



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SİLİNDİRİK CİSİMLERİN GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE HATA TESPİTİ

Kürşad UÇAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Temmuz - 2018
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SİLİNDİRİK CİSİMLERİN GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE HATA TESPİTİ

Kürşad UÇAR

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Hasan Erdinç KOÇER

2018, 76 Sayfa

Jüri
Danışman Doç. Dr. Hasan Erdinç KOÇER
Doç. Dr. Murat CEYLAN
Dr. Öğr. Üyesi Onur İNAN

Bu çalışmada, görüntü işleme yöntemleri kullanılarak silindirik cisimlerde ölçümler ve üretim de oluşan hata tespiti yapılmıştır. Silindirik cisimlerin görüntülerini almak amacıyla elektromekanik bir düzenek tasarlanmış ve üretilmiştir. Telesentrik lense sahip kamera ve telesentrik aydınlatmaya sahip bu düzenek kullanılarak metal malzemeden yapılmış silindirik cisimlerin görüntüleri alınmıştır. Silindirik cisimle çalışıldığı için görüntü alınma işleminde cisimler belirli açılarla döndürülmüş ve her cisim için aynı sayıda görüntü alınmıştır. Uygun sayıda görüntü alındıktan sonra tez kapsamında tasarlanan yazılım ile görüntüler üzerinde ölçümler yapılmış ve kenar uzunluğu, açı, eksen kaymasına ilişkin hatalar tespit edilmiştir.

Oluşturulan elektromekanik düzenek iki yönde hareket sağlayan 2 adet servo motora sahiptir. Düzeneğin tutucusuna sabitlenen silindirik cisimler altmış derece aralıklarla 6 sefer döndürülmekte ve 360° lik görüntüleme yapılmaktadır. Düzeneğin ileri geri hareketi sağlanarak tüm cismin her yönde görüntüsü alınabilmektedir. Metal cisimler üzerine doğrudan ışık verilmesinin parlamaya neden olması, standart her yönde ışıma yapan arka plan ışığı kullanımında görüntülemesi yapılan cismin kenarlarında halelenme oluşturması gibi problemlerin üstesinden gelebilmek için tek yönlü ışıma yapan telesentrik arka plan aydınlatma ve telesentrik lens kullanılmıştır. Görüntülerin alınmasında 2048x1088 piksel çözünürlüğe ve 2/3 sensör boyutuna sahip bir kamera kullanılmıştır.

Alınan görüntüler üzerinde ölçümlerin yapılması amacıyla geliştirilen yazılım Matlab programında kodlanmıştır. Bu yazılımda, alınan görüntüler üzerinde önişlemler yapılarak ölçüme uygun hale getirilmiştir. Bu kapsamda görüntüler morfolojik işlemlerden geçirilmiş, filtrelenmiş, kenar ve köşe noktaları tespit edilmiştir. Böylece daha iyi sonuçlar alınması ve görüntülerin gereksiz ayrıntılardan temizlenmesi yapılmıştır.

Görüntü ön işlemeden sonra görüntüler üzerinde eksen farkının, eğriliklerin, kenar uzunluğunun bulunması, uzunluk, açı ölçümü ve kalibrasyon gibi çalışmaların yapılacağı bir ara yüz oluşturulmuştur.

Tez kitapçığında çalışma süresince ve öncesinde yapılan araştırmalara yer verilmiş, yapılan tasarımda kullanılan elemanlar, birimler ve üzerinde çalışan uygulama ile ilgili hususlar detaylı bir şekilde anlatılmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sayısal Görüntü İşleme, Hata Tespiti, Silindirik ve Metal Cisim, Telesentrik Lens ve Aydınlatma

ABSTRACT

MS THESIS

FAULT DETECTION OF CYLINDRICAL OBJECTS BY IMAGE PROCESSING

Kürşad UÇAR

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN ELECTRIC ELECTRONIC ENGINEERING

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hasan Erdinç KOÇER
2018, 76 Pages

Jury
Advisor Assoc. Prof. Dr. Hasan Erdinç KOÇER
Assoc. Prof. Dr. Murat CEYLAN
Asst. Prof. Dr. Onur İNAN

In this master thesis study, faults in production and measurements of cylindrical and metal objects were determined by using image processing methods. An apparatus that can take images of such objects has been designed and built. A sufficient number of images are provided together with the device. Since it was worked with a cylindrical object, the same number of images were taken for each object to detect the error. After receiving the appropriate number of images, the interface designed on Matlab program allows measurement and error detection on the objects.

Since the constructed device is designed to detect the defects of cylindrical objects, it can rotate the object 360° and move it back and forth. Telecentric lens and telecentric illumination are used to prevent the different light interaction of metal objects from degrading the quality of the images. Images were taken with a camera with a resolution of 2048x1088 pixels and a sensor size of 2/3, with 6 images per object.

Images for the operations performed on the images were uploaded to the Matlab program. In the course of the study, images taken first are made more suitable for actual processing by performing image preprocessing. In this context, the images are morphologically processed, filtered, edge and corner points are determined. Thus, better results are obtained and images are cleaned from unnecessary detail.

After preprocessing the image, an interface is created on the images such as axis difference, curvature, edge length, length, angle measurement and calibration.

In the thesis book, researches carried out during and before the study period were given, and the elements, units and applications related to the design were tried to be explained in detail.

Keywords: Cylindrical and Metal Objects, Digital Image Processing, Error Detection, Telecentric Lens and Illumination.

ÖNSÖZ

Bu tez konusunun seçiminde ve çalışmanın sürdürülmesi sırasında katkıda bulunan danışman hocam Doç. Dr. Hasan Erdinç KOÇER'e teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışmalarımı yürütürken ve hayatımın her anında yardımlarını esirgemeyerek bana sabırla destek veren eşime, aileme, dostlarıma ve hocalarıma saygı ve sevgilerimi sunarım. Ayrıca tez çalışmaları için hazırlanan düzenekte yardımcı olan AYD firmasına teşekkürlerimi sunuyorum.

Kürşad UÇAR
KONYA-2018

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Silindirik Yapıda Metal Cisimlerde Oluşan Hatalar 1
1.2. Silindirik Metal Cisimlerin Biçimsel Ölçümü 3

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **5**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **9**

4. ÖLÇME DÜZENEĞİNİN TASARIMI VE İMALATI **12**

4.1. Kullanılan Malzemeler 12
4.1.1. Servo Motor ve Sürücü 12
4.1.2. PLC 16
4.1.3. Telesentrik Lens 21
4.1.4. Telesentrik Aydınlatma 22
4.2. Ölçüm Düzeneği 23
4.2.1. Düzeneğin tasarımı 23
4.2.2. Düzeneğin çalışma şekli 25
4.3. Sonuç 26

5. GÖRÜNTÜ ÖNİŞLEME **28**

5.1. Morfolojik İşlemler 28
5.1.1. Aşındırma 29
5.1.2. Genişleme 29
5.1.3. Açma 30
5.1.4. Kapama 31
5.2. Filtreleme 32
5.3. Kenar Bulma 34
5.4. Köşe Bulma 40

6. SİLİNDİRİK ÖLÇME UYGULAMASI **43**

6.1. Uygulama Yazılım Platformu 43
6.2. 60° Döndürme Uygulaması 44
6.2.1. Görüntü Yükleme 46
6.2.2. Eksen Farkı 47

6.2.3. Eğriliklerin Bulunması 55
6.2.4. Kenar Uzunluğu 57
6.2.5. Uzunluk Ölçümü 59
6.2.6. Açı Ölçümü 60
6.2.7. Kalibrasyon 61
6.2.8. Silme 62
6.2.9. Ölçüm Biriminin Seçimi 63
6.2.10. Görüntü Seçimi 63
6.2.11. Çalışılacak Parçanın Seçimi 64
6.3. Ölçüm Sonuçları 65

7. SONUÇ 69

KAYNAKLAR 72

ÖZGEÇMİŞ 76

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

° : Derece
∑ : Toplam
∂ : Kısmi türev
∇: Gradyan

Kısaltmalar

V : Volt
Vb : Ve benzeri
DA : Doğrusal Akım
AA : Alternatif Akım
PLC : Programlanabilir Lojik Kontrolör
mm : Milimetre
cm : Santimetre
mA : Miliamper
ms : Milisaniye
CPU : Merkezi işlem birimi
GUI : Grafiksel Kullanıcı Arayüzü
USB : Universal Serial Bus

1. GİRİŞ

Son yıllarda üretim yapan kuruluş sayısının artması ile birlikte üreticiler arasında kalite açısından bir rekabet ortamı oluşmuştur. Rekabetle birlikte her üretici daha fazla üretim yapmakta ve tüketiciye daha kaliteli ürünler sunmak istemektedir. Bu sebeple üretimin her aşamasında çalışmalar titizlikle yürütülmektedir. Üretilen her hatalı veya kalitesiz ürün üreticiye zaman, malzeme ve enerji kaybı olarak yansımaktadır. Bundan dolayı üretilen ürünlerin kontrolü ve ayıklanması üretim aşaması süresince oldukça önemli bir adım olmaktadır. Hata tespiti için çoğunlukla insanlar kullanılmakla birlikte son yıllarda makinalar tercih edilmektedir. Makinaların yorulmama, sürekli çalışma, uzun vadede maliyetinin düşük olması, kararlı çalışma vb. avantajlarının olması tercih edilmesine sebep olmaktadır.

Makinalar ile yapılan hata tespitlerinde, üretilen ürünlerin ve hataların yapısı, türü veya şekline göre prob ile takip, parçanın üzerinden geçen elektrik akımını ölçme, basınç uygulama gibi çeşitli yöntemler kullanılır. Bu yöntemlerin biri de görüntüleme cihazları ve görüntü işleme yöntemleri kullanılarak yapılan kontrollerdir. Makine parçaları, elektronik kartlar, tekstil ürünleri, cam ürünleri, mermer gibi çok çeşitli üretim alanlarında görüntü işleme yöntemleri kullanılarak ürün kontrolleri yapılmaktadır (Chan ve Pang, 2000; Martínez-Alajarín ve ark., 2005; Selver ve ark., 2011; Raheja ve ark., 2013). Bu çalışmada, silindirik yapıda üretilen metal cisimlere ait üretim hatalarını bulmaya ve biçimsel ölçümlerini yapmaya yönelik bir kamera düzeneği ve görüntü işleme yazılımı geliştirilmiştir.

1.1. Silindirik Yapıda Metal Cisimlerde Oluşan Hatalar

Silindirik yapıda metal parçalar otomobil, mobilya, ev gereçleri gibi çeşitli alanlarda kullanılabilmektedir. Silindirik metal cisimler tek parça halinde üretilebildiği gibi birden fazla parçanın birleştirilmesi ile de üretilebilmektedir. Metal silindirik bir cismin üzerinde tornalama, taşlama gibi işlemler uygulanabilir. İki veya daha fazla parçanın birleştirilmesinde karşılaşılan sorunlardan biri de birleşen parçaların aynı eksende olmamalarıdır. Birleşen parçaların eksenlerinin aynı olmaması eksen kayması olarak adlandırılmaktadır. Eksen kayması olan ürünler yapısal olarak bozukluk içermektedir. Şekil 1.1'de eksen kaymasına sahip birleştirilmiş iki parça gösterilmiştir. Eksen kaymaları cismin boyutuna veya kaymanın miktarına göre göz ile tespit

edilebilmektedir. Ancak insan hem yorulabilir hem de insan gözünün hata yapma olasılığı vardır. Ayrıca insan gözü çok hassas algılamaları da yapamamaktadır. Bundan dolayı eksen kaymalarını her zaman göz ile tespit etmek mümkün olmamaktadır. Makine görmesi olarak adlandırılan sistemlerin kararlı çalışma ve hassas ölçüm düzeyine sahip olması eksen kaymalarının tespitinde avantaj sağlamaktadır.



Şekil 1.1. Eksen kayması oluşan iki parça

Bu çalışmada ölçümü ve kontrolü yapılan cisimlerin metal ve silindirik olması işlemleri zorlaştırmaktadır. Metal yüzeylerin ışığı yansıtmasından dolayı parlamalar görüntü işlemede hataya sebep olmaktadır. Ayrıca kenar konturlarının görüntülenmesinde kullanılan arka ışık aydınlatması halelenmelere sebep olmaktadır. Halelenme, film levhasının arka yüzeyinden ışığın yansıması ve saçılmasıyla oluşan bir fotoğraf görüntüsündeki vurgulanan alanların kenarları etrafında bulanık bir etkidir. Şekil 1.2'de bir metal yüzey üzerinde oluşan halelenmeler gösterilmiştir. Halelenmelerin olduğu bölgeler özellikle kenar belirleme işlemlerini oldukça zorlaştırdığından ve görüntü üzerinde farklılık oluşturduğundan istenmeyen bir durumdur. Bu çalışmada görüntüleme sırasında metal yüzeyde oluşan parlamalar ve halelenmeleri önlemek için telesentrik lens ve telesentrik aydınlatma kullanılmıştır.



Şekil 1.2 Metal yüzey üzerinde oluşan halelenmeler

Kamera kullanılarak metal ürünlerin üretim hatalarına ait kontroller genellikle tek yönde yapılmaktadır (Adediran ve ark.; Molleda ve ark., 2013). Bir yüzeye ait

olarak yapılan ölçümler de ancak bir yüzey hakkında hata bilgileri verebilmektedir. Ancak sanayide üretilen ürünlerin birçoğu 3 boyutlu olarak üretilmektedir. Bu nedenle hatanın, cismin hangi bölümünde olduğunun tespit edilmesi önemli bir problem olmaktadır. Hata tespiti için kullanılan bir çubuk ile cismin üzerindeki hataları tespit etme yöntemi cismin hacmi büyüdükçe zorlaşmaktadır. Bu çalışmada silindirik cisimlerin üretim hatalarını bulabilmek için cisimler döndürülmüştür. Alınan görüntüler iki boyutlu olmasına rağmen döndürme yolu ile üç boyutlu olarak hatalar tespit edilebilmektedir. Bu kapsamda cisimler kendi ekseni etrafında 360° döndürülerek görüntüleri alınmıştır. Kontrolü ve ölçümü yapılacak cisim 60° lik aralıklarla döndürülmüş ve o cisme ait altı adet görüntü elde edilmiştir. Altı görüntü üzerinde cisimlere ait üretim hatası olan eksen kaymaları tespit edilmektedir. 60° lik açılarla alınan altı görüntü hata tespiti için yeterli olmaktadır. Dönme açısı azaltıldığında daha fazla görüntü alınması gerektiğinden işlem yükü artmaktadır. Eğer dönme açısı 60° den daha fazla olursa ölçümler için yeterli görüntü alınamamaktadır.

1.2. Silindirik Metal Cisimlerin Biçimsel Ölçümü

Üzerinde işleme yapılan veya belli bir şekle sahip olması istenen ürünlerin üretim aşamasında biçimsel olarak hataları olabilmektedir. Üretim hattında üretilen ürünlerin boyutlarına ait ölçümlerin el ile yapılması oldukça zaman alıcı ve zahmetli bir iştir. Özellikle cisim üzerindeki eğriliklerin, açıların ölçülmesi oldukça zordur. Ayrıca insan gücünün verimsiz kullanılmasına da sebebiyet verecektir. İstenilen ölçümlerin otomatik olarak yapılması büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu sebeple bu çalışmada görüntüleri alınan cisimlerin boyutları, eğrilikleri, açılarının ölçülmesi işlemi geliştirilen yazılımla yapılmıştır.

Sabit boyutlara veya şekle sahip cisimlerin üzerinde yapılan çalışmalar genellikle farklı boyut ve şekillere sahip cisimlerle çalışmaktan daha kolaydır. Çünkü değişken boyut ve şekiller için kullanılan parametrelerin de değiştirilmesi gerekmektedir. Bu tezde benzer yapıda ancak farklı boyut ve şekillere sahip ürünler üzerinde çalışılmıştır. Geliştirilen ara yüz ile kullanıcı bir parça numarasını belirterek kolaylıkla ölçümleri yapılabilir. Parça numarası kullanıcının parçalara verdiği numaralardan oluşmaktadır.

Tezin ikinci bölümünde kullanılan materyal ve yöntemlerle ilgili yapılmış olan çalışmaların önem ve sonuçlarından bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde tezde yapılan

çalışmada kullanılan yöntemler anlatılmıştır. Dördüncü bölümde görüntülerin uygun bir biçimde alınması için tasarlanan düzenek ve kullanılan malzemeler sunulmuştur. Beşinci bölümde alınan görüntülerin asıl işlem için hazır hale getirilmesinde kullanılan görüntü ön işleme yöntemleri anlatılmıştır. Tezin altıncı bölümünde ise görüntü üzerinde ölçümlerin yapıldığı Matlab programı ve tasarlanan ara yüzle birlikte yapılan işlemler anlatılmıştır. Son bölümde ise tezin sonuçları anlatılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kamera ve lens teknolojilerindeki gelişmelerle birlikle görüntü işleme; tıp, tarım, kalite kontrol, spor gibi hayatın birçok yerinde uygulama alanı bulmaktadır. Bununla birlikte insan gözünün yanlış görme, yorulma gibi etkileri olmadan çalışan görüntü işleme uygulamaları insana bağlı hataları en aza indirgemek için oldukça cazip bir yöntem olmuştur. Ancak görüntü işleme yöntemlerinin de görüntü alınırken uyulması gereken birkaç önemli husus vardır. Bu hususlardan bir tanesi görüntü işleme yöntemlerinin verimli çalışabilmesi için görüntüler alınırken sabit ve yeterli aydınlatmaya ihtiyaç duyabilmektedir. Bu dezavantajın üstesinden gelebilmek için Tan ve Triggs (2010) görüntü işleme ile zor aydınlatma koşulları altında yüz tanıma işlemi yapmışlardır. Görüntülerin yeterli aydınlatma ve kalitede alınmasından sonra insan gözünün zor ayırt ettiği veya ayırt edemediği cisimler üzerinde işlemler yapmak da mümkündür. Kamera, lens ve aydınlatma ekipmanlarına eklenen farklı özellikler ile insan gözünün algılayamadığı özelliklerdeki cisimler de görüntülenebilir hale gelmiştir. Fabijańska ve Jackowska-Strumiłło (2012) İpliklerin tüyleri gibi ince parçalar üzerinde ölçümler yaparak, ipliklerin tüylülük derecelerini ölçmüşlerdir. Böylece kumaş imalatında kullanılan iplerin kalitesini belirlemeye çalışmışlardır.

Bazı ürünlerin üzerinde tespit edilmek istenilenler, uzmanlar tarafından belirlenmiş delik, yıpranma, dolgu, pürüzlülük gibi sınırlı sayıda birkaç türdeki yapılar olabilmektedir. Aranacak bu yapılar farklı bölgede, renkte veya boyda olabilmektedir. Bu gibi durumlarda yapay zekâ bulunan sistemler kullanılmaktadır. Tespit edilmek istenilen yapılardan yeteri kadar örnek ile sisteme aranacak özellikler öğretilebilir. Öğrenme işleminden sonra yeni ürünler üzerinde farklı yapı, boy ve özelliklere sahip hatalar tespit edilebilir. Bu hataları tespit etmek için görüntü işleme yöntemleri ile hatalar tespit edildikten sonra Yapay Zekâ yöntemleri ile sınıflandırılması ve yeni ürünlerde otomatik olarak tespit etmek mümkündür. Karimi ve Asemani (2014) seramik ve fayans ürünlerinin üzerindeki üretim kusurları görüntü işleme ile tespit etmişlerdir. Tespit edilen kusurların sınıflarına göre bir öğrenici uygulama ile tespitini yapmışlardır.

Görüntüler her zaman kolay bir şekilde ayırt edilemeyebilir. Bu sebeple benzer görüntüler arasındaki bağlantıyı ortaya çıkarmak da önemli bir problemdir. Bu problemin üstesinden gelmek için de veri setleri arasındaki bağlantıları ortaya koyan regresyon metotları geliştirilmiştir. Naseem ve ark. (2010) yüz görüntülerini sınıflamak için lineer regresyon metodunu kullanmışlardır. Bunun için ise görüntüleri önce vektör

haline getirip, uygulamalarını gerçekleştirmişlerdir. İki veri seti arasındaki bağlantı her zaman doğrusal olmayabilir. Bu gibi durumlarda veri setleri arasındaki bağıntı bir eğri ile temsil edilebilir. Böyle veri setleri arasında polinomsal bir ilişki vardır. Polinomsal bir ilişkiye sahip verilerin arasındaki bağıntıyı çıkarmak için lineer regresyon metodu geliştirilerek ortaya çıkarılan polinom regresyonu kullanılır. Özler ve ark. (2000) östenitik manganlı çeliğin torna tezgâhında sıcak talaşlı işlenmesinde deneysel veriler kullanarak polinom regresyonu ile yüzey pürüzlülüğü denklemini elde ederek lineer denklemle karşılaştırmışlardır.

Görüntüdeki cisimlerin en önemli ve kullanışlı olan özelliklerinden birisi de cisimlere ait kenarlardır. Cisimlerin kenarları görüntü ve cisim hakkında bilgi vermektedir. Bundan dolayı birçok kenar çıkartma algoritması mevcuttur (Senthilkumaran ve Rajesh, 2009; Gao ve ark., 2010). Bu algoritmalardan Sobel ve Canny algoritmalarını kullanarak yaprakların kenarlarını çıkartan Revathi ve Hemalatha (2012) geliştirdikleri algoritma ile hastalıkların bitkilerin yapraklarına olan etkisini sunmuşlardır.

İnsan bildiği cisimleri yeterli görüşe sahip ise kolaylıkla tanıyabilir. İnsanın kolaylıkla tanıdığı cisimlerin görüntülerde de otomatik olarak tanınması birkaç adım gerektiren bir işlemdir. Her ne kadar cisimler birbirlerine benzeseler de görüntüler üzerinde cismin boyu, şekli, açısı farklılık gösterebilmektedir. Ancak birbirine benzeyen cisimlerin kenarlarının da birbirlerine benzediği bilinen bir gerçektir. Belongie ve ark. (2002) cisimlerin kenar özelliklerini kullanarak farklı şekildeki cisimleri eşleştirmeyi başarmışlardır.

Görüntüleri eşleştirmek için görüntülerin kenar özellikleri her zaman için yeterli olmayabilmektedir. Bu yüzden kenar özelliklerinin yanı sıra görüntüdeki cisimlerin başka özelliklerini de elde etmek gerekebilir. Şekillerin çerçevesini ve şeklin merkezini belirledikten sonra, cismi bu parametrelere göre parçalara ayırarak geliştirilen yöntemde, Attalla ve Siy (2005) belli bir yönde döndürülmüş veya ölçeklenmiş olan görüntülerde başarılı bir şekilde eşleştirme yapmışlardır.

Kameralar insanların giremediği, derin sular, sızıntı olan nükleer santraller, uzay boşluğu gibi yerlere de yerleştirilip, basınç, radyasyon gibi etkilerden etkilenmeden çalışabilirler. Adediran ve ark. (2017) ise yüksek enerjili lazer ile metal yüzeylerin üzerine yapılan dolguların hataları kontrol için yüksek çözünürlüklü kamera kullanmışlarıdır. Kamera görüntülerini kullanarak ilgili alanlar tespit edildikten sonra

yapılan dolgu boyutlarını incelemişlerdir. Dolgu boyutları ile olması gereken dolgu boyutlarını karşılaştırarak yapılan işlemin doğruluk derecesini sunmuşlarıdır.

Uzayda cisimlere genellikle üçgen, kare, daire gibi belirli bir geometrik şekle sahip değildir. Görüntülerde de şekiller her zaman için belirsiz geometrik şekiller olmamaktadır. Ancak ilgili olunan görüntüler üzerinde dikdörtgen, daire gibi belirli geometrik şekillere ait nesnelerin bir kısmı bulunabilir. Değişik boylardaki ve tam olmayan bu geometrik şekilleri bulmak için geliştirilen bazı algoritmalar vardır. Dairesel Hough Dönüşümü ile cisimlerin üzerindeki daireleri bulmak mümkündür. Soltany ve ark. (2011) kenar çıkartma işleminden sonra Dairesel Hough Dönüşümü kullanarak görüntülerdeki göz bebeğinin gerçek konumunu bulmuşlardır. (Mazalan ve ark., 2013) ise bazı hastalıkların belirlenmesinde yardımcı olan kan hücrelerinin sayısını bulmak için mikroskobik görüntü aldıktan sonra Dairesel Hough Dönüşümü ile kan hücrelerinin sayısını belirlemişlerdir. Jain ve Jain (2012) ise Dairesel Hough Dönüşümü ile bozuk paraların tanınması uygulaması yapmışlardır.

Bir cismin görüntüsü üzerindeki sınır noktaları da önemli bilgiler içerebilmektedir. Herhangi bir köşe, uç veya birleşim noktası ayırt edici özellik olabilmektedir. Bu özelliklerden köşe noktalarını kullanarak Misra ve ark. (2012) farklı açı ve yerlerden alınan uydu görüntülerini birleştirmişlerdir. Dey ve ark. (2012) ise damarların görüntülerini kullanarak damar içindeki birikim oluşumunu incelemişlerdir. Yaptıkları çalışmada Harris Köşe tespiti metodunu kullanarak, doktorların çıplak göz ile yaptıkları saptama hatasını azaltabilen, kalsiyum birikintilerinin genişliğini ve arkını ölçmüşlerdir. Aydınlatmada kullanılan ışık şiddeti kenar ve köşe noktalarını bulmayı etkileyen faktörlerden birisidir. Chu ve ark. (2013) köşe ve kenar noktalarının tespiti için farklı ışık şiddetine sahip ve yansıma olan görüntülerde köşe ve kenar noktalarını tespit etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada kullandıkları yöntemin mevcut yöntemlerden daha iyi sonuç verdiğini de ortaya koymuşlardır.

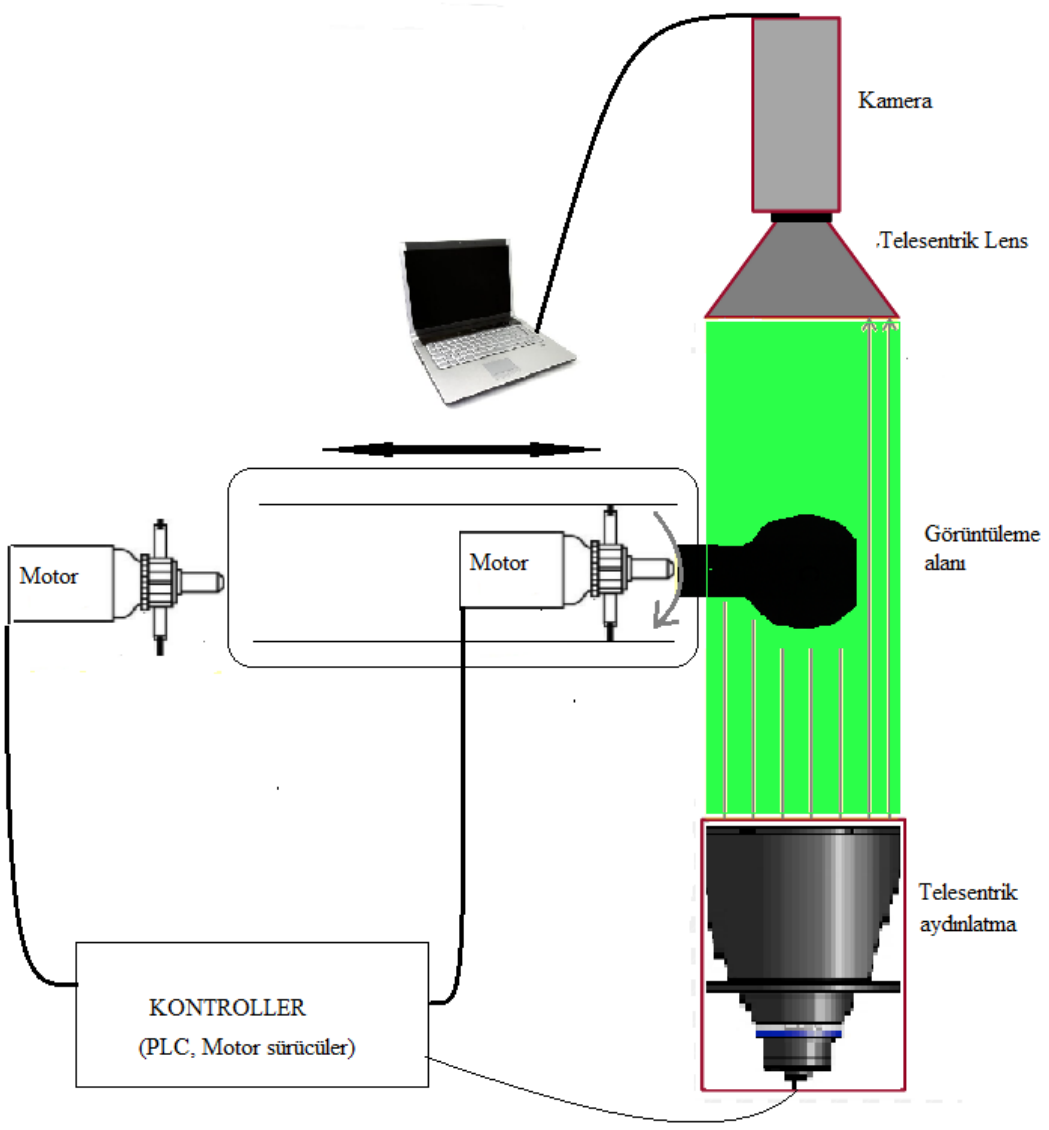
Teknolojinin insanlığa sunduğu avantajlardan birisi farklı görüntüleme yöntemleri kullanılarak çıplak gözle görülmeyen maddeleri görebilmektedir. Böylece maddelerin içeriklerinden daha kolay bilgi sahibi olunabilir. Gürsel (2013) petrol borularındaki kaynak noktalarındaki hataların tespiti için Radyografik muayene yöntemini kullanarak görüntüler almıştır. Bu görüntüleri ise göz ile izleyerek hatalı noktaları tespit etmiştir. Görüntülerin üzerinde göz ile hata tespiti yerine görüntünün özelliklerini kullanarak hata tespiti yapmakta mümkündür. Li ve ark. (2010) yaptıkları çalışma ile kaynak bandı üzerindeki kaynak çizgisini lazer ışını yansıtarak

görüntülemişlerdir. Çıkarttıkları görüntü değerlerine göre piksel koordinatlarını izlemişler ve kaynağın durumu hakkında bilgi elde etmişlerdir. Hassan ve ark. (2012) yaptıkları çalışmada kaynak kusurlarına ait radyografik görüntülerin geometrik özelliklerini elde ederek bir sınıflayıcı ile öğrenen otomatik bir hata tespit sistemi oluşturmuşlardır.

de Faria Lemos ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada yanlış hizalanmış parçaların görüntü işleme yöntemleri ile tespitini yapmışlardır. Bunun için parçaların görüntüleri aldıktan sonra siyah beyaz görüntüye dönüştürmüşlerdir. Karşılaştırma yapabilmek için düzgün üretilmiş parçaların görüntüsünü set noktası olarak tanıtmışlardır. Yeni üretilen ürünler ile düzgünleri karşılaştırarak hataların tahminini yapmışlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu tez çalışmasında silindirik ürünlerin üretim hatalarının görüntü işleme yöntemleri ile tespiti ve biçimsel ölçümlerine yönelik olarak elektromekanik bir sistem gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda silindirik cisimlerin görüntülerini almak için bir ölçme düzeneği Şekil 3.1'deki gibi tasarlanıp, oluşturulmuştur.



Şekil 3.1. Görüntü alma düzeneğine ait tasarım

Sistemin etkili bir şekilde çalışabilmesi için iki adet servo motor, birer adet Programlanabilir Lojik Kontroler (PLC), telesentrik lens ve telesentrik aydınlatma elemanları kullanılmıştır. 2048x1088 piksel çözünürlüğe ve 2/3 sensör boyutuna sahip

bir kamera ile görüntüler alınmıştır. Görüntülerin alınma işleminden sonraki görüntü işleme ve hata tespiti bilgisayar üzerinde Matlab programı kullanılarak yapılmıştır.

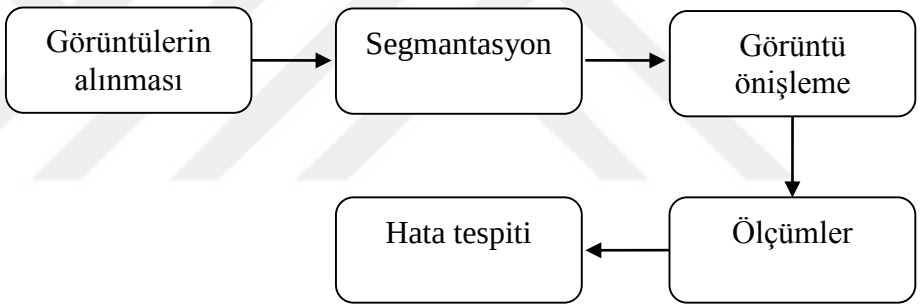
Çalışma kapsamında:

- Cisimlerde oluşan eksen kaymasının miktarının belirlenmesi,
- Cisimlerin boyutlarına ait ölçümlerin yapılması,
- Cisimlerin üzerinde açı ölçümünün yapılması,
- Cisimlerin ait eğriliklerin tespit edilmesi işlemleri hedeflenmiştir.

Geliştirilen sistemin çalışması, temel olarak üç aşamadan oluşmaktadır.

- Birinci aşamada cisimlerin görüntülerinin alınması gerçekleştirilir.
- İkinci aşamada elde edilen görüntüleri istenilen ölçümleri yapabilmek için hazır hale getirmeye yönelik ön işlem ve segmantasyon yapılır.
- Üçüncü aşamada istenilen ölçümler gerçekleştirilir ve sonuçlar sunulur.

Tez kapsamında oluşturulan sistemin iş akış diyagramı Şekil 3.2'deki gibidir.



Şekil 3.2. Sistemin iş akış diyagramı

Görüntülerin alınması için silindirik cisimleri 360° döndürebilecek bir düzenek oluşturulmuştur. Yapılan ölçümlere göre ideal görüntü sayısı 6 adet olarak belirlendiğinden, cisim her 60° döndürüldüğünde bir görüntüsü alınmıştır. Düzeneğin kontrollünü sağlamak için bir PLC kullanılmaktadır. Hassas derecede dönme sağlayabilmek için sanayi tipi servo motorlar kullanılmıştır. Ayrıca metalik parçaların üzerine düşen ışığın farklı karakteristikler göstermesinden dolayı görüntü alımı zor olabilmektedir. Bu zorluğu ortadan kaldırmak için ise telesentrik lens ve telesentrik aydınlatma ekipmanları kullanılmıştır.

Görüntüler alındıktan sonra görüntü işleme işlemleri Matlab üzerinde yapılmıştır. Görüntülerin işlenmeden önce işleme daha uygun hale getirilmesi için görüntü ön işleme yapılmıştır. Görüntü ön işleme aşamasında öncelikle morfolojik

işlemlerle görüntülerdeki fazlalıklar kaldırılmış veya boşluklar doldurulmuştur. Daha sonra ise filtremeler yapılarak görüntü üzerindeki gürültülerden arındırılmıştır. Temizlenen görüntü üzerindeki cismin tespiti için kenar bulma yöntemleri ile cismin kenarları tespit edilmiştir. Kenarların nokta sayısı çok fazla olduğu için kenarlar üzerindeki bu noktalar ile çalışmak zaman alıcı ve zor bir işlem olmaktadır. Bu sebeple kenarlar üzerindeki köşe noktaları bulunarak eğer kenarların üzerinde işlem yapılacaksa kolaylık sağlanmış olacaktır. Bu önişleme adımlarından sonra görüntüler asıl işlem için hazır hale gelmiş olmaktadır.

Görüntüler işlem için hazır hale geldikten sonra üzerinde eksen farkının, eğriliklerin, kenar uzunluğunun bulunmasının yanı sıra uzunluk ve açı ölçümü yapılabilmektedir. Eksen kaymasının bulunması için iki parçanın da eksenlerinin bulunması gerekmektedir. Küre için dairesel Hough dönüşümü ile eksen ve yarıçap bilgileri bulunabilmektedir. Düz parçanın eksenin bulunabilmesi için parçanın üzerinde tespit edilen birkaç nokta ile lineer regresyon metodu kullanılmaktadır. Ayrıca dairesel Hough dönüşümü ile cismin üzerindeki eğriliklerin hangi yarıçaplı daireye ait olduğu bulunmaktadır. Elde edilen köşe noktalarına göre polinom regresyonu kullanılarak cismin etrafına ait uzunluk ölçümlerinin yapılması sağlanmıştır.

4. ÖLÇME DÜZENEĞİNİN TASARIMI VE İMALATI

Görüntülerin uygun bir düzeyde alınabilmesi için cisimleri hassas bir şekilde tam bir tur döndürecek ve ileri geri hareket ettirecek bir düzenek tasarlanmış ve oluşturulmuştur.

4.1. Kullanılan Malzemeler

Oluşturulan düzeneğin istenilen şekilde çalışabilmesi için düzenekte iki adet sanayi tipi servo motor ve sürücüsü, PLC, telesentrik lens ve telesentrik aydınlatma kullanılmıştır.

4.1.1. Servo Motor ve Sürücü

20. yüzyılın başlarından itibaren elektronik sektörünün çok ciddi bir şekilde gelişmesi, 1900 yıllarının ortasına doğru da elektroniğin bir alt dalı olan yazılımın doğması ve gelişmesi ile birlikte günlük hayatta sıkça kullanılan motorların gelişmesine de katkı sağlamıştır. Motorlara, stator ve rotor dışında mekanizmalar eklenerek motorların daha kararlı ve kullanışlı olmaları sağlanmaktadır. Tüm bunlarla birlikte motorlar daha oto kontrollü hale gelseler de insanların kontrolü altında da kalmaya devam etmektedir.

Motor, elektrik enerjisini kullanarak dairesel hareket ederek kuvvet üreten endüstriyel cihazlardır (Berki, 2013). Motorlar genel olarak doğrusal akım (DA) motor (Pillay ve Krishnan, 1989), alternatif akım (AA) motor (Jahns ve Soong, 1996), Servo motor (Güllü ve ark., 2009) ve Step motor (Stoianovici ve ark., 2007) olmak üzere dört farklı türe ayrılmaktadır. Her ne kadar çalışma mantıkları farklı da olsalar, farklı türdeki motorların yapıları birbirine benzemektedir. Servo ve Step motorların içyapısı sadece stator ve rotor olmadığından biraz daha gelişmiş motor türleri olarak sınıflandırılmaktadır. Servo motor, yapı olarak DA veya AA motor tiplerine benzeseler de bu sistemlere ek olarak içyapısında bir potansiyometre veya enkoder ve motor milinin (şaft) konumunu ölçen bir kontrol devresi bulunduğundan DA ve AA motorlarından ayrılmaktadırlar (Işık ve Coşkun, 2016). Ayrıca servo motor 3 bağlantı ucuna sahiptir; bunlardan ikisi motoru çalıştırırken diğer ucu ise sistemin giriş birimine motor şaftının konumunu bildirir.

Servo motorlar da kendi arasında DA servo motor ve AA servo motor olmak üzere iki türe ayrılmaktadır. DA servo motorların gücü birkaç watt olabildiği gibi birkaç yüz wattlara kadar çıkabilmektedir. DA servo motorlar, yüksek güç gerektiren uygulamalarda kullanılmaktadır. AA servo motorlar ise hem düşük hem de yüksek güç gerektiren sistemlerde kullanılabilmektedir. AA servo motorların yapıları basit olmakla beraber ataletleri düşüktür. Ancak, yüksek manyetik bağa sahip makinelerdir ve genellikle doğrusal olmayan özellik göstermeleri bir dezavantajıdır. Ayrıca bir AA servo motor aynı boyuttaki DA servo motordan daha düşük momente sahiptir. Şekil 4.1' de sanayi tipi bir AA servo motor gösterilmiştir. Genellikle iki veya üç fazlı olarak üretilen AA servo motorların endüvileri (rotorları) kısa devre çubuklu veya doğal mıknatıslıdır.



Şekil 4.1. Sanayi tipi AA servo motor

Motorlar dairesel alanda hareket ettiklerinden dolayı 360°' lik bir açı oluştururlar. Servo motorların önemli özelliklerinden biri hassasiyetidir (Vuruşkan ve ark., 2013). Servo motorların hassasiyeti adım sayısı ile belirtilir. Bir adım da kat edilen açı miktarı ne kadar kısa olursa servo motorun hassasiyeti de o kadar yüksek olur. Örneğin bir tam turunu 400 adımda tamamlayan bir Servo motorun tek adım derecesi 360/400=0.9° derecedir. Bu adım derecesi hassasiyetin göstergesidir. Yani bu servo motor 0.9° hassasiyetle dönme yapabilmektedir. Hassas bir servo motor elde etmek için servo motorun adım sayısı artırılmalıdır. Böylece istenilen derecede hassas

pozisyonlama ve dönme hareketi sağlanabilir. Fakat adım sayısı ile birlikte maliyet de artmaktadır.

Her servo motor bir sürücü ile kontrol edilir. Servo motor sürücüler motor, aktarma organı ve yükten oluşan üçlü elemanlı mekanik servo sistemin hız, moment veya pozisyon değişkenlerinden herhangi birinin bu değişkenle ilgili verilen referans değerine uygun olarak hareket ettirilmesini sağlayan elektronik güç elemanıdır (Coşkun ve Işık, 2004). Servo sürücüleri servo motorlar gibi DA servo sürücüler ve AA servo sürücüler olmak üzere ikiye ayrılır.

DA servo sürücüler darbe genişlik modülasyonu ile çalışan, analog ya da dijital olabilen sürücülerdir. Geri besleme olarak tako jeneratör, hall sensör veya artırımlı enkoder kullanılır. Dinamik performansı düşük kullanımı kolay ve ucuz sürücülerdir.

AA servo sürücüler ise sinüzoidal darbe genişlik modülasyonu ile çalışan, analog veya dijital yapıda sürücülerdir. Geri besleme olarak hall sensör, çözümleyici artırımlı enkoder veya mutlak (sin/cos) enkoder kullanılır. Dinamik performansı yüksek kullanımı bilgi gerektiren AA servo sürücüler DA servo sürücülere göre maliyeti daha fazladır.

Servo motorların en önemli özelliği sürücü devresinin olmasıdır. Fakat tek başına sürücünün bulunması bir anlam ifade etmez. Çünkü sürücü, kendisine gelen bilgileri servo motora iletir ve pozisyonunun uygun yerde ve hızda olup olmadığını, geri besleme elemanları ile kontrol edilir. Sistemin özelliğine göre bu elemanlar seçilir.

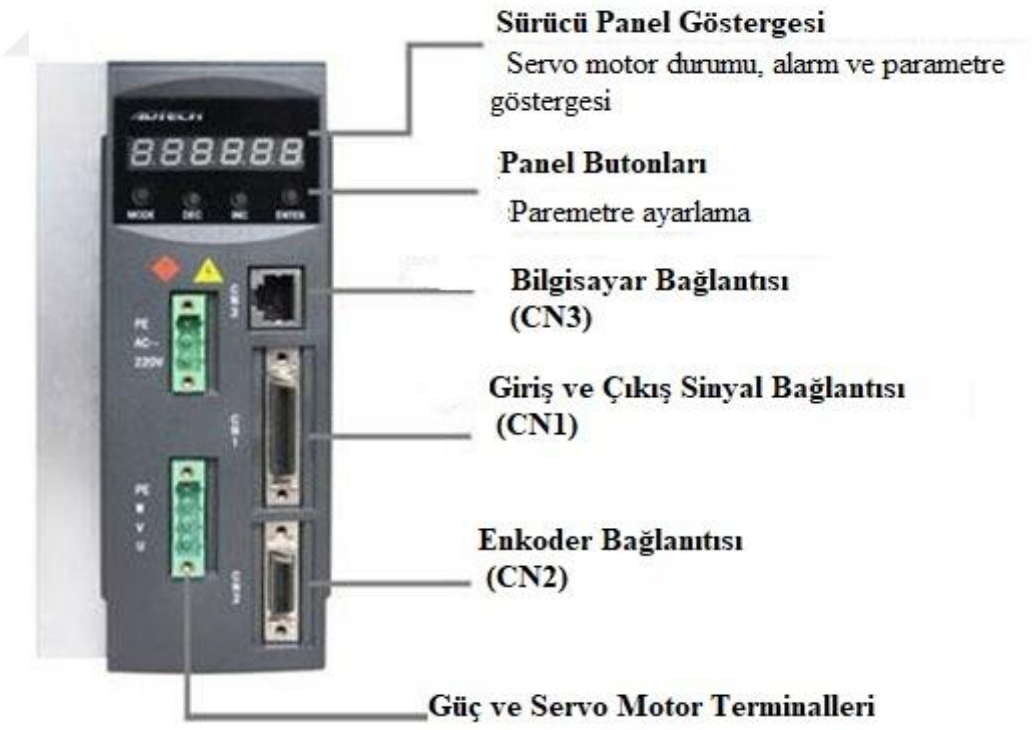
Servo motorun kullanılacağı yere göre motor belirlendikten sonra motorun nasıl çalışması isteniyorsa buna göre hız, tork, çalışma süresi, devir sayısı, hızlanma ve yavaşlama zamanı vb. parametrelerin girilmesi gerekir. Bu parametreler çeşitli yöntemlerle yapılır. Akıllı programlama modülü ve bilgisayar kullanılarak PLC ile parametre girişi olmak üzere temelde iki farklı yöntem ile sürücüye parametre girişi yapılabilir.

Akıllı modülle yapılan parametre girişinde her akıllı modül için bir miktar özel hafıza alanı tesis edilmiştir. Bu hafıza alanında servo motorun durumda bir değişiklik veya hata komutu fark edildiğinde modül tarafından değişiklik yapılır. Böylece hata veya durum gösterilmiş olmaktadır. Hafıza alanı, modülün bulunduğu konuma göre tanımlanır. Dijital teknolojiye dayalı AA, DA ve servo motor sürücüleri günümüzde açık ve kapalı çevrimde moment, hız ve konum kontrolü gibi standart motor kontrolü fonksiyonlarının ötesine geçmiş, kullanıcıya devreye alma, işletme ve bakım

kolaylıkları sağlayan, yer aldığı sistemde diğer dijital birimlerle iletişim kurabilen akıllı modüller hâline gelmiştir

Bilgisayar ve PLC ile parametre girişi yönteminde ise bilgisayar ve PLC kullanılarak servo sürücüye parametre girişi yapılmaktadır. Bunun için servo motor ve sürücü yapan bütün şirketlerin yaptıkları motorların kullanıcı tarafından çok kolay bir şekilde kullanabilmeleri için her motor için ayrı sürücü üretilmektedir. Bu sürücüleri programlayabilmek içinde özel programlar geliştirmişlerdir. Kullanılan sistemin özelliğine uygun motor seçimi yapıldıktan sonra uygun servo sürücü ve bu sürücüyle ilgili parametreleri girileceği program yazılımı da beraber seçilir.

Servo motor ve sürücü üreten firmalar, dünya çapında çeşitli sektörlerde yıllardır karşılaşılan tipik kontrol uygulamaları için sürücülerin bu özelliklerini kullanarak standart çözüm paketleri oluşturmuştur. Motor, sürücü ve algılayıcı gibi donanımların yanı sıra bu pakette yer alan diğer önemli bileşen hiç şüphesiz uygulama yazılımıdır. Şekil 4.2' de Delta firmasına ait servo sürücüsü ve üzerindeki bağlantı ve panel gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Servo sürücüsü

4.1.2. PLC

Programlanabilir Lojik Kontrolör endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda ve kontrol devrelerini gerçekleştirmeye yarayan elektronik bir cihazdır (Çolak ve ark., 2007). Giriş çıkış birimlerinin yanı sıra iletişim arabirimlerine sahip olan bu cihazlar, kontrol yapısına uygun bir sistem programı altında çalışan endüstriyel bilgisayardır (Çolak ve ark., 2007). Ticari olarak kullanılmaya başlanması 1969 yılında Modicon firması ile başlamıştır. PLC' nin ilk kullanım amacı röleli kumanda devrelerinin yaptığı işleri yapmak olmuştur. O yıllarda PLC sadece basit temel lojik işlem komutlarını kullanabilmekteydi. İlk ticari PLC' nin endüstride başarı ile uygulamasından sonra Allen Bradley, General Electric, GEC, Siemens, Westinghouse gibi firmalar orta maliyette yüksek performanslı PLC' ler üretmişlerdir. Gelişen teknoloji ile birlikte PLC' lere aritmetik ve özel matematiksel işlemlerin yapılmasını sağlayan komutlar da eklenmiştir. Bunun sonucunda ise PLC ile daha karmaşık kumanda ve kontrol işlemleri yapma olanağı doğmuştur. Endüstriyel otomasyon sistemlerinin kumanda devreleri PLC' lerin en yaygın olarak kullanıldığı alanlardır. Röle, kontaktör, zaman rölesi, sayıcı gibi elemanlarla gerçekleştirilen kumanda devreleri yerini PLC kullanılarak oluşturan sistemlere bırakmaktadır (Aydoğan ve ark., 2009). Bunun sebebi ise PLC' lerin endüstriyel otomasyon sistemlerinde doğrudan kullanıma uygun yapıda olmalarıdır. PLC' ler temel olarak üç ana bölümden oluşmaktadır.

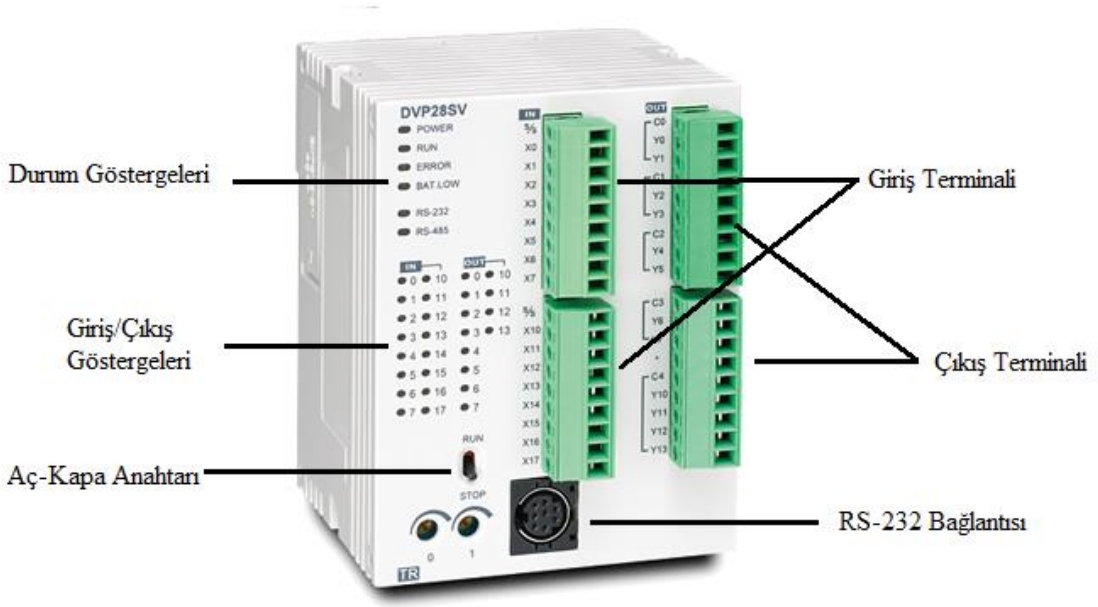
- Bir sayısal işlemci bellek,
- Giriş ve çıkış birimleri,
- Besleme güç kaynağı gibi temel kısımlarıdır.

PLC' nin giriş ve çıkışlarına basınç, seviye, sıcaklık algılayıcıları ve buton gibi iki değerli lojik bilgisi taşıyan elemanlar, kontaktör, selenoid valf gibi kumanda devre elemanlarının sürücü elemanları Şekil 4.3' deki gibi doğrudan bağlanabilir (Bingöl ve ark., 2010).



Şekil 4.3. PLC yapısı ve bağlantıları

Normal bilgisayarların aksine PLC' nin birçok giriş ve çıkışı vardır. En büyük avantajları ise devreler üzerinde etkili olan elektriksel gürültülere, sıcaklık farklarına ve mekanik darbelere karşı dayanıklı olarak üretilmeleridir. Her PLC üreticisi PLC' nin içine kendine ait bir yazılım sistemi yüklemektedir. Bu denetleyici sistem, giriş bilgilerini gözle görülmeyecek hızlarla tarayarak buna uygun çıkış bilgilerini gerçek zamana yakın, cevap verecek şekilde çalışır. PLC, kısa sürede daha çok ve kaliteli ürün üretme, çok düşük hata oranlarına sahip üretim yapma gibi unsurların ön plana çıkmasında büyük rol oynar. Şekil 4.4' de Delta firmasına ait bir PLC ve üzerinde bulunan terminal ve ledlerin ne işe yaradığı gösterilmiştir.



Şekil 4.4. PLC

4.1.2.1. Güç kaynakları

Bu modüllerin temel görevi giriş çıkış kartlarının dışındaki kartların beslemelerini yapmaktır. Harici kaynak beslemelerini PLC' nin iç voltaj seviyelerine göre düzenlerler. Kaynağın azami çıkış akımı PLC içindeki kartların güç harcamalarına göre belirlenmektedir. PLC' nin bir avantajı da güç kaynağının çıkış akımı çok yüksek olsa bile bir fan yardımı ile soğutmaya ihtiyaç duymamasıdır. Güç kaynağının içindeki hafıza yedekleme pili ile merkezi işlem birimlerinin içindeki kullanıcı programı, kalıcı işaretleyiciler, sayıcı ve zamanlayıcı içerikleri gerilim kesilmesine karşı korunabilir. Bu yedekleme pili enerji yokken değiştirilecekse, dışarıdan bir kaynakla güç kaynağı beslenmelidir.

4.1.2.2. Merkezi işlem birimleri (CPU)

CPU, PLC' nin çalışmasını düzenleyen, bütün aritmetik ve mantıksal işlemleri gerçekleyen, zamanlama, sayma gibi görevleri üstlenen en önemli birimdir. Merkezi işlem birimleri PLC sisteminin beyni olarak düşünülebilir. İki ayrı PLC aynı mikroişlemciyi kullanabilir, fakat işletim sistemlerinin farklı olması nedeni ile PLC' lerin işlevleri de farklı olabilir. Bu birimler kumanda edilen sisteme ait yazılımın(sadece mantık yazılımının) saklandığı ve bu yazılımın işlendiği kartlardır. Merkezi işlemci haricinde program hafızası ve programlama cihazı bağlantısı için bir ara yüz içerir. Ayrıca bazı modellerde başka PLC grupları ile beraber çalışabilmeleri için özel ara yüzler de bulunur.

4.1.2.3. Giriş çıkış birimleri

PLC' nin giriş çıkış birimleri sinyallerin türüne göre analog ve dijital olarak iki çeşittir.

Dijital girişler PLC' nin giriş bilgileri kontrol edilen çevreden veya makinadan gelebilir. Gelen bu bilgiler PLC içinde dijital olarak 0 veya 1 olarak değerlendirilmeye tabi tutulan sinyallerdir. Bu dijital sinyaller PLC' nin dijital girişlerini oluşturur. Dijital girişler PLC' ye çeşitli çevre ölçüm cihazlarından gelir. Bu cihazlar herhangi bir durum tespit ettikleri zaman PLC' nin ilgili giriş birimini lojik '0' sinyal seviyesinden lojik '1' sinyal seviyesine getirirler. Böylece PLC' nin çevreden olan değişimlerden haberdar

olması sağlanmış olur. Yani dijital girişler sistem içindeki fiziksel değişimleri PLC' nin anlayabileceği lojik 0-1 sinyallerine dönüştürürler. PLC' nin girişine gelen sinyaller farklı türdeki şalterlerden, herhangi bir röle, kontaktör ya da otomatın yardımcı kontağından gelebilir. Sinyal PLC dışı ikili sinyaldir ve giriş modüllerinde PLC' nin iç sinyal seviyesine indirirler. Tek bir giriş modüllerinde 8, 16 ya da 32 bit dijital çevre bilgisi okunabilir. Kullanımı kolaylaştırmak için modüller üzerinde her girişe ait bir led bulunur ve böylece gelen sinyalin seviyesi anlaşılabilir. PLC' nin giriş sinyallerini okuyabilmesi için bu sinyallerin kartın tipine göre ilgili aralıkta olması gerekmektedir.

Dijital çıkış birimleri PLC' nin sahadaki ya da işlemdeki bir şeye ikili seviyede etki edeceği zaman kullanıldığı birimler dijital çıkış birimleridir. Dijital çıkış modülleri PLC iç sinyal seviyeleri prosesin ihtiyaç duyduğu ikili sinyal seviyelerine çeviren elemanlardır. Bu modüller üzerindeki çıkışlar kullanılarak çevredeki herhangi bir eleman kontrol edilebilir. Bu eleman bir lamba, bir röle ya da bir kontaktör olabilir. Dijital çıkış modülleri röle, triyak ya da transistör çıkışlı olabilir. Ancak kart üzerine çekilecek azami çıkış akımlarına dikkat etmek gerekir. Giriş çıkış kartları sadece giriş sinyalleri okuyan veya sadece çıkış sinyallerini gösteren kartlar şeklinde bulunabildiği gibi hem giriş hem de çıkış birimleri içeren ortak giriş çıkış kartları da mevcuttur. Özellikle yer sıkıntısı olan sistemlerde ortak kart kullanımı yer açısından avantaj sağlayabilmektedir.

Kontrol edilen sistemdeki bütün sinyaller her zaman dijital olmayabilir. Dijital sinyallerin aralıkları dışında da sinyallerin olması olası bir durumdur. Örnek olarak bir sıcaklık değerinin belli bir değerden yüksek veya düşük olduğu dijital olarak sorgulanabilir ancak bu sıcaklık değerinin net bir şekilde belirlenmesi dijital giriş modülleri ile mümkün olmaz. Bu sebeple dijital girişlerin yerine analog olarak yapılan kontrol elemanları kullanılmalıdır. Analog değer kullanımında ilgili olunan değerinin minimum ve maksimum değerleri arasında ölçüm yapılır. Bu kontrollerin yapılması için de analog giriş çıkış kartları kullanılması gerekmektedir. Analog giriş modülleri prosesten gelen analog değerleri dijital değerlere dönüştürür. Bu değerin öncelikle PLC' nin anlayacağı değerlere dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlemi gerçekleştiren cihazlara transmitter adı verilir. Transmitterler problarından ölçtükleri büyüklüğü değerlendirerek PLC' nin anlayabileceği 4- 20 mA ya da 0-10 V gibi belli aralıkta ifade edilen sinyallere çevirirler. Bu sinyaller de PLC' nin analog giriş kartları ile intern bus hattı üzerinden CPU' ya okutulur. Böylece PLC belli aralıklarda değişen değerleri işleyebilir duruma gelir.

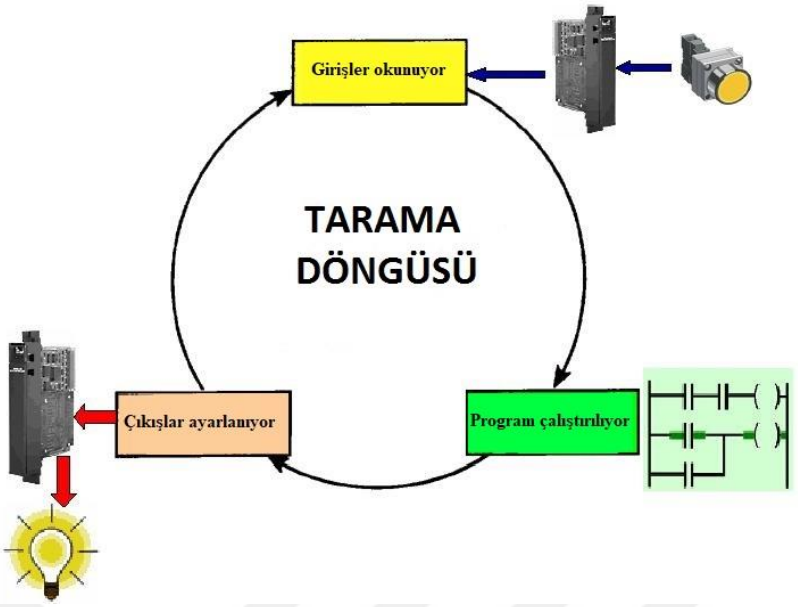
Analog çıkış modülleri sisteme analog olarak müdahale edilmesi gereken durumlarda kullanılır. Bu modüllerle sahadaki bir eleman 0-10 V, 0-20 mA ya da 4-20 mA çıkışları ile oransal olarak kontrol edilebilir. PLC' nin analog çıkışları ile bir aktuator yönetilebilir. CPU tarafından karar verilen çıkış değerleri dijital formda analog çıkış kartının işlemcisine iletilir. Bu değerler bir dijital-analog çevirici ile analog voltaj değerlerine çevrilir. Ayrıca bir voltaj-akım çevirici ile çıkış akımları oluşturulur. Bir programlanabilir lojik kontrolör CPU' sunun performansı o CPU' nun analog değer işlemesi ile orantılıdır.

4.1.2.4. PLC' de program çalışma mantığı

PLC' lerin çalışma ve durdurma olmak üzere iki çalışma durumu vardır. PLC çalışma durumuna alındığında aşağıdaki adımlar sıra ile işlenir.

- İlk önce çıkış hafızası temizlenir.
- Sonra girişlere bağlı bulunan sensör, buton, sınır anahtarı vb. elemanlardan alınan sinyaller okunarak giriş hafızasına kaydedilir
- Kaydedilen giriş sinyallerine göre PLC' nin program hafızasına yüklenen kontrol programı komutları sırası ile işletilir.
- Elde edilen sonuçlar çıkış hafızasına yazılır.
- Çıkış hafızasındaki bilgiler PLC çıkışlarına aktarılır.

Tüm bu işlemlerin gerçekleşmesi için geçen zamana bir tarama süresi adı verilir. Bu tarama işlemi sürekli olarak devam eder. Taramanın durması için ya PLC' nin enerjisi kesilmeli veya PLC durdurma konumuna alınmalıdır. Genel olarak bir tarama süresi 3 ms ile 10 ms arasındadır. Bu süre PLC' nin çalışma hızına, kullanılan komutlara ve kontrol programının uzunluğuna göre değişmektedir. Girişler her bir tarama çevriminin başlangıcında okunduğu için tarama süresinin çok uzun olması girişlerde meydana gelen çok kısa süreli sinyal değişiklikleri PLC' ye yazılmasını engelleyebilir. Şekil 4.5' de PLC' nin bir tarama süresi ve tarama süresince gerçekleşen işlemler gösterilmiştir.

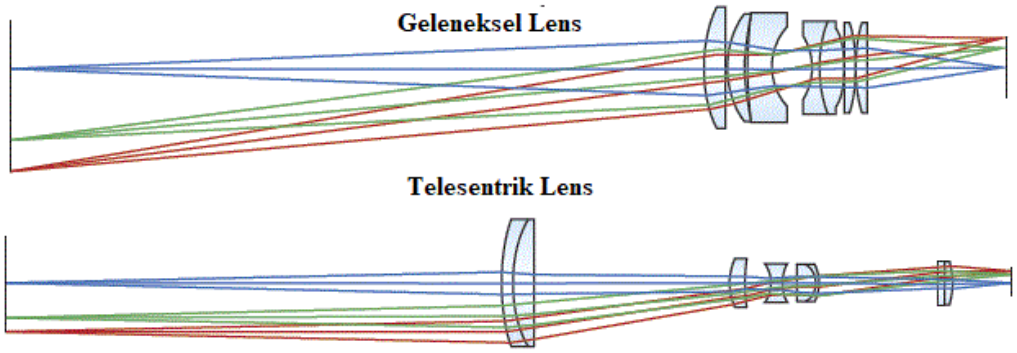


Şekil 4.5. PLC tarama döngüsü

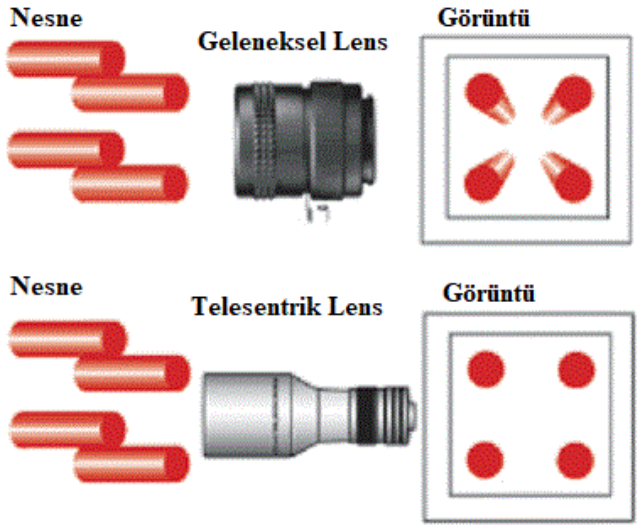
4.1.3. Telesentrik Lens

Görüntü üzerinde yapılan çalışmalarda görüntüleme elemanlarının ilgili olunan ortama ve cisimlere uyumu kritik önem taşımaktadır. Uygun olmayan elemanlarla yapılan görüntü alımları istenilen derecede kaliteli görüntü alınmasının önüne geçecektir. Bu kapsamda çeşitli kamera, lens ve aydınlatma teknolojileri geliştirilmiştir. Bu teknolojilerin biri de telesentrik adı verilen lens ve aydınlatma kaynağı ekipmanlarından oluşan görüntüleme elamanlarıdır.

Telesentrik lens, giriş veya çıkış odağının sonsuzda olduğu bileşik bir mercektir. Yani, ana ışınlarının görüntü veya obje uzayında optik eksene paralel olduğu çok elemanlı lens tasarımıdır. Bundan dolayı telesentrik lensler görüntü veya nesne konumundan bağımsız olarak sabit büyütme özelliğine sahiptir. Şekil 4.6'da geleneksel lens ve telesentrik lens için ışınların nasıl alındığı gösterilmektedir. Geleneksel lens ve telesentrik lens kullanılarak yapılan görüntülemelerin nasıl göründüğüne ait bir örnek Şekil 4.7'de gösterilmiştir (Edmund Optics, 2015).



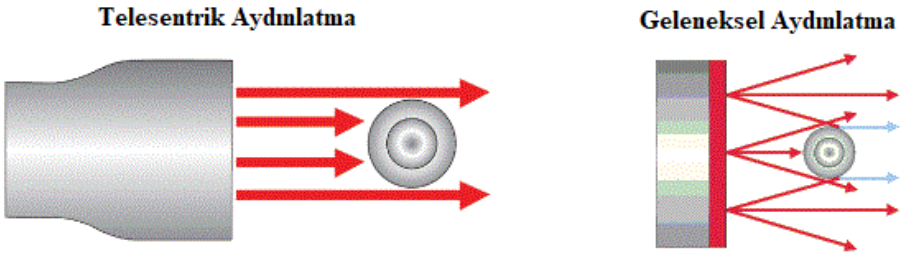
Şekil 4.6. Telesentrik lens ile geleneksel lensin ışın gösterimi (Anonymous, [online])



Şekil 4.7. Telesentrik lens ile geleneksel lensin ile oluşan görüntülere ait bir örnek (Anonymous, [online])

4.1.4. Telesentrik Aydınlatma

Telesentrik aydınlatma da, ana ışınlarının optik eksenine hizalanmış ve paralel olarak işlendiği kavram geçerlidir. Bir başka deyişle telesentrik aydınlatma arka aydınlatmanın hizalanarak kullanıldığı aydınlatma teknolojisidir. Telesentrik aydınlatıcı, nesneden yayılan yansımaları azaltarak kenar keskinliğini ve ölçüm doğruluğunu artırır. Bu nedenle özellikle metal yüzeylerin yansıtıcı özelliğinin önüne geçilmesi için oldukça pratik bir üründür. Toplanan ışık ışınları aydınlatıcıdan çıkar ve bir nesnenin yüzeyine çarptıkça toplanmış olarak kalır. Geleneksel bir arka ışıktan gelen ışık ışınlar ise genişler ve birbirleriyle etkileşime girerek, dağınık yansımalar üretirler. Bu kavram Şekil 4.8' de temsil edilmiştir (Edmund Optics, 2015).



Şekil 4.8. Telesentrik ve geleneksel aydınlatma gösterimi (Anonymous, [online])

Genel olarak telesentrik lens ve aydınlatmanın sağladığı faydalar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Küçük kusurların iyi derecede tespiti,
- Nesne ve aydınlatma kaynağı arasındaki artan mesafeye rağmen yeterli görüntüleme,
- Standart arka ışık aydınlatmasına göre artan ölçüm doğruluğu ve tekrarlanabilirlik,
- Standart arka aydınlatma ile karşılaştırıldığında daha hızlı sistemler ve daha yüksek verim,
- Dağınık yansımaların neden olduğu bulanık kenarların giderilmesi,
- Artırılmış ışık yoğunluğundan azaltılmış kamera pozlama süreleri,
- Toplanan ışık ışınlarından artan ışık yoğunluğu,
- Bulanık kenarların giderilmesinden ve artan ışık yoğunluğundan yüksek kontrastlı görüntüler.

4.2. Ölçüm Düzeneği

Bu tezde incelenen cisimler silindirik yapıdaki cisimlerdir. Bu cisimler farklı boy ve genişlikte olabilen benzer şekillerden oluşmaktadır. Ölçülecek olan cisimlerin silindirik olmasından dolayı cisimler 360° döndürülerek ve/veya ileri geri hareket ettirilerek görüntüleme yapacak olan bir düzenek oluşturulmuştur.

4.2.1. Düzeneğin tasarımı

Görüntüleri alınacak olan cisimler silindirik olmasından dolayı incelenen hata veya ölçüm cismin etrafında farklı bölgelerinde olabilmektedir. Bundan dolayı cismin

etrafının görüntüsü ile çalışılması gerekmektedir. Cismin tamamını tek seferde görüntülemek mümkün olmadığı için birkaç farklı açıdan görüntülerinin alınması gerekmektedir. Bu sebeple tasarlanacak düzeneğin cismin etrafını tamamen görmeli, cismi ileri geri hareket ettirmeli ve görüntü alması gerekmektedir. Bu işlemler iki farklı yöntemle alınabilir. Birinci yöntemde cisim sabit tutulup görüntüleme elemanları cismin etrafında tam bir tur attırılarak görüntüleme yapılabilir. İkinci yöntemde ise görüntüleme elemanları sabit tutulup cisim kendi etrafında 360° döndürülerek cismin görüntüleri alınabilir. Her iki yöntemde de dikkat edilmesi gereken temel kural cisim veya kamera hareket ettirilirken aynı merkezli kalmalarıdır. Aksi takdirde cismin görüntüsünde görüntüler arasında farklılar olarak ortaya çıkabilir. Bu farklılıklar görüntüler üzerinde çalışmaları zorlaştırabilir veya ön işlem ile düzenleme gerektirebilir. Benzer şekilde cismin boyu bir kamera ekranında alınamadığı durumlarda gereken ileri geri hareket cisim veya kamera ve aydınlatma elamanları ileri geri hareket ettirilerek görüntüleme yapılabilir. Gerçekleştirilen tasarımda kamera ve aydınlatma elemanı sabit tutularak, cismin kendi etrafında döndürülmesi ve ileri geri hareket eden bir düzenek tasarlanmıştır.

Tasarımda kullanılan motorlar sanayide kullanılan güçlü motorlar olduğundan dolayı, dönme işlemi yaparken uyguladığı kuvvetle birlikte sistem üzerinde titreme veya oynama yapabilmektedir. Öncelikle bu titremeyi ve oynamayı önlemek için motorlar bir düzlem üzerine sabitlenmişlerdir. Kullanılan servo motorlardan birisi cismi 360° döndürmek için, diğeri ise ileri geri hareket ettirmek için kullanılmıştır. Tasarlanan düzenekte cisim bir tutucu aparat ile sabit tutulmaktadır. Tutucu aparat cismi bir ucundan kavrayarak tutmaktadır. Aparatın tuttuğu kısım her cisimde aynı olduğundan ve üretimden farklı şekilde çıkmadığından dolayı hata açısından bir sorun teşkil etmemektedir. Bu tutucu aparat servo motorun ucuna monte edilebilmektedir. Böylece motorun dönmesi ile birlikte cismin de dönmesi sağlanmaktadır.

Cismin ileri geri hareketi için ise cismin bağlı olduğu motor yatay hareket özelliği olan bir düzeneğin üzerine monte edilmiştir. Bu yatay düzenek üzerinde bulunan bir plaka, rayların üzerinde ileri geri hareket etmektedir. İleri geri hareketini ise rayların ortasında bulunan milin dönmesi ile sağlanmaktadır. Şöyle ki ortadaki mil döndükçe plakayı hareket ettirmektedir. Mil ise ikinci servo motora bağlı bulunmaktadır. Bunun sonucunda ikinci servo motor döndükçe cisim de ileri geri hareket etmiş olmaktadır.

Lens ve aydınlatma elemanı ise yatay düzeneğin ucuna sabitlenmiştir. Görüntüsü alınmak istenen cismin, görüntüsü alınmak istenen bölgesi lens ve aydınlatma elemanın arasına getirilerek ve döndürülerek görüntü alma işlemi yapılır.

Servo motorların kontrolü için kontrolünü sağlayan sürücüler, PLC ve butonların bulunduğu bir elektrik panosu hazırlanmıştır. Panonun içinde PLC' nin beslenmesi için bir DA güç kaynağı bulunmaktadır. Kullanılan servo motorlar pozisyon kontrolü yapılarak kullanılmaktadır. Ayrıca çok motor çok hızlı çalışırken, motorun ucuna eklenen tutucu aparat ve cisim ağırlığından dolayı motor hataya düşmektedir. Bu nedenden dolayı motorun hızı uygun seviyeye sürücü ile ayarlanmıştır. Bu sebeple motorların tork ve hızları ile ilgili başka bir harici kontrol yapılmasına gerek kalmamıştır. Servo motorların kontrolü tetikleme ve yön olmak üzere iki şekilde olmaktadır. Servo motorlar sürücüden gelen tetiklemeler ile dönme işlemi yaptıklarından iki tane buton ile iki motor için ayrı ayrı tetikleme işlemi yapılmaktadır. Döndürme işini yapan motora tetikleme butonuna basıldığında cisim 60° dönmektedir. İleri geri hareketini sağlayan motora gelen tetikleme ile de cisim bir kamera görüntüsü kadar ileri veya geri taşınmaktadır. Cismi 360° döndürme işlemi tek yönde yapıldığı için bu işlem için yön kontrolünün de yapılması gerekli değildir. Ancak cismin ileri geri hareketini sağlayan motor için yön önemlidir. Yön kontrolü bir kalıcı konumlu anahtar ile yapılmaktadır. Anahtar açık konumda iken tetikleme geldiğinde cisim ileri hareket etmekte, anahtar kapalı konumda iken ise geri hareket etmektedir.

4.2.2. Düzeneğin çalışma şekli

Oluşturulan düzeneğin yerine getirmesi gereken görevler temelde cismi 60°' lik açılarla tam bir tur döndürmesi, gerektiği durumlarda cismi ileri geri hareket ettirmesi olarak iki başlıkta özetlenebilir. Tutucu aparatın ucuna yerleştirilen ölçümü yapılacak olan cisim servo motora gelen tetikleme ile birlikte dönmektedir. Her tetikle motorun 60° dönmesi sağlamaktadır. Tetikleme sonucu dönen cismin bir görüntüsü diğer tetiklemeye kadar alınmaktadır. Ayrıca eğer cisim bir kamera çerçevesinde alınamayacak kadar büyükse cisim diğer servo motor ile ileri veya geri hareket ettirilerek görüntüleri alınabilir. Her ileri veya geri gitmede cismin görüntü sayı altışar olarak artmaktadır.

4.3. Sonuç

Bu tezde ölçümü yapılacak olan cisimlerin silindirik olması sebebi ile cisimler 360° döndürülerek görüntüleme yapılacak olan bir düzenek oluşturulmuştur. Her 60° dönme ile birlikte cismin bir görüntüsü alınmakta ve toplamda aynı cisme ait 6 adet görüntü oluşmaktadır. Cismin döndürülmesindeki hassas hareket için bir servo motor kullanılmıştır. Motorun ucuna eklenen tutucu aparat ile cisim tutturulup döndürme işlemi esnasında cismin istenmeyen bir şekilde hareket etmesi önlenmiştir. İstenmeyen hareketler cismin motorun eksenine göre açılı durması ile oluşmaktadır. Cismin ekseni motorun ekseni ile aynı olmadığı durumlarda dönme işlemi ile birlikte cismin ucu aşağı ve yukarı hareket etmektedir. Bu hareket cismin hatasından değil de sistemden dolayı olduğundan cismin üretim hatalarına yönelik ölçümleri zorlaştırmaktadır. Cismin sağında ve solunda kamera ve ışık kaynağı kullanılarak görüntüleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Bununla beraber bazı uzun cisimlerin görüntüleri kameranın bir çerçevesine sığmayabilir. Bu gibi durumlarda cismin görüntüsü birden fazla görüntü ile oluşturulabilmektedir. Kamera ve ışık kaynağı sabit tutulduğu için cismi ileri geri hareket ettirebilmek için yatay hareket düzeneği kullanılmıştır. Bu yatay düzeneğin üzerinde cismi tutucu servo motor bulunmaktadır. Yatay hareket düzeneği hareket ettikçe cisim de ileri geri hareket etmektedir. Yatay düzeneği hareket ettirmek için ise bir başka servo motor kullanılmıştır. Kullanılan kameranın sensör boyutlarına göre yatay düzeneğin servo motorunun tetikleme sayısı ayarlanmalıdır. Servo motorların kontrolü ise bir PLC ile yapılmaktadır. PLC servo motora verilecek olan tetiklemelerin algılanması ve hareket yönünün sürücülere aktarılması için kullanılmıştır. Sonuç olarak cismin her bölgesinin görüntüleri alınabilmektedir. Şekil 4.9'da oluşturulan düzeneğin görüntüsü gösterilmektedir. Üsteki motor cismi tutma ve döndürme işlemini yapmaktadır. Bu motor ileri geri hareket eden düzeneğin üzerine monte edilmiştir. Alttaki motor ise gerekli olduğu durumlarda cismin ileri geri hareket etmesini sağlamaktadır. Düzeneğin sağ ucunda da birbirine bakan kamera ve aydınlatma bulunmaktadır. Görüntüsü alınacak cisim kamera ile aydınlatma arasına getirilerek görüntü alma işlemi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4.9. Oluşturulan görüntü alma düzeneği

5. GÖRÜNTÜ ÖNİŞLEME

Görüntüler alınırken görüntülerin işlenmesini zorlaştıran bir takım gürültülerle birlikte alınır. Bu gürültüler, aydınlatma ve lens gibi çevresel etkilerden kaynaklanan gürültüler olabildiği gibi cismin bir parçası olup ilgili bölge dışında kalan yerler de olabilmektedir. Bu gürültülerin ortadan kaldırılması görüntü üzerindeki çalışmaları kolaylaştırdığından önemli bir aşamadır. Bunun yanı sıra görüntü işleme sırasında gerekli olabilen bilgileri elde etmemize yarayan kenar bulma, köşe noktalarını bulma ve filtreleme gibi işlemler de ön işlem olarak tanımlanır.

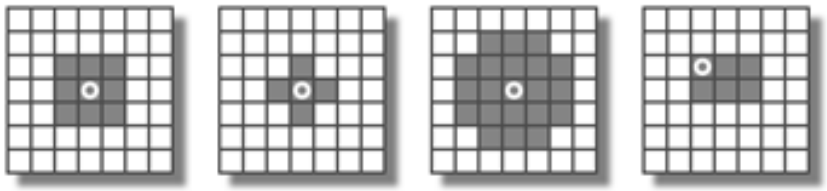
Bu bölümde segmentasyon ve ölçüm öncesi görüntüde yer alan gürültülerin yok edilmesi amacıyla kullanılan yöntemlerden morfolojik işlemler, filtreleme, kenar bulma ve köşe noktalarını bulma işlemleri anlatılmıştır.

5.1. Morfolojik İşlemler

Morfolojik görüntü işleme şekillerin biçimsel yapısı ile ilgilenerek nesnelerin ayırt edilmesine ve gruplanabilmesine imkân sağlamaktadır (Karhan ve ark., 2011). Bu yöntemler genellikle siyah beyaz görüntüler üzerinde çalışsa da gri seviye görüntüler üzerinde de kullanılır. Morfolojik filtreler genelde aşındırma ve genişleme olmak üzere iki temel işlemden türetilmiştir (Boztoprak ve ark., 2007). İşlemler için bir yapısal elemanın yanı sıra matematiksel olarak ifade etmek için fit ve hit şeklinde adlandırılan iki fonksiyon kullanılmaktadır. Bu fonksiyonlardan fit fonksiyonu yapısal eleman ile yapısal elemanın o anda üzerinde bulunduğu pikseller ile birebir örtüşmesi durumudur. Hit fonksiyonun gerçeklemesi için yapısal eleman ile yapısal elemanın o an üzerinde bulunduğu piksellerin en az birinin örtüşmesi yeterlidir (Zhao ve Daut, 1991). Yapısal elemanlar değişik boyutlarda ve şekillerde olabilmektedir. Üzerinde çalışılan probleme veya görüntüye göre farklı yapısal elemanlar kullanılabilir. Şekil 5.1’ de dört farklı yapısal eleman örneği sunulmuştur. Buradaki koyu renkli bölüm ile koyu renkli bölgenin görüntünün üzerinde bulunduğu bölgenin uyuşmasına bakılır ve yapısal elemanın üzerindeki daireye sonuç değerini yazdırılır.

Hit ve fit fonksiyonları ile aşındırma ve genişleme morfolojik işlemleri gerçekleştirilmektedir. Bunun yanı sıra bu iki morfolojik işlem beraber kullanılarak üretilen iki adet kapama ve açma işlemleri de morfolojik işlem olarak kullanılmaktadır.

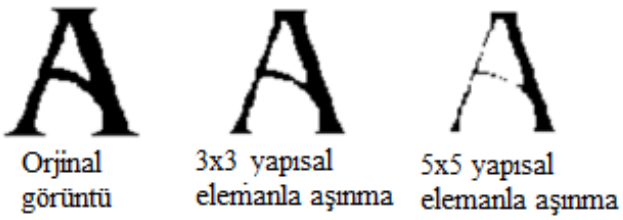
Böylece aşındırma, genişleme, açma ve kapama olmak üzere dört adet morfolojik işlem elde edilmiş olmaktadır (Boztoprak ve ark., 2007).



Şekil 5.1. Yapısal bileşen örnekleri

5.1.1. Aşındırma

Aşındırma; bir görüntüde bulunan nesnelerin boyutunu seçilen yapısal elemana bağlı olarak küçültür. Aşındırma işlemi birbirine ince bir gürültü ile bağlanmış nesneleri birbirinden ayırmak için kullanılır. Aşındırma işlemi için fit fonksiyonu kullanılmaktadır. Operatörün temel etkisi görüntüyü kenarlarından erozyona uğratmaktadır. Sonuçta piksel grupları ve aralarındaki boşluklar küçülür ve seçilen yapısal elemana göre gürültülü şekiller düzelir (Altunkurt ve Kahriman, 2011). Şekil 5.2' de aynı görüntüye ayrı ayrı 3x3 ve 5x5 boyutlarında yapısal elaman kullanılarak yapılan aşındırma işlemi gösterilmiştir. Daha büyük yapısal eleman ile yapılan işlem daha küçük yapısal elemanla birkaç seferde yapılabilir.

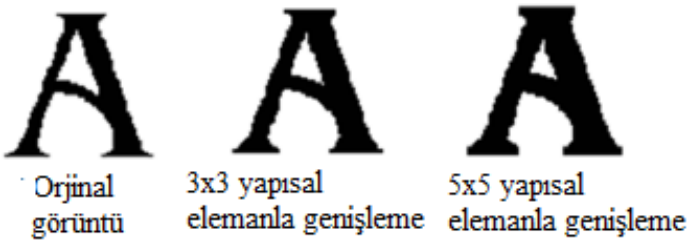


Şekil 5.2. Aşındırma işlemi gerçekleştirilen görüntü

5.1.2. Genişleme

Genişleme bir görüntüde bulunan nesnelerin boyutunu seçilen yapısal elemana bağlı olarak genişleten işlemdir. Genişleme nesnelerin gürültü ile ince bir şekilde bölünerek ayrı iki nesne gibi görünmesini engellemektedir. Bu işlemin temel etkisi

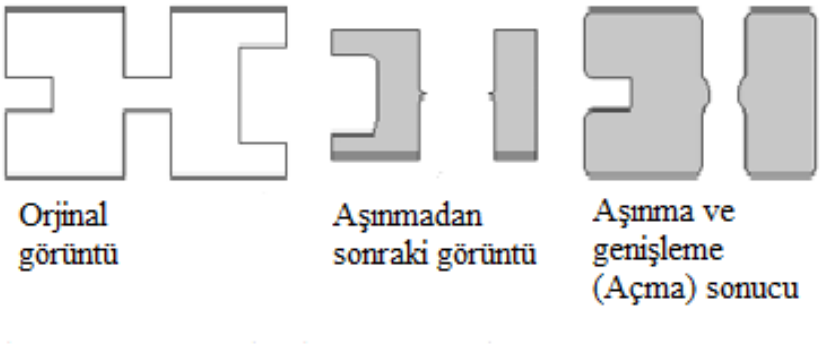
görüntüyü kenarlarından genişletmektir (Altunkurt ve Kahriman, 2011). Sonuç olarak da piksel grupları büyür ve aralarındaki boşluklar küçülür. Şekil 5.3' de farklı boyutlarda yapısal eleman kullanılarak yapılan genişleme işlemi ile genişlemiş görüntüler sunulmuştur.



Şekil 5.3. Genişleme işlemi gerçekleştirilen görüntü

5.1.3. Açma

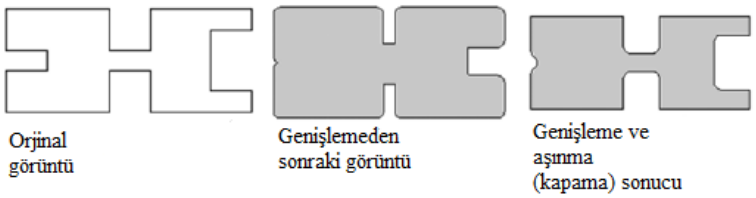
Görüntü üzerinde önce aşınma işlemi, sonra genişleme işlemi uygulanması sonucu açma işlemi elde edilir. Görüntü içerisindeki nesneler ve nesneler arasındaki boşluklar yapısal elemanın büyüklüğüne veya açma işleminin tekrar sayısına bağlı olarak temizlenir. Açma işlemi ile elde edilen görüntüler orijinal görüntüden biraz daha küçük hale gelmektedir. Bunun sonucunda ise birbirine yakın veya birleşik nesneler birbirlerinden ayrılırken, görüntünün yapısında fazlaca değişiklik olmaz (Karhan ve ark., 2011). Şekil 5.4' de önce aşınma sonrasında ise genişleme yapılarak açma işleminin gerçekleştirilmesi gösterilmektedir.



Şekil 5.4. Açma işlemi gerçekleştirilen görüntü

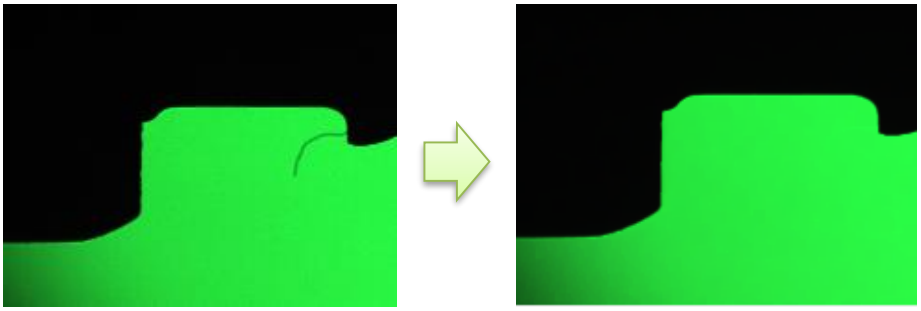
5.1.4. Kapama

Kapama işlemi için görüntü üzerinde önce genişleme işlemi, daha sonra da aşınma işlemi uygulanmalıdır. Kapama işlemi isminden de anlaşılacağı gibi açma işlemimin tersi işlemler gerçekleşir. Yani görüntü içerisindeki nesneler ve nesneler arasındaki boşluklar varsa yapısal elemanın büyüklüğüne veya açma işleminin tekrar sayısına bağlı olarak nesneler birleştirilir. Kapama işlemi ile elde edilen görüntüler orijinal görüntüden biraz daha büyük hale gelmektedir. Bunun sonucunda ise birbirine yakın veya ayrık nesneler birbirlerine yaklaşırlar veya birleşirler (Karhan ve ark., 2011). Şekil 5.5' de önce aşınma sonrasında ise genişleme yapılarak açma işleminin gerçekleştirilmesi gösterilmektedir.



Şekil 5.5. Kapama işlemi gerçekleştirilen görüntü

Morfolojik işlemler kullanılarak alınan görüntülerde saçakların yok edilmesi yapılmıştır. Aynı zamanda kenarların daha düzgün elde edilmesi içinde kullanılmıştır. Şekil 5.6' da saçağa sahip örnek bir görüntü üzerinde önce genişleme ardından aşındırma (kapama) işlemleri ile saçak gürültüsünün yok edilmesine ilişkin görüntü gösterilmiştir. Bunun yanı sıra görüntülerdeki kenarlardaki çok küçük çaplı istenmeyen çıkıntıların da morfolojik işlemlerle giderilmesi sağlanmıştır.



Şekil 5.6. Morfolojik işlemlerle saçağın kaldırılması

5.2. Filtreleme

Görüntü işlemede noktasal işlemler görüntüdeki her piksele, diğer piksellerden bağımsız olarak bir fonksiyonun uygulanmasıdır. Komşuluk ilişkili işlemler diğer bir ifade ile bölgesel işlemler ise; noktasal işlemlerin her bir pikselin komşuluk ilişkilerine göre merkez piksele uygulanmasıdır. Yani noktasal işlemlerde her bir piksele bağımsız olarak işlem yapılır ve o pikselin yeni değeri o işlem sonucu oluşurken, bölgesel işlemlerde merkez pikselin yeni değeri hesaplanırken komşu piksellerinde hesaplamada yer almaktadır (Altuntaş ve Çorumluoğlu, 2011).

Komşuluk ilişkili işlemler uygulanırken izlenmesi gereken dört temel adım vardır.

• Bir merkez nokta tanımlamak (x, y)

• Bu merkez noktasının yeni değerini elde etmek için, önceden tanımlanmış komşuların piksellerini de içeren bir işlem yapmak.

• Merkez noktadaki değerin o işlemin sonucu olarak kaydetmek.

• Görüntüdeki her nokta için bu işlemi tekrarlamak.

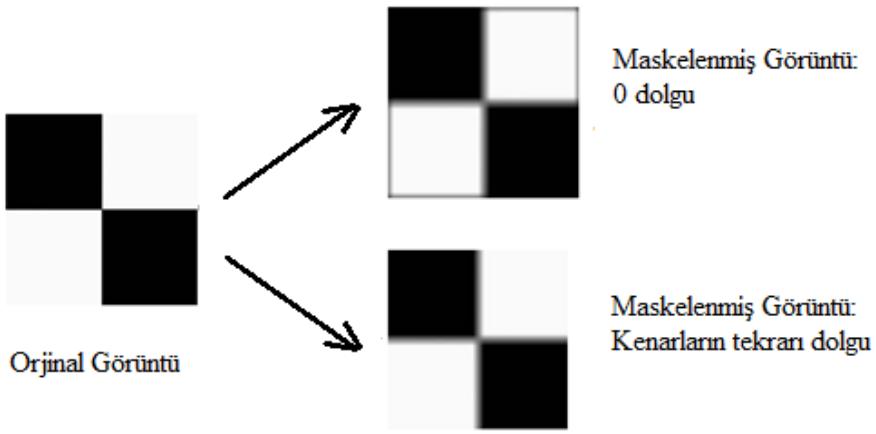
Merkezi piksel ve etrafında bulunan komşuluğuna maske veya pencere adı verilmektedir. Bütün görüntünün işlenmesi için, maskenin adım adım kaydırılarak resmin tamamını taraması gerekir. Genel olarak bu işlem resmin sol üst köşesinden başlar. Başlangıç konumundaki yeni değer hesaplandıktan sonra maske bir piksel sağ tarafa kaldırılır. Yeniden hesaplama işlemi yapılır ve aynı işlemlere devam edilir. Satırın sonuna gelince, işlemlere bir sonraki satırın başından devam edilir. Maskeler bir tek noktadan oluşmadığı için merkez noktası kenarlara ulaşmayabilir. Bu yüzden resim bölgesel işlemlerden dolayı küçülür. Genellikle bu küçülme önemsenmeyebilir. Fakat kenar piksellere herhangi bir değer verilmemesi gerekir. Böyle problemlere engel olmak için Şekil 5.7' deki gibi başlangıçta sonuç resmin bütün piksellerine 0 değeri ile doldurulabilir veya yanındaki piksel değeri sınır değeri olabilir.

Maskeler genellikle, kenarları tek sayıda piksellerden oluşturulmuş dikdörtgen şekildir. Bu maske ve fonksiyonun gerçekleştirilmesine filtreleme denir. Aynı zamanda filtreleme işlemi komşuluk ilişkili işlemlerinin yerine de kullanılır.

Filtreleme resmin her piksel değerinin yeniden hesaplanmasıdır. Filtrelerle birlikte giriş resmi üzerinde bir takım özellikler elde edilerek yeni görüntüler elde edilir. 3x3 boyutunda bir filtreleme işlemi sonucu aşağıdaki formülle elde edilir.

$$y(i,j)=\sum_{a=-1}^{1}\sum_{b=-1}^{1}m(a,b)x(i+a,j+b) \tag{5.1}$$

Burada i ve j ilgili olunan pikselin konumu, y filtreleme sonucu elde edilen görüntüyü, m filtreyi, a ve b filtrenin elemanlarının konumunu, x de filtrenin üzerinde bulunduğu giriş görüntüsünün parçasıdır.



Şekil 5.7. Kenarların doldurma yöntemleri

Görüntü işlemede, görüntüyü yumuşatmak ya da kenarları belirginleştirmek için sayısal filtreler kullanılır. Resim yumuşatma amacı ile aşağıdaki filtreler kullanılmaktadır.

- Ortalama Filtre (Mean)
- Orta Değer Filtresi (Median)
- Gauss düzleştirme Filtresi (Gaussian Smoothing)
- Konservatif yumuşatma (Conservative Soomthing)
- Crimmins Parlaklık Giderme (Crimmins Speckle Removal)
- Frekans Filtreleri (Frequency Filters)

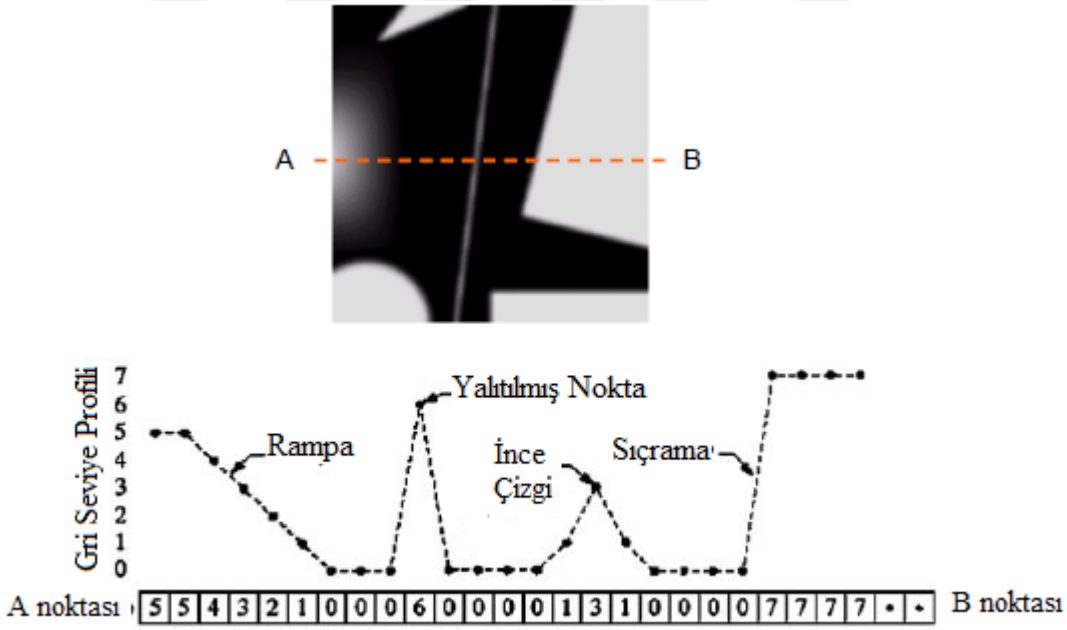
Keskinleştirme filtreleri ise orijinal görüntüden, görüntüsü yumuşatılmış halini çıkararak belirgin kenarların görüntüsünü ortaya çıkarır. Daha sonra ise orijinal görüntü ile belirginleşmiş kenarların görüntüsünü birleştirerek, kenarları keskinleşmiş görüntüyü oluşturur. Yumuşatma filtreleri genel olarak görüntüleri yumuşatmanın basit ve uygulanması kolay bir yöntemidir. Diğer bir deyişle, bir piksel ile diğerleri arasındaki

değişim miktarını azaltmaktır. Genellikle görüntülerdeki gürültüyü azaltmak için kullanılır.

5.3. Kenar Bulma

Görüntü ile yapılan çalışmalarda ilgili olunan nesneler görüntü içinde ilgili olunmayan fazlalıklarla birlikte bulunmaktadır. Bu nedenle ilgili olunan nesnenin görüntü içinde tespit edilmesi gerekmektedir. Böylece ilgili olunmayan gereksiz bilgilerin ayıklanması sağlanmış olabilmektedir. Tespit etme işlemi için en yaygın ve kolay yöntem kenar bulma yöntemleri ile kenarları elde etmektir.

Görüntü işleme yöntemlerindeki gelişme ile beraber birçok kenar bulma yöntemi ortaya çıkmıştır. Cisimler ile arka plan arasında bir renk tonu farkı vardır. Renk tonu farklılığının olduğu bölgeler kenarların olduğu yerlerdir. Bu sebeple komşu piksellerle ilişkilere bakılarak kenar bulma işlemi yapılır. Şekil 5.8' deki gri seviye görüntüdeki A noktasından B noktasına kadar olan piksel değerleri verilmiştir.



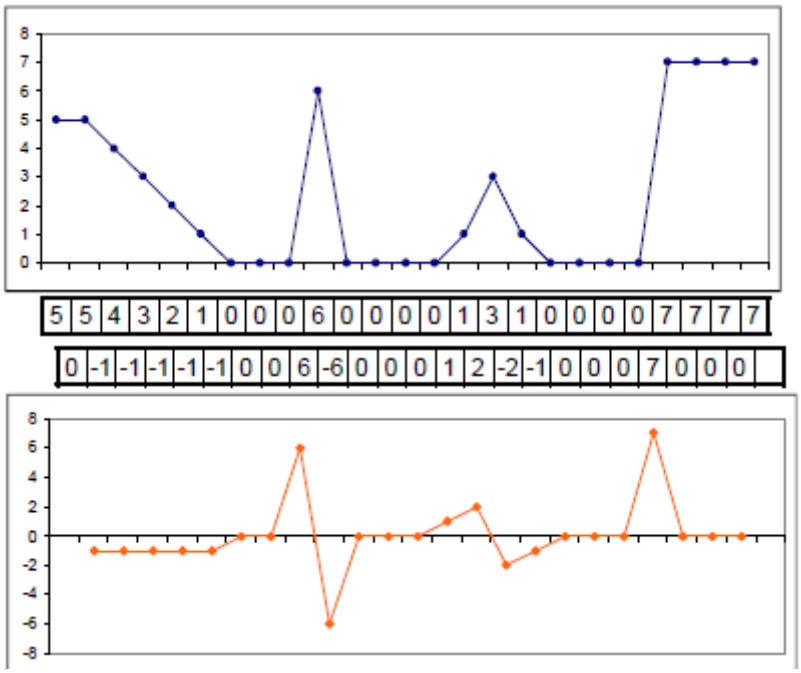
Şekil 5.8. Gri seviye piksel değer gösterimi

Ayrık zamanlı verilerde türev ardışık iki veri noktası arasındaki fark olarak tanımlanabilir (Zheng ve ark., 2011). Böylece kenar geçişlerinin olduğu bölgeler türevle rahatlıkla bulunabilmektedir. Bu sebeple kenar bulma için kullanılan yöntemler birinci

ve ikinci türev özelliklerini kullanılarak ortaya çıkarılmıştır. Görüntüler için kullanılacak birinci türev fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f(x-1) - f(x) \tag{5.2}$$

Burada *f(x)* görüntü üzerindeki bir noktanın piksel değeridir. Bu denklem sadece ardışık değerler arasındaki farktır ve fonksiyonun değişim hızını ölçmektedir. Şekil 5.9' da Şekil 5.8' de piksel değerleri elde edilen bir görüntünün birinci türevi alındığında elde edilen değerler bulunmaktadır. Dikkat edilirse kenarların bulunmadığı yani piksel değerlerinin sabit kaldığı bölümlerde birinci türev 0 olmaktadır. Birinci türevin mutlak büyüklüğüne göre kenar geçişleri kolaylıkla tespit edilebilmektedir.



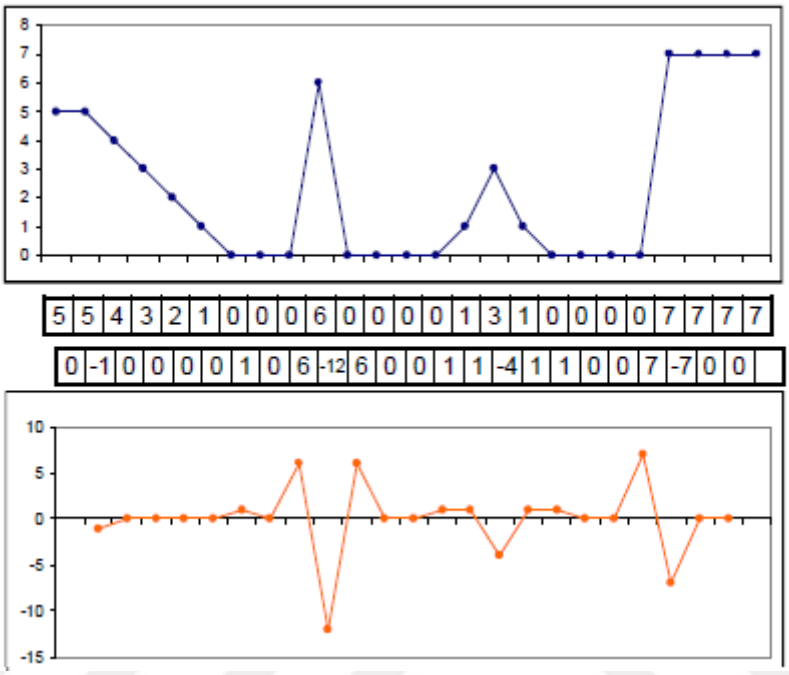
Şekil 5.9. Birinci türev ile elde edilen değerler

Ana fonksiyonun ikinci türevi ise aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x-1) + f(x+1) - 2f(x) \tag{5.3}$$

İkinci türevde hem ilgili değerden önce hem de sonraki değerler dikkate alır. Kenar bulmada ikinci türev birinci türeve göre kullanışlıdır. Şekil 5.10' da Şekil 5.8' de

piksel değerleri elde edilen bir görüntünün ikinci türevi alındığında elde edilen değerler bulunmaktadır. Burada birinci türevdeki gibi kenar geçişlerinin hem pozitif hem de negatif değer alması engellenmiştir. Her kenar geçişi negatif değer alarak daha kolay tespit edilebilmektedir.



Şekil 5.10. İkinci türev ile elde edilen değerler

Gerek denklem 5.2 gerekse denklem 5.3 tek yönlü türev denklemleridir. Ancak görüntüler iki boyutludur. Bundan dolayı birinci ve ikinci türevleri iki boyuta genişletecek Laplace fonksiyonu kullanılmaktadır. x ve y yönlerinde göre Laplace fonksiyonu denklem 5.4' de verilmiştir (Maini ve Aggarwal, 2009).

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \tag{5.4}$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f(x-1, y) + f(x+1, y) - 2f(x, y) \tag{5.5}$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial y^2} = f(x, y-1) + f(x, y+1) - 2f(x, y) \tag{5.6}$$

Burada $\frac{\partial^2 f}{\partial x^2}$ ve $\frac{\partial^2 f}{\partial y^2}$ sırasıyla x yönündeki ve y yönündeki ikinci türevleri göstermektedir. Bu eşitlikler kullanılarak Denklem 5.4 aşağıdaki gibi aşağıdaki gibi tekrar düzenlenebilir. Kenar bulma yöntemlerinde görüntü üzerinde bir filtre gezdirilerek renk tonu farklılıklarını algılama işlemi yapılır. Şekil 5.11' de ise görüntüler için oluşturulan Laplace denkleminin filtre şeklinde gösterimi bulunmaktadır. Oluşturulan filtre görüntü üzerinde gezdirmektedir. Gezdirme işlemi esnasında filtrenin değerleri ile filtrenin üstünde bulunduğu piksel değerleri çarpılır. Çarpım sonuçları da toplanarak yeni görüntüdeki piksel değerini oluşturmaktadır.

$$\nabla^2 f = f(x, y-1) + f(x, y+1) + f(x-1, y) + f(x+1, y) - 4f(x, y) \tag{5.7}$$

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

Şekil 5.11. Görüntü için oluşturulan Laplace filtresi

Sobel, *Gx*

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

Prewitt. *Gx*

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

Roberts, *Gx*

1	0
0	-1

Sobel, *Gy*

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

Prewitt, *Gy*

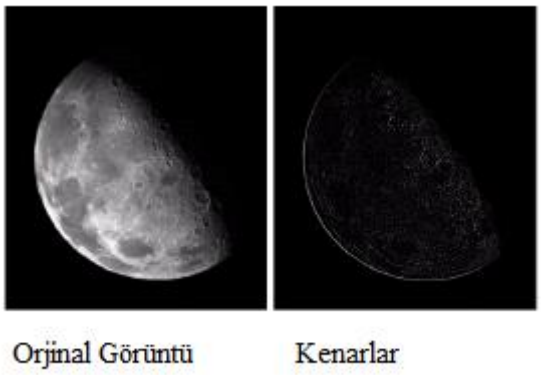
-1	0	1
-1	0	-1
-1	0	-1

Roberts, Gy

0	1
-1	0

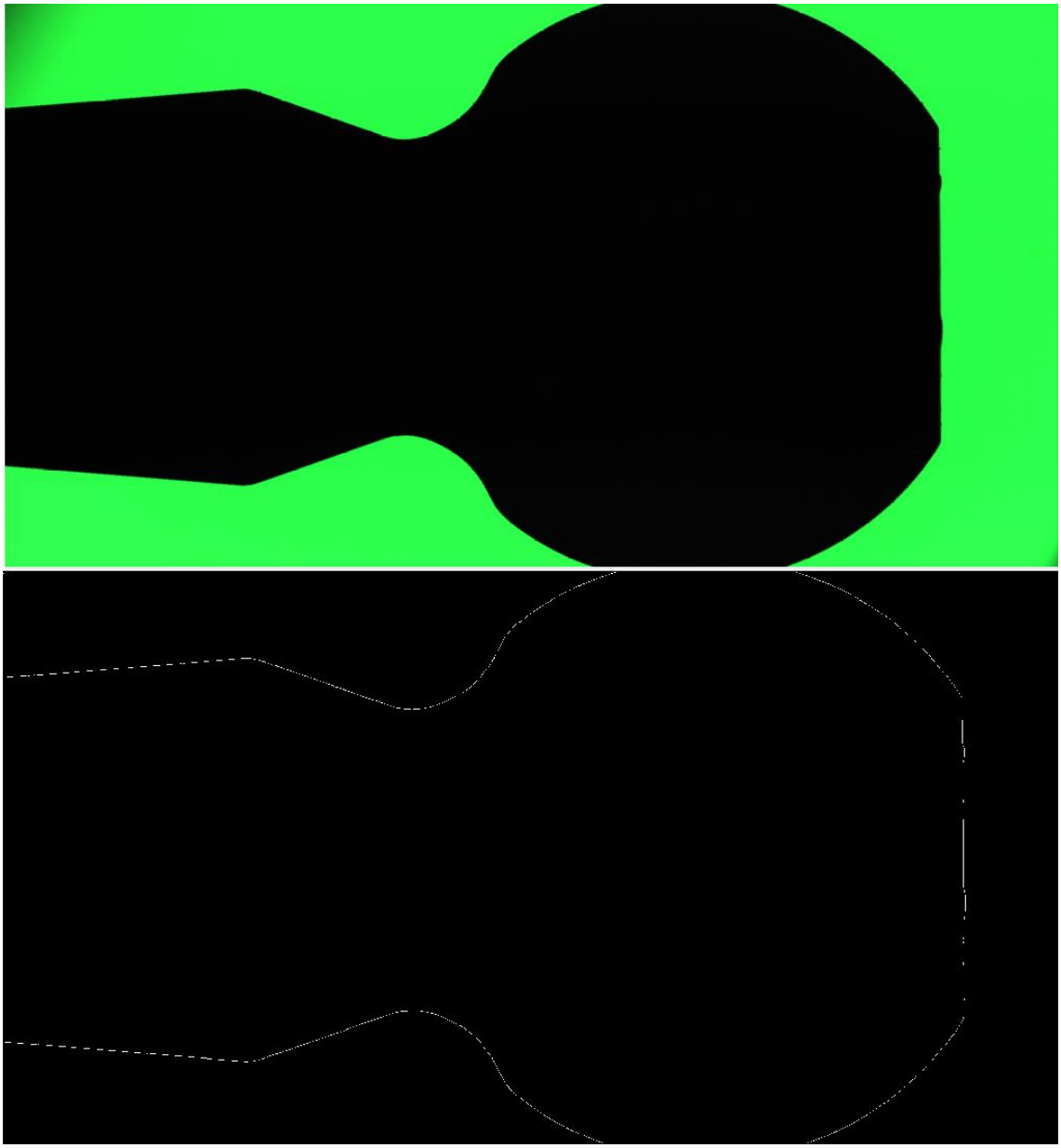
Şekil 5.12. Sobel, Prewitt ve Roberts filtreleri

Laplace filtresinden sonra çeşitli kenar bulma filtreleri geliştirilmiştir. Sobel (Gao ve ark., 2010), Canny (Rong ve ark., 2014), Prewitt (Yang ve ark., 2011) ve fuzzy lojik (Kaur ve ark., 2010) yöntemleri kenar bulma yöntemlerinden birkaçıdır. Şekil 5.12' de Sobel, Prewitt ve Roberts filtrelerinin sayısal değerleri bulunmaktadır. Gx ile gösterilen filtreler koordinat düzlemine göre x ekseni yönündeki, Gy ile gösterilen filtreler ise koordinat düzleminde y ekseni yönünde bulunan kenarları bulmak için kullanılan filtreleri temsil etmektedir. Elde edilen bu iki yeni görüntünün aynı koordinattaki piksel değerlerinin karelerinin toplamının karekökü alınarak, oluşturulacak ortak görüntünün o koordinattaki piksel değeri bulunmuş olur (Maini ve Aggarwal, 2009) . Filtreme sonucu oluşan görüntüde görüntü üzerindeki cisimlerin kenarları ortaya çıkarılmış olmaktadır. Şekil 5.13' de Laplace filtresi kullanılarak kenarları elde edilmiş görüntü ve kenarları gösterilmiştir.

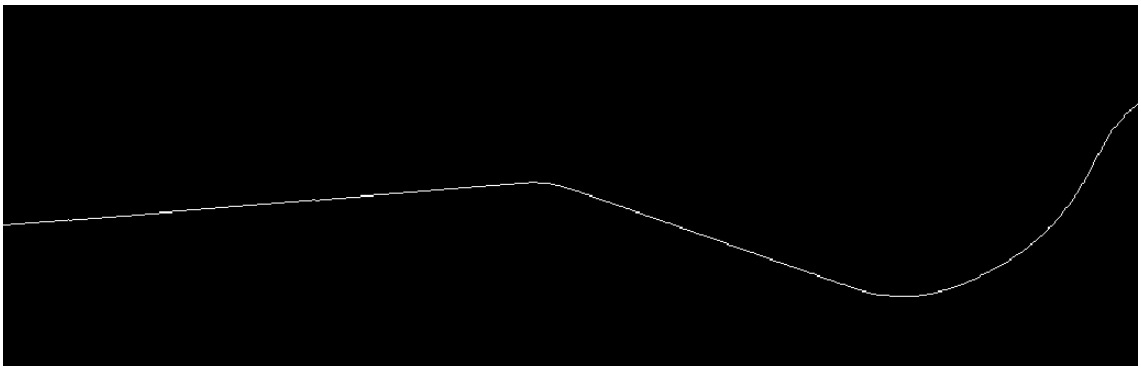


Şekil 5.13. Laplace filtresi ile elde edilen kenarlar

Canny kenar bulma algoritması, kenarların tam ve doğru tespitinde en başarılı yöntem olmuştur. Şekil 5.14' de kenarları bulunan bir cisim gösterilmiştir. Kenarlarda kesikli gibi görünmesinin nedeni çözünürlüğün fazla olmasındır. Görüntüye yaklaştıkça kenarlar Şekil 5.15' deki gibi kenarlar görünür hale gelmektedir.



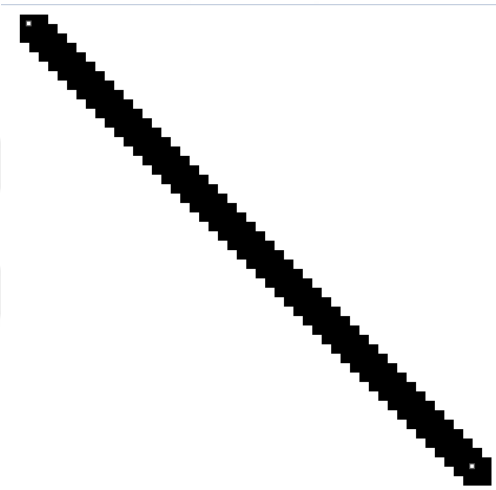
Şekil 5.14. Kenar bulma yöntemleri ile bulunan kenarlar



Şekil 5.15. Kenarlar arasındaki bağlantı

5.4. Köşe Bulma

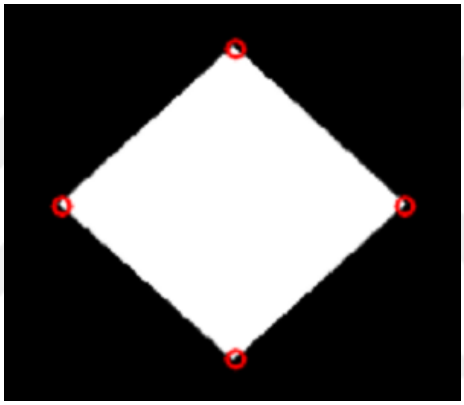
Görüntüdeki cisimlerin boyutlarına ait ölçümleri yapabilmek için kenar noktalarını kullanmak zaman alıcı bir işlemdir. Tüm kenar noktaları kullanmak yerine cisim üzerinde oluşan köşe noktalarını tespit etmek ve bu noktalar arasındaki mesafeleri ölçmek daha az nokta ile işlem yaptırdığı için işlem yükünü azaltmaktadır. Ancak görüntüdeki eğrilikler de yatay veya dikey çizgi gibi düz temsil edilemez. Şekil 5.16' da eğik düz çizgiye ait görüntünün sayısal gösteriminin yaklaştırılmış hali gösterilmektedir. Bu sebeple eğriliklerin olduğu çizgilerin de az sayıda nokta ile gösterilmesi gerekebilmektedir.



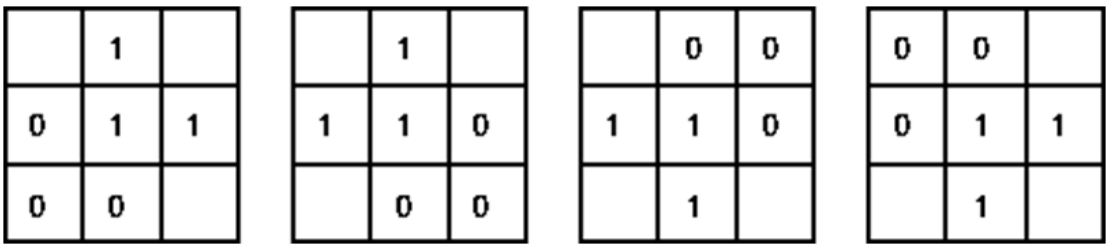
Şekil 5.16. Eğik düz çizgiye ait sayısal görüntü

Bununla beraber yerel özellikleri kullanan geleneksel köşe bulma algoritmaları görüntüdeki gürültüleri de köşe olarak bulabildiği gibi bazı köşe noktalarını da bulamayabilmektedir. He ve Yung (2008) önerdikleri köşe bulma algoritması yönteminde, küresel ve yerel eğrilik özelliklerini kullanmaktadırlar ve köşeleri ayıklarken bu eğrilik özelliklerinin etkilerini dengelemektedirler. Bu işlemi yapmak için öncelikle bir kenar bulma algoritması ile kenarlara ait siyah beyaz görüntü elde etmektedirler. Kenarları elde edilen görüntü üzerinde düzlemsel eğrilerin köşelerini algılayabilen eğrilik ölçeği uzayına dayanan çok ölçekli bir algoritma ile konturları çıkartmaktadırlar. Kontur çıkarılmasından sonra, her bir kontura ait gerçek köşeleri korumak için sabit bir düşük ölçekte eğrilik hesaplanır ve köşe adayları olarak mutlak eğriliğin yerel maksimumu tutulmaktadır. Bir destek bölgesi içindeki ortalama eğriliğe

göre uyarlanabilir bir eşik hesaplanır. Köşeli adayların eğriliği, uyarlanabilir eşik ile karşılaştırarak yuvarlak köşeler kaldırılır. Dinamik olarak yeniden hesaplanan bir destek bölgesine dayanarak, herhangi bir yanlış köşeyi ortadan kaldırmak için kalan köşe adaylarının açılarını değerlendirilir. Son olarak, açık konturların son noktaları ele alınır ve başka bir köşeye çok yakın olmadıkça o noktalar köşeler olarak işaretlenir. Böylece Şekil 5.17' deki gibi görüntüleme özelliklerinden kaynaklanan birçok köşeye sahip şekiller üzerinde sadece gerekli olan köşeler tespit edilebilmektedir. Çalışmada kullanılan ve köşe noktalarının tespitini gerçekleştiren yapısal bileşenler Şekil 5.18'de verilmiştir. Kenar özelliklerini kullanılarak yapılan ölçümlerde ise şeklin etrafındaki tüm piksel noktaları ile ölçüm yapılması gerekecektir.

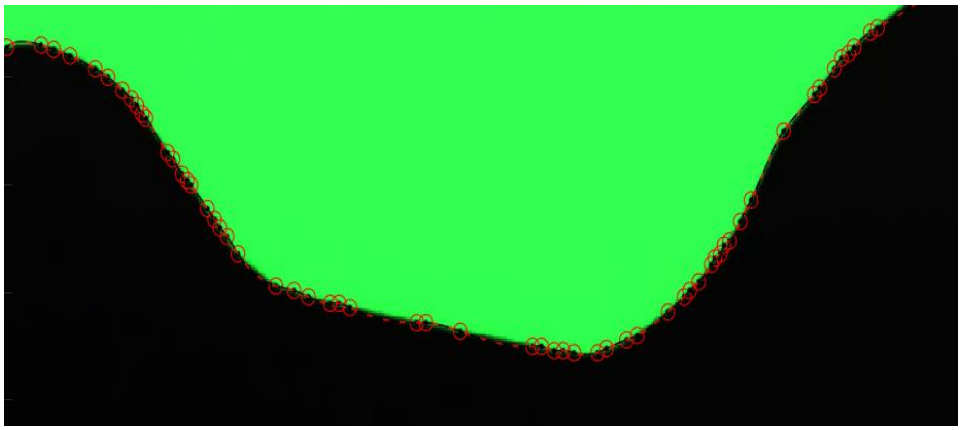


Şekil 5.17. Sadece gerekli köşeleri çıkartılmış görüntü



Şekil 5.18. Köşelerin bulunmasında kullanılan yapısal bileşenler

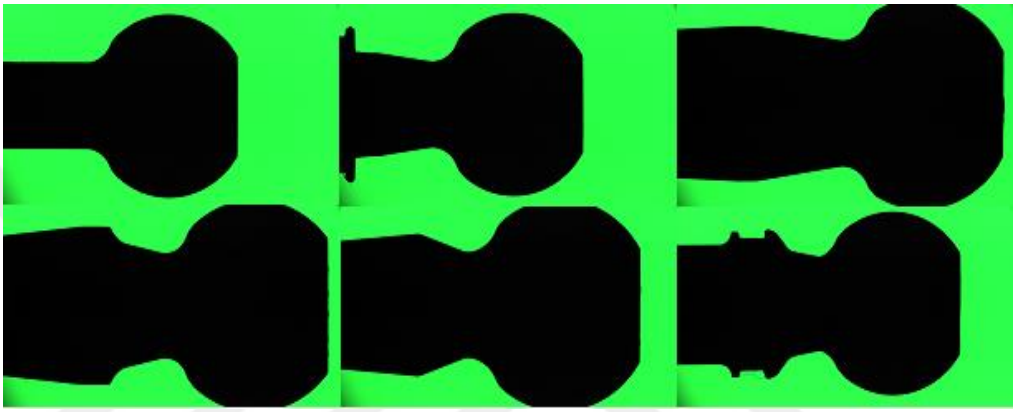
Şekil 5.19' da gösterilen görüntüde cisme ait kenarlar başarı ile tespit edilmiştir. Cismin üzerinde bulunan köşe noktalar kenar noktalarından daha az olmaktadır. Böylece cismin çevresi ile daha rahat çalışma imkânı oluşmaktadır.



Şekil 5.19. Cismin üzerinde bulunan köşe noktaları

6. SİLİNDİRİK ÖLÇME UYGULAMASI

Oluşturulan düzenekle birlikte 9 farklı yapıda 69 silindirik cismin görüntüsü alınmış ve ölçümleri yapılmıştır. 66 cismin 60 tanesi kaynaklı ürünler, 9 tanesi ise kaynaksız ama üzerinde işlem yapılarak elde edilen ürünlerdir. Şekil 6.1'de çalışılan görüntülerden örnekler gösterilmektedir. Görüntülerin alınması işleminden sonra yapılan uygulama Matlab programı ile gerçekleştirilmiştir. Kullanım kolaylığını sağlamak için bir program ara yüzü tasarlanmıştır.



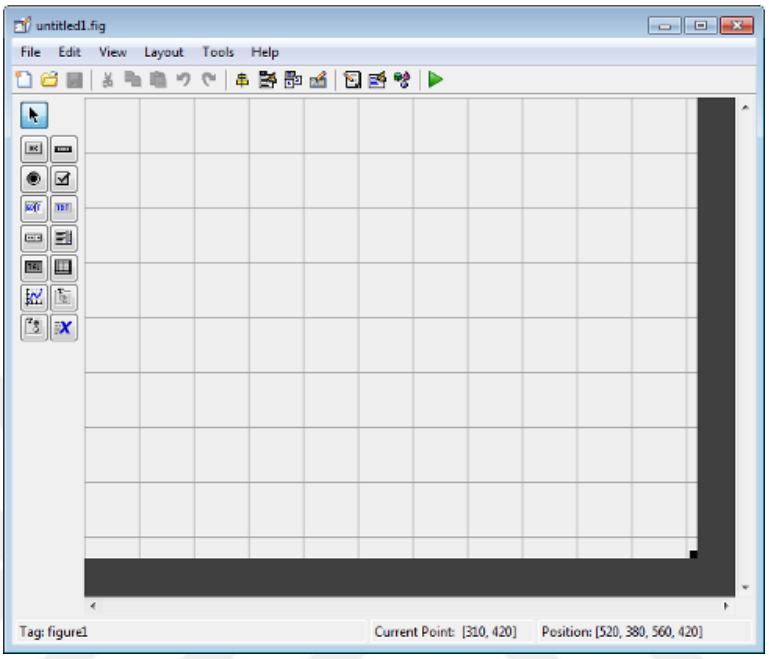
Şekil 6.1. Ölçülen parçalardan örnekler

6.1. Uygulama Yazılım Platformu

Bu çalışmada ölçümler ve hata tespitinin yapılması için gerekli yazılım Matlab uygulama platformu üzerinde tasarlanmış ve kodlanmıştır. Matlab, MATrix LABoratory kelimelerinin kısaltılması olarak isim almaktadır. İlk olarak matris işlemlerinin basitçe yapılabilmesini sağlamak amacıyla ortaya çıkmıştır. Özellikle son yıllardaki geliştirmelerle birlikte Matlab programı ile karmaşık analizleri de yapmak mümkün hale gelmiştir. Matlab sağladığı kolay işlem yapabilme yeteneğinin yanı sıra çeşitli alanlarda çeşitli komutlar, kolay kullanım ve anlaşılabilirlik, grafik gösterimindeki üstün performansı ve farklı alanlarda sunduğu kütüphanelerle birlikte özellikle bilimsel çalışmalarda oldukça popüler olmuştur.

Matlab' ın kullanıcılarına sunduğu önemli özelliklerinden birisi de ara yüz tasarlamaya olanak sağlamaktadır. Ara yüzle birlikte Matlab' ın içeriğinde yer alan nesnelerin kullanılması ile kullanıcıya daha kolay etkileşim sağlanmaktadır. Ayrıca ara yüz bir işin veya bir programın çalıştırılması için grafiksel bir program ara yüzüdür. Ara

yüzün Matlab' da kullanılan adı Graphical User Interface (GUI) dir. GUI ile menüler, araç çubukları, radio butonlar, liste kutuları veya kaydırıcılar kullanılabilir. Bunların yanında Matlab üzerinde gerçekleştirilen tüm işlemler GUI tasarlanarak gerçekleştirilebilir. Şekil 6.2' de basitçe bir GUI ara yüzü görülmektedir.



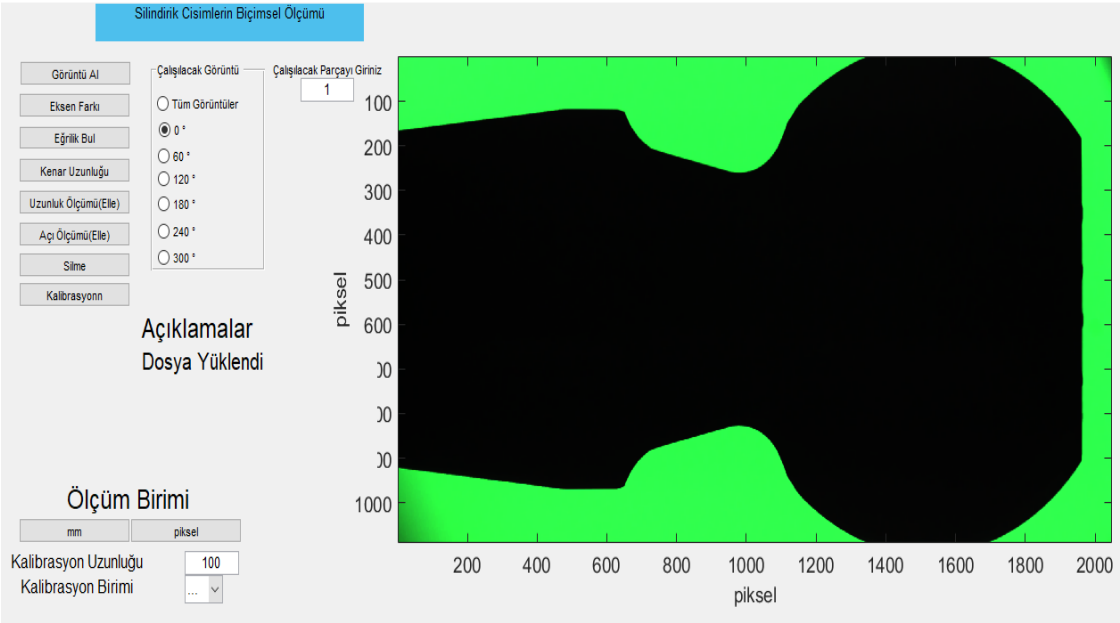
Şekil 6.2. Boş GUI

6.2. 60° Döndürme Uygulaması

Görüntüsü alınacak olan parçalar düzenekteki tutucu aparata yerleştirildikten sonra, kamera ve aydınlatmanın arasına getirilerek uygun pozisyonda görüntüleri alınmaktadır. Her parçanın 6 adet görüntüsü alınacağından parça 60° döndürüldükten sonra bir sonraki görüntüsü alınmaktadır. 60° döndürme işlemi döndürme butonu ile gönderilen tetiklemelerle yapılmaktadır. Böylece ilk alınan görüntünün açısı referans alınarak ve açısı 0° olarak kabul edilirse cismin 0°, 60°, 120°, 180°, 240° ve 300° konumlarında görüntüsü alınmaktadır. Alınan görüntüler parçanın etrafı boyunca bilgi sunmaktadır. Alınan görüntüler üzerinde yapılan her işlem Matlab üzerinde gerçekleştirilmektedir. Matlab kullanırken kolaylık sağlamak için bir GUI tasarlanmıştır. Tasarlanan kullanıcı arayüzü Şekil 6.3' de gösterilmektedir. Ara yüz ile aşağıdaki işlemler yapılabilmektedir.

- Görüntülerin yüklenmesi,
- Eksen farkının bulunması,
- Eğriliklerin bulunması,
- Kenar uzunluğunun bulunması,
- Açı ölçümü,
- Uzunluk ölçümü,
- Ölçüm biriminin milimetre veya piksel olarak seçilmesi,
- Kalibrasyon ve kalibrasyon için seçilen noktaların birimi ve uzunluğunun girilmesi,
- İstenilen ölçümlerin silinmesi,
- Bir parçaya ait altı görüntüden herhangi birinin veya hepsinin seçilerek çalışılması,
- Çalışılacak parçanın seçilmesi,
- Çalışma sırasındaki bilgilendirilmelerin okunmasıdır.

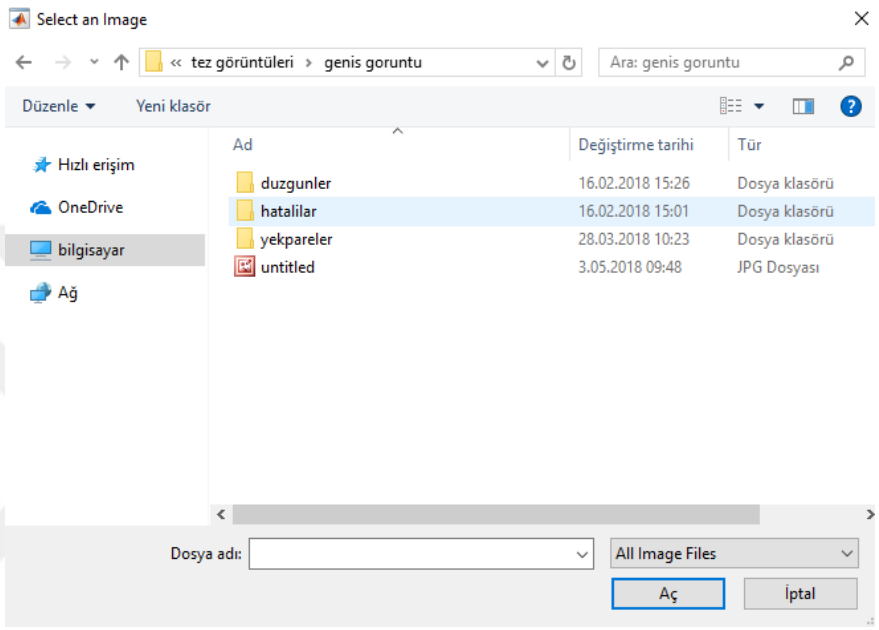
Bu işlemlerin sırası önemli olmamakla beraber çalışma yapılırken ilk önce görüntünün yüklenmesi ardından da çalışılacak parçanın türünün belirtilmesi gerekmektedir. Aksi durumlarda hata durumları veya hatalı ölçümler olabilir.



Şekil 6.3. Tasarlanan kullanıcı arayüzü

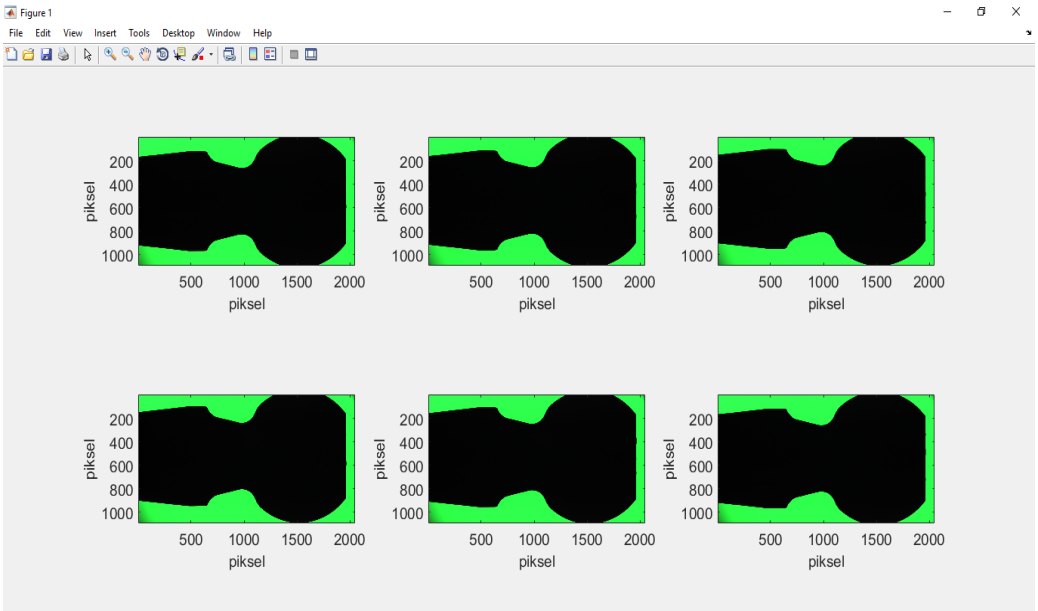
6.2.1. Görüntü Yükleme

Her parçaya ait altı adet görüntü vardır. Görüntüler üzerinde çalışabilmek için öncelikle görüntülerin programa yüklenmesi gerekmektedir. Bu görüntülerin çalışma için yüklenmesi bu buton ile yapılmaktadır. Butona tıklandığında Şekil 6.4' deki gibi görüntülerin bulunduğu dosyanın seçilebileceği bir pencere açılmaktadır.

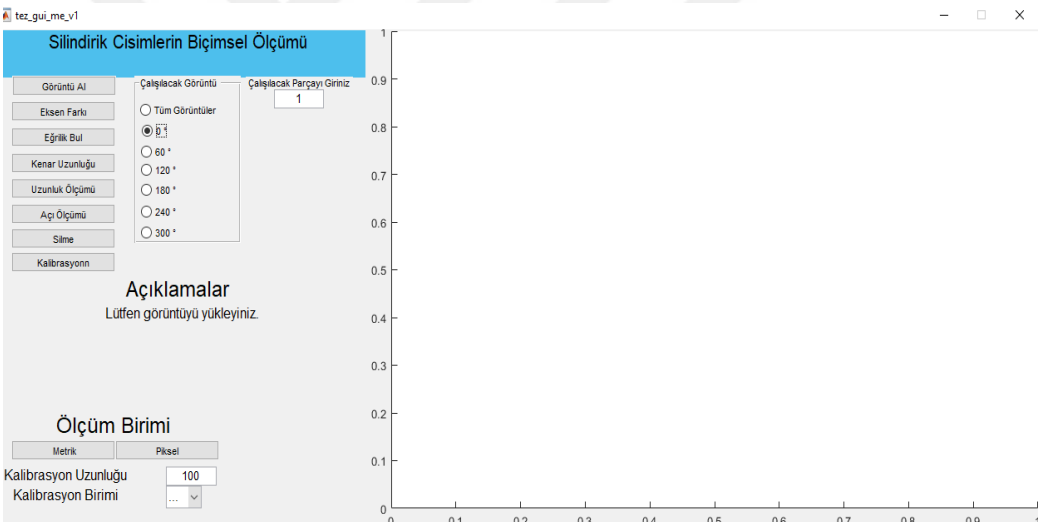


Şekil 6.4. Görüntü yükleme butonu ile görüntü dosyasını seçme

Program 6 görüntü ile çalışmasına rağmen her görüntünün sisteme yüklenmesi ayrı ayrı yapılmamaktadır. Bir parçaya ait altı adet görüntüden herhangi birisi seçildiğinde altı görüntü de yüklenmektedir. Bunun için görüntünün bulunduğu dosyada bir parçaya ait 6 görüntü de bulunması gerekmektedir. Eğer seçilen dosyada altıdan farklı sayılarda görüntü mevcutsa görüntü yükleme işlemi başarılı bir şekilde gerçekleştirilemez. Çalışılacak görüntü seçildikten sonra altı adet görüntü Şekil 6.5' deki gibi açılmaktadır. Görüntülerin yüklenmesi çalışmaya başlarken ki ilk adım olmalıdır. Görüntü yüklenmeden yapılan işlemlerde ise Şekil 6.6' daki gibi açıklamalar bölümünde uyarı oluşmaktadır. Görüntüler yüklendikten sonra hangi açıya ait görüntü ile çalışılacak ise onun seçimi yapılır. Seçilen görüntü ara yüzde Şekil 6.3' deki gibi açılmaktadır.



Şekil 6.5. Görüntü yükleme butonu ile yüklenen görüntüler



Şekil 6.6. Görüntü yüklemeden yapılan işlemlerde oluşan uyarı

6.2.2. Eksen Farkı

İlgili olunan cisimler iki parçanın birbirleri ile kaynak edilmesi ile oluştuklarından eksen kaymasının olması mümkündür. Bu tezin temel odaklarının başında eksen kaymasının tespit edilmesi gelmektedir. Cismin bir parçası olan küre ile kürenin kaynak edildiği parçanın eksenlerinin mümkün olduğu kadar birbirlerine yakın olması üretici tarafından istenilmektedir. Eksen farkını bulabilmek için iki parçanın da eksenlerinin çıkarılması gerekmektedir. Kürenin ekseni yani merkezi dairesel Hough

dönüşümü ile kolaylıkla bulunabilmektedir. Kürenin kaynak edildiği parçanın ekseni ise çıkartılan kenar noktalarının orta noktaları kullanılarak lineer regresyon yöntemi ile elde edilmektedir.

6.2.2.1. Dairesel Hough Dönüşümü

Kamera veya benzeri cihazlarla kayıt altına alınan görüntülerde her zaman için geometrik cisimlerin tamamı alınmayabilir. Şekillerdeki kopuklar nedeniyle şekillerin tespit edilmesi de zorlaşmaktadır. Bundan dolayı şekillerin tamamı görünmese de olası şekilleri algılamak için Hough dönüşümü geliştirilmiştir. Bu çalışmada bir bölümü eksik olan şekilleri tespit etmede kullanılan Hough dönüşümünü, dairesel şekil tespiti için kullanılmıştır.

Koordinat sisteminde merkezi (a, b) noktasında r yarıçaplı dairenin denklemi aşağıdaki gibidir.

$$(x-a)^2+(y-b)^2=r^2 \tag{6.1}$$

Hough dönüşümü koordinat sisteminde kullanılamamaktadır. Bunun yerine Hough dönüşümü algoritmasında dairenin kutupsal koordinat sistemindeki denklemi kullanılmaktadır. Denklem 6.1' de verilen dairenin kutupsal koordinat sistemindeki denklemi ise aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$a = x - r.\cos(\theta) \tag{6.2}$$

$$b = y - r.\sin(\theta) \tag{6.3}$$

Daireyi tespit ederken iki boyutlu uzaydan Hough Uzayına geçiş yapılması gerekmektedir. Hough Uzayını üç boyutlu bir akümülatör [a, b, r] olarak belirtilebilmelidir. Bu uzayda akümülatör A[a, b, r] şeklinde bir üç boyutlu dizi olarak tanımlanabilir. Hough Uzayında a, b, r sırasıyla merkez x koordinatı, merkez y koordinatı, yarıçapı temsil etmektedir (Pedersen, 2007).

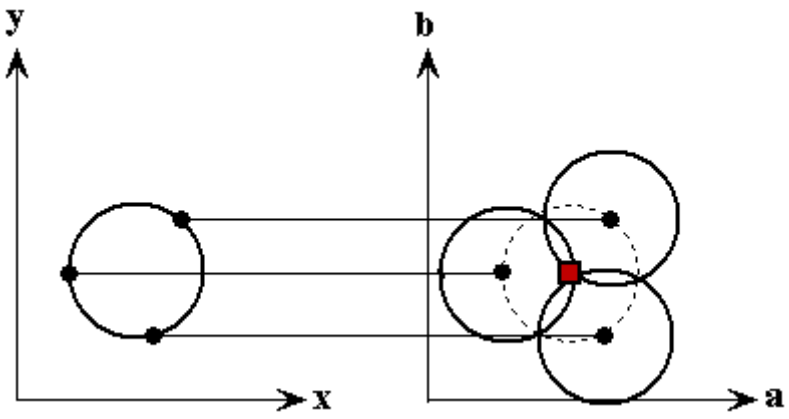
Hough dönüşümü ile dairelerin tespiti için aşağıdaki adımlar takip edilmelidir.

1. Hough dönüşüm uzayı için oluşturulan akümülatör A[a, b, r] dizisinin tüm elemanlarına başlangıçta 0 atanmalıdır. Yani her A[a, b, r] = 0 olmalıdır.

2. Sırasıyla bulanıklaştırma, gri seviye görüntüye çevirme, kenar bulma işlemleri görüntü üzerinde uygulanmalıdır.
3. Her piksel için yukarıda belirtilen kutupsal koordinat denklemleri kullanılarak oluşabilecek dairelerin merkez ve yarıçapları hesaplanmalıdır.
4. Her piksel oylama algoritması ile oluşturabileceği daireler oylanmalıdır.
5. Oylanan pikseller için akümülatör A da en fazla oy alan pikseller belirlenen sınırdan fazla oy alanlar ile Hough dönüşümü uzayı belirtilebilir.
6. En fazla oy alan akümülatörde tespit edilmek istenilen dairenin merkez noktasını koordinatları ve yarıçapı bulunmaktadır.
7. En fazla oy alan daire çizdirilir.

Kullanılan açı değeri 0 - 2π aralığında değiştirilerek bir noktanın, yarıçapı bilinen bir çember üzerinde yer alıp almadığı tespit edilebilmektedir. Yarıçap değerinin bilinmesi durumunda çember merkezini ifade eden [a, b] değerlerinin iki boyutlu bir akümülatör matrisi üzerinde tutulması yeterli olacaktır. Yarıçap değerinin bilinmemesi veya bir aralık halinde olması durumunda ise olası yarıçap değerleri bir döngü içerisinde denenerek merkez koordinatları ve yarıçap uzunluğu boyutlarına (a, b, r) karşılık gelen akümülatör değerleri artırılarak elde edilen üç boyutlu akümülatör matrisi elde edilebilmektedir (Soltany ve ark., 2011).

Örneğin Şekil 6.7’ de solunda gösterilen dairenin Hough dönüşümü sağdaki görüntü gibidir. Orijinal (soldaki) görüntüdeki bir daire üzerinde üç nokta alınmıştır. Yarıçapın bilindiği varsayılarak, orijinal görüntüdeki üç noktanın her bir (x, y) için, yarıçapı r ile (x, y) ortalanmış Hough parametre uzayında bir daire olarak tanımlanabilir. Kesişme noktasını izlemek için bir akümülatör matrisi kullanılır. Parametre uzayında, dairenin geçtiği noktaların oy sayısı bir arattırılır. Daha sonra yerel maksimum nokta (sağdaki merkezdeki kırmızı nokta) bulunabilir. Oy sayısının en fazla olduğu konum (a, b) orijinal dairenin merkezi olacaktır.

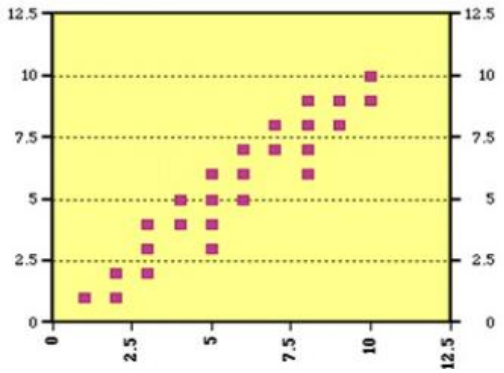


Şekil 6.7. Hough dönüşümü (Pedersen, 2007)

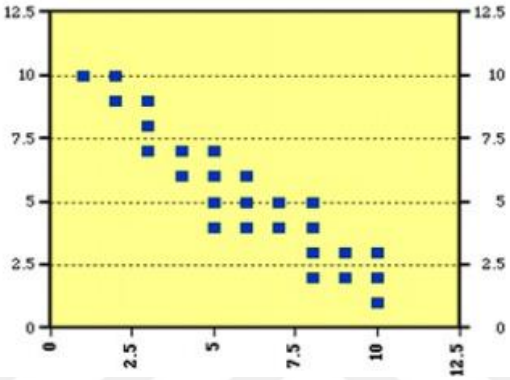
Bu yöntem sayesinde çapı bilinen ve daireye yakınsayan nesneler gri seviye görüntüler içerisinde tanımlanabilirler. Ancak bu yöntemin kullanmak için bulunması istenilen dairelerin yarıçapları önceden belirtilmelidir. Çalışma için görüntüleri alınan cisimlerin üzerinde bulunan kürelerin ve eğriliklerin yarıçaplarının sınırları belli olduğu için, yarıçap sınırları arasındaki dairelerin bulunması sağlanmıştır.

6.2.2.2. Lineer Regresyon

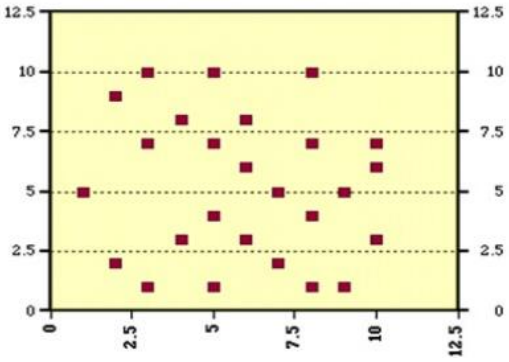
Son yıllardaki optimizasyon tekniklerindeki gelişmelerle birlikte birçok nokta ile uyuşan doğru çizdirilmesi de kolaylaşmaktadır. Koordinat düzleminde birkaç noktaya en uyumlu doğruyu çizdirirken noktaların birbirlerine göre ilişkisine de bakılmaktadır. Bu kapsamda noktaların değerleri Şekil 6.8' deki gibi x ekseninde artıyorken y ekseninde de artıyorsa noktalar pozitif bağıntılı diye adlandırılmaktadır. Eğer noktaların değerleri x ekseninde artıyorken y ekseninde azalıyorsa noktalar negatif bağıntılı olmaktadır. Negatif bağıntılı olan noktalar Şekil 6.9' da gösterilmiştir. Noktaların arasında Şekil 6.10' da olduğu gibi pozitif veya negatif bağıntı olmadığı bir durumda ise noktalar ne pozitif ne de negatif bağıntılı olarak isimlendirilmektedir.



Şekil 6.8. Pozitif bağıntılı noktalar



Şekil 6.9. Negatif bağıntılı noktalar



Şekil 6.10. Ne pozitif ne de negatif bağıntılı noktalar

Çizdirilecek doğrunun noktalara en yakın konumlandırılması üzerinde çalışılmaktadır. Doğrunun noktaların üzerinden geçmesi zorunluluğu yoktur.

Birbirleriyle ilişkili birden fazla değişkenin birisinin, ilgilenilen değişken olarak ele alınıp, diğerinin ya da diğerlerinin bağımsız değişken olarak tanımlanarak, aralarındaki ilişkiyi matematiksel bir fonksiyon ile açıklamaya regresyon analizi denir (Naseem ve ark., 2010). Burada amaç değişkenler arasındaki ilişkiyi fonksiyonel olarak

açıklamak ve bu ilişkiyi bir modelle tanımlayabilmektir. Bir veri seti içinde gözlenen X ve Y değişkenleri arasındaki doğrusal ilişki aşağıdaki eşitlikle ifade edilebilir;

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \varepsilon \tag{6.4}$$

Burada; Y bağımlı değişken, X bağımsız değişken, β_0 X=0 olduğunda bağımlı değişkenin alacağı değer, β_1 regresyon katsayısı ve ε ise hata terimidir. Regresyon katsayısı bağımsız değişkendeki bir birimlik değişimin, bağımlı değişkendeki yaratacağı ortalama değişimi göstermektedir. Hata terimi ise her bir veri çiftindeki bağımlı değişkene ilişkin gerçek değer ile modele tahmin edilen değer arasındaki farktır ve aşağıdaki eşitlikle ifade edilir.

$$\varepsilon_i = \hat{Y}_i - Y_i \tag{6.5}$$

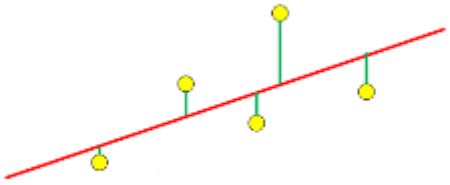
$$\hat{Y}_i = b_0 + b_1 X_i \tag{6.6}$$

Burada $\hat{Y}_i$ i inci değişken için modelle elde edilen tahmin değeridir.

Doğru ve güvenilir bir regresyon modelinde amaç, veri setinde bulunan gerçek değer ile tahmin değeri arasında farkın olmaması ya da farkın minimum olmasıdır. Bir başka ifade ile amaç regresyon tahmininin hatasını en aza indirgemektir. Bunun için çeşitli tahmin yöntemleri geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri "En Küçük Kareler" yöntemidir. En küçük kareler yöntemi ile n adet noktaya sahip veri setinin farkı aşağıdaki eşitlikle gösterilebilir.

$$\sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (y_i - \hat{y}_i)^2 \tag{6.7}$$

Şekil 6.11' deki lineer regresyon için oluşturulan tahmin modeli, yuvarlak noktalar veri setinin örnekleridir. En küçük kareler yöntemi ile noktalar ile model arasında bulunan uzunluklarının toplamını en aza indirmektir. Uzaklıkların toplamı en aza inene kadar farklı modeller test edilir.



Şekil 6.11. Lineer regresyon için tahmini doğru

Regresyon katsayısı b_1 ve kesim noktası b_0 bulabilmek için aşağıdaki formüller kullanılır.

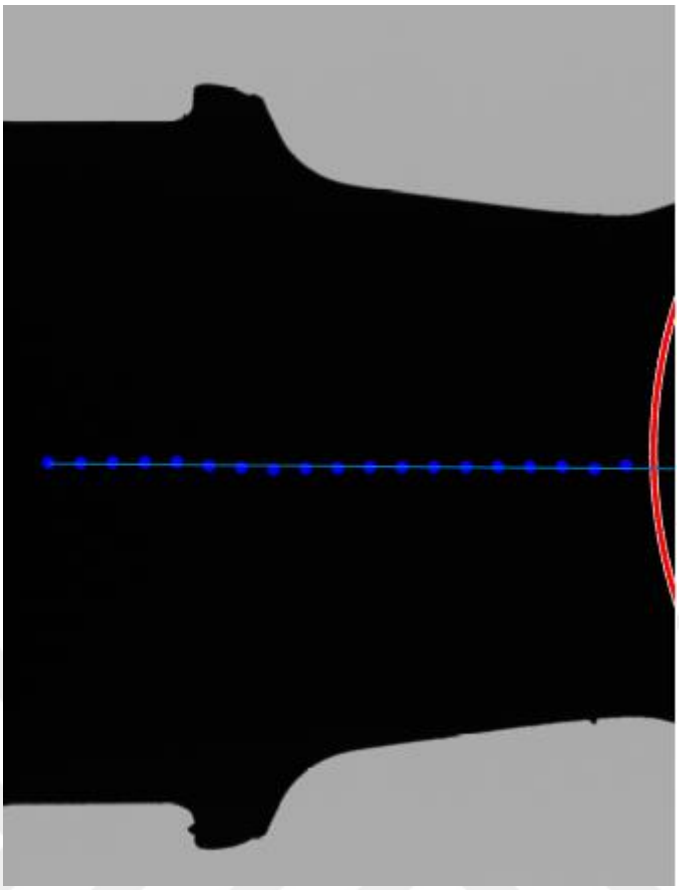
$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n} x_i y_i - (n.\bar{x}.\bar{y})}{\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - (n\bar{x}^2)} \tag{6.8}$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1\bar{x} \tag{6.9}$$

Eğer değişkenler pozitif bağımlı ise b_1 değeri pozitif, değişkenler negatif bağımlı ise b_1 değeri de negatif olmaktadır.

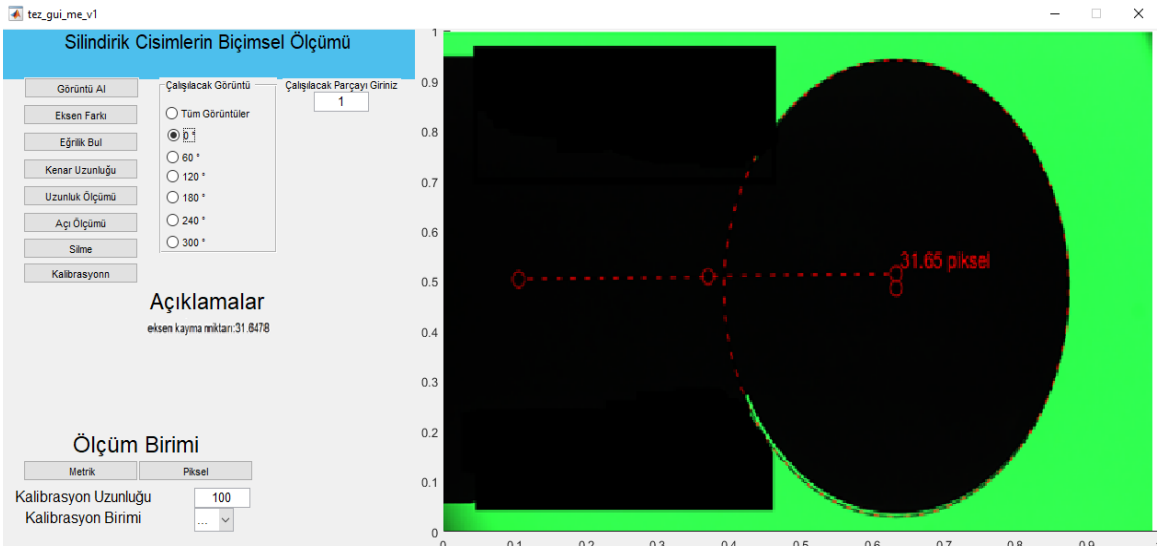
6.2.2.3. Eksen Farkının Bulunması

Hough dönüşümü ile küreye ait görüntüdeki dairenin yarıçapı ve merkezi bulunur. Lineer regresyon yöntemi ile parçanın eksenin bulunması için ise başlangıç noktasından küreye kadar 20 adet sütun seçilmektedir. Bu sütunlar içerisinde parçanın orta noktaları önemlidir. Orta noktanın bulunması için ise sütunda parçanın başlangıç ve bitiş noktalarının yani kenar noktalarının dikey piksel konumlarının ortalaması alınmaktadır. Elde edilen yirmi noktaya uyumlu en iyi doğru çizdirilmektedir. Çizilen bu doğru parçanın eksenini temsil etmektedir. Şekil 6.12'de bulunan orta noktalar ve çizdirilen doğru gösterilmiştir.

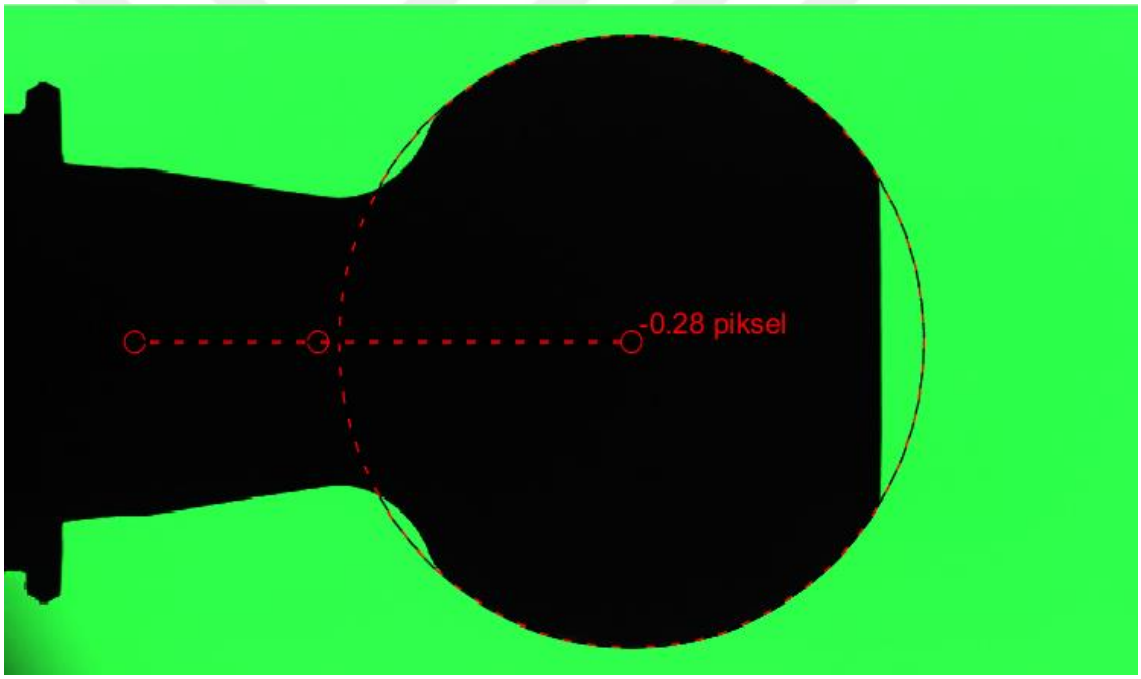


Şekil 6.12. Eksen bulmak için bulunan yirmi nokta ve eksen doğrusu

Doğru ile bulunan eksen doğrusal olduğundan dolayı parçanın kürenin merkezindeki sanal uzantısı bulunabilir. Sanal uzantıyı bulabilmek için de çizilen eksen doğrusunun sahip olduğu eğimle aynı eğime sahip bir başka doğru, parçanın seçilen ilk sütunundan kürenin dikeydeki konumuna kadar çizdirilmektedir. Yani Şekil 6.12' de çizdirilen doğru kürenin merkezine kadar uzatılmaktadır. Çizdirilen ikinci doğrunun bitiş noktası parçanın eksenin uzantısı olduğundan eksenin olması gereken noktayı temsil etmektedir. Bulunana nokta ile küremsi parçanın bulunan merkezlerinin farkı eksen kaymasının miktarını göstermektedir. Şekil 6.13' de eksen kaymasının oluştuğu bir görüntüde üzerinde yapılan çalışma gösterilmiştir. Parçanın üzerinde bulunan çizgi cismin ekseni ve sanal uzantısını göstermektedir. Sanal eksen ile kürenin merkezi arasındaki fark ise kürenin merkezinde ve açıklamalar kısmında gösterilmektedir. Şekil 6.13 kaynaklı parçaların eksen kaymasına gösterirken Şekil 6.14' de tek parça üretilen ürünün eksen kayması gösterilmiştir. Tek parça üretilen üründe eksen kaymasının çok küçük olması çalışmanın doğruluğunu ispatlamaktadır.



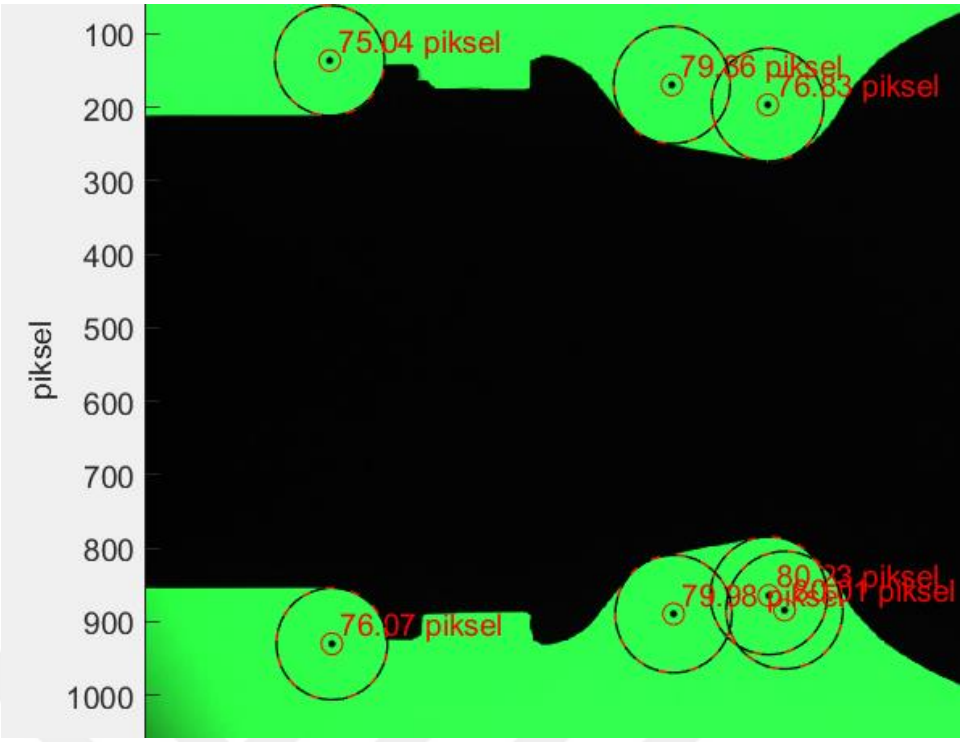
Şekil 6.13. Eksen kayması olan bir parça



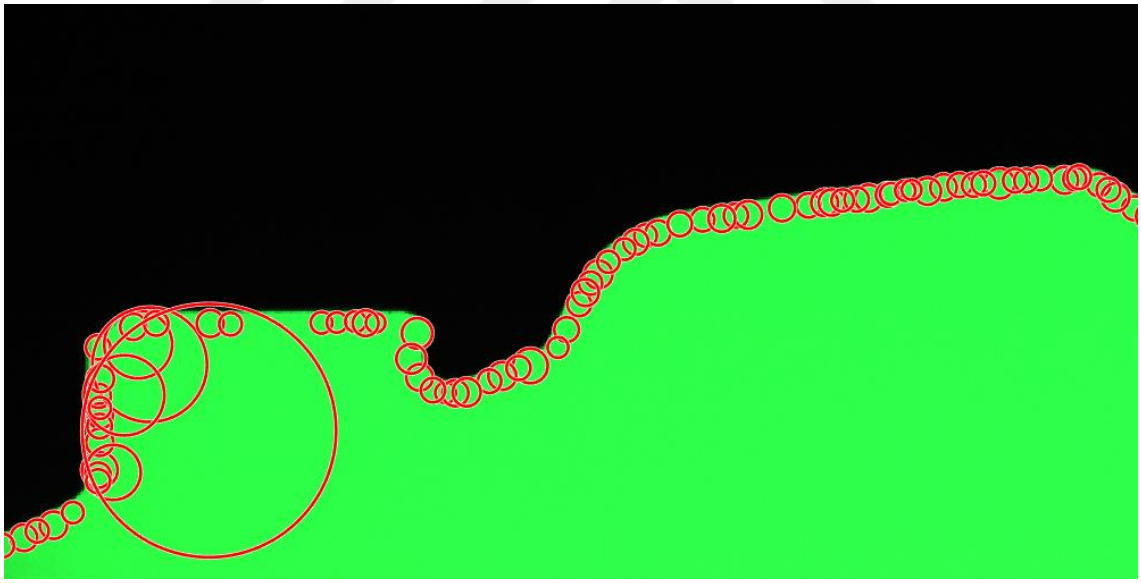
Şekil 6.14. Tek parça üretilen cismin eksen kayması

6.2.3. Eğriliklerin Bulunması

Üzerinde çalışılan parçaların doğası gereği eğrilikler bulunabilmektedir. Bu eğrilikler cismin yapısından dolayı üretimden farklı olarak çıkabilmektedir. Farklı yapı ve özelliklerde olan eğriliklerin ölçülmesi cismin doğru üretildiği hakkında bilgi verebildiği gibi kullanıcı için de kullanım için kolaylıklar sağlayabilmektedir.



Şekil 6.15. Cisim üzerinde bulunan eğriliklerin gösterilmesi



Şekil 6.16. Dairesel Hough dönüşümünde yarıçap sınırlaması yapılmadığında tespit edilen eğrilikler

Her eğrilik belli bir yarıçapa sahip dairenin bir kısmı olarak temsil edilebilmektedir. Bu kapsamda bulunan eğriler hangi yarıçapta ki dairenin parçası olduğu dairesel Hough dönüşümü kullanılarak gösterilmektedir. Şekil 6.15' de bulunan görselde bir parçanın üzerinde bulunan eğrilikler gösterilmiştir. Şekil 6.15' de cismin üst tarafında dört adet dairesel yapı bulunmuşken, alt tarafında ise üç adet eğrilik tespit

edilmiştir. Bulunan eğriliklerin farklı sayıda olması cismin üretiminde bir aksilik olduğunu göstermektedir. Dairesel Hough dönüşümü kullanılarak eğriler tespit edildiğinden sadece belli bir yarıçap aralığındaki dairelere ait eğrilirler tespit edilmektedir. Eğer yarıçap sınırlandırılması yapılmazsa, Şekil 6.16' daki gibi cismin üzerindeki her eğrilik farklı yarıçaplara ait eğrilik olarak tespit edilebilir.

6.2.4. Kenar Uzunluğu

Bu işlemde cismin etrafının uzunluğu bulunmaktadır. Bunun için cisme ait tüm köşeler bulunarak, cismin çevresinin ölçüsü için kullanılmaktadır. Çalışılan parça eğriliklere sahip olduğu için bulunan köşe noktaları arasında düz çizgi çizmek yerine tüm noktalara uyumlu bir eğri çizdirilerek ölçüm yapılmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, köşe noktalarının sayısıdır. Çünkü bulunan köşe nokta sayısı fazla olduğunda yapılan işlem oldukça zaman alacaktır. Eğer köşe nokta sayısı yeterli sayıdan az olursa çevrenin üzerine çizdirilen eğri cismin şeklinden farklı şekillerde olabilmektedir. Köşe noktalarından geçen en iyi eğriyi bulabilmek için ise polinom regresyonu kullanılır.

6.2.4.1. Polinom Regresyonu

Her zaman için, veriler arasındaki ilişki lineer regresyonda olduğu gibi doğrusal olmayabilir. Böyle bir ilişkiyi açıklamaya çalışmanın bir yolu, bir polinom regresyon modelidir. Polinom regresyonu, bağımsız değişken x ve bağımlı değişken y arasındaki ilişkinin, x' in n dereceli polinomu olarak modellendiği bir regresyon analizidir. Regresyon analizinin amacı bağımlı bir değişkenin beklenen değerini, bağımsız bir değişken x' in değeri açısından modellemektir (Shanock ve ark., 2010). Tek bir tahmini x için eşitlik 6.10' daki gibi bir model oluşturulabilir.

$$p(x) = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \ldots + \beta_m x^m + e \qquad (6.10)$$

Burada h polinom derecesi, β regresyon katsayıları, e ise hata olarak adlandırılır. h = 2 için kuadratik, h = 3 için kübik, h = 4 için kuartik polinom olarak adlandırılmaktadır. Bu model, y ve x arasındaki doğrusal olmayan bir ilişkiyi mümkün kılmasına rağmen, polinom regresyonu, regresyon katsayıları doğrusal olduğu için yine

de doğrusal regresyon olarak kabul edilmektedir. Lineer regresyonda olduğu gibi bu polinom regresyonunda da en küçük kareler yöntemi ile en iyi eğri oluşturulabilir. Bunun için m<n-1 olmak üzere

$$s = \sum_{i=0}^{n} (y_i - p(x_i))^2 \tag{6.11}$$

s en düşük yapılmaya çalışılmaktadır. s minimum olabilmesi için $\frac{\partial s}{\partial \beta_0} = 0, \frac{\partial s}{\partial \beta_1} = 0, \ldots, \frac{\partial s}{\partial \beta_m} = 0$ şartlarının sağlanması gerekmektedir. Böylece, m+1 bilinmeyenli ve m+1 lineer denklemden oluşan bir lineer denklem sistemi elde edilir. Oluşan lineer denklem sistemi için aşağıdaki gibi bir genelleme yapılabilir.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \ldots + \beta_m x^m + e \tag{6.12}$$

$$s = (y_i - \beta_0 - \beta_1 x - \beta_2 x^2 - \ldots - \beta_m x^m)^2 \tag{6.13}$$

$\frac{\partial s}{\partial \beta_0} = 0, \frac{\partial s}{\partial \beta_1} = 0, \ldots, \frac{\partial s}{\partial \beta_m} = 0$ eşitlikleri kullanılarak oluşturulan m+1 adet denklem matris formunda yazılarak denklem sistemi oluşturulur.

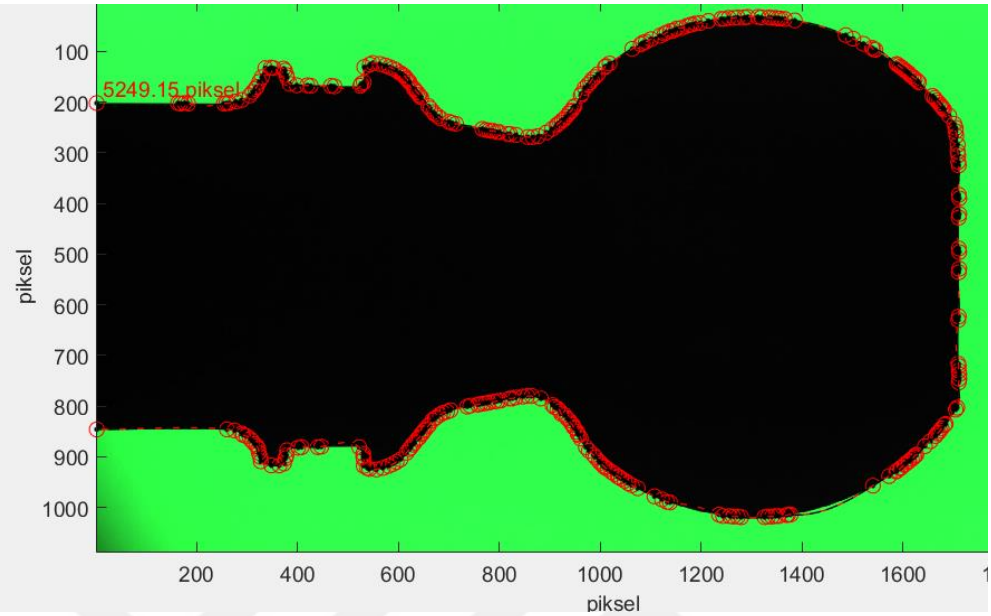
$$\begin{bmatrix} n & \sum x_i & \sum x_{i^2} & \cdots & \sum x_{i^m} \\ \sum x_i & \sum x_{i^2} & \sum x_{i^3} & \cdots & \sum x_{i^{m+1}} \\ \sum x_{i^2} & \sum x_{i^3} & \sum x_{i^4} & \cdots & \sum x_{i^{m+2}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \sum x_{i^{m+3}} \\ \sum x_{i^m} & \sum x_{i^{m+1}} & \sum x_{i^{m+2}} & \sum x_{i^{m+3}} & \sum x_{i^{2m}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta_o \\ \beta_1 \\ \beta_2 \\ \vdots \\ \beta_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum y_i \\ \sum x_i y_i \\ \sum x_{i^2} y_i \\ \vdots \\ \sum x_{i^m} y_i \end{bmatrix} \tag{6.14}$$

Oluşturulan sistem çözülerek regresyon katsayıları bulunur ve bir fonksiyon elde edilir. Bu fonksiyon ile x ve arasındaki bağlantıyı veren en iyi eğri çizdirilmiş olur.

6.2.4.2. Kenar Uzunluğunun Bulunması

Her köşe noktasına en uygun eğri polinom regresyonu ile bulunduktan sonra eğri çizdirilir. Bu eğri cismin etrafından geçmektedir. Elde edilen köşe noktalarından geçen en iyi eğrinin fonksiyonu Şekil 6.17' de bir cismin kenar uzunluğunun bulunması

gösterilmektedir. Görüntü üzerinde her küçük daire, bulunan köşe noktalarının yerini belirtmektedir.



Şekil 6.17. Cismin kenar uzunluğunun bulunması

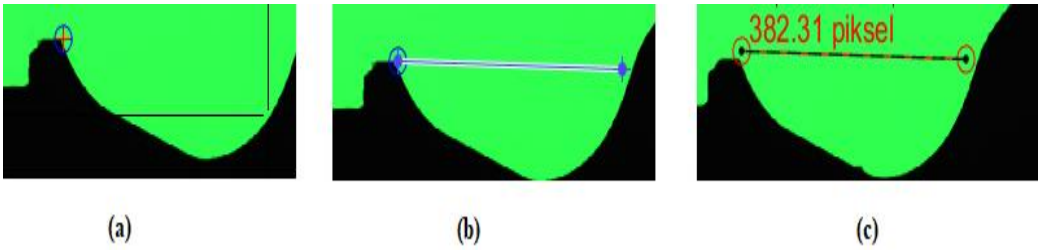
6.2.5. Uzunluk Ölçümü

Cisme ait ölçümleri elle yapmak zaman alıcı ve hataya açık bir metottur. Elle yapılan ölçümün yerine daha doğru ve kolay bir yol olan bilgisayar üzerinden yapılan ölçümler daha pratiktir. Ayrıca bilgisayarlı ölçümler istenilen kadar tekrara imkân sunabilmektedir. Bilgisayarlı ölçümlerin bir avantajı da cismin üzerine ölçüm yapılması zor olan noktalarda bile kolaylıkla ölçüm yapılabilmesini sağlamasıdır. Örneğin bitiş noktasının dışındaki yani cismin üzerindeki bir noktadan ölçüm yapmak zordur. Ancak alınan görüntülerle bu zorluk ortadan kaldırılmaktadır.

Uzunluk ölçümü iki nokta arasında yapıldığından öncelikle görüntü üzerinde iki nokta kullanıcı tarafından seçilir. Seçilen iki nokta arasındaki uzunluk ölçümü için bir düzlemdeki iki noktanın arasındaki uzaklığı bulmak için kullanılan aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır.

$$D = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \tag{6.15}$$

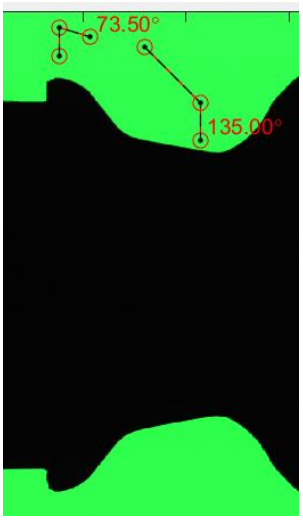
Burada D iki nokta arasındaki uzaklık, (x_1, y_1) seçilen birinci noktanın, (x_2, y_2) seçilen ikinci noktanın piksel konumlarıdır. Şekil 6.18' de gösterilen uzunluk ölçümüne ait görüntülerde 6.18(a)' da arasındaki mesafenin ölçüleceği iki noktanın seçilmesi, (b)' de eğer seçilen noktalarla oluşan doğruda değişiklik yapılması gerekiyorsa yapılması, (c)' de ise ölçülen uzunluk gösterilmektedir.



Şekil 6.18. Uzunluk ölçümü, (a) iki nokta belirlenmesi, (b) doğrunun ayarlanması, (c) ölçüm sonucu

6.2.6. Açı Ölçümü

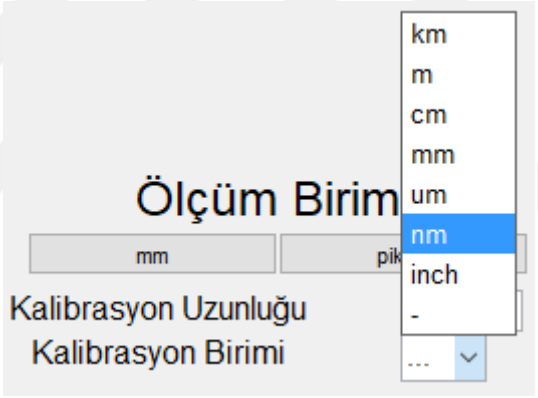
Açı ölçümü kullanıcının görüntü üzerinde istediği noktalar arasındaki açıyı ölçmesini sağlamaktadır. Açı ölçümü görüntü üzerinde üç nokta seçilerek yapılmaktadır. Seçilen üç noktadan iki doğru oluşturulmaktadır. Üç noktadan birincisi iki doğrunun ortak noktasını oluşturmaktadır. Bir diğer ifade ile seçilen birinci nokta oluşan iki doğrunun kesişim yeridir. Açı da kesişim noktasında oluşacağından bu noktada oluşan açı hesaplanmaktadır. Şekil 6.19' da görüntü üzerinde yapılan açı ölçümüne ait bir örneği göstermektedir.



Şekil 6.19. Açı ölçümün yapılması

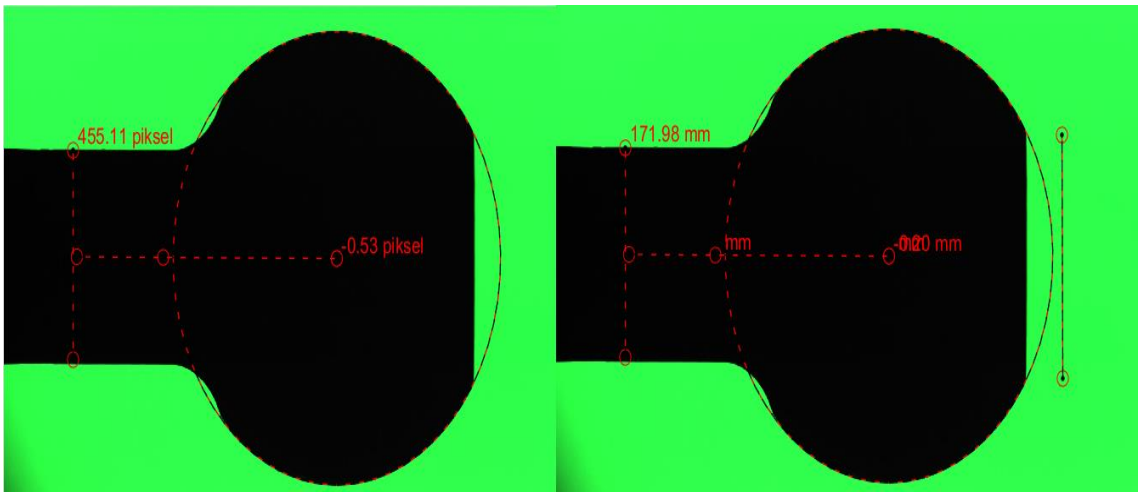
6.2.7. Kalibrasyon

Kalibrasyon işlemi doğruluğu bilinen bir ölçüm standardını veya sistemini kullanarak diğer test ve ölçüm doğruluğunun ölçülmesi, sapmalarının belirlenmesidir. Bu kapsamda görüntü üzerinde arasındaki uzunluğu bilenen iki nokta yeterlidir. Kalibrasyon işlemine başlamadan önce iki nokta arasındaki uzunluk ve uzunluğun birimi, ara yüz üzerinde bulunan kalibrasyon uzunluğu ve kalibrasyon birimine yazılmalıdır. Kalibrasyon birimi için seçilebilecek birimler Şekil 6.20' de gösterilmiştir. Bu değerlerin varsayılan değerleri 100 milimetredir. Kalibrasyon işlemi de uzunluk ölçümü gibi aşamalara sahiptir. Arasındaki uzaklık kullanıcı tarafından bilinen iki nokta seçilir. Seçilen noktalarla oluşan doğruda düzeltme yapılır ve çift tıklanarak kalibrasyon işlemi tamamlanır.



Şekil 6.20. Kalibrasyon birimleri

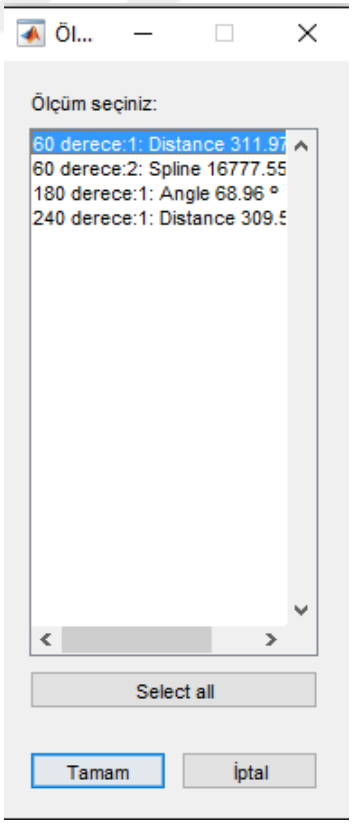
Kalibrasyonda seçilen iki nokta arasındaki uzunluk piksel olarak hesaplanır. Bu uzunluk kalibrasyon uzunluğuna bölünerek bir kalibrasyon oranı bulunur. Bulunan kalibrasyon oranına göre daha önceki ölçüm uzunlukları kalibrasyon birimine göre tekrar hesaplanır. Kalibrasyon işleminden önce yapılan tüm ölçümler Şekil 6.21' deki gibi kalibrasyona göre güncellenir ve tekrar görüntü üzerine çizdirilir. Ayrıca kalibrasyon oranı kalibrasyon yapılan görüntü ile sınırlı kalmaz cisme ait diğer görüntüler üzerinde de kalibrasyona göre ölçümler güncellenir. Kalibrasyon işlemi tekrar istenilen sayıda yapılabilir.



Şekil 6.21. Kalibrasyon işlemi ve ölçümlerin güncellenmesi

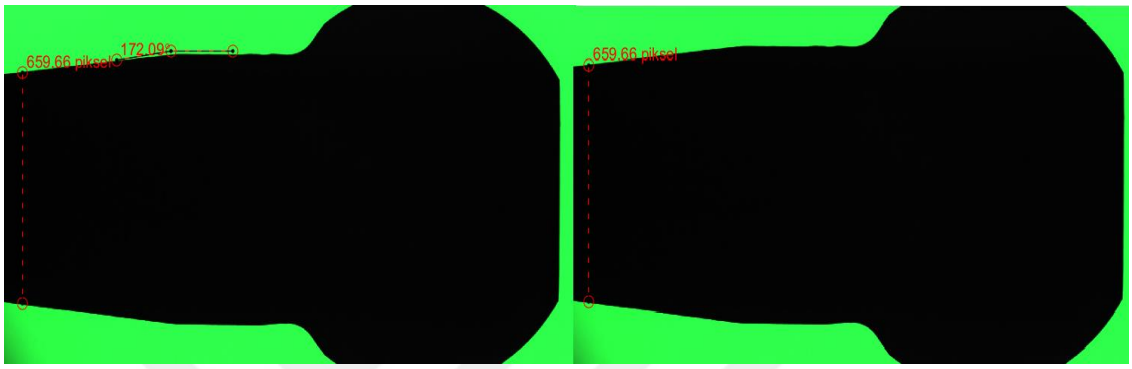
6.2.8. Silme

Görüntüler üzerinde yapılan işlemlerin kaldırılması silme butonu ile yapılmaktadır. Silme butonuna tıklandığında daha önce görüntüler üzerinde yapılan çalışmaları içeren bir liste Şekil 6.22' deki gibi açılır.



Şekil 6.22. Silme işlemi ile açılan pencere

Listede bulunan her ölçüm hangi görüntüye ait olduğu sırayla gösterilmektedir. Ayrıca listede ölçümlere ait bilgilerde bulunmaktadır. Silinecek ölçümün üzerine tıklandıktan sonra “OK” butonuna tıklanarak silme işlemi gerçekleştirilir. Eğer birden fazla ölçümün silinmesi isteniyorsa klavyenin “ctrl” tuşuna basılı tutularak silinecek ölçümler artarda seçilerek silinebilir. Şekil 6.23’ de Şekil 6.22’ de açılan listedeki 0 derecelik görüntü üzerinde bulunan açı ölçümü kaldırılması gösterilmiştir.



Şekil 6.23. Silme işlemine ilişkin pencere

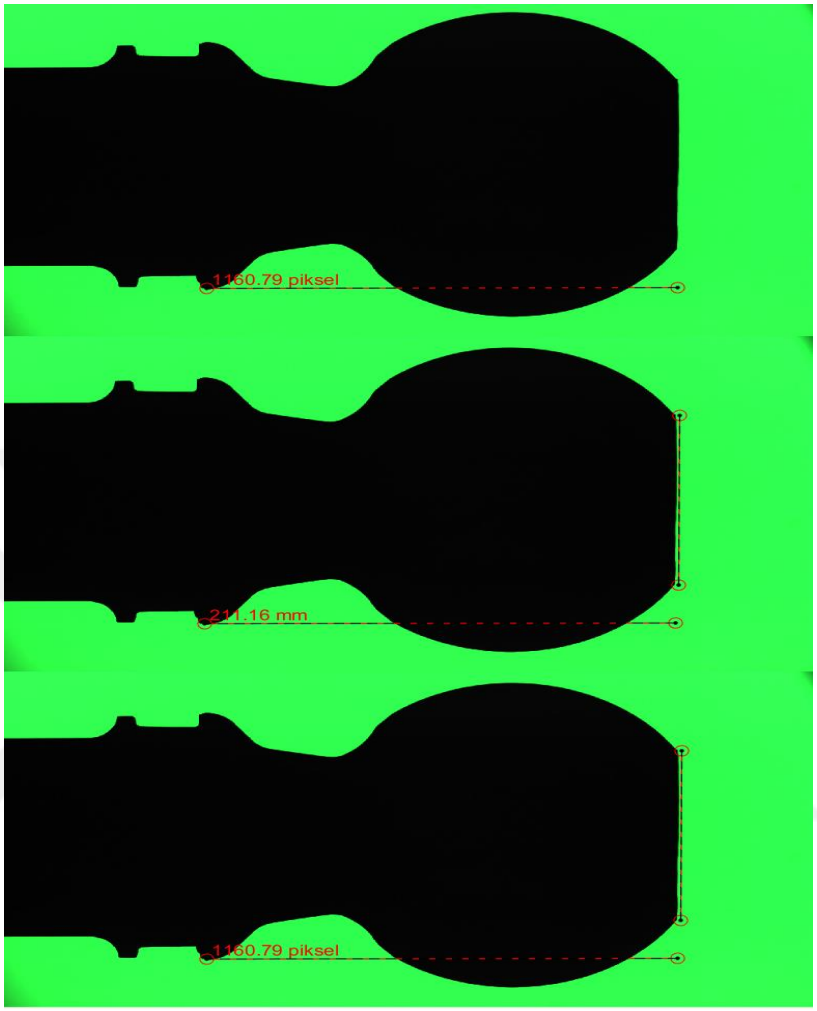
6.2.9. Ölçüm Biriminin Seçimi

Görüntüler üzerinde çalışma yapılırken piksel veya uzunluk ölçü birimlerinde ölçüm yapılabilir. Uzunluk ölçü birimlerinin birinde çalışma yapılması gerekiyorsa öncelikle kalibrasyon işlemi tamamlanmalıdır. Kalibrasyon işlemi tamamlandıktan sonra uzunluk ölçü birimleri veya piksel bazlı ölçümler yapılabilir. Herhangi bir birim seçildiğinde daha önce yapılan tüm ölçümler seçilen birime göre tekrar güncellenir. Şekil 6.24’ de yapılan ölçümün kalibrasyondan sonra tekrar piksel birimine döndürülmesi gösterilmiştir. Öncelikle yapılan ölçüm piksel olarak kaydedilir. Daha sonra kalibrasyonla birlikte ölçüm otomatik olarak uzunluk birimine dönüşür. Tekrar piksel ölçümüne dönmek için ise piksel butonu kullanılır. Çalışmanın herhangi bir anında ölçüm birimleri arasında değişiklikler yapılabilir.

6.2.10. Görüntü Seçimi

Görüntü alma aşamasında her cismin altı adet görüntüsü alınmıştı. Görüntü seçimi ile altı görüntüden herhangi biri seçilip, seçilen görüntü üzerinde yukarıda anlatılan çalışmalar yapılabilir. Seçilen görüntü yeni bir pencerede açılmaktadır.

Yapılan her çalışma da görüntünün üzerinde bulunmaktadır. Eğer tüm görüntülerin üzerinde çalışılmak istenirse de, tüm görüntüler üzerinde çalışma yapmak mümkündür.



Şekil 6.24. Ölçüm birimlerine göre ölçümlerin güncellenmesi

6.2.11. Çalışılacak Parçanın Seçimi

Üzerinde çalışılan cisimler birbirlerine benzemelerine rağmen her biri farklı şekil ve boyutlara sahiptir. Bu sebeple üzerinde çalışılmak istenen parça türü seçilerek çalışma yapılması gerekmektedir. Varsayılan seçim 1 numaralı seçimdir. Eğer 1 numaralı seçimden farklı parça üzerinde çalışma yapılacak ise mutlaka parça numarası kutuya yazılmalıdır. Bu seçimdeki amaç hem eğrilik bulma işleminde hem de eksen farklarını bulma işleminde kullanılan dairesel Hough dönüşümü için gerekli olan yarıçapların belirlenmesidir. Yarıçapları belirtmeden yapılan çalışmada uygun yarıçapın otomatik olarak seçimi yapılamadığından hataya sebep olabilmektedir.

6.3. Ölçüm Sonuçları

Görüntüleri alınan tüm parçaların ölçümleri milimetrenin ellide biri hassasiyetiyle gerçekleştirilmiştir. Çizelge 6.1' de ölçümü yapılan parçaların eksen kayma miktarları piksel olarak verilmiştir. Piksel değerleri tam sayılardan oluşmasına rağmen çizelge 6.1' deki değerlerin tam sayı olmamasının sebebi; eksen bulma işleminde bulunan eğrinin eğimine göre kürenin merkezinin nerede olduğu bulunmasıdır. Çünkü bulunan merkez piksel gibi tam sayılardan değil koordinat düzleminde olduğu gibi ondalık sayı formatında bulunmaktadır. Bu da daha hassas hata tespiti yapışmasına olanak sağlamaktadır. Kullanıcının koyduğu bir eşik değerine göre parçaların hatalı olup olmadığı anlaşılmaktadır. Çizelge 6.1' deki hata durumları eksen kayma eşik değeri 15,0000 piksel olarak belirlenerek yapılmıştır. Son altı satırda bulunan parçalar kaynak olmadan tek parça halinde üretilen ürünlere aittir. Bu ürünlere ait eksen kayma miktarları oldukça küçük olduğu görülmektedir.

Çizelge 6.1. Ölçümü yapılan parçalara ait eksen kayma miktarları

Parça No	**0°**	**60°**	**120°**	**180°**	**240°**	**300°**	Maksimum Kayma	Hata Durumu
1	-8,2205	-2,9857	-2,9857	12,2151	5,6889	-5,2192	12,2151	Düzgün
2	0.7507	18,4908	19,1507	3,6115	-15,3163	-15,2678	19,1507	Hatalı
3	11,8328	5,9274	-2,6412	-5,3552	-0,2817	8,8310	11,8328	Düzgün
4	4,3133	-9,1322	-10,1576	17,9460	15,3304	17,0161	17,9460	Hatalı
5	6,4143	28,1530	23,1473	-3,4788	-24,6666	-20,5005	28,1530	Hatalı
6	-12,3284	5,9449	18,6726	17,0024	-0,2498	-13,8522	18,6726	Hatalı
7	0,2842	25,0561	26,2577	3,2989	-21,4988	-23,5563	26,2577	Hatalı
8	22,5878	20,2218	1,2962	-17,7643	-16,2512	4,0319	22,5878	Hatalı
9	-19,8495	-10,4384	10,4658	22,4569	14,5839	-6,7488	22,4569	Hatalı
10	2,7094	6,6882	5,7712	1,1810	-2,3423	-2,3527	6,6882	Düzgün
11	-12,2969	1,9267	17,7779	17,0024	2,4670	-11,5575	17,7779	Hatalı
12	25,7765	8,1544	-16,7647	-22,0490	-3,5575	20,0920	25,7765	Hatalı
13	-7,6015	-5,3822	5,0973	13,5598	11,5244	0,9765	13,5598	Düzgün
14	40,4216	13,4303	-26,6180	-35,2561	-7,0860	31,2709	40,4216	Hatalı
15	0,6500	-23,8273	-21,8122	3,3402	27,3511	25,7461	27,3511	Hatalı
16	-14,7946	-25,2150	-6,8947	21,0836	31,2831	12,8454	31,2831	Hatalı
17	-1,9416	-4,1270	2,3959	8,9342	12,5093	4,9136	12,5093	Düzgün
18	-2,1756	2,3739	5,1931	5,1502	1,1825	-2,1154	5,1931	Düzgün

19	2,2729	8,351	9,0595	2,6812	-0,9842	0,3703	9,0595	Düzgün
20	31,6478	14,8637	-11,8366	-21,1136	-6,7832	19,8656	31,6478	Hatalı
21	-11,0066	3,0568	16,1967	14,2363	0,2282	-12,3156	16,1967	Hatalı
22	8,9551	10,7373	4,7744	-2,6897	-2,8552	0,2446	10,7373	Düzgün
23	-8,2289	-2,6126	10,8120	15,7163	8,1091	-4,1576	15,7163	Hatalı
24	-27,7809	-25,0908	5,7992	36,5544	33,8641	2,5246	36,5544	Hatalı
25	10,0367	8,4018	3,3621	-2,5127	-2,5280	4,2068	10,0367	Düzgün
26	-17,2282	18,3411	38,8657	23,1651	-13,0906	-33,8414	38,8657	Hatalı
27	29,1583	40,2652	14,5086	-21,5708	-32,5065	-7,8840	40,2652	Hatalı
28	-8,1098	-10,6353	-3,0379	11,9757	13,5408	7,7709	13,5408	Düzgün
29	30,5612	29,1250	3,7332	-20,9691	-21,5372	2,7211	30,5612	Hatalı
30	-10,8583	-30,3395	-16,8971	14,3058	34,3200	21,1573	34,3200	Hatalı
31	11,4773	13,4424	6,7239	-3,4623	-4,3301	1,7981	13,4424	Düzgün
32	14,3415	-2,2610	-14,0909	-7,3417	8,9338	21,0373	21,0373	Hatalı
33	-9,2509	-5,7928	7,4823	17,5839	15,2377	1,8748	17,5839	Hatalı
34	12,1634	0,1362	-8,4578	-5,3765	6,3349	14,4976	14,4976	Düzgün
35	-2,9552	28,3006	33,1889	9,1875	-23,7220	-26,7701	33,1889	Hatalı
36	-8,6681	-3,4494	7,6523	13,8161	7,9188	-2,5440	13,8161	Düzgün
37	2,4539	-9,6573	-10,0128	0,1752	11,7694	12,6510	12,6510	Düzgün
38	0,9953	-4,5230	-1,5553	6,5537	10,5815	7,6144	10,5815	Düzgün
39	2,7574	14,2782	14,3115	2,4924	-9,8667	-7,3592	14,3115	Düzgün
40	5,1976	9,1372	5,7853	-2,9387	-6,4269	-3,0465	9,1372	Düzgün
41	10,5111	5,4523	3,2164	0,0469	2,4554	7,4739	10,5111	Düzgün
42	-11,5620	-12,1477	0,2084	15,1593	15,4515	3,2691	15,4515	Hatalı
43	-0,5881	-25,1873	-22,9033	3,0591	29,1499	25,7303	29,1499	Hatalı
44	5,7969	-5,2784	-9,2387	-2,5205	9,0670	13,4674	13,4674	Düzgün
45	-2,6551	-8,9614	-3,8454	5,3475	10,9935	6,4971	10,9935	Düzgün
46	1,9145	3,5963	6,6874	6,9022	2,1997	1,1537	6,9022	Düzgün
47	11,9169	25,6147	17,9928	-6,1740	-19,3934	-13,6523	25,6147	Hatalı
48	7,3457	24,0240	17,4323	-4,0885	-21,1431	-14,6487	24,0240	Hatalı
49	-26,0267	-17,0778	14,0829	34,6761	25,2704	-5,4714	34,6761	Hatalı
50	25,3950	26,2564	3,7666	-17,8332	-18,2265	1,8568	26,2564	Hatalı
51	-7,7014	-9,8761	0,8977	11,3328	13,4254	3,3440	13,4254	Düzgün
52	6,0015	-13,5308	-16,5104	-0,7954	19,9718	22,1330	22,1330	Hatalı
53	-16,5874	-0,9320	18,2043	22,4276	7,4593	-13,2459	22,4276	Hatalı
54	8,0787	11,2916	5,5318	-2,4061	-6,6548	-0,7439	11,2916	Düzgün
55	-2,5675	25,0224	29,9404	7,3298	-17,7864	-22,8472	29,9404	Hatalı
56	-3,3273	4,7854	10,6435	8,0127	0,7983	-5,1751	10,6435	Düzgün
57	-0,7037	-21,5479	-20,1508	5,0607	26,2058	23,4130	26,2058	Hatalı

58	29,1086	18,1024	-8,7167	-25,1332	-15,0492	12,4250	29,1086	Hatalı
59	-3,5248	-3,3302	2,3662	8,4718	6,4230	0,4889	8,4718	Düzgün
60	-28,5971	-31,7239	1,5232	35,5027	37,7589	5,4821	37,7589	Hatalı
61	1,1303	3,9955	2,1843	0,4287	-2,6008	-1,4365	3,9955	Düzgün
62	1,2670	0,3104	-0,8126	0,5183	0,6993	1,9177	1,9177	Düzgün
63	-0,5259	2,4119	0,8987	0,3247	-1,0785	-1,1960	2,4119	Düzgün
64	-0,2830	0,7294	0,3566	0,8175	0,2745	0,1631	0,8175	Düzgün
65	0,2537	0,6439	0,8768	0,9363	0,3553	0,4140	0,9363	Düzgün
66	-4,7034	-1,2115	3,3279	5,9546	3,5476	-1,9391	5,9546	Düzgün

Parçalar üzerinde bir takım ölçümler yapılmıştır. Çizelge 6.2' de bu ölçümlerin kumpasla ölçülen değerler ile karşılaştırılması sunulmuştur. Sonuçlara göre % 99,7 doğruluk oranı ile ölçümler gerçekleştirilmiş.

Çizelge 6.2. Ölçümler ile gerçek ölçülerin karşılaştırılması

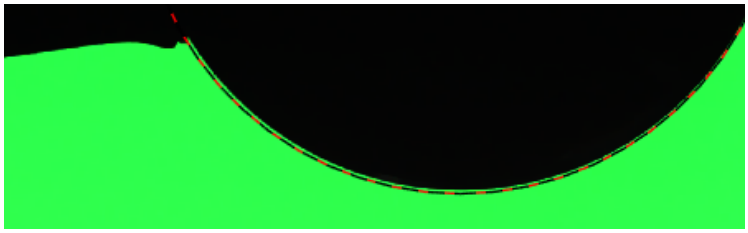
	Ölçüm-1	**Ölçüm-2**	**Ölçüm-3**	**Ölçüm-4**	**Ölçüm-5**
Gerçek değer	13,18 mm	14,83 mm	10,20 mm	19,02 mm	4,05 mm
Ölçüm Değeri	Kalibrasyon	14,93 mm	9,47 mm	19,24 mm	4,31 mm

Şekil 6.25' de ise parçalar üzerinde bulunan 2 mm yarıçaplı eğriliklerin ölçümlerle tespit edilmesi gösterilmektedir.



Şekil 6.25. Eğriliklerin yarıçaplarının gösterilmesi

Şekil 6.26’ daki gibi bulunan dairesel Hough dönüşümü ile bulunan daireler ile cisim arasında boşluklar olabilir. Bu durumlarda cismin daireliğinde bir problem olduğu anlaşılmaktadır. Bulunan daire o bölgedeki en uygun daireyi göstermektedir.



Şekil 6.26. Bulunan daire ve cisim arasındaki boşluk

7. SONUÇ

Rekabetçiliğin yüksek olduğu günümüz piyasasında, üretim yapılan birçok sektörde kalite kontrol ve ölçüm işlemleri büyük önem kazanmaya başlamıştır. Kalite kontrol ve ölçüm yöntemi olarak çoğunlukla insan gücünden yararlanılmaktadır. Bu ölçüm ve kontrollerde insan faktöründen kaynaklanan uzun zaman alması ve hata oluşması gibi problemlerle karşılaşılmaktadır. Bu problemlerin üstesinden gelebilmek amacıyla makine görmesi yöntemleri kullanılarak kamera ile otomatik denetim ve ölçüm cihazları geliştirilmektedir.

Bu çalışmada makine imalat sektöründe üretimi yapılan silindirik cisimlerin görüntü işleme yöntemleri kullanılarak hata tespiti ve ölçümlerinin yapılması amaçlanmıştır. Bu ölçümler en-boy gibi uzunluk, çap ve açı değerleri ile birleştirilmiş ürünlerde eksen kayması kontrolleri olarak sıralanabilir.

Geliştirilen sistem donanım ve yazılım olmak üzere 2 kısımdan oluşmaktadır. Donanım kısmı kalite kontrol ve ölçümleri yapılacak ürünlerin görüntülerinin alınarak bilgisayara aktarılmasını içeren elektromekanik düzeneği içermektedir. İkinci kısım ise gelen görüntülerin işlenerek kontrollerini ve ölçümlerini yapan yazılımı içermektedir. Sistemin genel çalışması; ürünün düzeneğe yerleştirilmesi, servo motorlarla ileri-geri ve döndürme hareketlerinin yapılması, döndürme esnasında 60º aralıklarla altışar adet resminin silindirik cismin telesentrik arka aydınlatma ve telesentrik lense sahip kamera ile alınması, görüntülerin USB portu üzerinden bilgisayara aktarılması, alınan görüntülerin işlenerek ölçümlerinin ve kalite kontrollerinin yapılması ve sonuçların kullanıcı ekranında gösterilmesi olarak sıralanabilir.

Görüntü alma düzeneği 2 adet servo motor, PLC li motor kontrol ünitesi ve görüntü yakalama modülünden (telesentrik arka aydınlatma ve telesentrik lense sahip kamera) oluşmaktadır. PLC li kontrol ünitesi, düzeneğe yerleştirilmiş silindirik cismin sonsuz dişli vida yapıda kayan kanal üzerinden hassas olarak ileri-geri hareketini gerçekleştiren servo motoru ve silindirik cismin eşit aralıklarla döndürme işlemini gerçekleştiren servo motoru kontrol etmektedir. Servo motor kullanılmasının temel sebebi hassas olarak hareketin yapılması gerekliliğidir. Düzeneğin ileri-geri mesafe aralığı 45 cm civarındadır. Böylece bu uzunluğa kadar olan tüm silindirik cisimlerin kalite kontrolleri yapılması mümkün olmaktadır.

Silindirik cisimlerde 3 boyutlu olarak ölçüm yapılabilmesi amacıyla bir cisme ait altı adet görüntü alınmak suretiyle 360º lik döndürme yapılmıştır. Her görüntü ayrı bir

resim dosyası olarak kaydedilmektedir ve her resim ayrı ayrı kontrol edilmektedir. Silindirik cismin kenar konturlarının halelenme olmadan net ve detaylı görüntülerinin alınması amacıyla telesentrik lense sahip kamera ve telesentrik arka aydınlatma kullanılmıştır. Bu tür aydınlatma ve lensin kullanılması kenar görüntüsü elde etmede standart görüntülemeye göre çok daha başarılı sonuç vermiştir.

Görüntüler bilgisayara aktarıldıktan sonra tez kapsamında geliştirilen yazılım üzerinde ölçümler ve hata denetimleri yapılmıştır. Yazılım temel olarak iki ana kısımdan oluşmaktadır. Bunlar biçimsel ölçümlerin (kenar uzunlukları, eğrilikler, açısal değerler) yapılması ve birleşik yapıdaki silindirik cisimlerde eksen kaymalarının tespiti olarak sıralanabilir. Yazılımda bulunan kalibrasyon modülü ile ölçüme ilişkin piksel-mm birim dönüşümlerinin hatasız olarak yapılması sağlanmıştır. Ayrıca anlık görüntü yakalama ve önceden yakalanmış ve kaydedilmiş görüntünün açılması gibi seçenekler de yazılımda mevcuttur. Görüntünün yüklenmesi sonrasında ölçüm işleminde karşılaştırmaların yapılabilmesi için parça türünün belirlenmesi yapılmalıdır. Aksi durumda ölçümlere ilişkin karşılaştırmalarda doğru sonuç elde edilemeyecektir.

Görüntü işleme kısmında öncelikle ön işlemler yapılmıştır. Bu kapsamda kullanılan morfolojik işlemler ile cismin daire, kenar ve köşe noktaları tespit edilmiştir. Bunun için kullanılan kenar bulma algoritmaları, yapısal bileşenler ve Hough dönüşümü yöntemi Bölüm 5'te yer almaktadır. Yapılan çalışmalarda Canny kenar bulma algoritmasının en başarılı sonuç verdiği gözlenmiştir. Köşe noktalarının tespitinde ise kenar haritası kullanılmıştır. Kenar haritası üzerinde gezdirilen 3x3 lük yapısal bileşenler (Bölüm 5'te verilmiştir) köşe noktalarını tespit ederek işaretlemiştir.

Kenarların çıkartılması cisimlerin eksenlerinin bulunmasında kullanılmaktadır. Doğru bir şekilde çıkartılan kalıplarla cisimlerin eksenleri yani orta noktaları bulunmaktadır. Köşe noktaları ise elde edilerek cisimlerin çevresi ile yapılan ölçümlerin daha kolaylaştırılmaktadır. Bu işlemlerle birlikte kullanılacak görüntüler kullanılmaya başlanmadan önce, kullanmayı zorlaştıracak veya ilgili olunmayan bölümlerinden arındırılmıştır.

Çalışmada 9 farklı biçime sahip 69 adet silindirik cisim kullanılmıştır. Bunlardan 60 tanesi birleştirilmiş kaynaklı ürünler olup bunların üzerinde eksen kayması ölçümleri yapılmıştır. 9 tanesi ise işlenmiş yekpare silindirik parçalar olup özellikle kalibrasyon ve diğer ölçümlerin yapılmasında kullanılmıştır.

Eksen kayması ölçümlerinde birleştirilmiş olan iki parçanın aynı eksende olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu parçalardan biri silindir biçimli olup diğer

parça küre biçimlidir. Eksenlerinin aynı hizada olması istenen bu parçaların eksen kaymasının ölçülmesi için merkez noktaları tespit edilmiştir. Kürenin dairesel olması sebebiyle merkezlerinin tespitinde dairesel Hough dönüşümü uygulanmış ve işaretlenen dairenin merkez noktası bulunmuştur. Silindir parçada ise yatayda kenar çizgileri arasında kalan merkez noktaları bulunmuş ve yatay merkez çizgisi işaretlenmiştir. Bu yatay çizgiden dairenin merkez noktasına olan dik uzaklığına bakılarak eksen kayması belirlenmiştir. Dairesel Hough dönüşümü ayrıca eğriliklerin açısal değerlerinin bulunmasında da kullanılmıştır. Köşe noktalarından geçen en iyi eğriyi bulabilmek için ise polinom regresyonu kullanılır.

Uzunluk ölçümlerinde ise iki nokta arasında yer alan piksel sayılarına bakılmıştır. Piksel sayıları kalibrasyonu işlemi ile elde edilen katsayılar kullanılarak mm uzunluk ölçü birimlerine dönüştürülmüş ve kullanıcı ekranında gösterilmiştir.

Tez kapsamında yapılan ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde, eksen kaymaları ve uzunluk ölçümlerinin % 99,7 başarı oranı ile tespit edildiği görülmektedir. 2048*1088 piksel boyutunda olan resimlerde kalibrasyon ayarı yapıldığında 1 mm lik mesafenin 51 piksel ile eşleştiği görülmüştür. Dolayısıyla ölçüm hassasiyetinin (51piksel*99,7)/100 = 50,84 piksel doğrulukla 1 mm / 50,84 = 0,0196 mm (19 mikron) olduğu hesaplanmaktadır. İnsan gözü bu kadar yüksek bir hassasiyetle ölçüm yapılmasının imkansız olduğu aşikardır.

KAYNAKLAR

Adediran, A., Nycz, A., Thornton, A. ve Love, L., Visual Sensing and Image Processing for Error Detection in Laser Metal Wire Deposition.

Altunkurt, Ö. ve Kahriman, M., 2011, Gerçek Zamanlı Olarak, Anfis İle Renk Tabanlı Nesne Tespit Ve Motorlu Sistem İle Takip Edilmesi, *SDU Teknik Bilimler Dergisi*, 1 (1).

Altuntaş, C. ve Çorumluoğlu, Ö., 2011, Filtreleme yöntemi ile digital görüntü zenginleştirme ve örnek bir yazılım.

Anonymous, 2018, The Advantages of Telecentricity [online], Edmund optics, https://www.edmundoptics.com/resources/application-notes/imaging/advantages-of-telecentricity/ [Ziyaret Tarihi: 11 Mayıs 2018].

Anonymous, 2018, Telecentric Illumination: Why You Need It in Machine Vision Applications [online], Edmund optics, https://www.edmundoptics.com/resources/application-notes/imaging/telecentric-illumination-why-you-need-it-in-machine-vision-applications/ [Ziyaret Tarihi: 11 Mayıs 2018].

Attalla, E. ve Siy, P., 2005, Robust shape similarity retrieval based on contour segmentation polygonal multiresolution and elastic matching, *Pattern Recognition*, 38 (12), 2229-2241.

Aydoğan, T., Özgün, M. E. ve Karaahmetoğlu, S., 2009, Siemens simatic S7-200 CPU 224 MODEL PLC kontrollü asansör, *SDU International Journal of Technological Science*, 1 (1), 1-9.

Belongie, S., Malik, J. ve Puzicha, J., 2002, Shape matching and object recognition using shape contexts, *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 24 (4), 509-522.

Berki, K., 2013, Yapay sinir ağları ile robot kolu kontrolü, *DEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Bingöl, O., Aydoğan, T., Didin, H. R., Yalçiner, A. S. ve Duygulu, K., 2010, PLC KONTROLLÜ OTOMATİK KATLI OTOPARK SİSTEMİ, *SDU International Journal of Technological Science*, 2 (1).

Boztoprak, H., Çağlar, M. F. ve Merdan, M., 2007, Alternatif morfolojik bir yöntemle plaka yerini saptama, *XII. Elektrik, Elektronik, Bilgisayar, Biyomedikal Mühendisliği Ulusal Kongresi. Eskişehir, Kasım*.

Chan, C.-h. ve Pang, G. K., 2000, Fabric defect detection by Fourier analysis, *IEEE transactions on Industry Applications*, 36 (5), 1267-1276.

Chu, J., Miao, J., Zhang, G. ve Wang, L., 2013, Edge and corner detection by color invariants, *Optics & Laser Technology*, 45, 756-762.

Coşkun, İ. ve Işık, M. F., 2004, Position and Speed Control of Servomotor Using Microcontroller, *Gazi University Journal of Science*, 17 (3), 115-125.

Çolak, İ., Bayındır, R. ve Kuruşçu, S., 2007, PLC Kontrollü Asansör Eğitim Seti Tasarımı ve Uygulaması.

de Faria Lemos, A., da Silva, L. A. R., Furtado, E. C. ve de Paula, H., 2017, Positioning error estimation of steel strips in Steckel rolling process using digital image processing, *Industry Applications Society Annual Meeting, 2017 IEEE*, 1-8.

Dey, N., Roy, A. B., Das, P., Das, A. ve Chaudhuri, S. S., 2012, Detection and measurement of arc of lumen calcification from intravascular ultrasound using harris corner detection, *Computing and Communication Systems (NCCCS), 2012 National Conference on*, 1-6.

Anonymous, 2015, Optics and Optical Instruments Annual Catalog, 379-392, 445.

Fabijańska, A. ve Jackowska-Strumiłło, L., 2012, Image processing and analysis algorithms for yarn hairiness determination, *Machine Vision and Applications*, 23 (3), 527-540.

Gao, W., Zhang, X., Yang, L. ve Liu, H., 2010, An improved Sobel edge detection, *Computer Science and Information Technology (ICCSIT), 2010 3rd IEEE International Conference on*, 67-71.

Güllü, A., Sur, Y. F. ve Kaplanoğlu, E., 2009, AC SERVO MOTOR EĞİTİM SETİ TASARIMI VE KONUM KONTROLÜ, *SDU International Journal of Technological Science*, 1 (2).

Gürsel, A., 2013, Petrol Borularının Kaynaklarında Radyografik Muayene Yönteminin Hata Tespit Kabiliyeti, *İleri teknoloji bilimleri dergisi*, 2 (1), 55-65.

Hassan, J., Awan, A. M. ve Jalil, A., 2012, Welding defect detection and classification using geometric features, *Frontiers of Information Technology (FIT), 2012 10th International Conference on*, 139-144.

He, X. ve Yung, N. H. C., 2008, Corner detector based on global and local curvature properties, *Optical engineering*, 47 (5), 057008.

Işık, M. F. ve Coşkun, İ., 2016, MİKRODENETLEYİCİ TABANLI SERVO SİSTEM DENETİMİ.

Jahns, T. M. ve Soong, W. L., 1996, Pulsating torque minimization techniques for permanent magnet AC motor drives-a review, *IEEE transactions on industrial electronics*, 43 (2), 321-330.

Jain, N. ve Jain, N., 2012, Coin recognition using circular Hough transform, *Int. J. Electron. Commun. Comput. Technol*, 2 (3), 1.

Karhan, M., Oktay, M., Karhan, Z. ve Demir, H., 2011, Morfolojik görüntü işleme yöntemleri ile kayısılarda yaprak delen (çil) hastalığı sonucu oluşan lekelerin tespiti, *6 th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), Elazığ, Türkiye*, 172-176.

Karimi, M. H. ve Asemani, D., 2014, Surface defect detection in tiling Industries using digital image processing methods: Analysis and evaluation, *ISA transactions*, 53 (3), 834-844.

Kaur, E. K., Mutenja, V. ve Gill, E. I. S., 2010, Fuzzy logic based image edge detection algorithm in MATLAB, *International Journal of Computer Applications*, 1 (22), 55-58.

Li, Y., Li, Y. F., Wang, Q. L., Xu, D. ve Tan, M., 2010, Measurement and defect detection of the weld bead based on online vision inspection, *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 59 (7), 1841-1849.

Maini, R. ve Aggarwal, H., 2009, Study and comparison of various image edge detection techniques, *International journal of image processing (IJIP)*, 3 (1), 1-11.

Martínez-Alajarín, J., Luis-Delgado, J. D. ve Tomás-Balibrea, L.-M., 2005, Automatic system for quality-based classification of marble textures, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C (Applications and Reviews)*, 35 (4), 488-497.

Mazalan, S. M., Mahmood, N. H. ve Razak, M. A. A., 2013, Automated red blood cells counting in peripheral blood smear image using circular Hough transform, *Artificial Intelligence, Modelling and Simulation (AIMS), 2013 1st International Conference on*, 320-324.

Misra, I., Moorthi, S. M., Dhar, D. ve Ramakrishnan, R., 2012, An automatic satellite image registration technique based on Harris corner detection and Random

Sample Consensus (RANSAC) outlier rejection model, *Recent Advances in Information Technology (RAIT), 2012 1st International Conference on*, 68-73.

Molleda, J., Usamentiaga, R., García, D. F., Bulnes, F. G., Espina, A., Dieye, B. ve Smith, L. N., 2013, An improved 3D imaging system for dimensional quality inspection of rolled products in the metal industry, *Computers in Industry*, 64 (9), 1186-1200.

Naseem, I., Togneri, R. ve Bennamoun, M., 2010, Linear regression for face recognition, *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 32 (11), 2106-2112.

Özler, L., Tosun, N. ve İnan, A., 2000, Ostenitik Manganlı Celigin Sıcak TalaslıIslenmesinde Yüzey PürüzlülügününIncelenmesi, *Turk J Engin Environ Sci*, 24, 287-296.

Pedersen, S. J. K., 2007, Circular hough transform, *Aalborg University, Vision, Graphics, and Interactive Systems*, 123, 123.

Pillay, P. ve Krishnan, R., 1989, Modeling, simulation, and analysis of permanent-magnet motor drives. II. The brushless DC motor drive, *IEEE transactions on Industry Applications*, 25 (2), 274-279.

Raheja, J. L., Ajay, B. ve Chaudhary, A., 2013, Real time fabric defect detection system on an embedded DSP platform, *Optik-International Journal for Light and Electron Optics*, 124 (21), 5280-5284.

Revathi, P. ve Hemalatha, M., 2012, Classification of cotton leaf spot diseases using image processing edge detection techniques, *Emerging Trends in Science, Engineering and Technology (INCOSET), 2012 International Conference on*, 169-173.

Rong, W., Li, Z., Zhang, W. ve Sun, L., 2014, An improved CANNY edge detection algorithm, *Mechatronics and Automation (ICMA), 2014 IEEE International Conference on*, 577-582.

Selver, M. A., Akay, O., Alim, F., Bardakçı, S. ve Ölmez, M., 2011, An automated industrial conveyor belt system using image processing and hierarchical clustering for classifying marble slabs, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 27 (1), 164-176.

Senthilkumaran, N. ve Rajesh, R., 2009, Edge detection techniques for image segmentation–a survey of soft computing approaches, *International journal of recent trends in engineering*, 1 (2), 250-254.

Shanock, L. R., Baran, B. E., Gentry, W. A., Pattison, S. C. ve Heggestad, E. D., 2010, Polynomial regression with response surface analysis: A powerful approach for examining moderation and overcoming limitations of difference scores, *Journal of Business and Psychology*, 25 (4), 543-554.

Soltany, M., Zadeh, S. T. ve Pourreza, H.-R., 2011, Fast and accurate pupil positioning algorithm using circular Hough transform and gray projection, *International Conference on Computer Communication and Management*.

Stoianovici, D., Patriciu, A., Petrisor, D., Mazilu, D. ve Kavoussi, L., 2007, A new type of motor: pneumatic step motor, *IEEE/ASME Transactions On Mechatronics*, 12 (1), 98-106.

Tan, X. ve Triggs, B., 2010, Enhanced local texture feature sets for face recognition under difficult lighting conditions, *IEEE transactions on image processing*, 19 (6), 1635-1650.

Vuruşkan, D., Babaarslan, O. ve İlhan, İ., 2013, Ring İplik Eğirme Makinesinin Elastan İçerikli Özlü (Kor) İplik Üretmek Üzere Modifikasyonu, *2013 (Cilt: 20)*, 89.

Yang, L., Zhao, D., Wu, X., Li, H. ve Zhai, J., 2011, An improved Prewitt algorithm for edge detection based on noised image, *Image and Signal Processing (CISP), 2011 4th International Congress on*, 1197-1200.

Zhao, D. ve Daut, D. G., 1991, Morphological hit-or-miss transformation for shape recognition, *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 2 (3), 230-243.

Zheng, G., Jiang, M., He, X., Zhao, J., Guo, H., Chen, G., Zha, Q. ve Lu, A., 2011, Discrete derivative: a data slicing algorithm for exploration of sharing biological networks between rheumatoid arthritis and coronary heart disease, *BioData mining*, 4 (1), 18.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Kürşad UÇAR
Uyruğu : Türk
Doğum Yeri ve Tarihi : Kars / 11.09.1992
Telefon : 0554 776 82 60
Faks :
e-mail : tkt.kursad@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	**Çorum Atatürk Lisesi, Merkez, Çorum**	**2010**
Üniversite	:	**Melikşah Üniversitesi, Talas, Kayseri**	**2015**
Yüksek Lisans	:	**Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, Konya**	
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**

UZMANLIK ALANI

Görüntü İşleme,

YABANCI DİLLER

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR

.

Uluslararası kongre ve sempozyumlarda sözlü olarak sunulan ve tam metin olarak yayımlanan tebliği

1. Uçar K., Koçer H. E., “Error Control of Cylindrical Objects with Image Processing”, Ist International Symposium on Innovative Approaches in Scientific Studies(ISAS 2018), page 497-501, Nisan 11-13, 2018, Antalya, Turkey.