



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**KONFEKSİYON SEKTÖRÜNDE BASKI VE
NAKIŞ KALİTE KONTROLÜNDE GÖRÜNTÜ
İŞLEME YÖNTEMİNİN ENDÜSTRİYEL
UYGULAMASI**

Hiranur YALÇIN KAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

**Ağustos-2025
KONYA
Her Hakkı Saklıdır.**

TEZ KABUL VE ONAYI

Hiranur YALÇIN KAN tarafından hazırlanan “Konfeksiyon Sektöründe Baskı ve Nakış Kalite Kontrolünde Görüntü İşleme Yönteminin Endüstriyel Uygulaması” adlı tez çalışması 22/07/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KAYIRICI

.....

Danışman

Prof. Dr. Hüseyin ARIKAN

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim DEMİRCİ

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../2025 gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Havvanur UÇBEYİAY
FBE Müdürü

İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Yusuf UZUN

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

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

İmza

Hıranur YALÇIN KAN

Tarih: 22.08.2025

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KONFEKSİYON SEKTÖRÜNDE BASKI VE NAKIŞ KALİTE KONTROLÜNDE GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMİNİN ENDÜSTRİYEL UYGULAMASI

Hiranur YALÇIN KAN

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin ARIKAN

2025, 53 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Hüseyin ARIKAN
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KAYIRICI
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim DEMİRCİ

Bu tez, konfeksiyon sektöründe baskı ve nakış kalite kontrol süreçlerinde görüntü işleme tekniklerinin uygulanabilirliğini incelemekte ve Beybo firması üzerinde gerçekleştirilen bir örnek uygulamayı ele almaktadır. Tez kapsamında, baskı ve nakış hatalarının tespitine yönelik bir kalite kontrol sistemi geliştirilmiştir. Sistem, bir referans numune ile üretimden çıkan ürünleri karşılaştırarak hataları otomatik olarak algılayabilmekte ve operatör müdahalesini en aza indirmektedir. Tezde, sistemin yapısı ve işleyişi detaylı bir şekilde açıklanmış; Raspberry Pi tabanlı bir donanım altyapısı ile kamera ve ışıklandırma entegrasyonu gerçekleştirilmiştir. Hataların tespiti sonrasında sistem, görsel bir uyarı mekanizması (kırmızı-yeşil ışık) ile sonuçları operatöre bildirmektedir. Bu uygulama, kalite kontrol süreçlerindeki insan hatalarını azaltmış, verimliliği artırmış ve süreçleri dijitalleştirerek iş gücü maliyetlerini düşürmüştür. Sonuç olarak, görüntü işleme ile kalite kontrol sistemleri, konfeksiyon sektöründe yüksek hassasiyetli hata tespiti ve süreç iyileştirmesi için yenilikçi bir çözüm sunmaktadır. Bu çalışma, sektör için benzer uygulamalara rehberlik edebilecek bir örnek teşkil etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü İşleme, Hata Tespiti, Kalite Kontrol, Raspberry Pi

ABSTRACT

MS THESIS INDUSTRIAL APPLICATION OF IMAGE PROCESSING METHOD IN PRINTING AND EMBROIDERY QUALITY CONTROL IN THE APPAREL INDUSTRY

Hiranur YALÇIN KAN

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

Advisor: Prof. Dr. Hüseyin ARIKAN

2025, 53 Pages

Jury

**Prof. Dr. Hüseyin ARIKAN
Asst. Prof. Dr. Mehmet KAYRICI
Asst. Prof. Dr. İbrahim DEMİRÇİ**

This thesis investigates the applicability of image processing techniques in the quality control processes of printing and embroidery within the apparel industry, through an implementation conducted at Beybo, a textile manufacturing company. Within the scope of the study, a quality control system was developed to detect defects in printed and embroidered products. The system operates by comparing each item from the production line with a predefined reference sample, enabling automatic defect detection and significantly reducing the need for manual inspection. The system's structure and workflow are explained in detail, including its hardware integration using a Raspberry Pi, camera, and lighting setup. Upon detecting a defect, the system provides instant feedback to the operator through a visual alert mechanism involving red and green lights. This application has reduced human error, improved inspection speed, enhanced process efficiency, and contributed to cost reduction by digitizing quality control tasks. The findings demonstrate that image processing-based quality control systems can offer a highly accurate and efficient solution for detecting defects in the textile industry. The study sets an example for similar applications and contributes to the digital transformation of traditional inspection processes in apparel production.

Keywords: Image Processing, Defect Detection, Quality Control, Raspberry Pi

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında, öncelikle tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Hüseyin Arıkan'a ve ikinci danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Yusuf Uzun'a; bilgi, deneyim ve yönlendirmeleriyle çalışmamın her aşamasında bana rehberlik ettikleri, akademik bakış açımı geliştirmeme katkı sundukları ve her zaman destekleyici yaklaşımlar sergiledikleri için en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin uygulama aşamasında her türlü desteği sağlayan ve verilerini paylaşmaktan çekinmeyen Beybo Tekstil ailesine; özellikle üretim süreçlerinde iş birliği yapan tüm çalışanlara katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Ayrıca, bu süreçte manevi desteğini her zaman yanımda hissettiğim aileme, hayat yolculuğumda en büyük destekçim olan sevgili eşime ve tez sürecinde bana tarifsiz bir motivasyon kaynağı olan oğluma, gösterdikleri sabır, anlayış ve sonsuz destek için minnettarım.

Hiranur YALÇIN KAN
KONYA-2025

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Konfeksiyon Sektöründe Kalite Kontrolün Önemi	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
3.1. Tekstilde Karşılaşılan Hata Türleri.....	12
3.1.1. Baskı hataları	12
3.1.2. Nakış hataları	13
3.2. Görüntü İşleme.....	14
3.2.1. Görüntü işleme teknikleri	14
3.2.1.1. Ön işleme.....	14
3.2.1.2. Segmentasyon ve öznetelik çıkarımı.....	15
3.2.1.3. Yüksek seviye işleme ve karar verme	15
3.3. Python ile Görüntü İşleme	17
3.4. Görüntü İşleme Teknikleriyle Yapılan Uygulamada Kullanılan Materyaller	19
3.4.1. Raspberry Pi 4 Model B.....	19
3.4.2. Raspberry Pi uyumlu kamera.....	20
3.4.3. Diğer modüller.....	21
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	27
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	36
5.1. Sonuçlar	36
5.2. Öneriler	37
5. KAYNAKLAR	38

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
A	: Amper (Elektrik akımı birimi)
cm	: Santimetre (Uzunluk ölçü birimi)
GHz	: Gigahertz (İşlemci hız birimi)
mm	: Milimetre (Uzunluk ölçü birimi)
Mp	: Megapiksel
V	: Volt (Elektrik gerilim birimi)

Kısaltmalar

AI	: Yapay Zekâ (Artificial Intelligence)
AI-DIP	: Yapay Zekâ Destekli Dijital Görüntü İşleme
API	: Uygulama Programlama Arayüzü (Application Programming Interface)
ARM	: Gelişmiş RISC Makinesi (Advanced RISC Machine)
BLE	: Düşük Enerjili Bluetooth (Bluetooth Low Energy)
Broadcom 2711	: Çip model numarası
COLMSTD	: Renk ve Parlaklık İstatistiksel Hata Tespit Sistemi (Color and Luminosity Statistical Defect Detection)
CPU	: Merkezi İşlem Birimi (Central Processing Unit)
DIP	: Dijital Görüntü İşleme (Digital Image Processing)
DMC-TZ80	: Panasonic Lumix kameranın model adı
Faster R-CNN	: Derin öğrenme tabanlı nesne tespit modeli
GB	: Gigabayt (Gigabyte)
GLCM	: Gri Seviye Eş Oluşum Matrisi (Gray Level Co-occurrence Matrix)
GPIO	: Genel Amaçlı Giriş/Çıkış (General Purpose Input/Output)
HDMI	: Yüksek Çözünürlüklü Multimedya Arayüzü (High-Definition Multimedia Interface)
HEVC	: Yüksek Verimli Video Kodlama (High Efficiency Video Coding)
IEEE	: Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (Institute of Electrical and Electronics Engineers)
ITK	: Görüntü Bölütleme ve Kayıt Takımı (Insight Segmentation and Registration Toolkit)
J48	: Karar Ağacı Algoritması (Decision Tree Algorithm)
LBP	: Yerel İkili Örüntü (Local Binary Pattern)
LED	: Işık Yayan Diyot (Light Emitting Diode)
NumPy	: Sayısal Python (Numerical Python)
OCR	: Optik Karakter Tanıma (Optical Character Recognition)
OpenCV	: Açık Kaynak Bilgisayarla Görü İşleme Kütüphanesi (Open Source Computer Vision Library)
PIL	: Python Görüntü Kütüphanesi (Python Imaging Library)
PyCharm	: JetBrains tarafından geliştirilen bir Python IDE'si
RAM	: Rastgele Erişimli Bellek (Random Access Memory)
Raspberry Pi	: Geliştirme kartı
Scikit-Image	: Görüntü işleme için Python kütüphanesi
Scopus	: Akademik yayınları indeksleyen veri tabanı

SimpleITK	: ITK için geliştirilmiş basit arayüz
SoC	: Çip Üzerinde Sistem (System on Chip)
SVM	: Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machines)
USB	: Evrensel Seri Veri Yolu (Universal Serial Bus)
YOLO	: Gerçek zamanlı nesne tespit algoritması (You Only Look Once)
YOLOv5	: "You Only Look Once" adlı nesne tespit algoritmasının 5. versiyonu
CLAHE	: Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization
RGB	: Red Green Blue (Renk Uzayı)
HSV	: Hue Saturation Value (Renk Uzayı)
SVM	: Support Vector Machine
CNN	: Convolutional Neural Network

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Tekstil dikim prosesi algoritması (Beybo A.Ş.).....	11
Şekil 3.2. Görüntü işleme proseslerinin şematik akış diyagramı	17
Şekil 3.3. Raspberry Pi 4 Model B çeşitli pin ve konnektör yapıları (Abdul Kadhar ve Anand, 2021)	20
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan kamera modeli	21
Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan diğer modüller	21
Şekil 3.6. Yazılım akış şeması.....	23
Şekil 3.7. Sistem görseli (1: Raspberry Pi uyumlu kamera, 2: Raspberry Pi dokunmatik ekranı, 3: Breadboard ve devre elemanları, 4: Sisteme uygun aydınlatmalı kalite kontrol masası)	24
Şekil 3.8. Hatalı ve hatasız üründe LED gösterimi	24
Şekil 4.1. Yağ lekesini algılamayan hata tespit örneği.....	28
Şekil 4.2. Baskı modelinde hata tespit çalışması (Referans numune- Ürün karşılaştırması).....	28
Şekil 4.3. Baskı modelinde hata tespit çalışması (Kumaş katlanması-Boya yayması) ..	29
Şekil 4.4. Baskı modelinde hata tespit çalışması (Hatasız ürün).....	29
Şekil 4.5. Nakış modelinde hata tespit çalışması (a) Sargı hatası, b) Nakış kayması) ...	30
Şekil 4.6. Manuel kontrol ile görüntü işleme sisteminin karşılaştırmasının sütun grafiği ile gösterimi	31
Şekil 4.7. Baskı kalite kontrol süreleri (a: Manuel kontrol, b: Görüntü işleme sistemi ile kontrol).....	33
Şekil 4.8. Nakış kalite kontrol süreleri (a: Manuel kontrol, b: Görüntü işleme sistemi ile kontrol).....	34

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Sistem PSEUDO kodu.....	22
Çizelge 4.1. Manuel kontrol ve görüntü işleme sisteminin karşılaştırması.....	31

1. GİRİŞ

Tekstil sektörü, istihdam ve ekonomik büyümenin önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Türkiye, tekstil üretiminde dünyada çok değerli bir yere sahiptir.

1980'lerden itibaren, sektör ihracata dayalı bir büyüme stratejisi benimsemiş ve küresel hazır giyim piyasasında önemli bir tedarikçi haline gelmiştir. Ancak, 21. yüzyıla girerken yaşanan büyük değişimlerle birlikte, bu dönüşümden tüm ülkeler ve endüstriler çeşitli seviyelerde etkilenmektedir (Arslan, 2008). Değişen rekabet koşulları, tekstil sektöründe sürekli yenilenme ve geliştirme ihtiyacı doğurmuştur. Aynı zamanda, çevresel sorumluluk ve sürdürülebilirlik talepleri artmakta, bu da üreticileri dijitalleşmeye, otomasyona yani yenilikçi yöntemlere itmiştir. Bu yenilikçi yöntemler üretim verimliliğini artırmakta, hata ve maliyetleri azaltmaktadır.

1.1. Konfeksiyon Sektöründe Kalite Kontrolün Önemi

Konfeksiyon sektörü, üretim sürecinde birçok farklı süreçten oluşmakta olup, bu süreçlerin her biri ürün kalitesini doğrudan etkilemektedir. Bu süreçlerde meydana gelebilecek hatalar maliyetlerin artmasına ve müşteri memnuniyetsizliğine yol açmaktadır.

Kalite, yalnızca ürünün hammaddesine bağlı kalmaz; aynı zamanda tasarım süreci, montaj aşamaları ve üzerine eklenen parçaların uyumu gibi unsurlar da büyük bir rol oynar. Bir ürünün kalitesini belirleyen faktörler arasında doğru hammaddelerin seçilmesi kadar estetik ve işlevsel bir tasarımın oluşturulması, montajın titizlikle yapılması ve eklenen bileşenlerin ürünle bütünleşmesi de kritik öneme sahiptir (Çelik ve Tekin, 2020). Özellikle fabrikalarda üretilen ürünlerin dikkatli bir şekilde kalite kontrolünden geçirilmesi son derece önemli bir yere sahiptir. Üretim hattından hatalı ürünlerin fark edilmeden geçmesi firmalar için büyük mali kayıplara ve itibar zedelenmesine yol açabilir. Müşterilere ulaşıktan sonra ürünlerin iade edilmesi veya piyasadan geri çekilmesi yalnızca ek masraf doğurmakla kalmaz, aynı zamanda müşteri güvenini sarsar ve markanın imajına zarar verir. Bu sebeple, üretim süreçlerinde etkin bir kalite kontrol sistemi kurmak, maliyetleri yönetmek ve marka değerini korumak adına kritiktir (Orak ve Çelik, 2017).

Üretimin her aşamasında kaliteyi kontrol etmek amacıyla test, ölçüm ve inceleme süreçleri vardır. Üretim süreci ham maddelerin girişinden başlayarak tüm ara süreçler ve nihai ürünün tamamlanmasına kadar titizlikle izlenir. Bu muayene süreçleri ürünlerin belirlenen kalite standartlarına uygun olup olmadığını değerlendirmek, olası hataları tespit etmek ve üretimdeki kusurları minimize etmek için yapılır. Bu kontrol genellikle göz ile yapılmaktadır. Fakat göz ile kontrol geleneksel yöntem olarak kabul edilmektedir. Bu geleneksel yöntemlerin yanı sıra günümüzde yapay görme sistemleri gibi ileri teknoloji araçları da insan gözlemi ile birlikte kalite kontrol süreçlerinde önemli bir rol oynamaktadır. Bu sayede, hata tespiti daha hassas ve hızlı bir şekilde yapılabilmektedir (Özcan, 2024).

Yapay görme sistemleri, özellikle büyük veri setlerinin hızlı bir şekilde işlenmesi gereken senaryolar için oldukça etkilidir. Bu sistemler ürünlerin yüzeylerini detaylı bir şekilde tarayarak çeşitli kusurları, renk farklılıklarını, boyutsal sapmaları ve görsel hataları tespit etme yeteneğine sahiptir. Ayrıca, insan gözünün fark edemeyebileceği ince hataları ve tutarsızlıkları yakalayıp kalite kontrol süreçlerine büyük katkı sağlar (Ren vd., 2022). Yapay görme sistemleri, bilgisayarlı görü ve yapay zekâ teknolojilerinden faydalanarak görsel verileri anlamlandırma ve yorumlama yeteneğine sahip gelişmiş sistemlerdir. Bu sistemler çeşitli kameralar veya sensörler aracılığıyla elde edilen görüntüleri işleyerek nesnelere tanıma, sınıflandırma, konumlandırma, ölçüm yapma ve kalite kontrolü sağlama gibi önemli işlevleri yerine getirebilir. Yapay görme, yalnızca endüstriyel alanlarda değil sağlık sektörü, tarım, güvenlik ve otomotiv gibi birçok farklı sektörde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Sarker, 2021). Yapay görme teknolojileri, üretim süreçlerinde otomasyonun artırılmasına ön ayak olur. Bu teknoloji sayesinde ürün kontrolünde insan müdahalesi azalır ve süreçlerin hızını ve doğruluğunu artırır. Bu da hem verimliliğe hem de ürün kalitesine önemli derecede etki eder. Üretimde ki bu sistemler sadece anlık değerlendirmeler yapmakla kalmaz aynı zamanda verileri analiz ederek sürekli iyileştirme süreçlerine de katkı sağlar. Öte yandan yapay görme sistemleri seri üretim hatları için de idealdir. Hassas ölçümler yaparak insan faktörünü ortadan kaldırıp kusurları tespit edebilir (Javaid vd., 2022). Sonuç olarak yapay görme sistemleri modern üretim ortamlarında kalite kontrolün vazgeçilmez bir unsuru haline gelmiştir.

Günümüzde yapay görme sistemlerinin tekstil sektörüne entegrasyonu sadece hata tespiti açısından değil aynı zamanda üretim süreçlerinin dijitalleşmesi ve

sürdürülebilirlik hedefleri açısından da önem kazanmaktadır. Dijital kalite kontrol sayesinde hem fire oranları azalmakta hem de yeniden işleme süreçlerinden doğan enerji ve kaynak israfı minimize edilmektedir. Ayrıca, elde edilen veriler uzun vadede üretim planlaması, makine bakımı ve personel eğitimi gibi alanlarda da kullanılabilmekte bu da firmaların rekabet gücünü artırmaktadır. Bu yönüyle yapay görme teknolojileri yalnızca kalite kontrolün etkinliğini yükseltmekle kalmayıp aynı zamanda işletmelerin stratejik karar alma süreçlerine de katkı sağlayan bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

Bu tezin amacı, konfeksiyon sektöründe baskı ve nakış kalite kontrolünde görüntü işleme yöntemlerinin önemini araştırmak ve Beybo Tekstil Fabrikası örneği üzerinden bu teknolojilerin sektördeki etkilerini incelemektir. Kalite kontrol aşamasında görüntü işlemenin insan hatalarını nasıl azalttığını sürecin verimliliğini nasıl artırdığını ve standart bir kalite kontrol süreci oluşturduğu ele alınacaktır. Beybo Tekstil gibi yenilikçi firmaların uygulamaları üzerinden yapılacak çalışma sektördeki diğer firmalar için de yol gösterici olabilir. Ayrıca, bu çalışma tekstil sektöründe yapay zekâ kullanımının önemine, yaygınlaşmasına ve verimliliğinin artmasına da katkıda bulunacaktır.

Bu tez kapsamında, Beybo'da kullanılan baskı ve nakış işlemleri sırasında meydana gelen hataların verileri kullanılacaktır. Veriler fabrikadaki birim sorumlularından ve kalite kontrol birimlerinden temin edilecek olup ürünler üzerinde gerçekleşen kalıp hatası, boya yayması, sargı hatası gibi hata türlerini içermektedir. Aynı zamanda, kalite kontrol süreçlerinde manuel olarak gerçekleştirilen hata tespit yöntemlerine ait raporlar da veri kaynakları arasında yer alacaktır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Yapay zekâ ve görüntü işleme tekniklerinin kalite kontrol süreçlerinde kullanımı son yıllarda büyük ilgi görmüştür. Özellikle tekstil sektöründe üretim süreçlerinin daha verimli olması ve insan kaynaklı hataların en aza indirilmesi amacıyla yapay zekâ tabanlı çözümler geliştirilmektedir. Literatürde, tekstil üretim hatalarının tespitine yönelik çeşitli yapay zekâ uygulamaları ele alınmış olmakla birlikte bu çalışmaların büyük bir kısmı genel üretim süreçlerine odaklanmaktadır.

Çelik ve Tekin (2020) yaptıkları çalışmada, tekstil ürünleri üzerindeki baskıların kalite kontrol aşamasında insan tarafından kontrol edilmesi yerine yazılım ve donanım vasıtasıyla otomatik bir sistem tarafından yapılması için kullanılabilecek bir uygulama geliştirmişlerdir. Yüzeyler için kusur tespitini COLMSTD algoritmasıyla yapmışlardır. Ancak çalışmada kullanılan veri seti sınırlı kalmış sadece tekrar eden desenler üzerinde bir çalışma yapılmıştır.

Özcan (2024), kalite kontrol süreçlerinde insan değerlendirmesi ile yapay görme sistemleri arasındaki avantajları ve dezavantajları karşılaştırmıştır. Yapay görme sistemleri analiz hızında öne çıkarken insanların özellikle karmaşık durumlarda nihai kararı verebilme kabiliyetine sahip olduğu tespit edilmiştir. Hangi yöntemin tercih edileceği yapılan ölçümün özelliklerine, karmaşıklığına ve ihtiyaçlarına bağlı olarak belirlenmesi gerektiğine dikkat çekilmiştir. Çalışma her iki yöntemin de kendine has güçlü yönleri olduğunu vurgulamakta ve uygun yöntemin seçiminde bu faktörlerin dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Orak ve Çelik'in (2017) çalışmasında, otomatik görüntü işleme sistemlerinin günümüzde pek çok alanda gerekli hale geldiği vurgulanmıştır. Üretim süreçlerinde kusurlu ürünlerin tespiti üreticilerin karşılaşmak istemediği bir sorundur ve görüntü işleme bu kusurları belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Günümüzde kalite kontrol genellikle çalışanlar tarafından manuel olarak yapılmaktadır. Ancak bilgisayar destekli görüntü işleme sayesinde kusur tespitinin daha hızlı ve etkili bir şekilde gerçekleştirilebileceği belirtilmiştir. Çalışmada, görüntü işlemenin piksel temelli olması nedeniyle iş yükü oluşturabileceği bu sebeple işlem sürecinde hızın önemli olduğu durumlarda paralel görüntü işleme tekniğinin daha yararlı olacağı sonucuna varılmıştır.

Ngan ve arkadaşları (2011) tarafından yapılan çalışmada, son yıllarda geliştirilen otomatik kumaş kusur tespit yöntemleri kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Kumaş kusur tespiti tekstil üretiminde kalite kontrolün kritik bir parçası olup otomasyon alanında

giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu araştırma, benzer çalışmaların ötesine geçerek kumaş kusur tespit yöntemlerini daha geniş bir çerçevede ele almış ve bu yöntemleri yedi ana kategoriye ayırmıştır: istatistiksel, spektral, model tabanlı, öğrenme tabanlı, yapısal, hibrit ve motif tabanlı. Araştırmada her yöntemin başarı oranları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş ve güçlü ile zayıf yönlerine dikkat çekilmiştir. Özellikle motif tabanlı yaklaşımlar yenilikçi bir yöntem olarak öne çıkmakta ve gelecekteki araştırmalara yol göstermektedir. Bu çalışma, görüntü işleme ve bilgisayarla görme alanında araştırma yapanlar için önemli bir kaynak niteliğindedir.

Pınar ve arkadaşları (2020), görüntü işleme yöntemlerinin tekstil sektöründeki kalite kontrol aşamalarında önemli bir rol oynadığını vurgulamıştır. Özellikle kumaş üzerindeki üretim hatalarının tespiti, üretim verimliliği ve maliyet açısından kritik bir aşamadır. Bu nedenle kalite kontrol süreçlerinde otomatik ve akıllı sistemlerin kullanımı üzerine çalışmalar yapılmaktadır. %100 pamuk ipliğinden üretilmiş ve indigo boyarmaddesi ile boyanmış denim kumaşlarda hataların tespiti ve sınıflandırılması için görüntü işleme yöntemlerinin kullanıldığı bu çalışmada kumaş görüntülerinden özellik çıkarımı yapılmış ve farklı algoritmalarla analiz gerçekleştirilmiştir. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda en iyi performans gösteren algoritmanın J48 Karar Ağacı Algoritması olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, tekstil sektöründe kalite kontrol süreçlerinde otomasyonun potansiyel faydalarını ortaya koymaktadır.

Yıldız ve Taşhan (2023), yapay zekanın iş gücü üzerindeki etkilerini bir tekstil firması üzerinden araştırmıştır. 48 tekstil çalışanı ile yapılan görüşmelerde çalışanların yapay zekanın iş yaşamında kendilerine fayda sağlayacağını düşündükleri ancak aynı zamanda yapay zekaya karşı bir endişe duydukları tespit edilmiştir. Araştırma sonuçları, çalışanların yapay zekâ teknolojileri hakkında yeterli bilgiye sahip olmadığını ve bu tür çalışmaların yapay zekâ teknolojilerine yönelik farkındalığı artırabileceğini ortaya koymuştur.

Hacıfazlıoğlu ve Aydemir (2023), otomotiv parçaları üzerindeki yüzey kusurlarının tespit edilmesine yönelik bir çalışma yapmıştır. Geleneksel kontrol yöntemlerinin hataya daha açık olduğu belirlenmiştir. Bu hataların önüne geçmek amacıyla makine öğrenmesi ve görüntü işleme teknikleri kullanılarak otomatik bir sistem geliştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışmada derin öğrenme tabanlı bir yaklaşım benimsenerek YOLOv5 algoritması ile otomotiv parçaları üzerindeki yüzey kusurları tespit edilmiştir. Panasonic Lumix DMC-TZ80 kamerası ile çekilen fotoğraflar kullanılarak bir veri seti oluşturulmuş ve bu veri seti görüntü veri artırımı teknikleriyle

zenginleştirilmiştir. YOLOv5 ile eğitilen model PyCharm ortamında OpenCV kütüphanesi kullanılarak test edilmiştir. Test sonuçları otomotiv parçaları üzerindeki kusurların yüksek doğrulukla tespit edilebildiğini göstermiştir.

Güvenoğlu ve Bağırhan (2019), dokuma kumaşlar üzerinde oluşabilecek hataların üretim sırasında tespit edilmesi için bir görüntü işleme tekniği geliştirmiştir. Çalışmada kumaş üzerindeki dokusal özellikleri belirlemek amacıyla shearlet dönüşümü tekniği öznelik çıkarma yöntemi olarak kullanılmıştır. Bu yöntem, yüksek çözünürlüklü kameralar tarafından kaydedilen dokuma kumaş görüntülerinin detaylı analizine imkân tanımaktadır. Gerçek zamanlı hata tespiti sağlayan bu siste çözgü kopuğu, atkı kopuğu, delik, yırtık ve leke gibi yaygın dokuma kumaş hatalarını başarılı bir şekilde tespit edebilmiştir. Çalışma sonucunda üretim verimliliği artırılmış ve insan hatası minimuma indirilmiştir.

Bayram (2019) yaptığı çalışmada, metal sektöründe sac kesim işlemlerinde operatör kaynaklı hataları azaltmak ve daha hassas bir kalite kontrol sağlamak amacıyla geliştirilen görüntü işleme tabanlı bir ürün hata tespit sistemini ele almıştır. Çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada, bilgisayar ortamında morfolojik işlemler ve Hough dönüşümü kullanılarak farklı hata tespit yöntemlerinin başarımları karşılaştırılmıştır. Bu aşamada morfolojik işlemler %81, dairesel Hough dönüşümü ise %89 oranında başarı sağlamıştır. İkinci aşamada, Raspberry Pi Model 3 B+ kullanılarak dairesel Hough dönüşümü gömülü bir sistemde test edilmiştir. 10 MP kamera ile yapılan testlerde %96,29 oranında başarı elde edilmiştir. Sonuçlar, sistemin metal sektöründeki kalite kontrol uygulamalarında etkin bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir.

Hidayat ve arkadaşları (2025) tarafından yapılan çalışmada, dijital görüntü işleme (DIP) alanında yapay zekânın (AI) etkisini incelemek amacıyla, 1998-2023 yılları arasında Scopus veritabanından alınan 1063 yayının bibliyometrik analizi sunulmuştur. AI-DIP alanı özellikle 2020-2023 döneminde sağlık ve gerçek zamanlı görüntü işleme uygulamalarında hızla büyüyen yıllık %16,24'lük bir artış göstermiştir. Çin en fazla yayın hacmine sahip ülke olurken, ABD en yüksek atıf etkisini elde etmiştir. Çalışmada Tsinghua Üniversitesi ve California Üniversitesi gibi kurumların yanı sıra U. Rajendra Acharya gibi araştırmacıların sağlık odaklı katkıları öne çıkmıştır. Yüksek etkili dergiler arasında yer alan IEEE Transactions on Medical Imaging, AI tabanlı tıbbi görüntüleme ve teşhis konularında belirleyici bir rol oynamıştır. Bununla birlikte, veri gizliliği, algoritmik önyargılar ve şeffaflık gibi sorunlar bu alandaki gelişimin sorumlu ve etik bir şekilde ilerleyebilmesi için ele alınması gereken kritik zorluklar olarak belirtilmiştir.

Çalışma, AI-DIP alanının disiplinler arası yapısını ve gelecekteki araştırmalar için sunduğu fırsatları vurgulamaktadır.

Misra ve Mall (2024), yaptıkları çalışmada şeker pancarında görülen yaprak ve kök hastalıklarının hızlı ve doğru bir şekilde tespit edilmesini amaçlamıştır. Geleneksel yöntemlerin zaman alıcı, hataya açık ve geniş alanlarda pratik olmaması nedeniyle görüntü işleme ve makine öğrenimi teknikleri gibi yenilikçi yaklaşımlar incelenmiştir. Görüntü işleme teknolojisinin renk ayrımını kullanarak hastalık şiddetini belirlemede hızlı ve etkili bir yöntem olduğu gösterilmiştir. Sonuç olarak, görüntü işleme teknolojisinin hastalık teşhisi ve yönetiminde devrim niteliğinde bir katkı sunduğu belirlenmiştir. Çalışma ayrıca insansız hava araçları ve robotların otonom püskürtme operasyonlarıyla değişken oranlı ilaçlamayı mümkün kılarak tarımda sürdürülebilirliği desteklediğini ortaya koymuştur. Bu bulgular tarımda erken teşhis ve etkili müdahale ile hastalık kaynaklı verim kayıplarının en aza indirilmesine yönelik önemli bir yol haritası sunmaktadır.

Baloch ve arkadaşları (2023), gıda ve sebzelerin kalite analizini görseller üzerinden yapmayı amaçlamıştır. Mevcut literatür incelenerek görsel doğruluğu artıran bir yazılım geliştirilmiştir. Python ve TensorFlow Lite kullanılarak açık kaynaklı bir veri setiyle tasarlanan bu yazılım gıda ve sebzeleri sıralayıp derecelendirerek insan temelli sıralama hatalarına kıyasla daha az hata yapmaktadır. Uygulama %94 doğruluk oranı ile sınıflama yapabilmektedir. Gıda kalitesinin değerlendirilmesi, özellikle tüketicilerin kaliteli gıda almasını sağlamak açısından büyük önem taşımaktadır. Bu yazılım pahalı cihazları kullanma imkânı olmayan bireylerin de kaliteli gıda seçiminde yardımcı olmayı amaçlamaktadır. Yapay zekâ, makine öğrenimi, TensorFlow ve görüntü işleme teknolojileri ile geliştirilen bu masaüstü uygulaması kullanıcıların gıda kalitesini ve besin değerlerini analiz etmelerini sağlamaktadır. Veri toplama aşamasında %97 doğruluk oranı elde edilmiştir. Bu uygulama, tarım endüstrisi ve araştırmacılar için önemli bir araç olarak değerlendirilmektedir.

Alyas ve Mohammed (2022) çalışmalarında, bitki hastalıklarının görüntüler üzerinden tanımlanmasında kullanılan görüntü işleme ve makine öğrenimi tekniklerini tanıtmaktadır. Bitki hastalıklarını sınıflandırmada önemli faktörler arasında fotoğraf koleksiyonu boyutu, ön işleme, segmentasyon, sınıflandırıcı türleri ve çözünürlük yer almaktadır. SVM (Destek Vektör Makineleri) ve K-means kümeleme teknikleri bitki hastalıklarının tespitinde etkili bulunmuştur. Çalışma yaprak hastalıkları üzerine odaklanmış ve yapraktaki hastalıklı bölgeleri tespit etmek için K-Kümeleme

segmentasyonu kullanılmıştır. Görüntü işleme ve makine öğrenimi teknikleriyle bitki hastalıklarını doğru şekilde tanımlamak ve kategorize etmek mümkündür. Gelecekte veri seti genişletilerek doğruluk artırılacak ve sistemin hız ve doğruluk oranları karşılaştırılabilir hale getirilecektir. Bu yöntemler, tarımda bitki hastalıklarını doğru tespit etmek için kritik öneme sahiptir.

Nawaf (2019), kumaş fabrikasında kalite kontrolünü otomatikleştiren bir sistem geliştirmeyi amaçlamıştır. Fourier dönüşümü ve Gabor filtreleri gibi görüntü işleme teknikleri kullanılarak kumaş yüzeyindeki kusurlar tespit edilmiştir. Sistemde görüntülerin yüksek çözünürlükte yakalanması, hızlı aktarım ve doğru enstantane süresi gibi faktörler dikkate alınmıştır. Geliştirilen sistem görüntüleri işleyerek defektleri tespit eder ve doğru sınıflandırma yapar. Denemeler %94,9 tespit doğruluğu ve %90,5 sınıflandırma doğruluğu elde edilmiştir; ancak derin öğrenme yöntemi (Faster R-CNN) daha düşük sonuçlar vermiştir. Gelecekte sınıflandırma doğruluğunu artırmaya yönelik iyileştirmeler planlanmaktadır.

Aksoy ve ark. (2023), hurma meyvesinin kalite sınıflandırmasında görüntü işleme ve yapay zekâ tekniklerini kullanarak satış sürecini daha verimli hale getirmeyi amaçlamaktadır. Özgün bir veri setiyle iyi, orta ve kötü kalite sınıflarına ayrılan hurma meyveleri dört farklı derin öğrenme modeli (MobileNetV2, ResNetV2-50, DenseNet-201, Inception-v3) ile eğitilmiştir. MobileNetV2 modeli %95 doğruluk oranı ile en başarılı sonuçları vermiştir. Çalışma yapay zekâ uygulamalarının tarım sektöründe kalite kontrol süreçlerine önemli katkılar sağladığını göstermektedir. Genel olarak modellerle %90'ın üzerinde doğruluk oranı yakalanmış, ancak toplamda 61 yanlış etiketleme yapılmıştır. Gelecekte veri setinin genişletilmesi ve farklı yapay zekâ modelleri ile gerçek zamanlı bir sisteme entegrasyon planlanmaktadır. Bu çalışma hurma meyvesi özelinde kalite kontrol süreçlerini hızlandırmak ve akademik literatüre katkı sağlamak açısından önemlidir.

Demir ve ark. (2016), görüntü işleme tekniklerinin tarımsal uygulamalardaki kullanımını ele almış ve yabancı ot türlerinin renk özelliklerini analiz etmek için dijital kamera ve renk ölçüm cihazı verilerini karşılaştırmıştır. Sirken (*Chenopodium album* L.), Yabani Marul (*Lactuca serriola*) ve Eşek Marulu (*Sonchus hierrensis*) türlerine odaklanan araştırmada yalnızca dijital kameradan elde edilen verilerin görüntü işleme teknikleriyle yeterli bilgi sağladığı ve renk ölçüm cihazı kullanımının zorunlu olmadığı belirlenmiştir. Bu çalışma, görüntü işleme tekniklerinin tarımsal alandaki potansiyelini ve pratik uygulamalardaki etkinliğini vurgulamaktadır.

Gezer (2021), tıbbi görüntüleme yöntemlerini ve bu yöntemlerde kullanılan görüntü işleme tekniklerini incelemeyi amaçlamıştır. Görüntü işleme, bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans ve ultrason gibi teknolojilerle elde edilen tıbbi görüntülerin işlenmesini, zenginleştirilmesini ve analizini kapsar. Artan veri ve işlem gücü temel görüntü işleme tekniklerinin ötesinde yeni yöntemlerin gelişmesini sağlamıştır. Çalışmada görüntü işleme adımları ve sağlık alanındaki uygulamaları özetlenmiş ve bu teknolojilerin teşhis ve tedavi süreçlerine katkıları vurgulanmıştır.

Çağıl ve ark. (2019), gıda ambalajı üretiminde ürün yüzeylerindeki hataların görüntü işleme yöntemleri ile tespit edilmesini amaçlamıştır. Operatörlerin gözle muayene süreçlerinde hataları kaçırma olasılığını ve bunun yol açtığı maliyetleri en aza indirmek için PyCharm platformunda Python programlama dili ve OpenCV kütüphanesi kullanılarak bir hata tespit sistemi geliştirilmiştir. Çalışmada, renk maskeleye ve HSV formatında dönüşüm yapılarak mavi arka plan ayrıştırılmış, kenar algılama yöntemleri ile görüntülerdeki hatalı kısımlar belirlenmiştir. Boya, bıçak çizigi, ayarsızlık ve parlama gibi hata türleri tespit edilerek bir veri tabanı oluşturulmuştur. Veri tabanındaki görüntülerle 10 operatörün gözle tespit performansı karşılaştırılmış ve görüntü işleme yönteminin daha etkili ve güvenilir olduğu görülmüştür. Bu sistem üretimde hata tespitini otomatikleştirerek zaman tasarrufu ve yüksek performans sağlamıştır.

Meral (2024), çalışmasında desenli kumaş görüntülerinde kusur tespiti üzerine odaklanmış ve Textile Texture Database (TILDA) veri seti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma, topluluk yöntemleri ve klasik sınıflandırma yaklaşımları ile kumaş kusurlarının (örneğin, delik, kesik, iplik hatası, renk hatası) etkili bir şekilde tespit edilmesini amaçlamaktadır. Kusursuz kumaşlar ile kusurlu kumaşları ayırt etmek üzere bir sınıflandırma modeli geliştirilmiş ve veri setine çeşitli teknikler uygulanmıştır. Veri artırımı, GLCM (Gray Level Co-occurrence Matrix) ve LBP (Local Binary Pattern) gibi özellik çıkarım yöntemleri ile filtreleme tekniklerinin sınıflandırma performansı üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan C3-R1, C3-R3, C4-R1 ve C4-R3 veri setleri üzerinde bu yöntemlerin başarı oranları sırasıyla %99, %96, %99 ve %93 olarak elde edilmiştir. Bu çalışma, desenli kumaşlarda kusur tespiti için kullanılan sınıflandırma yöntemleri ve özellik çıkarım tekniklerinin performansını sistematik bir şekilde değerlendirerek, tekstil endüstrisinde otomatik kusur tespitine yönelik önemli bir kaynak sunmaktadır.

Aydın (2022), bu çalışmada kâğıt bardak üretiminde hatalı ürünlerin tespiti için görüntü işleme ve yapay zekâ yöntemlerini kullanarak bir sistem tasarlamıştır. YOLO ve

Haarcascade algoritmaları kamera ile gerçek zamanlı görüntü işleme yaparak hatalı bardakları tespit etmekte kullanılmıştır. Hatalı ürünler üretim bandından bir pistonla ayrılmıştır. Sistemde Python ve OpenCV kütüphaneleri kullanılarak geliştirilmiş bir yapay zekâ modeli ile hata tespiti yapılmıştır. YOLOv5x mimarisiyle yapılan uygulamada %90,8 doğruluk oranı elde edilmiştir. Bu sistem üretim hattındaki hata tespitini daha hızlı ve doğru şekilde yapmayı sağlamaktadır.

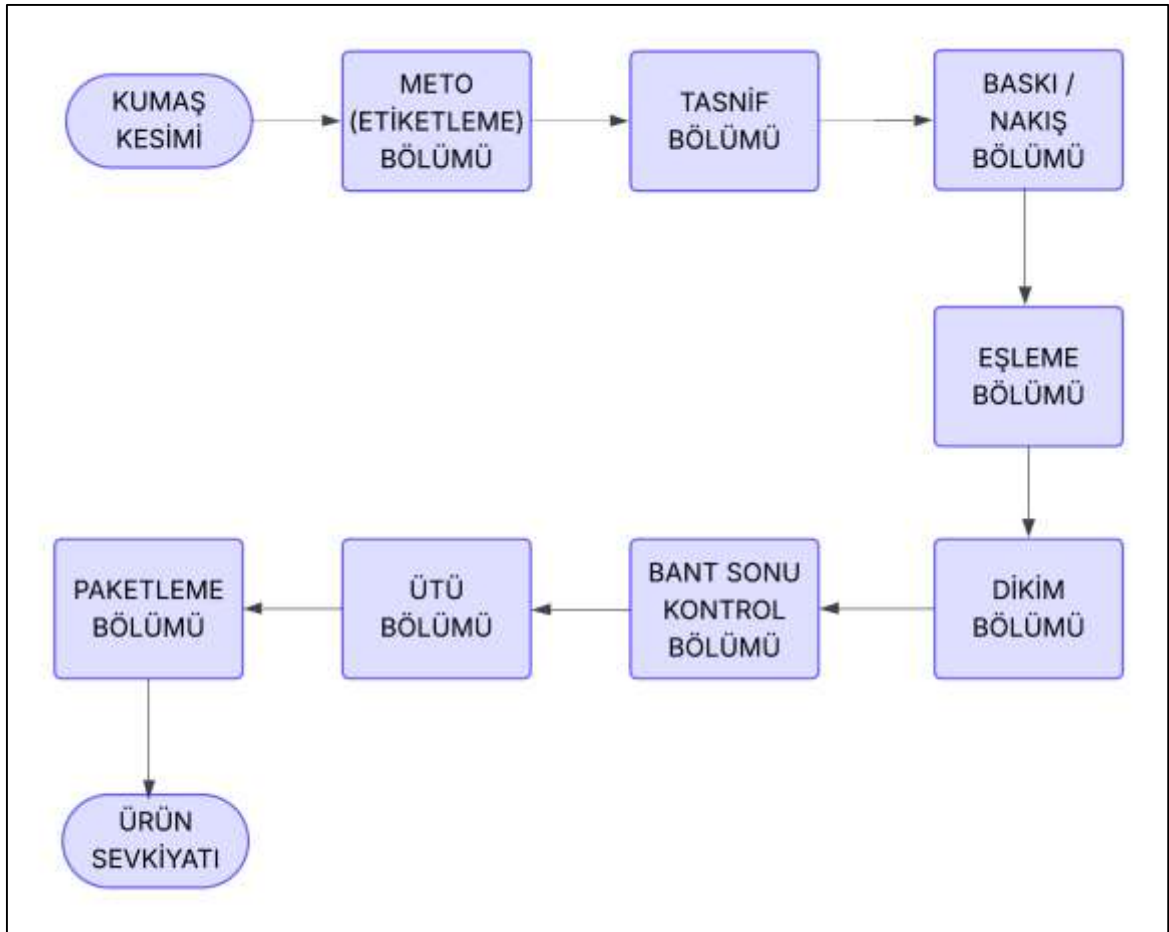
Kuyumcu (2022), otomotiv endüstrisinde görüntü işleme yöntemlerinin kullanımını incelemiştir. Görüntü işlemenin insan güvenliği ve otomobil parçalarının kalite kontrolü gibi süreçlerde etkili bir şekilde uygulanabileceği gözlemlenmiştir. Çalışmada otomobil parçalarında olabilecek hatalar (fazla delik, eksik delik, yırtılma, dalgalanma, malzeme hataları vb.) tespit edilmeye çalışılmıştır. Hatalı parçalarla oluşturulan bir veri kümesinde normalizasyon, öznitelik çıkarımı ve sınıflandırma metotları uygulanarak hatalı parçalar ayırt edilmeye çalışılmıştır. Sonuçlar, kalite kontrol süreçlerinin dijitalleşmesi, iş sağlığı ve güvenliği, montaj ve üretim süreçlerinde dijitalleşmeye katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Literatür incelendiğinde, yapay zekâ ve görüntü işleme teknolojilerinin birçok sektörde kalite kontrol amacıyla etkin bir şekilde uygulandığı görülmektedir. Farklı alanlarda yürütülen çalışmalarda başarılı sonuçlar elde edilmiş ve kalite kontrol süreçlerinde etkili çözümler sunulmuştur. Ancak tekstil sektörü özelinde yapılan çalışmaların çoğunlukla kumaş yüzeyindeki hataların tespitine odaklandığı dikkat çekmektedir. Bu çalışmalarda, genellikle kumaş kusurları gibi belirgin hataların tespiti amaçlanmış olup, baskı ve nakış gibi daha öznel ve ince işçilik gerektiren alanlara dair yeterli çalışma bulunmamaktadır. Bu tez çalışması, görüntü işleme yöntemlerini kullanarak tekstil sektöründe baskı ve nakış süreçlerine özgü hata tespitini ele almakta ve bu alandaki eksiklikleri gidermeye yönelik katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Artan yüksek kaliteli ürün talepleri ve hızla değişen ekonomik şartlar hazır giyim üreticilerinin doğru kalitede ürün üretmelerini daha da önemli hale getirmektedir. Üretim sürecindeki hataları minimize etmek ve süreç performansını iyileştirmek için değişkenlik kaynaklarının belirlenmesi de büyük bir önem taşır (Ersöz vd., 2021).

Bu çalışmada, Konya Seydişehir’de faaliyet gösteren bir konfeksiyon fabrikasının baskı ve nakış bölümleri incelenmiştir. Konfeksiyon üretimi yapan Beybo Tekstil, 2002 yılında kurulmuş olup, yaklaşık 600 çalışanıyla birçok markaya üretim yapmaktadır. Şekil 3.1’de de görüldüğü üzere işletmenin birçok bölümü bulunmaktadır. Baskı ve nakış bölümü de büyük bir öneme sahiptir. Çalışmada, baskı ve nakış bölümleri dikkate alınarak kalite kontrol aşamasında görüntü işleme teknolojisinin kullanılması hedeflenmiştir.



Şekil 3.1. Tekstil dikim prosesi algoritması (Beybo A.Ş.)

Beybo Tekstil’de üretim süreci, kumaşın hazırlanmasından ürünün sevkiyatına kadar planlı ve sistematik bir şekilde yürütülmektedir. Bu süreci ifade eden algoritma her bölümün sırasıyla nasıl işlediğini ve üretim hattındaki görevini ortaya koymaktadır. Üretim kumaş kesimi ile başlar. Müşteri taleplerine uygun olarak belirlenen kalıplar doğrultusunda kumaşlar kesilir ve sonraki aşamaya hazır hale getirilir. Kesimden çıkan parçalar Meto (Etiketleme) bölümü’ne gönderilir. Burada parçalar üretim takibini model, beden ve renk gibi kriterlere göre ayrıştırılır ve düzenlenir. Ardından ürünler görsel bütünlüğü sağlayacak işlemler için Baskı/Nakış Bölümü’ne yönlendirilir. Bu aşamada ürünlere baskı ya da nakış gibi dekoratif ve marka değerini artıran uygulamalar yapılır. Baskı veya nakış işlemi tamamlanan ürünler eşleme bölümüne gönderilir. Burada ürünün tüm parçalarının doğru bir şekilde eşleştirilmesi sağlanır. Eşlemesi tamamlanan parçalar, dikim bölümüne alınarak ürünün son şekli verilir. Dikimi biten ürünler, kalite kontrol açısından kritik öneme sahip olan bant sonu kontrol bölümüne gider. Burada ürünler tek tek incelenerek hatalı üretim olup olmadığı kontrol edilir. Kontrolde geçen ürünler, düzgün bir görünüm kazandırılması için ütü bölümüne aktarılır. Ütü işlemi tamamlanan ürünler, son kullanıcıya ulaşmadan önce paketleme bölümünde uygun şekilde katlanıp paketlenir. Böylece hem lojistik hem de sunum açısından hazır hale gelir. Son adımda ise ürünler, ürün sevkiyatı bölümünden müşterilere ulaştırılır. Bu algoritma, Beybo Tekstil’in üretim hattındaki operasyonların birbirine nasıl bağlı olduğunu açıkça göstermektedir. Sürecin her aşamasında kaliteyi güvence altına almak için kontrol mekanizmaları bulunmakta böylece hatalı ürünlerin müşteriye ulaşması engellenmektedir.

3.1. Tekstilde Karşılaşılan Hata Türleri

3.1.1. Baskı hataları

- **Kalıp Hatası:** Baskı anında kullanılan kalıbın zarar görmesinden ya da düzgün bir şekilde hazırlanmamasından kaynaklanan bir sorundur.
- **Boya Yayması:** Baskı yapılacak yüzeyde boyanın istenilen sınırların dışına taşarak yayılmasıyla oluşan bir sorundur. Bu hata, baskıdaki desenin bulanık, net olmayan veya dağılmış bir görüntüye neden olmasına yol açar.

- **Boya Lekesi:** Boyanın baskı yapılacak yüzeyde istenmeyen kısımlarda kalması ya da dağılması sonucu oluşan istenmeyen boya izleridir. Bu hata, baskının düzgün ve net görünmesini engeller ve baskının kalitesini olumsuz etkiler.
- **Kalıp Kaçağı:** Baskı sırasında boyanın kalıpta olması gereken yerlerin dışına sızması nedeniyle oluşan bir sorundur. Bu hata baskı deseninin sınırlarının dışına taşan veya bozulmuş bir baskı ile sonuçlanır.
- **Kalıp Tıkanıklığı:** Baskı kalıbındaki gözeneklerin boya, toz, kir gibi artıklar sebebiyle tıkanması sonucu oluşan bir sorundur. Bu tıkanıklık, boyanın baskı yüzeyine düzgün bir şekilde geçmesini engeller.
- **Kumaş Katlanması:** Baskı yapılacak kumaşın baskı anında ya da öncesinde düzgün bir şekilde serilmemesi ve kumaşın katlanması sonucu oluşan bir problemdir.
- **Kumaş Lekesi:** Kumaş lekesi, baskı tekniği ya da boya kullanımı ile doğrudan ilgili bir sorun olmayıp kumaşın üretiminden kaynaklanan bir hatadır.

3.1.2. Nakış hataları

- **Nakış Kayması:** Nakış makineleri tarafından yapılan desenin tasarlanan orijinal pozisyonundan sapması veya kayması sonucu ortaya çıkan bir hatadır. Bu hata, nakışın istenilen bölgede ve doğru şekilde işlenmemesine neden olur.
- **Nakış İşaret İzi:** Nakış işlemi sırasında kumaş üzerinde istenmeyen işaretlerin, çizgilerin veya lekelerin kalmasıdır. Bu işaretler genellikle nakış tasarımının veya işleminin sonuçlarını etkiler ve estetik kalitesi üzerinde olumsuz bir etki yapar.
- **Sargı Hatası:** Nakış sırasında ipliğin düzgün sarılmaması veya iplik tansiyonundaki sorunlar nedeniyle ortaya çıkan bir problemdir.
- **Sargıda Atlama:** Nakış makinelerinde ipliklerin sargı işlemi sırasında belirli bölgelerde eksik kalması veya tamamen geçilmemesi durumudur. Bu hata, nakış deseni üzerinde istenmeyen boşluklar veya eksiklikler meydana getirir.
- **Nakış Yağ Lekesi:** Nakış makineleri tarafından yapılan nakış işlemi sırasında kumaş üzerinde yağ veya yağlı maddeler nedeniyle oluşan lekeler olarak tanımlanır. Bu tür lekeler, nakışın estetik görünümünü bozar ve ürünün kalitesini olumsuz etkiler.

3.2. Görüntü İşleme

Görüntü İşleme terimi, günümüzün uygulamalı bilgisayar bilimlerinde en popüler ve sıkça kullanılan konulardan biri haline gelmiştir. Eskiden hem yüksek maliyetli hem de uzun zaman alan ve sonuçları belirsiz bir uğraş olarak görülen bu alan, günümüzde daha sistematik ve olgun bir yapıya kavuşmuştur. Ucuz mikro işlemciler, yüksek kapasiteli bellek teknolojileri ve özel olarak tasarlanmış görüntü işleme donanımlarının gelişimi sayesinde görüntü işleme artık birçok alanda vazgeçilmez bir araç olarak değerlendirilmektedir (Aytan vd., 1993).

Görüntü İşleme, dijital görüntüler üzerinde gerçekleştirilen işlemlerle görsel verileri optimize etmeyi, iyileştirmeyi veya yorumlamayı amaçlayan bir disiplindir. Burada amaç, görüntünün görünürlüğünü artırmak veya içindeki önemli bilgileri çıkararak analiz için daha elverişli hale getirmektir. Bu, genellikle belirli bir probleme yönelik özelleştirilmiş algoritmalar ve yöntemlerle gerçekleştirilir.

3.2.1. Görüntü işleme teknikleri

Görüntü işleme, dijital ortamda elde edilen görseller üzerinde çeşitli yöntemler uygulanarak iyileştirme, analiz ve bilgi çıkarımı yapılmasını sağlayan disiplinler arası bir alandır. Genel olarak bu süreç üç temel aşamadan oluşur. İlk aşama olan ön işleme, görüntünün daha sağlıklı bir şekilde analiz edilebilmesi için gürültü azaltma, kontrast iyileştirme veya boyutlandırma gibi adımları içerir. İkinci aşama segmentasyon olup, görüntüdeki nesne ya da desenlerin arka plandan ayrıştırılmasını sağlar. Son aşama ise öznitelik çıkarımı ve karar verme aşamasıdır; burada görüntüden elde edilen özellikler değerlendirilir ve anlamlı sonuçlara ulaşılır. Bu yapı sayesinde basit bir dijital görselden sistematik bir şekilde değerli ve yorumlanabilir bilgiler elde etmek mümkün olur.

3.2.1.1. Ön işleme

Bu aşama, görüntünün analog formattan dijital formata dönüştürülmesini ve görüntü üzerinde temel düzeyde ön işlemleri içerir. Bu adım ham görüntülerin filtrelenmesi, gürültü giderme veya kontrast artırma gibi işlemleri kapsar.

Bu kapsamda kullanılan temel teknikler şunlardır:

- **Gürültü giderme:** Gaussian, median, bilateral filtreler ile rastgele gürültünün azaltılması.
- **Kontrast iyileştirme:** Histogram eşitleme ve CLAHE (Contrast Limited Adaptive Histogram Equalization) teknikleri.
- **Geometrik düzeltmeler:** Döndürme, yeniden boyutlandırma, perspektif düzeltme.
- **Renk dönüşümleri:** RGB'den gri tonlama, HSV veya LAB renk uzayına geçiş.

3.2.1.2. Segmentasyon ve öznitelik çıkarımı

Segmentasyon aşamasında, görüntüler üzerinde daha ileri analizler yapılır. Segmentasyon ile görüntü belirli bölümlere ayrılır ardından tanıma ve görsel verilerin temsil edilmesi gibi işlemler uygulanır. Bu, görüntüdeki nesnelerin veya özelliklerin belirlenmesini sağlar.

Kullanılan başlıca segmentasyon teknikleri:

- **Eşikleme (Thresholding):** Global (Otsu yöntemi) ve adaptif eşikleme.
- **Kenar tespiti:** Sobel, Prewitt, Canny algoritmaları.
- **Morfolojik işlemler:** Erozyon, genişletme, açma, kapama gibi yapısal filtreler.
- **Bölge tabanlı yöntemler:** Watershed, Mean Shift, K-means kümeleme.

3.2.1.3. Yüksek seviye işleme ve karar verme

En karmaşık aşamadır ve görüntüler üzerinde anlamlandırma ve yorumlama süreçlerini içerir. Bu adımda, elde edilen bilgilerin tanınması, sınıflandırılması ve uygulama amacına uygun şekilde yorumlanması gerçekleştirilir. Bu süreç bir görüntünün ham veriden başlayarak kullanıcıya anlamlı ve kullanılabilir bilgiler sunacak şekilde işlenmesini sağlar. Bu hiyerarşi, görüntü işleme teknolojilerinin temelini oluşturur ve farklı uygulama alanlarında esnek bir şekilde kullanılabilir (Boyacıgil, 2022).

Kullanılan Teknikler:

- **Makine öğrenmesi:** Destek Vektör Makineleri (SVM), Karar Ağaçları, Rastgele Orman (Random Forest).
- **Derin öğrenme:** Konvolüsyonel Sinir Ağları (CNN), Evrişimli Otomatik Kodlayıcılar.
- **Eşleştirme yöntemleri:** Şablon eşleştirme, çapraz korelasyon.
- **Hata tespiti:** Yüzey hatalarının, renk sapmalarının veya desen bozulmalarının algılanması.

Görüntü işleme prosesleri bir bütün olarak şu sırayı izler:

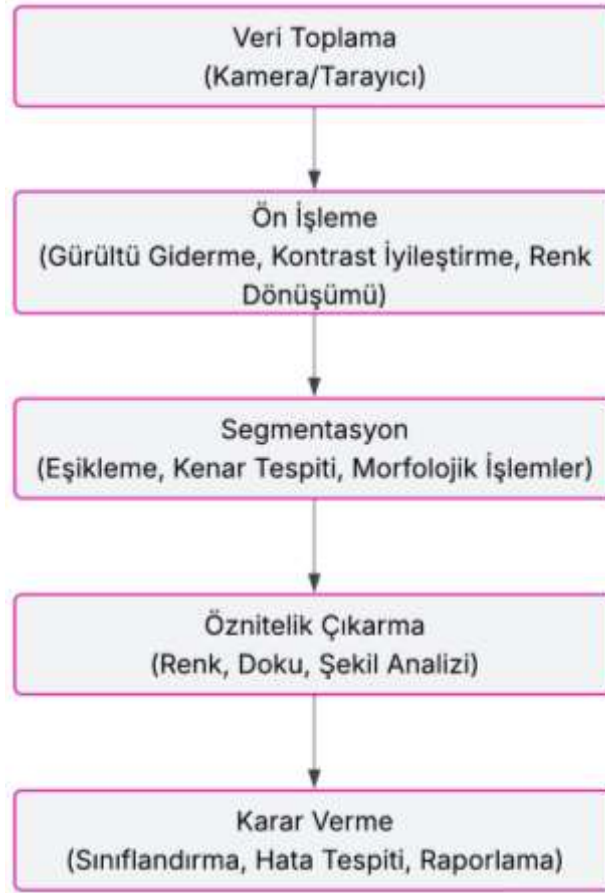
1. **Veri toplama** → Kamera veya tarayıcı ile görüntü yakalama
2. **Ön işleme** → Gürültü giderme, kontrast iyileştirme, renk dönüşümü
3. **Segmentasyon** → İlgi alanlarının ayrıştırılması
4. **Öznitelik çıkarma** → Renk, doku, şekil bilgisi
5. **Karar verme** → Sınıflandırma, hata tespiti, raporlama

Bu aşamalar birbirini tamamlayan, gerektiğinde tekrarlanabilen döngüsel bir yapıya sahiptir.

Bu tez kapsamında, kalite kontrol masasında LED ışıklandırma kullanılarak ürünlerin homojen ışık altında görüntülenmesi sağlanmıştır. Görüntüler işleme alınmadan önce gri tonlamaya çevrilmiş, ardından referans ve test görselleri arasında mutlak fark yöntemi uygulanmıştır.

Elde edilen fark görüntüsüne eşikleme (threshold) uygulanarak küçük ve önemsiz farklılıklar elenmiş, yalnızca belirgin hatalar vurgulanmıştır. Daha sonra kontur tespiti yapılarak baskı veya nakış kaynaklı farklılıkların konumları dikdörtgen kutucuklarla işaretlenmiştir. Ayrıca küçük farkların yanlış alarm üretmemesi için kontur alanı belirli bir eşik değeri altında olan bölgeler göz ardı edilmiştir.

Bu ön işleme adımları sayesinde sistem, ürün üzerindeki küçük yer değiştirmeleri veya ışık kaynaklı ton farklılıklarını hata olarak algılamamış, yalnızca baskı ve nakıştan kaynaklı anlamlı hatalara odaklanabilmiştir.



Şekil 3.2. Görüntü işleme proseslerinin şematik akış diyagramı

3.3. Python ile Görüntü İşleme

Python, 1991 yılında Guido Van Rossum tarafından geliştirilen, dinamik, nesne yönelimli ve kolay öğrenilebilir bir programlama dilidir. Birden fazla paradigmayı destekleyen günümüzde Python, görüntü işleme, veri bilimi ve makine öğrenimi gibi hızla büyüyen teknoloji alanlarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Geniş araç ve teknik desteği, görüntü işleme süreçlerini etkili ve verimli hale getirir (Jana vd., 2024).

Görüntüden veri almak ve analiz etmek için bazı kütüphaneler kullanılır. Python görüntü işleme kütüphaneleri aşağıda ki gibidir;

OpenCV: OpenCV (Open Source Computer Vision), 1999 yılında Intel tarafından geliştirilmeye başlanmış açık kaynaklı bir görüntü işleme kütüphanesidir. OpenCV, görüntü işleme ve makine öğrenmesi için 2500'den fazla algoritma içerir. Bu

algoritmalar, yüz tanıma, nesne sınıflandırma, hareket algılama, plaka tanıma, OCR (Optik Karakter Tanıma) ve 3D görüntü işleme gibi geniş bir uygulama yelpazesi sunar. Kütüphanenin geniş platform ve dil desteği, kullanıcı dostu yapısı ve güçlü algoritma havuzu, OpenCV'yi görüntü işleme ve bilgisayarla görme projelerinde popüler bir seçenek haline getirmiştir (Pişkin, 2016).

NumPy: Python'da bilimsel hesaplama için temel bir pakettir ve "Numerical Python" (Sayısal Python) anlamına gelir. Yüksek performanslı çok boyutlu dizi (array) nesnesi ve bu dizilerle çalışmak için araçlar sunar. NumPy'nin kökeni, Numeric kütüphanesine dayanır. NumPy, matematiksel ve mantıksal işlemleri diziler üzerinde gerçekleştirmek için kullanılan bir kütüphanedir. Temel mimarisi, çalışma ortamı, dizilerle ilgili çeşitli fonksiyonlar ve indeksleme türleri gibi konular, örneklerle açıklanarak anlaşılması kolay hale getirilmiştir (Karimi, 2021).

PILLOW/PIL: PIL (Python Imaging Library) veya Pillow, 1995 yılında geliştirilmiş bir Python kütüphanesidir. Görüntü açma, düzenleme ve farklı formatlarda kaydetme işlemlerini destekler. Görüntü ters çevirme, kırpma, döndürme, parlaklık ayarı, bulanıklaştırma gibi birçok işlem sunar. JPEG, PNG, BMP, TIFF gibi formatları destekler (Jana vd., 2024).

Scikit-İmage: Araştırma, eğitim ve endüstri uygulamaları için algoritmalar ve araçlar sunan bir görüntü işleme kütüphanesidir. "Modified BSD" açık kaynak lisansı altında yayımlanmış olup, Python programlama dilinde iyi belgelenmiş bir API sunar. Kütüphane, aktif ve uluslararası bir geliştirici ekibi tarafından geliştirilmekte olup, kullanıcıların hızlıca başlama amacı güder. Scikit-image, temel görüntüleri NumPy dizisi olarak temsil eder, bu sayede kullanıcılar doğrudan piksel verilerine erişebilir. Yeni bir kullanıcı, görüntüyü kolayca yükleyip işleyebilir ve sonuçları hızla görüntüleyebilir. Scikit-image, görüntü işleme alanında Python kullanıcıları için güçlü ve erişilebilir bir araçtır. Temel olarak, kullanıcılar için bir NumPy dizisi üzerinden kolayca işlem yapma olanağı sunar ve bilimsel hesaplamalarla uyumlu bir şekilde çalışır (Van Der Walt vd., 2014).

SimpleITK: Insight Segmentation and Registration Toolkit (ITK) için geliştirilmiş bir arayüzdür. Bu arayüz, ITK'nın karmaşık yapısını basitleştirerek hızlı prototipleme, eğitim ve bilimsel faaliyetler için yüksek seviyeli programlama dillerini kullanmayı kolaylaştırır.

SimpleITK, ITK'nın algoritmalarına daha basit ve kullanıcı dostu bir erişim sağlar, temel işlevselliği sunar ve ITK'nın karmaşık yapısını gizler. Ayrıca, görsel işlemleri basitleştiren prosedürel yöntemler ve ikili dağıtım paketleri gibi pratik kolaylıklar sunar. SimpleITK, daha geniş bir kullanıcı kitlesine ITK'nın gücünü sunarak biyomedikal görüntüleme gibi alanlarda etkili bir araç sağlar (Lowekamp vd., 2013).

3.4. Görüntü İşleme Teknikleriyle Yapılan Uygulamada Kullanılan Materyaller

Konfeksiyon sektöründe, Raspberry Pi geliştirme kartı ve görüntü işleme teknikleri kullanılarak bir kalite kontrol uygulaması geliştirilmiş, Python programlama diliyle yazılım hazırlanmış ve Thonny Python IDE ile çalıştırılmıştır.

3.4.1. Raspberry Pi 4 Model B

Raspberry Pi, İngiltere'deki Raspberry Pi Vakfı tarafından dünya çapındaki öğrencilere temel bilgisayar bilimi ve elektronik konularını öğretmek amacıyla geliştirilmiş düşük maliyetli ve küçük bir tek kart bilgisayardır. Öğrenciler ve teknoloji meraklıları Raspberry Pi'yi programlama öğrenmek, donanım projeleri ve robotlar inşa etmek, yapay zekâ projeleri geliştirmek için kullanmaktadır. Bunun yanı sıra endüstriyel uygulamalarda da kullanılmaktadır. Raspberry Pi, bir masaüstü bilgisayarın yapabileceği birçok işi yapabilir: internette gezinmek, yüksek çözünürlüklü videolar izlemek, müzik dinlemek, resim görüntülemek ve düzenlemek, kelime işlemci kullanmak, elektronik tablolar ve sunumlar hazırlamak, kod yazmak ve derlemek, görüntülü görüşmelere katılmak ve hatta oyun oynamak. Raspberry Pi'nin en önemli özelliklerinden biri fiziksel dünyayla etkileşim kurabilmesidir. Kart üzerinde bulunan genel amaçlı giriş/çıkış (GPIO) pinleri sayesinde sensörler, LED'ler, servo motorlar, röleler gibi elektronik bileşenlerle kolayca entegre edilebilir. Bu özellik, Raspberry Pi'yi çok yönlü ve güçlü bir araç haline getirmektedir (Abdul Kadhar ve Anand, 2021).

Bu tez çalışmasında Raspberry Pi 4 Model B 4 GB modeli kullanılmıştır. Şekil 3.3. 'de modelin pin ve konnektör yapıları gösterilmiştir.

- 1.5 GHz dört çekirdekli ARM Cortex-A72 CPU 64-bit SoC Broadcom 2711
- 4Gb LPDDR4 RAM
- 4kp60 HEVC video
- VideoCore VI Grafikleri

- 5V- 3A çalışmasını destekleyen USB-C güç girişi
- Gerçek Gigabit Ethernet
- 2 adet mikro HDMI bağlantı portu 4K video (1 × 4K@60Hz veya 2 × 4K@30Hz)
- 2 adet USB 3.0 ve 2 × USB 2.0 portları
- Bluetooth 5.0 BLE
- Boyutları: 68.63 x 94.09 x 26.63 mm



Pin Number			
5V	1	2	5V
GPIO 2	3	4	5V
GPIO 3	5	6	GND
GPIO 4	7	8	GPIO 14
GND	9	10	GPIO 15
GPIO 17	11	12	GPIO 16
GPIO 27	13	14	GND
GPIO 22	15	16	GPIO 23
5V	17	18	GPIO 24
GPIO 18	19	20	GND
GPIO 9	21	22	GPIO 25
GPIO 11	23	24	GPIO 8
GND	25	26	GPIO 7
DNC	27	28	GND
GPIO 5	29	30	GND
GPIO 6	31	32	GPIO 12
GPIO 13	33	34	GND
GPIO 18	35	36	GPIO 18
GPIO 26	37	38	GPIO 29
GND	39	40	GPIO 21

Şekil 3.3. Raspberry Pi 4 Model B çeşitli pin ve konnektör yapıları (Abdul Kadhar ve Anand, 2021)

3.4.2. Raspberry Pi uyumlu kamera

Bu tez çalışmasında, kalite kontrol masasına sabitlenen ve bir buton aracılığıyla görüntü kaydı yapabilen Raspberry Pi ile uyumlu USB bağlantılı Şekil 3.4.'de gösterilen kamera kullanılmıştır.

- 1080P yüksek çözünürlüklü
- USB Bağlantılı
- Boyut: 7 x 3 x 3 cm



Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan kamera modeli

3.4.3. Diğer modüller

Geliştirilen sistemde, Raspberry Pi'ye bağlı bir breadboard üzerinde bir buton, bir yeşil LED ve bir kırmızı LED entegre edilmiştir. Buton kamera görüntüsü alımını başlatmak için kullanılırken, yeşil LED hata bulunmayan durumları, kırmızı LED ise algılanan hataları göstermek amacıyla yapılandırılmıştır. Bu donanım düzeni kullanıcıya görsel bir geri bildirim sağlayarak sistemin doğruluğunu ve etkinliğini artırmaktadır. Sistem, Raspberry Pi'nin GPIO pinleri kullanılarak tasarlanmış olup, fiziksel dünyayla etkileşim sağlanmıştır. Ek olarak bağlantı için jumper kabloları kullanılmıştır. Kullanılan modüller Şekil 3.5. 'de gösterilmiştir.



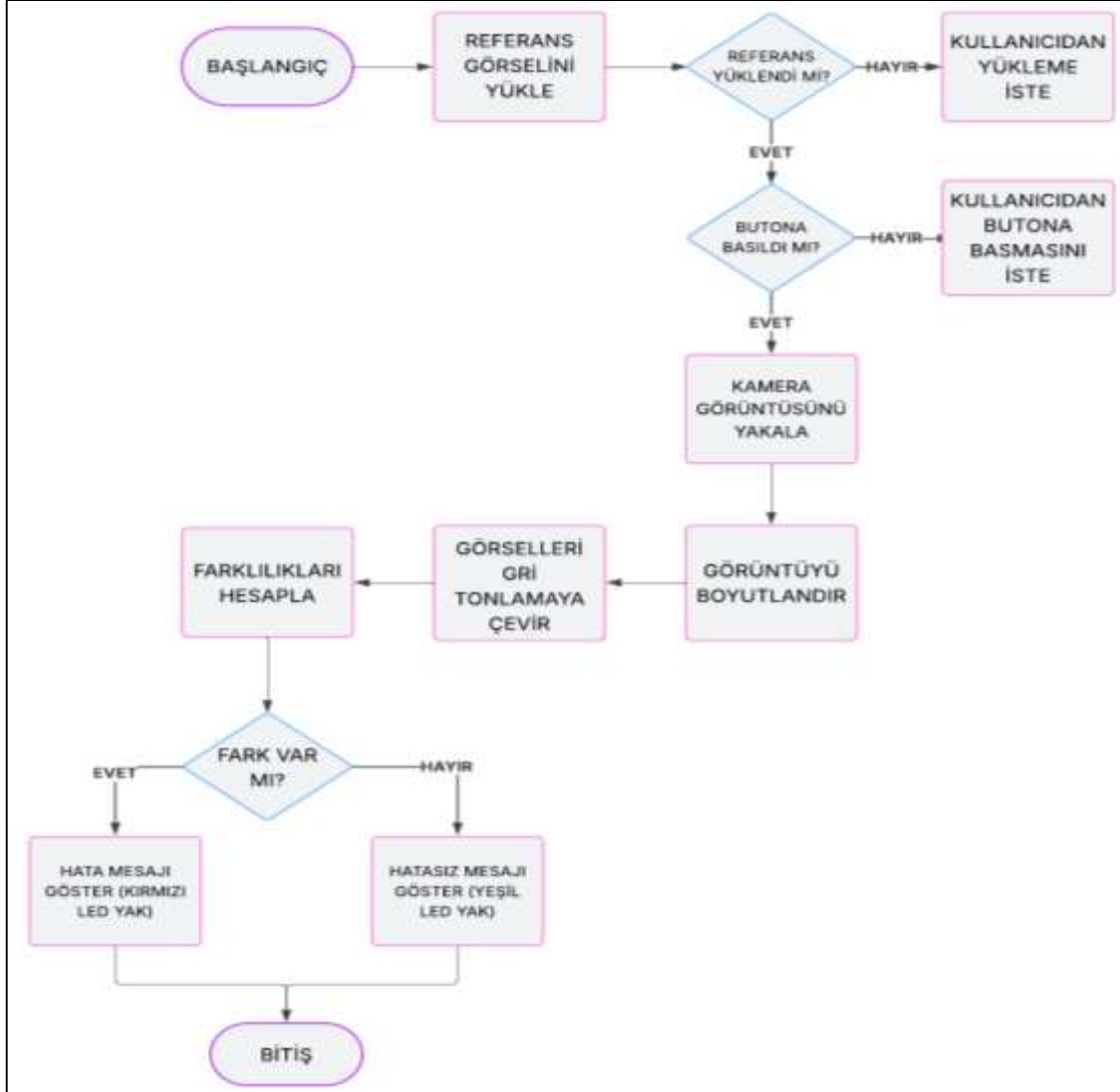
Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan diğer modüller

Çizelge 3.1. Sistem PSEUDO kodu

Adım	Açıklama
1. Adım	Program başlatılır ve gerekli kütüphaneler yüklenir. Raspberry Pi GPIO pinleri tanımlanır ve kurulum yapılır.
2. Adım	Kullanıcıdan referans görseli yüklemesi istenir. "Referans Görselini Yükleyin" butonuna tıklanarak dosya seçilir.
3. Adım	Referans görseli tkinter arayüzünde görüntülenir ve OpenCV formatında kaydedilir.
4. Adım	Butonun durumu GPIO üzerinden sürekli kontrol edilir. Eğer butona basılırsa, kamera kullanılarak bir görüntü alınır.
5. Adım	Kamera ile alınan test görüntüsü referans görseli ile boyut olarak eşleştirilir. Her iki görüntü gri tonlamaya dönüştürülür.
6. Adım	Referans ve test görüntüleri arasındaki fark hesaplanır. Fark belirli bir eşik değerin üzerindeyse bu alanlar konturlarla belirlenir.
7. Adım	Eğer belirgin farklar (kontur alanı>100 piksel) tespit edilirse, bu farklar test görüntüsü üzerinde dikdörtgenlerle işaretlenir.
8. Adım	Hata durumu kontrol edilir: - Eğer hata tespit edilirse, kırmızı LED yakılır ve arayüzde "Hata Tespit Edildi" mesajı görüntülenir. - Eğer hata tespit edilmezse, yeşil LED yakılır ve "Hata Tespit Edilmedi" mesajı görüntülenir.
9. Adım	Test görüntüsündeki farklar (eğer varsa) tkinter arayüzünde görüntülenir.
10. Adım	Buton durumu kontrol edilmeye devam edilir (program sonsuz döngüde çalışır).
11. Adım	Program sonlandırılırken GPIO kaynakları temizlenir.

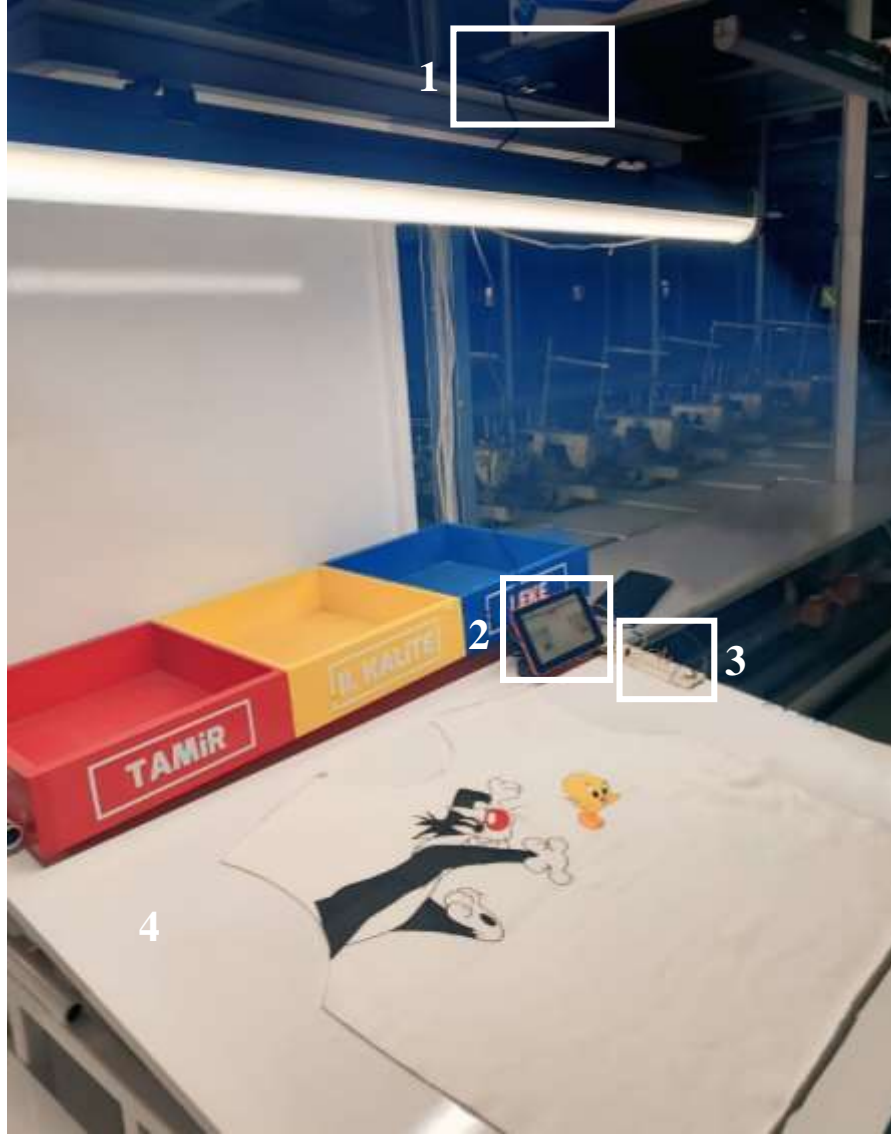
Bu sistemin amacı, baskı ve nakış işlemleri sonrası ürünlerin kalite kontrolünü insan gözü yerine kamera tabanlı bir sistemle otomatikleştirerek hataları daha etkin bir şekilde tespit etmektir. Sistem baskı ve nakış hatalarını algılamak için kamera, LED göstergeler, düzgün bir aydınlatma sistemi, Raspberry Pi ve bir buton gibi bileşenleri bir arada kullanır. Kamera kalite kontrol masasına uygun bir açıyla yerleştirilmiş olup, ürünün detaylı bir görüntüsünü alır. Ürün kalite kontrol masasına yerleştirildiğinde operatör bir butona basarak görüntüyü alır ve bu görüntü referans görüntüyle pikseller bazında karşılaştırılır. Alınan görüntüler pikseller arasındaki farkları tespit etmek için belirli bir eşik değeri kullanılarak analiz edilir ve farkın eşik değerin üzerinde olduğu

durumlarda hata olarak işaretlenir. Hata bulunması durumunda kırmızı LED yanar ve hatalı bölgeler kutu içinde görüntülenirken, hatasız durumlarda yeşil LED yanar. Raspberry Pi, kamera ve LED'leri kontrol ederek görüntüleri işler ve sonuçları iletir.



Şekil 3.6. Yazılım akış şeması

Python programlama dili kullanılarak OpenCV kütüphanesi ile görüntü işleme algoritmaları uygulanmıştır. Bu sistem, kalite kontrol süreçlerini otomatikleştirerek tekstil üretim hattındaki baskı ve nakış hatalarını etkin bir şekilde tespit etme kapasitesine sahiptir. Doğru şekilde uygulanması durumunda hata tespitinde insan kaynaklı yanlışlar azaltılacak, üretim verimliliği artacak ve kalite standartları korunacaktır.



Şekil 3.7. Sistem görseli (1: Raspberry Pi uyumlu kamera, 2: Raspberry Pi dokunmatik ekranı, 3: Breadboard ve devre elemanları, 4: Sisteme uygun aydınlatmalı kalite kontrol masası)



Şekil 3.8. Hatalı ve hatasız üründe LED gösterimi

Çalışma yapılan tekstil fabrikasında baskı ve nakış işlemlerinde kullanılan kalite kontrol yöntemleri genellikle manuel olarak insan gözüyle yapılmaktadır. Bu geleneksel yöntemler şunlardır:

- Renk farkları, iplik kopmaları vs. gibi hatalar göz ile operatör aracılığı ile değerlendirilir.
- Nakış ve baskının doğru boyutta olup olmadığı toleranslarıyla birlikte ölçüm aracıyla incelenerek tespit edilir.
- Seri üretimde belli zamanlarda numune kontrolü yapılarak hata analizi yapılır fakat tüm ürün kontrolü sağlanamadığı için hataların tamamı fark edilmeyebilir.
- İnsan kontrolünde değerlendirme kriterleri farklı olabileceği için standart bir kalite seviyesi yakalamak zor olabilir.

Bu geleneksel yöntemler ile hatalar gözden kaçabilir ve müşteriye ulaşarak maddi kayıplara yol açabilir. Göz yorulması, dikkat dağılması, deneyim eksikliği, ışık koşulları bu yöntemi olumsuz kılabilir. Yapay zekâ destekli uygulamalarda bu sınırlamalar aşılabılır duruma getirebilir.

- Yapay zekâ ve görüntü işleme teknikleri, kullanılan sensörler ve kameralar aracılığı ile üretim sürecini izleyebilir ve hata tespitini anlık olarak tespit edebilir. Bu sayede dikkat dağılması, göz yorulması gibi faktörler ortadan kaldırılır.
- Yapay zekâ ile tanımlanan hatalar doğrulukla tespit edilebilir ve bu sayede standart bir kalite anlayışı benimsenmiş olur.
- Yapay zekâ ile daha karmaşık hatalar kolaylıkla tespit edilebilir. Ayrıca kontrol sürecini daha da hızlandırarak verimlilik artışını sağlar.

Araştırma sürecinde, yapay zekâ algoritmalarının uygulanması için Python programlama dili kullanılarak OpenCV kütüphanesinden yararlanılacaktır. Ayrıca, hata tespit sürecine dair görüntülerin alınması için yüksek çözünürlüklü kamera ve uygun aydınlatma sistemleri kullanılacaktır.

Veriler iki ana kaynaktan toplanacaktır. İlk olarak, Beybo'nun baskı ve nakış süreçlerinden elde edilen yüksek çözünürlüklü görsel veriler analiz edilecektir. Kalite kontrol sürecinde kullanılan örnek kumaşlar ve bu kumaşlar üzerindeki hatalar kamera yardımıyla görüntülenecektir. Bu görüntüler baskı hataları, nakış hataları, desen kaymaları gibi kalite sorunlarını içermektedir. İkinci veri kaynağı ise manuel kalite

kontrol süreçlerinde kullanılan gözlemsel raporlardır. Bu raporlar insan gözlemciler tarafından yapılan kalite değerlendirmelerini ve hata tespit oranlarını içermektedir.

Kalite kontrol süreçlerinde kullanılacak yapay zekâ modeli görüntü işleme algoritmasını temel alacaktır. Bu çalışmada, öncelikle OpenCV kütüphanesi ile elde edilen görsel veriler ön işleme tabi tutulacaktır.

Modelin başarısı, hataların doğru bir şekilde tespit edilip edilmediği ve manuel süreçlerle karşılaştırıldığında daha yüksek doğruluk oranlarına ulaşım ulaşmadığı temelinde değerlendirilecektir. Kalite kontrol verilerinin analizi yapay zekâ modelinin insan gözlemcilerden daha hızlı ve doğru bir şekilde hata tespit edip edemeyeceğini anlamak amacıyla istatistiksel yöntemler kullanılarak gerçekleştirilecek elde edilen veriler grafiklerle desteklenecektir.

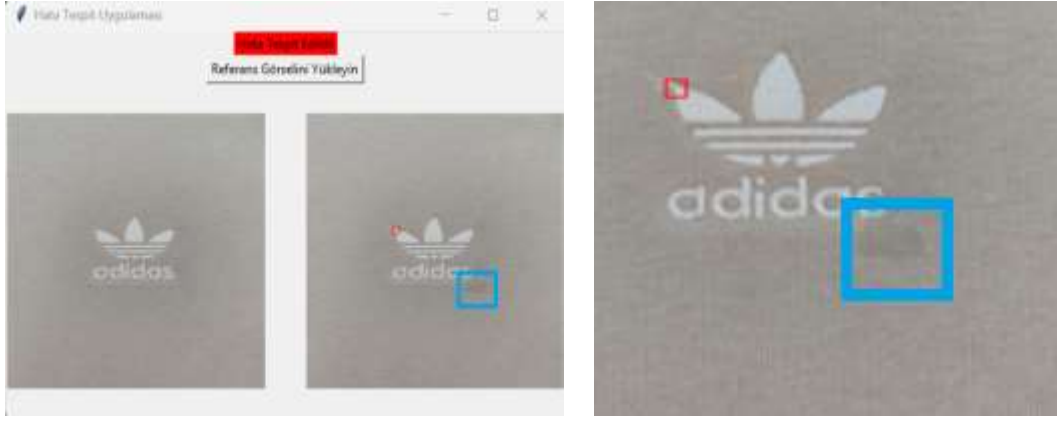
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, konfeksiyon sektöründe kalite kontrol aşamasında ürünlerdeki baskı ve nakış hatalarını tespit etmek üzere yapay zekâ tabanlı görüntü işleme sistemi geliştirilmiştir. Sistemin test aşamasında birçok farklı hata türleri üzerinde çalışmalar yapılmış ve en çok tekrar eden hatalar aşağıda ki gibi sınıflandırılmıştır.

- Baskı hataları: Kalıp hatası, boya yayması, boya lekesi, kalıp kaçağı, kalıp tıkanıklığı, kumaş katlanması, kumaş lekesi.
- Nakış hataları: Sargı hatası, desen eğriliği, yağ lekesi.

Sistem özellikle kalıp tıkanıklığı, boya lekesi, desen eğriliği, sargı hatası gibi belirgin hataları %98 doğruluk oranıyla tespit edebilmiştir. Ancak, daha karmaşık ve küçük boyutlu hatalarda örneğin yağ lekesi, kumaş lekesi gibi hatalarda bu oran %60'a düşmüştür (Şekil 4.1.). Genel olarak değerlendirildiğinde sistem insan gözüyle fark edilmesi zor olan detayları daha tutarlı bir şekilde algılamış ancak bazı çok küçük renk tonları farklılıklarını ve yerleşimden kaynaklı küçük oynamaları da hata olarak algılamış ve bu da yalancı pozitif oranlarında bir miktar artışa neden olmuştur.

Bu çalışmada belirtilen %98 ve %60 doğruluk oranları, sistemin farklı hata tiplerinde gösterdiği performansın karşılaştırmalı bir özetidir. Kalıp tıkanıklığı, boya lekesi, desen eğriliği ve sargı hatası gibi daha belirgin hatalar sistem tarafından güçlü kontrast farkları oluşturduğu için yüksek oranda doğru şekilde tespit edilebilmiştir. Bu durum deneysel gözlemler sonucunda yaklaşık %98 doğruluk düzeyine karşılık gelmektedir. Buna karşılık, yağ lekesi veya kumaş yüzeyindeki küçük ton farklılıkları gibi daha ince ve düşük kontrastlı hatalarda sistemin algılama gücü zayıflamış ve doğruluk oranı gözlemlerimize göre %60 seviyelerine gerilemiştir. Bu oranlar sistemin farklı hata tipleri üzerindeki performansının sayısallaştırılmış bir göstergesi olarak verilmiş, net ürün sayısından çok hata türüne bağlı başarı eğilimini yansıtmayı amaçlamaktadır.

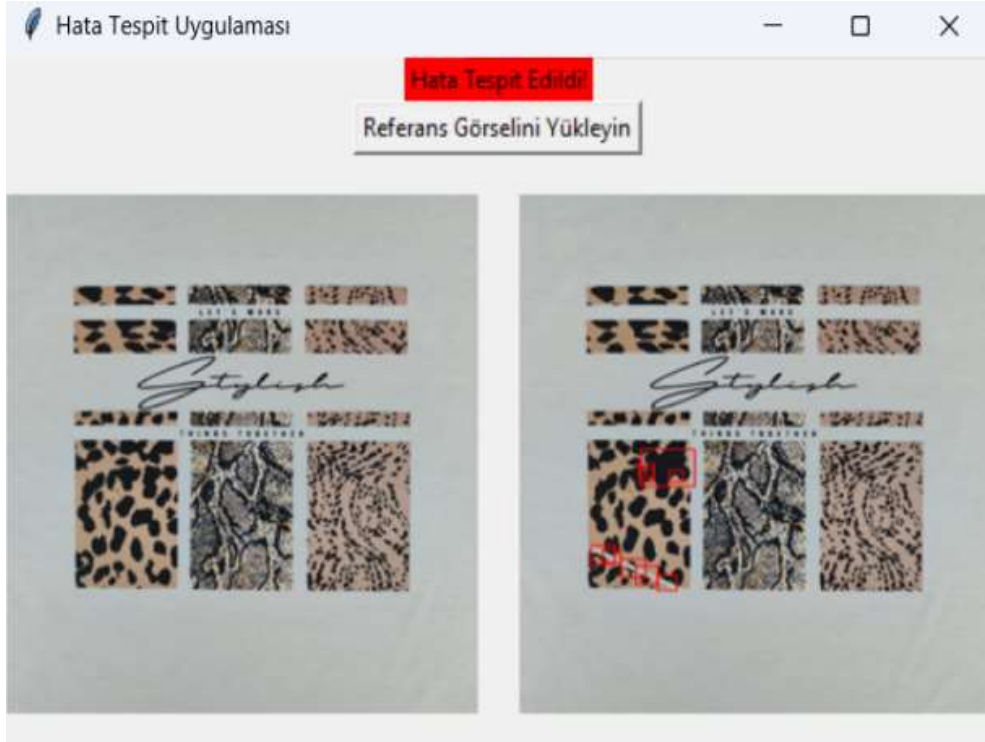


Şekil 4.1. Yağ lekesini algılamayan hata tespit örneği

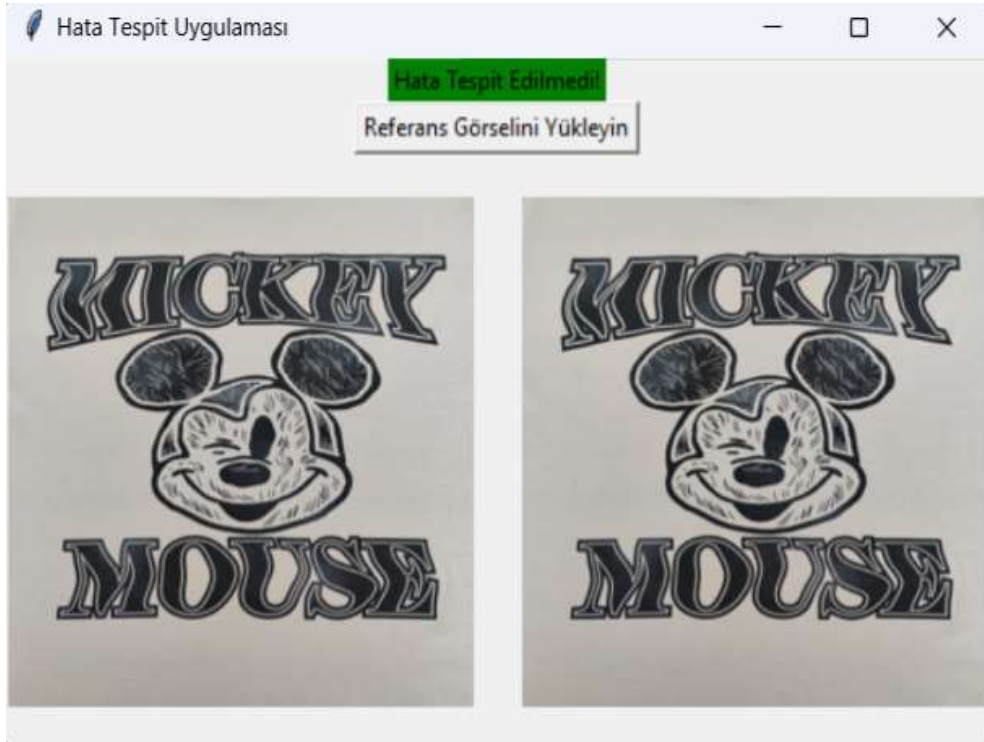
Şekil 4.2, 4.3, 4.4 ve 4.5’de bazı modellere ait hata analizine ilişkin görseller yer almaktadır. İlk görsel numuneyi, ikinci görsel ise üretimden çıkan ürünü göstermektedir.



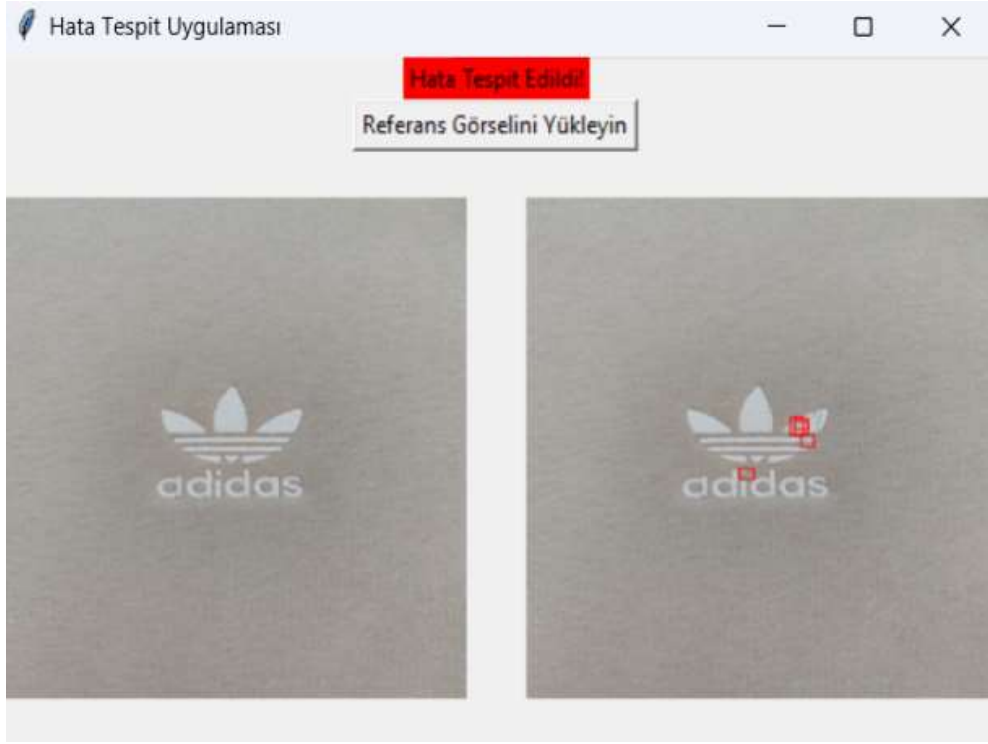
Şekil 4.2. Baskı modelinde hata tespit çalışması (Referans numune- Ürün karşılaştırması)



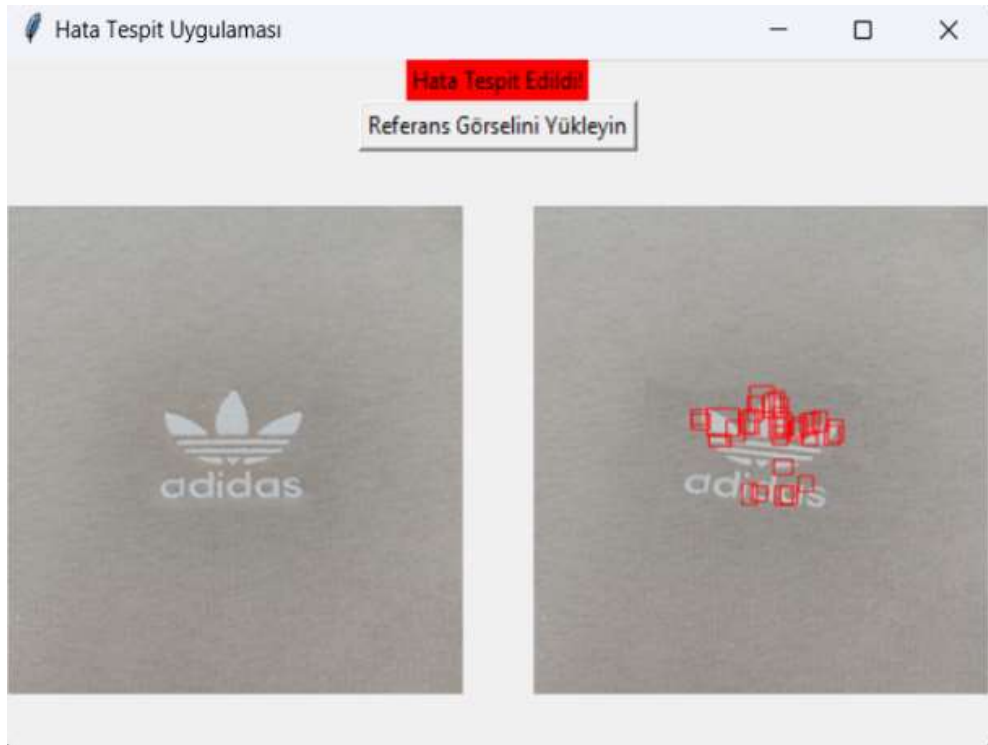
Şekil 4.3. Baskı modelinde hata tespit çalışması (Kumaş katlanması-Boya yayması)



Şekil 4.4. Baskı modelinde hata tespit çalışması (Hatasız ürün)



a)



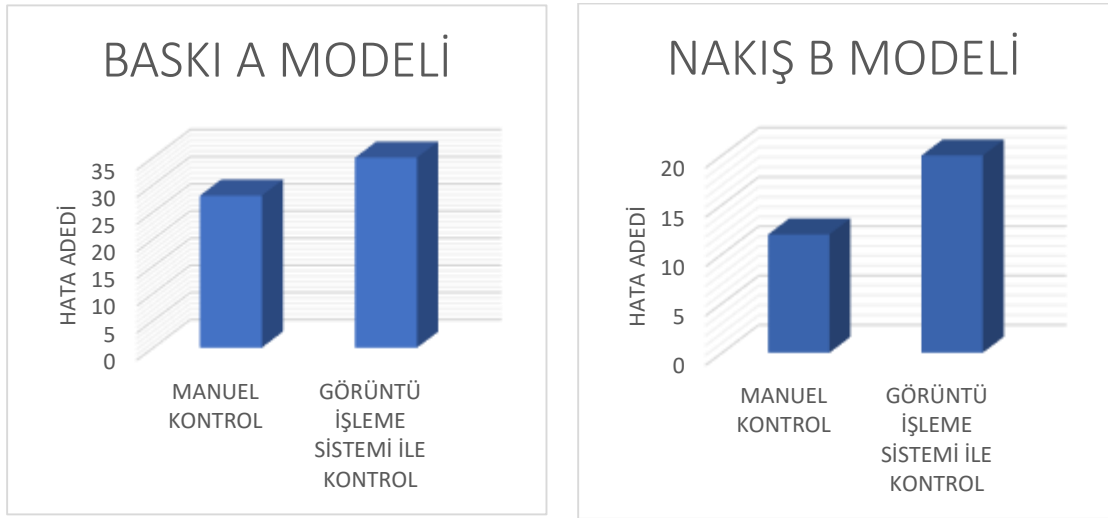
b)

Şekil 4.5. Nakış modelinde hata tespit çalışması (a) Sargı hatası, b) Nakış kayması)

Baskı ve nakış aşamasında olan iki model seçilmiş ve önce manuel kontrol gerçekleştirilerek tespit edilen hata adetleri not edilmiştir. Daha sonra aynı modeller, görüntü işleme sistemiyle kontrol edilmiş ve tespit edilen hata adetleri kaydedilmiştir. Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi, manuel kontrolde gözden kaçan birçok hata, görüntü işleme sistemiyle yapılan kontrolde başarılı bir şekilde tespit edilmiştir

Çizelge 4.1. Manuel kontrol ve görüntü işleme sisteminin karşılaştırması

TÜR	MODEL ADI	KONTROL ADEDİ	MANUEL KONTROL	GÖRÜNTÜ İŞLEME SİSTEMİ İLE KONTROL	HATA TESPİT ARTIŞ ORANI (%)
			BASKI/NAKIŞ KONTROL DE ÇIKAN HATA ADEDİ	BASKI/NAKIŞ KONTROL DE ÇIKAN HATA ADEDİ	
BASKI	A MODELİ	2145	28	35	%25
NAKIŞ	B MODELİ	1850	12	20	%66,67



Şekil 4.6. Manuel kontrol ile görüntü işleme sisteminin karşılaştırmasının sütun grafiği ile gösterimi

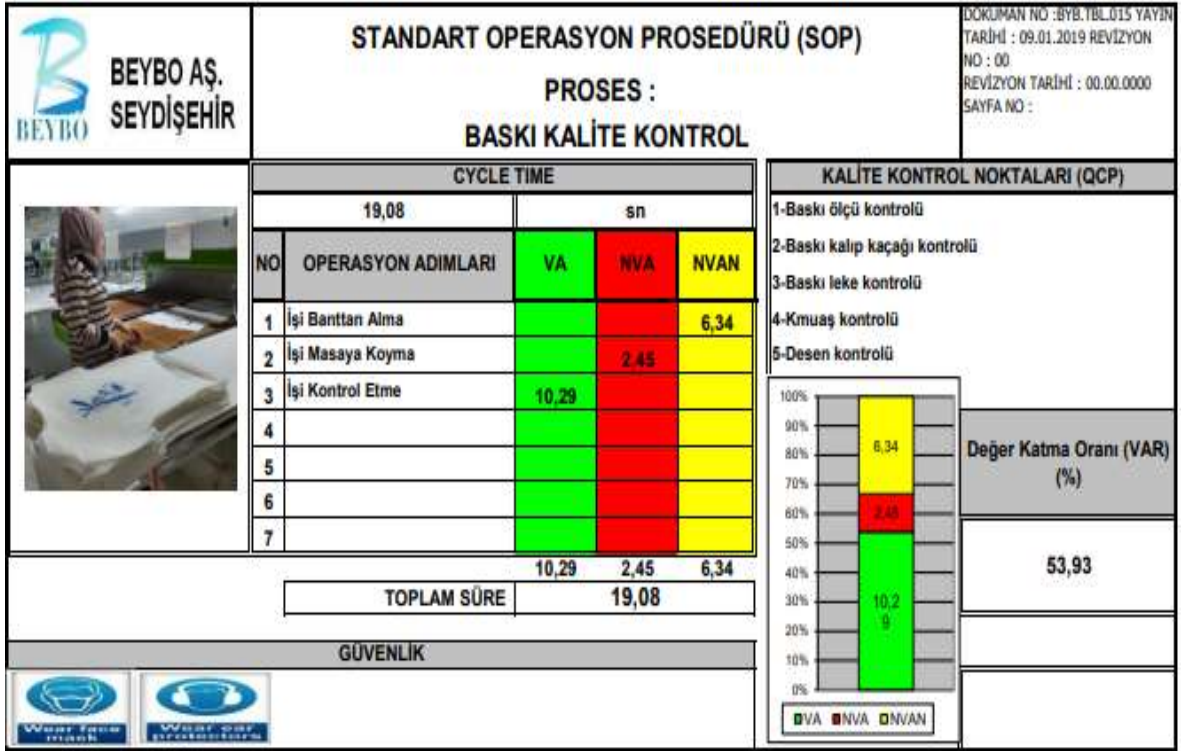
Manuel kontrole göre görüntü işleme sistemi ile hata tespit oranı baskı da %25, nakışta ise %66,67 yükselmiştir. Ayrıca, operatörün çalışma süresinin ilerlemesiyle (örneğin, sabah saatlerine kıyasla akşam saatlerinde artan yorgunluk nedeniyle) göz ve beden yorulmalarının manuel kontrol performansını önemli ölçüde düşürdüğü gözlemlenmiştir. Buna karşın görüntü işleme sisteminin performansında böyle bir düşüş yaşanmamıştır.

Görüntü işleme sistemi, manuel kontrol yöntemine kıyasla yaklaşık %37,5 daha yüksek bir başarı oranına sahiptir. Bu da üretim süreçlerinde kalite kontrolü iyileştirmek ve hata oranını minimize etmek için görüntü işleme teknolojisinin kullanımının önemli bir avantaj sağladığını göstermektedir. Sistem hem hata tespit oranındaki artış hem de işlem hızındaki iyileşmeyle birlikte çalışanların iş yükünü azaltmış, verimliliği artırmıştır. Bunun sonucunda, gözle kontrol sürecine göre daha standart ve nesnel bir kalite kontrol süreci elde edilmiştir.

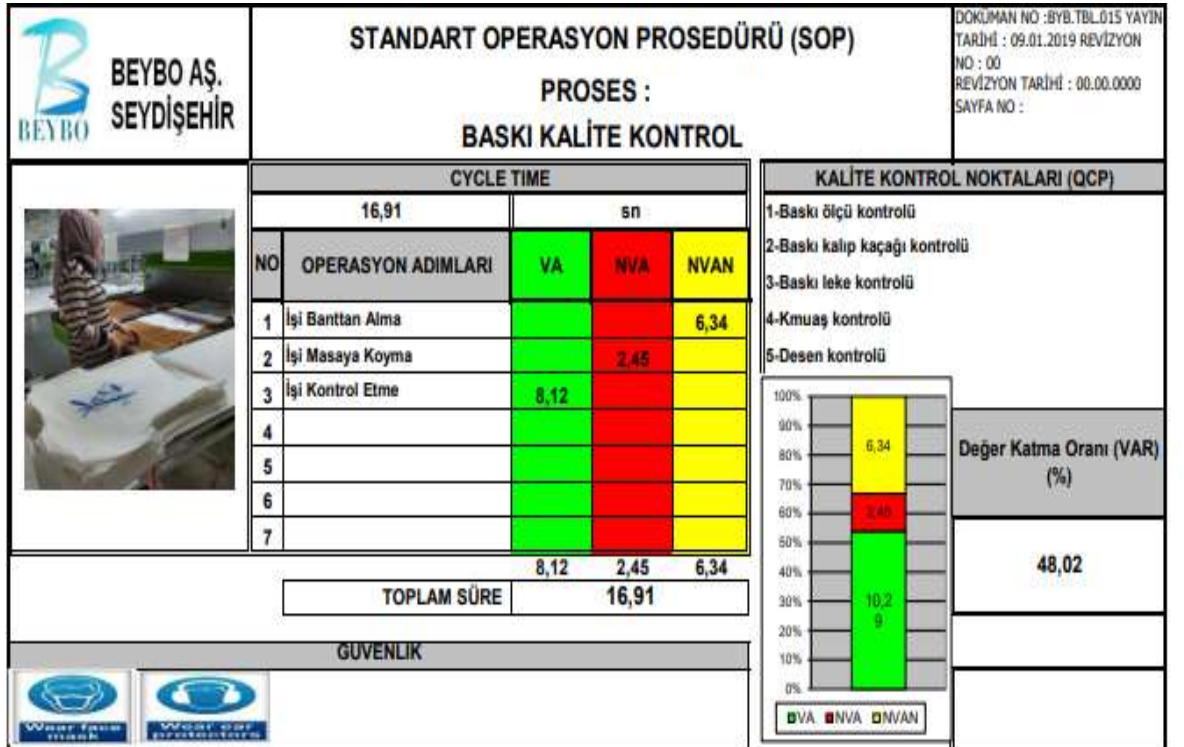
Kontrol işlemleri daha önce operatör tarafından gözle manuel olarak gerçekleştiriliyordu. Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’te ise baskı ve nakış bölümlerinde, manuel kontrol ile görüntü işleme sistemi kullanılarak yapılan kontrol sürelerinin standart operasyon prosedürleri karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Prosedür de değer yaratan işler (VA), değer yaratmayan işler (NVA) ve değer yaratmayan ancak gerekli işler (NVAN) şeklinde üç ana kategoriye sınıflandırılmıştır.

Baskı verilerine göre en yüksek süre 10,29 saniye ile değer yaratan işler (VA) kategorisinde gerçekleşmiştir. Değer yaratmayan ancak gerekli işler (NVAN) 6,34 saniye ile ikinci sırada yer alırken, değer yaratmayan işler (NVA) yalnızca 2,45 saniye sürmüştür. Operasyon adımlarına bakıldığında, “İşi kontrol etme” süreci tamamen değer yaratan iş kapsamında yer almakta, “İşi masaya koyma” işlemi ise değer yaratmayan iş olarak tanımlanmaktadır. “Banttın alma” işlemi ise NVAN kategorisinde değerlendirilmiştir. Bu analiz, manuel kontrol süresinin toplamda 19,08 saniye olduğunu ortaya koymaktadır. Görüntü işleme sistemi kullanıldığında ise “İşi kontrol etme” süresi 8,12 saniyeye düşmüş, böylece baskı kalite kontrol işlem hızında %11,37 oranında artış sağlanmıştır.

a)






b)


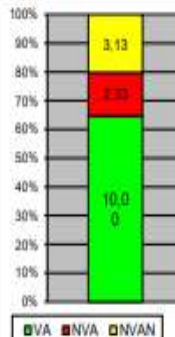



Şekil 4.7. Baskı kalite kontrol süreleri (a: Manuel kontrol, b: Görüntü işleme sistemi ile kontrol)

a)

BEYBO AŞ. SEYDİŞEHİR		STANDART OPERASYON PROSEDÜRÜ (SOP)				DOKÜMAN NO :BYB.TBL.015 YAYIN TARİHİ : 09.01.2019 REVİZYON NO : 00 REVİZYON TARİHİ : 00.00.0000 SAYFA NO :	
		PROSES : NAKİŞ KALİTE KONTROL					
	CYCLE TIME		15,46		sn		KALİTE KONTROL NOKTALARI (QCP) 1-Makine ayarı kontrolü 2-Serim kontrolü 3-Nakışta sargı hatası, sargı atlaması kontrolü 4-Nakış eğriliği kontrolü 5-Nakış leke kontrolü 
	NO	OPERASYON ADIMLARI	VA	NVA	NVAN	Değer Katma Oranı (VAR) (%) 64,68	
	1	İşi Makineden Toplama			3,13		
	2	İşi Masaya Koyma		2,33			
	3	İşi Kontrol Etme	10,00				
	4						
	5						
	6						
7							
			10,00	2,33	3,13		
		TOPLAM SÜRE	15,46				
GÜVENLİK							
							

b)

BEYBO AŞ. SEYDİŞEHİR		STANDART OPERASYON PROSEDÜRÜ (SOP)				DOKÜMAN NO :BYB.TBL.015 YAYIN TARİHİ : 09.01.2019 REVİZYON NO : 00 REVİZYON TARİHİ : 00.00.0000 SAYFA NO :	
		PROSES : NAKİŞ KALİTE KONTROL					
	CYCLE TIME		11,84		sn		KALİTE KONTROL NOKTALARI (QCP) 1-Makine ayarı kontrolü 2-Serim kontrolü 3-Nakışta sargı hatası, sargı atlaması kontrolü 4-Nakış eğriliği kontrolü 5-Nakış leke kontrolü 
	NO	OPERASYON ADIMLARI	VA	NVA	NVAN	Değer Katma Oranı (VAR) (%) 53,89	
	1	İşi Makineden Toplama			3,13		
	2	İşi Masaya Koyma		2,33			
	3	İşi Kontrol Etme	6,38				
	4						
	5						
	6						
7							
			6,38	2,33	3,13		
		TOPLAM SÜRE	11,84				
GÜVENLİK							
							

Şekil 4.8. Nakış kalite kontrol süreleri (a: Manuel kontrol, b: Görüntü işleme sistemi ile kontrol)

Nakış verilerine göre en yüksek süre 10,00 saniye ile değer yaratan işler (VA) kategorisinde gerçekleşmiştir. Değer yaratmayan ancak gerekli işler (NVAN) 3,13 saniye ile ikinci sırada yer alırken, değer yaratmayan işler (NVA) yalnızca 2,33 saniye sürmüştür. Operasyon adımlarına bakıldığında, “İşi kontrol etme” süreci tamamen değer yaratan iş kapsamında yer almakta, “İşi masaya koyma” işlemi ise değer yaratmayan iş olarak tanımlanmaktadır. “İşi makineden toplama” işlemi ise NVAN kategorisinde değerlendirilmiştir. Bu analiz manuel kontrol süresinin toplamda 15,46 saniye olduğunu ortaya koymaktadır. Görüntü işleme sistemi kullanıldığında ise “İşi kontrol etme” süresi 6,38 saniyeye düşmüş, böylece nakış kalite kontrol işlem hızında %23,34 oranında artış sağlanmıştır.

Kalite kontrol sürecinde elde edilen bu veriler süreç içindeki katma değerli ve katma değersiz faaliyetlerin ayrıştırılmasının ne kadar kritik olduğunu göstermektedir. Özellikle manuel yöntemlerde operatörün iş üzerindeki fiziksel hareketleri (örneğin ürünü masaya koyma, ürünü makineden toplama gibi) üretim açısından değer yaratmazken toplam süre içerisinde önemli bir pay almaktadır. Bu durum üretim hattındaki zaman kayıplarını görünür kılmakta ve iyileştirme fırsatlarının net bir şekilde ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

Görüntü işleme tabanlı kontrol sisteminin devreye alınmasıyla birlikte manuel süreçlerdeki bu kayıplar önemli ölçüde azaltılmıştır. Sistemin otomatik olarak ürün üzerinde hata tespiti yapabilmesi, operatörün yalnızca ürünü kalite masasına yerleştirmesini yeterli kılmakta ve kontrol süresini minimize etmektedir. Böylece hem standartlaştırılmış bir kalite kontrol süreci elde edilmiş hem de ürünlerin daha kısa sürede son kontrolden geçmesi sağlanmıştır.

Ayrıca, insan faktörünün azaltılmasıyla birlikte subjektif değerlendirmelerden kaynaklanabilecek tutarsızlıkların da önüne geçilmiştir. Operatörler farklı tecrübeye, dikkat seviyesine veya yorgunluk durumuna sahip olabilirken görüntü işleme sistemi her ürünü aynı standartta değerlendirmektedir. Bu da kalite güvenilirliğini artırarak müşteri memnuniyetine olumlu katkı sağlamaktadır.

Uzun vadede bakıldığında bu sistem yalnızca süre avantajı sağlamamakta aynı zamanda üretim hattının genel verimliliğini de artırmaktadır. Kontrol süresindeki kısaltmalar günlük kapasiteye doğrudan etki ederek daha fazla ürünün aynı zaman diliminde kontrol edilmesine olanak tanımaktadır. Ayrıca hata oranlarının düşmesi, yeniden işleme (rework) ve fire oranlarının azalmasına katkı sağlayarak maliyetleri düşürmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışmada, geleneksel kalite kontrol yöntemlerinin baskı ve nakış proseslerinde karşılaştığı sınırlamalara çözüm olarak yapay zekâ destekli bir görüntü işleme sistemi geliştirilmiş ve uygulamaya alınmıştır. Geleneksel yöntemlerin insan hatasına açık olması, yorgunluk kaynaklı tutarsızlıklar ve işlem süresinin uzunluğu gibi dezavantajları geliştirilen sistemle büyük ölçüde giderilmiştir. Sistem kalite kontrol sürecini daha hızlı, tutarlı ve ölçeklenebilir hale getirerek tekstil üretiminde dijitalleşme adına önemli bir adım sunmuştur.

Yürütülen uygulamada görüntü işleme kontrol sistemi ile manuel kontroller karşılaştırıldığında hatalı ürün tespit oranında anlamlı bir artış elde edilmiştir. Özellikle baskı ve nakış hatalarının tespitinde sistemin %37,5 oranında daha başarılı olduğu görülmüş; bu durum sistemin insan gözünün algılayamadığı bazı ince detaylara duyarlı olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda işlem süresi açısından da ciddi bir kazanım sağlanmış; baskı prosesinde %11,37, nakış prosesinde ise %23,34 oranında işlem hızında artış kaydedilmiştir. Bu iyileşmeler üretim hattında toplam kalite kontrol süresini kısaltarak bant verimliliğini artırmıştır.

Sistem, özellikle belirgin renk farkları, konum farklılıkları ve desen bozulmalarını başarılı şekilde algılamış ancak çok küçük, ince ya da ton farklılıklarına dayalı kusurlarda zaman zaman yalancı pozitif sonuçlar üretmiştir. Bu tür hatalar özellikle ürünlerin kumaş dokusu, ışık yansımaları ve baskı/nakışın doğal varyasyonları gibi dış etkenlerden kaynaklanabilmektedir. Ancak bu durum sistemin genel başarısını düşürmemekte ve yalnızca algoritma düzeyinde yapılabilecek ek iyileştirme ihtiyacını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma yapay zekâ ve görüntü işleme teknolojilerinin tekstil sektöründeki kalite kontrol süreçlerine entegre edilmesinin mümkün ve etkili olduğunu kanıtlamıştır. Uygulama sonucunda hem kalite düzeyinde iyileşme hem de zaman ve iş gücü tasarrufu sağlanmış böylece üretim maliyetlerinin düşürülmesine katkı sunulmuştur. Çalışmanın firmaya özel olarak geliştirilmiş olması sistemin sektöre genellenebilirliğini sınırlasa da benzer üretim hatlarına sahip diğer işletmelere de örnek teşkil edebilecek niteliktedir.

5.2. Öneriler

- Daha karmaşık ve ince detaylı hataların tespiti için derin öğrenme algoritmaları ve yapay zekâ tabanlı model geliştirmeleriyle sistem güçlendirilebilir. Örneğin, küçük lekeler veya hafif desen kaymaları gibi zor tespit edilen hatalar için özel modeller eğitilebilir.
- Yalancı pozitif oranlarını azaltmak amacıyla renk analizi ve doku farkı algoritmaları iyileştirilebilir, ayrıca daha çeşitli ve büyük bir veri setiyle sistemin eğitilmesi farklı ışık koşulları ve kumaş türleri altında da yüksek doğruluk sağlamayı mümkün kılabilir.
- Sistem yalnızca kalite kontrol masasına değil üretim hattının farklı noktalarına da entegre edilerek gerçek zamanlı ve sürekli hata tespitine olanak tanıyabilir, böylece hatalı ürünlerin üretim sürecinde erken aşamada ayrılması sağlanabilir.
- LED ışık, buton ve diğer donanımların ergonomik tasarımları geliştirilebilir ve operatörlerin kullanım kolaylığı artırılarak iş güvenliği ve hız sağlanabilir.
- Sistemi kullanan operatörlere temel yapay zekâ ve görüntü işleme algoritmaları hakkında düzenli eğitimler verilerek sistemi daha etkin ve doğru şekilde kullanmaları sağlanabilir, aynı zamanda operatörlerin sistem üzerindeki deneyimleri geri bildirim olarak değerlendirilebilir.
- Sistemin diğer kalite kontrol süreçlerine uygulanabilirliği araştırılabilir, iplik hataları, dikiş kusurları veya farklı tekstil ürünleri üzerindeki baskı ve nakış kontrolleri için sistemin adaptasyonu değerlendirilebilir.
- Gelecekte sistemin bulut tabanlı veri analizleriyle entegre edilmesi, üretim performansının izlenmesini ve istatistiksel kalite raporlarının otomatik üretilmesini sağlayabilir; böylece yöneticiler ve kalite mühendisleri anlık verilere dayanarak karar alabilir.
- Sistemin mobil veya taşınabilir versiyonları geliştirilebilir, böylece kalite kontrol sadece sabit masalarda değil depo ve saha gibi farklı üretim ortamlarında da uygulanabilir.

5. KAYNAKLAR

- Abdul Kadhar, K. M., & Anand, G. (2021). *Data Science with Raspberry Pi: Real-Time Applications Using a Localized Cloud*. Apress. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6825-4>
- Aksoy, B., Yücel, M., Sayin, H., Aydın, N., & Ekrem, Ö. (2023). Hurma Meyvesindeki Kalite Kontrol İşlemlerinin Yapay Zekâ ile Tahminlenmesi. *Gazi Journal of Engineering Sciences*, 9(4), 70-81. <https://doi.org/10.30855/gmbd.0705S08>
- Alyas, R. M., & Mohammed, A. S. (2022). Detection of Plant Diseases using Image Processing with Machine Learning. *2022 2nd International Conference on Computing and Machine Intelligence (ICMI)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICMI55296.2022.9873793>
- Arslan, K. (2008). *Küresel rekabet baskısı altında tekstil ve hazır giyim sektörünün dönüşüm stratejileri ve yeni yol haritası*. İstanbul MÜSİAD. https://www.musiad.org.tr/uploads/yayinlar/arastirma-raporlari/pdf/tekstil_ve_hazir_giyim_sektorunun_yeni_yol_haritasi.pdf
- Aydın, A. (2022). Kâğıt Bardak Makinesinin Otomasyonu ve Gerçek Zamanlı Görüntü İşlemeye Dayalı Hatalı Ürün Tespit Yöntemi. (*Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi*). YÖK Tez Merkezi (Tez No: 755934)
- Aytan, A. E., Öztürk, Y., & Örgenç, E. K. (1993). Görüntü İşleme. *İ. Ü. Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 24(4).
- Baloch, A. K., Okatan, P. Dr. A., Jamali, M.-R., Kanasro, N. A., Baloch, M. A., & Jamali, A. A. (2023). The Quality Analysis of Food and Vegetable from Image Processing. *VAWKUM Transactions on Computer Sciences*, 11(2), 01-17. <https://doi.org/10.21015/vtcs.v11i2.1582>
- Bayram, R. B. (2019). Metal Sektörü İçin Görüntü İşleme Tabanlı Bir Kusurlu Ürün Tespit Sistemi. (*Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi*). YÖK Tez Merkezi (Tez No: 599563)

- Boyacıgil, M. F. (2022). Görüntü İşleme Teknikleriyle Bir Endüstriyel Kalite Kontrol Uygulaması. (*Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi*). YÖK Tez Merkezi (Tez No: 771558).
- Çağıl, G., Okcu, F., & Güngör, N. H. (2019). Determination Of Errors On The Surface Of The Packaging By Image Processing Technique. *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications*, 2(3), 37-45. <https://doi.org/10.38016/jista.634998>
- Çelik, A., & Tekin, E. (2020). Tekstil Baskı Kalite Kontrolünün Görüntü İşleme Teknikleri ile Gerçekleştirilmesi. *European Journal of Science and Technology*, 268-276. <https://doi.org/10.31590/ejosat.araconf34>
- Demir, B., Çetin, N., & Kuş, Z. A. (2016). Görüntü İşleme Tekniği ile Yabancı Ot Renk Özelliklerinin Belirlenmesi. *Alınleri Ziraat Bilimler Dergisi*, 59-64.
- Ersöz, T., Zahoor, H., & Ersöz, F. (2021). Fabric And Production Defect Detection In The Apparel Industry Using Data Mining Algorithms. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, 5(3), 742-757.
- Gezer, M. (2021). Tıpta Görüntü İşleme Yöntemleri. İçinde *Tıp Bilişimi* (ss. 203-218). İstanbul Üniversitesi. <https://doi.org/10.26650/B/ET07.2021.003.10>
- Güvenoğlu, E., & Bağırhan, M. (2019). Shearlet Dönüşümü ve Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Kot Kumaşlar Üzerinde Gerçek Zamanlı Hata Tespiti. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(3), 491-502. <https://doi.org/10.31202/ecjse.553849>
- Hacıfazlıoğlu, K., & Aydemir, E. (2023). Görüntü İşleme ile Kalite Kontrol Hatalarının Tespit Edilmesi. *2nd International Conference on Innovative Academic Studies*. https://www.researchgate.net/publication/375120725_Goruntu_Isleme_ile_Kalite_Kontrol_Hatalarinin_Tespit_Edilmesi
- Hidayat, E. Y., Hastuti, K., & Muda, A. K. (2025). Artificial intelligence in digital image processing: A bibliometric analysis. *Intelligent Systems with Applications*, 25, 200466. <https://doi.org/10.1016/j.iswa.2024.200466>

- Jana, S., Biswas, R., Tanmoy Das, Koushik Pal, Avali Banerjee, & Anurima Majumdar. (2024). *Exploring Image Processing with Python*. Unpublished. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.26885.32480>
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., Rab, S., & Suman, R. (2022). Exploring impact and features of machine vision for progressive industry 4.0 culture. *Sensors International*, 3, 100132. <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100132>
- Karimi, Z. (2021). *NumPy Quick Review*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.28097.58728>
- Kuyumcu, O. (2022). Otomotiv Endüstrisinde Araç Parçalarının Görüntü İşleme Yöntemi ile Kalite Kontrol Uygulaması. (*Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi*). YÖK Tez Merkezi (Tez No: 768431).
- Lowekamp, B. C., Chen, D. T., Ibáñez, L., & Blezek, D. (2013). The Design of SimpleITK. *Frontiers in Neuroinformatics*, 7. <https://doi.org/10.3389/fninf.2013.00045>
- Meral, Y. E. (2024). Görüntü İşleme ile Desenlerde Kusur Tespiti. (*Yüksek Lisans Tezi, İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi*). YÖK Tez Merkezi (Tez No: 856505).
- Misra, V., & Mall, A. K. (2024). Harnessing image processing for precision disease diagnosis in sugar beet agriculture. *Crop Design*, 3(4), 100075. <https://doi.org/10.1016/j.crope.2024.100075>
- Nawaf, A. M. (2019). Development Of A New Software For Fabric Defect Detection And Classification Using Image Processing And Machine Learning Methods. (*Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi*). YÖK Tez Merkezi (Tez No: 560499).
- Ngan, H. Y. T., Pang, G. K. H., & Yung, N. H. C. (2011). Automated fabric defect detection—A review. *Image and Vision Computing*, 29(7), 442-458. <https://doi.org/10.1016/j.imavis.2011.02.002>
- Orak, İ. M., & Çelik, A. (2017). Üretim Aşamasında Ray ve Profilde Oluşan Kusurlarının Tespitine Yönelik Bir Paralel Kusur Algılama Algoritması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(2). <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.322168>

- Özcan, A. (2024). Kalite Kontrol Uygulamalarında Yapay Görme Sistemleri mi Yoksa İnsan Değerlendirmesi mi Daha Avantajlıdır? *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 24(1), 233-243. <https://doi.org/10.11616/asbi.1393176>
- Pınar, Z., Kaya Gülağz, F., Altuncu, M. A., & Şahin, S. (2020). Denim Kumaşlarda Görüntü İşleme ile Hata Tespiti. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(4), 1609-1620. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.595389>
- Pişkin, M. (2016). *OpenCV Nedir? Bileşenleri ve Alternatifleri | Mesut Pişkin | Blog.* <https://mesutpiskin.com/blog/opencv-nedir.html>
- Ren, Z., Fang, F., Yan, N., & Wu, Y. (2022). State of the Art in Defect Detection Based on Machine Vision. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 9(2), 661-691. <https://doi.org/10.1007/s40684-021-00343-6>
- Sarker, I. H. (2021). Machine Learning: Algorithms, Real-World Applications and Research Directions. *SN Computer Science*, 2(3), 160. <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00592-x>
- Van Der Walt, S., Schönberger, J. L., Nunez-Iglesias, J., Boulogne, F., Warner, J. D., Yager, N., Gouillart, E., & Yu, T. (2014). scikit-image: Image processing in Python. *PeerJ*, 2, e453. <https://doi.org/10.7717/peerj.453>
- Yıldız, İ., & Taşhan, A. (2023). Yapay Zekâ: Bir Tehdit Mi? Bir Yardımcı Mı? Tekstil Sektöründe Nitel Bir Araştırma. *Iğdır Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9, 1-14. <https://doi.org/10.58618/igdiriibf.1187395>