



**KONVEYÖR ÜZERİNDEKİ NESNELERDE ÇOKLU
ANOMALİ TESPİTİ İÇİN GÖRME TABANLI TANIMA
YAKLAŞIMLARININ GELİŞTİRİLMESİ**

Tuba MÜEZZİNOĞLU

**Yüksek Lisans Tezi
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Mehmet KARAKÖSE**

AĞUSTOS -2019

T.C
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KONVEYÖR ÜZERİNDEKİ NESNELERDE ÇOKLU ANOMALİ TESPİTİ İÇİN GÖRME
TABANLI TANIMA YAKLAŞIMLARININ GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tuba MÜEZZİNOĞLU

(101129105)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 05.07.2019

Tezin Savunulduğu Tarih : 05.08.2019

Tez Danışmanı : Doç. Dr. Mehmet KARAKÖSE (F.Ü)

Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Taner TUNCER (F.Ü)

Dr. Öğr. Üyesi. A.Talha KABAKUŞ (D.Ü)

Ağustos-2019

ÖNSÖZ

Bu çalışmada görme tabanlı yaklaşıma dayanan bir kalite kontrol ve tanıma sistemi geliştirilmiştir. Günümüzde Makine görmesi teknolojisiyle gerçekleştirilen kalite kontrol ve tanıma sistemlerin herhangi bir ürünün kontrolünü bir saniyeden daha kısa bir sürede gerçekleştirerek üretimden çıkan tüm ürünlerin kontrolünü çok kısa bir sürede sağlayabilmektedir. Öncelikle MATLAB ortamında gerçekleştirilen yöntemler gerçek zamanlı çalışmaya uygun bir sistem olarak geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen görme tabanlı kalite kontrol ve tanıma sisteminde bir kamera yardımıyla konveyör sistem üzerinde taşınan poşet görüntüleri alınarak birden fazla poşet görüntüsü üzerinde 2 farklı anomali tespiti yapan birbirinden farklı yöntemler önerilmiştir. Hazırladığım bu tez çalışmanın da bu amaç doğrultusunda faydalanılabilir bir kaynak olmasını umuyorum.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada değerli vaktini bana ayırarak çalışmamın bitirilmesinde her türlü desteğini esirgemeyen sayın danışman hocam Doç. Dr. Mehmet KARAKÖSE' ye teşekkürlerimi sunmak istiyorum. Danışmanım olarak her konuda benim için harcadığı zaman ve çabalardan ötürü tekrar teşekkür ederim.

Deneyisel çalışmalarda yardımlarını esirgemeyen, bilgisini paylaşan ve değerli vaktini bana harcayan eşim Arş Gör. Taha MÜEZZİNOĞLU' na teşekkür ederim.

Hayatımın her anında ilgi, anlayış ve her türlü desteğini esirgemeyen aileme, oğlum Yusuf Alparsan ve Kerim Ertuğrul MÜEZZİNOĞLU' na ve özellikle çalışma esnasında çocuklarıma ablalık yapan sevgili kuzenim Elif TANRIVERDİ' ye çok teşekkür ederim.

Ayrıca bize kapılarını açan Erhan Plastik A.Ş. fabrikasına ve İşletme Müdürü Sayın Uğurcan GÜLEÇ'E çok teşekkür ederim.

Tuba MÜEZZİNOĞLU
ELAZIĞ - 2019

İÇİNDEKİLER

Sayfa No:

ÖNSÖZ	I
TEŞEKKÜR	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
TABLolar LİSTESİ	VIII
SEMBOLLER LİSTESİ	IX
KISALTMALAR LİSTESİ	X
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı.....	22
1.2. Tezin Yapısı	24
2. MAKİNE GÖRMESİ TABANLI KALİTE KONTROL VE TANIMA SİSTEMLERİ.....	26
2.1. Makine Görmesi Tabanlı Kontrol Sistemleri Donanım Yapısı	29
2.2. Makine Görmesi Tabanlı Kontrol Sistemleri Yazılım Yapısı	31
2.2.1 Sayısal Görüntü.....	32
2.2.2 Görüntü Ön İşleme.....	33
2.2.2.1 Histogram Eşitleme.....	34
2.2.2.2. Görüntü Bölütleme ve Eşikleme.....	35
2.2.2.3. Kenar Belirleme	35
2.2.3 Özellik Çıkarımı	38
2.2.3.1 Harris Köşe Bulma Algoritması	39
2.2.3.2 SIFT Algoritması	39
2.2.3.3. FAST Algoritması.....	40
2.2.3.4. SURF Algoritması	40

2.2.4 Anomali Tespiti	41
2.2.4.1 Sınıflandırma Tabanlı Anomali Tespiti	41
2.2.4.2 En Yakın Komşu Tabanlı Anomali Tespiti	42
2.2.4.3 Kümeleme Tabanlı Anomali Tespiti.....	43
2.2.4.4 İstatiksel Tabanlı Anomali Tespiti.....	44
2.3. Bölüm Değerlendirmesi	45
3. ÖNERİLEN GÖRME TABANLI KALİTE KONTROL YAKLAŞIMI.....	46
3.1. Plastik Market Poşet Üretiminde Kesim İşlemi İçin Anomali Tespiti	48
3.1.1. Görüntü İşlemenin Temel Aşamaları.....	49
3.1.2. Otsu Metodu Uygulanması	50
3.1.3. Morfolojik İşlemler	51
3.1.4. Özellik Çıkarımı	54
3.1.5. Anomali Tespiti	56
3.1.6. Farklı Görüntüler Üzerinde Uygulamanın Çalıştırılması	59
3.2. Plastik Mağaza Poşet Üretiminde Anomali Tespiti	61
3.2.1. Görüntü İşlemenin Temel Aşamaları.....	63
3.2.2. Özellik Çıkarımı ve Eşleştirme	64
3.2.3. Anomali Tespiti	66
3.2.4. Farklı Görüntüler Üzerinde Uygulamanın Çalıştırılması	67
3.3. Bölüm Değerlendirmesi	72
4. SONUÇLAR	73
KAYNAKLAR.....	76
ÖZGEÇMİŞ	83

ÖZET

Makine görmesi bir hareketi veya bir nesneyi analiz etmek için görüntü işleme tekniklerini kullanarak gerekli verileri çıkarıp otomatik bir şekilde görüntülerden veri elde etme sistemidir. Günümüzde makine görmesinin en yaygın olarak kullanıldığı alanlardan biri de kalite kontrol ve tanıma sistemleridir. Makine görmesi teknolojisiyle gerçekleştirilen kalite kontrol ve tanıma sistemlerinde; tutarsızlık, göz yorulması, göz alışması gibi insana has olan olağan durumlar ortadan kalkmaktadır. Aynı zamanda bu sistemler insan gözünün ulaşamayacağı hızda ve 7 gün 24 saat yorulmadan hatasız bir şekilde çalışmaktadır. Makine görmesi teknolojisiyle gerçekleştirilen kalite kontrol ve tanıma sistemlerin herhangi bir ürünün kontrolünü bir saniyeden daha kısa bir sürede gerçekleştirerek üretimden çıkan tüm ürünlerin kontrolünü çok kısa bir sürede sağlayabilmektedir.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında görme tabanlı yaklaşıma dayanan bir kalite kontrol ve tanıma sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemde görüntü için şehrimizin yerel bir firması olan plastik poşet üreticisi Erhan Plastik fabrikasından plastik market ve plastik mağaza poşet görüntüleri elde edilmiştir. Plastik poşet fabrikasında poşet üretimi esnasında kesim ve basım hatalarının meydana geldiği ve konveyör sistem üzerinde taşınan poşetlerden bu hatalı poşetlerin ayrılması noktasında bir uygulamaya ihtiyaç olduğundan bu yönde bir görme tabanlı kalite kontrol ve tanıma sistemi geliştirilmiştir. Tez kapsamından geliştirilen sistem için görüntü işleme teknikleri kullanılarak gerçekleştirilen algoritmaların tamamı özgün olarak geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen görme tabanlı kalite kontrol ve tanıma sisteminde bir kamera yardımıyla konveyör sistem üzerinde taşınan poşet görüntüleri alınarak birden fazla poşet görüntüsü üzerinde 2 farklı anomali tespiti yapan birbirinden farklı yöntemler önerilmiştir.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında gerçekleştirilen uygulamalarda plastik market poşet üretiminde kesim işlemi aşamasında ve plastik mağaza poşet üretiminde basım işlemi aşamasında meydana gelen anomali tespitlerinin doğru ve hızlı bir şekilde gerçekleştirildiği uygulama sonuçları deneysel görüntüler ile doğrulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Makine Görmesi, Kalite Kontrol, Görüntü İşleme, Anomali Tespiti, Konveyör Sistem

ABSTRACT

Development of Vision-based Recognition Approaches for Multiple Anomaly Detection in Objects on Conveyors

Machine vision is a system which obtains automatically data from images via utilizing image processing techniques in order to analyze a motion or an object. Nowadays, Quality Control and Recognition systems are widely using this system. Machine vision prevents human-induced problems such as inconsistency, eyestrain, illusion, etc. in these systems. In addition, these systems are working at a speed beyond the reach of the human eye and work tirelessly for 7 days 24 hours. Quality Control and Recognition systems realized with machine vision technology could achieve the control of any product in less than one second. Thus, they could control all products coming out of production in a very short time.

In this work, a quality control and recognition system based on vision centric approach has been developed. In this system, images of the plastic market and plastic store bags were obtained from the plastic bag manufacturer Erhan Plastik factory, which is a local company of our city, for image sampling. A vision based quality control and recognition system has been developed in this direction since cutting and printing errors are occurred during the production of bags in plastic bag factory and an application is needed to separate these faulty bags from the bags carried on the conveyor system. All algorithms which are developed via utilizing image processing techniques in this work are original and new. In the vision-based quality control and recognition system, the bag images carried on the conveyor system were taken with the help of a camera and different methods which detect two different anomalies on multiple bag images were proposed.

In application results of this work, accurate and fast anomaly detections in the cutting process of plastic market bag production and the printing process in plastic store production were confirmed with experimental images.

Key Words: Machine Vision, Quality Control, Image Processing, Anomaly Detection, Conveyor System

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa No:

Şekil 1.1	Nandi'nin çalışmasında önerdiği sistem	16
Şekil 1.2.	Bakker'ın elma görüntüleme yöntemi	17
Şekil 1.3.	Wang'ın önerdiği sistemin donanım yapısı	19
Şekil 1.4.	Piciarelli'nin önerdiği sistem yapısı.....	20
Şekil 1.5	Önerilen tanıma yaklaşımının blok diyagramı.....	23
Şekil 2.1	Makine görmesi tabanlı kontrol sistemlerinin bileşenleri.....	29
Şekil 2.2	Makine görmesi tabanlı kontrol sistemleri yazılım aşamaları	31
Şekil 2.3	Sayısal görüntü elde etme aşamaları.....	32
Şekil 2.4	Histogram uygulanmış görüntü ve histogram grafikleri.....	34
Şekil 2.5	Eşikleme işlemi uygulanmış görüntü.....	35
Şekil 3.1.	Görme tabanlı kalite kontrol sistem yapısı	47
Şekil 3.2.	Plastik market poşet uygulaması akış şeması	48
Şekil 3.3.	Plastik Poşet RGB görüntüsü.....	49
Şekil 3.4.	Plastik market poşeti gri görüntü	50
Şekil 3.5.	Siyah beyaz plastik market poşet görüntüleri	53
Şekil 3.6.	Morfolojik işlem uygulanmış plastik market poşet görüntüleri.....	53
Şekil 3.7.	Her sütun için mevcut satırdaki beyaz piksellerin toplamı	54
Şekil 3.8.	Orijinal sinyale fark işleminin uygulanması	55
Şekil 3.9.	Plastik market poşeti kulp-gövde ayrımı	55
Şekil 3.10.	Plastik market poşeti kulp kısmı	56
Şekil 3.11.	Plastik market poşeti kulp orta kısmının piksel değerleri.....	57
Şekil 3.12.	Plastik market poşeti anomali tespit uygulama sonucu	59
Şekil 3.13.	Plastik mağaza poşet uygulaması akış şeması	62
Şekil 3.14.	Ana görüntü ve şablon görüntünün okunması	63
Şekil 3.15.	Ana görüntü ve şablon görüntünün gri görüntüye dönüştürülmesi	63
Şekil 3.16.	Ana görüntü ve şablon görüntünün köşe noktalarının bulunması	65
Şekil 3.17.	Köşe noktalarının eşleştirilmesi.....	65
Şekil 3.18.	Ana görüntüde firma adının konumu.....	66
Şekil 3.19.	Ana görüntüde firma adının olması gereken konumu.....	66
Şekil 3.20.	Ana görüntüde anomali tespiti	67

TABLÖLAR LİSTESİ

Sayfa No:

Tablo 2.1	İnsan ve makine görmesi arasındaki karşılaştırma	27
Tablo 2.2	Otomatik kalite kontrol konusunda yapılan çalışmalar	28
Tablo 3.1.	Farklı plastik market poşet görüntüleri için uygulama adımları	60
Tablo 3.2.	Farklı plastik mağaza poşet görüntüleri için uygulama adımları	68
Tablo 3.3.	Uygulama sürelerinin karşılaştırılması	69
Tablo 3.4.	Önerilen yöntemin başarı oranı.....	71



SEMBOLLER LİSTESİ

x	: Pikselin yatay koordinatı
y	: Pikselin dikey koordinatı
T	: Eşik değeri
μ	: Pencerenin x yönünde yer değiştirmesidir.
I	: Görüntünün (X, Y) konumundaki yoğunluk değeri
E	: Orijinal nokta ile taşınan pencere arasındaki fark
A	: Parlaklık gibi bir şiddet birimi
F_g	: Gauss maskeleme matrisi
YF	: Prewitt yatay filtre matrisi
DF	: Prewitt dikey filtre matrisi

KISALTMALAR LİSTESİ

CPU	: Merkezi İşlem Birimi
R	: Kırmızı (Red)
G	: Yeşil (Green)
B	: Mavi (Blue)
AVI	: Otomatik Görmeye Dayalı Denetim
3D	: 3 Boyutlu
HSV	: Renk özü, Doygunluk, Parlaklık
XYZ	: Renk Sisteminde Koordinat
KNN	: K En Yakın Komşu
HSI	: Hiperspektral Görüntüleme Tekniği
PET	: Polietilen Tereftalat
PCB	: Baskı Devre Kartı
AOI	: Optik İnceleme Sistemi
E-M	: Beklenti Maksimizasyon
SIFT	: Ölçek Değişimsiz Özellik Dönüşümü
FAST	: Hızlandırılmış Segment Testinden Özellikler
SURF	: Hızlandırılmış Sağlam Özellikler
QIR	: Quadratic Integral Ratio

1. GİRİŞ

Makine görmesi; gün geçtikçe gelişen bilgisayar teknolojisinde, insan görmesi modelinden yola çıkılarak geliştirilen bir sistemdir. İnsan görme sistemini en basit şekilde açıklayacak olursak; gözlerden, görme siniri ve beyinden oluşan bir model olarak düşünebiliriz. Göz merceği ile optik retinayla birlikte görüntüyü hissederek ve görme siniri görüntü bilgilerini, beyin bu bilgileri alan ve gerekli analiz etme işlemlerini gerçekleştiren kısmına gönderir. Makine görmesi de insan görme sisteminin basitleştirilmiş bu modeline benzerdir. Makine görmesinde kullanılan kamera, mercek ile bir görüntü algılayıcısı üzerinde optik görüntüyü oluşturur. Daha sonra da gerekli bilgileri kullanabilmek için bir sinyal yardımıyla görüntü bilgilerini, bu bilgileri analiz edecek olan bilgisayara iletir. Son olarak da bilgisayara ulaşan bilgi gerekli yazılımların bulunduğu sisteme iletilir ve görüntü analizi işlemleri gerçekleştirilir.

Makine görmesi, bir hareketi, olayı, görüntüyü denetlemek için gerekli verileri elde ederek otomatik olarak bu verileri analiz etme ve görüntülerden veri kazanma sistemidir. Makine görme sistemlerinde anahtar unsurlardan ilki bu sistemlerin otomatik sistemler olmasıdır. Makine görme sistemleri insan aracılığı olmadan çalışır. İkinci anahtar unsur ise makine görme sistemlerinde hem görüntülerin elde edilme işlemi hem de görüntülerin analiz işlemi gerçekleştirir. Makine görme sistemlerinde üçüncü anahtar unsur da görüntü elde etme işlemi hiçbir temas olmaksızın gerçekleştirilmektedir ve görüntüyle ilgili istenen veriler çıkarılabilmektedir. Son anahtar unsur ise makine görme sistemlerinde işlem sonuçları bir hareketi veya işlemi denetlemek için kullanılmaktadır. Makine görme sistemleri genel olarak bir ışık kaynağı, kamera ve kamera ile elde edilen görüntüyü analiz edecek bir işlemciden oluşmaktadır. Birçok makine görme sistemlerinin bu parçalar ayrı ayrı kullanılırken, bazı sistemlerde ise tek bir kutu içerisinde birleştirilmiştir.

Makine görme sistemlerinin kullanım alanları kalite güvencesi, sınıflandırma, üretim sürecinin kontrolü, malzeme envanteri, robotik faaliyetler, test ve kalibrasyon işlemleri, güvenlik olmak üzere 7 sınıf içinde toplanabilir. Bu sınıfları şu şekilde sıralayabiliriz;

- **Kalite Güvencesi:** Üretim sektöründe defolu ürün üretiminin önüne geçmek için makine görme sistemleri önemli bir rol oynamaktadır. Üretim sektöründe, insanlar tarafından yapılan kalite kontrolünde verimlilik düşmektedir. Endüstriyel sektörde

Üretim çok hızlıdır ve bu hızda insanların manuel olarak denetleme yapması çok zordur. Bunun yanında üretilen ürünün kaliteli olması ve üretim sürecinin hızlı olması firmalar için çok önemlidir. Bu nedenle makine görmesi üretim sektöründe kalite güvencesi için vazgeçilmez bir konumdadır.

- **Sınıflandırma:** Makine görme sistemleri birçok ürünü, nesneyi fiziksel özelliklerine göre tasnif edebilmektedir. Nesneleri fiziksel özelliklerine göre sınıflandırma makine görmesinin temelde en çok kullanılan alanlarından biridir. Üretim endüstrisinde defolu ve defosuz ürünlerin tespiti için makine görmesi sistemleri sıklıkla kullanılmaktadır. Aynı zamanda ürünlerin boyutuna, rengine, doluluk oranına göre sınıflandırma işleminde de makine görmesi sistemleri kullanılmaktadır.
- **Üretim Sürecinin Kontrolü:** Endüstriyel çalışmalarda bir ürünün elde edilme süreci çok yakından takip edilmesi gereken bir süreçtir. Makine görmesi sistemleri bu süreci önemli ölçüde kolaylaştırmaktadır. Örneğin elik üretim sürecinde baskı sonrası çıkan parçaların form kontrollerinin yapılması, kaynak, vidalama gibi alt süreçlerden sonra eksik parça kontrolü, pozisyon kontrolü gibi işlemlerin kontrolü oldukça önemlidir. Bu nedenle elik üretim sürecinde makine görmesi sistemleri çok önemli katkılar sağlamaktadır.
- **Malzeme Envanteri:** Endüstriyel sistemlerde, üretim sektöründe kullanılan malzemelerin en hızlı ve en ekonomik şekilde nasıl kullanılacağına, depolanacağına karar verilmesi oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Üretim sektöründe malzemenin depoya yanlış yerleştirilmesi veya depodan yanlış malzemenin alınması ürün üretimini aşamasında, envanter kontrolü açısından problemlere neden olmaktadır. Bu nedenle malzemeleri hızlı, doğru ve otomatik olarak depolamak için makine görmesi sistemlerini kullanmak önemli avantajlar sağlamaktadır. Makine görmesi depoya giren ve çıkan malzemeleri belirler ve malzemelerin biriktirilmesini sağlar.
- **Robotik Faaliyetler:** Her alanda olduğu gibi robotik teknolojisindeki gelişmeler de doğal yaşamdan etkilenerek oldukça ilerlemiştir. Makine görmesi de bunun en önemli parçalarındandır. Sabit iş yapan görme özelliği olmayan robotlar yerine, ürününü gören, yaptığı içi gören ve optimum sonucu retene kadar çalışan robotlar gelişmektedir. Üretim endüstrisinde ürünü görüp doğru açıda doğru yerlerinden tutarak montajını yapan bir robot, klasik birkaç sensörden referans

alıp tekdüze iş yapan robottan kat kat verimlidir. Bu nedenle gelişen robotik faaliyetlerde de makine görmesi kaçınılmaz bir konudur. Makine görmesi sistemini kullanan robotik faaliyetlere şu örnekler verilebilir; konveyör üzerinde hareket halinde olan karmaşık durumdaki ürünlerin robotlar tarafından toplanması, montaj esnasında materyallerin durumu, nesnelerin hareket halinde iken montajı, kaynağının yapılması, cıvata sıkılması, boya ve diğer akla gelebilecek ürünü takip ederek yapılan uygulamalar.

- **Test ve Kalibrasyon İşlemleri:** Üretim endüstrisinde insan arabirimine ihtiyaç duyan, özellikle görsel olarak gerçekleştirilen montaj işlemleri ve montaj edilen parçaların test işlemi, kalibrasyonu insanlar tarafından manuel olarak yapılması kaliteyi, hızı ve verimliliği düşüren bir durumdur. Bu nedenle bu sistemlerin insan arabirimi devreden çıkarılarak, otomatik olarak gerçekleştirilmesi için makine görmesi kullanılmaktadır.
- **Güvenlik:** Güvenlik insan görmesini gerektiren önemli bir konudur. Gelişen teknolojiyle birlikte güvenlik alanında da insan arabirimi devre dışı bırakılmıştır ve yerini makine görmesi sistemleri almıştır. Makine görmesi sistemlerinin güvenlik alanında en fazla kullanıldığı alanlardan biri yüz tanıma sistemleridir. Yüz tanıma sistemleri suçlu kimlik tespitinde ve halka açık alanlarda suçlu aramasında kullanılmaktadır. Ayrıca kimlik kartı, sürücü belgesi, pasaport gibi devlet uygulamalarında da yüz tanıma sistemleri kullanılmaktadır. Yüz tanıma sistemleri, kişileri belirlemek için kişilerin yüz özelliklerini kullanmaktadır. Genellikle bu sistemler yüz görüntülerinden belirli bazı özellikleri seçer ve ardından bu özellikleri kullanarak yüz tanıma işlemini gerçekleştirir. Bir yüzün belirli özellikleri şu şekildedir; gözler arasındaki mesafe, burun, elmacık kemikleri, çene çizgisi, çene ve benzeri pozisyonda genişliği içerir.

Makine görmesi sistemlerinin güncel hayatta kullanıldığı alanlar şu şekildedir; Hatalı ürün tespiti, kalite kontrolü, paket kontrolü, ürün seri numara kontrolü, ürünlerde etiket denetimi, güneş paneli hücre denetimi, kumaş-kâğıt-metal yüzey denetimi, tıbbi şişe denetimi, ambalaj kontrolü, dolum seviye kontrolü, temassız ısı ölçümü, ürün sayımı vb. alanlar. Makine görmesi sistemlerinin çok fazla sektörde kullanılması önemli avantajlar getirmesinden kaynaklanmaktadır.

Bu avantajlar şu şekilde sıralanabilir;

- Üreticiler, üretim esnasında oluşan hataları en aza indirir ve maliyetleri azaltır.

- Üretimi yapılan ürün kalitesi artar.
- Kalite Kontrol için ek personel ihtiyacı olmaması ile birlikte personel maliyetlerini düşürür.
- Ürün kontrolü çok kısa bir sürede gerçekleşir.
- Dikkatsizlik, unutkanlık, yorgunluk, dalgınlık, gibi insan kaynaklı hataları ortadan kaldırır.
- Üretim esnasında yüksek hassasiyetle doğru ölçüm yapılır.

Makine görmesi işlemleri, günümüzdeki seri üretim bantlarında kullanılan ve hızlı bir şekilde denetlemeye olanak sağlayan sistemler olarak karşımıza çıkmaktadır [1, 2]. Ürünler üzerindeki eksiklikleri, ürünlere ait özellikleri veya sadece izleme işlemini gerçekleştiren bu sistemler herhangi bir uzman kontrolüne gerek kalmadan otonom olarak çalışabilmektedir [3, 4]. Bu sayede kullanıcılara görme tabanlı denetleme ve analiz işlemi sunulmakta, gerek zaman gerekse maliyet yönünden tasarruflu çözümler verilmektedir. Günümüzde bilgisayarlı görme ve kontrol işlemleri oldukça sık bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle bant üzerinde geçen ürünleri hızlı bir şekilde kontrol edebilmek amacıyla kullanılan bu sistemler, ürünler üzerindeki arıza, yanlış üretim, sayma gibi çeşitli temel işlevleri hızlı bir şekilde gerçekleştirebilmektedirler. Bu sistemler sayesinde firmalar, daha doğru ve hassas ölçümler yapabilmekte, ayrıca ürünlerine ait çeşitli raporlama bilgilerini anlık olarak alabilmektedirler. Literatürde kalite kontrol sistemleri çok yönlü olarak farklı alanlarda kullanılmaktadır. Bu endüstrilerden bazıları tekstil, gıda, paketlenme, ilaç gibi sınıflandırılabilir. Her endüstriyel alanda farklı bir amaç için kullanılan bu sistemler temel olarak tek bir görevi üstlenmektedirler. Bu görev ise üretilen ürünlerin kullanıcının belirlediği doğrultuda tespit edilmesi veya sınıflandırılmasıdır [1-5].

Bölüm başında da belirtildiği üzere makine görmesi konusu üzerine literatürde yapılmış çok çeşitli çalışmalar bulunmaktadır [1-10]. Bu çalışmaların birinde tekstil endüstrisi için bir uygulama geliştirilmiştir. Bu çalışmada yünler üzerindeki yabancı maddelerin tespiti ve kontrolü gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla bilgisayar tabanlı görme teknikleri incelenmiş ve geliştirilen uygulama için önerilen yaklaşım sunulmuştur [5]. Makine görmesi üzerine yapılan bir diğer çalışmada ise gıda kontrolü için bir yöntem geliştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında yine seri üretim hattından geçen bisküvilerin kontrolü işlemi yapılmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda bisküviler üzerindeki çatlakların tespit edilmesine çalışılmıştır. Bir piramit tespit şeması yöntemi bu çatlakların

belirlenmesi için önerilmiştir [6]. Konu ile alakalı gerçekleştirilen bir diğer çalışmada ise üretim bantlarının kontrolü gerçekleştirilmiştir. Üretim bandı başka bir deyişle konveyör üzerindeki eksikliklerin tespit edilmeye çalışıldığı bu çalışmada hızlı bir görüntü segmentasyon algoritması önerilmiştir. Algoritma konveyör üzerindeki çatlakları ve yırtıkları tespit etmeye çalışmaktadır [7]. Bu konudaki bir diğer çalışmada ise karo hizalama işlemi için otomatik makine görmesi yöntemi geliştirilmiştir. Bu sayede dizili karoların düzgün bir şekilde yerleştirilip yerleştirilmediği kontrol edilmekte ve karoların geometrik karakteristikleri elde edilmektedir. Önerilen bu otomatik sistem dizili karoların durumu hakkında çıkış vermektedir [8]. Görme tabanlı kalite kontrol sistemleri için yapılmış bir çalışmada ise ilaç endüstrisine yönelik bir uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulama ile düşük maliyetli bir kalite kontrol sistemi oluşturulmuş ve bir üretim bandı üzerindeki ilaçların kalitesinin gözlemlenmesi sağlanmıştır. Çalışma kapsamında bir akıllı kamera kullanılmış ve bu kamera aracılığıyla alınan görüntüler üzerinde çeşitli işlemler uygulanarak ilaçlara ait belirli özelliklerin çıkarılması sağlanmıştır [9]. Önerilen bir diğer çalışmada ise görme tabanlı kalite kontrol sistemlerinin geliştirilmesine yönelik bir uygulama geliştirilmiştir. Bu amaçla makine görmesi kullanan sistemlerde önemli bir dezavantaj oluşturan titreşim durumunun azaltılması ve önüne geçilmesi sağlanmıştır. Önerilen yaklaşım sayesinde bant üzerinde geçen ürünlerde meydana gelen titreşim sonucu ortaya çıkan sıkıntılı görüntülerin düzeltilmesi ve daha net sonuçların elde edilmesi hedeflenmiştir [10].

Gerçekleştirilen çalışmaların bir diğerinde ise makine görmesi kullanılarak elektrik kontaklarının denetimi gerçekleştirilmiştir [11]. Elektrik endüstrisinde, elektrik kontakları elektronik aletlerin arasındaki bağlantı veya bağlantının kesilmesi açısından önemli rol oynamaktadır. Bunlar genelde anahtar, devre kesici, selenoid kontağı şeklinde olup motorlarda, bilgisayarlarda ev aletlerinde, uzay endüstrisinde vb. alanlarda kullanılmaktadır. Bütün bu anahtarlar, devre kesiciler ve selenoid kontaklar performans ve güvenilirlik açısından önemli rol oynamaktadır. Elektrik kontakları genelde baş ve uç olmak üzere iki kısımdan oluşur ve perçin, buton ve uç olmak üzere üç farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Fakat bazen baş kısmı tipi, baş kısmının ince olması vb. sebeplerden dolayı kırılma gibi bozukluklar ortaya çıkabilmektedir. Elektronik endüstrisinde kullanılan elektronik kontakların üretim aşamasındaki denetimi genel olarak insanlar tarafından manuel olarak yapılmaktadır. Bu nedenle insanlar tarafından manuel olarak yapılan denetimler kaliteyi ölçme özneliği ve kesinlik

açısından sorunlar çıkarmaktadır. İnsan denetimi dışında gerçekleştirilen bir başka yöntem ise yüzey alanı denetleme teknikleridir. Yüzey alanı denetleme teknikleri (ultrasonik, lazer, manyetik, ultraviyole ve x-ray vb.) ise pahalıdır ve çevresel nedenlerden dolayı geliştirilip kurulamamıştır. Bu nedenle, elektronik kartlarının ince metalik yüzey kusurlarını otomatik incelemek önemli bir konu haline gelmiştir. Elektronik kartların başarılı ve verimli üretimi için otomatik görsel denetim sistemleri önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle elektronik kartların yüzey kusurlarını keşfetmek en zor ve sıklıkla görülen problemdir. Bu nedenle gerçekleştirilen çalışmada; görüntü işleme tekniği metal yüzey denetimi üzerinde özellik çıkarımı ve kalıp sınıflandırılması gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen sistemde elektronik kartın bütün bir yüzeyini görebilmek ve maksimum sayıda arıza görebilmek için farklı aydınlatma sistemleri olan bir prototip amaçlanmıştır. Elektronik kartın metal yüzeyi hakkında bilgiye ulaşmak için görüntülerin gri seviyedeki matrisleri kullanılmıştır. Elektronik kart ise 3 ana yönden incelenmiştir. Bunlar;

- Üst kısımda; ekstra metal, tırtıklı kısım
- Alt kısımda; kırıklar, aykırılıklar
- Yan kısımda; yan kırıklar

Elektronik kartlar üzerinde görülen en büyük problem üstten görünüm arızasıdır. Üstten görünüm arızası her zaman elektronik kartın kenarında meydana geldiği için insan gözüyle denetlenmesi çok zordur.

Elektronik kartın alttan görünüm denetimi; aykırılıklar ve kırıklar başlıca görülen problemlerdir. Denetim bu iki hatayı yok etmeyi amaçlar.

Yandan görünüm denetimi; Bu kırıklar en şiddetli arızalardır ve genellikle iki farklı metal (gümüş, bakır) arasındaki bağlantıda meydana gelirler. İnsan gözüyle denetlemede ayırt etmek çok zordur. Tasarlanan sistem optik lens yardımıyla 4 aşamada hataları tespit etmeyi amaçlar;

- İlgili alan seçimi; İlgili alandaki yerel geliştirme genellikle görüntü işlemede segmentasyon metodunda kullanılır. Bu çalışma metal yüzeylerde ışık yansımalarını eleyerek çalışır.
- Top-hat kapatma işlemi; metalik yüzeyde hata tespiti için yaygın bir şekilde kullanılan morfolojik bir yöntemdir. Amacı hasarlı bölgedeki piksellerin gri değerini artırmak ve hasarsız bölgedeki gri değeri azaltmaktır.

- Gama (kontrast derecesi) dönüşümü; Amacı belirtilen ilgili alan seçimindeki türetilmiş hataları daha da geliştirmektedir.
- Kabarcık analizi: Gama dönüşümünden sonra kabarcık analizi önceden tanımlanmış & geliştirilmiş ilgili alan seçimini içeren bir eşik seviyesiyle ile yönetilir. Bu adım hataları farklı gruplara sınıflandırır sonra her grubu farklı numaralarla etiketlendirir ve alan, şekil gibi özelliklerine göre analiz edilir.

Görme tabanlı kalite kontrol sistemleri için yapılmış bir çalışmada [12] ise bir sosıs fabrikasında sosısın dış görünümünde meydana gelen hasarların tespiti gerçekleştirilmiştir. Sosis üretim sürecinde dış görünümünde; uzunluk, pürüzlülük, büküklük, kabarcık gibi hatalar meydana gelebiliyor. Modern gıda endüstrisinde kalite en önemli noktadır. Çünkü yüksek kaliteli ürünler pazardaki yarışta başarılı olmanın en temel unsurudur. Sosis endüstrisinde kalite değerlendirmesi ağırlıklı olarak zahmetli, pahalı olan ve ayrıca psikolojik faktörlerden kolayca etkilenen, öznel ve değişken sonuçlar doğurabilen manuel denetim yöntemleriyle yapılmaktadır. Tüketicilerin artan farkındalığını, zevklerini ve yüksek beklentilerini karşılayabilmek için, gıda ürünlerinin kalite değerlendirmesini geliştirmek gerekmektedir. Eğer kalite değerlendirmesi otomatik olarak başarıya ulaşırsa hatasız, kesin ölçümlere ve ürün tutarının azaltılmasına ek olarak ürün hızı ve verimini de artırılabilir. Makine görmesi endüstriyel otomatikleşme yönünde yenilikçi çözümler sağlar. Makine görmesi ayrıca üretkenliği ve kalite yönetimini geliştirir bu nedenle pazar yarışında avantaj sağlar. Otomatik görmeye dayalı denetim (AVI) makine görmesini temel alan yeni bir denetleme teknolojisidir. Birçok görüntü işleme ve analiz yapma, örüntü tanıma ve yapay zekâ içeren yöntemlere sahiptir. Otomatik görmeye dayalı denetim hatalı ürünleri geri çevirerek kalite kontrolden emin olma ve üretim sürecinde geribildirim sağlamak amacıyla istatıksel bilgi toplama olmak üzere iki tane ana alanda uygulanır. Gerçekleştirilen çalışmada görmeye dayalı denetim sisteminde görüntüyü elde etmek için bilgisayarlar kullanılır ve bu da yazılım sınıflandırması uygulanmasıyla başarıya ulaşır. Görüntüler bir veya daha fazla sabitlenmiş kamerayla elde edilir. Çoğu durumda bu sistemler bilinen ve sabitlenmiş nesnelerden tasarlanır. Sahne alanı aydınlanmış ve sınıflandırma için önemli olan görüntü özelliklerinin çıkarılmasını kolaylaştırmak için ayarlanmıştır. Sistemin algoritma adımları ise şu şekildedir;

- Sosis renkli kameralardan ve aydınlatıcılardan oluşan denetleme aygıtına düşer. Her bir kamera aynı yatay düzlemedir ve açıları 120 derecedir.

- 3 renkli kameralar aynı anda üç yönden görüntü alırlar ve bunları bilgisayardaki yakalama aygıtına atarlar.
- Parlaklık ve renk bilgilerine göre akıllı görüntüleme denetimi yazılımları süreci yönetir ve bir yargıya varır.
- Eğer sosis kalitesizse, bilgisayar donanımdaki elektronik kontrol sistemiyle yok etme komutu verir ve sosis hatalı kutusuna atılır.
- Eğer sosis kaliteliyse, örnek sosis paketleme sürecine girer.

Gerçekleştirilen çalışmada [12] yapılan deneyler sonucunda 400.000 hatalı sosisin %95inde hata bulunmuştur. Hata içermeyen sosis oranı ise %5'tir. Sonuç olarak gerçekleştirilen bu sistem iki boyutlu olduğu için üç boyutlu olması için gerekli gelişmeler sağlanmalıdır. Böylece yanlışlıkla gözden kaçan ve tanımlanamayan hatalarında farkına varılır.

Literatürde gerçekleştirilen bir başka çalışmada [13] ise elektronik aletlerin hata denetimi için kullanılan görüntüleme cihazlarının renk tespiti uygulaması gerçekleştirilmiştir. Elektronik aletlerin hata tespiti geçmişten günümüze hep monokrom kameralarla yapılmıştır. Bu tip kameralar sınırlı zamanda temel denetlemenin çok iyi yapılmasına olanak sağlamaktadır. Fakat bu yöntem hatanın olduğu yerin grilik seviyesiyle arka planın grilik seviyesinin farklı olmasından yola çıkarak çalıştığı için bu tarz çözümler sadece bir çeşit hatanın bulunduğu yerlerde uygulanabilmektedir. Artık tüketicilerin yakaladığı yeni tip hataları yakalayan, kısa zamanda kurulabilen, birkaç makine için kullanılan ve sadece belirli hatalara özgü olmayan bir denetim istasyonu gereksinimi duyulmaktadır. Bütün bunlar göze alındığında renkli kamera kullanan denetim istasyonları geliştirilmiştir. Bilgisayardaki renkli görüntüler genellikle RGB aralığında tanımlanır. Bu aralık her pikselin kırmızı, yeşil ve mavi miktarından oluşan üç boyutlu bir aralıktır. Ayrıca bu aralıklar lineer ya da lineer olmayan yollarla birbirlerine dönüştürülebilir. Renk aralıklarının en büyük avantajı bileşenlerin parçalarını diğerlerinden kolayca ayrılabilmesine olanak sağlamasıdır. Bu parçalar genelde arka plan ve hatalı olarak tanımladığımız ön plandır. Şuan için gerçekleştirilen çalışmada genellikle en popüler renk aralıkları kullanılmaktadır ama gerekirse başka aralıklarda kullanılabilir. Hatalı kısım ile arka plan arasındaki ayrımı en iyi şekilde yapmak için kullanılan bağımsız bileşen analizi tarafından birçok renk aralığı hesaplanabiliyor. Gerçekleştirilen çalışmada ilk olarak, soğutucuların kalay tabakalarında ortaya çıkan bakır hatalarına odaklanmıştır. Bakır ve

kalay benzer yansıtma katsayısına sahiptir ve normal yöntemlerle bunları birbirinden ayırmak çok zahmetli olabilir, renkli kamera kullanmak (3D renk aralıklı) ise daha uygun bir yöntemdir. 3D aralık kırmızı, yeşil ve mavi kanallardan gelen bilgilerle yeni algoritmaların kullanılmasına olanak sağlar. İlk uygulamada ana konu sadece RGB'yi kullanmaktansa, iki metal rengini ayırabilmek için en iyi renk aralığını seçmektir (HSV ya da XYZ aralığı gibi). Fakat en iyi ayırt etme ve gereksiz bilgileri ayırt etme açısından en iyi yöntem temel bileşen analizi algoritmasıdır. En iyi yöntemi veya yöntemleri seçtikten sonra aletin farklı parçalarını bölmek için görüntü eşikleme yapılır.

Renkli kamera kullanmak için fotomekanik sistemin bazı parçalarının değişmesi gerekir. Monokromatik aydınlatma, dengelenmiş doğal beyaz ışık ile değiştirilir. HSV renk aralığının doğruluğunu garantiye almak için kameranın beyaz dengesi iyi ayarlanmalıdır. Yazılımlar renkli görüntü elde etmeyi ve sonra elde edilen renkli görüntüye renk işlemesi yapmayı sağlamaktadır. Kullanıcı istediği renk aralığını seçer ve istediği eşiği ona uygular. Ayrıca görüntülerin nasıl birleştirileceğini de seçer. Hata tespiti ayarlarını da kurduktan sonra, yöntemini/formüllerini yeniden kullanabilmek için kaydeder.

Gerçekleştirilen çalışmada yeni hata denetimi sistemi ilk uygulamasında siyah-beyaz görüntülemenin aksine, uygulama yazılımı yardımıyla kalaylanmış soğutucuların üzerindeki bakırlar tespit edilmiştir. Uygulama yazılımındaki işlem süreci görüntülerin boyutuna ve renk boyutlarının sayısına bağlıdır. Sonuç olarak gerçekleştirilen çalışma monokrom sistemlerin yapamadığı hata tespitlerini yapmaya olanak sağlamıştır. Algoritmalar ise zamanla daha iyi renk ayırt etmek için geliştirilecektir.

Literatürde gerçekleştirilen bir diğer çalışmada [14] ise online görüntüleme tabanlı kaynak dikişlerinin hata denetimi ve ölçümü gerçekleştirilmiştir. Üretim endüstrisinde, özellikle de gemi yapımı, tren rayı endüstrisi ve petrol boru hattı endüstrilerinde kaynak işlemi çok önemlidir. Hem verimliliği hem de kaynak dikişlerinin kalitesini artırmak için insanlar artık otomatik sistemler keşfetmeye başlamıştır. Bu iş için çok iyi robotlar olmasına rağmen genellikle robotlar öğret ve oynat (teach and playback) modunda çalışırlar ve bu nedenle robotlar sürekli olarak önceden programlanmış bir yol izler. Fakat kaynak dikişleri için gerekli olan çoğu sistem online denetleme yapamamaktadır. Bu nedenle kaynağı yapılmış hatalı parçanın sonradan gazla kesilmesi ve tekrar kaynak yapılması gerekmektedir. Bu da üretim işlemi bittikten sonra üreticiye ekstra bir yük getirmektedir. Kaynak dikişleri için online denetleme yapılması ise kaynakların

parametrelerini değerlendirmek için kaliteli bilgi sağlar, sureyi ve materyal atığını azaltır.

Kaynak dikişleri denetimi genelde radyografik, ultrasonik, görmeye dayalı denetim ve manyetik tarama olmak üzere dört yöntem içerir. Radyografik denetim yıkıcı olmayan radyografik sensörler içeren bir test yöntemidir. Fakat bu sensörler online denetimi desteklemek için kaynak dikiş periyoduna yüklenemez. Ultrasonik denetim genelde çok kullanılan, ucuz ve esnek bir yöntem olmasına rağmen görsel açıdan eksik kalmakta ve çok yetenekli operatörlere ihtiyaç duymaktadır. Manyetik hata tespiti ise yüksek hassaslığa sahiptir ve uygulaması çok kolaydır. Ama bu yöntem için manuel operasyonlar gerekir buda online denetimde mümkün değildir.

Gerçekleştirilen çalışmada [14] görüntü hassasiyeti ve bilgisayar görüntüsünün kuvvetli yönleri, yüzeydeki hata denetiminin bilgisayar esaslı sistemlerle yapılmasını geliştirmeye elverişli olduğundan kaynak dikişleri üzerinde görmeye dayalı denetim kullanılmıştır. Devre levhası denetimi görüntü ve kızılötesi sensörleri kullanılarak yapılmaktadır. Prz olmayan yüzeylerdeki hata tespiti optik mekatronik sistemler kullanılarak, yüzeydeki hataları tanımlama ve sınıflandırma için ise görüntüleme sensörleri kullanılarak gerçekleştirilir. Görüntü sensörleri ayrıca kaynak bozukluklarını ölçer ve kaynak dikişinin denetim boyunca izini sürer. Fakat görüntü sensörü için görüntüleme modelinin detaylı analizini yapabilen bir teknik henüz yok ve bu nedenle gerçekleştirilen çalışmada öznitelik çıkarımı ve hata tespiti algoritması uygulanmıştır. Bu alışma sensör görüntüleme modeli, görüntü ölçümü ve hata tespiti gibi anahtar konuları içerir. Detaylı analiz edilen sensör görüntüleme modeli baz alınarak görmeye dayalı denetim sisteminin kaynak dikişi profilini görüntülemek için en iyi yol olduğu görülmüştür. Denetim sistemleri hata tespiti için kaynak dikişlerinin boyutlarını ve doldurulan alanların derinliğini ölçmektedir. Kullanılan görüntü sensörünün yapısı ve biçimine gelecek olursak, görüntülemeye dayalı denetim sistemleri, kaynak dikişinin profilini görüntülemek için tasarlanan aydınlatmalar kullanırlar. Denetim sensörleri kaynak silahlarının arkalarına yerleştirilen kamera ve lazer vericileri kullanır. Kaynak işlemi sırasında bu sensörler yüzeyi tararlar sonra o yüzeyi ve kaynak yapılan alanının profilini grntlerler. Bu sistemde, sensörlerin biçimi sayesinde, piksellerin koordinatları kullanılarak ve her birinin görüntü özellikleri (gereksiz kalibrelerden kurtulmuş) kullanılarak kaynak boyutları direk ölçülebilir. Denetim içeriği ise, kaynak dikişinin yüzey alanı ve boyut parametrelerini oluşturur. Bunlardan bazıları kaynak

hatalarını tanımlayabilir. Öznitelik çıkarımı ve boyut ölçümü aşamasında ise bütün kaynak süreci boyunca hata tespiti için kullanılan değerler tespit edilir. Öncelikle kaynak oyuklarının dolum durumu incelenir, sonra kaynak dikişinin kalitesine odaklanılır. Çizgi profilinde dönüm noktaları belirlenir bunlar ekstrem eğriliğini gösterir. Öznitelik çıkarımı algoritması şu adımları takip eder;

- Kaynağın yüzey alanındaki taban çizgileri Hough dönüşümüyle tespit edilir.
- Daha sonra, çizgi profillerinin ikinci türevi hesaplanır.
- Son olarak da bulunan yerel minimum & maksimum ve mutlak ekstremum noktasıyla kaynak dikişin boyutları hesaplanır.

Maalesef ki, oyukların tamamen kapandığı ve lazer çizgilerinin tamamen düz olduğu yerlerde eğrilik ekstremum metodu kullanılamaz. Bu durumda istatistiksel analiz esaslı öznitelik çıkarma metodu kullanılır. İlk olarak, her çerçevenin çizgi profili çıkarılır. Çıkarılan verilerden geçerli ve yanlış veriler ayrıştırılır ve yanlış bilgiler uzaklaştırılır. En büyük kaynak dikişi boyutu hesaplanır. Taban çizgisi Hough dönüşümü kullanılarak tespit edilir. Hesaplanan bu değerle karşılık değeri arasındaki uzaklık hesaplanır.

Sonuç olarak, gerçekleştirilen çalışmada yapılan deneylerin sonucunda kaynak dikişlerinin boyutlarının otomatik sistemlerce tatmin edici sonuçlar vererek hesaplanabildiği görülmüştür. Klasik kaynak hataları online şekilde tespit edilmiştir. İleriki çalışmalarda ise görüntüleme sensörlerinin çözünürlüğü geliştirilecektir ve sistemin farklı kaynak türlerinde de uygulanması sağlanacaktır.

Literatürde önerilen bir diğer çalışmada [15] ise makine görmesi kullanılarak gerçek zamanlı matematiksel bilgisayar yöntemiyle sağlıklı, sağlıksız, standart ve kusurlu patates seçimi için bir denetim sistemi tasarlanmıştır. Görüntü işleme ve yapay görü, bilim ve teknoloji açısından önemli yere sahiptir. Özellikle matematiğin bazı alanlarına önemli katkı sağlamaktadır. Günümüzde, bu ikisi kalite kontrolün temel anahtarı olması için geliştirilmekte fakat hala çözülmesi gereken bazı sorunlar vardır. Eskiden optik denetlemelerde renk çok kullanılamıyordu çünkü pahalı, karışık denklemlere sahip, işlem gücü gerektiren bir yöntemdi. Yemek endüstrisinde sınıflandırma genellikle işinde uzman kişilerce yapılmaktadır. Fakat bu yöntem düzensiz davranma gibi bazı eksiklere sahiptir. Bu davranışlarda bazı hatalara yol açabilmektedir. Dünya patates tüketimi gün geçtikçe %4.5 gibi bir oranla artmakta. Bu bağlamda dış karakterleri tespit edebilen bilgisayar görüntüleme teknolojisi objektif olma, ucuzluk olma gibi avantajlara

sahiptir. Genellikle hata tespit eden bilgisayar görüntüleme algoritması iki ana adıma sahiptir. İlk adımda, segmentasyon algoritması ile patatesleri arka plandan ayırt etmek için giriş görüntüsüne uygulanır. İkinci adımda ise hedef patates için kullanılan hata tespit etme algoritmasını kullanılmaktadır. Segmentasyon işlemi için bazı anahtar teknolojiler vardır ama yeterli değildir. Bu çalışma hem boyut hem de hata sınıflandırması yapabilen bir sistem amaçlamaktadır. Gerçekleştirilen sistemin algoritma adımları şu şekildedir;

- Görüntü elde etme: Deney 50 torba sağlıklı, sağlıklı, standart ve kusurlu patateslerle yapılmıştır. Bilgisayar görüntüleme sistemi hata tespitinde oldukça gelişmiş bir yöntemdir.
- Çözünürlük düşürme: CPU limitinden dolayı fotoğrafların çözünürlüğü düşürülür ve aydınlatma içinde iki tane floresan lamba kullanılır. Renk aralığı için RGB aralığı kullanılır; kırmızı, yeşil, mavi ve 3 ana ek renk daha üç boyutlu olarak yansıtılır.
- Karşıtlık pekiştirme: Bunun amacı hatalı bölgelerin olduğu yeri arka plandaki gereksiz görüntülerden ayırıştırarak aydınlatmaktır. Böylece hatalı bölgenin yerini tespit etmek daha kolay olur.
- Alan tespiti ve eşikleme: RGB'nin ortalama değeri patates görüntüsünü grileştirmek için en kullanışlı tanımlayıcıdır. RGB renk aralığı parlaklık boyutlarına çevrilir sonra keskinliğin artması için eşik uygulanır. Eşik uygulaması arka planda hata bölgesinin birbirinden rahatça ayrılmasını sağlar ve gereksiz gölgeleri yok eder. Her parlaklık seviyesinin olasılıkları ve histogramı hesaplanır, maksimum σ^2 değerine göre eşik verilir. Sonra matematiksel morfoloji uygulanır.
- Matematiksel Morfoloji: Bu kısım şüphelenilen hataları tanımlayabilmek için 3 uygulama içerir; kapatma, bölgeyi doldurma ve alan açımı. Morfolojik uygulamalar görüntünün dış çizgilerinin belirlenmesine, beneklerin azaltılmasına yardımcı olur. Sonra ise bu iki ana özellik ölçülür; Patatesin boyutları (uzunluk/genişlik çap oranı, maksimum boyut, minimum boyut) ve Patatesin hataları.
- Boyut sıralaması: Öncelikle patatesin genişlik ve uzunluğu doğru bir şekilde ölçülmelidir. Bunun için ikili görüntüye 4 şekilde yansıtma uygulanır. Eskiden standart yarıçapı bulmak için lazer uygulamaları kullanılırdı, bunun yerine

programlama kullanılması hem max ve min çapı bulması hemde ucuz olması açısından daha mantıklıdır. Bu algorithmada farklı teknikler kullanır ve yatay, dikey ve yamuk kenarlar ele alınır. Örneklere bakılır ve analiz edilir sonra yatay ve dikey değerler not edilir. Maksimum ve minimum değerler bulunur. (min çap 38.1mm'den, max çap 82.6 mm'den, oranları ise 2.16mm'den az olmamalıdır.)

- Hata tespiti: Hataları hızlı ve gerçek zamanlı tanımlamak için denetlenmiş sınıflandırıcılar kullanılır. Sınıflandırmadaki amaç dijital görüntüdeki bütün pikselleri kategorize etmektir. Bunun için belirli teknikler kullanılır. Patates hatasının rengi en önemli sınıflandırma problemidir. Sınıflandırma işlemi için destek vektör makineleri, KNN algoritması ve çok katmanlı geri yayımlı algoritmalar kullanılmıştır.

Önerilen çalışmada deney sonuçlarına göre en iyi algoritma metodu %95 oranında ve boyut derecelendirmesi %96.86 oranında kesin sonuç vermiştir.

Literatürde önerilen bir diğer çalışma [16] da ise eczacılık endüstrisi için makine görmesi ile online kapsül denetiminin ön işleme teknikleri gerçekleştirilmiştir. Eczacılık endüstrisinde en çok iki çeşit jelatin kapsül kullanılmaktadır. Üretim sürecinde kapsüller; yanlış boyut, siyah nokta, kabarcık, çökük gibi bazı hatalara maruz kalmaktadır. Bu hatalı üretimler müşterilerin rahatını bozabilir, hatta daha kötüsü onların sağlığını bile etkileyebilir. Günümüzde, yerli üreticilerin üretmiş oldukları kapsülleri, elle yapılan bazı incelemelerden geçmektedir. Fiziksel kısıtlamalardan dolayı, bu denetimlerin verimi az ve gözden kaçırılan hatalı ürün sayısı da çok fazladır. Bu nedenlerden dolayı kapsül denetimi için fiyat, performans, yüksek hız ve güvenilirlik açısından otomatik denetleme sistemi gerekmektedir. Üretim denetlemelerinde yapay görü tekniğindeki gelişmeler ve görüntü elde etmek için kullanılan ekipmanların fiyatının azalması, yüksek performanslı fakat düşük fiyatlı olan bilgisayar tabanlı görüntülü denetlemelerinin önünü açmıştır.

Geçtiğimiz yıllarda birçok online kapsül denetleme metodu ortaya çıkmıştır. Özel bir kapsül denetleme sistemi keşfedilmiştir. Bu sistemde özellikle donanımdaki tasarıma odaklanılmıştır. Sistemin hata algılama algoritmasında ise, Hiperspektral görüntüleme tekniğiyle (HSI) kapsülün fotoğrafının renk analizi gerçekleştirilmiştir. Aritmetiğin geçerliliği ise küçük numunelerdeki boşluklardaki emülatörlerce sağlanmıştır. Kapsülün kenar şekillerini çıkarmaya bağlı bir yöntemle, kapsülün çevresi çıkıntılı ve morfolojik filtrelerle belirlenmiştir. Bayesian karar verme yöntemiyle kapsülün kusurlu olup

olmadığına karar verilmiştir. Özellik parametrelerini belirleme sistemiyle de kapsülün orjinal ya da sahte olduğu tespit edilmiştir. Yani bu yapay görüyle denetleme kapsülün farklı özellikleri hakkında karar verilir. Gerçekleştirilen çalışmada görüntüleme altyapılı denetleme sistemi dört tane önemli noktaya sahiptir. Bunlar;

- Kapsüllerin çevresinin otomatik tasarımı
- Silindirin dış kısmının tamamen görünür yapmasını sağlayan sistem
- Kapsüllerdeki hatanın olduğu yerin, açık bir şekilde görüntüsünü elde eden sistem
- Kapsül görüntüleri için üretim hatalarını hızlı denetleme algoritması.

Gerçek zamanlamalı denetleme sisteminde, hunideki kapsüller levhalardaki denetleme oyuklarına yerleştirilir ve levhalar denetleme pozisyonuna girerler. Kameranin görme alanında kapsüller vardır ve bu kapsül görüntüsünü elde etmek için gerekli olan zamanı kısaltır. Görüntü işleme sistemi için ilk adım, orijinal fotoğrafı elde etmek ve sonra onları geri kalan süreci kolaylaştırmak için tek tek ayırmaktır. Kapsüllerin silindir dış yüzeyinden yansıyan ışık ve engebeli geçirgenlik kapsüllerin görüntülerinin elde edilmesini ve parçalara ayrılmasını zorlaştırır. Kapsül denetleme sistemine gelecek olursak, kapsüller spekülör hareket ederken tasarlanan cam bölmenin üstünde dönerler. Kapsüllerin iki kısmı da silindir şeklinde olduğundan saf ve temiz bir dönüş beklenir ve çoklu görüntüleme sistemi, kapsül dönerken 360 derecelik görüş sağlar. Böylece kapsülün iki ucu dışında üzerinde bulunan bütün hatalar tespit edilir. Kapsülün ilk basta ilk çeyreğinin sonra ikinci, üçüncü ve dördüncü olmak üzere dört farklı fotoğrafı çekilmiş olur. Kapsül görüntüsü incelenirken, üst kısmı çıkarılır ve sonra her birinin ayrı denetlenmesi yapılır. Ardından eğer ciddi ve önemli bir hataya rastlanırsa bunun görüntüsü rahatça çizilebilir. 4 görüntünün incelenmesinden sonra en sonunda denetleme sonucunu elde edilir. Hatalı kapsüller elektromagnetler veya gazlar yardımıyla uzaklaştırılır. Sonuç olarak hızlı bir eleme ve kaliteli kapsül elde etmiş olunur.

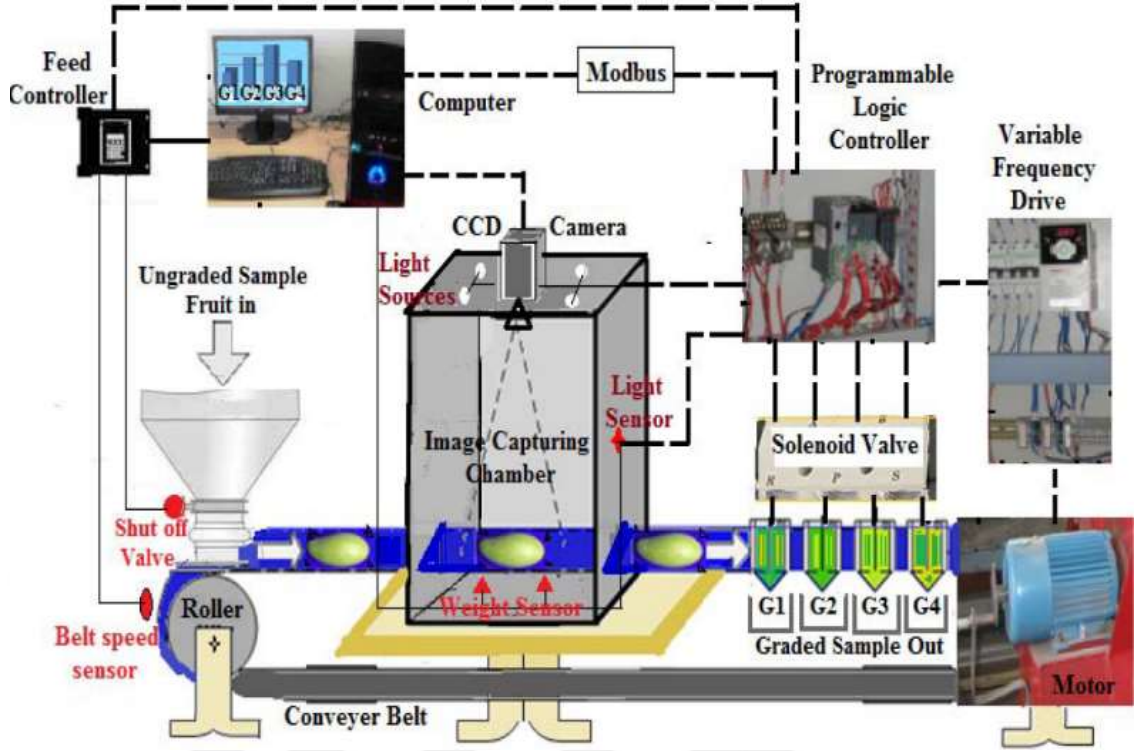
Her kapsül üst kap, alt kap ve birleşme noktası olmak üzere 3 ana kısımdan oluşur. Hatalı yer ile geri kalan yerlerin renk kontrastı her kısımda farklıdır ve bu durum hatanın üç kısımda da ayırt edilmesi için önemli bir noktadır. Denetleme çukurundaki kapsül biraz pozisyon kaybına sahiptir ve bu nedenle kapsülün görüntüsü segmentasyon işleminden önce alınmalıdır. Benirizasyon işlemi, fotoğraf eldesi kapalı bir

ortamdayken arka ışık ile elde edilir. Bu nedenle kaynak görüntüdeki zincirli plakanın gri değeri en düşük, ışık girişim noktasındaki değeri ise en yüksektir. Yani bir açık birde koyu gri renk vardır. Sonra pikseller siyaha boyanır. Siyah alanlar filtreledikten sonra, siyah alana denk gelen kapsül rengi aynı kalır geri kalan yerler beyaza döner böylece kapsülün görüntüsü elde edilir. Tek kapsülün görüntüsü elde edilirken, görüntü elde etme işleminin verimli olması için dört kapsül için bir kamera görevlidir. Frenli modda ise görüntü elde etme işlemi kesindir. Görüntüler arasındaki farklar çok azdır. Tek kapsülün görüntüsünde üst-gövde ayrımı, Segmentasyondan önce, piksel izdüşümünün kapsül kısımlarının her yerini doğru bir şekilde yansıtabilmesi için geometrik kalibrasyon yapılır. Kapsülün tüm alanı tek bir damla şeklinde görülebilir ve kapsülün ve damlanın mil açısı hesaplanabilir. Segmentasyon işlemi ise iki aşamada yapılır. Bunlar;

- Kapsül baş ve gövde olarak ikiye ayrılır
- Üst tarafta baş ve birleşim yeri olarak ikiye ayrılır.

Sonuç olarak, kapsüllerin farklı kısımlarında hatalar her zaman kapsül renginden farklı renktedir. Tarama yapmadan önce ise kapsülü 3 bölüme ayrılır. Sınırlardaki renk değerleri farklıdır, bu nedenle gerçekleştirilen çalışmadaki öneri; sınırları yerlerini bulmak için yerel eşiğe ve iz düşüme sentezlenmiş bir metot kullanılmasıdır. Bu algoritmayı görüntü elde etmek için kullanmak sadece kolay değildir ayrıca verimli ve sağlamdır.

Nandi ve arkadaşları [17] çalışmasında, toplanan mango meyvelerinin olgunluk seviyesi ve kalite tespitini yapmak için bir makine görmesi tekniği geliştirmiştir. Meyvelerin doğru bir şekilde derecelendirilmesi; kâr seviyesini artırmak ve kaliteyi artırmak açısından önemlidir. Bu çalışmada mangonun olgunluk seviyesi, boyut ve şekil açısından incelenmesi ve çürük tespitinin otomatik değerlendirilmesi için bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntem ile mangoların pazarlanma mesafesi ve piyasa değeri temelinde belirlenen dört farklı kategoride sınıflandırılması için akıllı makine görmesi temelli teknikler üzerinde çalışılmıştır.

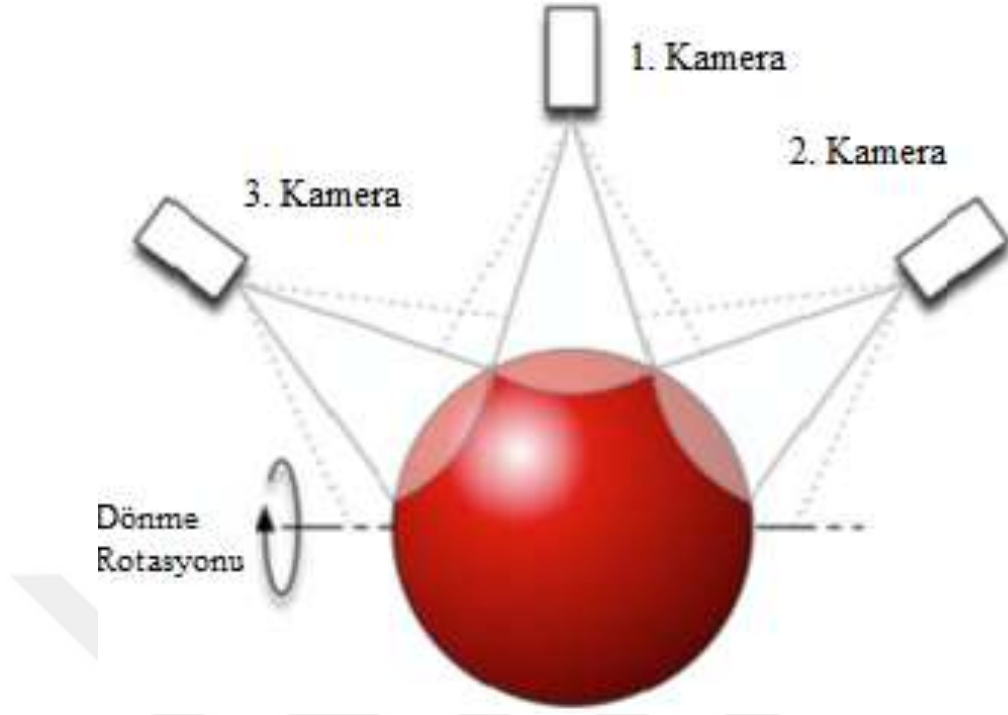


Şekil 1.1 Nandi'nin çalışmasında önerdiği sistem [17]

Nandi ve arkadaşları çalışmasında önermiş olduğu sistemde Şekil 1.1'de görüldüğü gibi, video görüntüsü mango taşıyan bir taşıma bandının üstüne yerleştirilmiş bir çift kamera ile görüntüler alınmış, daha sonra olgunluğa ve kaliteye duyarlı özelliklerin toplanması için farklı görüntü işleme teknikleri uygulanmıştır.

Olgunluk ve kaliteye dayalı derecelendirme için bulanık artımlı öğrenme algoritması kullanılmıştır. Mango meyvesinin derecelendirilmesi için önerilen bu sistem kullanılarak elde edilen performans doğruluğu yaklaşık % 87'dir. Ayrıca, önerilen sistemin tekrarlı bilirliliğinin % 100 olduğu ifade edilmiştir.

Bakker ve arkadaşları [18] çalışmalarında, elma yüzeyinin incelenmesi konusuna yer vermiştir. Elmaların otomatik olarak denetlenmesi için meyvenin tüm yüzeyinin en az bir kamera ile taranması gerekir. Bakker çalışmasında bir düzlem üzerinde düzenlenmiş (Şekil 1.2) üç, dört ve beş kamera kullanılarak elma yüzey kapsamının araştırılması için Monte Carlo simülasyonu kullanmıştır.



Şekil 1.2. Bakker'in elma görüntüleme yöntemi [18]

Her kamera ile elma döndürülerek; elma boyutunun % 45 ila % 50'si kadar dairesel bir inceleme alanı taranmıştır. Elmanın tek bir dönüşünde alınan görüntülerde; üç kamera yardımıyla dönüş başına 30 görüntü alınarak tam yüzey kapsamı sağlanamamıştır. Elmanın dört kamera yardımıyla dönüş başına 30 görüntü alınarak tam yüzey kapsamı sağlanmıştır. Beş kamera yardımıyla ise dönüş başına 15 görüntüde tam yüzey kapsamı sağlanmıştır.

Bakker Monte Carlo simülasyon sonuçlarına dayanarak 4 ve 5 kamera kullanılarak elma yüzey kapsamının kusursuz bir şekilde sağlandığını ortaya koymuştur. Bakker çalışması sonucunda elmanın yüzey kapsama alanı ne kadar büyükse, incelemedeki fazlalık ve yanlış pozitiflerin olasılığı o kadar fazla olduğunu tespit etmiştir. Bununla birlikte, inceleme algoritmalarının daha da geliştirilmesi ile elma kusurlarının daha güvenli bir şekilde analizinin gerçekleştirileceği ortaya konmuştur.

Xie ve arkadaşları [19] çalışmasında, PET şişe kapaklarının kalite kontrolünü makine görmesi yöntemi kullanarak denetlemiştir. PET şişelerin kusurlarının doğrudan gıda güvenliği sorunlarına yol açabileceğinden, yüksek hızlı üretimde PET şişelerin kapaklanma kalitesini otomatik olarak incelenmesi gerekmektedir. Xie çalışmasında PET şişelerin kapaklanma kontrol yöntemi, makine görmesine dayalı olarak tasarlanmıştır. Xie PET şişelerin kapaklarında anomali tespiti yapmak için kapağın

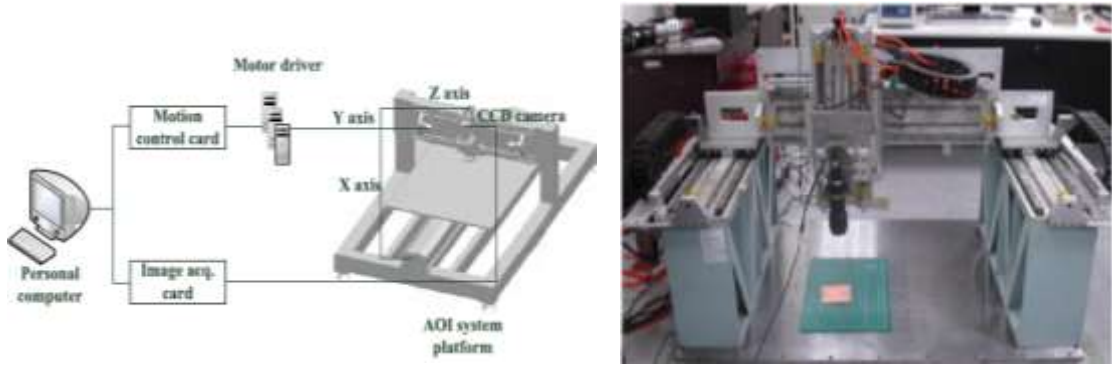
doğru konumlanması, kenar çıkarma, kontrast algılama ve diğer makine görme algoritmalarını kullanmıştır. Çalışmada, önerilen yöntemle 67ms / kare hızındaki yüksek hızlı üretim hatlarında üç çeşit kusurun tespit edilebileceğini ve hatalı alarm tespitinin % 0,35'in altında olduğunu ispatlanmıştır. Bununla birlikte konveyör sistem üzerinde taşınan PET şişelerin sallanması durumunda önerilen yöntemin yanlış değerlendirme oranını etkileyeceği tespit edilmiştir. Bu nedenle de ilerleyen çalışmalarda Bayesian sınıflandırma algoritması kullanılarak yanlış değerlendirme oranının değiştirilebileceği önerilmiştir.

Huynh ve arkadaşları [20] çalışmasında, kanalizasyon borularındaki anormallikleri tespit etmek için yüksek hızlı işleme özelliklerine sahip çoklu görme ve yeni görüntü işleme algoritmaları kullanan bir üç boyutlu inceleme sistemi tanımlamış ve değerlendirmiştir. Günümüzde boru kontrol sistemleri hâlihazırda Kapalı Devre Televizyon (CCTV) kamera sistemi kullanılarak tasarlanmıştır. Bu sistemler çevresel ve insani faktörlerden dolayı yavaş maliyetli ve sınırlı hassasiyete sahip sistemlerdir. Lazer tabanlı, kızılötesi, ultrasonik gibi daha karmaşık sistemler bile düşük çözünürlük, yüksek gürültü, yüksek işletme maliyetleri ile su sızıntısını tespit edememektedir. Bu çalışmanın temel amacı, boru incelemesinde yüksek verim ve doğruluk sağlamak için kanalizasyon borularında anomalilerin 3 boyutlu görüntülerini oluşturmak için çoklu görme ve güçlü görüntü işleme metotları uygulamaktır. Sonuçlar, çeşitli hataların başarıyla tespit edildiğini göstermektedir. Önerilen sistemin her bir bileşeni gerçek ve simüle edilmiş veri setleri ile ayrı ayrı test edilmiştir.

Ma ve arkadaşları [21] çalışmasında, bilgisayar görmesi tabanlı boş baskı devre kartı tanıma ve arıza tespiti için bir yöntem gerçekleştirmiştir. Baskı devre kartlarının kalitesi birçok elektronik ürünün performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Boş baskı devre kartı, üzerinde herhangi bir elektronik bileşen yerleşimi olmayan kartlardır. Hatalı boş baskı devre kartlarının neden olduğu imalat maliyetini azaltmak için bu kartların anomali tespitinin gerçekleştirilmesi gerekir. Geleneksel olarak, hatalı baskı devre kart tespiti ve tanınması manuel olarak yapılır. Hepimizin bildiği gibi, insanlar genellikle makinelerden daha yavaştır ve daha az tutarlıdır. Bunun aksine, makine görmeye dayalı otomatik optik denetim sistemleri hızlı ve doğru sonuçlar elde eder. Aynı zamanda makine görmeye dayalı sistemler ilgili çalışanları tekrarlayan ve sıkıcı işlerden kurtarır. Bu nedenle Ma çalışmasında boş baskı devre kartlarının tanımı ve hatalı baskı devre kart tespiti için bir yöntem önermiştir.

Ma gerçekleştirdiği yöntemde standart baskı devre kartı görüntüsü ile hedef görüntü arasındaki farklılıkları tespit etme yoluna gidilmiştir. Diğer çalışmaların aksine boş şablon görüntüyle kıyaslamak yerine nitelikli baskı devre kartlarının çoklu görüntüleri aynı konumda alınmış. Bu görüntülerin ortalaması alınarak elde edilen görüntü ilk standart görüntü olarak kabul edilmiştir. Dinamik güncelleme yapılarak algılama işlemi sırasında standart görüntünün de güncellendiği görülmüştür. Ön işleme aşamasında iki taraflı filtreleme yöntemi kullanılmış daha sonra hedef görüntü, fark görüntüsünü elde etmek için standart görüntü ile karşılaştırılmıştır. Potansiyel hata bölgesini bulmak için fark imgesinin histogramı analiz edilerek uygun bir eşik elde edilmiştir. Potansiyel hata bölgesinin gerçekliği sınır-uzunluk yöntemi sayesinde öngörülür. Hata olmayan PCB ler tanımlanır, Hata bölgelerinin tam aralıklarını elde etmek için gelişmiş bir bölge yetiştirme yöntemi önerilmektedir. Deneysel sonuçlar, bu çalışmada önerilen yöntemin doğru olduğunu göstermektedir.

Wang ve arkadaşları [22] çalışmasında, baskı devre kartı (PCB) üzerindeki delikleri kontrol etmek için makine görmesi prensipleriyle çalışan bir otomatik optik inceleme sistemi (AOI) geliştirmiştir. Geliştirilen bu yöntem yazılım ve donanım olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Şekil 1.3'de Wang'ın çalışmasında gerçekleştirmiş olduğu sistemin donanım yapısı görülmektedir.

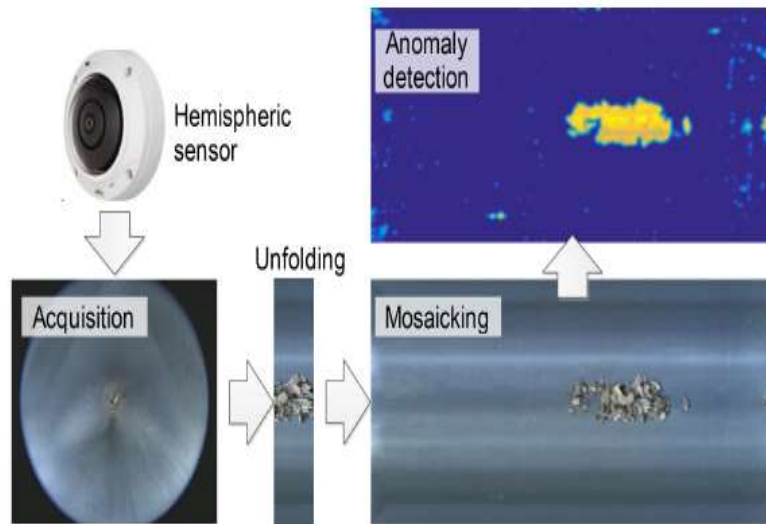


Şekil 1.3. Wang'ın önerdiği sistemin donanım yapısı [22]

Donanım kısmında; bilgisayar, üç eksenli konumlandırma sistemi, bir aydınlatma cihazı ve çift şarjlı kameralar kullanmıştır. Şekil 1.3'de görüldüğü gibi üç eksenli konumlandırma sistemi sırasıyla x,y,z ekseninde bir servo motor, doğrusal bir motor ve bir step motor içermektedir. Otomatik optik modülde ise bilgisayar, lens, görüntü sensörü, led aydınlatma ve kamera bağlantısı bulunmaktadır. Yazılım kısmında ise, bu

sistemi elde etmek için görüntü kaydı, görüntü bölümlleme, delik numaralandırma, delik kontrastı ve kusur tespiti yazılım aşamaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda baskı devre kartı üzerindeki deliklerde karşılaştırmalar sonucunda minimum hata düzeyinin 5 mikron olduğu gözlenmiştir. Wang çalışmasında geliştirdiği sistemde eksik delikler, yanlış yerleştirilmiş delikler ve aşırı büyük delikler gibi birçok hata tespiti yapmıştır. Bu sonuçlar baskı devre kartı kullanıcıların baskı devre hatalarının nedenlerini analiz etmelerine ve sorunları derhal düzeltmelerine yardımcı olmuştur.

Piciarelli ve arkadaşları [23] çalışmasında, dâhili boru hatlarında oluşabilecek arızalar için görme tabanlı bir sistem geliştirmiştir. Kanalizasyon ve su işleri gibi büyük boru hattı altyapılarının içyapılarının, olası arızaların önlenmesinde görsel inceleme genelde insanlar tarafından yapılmaktadır. Piciarelli çalışmasında özellikle çevrimiçi elde edilen veya çevrimdışı analiz için kaydedilen video görüntüleri sayesinde analiz gerçekleştirmiştir. Çalışmada, insan operatörüne, gerçekleştirilen sistemden elde edilen veriler gösterilmiştir ve problemlerin ortaya çıkabileceği boru hattı bölümlerini otomatik olarak tespit edip vurgulayarak yardımcı olmak için görme tabanlı bir yazılım yaklaşımı geliştirilmiştir. Önerilen çalışmanın amacı, insan operatörlerinin görevlerini kolaylaştırmak için kullanılabilir bilgisayar vizyonu ve makine öğrenmesi algoritmalarını tanımlamaktır. Sistem özel bir kamerayla video dizileri elde eder, görsel tespiti kolaylaştırmak için onları açar ve potansiyel bir hatanın tespit edilebileceği bölgeleri Şekil 1.4’de görüldüğü gibi otomatik olarak vurgular.



Şekil 1.4. Piciarelli’nin önerdiği sistem yapısı [23]

Piciarelli önerdiği yöntemde kamerayı boru hattı içinde hareket ettirmek için uygun bir destek bulunduğunu ve kameranin optik eksenini boru eksenine paralel olarak tutabildiğini varsaymıştır. Piciarelli çalışmasında en uygun senaryo için, iç yüzeyin tamamen görünür olduğu boş boruları düşünülmüştür. Durum böyle değilse, su işleri gibi gerçek dünyadaki uygulamalarda olduğu gibi, sistem yalnızca su dışı yüzeyde görsel inceleme yapabilecek şekilde tasarlanmıştır.

Tsai ve arkadaşları [24] çalışmasında, baskı devre kartlarının, elektronik eşyaların üretiminde otomatik montaj yaparken hassas ve düzgün yapılması için konumlandırmanın çok önemli olduğuna dikkat çekmiş ve bu konu üzerine bir çalışma gerçekleştirmiştir. Tsai çalışmasında hızlı bir görüntü hizalama yöntemi olan beklenti-maksimizasyon (E-M) yöntemini kullanmıştır. Önerdiği algoritmayı özellikle baskı devre kartları kartları üzerinde uygulamıştır. Görüntüsü alınan baskı devre kartlarının kenar haritasını bulmak için Canny kenar bulma algoritmasını kullanmıştır. E-M tekniğinin E-kısmı ile karşılaştırılmış görüntülerde ayrı kenar noktalarına ağırlıklar atayarak karşılıklı kenar noktaları bulunmuş. Karşılıklı kenar noktalarına daha büyük ağırlıklar verilirken, iki görüntüdeki yabancı kenar noktalarına daha az ağırlık verilmiştir. M-kısımında ise görüntülerdeki ağırlıklı kenar noktaları kullanılarak geometrik dönüşüm parametrelerini hesaplanmıştır. Bir görüntüdeki bir kenar noktası için, diğer görüntüdeki en kısa mesafeye karşılık gelen kenar noktasını bulmak için hızlı bir spiral arama önerilmiştir. Tsai gerçekleştirdiği çalışmada E – M konumlandırma tekniğinin 1 pikselden daha az bir çeviri hatası ve baskı devre kartlarının konumlandırması için 1° 'den daha küçük bir dönüş hatası elde edebileceği görülmüştür.

Liang ve arkadaşları [25] çalışmasında, tüp şişeler üzerinde anomali tespiti için makine görmesi ve dijital görüntü işleme teknolojisini kullanan bir anomali algılama sistemi geliştirmiştir. Makine görmesi sistemiyle çalışan endüstriyel kamera yardımıyla şişelerin görüntüsü toplanmış ve görüntü işleme teknikleri ile analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir. Liang çalışmasında gerçekleştirdiği sistemde şablon resimde belirtilen şişe görüntüsü yardımıyla, alınan şişe görüntüsü şablon şişe görüntüsüyle karşılaştırılarak şişenin; çatlak, kırık veya taş kalıntısı gibi kusurlarının olup olmadığı tespit etmeyi hedeflemiştir.

Liang ve arkadaşları çalışmasında gerçekleştirdiği algılama sistemi ilk kez çalıştırıldığında, standart bir tüp tipi şişe görüntüsü kamera tarafından algılanır.

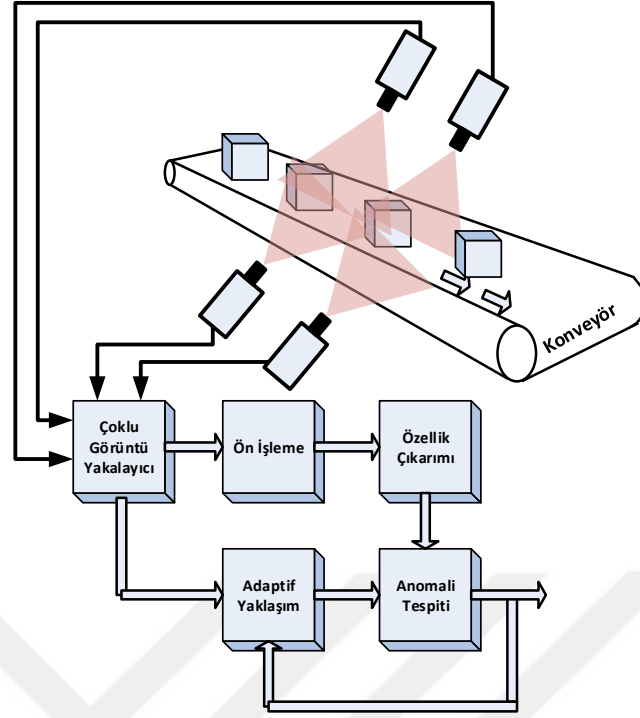
Algılanan görüntüye ön işleme algoritmaları uygulandıktan sonra, her bir tüp şişesinin konum, uzunluk gibi bilgileri tespit edilir. Elde edilen parametre değerlerine göre anomali tespiti yapılır.

Verilen bu bilgilerden de anlaşılacağı üzere makine görmesi kullanan kalite kontrol sistemleri birçok endüstriyel alanda sıklıkla kullanılmaktadır. Bu kullanımın en temel sebebi insan gözünün algılama kapasitesinin belli bir hızın üzerinde düşük olması ve yine şahısların ürün üzerindeki kusur oranını tespit edebilmesinin hıza bağlı olarak düşmesidir. Bu durum ise hedef kitleye ulaşacak ürünlerde eksikliklerin olmasına ve buna bağlı olarak firmanın müşteri kaybına uğramasına sebep olacaktır. Bir üretim hattında kullanılacak kalite kontrol sistemleri de bu durumların önüne geçilebilmekte ve hızlı, sorunsuz ve güvenilir bir şekilde kontrol işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Kalite kontrol sistemlerinin temelini görüntü tanıma algoritmaları oluşturmaktadır. Bu algoritmalara ait detaylı bilgiler tez önerisinin ilerleyen bölümlerinde incelenecektir.

Bu tez çalışmasının ikinci bölümünde makine görmesi kullanan kalite kontrol sistemleri için tanıma yöntemlerine değinilecek olup, üçüncü bölümde tez çalışmasını gerçekleştirirken izlenecek yöntemler verilecektir. Bu tez önerisinin dördüncü bölümünde simülasyon sonuçları ve son olarak beşinci bölümde ise sonuçlar bölümü tartışılacaktır.

1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı

Makine görmesi tabanlı kalite kontrol ve tanıma sistemleri insan gözünün ulaşamayacağı hızda ve 7 gün 24 saat yorulmadan hatasız bir şekilde çalışmaktadır. Kameralı kontrol sistemleri herhangi bir ürünün kontrolünü bir saniyeden daha kısa bir sürede gerçekleştirerek üretimden çıkan tüm ürünlerin kontrolünü çok kısa bir sürede sağlayabilmektedir. Üretim endüstrisinde sıklıkla kullanılan konveyör sistemler hızlı sistemlerdir ve ürünlerin bu sistemler tarafından hızlı bir şekilde taşınması ve denetlenmesi önemlidir. Literatürde incelenen çalışmalarda görülen eksikliklerden biri görüntü üzerinde anomali tespit işleminin ne kadar hızda gerçekleştirildiğinin ve saniyede kaç görüntü işlendiğinin önemsenmemesidir. Bu tez çalışmasını özetleyen blok diyagram Şekil-1.5’de verilmiştir



Şekil 1.5 Önerilen tanıma yaklaşımının blok diyagramı

Bu yüksek lisans tezinin amacı endüstriyel üretim sistemlerinde kullanılan hızlı görüntü yakalayıcılar için makine görmesi tabanlı kalite kontrol ve tanıma sisteminin gerçekleştirilmesidir. Bu amaçla bir kamera yardımıyla alınan görüntülerin öznelik çıkarımı ve anomali tespiti gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu sistem konveyör sistem üzerinde taşınan ürün videosundan alınan görüntülerin işlenmesi ve bu görüntülerde kullanılan ürünlere ait çeşitli özellikleri çıkarmaktadır.

Bu amaçlar doğrultusunda yüksek lisans tezi süresince yapılan çalışmalar şu şekilde sıralanabilir:

- Makine görmesi tabanlı kalite kontrol sistemleri üzerine yoğun literatür araştırmaları yapılması ve bu çalışmaların değerlendirilmesi
- Makine görmesi tabanlı kalite kontrol sistemlerinin incelenerek hızlı ve adaptif algoritmaların elde edilmesi için kriterlerin belirlenmesi,
- Makine görmesi tabanlı kalite kontrol sistemlerinin donanım ve yazılım bileşenlerinin incelenmesi
- Görüntü işleme tabanlı tanıma algoritmalarının incelenmesi ve geliştirilmesi,
- Geliştirilen algoritmaların çok sayıda görüntü için çalıştırılması ve doğrulanması

- Geliştirilen algoritmanın hızlı çalışması için iyileştirme yapılması
- Video üzerinde geliştirilen algoritmaların doğrulanması ve test edilmesi,
- Deneysel sonuçların analiz edilmesidir.

1.2. Tezin Yapısı

Bu tez çalışması temel olarak üç kısımdan oluşmaktadır. Birincisi; makine görmesi tabanlı kalite kontrol ve tanıma sistemleri hakkında bilgi edinilmesi ve literatür çalışması yapılarak bu çalışmaların değerlendirilmesidir. İkincisi ise bir kamera yardımıyla alınan görüntülerin anomali durum tespitini yapmak için gerekli algoritmaların geliştirilmesi ve bu algoritmaların hedef alanda uygulanmasıdır. Üçüncüsü de önerilen algoritma için çeşitli simülasyon çalışmalarının gerçekleştirilmesi ve algoritmanın nihai halinin elde edilip gerçek veriler üzerinde çalıştırılmasıdır.

Bu tez çalışmasının birinci bölümünde makine görmesi tabanlı kalite kontrol ve tanıma sistemleri incelenmiştir. Ardından makine görmesi tabanlı kalite kontrol ve tanıma sistemleri için literatür çalışması yapılmış ve gerçekleştirilen çalışmalar değerlendirilmiştir.

İkinci bölümde makine görmesi tabanlı kalite kontrol ve tanıma sistemlerinin donanımsal olarak bileşenleri ve yazılım için görüntü işlemeye dayanan algoritma adımları hakkında bilgiler verilmiştir. Daha sonra sistemin yazılımın her adımı için gerekli olan ve literatürde sıkça kullanılan algoritmalar hakkında bilgiler verilmiştir.

Üçüncü bölümde konveyör sistem üzerinde taşınan plastik poşet görüntüleri üzerinde üretim aşamasında oluşan anomali durum tespitini gerçekleştiren 2 farklı görme tabanlı kalite kontrol uygulaması önerilmiştir. Gerçekleştirilen görme tabanlı kalite kontrol uygulamasından birincisiyle; plastik market poşetlerinin kesim işlemi aşamasında kulp kesiminde oluşan anomali durumların tespiti gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen uygulamada plastik market poşet görüntülerindeki kulp kesim anomali tespitlerinin doğru ve hızlı bir şekilde yapıldığı farklı görüntüler kullanılarak uygulama sonuçları ile doğrulanmıştır. Gerçekleştirilen görme tabanlı kalite kontrol uygulamasından ikincisiyle; plastik mağaza poşetlerinin basım işlemi aşamasında oluşan anomali tespitini gerçekleştirmek üzere firma adının poşet üzerinde doğru konumlanıp konumlanmadığını tespit edilmiştir. Plastik mağaza poşet üzerinde anomali tespiti gerçekleştirdikten sonra farklı plastik poşet görüntüleri ve konveyör sistem üzerinde taşınan poşet görüntülerinden oluşan video üzerinde uygulama çalıştırılarak anomali

tespit sonuçları, uygulamanın çalışma süreleri ve önerilen yöntemin başarı sonuçları verilmiştir.

Dördüncü bölümde bu tez çalışmasında önerilen plastik market poşet ve plastik mağaza poşet görüntülerinin anomali tespit yönteminin deneysel sonuçları ve tez boyunca çalışılan konular yorumlanmıştır.



2. MAKİNE GÖRMESİ TABANLI KALİTE KONTROL VE TANIMA SİSTEMLERİ

Makine görmesi insan görmesinden esinlenilerek ortaya çıkan bir teknolojidir. Göz görüntüyü algılar ve beyin algılanan görüntüden gerekli bilgileri çıkarır. Daha sonra da işlenmiş bilgileri kullanarak belirli hareketleri yapabilmek için gerekli kaslara sinyal gönderir. Makine görmesi sistemlerinde de gözün yerini bir kamera veya görüntü algılayıcı alır. Kamera veya görüntü algılayıcıdan elde edilen görüntünün analiz edilmesi için programlanmış bir işlemci görüntüyü analiz eder. Analiz işlemi sonucu elde edilen bilgilere göre bir makine denetleyicisi gerekli kontrolleri yapmak üzere ilgili yerlere sinyalleri yönlendirir. Makine görmesi insan görmesinin taklidiyle yola çıktığı için insan görmesi ile arasında benzerlik vardır. Makine görmesi bir hareketi veya bir nesneyi analiz etmek için görüntü işleme tekniklerini kullanarak gerekli verileri çıkarıp otomatik bir şekilde görüntülerden veri elde etme sistemidir. Makine görme sistemlerinde öne çıkan iki temel unsurlardan biri işlemleri otomatik yapması ve diğeri ise bu işlemleri yaparken insan gücüne ihtiyaç duymamasıdır.

Günümüzde makine görmesinin en yaygın olarak kullanıldığı alanlardan biri de kalite kontrol ve tanıma sistemleridir. Kalite kontrol ve tanıma sistemleri endüstriyel alanlarda kullanılan ve problemli ürünlerin tespit edilmesine olanak sağlayan sistemlerdir. Bu sistemler sayesinde hızlı bir şekilde ve insan müdahalesine gerek kalmadan otomatik olarak ürünler kontrol edilmekte ve son kullanıcıya ulaştırılmaktadır. Makine görmesi ile %100 kontrol işlemi yapılırken hatalı ürünlerin otomatik olarak tespit edilip üretim dışı bırakılması sağlanarak hatalı ürünlerin müşterilere gönderilmesi engellenmiş olunur.

Makine görmesi teknolojisiyle gerçekleştirilen kalite kontrol ve tanıma sistemlerinde; tutarsızlık, göz yorulması, göz alışması gibi insana has olan olağan durumlar ortadan kalkmaktadır. Aynı zamanda bu sistemler insan gözünün ulaşamayacağı hızda ve 7 gün 24 saat yorulmadan hatasız bir şekilde çalışmaktadır. Kameralı kontrol sistemleri herhangi bir ürünün kontrolünü bir saniyeden daha kısa bir sürede gerçekleştirerek üretimden çıkan tüm ürünlerin kontrolünü çok kısa bir sürede sağlayabilmektedir. Kalite kontrol ve tanıma sistemlerinden insan yerini makine görmesinin almasıyla birlikte birçok maliyet de düşmektedir.

Endüstriyel alanda oldukça önemli bir yer tutan bu sistemleri uzman kontrolünden ayıran birçok temel nokta vardır. Bunlar içerisinde en temel noktalar Tablo 2.1’de verildiği gibidir.

Tablo 2.1 İnsan ve makine görmesi arasındaki karşılaştırma [26]

Konu	İnsan	Makine
Esneklik	Görev ve giriş türü olarak çok uyumlu ve esnek	Görev olarak çok katı, nitelik verileri gerektirir
Yetenek	Sübjektif konularda doğru tahmin yapabilir	Önceden belirlenen veri girişine dayalı ölçümler yapabilir
Renk	Renk subjektif	Kromatik parametrelerin büyüklüğünü ölçebilir
Duyarlılık	Aydınlanma koşullarına, nesne yüzeyinin fiziksel karakterine ve nesnenin uzaklığına adapte olabilme	Hem aydınlatma seviyesi ve sıklığına hem de nesnenin fiziksel uzaklığına duyarlı
Tepki	1/10 saniye ile yavaş hızla sahip	1/1000 saniye veya donanıma bağlı olarak çok yüksek hızla sahip
Kavrama	Logaritmik ölçekte parlaklık algılar. Çevresi tarafından etkilenebilir (arka plan)	Doğrusal ya da logaritmik ölçekte parlaklık algılar
Spektrum	Görsel olarak spektrumu sınırlar	X ışınlarından yayılan kızılötesi tüm spektrumları kullanır

Tablo 2.1’den de görülebileceği üzere özellikle tepki süresi makine tabanlı görme işleminde oldukça hassas ve yüksek hızlıdır. Özellikle yüksek hızla sahip konveyörlerde geçen ürünlerin kontrol işleminde hızlı denetleme işleminin gerçekleştirilebilmesi oldukça hassas ve önem gerektiren bir konudur. Çünkü bu konuda yapılacak basit bir hata bile kullanıcıların temin edeceği ürünlerde çok ciddi sıkıntıların ortaya çıkmasına sebep olacaktır.

Makine görmesi tabanlı kalite kontrol sistemleri birçok endüstriyel alanda farklı amaçlara hizmet edebilmek için kullanılmaktadır. Genellikle yüksek performanslı kameralar aracılığıyla alınan görüntüleri işlemeye ve sınıflandırmaya dayanan bu sistemler girişte de belirtildiği üzere birçok farklı alanda farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Bu kullanım alanlarını özetleyen bir durum Tablo 2.2’de verildiği gibidir.

Tablo 2.2 Otomatik kalite kontrol konusunda yapılan çalışmalar

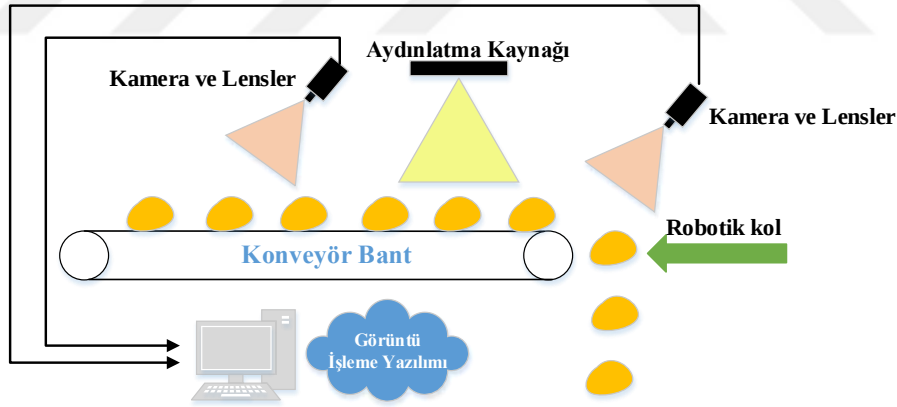
No	Çalışma alanı	Çalışmanın Kapsamı	Kaynak
1	Baskı endüstrisi	Kâğıt paralar üzerindeki eksikliklerin otomatik kontrolü	[27]
2	İnşaat endüstrisi	Köprüler üzerinde meydana gelen eksikliklerin otomatik teftişi	[28]
3	Gıda endüstrisi	Et, peynir gibi gıdaların teftişi ve sınıflandırılması	[29, 30, 31]
4	Paketleme endüstrisi	Şişe kapaklarının yüzeylerindeki eksikliklerin tespit edilmesi, şişe yüzeyindeki kırıkların tespiti	[19,25, 32]
5	Televizyon endüstrisi	Kamera hareket parametrelerinin tahmin edilmesi	[33]
6	Tekstil endüstrisi	Fabrikalarda üretilen kumaşlardaki eksikliklerin otomatik olarak tespit edilmesi	[34, 35, 36]
7	Çelik endüstrisi	Üretilen çeliklerin yüzeylerinde meydana gelen aşınmaların, döküm kalitesinin tespit edilmesi	[37]
8	Sanat	Doku özelliği analizine dayalı basılı çinilerin eksiklerinin tespit edilmesi	[38]
9	Meyve endüstrisi	Mango, elma gibi meyvelerin sınıflandırılması, özellik çıkarımı yapılması ve narenciye türevi meyvelerin otomatik olarak sınıflandırılması, çürük meyvelerin ayıklanması, paketleme kontrolü yapılması	[17, 18, 39, 40]
10	Ambalaj endüstrisi	Şişe makinesinde sıvı seviyesi ve şişe kapaklarının kontrolü	[41]
11	Boru endüstrisi	Kanalizasyon borularındaki anomali tespiti ve boru hattı alt yapılarının teftişi	[20, 23]
12	Baskı devre endüstrisi	Baskı devrelerinin kalitesinin incelenmesi ve arıza tespitinin sağlanması	[21,22,24]

Makine görmesi tabanlı kalite kontrol sistemleri genel olarak 2 aşamaya dayanmaktadır. İlk aşamada kontrolü yapılacak ürüne ait referans model oluşturulmaktadır. Bu referans modele ait öznitelikler gerekli görüntü işleme algoritmalarıyla elde edilmekte ve veri tabanına kayıt edilmektedir. Bu işlem sistemin ilk aşamasını oluşturmaktadır. Daha sonra kullanıcı bu referans görüntüden çıkarmış olduğu özniteliklerden herhangi birisini seçmekte ve sistemin ikinci aşamasına geçilmektedir. İkinci aşamada yapılan işlemlerde ilk aşamadakiyle aynı olup tek fark bu

işlemlerin sürekli ve hızlı bir şekilde yapılmasıdır. Hızlı bir şekilde banttın geçen ürünlerin bir kamera aracılığıyla görüntüsü alınmakta ve bir görüntü işleme algoritmasından geçirilmektedir. Fakat bu noktada sadece kullanıcının daha önceden belirlemiş olduğu öznitelikler elde edilmektedir. Bu sayede işlem yükü azaltılmakta ve hızlı bir şekilde görüntü işleme yapılabilmektedir. İkinci görüntüden elde edilen öznitelikler ilk görüntü ile karşılaştırılmakta ve genellikle önceden belirlenen eşik değerine göre konveyör üzerinde geçen ürünler doğru veya hatalı diye ayrıştırılmaktadır [42, 43]. Belirlenen öznitelikler genellikle ürüne ait ebat, boy, sayı gibi çeşitli özellikler olmaktadır. Kullanıcı daha önceden belirlemiş olduğu özniteliğe göre çeşitli algoritmaları uygulamakta ve bu özellikleri görüntüden çıkarabilmektedir.

2.1. Makine Görmesi Tabanlı Kontrol Sistemleri Donanım Yapısı

Makine görmesi tabanlı kalite kontrol sistemlerinde kullanılan bileşenler, sistemin kullanım amaçlarına göre değişiklik gösterse de Şekil 2.1’de görülen birçok bileşen her sistemde kullanılmaktadır.



Şekil 2.1 Makine görmesi tabanlı kontrol sistemlerinin bileşenleri

Makine görmesi tabanlı kontrol sistemlerinde ortak kullanılan temel bileşenler şu şekilde sıralanabilir;

- Işık kaynağı
- Kamera ve Lensler
- Görüntü Yakalayıcı
- Görüntü İşleme Yazılımı

- Konveyör Sistem
- Arızalı parçayı ayırmak için robotik kol

Işık kaynağı; kamera tarafından net bir şekilde görülebilmesi için kontrolü sağlanacak nesnelerin özelliklerinin öne çıkmasını sağlayarak kontrol edilecek resmi aydınlatır. Işık kaynağı ve aydınlatma tekniği makine görmesi sistemlerinin başarılı sonuçlanabilmesi için önemli bir bileşendir. Makine görmesi sistemleri kontrol edilecek nesnenin kendisini analiz ederek değil, nesneden yansıyan ışığı analiz ederek görüntüler oluşturur. Makine görmesi sistemlerinde kullanılan aydınlatma tekniği; ışık kaynağının kontrol edilecek nesneye ve kameraya göre yerleştirilme konumlarıyla ilgilidir.

Kontrol edilecek nesnenin arkadan aydınlatılması kenar ölçümleri yapmayı gerektiren uygulamalar için nesnenin ana hattını ön plana çıkarır. Arkadan aydınlatma kontrol edilecek nesnelerin şekillerinin algılanmasına olanak sağlarken, nesnelerin boyutsal ölçümlerini de kolaylaştırır.

Kontrol edilecek nesnenin üzerine belli bir açıyla ışık kaynağının yönlendirilerek aydınlatma yapılması bir diğer aydınlatma tekniğidir. Bu aydınlatma tekniği ile nesnenin kontrast bağımsız yüzey incelemesi ön plana çıkarılır. Kontrol edilecek nesnenin boyutu hakkında bilgi edinilmesini ve nesne hacminin hesaplanmasını oldukça kolaylaştırır.

Kontrol edilecek nesnenin farklı açılardan ve farklı yönlerden ışık kaynaklarının aydınlatılması yönlü aydınlatma olarak bilinen bir aydınlatma tekniğidir. Yönlü aydınlatma tekniği kontrol edilen nesnenin yüzey kusurlarını daha kolay ortaya çıkarılmasını sağlar. Yönlü aydınlatma karanlık alan ve aydınlık alan aydınlatmasını içermektedir. Karanlık alan aydınlatması genellikle düşük kontrastı uygulamalar için tercih edilmektedir.

Kontrol edilecek nesnenin flaş ışığı ile aydınlatması makine görmesi tabanlı kontrol sistemlerinde yüksek hızla hareket eden nesnelerin incelenmesi için görüntünün dondurulması için kullanılır. Flaş aydınlatma tekniğinin kullanılması nesne görüntüsü üzerindeki bulanıklığın giderilmesini sağlar.

Lensler kontrol edilecek nesnenin görüntüsünü yakalar ve kamera içerisindeki görüntü sensörüne görüntüyü iletir. Makine görmesi sistemlerinde kullanılan lenslerin kalitesi ve fiyatı çekilen görüntünün kalitesi ve çözünürlüğünü belirlemektedir. Makine görmesi sistemlerinde kullanılan lensler değiştirilebilir lensler ve sabit lensler olmak

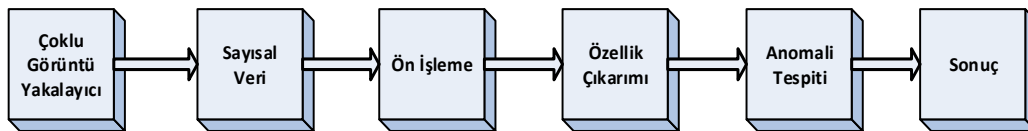
üzere iki farklı şekildedir. Makine görmesi sistemlerinde doğru lens seçimi ve genişletme kombinasyonu mümkün olan en iyi görüntüyü elde etmeyi sağlamaktadır.

Kameranin doğru bir şekilde aydınlatılmış nesnenin görüntüsünü iyi bir şekilde yakalaması yalnızca kullanılan lense bağlı değildir, aynı zamanda kamera içerisindeki görüntü sensörüyle de ilgilidir. Kamera içerisindeki görüntü sensörünün temel olarak işlevi ışığı yakalamak ve dijital görüntüyü elde etmektir. Dijital görüntü piksellerden oluşmaktadır. Düşük ışık karanlık pikseller üretilmesini sağlarken yüksek ışık daha parlak pikseller üretilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle kameranın kullanıldığı sistem için uygun çözünürlüğe sahip olması önemlidir. Kameranın çözünürlüğü ne kadar yüksek olursa kontrol edilecek nesnenin görüntüsü ile alakalı o kadar çok fazla ayrıntı elde edilmiş olunur ve daha doğru ölçümler yapılır.

Görüntü işleme yazılımı kontrol edilecek nesnenin dijital görüntüsünden bilgi çıkarılmasını sağlayan önemli bir bileşendir. Görüntü işleme yazılımı birçok adımdan oluşmaktadır ve ilk olarak sensörden alınan görüntü elde edilir. Daha sonra görüntüyü optimize etmek ve gerekli tüm özelliklerin ön plana çıkmasını sağlamak için görüntüye ön işlemler uygulanır. Yazılım kontrol edilen nesne ile ilgili belirli özellikleri bulup gerekli hesaplamaları yaptıktan sonra referans görüntü ile karşılaştırma yaparak nesnede herhangi bir anomali olup olmadığına karar verir ve sonuçları ilgili yerlere iletir. Elde edilen sonuç nesnede anomali tespiti olduğuna yönelik ise robotik kol devreye sokulur ve konveyör sistem üzerinden nesnenin çıkartılması sağlanır.

2.2. Makine Görmesi Tabanlı Kontrol Sistemleri Yazılım Yapısı

Makine görmesi tabanlı kontrol sistemlerinin önemli bir parçasını olan yazılım, kontrol edilecek nesnenin özelliklerini ve anomali tespitini gerçekleştirmek için kullanılır. Gerçekleştirilen yazılımın adımları Şekil 2.2’de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.2 Makine görmesi tabanlı kontrol sistemleri yazılım aşamaları

Çoklu görüntü yakalayıcısı konveyör sistem üzerinde hareket halindeki nesne görüntüsünün işlenebilmesi için görüntüyü dijital yani sayısal görüntü haline dönüştürür.

Elde edilen sayısal görüntü daha sonra ön işleme aşamasında sayısal görüntüyü kullanmadan önce daha başarılı bir sonuç elde edilmesi için bazı işlemler gerçekleştirilir. Bu işlemleri; görüntü iyileştirme, görüntü onarma, görüntü sıkıştırma, görüntü üzerinde renk dağılımlarını düzenleme vb. olarak sıralayabiliriz. Ön işleme aşamasında aynı zamanda konveyör sistem üzerinde taşınan nesne görüntüsü kullanılarak; nesnenin sınırları, kenarları tespit edilerek nesnenin şekli hakkında bilgiler de elde edilir.

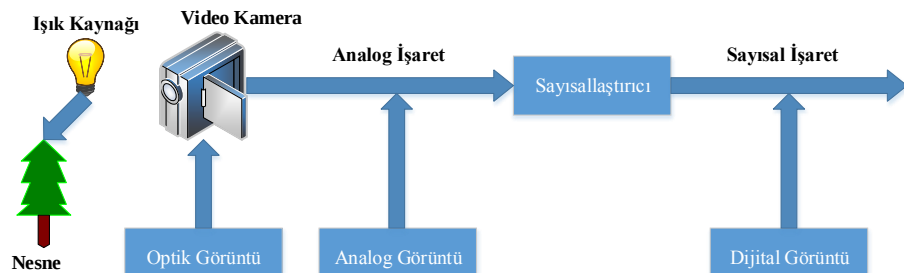
Özellik çıkarım aşamasında ise ön işleme aşamasından sonra elde edilen görüntüye ait nesnelerin tespit edilmesi ve tespit edilen her bir nesnenin kendine has özelliklerin elde edilmesi için özellik çıkarım işlemleri uygulanmaktadır.

Anomali tespiti aşamasında; özellikleri çıkarılmış nesne verileri kullanılarak bu veriler içerisinde beklenilmeyen duruma karşılık gelen veriler olup olmadığı tespit edilerek anomali tespiti gerçekleştirilir.

Makine tabanlı kalite kontrol sistemlerinde genellikle anomali tespiti gerçekleştirildikten sonra sonuç bilgisi gerekli mekanizmalara iletilerek anomali tespiti sağlanan nesnenin konveyör sistem dışına çıkarılması sağlanır.

2.2.1 Sayısal Görüntü

Sayısal görüntü, sayısal değerlerden oluşan ve bilgisayar ortamında görüntülenebilen ve kullanılabilen görüntü anlamına gelmektedir. Dışarıdan alınan bir görüntünün sayısal görüntüye dönüştürme aşamaları Şekil 2.3’de görüldüğü gibidir.



Şekil 2.3 Sayısal görüntü elde etme aşamaları

Sayısal görüntü bilgisayar ortamında tanımlanmış iki boyutlu bir matristir ve matrisin her bir elemanı sayısal görüntünün en küçük birimi olan bir pikseli ifade etmektedir.

A (x,y) gibi bir fonksiyonla temsil edilen analog bir resimde A parlaklık gibi bir şiddet birimini temsil ederken x ve y değişkenleri ise görüntünün yatay dikey eksenindeki koordinatlarını ifade eden değişkenlerdir. Bilgisayar ortamına aktarılan sayısal görüntü ise, analog görüntünün M sütun ve N satırdan oluşan bir matrisle örneklenmesi sonucu elde edilmektedir. Matriste satır ve sütunun kesiştiği her bölgede görüntünün en küçük birimi olan bir pikseli temsil etmektedir. Sonuç olarak bilgisayar ortamına aktarılan bir sayısal görüntü NxM adet piksel içeren bir matrisle ifade edilmektedir.

Sayısal görüntü türleri; ikili görüntüler, yoğunluk görüntüleri ve renkli(RGB) görüntüleri olmak üzere 3 farklı sınıftan oluşmaktadır.

Yoğunluk görüntüleri tek bir matrisle ifade edilirken matrisin her bir elemanı da görüntünün değişik yoğunluklarını ifade etmektedir. Bu matrislerde 0 değeri siyahı ifade ederken 255 değeri ise beyazı gösteren gri tonları temsil etmektedir.

İkili görüntülerde tek bir matrisle ifade edilir ve matrisin her bir elemanı sadece 0 ve 1 olmak üzere iki değer alır. Matris elemanı 0 siyahı ifade ederken 1 ise beyazı ifade etmektedir. İkili görüntüler yoğunluk görüntülerinin özel bir hali olarak ifade edilebilir.

Renkli(RGB) görüntülerinde her piksele denk gelen renk için kırmızı(R), yeşil(G) ve mavi(B) olmak üzere 3 temel rengin karışımı kullanılır. RGB görüntülerinin matrisi $M \times N \times 3$ boyutludur ve her renk katmanı ilgili piksel için o rengin değerini verir.

2.2.2 Görüntü Ön İşleme

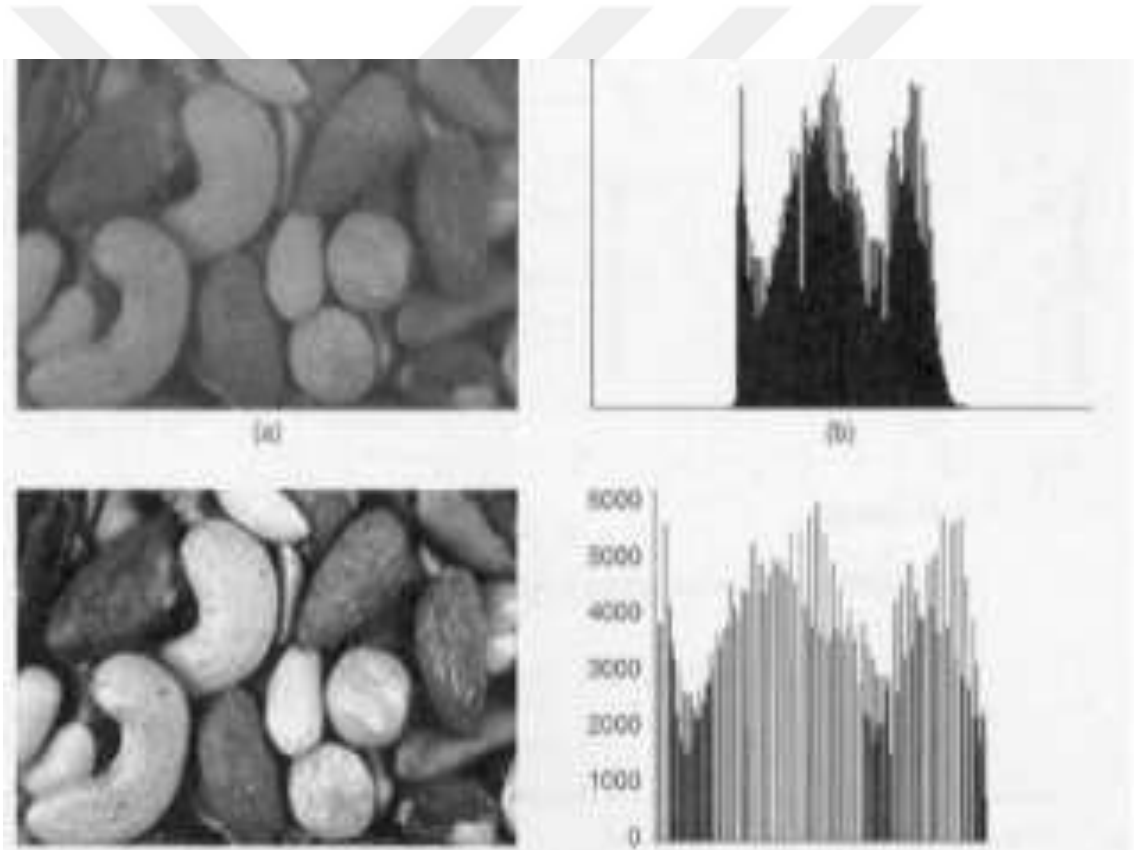
Makine tabanlı kontrol sistemlerinde sayısal görüntü elde edildikten sonra ön işleme aşamasında sayısal görüntüyü kullanmadan önce daha başarılı bir sonuç elde edilmesi için bazı işlemler gerçekleştirilir. Bu işlemleri; görüntü iyileştirme, görüntü onarma, görüntü sıkıştırma, görüntü üzerinde renk dağılımlarını düzenleme vb. olarak sıralayabiliriz. Ön işleme aşamasında aynı zamanda konveyör sistem üzerinde taşınan nesne görüntüsü kullanılarak; nesnenin sınırları, kenarları tespit edilerek nesnenin şekli hakkında bilgiler de elde edilir. Görüntü ön işleme aşamasında yaygın olarak kullanılan yöntemler şu şekildedir;

- Histogram Eşitleme

- Görüntü Bölütleme
- Eşikleme, Kenar Belirleme

2.2.2.1 Histogram Eşitleme

Histogram; bir görüntüdeki piksel değerlerinin sayısını, ağırlığını gösteren grafiksel bir gösterim şeklidir. Görüntü işlemenin ön işleme aşamasında histogram işlemi kullanılarak görüntünün daha belirgin hale getirilmesi sağlanmış olunur. Histogram eşitleme ise görüntünün renk dağılımının daha ayrık ve düzgün bir yapıya gelmesi için, görüntü üzerindeki renk değerlerinin belli bir bölgede kümelenmiş olmasından kaynaklanan renk dağılımı problemini ortadan kaldıran yöntemdir.



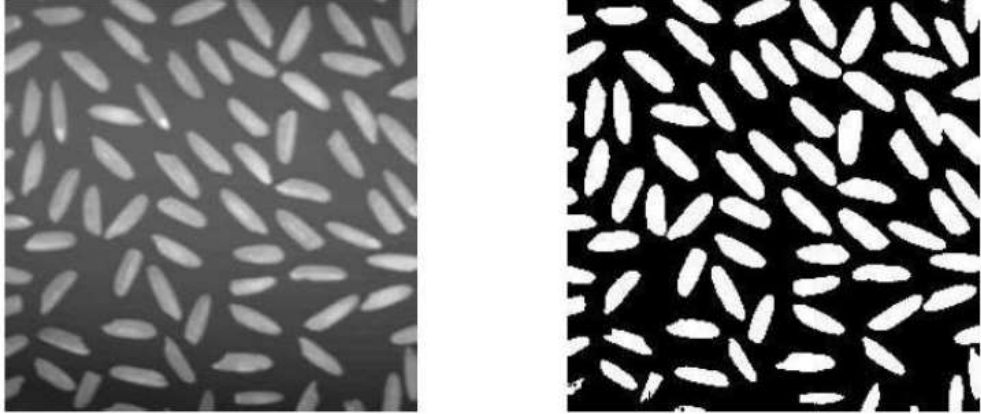
Şekil 2.4 Histogram uygulanmış görüntü ve histogram grafikleri

Şekil 2.4’de histogram eşitleme uygulanmamış ve uygulanmış görüntülerin histogram grafikleri gösterilmiştir. Histogram grafiğini okuma işleminde, grafiğin en solu koyu rengi yani siyahı temsil ederken grafiğin sağ tarafı ise aydınlığı yani beyazı temsil etmektedir.

2.2.2.2. Görüntü Bölütleme ve Eşikleme

Görüntü bölütleme; görüntü iyileştirme ve onarma işleminden farklı olarak görüntü analizi işlemi için kullanılmaktadır. Görüntü bölütleme görüntü analizi için görüntüyü gösterim ve tanılama aşamalarına hazırlamaktadır. Görüntü bölütleme kısacası bir görüntüyü farklı özelliklerin tutulduğu anlamlı bölgelere ayırma işlemidir.

Görüntü eşikleme ise görüntü bölütleme amacı için kullanılan önemli bir işlemdir. Eşikleme işlemindeki amaç görüntü içerisindeki nesneleri arka planından ayırmaktır. Eşikleme işlemi gerçekleştirilirken görüntüdeki piksellerin gri seviye dağılımlarını gösteren görüntü histogramı kullanılmaktadır. Eşikleme işlemiyle görüntü iki renkle ifade edilecek şekle dönüştürülür. Dönüştürme işlemi gerçekleştirilirken belirli bir eşik değeri belirlenir ve bu eşik değerinden daha yüksek değere sahip piksellere 1, daha düşük değere sahip piksellere ise 0 değeri verilmektedir. Sonuç olarak Şekil 2.5’de görüldüğü gibi eşikleme işlemi sonucunda siyah beyaz bir görüntü elde edilmektedir.



Şekil 2.5 Eşikleme işlemi uygulanmış görüntü

Eşikleme işlemi yapılırken eşik değerinin doğru bir şekilde seçilmesi çok önemlidir. Eşik değeri ne kadar doğru seçilirse sonuç o kadar doğru elde edilir. Eşik değeri seçimi çeşitli eşik değeri belirleme algoritmalarıyla gerçekleştirilmektedir. Bu algoritmalara örnek olarak Otsu metodu ve QIR (Quadratic Integral Ratio) tekniği [44] verilebilir.

2.2.2.3. Kenar Belirleme

Görüntü işleme uygulamalarında görüntü içerisindeki nesnelerin tanımlanması için sınırlarının belirlenmesi kenar belirleme algoritmalarıyla gerçekleştirilmektedir.

Görüntü üzerinde kenar belirleme işlemi görüntü işleme ve analiz işlemleri için en önemli aşamalardan biridir. Bir görüntü içerisindeki belirgin geçişler görüntü içerisindeki nesnenin kenarlarını temsil ettiğinden, kenar bulma algoritmaları bu geçişleri doğru bir şekilde bulmayı amaçlamaktadır.

Sobel, Prewitt, Roberts, Log, Laplace, Canny filtreleri yaygın olarak kullanılan kenar belirleme algoritmalarıdır.

- **Sobel Filtresi**

Kenar belirleme algoritmalarından en yaygın olarak kullanılanı ve etkili sonuçlar vereni Sobel filtresidir. Sobel kenar belirleme filtresi türeğe dayalı bir yöntemdir [45]. Sobel filtresi, konvülyasyon matrisleri kullanılarak dikey, yatay ve köşegen şeklindeki kenarları bulmak için kullanılır.

Sobel filtresi ile bir görüntünün kenarlarına karşılık gelen yüksek frekans bölgeleri yani keskin kenarları elde edilmiş olunur. Sobel konvülyasyon matrisleri yatay ve dikey olarak çalışan kenarlara en iyi şekilde cevap vermek üzere tasarlanmıştır. Matrisler giriş görüntüsüne ayrı ayrı uygulanır ve böylelikle her bir yön için görüntüdeki piksel değeri ayrı ayrı ölçülmüş olur.

- **Prewitt Filtresi**

Prewitt kenar bulma filtresi, işlenecek görüntü üzerinde sırasıyla yatay ve dikey yönlerde kernel filtrelerini kullanarak görüntünün kenarlarını tespit eden algoritmadır. Yatay ve dikey olmaz üzere her iki filtre de görüntüye uygulanır ve sonucu oluşturmak için elde edilen sonuçlar toplanır [46]. Algoritmada kullanılan yatay ve dikey filtreler şu şekildedir;

Yatay Filtre

1	1	1
0	0	0
-1	-1	-1

Dikey Filtre

1	1	1
0	0	0
-1	-1	-1

- **Roberts Filtresi**

Robert filtresi, görüntü işlemede kenar bulma filtreleri arasında en eski ve en basit olan filtreleme algoritmasıdır. Robert filtresi yalnızca yatay veya dikey kenarları tespit etmektedir [47]. Görüntü üzerinde basit, hızlı bir şekilde

hesaplanabilen 2 boyutlu uzaysal gradyan ölçümü gerçekleştirilir. Bu nedenle de Roberts filtresi ile sıklıkla kenarlara tekabül eden yüksek uzaysal frekans bölgelerine dikkat çeker. Robert filtresi uygulanmış görüntünün çıktısı gri tonlamalı görüntüdür. Elde edilen görüntünün her bir noktasındaki piksel değeri, o noktadaki giriş görüntüsünün uzaysal gradyan tahmininin mutlak değerini temsil eder.

Roberts filtresi hızlı ve basit bir algoritma olduğundan gerçek zamanlı uygulamalarda sıklıkla kullanılan bir yöntemdir.

- **LoG Filtresi**

Sobel, Prewitt, Robert filtreleri işlenecek görüntü üzerinde yatay ve düşey yönde keskinlikleri yakalamayı sağlarken, LoG (Laplacian of Gaussian) filtresi sadece yatay ve düşey yönde değil her yönde keskinleştirme yapmayı sağlamaktadır. LoG filtreleme yönteminde işlenecek görüntüyü değişik kesim frekanslarında sınırlandırmak için Gaussian alçak geçiren filtre kullanılmaktadır [48]. Böylelikle görüntü içerisindeki geçişler yumuşatılmış olunur. Görüntü üzerine Gaussian filtresi uygulandıktan sonra da Laplace filtresi uygulanır. Görüntüye direk Laplace filtresinin uygulanması görüntüdeki gürültüyü daha da kuvvetlendirir ve birçok yapay kenar elde edilmesine sebep olabilir. Bu da istenmeyen bir durum olduğu için görüntü Gaussian filtresi ile konvülasyon işlemine tabi tutulur ve ardından laplace filtresi uygulanır.

- **Canny Filtresi**

Canny filtreleme yöntemi en güçlü ve etkili kenar bulma algoritmasıdır. Birçok aşamadan oluşan yöntemdir [49]. Gürültü azaltma, görüntünün yoğunluk derecesini bulma ve kenar inceltme ve kesiklik eşiklemesi Canny filtreleme yönteminin önemli aşamalarıdır.

Gürültü azaltma aşamasında; görüntü üzerinde gerçekleştirilen kenar belirleme işlemi gürültüye duyarlı bir işlem olduğu için Gauss filtresi kullanılarak görüntüdeki gürültü giderilir.

Bu aşamada yoğunluk derecesini bulmak için görüntü üzerinde yatay ve dikey yönde birinci türevin elde edilmesi için yatay ve düşey yönde bir filtre

uygulanır. Bu filtreleme aşamasında çoğunlukla Sobel filtresi kullanılırken Prewitt veya Roberts filtresi de kullanılmaktadır.

Görüntü üzerine filtreleme işlemi yapıldıktan sonra, elde edilen görüntünün kenarları kalındır. Bu aşamada kenarların ince görünmesi için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden en yaygın olarak kullanılan ve başarılı olan yöntem ise maksimum olmayan piksel değerinin bastırılma işlemidir. Bastırma işleminde görüntü kendi gradyanı yönünde taranır ve tarama esnasında taranan pikseller içerisinde yerel maksimum parçası olmayan pikseller sıfıra ayarlanır.

Kesiklik eşikleme aşamasında, elde edilen tüm kenarlar taranır ve bu kenarlar içerisindeki kenarlardan hangilerinin gerçek kenar olup olmadığına karar verilir. Gerçek kenarların belirlenmesi için öncelikle maksimum ve minimum seviyede iki tane eşik değeri belirlenir. Daha sonra her bir piksel değeri için, eğer kenara dik maksimum piksel değeri belirlenen maksimum eşik değerinden yüksek ise kenar olarak kabul edilir. Fakat kenara dik maksimum piksel değeri belirlenen minimum eşik değerinden düşük ise sıfıra çekilir. Piksel değeri belirlenen minimum ve maksimum eşik değerleri arasında ve maksimum eşiği aşan bir komşusu var ise bu piksel değeri de kenar olarak kabul edilir. Eşik değerini aşan bir komşusu yok ise de bu piksel sıfıra çekilir.

2.2.3 Özellik Çıkarımı

Ön işleme aşamasından sonra elde edilen görüntüye ait nesnelerin tespit edilmesi ve tespit edilen her bir nesnenin kendine has özelliklerin elde edilmesi için özellik çıkarımı işlemi uygulanmaktadır [50, 51, 52,53]. Özellik çıkarımı bir anlamda verinin boyutlarını azaltarak problemi daha basit bir hale indirgemeyi amaçlar. Özellik çıkarımı işleminden sonra elde edilen özellik çıkarımı vektöründe görüntü içerisinde tespit edilen her bir nesneye ait bilgiler bulunmaktadır. Özellik çıkarım vektöründe her bir nesnenin görüntü içerisinde kapladığı alan, nesnenin uzunluğu, nesnenin bulunduğu merkeze ait koordinatlar ve nesnenin rengi gibi bilgiler yer almaktadır. Sonuç olarak özellik çıkarımı ile elde edilen vektör görüntünün altkümeleri olmaktadır. Makine görmesi tabanlı kalite kontrol sistemlerinden doğru bir şekilde tespit edilmiş özellik çıkarım vektörü ve bu özelliklere uygun tasarlanmış bir sistem istenilen sonucun başarı ve performansını önemli derecede etkileyen bir aşamadır.

2.2.3.1 Harris Köşe Bulma Algoritması

Harris algoritması Harris ve Stephens tarafından bulunmuş kenar köşe bulma algoritmalarından biridir. Harris daha önce Moravec tarafından geliştirilen Moravec köşe bulma algoritmasından esinlenilerek geliştirilmiştir. [54].

Moravec köşe bulma algoritmasında görüntülerdeki değişik bölgeler köşe olarak seçilmiş ve ardışık görüntülerdeki benzer bölgelerin bulunabilmesi için bu noktalar kullanılmıştır. Moravecin geliştirmiş olduğu algoritmada köşe noktaları her yönde birçok yoğunluk değişimi gösteren noktalar olarak düşünülmüştür. Bunun sonucunda köşe noktaları yoğun olduğu için Moravec algoritması köşe nokta yakalayıcı adıyla anılmaktadır.

Moravecin geliştirmiş olduğu algoritmada, her pikselin köşe olup olmadığına karar vermek için pikselin merkez kabul edildiği belirli bir büyüklükteki alanın çevresinden ne kadar farklı durduğuna bakılır.

Harris algoritması, Moravecin geliştirmiş olduğu algortmadaki eksiklerin giderilmesiyle oluşturulmuştur. Harris algoritması geliştirilirken, tek bir kamera sayesinde elde edilen görüntüler kullanılarak, görüntüler üzerinde fikir üretilebilmesi için hareket analizi yöntemleri kullanılmıştır. Harris algoritmasında Moravec algoritmasında olduğu gibi ardışık görüntüler içerisinde eşleşen noktaların tespit edilebilmesi için bir yöntem geliştirilmiştir. Moravec algoritmasına ek olarak Harris algoritmasında hem köşe noktaları hem de kenarlar üzerinde durulmuştur.

2.2.3.2 SIFT Algoritması

SIFT algoritması çakışan görüntüler üzerindeki yerel özellikleri tespit edip tanımlamak için görüntü mozaikleme yönteminde kullanılan algoritmalarından biridir. Bu algoritma 1999 yılında David Lowe tarafından geliştirilmiştir [55]. SIFT algoritması nesne tanımlama işlemlerinde kullanılan önemli algoritmalarından biridir. SIFT algoritmasında görüntü üzerindeki anahtar nokta tespiti gerçekleştirilirken; görüntünün boyutu, ışık miktarı, kamera açısı, gürültüsü gibi durumlardan etkilenmesi bu algoritmayı önemli kılmaktadır.

SIFT algoritmasının adımları şu şekilde sıralanabilir;

1. Görüntüler üzerindeki minimum ve maksimum uç noktaların elde edilmesi
2. Elde edilen uç noktalardan anahtar noktaların konumlarının belirlenmesi

3. Görüntüler üzerindeki anahtar noktaların eşleştirilmesi
4. Eşleşen anahtar noktaların seçilmesi ve hedef görüntü içerisindekilerin süzülmesi

2.2.3.3. FAST Algoritması

(FAST), özellik noktalarını çıkarmak için kullanılabilecek ve daha sonra birçok bilgisayar görme görevindeki nesneleri izlemek ve eşlemek için kullanılabilecek bir köşe algılama yöntemidir [56]. FAST köşe dedektörü aslen Edward Rosten ve Tom Drummond tarafından geliştirildi ve 2006 yılında yayınlandı. FAST köşe dedektörünün en umut verici avantajı hesaplama etkinliğidir. Adına bakıldığında, hızlı ve gerçekten de, SIFT, SUSAN ve Harris dedektörleri tarafından kullanılan Gauss'ların (DoG) farkı gibi, birçok iyi bilinen özellik çıkarma yönteminden daha hızlıdır. Ayrıca, makine öğrenme teknikleri uygulandığında, hesaplama süresi ve kaynakları bakımından üstün performans elde edilebilir. FAST köşe dedektörü, bu yüksek hızlı performans nedeniyle gerçek zamanlı video işleme uygulaması için çok uygundur.

2.2.3.4. SURF Algoritması

Bilgisayarın görüşünde, hızlandırılmış sağlam özellikler (SURF), patentli bir yerel özellik dedektörü ve tanımlayıcısıdır. Nesne tanıma, görüntü kaydı, sınıflandırma veya 3B yeniden yapılandırma gibi görevler için kullanılabilir. Kısmen değişmeyen özellik dönüşümü (SIFT) tanımlayıcısından ilham almıştır. SURF'in standart sürümü, SIFT'den birkaç kat daha hızlıdır ve yazarları tarafından SIFT'den farklı görüntü dönüşümlerine karşı daha sağlam oldukları iddia edilmektedir [57].

İlgi noktalarını tespit etmek için SURF, Hessian blob dedektörünün determinantına, önceden hesaplanmış bir integral görüntü kullanarak 3 tamsayı işlemi ile hesaplanabilen bir tamsayı kullanır. Özellik tanımlayıcısı, ilgilenilen nokta etrafındaki Haar dalgacık tepkisinin toplamına dayanır. Bunlar, integral görüntünün yardımı ile de hesaplanabilir.

SURF tanımlayıcıları nesneleri, insanları veya yüzleri bulmak ve tanımak, 3B sahneleri yeniden oluşturmak, nesneleri izlemek ve ilgilenilen noktaları çıkarmak için kullanılmıştır.

SURF, ilk olarak 2006 Avrupa Bilgisayarla Görme Konferansı'nda Herbert Bay ve arkadaşları tarafından sunuldu. Algoritmanın bir uygulaması Amerika Birleşik Devletleri'nde patentlidir. SURF'un "dik" bir sürümü (U-SURF olarak adlandırılır),

görüntü döndürmeye bağlı değildir ve bu nedenle hesaplamaların daha az ya da daha az yatay kaldığı uygulamalar için daha iyi hesaplamak için daha uygundur.

Görüntü, aynı boyutta ancak azaltılmış bant genişliğinde bir görüntü elde etmek için orijinal görüntüyü Pyramidal Gaussian veya Laplacian Pyramid şekli ile kopyalamak için çoklu çözünürlüklü piramit tekniği kullanılarak koordinatlara dönüştürülür. Bu, orijinal görüntü üzerinde Ölçek-Uzay adlı özel bir bulanıklaştırma etkisi sağlar ve ilgilenilen noktaların ölçeğin değişmez olmasını sağlar.

2.2.4 Anomali Tespiti

Anomali tespiti bir veri veya veri kümesinde istenilmeyen durumların bulunmasını sağlayan bir tekniktir. Bu veri üzerindeki istenilmeyen durumlar verinin istenilen durumuna uymayan durumlardır. Literatürde bu istenilmeyen durumlara aykırı değerler ya da anomali değer denilmektedir. Veriler üzerinde beklenilmedik durumlara; bir yumurta kolisinden çatlak yumurtaların olması, bir su şişesinin kapağının tam kapatılmaması, paketlenmiş ürünlerin paketlerinde yırtık ya da deforme olması, ürünler üzerinde etiketlemede eksiklik olması gibi örnekler verebiliriz.

Anomali; nokta anomalileri, bağlamsal anomaliler ve toplu anomaliler olmak üzere 3 farklı sınıfa ayrılmaktadır. Nokta anomalileri belirli bir veri üzerinde beklenilmeyen durumları incelerken, bağlamsal anomali ise veri örneği üzerinde anormal durum incelemesi gerçekleştirir. Toplu anomalide ise veri örneklerinin bir alt kümesi alınarak bu küme üzerinde beklenilmeyen durum tespiti gerçekleştirilir.

Nokta anomali tespitinde kullanılan bazı teknikler şu şekilde sıralanabilir;

- Kümeleme tabanlı anomali tespiti
- En yakın komşu tabanlı anomali tespiti
- Sınıflandırma tabanlı anomali tespiti
- İstatistiksel tabanlı anomali tespiti

2.2.4.1 Sınıflandırma Tabanlı Anomali Tespiti

Sınıflandırma tabanlı anomali tespiti bir dizi etiketli eğitim verilerine dayanarak normal yada normal olmayan durumlar için bir sınıflandırma tekniği ortaya koymaktadır. Sınıflandırma tabanlı anomali tespitleri denetimli sınıflandırma ve yarı denetimli sınıflandırma teknikleri olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleştirilmektedir.

Sınıflandırma tabanlı anomali tespiti için uygulanan denetimli sınıflandırma tespitinde veri sınıfında hem normal hem de normal olmayan sınıf bilgilerine ihtiyaç vardır. Veri seti içerisinde normal ve normal olmayan verilerin ayırt edilmesi için iki farklı sınıf oluşturulur.

Sınıflandırma tabanlı anomali tespiti için uygulanan yarı denetimli sınıflandırma tespitinde ise veri sınıfında sadece normal olan veriler ayırt edilir ve bu veriler için bir sınıf oluşturulur. Normal verilerin davranışının öğrenilmesi için bir sınıflandırma modeli geliştirilir ve normal verilerden sapma değeri belirlenir. Bu sapma değerini gösteren veriler anormal veri olarak kabul edilir.

Denetimli sınıflandırma yöntemleri kolay anlaşılır olması ve bir çok anomali tespitinde yüksek başarı sağlaması bakımından oldukça avantajlıdır. Veri seti için hem normal hem de anormal sınıftan iki etiket gerektirmesi ve daha önceden karşılaşılmamış bilinmeyen anomalilerin tespit edilememesi açısından dezavantajlıdır. Yarı denetimli sınıflandırma yöntemleri de kolay ve anlaşılır yöntemlerdir. Aynı zamandan veri seti içerisinde normal davranışa odaklandığı için normal davranışın doğru bir şekilde öğrenilmesinde oldukça etkilidir. Fakat sadece normal sınıf etiketi ile çalışılması daha önce görülmeyen normal verilerin, normal sınıf kategorisinde bulunmadığından dolayı yeni doğru veriyi anormal veri olarak algılaması bakımından dezavantajlıdır.

Sınıflandırma tabanlı anomali tespiti için yaygın olarak kullanılan yaklaşımları ve algoritmalar şu şekilde sıralanabilir;

- Yapay sinir ağları
- Destek vektör makineleri
- Dinamik bayes ağları
- Kümeleme
- Karar ağaçları
- Bulanık mantık
- Genetik algoritmalar

2.2.4.2 En Yakın Komşu Tabanlı Anomali Tespiti

En yakın komşu tabanlı anomali tespitinde veri seti içerisindeki noktaların anomali tespitinin yapılması için komşu noktalar arasındaki uzaklık belli yöntemlerle ölçülerek bu noktalara bir anomali puanı verilir. Veri setindeki her noktanın bir anomali puanı olur ve daha önceden belirlenen bir eşik değerine göre eşik değerinin altında kalan

anomali puanına sahip noktalar normal veri olarak kabul edilir. Eşik değerinin üstünde kalan anomali puanına sahip noktalar ise anormal veri olarak kabul edilir.

En yakın komşu tabanlı yöntemlerde temel olarak iki adım söz konusudur. İlk olarak veri setindeki her veri için komşuluk değerleri hesaplanır. Daha sonra da veri setindeki verilerin anormal olup olmadığını tespit etmek için komşuluk değerleri analiz edilir. En yakın komşu tabanlı yöntemler uzaklığa dayalı ve yoğunluk tabanlı olmak üzere iki farklı yonteme dayanmaktadır. Uzaklığa dayalı yöntemde veri setinde normal olarak kabul edilen noktalar yakın komşulara sahipken, normal olarak kabul edilmeyen anomali noktalar diğer noktalardan uzaktır. Yoğunluk tabanlı yöntemde ise anomali noktalar düşük yoğunluklu bölgelerdeki komşuluğu çok az olan veri noktaları olarak kabul edilir.

En yakın komşu tabanlı anomali tespit yöntemleri gürültülü verilere karşı dirençli olması ve veriler için eğitim aşaması olmamasından dolayı avantaj sağlamaktadır. Yüksek miktarda hafıza alanına ihtiyaç duyması ve veri kümesinin boyutu ve öznelilik boyutu arttıkça işlem yükünün ve maliyetinin oldukça yükselmesi dezavantaj sağlamaktadır.

En yakın komşu tabanlı anomali tespitinde yaygın olarak kullanılan yöntem K en yakın komşu yöntemidir. K en yakın komşu yöntemi denetimli öğrenme yöntemi ile sınıflandırma problemi çözen yöntemler arasında yer alır.

2.2.4.3 Kümeleme Tabanlı Anomali Tespiti

Kümeleme tabanlı anomali tespiti birbirine benzeyen veri örneklerini kümeler halinde gruplandırma mantığına dayanır ve denetimsiz bir yöntemdir. Kümeleme tabanlı anomali tespitinde veri seti içerisindeki normal kabul edilen veriler büyük ve yoğun kümelerle dahilken ve normal olmayan veriler herhangi bir kümeye dahil değildir veya çok küçük kümelenebilirler meydana getirirler. Kümeleme tabanlı anomali tespitinde normal kabul edilen noktalar kendi içinde bir kümeleme oluşturur ve diğer noktalar bu kümeye dahil olamadığında bu noktalar anomali olarak kabul edilir. Kümeleme tabanlı anomali tespitlerinden en önemli amaç küme içindeki veriler birbirine en çok benzeyen veriler olmalıdır ve oluşturulan kümelerde birbirine mümkün olduğunca benzerlik göstermemelidir.

Kümelene tabanlı anomali tespitinde yaygın olarak kullanılan yöntem K-means kümeleme yöntemidir. K-means kümeleme yönteminde k oluşturulacak küme sayısını

belirtir. K-means kümeleme yönteminde başarılı bir sonuç için küme sayısı önemlidir ve ilk olarak k küme sayısı tespit edilir. Daha sonra veri setindeki veriler k tane kümeye hata fonksiyonunu en aza indirgeyecek şekilde yerleştirilir. Veri setindeki her veri ile kümelerin rastgele belirlenen merkez noktaları arasındaki uzaklık hesaplanır ve veri en yakın merkez noktasına göre bir kümeye atanır. Kümeye giren her veriden sonra kümenin merkez noktası yeniden belirlenir ve yeni merkez noktasına göre kümeleme işlemleri yeni veriler için tekrarlanır. Bu durum sistem kararlı hale gelene tekrarlanmaya devam edilir.

Kümeleme tabanlı anomali tespitinde test aşamasında küme sayısı küçük ve sabit olduğu için oldukça hızlıdır. Fakat veri setindeki noktalar homojen bir şekilde dağılım gösteriyorsa ve kümelenme meydana gelmiyorsa bu yöntem anomali tespitinde başarısız olmaktadır.

2.2.4.4 İstatiksel Tabanlı Anomali Tespiti

İstatiksel tabanlı anomali tespiti yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemin uygulanabilmesi için normal kabul edilen verilerin bilinmesi gerekmektedir. Bu yöntemde ilk olarak normal olarak kabul edilen verilerden bir istatiksel model oluşturulur. Daha sonrada veri setinde olmayan ve daha önceden karşılaşılmamış verilerin oluşturulan istatiksel modele ait olmadığı test edilir. Test edilen veri oluşturulan istatiksel modele uyma konusunda düşük bir ihtimale sahip ise bu veri normal olmayan veri olarak kabul edilir.

İstatiksel tabanlı anomali tespit yöntemleri parametrik ve parametrik olmayan yöntemler olarak ikiye ayrılmaktadır. Parametrik istatistik yöntemlerde normal olarak kabul edilen verinin temel bir parametrik dağılımdan üretildiği düşünülür. Normal kabul edilmeyen anomali verileri tespit etmek için test örneğinin olasılığı bu parametrik dağılım referans alınarak belirlenir. Parametrik olmayan istatistik yöntemlerinde ise parametreler hakkında herhangi bir bilgi söz konusu olmadığı için parametrik dağılımı elde etmek için parametrik olmayan teknikler kullanılır. İstatiksel tabanlı anomali tespitinde kullanılan parametrik yöntemleri; Gauss model tabanlı, Regresyon model tabanlı ve Parametrik dağılımların karışımı olarak 3 farklı şekilde uygulanmaktadır. Parametrik olmayan yöntemler ise Histogram tabanlı ve Çekirdek fonksiyonlu tabanlı olmak üzere iki farklı şekilde gerçekleştirilmektedir.

İstatiksel tabanlı anomali tespitinde normal olarak kabul edilen verilerden oluşturulan istatiksel model doğruysa anomali tespitinde bir çözüm sunar. Bunun yanında istatiksel tabanlı anomali tespitinde yüksek boyutlardaki dağılımları tahmin etmek zordur ve parametrik varsayımların genellikle gerçek veri kümeleri için geçerli olmaması bu yöntemin olumsuz yönleridir.

2.3. Bölüm Değerlendirmesi

Makine görmesi teknolojisiyle gerçekleştirilen kalite kontrol ve tanıma sistemlerinde; tutarsızlık, göz yorulması, göz alışması gibi insana has olan olağan durumlar ortadan kalkmaktadır. Aynı zamanda bu sistemler insan gözünün ulaşamayacağı hızda ve 7 gün 24 saat yorulmadan hatasız bir şekilde çalışmaktadır. Kameralı kontrol sistemleri herhangi bir ürünün kontrolünü bir saniyeden daha kısa bir sürede gerçekleştirerek üretimden çıkan tüm ürünlerin kontrolünü çok kısa bir sürede sağlayabilmektedir. Kalite kontrol ve tanıma sistemlerinden insan yerini makine görmesinin almasıyla birlikte birçok maliyet de düşmektedir. Endüstriyel alanda oldukça önemli bir yer tutan bu sistemleri uzman kontrolünden ayıran birçok temel nokta vardır. Bunlar içerisinde en temel noktalar bu bölüm içerisinde tablo halinde sunulmuştur.

Makine görmesi tabanlı kalite kontrol sistemleri birçok endüstriyel alanda farklı amaçlara hizmet edebilmek için kullanılmaktadır. Genellikle yüksek performanslı kameralar aracılığıyla alınan görüntüleri işlemeye ve sınıflandırmaya dayanan bu sistemler birçok farklı alanda farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Bu kullanım alanlarını özetleyen bilgiler bu bölüm içerisinde tablo halinde sunulmuştur.

Makine görmesi tabanlı kalite kontrol sistemlerinde donanım olarak kullanılan bileşenler, sistemin kullanım amaçlarına göre değişiklik gösterse de birçok bileşen her sistemde kullanılmaktadır. Makine görmesi tabanlı kalite kontrol sistemlerinde kullanılan donanımsal bileşenler bu bölümde anlatılmıştır.

Makine görmesi tabanlı kontrol sistemlerinin önemli bir parçasını olan yazılım, kontrol edilecek nesnenin özelliklerini ve anomali tespitini gerçekleştirmek için kullanılır. Makine görmesi tabanlı kontrol sistemlerinin yazılım aşamasında her bir aşamada kullanılan algoritmalar ve yöntemler detaylı bir şekilde bu bölümde verilmiştir.

3. ÖNERİLEN GÖRME TABANLI KALİTE KONTROL YAKLAŞIMI

Günümüzde makine görmesinin en yaygın olarak kullanıldığı alanlardan biri de kalite kontrol ve tanıma sistemleridir. Kalite kontrol ve tanıma sistemleri endüstriyel alanlarda kullanılan ve problemlili ürünlerin tespit edilmesine olanak sağlayan sistemlerdir.

Endüstriyel alanda oldukça önemli bir yer tutan görme tabanlı kontrol sistemlerine birçok farklı alanda ihtiyaç duyuluyorken bunlardan biride plastik poşet üreten firmalardır. Bu tez çalışmasında şehrimizin yerel bir firması olan plastik poşet üreticisi Erhan Plastik A.Ş. ile görüşmeler yapılmıştır. Bu görüşmeler doğrultusunda poşet üretimi esnasında kesim ve basım hatalarının meydana geldiği ve konveyör sistem üzerinde taşınan poşetlerden bu hatalı poşetlerin ayrılması noktasında bir uygulamaya ihtiyaç olduğu tespit edilmiştir. Daha önce bu alanda bir uygulama yapılmadığından bu tezde gerçekleştirilen bu çalışmanın özgün olacağını düşündüğümüz için plastik poşet üretiminde görme tabanlı yaklaşıma dayanan bir anomali tespit uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Uygulamayı gerçekleştirmeden önce firmanın poşet üretim hattındaki poşet kesim ve etiket basım hatalarının tespit edebilmek için plastik poşet üretim fabrikası gezilmiştir. Fabrikada plastik market poşeti ve plastik mağaza poşeti olmak üzere 2 çeşit poşet üretimi için anomali durumlarının sık yaşandığı gözlemlenmiştir. Fabrika sorumlusu ile yapılan görüşmeler doğrultusunda plastik market poşet üretiminde kesim işlemi esnasında hatalı kesimler olduğu, plastik mağaza poşet üretiminde ise basım işlemi esnasında firma adının poşet üzerinde hatalı konumlandırıldığı bilgilere ulaşılmıştır. Buradan yola çıkarak bu bölümde ilk olarak plastik mağaza poşet üretiminde kesim işlemi esnasında oluşan kulp kesim anomalisinin tespiti için bir yöntem geliştirilmiştir. İkinci olarak da plastik mağaza poşet üretiminde firma adının poşet üzerinde doğru konumlanıp konumlanmadığını tespit eden bir yöntem geliştirilmiştir.

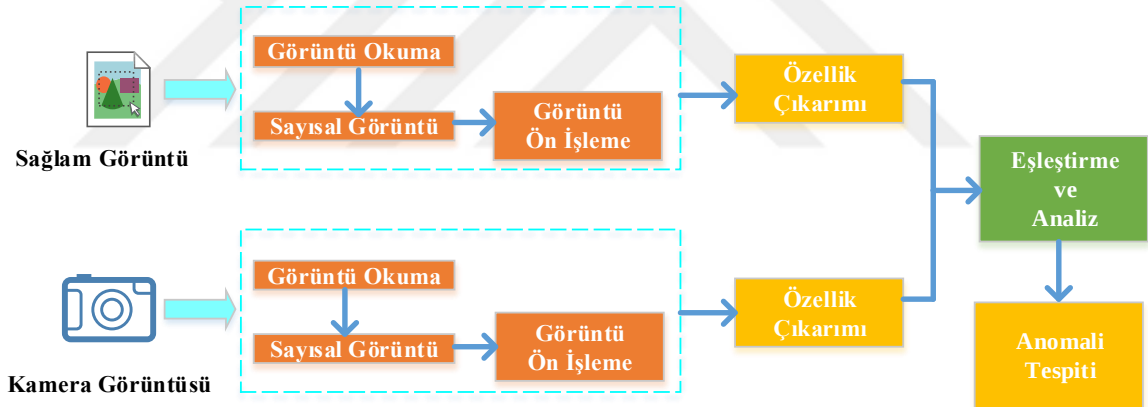
Tez çalışmasında gerçekleştirilen uygulamaların çalıştırıldığı bilgisayarın özellikleri şu şekildedir;

- CPU türü: Intel Core i7
- CPU hızı: 2.60 Ghz
- RAM: 8 GB, RAM türü: DDR3
- İşletim Sistemi: Windows 10
- Ekran Kartı: 4GB

Uygulamaları gerçekleştirmeden önce firma sorumlusundan plastik poşetler ile ilgili gerçekleştirdiğimiz uygulamada kullanılacak referans bilgiler alınmıştır. Bu referans bilgiler;

- Sağlam ve anomali durum içeren plastik market poşet görüntüleri
- Sağlam plastik market poşeti kulp ölçüm bilgileri
- Sağlam ve anomali durum içeren plastik mağaza poşet görüntüleri
- Sağlam plastik mağaza poşet görüntüsü üzerinde firma adının konum bilgileri
- Konveyör sistem üzerinde taşınan plastik mağaza poşet görüntülerinden oluşan video

Firmadan alınan bu referans bilgiler doğrultusunda plastik poşet görüntüleri için geliştirilen görme tabanlı kalite kontrol sisteminin genel yapısı Şekil 3.1’de gösterilmiştir. Plastik market poşeti ve plastik mağaza poşeti için ayrı ayrı gerçekleştirilen anomali tespit yaklaşımları detaylı bir şekilde alt başlıklarda verilmiştir.



Şekil 3.1. Görme tabanlı kalite kontrol sistem yapısı

Gerçekleştirilen görme tabanlı kalite kontrol sisteminde sağlam poşet görüntüsü ve anomali durum içeren poşet görüntüsü MATLAB programı kullanılarak okunur ve sayısal görüntü elde edilir. Sayısal görüntü elde edildikten sonra ön işleme algoritmaları gerçekleştirilir. Daha sonra sağlam poşet görüntüsü için özellik çıkarımı aşamasında firmadan sağlam poşet görüntüleri ile ilgili alınan referans bilgiler kullanılarak poşet ile ilgili gerekli ve doğru bilgi çıkarımları yapılır.

Hatalı poşet görüntüsü için özellik çıkarımı aşamasında poşetle ilgili istenen bilgiler çıkarılır. Özellik çıkarım aşamasından sonra elde edilen hatalı poşet ve sağlam poşet ile

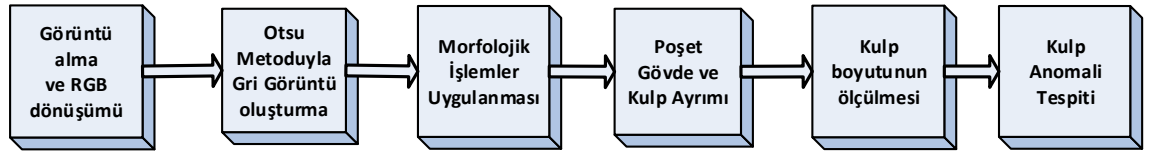
ilgili bilgiler eşleştirilir ve analiz işlemi yapılır. Eşleştirme sonucunda elde edilen veriler kullanılarak anomali tespit işlemi gerçekleştirilir.

3.1. Plastik Market Poşet Üretiminde Kesim İşlemi İçin Anomali Tespiti

Eski zamanlarda insanlar eşyalarının taşınması için hayvan derisi, bez, kâğıt gibi malzemelerden tekrar tekrar kullanılan poşet benzeri taşıma çantalar üretirlerdi. Gelişen teknolojiyle ve insanların ihtiyaçlarının artmasıyla ucuz ve kullan at şeklinde olan plastik poşet üretimine geçilmiştir. Bugün plastik poşetler taşıma ve saklama alanı dışında birçok alanda kullanılmaktadır. Firmalar ürünlerini alan müşterilere kendi poşetleriyle sunarken amaçlarından biride ucuz bir şekilde poşet üzerinde reklamını yapabilmektir. Bu nedenle firmalar için baskısı yapılan poşetlerinin düzgün bir şekilde ve reklam bilgilerinin eksiksiz ve doğru bir şekilde basılması oldukça önemlidir.

Hayatımızın vazgeçilmez bir parçası haline gelen plastik poşetlerin hızlı ve hatasız bir şekilde üretiminin gerçekleştirilmesi önemlidir. Plastik market poşet üretiminde kesim işlemi sırasında istenmeyen durumlar oluşabilmektedir. Bu istenmeyen durumlardan biri; poşete ait iki kulpun eşit oranda düzgün bir şekilde kesilmemesidir. Bu durum poşetin hem görüntüsünü hem de sağlamlığını etkileyecek bir durum olduğu için hem üreticiler hem de poşet alan firmalar tarafından istenmeyen bir durumdur.

Konveyör sistem üzerinde taşınan plastik market poşetlerin üretiminde kesim işlemi sırasında oluşabilecek istenmeyen durumların tespiti için görüntü işleme teknikleri kullanılarak görme tabanlı tanıma yaklaşımına dayanan bir kalite kontrol yöntemi geliştirilmiştir. Geliştirilen kalite kontrol yönteminin akış şeması şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Plastik market poşet uygulaması akış şeması

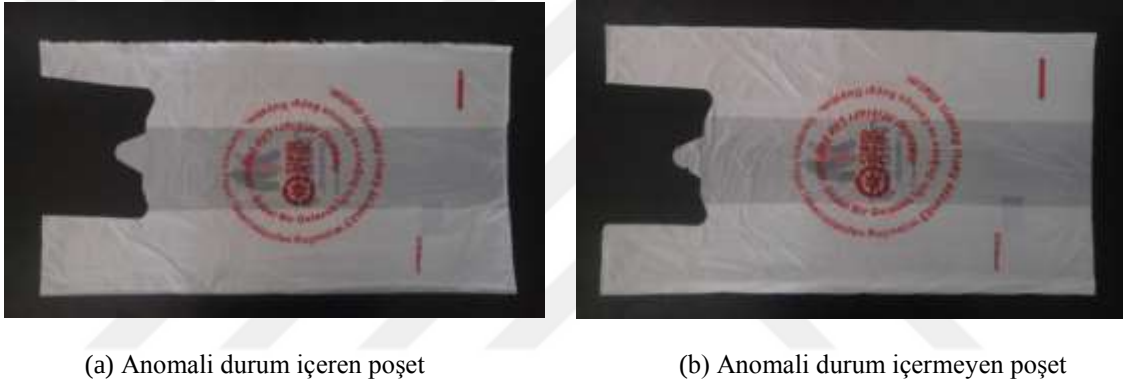
Geliştirilen kalite kontrol yönteminin algoritma adımları şu şekildedir;

- Görüntülerin alınması ve sayısal RGB görüntüye dönüştürülmesi
- Otsu metoduyla gri görüntü oluşturulması

- Siyah beyaz binary görüntü elde edilmesi
- Görüntü üzerinde morfolojik işlemler uygulaması
- Özellik çıkarımı ile poşet gövde ve kulp ayrımı yapılması
- Kulp anomali tespitinin sağlanması

3.1.1. Görüntü İşlemenin Temel Aşamaları

Poşet üretim fabrikasında yürüyen bant üzerinden alınan plastik market poşet görüntülerinin bilgisayarda işlenebilmesi için görüntü okundu ve alınan görüntü Şekil 3.3’de görüldüğü gibi renkli sayısal görüntüye dönüştürüldü.



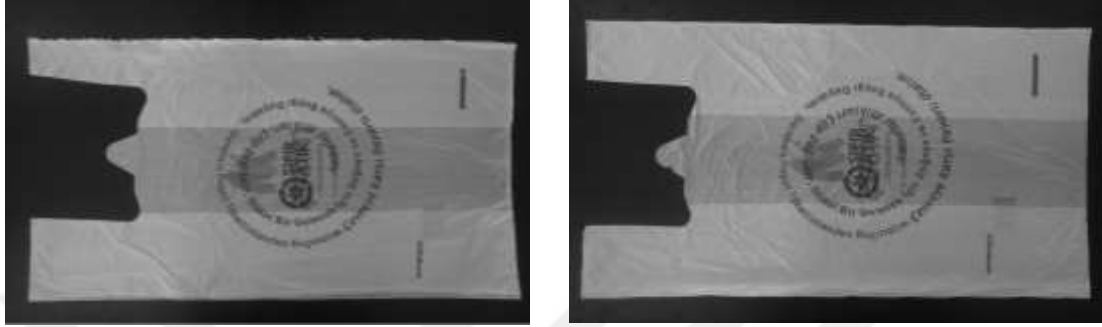
Şekil 3.3. Plastik Poşet RGB görüntüsü

Sayısal görüntü, sayısal değerlerden oluşan ve bilgisayar ortamında görüntülenebilen ve kullanılabilen görüntü anlamına gelmektedir. Sayısal görüntü bilgisayar ortamında tanımlanmış iki boyutlu bir matristir ve matrisin her bir elemanı sayısal görüntünün en küçük birimi olan bir pikseli ifade etmektedir.

A (x,y) gibi bir fonksiyonla temsil edilen analog bir resimde A parlaklık gibi bir şiddet birimini temsil ederken x ve y değişkenleri ise görüntünün yatay dikey eksenindeki koordinatlarını ifade eden değişkenlerdir. Bilgisayar ortamına aktarılan sayısal görüntü ise, analog görüntünün M sütun ve N satırdan oluşan bir matrisle örneklenmesi sonucu elde edilmektedir. Matriste satır ve sütunun kesiştiği her bölgede görüntünün en küçük birimi olan bir pikseli temsil etmektedir. Sonuç olarak bilgisayar ortamına aktarılan bir sayısal görüntü NxM adet piksel içeren bir matrisle ifade edilmektedir.

Renkli görüntülerinde her piksele denk gelen renk için kırmızı, yeşil ve mavi olmak üzere 3 temel rengin karışımı kullanılır. RGB görüntülerinin matrisi $M \times N \times 3$ boyutludur ve her renk katmanı ilgili piksel için o rengin değerini verir.

Bir sonraki adımda ise sayısal RGB görüntüsü Şekil 3.4’de görüldüğü gibi gri görüntüye dönüştürülmüştür.



(a) Anomali durum içeren poşet

(b) Anomali durum içermeyen poşet

Şekil 3.4. Plastik market poşeti gri görüntü

Gri görüntüler renkler olmadan sadece ışığın yoğunluk değerini gösteren siyah beyaz görüntülerdir. Gri görüntüler işlenecek görüntüde rengin önemli olmadığı kenar tespiti, boy ölçme, alan hesaplama gibi özelliklerin çıkarılacağı resimler için kullanılan görüntü türleridir. Biz de bu çalışmamızda plastik market poşetlerinin kesim hatalarını tespit edeceğimiz için gri görüntü üzerinde çalışmalarımızı gerçekleştirdik. Aynı zamanda gri görüntüler ile çalışmak görüntü işleme hızını artırma ve gürültüyü engelleme açısından tercih edilmiştir.

3.1.2. Otsu Metodu Uygulanması

Temel görüntü işleme tekniklerinden birisi olan eşikleme işlemi gri görüntülerden ikili siyah beyaz görüntülerin elde edilmesi için önemli bir işlemdir. Görüntü üzerinde eşikleme işlemi yapılırken, iki renk tabanlı görüntüyü elde etmek için görüntüdeki piksel değerleri kontrol edilir ve bu kontrol işleminde bir eşik değeri kullanılır [58, 59, 60]. Gri görüntüden ikili siyah beyaz görüntü; elimizde bulunan görüntü matrisindeki verilere belirli bir eşik değeri uygulayarak bu değer in altındakilere sıfır (0) üstündekilere bir (1) verilmek suretiyle elde edilir.

$$f(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{eger } g(x, y) \geq T \\ 0 & \text{diger} \end{cases} \quad (3.1)$$

Eşikleme işleminin matematiksel denklemi yukarıda belirtilmiştir. Denklemdaki $f(x, y)$ ifadesi ikili seviyeli bir görüntü olup $g(x, y) \geq T$ de gösterilen pikseller hedef piksellerdir. Bu ifadede T bizim eşik değerimizi göstermektedir. Eşik değerinin belirlenmesi işlenecek olan görüntünün sağlıklı ilerlemesi için hayati önem arz etmektedir. T eşik değeri, görüntüye ait özelliklerin elde edilmesi ve arka planın belirlenmesi için gerekli ve oldukça önemlidir. Fakat bizim belirleyeceğimiz eşik değeri her zaman sağlıklı olmayabileceğinden ve farklı durumlar için sürekli eşik değeri tespiti yapmak zorlaşabileceğinden, 1975 yılında Nobuyuki Otsu tarafından adaptif eşik değeri sağlayan Otsu metodu geliştirilmiştir.

Otsu metodu gri seviye görüntüler üzerinde uygulanan bir eşik tespit yöntemidir [44]. Otsu metodu kullanırken görüntünün arka plan ve ön plan olmak üzere iki renk sınıfından oluştuğu düşünülür. Daha sonra tüm eşik değerleri için arka plan ve ön plan renk sınıfları için sınıf içi varyans değerleri hesaplanır. Varyans bir dizinin elamanlarının dizinin ortalamasına olan uzaklıklarının karelerinin ortalamasıdır. Varyans değerinin en küçük olmasını sağlayan değer eşikleme yapılacak görüntü için optimum eşik değeri olarak kabul edilir.

Plastik market poşetlerinin kesim işleminde anomali tespiti gerçekleştirilirken nesne türü ve renginden bağımsız olarak çalışma yapıldığı için poşetlerin gri görüntüsü Otsu eşikleme yöntemiyle elde edilmiştir. Otsu eşikleme yöntemiyle plastik market poşetinin yüzey tespiti sağlanmıştır.

3.1.3. Morfolojik İşlemler

Morfoloji görüntü ön işleme yöntemlerinden birisidir [61,62] . Morfolojik işlemler görüntülerin biçimsel yapısı ile ilgilenecek nesnelerin ayırt edilmesine olanak sağlar. Morfolojik işlem genellikle siyah beyaz ikili görüntüler üzerinde çalışmaktadır. Aşındırma, genişletme, açma, kapama teknikleri morfolojik işlem çeşitlerinden en yaygın kullanılan tekniklerdir. Morfolojik işlemler temel olarak aşındırma ve genişletme işlemlerinden meydana gelmektedir. Morfolojide açma tekniği genişletme ve aşındırma işlemlerinin belirli bir sırada işletilmesiyle elde

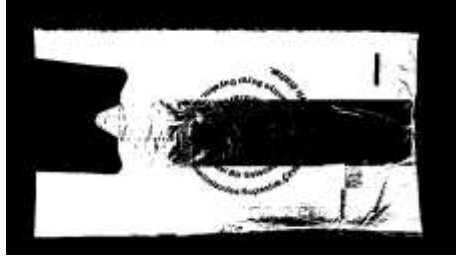
edilmektedir. Kapama tekniği ise açma işleminde uygulanan adımların tersten uygulanması ile önce aşındırma ve sonra genişletme işlemlerinin belirli bir sırada işletilmesiyle elde edilmektedir.

Aşındırma işleminde ikili siyah beyaz görüntüde bulunan nesnelerin boyutunu seçilen yapısal elemente bağlı olarak küçültme işlemi yaparken, genişletme işlemi görüntü içerisindeki nesnenin alanını seçilen yapısal elemente bağlı olarak artırır. Aşındırma işlemi ikili siyah beyaz görüntüde küçük gürültülerle birbirine bağlanmış iki veya daha fazla nesneyi birbirinden ayırmak için kullanılmaktadır. Genişletme işlemi ise ikili siyah beyaz görüntüde küçük gürültülerle bölünmüş farklı nesneler gibi görünen aslında tek bir nesne olan görüntünün elde edilmesi için kullanılmaktadır.

Açma işleminde ise görüntü üzerindeki gereksiz küçük parçaların kaybolması için kullanılan bir morfoloji yöntemidir. Açma işlemi için görüntüye ilk olarak aşındırma uygulanarak görüntünün kenarlarındaki küçük parçaların kaybedilmesi sağlanır. Ama bu işlem gerçekleşirken görüntünün gelen alanı da küçülür ve bu nedenle küçülen alanı tekrar eski haline getirmek için genişletme işlemi uygulanır. Aşındırma ve genişletme işleminin görüntü üzerinde bir kez uygulanmasıyla görüntüdeki birinci seviye küçük parçalar kaybolmuş olur. Görüntüdeki tüm küçük parçalar kayboluncaya kadar aşındırma ve genişletme işlemleri sırasıyla tekrarlanır.

Kapama işlemi ise açma işleminde uygulanan adımların tersten uygulanarak önce genişletme ve daha sonra aşındırma işlemlerinin gerçekleştirilmesidir. Böylece görüntü içerisindeki ayırık olan parçalar birbirine yaklaştırılır. Görüntü üzerinde genişletme işlemi uygulanarak birbirine yakın alanlar birleştirilir ve aradaki gürültülü alanlar kaybolur. Fakat genişletme işlemi görüntünün genel alanının da büyümesine neden olur. Bu nedenle görüntüyü eski haline getirmek için aşındırma işlemi uygulanır ve fazla alan kenarlardan kırılır. Aşındırma işlemi aşamasında görüntünün ortasındaki kapanan bölgeler büyük alana birleştiği için aşındırma işleminden etkilenmez.

Uygulamamızı gerçekleştirirken yürüyen banttı aldığımız görüntülerdeki gürültüleri ortadan kaldırmak amacıyla morfolojik işlem çeşitlerinden biri olan açma tekniği kullanılmıştır. Görüntüler üzerinde morfolojik açma işlem uygulanabilmesi için ilk olarak gri plastik market poşet görüntüleri Şekil 3.5'te görüldüğü üzere siyah beyaz ikili görüntüye dönüştürülmüştür.



(a) Anomali durum içeren poşet



(b) Anomali durum içermeyen poşet

Şekil 3.5. Siyah beyaz plastik market poşet görüntüleri

Siyah beyaz ikili forma dönüştürülen plastik market poşet görüntülerin orta kısımlarında oluşan gürültülerden kurtulmak doğru ölçüm yapabilmek için oldukça önemlidir. Bu nedenle bu gürültülerden kurtulup poşet görüntüsünün bir bütün şekilde görüntülenebilmesi için görüntüler üzerine morfolojik işlemlerden açma işlemi uygulanmıştır. Plastik market poşetlerinin açma işlemi uygulanmış halleri ise Şekil 3.6’da gösterilmektedir.



(a) Anomali durum içeren poşet



(b) Anomali durum içermeyen poşet

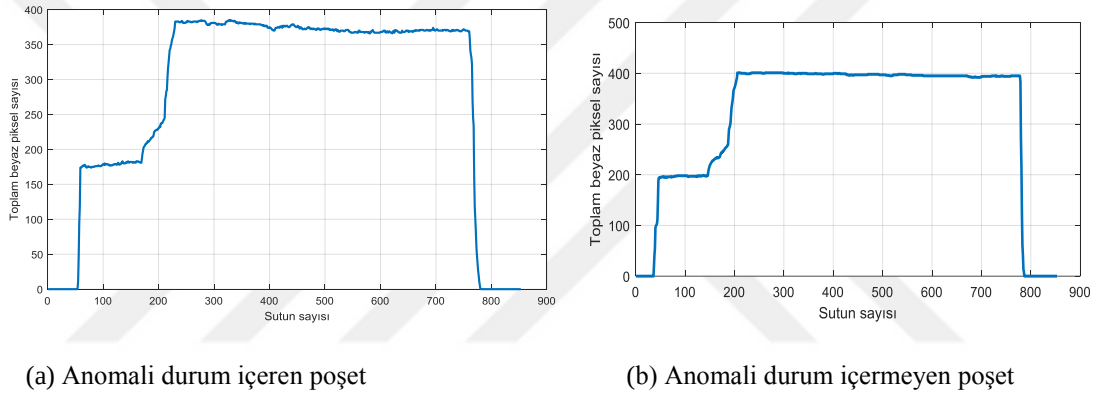
Şekil 3.6. Morfolojik işlem uygulanmış plastik market poşet görüntüleri

Uygulanan morfolojik açma işlemi sonucunda plastik market poşet görüntüleri bir bütün haline getirip işlemek için, görüntü üzerindeki belirsiz noktalar kaldırılmıştır ve görüntü gürültülerden arınmıştır. Böylece ölçme ve hesaplama yapılacak net bir görüntü elde edilmiştir. Makine görmesi uygulamalarında morfolojik işlemler kamera tarafından alınan görüntüler üzerinden gürültünün temizlenmesi sebebiyle daha verimli görüntü elde edip görüntülerin daha rahat işlenmesine yardımcı olmaktadır.

3.1.4. Özellik Çıkarımı

Morfolojik işlem sonucunda elde edilmiş sayısal görüntü matrisi kullanılarak görüntüye ait beyaz piksel değerler yardımıyla plastik market poşeti için özellik çıkarımı yapılmıştır ve kulp kısmına ait özelliklerin tespiti sağlanmıştır.

Özellik çıkarımı aşamasında ilk olarak plastik market poşetine ait Şekil 3.7’de görüldüğü gibi sayısal görüntünün her sütun için mevcut satırdaki beyaz piksellerin toplamını gösteren grafik elde edilmiştir. Bu grafik hem anomali durum içeren plastik market poşeti için hem de anomali durum içermeyen düzgün plastik market poşet görüntüsü için elde edilmiştir.



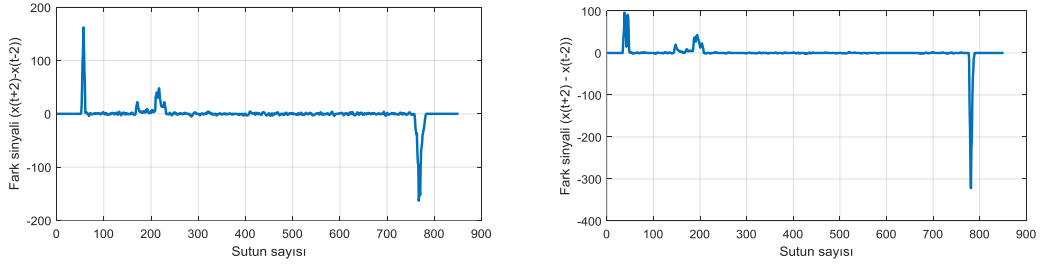
Şekil 3.7. Her sütun için mevcut satırdaki beyaz piksellerin toplamı

Anomali durum içeren poşet görüntüsüne ait her sütun için mevcut satırdaki beyaz piksellerin toplamını gösteren grafik anomali durum içermeyen poşete ait grafik ile karşılaştırıldığında anomali durum içeren poşete ait grafikte dalgalanmaların daha fazla olduğu görülmektedir. Bu dalgalanmalar anomali durum içeren poşetin kenarlarının düzgün bir şekilde kesilmediğini göstermektedir.

Her sütun için mevcut satırdaki beyaz piksellerin toplamını gösteren grafik incelendiğinde poşetin kulp kısmının başlangıç kısmına kadar beyaz piksel toplamının sıfır olduğu gözlenmektedir. Grafikte yaklaşık 200. sütunda beyaz piksel sayısının ani bir yükseliş gösterdiği kısım ise plastik market poşetinin gövde kısmının başladığını göstermektedir. Anomali durum içermeyen plastik market poşetine (3.7.b) ait grafikte gövde kısmındaki toplam beyaz piksel sayısı sabit kalırken, anomali durum içeren plastik market poşetinde (3.7.a) dalgalanmalar söz konusudur. Grafikte yaklaşık 780.

sütunda toplam beyaz piksel sayısının sıfıra düşmesi de görüntüde gövde kısmının bittiğini göstermektedir.

Mevcut satırdaki beyaz piksellerin toplamını gösteren grafikteki orijinal sinyale fark işlemi uygulayarak Şekil 3.8’de gösterilen grafik elde edilmiştir.



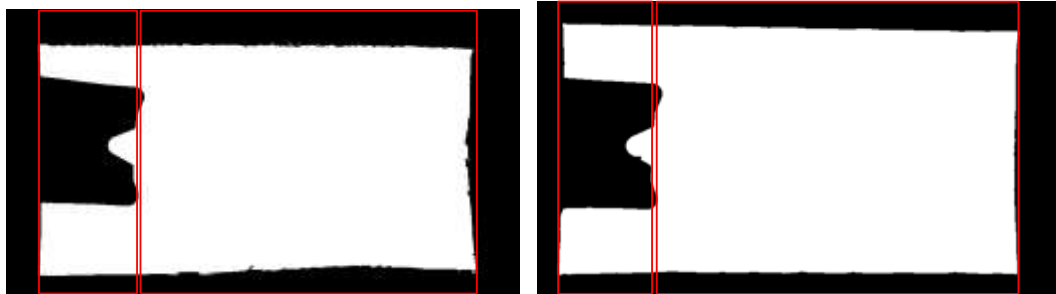
(a) Anomali durum içeren poşet

(b) Anomali durum içermeyen poşet

Şekil 3.8. Orijinal sinyale fark işleminin uygulanması

Orijinal sinyalin $t+2$ sütunundaki toplam beyaz piksel sayısı ile $t-2$ sütunundaki toplam beyaz piksel sayısı arasındaki fark alınarak toplam beyaz piksel sayısının ani sıçrama yaptığı sütun değerlerini gösteren grafik elde edilmiştir. İlk en büyük sıçramanın olduğu sütun değeri plastik market poşetinin kulp başlangıç sütun değerini gösterirken, ikinci en büyük sıçrama gövdenin başlangıç sütununu göstermektedir.

Orijinal sinyale fark işleminin uygulanması ile plastik market poşetinin kulp gövde ayrımı gerçekleştirilmiştir. Fark işlemi sonucunda ilk en büyük sıçramanın olduğu, ikinci en büyük sıçramanın olduğu ve 3. en büyük sıçramanın olduğu sütun değerlerinden yola çıkılarak Şekil 3.9’da görüldüğü üzere plastik market poşet görüntüsü üzerinden kulp gövde ayrımı yapılmıştır.



(a) Anomali durum içeren poşet

(b) Anomali durum içermeyen poşet

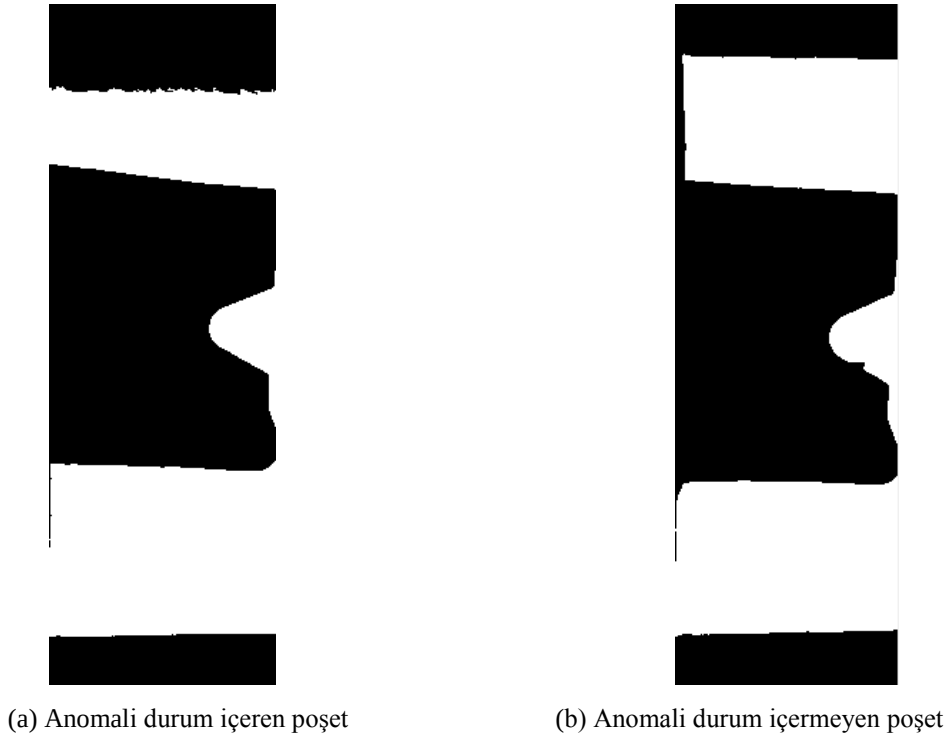
Şekil 3.9. Plastik market poşeti kulp-gövde ayrımı

Plastik market poşetinin kulp gövde ayrımı yapıldıktan sonra hatalı kulp kesimin tespiti için sadece kulp kısmına ait veriler alınmıştır ve bir sonraki adımda anomali tespiti yapmak için gerekli yöntemler uygulanmıştır.

3.1.5. Anomali Tespiti

Gelenen son aşamada poşet üreticisi görüşlerine bağlı olarak üretilen plastik market poşetlerinin müşteri memnuniyetine uygun bir şekilde üretilmesi, minimum hata değeri ile üretimin yapılması için üretilen ürünün standartlara uygun olması açısından incelenmesi önemlidir. Anomali tespiti yapmak için plastik market poşet üretim hattına yerleştirilen kamera yardımıyla banttan geçen poşet görüntüleri elde edilmiş ve bu görüntüler gerekli görüntü işleme teknikleri uygulanarak işlenebilir hale getirilmiştir.

Konveyör sistem üzerinde ilerleyen plastik market poşet görüntülerindeki kulp kesim hatalarının tespiti için poşet üreticisi tarafından kabul edilebilir bir doğru kesilmiş poşet görüntüsü alınmıştır. Bir önceki aşamalarda hem hatalı kulp kesimi olan poşet görüntüsü için hem de hatasız kesim yapılan poşet görüntüsü için özellik çıkarım algoritmaları uygulanmıştır. Özellik çıkarımı sonucunda hatalı ve hatasız plastik market poşetlerinin Şekil 3.10’da görüldüğü üzere kulp kısımları belirlenmiştir.

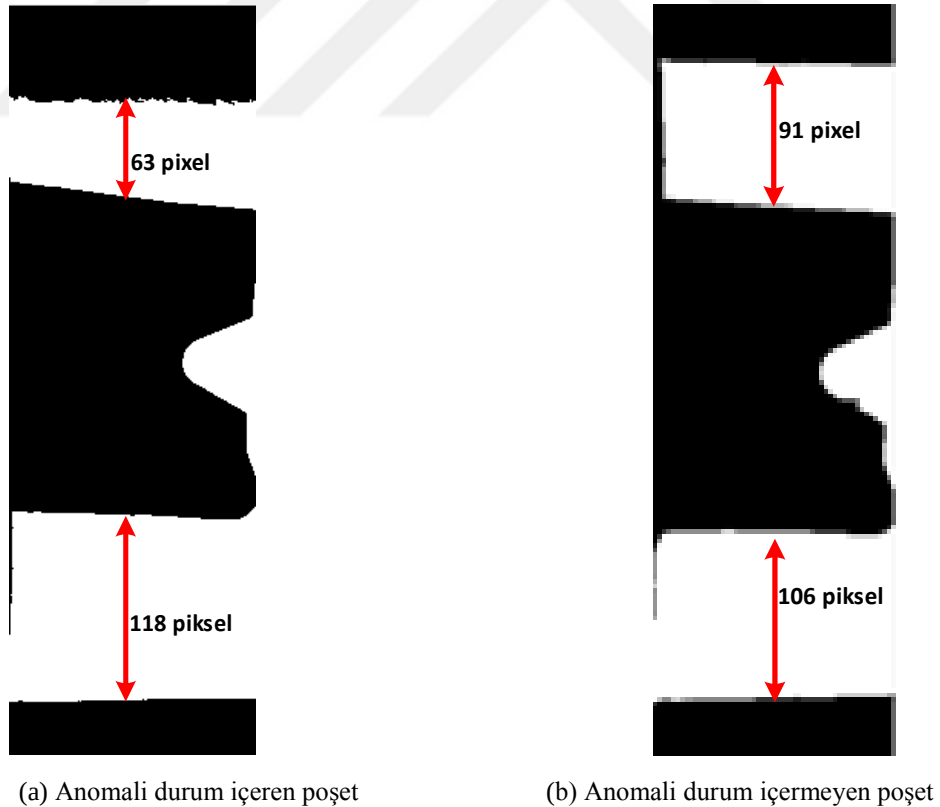


Şekil 3.10. Plastik market poşeti kulp kısmı

Anomali durum içeren ve içermeyen plastik market poşetlerinin özellik çıkarımı ile tespit edilmiş kulp kısımlarındaki anomali tespitinin gerçekleştirilmesi için geliştirdiğimiz yöntem ile poşetlerdeki her kulpun ayrı ayrı ölçme işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Özellik çıkarım aşamasında orjinal sinyale fark işlemi ile elde ettiğimiz grafik sayesinde poşet kulpunun başlangıç ve bitiş sütun değerleri tespit edilmişti. Elde edilen kulp başlangıç ve bitiş sütun değerlerinin ortalaması alınarak poşetin her iki kulpunun da orta noktasının sütun tespit edilmiştir. Bu işlem hem anomali durum içeren hem de anomali durum içermeyen poşet görüntülerindeki toplam 4 kulp için de uygulanmıştır.

Anomali durum içeren plastik market poşet görüntüsündeki birinci ve ikinci kulpun orta noktasının sütunlarında bulunan toplam beyaz piksel değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra da anomali durum içermeyen plastik market poşet görüntüsündeki birinci ve ikinci kulpun orta noktasının sütunlarında bulunan toplam beyaz piksel değerleri hesaplanmıştır. Plastik market poşetlerinin kulplarının orta noktaları için hesaplanan toplam beyaz piksel değerleri Şekil 3.11’de gösterilmiştir.



Şekil 3.11. Plastik market poşeti kulp orta kısmının piksel değerleri

Anomali durum içeren ve anomali durum içermeyen poşetlerin kulplarının orta noktalarındaki sütuna ait toplam beyaz piksel sayıları belirlendikten sonra ilk olarak anomali durum içeren poşete ait her iki kulp arasında bir karşılaştırma işlemi yapılmıştır. Karşılaştırma işlemi yapılırken her iki kulpun orta noktasındaki sütuna ait toplam beyaz piksel değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra her kulp için hesaplanan değerler arasındaki fark alınmıştır. Plastik market poşet üreticisi ile yapılan görüşmeler sonucunda sağlam plastik market poşetinin kulp ölçüm değerinin 100 piksel ve hata payının da 15 piksel olması gerektiği belirlenmiştir. Bu belirlenen referans değerlerden yola çıkılarak uygulamada anomali tespiti yapılan plastik market poşet görüntüsünde iki kulpun ölçülen piksel değerleri arasındaki fark 15’den büyük ise iki kulpun birbirinden farklı kesildiği kabul edilmiştir.

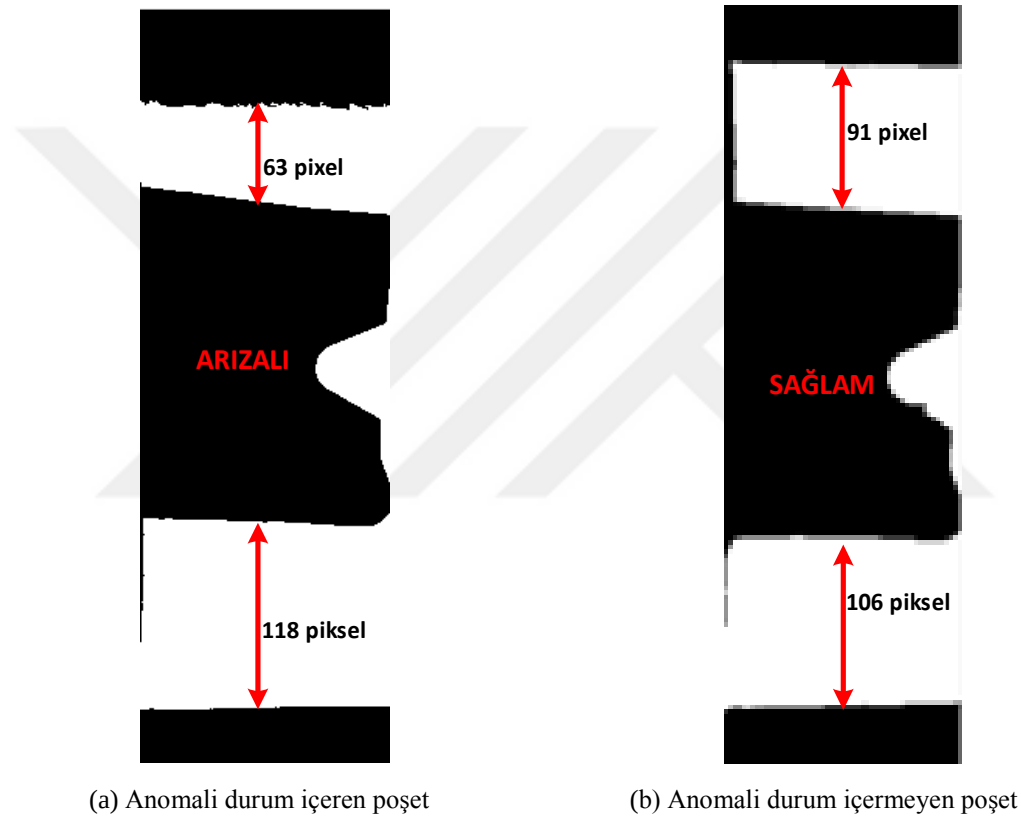
Anomali durum içeren plastik market poşetinin birinci kulpun orta noktasındaki toplam beyaz piksel değeri 118 olarak, ikinci kulpun orta noktasındaki toplam beyaz piksel değeri 63 olarak ölçülmüştür. Aradaki fark 53 olarak tespit edilmiştir ve bu tespit edilen değer kabul ettiğimiz eşik değeri olan 15’den büyük olduğu için kulpların birbirinden farklı olduğu görülmüştür.

Bir sonraki aşamada anomali durum içeren plastik market poşet kulpunun hatalı kesildiğini netleştirmek için anomali durum içermeyen plastik market poşet kulpları ile karşılaştırma işlemi yapılmıştır. Plastik market poşet üreticisi ile yapılan görüşmeler sonucunda sağlam plastik market poşetinin kulp ölçüm değerinin 100 piksel ve hata payının da 15 piksel olması gerektiği belirlenmiştir. Bu nedenle plastik market poşet görüntülerinde her bir kulpun orta noktasındaki sütuna ait toplam beyaz piksel sayısı 85 pikselden küçük ve 115 pikselden büyük bir değer ise kulplar yanlış kesilmiştir.

Anomali durum içeren poşetin birinci kulpunun orta noktasındaki sütuna ait toplam beyaz piksel sayısı 118 ve ikinci kulpunun orta noktasındaki sütuna ait toplam beyaz piksel sayısı 63 olarak hesaplanmıştır. Anomali durum içermeyen poşetin 1. kulpunun orta noktasındaki sütuna ait toplam beyaz piksel sayısı 106 olarak hesaplanmıştır ve bu değer 115’den küçük olduğu için doğru kesilmiş kulp olarak kabul edilmiştir. Aynı şekilde anomali durum içermeyen poşetin 2. kulpunun orta noktasındaki sütuna ait toplam beyaz piksel sayısı 91 olarak hesaplanmıştır ve bu değer 85’den küçük olduğu için doğru kesilmiş kulp olarak kabul edilmiştir.

Birinci kulpların orta noktasındaki sütuna ait toplam beyaz piksel değerleri arasındaki fark 12 olarak tespit edilmiştir ve bu değer kabul ettiğimiz eşik değeri olan 15’den küçük olduğu için birinci kulp doğru kesilmiştir.

İkinci kulpların orta noktasındaki sütuna ait toplam beyaz piksel değerleri arasındaki fark 43 olarak tespit edilmiştir ve bu değer eşik değerinden büyük olduğu için Şekil 3.12’de görüldüğü gibi 63 piksel değerine sahip ikinci kulp yanlış kesilmiş olarak kabul edilmiştir.

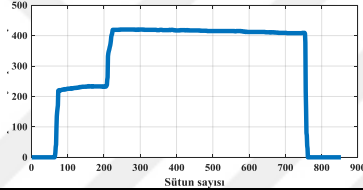
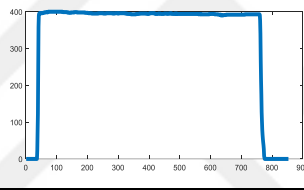
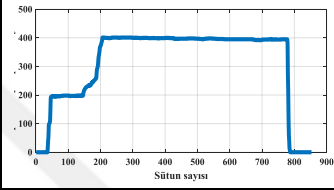
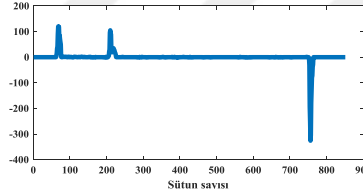
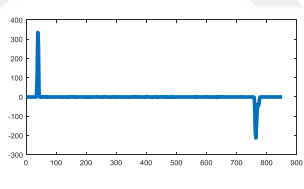
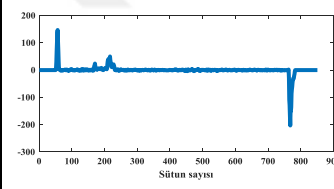
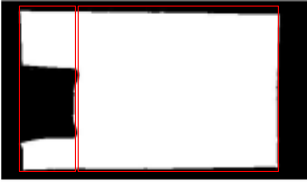
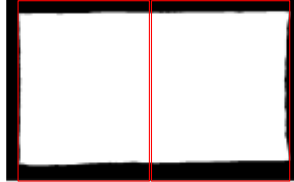
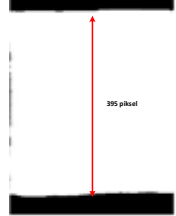


Şekil 3.12. Plastik market poşeti anomali tespit uygulama sonucu

3.1.6. Farklı Görüntüler Üzerinde Uygulamanın Çalıştırılması

Konveyör sistem üzerinde anomali tespiti için görme tabanlı tanıma yaklaşımına dayanan plastik market poşeti kesim hatalarını bulmaya yönelik olan uygulamamızı farklı poşet görüntüleri üzerinde çalıştırarak uygulamanın her bir adımına ait görüntüler ve işlem sonuçları Tablo 3.1’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Farklı plastik market poşet görüntüleri için uygulama adımları

Uygulama Adımları	1. Görüntü	2. Görüntü	3. Görüntü
Plastik market poşet görüntüsünün alınması ve okunması			
Görüntünün gri görüntüye dönüştürülmesi			
Morfolojik işlemler ile görüntünün doldurulması			
Her sütun için mevcut satırdaki beyaz piksellerin toplamının bulunması			
Orijinal sinyale fark işleminin uygulanması			
Görüntüde kulp ve gövde kısmının tespiti			
Kulp görüntüsü üzerinde anomali tespiti			
SONUÇ	1.Kulp: 83 piksel 2.Kulp:148 piksel	1.Kulp: 395 piksel 2.Kulp:0 piksel	1.Kulp: 59 piksel 2.Kulp:120 piksel
SONUÇ	Kulplar Yanlış Kesilmiştir!	Kulplar Kesilmemiştir!	Kulplar Yanlış Kesilmiştir!

Tablo 3.1’de görüldüğü üzere plastik market poşeti kesim anomali tespiti yapan uygulamamız ilk plastik market poşet görüntüsünü kullanarak poşetin kulplarından birincisini 83 piksel, ikincisini 148 piksel olarak ölçmüştür. Poşet üreticisi ile yapılan görüşmeler sonucunda sağlam plastik market poşet kulp ölçüleri 100 piksel ve hata payının da 15 piksel olarak belirlenmiştir. Bu referans değerlerinden yola çıkılarak ilk görüntüye ait 1. kulp dar, 2. kulp geniş kesilmiştir ve plastik market poşeti kesim anomali tespiti yapan uygulamamız bu hatayı tespit etmiştir.

Gerçekleştirdiğimiz uygulama ikinci plastik market poşet görüntüsünü kullanarak poşetin kulplarından birincisini 395 piksel, ikincisini 0 piksel olarak ölçmüştür. Uygulamamızda kulplardan birinin 0 olarak ölçülmesi plastik market poşetinde kulpların kesilmediğini ifade ettiği için uygulama sonucunda kulpların kesilmediği doğru bir şekilde tespit edilmiştir.

Gerçekleştirdiğimiz uygulama üçüncü plastik market poşet görüntüsünü de kullanarak kulplarından birincisini 59 piksel, ikincisini 120 piksel olarak ölçmüştür. Sağlam plastik market poşetinin kulp ölçüsü 100 piksel için ve hata payı da 15 piksel olduğu için bir kulpun doğru kesilmiş olabilmesi için poşet kulplarının ölçüsü 85 piksel ile 115 piksel arasında bir değere sahip olması gerekmektedir. Bu nedenle 3. plastik market poşetinin kulplarının kesim hatası gerçekleştirdiğimiz uygulama tarafından doğru bir şekilde tespit edilmiştir.

Konveyör sistem üzerinde taşınan plastik market poşet görüntülerinin hızlı bir şekilde görüntü kaçırmadan görüntü algılayıcıları tarafından algılanıp anomali tespitinin gerçekleştirilebilmesi için yazılımın hızlı çalışması son derece önemli bir konudur. Tablo 3.1’de görüldüğü üzere birinci plastik market poşet görüntüsünün anomali tespiti için uygulamanın çalışma süresi 0.155121 sn, ikinci plastik market poşet görüntüsü için 0.167581 sn ve üçüncü plastik market poşet görüntüsü için 0.162564 sn olarak ölçülmüştür. Bu süreler konveyör sistem üzerinde anomali tespiti için görme tabanlı tanıma yaklaşımına dayanan uygulamamız için oldukça hızlı ve uygundur.

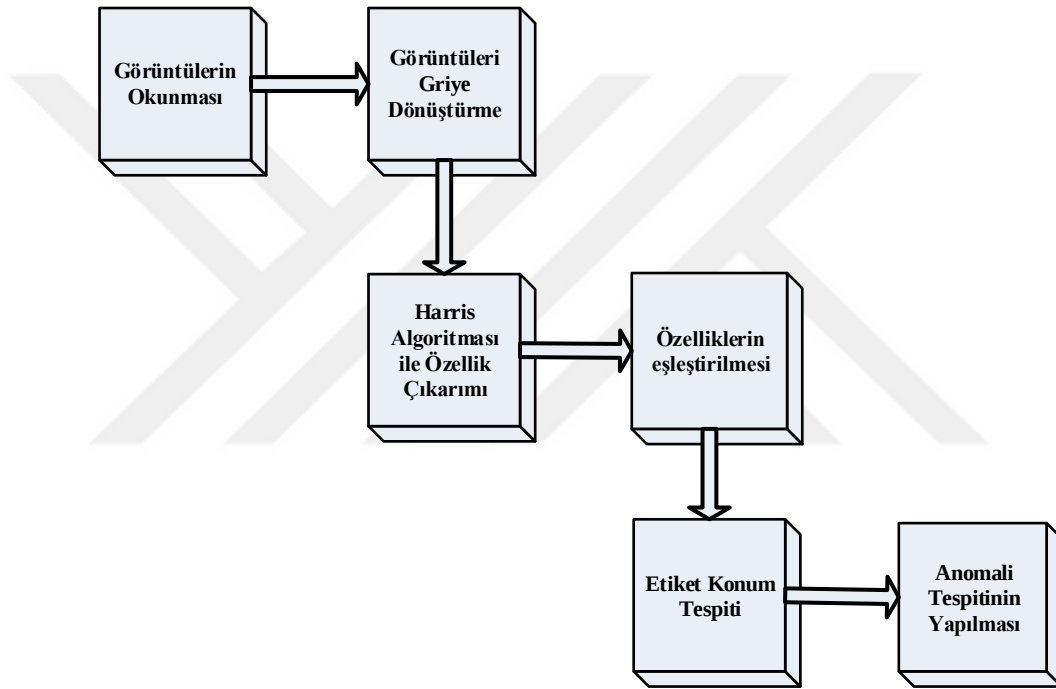
3.2. Plastik Mağaza Poşet Üretiminde Anomali Tespiti

Firmalar ürünlerini müşterilerine kendi poşetleriyle sunarken amaçlarından biride ucuz bir şekilde poşet üzerinde reklamını yapabilmektir. Bu nedenle firmalar için baskısı yapılan poşetlerinin düzgün bir şekilde ve reklam bilgilerinin eksiksiz ve doğru bir şekilde basılması oldukça önemlidir. Plastik mağaza poşet üretiminde baskı işlemi

sırasında istenmeyen durumlar oluşabilmektedir. Bu istenmeyen durumlar; poşet üzerine firmaya ait firma adı, iletişim, adres gibi bilgilerin yanlış ya da eksik basılması durumlarıdır.

Bu çalışmamızda konveyör sistem üzerinde taşınan plastik mağaza poşet üretiminde basım işlemi sırasında oluşabilecek istenmeyen durumların tespiti için görüntü işleme teknikleri kullanılarak görme tabanlı tanıma yaklaşımına dayanan bir yöntem geliştirilmiştir.

Geliştirilen kalite kontrol yönteminin akış şeması Şekil 3.13’de gösterilmiştir.



Şekil 3.13. Plastik mağaza poşet uygulaması akış şeması

Geliştirilen kalite kontrol yönteminin algoritma adımları şu şekildedir;

- Ana görüntü ve şablon görüntünün alınması ve okunması
- Ana görüntü ve şablon görüntünün gri görüntüye dönüştürülmesi
- Şablon görüntü yardımıyla Harris algoritması ile özellik çıkarımı yapılması
- Özelliklerin eşleştirilmesi ve ana görüntü üzerinde etiket şablonun yerinin tespit edilmesi
- Etiket şablon konumunun mevcut görüntüde doğru basılıp basılmadığını kontrol ederek anomali tespitinin yapılması

3.2.1. Görüntü İşlemenin Temel Aşamaları

Poşet üretim fabrikasında yürüyen bant üzerinden alınan plastik mağaza poşet görüntülerinin bilgisayarda işlenebilmesi için ana görüntü ve şablon görüntü okundu ve alınan görüntü Şekil 3.14’de görüldüğü gibi renkli sayısal görüntüye dönüştürüldü.



(a) Ana görüntü



(b) Şablon görüntü

Şekil 3.14. Ana görüntü ve şablon görüntünün okunması

Bir sonraki aşamada okunan görüntüler renkler olmadan sadece ışığın yoğunluk değerini gösteren siyah beyaz gri görüntülere dönüştürülür. Okunan görüntülerin gri görüntüye dönüştürülmüş hali Şekil 3.15’de görüldüğü gibidir.



(a) Ana görüntü



(b) Şablon görüntü

Şekil 3.15. Ana görüntü ve şablon görüntünün gri görüntüye dönüştürülmesi

Gri görüntüler işlenecek görüntüde rengin önemli olmadığı çalışmalarda kullanıma uygun görüntü türleridir [63, 64, 65]. Bu çalışmamızda plastik mağaza poşetlerinin basım hatalarından biri olan firma adının yanlış yazılması durumunu tespit edeceğimiz için gri görüntüler üzerinde çalışmalarımızı gerçekleştirdik.

3.2.2. Özellik Çıkarımı ve Eşleştirme

Gerçekleştirdiğimiz çalışmada plastik mağaza poşeti üzerindeki firma adının poşet üzerinde doğru yerde konumlanıp konumlanmadığını tespit etmek için özellik çıkarımı aşamasında köşe algılama algoritmalarından Harris köşe bulma algoritması kullanılmıştır. Harris köşe bulma algoritması ana görüntü ve şablon görüntüye ayrı ayrı uygulanmıştır ve her iki görüntüye ait köşe bilgileri tespit edilmiştir.

Harris köşe bulma algoritması görüntü üzerinde yerel bir algılama penceresi tasarlar ve bu algılama penceresini farklı bir yönde küçük bir miktar kaydırılarak o noktadaki yoğunluk değerinde bir değişiklik olup olmadığına bakılır [66, 67, 68, 69] . Algılama penceresi herhangi bir yönde kaydırıldığında bu bölge;

- Düz bölge ise hiçbir yönde yoğunluk değeri değişime uğramaz.
- Kenar bölge ise sadece kenar yönündeki yoğunluk değerinde bir değişim söz konusu olur.
- Fakat pencerenin kaydırıldığı bölge köşe noktası ise kaydırıldığında her yönde de yoğunluk değerinde önemli bir değişiklik gözlenir.

Harris köşe bulma algoritması görüntü üzerindeki bir bölgenin düz, kenar veya köşe olup olmadığını belirlemek için kullanılan matematiksel bir yaklaşımdır. Harris köşe algoritmasının matematiksel formülü aşağıda verilmiştir;

$$E(u, v) = \sum_{x,y}^{\infty} w(x, y) [I(x + u, y + v) - I(x, y)]^2 \quad (3.2)$$

Denklemden belirtilen değişkenlerin tanımı şu şekildedir;

- E: orijinal nokta ile taşınan pencere arasındaki farktır.
- u: pencerenin x yönünde yer değiştirmesidir.
- v: Pencerenin y yönünde yer değiştirmesidir.
- w(x, y): (x, y) konumundaki penceredir. İstenilen pencerenin kullanıldığından emin olmak için bir maske görevi görür.
- I: Görüntünün (x, y) konumundaki yoğunluk değeridir.
- I(x + u, y + v): Taşınan pencerenin yoğunluk değeridir.
- I(x, y): Orijinal noktanın yoğunluk değeri.

Yukarıdaki formülden yola çıkarak Harris köşe bulma algoritması ile büyük bir E değeri üreten pencere değerleri köşe noktası olarak değerlendirilir.

Harris köşe bulma algoritması rotasyon, ölçek ve aydınlatma gibi değişkenlerden bağımsız olduğu için hesaplanması basit ve oldukça hızlı bir yaklaşımdır. Bu nedenlerden dolayı gerçekleştirdiğimiz uygulamada Harris köşe bulma algoritması kullanılarak görüntülerin özellik çıkarımı yapılmıştır. Harris köşe algoritması ile köşe noktaları tespit edilen görüntüler Şekil 3.16’da gösterilmiştir.



(a) Ana görüntü



(b) Şablon görüntü

Şekil 3.16. Ana görüntü ve şablon görüntünün köşe noktalarının bulunması

Harris köşe algoritması ile ana görüntünün köşe noktaları ve firma adının bulunduğu şablon görüntünün köşe noktaları bulunduktan sonra bu köşe noktaları kullanılarak iki görüntünün bir görüntü üzerinde birleştirilme işlemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.17’de görüldüğü üzere her iki görüntü üzerindeki ortak köşe noktaları birbiriyle eşleştirilmiştir.



Şekil 3.17. Köşe noktalarının eşleştirilmesi

Şablon görüntünün ana görüntü üzerine ortak köşe noktaları yardımıyla eşleştirme işlemi tamamlandıktan sonra eşleşen noktaların ortalaması alınarak plastik mağaza poşeti üzerinde firma adının bulunduğu konum tespit edilmiştir. Köşe noktalarının orta noktası tespit edildikten sonra bu değer referans alınarak Şekil 3.18’de görüldüğü üzere firma adının bulunduğu kısım dikdörtgen çerçeve içerisine alınmıştır.



Şekil 3.18. Ana görüntüde firma adının konumu

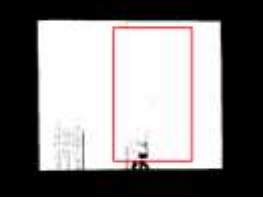
3.2.3. Anomali Tespiti

Plastik mağaza poşeti üreticisi ile yapılan görüşmeler sonucunda firma adının poşet üzerinde doğru konumunun poşetin yatay ve dikey olarak orta kısımda olması gerektiği bilgisi alınmıştır. Buradan yola çıkarak anomali tespiti olup olmadığı kontrol edilen plastik mağaza poşet görüntüsünün orta noktasını bulup etiket boyutlarına göre etiket olması gerektiği konum tespit edilmiştir. Bunun için ilk olarak bir önceki adımda işlenen gri görüntü Şekil 3.19’da görüldüğü üzere siyah beyaz formata dönüştürülmüştür ve daha sonra poşetin orta noktası hesaplanarak etiket gerçekte olması gereken konum çizdirilmiştir.



Şekil 3.19. Ana görüntüde firma adının olması gereken konumu

Tablo 3.2. Farklı plastik mağaza poşet görüntüleri için uygulama adımları

Uygulama Adımları	1. Görüntü	2. Görüntü	3. Görüntü
Plastik mağaza poşet görüntüsünün alınması ve okunması			
Plastik mağaza poşet görüntüsünün griye dönüştürülmesi			
Harris köşe bulma algoritmasıyla özellik çıkarımı ve eşleştirme yapılması			
Eşleştirme sonucundaki firma adının poşet üzerindeki konum tespiti			
Poşetin orta noktasını hesaplayarak firma adının gerçekte olması gereken konumun tespiti			
Firma adının olması gereken konum ile poşet üzerindeki konumun gösterilmesi ve karşılaştırılması			
SONUÇ	Etiketin konumu yanlışır!	Etiketin konumu yanlışır!	Etiketin konumu doğrudur!

Tablo 3.2’de görüldüğü üzere 2 tane poşet üzerinde firma adının yanlış konumlandığı ve bu anomali tespitinin program tarafından doğru bir şekilde tespit edildiği görülmektedir. Yine aynı şekilde firma adının doğru konumlandığı hatasız poşet de program tarafından doğru bir şekilde tespit edilmiştir.

Uygulamada farklı plastik mağaza poşet görüntülerinde anomali tespiti gerçekleştirilirken geçen süre göz önüne alındığında bu süreler oldukça fazladır. Anomali durum içerecek ilk iki görüntü için uygulamanın çalışma süresi 12 saniye civarında iken, anomali durum içermeyen sağlam plastik mağaza görüntüsü için bu süre 10 saniye civarındadır. Bu süreler; konveyör sistem üzerinden taşınan plastik mağaza görüntülerine ait bir videonun uygulama tarafından okunup içerisinde her bir kareye ait görüntülerin hızlı bir şekilde işlenebilmesi için oldukça çok uzun bir süredir. Bu nedenle uygulamanın çalışma süresinde bir iyileştirme yapabilmek için Tablo 3.2’de çalışılan görüntülerin boyutları değiştirilerek her bir görüntü için yeni boyutlarına göre uygulamanın plastik mağaza poşet görüntülerinde anomali durum olup olmadığını tespit etmesi için çalışma süreleri Tablo 3.3’de gösterilmiştir.

Tablo 3.3. Uygulama sürelerinin karşılaştırılması

Görüntü	Boyut	Uygulama Çalışma Süresi
1. Görüntü	1328x747 piksel	12.600653 sn
	853x480 piksel	4.433353 sn
	190x152 piksel	0.394915 sn
2. Görüntü	1328x747 piksel	12.3232 sn
	853x480 piksel	4.415532 sn
	190x134 piksel	0.342435 sn
3. Görüntü	1215x738 piksel	10.267209 sn
	737x471 piksel	3.989675 sn
	190x121 piksel	0.293925 sn

Tablo 3.3’de görüldüğü üzere gerçekleştirdiğimiz plastik mağaza poşeti anomali tespiti uygulamasının çalışma süresi; 1.görüntünün boyutu 1328x747 piksel iken 12.600653 sn, 853x480 piksel iken 4.433353 sn ve 190x152 piksel iken de 0.394915 sn olarak hesaplanmıştır.

Gerçekleştirdiğimiz plastik mağaza poşeti anomali tespiti uygulamasının çalışma süresi; 2.görüntünün boyutu 1328x747 piksel iken 12.3232 sn, 853x480 piksel iken 4.415532 sn ve 190x134 piksel iken de 0.342435 sn olarak hesaplanmıştır.

Gerçekleştirdiğimiz plastik mağaza poşeti anomali tespiti uygulamasının çalışma süresi; 2.görüntünün boyutu 1215x738 piksel iken 10.267209 sn, 737x471 piksel iken 3.989675 sn ve 190x121 piksel iken de 0.293925 sn olarak hesaplanmıştır.

Tüm bu verilerden yola çıkarak plastik mağaza poşeti anomali tespiti uygulamasında anomali tespiti yapılacak poşet görüntüsünün boyutu düştükçe uygulamanın çalışma süresinin de azaldığı tespit edilmiştir.

Konveyör sistem üzerinde taşınan plastik mağaza poşet görüntülerinin hızlı bir şekilde, görüntü kaçırmadan görüntü algılayıcıları tarafından algılanıp anomali tespitinin gerçekleştirilebilmesi için yazılımın hızlı çalışması son derece önemli bir konudur. Bu nedenle konveyör sistem üzerinde anomali tespiti için görme tabanlı tanıma yaklaşımına dayanan uygulamamız için plastik mağaza poşeti görüntü boyutları 190x134 piksel civarında olarak kullanılmaya uygun görülmüştür.

Konveyör sistem üzerinde taşınan plastik mağaza poşet görüntüleri için gerçekleştirdiğimiz yöntem ile anomali tespitleri gerçekleştirilip sonuçları Tablo 3.2 ve Tablo 3.3’de sunulmuştur.

Bir sonraki aşamada ise bir kamera aracılığıyla konveyör sistem üzerinde taşınan plastik mağaza poşet görüntüleri alınıp geliştirdiğimiz kalite kontrol uygulamasında bu görüntülerin anomali tespiti gerçekleştirilmiştir. 30 FPS kullanarak video oluşturma özelliği olan bir kamera yardımıyla elde edilen konveyör sistem üzerinde taşınan plastik mağaza poşet görüntülerinin videosu MATLAB video okuma fonksiyonları kullanılarak işlenmiştir. MATLAB video okuma fonksiyonları kullanılarak video içinden poşet görüntüleri elde edilmiştir ve bu görüntüler bir dosyaya aktarılmıştır. Daha sonra bu dosya içerisindeki tüm görüntüler okunarak her bir görüntü için gerçekleştirmiş olduğumuz kalite kontrol uygulaması çalıştırılarak anomali tespiti gerçekleştirilmiştir ve Tablo 3.4’de gösterilen sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 3.4. Önerilen yöntemin başarı oranı

Parametreler	Poşet Görüntü Sayısı	Arızalı Poşet	Sağlam Poşet
Gerçek Veriler	210	25	185
Önerilen Yöntem	180	22	158
Görüntü Yakalama Oranı	% 85.72	% 88	% 85.40

Konveyör sistem üzerinde yürüyen plastik mağaza poşet görüntüsü videosunu aldığımız kamera 30 FPS kullanarak video oluşturmaktadır. Bu nedenle bu kamera ile çekilen bir videoda 1 saniye 30 kare görüntüden oluşmaktadır. Gerçekleştirdiğimiz çalışmada 100 saniyelik bir video üzerinde uygulama gerçekleştirilmiştir. 100 saniyelik bir videoda 3000 kare görüntü bulunmaktadır.

Video içerisinde nadiren 0.4 saniyede ve 0.6 saniyede bir plastik mağaza poşet görüntülenirken çoğunlukla 0.5 saniyede bir plastik mağaza poşet görüntülenmektedir. Bu nedenle 100 saniyelik bir video da gerçekte geçen toplam poşet görüntü sayısı Tablo 3.4’de de verildiği üzere 210 tanedir. Fakat MATLAB’da videodan görüntü okuma işlemi yaparken, ortalama her 0.5 saniyede 1 tane plastik mağaza poşet görüntüsü geçtiği düşünülmüştür.

Kamera özelliklerinden yola çıkarak 1 saniyede 30 frame olduğu için ve ortalama 0.5 saniyede bir poşet görüntüsü geçtiğini bildiğimiz için MATLAB’da videodan görüntü okuma yazılımında her 15 karede bir poşet görüntüsü alınacağı düşünülerek videodan görüntü okuma işlemi gerçekleştirilmiştir ve okunan görüntüler bir dosyaya aktarılmıştır.

Videodan görüntü okuma işlem sonucunda 0.5 saniyede bir poşet görüntüsü alındığı için 100 saniyelik videodan 200 tane görüntü alınmıştır. Fakat video içerisindeki poşet görüntüsünün konveyör sistem üzerinde taşınması ve kamera önünden bazen 0.4 saniyede veya 0.6 saniyede bir geçebilmektedir. Bu nedenle Tablo 3.4’de görüldüğü üzere 0.5 saniyede bir videodan alınan toplam 210 görüntü içerisinde 180 tanesinde plastik mağaza poşet görüntüsü elde edilmiştir.

100 saniyede konveyör sistem üzerinde taşınan 210 tane plastik mağaza poşetinin 185 tanesi sağlam iken 25 tanesi anomali durum içeren poşettir. Gerçekleştirdiğimiz uygulamada 180 tane plastik mağaza poşet görüntüsü okunmuştur. Bu poşetler

içerisinden 22 tanesinde anomali durum içeren ve 158 tanesi sağlam poşet olarak tespit edilmiştir. Tüm bu işlemler için geçen uygulama süresi ise toplam 41.051639 saniye olarak ölçülmüştür. Tespit edilen poşet sayıları ile gerçekte olması gereken poşet sayıları karşılaştırıldığında Tablo 3.4’ de görüldüğü üzere ortalama %87 başarı ile konveyör sistem üzerinde taşınan plastik poşetlerin anomali tespiti gerçekleştirilmiştir.

3.3. Bölüm Değerlendirmesi

Bu bölümde konveyör sistem üzerinde taşınan plastik poşet ürünlerinin anomali tespitini gerçekleştirmek üzere MATLAB programlama dili kullanarak geliştirdiğimiz 2 farklı yöntemden bahsedilmiştir. Fabrika sorumlusu ile yapılan görüşmeler doğrultusunda plastik market poşet üretiminde kesim işlemi esnasında hatalı kesimler olduğu, plastik mağaza poşet üretiminde ise basım işlemi esnasında firma adının poşet üzerinde hatalı konumlandırıldığı bilgilere ulaşılmıştır.

Bu bölümde ilk olarak konveyör sistem üzerinde taşınan plastik market poşetlerin üretiminde kesim işlemi sırasında oluşabilecek istenmeyen durumların tespiti için görüntü işleme teknikleri kullanılarak görme tabanlı tanıma yaklaşımına dayanan bir kalite kontrol yöntemi geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen uygulamamızı farklı plastik market poşet görüntüleri üzerinde çalıştırarak uygulamanın her bir adımına ait görüntüler ve işlem sonuçları bir tablo halinde sunulmuştur. Bu sonuçlar doğrultusunda gerçekleştirilen yöntemin hızlı, doğru ve tutarlı sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Bu bölümün ikinci kısmında konveyör sistem üzerinde taşınan plastik mağaza poşet üretiminde basım işlemi sırasında oluşabilecek istenmeyen durumların tespiti için görüntü işleme teknikleri kullanılarak görme tabanlı tanıma yaklaşımına dayanan bir yöntem geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen uygulamamızı farklı plastik mağaza poşet görüntüleri üzerinde çalıştırarak uygulamanın her bir adımına ait görüntüler ve işlem sonuçları bir tablo halinde sunulmuştur. Daha sonra da görüntü boyutlarında iyileştirmeler yapılarak uygulamanın çalışma süresinde optimizasyon sağlanmıştır. Süre optimizasyonu sağlandıktan sonra bir videodan konveyör sistem üzerinde taşınan plastik mağaza poşet görüntüleri okunarak gerçekleştirdiğimiz uygulamanın doğru bir şekilde anomali durum bulma oranları ve programın çalışma süreleri tablo halinde sunulmuştur. Gerçekleştirdiğimiz uygulamayla ortalama %87 başarı ile konveyör sistem üzerinde taşınan plastik mağaza poşetlerinin anomali tespiti gerçekleştirilmiştir.

4. SONUÇLAR

Makine görmesi bir hareketi veya bir nesneyi analiz etmek için görüntü işleme tekniklerini kullanarak gerekli verileri çıkarıp otomatik bir şekilde görüntülerden veri elde etme sistemidir. Makine görme sistemlerinde öne çıkan temel unsurlardan biri; işlemleri otomatik yapması ve bu işlemleri yaparken insan gücüne ihtiyaç duymamasıdır.

Günümüzde makine görmesinin en yaygın olarak kullanıldığı alanlardan biri de kalite kontrol ve tanıma sistemleridir. Makine görmesi tabanlı kalite kontrol ve tanıma sistemleri birçok endüstriyel alanda kullanılan ve problemli ürünlerin tespit edilmesine olanak sağlayan sistemlerdir. Bu sistemler sayesinde hızlı bir şekilde ve insan müdahalesine gerek kalmadan otomatik olarak ürünler kontrol edilmekte ve son kullanıcıya ulaştırılmaktadır. Makine görmesi ile kontrol işlemi yapılırken hatalı ürünlerin otomatik olarak tespit edilip üretim dışı bırakılması sağlanarak hatalı ürünlerin müşterilere gönderilmesi engellenmiş olunur. Buna bağlı olarak firmanın müşteri kaybına uğramasının da önüne geçilmiş olunur.

Gerçekleştirilen bu yüksek lisans tez çalışmasında konveyör sistem üzerinde taşınan plastik poşet görüntüleri üzerinde üretim aşamasında oluşan anomali durum tespitini gerçekleştiren 2 farklı yöntem geliştirilmiştir.

Gerçekleştirilen görme tabanlı kalite kontrol uygulamasından birincisi; plastik market poşetlerinin kesim işlemi aşamasında kulp kesiminde oluşan anomali durumların tespitini gerçekleştirmektedir. Plastik market poşet görüntüsü üzerinde anomali tespiti gerçekleştirildikten sonra farklı plastik poşet görüntüleri üzerinde uygulama çalıştırılarak anomali tespit sonuçları ve programın çalışma süreleri bir tablo halinde sunulmuştur. Gerçekleştirilen uygulamada plastik market poşet görüntülerindeki kulp kesim anomali tespitlerinin doğru ve hızlı bir şekilde yapıldığı uygulama sonuçları ile doğrulanmıştır. Konveyör sistem üzerinde taşınan plastik market poşet görüntülerinin hızlı bir şekilde görüntü kaçırmadan görüntü algılayıcıları tarafından algılanıp anomali tespitinin gerçekleştirilebilmesi için yazılımın hızlı çalışması son derece önemli bir konudur. MATLAB programı kullanarak gerçekleştirdiğimiz görme tabanlı kalite kontrol yazılımı plastik market poşetlerindeki kulp kesim hatalarını tespit etme süresi ortalama olarak 0.16 saniye civarındadır. Bu süreler konveyör sistem üzerinde anomali

tespiti için görme tabanlı tanıma yaklaşımına dayanan uygulamamız için oldukça hızlı ve uygundur.

Gerçekleştirilen görme tabanlı kalite kontrol uygulamasından ikincisi; plastik mağaza poşetlerinin basım işlemi aşamasında oluşan anomali tespiti gerçekleştirilmek üzere firma adının poşet üzerinde doğru konumlanıp konumlanmadığını tespit etmektedir. Plastik mağaza poşet üzerinde anomali tespiti gerçekleştirdikten sonra farklı plastik poşet görüntüleri üzerinde uygulama çalıştırılarak anomali tespit sonuçları ve programın çalışma süreleri bir tablo halinde sunulmuştur.

MATLAB programı kullanarak gerçekleştirdiğimiz görme tabanlı kalite kontrol yazılımının plastik mağaza poşetlerindeki basım işlemi aşamasında oluşan hataları tespit etme süresi ortalama olarak 11 saniye civarındadır. Bu süre konveyör sistem üzerinde anomali tespiti için görme tabanlı tanıma yaklaşımına dayanan uygulamamız için oldukça yavaştır. Bu nedenle süre iyileştirmesi yapabilmek için çalıştığımız plastik mağaza poşet görüntülerinin boyutları küçültülerek uygulamanın farklı boyuttaki görüntüler için çalışma süreleri tablo halinde sunulmuştur. Konveyör sistem üzerinde taşınan plastik mağaza poşet görüntülerinin hızlı bir şekilde anomali tespitinin gerçekleştirilmesi için plastik mağaza poşet görüntüsünün boyutu 190x152 piksel civarında belirlenmiştir. MATLAB programının görüntü boyutunu küçültme fonksiyonu kullanılarak gerçekleştirdiğimiz görme tabanlı kalite kontrol tabanlı uygulamamızda okunan görüntülerin boyutu 190x152 piksel civarında küçültülmüştür ve daha sonra uygulamanın diğer adımları gerçekleştirilmiştir. Böylece plastik mağaza poşeti basım işlemindeki anomali tespiti için gerçekleştirdiğimiz görme tabanlı kalite kontrol uygulamasında görüntü boyutu problemi çözülerek uygulamanın çalışma süresi 11 saniye civarından 0.35 saniye civarına kadar düşürülmüştür. Bu süre konveyör sistem üzerinde anomali tespiti için görme tabanlı tanıma yaklaşımına dayanan uygulamamız için oldukça hızlı ve uygundur.

Son aşamada ise bir kamera aracılığıyla plastik poşet fabrikasında konveyör sistem üzerinde taşınan plastik mağaza poşet görüntüleri alınıp geliştirdiğimiz kalite kontrol uygulamasında bu görüntülerin anomali tespiti gerçekleştirilmiştir. 30 fps kullanarak video oluşturma özelliği olan bir kamerayla elde edilen konveyör sistem üzerinde taşınan plastik mağaza poşet görüntülerinden oluşan video MATLAB'da video okuma fonksiyonları kullanılarak işlenmiştir. MATLAB'da video okuma fonksiyonları kullanılarak video içinden poşet görüntüleri elde edilmiştir ve bu görüntüler bir dosyaya

aktarılmıştır. Daha sonra bu dosya içerisindeki tüm görüntüler okunarak her bir görüntü için gerçekleştirmiş olduğumuz kalite kontrol uygulaması çalıştırılarak anomali tespiti gerçekleştirilmiştir ve sonuçlar tablo halinde sunulmuştur.

Sonuç olarak bu tez çalışmasında geliştirilen yöntemler çeşitli senaryolar için test edilerek doğruluğu ve kullanılabilirliği kanıtlanmıştır. Gerçekleştirilen görme tabanlı tanıma yaklaşımına dayanan anomali tespit uygulamasıyla %87 başarı ile konveyör sistem üzerinde taşınan plastik mağaza poşetlerinin anomali tespiti gerçekleştirilmiştir.

Gelecek çalışmalarda geliştirilen özgün algoritmaların Frame Grabber kartı üzerinde gerçekleştirilmesi, çoklu kamera ile geliştirilen algoritmaların test edilmesi ve gerçekleştirilen sistemin hedeflenen sektör alanında gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmesi ve deneysel sonuçların analiz edilmesi sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **Liu Y., and Yu F.**, 2014, “Automatic inspection system of surface defects on optical IR-CUT filter based on machine vision”, *Optics and Lasers in Engineering*, vol. 55, pp. 243-257, 2014.
- [2] **Weyrich M., Wang Y., Winkel J., and Laurowski M.**, 2012, “High Speed Vision Based Automatic Inspection and Path Planning for Processing Conveyed Objects”, *45th CIRP Conference on Manufacturing Systems 2012*, pp. 442-447.
- [3] **Lee J. H., Mean B. J., Kim T. J., Kim Y. S., Cheon K., Kim T., Park D. G., Song D. W., Kim H. K., Chung W., Lee H., and Moon S. H.**, 2014, “Vision Inspection Methods for Uniformity Enhancement in Long-Length 2G HTS Wire Production”, *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, vol. 24, no. 5, pp. 1-5.
- [4] **Li B., Yang J., Yang Y., and Wu N.**, 2014, “A High Speed Vision Processor for Chip Package Visual Inspection”, *12th IEEE International Conference on Solid-State and Integrated Circuit Technology (ICSICT)*, pp. 1-3, Oct. 2014.
- [5] **Zhang H., and Li D.**, 2014, “Applications of computer vision techniques to cotton foreign matter inspection: A review”, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 109 pp. 59-70.
- [6] **Nashat S., Abdullah A., Abdullah M. Z.**, 2014, “Machine vision for crack inspection of biscuits featuring pyramid detection scheme”, *Journal of Food Engineering*, vol. 120, pp. 233-247.
- [7] **Yang, Y., Miao, C., Li, X., & Mei, X.**, 2014, “On-line conveyor belts inspection based on machine vision”, *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*, 125(19), 5803-5807.
- [8] **Lin K. L., and Fang J. L.**, 2013, “Applications of computer vision on tile alignment inspection”, *Automation in Construction*, vol. 35, pp. 562-567.
- [9] **Duong N. M., Chew M. T., Demidenko S., Pham Q. H., and Pham D. K.**, 2014, “Vision Inspection System for Pharmaceuticals”, *Sensor application symposium (SAS)*, pp. 201-206, Feb. 2014.

- [10] **Seo K. H., Park Y., Yun S., Park S., and Park J. W.**, 2014, "Vibration Adaptive Vision Inspection System", *14th International Conference on Control Automation and Systems (ICCAS 2014)*, pp. 1581-1586, Oct..
- [11] **Sun T., Tseng C., Chen M.**,2010,Electric contacts inspection using machine vision, "*Image and Vision Computing 28*", Volume 28, Issue 6, June 2010, Pages 890-901.
- [12] **Chen S., Ma Y., Shi1 H.**,2010, Sausage Appearance Defect Inspection system based on Machine Vision, "*Chinese Control and Decision Conference*", 01 July 2010, Pages 2485-2489.
- [13] **Abrial P., Meneses Y. L., Bhatia P.**,2010, Color detection for vision machine defect inspection on electronic devices, "*34th International Electronic Manufacturing Technology Conference*", , 11 April 2011.
- [14] **Li Y., Li Y.F., Wang Q.L., Xu D., Tan M.**,2010, Measurement and Defect Detection of the Weld Bead Based on Online Vision Inspection, "*Ieee Transactions On Instrumentation And Measurement*", , Vol. 59, No. 7, July 2010.
- [15] **Razmjoooya N., Mousavib B., Soleymani F.**,2012, A real-time mathematical computer method for potato inspection using machine vision, "*Computers and Mathematics with Applications 63*", Volume 63, Issue 1, January 2012, Pages 268-279.
- [16] **Zhengtao Z., Liuqian H., Xiongyi Y.**, 2011, Pre-processing Techniques for On-Line Capsule Inspection Based on Machine Vision, "*Fourth International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*", 653-656,15 April 2011.
- [17] **Nandi C. S., Tudu B., Koley C.**, 2016, A machine vision technique for grading of harvested mangoes based on maturity and quality. "*IEEE sensors Journal*", 16(16), 6387-6396.
- [18] **Bakker H. H., Flemmer R. C., Flemmer C. L.**, 2017, Coverage of apple surface for adequate machine vision inspection, "*24th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP)*" (pp. 1-5). IEEE.
- [19] **Xie H., Lu F., Ouyang G., Shang X., Zhao Z.**, 2017,A rapid inspection method for encapsulating quality of PET bottles based on machine vision. "In 2017 3rd

IEEE International Conference on Computer and Communications (ICCC)” (pp. 2025-2028). IEEE.

- [20] **Huynh, P., Ross R., Martchenko A., Devlin J.** 2016, 3D anomaly inspection system for sewer pipes using stereo vision and novel image processing. “*IEEE 11th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*”(pp. 988-993). IEEE.
- [21] **Ma J.**, 2017, Defect detection and recognition of bare PCB based on computer vision. “In *2017 36th Chinese Control Conference (CCC)*” (pp. 11023-11028). IEEE.
- [22] **Wang W. C., Chen S. L., Chen L. B., Chang W. J.**, 2016, A machine vision based automatic optical inspection system for measuring drilling quality of printed circuit boards. “*IEEE Access*”, 5, 10817-10833.
- [23] **Piciarelli C., Avola D., Pannone D., Foresti G. L.**, 2018, A vision-based system for internal pipeline inspection. “*IEEE Transactions on Industrial Informatics*”, 1551-3203.
- [24] **Tsai D. M., Hsieh Y. C.**, 2017, Machine vision-based positioning and inspection using expectation–maximization technique “*IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*”, 66(11), 2858-2868.
- [25] **Liang X., Dong L., Wu Y.**, 2017, Research on Surface Defect Detection Algorithm of Tube-Type Bottle Based on Machine Vision. “*10th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA)*”, 114-117.
- [26] **Sablatnig R.**, 1997, A highly adaptable concept for visual inspection, *Phd thesis, Vienna University of Technology, Austria*.
- [27] **Lee K. H. and Park T. H.**, 2010, “Image segmentation of UV pattern for automatic paper-money inspection”, *11th International Conference on Control Automation Robotics and Vision (ICARCV)*, pp. 1175-1180.
- [28] **Lee J. H., Lee J. M., Kim H. J. and Moon Y. S.**, 2008, “Machine vision system for automatic inspection of bridges”, *Congress on Image and Signal Processing (CISP)*, vol. 3, pp. 363-366.
- [29] **Chen Y. R., Chao K. and Kim M. S.**, 2002, “Machine vision technology for agricultural applications”, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 36, pp. 173-191.

- [30] **Brosnan T. and Sun D. W.**, “Inspection and grading of agricultural and food products by computer vision systems-a review”, *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 36, pp. 193-213.
- [31] **Torregrosa A., Albert F., Aleixos N., Ortiz C. and Blasco J.**, 2014, “Analysis of the detachment of citrus fruits by vibration using artificial vision”, *Biosystems Engineering*, vol. 119, pp. 1-12.
- [32] **Zhou W., Fei M., Zhou H. and Li K.**, 2014, “A sparse representation based fast detection method for surface defect detection of bottle caps”, *Neurocomputing*, vol. 123, pp. 406-414.
- [33] **Halfawy R. and Hengmeechai J.**, 2014, “Optical flow techniques for estimation of camera motion parameters in sewer closed circuit television inspection videos”, *Automation in Construction*, vol. 38, pp. 39-45.
- [34] **Stojanovic R., Mitropulos P., Koulamas C., Karayiannis Y., Koubias S. and Papadopoulos G.**, 2001, “Real-time vision based system for textile fabric inspection”, *Real-Time Imaging*, vol. 7, pp. 507-518.
- [35] **Cho C. S., Chung B. M. and Park M. J.**, 2005, “Development of real-time vision-based fabric inspection system”, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol.52, pp. 1073-1079.
- [36] **Kumar A.**, 2008, “Computer vision based fabric defect detection: a survey”, *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 55, pp. 348-363.
- [37] **Jia H., Murphey Y. L., Shi J. and Chang T. S.**, 2004, “An intelligent real-time vision system for surface defect detection”, *Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, vol. 3, pp. 239-242.
- [38] **Yang S. W., Lin C. S., Lin S. K. and Tseng Y. C.**, 2013, “Automatic inspection system for defects of printed art tile based on texture feature analysis”, *Instrumentation Science and Technology*, vol. 42, pp. 59-71.
- [39] **Cubero S., Aleixos N., Albert F., Torregrosa A., Ortiz C., Navarrete O. G. and Blasco J.**, 2014, “Optimised computer vision system for automatic pre-grading of citrus fruit in the field using a mobile platform”, *Precision Agriculture*, vol. 15, pp. 80-94.
- [40] **Cubero S., Aleixos N., Molto E., Sanchiz J. G. and Blasco J.**, 2011, “Advances in machine vision applications for automatic inspection and quality

- evaluation of fruits and vegetables”, *Food and Bioprocess Technology*, vol. 4, pp. 487-504.
- [41] **Yazdi, A. S. Prabuwno and E. Golkar**, 2011, “Feature extraction algorithm for fill level and cap inspection in bottling machine”, *International Conference on Pattern Analysis and Intelligent Robotics (ICPAIR)*, vol. 1, pp. 47-52.
- [42] **Duan G., Chen Y. W. and Sakekawa T.**, 2008, “Automatic optical inspection of micro drill bit in printed circuit board manufacturing based on pattern classification”, *Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings (IMTC)*, pp. 279-283.
- [43] **Khan U. S., Iqbal J. and Khan M. A.**, 2005, “Automatic inspection system using machine vision”, *34th Applied Imagery and Pattern Recognition Workshop (AIPR)*, pp. 212-217.
- [44] **Senthilkumaran N. and Vaithegi S.**, 2016, “Image Segmentation By Using Thresholding Techniques For Medical Images”, *An International Journal (CSEIJ)*, Vol.6, No.1.
- [45] **Gupta S., Mazumdar S. G.**, 2013, “Sobel edge detection algorithm”, *International journal of computer science and management Research*, 2(2), 1578-1583.
- [46] **Senthilkumaran N., & Rajesh R.**, 2009, Edge detection techniques for image segmentation-a survey of soft computing approaches. *International journal of recent trends in engineering*, 1(2), 250.
- [47] **Shrivakshan G. T., Chandrasekar C.**, 2012. A comparison of various edge detection techniques used in image processing. *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, 9(5), 269.
- [48] **Kong H., Akakin H. C., & Sarma, S. E.**, 2013, A generalized Laplacian of Gaussian filter for blob detection and its applications. *IEEE transactions on cybernetics*, 43(6), 1719-1733.
- [49] **Canny J.**, 1987. A computational approach to edge detection. In *Readings in computer vision* (pp. 184-203). Morgan Kaufmann.
- [50] **Wang, L., Horn, B. K.**, 2018, “Machine Vision to Alert Roadside Personnel of Night Traffic Threats.” *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 19(10), 3245-3254.

- [51] **Chaudhury, A., Barron, J. L.** 2018, “Machine vision system for 3d plant phenotyping.” *IEEE/ACM transactions on computational biology and bioinformatics*.
- [52] **Liang, S., Jianchun, X., Xun, Z.** 2018, “An Extraction and Classification Algorithm for Concrete Cracks Based on Machine Vision.” *IEEE Access*, 6, 45051-45061.
- [53] **Chen, M., Jiang, M., Liu, X., Wu, B.**, 2018, “Intelligent Inspection System Based on Infrared Vision for Automated Fiber Placement.” In *2018 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation (ICMA)* (pp. 918-923). IEEE.
- [54] **Vimal Singh Bind**, 2013. Robust Techniques for Feature-based Image Mosaicing, *Thesis of the requirements for the degree of Master*
- [55] **David G. Lowe**, 2004. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints, *International Journal of Computer Vision*.
- [56] **Rosten E. and Drummond T.**, 2006, “Machine learning for high speed corner detection” in *9th European Conference on Computer Vision*, vol. 1, pp. 430–443.
- [57] **Bay, H., Tuytelaars, T., Van Gool, L.**, 2006, Surf: Speeded up robust features. In *European conference on computer vision* (pp. 404-417). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [58] **Koodtalang, W., Sangsuwan, T., Noppakaow, B.**, 2018, “A Design of Automated Inspections of Both Shape and Height Simultaneously Based on Stereo Vision and PLC.” In *2018 18th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS)* (pp. 1290-1294). IEEE.
- [59] **Bong, H. Q., Truong, Q. B., Nguyen, H. C., Nguyen, M. T.**, 2018, “Vision-based inspection system for leather surface defect detection and classification.” In *2018 5th NAFOSTED Conference on Information and Computer Science (NICS)* (pp. 300-304). IEEE.
- [60] **Baykal, I. C.**, 2018, “Inspection of Screw Holes on Machine Parts Using Robot Vision.” In *2018 International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing (IDAP)* (pp. 1-5). IEEE.
- [61] **Andrade, M. F., Cordeiro, F. R., Macário, V., Lima, F. F., Hwang, S. F., Mendonça, J. C.** 2018, “A Fuzzy-Adaptive Approach to Segment Metaphase

- Chromosome Images.” In *2018 7th Brazilian Conference on Intelligent Systems (BRACIS)* (pp. 290-295). IEEE.
- [62] **Han, G., Liu, X., Zhang, H., Zheng, G., Soomro, N. Q., Wang, M., Liu, W.** 2019, “Hybrid resampling and multi-feature fusion for automatic recognition of cavity imaging sign in lung CT.” *Future Generation Computer Systems*, 99, 558-570.
 - [63] **Bahaghighat M., Mirfattahi M., Akbari L., Babaie M.,** 2018, “Designing quality control system based on vision inspection in pharmaceutical product lines.” In *2018 International Conference on Computing, Mathematics and Engineering Technologies (iCoMET)* (pp. 1-4). IEEE.
 - [64] **Zhang, F., Li, W., Zhang, Y., Feng, Z.,** 2018, “Data Driven Feature Selection for Machine Learning Algorithms in Computer Vision.” *IEEE Internet of Things Journal*, 5(6), 4262-4272.
 - [65] **Sun, J., Li, C., Wu, X., Palade, V., Fang, W.,** 2019, “An Effective Method of Weld Defect Detection and Classification Based on Machine Vision.” *IEEE Transactions on Industrial Informatics*.
 - [66] **Al-Rawabdeh, A., Almagbile, A., Aldayafleh, O., Zeitoun, M., Hazaymeh, K.** 2019, “Evaluating the Performance of Corner Detection Approaches for Features Extraction from UAV Images.”
 - [67] **Yang, Q.,** 2019, “Barcode Detection and Decoding in On-line Fashion Images” (*Doctoral dissertation, figshare*).
 - [68] **Zuehlke, D., Prabhakar, N., Clark, M., Henderson, T., Prazenica, R. J.,** 2019, “Vision-Based Object Detection and Proportional Navigation for UAS Collision Avoidance.” In *AIAA Scitech 2019 Forum* (p. 0960).
 - [69] **Liang, S., Jianchun, X.,Xun, Z.** 2018, “An Algorithm for Concrete Crack Extraction and Identification Based on Machine Vision.” *IEEE Access*, 6, 28993-29002.

ÖZGEÇMİŞ

Tuba MÜEZZİNOĞLU

KİŞİSEL BİLGİLER

ADRES :	<i>Çaydaçıra mah. Gökoğuzlar sok. Seyran Sitesi A blok no:12 ELAZIĞ 23100 – Elazığ</i>
TELEFON :	<i>+90 (5302848360)</i>
EPOSTA :	<i>tuba_urhan@hotmail.com</i>
DOĞUM YERİ/TARİHİ:	<i>ELAZIĞ / 26 06 1988</i>
MEDENİ HALİ:	<i>EVLİ</i>

EĞİTİM BİLGİLERİ

LİSANSÜSTÜ	
LİSANS :	<i>2010, Fırat Üniversitesi , Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, ELAZIĞ</i>
LİSE :	<i>2006, Harput Koleji, ELAZIĞ</i>

İŞ DENEYİMİ

2010 – 2011	<i>Arpod Bilişim Hizmetleri Yazılım Sistemler Ar-Ge Danışmanlık San. Ve Tic. Ltd. Şti., ELAZIĞ,ERP uzmanı</i>
2013 –2015	<i>Meteoroloji Genel Müdürlüğü Verişlem Daire Başkanlığı, Ankara, Bilgisayar Mühendisi</i>
2015-	<i>Elazığ Meteoroloji 13.Bölge Müdürlüğü, ELAZIĞ, Bilgisayar Mühendisi</i>

BİLDİĞİ YABANCI DİLLER

	<i>İngilizce (C2)</i>
--	-----------------------

ARAŞTIRMA DENEYİMİ

<i>✓ ELAZIĞ OSB Anomali tespiti konveyör Sistem incelemesi</i>
<i>✓ Bilgisayar Programlama dilleri C-C++, MATLAB, Java, ASP.NET.</i>

İLGİLENDİĞİ DİĞER BİLİMLER

<i>✓ İslami Bilimler, Gıda.</i>
