DÖKÜM SEKTÖRÜNDE GÖRÜNTÜ İŞLEME TENKİKLERİ KULLANILARAK PARÇA KONTROLÜ

Yavuz Köse
161405204

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Zehra Çekmen

İstanbul
T.C. Maltepe Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Eylül, 2019

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

YAVUZ KÖSE'ın "Döküm Sektöründe Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Parça Kontrolü" başlıklı tezi 07.10.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Maltepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği" nin ilgili maddeleri uyarınca Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans/Doktora tezi oy birliğiyle/oy çokluğuyla, başarılı/başarısız olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı. Adı ve Soyadı	İmza
Üye (Tez Danışmanı)	Dr. Öğr. Üyesi Zehra ÇEKMEN	.....
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Fatma SARICA	.....
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Erdoğan AYDIN	.....

Prof. Dr. İlter BÜYÜKDIĞAN
Enstitü Müdürü

	ŞEKİL ONAY SAYFASI	Doküman No	FR-105
		İlk Yayın Tarihi	20.12.2017
		Revizyon Tarihi	10.12.2018
		Revizyon No	01
		Sayfa	1/2

ŞEKİL ONAY SAYFASI

25/10/2019

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,

Aşağıda bilgileri bulunan lisansüstü öğrencinin tezi şekil yönünden tarafımca incelenmiş ve Enstitüye teslim edilmesi uygun bulunmuştur.

Dr. Öğr. Üyesi Burhan Demir ÖNER

Dr. Öğr. Üyesi Fatma SARICA

ÖĞRENCİ BİLGİLERİ	
ADI SOYADI	YAVUZ KÖSE
ÖĞRENCİ NUMARASI	161405204
ANABİLİM DALI	ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ
PROGRAMI	(X) YÜKSEK LİSANS ( ) DOKTORA ( ) SANATTA YETERLİK
DANIŞMANI	Dr. Öğr. Üyesi Zehra ÇEKMEN
TEZ BAŞLIĞI	DÖKÜM SEKTÖRÜNDE GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ KULLANILARAK PARÇA KONTROLÜ
SAVUNMA TARİHİ	07/10/2019
e-posta	yavuzkose16@st.maltepe.edu.tr

İç Kapak	☑ Var ☐ Yok
Jüri Onay Sayfası	☑ Var ☐ Yok
Etik İlke ve Kurallara Uyum Beyanı	☑ Var ☐ Yok
İntihal Raporu	☑ Var ☐ Yok
Teşekkür Sayfası	☑ Var ☐ Yok
Öz (Başlık-Öz-Anahtar Sözcükler)	☑ Var ☐ Yok
Abstract (Title-Abstract-Key Words)	☑ Var ☐ Yok
İçindekiler	☑ Var ☐ Yok
Çizelgeler Listesi	☐ Var ☑ Yok
Şekiller Listesi (varsa)	☐ Şekil yok ☑ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Kısaltmalar Listesi	☑ Var ☐ Yok
Tablolar Listesi (varsa)	☑ Tablo yok ☐ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Ekler Listesi (varsa)	☑ Ek yok ☐ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Özgeçmiş	☑ Var ☐ Yok
Sayfa Genişliği	☑ Uygundur ☐ Uygun Değildir

Hazırlayan İlgili Birim	Kalite Koordinatörü Dr. Öğr. Üyesi Şafak GÜNDÜZ	Kurumsal Yetkili Prof. Dr. Belma AKŞİT

	ŞEKİL ONAY SAYFASI	Doküman No	FR-105
		İlk Yayın Tarihi	20.12.2017
		Revizyon Tarihi	10.12.2018
		Revizyon No	01
		Sayfa	2/2

Yazı Tipi	☑ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Referans Kullanımı	☑ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Kaynakça Yazımı	☑ Uygundur ☐ Uygun Değildir
Ekler (varsa)	☐ Ek yok ☑ Uygundur ☐ Uygun Değildir

Hazar Akgül

Hazırlayan	Kalite Koordinatörü	Kurumsal Yetkili
İlgili Birim	Dr. Öğr. Üyesi Şafak GÜNDÜZ	Prof. Dr. Belma AKŞİT

(Doküman No: FR-105; Yayın Tarihi 20.12.2017; Revizyon Tarihi: ; Revizyon No:00)

maltepe üniversitesi	ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI	Doküman No	FR-178
		İlk Yayın Tarihi	01.03.2018
		Revizyon Tarihi	
		Revizyon No	00
		Sayfa	1/1

Revizyon Takip Tablosu

REVİZYON NO	TARİH	AÇIKLAMA
00	01.03.2018	İlk yayın.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYUM BEYANI

07/10/2019

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarından bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilmeyen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; çalışmanın Maltepe Üniversitesinde kullanılan "bilimsel intihal tespit programı" ile tarandığını ve öngörülen standartları karşıladığını beyan ederim.

Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm.

Yavuz KÖSE

(Dokuman No: FR-178; Yayın Tarihi: 01.03.2018; Revizyon Tarihi: ; Revizyon No:00)

Hazırlayan	Kalite Koordinatörü	Kurumsal Yetkili
İlgili Birim	Dr. Öğr. Üyesi Şafak GÜNDÜZ	Prof. Dr. Belma AKŞİT

Tez

ORIJINALLIK RAPORU

%13	%10	%3	%9
BENZERLIK ENDEKSI	İNTERNET KAYNAKLARI	YAYINLAR	ÖĞRENCI ÖDEVLERI

BIRINCIL KAYNAKLAR

1	Submitted to The Scientific & Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) Öğrenci Ödevi	%3
2	cms.inonu.edu.tr İnternet Kaynağı	%2
3	polen.itu.edu.tr İnternet Kaynağı	%1
4	sbe.maltepe.edu.tr İnternet Kaynağı	%1
5	dspace.baskent.edu.tr İnternet Kaynağı	%1
6	Submitted to Anadolu University Öğrenci Ödevi	<%1
7	ecjse.com İnternet Kaynağı	<%1
8	Submitted to University of Northumbria at Newcastle Öğrenci Ödevi	<%1

Dr. Öğr. Üyesi Zehra Çekmen

TEŞEKKÜR

Çalışmanın gerçekleştirilmesinde, değerli bilgilerini bizlerle paylaşmış, çalışmamın her adımında verdikleri fikirler ile beni doğru yönlendiren, çok yoğun olmalarına rağmen bana yeterli vakit ayıran, deneyimini ve desteğini benden esirgemeyen değerli hocalarım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Zehra Çekmen ve Dr. Öğr. Üyesi Erdal Güvenoğlu'na teşekkürü bir borç bilirim.

Yavuz Köse

Eylül,2019

ÖZ

DÖKÜM SEKTÖRÜNDE GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ KULLANILARAK PARÇA KONTROLÜ

Yavuz Köse
Yüksek Lisans Tezi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Yüksek Lisans Programı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Zehra Çekmen
Maltepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019

Görüntü işleme teknikleri üzerinde SURF algoritmasının kullanılması farklı sektörlerde, gelecekte ihtiyaç duyulabilecek veya temel olarak kullanılmaya başlanabilecek olan bir uygulamadır. Bu uygulama ile hedeflenen; birçok sensörün yaptığı işlemi tek bir kamera ile yapabilmek, hedefin yerini doğru bir şekilde tespit edebilmek ve bir veya birden fazla hedef görüntünün kaynak görüntüde doğru bir şekilde eşleştirebilmektir. Surf algoritmasının integral görüntü kullanarak eşleştirme yapabilmesinden dolayı, hedef görüntüyü daha hızlı yakalayabilmesi ayrıca zaman tasarrufu da sağlamaktadır. Uygulamanın en önemli özelliği görüntünün boyut, renk ve kontrast gibi değişkenlerin değişimlerinden etkilenmemesi ve yüksek performans ile doğru sonucu vermesidir. Sensörlerin yaygın kullanımı hem maliyet hem de insan gücü kullanımı açısından yüksek maliyet sarfiyatına sebep olmaktadır. Bu tezle birlikte birçok sensörün yapacağı işi tek bir kameraya indirgeyip yüksek performans minimum maliyet sarfiyatı öngörülmüştür.

Anahtar Sözcükler: 1. SURF Algoritması; 2. Döküm Sektörü; 3. Var/Yok Sensör; 4. Görüntü İşleme Tekniği; 5. Robotik Uygulamalar.

ABSTRACT

THE PART CONTROL USING IMAGE PROCESSING TECHNIQUES IN DIECAST SECTOR

Yavuz Köse
Master Thesis
Department of Electrical-Electronics Engineer
Electrical-Electronis Engineer Programme
Advisor: Asst. Prof. Zehra Çekmen
Maltepe University Science and Engineering Graduate School, 2019

The use of SURF algorithm on image processing techniques is an application that can be used in different sectors in the future or may be used as a basis. The aim of this application is that many sensors can do the operations with a single camera and accurately determine the location of the target. With this application, one or more target images can be matched correctly in the source image. Due to the fact that the Surf algorithm can match using an integral image, the ability to capture the target image faster also saves time. The most important feature of the application is that the image is not affected by changes in size, color and contrast, and it gives the right result with high performance. The widespread use of sensors causes high costs in terms of both cost and manpower utilization. With this Project, the many sensors instead only a single camera used, therefore high performance and minimum cost consumption in the foresight aimed on this Project.

Keywords: 1. SURF Algorithm; 2. Die Cast; 3. Sensor; 4. Image Processing Techniques; 5. Robotic Application.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR iv
ÖZ v
ABSTRACT vi
İÇİNDEKİLER vii
ŞEKİLLER LİSTESİ viii
KISALTMALAR ix
ÖZGEÇMİŞ x
BÖLÜM 1. GİRİŞ 1
1.1. Problem 2
1.2. Amaç 3
1.3. Önem 3
1.4. Varsayımlar 3
1.5. Sınırlıklar 4
BÖLÜM 2. YÖNTEM 5
2.1. SURF Algoritması ve Sektör Araştırma Modeli 5
2.2. SURF Algoritması Yöntemi 10
2.2.1. İntegral Görüntü 15
2.2.2. Fast-Hessian Dedektörü 16
BÖLÜM 3. BULGULAR VE YORUMLAR 23
3.1. Genel Programlama Komutları 23
3.2. Gerçeklenen Programın Akışı 24
3.3. Performans ve Çoklu Görüntü İyileştirmeleri 27
3.4. Maliyet Analizi 29
3.5. Süre Analizi 30
BÖLÜM 4. SONUÇ 32
EK'LER 33
EK-1A 33
EK-1B 36
EK-1C 37
KAYNAKÇA 40

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Aday ilgi noktalarının tespiti için kullanılan En Büyük Olmayanı Bastırma Yöntemi (Non-Maximal Suppression) (Evans 2009) 6

Şekil 2.2. Görüntü üzerindeki herhangi bir dikdörtgensel alanın integral görüntü ile temsil edilmesi 8

Şekil 2.3. Aday anahtar noktalarının tespiti için kullanılan En Büyük Olmayanı Bastırma Yöntemi (Non-Maximal Suppression) (Evans 2009) 13

Şekil 2.4. Haar dalgacıkları baskın yönelimi tespiti 14

Şekil 2.5. Baskın yönlendirmenin bulunması (Evans 2009) 15

Şekil 2.6. Determinant cevap haritasını hesaplamak için kullanılan kutu muadilleri ve ikinci mertebeden gauss türevi (9x9 filtre) (Evans 2009) 17

Şekil 2.7. SURF algoritmasında kullanılan ölçek-uzay kavramı (sağda) ve genel olarak kullanılan ölçek-uzay kavramı (solda)'nı temsil eden filtre piramitler (Evans 2009) 18

Şekil 2.8. Filtre boyutlarının değişimi (Evans 2009) 20

Şekil 2.9. Anahtar noktasının tanımlayıcı bileşenlerle ifade edilmesi (Evans 2009) 22

Şekil 3.1. Bulunacak görüntünün dönüştürülmüş görüntüsü 24

Şekil 3.2. Kaynak görüntünün dönüştürülmüş görüntüsü 25

Şekil 3.3. Bulunması istenen görüntünün anahtar nokta tanımlayıcıları 25

Şekil 3.4. Kaynak görüntüsündeki anahtar nokta tanımlayıcıları 25

Şekil 3.5. Geçici olarak eşleştirilen noktalar 26

Şekil 3.6. Eşleştirilmiş örtüşen anahtar noktaları 26

Şekil 3.7. Kaynak görüntüde hedef görüntünün bulunmuş sonuç görüntüsü 27

Şekil 3.8. Bulunması istenilen hedef 1 görüntüsü 28

Şekil 3.9. Bulunması istenilen hedef 2 görüntüsü 28

Şekil 3.10. Bulunması istenilen kaynak görüntü 28

Şekil 3.11. Gerçeklenen programın sonuç çıktısı 29

KISALTMALAR

3D	: Three-Dimensional (Üç Boyutlu)
HD	: High Definition (Yüksek Çözünürlük)
SURF	: Speeded Up Robust Features (Hızlandırılmış Güçlü Özellik)
U-SURF	: Upright SURF (Dikey Hızlandırılmış Güçlü Özellik)
SIFT	: Scale-Invariant Feature Transform (Ölçekli Değişmeyen Özellik Dönüşümü)
PCA-SIFT	: Principal Components Analysis Scale (Temel Bileşen Analizi - Ölçekli Değişmeyen Özellik Dönüşümü)
PCA	: Principal Components Analysis (Temel Bileşen Analizi)
LoG	: Laplacian of Gaussian (Gauss'un Laplası)
DoG	: Difference of Gaussian (Gauss'un Farkı)
GLOH	: Gradient Location and Orientation Histogram (Gradyen Lokasyonu ve Oryantasyon Histogramı)
ERP	: Enterprise Resource Planning (Kurumsal Kaynak Planlaması)
OEE	: Overall Equipmant Effectiveness (Toplam Ekipman Etkinliği)
HLS	: High-Level Synthesis (Üst Düzey Sentezleme)
VHDL	: Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language (Çok Yüksek Hızlı Entegre Devre Donanım Tanımlama Dili)
MATLAB	: Matrix Laboratory (Matris Laboratuvarı)
RGB	: Red Green Blue (Kırmızı Yeşil Mavi)
H	: Hessian Matrisi
Det(H)	: Hessian Matrisinin Determinantı
H_{approx}	: Yaklaşık Hessian Matrisi
H(x,y,σ)	: Hessian Fonksiyonunun Determinantı
σ	: Filtrenin Ölçeği
$\vartheta_{altbölge}$	: Tanımlayıcı Alt Bölgeleri
$I(x,y)$	: Görüntü Piksel Yoğunlukları
$L_{xx}(x,\sigma)$	: İkinci Dereceden Gauss Türevinin Konvolüsyonu
L_{xx}	: Gauss Türevi
D_{xx}	: Filtre Kutu Yaklaşımı
w	: Gausslar Arasındaki Enerji Dönüşümü
s	: Filtre Oranı
$\mathbb{X}$	: Ekstremum İnterpolasyon Konumu
Σ	: Toplam İşlemi Sembolü

ÖZGEÇMİŞ

Yavuz Köse

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Eğitim

Derece	*Yıl*	*Üniversite, Enstitü, Anabilim/Anasanat Dalı*
Y.Ls.	2019	Maltepe Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Ls.	2015	Maltepe Üniversitesi, Doğa Bilimleri ve. Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Lise	2006	Suadiye Lisesi

İş/İstihdam

Yıl	*Görev*
2019-Halen	Servis Mühendisi SIEMENS
2018- 2019	Bakım Mühendisi Cengiz Makine An Impro Company
2016-2018	Bakım Mühendisi ADÖKSAN Döküm

Kişisel Bilgiler

Doğum yeri ve yılı : İstanbul, 1990 Cinsiyet: E

Yabancı diller : İngilice (iyi)

GSM / e-posta : 0531 379 68 41 / yavuzkose16@st.maltepe.edu.tr

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Teknolojinin ilerlemesiyle beraber sensör kullanımı hemen hemen her alanda yaygınlaşmıştır. Sensör, insanların yerine çevremizdeki fiziksel ortam (sıcaklık, basınç, uzaklık vb.) değişikliklerini algılayan cihazlardır. Çalışma alanlarına göre sensör çeşitleri üretilmekte ve birçok alanda kullanımı yapılmaktadır. Döküm sektöründe kullanılan tüm makineler ve cihazlarda sensör kullanılmakta ve kullanım yerlerine göre çeşitlilik göstermektedir.

Yüksek basınçlı alüminyum döküm yöntemiyle üretimde başarının en temel unsurları; üretimi maksimum hızda, maksimum verimlilikte, kalitenin sürdürebilirliğiyle ve bunlarla birlikte teknolojik gelişmeleri takip ederek döküm sektörüne uygulanmasıyla gerçekleştirilir.

Ancak söz konusu başarı, onlarca değişken tezgah parametrelerinin uygun değer seviyesinde sabit ve süreç çıktılarının takibiyle sağlanabilir. Teknolojik gelişmelerin takibinde ki üretim, insan gücüne olan ihtiyacı minimize edebilmektedir. Dökümhaneler artık "Hücre Tipi Robotlu Üretim'' modeline geçmektedirler.

Hücre tipi robotlu üretim modelinde; yüksek basınçlı döküm tezgâhı, lineer yağlama robotu, lineer kepçe robotu, çıkarıcı robot, parça soğutma havuzu, kesme tezgâhı bulunmaktadır. Bütün bu ekipmanlar birbirleriyle entegrasyonlu çalışmaktadır.

Hücre tipi robotlu üretim modeli çalışmasında; döküm tezgahı kalıp kısmını yüksek basınç altında kilitli halde bekletirken, erimiş halde olan maden lineer kepçe robotuyla bekletme ocağından belirlenen miktarda alınır. Buradaki miktar üretilecek olan ürünün hacmine göre belirlenir. Lineer kepçe erimiş madeni döküm tezgahının enjeksiyon kısmına döker. Enjeksiyon işlemi yüksek başınç altında ve çok hızlı gerçekleştirilir. Aksi halde maden soğur ve enjeksiyon gerçekleştirilemez. Enjeksiyon işlemi bitince tezgah kilidini açar ve kalıplar açılır. Kalıplar en geri noktalarına ulaştığında parça çıkarıcı robot devreye girer ve parçayı kalıptan çıkartır. Robot ve parça kalıptan çıkınca lineer yağlama robot devreye girer ve kalıba yağ-hava basınçlı karışık püskürtme işlemini gerçekleştirir. Parça çıkarıcı robot üretilen ürünün etrafındaki hava

cepleri ve maden yolluklarının kontrol edilmesi için pasif sensör adasına park eder. Ürünün etrafındaki adetli olan kontrolleri gerçekleştirdikten sonra robot parçayı, parça soğutma havuzuna daldırarak parçayı soğutur ve sertleştirir. Soğuma işlemi bitince robot parçayı kesme tezgahına yerleştirip, kesme tezgahı dışında kendisi için belirlenen pozisyonuna geri döner ve kesme tezgahı işlemine başlayıp üretilen ürünün hava ceplerini ve maden yolluk kısımlarını keser. Kesme tezgahında işlemi biten ürün başka bir robot yardımıyla alınır, kasa veya seperatöre yerleştirilir. Bir döngü bittikten sonra işlemler en baştan tekrarlanır ve seri üretime devam edilir.

1.1. Problem

Döküm sektöründe insan gücüne olan ihtiyaç azaltılıp insansız üretime devam edilirken, her üretilen ürün adımlarında iyileştirmeler yapılması artık bir zorunluluk haline gelmiştir.

Üretilecek ürün çeşitliliğine göre kalıplar tezgahlara yerleştirilir ve alıştırma sürecinden geçer. Alıştırma sürecinde parçanın istenilen ölçülerde ve kalitede çıkmasıyla birlikte seri üretime geçilebilir. Alıştırma süreci 250-1300 ton gücünde sıkıştırma yapan tezgahlarda ortalama olarak 4-8 saat arasında görülmüştür. Bu süreç esnasında tezgaha, kalıba uygun olarak eksen ve kolon ayarları yapılır. Kalıplar 4 köşe formunda olduğu için gönyeye alma işlemi uzun sürmektedir. Bununla beraber hücre tipi üretim modeline dahil olan diğer ekipmanların kalıbın şekline göre parametreleri düzenlenir. Pasif sensör adasında ise üzerinde olan sensörler, kontrol edilecek parçaya bağlı sensör adetini belirlemektedir. Tez‘de kullanılacak olan deney ürününde kontrol edilmesi gerekli 13 adet nokta vardır. Bu noktalar pasif adasında bulunan 13 adet cisimden yansımalı sensörlerle gerçekleştirilmektedir. Kalıp değişimlerinde ise pasif sensör adasındaki sensörlerin ayarlanması ortalama 30-45 dakika sürdüğü görülmüştür. Pasif sensör adasında bulunan sensörlerin kısa sürede arızalandığı ve bu süre içinde hassasiyetlerini kaybettikleri tespit edilmiştir. Arızalanmalarının esas sebebi ise yeni üretilmiş olan ürünün sensörlere yakın bir mesafeden var/yok kontrolünü gerçekleştirmesidir. EK1-B bölümünde kalıp değişimi sırasında geçen süreler verilmiştir.

Hücre tipi robotlu üretiminde parça kontrollerinin gerçekleştiği pasif sensör adasında iyileştirme ihtiyacı görülmüştür. Bu ihtiyaç ise maliyet ve takip edilebilir olması sebebiyle ortaya çıkmıştır.

1.2. Amaç

Hücre tipi robotlu üretim modelinde kullanılan pasif sensör adasında; verimliliği artırmak, kaliteyi yükseltmek, kalıp değişimlerinde zamana olan ihtiyacı düşürmek, maliyeti düşürmek ve insan gücüne olan ihtiyacı azaltmaktır.

Bu tezin amacı, var/yok sensörleri kullanımı yerine kamera ile var/yok sensörü mantığında çalışabilecek bir sistemle parça kontrollerini gerçekleştirmektir.

1.3. Önem

Döküm sektöründe veya başka sektörlerde teknolojik gelişmeleri takip ederek bu gelişmeler doğrultusunda insan hayatını kolaylaştırmak en temel hedefler arasındadır. Bu tezin neticesinde ise; görüntü işleme tekniğini kullanılarak dökümhanelerde hızla gelişen teknolojinin uygulanması ve bu teknolojik gelişmelerin uygulanmasıyla birlikte gelen yeniliklerin sektöre adapte edilebilmesidir.

1.4. Varsayımlar

Döküm sektöründe her bir firma, dökümhanelerinde kullanmakta olduğu teknolojinin gerekliliklerini bilmektedir. Bu teknolojiler üretimin kaliteli ve başarılı olabilmesi için gerekli olan birimlerdir. Yeniliğe ve gelişime açık olan dökümhanelerde teknolojinin herhangi bir dalındaki yenilikleri, üretimi iyileştirebilmek adına üretim alanlarında makinelere veya tezgahlara uygulaması gerekmektedir.

Görüntü işleme tekniğinin dökümhanelerde uygulanabiliyor olması ile birlikte farklı bir geliştirilebilir alan ortaya çıkmıştır. Bu alanda; görüntünün işleneceği bir bilgisayar olacağı için veriler kayıt altına alınabilir ve bunlarla birlikte üretimde iyileştirmeler yapılabilir hale gelebilir. Bu verilerle birlikte toplam ekipman etkinliği üzerinden tezgahın üretim verilerinin kontrollerini gerçekleştirilebilir.

Bu tezin sonucunda bu verilerin toparlanması için gerekli olan programın oluşturması ve geliştirmelere açık yeni bir ortam yaratılması varsayılmıştır.

1.5. Sınırlıklar

Bu tezin hazırlanması sırasında görüntünün işlenebilmesi için gerekli olan yüksek güce sahip olan bir bilgisayar kullanılmamış olup, ofis bilgisayarı ile program yazılımı gerçekleştirilmiştir. Örnek olarak; dökümhanelerde her bir hücre tipi robot tezgah grubunda ERP (Kurumsal Kaynak Planlaması) ve OEE (Toplam Ekipman Etkinliği) takibi için kullanılan bilgisayar mevcuttur. Fakat bu bilgisayarları kullanabilmek için gerekli olan izinler alınamamıştır.

BÖLÜM 2. YÖNTEM

Bu bölümde görüntü işleme ve SURF algoritması yöntemi hakkında genel bilgiler verilmiştir.

2.1. SURF Algoritması ve Sektör Araştırma Modeli

Bay ve arkadaşları; performanstan ödün vermeyen, hızlı hesaplama yapabilen, yeterince ayırt edici özellikleri bulabilen, tanımlayıcı boyutunu ve karmaşıklığını azaltan bir dedektör geliştirmeyi amaçlamışlardır (Bay vd. 2006). Bu kapsamda SURF dedektörünü geliştirmek için daha önceden yapılan çalışmalardan faydalanmışlardır (Lindeberg 1998, Lowe 2004, Mikolajczyk vd. 2002, Ke vd. 2004, Tuytelaars vd. 2000, Matas vd. 2002). Literatürde çok çeşitli dedektörler ve tanımlayıcılar önerilmiştir.

En çok kullanılan ilgi noktası dedektörlerinden biri 1988 de önerilen Harris köşe dedektörüdür (Harris vd. 1988). İkinci moment matrisinin özdeğerlerine göre hesaplanır. Ancak ölçekten bağımsız değildir.

Lindeberg, otomatik ölçek seçimi kavramını getirmiştir (Lindeberg 1998). Bu, bir görüntüdeki her biri kendi karakteristik ölçeğine sahip ilgi noktalarını tespit etmeyi sağlar. Blob benzeri yapıları tespit etmek amacıyla hem Hessian matrisinin determinantını hem de Laplacian (Hessian matrisinin işaretine tekabül eder.)'ı denemiştir.

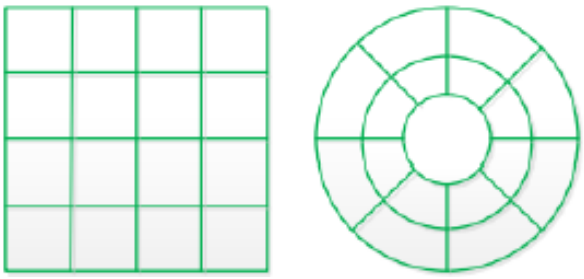
Mikolajczyk ve Schmid, Lindeberg'in yöntemini geliştirerek, yüksek tekrarlanabilirlik ve sağlam özelliklere sahip ölçekten etkilenmeyen Harris-Laplace ile Hessian-Laplace'ı oluşturmuşlardır (Mikolajczyk vd. 2002). Konum seçimi için Harris ölçümü veya Hessian matrisinin determinantını, ölçek seçimi için ise Laplacian'ı kullanmışlardır. Lowe, hız üzerine odaklanarak Gaussların Laplace'ini (LoG) ve Gaussların Farkı (DoG) filtrelerini kullanmıştır (Lowe 1999). LoG algoritması ile Gauss filtresine Laplace alınarak işlem yapılır. DoG ise ölçek uzayı için kullanılır. Çünkü, Gauss'un Laplace normalizasyonu için stabil ve verimlidir.

Ölçekten etkilenmeyen başka ilgi noktası tanımlayıcıları da mevcuttur. Kadir ve Brady'nin önerdiği belirgin bölge dedektörü bölgedeki entropiyi en üst düzeye çıkarır (Kadir vd 2001). Jurie ve arkadaşları tarafından önerilen diğer bir dedektör ise kenara

dayalı bir algoritmadır (Jurie vd. 2004). Fakat bu algoritma hızlanma için çok elverişli değildir.

Bay ve arkadaşları mevcut dedektörleri incelemişler ve Hessian temelli dedektörlerin Harris temelli benzerlerinden daha istikrarlı ve tekrarlanabilir olduklarına karar vermişlerdir (Bay vd. 2006). İşaretinden (Laplacian) ziyade Hessian matrisinin determinantını kullanmanın daha avantajlı olduğu önerilmiştir.

SIFT (Scale Invariant Feature Transform) olarak adlandırılan tanımlayıcı küçük deformasyon ve lokalizasyon hatalarına karşı dayanıklıdır (Lowe 2004). Tanımlayıcıların hesaplanmasında anahtar nokta (key-point) etrafında 16x16 boyutunda bölgeler oluşturulur. Bu bölge 4x4 lük parçalara ayrılır. Bu şekilde 16 adet parça oluşturulur. Her parça için, gradyan yönelimleri 45 derecelik 8 farklı açı aralığına etiketlenmiş histogramlar oluşturulur. Bu vektörün 128 elemanı bulunmaktadır. GLOH betimleyicileri radyal yönde logaritmik kutupsal 3 bölmeye ve açısal yönde 8 bölgeye ayrılır. Bu şekilde 17 adet parça elde edilir (Şekil 2.1.). Merkez bölge açısal yönde bölgeye ayrılmaz. Gradyan yönelimleri de 16 farklı açı aralığına etiketlenmiş histogram oluşturulur. 16 açı aralığına etiketlenmiş 17 histogramlı vektörden 272 elemanlı tanımlayıcı vektör elde edilir. Elde edilen tanımlayıcı vektör temel bileşen analizi kullanılarak boyutu indirgenir. Temel bileşen analizi yöntemi için kovaryans elde edilir. En büyük 128 özvektör tanımlayıcı vektör olarak kullanılır (Alpaslan 2013). GLOH tanımlayıcısı yapılandırılmış sahnelerdeki nokta eşleme uygulamalarında daha iyi performans gösterirken, SIFT tanımlayıcıları doku tabanlı imgelerde daha iyi performans göstermektedir.

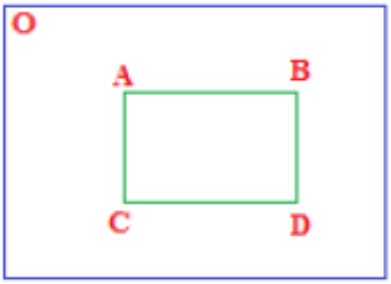


Şekil 2.1. Aday ilgi noktalarının tespiti için kullanılan En Büyük Olmayanı Bastırma Yöntemi (Non-Maximal Suppression) (Evans 2009)

Bu temel düzen üzerinde çeşitli iyileştirmeler önerilmiştir. Ke ve Sukthankar gradyent görüntü üzerinde PCA (Principal Component Analysis) uygulamıştır (Ke vd. 2004). PCA-SIFT olarak adlandırılan bu algoritma, eşleştirme için hızlı fakat SIFT algoritmasından daha az ayırıcı olduğu ispatlanan 36 boyutlu bir tanımlayıcı üretmektedir (Mikolajczyk vd. 2005). Yavaş öznitelik hesaplaması, hızlı eşleme etkisini azaltmaktadır. Ayrıca aynı çalışmada GLOH (Gradient location and orientation histogram) adı verilen SIFT'ın bir değişik versiyonu önerilmiştir. Ancak, bu algoritma daha karmaşıktır. GLOH öznitelik tanımlayıcısı, SIFT algoritmasından 2 temel fark ile ayrılır. İlk olarak, kullanılan ızgara konumunun değiştirilerek öznitelik vektör boyutunun artırılmasıdır. Diğer fark ise oluşturulan yüksek boyutlu öznitelik tanımlayıcılarının PCA (Temel Bileşen Analizi) algoritması ile boyutunun azaltılmasıdır.

SURF (Speeded Up Robust Features) algoritması Bay ve arkadaşları tarafından oluşturulan bir dedektör tanımlayıcıdır. SURF dedektörü, Hessian matrisini temel alır fakat aynı DoG algoritmasının basit bir Laplacian temelli bir dedektör olduğu gibi burada da basit bir yaklaşım kullanılır. Hesaplama süresinin azaltılması için integral görüntüler kullanılmıştır. Bu nedenle Fast-Hessian dedektörü olarak ifade edilmiştir. Ayrıca, tanımlayıcı ilgi noktası komşuluğundaki Haar dalgacık yanıtlarının dağılımını tanımlar. Yine burada da integral görüntüler kullanılarak işlemler yapılmaktadır ve sadece 64 boyutlu vektör kullanılarak özellik tanımlama ve eşleme zamanı azaltılmıştır. Tanımlayıcının hızını artırmanın yanı sıra sağlamlığını arttırmak için de Laplace'ın işaretini referans alan bir indeksleme adımı tanımlanmıştır (Bay vd. 2006).

İntegral görüntü kullanılarak kutu tipi konvolüsyon filtresi daha hızlı bir şekilde uygulanmıştır (Viola vd. 2001). Tüm pikseller için integral görüntü hesaplandıktan sonra, herhangi bir dikdörtgensel bölgenin alanı içerisindeki integral görüntü değerlerinin toplam yoğunluğunu bulmak için, dikdörtgen boyutu önemli olmaksızın aynı işlem yapılarak tespit edilebilmektedir. Bu durum Şekil 2.2.'de özetlenmiştir.



Şekil 2.2. Görüntü üzerindeki herhangi bir dikdörtgensel alanın integral görüntü ile temsil edilmesi

SURF algoritması HLS ile C kodu kullanılarak gerçekleştirilebilmektedir (Φαλιάγκας, K. 2013). HLS ile donanım tanıma dilleri (verilog, VHDL gibi) kullanılmadan algoritmalar gerçekleştirimi mümkündür. Κωνζηανηίνος'ın yapmış olduğu çalışmada HLS kullanılarak SURF algoritması C kodu ile gerçekleştirilmiştir. Burada, saklayıcıları tanımlarken kullanılan veri tipi olarak "float" ve "integer" seçilmiştir. HLS'de var olan direktifler kullanılarak sistemin optimize edilmesi sağlanmıştır.

SURF algoritması varsayılan olarak ± 15 dereceye kadar rotasyon değişmezliğini desteklediği için, algoritma içerisindeki dönme ile ilgili yapı çıkarılarak sistemin daha hızlı çalışabilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, SURF algoritmasında başarı oranının daha çok olması için, SURF algoritmasında kullanılan eşik değeri ve oktav – 1 değerleri genetik algoritması ile optimize edilerek başarının en yüksek olduğu değerlerle kullanılmıştır. Burada elde edilen parametreler HLS'de kullanılarak en iyi başarı oranının oluşturulması amaçlanmıştır.

SURF (Speeded Up Robust Features) algoritması, görüntü üzerinde tespit edilmesi istenen bir nesnenin sahip olduğu en iyi özellikleri tespit etmeye çalışır ve işlem sonucunu hızlı bir şekilde sonuçlandırabilir. Algoritmanın diğer birçok özellik çıkartma algoritmalarına kıyasla daha iyi performans göstermesi, işlemleri sırasında integral görüntü kullanmasından dolayıdır. Görüntü eşleştirmeleri için arama üç ana başlık ile değerlendirilebilir.

İlk olarak ilgi noktaları (resimdeki köşeler gibi) seçilir. Bir ilgi noktası dedektörünün en değerli özelliği tekrarlanabilirliği, yani farklı görüş koşulları altında aynı

ilgi noktalarını güvenilir bir şekilde bulup bulamayacağının ölçüsüdür. Daha sonra, her ilgi noktasının komşusu bir özellik vektörü ile temsil edilir. Bu tanımlayıcı, ayırt edici olmalı ve aynı zamanda gürültüye, algılama hatalarına, geometrik ve fotometrik deformasyonlara karşı dayanıklı olmalıdır. Son olarak, tanımlayıcı vektörler farklı görüntüler arasında eşleştirilir. Eşleştirme çoğu zaman vektörler arasındaki mesafeye dayanır (Mahalanobis veya Öklid mesafesi). Tanımlayıcının boyutu, bunun ne kadar zaman aldığı üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir ve daha düşük boyutlar olması arzu edilir.

Hücre tipi robotlu üretim modelinin yanında üretim bantlarında da uygulanabilir. Görüntü işleme ve beş eksenli robot kol ile üretim bandında nesne denetimini yapabilen sistem tasarlanmıştır (Şenel vd.). Bu konu başlıklı yapılan tez çalışmasında gömülü sistem ve görüntü işleme araçları bir arada kullanılarak robot kollar vasıtasıyla üretim bandı üzerinde hareket eden nesnelerden üretim hatası olanların ayrıştırılması işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapmış olduğu çalışma ile bant üzerindeki iki tip nesneden biri kameradaki görüntüde tespit edildiğinde, robot kolu ile bant üzerinden alınarak başarıyla hatalı ürün sepetine taşınmıştır. Görüntü işleme uygulamaları için açık kaynak kodlu OpenCV kütüphanesini kullanmıştır. Temel olarak nesne kenar bulma algoritması kullanılmıştır. Gerçek zamanlı görüntü işleme, temelli al-bırak yapabilen ve endüstriyel robot kol ile denetim yapabilen bir sistem tasarlanmıştır (Yıldırım vd.). Yapılan bu konu başlıklı çalışmada bir robot kolun görüntü işleme temelli malzeme sınıflandırmasında kullanılmasını amaçlamıştır. Malzemeler renk tabanlı sınıflandırılmıştır. Uygulamada malzemelerin renklerinin algılanması ve boyutlu konumlarının belirlenmesi için bilgisayarlı görme sistemlerinden olan stereo görme sistemi kullanılmıştır. Robot kol ile konumu ve rengi bilinen malzemeler ait olduğu bölümlere yerleştirilmiştir.

2.2. SURF Algoritması Yöntemi

Araştırmalar, çoğu zaman, belli bir evrene (bütüne, anakitleye) genellenmek amacıyla, ondan yansızlık (random) kuralına göre seçilen "yeterince küçük"bir örnek grup (örneklem) üzerinde yapılır. Örneğin, altmış bin kişilik grubu ilgilendiren bir problem hakkında grup üyelerinin görüşleri belirlenmek istendiğinde, aralarından yansız olarak seçilmiş bin kişinin görüşleri alınmakla yetinilebilir. Burada, altmış bin kişilik grup evren, bin kişilik grup ise örneklem olarak adlandırılır.

SURF algoritması, özellik eşleştirme için kullanılan bir algoritma yöntemidir. SIFT algoritması temel alınıp geliştirilmiştir. SIFT algoritması bir resimde var olan anahtar noktalarını tespit edip, bu noktaları kullanarak tanımlayıcılar yardımıyla öznitelik hesaplamaktadır. SURF algoritmasının en büyük avantajı, anahtar noktaları bulurken resmin farklı yönlerinde çevrilmesi, boyutunun değişik olması ve resimdeki ışık yoğunluğunun değişkenlik göstermesi gibi durumlardan çok etkilenmemesidir (Lowe 2004). SURF algoritması SIFT algoritmasına göre çok daha hızlı ve çok daha etkili çalışabilmektedir.

SIFT algoritmasıyla alınmış olan örnek bir görüntüden çok sayıda öznitelik çıkarılabilir. Örnek alınmış görüntüden çıkarılan öznitelik vektörlerinin her biri 128 boyutludur. Öznitelik çıkarımı için örnek görüntü farklı ölçeklerde incelenerek önemli anahtar noktalar bulunur. Görüntünün farklı ölçeklerde incelenmesi için Gauss Farkı yöntemi kullanılır. Bu yöntemde görüntüye farklı varyanslı Gauss filtreleri uygulanır. Bu filtreler uygulandığında görüntü farklı miktarlarda bulanıklaştırılmış olur. Görüntülerin farkı alınarak görüntüdeki kenarları ve köşeleri elde eder. Bu farkların bazı yöntemlerle elenmesiyle anahtar noktalar bulunur. Bulunan anahtar noktalarda ve komşularda gradyanlar hesaplanır. Her anahtar nokta için bir genlik ve yön bilgisi hesaplanır. Bir Gauss penceresi kullanılarak anahtar noktaya yakın olan noktaların etkisi arttırılırken, uzak olan noktaların etkisi azaltılır. Hesaplanan yön histogramları kullanılarak öznitelik vektörleri elde edilir (Kutluk 2012).

SIFT algoritması alınan görüntü üzerindeki ayırt edici noktaları tespit eder ve her ayırt edici nokta için tanımlayıcılar çıkartır. Çıkarılan ayırt edici noktalar ölçek, rotasyon gibi özelliklerden bağımsızdır. SIFT algoritmasının genel adımları; gauss ölçek uzayı

hesaplanır ve gauss farkı bulunur, aday olabilecek anahtar noktalar tespit edilir, kararsız kalan noktalar filtrelenir, anahtar noktalara her birine birer yön atanır ve anahtar noktaların her birine ayrıt edici tanımlayıcılar oluşturulur. SURF algoritması görüntü üzerindeki ilgi noktalarını yerelleştirmeye çalışır. İlgi noktalarının genellikle sahip oldukları temel özellikleri (Bouris vd. 2010); görüntü üzerinde matematiksel olarak iyi ve görüntü uzayında iyi bir konuma sahip olmalı, çevresindeki yerel olan görüntü bilgi yapısı tarafından zengin olmalı, döndürme aydınlatma farklılıkları perspektif görüntü değişimi gibi etkilerden çok fazla etkilenmemelidir. Bu özelliklere sahip olma potansiyeli oranı yüksek olan noktalar ilgi noktası olarak seçilir ve bu noktalar üzerinden işlemler devam ettirilir.

SURF algoritmasında temel olarak (Bouris vd. 2010); görüntünün her pikseli için integral görüntü değeri hesaplanır, belirli bir ölçek-uzayı seviyesinde determinant tepki haritası belirlenir, determinant tepkime haritasının ölçek normalizasyonu elde edilir. Ölçek uzayındaki anahtar noktalarını yerelleştirmek için en büyük olmayanı bastırma yöntemi gerçekleştirilir, en büyük olmayanı bastırma yönteminde hesaplanan sonuçlar, daha önceden belirlenen bir eşik değeri ile kıyaslanır. Belirli bir eşitlik seviyesinde temel alınarak ölçek uzayına anahtar nokta yerelleştirme işlemi gerçekleşir, her anahtar ilgi noktasının yönünün hesaplanmasıyla oluşturulur. SURF algoritmasının yüksek performans ve doğruluğu dolaylı olarak integral görüntü kullanımına bağlanabilir (Viola vd. 2001). SURF dedektörünün doğru sonuçlar vermesi ve verimli olması Hessian matrisi kullandığından oluşmaktadır. Örnek olarak sürekli fonksiyon f'nin Hessian matrisi, (2.1)'de gösterildiği gibi f fonksiyonun kısmi türevlerinin matrisi iken, Hessian matrisinin determinantı (2.2)'de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır (Bouris vd. 2001).

$$H\big(f(x,y)\big) = \begin{bmatrix} \frac{\theta^2 f}{\theta x^2} & \frac{\theta^2 f}{\theta x \theta y} \\ \frac{\theta^2 f}{\theta x \theta y} & \frac{\theta^2 f}{\theta y^2} \end{bmatrix} \tag{2.1}$$

$$\det(H) = \frac{\theta^2 f}{\theta x^2}\,\frac{\theta^2 f}{\theta y^2} - \left(\frac{\theta^2 f}{\theta x \theta y}\right)^2 \tag{2.2}$$

Nesneleri farklı ölçeklerde tespit etme gerekliliği ölçek-uzayı kavramının ortaya çıkmasına sebep olmuştur (Lindeberg 1996). Bir ölçek-uzayı, olası tüm ölçekler arasındaki maksimum ve minimum değerleri bulmak için kullanılan sürekli bir işlevdir (Witkin 1983). SURF algoritması ölçek-uzayını, orijinal görüntü üzerinde artan boyuttaki kutu filtrelerini uygulayarak oluşturmaktadır. Buradaki işlemin performans artırma sebepleri; ölçek-uzay piramidinin çoklu katmanlarının aynı zaman ve aynı anda işlenmesine izin vermesi, görüntünün alt örneklerinin oluşturulmadan önce işlem yapılmasıdır. Dolaylı olarak farklı ölçek durumları için görüntünün ölçeği değiştirilmeden filtrelerin ölçeği değiştirilerek işlenmesidir. Ölçek uzayı, bir oktavın belirli filtrelerle hesaplanmış olan tepki haritaları dizisine atıfta bulunduğu oktav sayısına bölünür. Ölçek uzayının oluşturulması için, en küçük ölçek görüntünün determinant cevabını hesaplayan 9x9 bir filtreden başlar; bu filtre gerçek değerlikli bir Gauss dağılımına σ=1.2 karşılık gelir, "σ" filtrenin ölçeğini gösterir.

Her bir oktav dört aralığa bölünmüştür ve filtrenin boyutu denklem (2.3) ile gösterilmektedir. Üst katmanlar, aynı filtre-yerleşim oranını hafızada tutarak filtrelerin yukarı ölçeklendirilmesiyle elde edilir. Filtrenin boyutu arttıkça, ilişkili Gauss ölçeğinin değeri de dolaylı olarak artar ve matematiksel formülü (2.4) ile hesaplanır.

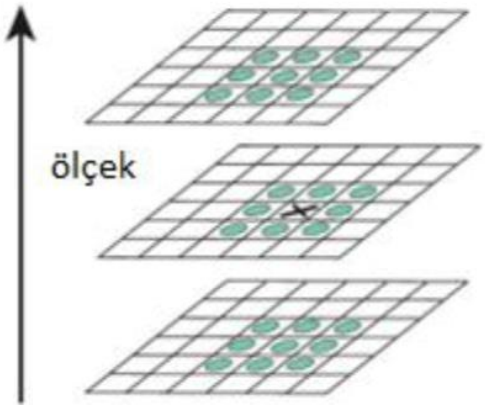
$$Filtre\ Boyutu = 3\ x\ (2^{Oktav} x\ Aralık + 1) \tag{2.3}$$

$$\sigma_{Yaklaşık} = Mevcut\ filtre\ Boyutu\ x\ \frac{Temel\ Filtre\ Ölçeği}{Temel\ Filtre\ Boyutu} \tag{2.4}$$

$$= Mevcut\ Filtre\ Boyutu\ x\ \frac{1.2}{9}$$

Tanımlayıcılar, görüntünün belirlenmiş pikselleri için hesaplanır. Farklı boyuttaki ve yapıdaki filtreler hangi sütun ve satır aralığındaki piksellerin işlenmesi gerektiğini belirtir. Her bir ölçek-uzayı konumuna normalize işlem uygulanabilmesi için Hessian matrisinin dört girişi hesaplanması gereklidir. Determinant cevap haritasının bu ölçekle normalizasyonu, bu girdilerin filtre alanına bölerek elde edilmesidir. Anahtar ilgi noktası yerelleştirme işlemi algılama adımının son kısmını oluşturmaktadır. Bu görev üç bölümden oluşur (Bouris vd. 2010); ilk adımda, determinantlar daha önceden belirlenmiş

bir eşik değeri ile karşılaştırılır ve eşik değerinin altında kalan değerler için yerelleştirme işlemi gerçekleştirilmez. Eşik değerinin değeri arttıkça tespit edilen anahtar noktalarının sayısı azalırken, eğer daha düşük bir eşik değeri seçilirse daha fazla sayıda anahtar noktası oluşması sağlanır. İkinci adımda, daha uygun bir aday anahtar noktası kümesini tespit etmek için En Büyük Olmayanı Bastırma yöntemi gerçekleştirilir. Bu yöntemde kenar bilgilerini hassas ve doğru şekilde belirleyebilmek amacıyla her bir piksel için hesaplanan kenar olma eğilim değerleri, hesaplanan yöndeki komşularıyla karşılaştırılır. Eğer komşu piksel değerlerinden büyük değilse eğilim değerleri sıfır yapılır. Ölçek uzayındaki her bir piksel yerel ölçekteki 8 nokta ile altındaki ve üstündeki ölçeklerin her birinde 9 nokta içeren 26 (8+9+9) komşusuyla karşılaştırılarak işlemler yapılır (Şekil 2.3.).



Şekil 2.3. Aday anahtar noktalarının tespiti için kullanılan En Büyük Olmayanı Bastırma Yöntemi (Non-Maximal Suppression) (Evans 2009)

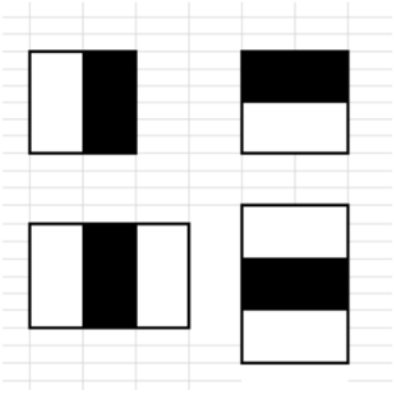
Anahtar noktası yerelleştirme işleminin son aşaması hem ölçekli uzayda hem de gerçek uzayda anahtar noktalarının konumunu alt-piksel doğruluğuyla bulmak için yapılan interpolasyon işlemidir. Genel sonuç olarak, Taylor açılımı kullanılarak Hessian fonksiyonunun determinantı H(x,y,σ) olarak ifade edilir (Bouris vd.2010).

$$H(x) = H + \frac{\theta H^T}{\theta_x} x + \frac{1}{2} x^T \frac{\theta^2 H}{\theta_x^2} x \tag{2.5}$$

$$x = -\frac{\theta^2 H^{-1}}{\theta_x^2} \frac{\theta H}{\theta_x} \tag{2.6}$$

En Büyük Olmayan Bastırma yöntemi ile tespit edilen aday anahtar noktası, x(x,y,σ), ile değer başlangıcında bu fonksiyonun türevini alarak ve bu denklemi sıfıra eşitleyerek hesaplanır (2.6). Türevler, aday anahtar noktasının komşu determinant değerlerinin sonlu farkları ile yaklaşık olarak hesaplanır. Denklem (2.6) üç değerli bir vektördür. Buradaki üç değer ile anahtar noktasının tam olarak konumu belirlenir. Bu değerler x, y ve σ (ölçek) değerleridir. Her üç değerinde (x, y ve σ) 0.5'den az olması durumunda, x ve y örnekleme aralığıyla çarpılır, çarpma sonuçları ise sırasıyla x ve y değerine eklenir, sonuçlar ise en yakın tam sayı değerine yuvarlanır (Bouris vd.2010). Yaklaşık ölçek değeri denklem (2.4)'deki formüle göre hesaplanır.

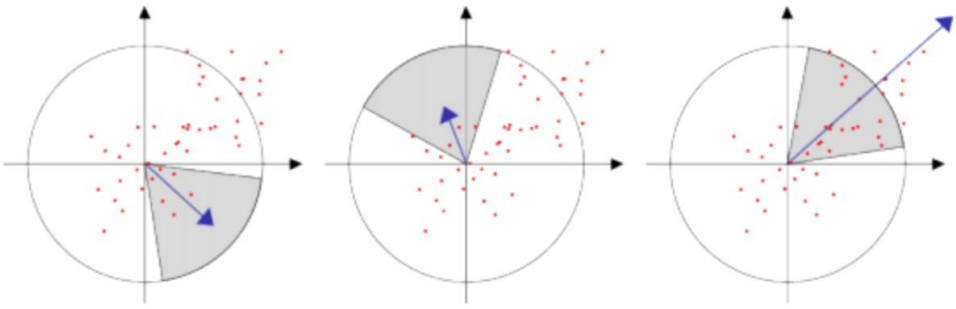
SURF tanımlayıcısı, piksel yoğunluğunun algılanan her bir anahtar noktasından oluşan ölçeğe bağlı bir komşulukta nasıl dağıldığını kayıt eder. Tanımlayıcının çıkartılması iki ayrı alt adıma ayrılmıştır. Her anahtar noktasına bir yön verilir ve buna bağlı olarak ölçeğe bağlı bir pencere oluşturulur. Görüntünün dönmesi gibi bir durum olmaması için her tespit edilen anahtar noktasına tekrarlanabilir bir yön verilir. Tüm tanımlayıcı bileşenlerin çıkartılması bu yön bilgisinde gerçekleştiği için bu yönün değişken koşullar altında tekrar edilebilir olması çok önemlidir (Bouris vs.2010). Haar Dalgacıkları yönü belirlemek için kullanılır (Şekil 2.4.).



Şekil 2.4. Haar dalgacıkları baskın yönelimi tespiti

Haar Dalgacıkları, sonuçların sağlamlığını arttırmak ve hesaplama süresini azaltmak için integral görüntülerle birlikte kullanılan filtrelerdir. Şekil 2.4.'de gösterilen bu basit filtreler, x ve y yönlerinde gradyan değerlerini bulmak için kullanılır. Sol taraftaki yanıtları x yönünde, sağ taraftaki y yönünde hesaplar. Ağırlık değerleri siyah bölgeler için 1, beyaz bölgeler için -1'dir. 4σ boyutundaki tüm Haar dalgacık tepkileri ilgi noktasından

6σ'luk bir yarıçap içinde bulunan bir dizi piksel için hesaplanır. Bu piksellerin her biri için hesaplanan tepkiler, bir vektörün yönlendirme açısını oluşturur. Daha sonra bir sınıflandırma işlemi (Şekil 2.5.'de gösterilen şekilde kayan bir pencere kullanılarak.) bu açıların tümüne uygulanır ve böylece ilgi noktasının baskın yönlendirmesi oluşturulur.



Şekil 2.5. Baskın yönlendirmenin bulunması (Evans 2009)

2.2.1. İntegral Görüntü

SURF algoritmasının performanslı olmasınınbir diğer sebebi ise integral görüntü yöntemi kullanılarak işlem yapmasıdır. İntegral görüntü, alınan bir görüntü için hızlı bir aksiyonla hesaplanır ve alınan görüntü üzerindeki dikdörtgen bir alanın hesaplanmasını hızlandırmak için kullanılır. Örneğin, örnek I görüntüsü üzerinden (x,y) noktası ele aldığımızda I_Σ integral görüntüsü orijin ile nokta arasındaki değerlerin toplamına eşittir (2.7). Alınan görüntü üzerinde integral görüntü hesaplandıktan sonra görüntü üzerindeki herhangi bir dikdörtgen bölgenin alanını hesaplama görevi üç işleme azaltılmış olur (2.8) (Şekil 2.4.). Burada en önemli işlem, noktanın dikdörtgen bölgenin alanı ne kadar büyük olursa olsun, büyüklük gösterilmeden yine üç işlem ile bölgenin alanı hesaplayabilmesidir. Bu sebepten dolayı hesaplama süresi çok azalmaktadır.

$$I_\Sigma(x,y) = \sum_{i=0}^{i\leq x}\sum_{j=0}^{j\leq y} I(x,y) \tag{2.7}$$

$$\Sigma = A + D - (C + B) \tag{2.8}$$

2.2.2. Fast-Hessian Dedektörü

Fast-Hessian dedektörü üç ana adımda uygulanmaktadır; hessian matrisi, ölçek-uzay yapısı ve anahtar noktası yerelleştirmesi adımlarından oluşmaktadır.

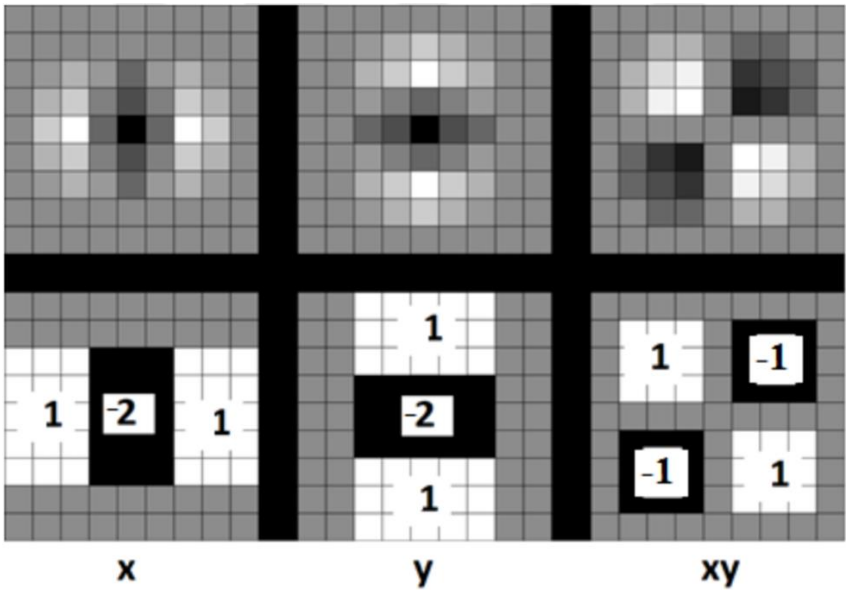
SURF dedektörü Hessian matrisinin determinant işleminden gelmektedir. Ölçek ve konumu tespit etmek için farklı metodlarla ölçüm yapmak yerine Hessian matrisinin determinantı kullanılır. Hessian matrisinin verimliliğini iyileştirmek için iki değerin sürekli fonksiyonu kullanılır. Herhangi (x,y) noktasındaki fonksiyonun değeri f(x,y) ile temsil edilir (Evans 2009). Hessian matrisi olan H, f fonksiyonunun kısmi türevlerinin yazılmış halidir (2.1). Bu matrisin determinantı (2.2)'deki gibi hesaplanmaktadır (diskriminant). Hesaplanan diskriminantın değeri, ikinci mertebeden türev testi ile fonksiyonun minimum ve maksimum değerlerini sınıflandırmak için kullanılır. Hesaplanan determinant, Hessian matrisinin öz değerlerinin çarpımı olduğundan sonuçlarının işaretine bakılarak noktalar sınıflandırılabilir. Hesaplanan determinantın işareti negatif ise, öz değerlerin işaretleri farklıdır ve bu sebeple anahtar nokta yerel bir ekstremum değildir. Eğer hesaplanan determinant değeri pozitif ise, her iki öz değer pozitif ya da ikisi de negatif demektir. Her iki durumda da anahtar nokta bir ekstremum olarak sınıflandırılır (Evans 2009). Kullanılacak ilgili yöntem görüntü üzerinde çalıştırılabilmek için fonksiyon değerleri f(x,y), I(x,y) görüntü piksel yoğunlukları ile değiştirilir. Değişiklik yapıldıktan sonraki ilk işlem, görüntünün ikinci bir mertebeden kısmi türevlerini hesaplamasıdır. Buradaki türevler uygun bir çekirdek konvolüsyonu ile hesaplanabilir. SURF algoritmasında seçilmiş olan filtre olarak ikinci dereceden normalize edilen Gauss ölçek-uzay üzerinde analiz yapılmasına olanak sağlar. Gauss türevleri için temel yapıtaşları x,y ve bileşik xy yönünde yapılandırılır, yapılandırıldıktan sonra Hessian matrisinin dört girişi hesaplanmış olur. Gauss kullanımı ve konvolüsyon işlem aşamasında görüntü üzerinde uygulanacak olan yumuşatma oranı görüntüye göre değiştirilebilir ve böylece determinant farklı ölçeklerde hesaplanabilir. Gauss dairesel olarak simetrik (izotropik) fonksiyon olduğu için temel yapıtaşı konvolüsyonu rotasyon değişmezliği sağlar. Bu verilerin sonucunda Hessian matrisi hesaplanabilir.

$$H(x,\sigma) = \begin{bmatrix} L_{xx}(x,\sigma) & L_{xy}(x,\sigma) \\ L_{xy}(x,\sigma) & L_{yy}(x,\sigma) \end{bmatrix} \tag{2.9}$$

Burada $L_{xx}(x,\sigma)$ fonksiyonu ile ikinci dereceden Gauss türevinin konvolüsyonu gösterilir. L_{yy} L_{xy}'de benzer şekilde gösterilir. Ayrıca bu türevleri LoG (Laplacian of Gaussian) olarak da bilinir.

Alınan görüntüdeki her bir piksel için Hessian matrisinin determinantı hesaplanabilir ve buradaki değerleri ile anahtar noktalarının bulunmasında kullanılabilir. Bay, ilgili çekirdeklerin kutu filtreler kullanılarak hesaplandığı bir yaklaşımı önermiştir (Bay vd. 2006). Ayrık ve kırpılmış temel yapıtaşları ile onların kutu filtre muadilleri arasındaki benzerliği Şekil 2.6.'de örnek verilmiştir (Evans 2009). Buradaki filtreler, integral görüntüyle birlikte kullanıldıklarında önemli performans artışları sağlamaktadır.

Performans artışını değerlendirmek için konvolüsyon işlemi sırasında gereken işlem sayısı ve dizi erişimi referans alınabilir. Örnek olarak 9x9 olan filtre için, 81 elemana erişim ve işlem gerekli iken kutu filtre kullanıldığında bu sayı sadece 8'dir. Kutu filtre boyuttan bağımsız olduğu için filtre boyutunun artması veya azalması ek bir işlem yükü getirmez. Sonucunda ise, D_{xx} için 2, D_{xy} için 4 ve D_{yy} için 2 olmak üzere toplamda 8 hesaplama yapılır.



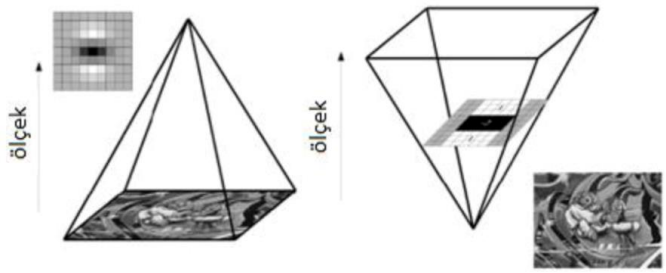
Şekil 2.6. Determinant cevap haritasını hesaplamak için kullanılan kutu muadilleri ve ikinci mertebeden gauss türevi (9x9 filtre) (Evans 2009)

D_{xy} filtresinde siyah olan bölgeler 1 değeriyle, beyaz olan bölgeler ise -1 değeriyle filtre edilir ve geriye kalan bölgeler ise işleme alınmaz. D_{xx} ve D_{yy} filtreleri de benzer durumda filtrelenir, fakat beyaz olan bölgelerin değeri -1, siyah olan bölgelerin değeri ise 2 olarak kullanılır. Bu basit katsayı kullanımda alanların hızlı bir şekilde hesaplanmasına imkân sağlanır. Şekil 2.6.'da üst satırda ayrık ve kırpılmış Gauss türevleri gösterilmiştir ve alt satırda ise kutu filtre yaklaşımları gösterilmiştir. Buna göre Bay tarafından tahmini olarak Gausslar kullanılarak Hessian matrisinin determinantı (2.10) numaralı denklemdeki gibi ifade edilmiştir. (Bay vd.2006).

$$\det(H_{approx}) = D_{xx}D_{yy} - (wD_{xy})^2 \qquad (2.10)$$

Buradaki determinant $\boldsymbol{x} = (x, y, \sigma)$ konumundaki görüntü bölgesi olarak ifade edilmektedir (Bay vd. 2006). "w" değeri ise Gausslar arasındaki enerji dönüşümüyle hesaplanmaktadır ve bu değer Bay tarafından 0,9 olarak önerilmiştir.

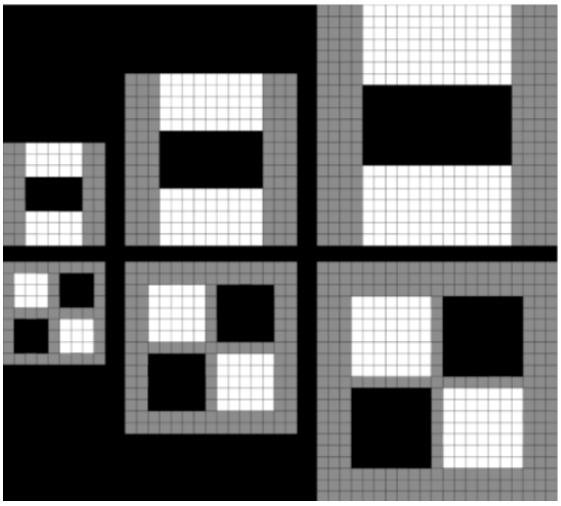
Hessian matrisinin determinantı kullanılarak anahtar noktalarının saptanması için bir ölçek-uzay kullanılması gerekmektedir. Ölçek-uzay, olası tüm ölçekler arasındaki minimum ve maksimum noktaları bulmak için kullanılabilen sürekli bir işlevdir (Witkin 1983). Ölçek-uzayı genel olarak, görüntü piramidi şeklinde uygulanmaktadır. Burada, görüntünün ölçeği değiştirilerek birçok defa benzer işlemlere tabi tutulmasıdır. SURF algoritmasında ise bu durum farklılık gösterir. Değişebilen görüntü ölçeği yerine, değişen boyutta filtreler kullanılarak neredeyse aynı bir etki oluşturulur. Böylelikle ölçek-uzay örneklerinin oluşturulmasına ihtiyaç olmaz ve dolayısıyla da performans artışına sebep olur.



Şekil 2.7. SURF algoritmasında kullanılan ölçek-uzay kavramı (sağda) ve genel olarak kullanılan ölçek-uzay kavramı (solda)'nı temsil eden filtre piramitler (Evans 2009)

Şekil 2.7.‘de SURF algoritmasında kullanılan ölçek-uzay kavramı (sağda) ve genel olarak kullanılan ölçek-uzay kavramı (solda) gösterilmiştir. Genel yöntemde görüntü boyutu değişkendir ve gauss filtresi görüntü üzerinde sürekli tekrar ederek uygulanır. SURF algoritmasında ise görüntü değişikliğine gidilmeden yalnızca filtre boyutu değiştirilerek, genel yöntemden hızlı sonuçlar elde edilir. Şekil 2.6.‘de gösterilen 9x9 boyutlu olan filtrelerin çıktısı, s=1.2 (ölçek), atılacak olan temel başlangıç katmanı olarak kabul edilir (Bay vd.2006). Filtre boyutlarının formu ise 9x9, 15x15, 21x21 benzeri katlarda olmalıdır. Daha da büyük ölçeklerde ardışık filtre boyutları arasındaki adım artış miktarı maksimum “6” olmalıdır. Yöntemde bir merkez pikselin varlığına ihtiyaç gerektiği için, filtre boyutları konum etrafında eşit olarak arttırılmalıdır ve bu sebepten tekrar boyutunun artışı minimum iki piksel olmalıdır. Her bir filtrede eşit boyutta olması gereken üç tekrar bulunduğu için ardışık filtreler arasındaki en küçük artış miktarı dolaylı olarak altı olur. Filtre oranları ise ölçeklendirme yapıldıktan sonra sabit kaldığı için s=3x1.3 (2.6) olarak hesaplanır. (2.3) ve (2.4) denklemler ile karşılık gelen yaklaşık ölçek değeri işlemi hesaplanır. Şekil 2.8.‘da örnek filtre boyutlarının değişimi gösterilmiştir.

Anahtar noktalarının yerelleştirilmesi işlemi üç adıma ayrılır. Birinci adım, hesaplanan değerler daha önceden belirlenen bir eşik değeri ile karşılaştırılır ve eşiğin altındaki değerler işleme alınmaz. Eşiğin arttırılmasıyla, algılanan anahtar noktalarının sayısı düşürülürken, en güçlü noktaların kalmasını sağlar. Eşiğin uygun değer üzerinde fazla azaltılması durumunda ise çok fazla anahtar noktasının işlenmesi durumu ortaya çıkabilir. Eşik işlemi gerçekleştikten sonra ise aday anahtar nokta setini bulmak için En Büyük Olmayanı Bastırma yöntemi gerçekleştirilir. Yöntemi uygulayabilmek için, ölçek alanındaki her bir piksel yerel ölçekteki 8 nokta, üst ve alt ölçeklerin her birinde 9 nokta olmak üzere toplam 26 komşu nokta ile karşılaştırılır. Şekil 2.3.‘de örneği mevcuttur. Bu adımda, belirlenen eşik değeriyle birlikte ölçek uzayındaki yerel minimum-maksimum değerine göre bir dizi anahtar noktası tespit edilir.



Şekil 2.8. Filtre boyutlarının değişimi (Evans 2009)

Noktaları yerelleştirmenin son adımı, uzay ve ölçeğin alt piksel doğruluğu ile yerini bulmak için yakındaki verilerin interpolasyonunu içerir. Brown (Brown vd. 2002) tarafından önerilen 3D kuadratik bir yöntemle hesaplanır. Bu yöntem için Hessian fonksiyonun determinantı, $H(x, y, \sigma)$, tespit edilen konumda merkezli ikinci dereceden terimlere kadar bir Taylor genişlemesi olarak ifade edilir (Evans 2009). Aşağıdaki (2.11) numaralı denklemde ifade edilmiştir.

$$H(x) = H + \frac{\partial H^T}{\partial x} x + \frac{1}{2} x^T \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} x \tag{2.11}$$

$$\mathbb{X} = -\frac{\partial^2 H^{-1}}{\partial x^2} \frac{\partial H}{\partial x} \tag{2.12}$$

Ekstremumun interpolasyonlu konumunda, $\mathbb{X} = (x, y, \sigma)$, fonksiyonunun türevi alınır, türev işlemi ise sıfıra eşitlenerek bulunur (2.12). Buradaki türevler komşu piksellerin sonlu farkları yöntemi ile yaklaştırılır. Eğer $\mathbb{X}$; x, y veya σ yönlerinde 0.5'den büyük ise konum yeniden ayarlanır ve interpolasyon işlemi daha önceden belirlenen interpolasyon adım sayısına eşit olana kadar devam ettirilir. Ayrıca istikrarlı ve tekrarlanabilir noktalar seçilerek, yakınsamayan noktalar anahtar noktası kümesinden çıkarılır.

SURF tanımlayıcısı, Fast-Hessian dedektörü kullanılarak tespit edilen her anahtar noktasının ölçeğe bağlı komşusundaki piksel yoğunluğunun nasıl dağıldığını açıklar. Bu

yaklaşım SIFT (Lowe 2004) algoritmasına benzer ama, farklı olarak Haar dalgacıkları filtresiyle birlikte kullanılan integral görüntüler hesaplama süresini azaltmak ve sağlamlığı arttırmak için kullanılır. Haar dalgacıkları x ve y yönlerinden gradyanları bulmak için kullanılan geliştirilmiş basit bir filtredir. Şekil 2.4.'de örnek Haar dalgacık modelleri mevcuttur. Bu modelde soldaki filtre ile x yönünde, sağdaki ile y yönünde yanıtlar hesaplanır. Beyaz bölgeler için ağırlıklar -1 ve siyah bölgeler için ağırlıklar 1'dir. Bu durumda integral görüntülerle birlikte kullanıldıklarında her hesaplama için sadece altı işlem gerekir. Tanımlayıcı oluşturma işlemi ise iki temel adıma ayrılır. Birinci adımda her anahtar noktasına tekrarlanabilir bir yön verilmektedir. İkinci adımda 64 boyutlu bir vektörün çıkarıldığı ölçeğe bağlı bir pencere oluşturulur. Tanımlayıcı oluşturulması için tüm yapılan hesaplamaların, ölçekten etkilenmemesi için tespit edilen ölçeğe göre yapılandırılması gereklidir.

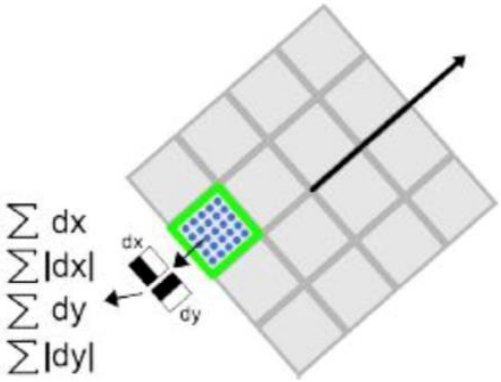
Görüntünün döndüğü durumlarda anahtar noktalarının dönmeden etkilenmemesi için tespit edilen her anahtar noktasına tekrarlanabilir bir yön verilmektedir. Yönünü belirleyebilmek için, 4σ boyutlu Haar dalgacık cevapları, algılanan noktanın 6σ'lık bir yarıçap içerisindeki belirlenmiş pikselleri için hesaplanır. Buradaki σ, noktanın tespit edildiği ölçeği temsil eder. Cevaplar, anahtar noktasında merkezlenmiş bir Gauss ile ağırlıklandırılır. Merkezlenmiş Gauss'dan kalana ve noktanın ölçeğine bağlıdır ve standart sapması 2.5σ olarak seçilmiştir. Cevaplar ağırlandırıldıktan sonra, vektör uzayındaki noktalar temsil edilir (y yanıtları ordinat üzerinde, x noktaları apsis üzerinde). Baskın yönlendirme işlemi, orijin etrafında π/3 açışını kapsayan bir daire dilimi ile döndürülerek seçilir. Her durumda, parça içerisindeki x ve y cevapları toplanır ve yeni bir vektör oluşturulur. En büyük vektör ise anahtar noktasının yönelimini belirler. Şekil 2.5.'de mevcuttur. Bazı yapılan uygulamalarda dönme değişikliği yoktur. Bu nedenle bu adım uygulanmayabilir ve çok daha hızlı işlem sağlanabilir. Tanımlayıcının bu versiyonu Upright SURF (U-SURF) olarak bahsedilir ve ∓ 15 dereceye kadar görüntü rotasyonları için dayanıklılığının koruması sağlanmıştır (Bay vd. 2006).

SURF tanımlayıcısı oluşturulabilmesi için birinci adım olarak anahtar noktasının etrafında kare bir pencere oluşturulur. Oluşturulan bu pencere, tanımlayıcı vektöre girdi oluşturacak ve boyutu 20σ olan pikselleri içerir. Tespit edilen ölçek "σ" ile ifade edilmektedir. Oluşturulan tanımlayıcı penceresi 4x4 olacak uzunlukta alt bölgelere

ayrılmıştır. Bu alt bölgelerinde ayrı ayrı her birinde düzenli olarak dağıtılan 25 örnek noktası için, 2σ büyüklüğünde Haar dalgacıkları hesaplanır. X ve y dalgacık cevaplarını sırasıyla dx ve dy olarak ifade ettiğimizde, topladığımız 25 örnek noktası için 4 yeni değer elde edilmiş olur (2.13).

$$\vartheta_{altbölge} = [\sum dx\,, \sum dy\,, \sum |dx|\,, \sum |dy|] \tag{2.13}$$

Sonucunda ise tanımlayıcı vektör 4x4 alt bölgeden oluşur ve 4x4x4 uzunluğundaki bir büyüklüğe sahip olur. Hesaplanan SURF tanımlayıcı vektörünün boyutu 64 olur. Bu tanımlayıcı ölçek, rotasyon, parlaklık gibi değişkenlik gösteren dış durumlardan etkilenmez. Şekil 2.9.'da tanımlayıcı vektörün yapısı gösterilmiştir (Evans 2009). Şekil 2.9.'daki yeşil kara 16 alt bölgeden birini sınırlar ve mavi daireler dalgacık cevaplarını hesapladığımız örnek noktalarını temsil eder.



Şekil 2.9. Anahtar noktasının tanımlayıcı bileşenlerle ifade edilmesi (Evans 2009)

BÖLÜM 3. BULGULAR VE YORUMLAR

SURF algoritması kullanılarak yapılan, parça kontrolü program yazılım adımları ve SURF algoritması haricinde kullanılan komutların açıklamaları bu bölüm altında anlatılmıştır. Temel olarak SURF algoritması kullanılmasıyla beraber programlama aşamasında yazılacak kodların bütünlüğü önemlidir. Gerçeklenen programın simülasyonu "MATLAB" ile yapılmıştır.

3.1. Genel Programlama Komutları

SURF algoritması ile Var/Yok sensörüyle aynı çalışma mantığına sahip programın kodlarının açıklamaları bu bölümde verilmiştir. Programın bütün kodları ise EK1-A'da verilmiştir.

"imread&imshow": 'Imread' komutu kullanılacak veya seçilecek olan görüntüyü bir değişkene tanımlar. Tanımlanan bu görüntüyü bir pencere halinde görüntülemek için 'imshow' komutu kullanılır.

"RGBtoGray": SURF algoritmasının görüntü üzerinde anahtar noktaları tanımlayabilmesi için, 'RGB' (Red Green Blue) olan görüntünün 'GRAY' (Gri) görüntüye çevrilmesi için kullanılır. Eğer görüntü gri skalaya çevrilmezse SURF algoritması anahtar noktaları tanımlayamaz.

"figure, tittle&plot": 'Figure' komutu sonuçları yeni bir pencerede göstermek için kullanılır. 'Title' komutu ise açılan bu yeni penceredeki sonuçların üstüne başlık tanımlamak için kullanılır. 'Plot' komutu istenilen hedef değerlerini grafik üzerinde çizmesi için kullanılır.

"DetectSURFFeatures": 'DetectSURFFeatures' komutu görüntü üzerinde anahtar noktalarının bulunması için kullanılır. Hedef görüntü ve bulunması istenilen görüntü üzerindeki anahtar nokta tanımlayıcısını işaretler.

"ExtractFeatures & MatchFeatures": 'ExtractFeature' komutu tanımlayıcılar olarak da bilinen öncesinde çıkarılmış özellik vektörlerini ve bunları ikili konumları göstermesi için

kullanılır. ‘MatchFeatures’ komutu ise ‘ExractFeature’ komutu ile bulunan vektörleri veya anahtar noktaları eşleştirilmesi için kullanılır.

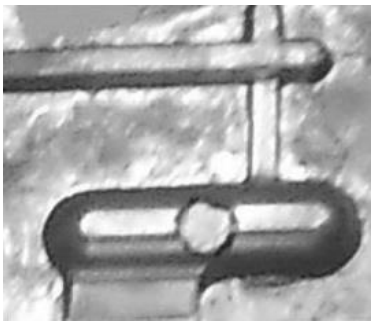
“EstimateGeometricTransform”: ‘EstimateGeometricTransform’ komutu aykırı noktaları ortadan kaldırırken eşleşen anahtar noktalarla ilgili dönüşümü hesaplaması için kullanılır.

3.2. Gerçeklenen Programın Akışı

Yapılan programdan beklenen işlem, hedef olarak belirlenen bir görüntü üzerinde, istenilen başka bir görüntü, cisim vs. gibi eşleştirme işlemini gerçekleştirmesidir.

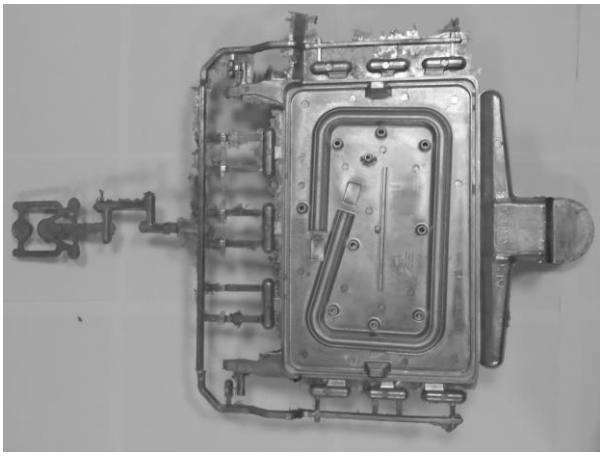
İstenilen program sekiz gösterimli adımdan oluşmaktadır. Her adımın sonuçları bu bölümde verilmiştir.

Birinci Program Adımı: Bulunması istenilen görüntüyü bir değişkene tanımlanması ve “RGB” olan görüntüyü “Gri” skalaya dönüştürülmesidir.



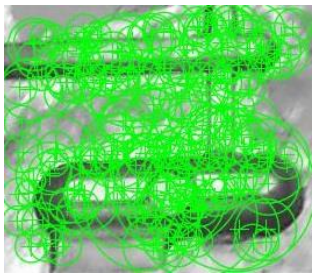
Şekil 3.1. Bulunacak görüntünün dönüştürülmüş görüntüsü

İkinci Program Adımı: Bulunması istenilen görüntünün hangi görüntüde aranacağının tanımlanması ve “RGB” olan görüntüyü “Gri” skalaya dönüştürülmesidir.

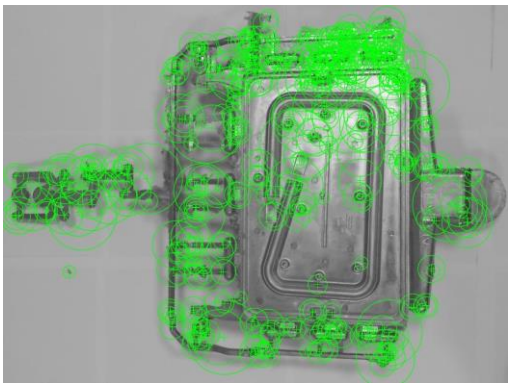


Şekil 3.2. Kaynak görüntünün dönüştürülmüş görüntüsü

Üç ve Dördüncü Program Adımları: Hedef ve kaynak görüntü üzerinde özellik noktalarının bulunması ve gösterilmesi işlemidir.

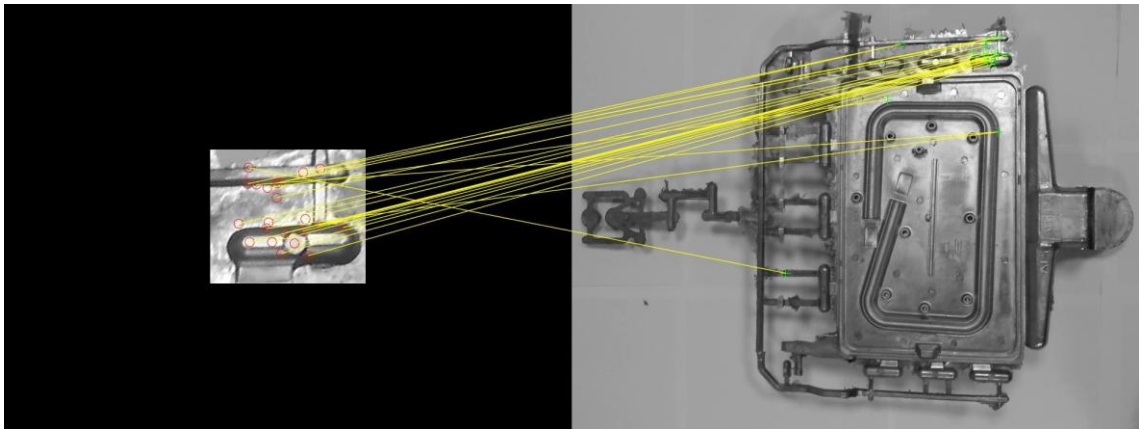


Şekil 3.3. Bulunması istenen görüntünün anahtar nokta tanımlayıcıları



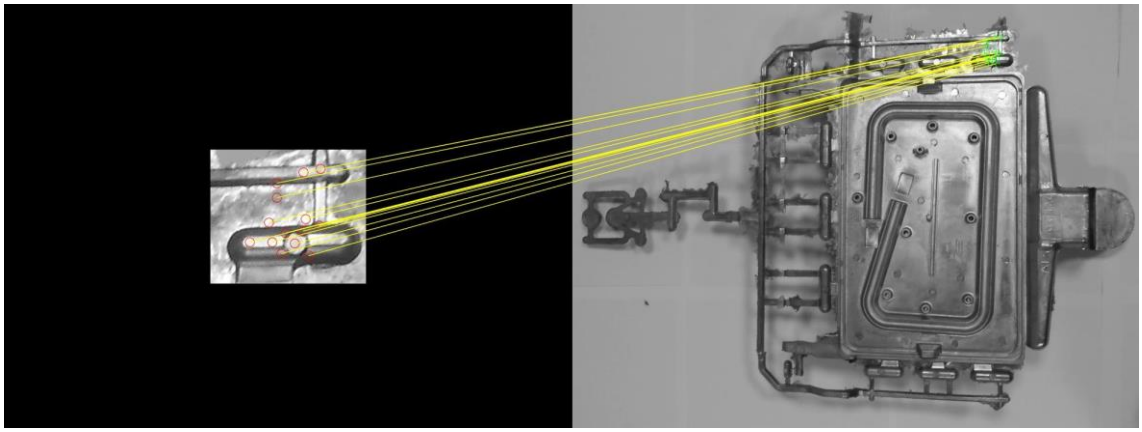
Şekil 3.4. Kaynak görüntüsündeki anahtar nokta tanımlayıcıları

Beşinci ve Altıncı Program Adımları: Hedef ve kaynak görüntülerindeki anahtar noktalarının özelliklerinin bastırılması ve anahtar nokta tanımlayıcıları kullanarak görüntüleri eşleştirme işlemidir.

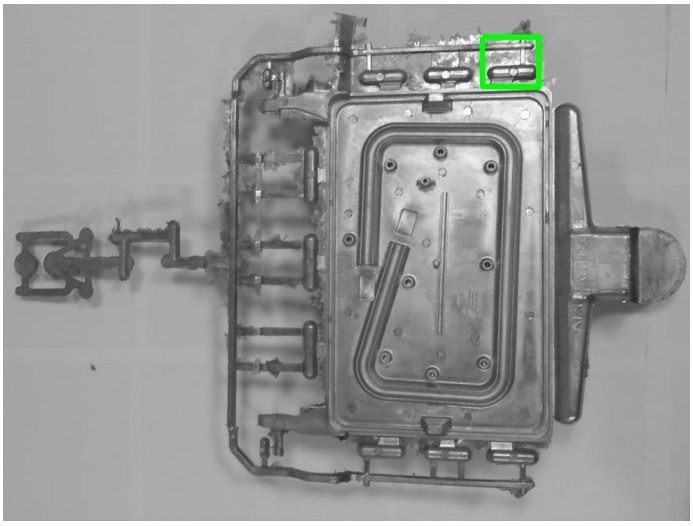


Şekil 3.5. Geçici olarak eşleştirilen noktalar

Yedinci ve Sekizinci Program Adımları: Geçici olarak eşleştirilen anahtar noktalar kullanılarak, eşleşen anahtar noktaları üzerinden uzakta olan noktalar bastırılarak ortadan kaldırılır ve dönüşümü hesaplar. Buradaki dönüşüm işlemi hedef görüntüyü, kaynak görüntü üzerinde yerelleştirmesidir. Anahtar noktaları yerelleştirme işlemi yapıldıktan sonra ise kaynak görüntü üzerinde bulunan hedef görüntü kutu çizilerek işaretlenir.



Şekil 3.6. Eşleştirilmiş örtüşen anahtar noktaları



Şekil 3.7. Kaynak görüntüde hedef görüntünün bulunmuş sonuç görüntüsü

3.3. Performans ve Çoklu Görüntü İyileştirmeleri

Gerçeklenen programda ara adımlar programın yavaş çalışmasına sebebiyet vermektedir. Performans iyileştirmesi olarak ara adımların ekran gösterimleri esas programdan çıkarılmıştır. Bununla beraber var/yok sensör mantığında kullanacağımız için, alınan hedef görüntünün çözünürlüğünü optimum seviyede düşük tutulsa dahi program sağlıklı çalışmaktadır. Burada çözünürlük-performans ilişkisi istenilen görüntü ile ilgilidir. Eğer çok hızlı çalışması istenilirse çözünürlük minimum seviyede, hedefleri bulacak şekilde tutulabilir, fakat programda hatalara sebebiyet verebilir. Bunun için çözünürlük-performans ilişkisi istenilen optimum performans-zaman ilişkisine göre ayarlanabilir. Görüntünün işlenmesi sırasında kullanılan bilgisayar veya donanım farklılıklar göstereceği için burada zamana bağlı iyileştirme süresi gösterilmemiştir.

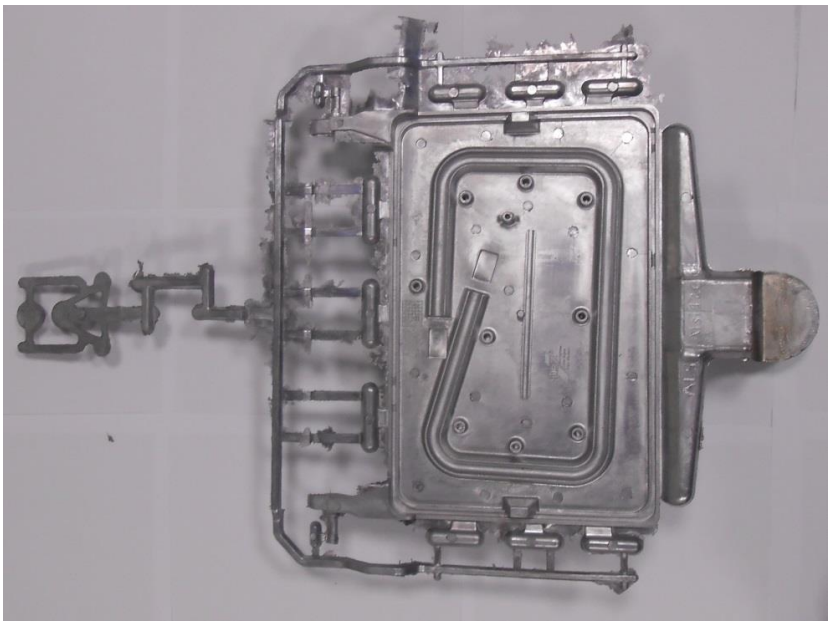
Gerçeklenen ilk programda sadece bir hedef bulanabiliyordu. Fakat herhangi bir gerçek uygulamada birden fazla sensör kullanılabilmektedir. Bunun için programda birden fazla hedef bulunmasını sağlayan komutlar eklenerek birden fazla hedef görüntünün bulunması sağlanmıştır. Buradaki komutlar daha önce de bulunması istenilen görüntü için yazılan komut serisinin aynısıdır.



Şekil 3.8. Bulunması istenilen hedef 1 görüntüsü

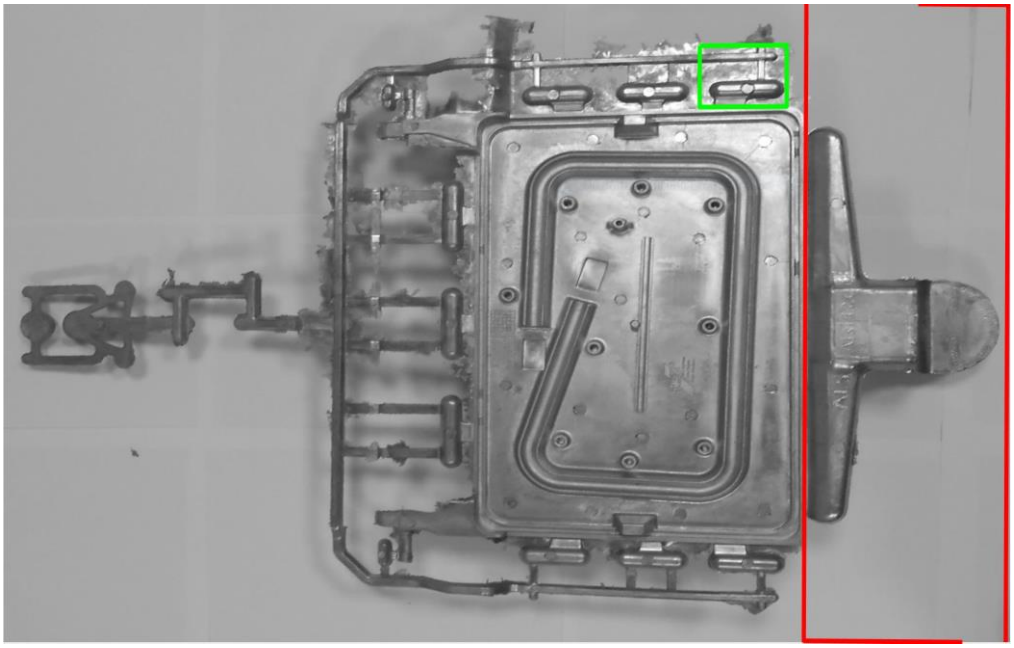


Şekil 3.9. Bulunması istenilen hedef 2 görüntüsü



Şekil 3.10. Bulunması istenilen kaynak görüntü

Program gerçeklendikten sonra çıktı görüntüsü girdi olarak girilen ‘bulunması istenilen kaynak görüntü’ üzerinde sadece kutu çizdirerek verilmektedir.



Şekil 3.11. Gerçeklenen programın sonuç çıktısı

3.4. Maliyet Analizi

Pasif sensör adasında kullanılmakta olan 13 adet sensör mevcuttur. Buradaki sensör adedini belirleyen kısıt, üretilmiş olan parçadır. 13 adet kontrol noktasında kullanılan sensör, SICK marka GRTE18S-P2412V modeli olan cisimden yansımalı sensördür. Bu sensörün fiyat aralığı ise 80-100$ seviyesinde olup bizim tedarik fiyatımız ise 75$'dır. Pasif sensör adasındaki toplam maliyet ise 13x75$= 975$ tutarını bulmaktadır. Bu kadar maliyetin yerine 100-200$ aralığında HD görüntü özellikli bir kamera tercih edilebilir. Görüntü işleme gerçekleştiren kamera fiyatları ise 2000$ civarındadır. Burada görüntü işlemesi için özel olarak üretilen kameralarda dahili yapısı olarak merkezi işlem birimleri mevcuttur. Merkezi işlem birimleri ise kameradan aldığı görüntüyü işleyip kullanıcı programı üzerinden koşturulan programı çalıştırmaktadır. Bu sebepten dolayı görüntü işleme kamera sisteminin maliyeti yüksektir. Tez 'de gerçeklenen hücre tipi robotlu üretim modelinde ise ERP bilgisayarı olduğundan dolayı maliyete bir etkisi olmamıştır. Eğer üretim modelinde bilgisayar dahil değilse maliyeti yükseltecektir. Görüntü işleme için kullanılacak olan bilgisayar ise üretimhanede olacağı için endüstri tipi olmak zorundadır. Aksi halde bilgisayarla ilgili sorunlar yaşanacaktır. Bu sorunlar ise ortamdaki yağ, kalıntılar ve havadaki gözle görülmeyen metal

parçacıklarının bilgisayara zarar vermesidir. Endüstri şartlarına uygun bilgisayarların fiyatı ise başlangıç seviyesi olarak IP standartlarına göre değişmekte olup ortalama 750$ seviyelerinden başlamaktadır. Hücre tipi robotlu üretim modeline bilgisayar ve kamera dahil edilip tezin amacına uygun sistem gerçeklenmek istenirse ortalama 1000$ 'lık yatırım maliyetinde olacaktır.

Hücre tipi robotlu üretim modelinde ERP bilgisayarı olduğundan harici bir bilgisayara ihtiyaç duyulmamıştır.

3.5. Süre Analizi

Hücre tipi robotlu üretim modelinde, üretimin her bir döngüsü ortalama 3 dakikadır. Bir döngü içerisinde yani 3 dakikalık zaman diliminde ekipmanların çalışmalarında bazı ölü süreler mevcuttur. Bu sürelerden bir tanesi de görüntü işleme için gerekli süre aralığını oluşturmaktadır. Buradaki sınırlayıcı kısıt yani görüntü işleme için gerekli olan süre ise lineer yağlama robotunun döngüsünü bitirip kendi döngü sonu sinyalini yüksek basınçlı döküm tezgahına göndermesidir. Lineer yağlama robotu için 30 saniyelik bir zaman dilimi mevcuttur. 30 saniyelik bir süre aralığı ise tez'de istenilen işlemi başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için yeterlidir (EK-1C'de 50 parça test süreleri mevcuttur.). Kullandığımız bilgisayar özelleklerine bağlı olarak bu görüntü işleme süremiz ortalama olarak 3 saniyedir (Bilgisayar özellikleri 4 çekirdekli temel hızı 2.3 GHz Intel i7 işlemci, 8 GB RAM 1600MHz ve 1 GB grafik bağdaştırıcısıdır.).

Pasif sensör adasında kullanılan 13 adet sensörden herhangi birisinin arıza yapması, kablosunun kopması veya sensörün kırılması durumlarında; sensörler sanayi ortam koşullarına dayanıklı üretildiklerinden dolayı tamir işlemi gerçekleştirilemez. Bir sensör arıza yaptığında veya kablosunu koptuğunda yeni ürün ile değişim yapılması gereklidir. Sensör bozulduğunda değişim işleminin gerçekleştirilme süresi ortalama 5 dakikadır. Eğer sensör kablosu değişimi gerçekleştirilecek ise 15-20 dakika arasında değişmektedir. Sensör kablosu değişim süresinin uzun olmasının sebebi ise kablonun kablo tavalarından geçirilmesidir. Pasif sensör adasında 13 adet sensör olduğundan burada geçen süreler sadece bir sensör üzerinden örneklendirilmiştir. Pasif sensör adasında birden fazla sensörün arıza yapması, kırılması, bozulması vs. gibi durumlarda ise buradaki süreler artacaktır. Tez'de hedeflenen ve gerçekleştirilen konu sensör yerine

kamera kullanımıdır. Burada kameranın arıza yapması durumunda veya kameranın kablosunun kopması durumunda bir yeni kamera ile değişiminin yapılması ortalama 5 dakika olarak öngörülmüştür. Kamera değişimi ile bir adet sensör değişim sürelerinin aynı olması sistemde arıza durumunda veya arıza tespiti durumunda daha hızlı bir aksiyon alınması sağlanacaktır. Eğer birden fazla sensör arızası veya kablo değişimi yapılacaksa bu durumda kamera değişimi ile aynı olan bu süre aralığı artacağından daha verimli olacaktır.

BÖLÜM 4. SONUÇ

Gerçeklenen program adımları sonucunda esas yapılması istenilen işlem yapılmıştır. Buradaki amaç sensör kullanımı yerine kamera ile tespit yapılmasıdır. Genel olarak bu işlemi yapan kameraların özellikleri çok yüksek olmaktadır. Bu uygulamada standart özellikli bir kamera ile var/yok sensör olarak kullanımını sağlamak mümkün kılınmıştır. Bölüm 3.4.'te kamera fiyatları verilmiştir.

SURF algoritması ile gerçekleştirilen uygulamanın herhangi bir alanda uygulanabilirliği vardır. Bu uygulama ile görüntü karşılaştırmaları yapılması sağlanmıştır. Döküm sektöründe daha farklı uygulamaların gerçekleştirilebilmesi için temel olarak tez'deki program alınabilir. Tez'de gerçekleştirilen uygulamada görüntüyü işleyecek donanım bilgisayar olduğundan dolayı tez konusunun geliştirilebilir olmasını mümkün kılmıştır. Geliştirilmesi mümkün olan konu ise OEE çatısı altında toplanabilir olmasıdır. Görüntünün işlendiği birim olan bilgisayar ve hücre tipi üretim modeli içine dahil olan bütün ekipmanlar lokal ağ içine dahil edilebilir. Görüntü alındıktan sonra lokal ağ üzerinde belirlenen bir konuma kaydedilebilir. Aynı zamanda ekipmanların parametreleri, sıcaklık vs. değerleri bu görüntüyle beraber kayıt altına alınabilir. Kameradan alınan örnek görüntülerini kalite bölümü inceleyebilir ve hangi tarihte hangi parçanın hangi değerlerle üretildiği kayıt altına alınabilir. Böylelikle hücre tipi robotlu üretim modelinde olan ekipmanların verimlilikleri hesaplanabilir. En kaliteli parça belirlenip bütün parametreler kaliteli parça üzerinden hesaplanabilir. Kalıp değişimleri sırasında kayıt altına alınmış olan parametreler, sıcaklık vs. değerleri ise daha önceden belirlenmiş olan parametre üzerinden kontrol edilebilir veya aynı parametre değerleri ekipmanlara girilebilir. Kalite'nin geçerli olarak onay verdiği parça 3 boyutlu görüntü oluşturularak her yönlü bir kalite kontrol sistemi geliştirilebilir olmasıdır.

EK'LER

EK-1A

Tez'de gerçekleştirilmiş programın MATLAB komutları aşağıdaki gibidir.

```
clc;

clear;

I = imread('C:\Users\Yavuz\Desktop\hedefparca.jpg');

hedefparca = rgb2gray(I);

I2 = imread('C:\Users\Yavuz\Desktop\hedefgoruntu.jpg');

I2RS = imresize(I2,[1080 1920]);

hedefgoruntu = rgb2gray(I2RS);

hedefparcanokta = detectSURFFeatures (hedefparca);

hedefgoruntunokta = detectSURFFeatures (hedefgoruntu);

[hedefozellik,hedefparcanokta] = extractFeatures (hedefparca, hedefparcanokta);

[kaynakozellik, hedefgoruntunokta] = extractFeatures (hedefgoruntu, hedefgoruntunokta);

hedefes = matchFeatures(hedefozellik, kaynakozellik);

hedefeslesen = hedefparcanokta(hedefes(:, 1), : );

kaynakeslesen = hedefgoruntunokta(hedefes(:, 2), : );

[tform] = ...

estimateGeometricTransform(hedefeslesen, kaynakeslesen, 'affine');
```

```
dikdortgen = [1,1;...

size(hedefparca, 2), 1;...

size(hedefparca, 2), size(hedefparca, 1);...

1, size(hedefparca, 1);...

1,1];

yenidikdortgen = transformPointsForward(tform, dikdortgen);

I3 = imread('C:\Users\Yavuz\Desktop\hedefparca2.jpg');

hedefparca2 = rgb2gray(I3);

hedefparca2nokta = detectSURFFeatures(hedefparca2);

[hedef2ozellik,hedefparca2nokta] = extractFeatures
(hedefparca2,hedefparca2nokta);

hedef2es = matchFeatures(hedef2ozellik, kaynakozellik);

hedef2eslesen = hedefparca2nokta(hedef2es(:, 1), : );

kaynakeslesen = hedefgoruntunokta(hedef2es(:, 2), : );

[tform]= ...

estimateGeometricTransform(hedef2eslesen,kaynakeslesen,'affine');

hedef2dd = [1,1; ...

size(hedefparca2, 2), 1; ...

size(hedefparca2, 2), size(hedefparca2, 1); ...

1, size(hedefparca2, 1);...

1,1];
```

```
yenihedef2dd = transformPointsForward(tform,hedef2dd);

figure;

imshow(hedefgoruntu);

hold on;

line(yenidikdortgen(:, 1), yenidikdortgen(:, 2), 'Color', 'g','LineWidth',3);

line(yenihedef2dd(:, 1), yenihedef2dd(:, 2), 'Color', 'r','LineWidth',3);

title('Bulunan Görüntü');
```

EK-1B

Yüksek basınçlı alüminyum döküm tezgahı kalıp değişim süreleri analiz tablosu aşağıdaki gibidir. Toplam devreye alınma süresi; Tezgah ilk sağlam parçayı üretene kadar geçen süredir. (Robot-Ada ayar süresi, devreye alınma sürelerine dahildir.)

Kalıp Değişimi Tekrarı	Kalıp Numarası	T.Devreye Alınma Süresi	Pasif Sensör Adası No	Sensör Adeti	Robot-Ada Ayar Süresi
1.	1	7 Saat	1	13	33 Dakika
2.	1	6 Saat	1	13	44 Dakika
3.	1	6 Saat	1	13	31 Dakika
4.	1	8 Saat	1	13	39 Dakika
5.	1	5 Saat 30 Dakika	1	13	37 Dakika
6.	1	7 Saat	1	13	42 Dakika
7.	1	7 Saat	1	13	40 Dakika
8.	1	6 Saat	1	13	35 Dakika
9.	1	8 Saat	1	13	45 Dakika

EK-1C

Baskı Numarası	Kalıp Numarası	Görüntü İşleme Süresi
1.	1	2,86 Saniye
2.	1	2,99 Saniye
3.	1	3,14 Saniye
4.	1	2,71 Saniye
5.	1	3,12 Saniye
6.	1	2,69 Saniye
7.	1	2,94 Saniye
8.	1	3,09 Saniye
9.	1	3,15 Saniye
10.	1	3,29 Saniye
11.	1	2,77 Saniye
12.	1	3,05 Saniye
13.	1	2,85 Saniye
14.	1	2,66 Saniye
15.	1	2,92 Saniye

16.	1	2,73 Saniye
17.	1	2,88 Saniye
18.	1	2,93 Saniye
19.	1	2,98 Saniye
20.	1	2,81 Saniye
21.	1	2,79 Saniye
22.	1	3,01 Saniye
23.	1	3,13 Saniye
24.	1	3,00 Saniye
25.	1	2,85 Saniye
26.	1	2,79 Saniye
27.	1	2,86 Saniye
28.	1	2,79 Saniye
29.	1	2,92 Saniye
30.	1	2,95 Saniye
31.	1	2,89 Saniye
32.	1	2,91 Saniye

33.	1	3,05 Saniye
34.	1	3,01 Saniye
35.	1	3,09 Saniye
36.	1	2,95 Saniye
37.	1	2,91 Saniye
38.	1	2,89 Saniye
39.	1	2,90 Saniye
40.	1	2,82 Saniye
41.	1	2,76 Saniye
42.	1	2,79 Saniye
43.	1	2,74 Saniye
44.	1	2,77 Saniye
45.	1	3,01 Saniye
46.	1	3,09 Saniye
47.	1	2,81 Saniye
48.	1	2,93 Saniye
49.	1	2,66 Saniye

KAYNAKÇA

Lowe, D. 2004. “Distinctive image features from scale-invariant keypoints.”, **International Journal of Computer Vision.** 60: 91-110.

Kutluk, S. 2012.”Yerel öznitelikler ile mamografi görüntülerinde doku yoğunluğunun sınıflandırılması.”, Yüksek lisans tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi,** 49 s.

Viola, P. and Jones, M. 2001. “Rapid object detection using a boosted cascade of simple features.”, **CVPR** (1):511-518.

Viola, P. and Jones, Michael. 2001. “Rapid object detection using a boosted cascade of simple features”, **Computer Vision and Pattern Recognition**, 2001.

Bouris D. and et al. 2010. Fast and efficient FPGA-based feature detection employing the SURF algorithm. **FCCM** 10:3-10.

Lindeberg, T. 1996. Scale-space: A framework for handling image structures at multiple scales.

Lindeberg, T. 1998. Feature detection with automatic scale selection. **International Journal of Computer Vision.** 30 (2): 79-116.

Evans, C. 2009. **Notes on the SURF Library**.

Herbert Bay, Tinne Tuytelaars, and Luc Van Gool. 2006. SURF:Speeded up robust features. **ECCV**. pp. 404-417.

Witkin, A. P. 1983. "Scale-space filtering", **Proc. 8th Int. Joint Conf. Art. Intell., pp.1019-1022**, Germany.

Brown, M. and Lowe, D.G. 2002. “Invariant features from interest point groups”. **British Machine Vision Conference**. pp.656-665.

Özdemir Hüseyin, Ocak 2018, “FPGA platformu için vivado HLS tabanlı SURF algoritmasının gerçeklenmesi’, **Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü.**

Atmaca Volkan, Haziran 2005, “Örme kumaşlardaki üretim hatalarının görüntü isleme teknikleri ile otomatik tespiti ve sınıflandırılması”, Yüksek lisans tezi, **İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü.**

Melih Kuncan, H.Metin Ertunc, Gurken Küçükyıldız, Berkan Hızarcı, Hasan Ocak, Sıtkı Öztürk, Eylül 2013, “Görüntü İşleme Tabanlı Zeytin Ayıklama Makinesi”,

Yüksek Lisans Tezi, **Kocaeli Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği ve Elektronik-Haberleşme Mühendisliği Bölümü.**

Şenel F. Ahmet,2013,"Görüntü işleme ve beş eksenli robot kol ile üretim bandında nesne denetimi",Yüksek lisans tezi, **Süleyman Demirel Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı.**

Yıldırım M. Yusuf, Mart 2019, "Gerçek zamanlı görüntü işleme temelli al-bırak yapabilen endüstriyel robot kol", Yüksek lisans tezi, **Karabük Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı.**

Tuğlu Muhammed Emre, Eylül 2017, "Endüstri 4.0'ın bir alüminyum döküm fabrikasında uygulanması", Yüksek lisans tezi, **Maltepe Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü.**

Φαλιάγκας, Κ. 2013. "Σύνθεζη Υψηλού Επιπέδοσ Τοσ Αλγορίθμοσ Opensurf". Student thesis, **National Technical University of Athens**, Greek, 99 p.

(URL1,2019), **https://uk.mathworks.com/help/matlab/** , Eylül 2019