

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÜRETİM OTOMASYON SİSTEMLERİNDE
ANTİGEOMETRİK YAYINIM İLE ÜRÜN YÜZEY
HATALARININ TESPİTİ**

Elektrik-Elektronik Müh. İbrahim KINALI

**FBE Elektrik Müh. Anabilim Dalı Kontrol ve Otomasyon Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Abdullah BAL

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	v
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. HATA TÜRLERİ VE TANIMA YÖNTEMLERİ	3
2.1 Hata Tanıma Yöntemleri	3
2.1.1 Dolgu Nüfuzu İncelemesi.....	3
2.1.2 Manyetik Parçacık Etkileşmesi.....	5
2.1.3 Akustik Model Analizi	5
2.1.4 Aktif Termografi	6
2.1.5 Görüntü İşleme	6
3. GÖRÜNTÜ İŞLEME.....	7
3.1 Görüntülerin Kaydedilmesi	7
3.1.1 Kapalı Ortamı	7
3.1.2 Aydınlatma	7
3.1.3 Kamera	8
3.2 Görüntü İşleme Tabanlı Hata Tespit Yöntemleri	10
3.2.1 RGB Dönüşüm.....	10

3.2.2	Koordinat Düzeltme	11
3.2.3	Yüzey Hatalarının Tespiti.....	11
3.2.3.1	Gradyent Kenar Bulma Algoritması	12
3.2.3.2	Laplas Operatörü.....	17
3.2.3.3	OTSU Uyarlamalı Eşikleme	17
3.2.3.4	Antigeometrik Yayınım Algoritması	18
4.	ANTİGEOMETRİK YAYINIM ALGORİTMASI	19
4.1	Antigeometrik Yayınım ile Kenar Bulma	20
4.2	Antigeometrik Yayınım ile Eşikleme	20
4.2.1	Sınıflandırma Ölçütleri.....	21
4.2.2	Antigeometrik Yayınım İle Bölütleme Algoritması	21
4.2.3	Bölgelerin Birleştirilmesi	22
4.3	Antigeometrik Yayınımın Uygulama Örnekleri	24
5.	ANTİGEOMETRİK YAYINIMIN ÜRÜN HATA TESPİTİNDE KULLANILMASI	26
5.1	Kayıt Ortamının Hazırlanması.....	31
5.1.1	Kapalı Ortam	31
5.1.2	Aydınlatma	32
5.1.3	Kamera	33
5.2	Hatanın Tespiti İçin Kullanılan Yöntemler	34
5.2.1	Koordinat Düzeltme	34
5.2.2	Arka Plandan Arındırma	36
5.2.3	Ortalama Filtre	39
5.2.4	İncelenecek Bölgelerin Ayrılması	40
5.3	Hata Tespiti	42
5.3.1	Ürünün Boyutu	42
5.3.2	Çerçeve Üzerindeki Çizginin Tespiti	43
5.3.3	Orta Kısımdaki Örgünün Çerçeve Dışına Taşma Hatası Tespiti	48
5.3.4	Orta Kısımdaki Örgünün Köşelerden Taşma Hatası Tespiti	51

5.3.4	Kenarda Bulunan Tırnakların Eğik veya Eksik Olması Hatası Tespiti.....	52
6.	SONUÇLAR ve ÖNERİLER	54
	KAYNAKLAR	55
	ÖZGEÇMİŞ	59

SİMGE LİSTESİ

∇f	Grenyent vektörü
G_x	Sobel maskesi x yönünde türevi
G_y	Sobel maskesi y yönünde türevi
$\nabla I(x, y)$	Bir I görüntüsünün x ve y koordinatındaki gradyenti
θ	Gri seviyelerin değişim açısı
θ_G	Gradyentin yönü
$*$	Konvolüsyon
σ	Gauss standart sapması
$S[i, j]$	Yumuşatılmış görüntü
$M(i, j)$	Gradyentin büyüklük değeri
$Q(i, j)$	Gradyentin açısı
$\nabla^2 f$	Laplas operatörü
σ_B^2	Sınıflar arası dağılım
$C1$	Otsu gri seviye değerleri sınıfı 1. grup
$C2$	Otsu gri seviye değerleri sınıfı 2.grup
P	Olasılık dağılım fonksiyonu
η	Kenar eğrisinin normal yönü
ξ	Kenar eğrisinin tanjant yönü
$I_x(i, j)$	Resmin x yönündeki ilk türevi
$I_y(i, j)$	Resmin y yönündeki ilk türevi
$I_{xx}(i, j)$	Resmin x yönündeki ikinci türevi
$I_{yy}(i, j)$	Resmin y yönündeki ikinci türevi
$I_{xy}(i, j)$	Resmin x ve y yönündeki türevi
E	Toplam karesel hata
ΔE_{ij}	Negatif olmayan değişim

KISALTMA LİSTESİ

AGY	Antigeometrik Yayınım
CCD	Charge Coupled Device
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
ECNDT	European NDT Community
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IES	The Illuminating Engineering Society of North America
IPA	International Publishers Association
ISSN	International Standard Serial Number
LHF	Linear Heat Flow
LED	Light Emitting Diode
PCB	Printed Circuit Board
RGB	Red Gren Blue

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Dolgu nüfuzu yönteminin işlemleri	4
Şekil 2.2 Manyetik malzemenin manyetik davranışı.....	5
Şekil 2.3 Akustik modelde çatlağın tespiti için kullanılan düzenek.....	6
Şekil 2.4 Aktif termografi yöntemi örneği.....	6
Şekil 3.1 Kapalı kayıt ortamı.....	7
Şekil 3.2 Çeşitli aydınlatma üniteleri.....	8
Şekil 3.3 Çeşitli kamera görüntüleri	9
Şekil 3.4 Lens çeşitleri.....	10
Şekil 3.5 RGB renkler.....	10
Şekil 3.6 Sobel kenar bulma metodu maskeleri	14
Şekil 3.7 Maske uygulanışı	15
Şekil 3.8 Laplas maskesi.....	17
Şekil 4.1 Kenar eğrisi.....	19
Şekil 4.2 AGY uygulama örneği-1	24
Şekil 4.3 AGY uygulama örneği-2	25
Şekil 5.1 Boyut hatası	26
Şekil 5.2 Yüzey çizik hatası	27
Şekil 5.3 Orta kısımdaki örgünün çerçeve dışına taşma hatası	28
Şekil 5.4 Orta kısımdaki örgünün köşelerden dışarı taşma hatası.....	29
Şekil 5.5 Tırnakların eksik veya eğik olması hatası	30
Şekil 5.6 Kapalı ortam resimleri.....	31
Şekil 5.7 Aydınlatma düzeneği	33
Şekil 5.8 Kamera resmi.....	33
Şekil 5.9 Lensin resmi.....	34
Şekil 5.10 Koordinat düzeltme algoritması.....	35
Şekil 5.11 koordinat düzeltme.....	36
Şekil 5.12 Arka plandan ayırma algoritması.....	37
Şekil 5.13 Arka plandan arındırma algoritması sonucu.....	38
Şekil 5.14 Ortalama filtresi	39
Şekil 5.15 Filtrenin parlaklık değerleri	39

Şekil 5.16 Ürünün bölgeleri	40
Şekil 5.17 Filtrenin ayrılmış bölgeleri	41
Şekil 5.18 Davlumbaz filtrenin resmi	42
Şekil 5.19 Boy kontrol resmi	43
Şekil 5.20 Ürünün yüzeyinde oluşan çizikler-örnek1	45
Şekil 5.21 Ürünün yüzeyinde oluşan çizikler-örnek2	47
Şekil 5.22 Orta kısmındaki örgünün taşma görüntüsü-örnek1.....	49
Şekil 5.23 Orta kısmındaki örgünün taşma görüntüsü-örnek2.....	50
Şekil 5.24 Orta örgünün köşeden taşma görüntüsü	52
Şekil 5.25 Tırnakların eksik veya eğik olması görüntüsü.....	53

ÖNSÖZ

.

Bu tezin hazırlanmasında katkıları bulunan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Abdullah BAL'a, bana her zaman yardım eden ve destekleyen arkadaşlarıma TÜBİTAK-BİDEB'e ve ayrıca hayatım boyunca benden yardım ve desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Bu tez çalışması Yıldız Teknik Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından 27-04-02-01 Nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

ÖZET

Günümüz küreselleşen pazar koşulları ve üretim faktörlerinin sınır tanımayan işleyişi, kalite olgusunu her zamankinden daha fazla ön plana çıkarmıştır. Yaklaşık 20 yıl önce kalite sadece ürün için telaffuz edilirken, bugün her boyutta günlük yaşantımızın bir parçası haline gelmiştir. Kalite kavramını bu denli ön plana çıkaran, yaşanan hızlı değişim sürecinde üretilen mal ve hizmetlerdeki çeşitlilik, teknolojik ilerlemeler ve bu gelişimlerin beraberinde getirdiği yeni rekabet koşullarıdır. Müşteriyi tatmin etmek için, müşteri gereksinim ve beklentilerini belirleyerek, bu gereksinim ve beklentilere uygun mal ve hizmeti, düşük maliyetle, kaliteli ve hızlı bir biçimde pazara sunmak gerekmektedir. Bu kapsamda yapılan bu proje kalite kontrol sistemlerinde otomasyonu devreye alacak ve kalite kontrolün daha hızlı ve verimli yapılmasını sağlayacaktır.

Bu bağlamda projemiz, hareketli bantlardan akan ürünlerin kameralar ile görüntüsünü almakta ve bundan sonra görüntü işleme tekniklerini gerçekleştirmek üzere çeşitli işlemlerden geçirmektedir. Burada görüntü alınırken sabit ışık altında alınması çok önemlidir. Aksi halde ışık yanılmalarına yol açabilir. İlk olarak alınan görüntü RGB(renkli) görüntüden gri seviyeli görüntü haline çevrilmektedir. Daha sonra bant üzerine gelişi güzel bırakılmış ürünler düzeltilmekte ve arka planlardan ayrılmaktadır. Arka plandan ayrılan görüntü incelenecek özelliklere göre kısımlara ayrılmaktadır. Çizik ve diğer hataların tespiti için her köşe ve her çerçeve ayrı ayrı ele alınmaktadır. Çizik ve Örgü taşmalarının tespiti için antigeometrik yayılımı metodu kullanılmıştır. Antigeometrik yayılım algoritmasında, adımsal türev yaklaşımı ile eşikleme yüzeyine doğru yayılım gerçekleşir ve belirli bir eşik yüzeyine yakınsama olur. Bu metot da uyarlamalı eşikleme yapılarak diğer eşikleme metotları karşısında avantaj sağlanmış oluyor. Algoritma sonucunda elde edilen görüntü daha sonra bölgelere ayrılmış ve yoğunluğu fazla olan değerler birleştirilerek eşiklenmiştir. Bunların dışında ürünün boyutu ve tırnakları kontrol edilmiştir. Hatası bulunan ürünlerde ekrana ürünün hatalı olduğuna ve hatanın nerede olduğuna dair iletiler verilmektedir.

Anahtar kelimeler: Görüntü işleme, hata tanıma, çizik tanıma, antigeometrik yayılımı.

ABSTRACT

In the Current globalisationing market conditions and quick changing production processes, quality has become more important than ever. 20 years ago quality used to be pronounced for only product, it now has become a part of our life. What has made quality ubderstanding so important are variability in production and services, technological developments, and the competition conditions which has come with these developments in the quick changing process. In order to satisfy the customer, product and service suitable for demands, should be presented to the market in a fast way with low cost, good quality. The proposed thesis study with this notion realizes the automation in system of quality control and let the quality control to be made in a faster and more efficient way.

This thesis is based on taking image from products on which moving lines and then application of some image processing techniques to detect surface defects. Once taken the image with RGB color, it should be converted to gray level image. Then, the picture of product is separated from the background. The image separated at the background is splitted in to some certain parts according to properties to be examined. In order to detect scracthes and other defects, each corner and fame are handled invidiually. In order to detect scracthes and other defects antigeometric diffusion method is used. In the antigeometric diffusion algorithm, diffusion towards the tresholding surface becomes with iterative derivation approaching and regarding happens to a certain tresholding surface. In this method, advantage is gained compared to the other tresholding methods by applying adaptive tresholding. Image resulted by the algoritm has some separated regions. Finaly, these regions are merged according to energy level of the each region. Additionally, dimension and nails of the product have been controlled. For the defected parts, a warning is shown which stating that the product is defected and where the defection is.

Keywords : Image processing, defects detection, crack dedection, antigeometric diffusion.

1. GİRİŞ

Endüstride, birçok kalite kontrol işlemi insanlar tarafından yapılmaktadır. Fakat, bu işlem geçen süre ve kişinin o anki durumuna bağlı olarak değişmektedir. %100 kontrol gerektiren yerlerde otomasyonlu kalite kontrol sistemleri kurmak gereklidir. Böylece zaman fark etmeksizin aynı kontrol işlemleri yapılmış olur. Özellikle görme tabanlı otomasyon ve hata tespit sistemlerine gereksinim her geçen gün artmaktadır. Bu tür sistemler tekstil endüstrisinden, sanayi ürünlerinin üretimine, ev gereçleri ve yapı malzemelerinin üretimine kadar çok geniş yelpazede kullanılmaktadır veya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sistemlerle hızlı, yüksek verimlilikte ve sürekli üretimler oluşturulması hedeflenmektedir.

Endüstride veya diğer üretim alanlarında hataların tespit edilebilmesi için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu hatalar endüstride ürünlerin çatlak, çizik, boyut ve bunun gibi hatalardan oluşurken binalarda, yollarda ve makinelerde meydana gelen hataların bulunması önemli olmuştur. Geliştirilen yöntemlerin yetmemesi araştırmacıları sürekli yeni araştırmalara itmiştir. Yapılan bu çalışmalarda görüntü işleme ile yapılanlar büyük önem kazanmaktadır. H. Elbehery, A. Hefnawy, ve M. Elewa (2005) görüntü işleme ve morfolojik operatörleri kullanarak seramik üzerindeki hataları tespit etmeye çalışmıştır. Zeljko F. Hocenski ve Emmanuel K Nyarko (2002) görüntü işleme işlemini yapay sinir ağı ile oluşturarak yüzey kalitelerini incelemiştir. Francis H. Y. Chan, F. K. Lam ve Hui Zhu (1998), Ming Hong Pi ve Hong Zhang(2005), Qin Li, Jane You, Lei Zhang ve Prabir Bhattacharya (2006) ve Esmeraldo dos Santos Filho, Yoshifumi Saijo, Tomoyuki Yambe, Akira Tanaka ve Makoto Yoshizawa (2006) hata tespitinde değişik uyarlamalı eşikleme yöntemleri kullanmışlardır. Süleyman Korkut ve Turgay Akbulut (2001) kerestede ki kusurların makineyle görüntülenmesini laser ve x-ışınlarıyla sağlamışlardır. Ali volkan Atlı, Oğuz Urhan, Sarp Ertürk ve Murat Sönmez (2005) kesici takım aşınmalarını canny filtre kullanarak incelemiştir. Alper Baştürk, Halil Ketencioğlu, Zeki Yuğnak, Cihat Yıldız ve M. Emin Yüksel(2005) Gabor filtre kullanarak tekstil kumaşlarındaki yerel hataları tespit etmişlerdir. K.T. Talele, S.T. Gandhe ve M.M. Shah(2006) PCB'ler üzerindeki hataları tespit etmek için morfolojik operatörler kullanmışlardır. Bunlar gibi hata bulma dışında görüntü işleme, cisimlerin tespiti için de kullanılır. D. Koç San ve M. Türker(2007) binaların yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden belirlenmesi üzerine çalışma yapmışlardır.

Bu tez çalışmasında da ürünlerin görüntü tabanlı hatalarının tespiti sonucu hatalı ürünler ile hatasız ürünler ayrıştırılabilecektir. Görüntü işleme algoritmasında en önemli işlemlerden biri olan eşikleme için antigeometrik yayılım algoritması kullanılmıştır. Yapılan uygulama otomasyon sistemine adapte edilebilir olduğundan dolayı kontrol işlemleri daha hızlı ve daha güvenilir olacaktır. Buda verimli bir şekilde kalite kontrol işleminin yapılmasını sağlayacaktır.

2. HATA TÜRLERİ VE TANIMA YÖNTEMLERİ

Endüstride, uluslararası standartlara göre belli bir modeldeki ürün değişik zamanlı üretimlerin tamamında aynı özelliklere haiz olmalıdır. Fakat yapılan üretimde tüm mamuller aynı özelliklere sahip olmuyor. Bu noktada, tanımlı olan özelliklere (ebat, renk, desen vb...) uymayan son mamullerin ayıklanması ihtiyacı oluşur.

Hataları 4 ana başlıkta sınıflandırabiliriz:

- 1 boyut hataları (ürün boyutunda meydana gelen problemler)
- 2) renk hataları (ürün renk tonlarında meydana gelen problemler)
- 3) yüzeysel hatalar (çizik, çatlak problemleri)
- 4) desen hataları (yüzeydeki desen problemleri)'dir.

2.1. Hata tanıma yöntemleri

Endüstrinin gelişimiyle beraber hataları tanıma içinde değişik yöntemler geliştirilmiştir. Artan üretim hızına karşın bu yöntemlerin çoğu yavaş kalmıştır. Bu yöntemler şu şekildedir.

- 1- Dolgu nüfuzu incelemesi
- 2- Manyetik parça etkileşmesi
- 3- Akustik model analizi
- 4- Aktif termografi
- 5- Görüntü işleme

2.1.1. Dolgu nüfuzu incelemesi

Pürüzsüz yüzeylerdeki çatlakları bulmak amaçlanmıştır. Bunun için çatlak yüzey bir dolgu maddesi ile doldurulur. Bu yöntem pürüzlü yüzeylerde işe yaramamaktadır. Bu yüzden kullanışlı bir yöntem değildir. Aşamalarını şu şekilde inceleyebiliriz:

İlk aşama olarak incelenecek yüzeye dolgu maddesi (boya kimyasalları) uygulanır. Dolgu maddesinin uygulanışı püskürtme veya daldırma ile gerçekleştirilir. Daha sonra yüzeyi yıkama işlemine geçilir. Yıkama işleminde dolgu malzemesinin kaybolmaması için yıkama suyunun sıcaklığı ve basıncı ayarlanır. Yıkama işleminden sonra kurutma işlemine geçilir. Bu işlemden önce sadece dolgu maddesine etki eden su ile erimeyen bir kimyasal uygulanır bu işlem incelemeyi kolaylaştırmaktadır. En son olarak kuruyan yüzey ultraviyole ışınlar altında incelenir. Şekil 2.1 de uygulama resimlerini görebiliriz.



(a)



(b)



(c)



(d)

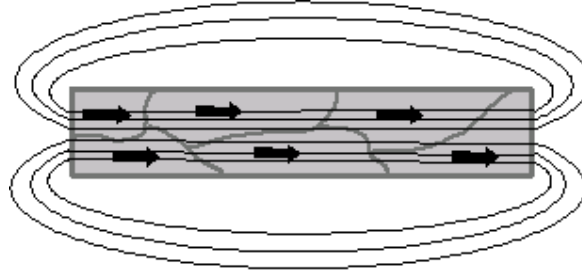


(e)

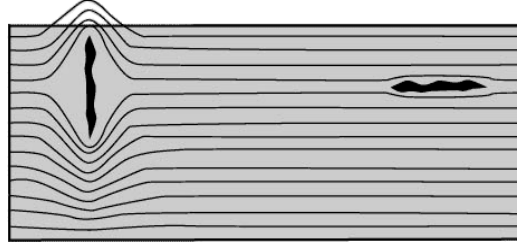
Şekil 2.1 Dolgu nüfuzu yönteminin işlemleri, (a) Çatlak yüzeye dolgu uygulaması, (b) Dolgu temizlenmesi, (c) dolgunun temizlendikten sonraki hali, (d) ,(e) Yüzeyin incelenmesi.

2.1.2. Manyetik parçacık etkileşmesi

Manyetik özelliklerin kullanılması ile gerçekleştirilmektedir. Bu uygulamada DC akım veya harici manyetik alan uygulanarak hatalı kısımların bulunması amaçlanmıştır. Hatalı kısımlar yüksek manyetik dirence sahip olduğundan bu durum yüzeydeki girinti ve çatlakların hava aralığı oluşturmalarına neden olmaktadır. Bu yöntem genellikle çelik levhalar, döküm işlemlerinde ve makine parçalarındaki hataların tespitinde kullanılmakta buda bu yöntemin uygulama alanına daraltmaktadır.



(a)

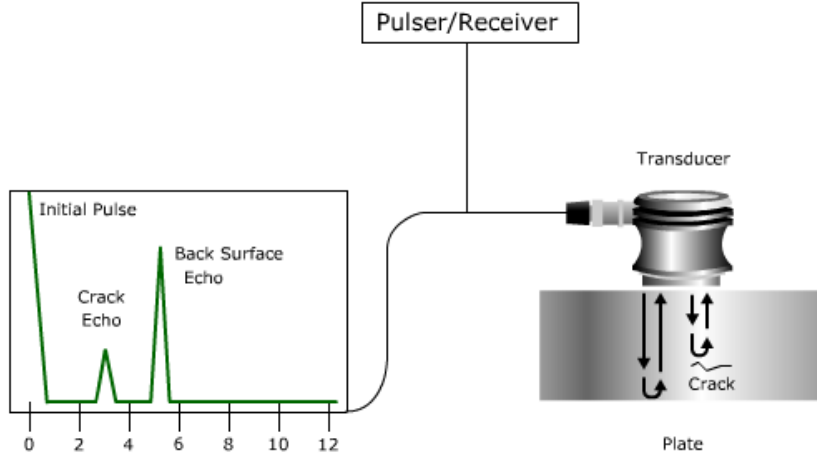


(b)

Şekil 2.2 Manyetik malzemenin manyetik davranışları (a) düzgün manyetik parça; (b) çatlak manyetik parça

2.1.3. Akustik model analizi

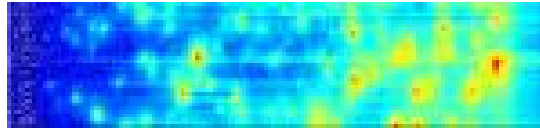
Hataların ses ötesi dalgalar(ultrasound) ile tespiti sağlanır. Bu dalgalar 2-10 MHz dalga boyu aralığındadır. Bu yöntem uzayda kullanılan malzemelerin yüzeylerinin, plastik malzemelerin, ahşap ve beton malzemenin incelenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemle malzemelerin içyapılarında bulunan hatalar incelenir. Maliyeti yüksek bir yöntemdir. Ve otomasyona uygun değildir. Bir örneği şekil 2.3’de gösterilmiştir.



Şekil 2.3 Akustik modelde çatlağın tespiti için kullanılan düzenek

2.1.4. Aktif termografi

Bu yöntem termal kamera kullanılarak gerçekleştirilen bir yöntemdir. Termal kamera ile alınan görüntü malzemede oluşan ısı yayınımlarını gösterir ve buna göre hatalı kısımlar ısı renk tablosuna göre tespit edilir. Bu yöntemin kullanıldığı bazı alanlar elektronik kartların hata tespitinde ve arabaların arka cam rezistanslarının düzgün çalışıp çalışmadığının kontrolün de kullanılır. Şeki 2.4’de bir örnek verilmiştir.



Şekil 2.4 Aktif termografi yöntemi örneği

2.1.5. Görüntü işleme

Kamera ile alınmış görüntünün, elektronik ortamda istenilen özelliklerinin belirgin hale getirilmesi için yapılan çalışmalardır. Bizim hata tanıma sistemimizde görüntü işleme yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntemi kullanmamızın amacı maliyetinin az olması, hızının ve veriminin yüksek olmasıdır. Aynı zamanda yapılacak programlama ile birden fazla hatayı tanıma özelliğine sahiptir ve geliştirilebilir. Bu yöntemi daha geniş bir şekilde ileriki bölümlerde inceleyeceğiz.

3. GÖRÜNTÜ İŞLEME

Bu bölümde kullandığımız görüntü işleme metodunun her aşamasını ayrı ayrı inceleyeceğiz.

- 1) Görüntülerin kaydedilmesi,
- 2) Hata tespitinde kullanılan yöntemler

3.1. Görüntülerin kaydedilmesi

3.1.1. Kapalı Ortam

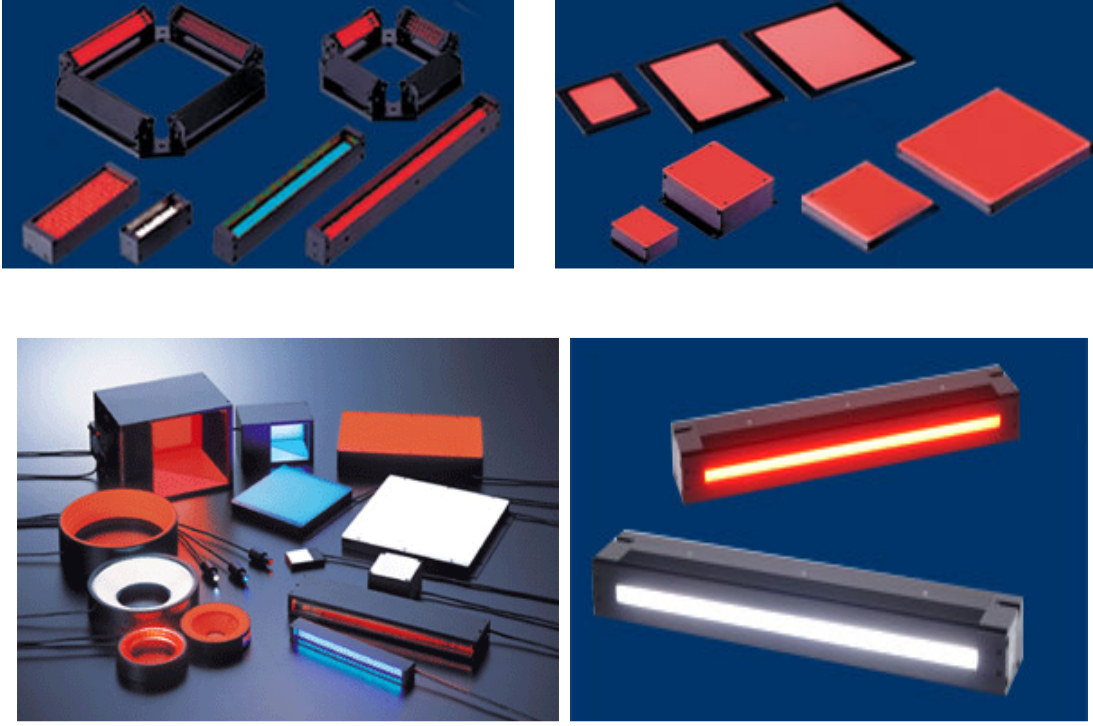
Kapalı ortam kameranın üründen görüntü aldığı kısımdır. Bu kısmın dış aydınlatmalardan arındırılması gerekmektedir. Bunun için kapalı bir ortam gerekmektedir.



Şekil 3.1 Kapalı kayıt ortamı

3.1.2. Aydınlatma

Kayıt ortamından sonra önemli bir konuda iyi bir aydınlatma ortamı sağlamaktır. Bu tür kamera aydınlatmalarında çok çeşitli aydınlatma ürünleri mevcuttur. Aydınlatma seçiminde hangi malzemenin görüntüsünün alınacağı ve hangi özelliklerin vurgulanacağı önemli bir unsurdur. Şekil 3.2 de bazı aydınlatma ürünlerinin resimleri gösterilmektedir.



Şekil 3.2 Çeşitli aydınlatma üniteleri

3.1.3. Kamera

Görüntü işlemenin iyi yapılabilmesi için gerekli unsurlardan biri de iyi bir kamera ile görüntülerin alınmasıdır. Kameranın çözünürlüğü değeri ne kadar yüksek olursa alınan görüntülerde o kadar ayrıntıya inilebilir. Ayrıca kameralar sensör tiplerine göre ikiye ayrılır. CMOS ve CCD kamera olmak üzere. Kısaca bunlar arasındaki farklara bakacak olursak:

- CMOS kameradan iyi bir görüntü almak için daha iyi bir aydınlatma ortamı istemektedir. CCD kameradan daha az aydınlatmalı ortamlarda iyi görüntü alınabilir.
- CMOS kameranın görüntüsü kamera ısındıkça kötüleşir. CCD kamerada ise böyle bir sorun yoktur.
- CMOS kameranın enerji tüketimi CCD kameraya göre daha azdır.

- CMOS kameralar CCD kameralardan daha ucuzdur.

Bu bilgilere göre alacağımız görüntünün özelliklerine göre kamera seçimimizi yapmalıyız. Şekil 3.3 de bazı kamera görüntüleri verilmiştir.



Şekil 3.3 Çeşitli kamera görüntüleri

Kameralar dışında lens seçimlerinin de görüntünün alınmasına büyük etkide bulunmaktadır. Görüntüsünü alacağımız ürünün boyutu ne kadar mesafeden görüntüyü alacağımıza göre lens seçimimizi yapmalıyız. ayrıca kamera sensörüne uygun lensi seçmek gerekir. Örneğin kamera sensörümüz 1/3" ise lensinde 1/3" veya 1/2" olması gerekir. Şekil 3.4 de bazı lens resimleri bulunmaktadır.



Şekil 3.4 Lens çeşitleri

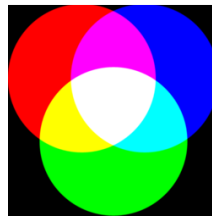
3.2. Görüntü İşleme Tabanlı Hata Tespit Yöntemleri

3.2.1 RGB Dönüşüm

Kamera ile elde edilen görüntü RGB özelliktedir. Böyle bir görüntü gri seviye bir görüntüye oranla daha büyük boyutludur. Bu da yapılan işlemlerin hızını düşürmektedir. Bu nedenle RGB görüntü gri seviye görüntüye çevrilerek işlemler devam ettirilmiştir.

RGB renk uzayı, İngilizcedeki 'Red' 'Green' 'Blue' ('Kırmızı' 'Yeşil' 'Mavi') kelimelerinin baş harflerinden ismini alan bir renk uzayıdır. Işığı temel alarak, doğadaki tüm renklerin kodları bu üç temel renge referansla belirtilir. Her renk %100 oranında karıştırıldığında beyaz ve %0 oranında karıştırıldığı zaman siyah elde edilir (Şekil 3.5).

1953'te ilk fotoğraf makinesi Polaroidde ve ondan sonra da televizyonlarda standart olarak bu renk sistemi kabul edilmiştir. Günümüzde de tüplü ekranlarda, tarayıcılarda, televizyon ve fotoğraf makinelerinde standart olarak kullanılır.



Şekil 3.5 RGB renkler.

Gri seviye ise bir görüntünün 0 ile 255 piksel değerleri kullanılarak oluşturulmasıdır. Başka bir deyişle siyahla başlayıp beyaz renkle tamamlanan bir kuşakta piksellerin değerlendirilmesidir.

Renkli alınan RGB (x,y,z) resim, gri seviyeye denklem (3.1) ile aktarılır.

$$\text{Gri Seviye} = 0.2989 * R (\text{Kırmızı}) + 0.5870 * G (\text{Yeşil}) + 0.1140 * B (\text{Mavi}) \quad (3.1)$$

Görüntü matrisine yukarıdaki formülü uygulayarak resmi siyah ve beyaz arasındaki kuşak olan gri seviyelerde görebiliriz. Bu işlem görüntü ile çalışırken hız ve kolaylık sağlayacaktır.

3.2.2 Koordinat düzeltme

Yapılan hata analizi sisteminde ürünü konum kaygısından kurtarmak ve ürünlerin dizilmesi gereksinimini ortadan kaldırmak için bant üzerinde rastgele bulunan ürününü arka plandan ayırmak için düzeltme işlemi yapılmaktadır. Koordinat düzeltmede çeşitli yöntemler mevcuttur. Bunlardan bazıları:

- 1- Şablon eşleştirme: Görüntü boyutunda oluşturulan şablon her seferinde açısı değiştirilerek görüntü ile çarpılır ve görüntünün açısı hesaplanır ve sonrasında görüntü ters istikamette döndürülerek düzgün hale getirilir.
- 2- Açı hesaplama: Alınan görüntünün köşeleri bulunur ve bu köşelerden ürünün açısı hesaplanır ve ters açıda döndürülür.

Bu yöntemlerden uygun olanı seçilir ve uygulanır.

3.2.3 Yüzey hatalarının tespiti

Yüzey hataları, çizikler, çatlaklar ve istenmeyen lekeler olarak sınıflandırılabilirler. Bu hataların bulunmasında kenar belirleme veya uyarlamalı eşikleme yöntemleri kullanılmaktadır. Çiziklerin saptanmasında birçok yöntem ve filtre şekli bulunmaktadır. Çiziklerin bulunmasında genellikle kenar bulma algoritmaları kullanılmaktadır. Kenar bulmanın asıl amacı görüntü içindeki istenilen detayların belirgin hale getirilmesidir.

Bunlardan bazılarını inceleyecek olursak.

- 1- Gradyent kenar bulma algoritması
- 2- Laplas kenar bulma algoritması
- 3- OTSU uyarlamalı eşikleme
- 4- Antigeometrik yayılım algoritması

3.2.3.1. Gradyent kenar bulma algoritması

Gradyent kenar bulma algoritması pikseller arası farkların hesaplanmasına dayalı bir yöntemdir. Görüntülerdeki kenar bölgelerinin gradyentleri orta kısımlara oranla daha yüksek olmaktadır. Bu da bu yöntemin uygulanabilir olmasını sağlamaktadır.

$$\nabla f = \begin{bmatrix} Gx \\ Gy \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

Gradyent vektör (x,y) noktasındaki f 'in maksimum değerinin yönündedir. Bu vektörün uzunluğu

$$\nabla f = mag(\nabla f) = [(Gx^2) + (Gy^2)]^{1/2} \quad \text{'dir.} \quad (3.3)$$

Bu değer ∇f önündeki $f(x,y)$ 'nin birim uzaklıktaki artışının maksimum değerinin yönündedir. Yaklaşık olarak şu şekilde verilebilir.

$$\nabla f \approx |Gx| + |Gy| \quad (3.4)$$

Gradyent vektörünün yönünün bulunmasında önemli bir husustur. (x,y) noktasındaki ∇f vektörünün yön açısı $\alpha(x,y)$ olmak üzere

$$\alpha(x,y) = \tan^{-1} \left(\frac{Gy}{Gx} \right) \quad \text{'dir.} \quad (3.5)$$

Bir resmin gradyentinin hesaplanması her pikselin $\frac{\partial f}{\partial x}$ ve $\frac{\partial f}{\partial y}$ kısmi türevlerinin hesaplanmasına bağlıdır.

Türevi birkaç şekilde hesaplamak mümkündür.

Gradyentin büyüklüğü belli bir eşik değerinden büyükse bu piksel değeri kenar noktası olarak tanımlanır. Buradaki eşik değeri, kenar kabul edilebilecek olan gri seviyesi değişiminin gradyent değeridir. Kenar görüntüsünün performansı seçilen eşik değeri ile yakından ilgilidir. Eşik değeri, gradyent değerleri büyük olanları küçük olanlardan ayıracak şekilde seçilmelidir. Uygun eşik değeri gradyentin histogramına bakılarak sağlıklı bir biçimde belirlenebilir. Genellikle eşik değeri maksimum gradyent değerinin % 5 ile %10 'u olarak seçilebilir. Kenar görüntüsünde eşik değerinden büyük bütün noktalar kenar noktası olarak tanımlanırsa, oluşan kenar görüntüsü ince çizgiler halinde değil kalın şeritler halinde görünecektir. İnce çizgiler elde etmek için kenar görüntüsüne kenar inceltme yöntemi uygulanır ve böylece kenar kalınlıkları, istenilen inceliğe getirilebilir.

Gradyent metoduna dayalı kenar tanıma sistemleri iki değişik şekilde uygulanabilir; bunlar yönlü ve yönsüz kenar operatörleri şeklindedir. $|\nabla I(x, y)|$ büyüklüğünü kullanan sistemlere yönsüz kenar operatörü adı verilmektedir. Çünkü bu sistem herhangi bir doğrultu için ayarlı değildir ve her yön için eşit ağırlıklı sonuçlar verir. Eğer sistem her hangi bir yön için ayarlanmışsa bu sistemlere yönlü kenar detektörü adı verilmektedir. Örnek olarak, $|\partial I(x, y)/\partial x|$ şeklindeki fonksiyonu kullanan bir sistem dikey doğrultudaki kenarları tanıırken yatay doğrultudaki kenarları tanımaz.

Gradyent kenar bulma algoritmasına dayalı sobel ve canny filtreleri incelersek.

a) Sobel kenar bulma metodu:

Sobel operatörün hem fark alma hem de düzgünleştirme konusunda daha avantaj sağlamaktadır. Türev alma işlemi gürültüyü artırdığı için düzgünleştirme özelliği Sobel operatörünü kullanmayı daha cazip hale getirmektedir.

Şekil 3.6'daki Sobel operatör maskelerine bağlı türevler şunlardır:

$$Gx = (Z_7 + 2Z_8 + Z_9) - (Z_1 + 2Z_2 + Z_3) \quad (3.6)$$

$$Gy = (Z_3 + 2Z_6 + Z_9) - (Z_1 + 2Z_4 + Z_7) \quad (3.7)$$

Z1	Z2	Z3
Z4	Z5	Z6
Z7	Z8	Z9

(a)

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

(b)

-1	0	1
-2	0	2
-3	0	3

(c)

Şekil 3.6 Sobel kenar bulma metodu maskeleri

Şekil 3.6.(a)resimden alınan 3x3 lük bir bölge (b)3x3lük bölgenin merkez pikselindeki değerin G_x değerini hesaplayan maske (c) 3x3lük bölgenin merkez pikselindeki değerin G_y değerini hesaplayan maske. Bu maskeler sobel operatörü olarak bilinir.

Örneğin, Şekil 3.7 (a) da orijinal resim , (b) de Şekil 3.6. de gösterilen maske ile hesaplanan $|G_x|$ değeri görülmektedir. $|G_x|$ Değerinin hesaplanması ile x eksenindeki kenarlar vurgulanmış oldu. (c) de ise (b) dekinin tersine y eksenini vurgulandı. (b) ve (c) resimlerinin gradyent'i (d) de görülmektedir.



a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 3.7 Maske uygulaması

b) Canny kenar bulma algoritması

1986 yılında John Canny tarafından geliştirilmiştir. Gradyentle hesaplanan maksimum noktaların bastırılması prensibine göre çalışır. Canny kenar bulma algoritması bir kaç adımda uygulanabilir.

Canny kenar bulma algoritmasını kullanırken öncelikle gaussian filtresinden geçirmek gerekmektedir. Daha sonra gradyenti hesaplanır. Sonraki adımda maksimum noktalar bastırılır ve bir eşikleme değeri kullanılarak kenar bilgileri çıkartılır. Şimdi bunların nasıl hesaplandığına bakarsak

a) Yumuşatma: $I(i,j)$; Orijinal görüntü, $G(i,j;\sigma)$; Gaussian yumuşatıcı filtre ve σ ; Gaussian filtresinin standart sapması (yumuşatma derecesi) olmak üzere, orijinal $I(i,j)$ görüntüsü ve $G(i,j;\sigma)$ filtresinin konvolüsyonu sonucu elde edilen yumuşatılmış görüntü $S[i,j]$ ile ifade edilmektedir.

$$S[i, j] = G[i, j, \sigma] * I(i, j) \quad (3.8)$$

b) Gradyentin hesaplanması: İlk olarak eşitlik (3.8)'de verilen $S[i,j]$ 'nin kısmi türevleri elde edilir. Bunlar:

$$P[i, j] \approx (S[i, j+1] - S[i, j] + S[i+1, j+1] - S[i+1, j]) / 2 \quad (3.9)$$

$$Q[i, j] \approx (S[i, j] - S[i+1, j] + S[i+1, j+1] - S[i, j+1]) / 2 \quad (3.10)$$

şeklindedir. x ve y kısmi türevleri 2×2 'lik kare matris üzerindeki sonlu farkların ortalaması alınarak hesaplanır. Buna göre gradyentin büyüklük değeri:

$$M(i, j) = \sqrt{P[i, j]^2 + Q[i, j]^2} \quad (3.11)$$

ve açısı:

$$Q[i, j] = \arctan(Q[i, j], P[i, j]) \quad (3.12)$$

olur.

c) Maksimum Olmayan Noktaların Bastırılması:

Gradyent algoritmasında, giriş görüntüsünün büyüklük değerinin gradyenti alınarak kenar pikselleri belirlemek mümkündür. Fakat Canny metodu karmaşık bir yaklaşıma sahiptir. Bu yaklaşıma göre bir kenar noktası, şiddeti gradyent vektörü yönünde lokal olarak maksimum olan bir nokta olarak düşünülebilir. Bu durum oldukça kısıtlayıcı bir durumdur ve eşikleme yöntemiyle bulunan kenar piksellerinden oluşan çizgileri inceltmek için kullanılan bu işleme Maksimum Olmayan Noktaların Bastırılması adı verilir. Bu işlemde sonra elde edilen $N[i,j]$ görüntüsü (3.13) ile ifade edilir.

$$N[i, j] = nms(M[i, j], \zeta[i, j]) \quad (3.13)$$

Yerel maksimum noktaları olarak kabul edilen noktalarda bu değer sıfırdır.

Buradan sonra görüntüde bir eşikleme değeri konur ve bu eşikleme değerinin altında olanları ile üstünde olanlar sınıflandırılarak kenar bilgilerini elde ederiz

3.2.3.2. Laplas Operatörü

2-D bir fonksiyonun Laplas'ı ikinci dereceden türevdir ve

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (3.14)$$

ile hesaplanır. Bu ifade resme birkaç yoldan uygulanabilir. 3x3 lük bir bölge için en çok kullanılan metot $\nabla^2 f = 4Z_5 - (Z_2 + Z_4 + Z_6 + Z_8)$ 'dir. Laplas operatöründe merkez pikselin ağırlığı pozitif diğer komşu piksellerin ağırlıkları ise negatif olmalıdır.

Laplas türev operatörü olduğu için ağırlıkların bazıları sıfır olmalıdır. Eğer ağırlıklarla çarpıldıktan sonraki sonuç değeri sıfır ise komşularla aynı değere sahip demektir. Laplas operatörü olarak şu maske kullanılabilir

0	-1	0
-1	4	-1
0	-1	0

Şekil 3.8 Laplas maskesi

Laplas operatörü gri ton geçişlerini vurguladığı halde birkaç nedenden olayı nadir olarak kullanılır. Bir ikinci türev operatörü olarak laplas operatörü gürültüye karşı çok hassas olmaktadır. Dahası Laplas iki tane kenar üretmektedir ve bundan dolayı kenar belirlenememektedir. Bunlardan dolayı laplas bir pikselin kenarın karanlık mı yoksa aydınlık mı tarafta olduğunu belirlemekte ikinci dereceden rol oynamaktadır.

3.2.3.3 OTSU Uyarlamalı Eşikleme :

Otsu algoritması görüntüdeki piksel değerlerinin dağılımlarına göre piksellerin kümelendirilmesini sağlamaktadır. Görüntünün piksel değerleri $L([1,2 \dots L])$ gri seviyesi ile temsil edilirse , i . seviyedeki piksel sayısı n_i olduğunda toplam piksel sayısı aşağıdaki şekildedir.

$$N = n_1 + n_2 + \dots n_i + \dots n_L \quad (3.15)$$

İki seviyeli eşik değeri seçiminde pikseller $[1,2, \dots t]$ ve $[t + 1 \dots L]$ gri seviye değerlerini

içeren $C1$, $C2$ gibi iki sınıfa ayrılmaktadır.

$$P_i = n_i / N \quad (3.16)$$

Olarak gösterilirse C_i kümeleri aşağıdaki gibi verilebilir.

$$C1: P1/\omega_1(t), P2/\omega_1(t) \dots P_t/\omega_1(t) \quad (3.17)$$

$$C2: P_{t+1}/\omega_2(t), P_{t+2}/\omega_2(t) \dots P_L/\omega_2(t) \quad (3.18)$$

Burada;

$$\omega(t) = \sum_{i=1}^t P_i \quad (3.18)$$

$$\omega(t) = \sum_{i=t+1}^L P_i \quad (3.19)$$

Olarak alınır. Otsu algoritması, sınıflar arası dağılımı (σ_B^2) maksimum yapacak uygun değer t^* eşik değerini belirlemektedir.

$$\sigma_B^2 = \omega_1 \omega_2 (\mu_2 - \mu_1)^2 \quad (3.20)$$

$$\mu_1 = \sum_{i=1}^t i P_i / \omega_1(t) \quad (3.21)$$

$$\mu_2 = \sum_{i=t+1}^L i P_i / \omega_2(t) \quad (3.22)$$

$$t^* = \text{ArgMax}\{\sigma_B^2(t)\} \quad 1 \leq t \leq L \quad (3.23)$$

Buna göre t değeri aranır ve eşik değeri kabul edilir.

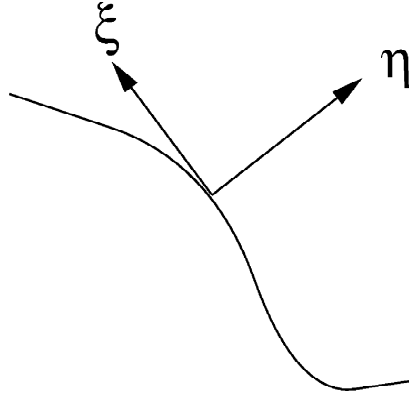
3.2.3.4 Antigeometrik Yayınım Algoritması

Bu eşikleme yöntemi sadece kenar bilgileri çıkarmakta değil resmi bölgelere ayırmak için kullanılmaktadır. Bu yüzden bu metotta elde edilen görüntülerde kenar bilgisinden çok resim içindeki farklılıkların öne çıktığını görülmektedir. Aynı zamanda bu algoritmanın kullanımından sonra morfolojik operatörlere gerek kalmamaktadır. Bölüm 4'te bu konu ayrıntılı bir şekilde incelenmektedir.

4. ANTİGEOMETRİK YAYINIM (AGY)

Bir standart uyarlamalı eşikleme yöntemi, görüntünün bazı özelliklerine göre (frekans, istatistiksel vb...) eşik yüzeyinin oluşturulması ve bu yüzeye göre sınıflama yapması temeline dayanmaktadır. Antigeometrik yayılım algoritmasında, adımsal türev yaklaşımı ile bu eşikleme yüzeyine doğru yayılım gerçekleşir. Nihai durumda belirli bir eşik yüzeyine yakınsama olur.

Tipik olarak kenar yönleri görüntüdeki eğim seviyelerinin tanjantları olarak adlandırılır. Burada, η normal yönü (gradyent yönü) tanımlar. ξ ise tanjant yönü tanımlamaktadır.



Şekil 4.1 Kenar Eğrisi

Bu yönler görüntünün ilk türevleri ile tanımlanır.

$$\eta = \frac{(Ix, Iy)}{\sqrt{Ix^2 + Iy^2}} \quad (4.1)$$

$$\xi = \frac{(-Iy, Ix)}{\sqrt{Ix^2 + Iy^2}} \quad (4.2)$$

Bu yönler görüntünün ilk türevleri ile tanımlanır.

Burada resmin kenar bilgilerini korumak için tanjant yayılımı ihmal edilir ve normal yayılım korunur. Eşitlik 4.3, temel normal yayılımı formülüne etmektedir.

$$\frac{\partial I}{\partial t} = \frac{I_x^2 I_{xx} + 2I_x I_y I_{xy} + I_y^2 I_{yy}}{I_x^2 + I_y^2} \quad (4.3)$$

4.1 Antigeometrik Yayınım ile Kenar Bulma

AGY'nin kenar bilgilerini hızlı bir şekilde ayırt edebilme özelliğinden dolayı antigeometrik yayınım yöntemi kenar bulma algoritması olarak da kullanılabilir. AGY klasik gradyent tabanlı kenar bulma algoritmalarına göre üstün özellikler sunmaktadır. Gradyent tabanlı kenar bulma algoritması direk olarak kenar bilgilerini çıkarır. Fakat AGY de görüntüye bir yumuşatma işlemi uygulanır. Bu işlem gürültüyü gradyent tabanlılara oranla daha güçsüz hale getirir.

Bu tip bir kenar bulma algoritmasının iki avantajını daha sayabiliriz. Birincisi, kenar pikselleri, aralarında birleştirilmiş şekilde modellenir. AGY kenar bulma algoritması birleştirilmesi gereken kenar piksellerini diğer kenar bulma algoritmalarına oranla daha iyi tespit eder. Bu sayede kenar bulma algoritması sonrasında morfolojik operatörlerin kullanımına gerek kalmamaktadır. İkinci avantajı kenar bulma algoritmaları, görüntünün sıfırcı geçiş laplasını bir kenar belirteci olarak kullanır. Buda birleştirilmiş kenarlarda bir tarafın piksel değerlerini azaltırken diğer tarafın piksel değerlerini artırır. Bunu engellemek için Gaussian kernel filtre uygulanır ki bu işlem görüntünün bozulmasına sebep olmaktadır. AGY bu sorunu ortadan kaldırmaktadır.

4.2 Antigeometrik Yayınım ile Eşikleme

Uyarlamalı eşikleme için AGY'nin kullanımında eşikleme yüzeyi oluşturulur ve daha sonra görüntünün pikselleri sınıflandırılır. Sınıflandırmanın iterasyonlar esnasında ya da tüm iterasyonlar tamamlandıktan sonra yapılmasında temel kriter zamandır. Görüntü içinde objelerin sınırlarındaki piksellerin değerlerinde yayınım sırasında önemli değişiklikler olmaktadır ve sınıflandırma işlemi daha kolay gerçekleştirmektedir. Piksellerin durumlarına göre parlaklık değerleri artar veya azalır.

Eğer yeteri kadar yayınımın gerçekleşmesi beklenirse görüntü içinde objelerin sınırlarında bulunan piksellerdeki değişim daha belirgin hale gelir ve sınıflandırma daha kolay gerçekleştirilir.

4.2.1. Sınıflandırma Ölçütleri

Sınıflamaya başlamada tek kriter başlama zamanı değildir. Yayınım sırasında sınıflandırma yapılırken ilk iterasyondan hemen sonra sınıflandırmaya gidilmemeli piksel değerlerine bakılarak sürekli artış ve sürekli azalış olan pikseller sınıflandırılmalıdır. Görüntüde gürültü şeklinde bulunan beyaz parlak noktalar bu şekilde ortadan kaldırılmış olur.

Buna göre sınıflama yapılırken tek bir kriteri ölçüt almamak gereklidir. AGY algoritması uygulanırken önce görüntü bölümlere ayrılır, daha sonra ayrılan bölümler özelliklerine göre birleştirilerek bölümlerin sayısı azaltılır.

4.2.2 Antigeometrik Yayınım İle Bölütleme Algoritması

AGY algoritmasının uygulaması her iterasyonda iki adımdan oluşmaktadır. Birincisi görüntü piksel değerleri yayınım ile yeni değerlere ulaşır. İkinci adım ise sınıflandırma kriterlerine uyan pikseller sınıflandırılır. Algoritma bu şekilde bitiş durumuna gelene kadar devam eder.

a) Türevlerin hesaplanması:

AGY algoritması resmin birinci ve ikinci türevlerini kullanmaktadır. Bunların hesaplanmasını aşağıdaki formüllerle gerçekleştirmekteyiz.

$$I_x(i, j) = (I(i + 1, j) - I(i - 1, j)) / 2\Delta x \quad (4.4)$$

$$I_y(i, j) = (I(i, j + 1) - I(i, j - 1)) / 2\Delta y \quad (4.5)$$

$$I_{xx}(i, j) = (I(i + 1, j) - 2I(i, j) - I(i - 1, j)) / (\Delta x)^2 \quad (4.6)$$

$$I_{yy}(i, j) = (I(i, j + 1) - 2I(i, j) - I(i, j - 1)) / (\Delta y)^2 \quad (4.7)$$

$$I_{xy}(i, j) = (A - B) / 4\Delta x\Delta y \quad (4.8)$$

$$A = I(i + 1, j + 1) - I(i - 1, j - 1) \quad (4.9)$$

$$B = I(i + 1, j - 1) - I(i - 1, j + 1) \quad (4.10)$$

Burada

$I(i, j)$: Orijinal resim

$I_x(i, j)$: Resmin x yönündeki ilk türevi

$I_y(i, j)$: Resmin y yönündeki ilk türevi

$I_{xx}(i, j)$: Resmin x yönündeki ikinci türevi

$I_{yy}(i, j)$: Resmin y yönündeki ikinci türevi

$I_{xy}(i, j)$: Resmin x ve y yönündeki türevidir.

b) Eşikleme yüzeyinin hesaplanması

Eşikleme yüzeyi $I_{\eta\eta}$ 'nin hesaplaması şu şekildedir,

$$I_{\eta\eta} = [A + 2B + C]/[I_x(i, j) + I_y(i, j)] \quad (4.11)$$

$$A = I_x^2(i, j)I_{xx}(i, j) \quad (4.12)$$

$$B = I_x(i, j)I_y(i, j)I_{xy}(i, j) \quad (4.13)$$

$$A = I_y^2(i, j)I_{yy}(i, j) \quad (4.14)$$

Elde edilen bu eşikleme yüzeyi daha sonra görüntüye eklenerek görüntünün bölümleri belirginleşir.

$$I(x, y) = I(i, j) + \Delta t I_{\eta\eta} \quad (4.15)$$

Bu işlem iteratif olarak görüntüdeki bölgeler ayrılincaya kadar devam ettirilir.

Her bir yayılım adımından sonra sınıflandırılmayan piksellerin parlaklık değerlerine bakılarak uygun sınıflara atama yapılır. Sınıflandırmanın son bulması ne kadar pikselin sınıflandırılmasını istediğimiz ile ilgilidir. Ne kadar çok pikseli sınıflandırırsak o kadar zaman geçmektedir. Bununla beraber yayılım zamanını ne kadar uzun tutarsak sınıflandırma o kadar iyi sonuç vermektedir.

4.2.3 Bölgelerin Birleştirilmesi

Her bir R_i bölgesinin μ_i ortalaması hesaplanır. Daha sonra, orijinal görüntü ile bölgenin kısımlarındaki toplam karesel hata hesaplanır.

$$E = \sum_i E_i \quad (4.16)$$

$$E_i = \sum_{R_i} (I - \mu_i)^2 \quad (4.17)$$

Toplam hata her zaman artar, hiçbir zaman azalmaz. Eğer her iki bölgeyi birleştirirsek

$R_{ij} = R_i \cup R_j$ yeni ortalama μ_{ij} μ_i , μ_j nin yerini alır. E 'deki negatif olmayan değişim ΔE_{ij} dir.

$$\Delta E_{ij} = E_{ij} - E_i - E_j \quad (4.18)$$

$$E_{ij} = \sum_{R_{ij}} (I - \mu_{ij})^2 \quad (4.19)$$

Birleştirme işleminde kriterler, ΔE_{ij} 'deki artışın ϵ 'dan az olması veya kalması istenilen bölge sayısıdır.

Bu birleştirme esnasında bölgelerin fazla olması nedeniyle ortalamaların hesaplanması toplam hataların bulunması çok zaman almaktadır. Bunun önüne geçmek için aşağıdaki gruplandırmalar oluşturulmuştur.

A_i = bölgedeki piksel sayısı

S_i = bölgedeki piksel değerler toplamı

Q_i = bölgedeki piksel değerleri toplamının karesi

$\mu_i = S_i/A_i$ bölgenin ortalaması

$$E_i = Q_i - 2\mu_i S_i + \mu_i^2 A_i \text{ bölgedeki karesel hata} \quad (4.20)$$

Bu gruplandırma ile iki bölge birleştirilirken daha az hesap yapılmış olacaktır.

$$R_{ij} = R_i \cup R_j \quad (4.21)$$

$$A_{ij} = A_i + A_j \quad (4.22)$$

$$S_{ij} = S_i + S_j \quad (4.23)$$

$$Q_{ij} = Q_i + Q_j \quad (4.24)$$

$$\mu_{ij} = S_{ij}/A_{ij} \quad (4.25)$$

$$E_{ij} = Q_{ij} - 2\mu_{ij} S_{ij} + \mu_{ij}^2 A_{ij} \quad (4.26)$$

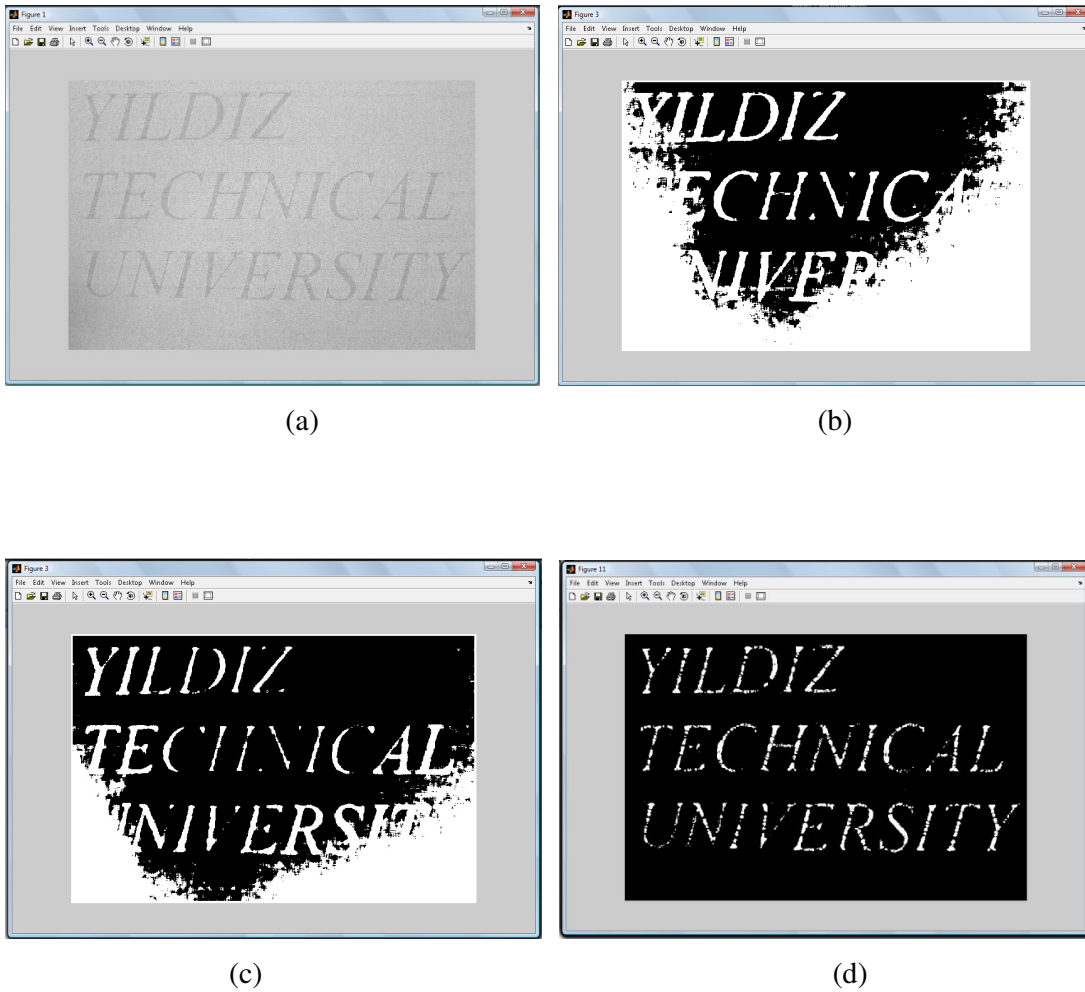
$$\Delta E_{ij} = \mu_i S_i + \mu_j S_j - \mu_{ij} S_{ij} \quad (4.27)$$

Böylece ekstradan hesaplamalardan kurtulmuş olunur. Hesaplamalar için gereken zaman ve bellek kapasitesi azaltılmış olmaktadır.

4.3 AGY'nin Uyarlamalı Eşikleme Uygulaması

Bu bölümde iki farklı uygulama için AGY'nin uyarlamalı eşikleme özelliği kullanılmıştır. Birinci uygulamada harfler içeren bir resmin eşiklenmesi sonucu incelenmiştir. İkinci uygulamada ise AGY'nin ürün yüzeylerinde oluşmuş çiziklerin tespitinde kullanımı gerçekleştirilmiştir.

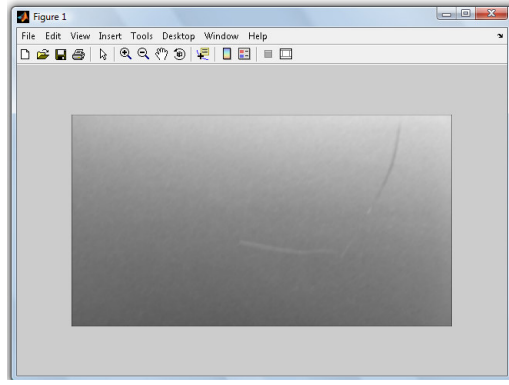
Şekil 4.2 (a) orijinal resmi göstermektedir. (b) ve (c) çeşitli eşiklemeler uygulanarak elde edilen görüntüleri oluşturmaktadır. (d) AGY algoritmasının uygulanması sonucu oluşan görüntüdür.



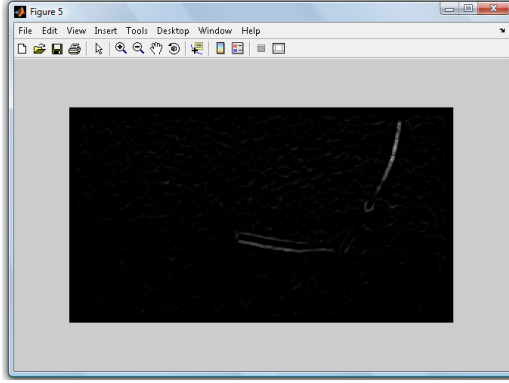
Şekil 4.2 AGY uygulama örneği-1



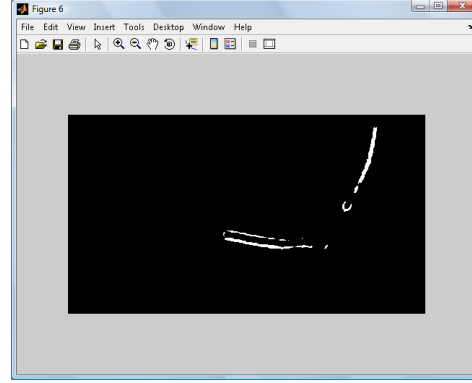
(a)



(b)



(c)



(d)

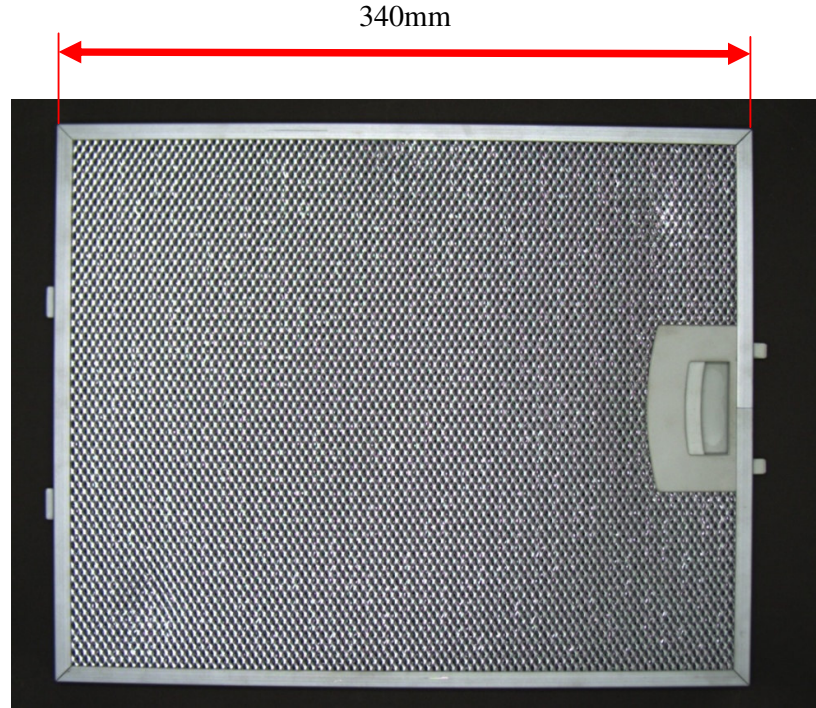
Şekil 4.3 AGY uygulama örneği-2

Şekil4.3'de (a) orijinal resmi göstermektedir. (b) incelenek çizik kısmın çerçeveden ayrılmış görüntüsü (c) AGY algoritmasının bölütleme formülleri uygulanması sonucu oluşan yani iterasyonlar sonunda elde edilen görüntüdür. (d) bölgeleri birleştirme işlemi yapılmış görüntüdür.

5. AGY' NİN ÜRÜN HATA TESPİTİNDE KULLANILMASI

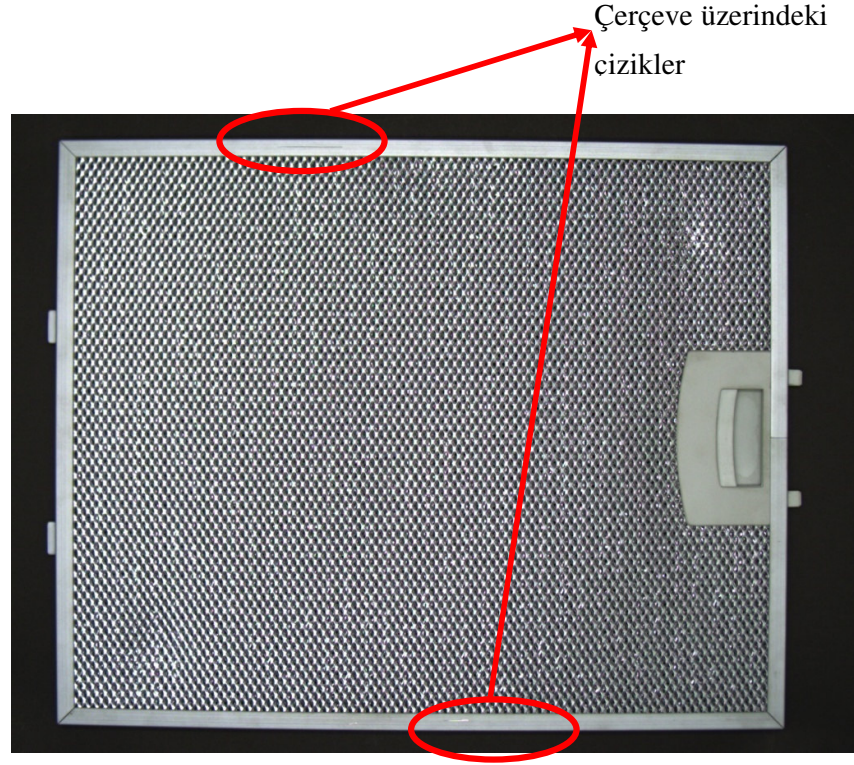
Bu çalışmada davlumbazlarda kullanılan 250 x 310 mm boyutlarındaki filtreler kullanılmıştır. Kullanılan ürün gri renkli alüminyum rengindedir. Üründeki hatalar farklı farklı ele alınmıştır. Ele alınan hatalar

1- Ürünün boyutu



Şekil 5.1 Boyut hatası

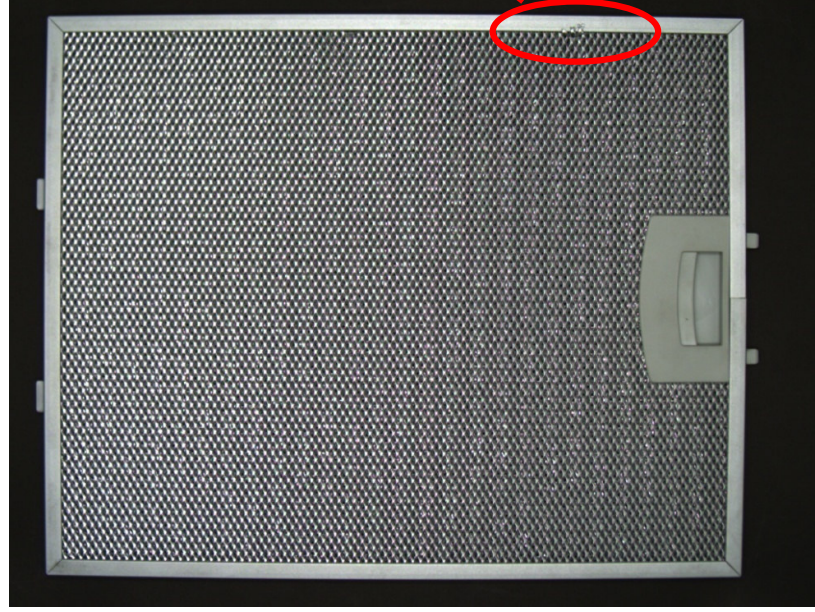
2- Çerçeve yüzeyindeki çizikler



Şekil 5.2 Yüzey çizik hatası

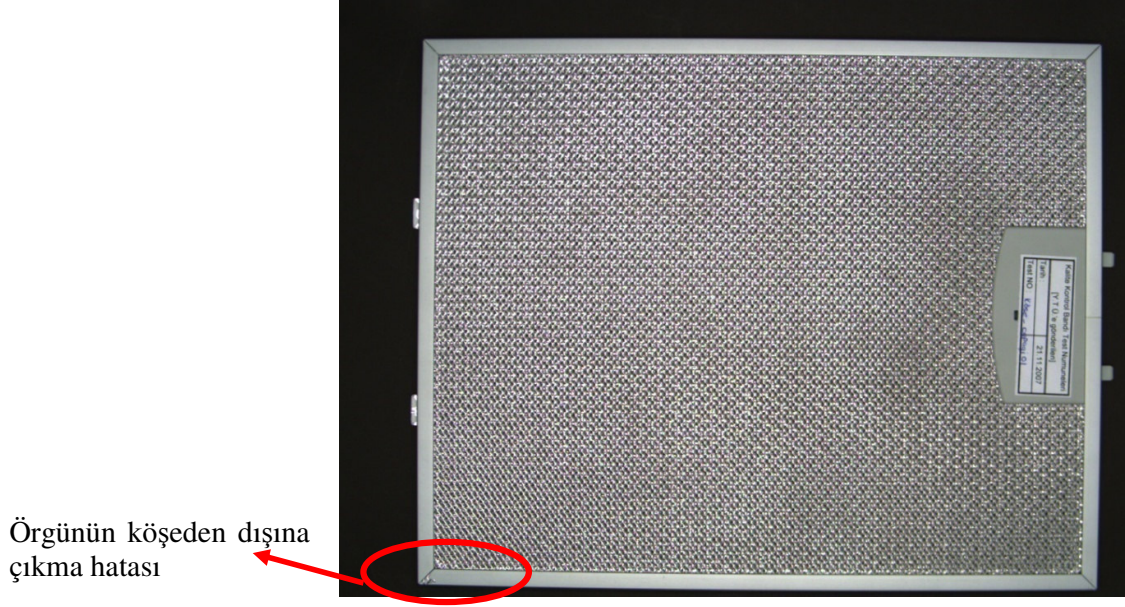
3- Orta kısımda bulunan örgünün çerçeve dışına taşması

Örgünün çerçeve dışına
çıkma hatası



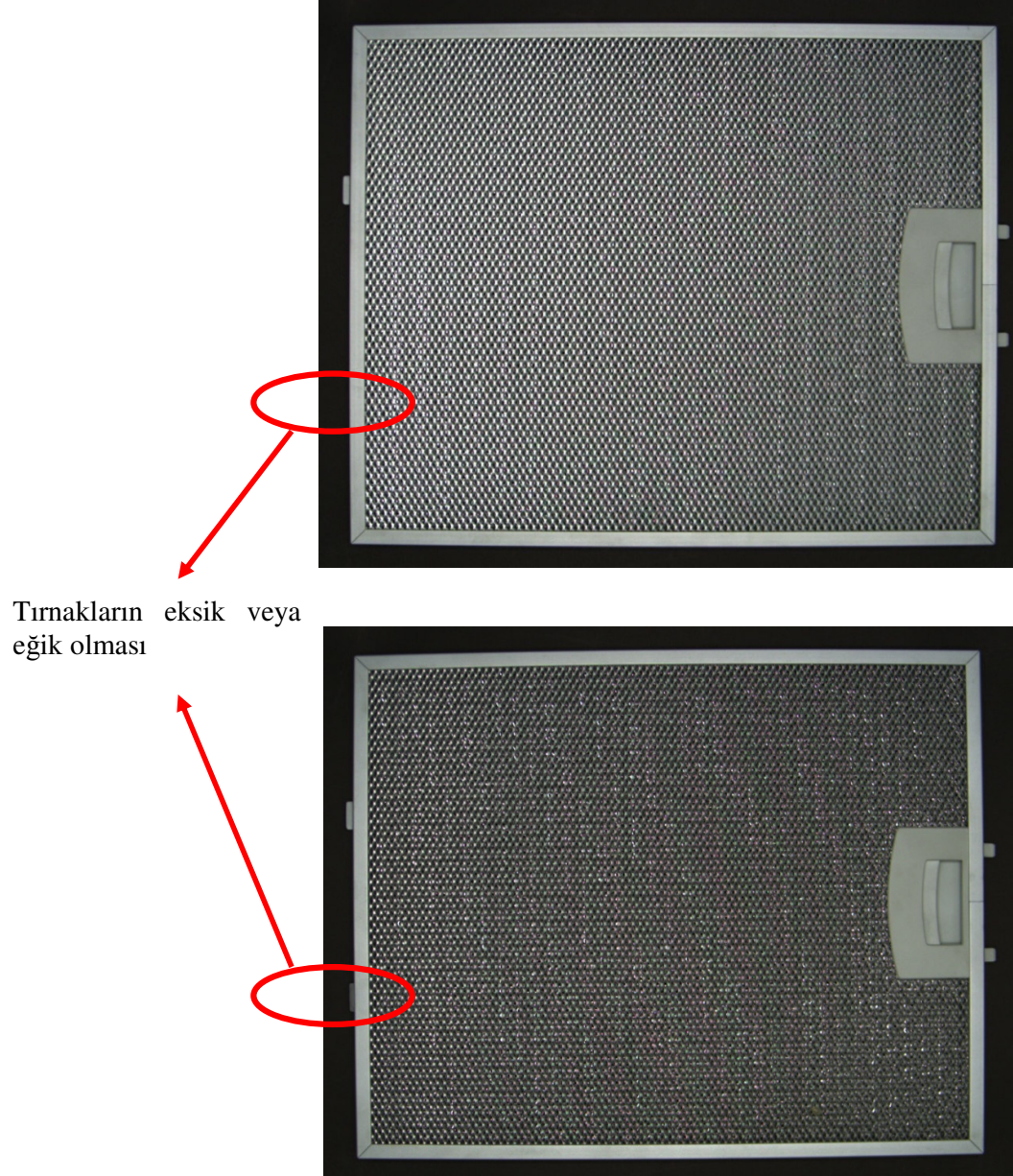
Şekil 5.3 Orta kısımdaki örgünün çerçeve dışına taşma hatası

4- Orta kısımda bulunan örgünün köşelerden taşması



Şekil 5.4 Orta kısımdaki örgünün köşelerden dışarı taşma hatası

5- Kenarda bulunan tırnakların eğik veya eksik olmasıdır.



Şekil 5.5 Tırnakların eksik veya eğik olma hatası

İleriki konularda bunların tespiti ile ilgili daha geniş yer verilecektir.

5.1 Kayıt Ortamının Hazırlanması

5.1.1 Kapalı Ortam

Kapalı ortamın bizi dış aydınlatmalardan kurtarması gerekmektedir. Bunun için aşağıda resmi bulunan kapalı ortam kullanılmıştır.



(a)



(b)



(c)



(d)

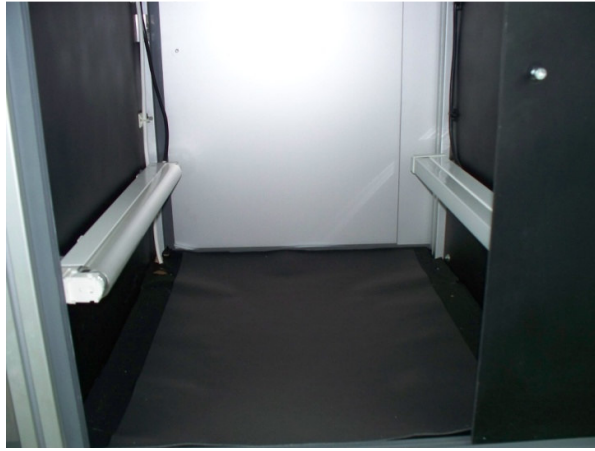
Şekil 5.6 Kapalı ortam resimleri

5.1.2. Aydınlatma

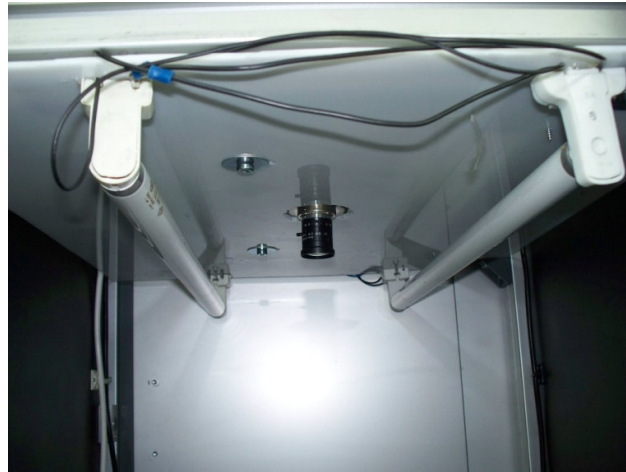
İlk önceleri kapalı sistemimizle beraber bize gelen aydınlatmalar kullanılmış fakat bunlarda bazı sorunlarla karşılaşmıştır. Bunlar

- 1- Yeteri kadar aydınlatma sağlamaması
- 2- Düşük frekansda olması sebebi ile ışığın titreşmesidir.

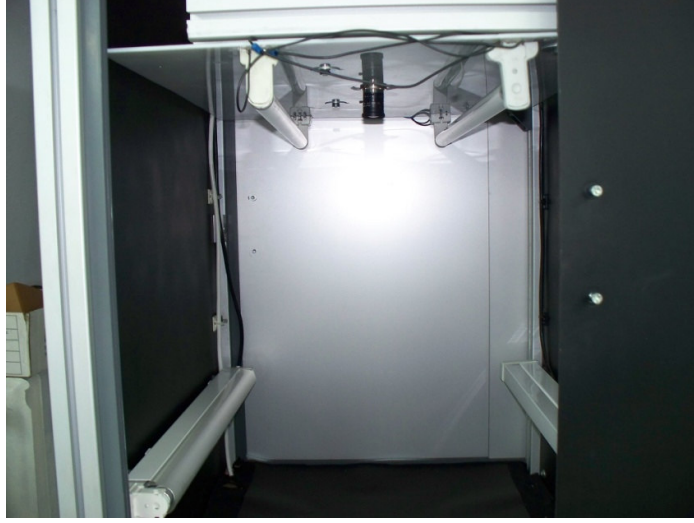
Daha sonra yeni bir düzenek kurularak frekans yükseltici balastlar yardımı ile ışık kaynaklarının frekansları yükseltilmiş ve yerleri değiştirilerek ürünün kutu içinde daha iyi aydınlatılması sağlanmıştır. Işıklandırma ile ilgili görüntüler şekil 5.7’de verilmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 5.7 Aydınlatma düzeneği (a) Sadece yan kenar aydınlatmalı düzene, (b) aydınlatmanın yetersiz olmasından dolayı eklenen lambalar, (c) aydınlatma sisteminin son hali

5.1.3. Kamera

Bu projede görüntüleri almak için kullanılan kamera pixelink markasının PL-B776U kamerası ve computer M3Z1228C-MP model lensdir.



Şekil 5.8 Kamera resmi

Kameranın Özellikleri:

- 3.2 megapiksel (2048 x 1536 piksel)
- CMOS sensör
- Piksel alanı $3.2\mu\text{m} \times 3.2\mu\text{m}$
- USB 2.0 bağlantı



Şekil 5.9 Lensin resmi

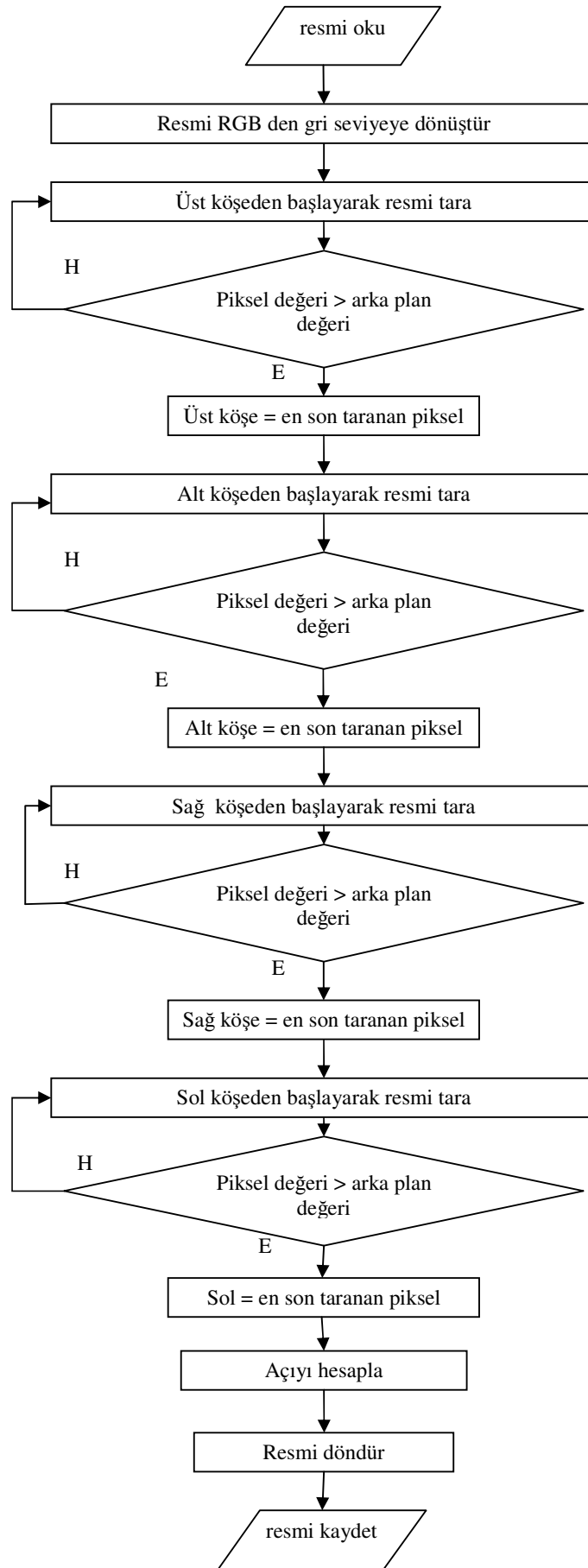
Lensin Özellikleri:

- 12-36 mm
- 2/3" mercek çapı

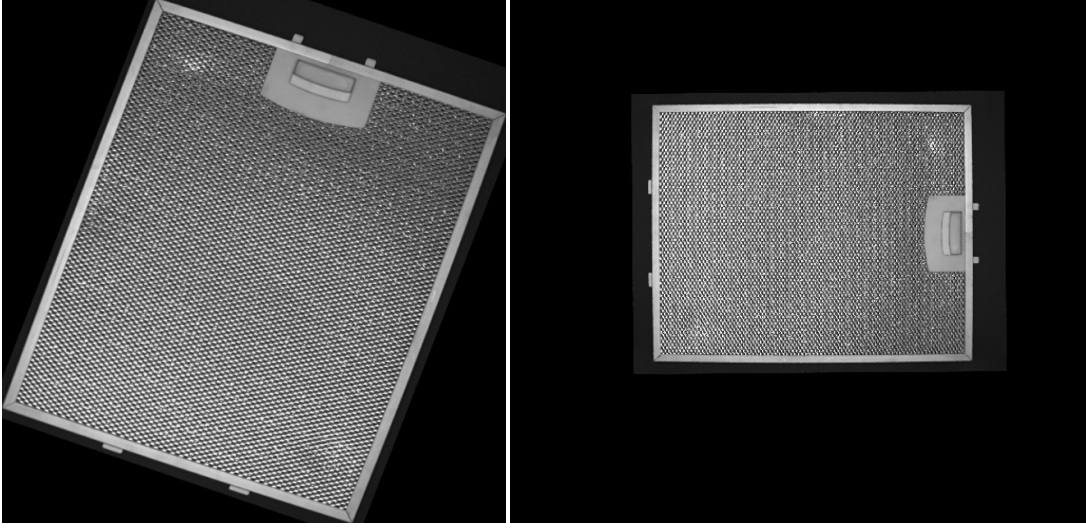
5.2 Hatanın Tespiti İçin Kullanılan Yöntemler

5.2.1. Koordinat Düzeltme

Yapılan hata analizi sisteminde ürünü konum kaygısından kurtarmak ve ürünlerin dizilmesi gereksinimini ortadan kaldırmak için bant üzerinde rastgele bulunan ürününü arka plandan ayırmak için düzeltme işlemi yapılmaktadır. Bunun için köşelerin saptanması gerekmektedir. Öncelikle resmi RGB görüntüden gri seviyeli görüntüye çevrilir. gri bölgenin yoğunluk değerinin siyahtan farklı olması nedeni ile elimizdeki resmi her bir köşeden tarayarak köşeleri tespit ediyoruz. Köşeler bulunduktan sonra bulunan köşelerden resim üzerindeki ürünün duruş açısını hesaplayarak bu açı kadar geri döndürüyoruz. Şekil 5.10 da koordinat düzeltme algoritması gösterilmiştir.



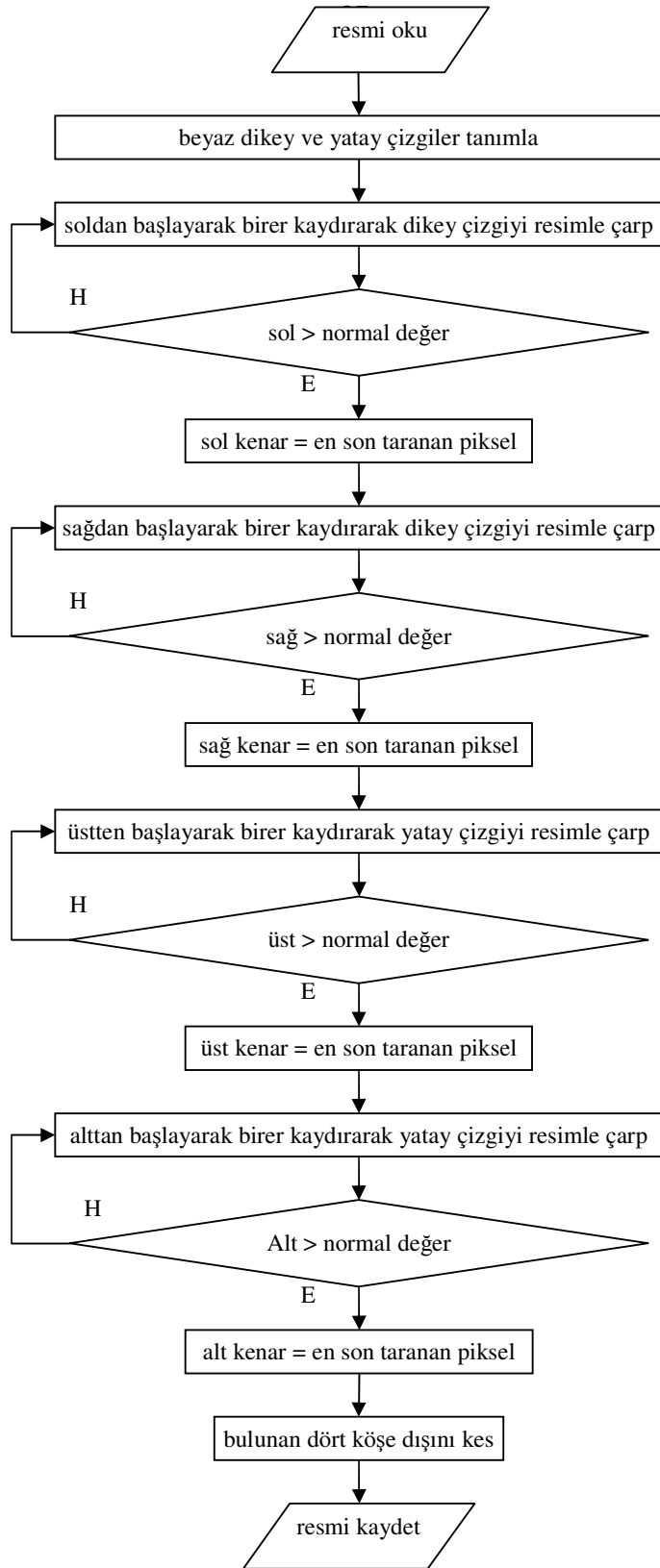
Şekil 5.10 koordinatları düzeltme algoritması.



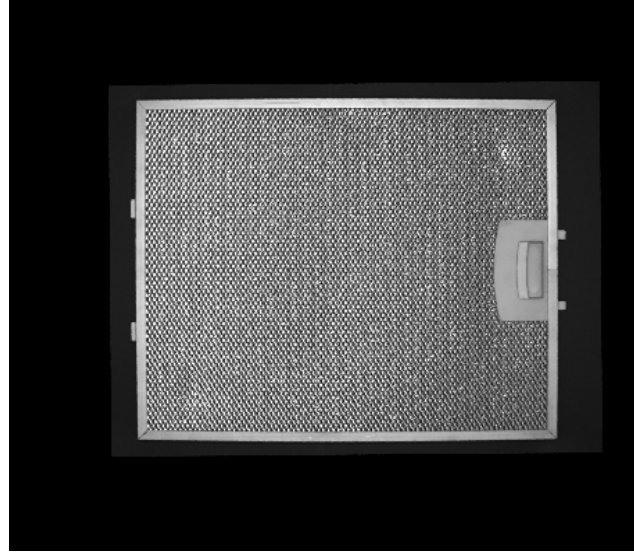
Şekil 5.11 Koordinat düzeltme, (a) koordinatı düzgün olmayan görüntü, (b) Koordinatı düzeltilmiş görüntü

5.2.2. Arka Plandan Arındırma

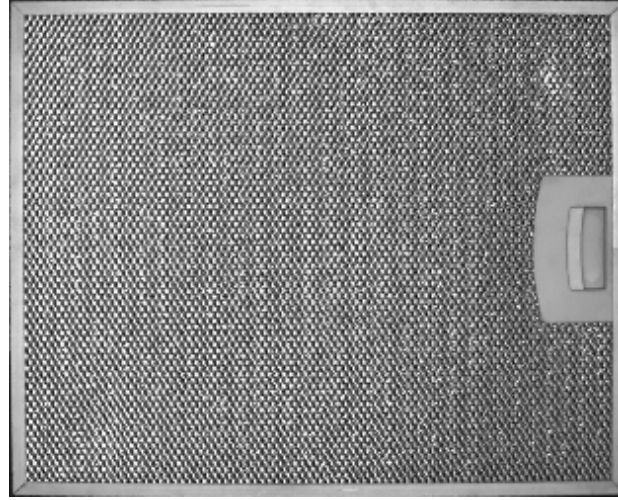
Resim düzgün hale çevrildikten sonra görüntü arka planlardan ayrılması gerekmektedir. Bunun için resmin yatay ve dikey boyutlarında birer beyaz(255 veya1) çizgiler oluşturulmuş ve bu oluşan çizgilerle resim sağdan, soldan, alttan ve üstten taranarak resim üzerindeki ana şeklimizin hatları bulunmuş ve resmimiz arka plandan çıkarılmıştır.



Şekil 5.12 Arka plandan arındırma algoritması.



(a)



(b)

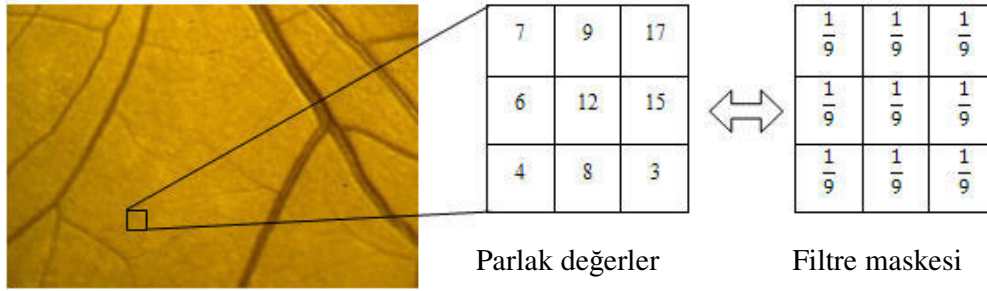
Şekil 5.13 Arka plandan arındırma algoritması sonucu, (a) arka plandan ayrılmadan önce,
(b) arka plandan ayrıldıktan sonra

5.2.3 Ortalama Filtre

Ortalama filtresi, uygulaması kolay ve sezgisel bir görüntü yumuşatma yöntemidir. Genel amacı, komşu pikseller arasındaki büyük parlaklık değerleri farklarını aritmetik, geometrik veya harmonik ortalama kullanarak azaltıp görüntü üzerindeki istenmeyen gürültüleri elimine etmektir. Bu çalışmada, aritmetik ortalama filtresi kullanılmıştır. Aritmetik ortalama filtresi

$$\hat{f}(x, y) = \frac{1}{mn} \sum_{(s,t) \in S_{xy}} g(s, t) \quad (5.1)$$

olarak hesaplanır. Ortalama filtresi bir konvolüsyon filtresi (convolution filter) olarak düşünülebilir. Konvolüsyon filtreleri genellikle nxn biçiminde çekirdek bir kare matris kullanılarak bütün görüntüye kullanılır.



Şekil 5.14. Ortalama filtresi (Average Filter).

$$\text{Ortalama} = 7+9+17+6+12+15+4+8+3 = 81/9 = 9$$

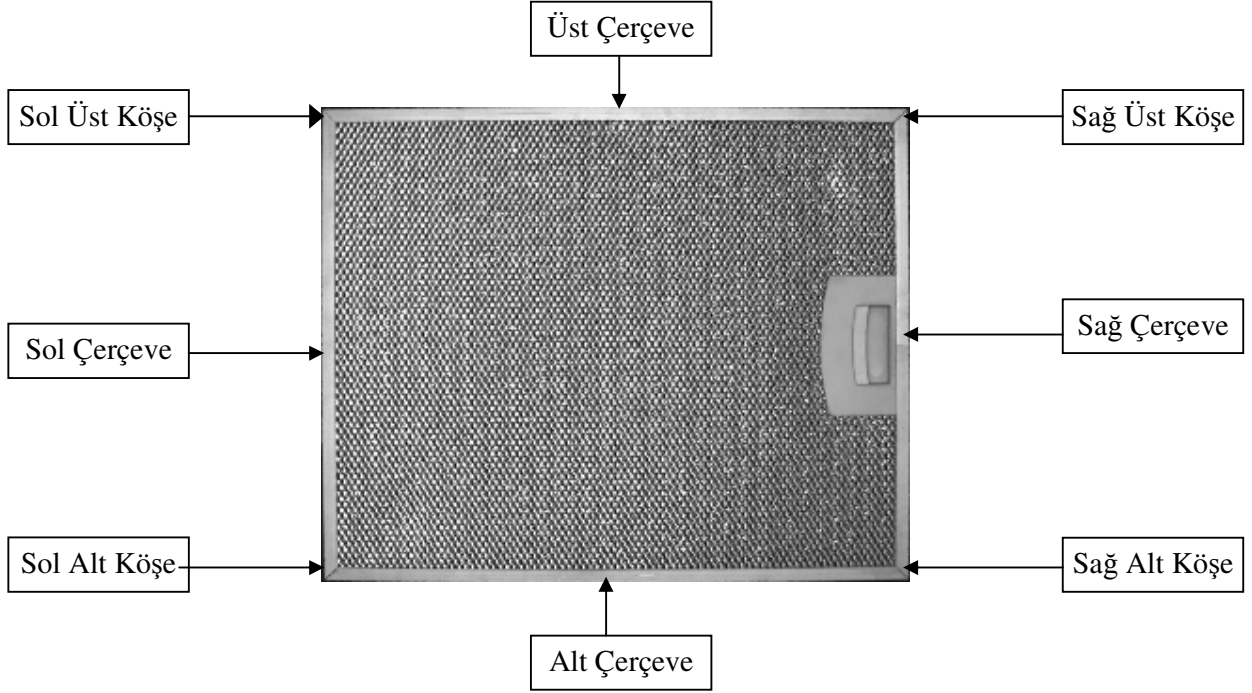
*	*	*
*	9	*
*	*	*

Şekil 5.15. Filtrelenmiş parlaklık değerleri

Şekil.5.12’de görüldüğü gibi filtreleme görüntüden gelen 3x3’lük parlaklık değerleri matrisine ortalama filtresi uygulanmıştır. Matris elemanlarının ortalaması (1), Şekil.2’deki gibi matrisin orta elemanı olan 9 değeri ile yer değiştirmiştir. Bu hesaplama görüntüdeki tüm pikseller için uygulanmaktadır.

5.2.4. İncelenecek Bölgelerin Ayrılması

Görüntü işleme çalışmalarında üzerinde çalışılacak bölgeler bölütlenir. Bu şekilde farklı özellikteki bölgeler için daha sağlıklı sonuçlar elde edilebilir.



Şekil 5.16 Ürünün bölgeleri.

Şekil 5.16’da ürünün çizik ve örgünün taşma meydana getirdiği bölümleri incelemek için bölümlere ayrılacağı kısımları gösterilmektedir.

Bölümleri ayırmada resmin köşelerinden köşeleri içine alacak şekilde kısımlar seçilerek çıkarılmakta, kalan kısımlar çerçevenin üzerinde bırakılmaktadır.



(a)



(b)



(c)



(d)



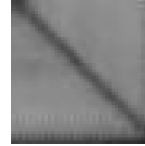
(e)



(f)



(g)

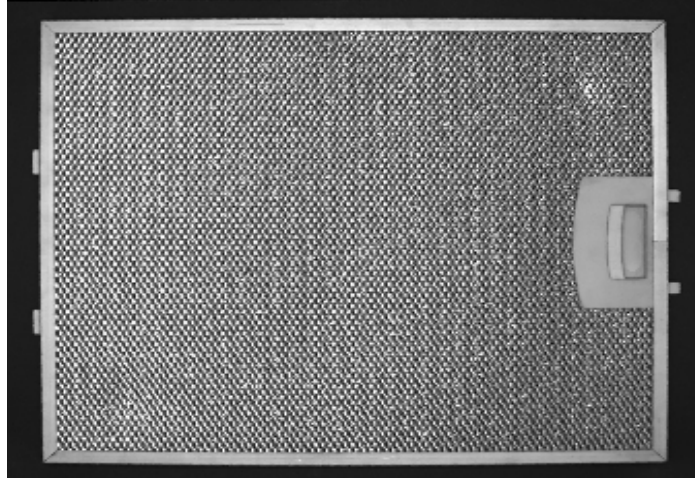


(h)

Şekil 5.17 Filtrenin ayrılmış bölgeleri (a) üst çerçeve, (b) alt çerçeve, (c) sol çerçeve, (d) sağ çerçeve, (e),(f),(g),(h) köşeler

5.3. Hataların Tespiti

Bu örnekteki amaç davlumbaz filtresindeki hataları tespit ederek hatanın nereden kaynaklandığını hattaki görevliye uyarı şeklinde söylemektir.



Şekil 5.18 Davlumbaz filtresinin resmi

Aşağıdaki çizelgede filtrede saptanacak hatalar yer almaktadır. Bu hataların tespitinde farklı metotlar kullanılmıştır. Bu metotları neler olduğunu ve nasıl işlediğini hataları ayrı ayrı ele aldığımızda inceleyeceğiz.

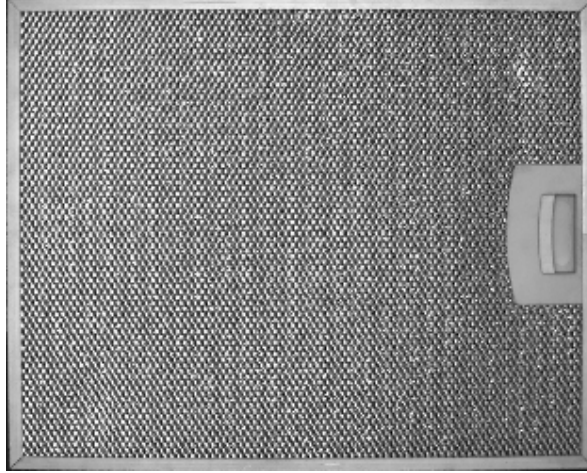
5.3.1. Ürünün boyutu

Ürünün boyutunu hesaplarken öncelikle doğru ürünün boyutunun bilinmesi gerekmektedir. Ürünümüzün boyutu 310mm'dir.

$$310\text{mm} = 1760 \text{ piksel}$$

Bu eşitliği kullanarak ürünümüzün boyunda meydana gelen değişimleri hesaplaya bilmekteyiz.

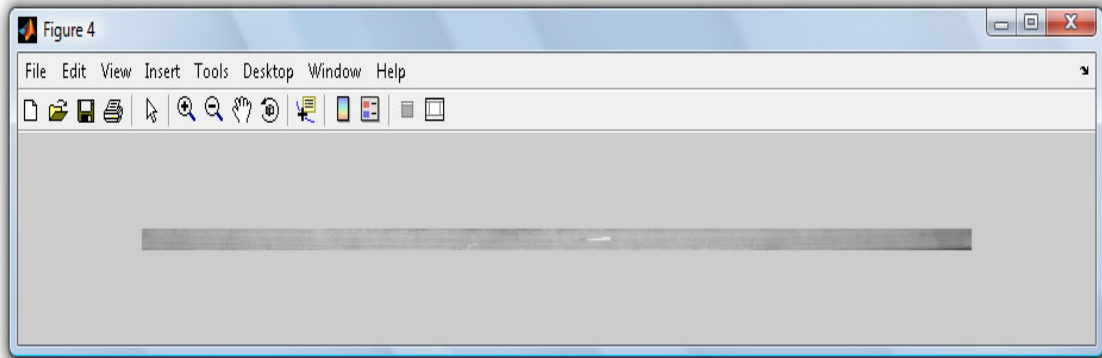
Ürünün boyutu hesaplanırken arka plandan arınmış görüntü alınarak piksel değeri hesaplanır ve sonra ürün boyutundan çıkarılarak ürünün boyutunun kısa ya da uzun olduğu hesaplanır.



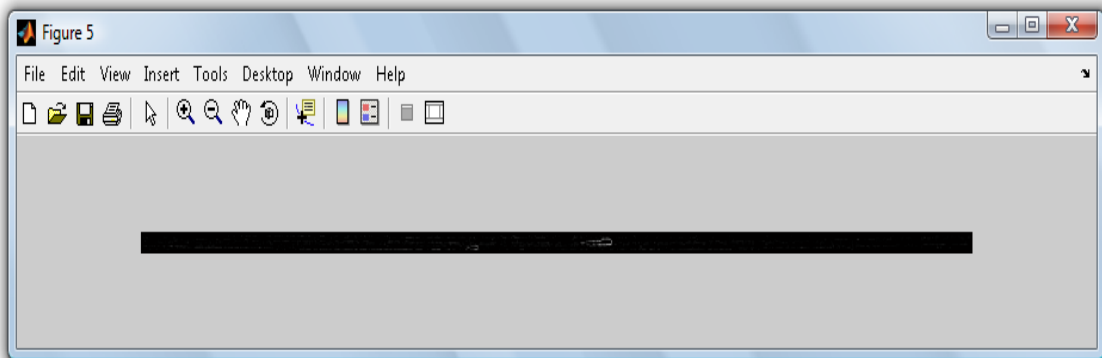
Şekil 5.19 Boy kontrol resmi

5.3.2. Çerçeve Üzerindeki Çiziklin Tespiti

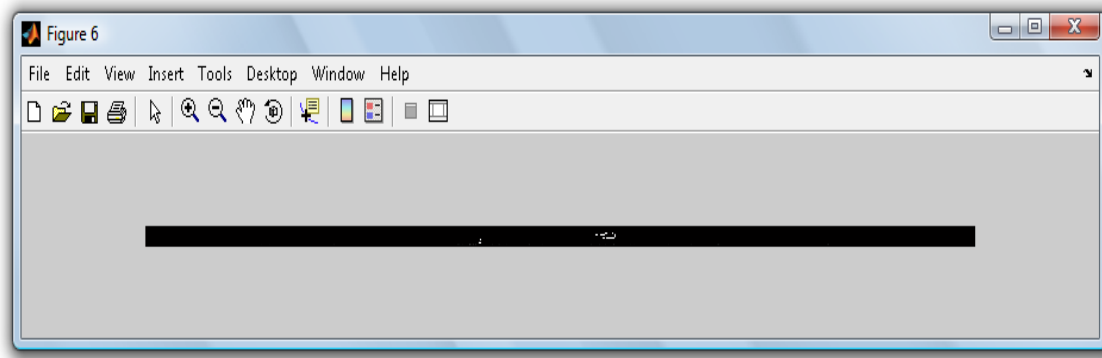
Çiziklerin saptanmasında AGY algoritması kullanılmıştır. Algoritma kullanılırken yapılan çalışmalar sonucunda iyi sonuçların alınması için $\Delta x = \Delta y = 1$ ve $\Delta t = 0,2$ alınmıştır. Bu algoritma ile elde edilen görüntüde çiziklerin yoğunlukları 0,3 ile 0,5 arasında olduğu gözlenmiştir. Bu bölgeler birleştirilerek ortak bir değer elde edilmiş ve bu değer dışındakiler görüntüden çıkartılarak çizikler belirgin hale getirilmiştir. Daha sonra çizikli bölgenin piksel sayısına bakarak ürünün hatalı olup olmadığına karar verilmiştir ve çerçevenin hatalı olduğuna dair görsel uyarı mesajı verilmektedir.



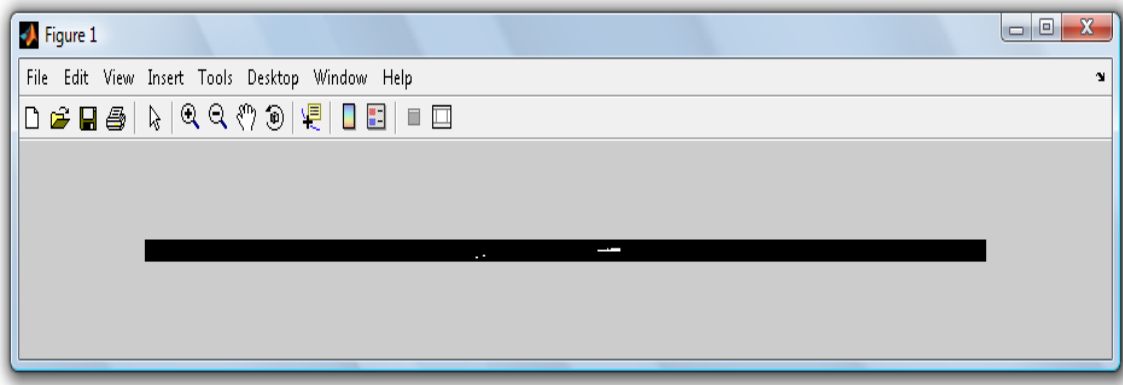
(a)



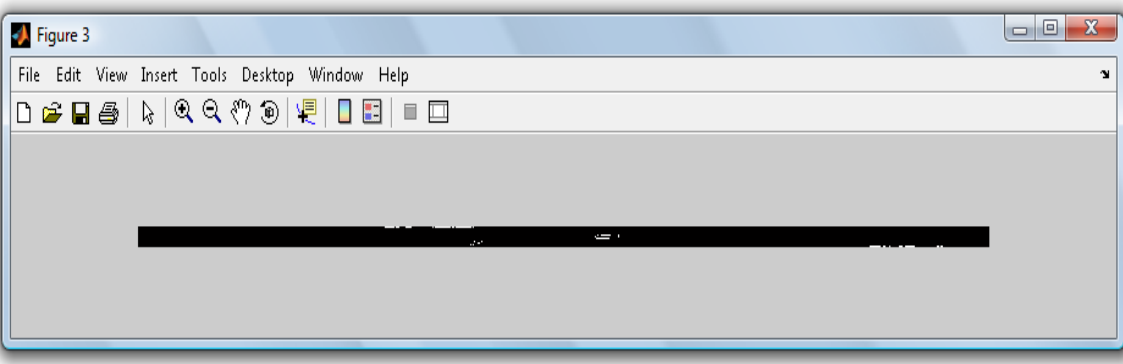
(b)



(c)



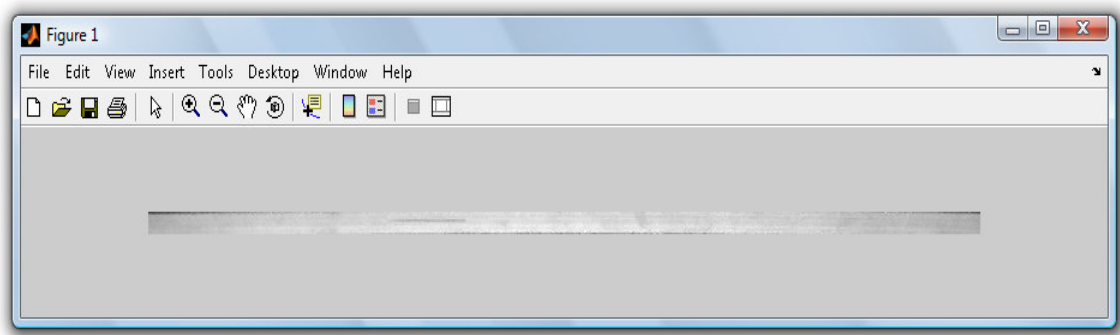
(d)



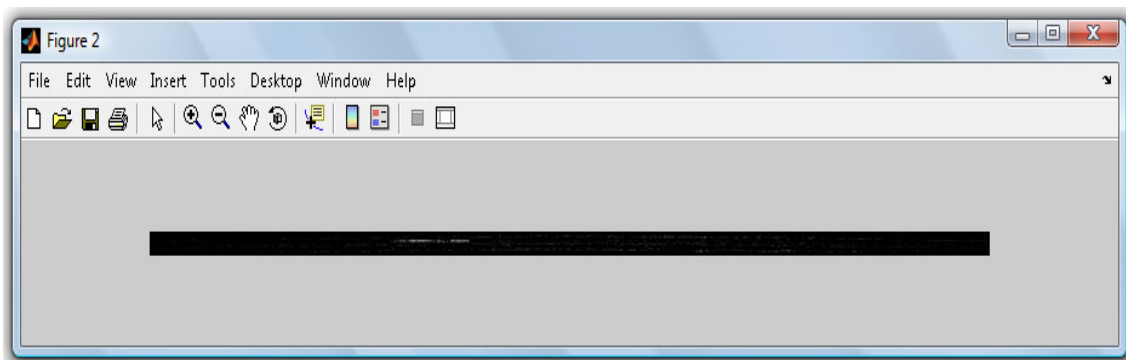
(e)

Şekil 5.20. Ürünün yüzeyinde oluşan çizikler-örnek1

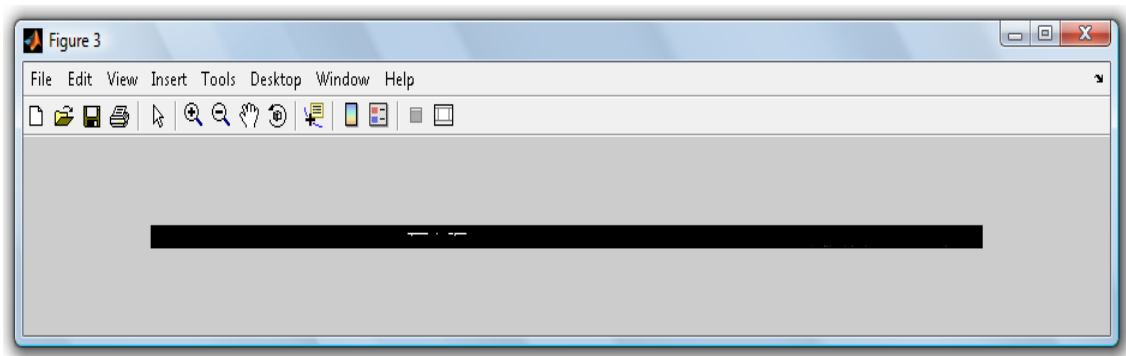
Şekil 5.20.'de görülen resimlerde ürün yüzeyinde bulunan çiziklerin birkaç yöntem ile incelenişini görmekteyiz. (a) ürünün orijinal şeklini göstermektedir. (b) AGY uygulamasında iterasyonlar sonucu elde edilen görüntü, (c) bölge birleştirme yöntemi uygulanmış siyah beyaz formatındaki görüntü, (d) 0,78 sabit eşik değeri uygulanmış görüntü son olarak (e) orijinal görüntüye Canny (0.66 eşik değeri) filtre uygulanmış halidir.



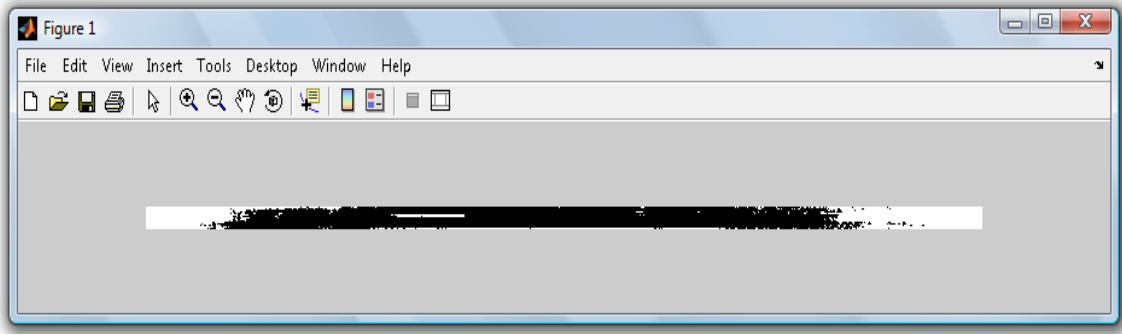
(a)



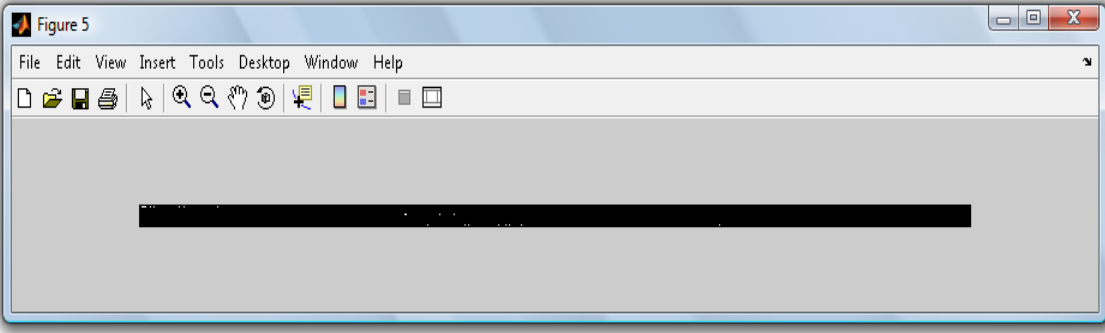
(b)



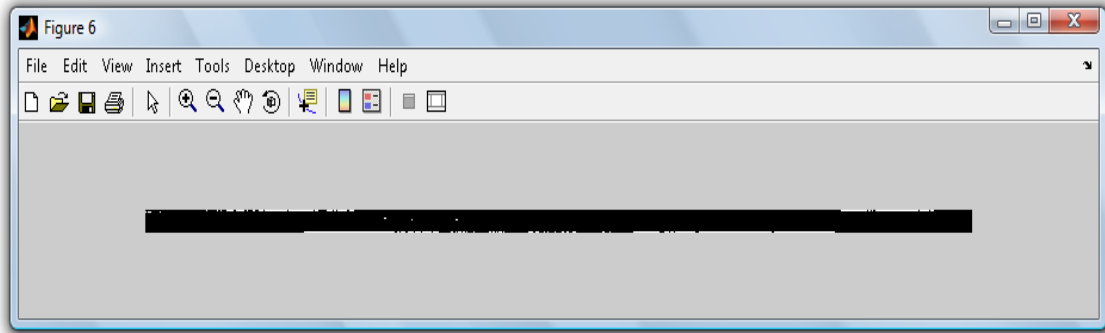
(c)



(d)



(e)



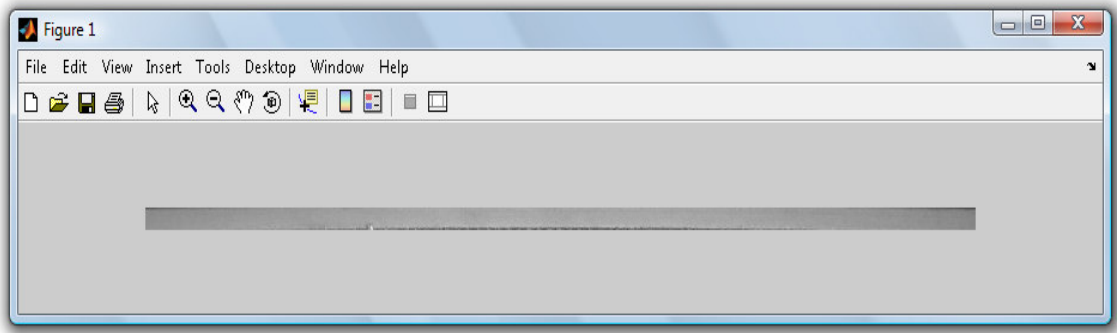
(f)

Şekil 5.21 Ürünün yüzeyinde oluşan çizikler-örnek2

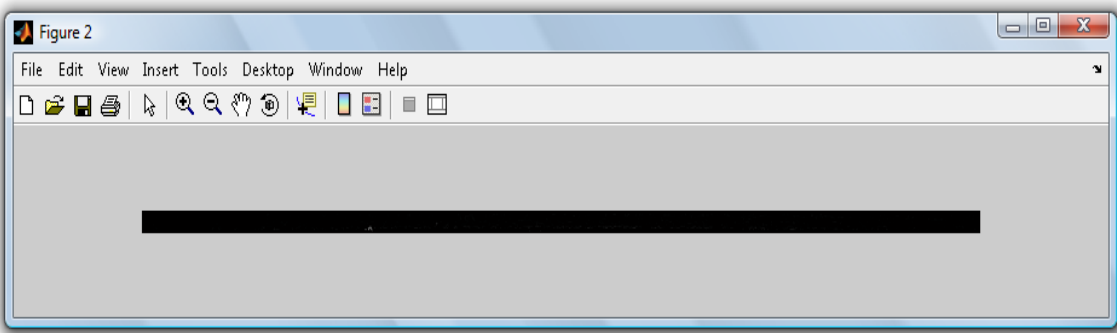
Şekil 5.21 de resimleri verilmiş çizik yüzeyin (a) orijinal görüntüyü yansıtmaktadır. (b) AGY uygulamasında iterasyonlar sonucu elde edilen görüntü, (c) bölge birleştirme yöntemi uygulanmış siyah beyaz formatındaki görüntü, (d) 0,78 sabit eşik değeri uygulanmış görüntü buraya dikkat edersek 0,78 değeri şekil 5.20 de iyi sonuç verirken şekil 5.21 de kötü sonuç vermiştir. (e) Sobel kenar bulma algoritması uygulanmış görüntü ve (f) Canny algoritması uygulanmış görüntüdür.

5.3.3. Orta Kısımdaki Örgünün Çerçeve Dışına Taşma Hatası Tespiti

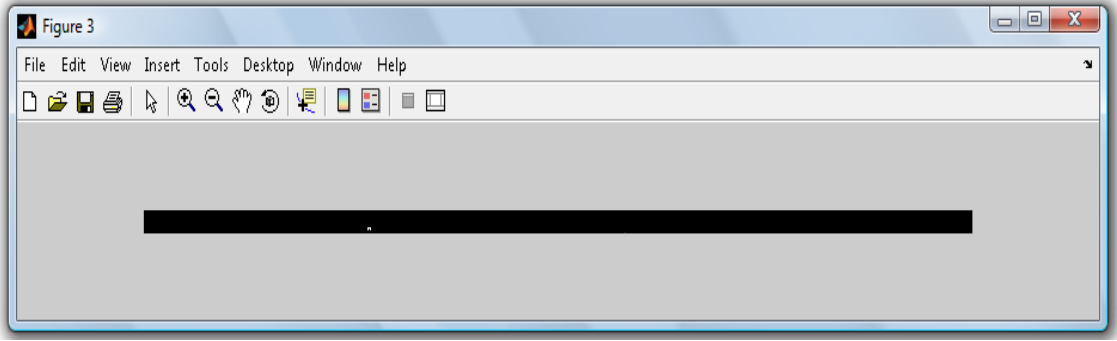
Bu hatanın tespiti içinde AGY algoritması kullanılmıştır. Bu yöntem ile çerçeve üzerine taşan kısım tespit edilerek çerçevede hata olduğuna dair uyarı mesajı verilmektedir.



(a)



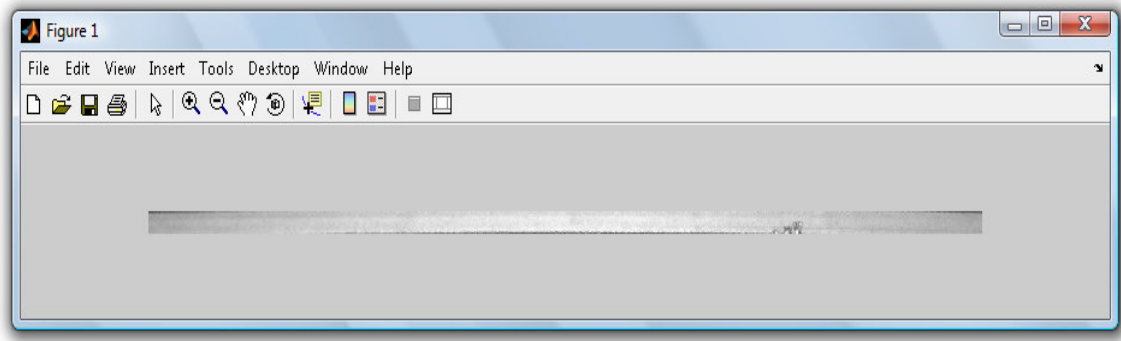
(b)



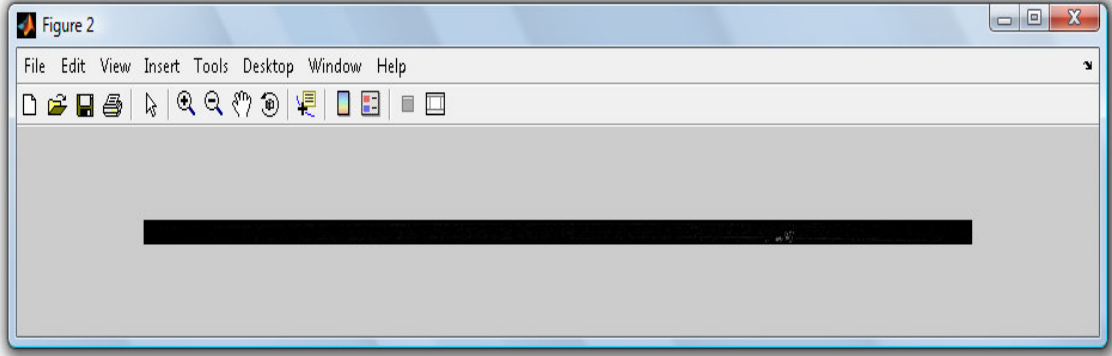
(c)

Şekil 5.22 Orta kısımdaki örgünün taşma görüntüsü-örnek1

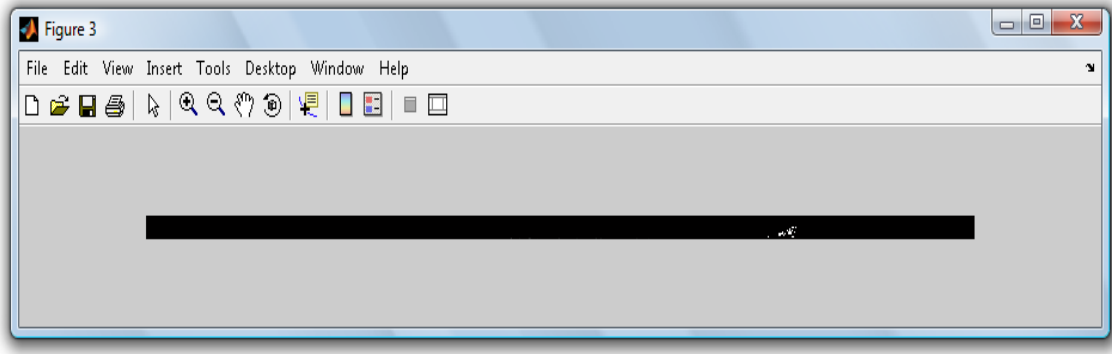
Şekil 5.22 de orta kısımdaki örgünün çerçeve dışına taşması sonucu oluşan hatanın AGY algoritması sonucu elde edilmiş görüntüleri yer almaktadır. (a) orijinal görüntü, (b) AGY uygulamasında iterasyonlar sonucu elde edilen görüntü, (c) bölge birleştirme yöntemi uygulanmış siyah beyaz formatındaki görüntüdür.



(a)



(b)



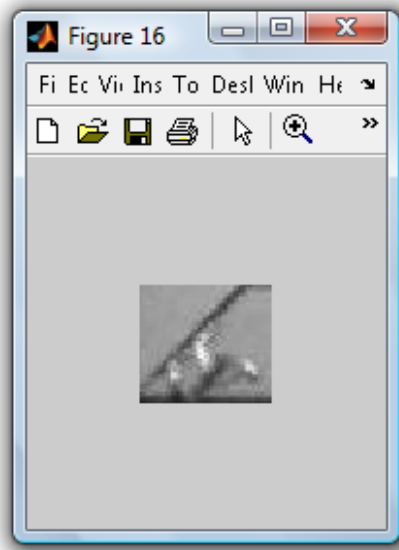
(c)

Şekil 5.23 Orta kısımdaki örgünün taşma görüntüsü-örnek2

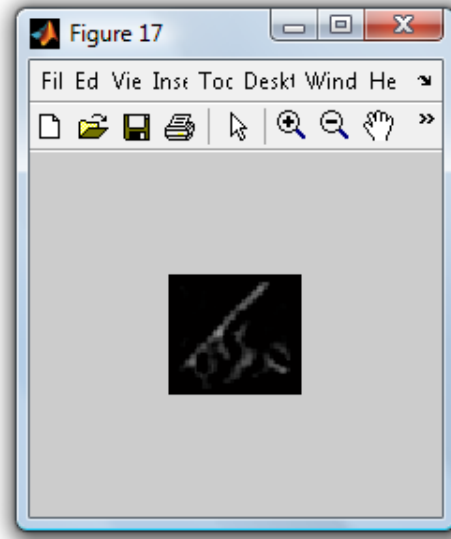
Şekil 5.23 de orta kısımdaki örgünün çerçeve dışına taşması sonucu oluşan hatanın AGY algoritması sonucu elde edilmiş görüntüleri yer almaktadır. (a) orijinal görüntü, (b) AGY uygulamasında iterasyonlar sonucu elde edilen görüntü, (c) bölge birleştirme yöntemi uygulanmış siyah beyaz formatındaki görüntüdür.

5.3.4. Orta Kısımdaki Örgünün Köşelerden Taşma Hatası Tespiti

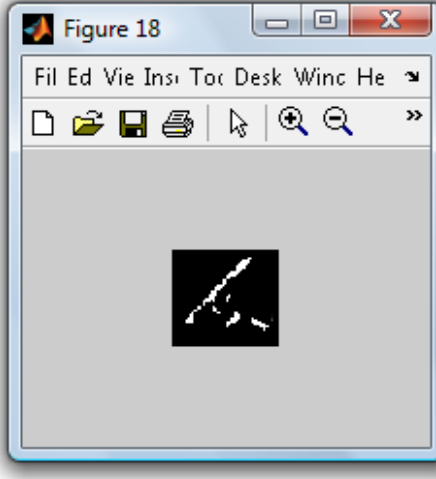
Taşmanın saptanmasında AGY algoritması kullanılmıştır. Bunun yanı sıra elde edilen görüntüde köşedeki açıklıklarda olduğundan taşmayı anlamak için yan köşelerden ortaya doğru beyaz çizgiler (birlerden oluşan dizi) piksellerle çarpılarak orta kısımdaki köşe açıklığına kadar başka beyaz piksellerin olup olmadığı saptanmıştır. Bu saptamadan sonra orada bir hata olduğuna dair görsel bir hata mesajı verilmiştir.



(a)



(b)



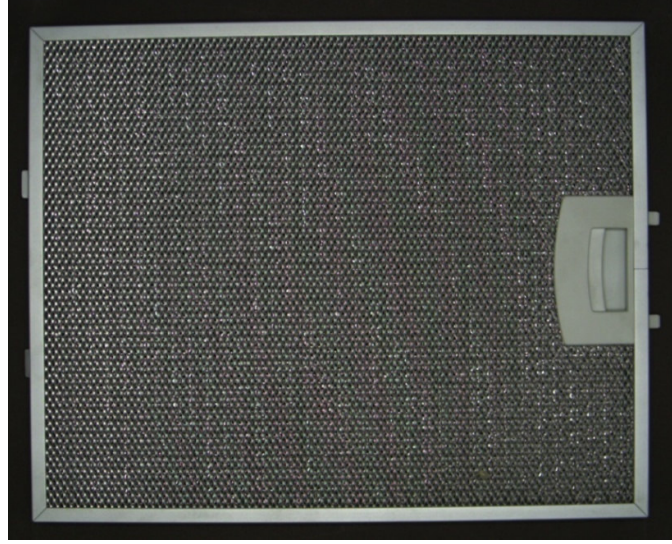
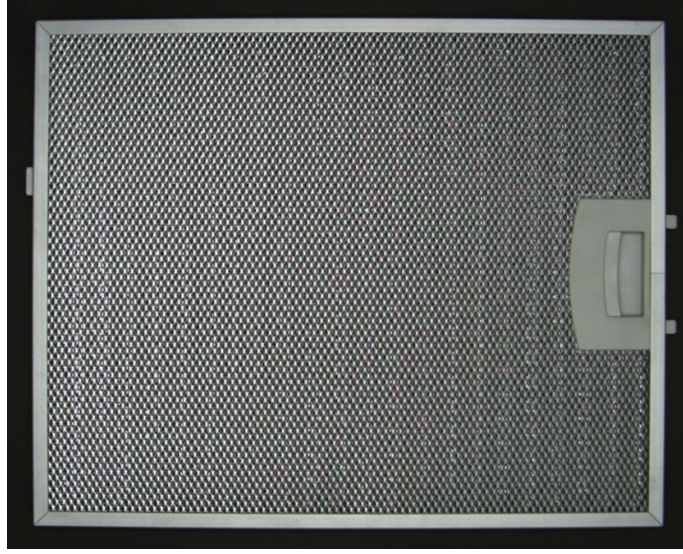
(c)

Şekil 5.24 Orta örgünün köşeden taşma görüntüsü

Şekil 5.24 ürünün orta kısımdaki örgüsünün köşeden taşmasından dolayı oluşan hatayı görmekteyiz.(a) orijinal görüntüyü yansıtmaktadır, (b) AGY iterasyonları sonucu oluşan görüntüdür, (c) bölge birleştirme işlemi uygulanmış görüntünün son halidir.

5.3.5. Kenarda Bulunan Tırnakların Eğik veya Eksik Olması Hatası Tespiti

Bu hatanın tespitinde dikey beyaz çizgiler (birlerden oluşan) oluşturulur ve bu beyaz çizgiler doğru bir ürünün düzgün hale döndürülmüş görüntüsüne uygulanır. Tırnakların uç kısmına gelindiğinde bu noktanın x yönündeki piksel koordinatı alınır. Daha sonra yapılan uygulamalarda dikey çizginin durduğu koordinatın x değerine bakılır ve bu değer doğru olan ile karşılaştırılarak ürünün o bölgesinde bir hata olup olmadığına karar verilir. Bu karar görsel bir mesaj ile uyarı şeklinde iletilir.



Şekil 5.25 Tırnakların eksik veya eğik olması görüntüsü

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Sunulan bu tez çalışmasında endüstride kullanılabilecek otomasyon sistemlerine uyum sağlayabilen bir hata tespit sistemi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada gerçekleştirilenleri şu şekilde sıralayabiliriz.

- Yapılan koordinat düzeltme işlemi ile taşıyıcı bant üzerine yerleştirilmesi gereken mekanik bir koordinat düzelticiye gerek kalmamıştır. Ürünler rastgele bant üzerine bırakılabilmektedir.
- Sabit eşikleme yönteminin hatalara açık olduğunu şekil 5.21 de gördük. Bu sebepten dolayı gerçekleştirdiğimiz projede uyarlamalı eşikleme yöntemlerinden AGY algoritmasını kullanarak sabit eşiklemeden doğabilecek sorunların önüne geçildi.
- Hata tespiti için incelenen örnekler üzerinde kullanılan AGY algoritmasının diğer yöntemlere oranla nasıl daha iyi sonuç verdiği gösterildi.
- Gerçekleştirilen programın çalışma hızı 3.5s'dir. Daha hızlı bilgisayarlarla çalışma süresi daha da azalacağı aşikârdır.

Antigeometrik yayılım algoritması ürünlerin yüzey hatalarının tespitinde ve kalite kontrol uygulamalarında verimliliği ve hızı artırıcı özelliğe sahiptir. Sunulan görüntü tabanlı kalite kontrol sistemi farklı ürünler için kolayca uyarlanabilir.

KAYNAKLAR

Atlı Volkan Ali, Urhan Oğuzhan, Ertürk Sarp ve Sönmez Murat. (2005), “Kesici takım aşınmasının görüntü işleme ile belirlenmesi”, 13. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı, 16-18 Mayıs 2005, Kayseri, 84-86.

Talele K.T., Gandhe S.T. ve Shah M.M (2006), “Fault detection in PCB using homotopic morphological operator”, 2006 Annual Indian Conferance, Eylül 2006, New Delhi, 1-5

Baştürk, A., Ketencioğlu, H., Yuğnak, Z., Yıldız, C. ve Yüksel, M.E. (2005), “Gabor Süzgeç Bankası Kullanarak Tekstil Kumaşlarında Yerel Hata Tespiti”, 13. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı, 16-18 Mayıs 2005, Kayseri, 17-20.

Wilson G.R. (1996), “Morphological operation on crack coded binay images”, IEEE Sinyal ve görüntü İşleme Uygulamaları Kurultayı, Haziran 1996, 171-176

Coşar, S., Urhan, O., Ertürk, S. ve Sınmazçelik, T. (2005), “Polipropilen Malzemede Çatlak İlerlemesinin Görüntü İşleme Destekli Çekme Testi ile Değerlendirilmesi”, 13. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı, 16-18 Mayıs 2005, Kayseri, 87-90.

Altun, A., Allahverdi, N., Koçer, H.E., Yılmaz, T. ve Alan, S. (2005), “Filtreleme Teknikleri Kullanarak Parmakizi Görüntüsü İyileştirme”, 13. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı, 16-18 Mayıs 2005, Kayseri.

Boyd, A., Connolly, C. ve Starr, A. (1997), “Surface Defect and Texture Identification in Construction Materials”, IPA97, 15- 17 July 1997, Manchester, 507-510.

Çandar, C. ve Gerek, Ö.N. (2002), “Yol Üzerinde Trafik ve Araç Durumunun Video Analiz Yöntemleri ile İncelenmesi”, 10. Sinyal işleme ve İletisim Uygulamaları, 12-14 Haziran 2002, Denizli.

Sinha, S.K. ve Fieguth P.W. (1999), “Automated Analysis and Detection of Cracks in Underground Scanned Pipes”, ICIP 99, 4:395-399.

Işık, E. ve Güler, T. (2003), “Elma Yüzey Alanlarının Görüntü İşleme Tekniği Yöntemiyle Saptanması”, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17:59-64.

Nagaya Y., Endo H., Uchimoto T., Takagi T., Jung H.J. ve Bartolomeo L. (2004) “Crack Shape Reconstruction Using ECT Camera System”, IEEE SICE 2004 Annual Conference, 4-6 Ağustos 2004, 2760-2763

Filho E.D.S., Saijo Y., Yambe T.(2006), “Segmentation of Calcification regions in Intravascular Ultrasound Image by Adaptive Thersholding”, 19. IEEE Uluslar arası Sempozyum 2006, 446-454

Gonzales, C. ve Woods, R.E. (2002), Digital Image Processing, Prentice Hall, New Jersey.

Korkut, S. ve Akbulut, T. (2001), “Kerestedeki Kusurları Saptamada Kullanılan Makineyle Görüntüleme Sistemi”, Ağaç Makineleri Teknoloji & Araştırma Dergisi, 2:66-69.

Balcı. Kadir (2007)” Üretim otomasyonda Görüntü Tabanlı Hata Tanıma Sistemi”, Yüksek Lisans Tezi, FBE Elektrik Müh. Anabilim Dalı Kontrol ve Otomasyon Programı

Chan F.H.Y., Lam F.K. ve Zhu H.(1998), “Adaptive Tresholding by Variational Method”, IEEE Transsactions on Image Processing 1998, 3 mart 1998 vol.3

Lecompte, D., Vantommel, J. ve Sol, H. (2005), “Crack Detection in a Concrete Beam using Two Different Camera Techniques”, Structural Health Monitoring, 5:59-69.

Manay S. Yezzi A.(2003),” Anti-geometric diffusion for adaptive thresholding and fast segmentation”, IEEE Transaction on Image Processing, 11 kasım 2003, 1310-1323

Mayrhofer, F.C. ve Niel, K. (2006), “Optical Crack Detection of Refractory Bricks”, ECNDT 2006, Germany.

Li Q., You J., Zhang L. ve Bhattacharya P.(2006), “A New Approach to Automated Retinal Vessel Segmentation Using Multiscale Analysis”, ICPR 2006 18. Uluslararası Konferans, 77-80

Ryu, D.H., Choi, T.W., Kim, Y.I. ve Nahm S.H. (2000), “Measurement of the Fatigue-Crack using Image Processing Techniques”, 4. International Conference on Knowledge-Based Intelligent Engineering Systems & Allied Technologies, 30 Aug-1 Sept. 2000, Brighton, UK, 121-124.

Pi Ming H. Ve Zhang Hong (2005), “Two-stage image segmentation by adaptive thresholding and gradient watershed”, Bilgisayar ve Robot Görme 2. Kanada Konferansı, 9-11 Mayıs 2005, 57-64

Zhuang, F., Yanzheng, Z., Yang, L., Qixin, C., Mingbo, C., Jun, Z. ve Lee, J. (2004), “Solar Cell Crack Inspection by Image Processing”, 2004 International Conference on the Business of Electronic Product Reliability and Liability, 27-30 April 2004, Shanghai, China, 77-80.

Hocenski Z.F. ve Nyarko E.K.(2002), “Surface Quality Control of Ceramic Tiles Using Neural Networks Approach”, Industrial Electronics, 2002. ISIE 2002. Proceedings of the 2002 IEEE International Symposium, 657-660.

Özbek, M.E. ve Sarnel, H. (2003), “Seramik Yüzeylerinde Hata Tespiti ve Sınıflandırılması İçin Otomatik Sistem Tasarımı”, 2. Bilgi Teknolojileri Kongresi, 1-4 Mayıs 2003, Denizli, 265-267.

Lecompte, D., Vantommel, J. ve Sol, H. (2005), “Crack Detection in a Concrete Beam using Two Different Camera Techniques”, Structural Health Monitoring, 5:59-69.

Mayrhofer, F.C. ve Niel, K. (2006), “Optical Crack Detection of Refractory Bricks”, ECNDT 2006, Germany.

İnternet siteleri

www.ieeexplore.ieee.org

www.sciencedirect.com

www.wikipedia.org

www.visionlighttech.com

www.computarganz.com

www.muhsak.ktu.edu.tr

www.dijika.com

www.prenhall.com

ÖZGEÇMİŞ

İbrahim KINALI 1983 yılında İstanbul’da doğdu. İlkokulu Alemdarpaşa ilokulunda, orta okulu Fuat Köprülü İlköğretim okulunda tamamladı. Kadir Has Lisesinde lise eğitimi tamamladıktan sonra üniversitede Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünde 2005 yılında lisans eğitimi bitirdi. Yüksek lisans eğitimi Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Kontrol ve Otomasyon Anabilim Dalında sürdürmektedir. 2005-2007 yılları arasında Bosal-Mimaysan A.Ş de üretim ve metot mühendisi görevinde çalışmıştır.