

GÖRÜNTÜ TANIMA YÖNTEMİ İLE PROFİL KESİT ÖLÇÜLERİNİN ÇIKARILMASI

**2018
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ**

Şaban ŞEKER

**GÖRÜNTÜ TANIMA YÖNTEMİ İLE PROFİL KESİT ÖLÇÜLERİNİN
ÇIKARILMASI**

Şaban ŞEKER

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Lisans Tezi

Olarak Hazırlanmıştır

KARABÜK

Kasım 2018

Şaban ŞEKER tarafından hazırlanan “GÖRÜNTÜ TANIMA YÖNTEMİ İLE
PROFİL KESİT ÖLÇÜLERİNİN ÇIKARILMASI” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans
Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. İlhami Muharrem ORAK
Tez Danışmanı, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Bilgisayar Mühendisliği Anabilim
Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 15/11/2018

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

Başkan : Doç. Dr. Baha ŞEN (AYBÜ)

Üye : Doç. Dr. İlhami Muharrem ORAK (KBÜ)

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Burhan SELÇUK (KBÜ)

İmzası




...../...../2018

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile Yüksek Lisans derecesini
onamıştır.

Prof. Dr. Filiz ERSÖZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü V.





“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Şaban ŞEKER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GÖRÜNTÜ TANIMA YÖNTEMİ İLE PROFİL KESİT ÖLÇÜLERİNİN ÇIKARILMASI

Şaban ŞEKER

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. İlhami M. ORAK

Kasım 2018, 39 Sayfa

Endüstriyel üretim ve kontrol sistemlerinin hızla gelişmesiyle birlikte üretim hatlarında kalite ve verimlilik de ön plana çıkmaktadır. Üretilen ürünlerde malzeme kusurları olabildiği gibi ebatlardaki farklılıklar da müşteriye gönderilemeyecek ürünlerin oluşmasına sebebiyet vermektedir.

Bu çalışmada, demir çelik sektöründe üretilen ürünlerden biri olan sıcak haddehaneden çıkan profillerin kesit ölçülerinin belirlenmesi üzerine çalışılmıştır. Üretim aşamasında profiller çeşitli uzunluklarda üretilmektedir. Kalıplardan çıkış hızına bağlı olarak kesit ölçülerinde değişiklikler olabilmektedir. Üretim aşamasında gerçek zamanlı olarak ölçü farklılıklarının yakalanması üretiminin kalitesini arttıracaktır. Tespit edilen ürünlerin ikinci kalite ürün olarak belirlenebilmesi ve buna sebep olan faktörlerin ortadan kaldırılması için de hızlı bir geri bildirim sağlayacaktır.

Profil ebatlarının tespitinde Görüntü Tanıma Yöntemleri kullanılmıştır. Bu çalışmada gerçek zamanlı olarak görüntü elde etmek mümkün olmadığından ortam simüle edilmiştir. Bu amaçla oluşturulan prototip ölçüm düzeneğinden alınan görüntüler kullanılarak profilin ebatları tespit edilmiştir. Alınan sonuçlar bu sistemin gerçek zamanlı uygulamalarda da kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Sözcükler : Kamera, görüntü tanıma, görüntü işleme, profil, ebat, kesit ölçümü, doğru geometrisi.

Bilim Kodu : 924.1.012



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

DETECTION OF PROFILE SIZE WITH IMAGE PROCESSING METHOD

Şaban ŞEKER

Karabük University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Computer Engineering

Thesis Advisor:

Assoc. Prof. İlhami M. ORAK

November 2018, 39 Pages

The quality and the productivity in production lines are in the foreground with the development of industrial production and control systems. As well as material defects in production, differences in product sizes also lead to the formation of defective products.

In this study, we worked to obtain the section measurements of the hot rolled profiles, one of the products produced in the iron and steel industry. Profiles are produced in various lengths and there may be changes in the cross-sectional dimension depending on the exit speed from the moulds. In real-time, the capture of the differences in the measurement will increase the quality of the production in the production phase.

Image Recognition Methods were used to determine the profile dimensions. In this study, the environment is simulated because the images are not possible to obtain in real time. For this purpose, profile sizes were determined using images taken from the

prototype measurement system. The results show that this system can also be used in real-time applications.

Key Words : Camera, image recognition, image processing, profile, size, section measurement, straight lines geometry.

Science Code : 924.1.012



TEŐEKKÖR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütölmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Doç. Dr. İlhami M. ORAK’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımını esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ	3
2.1. SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME NEDİR?	3
2.2. MORFOLOJİK İŞLEMLER	3
2.2.1. Genişletme İşlemi	4
2.2.2. Aşındırma İşlemi	4
2.3. HOUGH DÖNÜŞÜMÜ	6
2.3.1. Hough Dönüşümü Algoritması.....	7
BÖLÜM 3	9
ÖKLİT VE DİK KOORDİNAT SİSTEMLERİ	9
3.1. İKİ NOKTA ARASINDAKİ UZAKLIĞIN HESAPLANMASI.....	9
3.2. DOĞRU DENKLEMİNİN BULUNMASI	10
3.3. VERİLEN BİR DOĞRUNUN EĞİMİ.....	12
3.4. KESİŞEN İKİ DOĞRU ARASINDAKİ AÇI	13
3.5. BİR NOKTANIN BİR DOĞRUYA OLAN UZAKLIĞI	14
3.6. BİRBİRİNE PARALEL İKİ DOĞRU ARASINDAKİ UZAKLIK.....	16

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 4	17
PROFİL EBAT TESPİTİ YAKLAŞIMI.....	17
4.1. PERSPEKTİF GÖRÜNTÜ	17
4.2. MESAFE ÖLÇÜMÜ	18
4.3. DESARGUES TEOREMİ.....	18
 BÖLÜM 5	 21
PROFİL EBAT TESPİTİ UYGULAMASI	21
5.1. KAMERA KALİBRASYON DEĞERİ TESPİT ALGORİTMASI.....	22
5.2. PERSPEKTİF DÜZLEMDEN DİK DÜZLEME DÖNÜŞÜM.....	24
5.3. KESİT EBATLARININ ÖLÇÜMÜ İÇİN KALİBRASYON DEĞERİ.....	27
5.4. KESİT EBATLARININ ÖLÇÜM ALGORİTMASI.....	27
5.5. ELDE EDİLEN SONUÇLAR.....	29
 BÖLÜM 6	 35
SONUÇ	35
KAYNAKLAR	37
 ÖZGEÇMİŞ	 39

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. 3x3 yapısal elemanı ile genişletme işlemi	4
Şekil 2.2. 3x3 yapısal elemanı ile aşındırma işlemi	5
Şekil 2.3. Yapısal elemanlar.....	5
Şekil 2.4. Düz bir doğrunun Hough dönüşümü	6
Şekil 2.5. Hough dönüşüm grafiği örneği	7
Şekil 2.6. Hough dönüşümü algoritması	8
Şekil 2.7. Dik koordinat sistemi	9
Şekil 3.1. İki nokta arasındaki uzaklık	9
Şekil 3.2. Doğru denkleminin bulunması.....	10
Şekil 3.3. Doğrunun eğimi	12
Şekil 3.4. Kesişen iki doğru arasındaki açı	13
Şekil 3.5. Bir noktanın doğruya uzaklığı	15
Şekil 3.6. Birine paralel iki doğru arasındaki uzaklık.....	16
Şekil 4.1. Tek satır kameradaki görüntü modellemesi.....	18
Şekil 4.2. Desargues teoremi.....	19
Şekil 4.3. 2B perspektif açı düzleminden dik koordinat düzlemine dönüşüm.....	19
Şekil 5.1. Ölçüm sistemi gösterimi	21
Şekil 5.2. Kalibrasyon gösterimi.....	22
Şekil 5.3. Kamera kalibrasyon değeri tespit algoritması.....	24
Şekil 5.4. Perspektif düzlemden dik düzleme dönüşüm algoritması	26
Şekil 5.5. Kesit ebatlarının ölçümü için kalibrasyon değeri	27
Şekil 5.6. Kesit ebatlarının ölçüm algoritması	29
Şekil 5.7. Uygulama örneği.....	30

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 5.1. 100x100 profil test sonuçları	30
Çizelge 5.2. 30x50 profil test sonuçları	31
Çizelge 5.3. 40x100 profil test sonuçları	31
Çizelge 5.4. 40x40 profil test sonuçları	32
Çizelge 5.5. 40x60 profil test sonuçları	32
Çizelge 5.6. 45x45 profil test sonuçları	33
Çizelge 5.7. Bütün numunelerin test ortalaması	33

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Birçok endüstriyel alanda hızla gelişen teknolojiden faydalanılmaktadır. Üretim hatlarında kalite kontrol uygulamaları büyük oranda kişiye bağımlı olarak yapılmaktadır. Üretim hatlarındaki bu kişiye bağımlılığı kaldırmak için otomatik kontrol sistemleri geliştirilmektedir. Özellikle görme tabanlı otomasyon sistemleri üzerine birçok çalışma yapılmaktadır. Çok geniş bir alanda ihtiyaç duyulan bu sistemlerle üretimde hız ve yüksek verimlilik hedeflenmektedir.

Endüstrinin birçok alanında ihtiyaç duyulan görüntü işleme tabanlı otomasyon sistemlerinde öncelikle, ürünlerin yüzeyini tarama, şeklini tespit etme ve ebatlarını ölçme, ürün etiketlerinin doğruluğunu kontrol etme gibi çalışmalar ön plana çıkmaktadır.

Profil, boru veya demir çelik sektörlerinde ölçme işlemleri operatörler tarafından yapılmaktadır. Soğuk çekme olarak üretilen profillerde operatörlerin ölçü almaları kolay olurken, sıcak çekme profillerde ise operatörlerin ölçü almaları imkânsızdır. Özellikle sıcak çekme yapılan üretim ortamlarında otomatik ölçüm sistemlerinin kullanılması üretimin kalitesini arttıracaktır.

Yukarıda bahsedilen kapsam çerçevesinde yapılan literatür araştırmasında TBK Automatisierung und Messtechnik GmbH isimli bir firmanın çalışmalar yaptığı görülmektedir. “K02_0110 PROGAUGE for bars and sections” isimli yapılan bu çalışmada profil ebatlarının ölçümü için 8 adet kamera kullanılmıştır. Burada her bir kamerada cisme yansıtılan lazer ışık dalga boyuna göre bant geçiren filtreler kullanılmıştır. Dört taraftan yansıtılan lazer ışıkların dalga boyları birbirinden farklı olup bütün ışıkları aynı anda yansıtılması bir karışıklığa sebep olmamaktadır. [1]. Alınan görüntünün işlenip anlamlandırılmasına yönelik olarak yürütülen

Çalışmalardan biri olan Boztoprak, ağlar ve Merdan'ın ortaklaşa hazırladıkları “Alternatif Morfolojik Bir Yöntemle Plaka Yerini Saptama” [2] projesinde dikdörtgen olduğu kesin olan çizgilerden yola çıkılarak perspektif görüntünün düzleştirilmesi için Hough dönüşümü sonucu bulunan iki çizginin paralelliğinden yararlanılmıştır. Benzer başka bir projede [3] ise afin dönüşümü kullanılarak görüntüde düzleştirme işlemi uygulanmıştır. Lin, araçların rahat bir şekilde park edebilmeleri için kameranın montaj yüksekliği ve perspektif bakış açışından yararlanarak “Top-View Transformation Model” ini geliştirmiştir [4]. Ågren, Arabanın yoldaki pozisyonunun bulmak için geliştirdiği algoritmada yoldaki çizgileri tespit etmek için Hough Dönüşümünden faydalanmıştır [5].

Bu alışmamızda sıcak çekme üzerine deneme imkânımız olmadığı için soğuk çekme olarak üretilen profillerden numune parçalar kullanılmıştır. Projenin amacı kesit ölçüleri ölçmek olduğundan malzemenin sıcak veya soğuk malzeme olması önemli değildir. Malzeme ölçüm tablamızın merkezine konularak profilin dört tarafından perspektif fotoğraf çekimi yapılmıştır. Her bir görüntü için resimlerdeki kırmızı lazer çizgiler tespit edilerek inceltme işlemi yapılmıştır. İşlenen görüntü perspektif formattan dikey bakış formatına dönüştürölmüştür. Hough Dönüşümüyle çizgiler veya şekiller bulunmuştur. Ölçeklendirme için ise kalibrasyon prosedürü oluşturularak referans noktalar ve ölçüm için kalibrasyon katsayıları tespit edilmiştir. Referans noktalar ve kalibrasyon katsayıları kullanılarak profilin kesit ölçüleri hesaplanmaktadır.

BÖLÜM 2

GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ

Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeyle birlikte veri işleme hızlarında ciddi artışlar olmuştur. Yüksek veri işleme hızları beraberinde grafik işleme teknolojilerinde gelişmeyi de hızlandırmıştır.

2.1. SAYISAL GÖRÜNTÜ İŞLEME NEDİR?

Bir görüntü iki-boyutlu fonksiyon $f(x, y)$ olarak tanımlanabilir, x ve y düzlemdeki geometrik koordinatları ve f ise o noktadaki görüntünün radyometrik düzeyi veya koyuluğu denilen (x, y) koordinatındaki yoğunluğudur. x, y ve f 'nin yoğunluk değerleri sonlu değerler yani ayrık değerler olduğu zaman, görüntüye sayısal görüntü diyoruz. Sayısal Görüntü İşleme sayısal görüntülerin bilgisayarlar aracılığıyla işlenmesi anlamına gelir [6-7]. Bilgisayara aktarılan bir görüntü ham fotoğraftan öteye geçemez. Yazılım vasıtasıyla fotoğraf üzerindeki ilgilenilen alanların tespit edilerek ön plana çıkarılması gerekmektedir. Bu işlem için yazılım geliştirilerek fotoğraftaki ilgi alanlarının bilgisayar vasıtasıyla bulunması sağlanır.

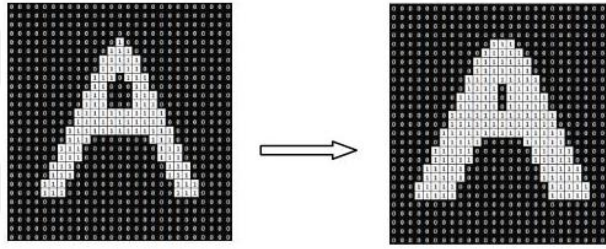
2.2. MORFOLOJİK İŞLEMLER

Matematiksel morfoloji [8-9], lineer olmayan komşuluk işlemlerinde güçlü bir görüntü işleme aracıdır ve görüntü içerisinden çıkarmak veya ayırt etmek istediğimiz nesneleri, görüntü içerisindeki diğer bölgelerden ayırt etmek için kullanılmaktadır. Matematiksel morfolojinin temelinde iki morfolojik operatör olan aşınma ve genleşme yatmaktadır. Sayısal sinyaller için aşınma işlemi, kümeler cebirinde kesişim işlemine, genleşme işlemi ise kümeler cebirinde birleşim işlemine denk düşmektedir. Morfolojik görüntü işlemede bilinen açma ve kapama işlemleri gibi diğer tüm yöntemler bu iki işlemi referans alarak gerçekleştirir. Yapısal eleman görüntü matrisi üzerinde sırayla

gezdirilerek uygulama yapılır. Ancak görüntü üzerinde yapısal filtre uygulayarak genişletme veya aşındırma işlemi yapabilmek için görüntü önce “binary” (ikili) biçime çevrilir.

2.2.1. Genişletme İşlemi

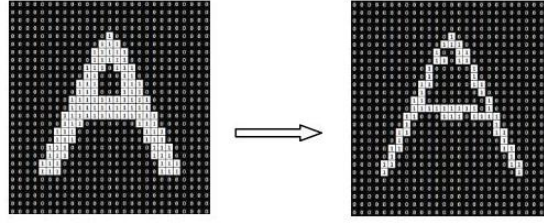
İkili biçimdeki sayısal görüntünün yapısal elemanla kesiştiği bölümlerin mantıksal “or” işlemine tabi tutularak büyütme ya da kalınlaştırma işlemlerinin yapıldığı morfolojik işlemleri kapsamaktadır. Kalınlaştırma işleminin nasıl yapılacağını Şekil 2.3’te örnek verilen yapı elemanları belirler. Şekil 2.1’de görüldüğü üzere üzerinde genişletme yapılan sayısal görüntüde açma meydana gelmiş ve dolayısıyla görüntüde normalin dışına çıkan bir bozulma gözlenmektedir.



Şekil 2.1. 3x3 yapısal elemanı ile genişletme işlemi [8].

2.2.2. Aşındırma İşlemi

İkili biçimdeki sayısal görüntünün yapısal elemanla kesiştiği bölümlerin üzerinde küçültme ya da inceltme işlemlerinin yapıldığı morfolojik işlemleri kapsamaktadır. Aşındırma işlemi bir bakıma genişletme işleminin tersidir. Aşındırma işlemi ile sayısal resim üzerinde inceltme yapılmış dolayısıyla görüntüde tahribat meydana gelmiş olur. Aşındırmadan kaynaklı bu tahribat sonucunda resim içerisindeki nesneler boyutsal olarak daralır, delik varsa genişler ve bağlı nesneler ayrılma eğilimi gösterir. Şekil 2.2’de aşındırma işlemi için bir örnek görüntü verilmiştir [9].



Şekil 1.2. 3x3 yapısal elemanı ile aşındırma işlemi [8].

Genişletme ve aşındırma morfolojik işlemlerinden türetilen açma ve kapama işlemleri görüntüyü fazla bir tahribata uğratmadan nesneleri birbirinden ayırma veya birbirine bağlama işlevi yapmaktadırlar.

Açma işlemi için görüntü üzerinde önce genişletme işlemi uygulanır ardından da aşındırma işlemi uygulanır. Kapama işlemi için ise önce aşındırma işlemi uygulanır ardından da genişletme işlemi uygulanır. Genişletme ve aşındırma işlemlerinin ardışık olarak kullanılmasıyla görüntüdeki nesneler fazla bir değişikliğe uğramadan birbirlerinden ayrılmış veya birbirlerine bağlanmış olur.

Bu işlemlerin matematiksel gösterimi şu şekildedir;

1. Genişletme: $A \oplus B$
2. Aşındırma: $A \ominus B$
3. Açma işlemi: $A \circ B = (A \ominus B) \oplus B$
4. Kapama işlemi: $A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B$

Yapısal eleman sayısal görüntüye uygulanacak filtreleme işleminde kullanılmak üzere istenilen boyutlarda ve istenilen şekilde hazırlanan matris formunda yapılardır. Yapısal eleman kare, dikdörtgen, daire gibi çeşitli geometrik şekillerden biri olabilmektedir [2]. Yapısal eleman örnekleri Şekil 2.3'te gösterilmiştir.

0	1	0
1	1	1
0	1	0

0	1	1
1	0	1
1	1	0

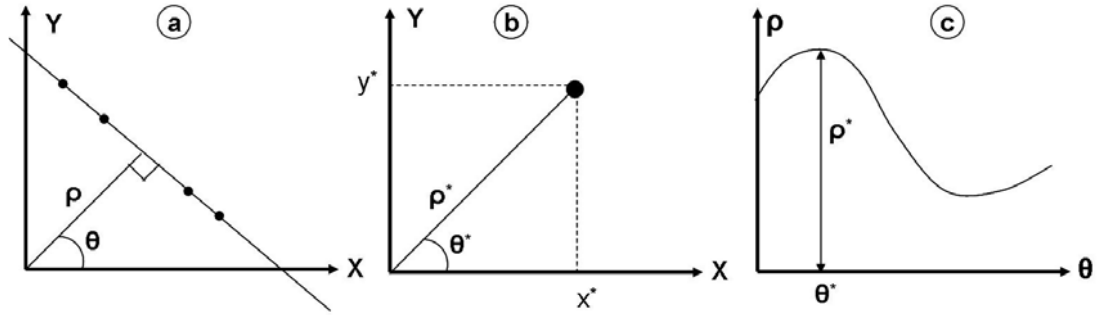
1	0	1
0	1	0
1	0	1

Şekil 2.2. Yapısal elemanlar [8].

2.3. HOUGH DÖNÜŞÜMÜ

Hough dönüşümü bir görüntüdeki şekilleri saptamada kullanılan bir yaklaşım yöntemi olup, düz doğru, çember ve elips gibi matematiksel olarak ifade edilebilen düzgün geometrik şekiller saptanabilmektedir [10]. Temel prensip şeklin kenarını oluşturan noktaların geometrik yerinin analitik ifadesini kullanmaktır [11]. Bu teknikle matematiksel olarak ifade edilebilen doğru, çember ve elips gibi şekiller tespit edilebilir.

Görüntüdeki bütün düz çizgiler iki parametrelili bir dizi oluştururlar (Şekil 2.3). Bu dizi için bir parametre belirlememiz durumunda, herhangi bir düz çizgi parametre uzayında tek bir nokta ile temsil edilebilir ve ortaya çıkan nedenlerden dolayı normal parametre uzayında göstermeyi tercih ederiz [12].



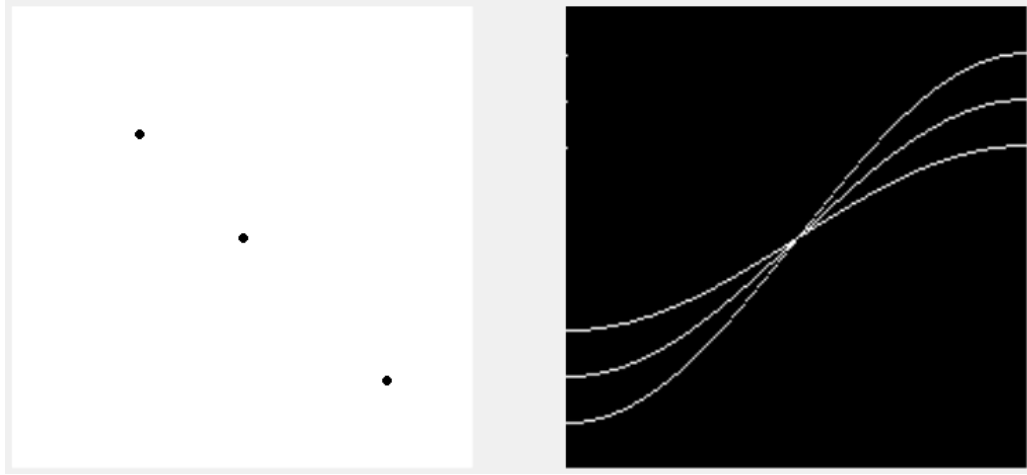
Şekil 2.3. Düz Bir Doğrunun Hough Dönüşümü a) Düz bir doğrunun ρ ve θ gösterimi, b) Görüntü uzayı, c) Hough uzayı [10].

Bu geometriye karşılık gelen bir doğru

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$$

bağıntısıyla ile gösterilebilir.

Düz bir çizgi üzerindeki her bir noktanın Kartezyen koordinat sisteminin merkezine olan dik uzaklığı ρ ve açısı θ olarak gösterilirse, bu düz çizginin Hough dönüşümü (ρ, θ) parametre uzayında tek bir noktadır. Parametre uzayındaki nokta sayısı bize görüntü içindeki çizgi sayısını verir. Parametre uzayına geçiş yapılırken aynı zamanda (ρ, θ) dizisinde çizgilerin piksel adetleri de kayıt altına alınır. Bulmak istediğimiz çizgi için ρ , θ ve piksel sayısı parametrelerine bağlı olarak seçim yapılır.



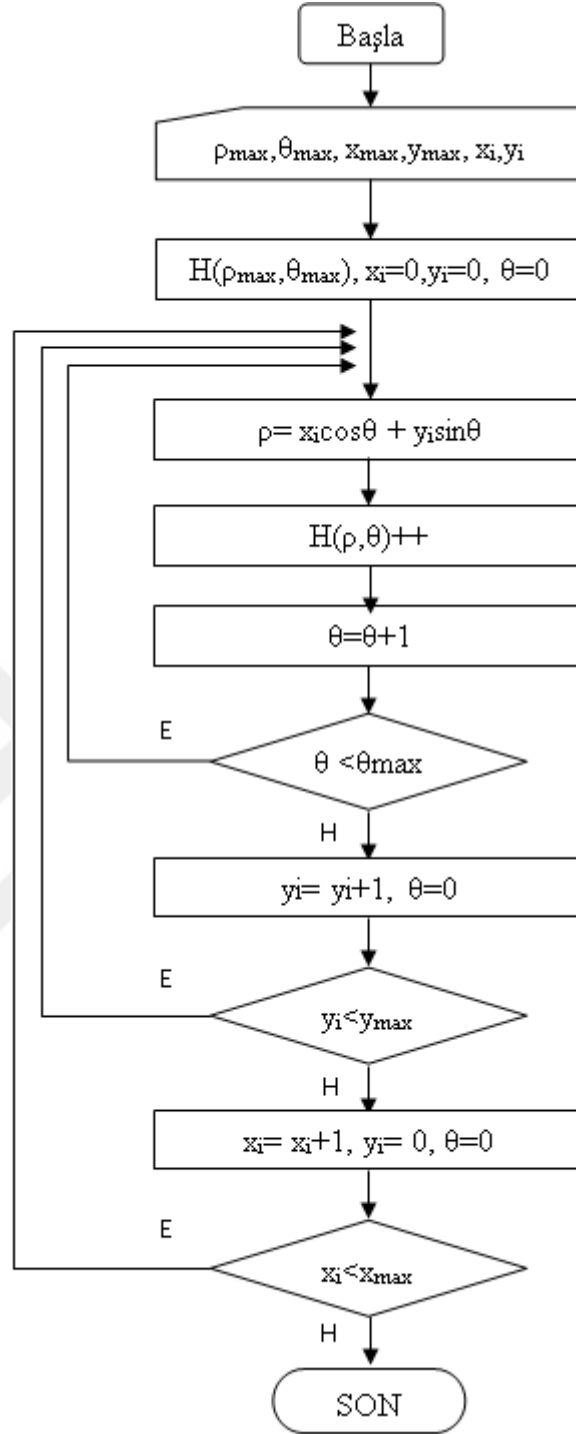
Şekil 2.4. Hough dönüşüm grafiği örneği.

Şekil 2.5’de 3 noktadan oluşan bir doğrunun hough dönüşüm matrisi gösterilmiştir. Görüntüde her bir noktanın parametre uzayında bir sinüs eğrisi şekline dönüştüğü görülmektedir. Sinüs eğrilerinin kesişim noktalarının maksimum değere ulaştığı nokta parametre uzayında bir nokta olarak gösterilir.

2.3.1. Hough Dönüşümü Algoritması

1. ρ ve θ değerlerinin maksimum ve minimum değerleri belirlenir.
2. $H(\rho, \theta)$ dizisi oluşturulur.
3. Görüntüdeki bütün (x_i, y_i) pikselleri için $\rho = x_i \cos \theta + y_i \sin \theta$ eşitliği hesaplanır.
4. $H(\rho, \theta)$ dizi içeriği +1 arttırılır.
5. $H(\rho, \theta)$ dizisinin maksimum değeri bulunur.
6. Çizgi denklemi hesaplanır.

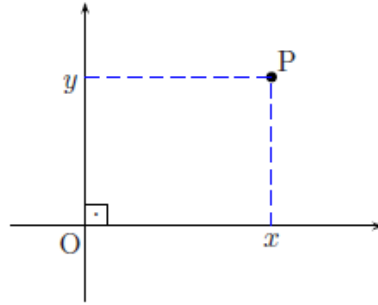
Aşağıda hough dönüşüm algoritmasının akış şeması verilmiştir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Hough dönüşümü algoritması.

BÖLÜM 3

ÖKLİT VE DİK KOORDİNAT SİSTEMLERİ

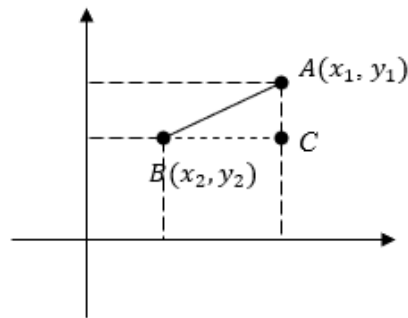


Şekil 3.1. Dik koordinat sistemi.

Bir düzlemde O orijin noktasından geçen eksenler arasındaki açı $\theta = \frac{\pi}{2}$ alınırsa elde edilen sisteme dik koordinat sistemi, eksenler üzerindeki x ve y koordinatlarına da P noktasının dik koordinatları denir (Şekil 3.1).

Aşağıda görüntü işleme ve dönüşüm işlemlerinde kullanılan doğru denklemleri ve doğru-doğru, doğru-nokta arasındaki ilişkilerindeki matematiksel hesaplamalara değinilmiştir.

3.1. İKİ NOKTA ARASINDAKİ UZAKLIĞIN HESAPLANMASI



Şekil 3.2. İki nokta arasındaki uzaklık.

Düzlemdeki $A(x_1, y_1)$ ve $B(x_2, y_2)$ noktalarından $C(x_2, y_1)$ elde edilir. (Şekil 3.2)
Oluşan ABC dik üçgeninde Pisagor teoremi (Eşitlik 3.1) uygulanmasıyla,

$$|AB|^2 = |AC|^2 + |BC|^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 \quad (3.1)$$

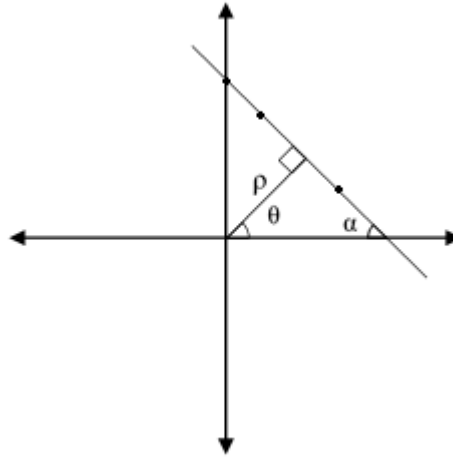
eşitliğinden, A ve B noktaları arasındaki öklit uzaklığı (Eşitlik 3.2)

$$|AB| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (3.2)$$

olur.

3.2. DOĞRU DENKLEMİNİN BULUNMASI

Doğru denkleminin bulunabilmesi için ya iki adet noktanın koordinatları yada bir noktanın koordinatı ve doğru eğiminin bilinmesi gerekmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Doğru denkleminin bulunması.

Doğru üzerindeki iki nokta belli ise Eşitlik 3.3 kurularak;

$$x_1 \cos \theta + y_1 \sin \theta = x_2 \cos \theta + y_2 \sin \theta \quad (3.3)$$

doğrunun açısı (Eşitlik 3.4) ,

$$\theta = \begin{cases} \tan^{-1} \left(\frac{x_1 - x_2}{y_2 - y_1} \right) & \{y_1 \neq y_2\} \\ \frac{\pi}{2} & \{y_1 = y_2 > 0\} \\ 3\frac{\pi}{2} & \{y_1 = y_2 < 0\} \end{cases} \quad (3.4)$$

ve

$$\rho = x_1 \cos \theta + y_1 \sin \theta \quad (3.5)$$

bulunarak, doğru denklemi Eşitlik 3.6'daki gibi olur.,

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (3.6)$$

Doğru üzerinde bir nokta ve doğrunun eğimi belli ise;
doğrunun x-ekseninin 0(sıfır) olduğu noktadaki y-eksenini kestiği nokta (Eşitlik 3.7),

$$m = \frac{y_0 - y_1}{x_0} \quad (3.7)$$

Eşitlik 3.8'den,

$$y_1 = y_0 - mx_0 \quad (3.8)$$

bulunur.

$$x_1 \cos \theta + y_1 \sin \theta = x_0 \cos \theta + y_0 \sin \theta \quad (3.9)$$

Eşitlik 3.9 eşitliğinden eğim açısı bulunur (Eşitlik 3.10),

$$\theta = \begin{cases} \tan^{-1} \left(\frac{x_1 - x_0}{y_0 - y_1} \right) & \{y_1 \neq y_0\} \\ \frac{\pi}{2} & \{y_1 = y_0 > 0\} \\ 3\frac{\pi}{2} & \{y_1 = y_0 < 0\} \end{cases} \quad (3.10)$$

ve Eşitlik 3.11 ile ρ değeri,

$$\rho = x_1 \cos \theta + y_1 \sin \theta \quad (3.11)$$

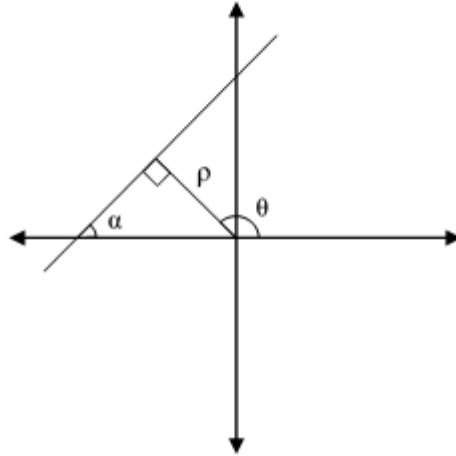
bulunarak, doğru denklemi,

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (3.12)$$

olarak bulunur (Eşitlik 3.12)

3.3. VERİLEN BİR DOĞRUNUN EĞİMİ

Verilen bir doğrunun x-ekseni ile pozitif yönde yapmış olduğu açıya o doğrunun eğim açısı, o açının tanjant değerine de o doğrunun eğimi denir ve m ile gösterilir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Doğrunun eğimi.

Buna göre;

düzlemde herhangi bir $\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$ doğrusu verildiğinde Eşitlik 3.13'den doğrunun eğimi,

$$m = -\frac{\cos \theta}{\sin \theta} \quad [13] \quad (3.13)$$

düzlemde herhangi bir $ax + by + c = 0$ doğrusu verildiğinde Eşitlik 3.14'den doğrunun eğimi,

$$m = -\frac{a}{b} \quad [14] \quad (3.14)$$

eğer doğru üzerinde iki nokta belli ise Eşitlik 3.15'den doğrunun eğimi,

$$m = \tan \alpha = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad [14] \quad (3.15)$$

eşitlikleri ile bulunur.

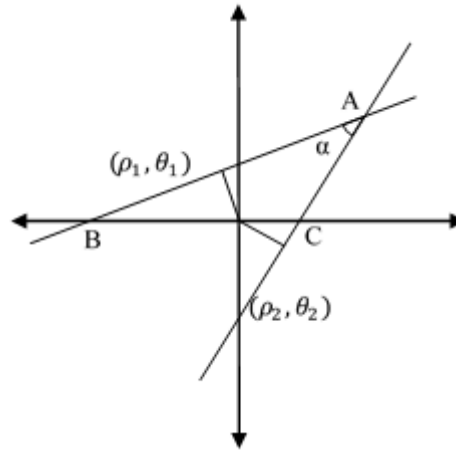
Doğrunun eğim açısı ise Eşitlik 3.16 ile

$$\alpha = \tan^{-1}(m) \quad [14] \quad (3.16)$$

bulunur.

3.4. KESİŞEN İKİ DOĞRU ARASINDAKİ AÇI

Dik koordinat düzleminde iki doğrunun birbirini kesmesi için eğimleri farklı olmalıdır. Eğimlerin eşit olması durumunda ise doğrular arasında herhangi bir kesim noktası yoktur ve doğrular birbirlerine paraleldir.



Şekil 3.5. Kesişen iki doğru arasındaki açı.

Şekil 3.5'de verilen $\rho_1 = x \cos \theta_1 + y \sin \theta_1$ ve $\rho_2 = x \cos \theta_2 + y \sin \theta_2$ doğrularının eğimleri Eşitlik 3.17 ve Eşitlik 3.18'den,

$$m_1 = \tan \theta_1 \quad (3.17)$$

$$m_2 = \tan \theta_2 \quad (3.18)$$

ve açıları ise Eşitlik 3.19 ve Eşitlik 3.20'den,

$$\alpha_1 = \tan^{-1} m_1 \quad (3.19)$$

$$\alpha_2 = \tan^{-1} m_2 \quad (3.20)$$

bulunur.

Eğer $m_1 = m_2$ ise doğrular birbirine paraleldir ve iki doğru arasında kesişim noktası yoktur.

Eğer $m_1 \neq m_2$ ise;

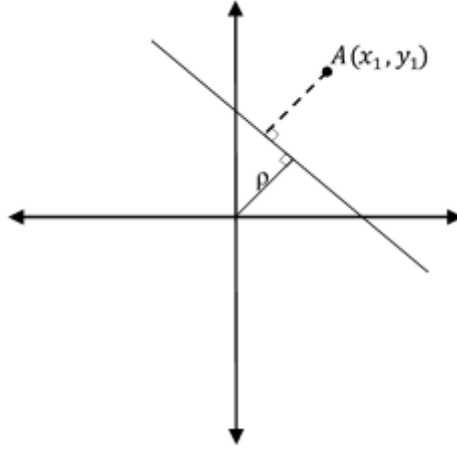
İki doğru ve koordinat sistemini x ve y eksenleri arasında oluşan ABC üçgenin iç açıları toplamından (Eşitlik 21),

$$\alpha = |\alpha_1 - \alpha_2| \quad (3.21)$$

olur.

3.5. BİR NOKTANIN BİR DOĞRUYA OLAN UZAKLIĞI

Bir noktanın doğruya olan uzaklığı noktadan doğruya indirilen dikmedir. Şekil 3.6'daki $A(x_1, y_1)$ noktasının doğruya olan uzaklığı;



Şekil 3.6. Bir noktanın doğruya uzaklığı.

$A(x_1, y_1)$ herhangi bir nokta olmak üzere Eşitlik 3.22'den,

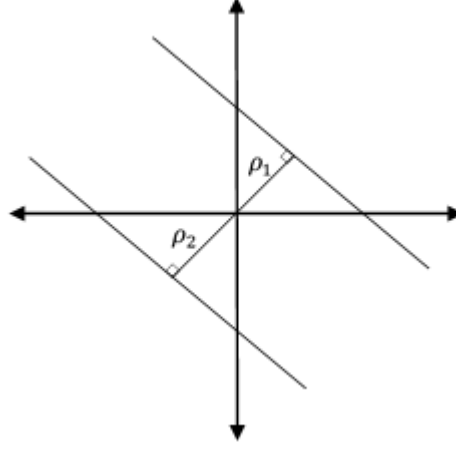
$$\rho_1 = x_1 \cos \theta + y_1 \sin \theta \quad (3.22)$$

doğrusuna olan uzaklığı

$$d = |\rho_1 - \rho| \quad (3.23)$$

Eşitlik 3.23 ile bulunur.

3.6. BİRBİRİNE PARALEL İKİ DOĞRU ARASINDAKİ UZAKLIK



Şekil 3.7. Birine paralel iki doğru arasındaki uzaklık.

Eğimleri eşit olan Eşitlik 3.24 ve Eşitlik 3.25 doğruları

$$\rho_1 = x \cos \theta_1 + y \sin \theta_1 \quad (3.24)$$

$$\rho_2 = x \cos \theta_2 + y \sin \theta_2 \quad (3.25)$$

iki doğru birbirine paraleldir ve aralarındaki mesafe (Şekil 3.7)

$$d = |\rho_1 - \rho_2| \quad (3.26)$$

Eşitlik 3.26 ile bulunur.

BÖLÜM 4

PROFİL EBAT TESPİTİ YAKLAŞIMI

Bu çalışmada, perspektif görüntüde tespit edilen çizgilerin tepeden bakış görüntüsüne dönüştürülmesi için Desargues teoremi kullanılmıştır. Görüntüdeki çizgilerin tespiti için ise Hough Dönüşümünden yararlanılmıştır. Algoritmada, Desargues teoreminden yola çıkılarak oluşturulan referans değerler kullanılmış ve tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir. Görüntü işleme esnasında basit filtre işlemleri sonrası Hough Dönüşümü uygulanmıştır. Sonuçta, yöntemin sistemin ortasına konulan dikdörtgen nesnelerin dış kesit ölçülerinin saptanmasındaki performansı incelenmiştir.

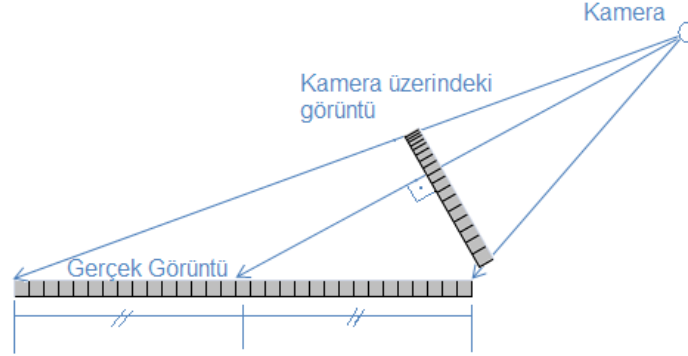
4.1. PERSPEKTİF GÖRÜNTÜ

Bir sahnenin kamera görüntüsü, esas olarak 3 boyutlu bir sahnenin 2 boyutlu bir temsili izdüşümüdür. Bir nesne veya sahne bir ışık kaynağı tarafından aydınlatıldığında ışığın bir kısmı kameraya doğru yansıyor ve sayısal bir görüntü olarak yakalanacaktır. Objektife yansıyan ışık, kamera projeksiyon modeline dayanarak kamera görüntü düzlemine yansır. Kamera projeksiyon modeli 3 boyutlu dünya koordinatlarını (x, y, z) değiştirir ve kamera görüntü düzleminde 2 boyutlu (x, y) koordinatlarına dönüştürür. Piksellerin ızgara şeklinde gösterildiği görüntü düzleminin uzaysal nicelemesi görüntü düzlemindeki 2 boyutlu görüntü koordinatının bir piksel (c, r) konumuna dönüşümüdür [15].

Ele aldığımız sahne görüntülerinin çoğu, perspektif kamera projeksiyonu kullanılarak yakalanacaktır.

Öncelikle kamerada oluşan perspektif görüntüyü Şekil 4.1'deki gibi sembolize edebiliriz. Belli bir açıyla yatay düzlemeden çekim yapan kamerada oluşan görüntü yatay düzlemdeki görüntünün kamera bakış açısıyla aynı açıya sahip bir düzleme

aktarılmış halidir. Kamera ile yapılan çekimleri görüntünün bir düzlemden diğer bir düzleme aktarılması şeklinde yorumlayabiliriz.



Şekil 4.1. Tek satır kameradaki görüntü modellemesi.

4.2. MESAFE ÖLÇÜMÜ

Geometride iki nokta arasındaki mesafeyi tanımlayan öklit mesafe ölçümü;

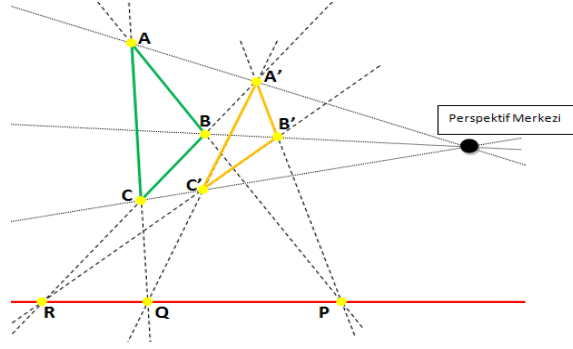
$$d_E = \sqrt{(j_1 - j_2)^2 + (k_1 - k_2)^2} \quad [16] \quad (4.1)$$

Eşitlik 4.1 ile tanımlanmaktadır.

Mesafe ölçümlerimizde proje için öklit mesafe ölçüm fonksiyonu kullanılacaktır.

4.3. DESARGUES TEOREMİ

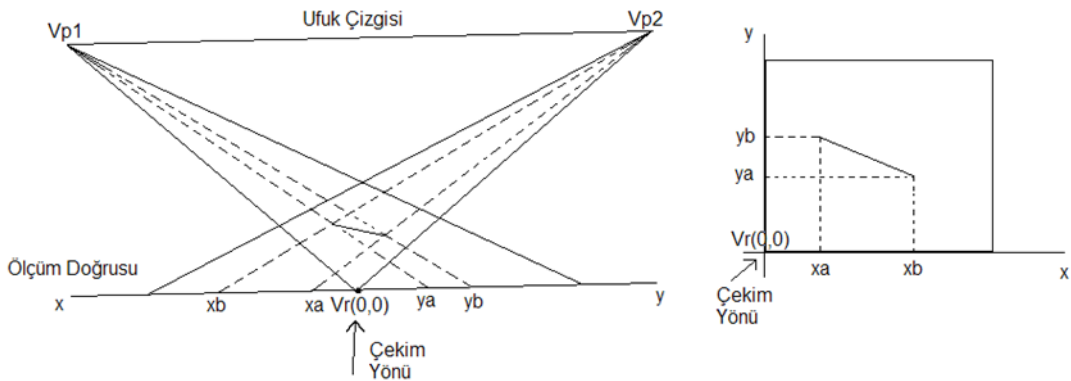
Kameradaki iz düşümsel görüntünün yatay düzleme aktarılması için Desargues teoreminden yola çıkılmıştır.



Şekil 4.2. Desargues teoremi.

Desargues teoremi [17], Fransız matematikçi Girard Desargues tarafından 1639 yılında geliştirilmiş matematiksel bir ifadedir. Bu teoreme göre farklı düzlemlere yerleştirilmiş birbirinin birebir aynısı iki üçgene (ABC VE A'B'C') öyle bir perspektif bakış noktası vardır ki; A-A' B-B' ve C-C' noktaları kendi aralarında perspektif bakış noktasından geçen doğru üzerindedir (Şekil 4.2).

Desargues Teoreminden yola çıkılarak, farklı düzlemlerdeki benzer geometrik şekilleri oluşturan kenarlar ve köşeler birbirine paraleldir. Eşlenik kenarları ve köşeleri birbirine birleştiren düzlemler arası çizgiler bir ufuk noktasında birleşirler. O halde ufuk noktasından bakılarak herhangi bir düzlemdeki şekli veya pikseli özelliklerini bildiğimiz başka bir düzleme taşıyabiliriz. Bu işlem için özelliğini bildiğimiz bir nesneye aynı ufuk noktasından bakmamız gerekmektedir. Bu nesnenin özelliklerini bildiğimiz düzlemdeki yansımasını elde ederek referans bir değer üretmemiz yeterlidir. Referans değeri kullanılarak ufuk noktasından bakıldığında bilinmeyen pikselleri bildiğimiz düzleme taşıyabiliriz (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. 2B perspektif açı düzleminde dik koordinat düzlemine dönüşüm.

Desargues Teoreminden yola çıkılarak, referans bir dikdörtgen şeklinin kamera perspektif görüntüsündeki karşılıklı kenarların ufuktaki bir noktada ($Vp1$, $Vp2$) birleşeceği kesindir. Perspektif görüntüyü $Vp1$, $Vp2$ noktalarından geriye yansıtılabileceğimiz Vr noktasından geçen ve $Vp1$ ve $Vp2$ noktalarından geçen doğru ile aynı eğime sahip bir ölçüm doğrusu çizilir. Dikdörtgen şeklinin kenarları ölçüm doğrusunu Vx , Vy ve Vr noktalarında keser. Dikdörtgenin gerçek ölçülerini kullanarak “ dx ” ve “ dy ” kalibrasyon katsayıları oluşturulur (Eşitlik 4.2, Eşitlik 4.3).

$$dx = \frac{RealDistance(Vx,Vr)}{Distance(Vx,Vr)} \left(mm/pixel \right) \quad (4.2)$$

$$dy = \frac{RealDistance(Vy,Vr)}{Distance(Vy,Vr)} \left(mm/pixel \right) \quad (4.3)$$

Bu aşamadan sonra Perspektif görüntüdeki her bir nokta ile ufuk noktaları arasında doğru çizilir ve bu doğruların ölçüm doğrusunu kesim noktaları bulunur. Bu noktalar ile Vr referans noktasından uzaklıkları ile kalibrasyon değerlerinin çarpımıyla dik koordinat düzlemindeki x ve y koordinatının değeri hesaplanır (Eşitlik 4.4, Eşitlik 4.5).

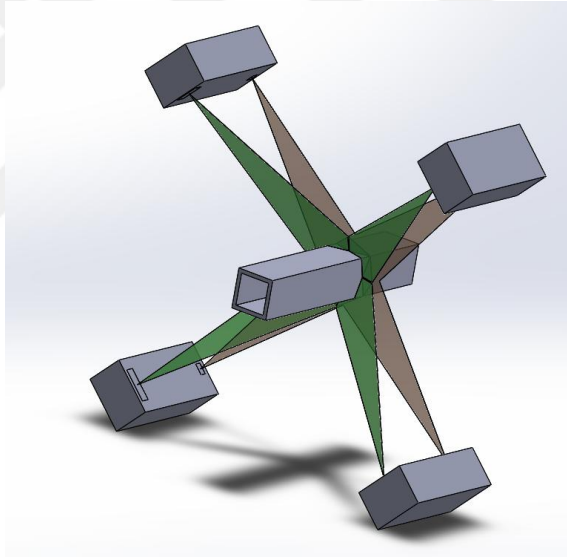
$$x = dx \times Distance(Px, Vr) \quad (mm) \quad (4.4)$$

$$y = dy \times Distance(Py, Vr) \quad (mm) \quad (4.5)$$

BÖLÜM 5

PROFİL EBAT TESPİTİ UYGULAMASI

Uygulamada kullanılan kameralar USB 2.0 destekli 640 x 480 piksel Video çekim çözünürlüğe (Hardware çözünürlük) sahip olup PC ve Laptop uyumludur ve otomatik beyazlık, arka plan ışığı dengeleme ve resim keskinlik kontrolüne sahiptir. Windows™ 98 SE, ME, 2000, XP, Vista ve Windows7 uyumludur. Bilgisayar olarak Intel i7 1,6Ghz dizüstü bilgisayar kullanılmıştır.



Şekil 5.1. Ölçüm sistemi gösterimi.

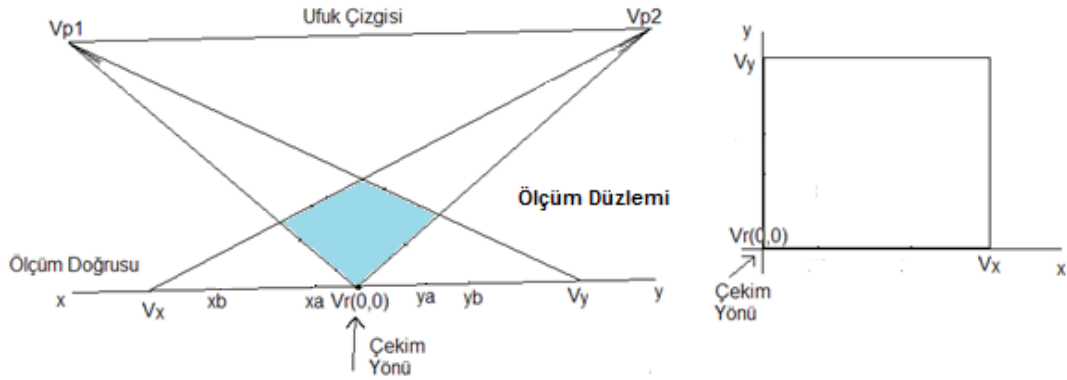
Çekim yapılan ortam karanlık bir oda olup 15W Akkor Flamanlı yeşil renkli bir ampul ile aydınlatılmıştır. Rengin yeşil seçilmesindeki sebep kırmızı lazer ışığını daha az etkileyecek olmasıdır.

Bu çalışmada 4 köşeye yerleştirilen kameralardan (Şekil 5.1) elde edilen görüntülerden dikkörtgen profilin kenarlarının tespit edilerek ölçülerinin çıkarılması amaçlanmıştır. Kenarların tespiti için dört taraftan 4 adet Kırmızı renkli çizgi lazer ışığı tablaya paralel olacak şekilde profile yansıtılmıştır.

Ölçüm için ise öncelikle bir kalibrasyon yöntemi belirlenmiştir. Kalibrasyon için 200x200mm ebadında bir tabla belirlenmiştir. Tablanın lazer ışığının yayıldığı düzlemedeki yansımalarının tespiti için bir adet 45x45mm ebadında bir profil sırasıyla tablanın her köşesine konularak kameralardan görüntü alınmıştır. Bu sayede tablanın lazer ışığının olduğu düzlemedeki ebadı tespit edilecektir. Dört köşeli ölçüm tablasının her bir köşesi için birer görüntü olmak üzere 4 kameradan toplam 16 adet görüntü alınmıştır.

Ölçüm yapılabilmesi için referans değerlerin belirtilmesi gereklidir. Bunun için kalibrasyon değeri tespit algoritması oluşturulmuştur.

5.1. KAMERA KALİBRASYON DEĞERİ TESPİT ALGORİTMASI



Şekil 5.2. Kalibrasyon gösterimi.

Her bir kamera için ölçüm tablasının köşelerine örnek bir profil konularak çekim yapılır.

Bir kameradan her köşe için birer adet olmak üzere dört adet çekim yapılır. Elde edilen bu görüntüler beşinci görüntü üzerinde birleştirilir ve oluşan son görüntüde 4 adet çizgi bulunur. Bu çizgiler ufuk noktalarına gider ve ikişerli gruplar halinde $Vp1$ ve $Vp2$ ufuk noktalarında ve bu çizgilerden iki tanesi de kamera çekim noktasına en yakın Vr noktasında kesişirler. $Vp1$ ve $Vp2$ ufuk noktaları arasındaki ufuk çizgisi bulunur. Ufuk çizgisi ile aynı eğimde ve çekim noktasına en yakın Vr noktasından geçen ölçüm doğrusu bulunur. Ölçüm doğrusu dik koordinat düzleminin x ve y eksenlerini temsil eder. Ufuk noktalarında kesişen doğruların ölçüm noktasını kestikleri noktalar

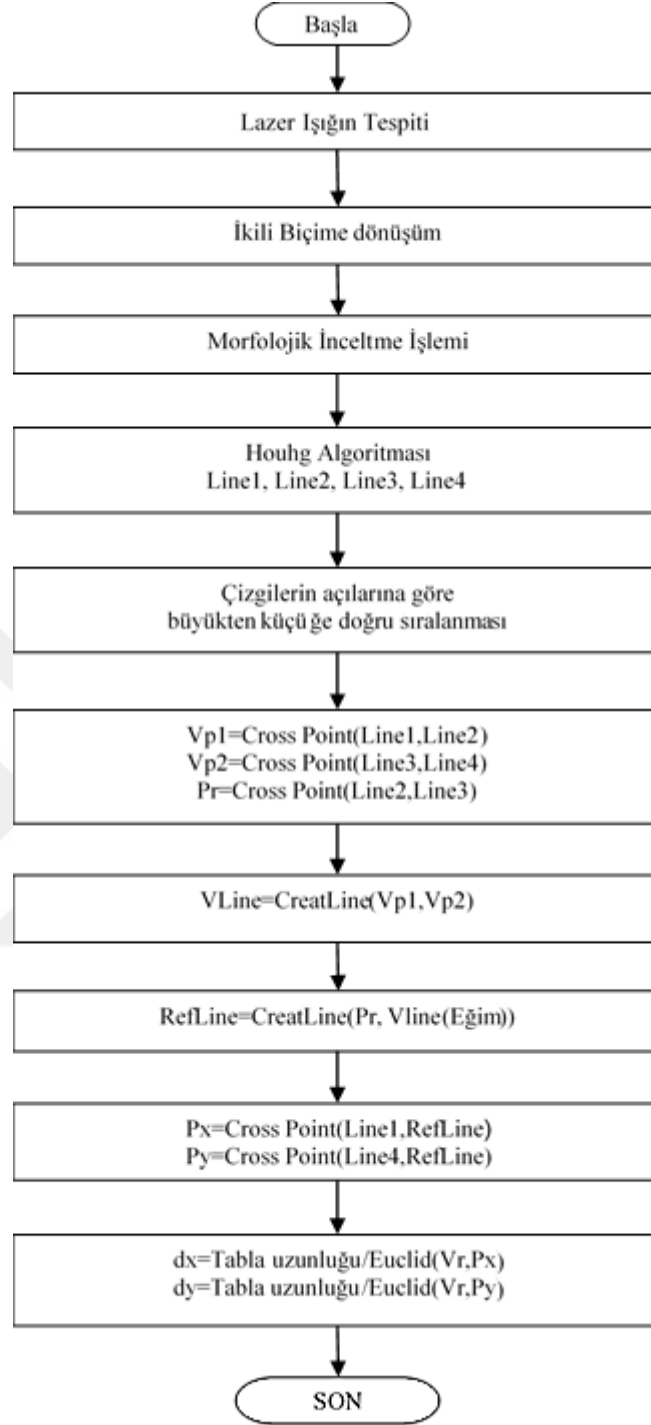
bulunur. Bu noktalar V_r , V_x ve V_y noktalarıdır. V_r - V_x arasındaki uzaklık ölçüm tablamızın x-eksen uzunluğuna, V_r - V_y arasındaki uzaklık ise ölçüm tablamızın y-eksen uzunluğuna tekabül eder (Şekil 5.2). Akış diyagramı Şekil 5.3’de gösterilmiştir.

1. Lazer ışığı basit filtreleme yöntemleriyle tespit edilerek görüntü ikili biçime dönüştürülür.
2. İnceltme işlemiyle kenar elde edilir.
3. Hough Algoritmasıyla kenarları oluşturan doğrular bulunur.
4. Karşılıklı kenarların kesim noktaları V_{p1} , V_{p2} bulunur. Bu noktalar ufuk noktalarıdır.
5. Kameraya yakın olan iki kenarın kesim noktası (V_r) bulunur.
6. V_{p1} ile V_{p2} noktalarından geçen ufuk çizgisinin eğimi bulunur.
7. V_r noktasından geçen ve ufuk çizgisiyle aynı eğime sahip ölçüm doğrumuz bulunur.
8. Karşılıklı kenarların ölçüm doğrusundaki kesim noktaları (V_x , V_y) bulunur.
9. $V_r - V_x$ ve $V_r - V_y$ noktaları arasındaki uzaklıklar bulunur. Tablanın gerçek ölçülerine bağlı olarak dx ve dy katsayılarının değerleri bulunur (Eşitlik 5.1, Eşitlik 5.2).

$$dx = \frac{RealDistance(V_x, V_r)}{Distance(V_x, V_r)} \left(mm/pixel \right) \quad (5.1)$$

$$dy = \frac{RealDistance(V_y, V_r)}{Distance(V_y, V_r)} \left(mm/pixel \right) \quad (5.2)$$

Bulunan dx ve dy uzunlukları sonraki ölçümlerde referans değer olarak kullanılacaktır.



Şekil 5.3. Kamera kalibrasyon değeri tespit algoritması.

5.2. PERSPEKTİF DÜZLEMDEN DİK DÜZLEME DÖNÜŞÜM

Ebat ölçümü için kameralardan alınan görüntüler perspektif açı düzleminden dik koordinat düzlemine dönüştürülmelidir. Sonra dört ayrı kameradan alınan görüntüler kameraların yerleşim açılarına uygun biçimde birleştirilmelidir.

Dik koordinat düzlemine dönüşüm işleminde kalibrasyon algoritmasında elde edilen dx ve dy değerleri ile ufuk noktaları, ölçüm doğrusu, kameraya en yakın kesişim noktası kullanılır.

Öncelikle görüntü üzerinde sırasıyla lazer ışığı tespiti, ikili biçime dönüşümü ve morfolojik inceltme işlemleri uygulanarak görüntü üzerindeki beyaz pikseller bulunur. Ufuk noktaları ile her bir piksel arasındaki doğrular bulunarak ve bu doğruların ölçüm doğrusunu kestiği noktalar bulunur. Ölçüm doğrusunu kesen noktalar, perspektif görüntüdeki pikselin dik koordinat düzlemindeki x ve y eksenlerindeki değerleridir. Dik koordinat düzlemindeki yeni görüntü 90° döndürülerek bir sonraki kameraya ait görüntüye geçilir. Her kamera için işlem bitiminde dik düzlemdeki görüntü 90° döndürülür (Şekil 5.4).

1. Lazer ışığı basit filtreleme yöntemleriyle tespit edilerek görüntü ikili biçime dönüştürülür.
2. Morfolojik İnceltme işlemiyle kenarın doğrultusu ortaya çıkarılır.
3. Yeni boş kare görüntü oluşturulur.
4. Görüntüdeki kenara ait piksel ile $Vp1$ ufuk noktasından geçen doğrunun kalibrasyon doğrusunu kestiği noktanın Vr noktasına olan uzaklığı bulunarak dy değeriyle çarpılır (Eşitlik 5.4). Çıkan sonuç pikselin yeni görüntüdeki y -eksendeki yerini belirtir. Aynı piksel ile $Vp2$ ufuk noktasından geçen doğrunun kalibrasyon doğrusunu kestiği noktanın Vr noktasına olan uzaklığı bulunarak dx değeriyle çarpılır (Eşitlik 5.3). Çıkan sonuç pikselin yeni görüntüdeki x -eksendeki yerini belirtir.

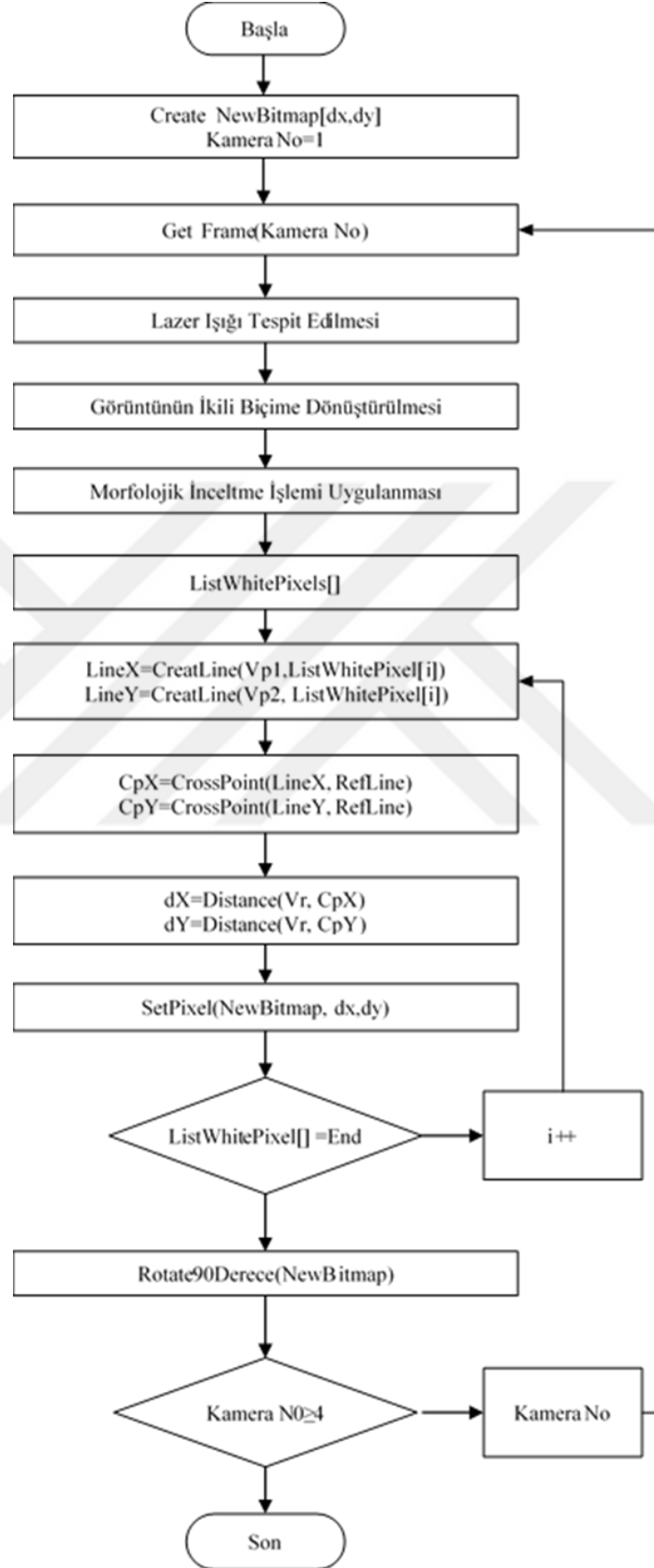
$$x = dx \times Distance(Px, Vr) \text{ (mm)} \quad (5.3)$$

$$y = dy \times Distance(Py, Vr) \text{ (mm)} \quad (5.4)$$

Bulunan x ve y koordinat değerleri yeni görüntüdeki pikselin koordinatları olur. Bütün kenar pikselleri için bu işlem uygulanır.

5. Yeni oluşturulan görüntü 90° döndürülür.
6. Her kameradan alınan görüntü için 4 ve 5 numaralı adımlar uygulanır.

7. Yeni oluşan görüntü profilin dikey kesit görüntüsünü verir.



Şekil 5.4. Perspektif düzlemde dik düzleme dönüşüm algoritması.

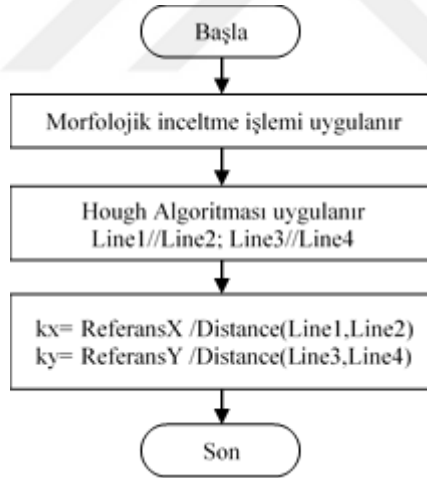
5.3. KESİT EBATLARININ ÖLÇÜMÜ İÇİN KALİBRASYON DEĞERİ

Kesit ölçümü dik düzlem görüntüsünden yapılacağı için öncelikle dik düzlemdeki x ve y eksenlerine ait kalibrasyon değerlerinin belirlenmesi gerekir.

Bu amaçla, kalibrasyon görüntüleri kullanılarak elde edilen beşinci görüntü dik düzleme aktararak kendi aralarında paralel olan ve birbirlerine dik olan iki grup doğru bulunur. Paralel doğrular arasındaki mesafe hesaplanarak kx ve ky kalibrasyon değerleri (Eşitlik 5.5, Eşitlik 5.6) hesaplanır. (Şekil 5.5)

$$kx = \frac{RealDistance(Line1,Line2)}{Distance(Line1,Line2)} \left(mm/pixel \right) \quad (5.5)$$

$$ky = \frac{RealDistance(Line3,Line4)}{Distance(Line3,Line4)} \left(mm/pixel \right) \quad (5.6)$$



Şekil 5.5. Kesit ebatlarının ölçümü için kalibrasyon değeri

5.4. KESİT EBATLARININ ÖLÇÜM ALGORİTMASI

Ölçüm tablasına konulan profilin ebat ölçümü için kalibrasyon algoritmasında bulunan kx ve ky değerleri kullanılır. Perspektif düzlemindeki kamera görüntülerinin dik koordinat düzlemindeki görüntüsü için perspektif düzlemden dik düzleme dönüşüm algoritması kullanılır. Dik düzlem görüntüsünde filtreleme ve morfolojik işlemler

sonrası hough algoritmasıyla görüntüdeki mevcut paralel ve dik doğrular tespit edilir. Birbirine paralel olan doğrular arasındaki uzaklık hesaplanarak profilin ebatları tespit edilir (Şekil 5.6).

Alınan görüntüler üzerinde;

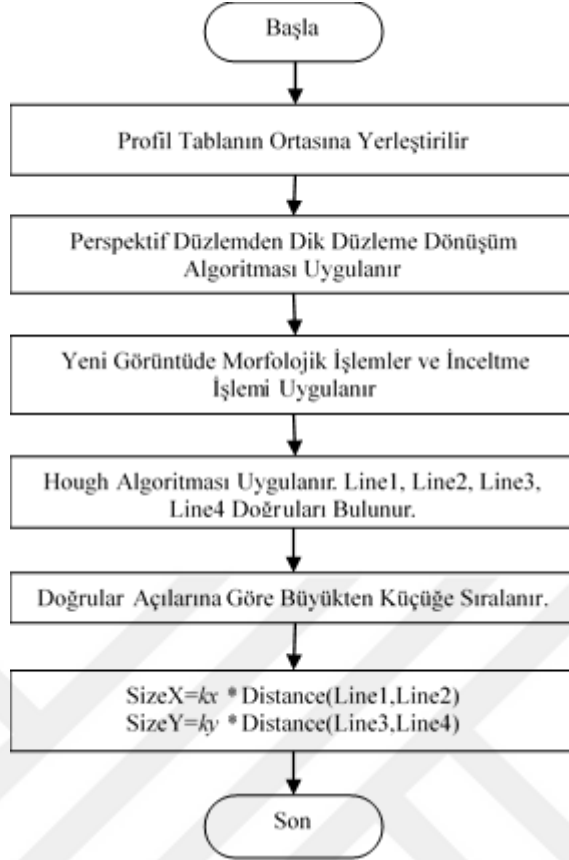
1. Ölçüm tablasının tam ortasına ebadını ölçeceğimiz bir profil yerleştirilir.
2. Kameralardan Alınan Görüntünün Aktarılması ve Birleştirilmesi Algoritması uygulanır.

Oluşan yeni görüntüde;

3. Basit filtreleme ve morfolojik işlemler uygulanır.
4. Morfolojik İnceltme işlemiyle kenarlar ortaya çıkarılır.
5. Hough Algoritmasıyla kenarlar tespit edilir.
6. Karşılıklı Kenarların aralarındaki mesafeler hesaplanır.
7. Bulunan mesafeler Kesit Ebatlarının Ölçümü için Kalibrasyon Değeri algoritmasında bulunan “ k_x ” ve “ k_y ” kalibrasyon değeriyle çarpılarak gerçek ölçü bulunur (Eşitlik 5.7, Eşitlik 5.8).

$$x = k_x \times \text{Distance}(\text{Line1}, \text{Line2}) \text{ (mm)} \quad (5.7)$$

$$y = k_y \times \text{Distance}(\text{Line3}, \text{Line4}) \text{ (mm)} \quad (5.8)$$



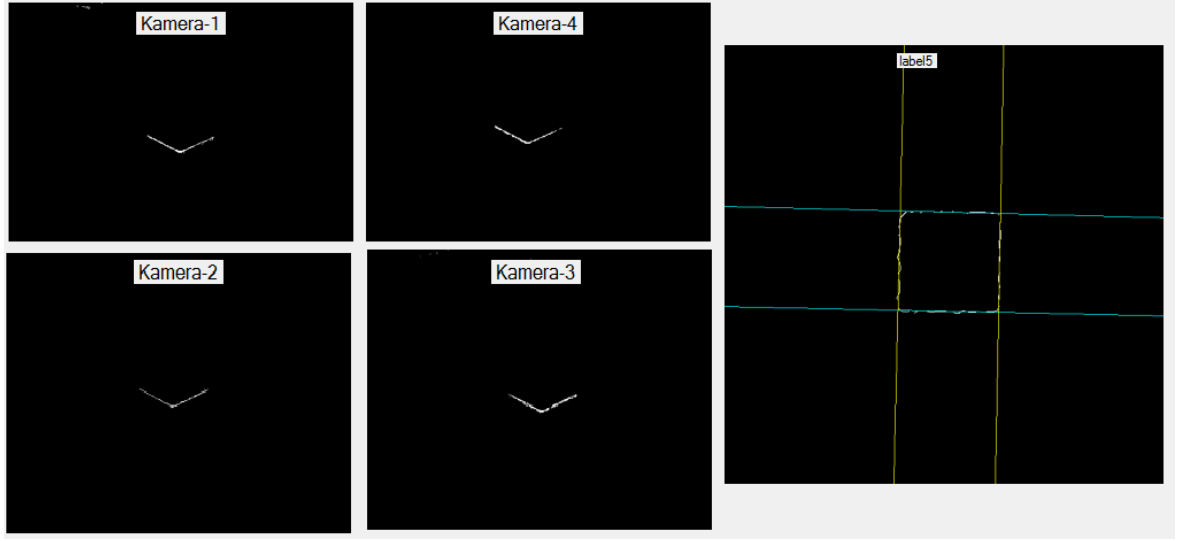
Şekil 5.6. Kesit ebatlarının ölçüm algoritması.

Uygulama, 6 farklı ebattaki malzeme için gerçekleştirilmiştir. Her bir ebattaki ölçüm sonuçları ve hata durumları ayrı çizelgelerde verilmiştir.

5.5. ELDE EDİLEN SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında genel olarak görüntü işleme tekniklerine değinilmiştir. Bu teknikler kullanılarak cisim üzerindeki kırmızı lazer ışığının ayırt edilerek cismin ebatlarının ölçülmesinde kullanılmak üzere bir uygulama geliştirilmiştir (Şekil 5.8).

Program değişik ebatlardaki dikdörtgen cisimler üzerinde test edilmiştir. Kırmızı rengin segmentasyonu için eşikleme algoritması kullanılmıştır. Morfolojik teknikler kullanıldıktan sonra inceltme algoritması uygulanmıştır. Ardından görüntü perspektif açıdan üst bakış formuna dönüştürülmüştür. Kameralara ait üst bakış görüntüleri birleştirilerek morfolojik işlemler ve inceltme işlemi uygulanmıştır. Hough algoritmasıyla kenar çizgileri elde edilerek cismin ölçüleri çıkarılmıştır.



Şekil 5.7. Uygulama örneği.

Çizelge 5.1. 100x100 profil test sonuçları.

NUMUNE ADI	Ebat (Piksel)		Ebat (mm) (Hesaplanan)		İşlem Süresi (msn)	Ebat (Kumpas-mm)		Hata (mm)			
	Eksen X	Eksen Y	Eksen X	Eksen Y		Eksen X	Eksen Y	Eksen X		Eksen Y	
100x100_Test1	302	301	100,3	100,7	1407	100,3	100,3	0	0,00%	0,4	0,40%
100x100_Test2	300	300	100	100	1269	100,3	100,3	0,3	0,30%	0,3	0,30%
100x100_Test3	301	301	100,3	100,3	1228	100,3	100,3	0	0,00%	0	0,00%
100x100_Test4	300	303	101	100	1335	100,3	100,3	0,7	0,70%	0,3	0,30%
100x100_Test5	301	301	100,3	100,3	1505	100,3	100,3	0	0,00%	0	0,00%
Minimum Sapma								0	0,00%	0	0,00%
Maksimum Sapma								0,7	0,70%	0,4	0,40%
Ortalama Sapma								0,2	0,20%	0,2	0,20%
Genel Ortalama								0,20%			

100x100'lük bir profil ölçüm tablasının ortasına beş defa konularak görüntü alınmış olup ortalama %0,2 sapma ile başarı elde edilmiştir (Çizelge 5.1).

Çizelge 5.2. 30x50 profil test sonuçları.

NUMUNE ADI	Ebat (Piksel)		Ebat (mm) (Hesaplanan)		İşlem Süresi (msn)	Ebat (Kumpas-mm)		Hata			
	Eksen X	Eksen Y	Eksen X	Eksen Y		Eksen X	Eksen Y	Eksen X		Eksen Y	
30x50_Test1	93	150	31	50	1158	30,2	50,2	0,8	2,65%	0,2	0,40%
30x50_Test2	91	150	30,3	50	1184	30,2	50,2	0,1	0,33%	0,2	0,40%
30x50_Test3	94	149	31,3	49,7	1127	30,2	50,2	1,1	3,64%	0,5	1,00%
30x50_Test4	93	150	31	50	1138	30,2	50,2	0,8	2,65%	0,2	0,40%
30x50_Test5	149	93	31	49,7	1390	30,2	50,2	0,8	2,65%	0,5	1,00%
Minimum Sapma								0,1	0,33%	0,2	0,40%
Maksimum Sapma								1,1	3,64%	0,5	1,00%
Ortalama Sapma								0,72	2,38%	0,32	0,64%
Genel Ortalama								1,51%			

30x50'lük bir profil ölçüm tablasının ortasına beş defa konularak görüntü alınmış olup ortalama %1,51 sapma ile başarı elde edilmiştir (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.3. 40x100 profil test sonuçları.

NUMUNE ADI	Ebat (Piksel)		Ebat (mm) (Hesaplanan)		İşlem Süresi (msn)	Ebat (Kumpas-mm)		Hata (mm)			
	Eksen X	Eksen Y	Eksen X	Eksen Y		Eksen X	Eksen Y	Eksen X		Eksen Y	
40x100_Test1	302	121	40,3	100,7	1271	39,9	100,2	0,4	1,00%	0,5	0,50%
40x100_Test2	300	121	40,3	100	1302	39,9	100,2	0,4	1,00%	0,2	0,20%
40x100_Test3	121	301	40,3	100,3	1229	39,9	100,2	0,4	1,00%	0,1	0,10%
40x100_Test4	121	301	40,3	100,3	1200	39,9	100,2	0,4	1,00%	0,1	0,10%
40x100_Test5	122	301	40,7	100,3	1510	39,9	100,2	0,8	2,01%	0,1	0,10%
Minimum Sapma								0,4	1,00%	0,1	0,10%
Maksimum Sapma								0,8	2,01%	0,5	0,50%
Ortalama Sapma								0,48	1,20%	0,2	0,20%
Genel Ortalama								0,70%			

40x100'lük bir profil ölçüm tablasının ortasına beş defa konularak görüntü alınmış olup ortalama %0,70 sapma ile başarı elde edilmiştir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.4. 40x40 profil test sonuçları.

NUMUNE ADI	Ebat (Piksel)		Ebat (mm) (Hesaplanan)		İşlem Süresi (msn)	Ebat (Kumpas- mm)		Hata (mm)			
	Eksen X	Eksen Y	Eksen X	Eksen Y		Eksen X	Eksen Y	Eksen X		Eksen Y	
40x40_Test1	118	121	40,3	39,3	1127	40,2	40,3	0,1	0,25%	1	2,48%
40x40_Test2	118	123	41	39,3	1174	40,2	40,3	0,8	1,99%	1	2,48%
40x40_Test3	118	124	41,3	39,3	1295	40,2	40,3	1,1	2,74%	1	2,48%
40x40_Test4	121	121	40,3	40,3	1151	40,2	40,3	0,1	0,25%	0	0,00%
40x40_Test5	118	121	40,3	39,3	1477	40,2	40,3	0,1	0,25%	1	2,48%
Minimum Sapma								0,1	0,25%	0	0,00%
Maksimum Sapma								1,1	2,74%	1	2,48%
Ortalama Sapma								0,44	1,09%	0,8	1,99%
Genel Ortalama								1,54%			

40x40'lük bir profil ölçüm tablasının ortasına beş defa konularak görüntü alınmış olup ortalama %1,54 sapma ile başarı elde edilmiştir (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.5. 40x60 profil test sonuçları.

NUMUNE ADI	Ebat (Piksel)		Ebat (mm) (Hesaplanan)		İşlem Süresi (msn)	Ebat (Kumpas-mm)		Hata (mm)			
	Eksen- X	Eksen- Y	Eksen- X	Eksen- Y		Eksen- X	Eksen- Y	Eksen-X		Eksen-Y	
40x60_Test1	124	181	41,3	60,3	1239	40,2	60,2	1,1	2,74%	0,1	0,17%
40x60_Test2	180	121	40,3	60	1165	40,2	60,2	0,1	0,25%	0,2	0,33%
40x60_Test3	183	123	41	61	1170	40,2	60,2	0,8	1,99%	0,8	1,33%
40x60_Test4	179	125	41,7	59,7	1237	40,2	60,2	1,5	3,73%	0,5	0,83%
40x60_Test5	180	123	41	60	1159	40,2	60,2	0,8	1,99%	0,2	0,33%
Minimum Sapma								0,1	0,25%	0,1	0,17%
Maksimum Sapma								1,5	3,73%	0,8	1,33%
Ortalama Sapma								0,86	2,14%	0,36	0,60%
Genel Ortalama								1,37%			

40x60'lük bir profil ölçüm tablasının ortasına beş defa konularak görüntü alınmış olup ortalama %1,37 sapma ile başarı elde edilmiştir (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.6. 45x45 profil test sonuçları.

NUMUNE ADI	Ebat (Piksel)		Ebat (mm) (Hesaplanan)		İşlem Süresi (msn)	Ebat (Kumpas- mm)		Hata (mm)			
	Eksen- X	Eksen- Y	Eksen- X	Eksen- Y		Eksen- X	Eksen- Y	Eksen-X		Eksen-Y	
45x45_Test1	137	135	45	45,7	1162	45,4	45,5	0,4	0,88%	0,2	0,44%
45x45_Test2	138	135	45	46	1191	45,4	45,5	0,4	0,88%	0,5	1,10%
45x45_Test3	138	135	45	46	1133	45,4	45,5	0,4	0,88%	0,5	1,10%
45x45_Test4	139	138	46	46,3	1214	45,4	45,5	0,6	1,32%	0,8	1,76%
45x45_Test5	137	136	45,3	45,7	1362	45,4	45,5	0,1	0,22%	0,2	0,44%
Minimum Sapma								0,1	0,22%	0,2	0,44%
Maksimum Sapma								0,6	1,32%	0,8	1,76%
Ortalama Sapma								0,38	0,84%	0,44	0,97%
Genel Ortalama								0,91%			

45x45'lük bir profil ölçüm tablasının ortasına beş defa konularak görüntü alınmış olup ortalama %0,91 sapma ile başarı elde edilmiştir (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.7. Bütün numunelerin test ortalaması.

GENEL DEĞERLENDİRME	Hata (mm)			
	Eksen-X		Eksen-Y	
Minimum Sapma	0	0,00%	0	0,00%
Maksimum Sapma	1,5	3,73%	1	2,48%
Ortalama Sapma	0,51	1,31%	0,39	0,77%
Genel Ortalama (mm)	0,45			
Genel Ortalama (%)	1,04%			
Ortalama İşlem Süresi	1,25sn			

Çizelgelerdeki sonuçlar değerlendirildiğinde her bir farklı ebat içinde ortalama %1,04'lük bir hatayla malzeme ebadının ölçülebildiği görünmektedir (Çizelge 5.7). Malzemeler arasındaki hata paylarında malzemelerin büyüklüğüne bağlı bir oran yoktur. Ortalama işlem süresi ise Intel i7 1,6Ghz dizüstü bilgisayarında 1,25sn'dir. Malzeme ebadı büyüdükçe işlem süresi de artmaktadır.

Buradaki sonuçlara etki eden parametrelerin şu şekilde olduğu öngörülmektedir:

1. Kamera znrlklerinin ve filtreleme özelliklerinin yetersizliğinden dolayı çekim kalitesi.
2. izgi Lazer Işıklarının profil üzerinde oluşturduğu çizgi kalınlığı ve lazer ışığın profil üzerindeki yansımaları.
3. Profil konumunun ölçüm tablasının merkezine olan uzaklığı

Yapılan çalışmada, kamera znrlğnn, lazer ışık kaynağının ürettiği çizgi kalınlığı etkilediği görülmüştür. Sistemin kurulumunda kullanılan kameraların znrlklerinin arttırılması ile daha doğru değerler elde edilecektir. ekim hızı yüksek kamera kullanılması durumunda hareket halindeki cisimler için de proje geliştirilebilir. Kameralarda kullanılacak lazer ışık kaynağının dalga boyuna uygun filtreler kullanılarak sistemin daha doğru sonuçlar vermesi sağlanabilecektir.

BÖLÜM 6

SONUÇ

Bu tez çalışmasında uygulamada kullanılan görüntü işleme tekniklerine, doğru geometrisine, değinilmiştir. Bu teknikler vasıtasıyla sistemin ortasına konulan bir dikdörtgen profilin dış kesit ölçülerinin çıkarılmasına yönelik bir yaklaşım geliştirilip uygulama ile yöntemin uygulanabilirliği gösterilmiştir.

Program temin edilen kare profiller üzerinde test edilmiştir. Prototip ölçme sisteminde gerçekleştirilen ölçümlerde ortalama $\pm 1\text{mm}$ 'nin altında hassasiyetle ölçüm yapabildiği tespit edilmiştir. Hata payının azaltılması görüntü kalitesinin artırılması ile iyileştirilebilir. Ayrıca ölçüm yapılan profilin konumlanmasındaki hassasiyetin artırılması da sonuçları olumlu yönde iyileştirecektir.

Bu çalışma değişik formlardaki diğer profilleri de kapsayacak şekilde geliştirilebilir. Daha ince ışık verebilen hassas lazer ışık kaynağı ve daha yüksek çözünürlüğe sahip kameralar kullanılarak daha iyi sonuçlar elde edilebilir. Hatta farklı açılardan görüntü alan kameralar için farklı dalga boyuna sahip lazer ışık kaynağı ile bu dalga boyları için kameralara takılacak filtrelerle ortam ışıklarından bağımsız daha da iyi sonuçlar elde edilebilir.

Görüntü işleme süresini hızlandırmak için sadece ölçüm programının çalışacağı daha yüksek kapasiteli bir sistemle gerçek zamanlı ölçme işlemi gerçekleştirilebilir.

Aynı zamanda farklı dalga boylarında lazer ışık kaynağı ile filtreli kameralar kullanılarak soğuk ve sıcak çekme profil ve boru üretim tesislerinde üretim aşamasında hareketli profillerin ebatlarının ölçümü için de projemiz adapte edilebilir.

Hacim hesabı gereken uygulamalarda, değişik geometrik şekillerdeki cisimlerin hacimlerinin hesaplanması için 3-boyutlu uygulamalar da geliştirilebilir.



KAYNAKLAR

1. Profil Ebatlandırma Sistemi Klavuzu - "Project no.: K02_0110 PROGAUGE for bars and sections", **T. A. u. Messtechnik**.
2. M. F. Ç. M. M. H. Boztoprak, "Alternatif Morfolojik Bir Yöntemle Plaka Yerini Saptama" *XII. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresi*, 2007.
3. B. D. B. K. M. G. Fatih Kahraman, "Bakış Açısından Bağımsız Gürbüz Plaka Tanıma Sistemi", *Proceedings of the IEEE 13th Signal Processing and Communications Applications Conference*, 2005.
4. A. M.-S. W. Chien-Chuan Lin, "A Vision Based Top-View Transformation Model for a Vehicle Parking Assistant", *Sensors*, 4431-4446, 2012.
5. E. Ågren, "Lateral Position Detection Using a Vehicle-Mounted Camera", *Linköpings Universitet*, 2003.
6. R. E. W. S. L. E. Rafael C Gonzales, "Digital Image Processing Using Matlab", **Pearson Education, Inc**, 2004.
7. R. E. W. Rafael C. Gonzalez, "Digital Image Processing", New Jersey: **Prentice-Hall, Inc.**, 2001.
8. S. Ö. D. K. Gökhan Atalı, "Yapay Sinir Ağları ve Morfolojik Görüntü İşleme Kullanarak Görüntü Tahribat Analizi", *International Symposium On Innovative Technologies In Engineering And Science*, 2014.
9. M. O. O. Z. K. H. D. M. Karhan, "Morfolojik Görüntü İşleme Yöntemleri ile Kayıslarda Yaprak Delen (Çil)Hastalığı Sonucu Oluşan Lekelerin Tespiti", *6. International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, Elazığ, 16-18 May 2011.
10. D. Aydoğan, "Hough Dönüşüm Yöntemi İle Gravite Anomali Haritalarından Çizgiselliklerin Saptanması: Orta Anadolu Uygulaması", *e-Journal of New World Sciences Academy*, Cilt 3, No. 4, 642-655, 2008.
11. A. K. Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing", Cliffs: **Prentice Hall**, 1989.

12. R. O. D. a. P. E. Hart, "Use of the Hough Transformation To Detect Lines and Curves in Pictures", *Communications of the ACM*, Cilt 15, No. 1, 11-15, January 1972.
13. L. C. a. G. Durga, «Implementation of Hough Transform for Image Processing Applications,» *International Conference on Communication and Signal Processing*, Cilt: April 3-5, 843-847, 2014.
14. R.Aslaner, "Analitik Geometri Dersi", **Türkiye: Nobel Yayınevi**, 2015.
15. T. B. Chris Solomon, "Fundamentals of Digital Image Processing", **West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd**, 2011.
16. W. K. Pratt, "Digital Image Processing", **New Jersey: John Wiley & Sons, Inc**, 2007.
17. A. Parlakçı, "Pappus ve Desargues Teoremleri", *Matematik Dünyası*, 60-61, 2003.

ÖZGEÇMİŞ

Şaban ŞEKER 1975 yılında Balıkesir’de doğdu. Babasının memuriyetinden dolayı 1978 yılında İzmir – Ödemiş ilçesine taşındı. Aynı şehirde ilkokulu devamında İmam Hatip Ortaokulunu ve İmam Hatip Lisesini tamamladı. 1993 yılında Sakarya Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği bölümünde öğrenime başlayıp 1998 yılında mezun oldu. 1998-1999 yılında askerlik hizmetini yaptıktan sonra 1999 yılında SNS Elektronik AŞ’de AR-GE Mühendisi olarak işe başladı. Mikroişlemci (PIC) ile elektronik kart tasarımları üzerine kendisini geliştirdi ve sonraki çalışma hayatında aktif olarak tasarımlarına devam etti. Aynı yıl Asansör sektöründe de çalışmaya başlayarak, mikroişlemci kontrollü asansör panoları tasarımı yaptı. 2002 yılında Balansmatik Ltd. Şti’de Rot-Balans Makineleri üzerine AR-GE çalışmaları yaptı. 2006 yılında Baykan Otogaz Sistemleri AŞ’de AR-GE ve Teknik Destek Mühendisi olarak işe başladı. 2010 yılında, Baykan Otogaz’ın iflasıyla birlikte ÖZKA Lastik ve Kauçuk AŞ’de Bakım Onarım ve Otomasyon Mühendisi olarak işe başladı. Halen aynı firmada, Bakım Onarım organizasyonu, Makine otomasyonu, SCADA sistemleri ve Endüstri 4.0 üzerine çalışmalar yapmaktadır. 2010 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’nda başlamış olduğu yüksek lisans programını, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı’nda tamamladı.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Yavuz Sultan Selim Mah. Mevlâna Cad.

No:170/7A İç Kapı No:27 Körfez/Kocaeli

Telefon: (530) 957 83 65