı renkleri kodlamada yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir [62].

RGB renk uzayı makine görmesi uygulamalarında karmaşıklığı azaltmak, zaman ve maddi kazanç sağlamak amacıyla GrayScale renk uzayına dönüştürülebilmektedir [59]. RGB renk uzayında her bir renk pikseli 8 bit alan kaplamak üzere toplam 24 bit alan kaplamaktadır. GrayScale dönüştürüldüğünde toplam 8 bit alan kaplamakta olup bellek tasarrufu ve işlem basitliği sağlamaktadır [63].

Bazı durumlarda da RGB renk uzayında ışık sebebiyle parlamalar olmakta ve bu durum renk ayrımını zorlaştırmaktadır [64]. RGB renk uzayı üzerinde çalışmak için kompleks bir yapıdadır. Bu yapı renk dönüşümlerini zor bir hale getirmektedir [65]. İnsan gözü gibi 3 rengi örnek almayı hedeflemişse de çok başarılı değildir [66]. Renkleri ayırt etmede parlaklık çok fazla etkiye sahiptir. Parlaklık etkisini minimize etmek için HSL renk dönüşümü kullanılmaktadır. H, S, L sırasıyla ton, doygunluk ve parlaklığı ifade etmektedir [67]. Parlaklık bir rengin ışığı yansıtmaya olanağıdır. Hesaplaması yapılırken insan algılaması sarı ve mavi gibi renkleri mor ve yeşil gibi renklere göre daha rahat algılayabilir [68]. RGB-HSL dönüştürmesi yapılırken hesaplama pratik ve hızlı olması sebebiyle zaman kaybı ve maliyeti çok azdır. RGB bileşenlerinin silindirik koordinat sisteminde yeniden düzenlenmesiyle HSL oluşur [69]. Burada; hue renk tonunu gösterir. 0-360° aralığında değişir. Saturation, doygunluk değeridir ve 0-1 aralığında değişir. Lightness, parlaklık değeridir ve 0-1 aralığında değişir. Renk dönüşüm hesaplamaları yaygın ve bilindik olduğu için bu çalışma içerisinde verilmemiştir.

3.2. Sigorta Grup Sınırlarının Belirlenmesi

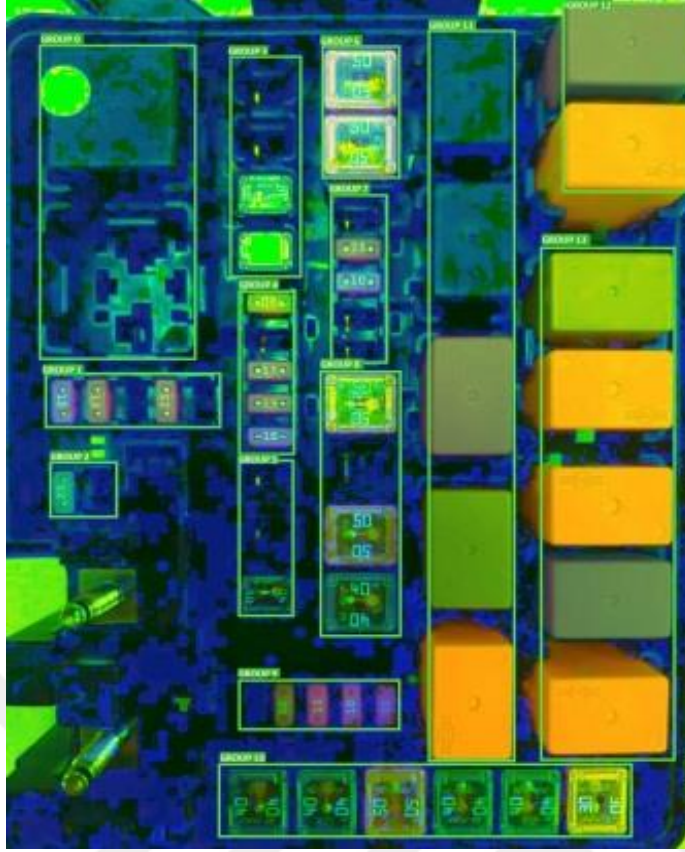
Araç sigorta kutusundaki sigortaların gruplandırılması, ilgili bölümlerdeki sorunlara daha hızlı müdahale imkânı vermektedir. Hatalı yerleştirilen sigortaların hangi grupta bulunduğu bilgisi arıza sebeplerini belirlemede öncelik sağlamaktadır. İşlevsel olarak Şekil 3.2 ile verilen araç sigorta kutusundaki yerleşim planı incelendiğinde belirli gruplamaların yapılabileceği görülmüştür. Sigorta kutusu dizaynı yapılırken bu bilgiler referans olarak alınmıştır. Grup bölgelerinin koordinatları belirlenmiş olup bu bilgiler aynı tip sigorta kutularında kullanılmak üzerine veri tabanında tutulmaktadır.



Şekil 3.2. Araç sigorta kutusu.

54 adet sigorta için yerleşim yerleri ve sigorta büyüklükleri değerlendirilerek Şekil 3.3’de gösterildiği üzere 14 adet grup belirlenmiştir. Her bir grup sınırları yeşil renkli dikdörtgenler ile gösterilmektedir.

Grup sınırları bilgisine göre hedef grubun sol üst köşesinden sağ alt köşesine kadar belirlenen resim bölgeleri kopyalanarak sisteme aktarılmaktadır.



Şekil 3.3. Sigorta gruplandırması.

3.3. Görüntü Parselleme İşlemi

Görüntü parselleme yani bölütleme görüntü işlemenin ilk adımıdır. Görüntü bölütleme, belirlenen sınırlar ve istenilen bileşenlere göre görüntüyü parçalara ayırarak daha basit ve analiz edilebilir hale getirmeye verilen isim olup sınıflandırma, özellik çıkarımı ve yorumlama gibi analiz süreçlerinde kullanılır [70-74]. Bölütlemenin temel amacı görüntü üzerindeki belirli bölgelerin ifade edilmesidir [74].

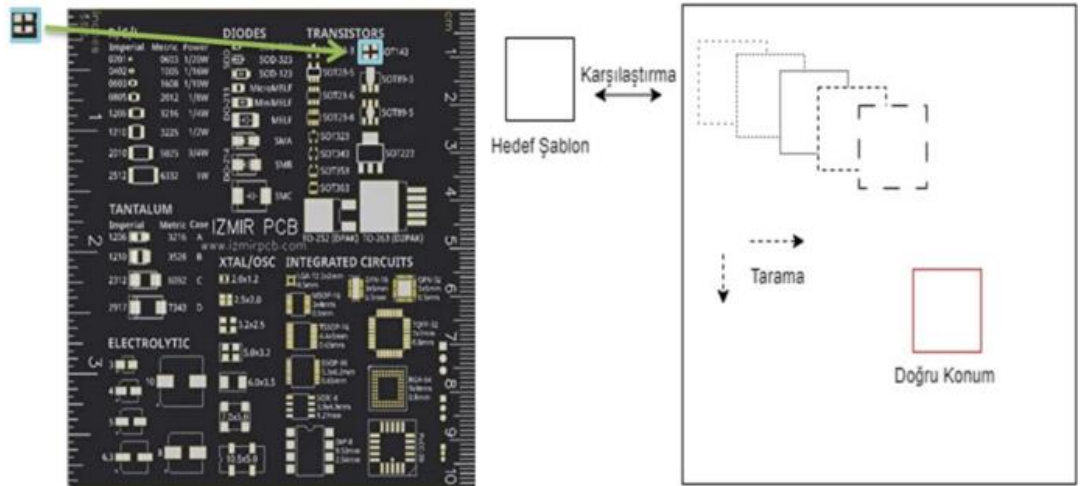
Görüntü bölütlemenin en önemli avantajlarından biri, tıbbi görüntüleme uygulamalarında hasarlı dokuları diğerlerinden ayırt etmede kullanışlı olmasıdır [75]. Beyin MR görüntülerinde bölütlemenin kullanılması örnek olarak verilebilir [75]. Endüstri uygulamalarında bir ürünün istenilen özelliklere sahip olup olmamasının kontrolü, konumlandırma gibi birçok farklı alanda kullanımı da mevcuttur [76].

Gruplandırılmış görüntüler içerisinde aynı tip ve aynı boyutlarda sigortalar yer almaktadır. Her grubun yatay veya dikey olması durumuna göre grup içerisindeki sigorta görüntülerinin bölütlenmesi işlemine parselleme adı verilmiştir. Grubun yatay

veya dikey olma durumu grup görüntüsünün genişlik ve yükseklik değerine göre belirlenerek grubun bütün parçalarının bulunduğu görseli her seferinde bir parsel olacak şekilde bölütlenmektedir. Görüntü parselleme işlemi değerlendirilecek gruplara özgü otomatik olarak sıralı gerçekleştirilmektedir. Sigorta grup bilgisi değerlendirmesine göre görüntünün renk dönüşümü uygulanmış halinin bölütlenmiş kısmı şablon eşleştirme işlemine yönlendirilir.

3.4. Görüntü Eşleştirme

Şablon eşleştirme bir çeşit görüntü eşleştirme uygulamasıdır [77]. Referans olarak kaynak bir görüntü alınır. Kaynak görüntü ile hedef görüntüyü Şekil 3.4’de gösterildiği şekilde sol baştan başlayarak kayma usulü ile karşılaştırarak ilerler. Geçtiği tüm konumlarda bozulma ve benzerlik sonuçlarını kıyaslayan bir mekanizmadan oluşur [27].



Şekil 3.4. Şablon eşleştirmenin tarama yapısı.

Şablon eşleştirme uygulaması temelinde benzerlik eşik oranına bağlı bir kıyaslama söz konusu olan kaynak ile hedef görüntünün uyumunu yakalamayı amaçlar [78]. İki görselin belirlenen benzerlik eşik oranı değerlerini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilerek belirlenir.

Şablon eşleştirme LCD paneller, PCB devre kartları, transistörler gibi hassas üretim tesislerinde otomasyon sistemine bağlı optik inceleme sistemlerinde çoğunlukla kullanılmaktadır. Döndürme, ölçekleme, parlaklık ve kontrast değerleri sabit tutularak hedef görüntülerdeki farklılıkları bulmak için kullanılır [79,80]. Yaygın

olarak endüstriyel uygulamalarda görüntü sinyali işleme tekniği olarak da kullanılmaktadır [81,82].

Şablon eşleştirme özellik tabanlı ve benzerlik tabanlı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Özellik tabanlı yöntemlerde belirgin bir veya birden fazla özellik üzerinden karşılıklı eşleştirmeler yapılması prensibine göre çalışır. Çok hızlı çalışmalarına rağmen gürültüye karşı çok hassas olmaları belirgin dezavantajlarıdır [83]. Benzerlik tabanlı sistemler ise biraz yavaş çalışmalarına karşın görüntüler üzerine daha net sonuçlar verirken bu sistemler ile çalışırken ışık ve örnekleme açısına dikkat edilmesi gerekmektedir [83]. Nesne boyutu veya yönü değiştiğinde sistemin doğruluğunun olumsuz etkilenmesi sebebi ile standart bir prosedürün olması gerekmektedir [84].

Benzerlik tabanlı şablon eşleştirme, algoritmanın sadeliği ve hesap işlemlerinin daha az olması sebebiyle tercih edilmektedir. Bu sebeple otomasyon sistemiyle çalışan fabrikaların çoğunda uygun ürünün var olup olmadığı ya da doğru konumda olması durumlarının kontrolü uygulamalarında kullanılmaktadır. Ayrıca üretim bantlarındaki sınıflandırma uygulamalarında da kullanılmaktadır [33]. Derin öğrenme tabanlı nesne algılama uygulamalarına kıyasla derin öğrenme eğitim süreçlerini gerektirmemesi hem süreden hem de maliyetten önemli ölçüde kazanç sağlamaktadır [86].

Farklı maliyet fonksiyonları kullanılan şablon eşleştirme yöntemleri bulunmaktadır [24,87-90]. Şablon eşleştirme çalışma mantığında maliyet fonksiyonu, kaynak ve hedef görsel arasındaki benzerliği ölçmede kullanılır. Maliyet fonksiyonlarının asıl hedefi benzerlik puanı ya da farklılık oranlarını hesaplayarak en iyi eşleşme bölgesini belirlemektir. Maliyet fonksiyonunda bulunan değerlerin küçük olması kaynak ve hedef görsel arasındaki uyumun yüksek olduğunu gösterir.

Korelasyon katsayısı ile hesaplanan maliyet fonksiyonu correlation coefficient (CCOEFF), kaynak ve hedef görsel arasındaki benzerlik ölçüsünü korelasyon değerini -1 ile 1 arasında olacak şekilde hesaplar. -1 değeri negatif korelasyonu 1 değeri ise pozitif korelasyonu gösterir. Denklem 3.1 ile verilmiştir. Normalleştirilmiş correlation coefficient (CCOEFF NORMED) ise kaynak ve hedef görsellerin normalleştirilerek tarama alanının küçültülmesine olanak sağlarken denklem 3.2 ile verilmiştir.

$$R(x, y) = \sum_{x', y'} (T'(x', y') \cdot I'(x + x', y + y')) \quad (3.1)$$

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T'(x', y') \cdot I'(x + x', y + y'))}{\sqrt{\sum_{x', y'} (T'(x', y')^2 * \sum_{x', y'} I'(x + x', y + y')^2}} \quad (3.2)$$

Çapraz korelasyon ile benzerlik hesaplaması yapılan maliyet fonksiyonu cross correlation (CCORR), görüntü ve sinyaller üzerinde gecikmelerden etkilenmeden benzerlik değerlerini ölçmede kullanılır. En yakın benzerlik değerleri korelasyon dizisinde tutarak en yüksek değer verilen yeri tespit eder. Denklem 3.3 ile gösterilmiştir. Normalleştirilmiş correlation (CCORR NORMED) sinyal ve piksellerin ölçeklerinden etkilenmeden benzerliğin ölçülmesine olanak sağlar. Parlaklık, kontrast ve ölçülendirme kriterlerinden etkilenmeden karşılaştırılmasında yarar sağlar. 1 değeri maksimum benzerlik olduğunu ifade ederken -1 değeri tezatlık olduğunu ifade eder. Denklem 3.4 ile verilmiştir.

$$R(x, y) = \sum_{x', y'} (T(x', y') \cdot I(x + x', y + y')) \quad (3.3)$$

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (T'(x', y') \cdot I'(x + x', y + y'))}{\sqrt{\sum_{x', y'} (T'(x', y')^2 * \sum_{x', y'} I'(x + x', y + y')^2}} \quad (3.4)$$

Farkların kareler toplamı olan sum of square difference (SQDIFF) maliyet fonksiyonu piksel değerlerinin kareleri farkına odaklanır. Görüntü işleme uygulamalarında kolay kullanım ve yüksek doğruluk oranı gibi artılarıyla genelde tercih edilir. En küçük değer en yüksek benzerliği ifade eder. Denklem 3.5 ile verilmiştir. Normalleştirilmiş sum of square difference (SQDIFF NORMED) Piksel değerlerinin yorumlama ve karşılaştırılmasının kolaylaşması için normalleştirme uygulanmasıdır. Normalleştirilme esnasında piksel büyüklüğü değişirken özelliğinin değişmemesi sebebiyle karşılaştırma kolaylaşarak işlem süresi kısaltmakta olup denklem 3.6 ile verilmiştir.

$$R(x, y) = \sum_{x', y'} (T(x', y') - I(x + x', y + y'))^2 \quad (3.5)$$

$$R(x,y) = \frac{\sum_{x',y'} (T'(x',y') \cdot I'(x+x',y+y'))}{\sqrt{\sum_{x',y'} (T'(x',y')^2 * \sum_{x',y'} I'(x+x',y+y')^2)}} \quad (3.6)$$

Denklem (3.1-3.16) denklemlerinde; $R(x,y)$, eşleşme konumu (x, y) için eşleşme değeridir. $T(x',y')$, örnek görselde bulunan bir pikselin (x',y') görüntü piksel değeridir. $I(x+x',y+y')$, hedef görüntüdeki karşılık gelen pikselin piksel değeridir.

Çalışmamızda tüm yöntemler ile tespit işlemi yapılmış olup sonuçlar Deneysel Çalışmalar ve Sonuçlar bölümünde sunulmuştur. Çalışmamızın kullanıma alınması sırasında %99,33 ile en yüksek doğruluk oranına sahip olan SQDIFF maliyet tercih edilmiş çıkışında benzerlik oranı elde edilmiştir. SQDIFF maliyet fonksiyonu ile şablon eşleştirme adımları Tablo 3.1’de ifade edilmektedir.

Tablo 3.1. Şablon Eşleştirme Algoritması

Algoritma
<pre> function tempmatching(T, I) R ← new array[I.width – T.width, I.height – T. height] for i: = 1 → I.width – T.width do for j: = 1 → I.height – T. height do R[i,j] ← SQDIFF (T,I,i + T.width, j, j + T. height) end for end for return R end function </pre>

Benzerlik derecesi en yüksek alanı tespit için Denklem 3.8 kullanılmaktadır. Bu denklemde benzerlik ölçüm fonksiyonunu $s(\cdot)$, şablon görüntü $T_{w \times h \times 3}$, sorgu görüntüsü $Q_{m \times n \times 3}$, benzerlik derecesi en yüksek alan ise I^* olarak tanımlanmıştır [66].

$$I^* = \arg \max_I \left(\sum_{I' \in Q^{m \times n \times 3}} \max[s(T^{w \times h \times 3}, I')] \right) \quad (3.8)$$

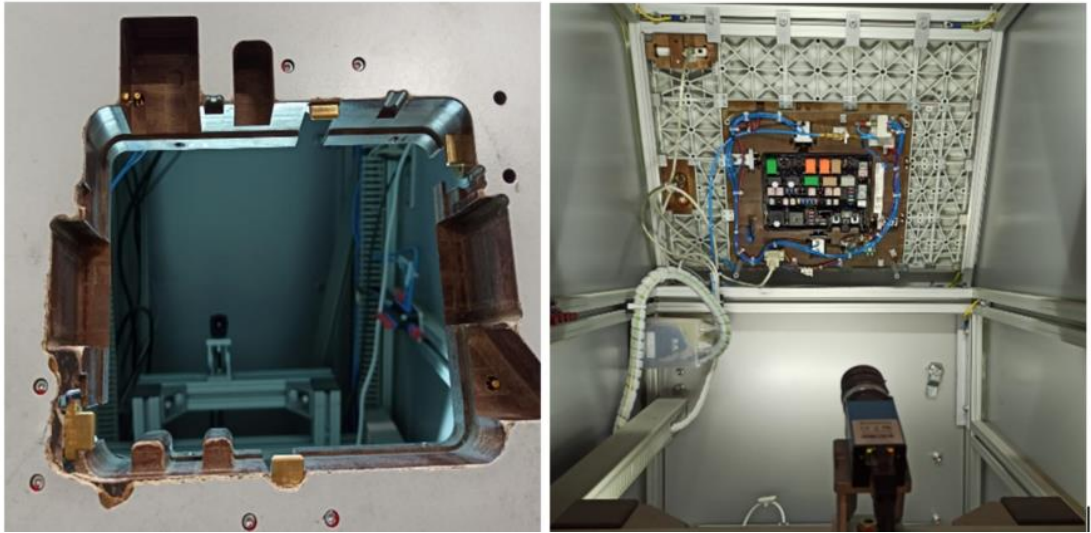
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR VE SONUÇLAR

Bu bölümde hatalı montajı yapılan sigortaların tespiti için geliştirilen otonom hata tespit uygulamasına, kurulan sistem düzeneğine ve algoritmanın çalışmasına ait bilgiler verilecek olup ayrıca deneysel çalışmalar ile elde edilen veriler literatürdeki diğer çalışmalar ile karşılaştırılarak en verimli sistem belirlenmeye çalışılacaktır.

Üretim hattında sigorta kutusunun montaj işleminden başlayarak KSTS ile sonuçlanan sistemden elde edilen veriler bir server üzerinde tutulmaktadır.

4.1. Sistem Düzeneği

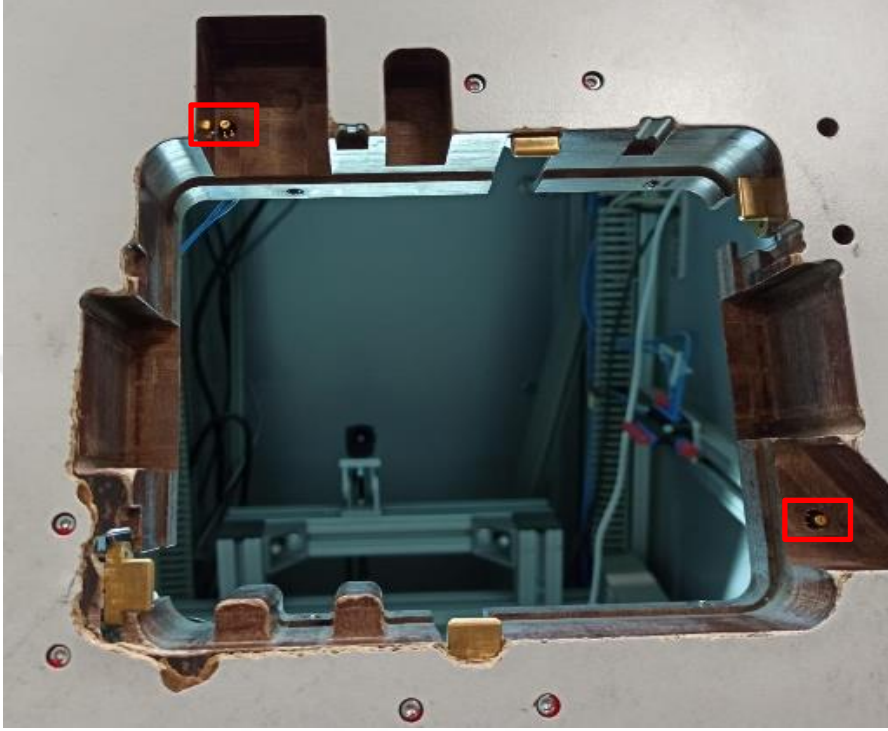
Sigorta kutusunun görseli alınırken ışık, açı ve çevresel etmenlerden etkilenmemesi amacıyla dıştan sigorta kutusu yerleştirilmesine uygun kapalı bir panel sistemi hazırlanmıştır. Kamera ve aydınlatma sistemi kapalı panel içerisinde merkezi konumda yer almaktadır. 54 adet sigorta bileşeni içeren bir araç sigorta kutusu panelin dışından Şekil 4.1’de gösterilen boşluğa yerleştirilmekte ve hareket etmemektedir.



Şekil 4.1. Deney düzeneği.

Sigorta kutusunun sigorta takılı bölgeleri kameranın karşısında yer almaktadır. Düzeneğe yerleştirilip sistem çalıştırıldığında sigorta kutusu yerleştirilen bölgedeki

Şekil 4.2 ile gösterilen sensör aracılığıyla sigorta kutusunun istenilen bölgede bulunup bulunmadığı kontrol edilmektedir. Sigorta kutusunun yerleştirilmediği durumda sistem görüntü eldesini başlatmamaktadır. Sigorta kutusu sisteme yerleştirilmiş ise aydınlatma aygıtı enerjilendirilmektedir.



Şekil 4.2. Sigorta kutusu kontrol sensörleri.

Kapalı sistem sayesinde aydınlık düzeyi sürekli olarak sabit tutulmaktadır. Görüntü eldesi için 1280x960 çözünürlüklü DFK 33G445 kamera kullanılmıştır. Kamera ile sigorta kutusu arası mesafe 25cm olarak belirlenmiştir. 6500 Kelvin ışık kaynağı 55cm uzakta tutularak 40cm yükseklikten 40/24 açıyla konumlanacak şekilde yerleştirilmiştir.

4.2. Gerçek Zamanlı Görüntü Parselleme

Gerçek zamanlı görüntü parselleme işlemine sigorta kutusunda konuma bağlı gruplandırmalar yapılarak başlanır. Gruplandırma ve parselleme işlemi piksel bazlı işaretleme yapılarak sağlanır. Sigorta kutusu üzerindeki sigortaların ait oldukları gruplara dair betimleyici verilerin tutulduğu kodlama yapısı Şekil 4.3’de gösterilmiştir.

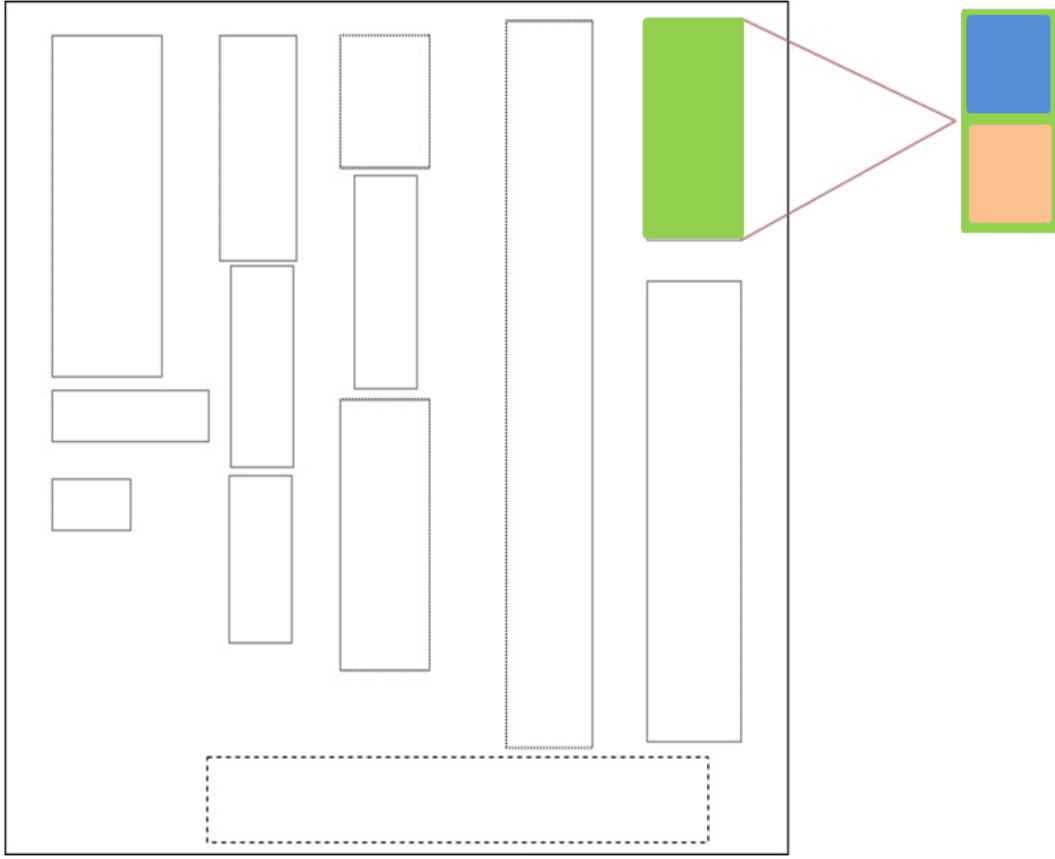
```
0: ((50,120),(50+170,120+330),(57, 255, 20),2, "v2", False, ("whitepoint","empty4"), "e", 0),
1: ((79,465),(79+167,465+50),(57, 255, 20),2, "h9", True, ("10k", "15k", "empty1", "15k",
"empty1"), "n", 1)
```

Şekil 4.3. Değer yapısı.

Burada bulunan değerler sırasıyla şu şekildedir:

- Grubun sol üst köşesi ve sağ alt köşesi bilgilerini
- Grubun sınırlarını gösterecek dikdörtgenin kenar rengi ve kalınlığı bilgisini verir.
- Grubun v yani dikey veya h yani yatay yönlendirilmiş olmasını ve parça sayısını verir.
- Parselleme yapılırken atlama yapılıp yapılmayacağını belirtirken yapılacaksa true, yapılmayacaksa false değerini alır. Atlama yapılacak gruplar için parça sayısı x şeklinde verilmiştir.
- Gruptaki her bir boşlukta veya parselde aranacak parçanın ismidir. Bu isimler örnek görsellerin kaydedildiği klasördeki klasör isimleriyle aynı olmalıdır.
- Parça büyüklüğüne göre tespit görselinin şekli e ve n değişkenleriyle ifade edilmiştir. n dikdörtgen gösterimi, e dairesel gösterimi ifade etmektedir.
- Son değer tekrardan grubun numarasını ifade etmektedir.

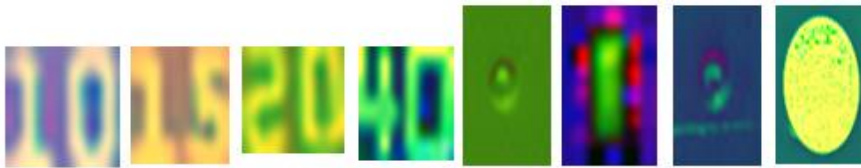
Sigorta kutusu bazında koordinatları belirleyip sisteme yüklemek, sigorta kutusu değiştirilip sonra tekrar kullanılmak istendiğinde geri çağırılabilmesi sayesinde oldukça kullanışlıdır. Manuel koordinat belirlemenin bir diğer avantajı ise varyant değişikliklerinde sistemde derin öğrenme süreçlerinin tekrar edilmemesi ve zaman kaybının minimize edilmesidir. Koordinatları belirlenerek parselleme yapılmasına ait örnek Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Parselleme örneği.

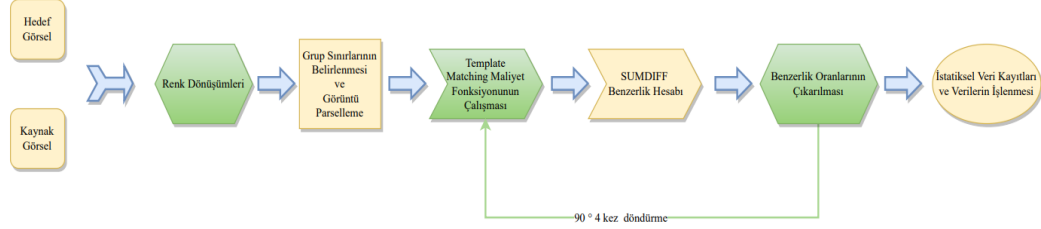
4.3. Görüntü Eşleştirme Algoritması

Şablon eşleştirmede çalışmamızda kullanılacak temel şablonlar Şekil 4.5 ile gösterilmiş ve grup alanlarına göre özel tarama yapılabilecek şekilde organize edilerek veri tabanına kaydedilmiştir. Üzerinde rakamlar yazan sigortalarda ayırt edici özellik olarak rakamlar şablon örneklerine eklenmiştir. Üzeri boş olan sigortalarda HSL ve GrayScale renk dönüşüm metodları kullanılarak sigortalardan ortalarından örnek kesitler alınmıştır. Şablon eşleştirmede doğruluğu arttırmak amaçlı görüntüler 90° çevrilerek 360° tamamlanana kadar toplam 4 kez test edilmiştir. Deneysel olarak bulunan bu yöntem ile sistemin doğruluk oranı %91,76'dan %99,33'e kadar çıkarılmıştır.



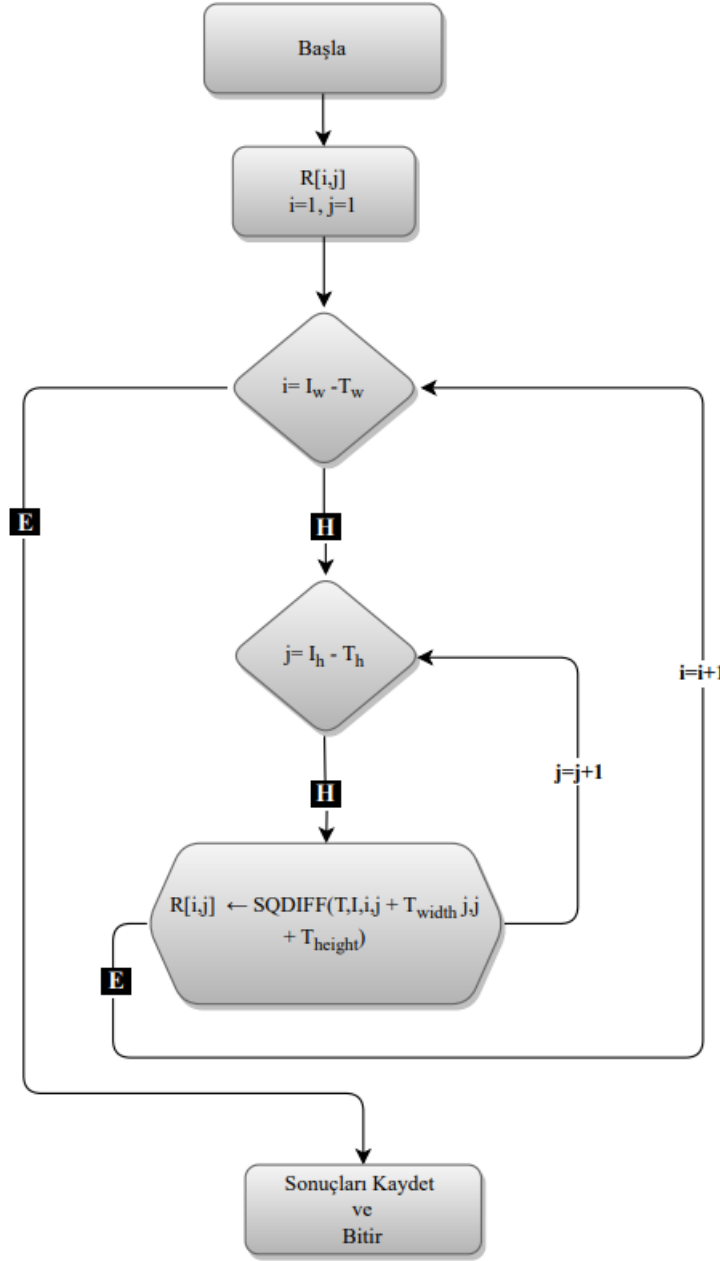
Şekil 4.5. Şablon örnekleri.

Eşleştirme algoritması ve sistemin işleyişi Şekil 4.6’da verilmiştir. Hedef ve kaynak görseller sisteme girmekte ve çeşitli işlemlere tabi tutulduktan sonra karşılaştırmaları yapılmaktadır.



Şekil 4.6. Eşleştirme algoritması ve sistemin işleyişi.

SQDIFF maliyet fonksiyonlu şablon eşleştirme uygulamasına ait Tablo 3.1’de verilen kod bloğuna ait akış diyagramı Şekil 4.7 ile verilmiştir.



Şekil 4.7. Algoritma akış diyagramı.

Bu diyagramda; $R[i,j]$ eşleşme konumunu, I_w şablon görselin genişliğini, T_w ise hedef görselin genişliğini ifade eder. I_h ve T_h ise şablon ile hedef görselin yüksekliğini ifade etmektedir. SQDIFF ise şablon eşleştirme maliyet fonksiyonu hesaplanırken kullanılan farkların kareler toplamı yöntemidir.

4.4. Veri Tabanı Yapısı ve Kayıt İşlemleri

Uygulamanın içerisinde yer aldığı çalışma alanı; kaynak görsellerin, Python kodlarının ve istatistiksel veri kayıtlarının yer aldığı klasörlerden oluşmaktadır. Klasörün içerisinde yer alan dosya excel formatında olup yapılan çalışmaların verisi

bu dosya içerisinde tutulmaktadır. Her bir parça için içerisinde görselinin olduğu ayrı bir klasör oluşturulmuş olup bu klasörler Python kod bloklarına işlenmiştir. Uygulamanın genel başarı oranının yükseltilmesi için parça görsellerinin farklı ışık koşulları ve açılardan alınarak klasöre yüklenmesi gerekmektedir.

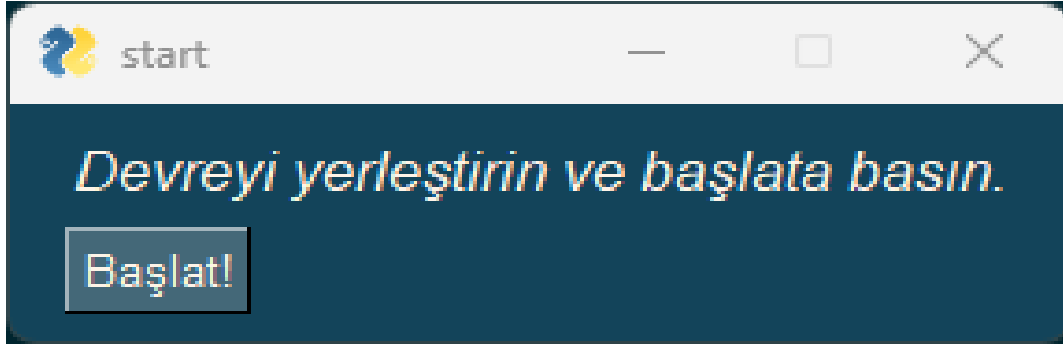
Yazılımsal olarak Python 3.8 kullanılmış olup OpenCV kütüphanesinden faydalanılmıştır. Veri kayıtlarının oluşturulma adımlarının görülebilmesi ve olası bozulma veya kaybolma durumlarında yeniden bir kayıt dosyasının oluşturulabilmesi için çalışma alanı içerisinde bir kod bloğu oluşturulmuştur.

Kameradan elde edilen görüntülerin seri olarak bilgisayara aktarılmasının gerekliliği sebebiyle gömülü kütüphanelerden threading modülü sisteme dahil edilmiştir. Hem grafik arayüzünün hem de kamera yayının aynı anda verilebilmesi ve oluşabilecek gecikmelerin azaltılabilmesi için çalışmada multithreading yönteminden yararlanılmıştır. Bu bağlamda ilk threadde kamera yayını ve tespit işlemleri, ikinci threadde grafik arayüzü ve hesaplama işlemleri çalıştırılmıştır.

Modül içerisinde kaydedilen resimlerin taranması için glob kütüphanesinden faydalanılmıştır.

Sistem çalışmaya başladığında hedef grubun sol-üst köşesinden sağ-alt köşesine kadar çizilen bir kutucuğun kopyasını alır ve işlemler sırasıyla bu alanda gerçekleştirilir. Gruptaki eleman sayısı kadar tekrar yaparak grubun dikey mi yatay mı olduğuna göre grubun bütün parçalarının bulunduğu görsel her seferinde bir parsel olacak şekilde bölünür. Sonrasında renk dönüşümleri parça özelliklerine göre yapılır. Hedef klasördeki her bir görsel saat yönünde dört kez çevrilerek template matching uygulamasıyla çalıştırılır. Böylece uzunluğu gruptaki parça sayısına eşit olan bu değerler listede toplanır.

Zaman kaydı amacıyla time kütüphanesi, veri yazma ile okuma amacıyla pandas kütüphanesi ve arayüz oluşturmak için PySimpleGUI [91] kütüphanesi kullanılmıştır. Python üzerinden sisteme start verildiğinde ilk karşılaşılabilecek pencere Şekil 4.8'deki gibidir. Sistemin tespiti başlaması için başla butonuna basılması gerekmektedir. Başla butonuna basılıp sisteme true değeri gönderildiğinde tespit işlemi başlatılır.



Şekil 4.8. Başlatma arayüzü.

4.5. Deneysel Sonuçlar

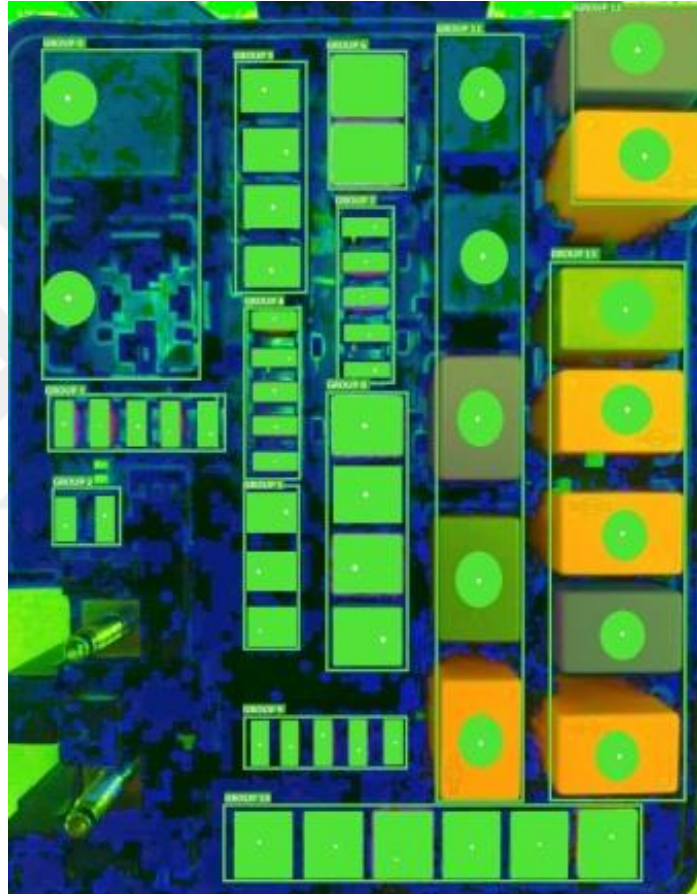
Araç sigorta kutusuna hatalı sigorta yerleştirmelerinin tespiti amacıyla, sigorta kutusu üreticisi firmadan elde edilen 300 adet farklı görüntü kullanılmıştır. Bu 300 adet görüntüde toplam 16200 adet sigorta görseli bulunmaktadır. 300 adet test gerçekleştirilmiş ve her denemede hatalı yerleştirme işlemleri raporlanmıştır. Yapılan 300 adet denemede 147 adet parçanın hatalı yerleştirildiği gözlenmiştir. Her sigorta kutusunda yapılan hata oranı aynı değildir. En yüksek hata bulunan sigorta kutusunda hatalı yerleştirme oranı %12,96 olarak bulunmuştur. Manuel yerleştirmedeki bu hataların belirlenmemiş olması otomotiv sektörü için oldukça büyük riskler taşımaktadır.

Şablon eşleştirmeye ait 3 adet farklı maliyet fonksiyonu bulunmaktadır. Ayrıca bu 3 adet fonksiyonun normalleştirilmiş halleri de olmak üzere toplamda 6 adet maliyet hesaplama fonksiyonu bulunmaktadır. Normalleştirme işlemi farklı boyutlardaki görsellerin işleme alınabilmesi için resim piksel boyutunun değiştirilmesine verilen isimdir. Toplam 6 adet yöntemle yapılmış test sonuçlarına ait sonuçlar Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Maliyet fonksiyonlarının sonuçları.

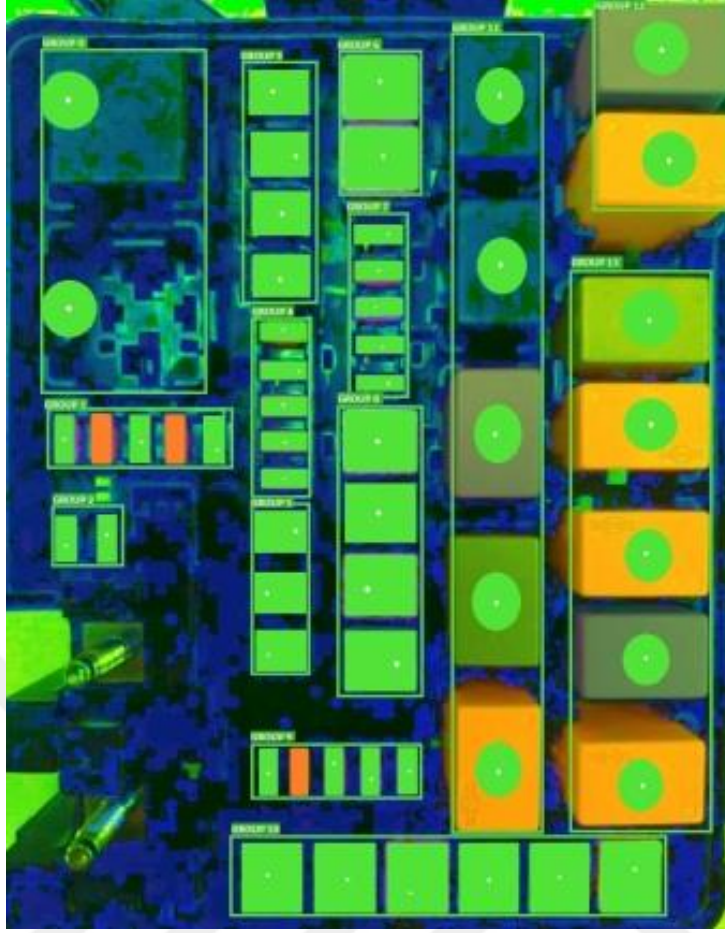
Maliyet Fonksiyonu	Yanlış Tespit Sayısı	Tespit Süresi	% Doğruluk
CCOEFF	5	296	98,33
CCOEFF NORMED	3	244	99,00
CCORR	4	251	98,66
CCORR NORMED	3	265	99,00
SQDIFF	2	237	99,33

En yüksek doğruluk oranına sahip SQDIFF maliyet fonksiyonuyla yapılan tespit işleminde doğru takılmasına rağmen hatalı olarak takıldığı gözlenen 1 adet ürünün benzerlik eşik değeri 0,72 kalmıştır. Hatalı takılmasına rağmen doğru takıldığı tespit edilen sigortanın benzerlik eşik değeri ise 0,78 olmuştur. Toplam 300 adet denemede 2 adet sigorta tespiti istenildiği sonucu vermemiştir. Sistemin doğruluk derecesi %99,33 olarak elde edilmiştir. Tespit sonuçları Şekil 4.9’da gösterildiği üzere montaj işlemi doğru yapılan sigortalar, sigorta kutusu görseli üzerinde yeşil renk ile işaretlenmiştir.



Şekil 4.9. Doğru tespit sonuçlarının işaretlenmesi.

Hatalı montaj işlemi yapıldığı tespit edilen sigorta kutusunda ise hatalı sigortalar kırmızı renk ile işaretlenmektedir. Şekil 4.10’da hatalı yerleştirilen sigortaların kırmızı ile işaretlenmesi gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Hatalı tespit sonuçlarını işaretlenmesi.

Deneyisel olarak her sigorta grubu ve her sigorta için hatalı tespit oranları çıkarılmıştır. 300 adet sigorta kutusu için hatalı yerleştirilme bulunan gruplar ve sigortalar Tablo 4.2’de sunulmuştur.

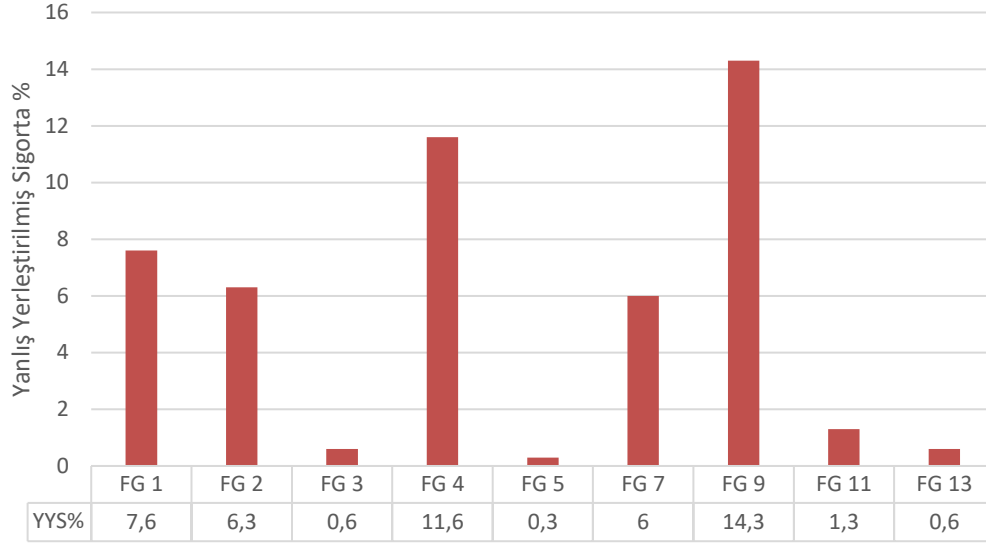
Tablo 4.2. Hatalı yerleştirilmiş sigorta tespit sonuçları.

Grup No (Sigorta Aralığı)	Sigorta Numaraları	Yanlış Takılma Sayısı	% Yanlış Takılma Oranı
GRUP 1 (2-6)	3	14	4,667
	6	9	3
GRUP 2 (7-8)	7	19	6,333
GRUP 3 (9-12)	10	2	0,667

Tablo 4.2. (Devamı) Hatalı yerleştirilmiş sigorta tespit sonuçları.

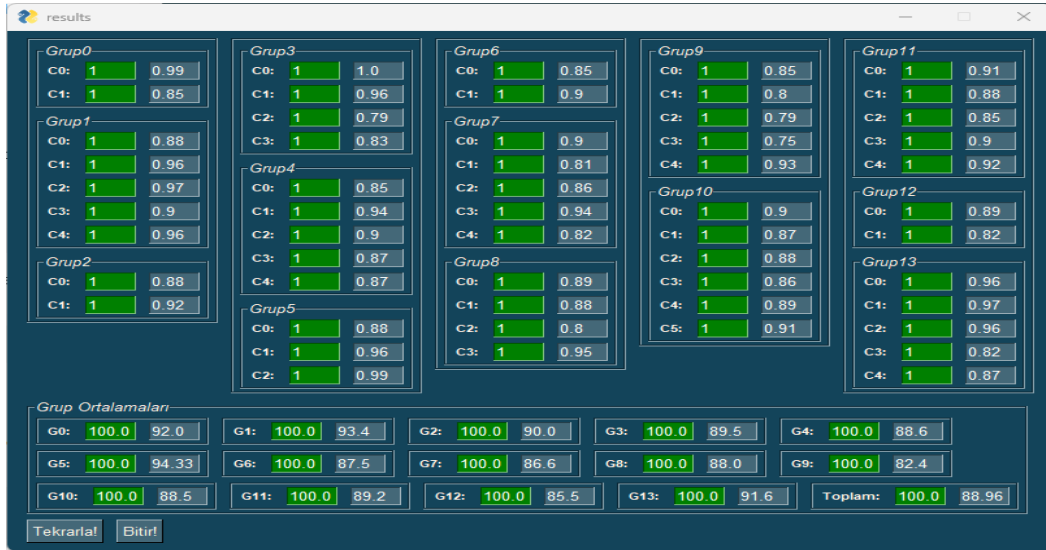
Grup No (Sigorta Aralığı)	Sigorta Numaraları	Yanlış Takılma Sayısı	% Yanlış Takılma Oranı
GRUP 4 (13-17)	13	7	2,333
	14	26	8,667
	15	2	0,667
GROUP 5 (18-20)	20	1	0,333
GRUP 7 (23-27)	23	11	3,667
	24	5	1,667
	7	2	0,667
GRUP 9 (32-36)	32	2	0,667
	34	24	8
	35	17	5,667
GRUP 11 (43-47)	46	2	0,667
	47	2	0,667
GRUP 13 (50-54)	52	1	0,333
	53	1	0,333

Şekil 4.11 ile verilen grafikte grup bazında yapılan hatalı montaj oranları gösterilmektedir. Genel olarak yüksek hatalı yerleştirme işlemi gruplar en küçük sigorta gruplarını içeren kısımlardır. 6, 8, 10, 12, 14 numaralı gruplarda manuel yerleştirilmelerde hata görülmemektedir. Bu verilerden hareketle sigorta yerleştirme işlemini yapan operatörlerin en çok hatayı küçük sigorta içeren gruplarda yaptığı sonucuna varılabilir.



Şekil 4.11. Sigorta grupları için yanlış yerleştirme tespit oranı.

Çalışmanın raporlanması ve izlenebilmesi amacıyla Şekil 4.12 ile verilen arayüz Python PySimpleGui kütüphanesi kullanılarak hazırlanmıştır. Sigorta kutusunun yerleştirilmesinin tespiti ile program çalışmakta ve her yeni sigorta kutusu için test sonuçlarını kullanıcıya sunmaktadır. Her grubun ve her sigortanın hatalı yerleştirilme oranları arayüzde gösterilmektedir. Sonuçlar sistemin kurulu olduğu bilgisayara uzaktan erişim ile izlenebilmekte ve raporlar alınabilmektedir.



Şekil 4.11. Yanlış yerleştirilmiş sigorta Tespiti GUI uygulaması.

Uygulamada yer alan Cn gruplar içerisindeki sigorta referanslarının bilgisini vermektedir. İkinci sütunda yer alan değerler 1 ise eşleşme sağlandı bilgisini, 0 ise eşleşme sağlanamadığı bilgisini vermektedir. Eşleşme sağlanan kısımlar yeşil renk, sağlanamayan kısımlar ise kırmızı renk ile belirtilmiştir. Üçüncü sütunda yer alan değerler ise eşik değeri olarak elde edilen oranların değerinin göstermektedir. Tespit sonuçlarında her bir grubun ve sigortanın eşik değerleri ayrı ayrı sunulmaktadır.

Altta yer alan grup ortalamaları kısmındaki ilk sütun gruplardaki yanlış yerleştirilen sigortaların grupta bulunan tüm sigortalara oranını, ikinci sütun ise grup bazındaki ortalama benzerlik eşik değerini göstermektedir. Örnek olarak Grup0'da 1 adet yanlış 1 adet doğru sigorta montajı bulunduğu için %50 oranında doğruluk oranını ve ikinci sütun ortalama %71 oranında eşik oranını vermektedir. Sonuçlar sigorta kutusuna özel olup her bir testte değişmektedir. Sigortaların yanlış yerleştirildiği tespit edildiğinde Şekil 4.13 ile gösterildiği gibi kırmızı işaretlenmekte ve yüzdesel olarak eşik değeri kırmızı gösterilmektedir. Sonrasında sistem uyarı vermekte olup ekranda çıkan yanlış sigorta montajı, şablon ile karşılaştırma yapıp sigortaları değiştiriniz uyarısına onay verilmediği takdirde sigorta kutusunun tespit panelinden ayrılmasına izin vermemektedir. Eğer yanlış montaj yapılmadıysa sistem otomatik olarak pnömatik sistemi açmakta ve sigorta kutusu çıkarılabilmektedir.



Şekil 4.12. Yanlış yerleştirilmiş sigorta verileri.

Uyarıya onay verildikten sonra sigorta kutusu sistem ayrılabilir. Sonrasında yanlış montaj yapılan sigortaların hangileri olduğu yeni bir sigorta kutusu montajı yapılana kadar ekranda gösterilmeye devam eder. Tüm sigortaların direnç değerleri belirlenerek sisteme işlenmiştir. Yanlış yerleştirilen sigortaların değiştirilmesi amacıyla kırmızı işaretli hücreye tıklanınca olması gereken direnç değeri ekrana yansıtılır. Bu sistem oluşacak zaman kaybını önleyerek sistemin işleyişini hızlandırmaktır.

Wang ve arkadaşlarının 2019 yılında yapmış olduğu çalışmada sigorta tespit ve sonrasında torklama işlemini deep learning kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırma enstitüsü tarafından önerilen “Hao Rui Tuo HRT-F1 automobile fuse box detection system” (HRT), bir fabrikada kullanılan “Sigorta kutusu otomatik algılama sistemi”(ORCA), “Shanghai Rayao Electronic Technology RVT-FuseVision System” (RVT) ve “Multi-angle automotive fuse box detection and assembly method based on machine vision” (MAF) sistemi ile bizim kullandığımız KSTS’nin karşılaştırması Tablo 4.3’de verilmiştir [7].

Tablo 4.3. Test sonuçları.

Test Metodu	Yanlış Tespit Edilme Sayıları	Tespit süresi(ms)	% Doğruluk
HRT	10	512	99,80
ORCA	1	824	99,98
RVT	50	88	99,00
MAF	2	89	99,96
KSTS	2	237	99,33

En iyi tanıma sistemi ORCA’ya aittir fakat tanımlama süresinin yüksekliği en büyük dezavantajıdır. RVT süre olarak MAF ile çok yakın olsa da çok fazla yanlış tespit yapmakta olup doğruluk oranı düşüktür. HRT ise tespit süresi ve yanlış tespit sayısı sebebi ile orta sıralarda yer almaktadır. Tespit süresi ve doğruluk oranına bakıldığında MAF ve bizim sistemimiz olan KSTS ön plana çıkmaktadır. Sonuçlara bakıldığında MAF tespit süresi ve doğruluk yüzdesi olarak daha öne çıkmaktadır fakat sigorta dizilimlerinde sistemin tekrar eğitilmesi gerekliliği doğmakta ve sigorta tespiti sonrasında torklama işlemi yapıldığı için, tork anahtarının gölgesi sigorta

kutusu üzerine düşmektedir. Bu sorunu gidermek için histogram eşiklemesi yapılması gerekir. Bu olay örgüsü işlem karmaşıklığına yol açarak maliyet ve zaman kaybını artırmaktadır. Bu kısımlar göz önüne alındığında KSTS hızlı bir şekilde devreye alınabildiği için tercih edilebilir bir test sistemidir.





5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu bölümde yapılan deneyler ve deney sonuçlarına göre yapılan çıkarımlar vasıtasıyla ileride yapılacak çalışmalara yön verebilecek öneriler sunulmuştur.

5.1. Sonuçlar

Gerçekleştirilen bu çalışmada araç sigorta kutularına sigorta yerleştirilmesi sırasında operatör kaynaklı hataların tespiti sağlanmıştır. 300 adet denemede 1 adet yanlış yerleştirilmiş sigorta tespit edilememiş, 1 adet doğru yerleştirilen sigorta ise yanlış yerleştirilmiş olarak tespit edilmiştir. Böylelikle kurulan sistem 300 adet denemede toplam 2 adet yanlış sonuca ulaşmış olup başarımlı performansı %99,33 olarak elde edilmiştir. Bu konuda üretim gerçekleştirilen firmadan elde edilen görüntülerin analizinde hatalı yerleştirilen sigortaların bir sigorta kutusu için %12,96 seviyelerine yükselebilen durumları tespit edilmiştir. Sistemin çalışma hızı 237 ms olarak elde edilmiştir. Sistem hızlı cevap verme süresi sayesinde hatalı yerleştirmelerin düzeltilmesine olanak sağlanmaktadır. Yanlış yerleştirilen sigortanın doğrusu ile değiştirilmesi için operatöre uyarı mesajı verilmekte olup onaylanmadığı takdirde sigorta kutusunun sistemden ayrılmasına izin verilmemektedir. Hatalı sigortanın yerinde olması gereken sigortanın direnç değeri gösterilerek doğrusunun montajı için yol gösterilmiş olur. Bu sayede süreç güvenilirliği artırılmıştır.

Sigorta kutusunda yer alan sigorta sayı ve dizilimleri kullanıcıların tercih ettiği araç özelliklerine göre değişkenlik göstermektedir. Bu değişiklikler sigorta tespit uygulamasının değişikliklere kolay entegrasyonunu gerektirmektedir. Yeni bir dizilimin sisteme tanıtılması sırasında yaklaşık 4 dakika yeterli olmaktadır. Tüm ürünün üretim bandında inmesi için gerekli sürenin 1/7'sine denk gelen bu süre makul olarak değerlendirilmiştir.

Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde araç özellikleri ile değişen sigorta yerleşimlerinde sistemin entegrasyonunun kolay olması sayesinde hedefler %100 oranında tutturulmuş olup tezin amacı ve hedeflerine ulaşılarak sistemin kullanılabilirliğinin uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Sonuç olarak, bu çalışmada manuel olarak malzeme yerleştirilme yapılan ve hata olasılığı yüksek olan alanlarda kullanılabilecek bir yöntem önerilmiş ve araç sigorta kutularında hatalı sigorta yerleştirme alanında bu yöntem uygulamalı olarak gerçekleştirilerek, üretim verimi arttırılmış, hata sebepli maliyetler azaltılmış ve kalite sürecinde iyileştirme gerçekleştirilmiştir.

5.2. Öneriler

Başarı oranlarını arttırmak amaçlı konuma bağlı gruplandırmalar yapılarak bu sayede problemlerin en çok hangi bölgede veya hangi tür yapıdaki sigortalarda gerçekleştirildiği belirlenmektedir. Yapılan deneyler sonucunda yüksek hatalı grupların en küçük sigorta gruplarını içeren kısımlar olduğu sonucuna varılmıştır. En çok montaj hatası küçük sigorta gruplarında yapılmıştır. Bu hataların engellenmesi amaçlı yapılan bir düzenek üzerine sigorta kutusu yerleştirilerek, küçük sigortaların takılacağı konumlara sigorta ile aynı renkte ışık ile işaretleme yapılabilir. Gerçek zamanlı olarak kullanıcı sigortayı yerleştirirken tespit sağlayacak sistemlerin oluşturulması hedefi bundan sonra yapılacak çalışmalara yön verebilir. Bu konuda da ortam aydınlatmasının değişimi, gölgelenme problemleri ve konumlandırma gibi sorunların çalışılmasına ihtiyaç duyulacaktır.

İleride yapılacak çalışmalarda segmentasyon ile sigortaların parselleme işlemi yapılabilir fakat yapay zekanın derin öğrenme eğitim süreçlerini gerektimesi sebebiyle çeşitli sigorta kutularında uygulanabilirliği iyi değerlendirilmelidir. Ayrıca çevresel uyaranların etkilerinin minimize edilmesi gerekliliğinin çalışmanın hızlı ve pratik olarak devreye alınmasına etkisi iyi değerlendirilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Bedir, A., (1999), Otomotiv Sanayilerinde Ana-Yan Sanayii İlişkileri ve Türkiye’de Otomotiv Yan Sanayinin Geleceği [DPT-Uzmanlık Tezleri]. Ankara
- [2] Dirlik, M., Bostancıoğlu, B.Ç., Elbek, T., Korkmaz, B., Çallak Kallem, F., & Gün, B. (2014). Features of the traffic accidents happened in the province of Aydın between 2005 and 2011. *Ulusal travma ve acil cerrahi dergisi = Turkish journal of trauma & emergency surgery*, 20(5), 353-358. <http://doi.org/10.5505/tjtes.2014.18828>
- [3] Joshi, A.K., Joshi, C., Singh, M., & Singh, V. (2014). Road traffic accidents in hilly regions of northern India: What has to be done? *World journal of emergency medicine*, 5(2), 112-115. <http://doi.org/10.5847/wjem.j.issn.1920-8642.2014.02.006>
- [4] World Health Organization (2023, 23 Ekim). Global status report on road safety 2013: supporting a decade of action. <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/28560/9789275118535-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y> adresinden 23 Ekim 2023 tarihinde alınmıştır.
- [5] Zhang, D., Xiao, L.Y., Wang, Y., & Huang, G. (2019). Study on vehicle fire safety: Statistic, investigation methods and experimental analysis. *Safety Science*, 117, 194-204. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.03.030>
- [6] (2006 13-14, November).The swedish section for detonics and combustion with The Combustion Institute and The Competence Centre for Energetic Materials, KCEM. Fourth International Disposal Conference and Exhibition. Katrinaholm, Sweden
- [7] Hou, W., Zhang, W., Liu, X., Wang, Z.R., & Ding, M.L. (2011). Failure Analysis of Aviation Torsional Springs. *Chinese Journal of Aeronautics*, 24(4), 527-532. [https://doi.org/10.1016/S1000-9361\(11\)60061-7](https://doi.org/10.1016/S1000-9361(11)60061-7)
- [8] Weiqiang, W., Luo, Y., Yang, K., & Shang, C. (2019). Multi-angle automotive fuse box detection and assembly method based on machine vision. *Measurement*, 145. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.05.100>
- [9] M. S. Bhatia ve S. Kumar. (2022). Critical Success Factors of Industry 4.0 in Automotive Manufacturing Industry. in *IEEE Transactions on Engineering Management*, 69(5), 2439-2453, Oct. 2022, <http://doi.org/10.1109/TEM.2020.3017004>.
- [10] Fatorachian, H., & Kazemi, H. (2018). A critical investigation of Industry 4.0 in manufacturing: theoretical operationalisation framework. *Production Planning & Control*, 29(8), 633 - 644. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1424960>

- [11] Kamble, S.S., Gunasekaran, A., & Sharma, R. (2018). Analysis of the driving and dependence power of barriers to adopt industry 4.0 in Indian manufacturing industry. *Computers in Industry*, 101, 107-119. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.06.004>
- [12] Moeuf, A., Lamouri, S., Pellerin, R., Tamayo, S., Tobon-Valencia, E., & Eburdy, R. (2019). Identification of critical success factors, risks and opportunities of Industry 4.0 in SMEs. *International Journal of Production Research*, 58(5), 1384 - 1400. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1636323>
- [13] Xiao, J., Russell, B.C., Torralba, A. (2012). Localizing 3D cuboids in single-view images. *Neural Information Processing Systems*.
- [14] You X. (1997). Chemical studies on the nonlinear optics of coordination compounds. *Chinese Science Bulletin*, 106(1-3), 85-90. [https://doi.org/10.1016/S1010-6030\(97\)00043-9](https://doi.org/10.1016/S1010-6030(97)00043-9)
- [15] Xianyu, S., Qi-can, Z., Li-qun, X. (2008). Optical 3D shape measurement for dynamic process. *Optoelectronics Letters*, 4, 55-58. <https://doi.org/10.1007/s11801-008-7096-5>
- [16] Liao, Y., Deschamps, F., Loures, E.R., Ramos, L.F. (2017). Past, present and future of Industry 4.0 - a systematic literature review and research agenda proposal. *International Journal of Production Research*, 55(12), 3609 - 3629. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1308576>
- [17] Genovese, A., Lenny Koh, S.C., Kumar, N., & Tripathi, P. (2014). Exploring the challenges in implementing supplier environmental performance measurement models: a case study. *Production Planning & Control*, 25(13-14), 1198 - 1211. <https://doi.org/10.1080/09537287.2013.808839>
- [18] J, Bechtold. A, Kern. C, Lauenstein. and L, Bernhofer. (2023, 28 Nisan). Industry 4.0 - The capgemini consulting view. Capgemini. https://www.capgemini.com/consulting/wpcontent/uploads/sites/30/2017/07/capgemini-consulting-industrie-4.0_0_0.pdf adresinden 28 Nisan 2023 tarihinde alınmıştır.
- [19] Leitão, P., Colombo, A.W., & Karnouskos, S. (2016). Industrial automation based on cyber-physical systems technologies: Prototype implementations and challenges. *Computers in Industry*, 81, 11-25. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2015.08.004>
- [20] Shamsuzzoha, A.H., Toscano, C., Carneiro, L.M., Kumar, V., & Helo, P.T. (2016). ICT-based solution approach for collaborative delivery of customised products. *Production Planning & Control*, 27(4), 280-298. <https://doi.org/10.1080/09537287.2015.1123322>
- [21] Bingöl, O., & Kuşcu, Ö. (2008). Bilgisayar Tabanlı Araç Plaka Tanıma Sistemi. *International Journal of Informatics Technologies*, 1(3).
- [22] Yalın, B., & Doğan, N. (2008). Türk Taşıt Plaka Standartları İçin Plaka Tanıma Sistemi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 1(1).
- [23] Feng, M.Q., Fukuda, Y., Feng, D., & Mizuta, M. (2015). Nontarget Vision Sensor for Remote Measurement of Bridge Dynamic Response. *Journal of Bridge Engineering*, 20(12), 04015023.

- [24] Aktaş, H., Sever, R., & Töreyin, B.U. (2015). A two stage template matching algorithm and its Implementation on FPGA. *2015 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 2214-2217. <https://doi.org/10.1109/SIU.2015.7130315>
- [25] Erdoğan, Y. S. (2018). Sayısal görüntü işleme ile titreşim yer değiştirmelerinin ölçümü ve modal parametre tayini. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi* , 20 (59) , 400-417 . <https://doi.org/10.21205/deufmd.2018205932>
- [26] Liu, J., & Liu, X.F. (2021). Fast and robust template matching based on ring projection and pseudo-Zernike moments for automatic optical inspection. *2021 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 3278-3284. <https://doi.org/10.1109/SMC52423.2021.9658589>
- [27] Zhang, W., Liu, H., Ma, H., Zhao, W. (2021). Research on Gesture Recognition Based on Improved Template Matching Algorithm. *2021 IEEE 2nd International Conference on Information Technology, Big Data and Artificial Intelligence (ICIBA)*, 2, 462-467. <https://doi.org/10.1109/ICIBA52610.2021.9688322>
- [28] Alemdar, F., & Avcı, N. (2019). Sarsma masası testlerindeki dinamik parametrelerin görüntü işleme yöntemi ile ölçülmesi. *DÜMF Mühendislik Dergisi*, 10(3), 1099-1112. <https://doi.org/10.24012/dumf.524027>
- [29] Rashmi S., Srinath S., Rakshitha R., Poornima, B.V. (2022). Extended Template Matching method for Region of Interest Extraction in Cephalometric Landmarks Annotation. *2022 IEEE 9th Uttar Pradesh Section International Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering (UPCON)*, 1-6. <http://doi.org/10.1109/UPCON56432.2022.9986436>
- [30] Akazawa, T., Kinoshita, Y., & Kiya, H. (2022). Template matching with white balance adjustment under multiple illuminants. *2022 IEEE 11th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, 372-376. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2208.02035>
- [31] Rakshit, R., Gain, S., Sinharay, A., Bhaumik, C., Chakravarty, T., & Pal, A. (2022). Template Matching Technique for Unobstrusive Leak Event Detection in Oil and Gas Pipelines. *2022 IEEE Sensors*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/SENSORS52175.2022.9967084>
- [32] Stefano, L.D., Mattoccia, S., & Mola, M. (2003). An efficient algorithm for exhaustive template matching based on normalized cross correlation. *12th International Conference on Image Analysis and Processing*, 3211, 322-327. https://doi.org/10.1007/978-3-540-30125-7_51
- [33] Kim, J.R., Jeon, J.W. (2022). Real-time Scale and Rotation Invariant Multiple Template Matching. *2022 16th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (IMCOM)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/IMCOM53663.2022.9721742>
- [34] Frank, T. and McDermott, D., "Design study of a pre-fuse box for power management," SAE Technical Paper 2004-01-1566, 2004, <https://doi.org/10.4271/2004-01-1566>.

- [35] Hou, W., Zhang, W., Liu, X., Wang, Z.R., Ding, M.L. (2011). Failure Analysis of Aviation Torsional Springs. *Chinese Journal of Aeronautics*, 24, 527-532. [https://doi.org/10.1016/S1000-9361\(11\)60061-7](https://doi.org/10.1016/S1000-9361(11)60061-7)
- [36] Sun, Y., & Dietsch, T. (2022). Steady-State Thermal Analysis of Electric Fuse using Finite Element Method. *2022 IEEE 67th Holm Conference on Electrical Contacts (HLM)*, 6(2), 1-5. <https://doi.org/10.1109/HLM54538.2022.9969810>
- [37] Pihler, J., Stegne, M., Kitak, P., Glotic, A., Fluher, B., Ticar, I., & Voršic, J. (2011). Fuse application in medium voltage switchgear. In *Proceedings of the 9th International Conference on Electric Fuses and their Applications (ICEFA)*, Maribor, Slovenia (pp. 12-14).
- [38] Gerten, M., Frei, S., Kiffmeier, M., & Bettgens, O. (2022). Voltage Stability of Automotive Power Supplies During Tripping Events of Melting and Electronic Fuses. *2022 IEEE 95th Vehicular Technology Conference: (VTC2022-Spring)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/VTC2022-Spring54318.2022.9860939>
- [39] Gelet, J. (2007). To the origins of fuses. *2007 8th International Conference on Electric Fuses and their Applications*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/ICEFA.2007.4419958>
- [40] Vyas, A., Yu, S., Paik, J., Vyas, A., Yu, S., & Paik, J. (2018). Fundamentals of digital image processing. *Multiscale Transforms with Application to Image Processing*, 3-11. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7272-7_1
- [41] Kurnaz, Ç., & Gül, B. K. (2018). Determination of the relationship between sodium ring width on iris and cholesterol level. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 33(4), 1557-1568. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.416452>
- [42] Kılınç, M., Gözde, H. (2019). Termal görüntülerdeki gömülü plastik anti-personel mayınlarının dairesel hough dönüşümü destekli aktif termografi yöntemi ile tespiti. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(2), 697-708. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.507225>
- [43] Ülker, O. , Ertugrul, İ. & Akkuş, N. (2021). Görüntü işleme algoritması kullanarak elektrotermal mikro-aktüatörün karakterizasyonu. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi* , 36(2) , 1159-1170 . <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.683386>
- [44] Selçuk, T., Alkan, A., Çolakoğlu, AS. (2018). Ekmek doku analizi ve görüntü işleme teknikleri kullanılarak kullanıcı arayüzünün geliştirilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(1), 31-42. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.406777>
- [45] Balaji, S., & Karthikeyan, S. (2017). A survey on moving object tracking using image processing. *2017 11th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO)*, 469-474. <https://doi.org/10.1109/ISCO.2017.7856037>
- [46] Erpolat, E. (2008). *Robotik sistemlerde görüntü işleme* [Yüksek lisans tezi]. Marmara Üniversitesi

- [47] Öztürk, Ş., Özkaya, U. (2020). Gastrointestinal tract classification using improved LSTM based CNN. *Multimedia Tools and Applications*, 79, 28825 - 28840. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-09468-3>
- [48] Yaman, K. , Sarucan, A. , Atak, M. Aktürk, N. (2013). Dinamik Çizelgeleme İçin Görüntü İşleme Ve Arıma Modelleri Yardımıyla Veri Hazırlama. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 16(1), 19-40.
- [49] Özkaraca, O., Dere, Y., Çetin, G., Peker, M. (2017). A computer aided system for calculation of Ki-67 proliferation index. *2017 International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)*, 580-585. <https://doi.org/10.1109/UBMK.2017.8093470>
- [50] Khirade, S.D., Patil, A.B. (2015). Plant Disease Detection Using Image Processing. *2015 International Conference on Computing Communication Control and Automation*, 768-771.
- [51] Samtaş, G., & Gülesin, M. (2012). Digital Image Processing and its Application in Different Areas. *Ejovoc (Electronic Journal of Vocational Colleges)*, 2(1), 85-97
- [52] Bittar, O. (2022). *Görüntü işleme kullanarak akıllı trafik ışığı sistemi tasarımı* [Yüksek lisans tezi]. İstanbul Aydın Üniversitesi
- [53] Karakoç, M. (2023, 26 Nisan). Görüntü işleme, teknolojiler ve uygulamalar. https://ab.org.tr/ab12/sunum/21-goruntu_isleme-Karakoc.pdf adresinden 26 Nisan 2023 tarihinde alınmıştır.
- [54] Kısa, M. (2014). *Karayolunda seyreden araçların tanınması* [Doktora tezi]. Selçuk Üniversitesi
- [55] Polat, R. (2007). *Biyomedikal görüntü bölütleme* [Yüksek lisans tezi]. Fırat Üniversitesi
- [56] Chang, X., Gao, L., & Li, Y. (2007). Corner Detection Based on Morphological Disk Element. *2007 American Control Conference*, 1994-1999. <https://doi.org/10.1109/ACC.2007.4282506>
- [57] Nain, N., Laxmi, V., Jain, A. K., & Agarwal, R. (2006). Morphological Edge Detection and Corner Detection Algorithm Using Chain Encoding. *International Conference on Image Processing, computer Vision, Pattern Recognition IPCV*, 6, 520-525.
- [58] Kalaycı, T.E, (2023, 25 Nisan). Görüntü işleme. Gitlab. <https://tekrei.gitlab.io/presentations/2003-Goruntu-Isleme-Sunum.pdf> adresinden 25 Nisan 2023 tarihinde alınmıştır.
- [59] González, R.C., Woods, R.E. (1981). Digital Image Processing. *Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* (2, 242-243) içinde. IEEE Computer Society
- [60] Kim, M., Kumar, S., Pavlovic, V., Rowley, H. (2008). Face tracking and recognition with visual constraints in real-world videos. *2008 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2008.4587572>.
- [61] Pardede, J., Husada, M.G., Hermana, A.N., & Rumapea, S.A. (2019). Fruit Ripeness Based on RGB, HSV, HSL, L*a*b* Color Feature Using SVM.

- 2019 *International Conference of Computer Science and Information Technology (ICoSNIKOM)*, 1-5.
<https://doi.org/10.1109/ICoSNIKOM48755.2019.9111486>
- [62] Sabine, S., Robert, B., Steve, S. Standard RGB color spaces. *In: Proceedings of the 7th Color and Imaging Conference Final Program and Proceedings*, 7, 127–134. <https://doi.org/10.2352/CIC.1999.7.1.art00024>
 - [63] Swathi U., Simitha U. (2020). Design and Implementation of Efficient RGB to Gray scale Converter Architectures Using Reversible Logic. *2020 IEEE International Conference on Distributed Computing, VLSI, Electrical Circuits and Robotics (DISCOVER)*, 194-199. <https://doi.org/10.1109/DISCOVER50404.2020.9278066>
 - [64] Loesdau, M., Chabrier, S., Gabillon, A. (2014). Hue and Saturation in the RGB Color Space. *International Conference on Image and Signal Processing*. 203-212. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07998-1_23
 - [65] Dutta, S., Chaudhuri, B.B. (2009). A Color Edge Detection Algorithm in RGB Color Space. *2009 International Conference on Advances in Recent Technologies in Communication and Computing*, 337-340. <https://doi.org/10.1109/ARTCom.2009.72>
 - [66] Chen, W., Shi, Y.Q., Xuan, G. (2007). Identifying Computer Graphics using HSV Color Model and Statistical Moments of Characteristic Functions. *2007 IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, 1123-1126. . <https://doi.org/10.1109/ICME.2007.4284852>
 - [67] Saravanan, G., Yamuna, G., Nandhini, S. (2016). Real time implementation of RGB to HSV/HSI/HSL and its reverse color space models. *2016 International Conference on Communication and Signal Processing (ICCSP)*, 0462-0466. <https://doi.org/10.1109/ICCSP.2016.7754179>
 - [68] Pm, N., Chezian, R.M. (2013). Various colour spaces and colour space conversion algorithm. *Journal of Global Research in Computer Sciences*, 4, 44-48.
 - [69] Thongkor, K., Amornraksa, T. (2017). An image watermarking method in HSL color model. *2017 10th International Conference on Ubi-media Computing and Workshops (Ubi-Media)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/UMEDIA.2017.8074101>
 - [70] Öztürk, N. ve Öztürk, S. (2021). Bölütleme tabanlı yeni görüntü iyileştirme yöntemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (32), 975-981. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1041197>
 - [71] Zaitoun, N. Aqel, M. J. (2015). Survey on segmentation techniques. *Procedia Computer Science*, 65, 797-806. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.09.027>
 - [72] Ding, J. J., Kuo, C. J., Hong, W. C. (2009). An efficient image segmentation technique by fast scanning and adaptive merging. *CVGIP, Aug.*
 - [73] Kaur, D., Kaur, Y., 2014. Various image segmentation techniques: a review. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 3(5): 809-814.
 - [74] Patel, I., Patel, S., Patel, A. (2018). Analysis of Various Image Preprocessing Techniques for Denoising of Flower Images. *International Journal of*

- Computer Sciences and Engineering*, 6(5), 1111-1117. <https://doi.org/10.26438/ijcse/v6i5.11111117>
- [75] Gite, S., Mishra, A. & Kotecha, K. Enhanced lung image segmentation using deep learning. *Neural Computing and Applications* 35, 22839–22853. <https://doi.org/10.1007/s00521-021-06719-8>
 - [76] Bernardes R., Serranho P., Lobo C. (2011). Digital ocular fundus imaging: A review. *Ophthalmologica*, 226(4), 161-181. <https://doi.org/10.1159/000329597>
 - [77] Zhao, K., He, B., Pan, S., & Zhu, Y. (2022). Siamese Network with Multi-scale Feature Fusion and Dual Attention Mechanism for Template Matching. *2022 41st Chinese Control Conference (CCC)*, 6588-6592. <https://doi.org/10.23919/CCC55666.2022.9901703>
 - [78] Sarvaiya, J.N., Patnaik, S., & Bombaywala, S.R. (2009). Image Registration by Template Matching Using Normalized Cross-Correlation. *2009 International Conference on Advances in Computing, Control, and Telecommunication Technologies*, 819-822. <https://doi.org/10.1109/ACT.2009.207>
 - [79] Taha, E. M., E. Emary, and K. Moustafa, "Automatic Optical Inspection for PCB Manufacturing: a Survey", *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5(7), 1095-1102.
 - [80] Kim, H.Y., & Araújo, S.A. (2007). Grayscale Template-Matching Invariant to Rotation, Scale, Translation, Brightness and Contrast. *Pacific-Rim Symposium on Image and Video Technology*, 100-113. https://doi.org/10.1007/978-3-540-77129-6_13
 - [81] Hashemi, N.S., Aghdam, R.B., Ghiasi, A.S., & Fatemi, P. (2016). Template Matching Advances and Applications in Image Analysis. *ArXiv, abs/1610.07231*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1610.07231>
 - [82] Gholipour, A., Kehtarnavaz, N., Briggs, R.W., Devous, M.D., & Gopinath, K.S. (2007). Brain Functional Localization: A Survey of Image Registration Techniques. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 26(4), 427-451. <https://doi.org/10.1109/TMI.2007.892508>
 - [83] Gesto-Díaz, M., Tombari, F., González-Aguilera, D., López-Fernández, L., & Rodríguez-Gonzálvez, P. (2017). Feature matching evaluation for multimodal correspondence. *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 129, 179-188. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2017.05.007>
 - [84] Song, D., Liu, L., Zhang, X., Qin, K., & Wang, L. (2022). A Novel Hog-Based Template Matching Method for SAR and Optical Image. *IGARSS 2022 - 2022 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 951-954. <https://doi.org/10.1109/IGARSS46834.2022.9884706>
 - [85] Le, M.T., & Lien, J.J. (2022). Lightweight Robotic Grasping Model Based on Template Matching and Depth Image. *IEEE Embedded Systems Letters*, 14(4), 199-202. <https://doi.org/10.1109/LES.2022.3181892>
 - [86] Chen, J., Hung, K., Lin, H., Chang, Y., Hwang, Y., Yu, C., Hong, C., Wu, C., & Chang, Y. (2012). Real-time FPGA-based template matching module for visual inspection application. *2012 IEEE/ASME International Conference on*

- Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)*, 1072-1076.
<https://doi.org/10.1109/AIM.2012.6265941>
- [87] Pham, I., Jalovecky, R., & Polasek, M. (2015). Using template matching for object recognition in infrared video sequences. *2015 IEEE/AIAA 34th Digital Avionics Systems Conference (DASC)*.
<https://doi.org/10.1109/DASC.2015.7311641>
- [88] Hezel, S., Kugel, A., Männer, R., & Gavrilă, D.M. (2002). FPGA-based template matching using distance transforms. *Proceedings. 10th Annual IEEE Symposium on Field-Programmable Custom Computing Machines*, 89-97.
[10.1109/FPGA.2002.1106664](https://doi.org/10.1109/FPGA.2002.1106664)
- [89] Nguyen, D.T. (2014). A Novel Chamfer Template Matching Method Using Variational Mean Field. *2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2425-2432. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2014.311>
- [90] Podrzaj, P. (2019, August). A brief demonstration of some Python GUI libraries. In *Proceedings of the 8th International Conference on Informatics and Applications ICIA2019*, 1-6.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Mustafa KARAKURT

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2019, Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
- **Yükseklisans** : Sakarya Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, Elektrik Mühendisliği Programı

MESLEKİ DENEYİM:

- 2020 yılından itibaren Nursan Kablo Donanımları firmasında Ar-Ge Laboratuvar Mühendisi olarak çalışmaktadır.

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER:

- Karakurt, M., Küçük A. (2023 7-8 Eylül). Araç sigorta kutularına hatalı sigorta yerleştirme tespitine yönelik şablon eşleştirme ve görüntü işleme tabanlı uygulama geliştirilmesi. S. Yücesu (Ed.), *Conference Proceeding of International Symposium on Automotive Science and Technology* (3, 156-166) içinde. Ankara, Türkiye

DİĞER ESERLER:

- Yıldırım S.Y., Kızıl H., Karakurt M. (2023 7-8 Ekim). Kablo tesisatlarında sızdırmazlık malzemesi olarak EPDM grometlerin üretimi ve geliştirilmesi. S. Hacıyev, H. Çiftçi (Ed.), *International Scientific Resarch and Innovation Congress* (6, 469-482) içinde. İstanbul, Türkiye