



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Alüminyum Ekstrüzyon Profillerinde Kesit
Ölçümlerinin RGB Kanallarındaki Görüntülerle
Ölçülmesi

Mehmet YOLDAŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

2020-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Mehmet YOLDAŞ tarafından hazırlanan “ALÜMİNYUM EKSTRÜZYON PROFİLLERİNDE KESİT ÖLÇÜMLERİNİN RGB KANALLARINDAKİ GÖRÜNTÜLERLE ÖLÇÜLMESİ” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Doç. Dr. Akif DURDU

Danışman

Prof. Dr. Cemil SUNGUR

Üye

Dr. Hakan TERZİOĞLU

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Mehmet YOLDAŞ

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS / DOKTORA TEZİ

ALÜMİNYUM EKSTRÜZYON PROFİLLERİNDE KESİT ÖLÇÜMLERİNİN RGB KANALLARINDAKİ GÖRÜNTÜLERLE ÖLÇÜLMESİ

Mehmet YOLDAŞ

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Cemil SUNGUR

2021, 85 Sayfa

**Jüri
Prof. Dr. Cemil SUNGUR
Doç. Dr. Akif DURDU
Dr. Hakan TERZİOĞLU**

Bilim ve teknolojinin gelişmesiyle alüminyum sektöründe üretilebilirlik ve kalite kontrol süreçleri daha karmaşık hale gelmiştir. Bu da beraberinde üretim ve kalite kontrol işlemlerinde bir takım zorluklar meydana getirmektedir. Üretilmesi istenen ürünler daha ince, kırılabilir, karmaşık yapılar içermektedir. Gelenekselleşmiş temaslı ölçüm teknikleri, endüstrinin bu ve benzeri ihtiyaçlarına cevap veremez hale gelmiştir. Fakat görüntü işleme teknolojilerinin endüstride kullanılmasıyla, hassas kalite kontrol işlemleri gerçekleştirilmeye başlanmıştır.

Bu çalışmada alüminyum ekstrüzyon profil üretim tesislerinde üretilen karmaşık yapı ve bir çok ölçüm noktasına sahip profillerde kalite kontrol işlemlerini temaslı ölçüm tekniklerine göre daha kısa sürede ve daha küçük hata paylarında görüntü işleme teknikleri kullanarak gerçekleştirmek amaçlanmıştır.

Kalite kontrol ölçümleri yapılacak profil görüntülerini elde etmek için dijital kamerada elde edilen görüntüler, RGB kanallarındaki görüntülere çevrilerek ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Bu görüntüler çeşitli filtreleme işlemlerine girdikten sonra gürültülerden arındırılmıştır. Ardından görüntüde piksel boyutunda işlemler gerçekleştirilerek profilin, belirtilen iki noktası arası ölçümleri yapılmıştır. Bu yöntem kullanılarak temaslı ölçüm cihazlarının olumsuz etkileri ortadan kaldırılmıştır. Görüntü işleme tekniği kullanarak tek cihazla, çok kısa sürede, tutarlı sayısal değerlerle ölçümler gerçekleştirilmiştir. Görüntü işleme ile gerçekleştirilen kalite kontrol süreci ile geleneksel yöntemde kullanılan ölçü atletlerinin her birinin eğitiminin personele verilme zorunluluğu ortadan kaldırılmıştır. Hata payları düşürülerek yanlış üretimlerin önüne geçilmiştir. Ölçüm sonuçları kumpas gibi temaslı ölçüm cihazlarının sonuçları ile kıyaslanmıştır. Geliştirilen teknikte oluşan yüzde hata oranları, temaslı ölçüm teknikleri ile kıyaslanmış ve B kanalındaki görüntünün R ve G kanalındaki görüntülere oranla, nispeten daha doğru sonuçlar verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Görüntü işleme, hassas ölçüm, kalite kontrol, kontrol bulma, kusur tespiti

ABSTRACT

MS THESIS

MEASUREMENT OF SECTION MEASUREMENTS IN ALUMINUM EXTRUSION PROFILES WITH IMAGES IN RGB CHANNELS

Mehmet YOLDAŞ

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Electrical and Electronics Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Cemil SUNGUR

2021, 85 Pages

**Jury
Prof. Dr. Cemil SUNGUR
Assoc. Prof. Dr. Akif DURDU
Dr. Hakan TERZİOĞLU**

With the development of science and technology, manufacturability and quality control processes in the aluminum industry have become more complex. This brings with it some difficulties in production and quality control processes. The products desired to be produced contain thinner, fragile and complex structures. Traditional contact measurement techniques have become unable to respond to these and similar needs of the industry. However, with the use of image processing technologies in the industry, sensitive quality control processes have begun to be performed.

In this study, it is aimed to perform quality control operations on profiles with complex structure and many measurement points, produced in aluminum extrusion profile production facilities, by using image processing techniques in a shorter time and with smaller margins of error compared to contact measurement techniques.

In order to obtain the profile images for quality control measurements, the images obtained in the digital camera were converted into images in RGB channels and evaluated separately. These images were freed from noise after undergoing various filtering processes. Then, pixel-sized operations were performed on the image and measurements were made between the two specified points of the profile. By using this method, the negative effects of contact measuring devices are eliminated. By using image processing technique, measurements were made with a single device, in a very short time, with consistent numerical values. With the quality control process carried out with image processing, the necessity of giving the training of each of the measurement athletes used in the traditional method to the personnel has been eliminated. By reducing the margin of error, wrong productions were prevented. The measurement results were compared with the results of contact measuring devices such as calipers. The percentage error rates with the developed technique were compared with the contact measurement techniques and it was seen that the image in the B channel gave relatively more accurate results compared to the images in the R and G channels.

Keywords: Credit finding, flaw detection, image processing, quality credit precise measurement.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim ve tez çalışmalarında bana her konuda yardımcı olan, bilgisini, tecrübesini, hoşgörüsünü esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Cemil SUNGUR'a,

Çalışma sürecimde manevi desteklerinin yanı sıra her türlü teknik sorunlarıma yanıt bulmamda yardımcı olan kıymetli hocam Sayın Dr. Hakan TERZİOĞLU'na,

Benden manevi desteğini esirgemeyen arkadaşım Tuğrul GÖVER'e ve Burak Gönültaş'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca, tez çalışmalarım süresince maddi ve manevi destekleriyle bana güç veren, her zaman yanımda olan sevgili eşim Merve YOLDAŞ'a, güzel kızım Hanne Erva YOLDAŞ'a, anneme, babama ve kardeşime sonsuz teşekkür ederim.

Mehmet YOLDAŞ
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. Alüminyum Ekstrüzyon Profil Üretimi	2
1.2. Alüminyum Ekstrüzyon Profil Kalite Kontrol Süreci	4
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
2.1. Literatür Taraması.....	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
3.1. Donanım.....	20
3.1.1. Kamera.....	21
3.1.2. Aydınlatma.....	21
3.1.3. Mekanik düzenek.....	21
3.2. Yazılım.....	23
3.2.1. Akış diyagramı.....	23
3.2.2. Profil ölçüm aşamalarından örnekler	24
3.2.3. Faydalanılan yazılımlar.....	28
4. GÖRÜNTÜ İŞLEME TEMELLERİ	30
4.1. Renk Uzayları	32
4.1.1. RGB renk uzayı	33
4.2. Temel Görüntü İşleme Metodları	33
4.2.1. Görüntünün yeniden boyutlandırılması	34
4.2.2. RGB kanal görüntülerinin elde edilmesi	34
4.2.3. Görüntü eşik değeri bulma.....	35
4.2.4. Medyan filtre.....	36
4.2.5. Kenar tespit yöntemleri.....	38
4.2.6. Kontur tespiti	43
4.2.7. Kalibrasyon yöntemi.....	44
5. UYGULAMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	49
5.1. Çalışılan Kesitlerin Tolerans Değerleri ve Yüzde Hata Oranı	49
5.2. Elde Edilen Sayısal Sonuçlar	51
5.3. Yüzde Hata Oranlarının Detaylı Olarak İncelenmesi	59

5.3.1. 08027 profil yüzde hataları-1.....	59
5.3.2. 08027 profil yüzde hataları-2.....	60
5.3.3. 04053 profil yüzde hataları-1.....	61
5.3.4. 04053 profil yüzde hataları-2.....	62
5.3.5. 03249 profil yüzde hataları-1.....	63
5.3.6. 03249 profil yüzde hataları-2.....	64
5.3.7. 00396 profil yüzde hataları-1.....	65
5.3.8. 00396 profil yüzde hataları-2.....	66
5.3.9. 02195 profil yüzde hataları-1.....	67
5.3.10. 02195 profil yüzde hataları-2.....	68
5.3.11. 02196 profil yüzde hataları-1.....	69
5.3.12. 02196 profil yüzde hataları-2.....	70
5.3.13. 00531 profil yüzde hataları-1.....	71
5.3.14. 00531 profil yüzde hataları-2.....	72
5.3.15. 08026 profil yüzde hataları-1.....	73
5.3.16. 08026 profil yüzde hataları-2.....	74
5.4. RGB Kanallarındaki Maksimum ve Minimum Yüzde Hataları Dağılımı	75
5.5. Sonuç ve Öneriler	76
6. KAYNAKLAR	78

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

CCD	: Charged Coupling Devices
CMOS	: Complementary Metal Oxide Semiconductor
CMYK	: Cyan, Magenta, Yellow, And Key
HD	: High Definition
HSV	: Hue, Saturation, Value
IAI	: International Aluminum Institute
IDE	: Integrated Development Environment
IR	: Infrared
ISEF	: Infinite Symmetric Exponential Filter
led	: Light Emitting Diode
Mm	: Milimetre
MP	: Megapiksel
MR	: Magnetic Resonance
MSE	: Mean Squared Error
NIR	: Near Infrared
nm	: Nanometre
OS	: Operating System
PSNR	: Peak Signal to Noise Ratio
RGB	: Red, Green, Blue
TSEN	: Türk Standardları Enstitüsü
UV	: Ultraviolet
XOR	: Exclusive OR
YUV	: Luminance (Y), Blue Luminance (U), Red Luminance (V)

1. GİRİŞ

Dünyada alüminyum profil kullanımı gün geçtikçe artış göstermektedir. Alüminyum metali hafif olması, birim ağırlığa göre mukavemetinin fazla olması, korozyona karşı olan dayanıklılığı, farklı yöntemlerle yüzeyinin renklendirilebilmesi, geri dönüşümünün kolay olması gibi üstün özelliklerinden dolayı farklı alanlarda yaygın şekilde kullanılmaktadır (Güler, 2013; Akdoğan, 2018). Bu üstün özelliklerinden dolayı 2030 yılı için IAI'nın öngördüğü rakamlara göre, alüminyum sektöründeki büyüme yüzde %7 olarak belirlenmiştir.

Alüminyum profilinin üretildiği ekstrüzyon sektörü, dünya çapında alüminyum ihracaatı bakımından en önemli sektörler arasında yedinci sıradadır. Ayrıca dünyadaki toplam ticaretin %4'ünü oluşturmaktadır (Akça ve ark., 2017). Ekstrüzyon ihracı bakımından Türkiye ise dünyanın en büyük altıncı ihracatçı ülkesi konumundadır.

Ekstrüzyon sektöründe gerçekleştirilen kalite kontrol işlemlerinden boyutsal ölçümler, temaslı ya da temassız ölçü aletleriyle gerçekleştirilmektedir (Raman ve ark., 2012). Bilim ve teknolojinin gelişmesiyle büyük boyutlu, karmaşık yapıları, bükümlü profillerin kalite kontrol ölçümlerinin gerçekleştirilmesi, temaslı test teknolojisi ile endüstrinin ihtiyaçlarını karşılayamamaktadır (Ilunga ve ark., 2019). Ayrıca geleneksel temaslı ölçüm yöntemleri insan gücüne, yeteneğine bağlıdır. Bu yöntemde verimlilik düşüktür ve ölçüm garantisi verilemez.

Temaslı ölçüm cihazları tamamen görsel olarak gerçekleştirilir ve hata miktarları oldukça fazladır. Özellikle hassas ölçümlerin gerektiği ölçümlerde, performansları düşüktür. Temassız ölçüm yöntemleri, bu işlemleri bir yada birkaç hassas kamerayla gerçekleştirdiğinden, hızlı çözümler sunar ve nesnelerin istenilen özelliklerini hızlıca tespit eder (Yaman ve ark., 2016). Sonuçlarının tutarlı olması da güven artışına sebep olmaktadır (Kierkegaard, 1992). Özellikle endüstride kullanılan görüntü işleme uygulamalarından olan geometrik ölçüm test teknolojisi, üretim teknolojilerinin vazgeçilmezi olmuştur (Trigs, 2001; De Santo ve ark., 2004, Zhang ve ark, 2006; Dworkin ve Nye, 2006; Deng ve ark., 2010;).

Görüntü işleme tekniklerinin kullanımıyla endüstride, personelin kişisel hatalarından, teknik olarak eksikliklerinden etkilenmemek hedeflenmektedir. Ayrıca kalite kontrol işlemlerinin kişiler tarafından yapılması daha fazla zaman harcanmasına

ve üretim maliyetlerini artmasına sebep olacaktır (Rosas ve ark., 2005). Görüntü işleme teknolojisinin kullanımıyla çok daha hızlı, esnek ve doğru ölçümler gerçekleştirilmiş ve üretim kapasite artışı sağlanmıştır (Baygın ve Karaköse, 2015). Bu da çok yüksek hızlarda kalite kontrol işlemleri yapabilme imkânı sağlarken, kalite kontrol hizmeti maliyetlerini de düşürür (Thammasorn ve ark., 2013; Zhang ve ark., 2014).

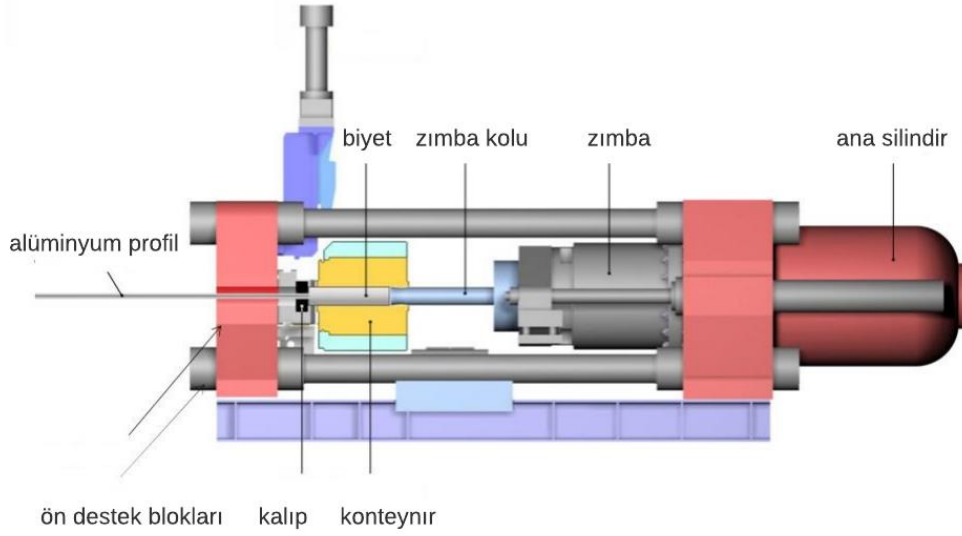
Birçok pozitif özelliği bakımından görüntü işleme teknolojisi, gün geçtikçe endüstride temaslı ölçüm cihazlarının yerini almaktadır (Gadelmawla, 2004). Bu türlü pozitif etkilerinden dolayı kalite kontrol süreçlerinde de kullanılmaya başlanmıştır (Brosnan ve Sun, 2004).

Bu çalışmada alüminyum ekstrüzyon sektöründe üretilen karmaşık yapıları ve birçok ölçüm noktası bulunan profillerin kalite kontrol işlemlerinin, temaslı ölçüm cihazlarına göre daha hızlı sürede ve daha küçük hata paylarına sahip şekilde, görüntü işleme teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

1.1. Alüminyum Ekstrüzyon Profil Üretimi

Ekstrüzyon sektöründe alüminyum üretimi, belirlenmiş yüksek sıcaklıklarda, hidrolik kuvvetler sayesinde, yüksek basınç altında, kütük halinde bulunan alüminyum hammaddenin (biyet) belirli şekillere dönüştürülmesi için tasarlanmış kalıplardan akmaya zorlayarak şekil verme süreci olarak tanımlanmaktadır (Kalkan, 2011).

Bu proseste, üretilecek profilin özellikleri, kullanılacak biyet alaşım özellikleri, sonrasında yapılacak yüzey işlem süreçleri gibi birçok parametre değerlendirilerek, akma mukavemetini düşürecek sıcaklıklara kadar alüminyum biyet fırınlarda ısıtılır. Belirlenmiş uzunluklarda kesilen biyet, mekanik sistemler sayesinde, yüksek güçlü hidrolik prese alınır. Daha sonra Şekil 1.1'deki görüldüğü gibi üretim sırasında biyeti sıcak tutan kovan bloğu arasına yerleştirilir ve üretilmek istenen şeklin verildiği kalıba dayanır. Ardından zımba, biyeti kalıba doğru itirmeye başlar. Bu sayede kalıpta belirlenen şekillere göre istenilen formda profil üretimi gerçekleştirilir (Aydın ve ark., 2009).



Şekil 0.1. Alüminyum ekstrüzyon pres örneği

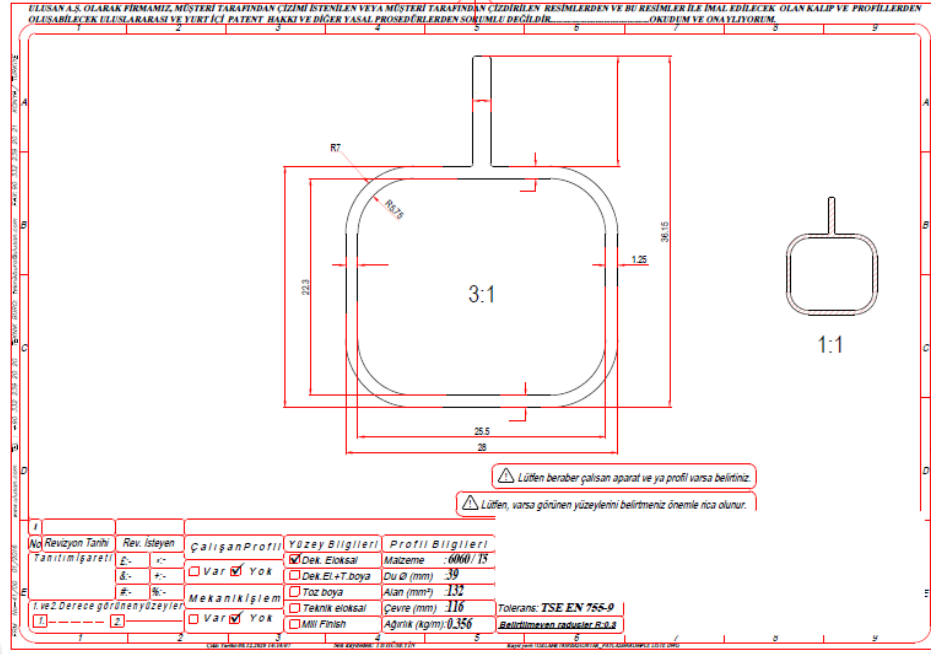
Ekstrüzyon üretim tekniği, yüzey özellikleri de dahil olmak üzere ölçü toleransları açısından da oldukça hassas bir üretim sürecidir. Son ürün ölçüleri, üretimin her safhasındaki bir etkiden dolayı değişkenlik gösterebilir. Kalıp ömürleri, sürtünme ve ısınma etkilerinden dolayı akma mukavemeti, hammadde homojenizasyonu gibi birçok parametre sabit olmadığından, üretilen profil ölçüleri sürekli değişkenlik göstermektedir. Bu bakımından kalite kontrol işlemlerinin sürekli yapılması önem arz etmektedir. Bu sebeple, mümkün olduğu kadar fazla miktarda son ürün numunesi alınıp, ölçümleri gerçekleştirilir. Bu yöntemle hatalı üretimin zamanında durdurulması sağlanmış olur.

Alüminyum ekstrüzyon yöntemi ile profil üreten birçok firma, kalite kontrol ölçümlerini temaslı yollarla gerçekleştirmektedir. Kumpas, gönye, mikrometre, radyus mastarı gibi ölçü aletleri kullanılmaktadır. Bu ölçü aletleri kullanılarak yapılan ölçümler, kalite kontrol şablonu ile belirtilen önemli kesitlere göre gerçekleştirilir. Ardından elde edilen sonuçların tolerans içerisinde olup olmadığı kontrol edilir. Tolerans değerleri aşıldıysa üretimin en hızlı şekilde durdurulması gerekmektedir.

1.2. Alüminyum Ekstrüzyon Profil Kalite Kontrol Süreci

İlk defa üretimi gerçekleştirilecek yeni bir alüminyum profilin ekstrüzyon yöntemiyle üretilme süreci oldukça karmaşıktır. Bu süreç, üretilmesi istenen profilin teknik çizimlerinin tolerans değerleri ile birlikte üretici firmaya iletilmesiyle başlar. Üretici firma bu profil üretimi için üretilebilirlik kontrollerini gerçekleştirir. Bu işlem sonrasında üretimi yapılabilir profil için alıcı firmaya özel şartlarla teklif gönderilir. Şartlara göre anlaşma sağlanırsa profil kalıbı hazırlanır. Kalıp üretimi ardından gerçek üretim gibi test çalışmaları yapılır. Test çalışmaları sırasında üretilen profil ölçüleri, üretilmek istenen profil ölçüleri ile kıyaslanır. Problemli kısımlar tespit edilir ve bu sorunların giderilmesi için kalıpta revize işlemleri gerçekleştirilir. Yapılan değişiklikler sonrasında kalıp tekrar test üretimine alınır. Bu işlemlerle uygun ölçülere gelene kadar tekrar tekrar test üretimi gerçekleştirilir. Üretilen profil tolerans aralığını sağladığı müddetçe kalıp üretime uygundur ve revizyon işlemi gerektirmez.

Alüminyum ekstrüzyon sektöründe kalite kontrol işlemleri üretimle eş zamanlı şekilde başlar. Çünkü profil üretimi çevresel bir çok değişkene bağlıdır. Bu değişkenlerin anlık değişimleri profil üzerinde ölçü farklılıkları oluşturmaktadır. Bundan dolayı üretim sırasında üretilen profilden sürekli şekilde numuneler alınıp ölçü toleransları bakımından kontrolleri gerçekleştirilir. Kalite kontrol görevlisi TSEN 755-9, TSEN 12020-2, TSEN 12373-1, TSEN 2813 tolerans standartlarına göre profil kalite kontrol ölçümlemleri gerçekleştirir. Bu kontroller yapılırken kumpas, gönye, sentil, radius mastarı gibi temaslı ölçü aletleri kullanarak ilk kalite kontrol üretimleri gerçekleştirilir. Ölçü toleransları sağlandığı müddetçe siparişin tamamı üretilmeye devam edilir. Bu işlemin ardından sipariş özelliklerine göre yaşlandırma fırınlarında sertleştirme işlemleri uygulanır. Bu sertlik işleminden sonra sertlik ölçüm cihazı olan Webster ve dijital sertlik ölçüm cihazı kullanılarak sertlik kontrolleri sağlanır. Ardından profil için gerekli yüzey işlemlerinden eloksal ya da statik toz boya gibi yüzey işlemlerin gerçekleştirildiği bölümlere gönderilir. Yine siparişin durumuna göre varsa mekanik işlemler için mekanik atölyede mekanik işlemler uygulanır. Üretim aşamaları sonrasında kalite kontrol işlemleri için kalite kontrol işlemleri başlatılır.



Şekil 1.2. Alüminyum profil teknik resmi

Kalite kontrol işlemlerinin en başında yüzey kontrolleri gelmektedir. Sipariş özelliklerine göre yüzey kontrollerinde, yüzey rengi kartela renkleri ile karşılaştırılarak yapılır. Haricinde yüzey kusurları tespit edilmeye çalışılır (çizik, yırtık, eğrilik, su lekesi, yağ lekesi, boya çapağı gibi fiziksel hatalar). Yüzey problemleri olmayan ve profil rengi toleranslar içerisinde bulunan profillerin mekanik kontrolleri gerçekleştirilir. Uygunsuz olan profiller hurdaya ayrılır. Uygun olan ürünler sevk edilmek üzere ambalajlanır. Şekil 1.2’de örnek bir profilin teknik çizimi gösterilmiştir.

Bu bölümde dünyada ve ülkemizde ekonomik açıdan önemli bir yeri olan alüminyum profil pazarı hakkında bilgi verilmiş, ekstrüzyon sektöründeki üretim sürecine değinilmiştir. Bu süreçte temaslı ölçüm cihazları ile yapılan kalite kontrol işlemlerinden söz edilmiş ve mevcut sistemdeki eksiklikler belirtilmiştir. Görüntü işleme teknolojisi kullanılarak geliştirilen sistemle, kalite kontrol işlemlerindeki olumlu etkilerden söz edilmiştir. Gelecek bölümde, nesnelerin görüntü işlemeyle, kesit ölçümlerinin gerçekleştirildiği çalışmalar hakkında yapılan literatür taramaları özetlenerek verilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Alüminyum profillerde görüntü işleme ile yapılan bilimsel çalışmalar incelendiğinde yapılan çalışmaların büyük bir çoğunluğu yüzey sorunlarını tespit etmek üzere gerçekleştirilmiştir (Al-jabbouli ve ark., 2015, Chondronasios ve ark., 2016; Wei ve Bi, 2019; Wu ve ark., 2019). Görüntü işleme tekniği kullanarak nesnelerin boyut ölçümleri ile ilgili çalışmalar incelendiğinde temel geometriye sahip şekiller üzerine ölçümler yapılmıştır. Detayları fazla olan karmaşık şekillerin ölçümünün gerçekleştirildiği çalışmalarda da parlak nesnelerde çalışmalar yapılmamıştır. Bu çalışmada yansıtma özelliği çok fazla olan alüminyum profillerin, görüntü işleme tekniğinden faydalanılarak üretim esnasındaki kritik kesit ölçümlerinin, hızlı ve doğru bir şekilde ölçülmesi sağlanmıştır. Bu sayede hatalı üretimler daha erken tespit edilecek ve bu sayede üretimde verimlilik artışı sağlanması hedeflenmiştir.

2.1. Literatür Taraması

Derganc ve ark. (2003), analog enerji ölçer de kullanılan rulmanların eksantrikliğini ölçme çalışmalarını gerçekleştirmek üzere yapılan çalışmada, kamera nesne uzaklığının hassas ayarlanması için step motor kullanarak bir düzenek geliştirilmiştir. CCD kamera kullanarak yapılan ölçümlerde eksantriklik ölçümleri için cisim döndürülmüş ve kaçıklığın maksimum 0,1 mm tolerans içerisinde olmasına bakılmıştır. Elde edilen görüntülere medyan filtre uygulanarak gürültüden uzaklaştırılmıştır. Kenar noktalarının tespit edilmesinden sonra Hough transform ve lineer regresyon yöntemleri kullanarak ölçüm çizgilerinin pozisyonları belirlenmiştir. Temaslı yöntemlerle karşılaştırıldığında çok hızlı ve güvenilir sonuçlar vermiştir.

Lee ve ark. (2008) çalışmalarında, kritik özellikli metalik parçaların kesit ölçümlerini geliştirmek adına, SNR (signal to noise) oranına ve görüntünün tam konumlandırılması konularına dikkat çekilmiştir. Ölçüm performansının artırılması için konumun çok önemli olduğu ifade edilmiştir. Bu amaçla, otomatik odaklama, hızlı görüntü alma, kenar tespitinin hassas yapılması konularında detaylı araştırmalar yapılmıştır. Otomatik odaklanmada hatanın minimuma indirgenmesi için, odak derinliği 1mm olan güçlü bir lens kullanılmıştır. Ayrıca otomatik odak algoritmalarından

gradient magnitude maximization (GMM) metodu, frequency domain metodu (FDM), gray level variance (GLV) metotları denenmiştir. Ardından gürültü eklenen görüntülerde çalışma yapılmış ve GLV metodunun en az etkilendiği görülmüştür. Gürültülerin giderilmesi için medyan filtre kullanılmıştır. Kenarların hassas şekilde tespiti için alt piksel kenar tespit metodu kullanılmıştır. Gürültüden en çok etkilenen metot, GMM kullanıldığından Sobel kenar tespiti olmuştur. Ayrıca görüntülerin elde edilmesinde GLV en hızlı, FDM en yavaş metot olmuştur.

Zhang ve ark (2010), erişim alanı kısıtlı bölgelerde, minyatür parçaların kesit ölçüm çalışmalarında görüntü işleme uygulaması gerçekleştirilmiştir. Görüntü bozulmalarını azaltmak için telesentrik lens kullanılmıştır. Hassas konumlama gerçekleştirmek için optik liner enkoderli mekanik düzenek kurulmuştur. Görüntülerin elde edilmesinde CCD kameraya sahip boroskobun sahip olduğu aydınlatma haricinde aydınlatma unsuru kullanılmamıştır. Dar bölgelere boroskop yardımıyla ulaşıp, görüntüler elde edildikten sonra, ölçülecek bölge büyük görüntüden kırılmıştır. Kalan görüntüyü gürültülerden temizlemek için filtreler uygulanmıştır. Ardından keskinleştirme işlemleri yapılmıştır. Sobel kenar belirleme algoritmaları kullanılarak kenar tespiti yapılmış, alt ve üst noktalar bulunmuştur. Bu noktaların pozisyon bilgileri kullanılarak orta nokta tespiti yapılmıştır. Maksimum ölçüm hatası 8 mikrometre olarak kaydedilmiştir. Bir ölçüm yaklaşık 20 saniyede gerçekleştirilmiştir.

Gadelmawla (2011) yaptığı çalışmada, pahalı ya da uzun zaman gerektiren dışı ölçüm yöntemlerinin yerine görüntü işleme teknolojisi kullanarak hassas ölçümler yapılmıştır. Microsoft Visual C++ programı kullanılarak arayüz programı geliştirilen bu sistemde, dış çap ve baskı açısı bilgileri sisteme elle girilerek bu değerler piksel mm dönüşümünde kullanılmıştır. Ayrıca bu değerler kalibrasyon işlemlerinde de kullanılmıştır. Görüntü, binary formata dönüştürüldükten sonra her bir piksel 8 komşu piksel ile karşılaştırılarak kenar belirleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Kenar algılama işlemlerinden sonra normalden kalın çıkan kenarları inceltmek için morfolojik işlemler uygulanmıştır. Merkez ve dış çapların belirlenmesi için kontur işlemleri uygulandıktan sonra minimum x, maksimum x, minimum y, maksimum y noktaları belirlenerek merkez ve dış çaplar hesaplanmıştır. Arayüz programı sayesinde toleranslar belirtilmiş ve bu değerler doğrultusunda hesaplanan sonuçlar çıktı olarak ekrana verilmiştir.

Güneş ve ark. (2012) yaptıkları çalışmalarında, metal el aletlerinin ölçümünde kullanmak üzere, kalibrasyon işlemleri için iki adet referans nesne ve ölçüm yapılacak nesne beyaz bir zemin üzerinde fotoğraflanmıştır. Ardından görüntü gri tonlamaya dönüştürülmüştür. Nesnelerin arka plandan ayrılması için eşik değeri uygulanmıştır. Bu haliyle binary formata gelen görüntüde meydana gelen boşlukların yok edilmesi amacıyla morfolojik işlemler kullanılmıştır. Daha sonra Hough transform yöntemiyle kamera nesne açısı hesaplanmıştır ve dik olması sağlanmıştır. Görüntüsü alınan bir nesnenin bu çalışmayla boyut, alan ve açısının bulunabileceği görülmüştür.

Öztürk ve ark. (2013) yaptıkları çalışmalarında, metal parçalarda çekme deneylerinden sonra malzemelerin sünekliğinin ölçülmesinde temaslı ölçüm cihazları ile yapılan ölçümlerinin başarısız olması sebebiyle, aynı ölçüm çalışmaları görüntü işleme teknikleri ile yapılmış ve bu iki ölçüm yöntemi kıyaslanmıştır. Toplamda farklı dört hızla yapılan çekme testlerinde üç kesitin ölçümleri kıyaslanmıştır. Görüntü işleme yöntemiyle ölçülecek yüzey öncelikle siyah renge boyanmış, oluşturulan mekanik düzeneğe kameranin nesneye dik duruşu sağlanmış ve bu şekilde sabitlenmiştir. Ölçüm için referans nesne olarak, ölçüleri bilenen dairesel bir nesnenin de görüntüleri alınmıştır. Görüntüler 4 MP kamera kullanılarak elde edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda geliştirilen ölçüm yönteminin çekme deneylerinde kullanılabileceği tespit edilmiştir. Görüntü işleme yöntemi Matlab yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

Sun ve ark. (2014) çalışmalarında, şaft malzemelerin çap ölçümünde kullanılmak üzere tasarlanan görüntü işleme sisteminde, şaft parça iki ucundan sabitlenmiş şekilde iken CCD kamera kullanılarak görüntüler alınmıştır. Kamera kalibrasyonu dama şablonu kullanılarak yapılmış, açısal bozukluklar kontrol edilmiştir. Bu şablon kullanılarak piksel mm dönüşümü yapılmıştır. Kenarların elde edilmesinde Canny kenar algılama yöntemleri kullanılmış, kenarlar elde edildikten sonra birbirine paralel çizgiler gözlemlenmiştir. Köşe tespit algoritması kullanılarak köşeler elde edilmiştir. Ortalama ölçüm hatası 0.005 mm olarak hesaplanmıştır.

Haque ve Himat (2014), dişli grubu dişlerinin sayılması ve yüzey alanının hesaplanması çalışmasında, kamera tarafından elde edilen görüntüler öncelikle gri renk koduna dönüştürülmüş, sonrasında eşik değeri uygulanmıştır. Eşik değeri sonrasında nesne görüntüsünde kalan boşluklar morfolojik işlemlerle kapatılmıştır. Ardından bu

görüntüde nesnenin alan hesaplaması yapılmıştır. Farklı dişli üzerinde tüm süreçler tekrarlanmış ve sonuçları kaydedilmiştir. Çalışmalar Matlab programında yapılmıştır.

Li ve ark. (2015) çalışmalarında, mekanik parçaların görüntüleri elde edildikten sonra gürültülerin yok edilmesi için medyan filtre kullanılmıştır. Eşik segmentasyonu elde edildikten sonra Hough transform yöntemiyle dairelerin merkez pozisyonları bulunmuştur. Çalışmalar Visual Studio programı kullanılarak C++ dilinde yapılmıştır. Ölçümlerin alınması için mekanik bir düzenek oluşturulmuş ve aydınlatma kaynağı nesnenin zemine temas ettiği yere sabitlenip, kameraya bakacak şekilde sabitlenmiştir.

Kale ve Maknikar (2016), endüstride çokça kullanılan dişlilerin kalite kontrol ölçümlerini yapmak için görüntü işleme tekniklerinden faydalanmışlardır. Üretim bandında ürünler akarken eş zamanlı görüntüler alınmış ve elde edilen görüntüler öncelikle gri koda dönüştürülmüştür. Ardından Otsu eşik değerine göre binary formata dönüştürülmüştür. Segmentasyona uğramış görüntüde son olarak gerekli olan kısımlar kırılmıştır. Çalışmalar Matlab uygulaması kullanılarak yapılmıştır.

Salloom (2016) çalışmasında, otomotiv sektöründe üretilen mekanik parçaların kesit ölçümleri görüntü işleme teknikleri ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen görüntü öncelikle gri koda dönüştürülmüş, ardından binary forma dönüştürülerek segmentasyon işlemleri uygulanmıştır. Ardından kenar bulma işlemleri yapılmıştır. Kalibrasyon işlemleri için gerekli referans nesne olarak ölçeklendirme blokları kullanılmıştır. Koordinat bilgisi alınabilen piksellerle, matematiksel bazı denklemleri de kullanarak piksel bilgileri hesaplanmıştır. Ardından ölçeklendirme katsayısı ile gerçek mm cinsinden ölçüm değeri bulunmuştur. Sistem çözünürlüğü 0,0821 mm olarak hesaplanmış, yapılan çalışmalarda Matlab uygulaması kullanılmıştır.

Jawad ve Husain (2017) çalışmalarında, 5 cm çaplı bir daire ve 5 cm kesitli küp nesnelerin kesitleri farklı kamera uzaklığında ve farklı kamera zoom seçeneğinde görüntü işleme tekniğiyle ölçülmüştür. Çalışmada tüm nesnelerin görüntüsü belirli bir kamera uzaklığında alındıktan sonra, bu metrajda farklı zoom özellikleri denenmiştir. Daha sonra nesneler farklı metrajlara getirilip tekrar farklı zoom ayarında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarına göre teorik olarak artan ya da azalan mesafedeki değişim, nesnelerin kesitlerinde lineer azalma ya da lineer artma meydana gelmesini söylerken, deneysel çalışmalarda lineer olmadığı görülmüştür.

Li (2018) çalışmalarında, şaft malzemelerinin görüntü ölçme tekniği kullanılarak ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen sistemde CCD kamera kullanılarak elde edilen görüntülerin elde edilmesinde back light aydınlatma yöntemi kullanılmıştır. Ardından gri koda dönüştürüldükten sonra, gürültü filtresi uygulanmıştır. Kenar belirleme işlemleri için Canny kenar algılama yöntemi kullanılmıştır. Hough transform yöntemleri ile çizgi ve dairelerin koordinatları belirlenmiştir. Sistem kalibrasyonları yapıldıktan sonra gerçek ölçüm değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada OpenCV kütüphanesi kullanılarak PyCharm uygulamasından faydalanılmıştır. Deney sonuçlarına göre ölçüm sisteminin tekrarlama hatası 0.01 milimetre altında çıkmıştır.

Li (2018), küçük mekanik şaft parça kesitlerinin ölçülmesi için yapılan çalışma, görüntü elde etme, görüntü kenarlarını çıkarma, alt piksel pozisyonlama, birleştirme ve ölçüm tahmini olarak bölümlendirilmiştir. Kenarların tespiti için gri koda dönüştürülen görüntü, ardından binary forma dönüştürülmüştür. Uygun eşik değeri ile segmentasyon uygulanmış ve ölçülecek nesne bu sayede arka plandan ayrılmıştır. Kenarların algılanması için en yaygın kullanılan alt piksel algılama yöntemlerinden Canny kenar algılama yöntemi kullanılmıştır. Kamera olarak 5 MP CCD kamera kullanılmış, görüntü işleme yazılımı Matlab kullanılarak yapılmıştır. Yapılan yöntemlerle hata payının düştüğü görülmüştür.

Dai ve Zhu (2018) yaptıkları çalışmalarında mekanik işlemlerde kullanılan takım uçlarının bozulmalarını tespit etmek için takım uçlarındaki kesit ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Kamera olarak CCD kamera kullanılan sistemde aydınlatma armatürü olarak ring aydınlatma armatürü seçilmiştir. Malzeme yüzeyinde bulunan delik görünümünü yok etmek için ISEF filtre kullanılmıştır. Bu çalışmada 12 adet saf bakır ve T4 çelik malzemenin mekanik işlemleri sırasında sonuçlar alınmıştır. Takım uçları Olympus Toolmakers mikroskobu ile yakınlaştırılıp ölçülmüştür. Deneyler sonunda, görüntü işleme tekniklerinden faydalanılıp, mekanik aşınmaların önceden tahmin edilebilir olduğu görülmüştür.

Bayram ve Yılmaz (2019) yaptıkları çalışmalarında, metal sektöründe dairesel ölçümlerin gerçekleştirilmesi için yapılan görüntü işleme teknolojisinde Hough dönüşüm algoritması kullanılarak çemberlerin tespiti yapılmıştır. Python dilinde OpenCV kullanılarak yazılım çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan düzenekle aydınlatma sabit tutularak aynı ortamda görüntü alımı sağlanmıştır. 27 adet saç levhada

yapılan çalışmalarda 0,3 MP, 1,2 MP, 5 MP ve 10 MP çözünürlükte farklı kameralarla görüntüler alınmıştır. Çözünürlüğün artmasına bağlı olarak 0,3 MP kamerada %88,88 iken, 10 MP kamerada %96,29 doğruluk oranı hesaplanmıştır.

Ilunga ve Mpoyi (2019), mekanik parçaların ölçülmesine dair yapılan çalışmalarda elde edilen görüntüde medyan filtre uygulanarak gürültüler yok edilmiştir. Eşik değeri ile segmentasyon yaptıktan sonra kenar belirleme işlemleri yapılmıştır. Hough dönüşümünün yavaş olduğunu belirtilerek bu yöntemle çizgi ve daireler belirlenmiştir. Ardından çizgi ve dairelerin koordinatları bulunmuştur. Bu bilgiler doğrultusunda istenilen görüntüde iki farklı nokta arasındaki ölçüm çıkarılmıştır. Çalışmalar Matlab programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Shetty (2019), OpenCV kütüphanesi kullanılarak yapılan çalışmada, 200 dişli görüntüsü üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Görüntü gri koda dönüştürüldükten sonra gürültü filtrelerinden Gaussian yumuşatma filtresi uygulanmıştır. Sonrasında Sobel X, Sobel Y ve Laplacian kenar filtresi kullanılmıştır. Ardından keskinleştirme filtresi ile görüntü arka plandan ayrılmıştır. Ölçülmek istenen farklı 4 dişli örneği aynı metotla ölçülmüştür. Referans nesnelerin sınıflandırma işlemleri Tensorflow modeli kullanılarak yapılmıştır. Bu metot kullanılarak üretim bandında kalite kontrol işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Priya ve Sudha (2019), somun cıvata üretim tesisinde kullanılmak üzere yapılan görüntü işleme çalışmasında, görüntülerin elde edildiği kamera, konveyör sisteminde ürünleri aşağıdan görüntüleyecek şekilde montajlanmıştır. Elde edilen görüntülerin arka plan gürültülerini yok etmek için filtreler kullanılmıştır. Segmentasyon işlemleri için Fuzzy segmentasyon yöntemi, kenar tespit işlemleri için Canny kenar tespit yöntemi seçilmiştir. Ölçümler gerçekleştirildikten sonra, tolerans dışında üretim işlemlerinde ürün bir selenoid valf yardımıyla üretim bandından ayrılmıştır. Çalışmalarda Matlab uygulaması kullanılmıştır. Sistem %85 doğruluk oranı ile çalışmıştır. Işık değişiklikleri için önlem alınmaması bu kadar yüksek hata payı meydana getirmiştir.

Yoldaş ve Sungur (2020) yaptıkları çalışmalarında, yansıtma özelliği fazla olan alüminyum profillerin kesit ölçümleri görüntü işleme teknolojisi kullanarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle kameradan alınan görüntü gri koda çevrilmiş, ardından gürültülerin giderilmesi için medyan filtre kullanılmıştır. Canny kenar algılama yöntemi kullanılarak kenar belirlenmiş ve kontur uygulaması yapılmıştır. Kenarlarda bulunan

dönüş noktaları, çember içerisini alınmıştır ve bu noktaların koordinatları belirlenmiştir. Belirlenen kesitleri ölçmek için matematiksel işlemler yapılarak, kesitin piksel karşılığı bulunmuştur. Kamera kalibrasyonu için dama formatında bir görsel kullanılmıştır. Dönüşüm oranları elde edildikten sonra istenen kesit ölçüsü bulunmuştur. Yapılan çalışmalar sonucu görüntü işleme teknikleri kullanılarak yapılan ölçüm hata payları en başarısız temassız ölçüm hata payları seviyesinde çıkmıştır. Çalışmalar OpenCV de yapılmıştır.

Sabliov ve ark. (2002), tarım ürünlerinin görüntü işleme teknolojisi kullanılarak kesit ölçümlerinin yapılmasına örnek çalışmada 100 watt halojen lambaların aydınlattığı sahnede, zemin siyah ahşap malzemeden seçilmiştir. Kamere olarak Hitachi KP-D50 Professional kullanılmıştır. Elde edilen görüntüler gri koda dönüştürülmüştür. Ardından eşik değeri uygulaması ile binary forma dönüştürülmüştür. Referans nesne ile arasındaki fark Adobe Photoshop programı kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak geleneksel yöntemle boyut ölçümü yapılan çalışmalarda ölçüm sonuçları normalden %3,20 daha büyük değerler hesaplanırken, görüntü işleme teknoloji sistemi ile %1,34 büyük değerler hesaplanmıştır. Bu da görüntü işleme teknolojisi ile yapılan ölçümlerin klasik yöntemlerden daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Özkan (2012), yumurta sınıflandırması ile ilgili yapılan çalışmada 400 adet yumurtanın kirlilik durumu, kısa çap, uzun çap, hacim hesaplaması ve buna bağlı olarak kütle hesaplaması yapılmıştır. Çalışmalar Matlab programı kullanılarak yapılmıştır. Kamera olarak 15 MP Logitech Hd Pro C920 kamera modeli kullanılmıştır. Görüntü alma platformu, görüntülerin daha sağlıklı olması için sistemi dış etkilere uzak tutmak adına kapalı bir kutu haline getirilmiştir. Bu ölçüm yöntemiyle yapılan çalışmada istenilen özellikler %98 doğruluk oranı ile tespit edilmiştir. Yumurta hacim hesaplaması %2-%2,5 hata ile gerçekleştirilmiştir.

Er ve ark. (2013), farklı cins elmaların boyut olarak sınıflandırılması, görüntü işleme teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Hareketli konveyör sistemi üzerinde bulunan elmaların görüntüsü, farklı kabin içerisinde bulunan kamera tarafından alınmıştır. Toplamda 201 adet elma görüntüsü elde edilmiş ve bu elmaların sınıflandırılması yapılmıştır. Aydınlatma için led aydınlatma kullanılmış ve aydınlatma etkisini artırmak için görüntü işleme kabini içerisi ayna ile kaplanmıştır. Kamera nesne mesafesi 1 metre olarak ayarlanmıştır. Elde edilen görüntüde öncelikle gerekli olan

kısım kırılmıştır. Gri renk 7una dönüştürüldükten sonra gürültülerden temizlenerek iyileştirme sağlanmıştır. Ardından binary forma dönüştürülen görüntünün arka plandan ayrılması sağlanmıştır. Elma yüzeyindeki bozukluklar ve sap kısmının görüntüden uzaklaştırılması için morfolojik işlemlerden kapatma işlemi uygulanmıştır. Hareketli sistemde saniyede 16 görüntü alınmış ve elmaların boyut tahminleri en küçük kareler tahmini kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Sofu ve ark. (2013), elmalarda boyut hesaplamaları için yapılacak ölçümlerin daha sağlıklı olması adına, kameranin odaklama mesafesinin ayarlanması için bir asansör sistemi yapılmıştır. Bu sistemle birlikte kamera aşağı yukarı yönde ayarlanabilmektedir. Tasarlanan konveyör sistemi ile taşınan elmalar ikişer ikişer kamera önünden geçerken eş zamanlı görüntüleri alınmıştır. Matrix vision, mv blue fox -124c smart CCD kamera kullanılmasının temel sebebi, görüntü alma hızının fazla olması sayesinde interaktif görüntü işleme çalışması mümkün olması olmuştur. Aydınlatma kaynağı güç beslemelerinin doğru akım olması sebebiyle, alternatif akıma bağlı çalışan aydınlatmalarda meydana gelen flaşör etkisinin önüne geçilmiştir. Dış etkilerden izole olmak adına görüntü elde etme platformu kapalı kutu şeklinde tasarlanmıştır. Bu sayede dış etkilerden tamamen yalıtılmış hale getirilmiştir. Elde edilen görüntüde zemin zengini oluşturan arka plan rengi olumlu etkilerinden dolayı siyah seçilmiştir. Aynı zamanda düzeneğin içine aynalar yerleştirilerek aydınlatmanın daha etkili olması sağlanmıştır. Görüntüler elde edildikten sonra, görüntünün ilgili kısmı kırılmış ve binary forma dönüştürülmüştür. Piksel mm dönüşümünü sağlamak için bir cetvelin görüntüsü alınmış ve referans nesne olarak kullanılmıştır. Bu ölçümden faydalanılarak dönüşüm katsayısı hesaplanmıştır. Yapılan çalışmalarda Matlab kullanılmıştır.

Cömert ve ark. (2017) yaptıkları çalışmalarında, starking tipi elmaların ağırlık ve çap tespitini gerçekleştirmek için CMOS sensöre sahip NIR kamera kullanarak görüntü işleme çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Dış ortamdan etkilenmeleri en aza indirmek için kapalı kutu şeklinde çalışma düzeneği kurulmuş ve aydınlatma olarak tungsten halojen aydınlatma armatürü kullanılmıştır. Görüntülerdeki parlamalar 830 nm yüksek geçiren filtre kullanılarak yok edilmiş, temiz bir görüntü elde edilmiştir. Ölçülmek istenen nesne haricinde kalan bölgeler görüntüden kırılıp, sadece ölçülmek istenen kısım bırakılmıştır. Ardından yumuşatma işlemleri yapılmıştır. Elmanın sınırlarının

belirlenmesi için Prewitt kenar tespiti uygulanmıştır. Açma, kapatma morfolojik işlemlerini de kullanarak segmentasyon tamamlanmıştır. Çap ve ağırlık tahminleri için lineer regresyon yöntemi kullanılmıştır. Yapılan çalışmalarda Matlab programı kullanılmış ve çap tahminlerinde %93 doğruluk, ağırlık ölçümlerinde %96 doğruluk sağlanmıştır.

Rashid (2019) yaptığı çalışmada, ülkemizde üretilip yüksek oranda ithal edilen Antep fıstığının kesit ölçümleri ve sınıflandırma işlemleri yapılmıştır. C905-Logitech CCD kamera kullanılmıştır. Elde edilen görüntülere yumuşatma filtrelerinden Mean filtre uygulanarak gürültüler azaltılmıştır. Ardından binary koda dönüştürmek için gri koda dönüştürülmüştür. Morfolojik işlemlerde kapatma kullanılarak şekil içinde kalan boşlukların doldurulması sağlanmıştır. Daha sonraki çalışmalar derin öğrenme algoritmaları ile yapılmıştır. Çalışmalar Matlab programında gerçekleştirilmiştir. Kamerada lensten dolayı oluşabilecek bozulmalarla birlikte, kamera nesne uzaklığından dolayı oluşabilecek bozulmalar Matlab camera calibrator app kullanılarak çalışmalar yapılmıştır.

Abd Kadhum ve ark. (2019) çalışmalarında, domates sebzesinin ebat ve renk ayırım işlemleri yapılmıştır. Görüntüde yumuşatma işlemlerinin yapılması için öncelikle görüntü gri koda dönüştürülmüştür. Nesnenin arka plandan ayrılması için öncelikle eşik değeri işlemleri yapılmış, ardından kenar tespit işlemleri yapılmıştır. Kenar belirleme işlemlerinden Sobel, Prewitt, Roberts, Log ve Canny kenar bulma yöntemleri denenmiş, Canny kenar bulma yöntemi tercih edilmiştir. Kamera nesne arası mesafe 30 cm olarak ayarlanmış, 10 MP den büyük kamera ile görüntüler alınmıştır. Referans nesne olarak bir tahta parçasının çap ölçümleri kullanılmıştır. Kenar tespitinden sonra matematiksel işlemlerle hesaplamalar yapılmıştır. Görüntü işleme çalışmalarında Matlab programı kullanılmıştır.

Cao ve ark. (2010) çalışmalarında, giyisilerin kalite kontrol işlemleri için, uzunluk kontrolleri, görüntü işlemeyle gerçekleştirilmiştir. Görüntüler Sony DCR-TRV30E kullanılarak alınmıştır. Elde edilen görüntülerdeki gürültünün ortadan kaldırılması için medyan filtre kullanılmıştır. Kenar belirleme işlemleri için Fuzzy kenar belirleme algoritması, köşe belirleme işlemleri için Freeman kodundan faydalanılmıştır. Elde edilen noktalar arasında matematiksel işlemler yapılarak mesafe tespitleri

yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonrasında görüntü işlemeli yöntemin daha hızlı, istikrarlı ve kullanılabilir olduğu görülmüştür.

Roknabadi ve ark. (2012) çalışmalarında, hazır giyim ürünlerinin üretilmesinde, giyisi bedenlerinin belirlenmesinde kullanılan mevcut tespit yöntemlerinin yerine görüntü işleme metotları kullanılmıştır. Nikon D300 kamera kullanılarak elde edilen görüntüler, karanlık bir odada çekilmiştir. Elde edilen görüntülerde vücudun önden ve arkadan görüntüleri kaydedilmiştir. Bu görüntüler alınırken, parlak nesneler kişilerin vücudunda bazı bölümlere yapıştırılmıştır. Elde edilen görüntüler öncelikle gri renk koduna çevrilmiştir. Ardından bu görüntüler binary renk koduna dönüştürülmüştür. Yapılan çalışmalar 40 mankende denenmiş ve her mankenden 15 görüntü alınmıştır. İşlemler Matlab programı kullanılarak yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda, geliştirilen yöntemin mevcut yöntemle paralel sonuçlar verdiği ve belirlenen iş için kullanılmasının mümkün olduğunu belirlenmiştir.

Karunamoorthy ve Ramprabu (2018) yapmış oldukları çalışmada, kıyafet ölçümleri için görüntü işleme tekniğinden faydalanılmıştır. Sistemde kamera olarak Logitech C270 USB kamera kullanılmış, aydınlatma için led aydınlatma tercih edilmiştir. Kurulan mekanik bir sistemle kameranın nesneye 90 derece açıda, kamera nesne mesafesinin 150 cm olarak görüntüler elde edilmiştir. Kamerada elde edilen görüntüler gri koda dönüştürülmüş ve ardından eşik değeri belirlenip binary forma dönüştürülmüştür. Daha sonrasında kenarları bulunup, dış kontur bulma işlemleri yapılmıştır. Ardından bu konturların merkezleri bulunarak belirlenen iki noktanın mesafe hesaplaması yapılmıştır. Sonuçlar %98 oranında doğru çıkmıştır.

Ural ve Vural (2019) çalışmalarında, giysilerin ölçümlerinin yapılması için yapılan çalışmada 8 MP CMOS kamera kullanılarak görüntüler elde edilmiştir. OpenCV kütüphanesi kullanılarak yapılan çalışmada Python programlama dili kullanılmıştır. Aydınlatma kaynağı olarak floresans ve softone ampuller kullanılmıştır. Görüntüler elde edildikten sonra giysilerin kenarları tespit edilmiş, kamera nesne arası mesafe 65 cm olarak ayarlanmıştır. Kenar tespit işlemleri için Tensorflow kullanılıp kenarların pozisyonları çıkarılmıştır. Sonrasında noktalar arasındaki piksel uzunlukları hesaplanmıştır. Toplam 43 numunede yapılan ölçümlerde %99 doğruluk sağlanmıştır.

Güler (2013) tarafından yapılan çalışmada tıbbi görüntüleme yöntemlerinden manyetik rezonans görüntüleme kullanılarak, hasta bireylerde tümör konumu ve

büyükliğünün ölçümü gerçekleştirilmiştir. Görüntü işleme ön çalışmalarında, istenmeyen unsurlar görüntüden atılmıştır. Öncelikle gri renk koduna dönüştürülen görüntüde, keskinleştirme yapılmış, ardından eşik uygulanmıştır. Arka plandan ayrılan nesne görüntüsüne kenar tespit yöntemlerinden Canny kenar algılama kullanılmıştır. Tümörün kapladığı alanın net görünmesi için morfolojik işlemlerden kalınlaştırma işlemi uygulanmıştır. Tümör çevresindeki gürültülerin giderilmesi için morfolojik işlemlerden kapama, ardından tümör içerisindeki boşlukların doldurulması için morfolojik işlemlerden açma yöntemi kullanılmıştır. Bu bilgilerden faydalanılarak tümör merkez konumu ve alanı hesaplanmıştır.

Selvaraj ve Venkataramaiah (2013) yaptıkları çalışmalarında, enjeksiyon yöntemiyle üretilen plastik ürünlerde görüntü işleme ile kesit ölçümleri yapılmıştır. Enjeksiyon kalıplarda çarpıklık gibi mekanik bozuklukların tespiti için kullanılmıştır. Kameranin sabit durması için platform oluşturulmuş ve bu platformla kamera nesne arası mesafe sabitlenmiştir. Görüntünün arka planı beyaz olacak şekilde zeminde beyaz malzeme kullanılarak görüntüler alınmıştır. Aynı platformda numune nesnenin görüntüsü alınıp sonra ölçülmek istenen nesnenin görüntüsü alınmıştır. Görüntülerin elde edilmesinde 14 MP dijital kamera kullanılmıştır. Elde edilen görüntülerin ilgili kısımları kırpıldıktan sonra görüntü gri koda dönüştürülmüştür. Ardından eşik değeri ile binary forma dönüştürülen görüntü arka plandan ayrılmıştır. Binary formdaki piksellerde XOR işlemi yapılmıştır. Son olarak görüntü üzerinde koordinatlar bulunarak hesaplamalar yapılmıştır. Çalışmalar Matlab programında gerçekleştirilmiştir.

Osmanoğlu ve ark. (2016) çalışmalarında, görüntü işleme teknolojisi kullanarak göz içi mercekle ölçümleri yapılmıştır. Mevcut kullanılan Lenstar cihazı ile yapılan ölçümler ile geliştirilen sistemden alınan ölçümlerin kıyaslamaları yapılmıştır. Geliştirilen sistemde görüntüler GE 750W 3T MR cihazı ile yapılmıştır. 10 kişi üzerinden ikişer adet olmak üzere toplam 20 göz üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Alınan görüntüler öncelikle kırpılmış, sonra gri koda, ardından binary koda dönüştürülmüştür. Eşik değeri uygulanmış ve görüntü arka plandan ayrılmıştır. Çalışmalar Matlab programında imtool penceresindeki cetvel özelliği kullanılarak piksel mm dönüşümleri yapılmıştır. Sonuç olarak göz içi mercek içi ölçümlerinde görüntü işleme teknikleri ile yapılan ölçümler, mevcut ölçümlere paralel sonuçlar vermiştir ve ölçüm hassasiyetinin Lenstar cihazından daha iyi olduğu görülmüştür.

Fidan ve Süzme (2016) çalışmalarında, bakterilerin antibiyotiğe karşı duyarlılıklarının ölçülmesinde görüntü işleme tekniğini kullanmışlardır. Literatürde sıkça kullanılan back light aydınlatma yöntemi kullanılarak, led aydınlatma armatürleri ile ölçülmek istenen nesne aydınlatılmıştır. Kamera olarak Microsoft 720p kullanılmış ve kamera nesne mesafesi 10 cm olarak ayarlanmıştır. Elde edilen görüntü gri renk koduna dönüştürüldükten sonra, kontrast germe işlemi ve yumuşatma işlemi yapılmıştır. Ölçüm kalibrasyonu için antibiyotik diskler kullanılmıştır. 24 farklı numunenin birer saat aralıklarla görüntüleri alınarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sayesinde nicel verilerin alınması mümkün olmuş, ayrıca kontaminasyonun da önüne geçilmiştir.

Baygın ve ark. (2017) çalışmalarında, devre kartlarının hata tespitleri için yapılan görüntü işleme tabanlı algılama sisteminde, referans devre ile ölçülmek istenen devreler arasında kıyaslamalar yapılmıştır. 3 eksenli kamera konumlandırma sistemi kullanılarak hassas pozisyonlama yapılmıştır. Elde edilen görüntünün YUV dönüşümleri yapıp, Y kanal görüntüleri kaydedilmiştir. Gaussian filtre kullanılarak Otsu eşik değeri uygulanmıştır. Kenarların belirlenmesi için Canny kenar tespit yöntemleri kullanılmıştır. Ardından kenarların belirginleşmesi için morfolojik işlemlerden kalınlaştırma kullanılmıştır. Görüntüdeki delikler Hough transform kullanılarak delik pozisyonları belirlenerek ölçüm hesaplamaları yapılmıştır. Çalışmalarda OpenCV kütüphanesi kullanılmıştır.

Zhao ve ark. (2018) çalışmalarında, elektrik devrelerinde özel kesitlerin ölçümleri için gerekli görüntüler CCD kamera kullanılarak elde edilmiştir. Ardından görüntü gri koda dönüştürülmüştür. Aydınlatma olarak arka yönlü aydınlatma kullanılarak, avantajlarından dolayı ring tipi aydınlatma tercih edilmiştir. Ayrıca kontrastın ölçüm çalışmaları için çok önemli olduğu belirtilmiştir. Kenar tespitinden sonra, gerekli kesit ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Akdoğan (2018), plastik ekstrüzyon profillerinin görüntü işleme teknolojisi kullanılarak ölçülmesi üzerine yapılan çalışmada CCD kameralar kullanılarak görüntüler alınmıştır. Aydınlatma için 396 adet ledten oluşan 30W 5600/3200K özellikli ayarlanabilir aydınlatma armatürü kullanılmıştır. Kamera nesne arası mesafesinin ayarlanabilmesi için hareketli ray sistemi kullanılmıştır. Elde edilen görüntü öncelikle gri koda dönüştürülmüş, gürültü azaltma işlemleri için Gaussian filtre

denenmiş fakat medyan filtre daha başarılı olmuştur. Ardından eşik değeri işlemleri yapıp, segmentasyon işlemleri uygulanmıştır. Binary formda bulunan görüntüye kenar belirleme yöntemlerinden Sobel, Prewitt, Roberts, Laplacian ve Canny kenar yöntemleri denenmiştir. En uygun sonuç Canny kenar algılama yöntemiyle elde edilmiştir. Canny kenar algılama algoritması kullanarak kenarların elde edilmesinden sonra, ölçülmek istenen nesnede kontur işlemleri yapılmıştır. Görüntülenen nesnenin en sağ, en sol, orta, en üst, en alt, sol orta, sağ orta, alt orta, üst orta, merkez x ve merkez y koordinatları gibi özel koordinatlardan faydalanan ölçümler gerçekleştirilmiştir. OpenCV kütüphanesi kullanarak Python dilinde yazılım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Görüntü işleme ile elde edilen sonuçlar ile mekanik ölçüm cihazlarından alınan sonuçlar kıyaslanmıştır. Temaslı ölçüm cihazları gibi hata oranlarına sahip olan görüntü işleme sisteminin endüstri uygulamalarında kullanılabileceği saptanmıştır.

Yaşar ve Yılmaz (2019) çalışmalarında, 3 boyutlu yazıcılarda üretilen silindirik dişlilerinin geometrik özelliklerinin tespiti, görüntü işlem tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 3 boyutlu yazıcı, sabit sıcaklıkta ve 90 mikrometre, 190 mikrometre, 290 mikrometre katman kalınlıklarında ayrı ayrı üretim yapmıştır. Elde edilen silindirik dişli görüntüsünde, nesnenin arka plandan ayrılmasını kolaylaştıracak şekilde zemin siyah olarak seçilmiştir. Görüntüler, Nikon SMZ 7445T kameralı mikroskop ile elde edilmiştir. Kamerada alınan görüntüde ilk olarak gerekli bölge kalacak şekilde kırpma işlemleri yapılmıştır. Elde edilen görüntüler gri renk koduna dönüştürüldükten sonra eşik değeri uygulanıp binary forma getirilmiştir. Ardından morfolojik işlemlerden aşındırma ve çıkarma işlemi uygulanmıştır. Çizim programlarından elde edilmiş görüntülerle bu görüntüler üst üste çakıştırılıp görüntüler arasındaki sapmalara göre hesaplamalar yapılmıştır. Katman kalınlığı 90 mikrometre olan üretim çeşidinde ölçüsel benzerlik en yüksek şekilde olmuştur. Analizler C# programlama dili kullanılarak Visual Studio programında gerçekleştirilmiştir.

Kuncan ve Kaplan (2016) çalışmalarında, ters sarkaç sistemlerinde sarkaç açısı ve konum belirleme ölçümlerini görüntü işleme teknolojisi ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmada, video üzerinde çalışılarak elde edilen görüntüler okunup bu görüntülerde ROI (region of interest) bölgesi belirlenmiş, bu bölgede korelasyon değerinin en büyük olduğu bölge bulunmuştur. Bu koordinatlar genel koordinatlara dönüştürülerek bir çemberle işaretlenmiştir. Bu çalışmalarla sarkaç koordinatları

belirlenmiştir. Çemberler, işaretlenen bölgede iki noktanın koordinat noktalarına göre dönüklüğünün hesaplanması için de kullanılmıştır. Temel görüntü binary formata dönüştürüldükten sonra centroid (ağırlık merkezi), orientation (oryantasyon) bulunarak oryantasyon açısı elde edilmiştir. Çalışmalar Matlab Simülink ortamında model oluşturularak desteklenmiştir.

Kumar ve ark. (2019) çalışmalarında, mikro akışkan cihazlarda kabarcık ölçümleri görüntü işleme teknolojisi kullanılarak geliştirilmiştir. Mikro tüplerde bulunan kabarcıkların görüntüleri Basler acA2000 Monochrome CMOS kamera ile alınmıştır. Elde edilen görüntüler gri koda çevrildikten sonra yumuşatma filtresi kullanılmıştır. Kenar belirleme metotlarından Sobel, Prewitt, Roberts, Canny, LOG algoritmaları ayrı ayrı denenmiştir ve bu çalışmada LOG algoritması en etkili kenar tespiti olarak görülmüştür. Kenarlar tespit edildikten sonra matematiksel işlemlerle iki piksel arası mesafe ölçülmüştür. Çalışmalar Matlab kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalarda görüntü işleme teknik çalışmaları ile elde edilen ölçümlerin tutarlı olduğu tespit edilmiştir.

Bu bölümde konu ile ilgili literatür araştırması verilmiştir. Öncelikle çalışmaların yapıldığı alana göre gruplandırma yapılmış, sonrasında kronolojik sıralamaya göre çalışmaların özetleri verilmiştir. Çalışmalar metal parçalarda, yiyeceklerde, giyisilerde, tıp alanında, elektronik devre kartı ölçümlerinde, plastik malzemelerde ve diğer malzemelerde kesit ölçüm çalışmaları şeklinde sıralanmıştır. Gelecek bölümde, gerçekleştirilen çalışmada kullanılan yazılım ve donanım unsurları ayrıntılı olarak verilmiştir. Ayrıca referans nesne ve ölçülmek istenen nesne görüntüleri üzerinde yapılan tüm çalışmalar görselleri verilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Günümüzde, görüntü işleme ile yapılan çalışmalar endüstride özellikle otomotiv, elektrik ve elektronik alanında yaygın şekilde kullanılmaktadır (Lu ve ark., 2001). Ülkemizde alüminyum ekstrüzyon tesislerinde kalite kontrol işlemleri birçok firmada temaslı ölçüm cihazları kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Temassız ölçüm cihazı kullanan firmalar ise yurt dışından satın alınan cihazlarla bu çalışmalarını gerçekleştirmektedirler.

Ekstrüzyon sonrası ürün ölçülerinin toleranslar içerisinde bulunması birçok parametreye bağlıdır. Üretime alınacak kalıbın sıcaklığı, fırından çıkan hammaddenin sıcaklığı, kullanılacak hammaddeye göre ekstrüzyon basınçları, kullanılacak hammaddenin akma mukavemetine göre ekstrüzyon hızı, üretilecek ürünün et kalınlığına göre üretim sonrasındaki soğutma tekniği, kalıbın üretim için hazırlıklarının eksiksiz yapılması bunlardan bazılarıdır. Özellikle, kullanılan kalıplarda yapılan revizyon işlemlerinin uygun olarak yapılmaması, kalıbın kullanımına bağlı olarak ölçülerinde genişlemelerin olması, profil ölçülerinin toleranslar içerisinde üretimini zorlaştırmaktadır. Bütün bu parametreler kontrol edilerek, müşteriye toleranslar içerisinde ürünlerin sevk edilmesi oldukça zordur. Bu denli hassas proseslerde temaslı ölçüm aletlerinin yerine daha kararlı ve hata oranları daha küçük temassız ölçüm cihazlarının kullanılması birçok pozitif katkısından dolayı tercih sebebi olmaktadır. Görüntü işleme teknolojisi, yazılım ve donanım olmak üzere iki temel bileşenden oluşmaktadır.

3.1. Donanım

Görüntünün sağlıklı bir şekilde elde edilmesini sağlayan çevresel birimlerle, dış dünyadaki analog görüntünün dijital hale dönüştürülmesini sağlayan kısımdır. Kamera, aydınlatma, kamera sabitleme için düzenlenmiş mekanik sistem bunlara örnektir. Donanımsal olarak yapılan seçimler, yapılacak işlemlerin daha kolay elde edilmesine olanak sağlayacaktır.

3.1.1. Kamera

Bu çalışmada kullanılan kamera CCD sensöre sahip olup, 48 MP özelliğindedir. Diyafram aralığı F2.0 ve otomatik odaklama özelliği bulunmaktadır. Görüntü işleme tabanlı ölçüm sistemlerinde ölçülecek nesne şeffaf değilse ve yansıtma özelliği yoksa basit görüntü işleme algoritmaları ile algılanması mümkündür. Yüzey özelliklerinin karmaşıklaştığı durumlarda, daha gelişmiş görüntü algılama sistemleri kullanılmaktadır (Malamas ve ark., 2003). Bu yüzden kamera seçimine dikkat edilmelidir

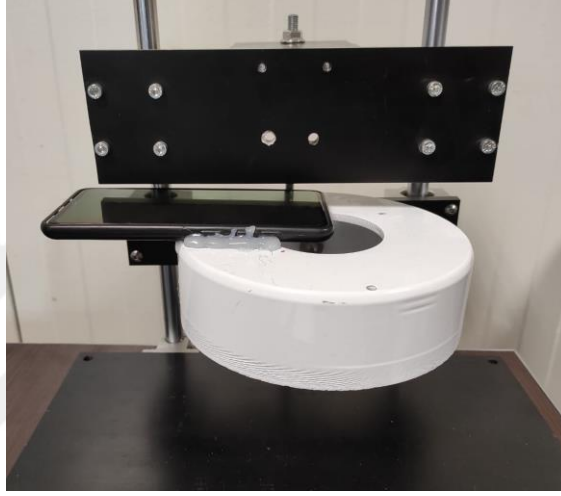
3.1.2. Aydınlatma

Aydınlatma için literatürde çokça kullanılan back ligh tekniği ile ring aydınlatma armatürü kullanılmıştır. Ring aydınlatma armatürü ile gölgelerin nesne üzerine düşmesinin önüne geçilmiştir. Ayrıca homojen dağılım için tercih edilmiştir. Görüntü işleme sistemlerinde insanlar tarafından görünen aydınlatma çeşitleri (led, halojen lamba) ya da görünemeyen aydınlatma çeşitleri (UV, NIR, IR) seçilebilir (Chen ve ark., 2002). Bu yapılacak çalışmaya göre değişiklik gösterebilir. Aydınlatma, kenar bulma işlemlerine bağlı kesit ölçüm işlemlerinde en önemli özelliktir. Nesne aydınlatmasında olabilecek aşırı homojensizlik, kenarları elde etmede birçok problem ortaya çıkaracaktır. Bu problem sonraki görüntü işleme aşamalarında da birçok problem meydana getirecektir.

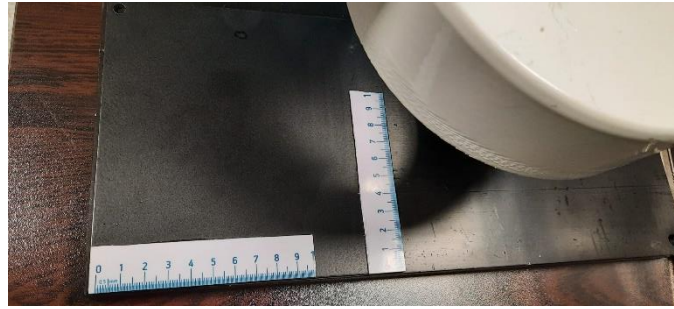
3.1.3. Mekanik düzenek

Kamera ile görüntülerin elde edilmesinde çevresel bozucu etkilerden uzak durulması gerekmektedir. Bunun sağlanması için bu çalışmada mekanik bir düzenek oluşturulmuştur. Mekanik düzenek sayesinde kamera nesne uzaklığı ayarlanıp, sabitlenebilmektedir. Bu özellik sayesinde farklı yükseklikteki nesneleri kullanılıp, kalibrasyon işlemlerinin kolaylıkla gerçekleştirilebilmesi sağlanmıştır. Zemin siyah renk seçilmiş, bu sayede zeminle ürün ayrımı daha kolay yapılabilmektedir. Bunlara ilave olarak dış etkilerin minimum olması için sistem kapalı kutu şeklinde tasarlanmıştır. Bu tasarım sayesinde sistemin kendi aydınlatma kaynağı haricinde herhangi bir aydınlatma

kaynağının etlisi olmadan sabit aydınlatma şartlarında görüntüler elde edilmiştir. Ayrıca kameranın ölçülecek nesneye olan açısal duruşu da mekanik sistem tarafından ayarlanabilmektedir. Bu açısal duruşun kontrolü, dijital su terazisi kullanılarak yapılmıştır. Görüntüsü alınacak profil sisteme yerleştirilip, kamera zamanlayıcısı aktif edilip, düzeneğe kapatıldıktan sonra görüntü elde edilmektedir. Aynı türden profillerin aynı konumlarda görüntülerinin alınması için ölçeklendirme plakası kullanılarak her profilin aynı şekilde konumlandırılması sağlanmıştır. Şekil 3.1’de ve Şekil 3.2’de görüntülerin elde edildiği test düzeneği ve ölçeklendirme plakası gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Görüntülerin elde edildiği mekanik platform



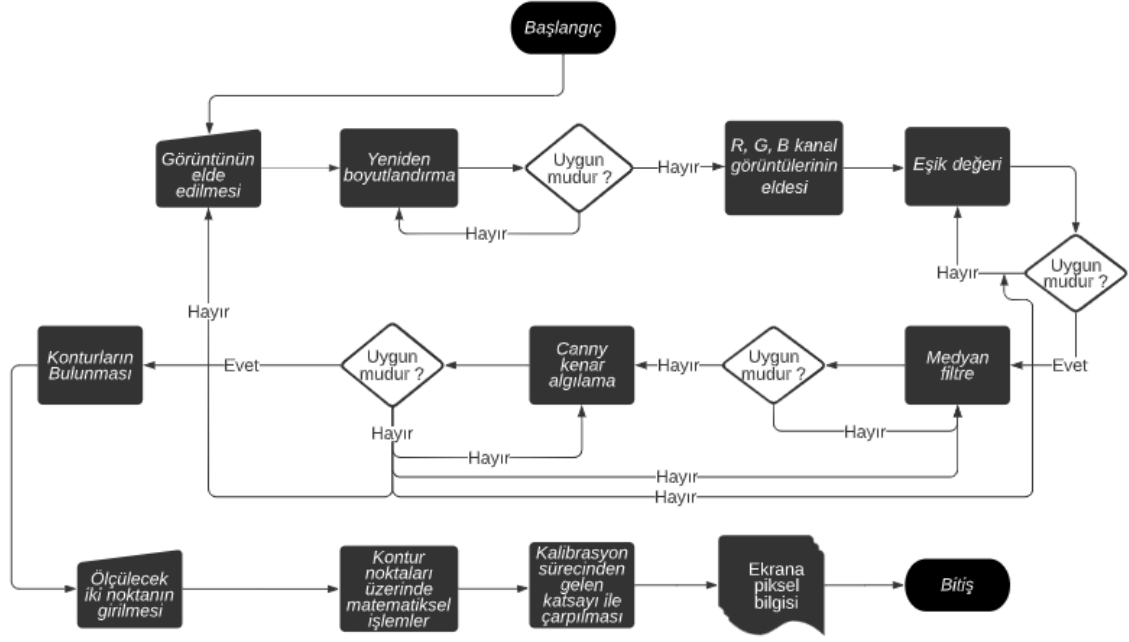
Şekil 3.2. Ölçeklendirme plakası

3.2. Yazılım

Donanımsal ekipmanlarla görüntü elde edildikten sonra, görüntü üzerinde yapılan tüm çalışmalar yazılım vasıtasıyla gerçekleştirilir. Kullanılan arayüz programı, kullanılan dil, kullanılan kütüphane yazılım başlığı altındadır.

3.2.1. Akış diyagramı

Şekil 3.3'teki akış diyagramında programlamanın hangi aşamalardan oluştuğu gösterilmiştir. Kamera ile elde edilen yüksek boyutlu görüntü, yüksek performans sağlamak için resize komutu kullanılarak yeni boyutuna getirilir. Ardından bu görüntünün RGB kanallarındaki görüntüleri elde edilmiştir. Farklı kanallardaki görüntülere eşik değeri uygulanarak ölçülmek istenen görüntü arka plandan ayrılmıştır. Bu aşamada ölçülmek istenen nesne elde edilmiş olur. Oluşan tuz biber gürültüsünü yok etmek için ardından medyan filtre uygulanarak bazı gürültüler uzaklaştırılmış olur. Bu aşamada görüntü binary şeklinde siyah beyaz haldedir. Ardından Canny kenar filtresi uygulanarak nesnenin kenarları çıkarılır. Kenarları belli olan nesneye kontur işlemi uygulanmıştır. Bu işlemler kesintisiz kenarlardaki dönüşler çember içerisine alınmıştır. Her bir çember noktasının 2 boyutlu olarak x ve y pozisyonları bulunarak bu pozisyon değerleri programda iki farklı diziye kaydedilmiştir. Sonrasında programa girilen kontur noktaları arası uzunluk piksel cinsinden hesaplatılmıştır.



Şekil 3.3. Görüntü işleme akış diyagramı

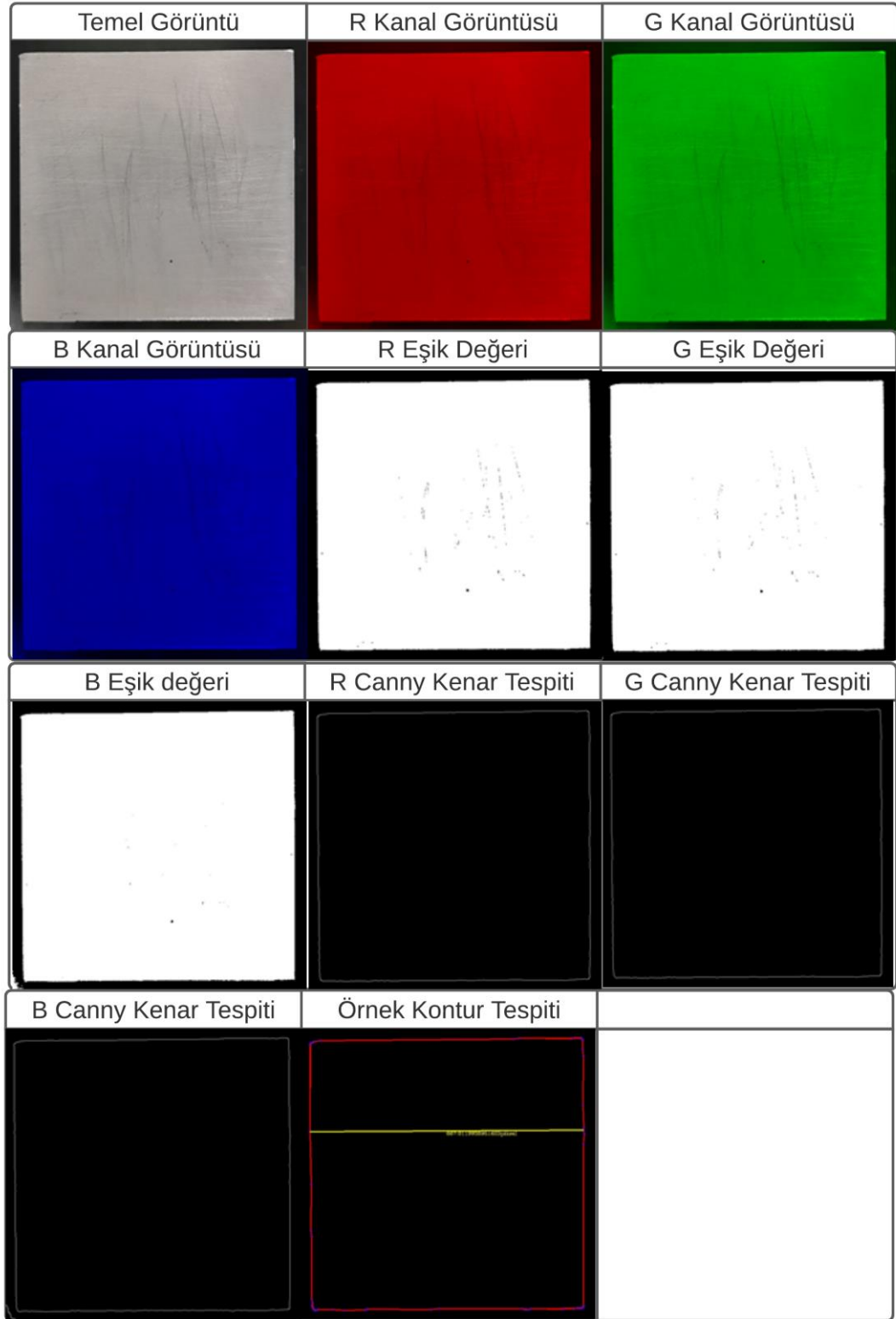
Bulunan piksel değerinin gerçek ölçü cinsinden ifade edilmesi için bilinen bir nesne referans olarak kullanılmıştır. Bu referans nesne kullanılarak kalibrasyon değeri belirlenmiş ve bu değere göre ölçülmek istenen kesit, mm cinsinden ifade edilmiştir. Kamera nesne mesafesinin her iki ölçümde de sabit kalması sağlanarak ölçülmek istenen nesne ve referans nesnenin görüntüleri alınmıştır. Bu sayede kalibrasyon katsayısını hesaplamak hızlı ve pratik şekilde yapılmıştır. Şekil 3.3'te akış diyagramındaki süreç iki nesne için de ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Her iki nesnenin de RGB kanallarındaki görüntülerinin piksel değerleri ölçülmüştür. Bu değerler kullanılarak ayrı kanallardaki kalibrasyon değerleri bulunmuştur. Kalibrasyon katsayıları ile daha önceden görüntüsü alınan nesnelerin mm cinsinden uzunlukları hesaplanmıştır.

3.2.2. Profil ölçüm aşamalarından örnekler

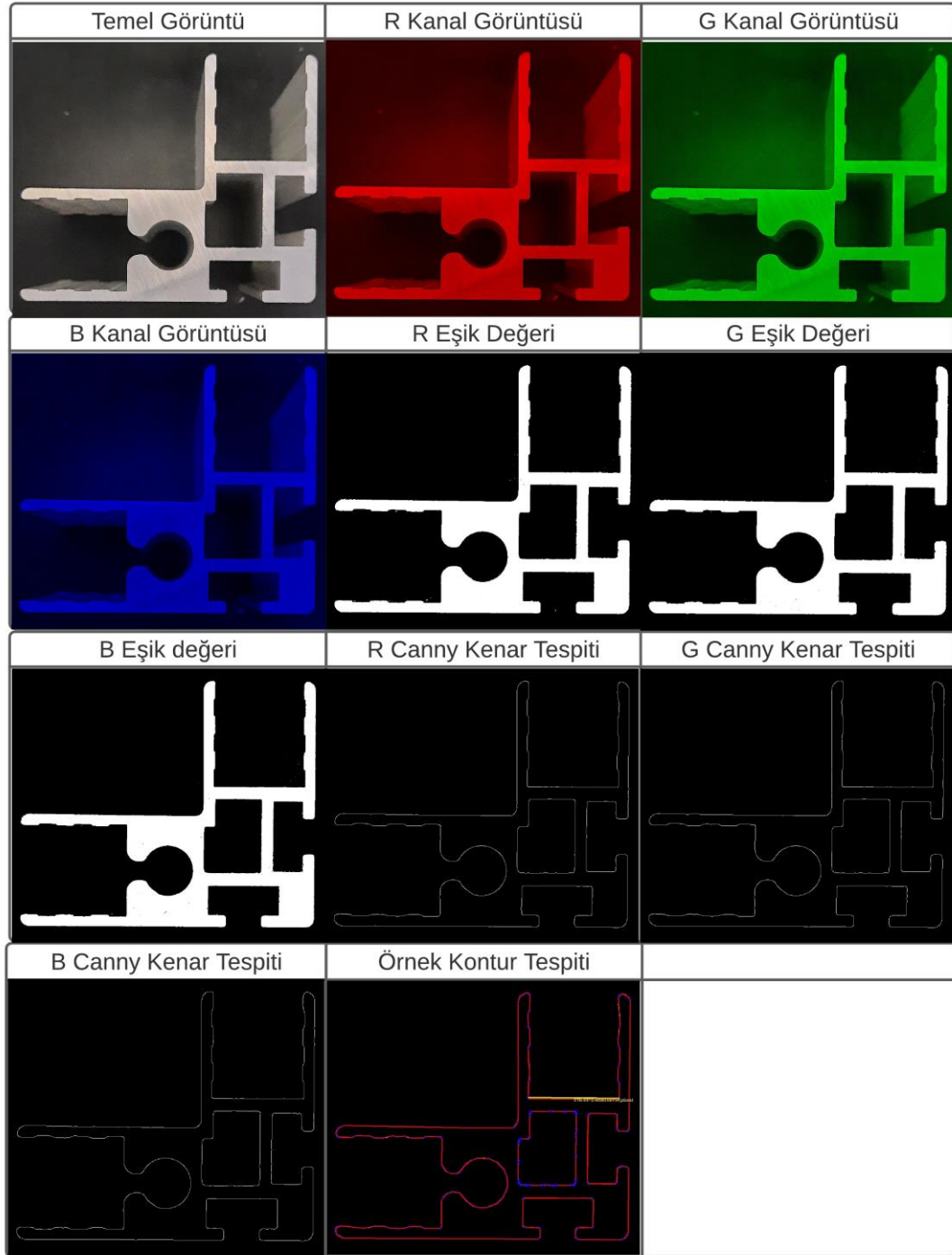
Şekil 3.4'te görselleriyle birlikte referans nesnesinin kesit ölçüm örneği aşama aşama verilmiştir. Şekil 3.5'te ise 03249 numaralı profilin kesit ölçüm örneği aşama aşama verilmiştir. Temel olarak ölçüm çalışmaları 7 aşamadan oluşmaktadır.

- Nesne görüntüsünün elde edilmesi
- Görüntünün RGB kanallarındaki görüntülerinin oluşturulması
- Sağlıklı şekilde kenar tespiti için filtre ve dönüşüm işlemleri
- Kenar tespiti
- Konturların bulunması ve kaydedilmesi
- Referans nesneden kalibrasyon oranının belirlenmesi
- Piksel mm dönüşümünün yapıp, sistem çıktısının verilmesi





Şekil 3.4. Referans nesnede gerçekleştirilen işlemler



Şekil 3.5. Örnek bir profile gerçekleştirilen çalışmalar

3.2.3. Faydalanılan yazılımlar

Görüntü işleme teknolojisi kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada, IDE olarak PyCharm kullanılmış olup, program Python dilinde OpenCV kütüphaneleri kullanarak gerçekleştirilmiştir. Aşağıda PyCharm ve OpenCV ile ilgili bazı bilgiler verilmiştir.

3.2.3.1. PyCharm

Python ve Java dillerinde programlama yapmak için tasarlanmış açık kaynak kodlu IDE programıdır. JetBrains firması tarafından geliştirilen program Temmuz 2010 tarihinde yayınlanmıştır. Windows, OS ve Linux tabanlı işletim sistemleri ile çalıştırılabilirler. PyCharm Community ve PyCharm Edu sürümleri ücretsiz ve açık kaynak kodlu olarak kullanılmaktadır. PyCharm Professional sürümü ise ticari olarak satışa sunulmuştur ve diğer sürümlere göre ekstra özellikler ihtiva etmektedir. PyCharm programı şu anda en iyi Python IDE leri arasında başlarda yer almaktadır.

3.2.3.2. OpenCV (Open Source Computer Vision)

Açık kaynak kodlu görüntü işleme kütüphanelerinden birisidir. 1999 yılında Intel tarafından geliştirilmiş ve günümüze kadar gelmiştir. Günümüzde C++, Python, Java gibi diller ile algoritmalarını çalışır hale getirmiştir. Windows, Linux, MacOS, Android gibi farklı işletim sistemlerinde de çalışabilmektedir. OpenCV, BSD lisanslı ile geliştirilmektedir. Bu özelliği sayesinde kütüphaneyi istediğiniz bir projede ücretsiz şekilde kullanımı sağlamaktadır. OpenCV kütüphanesi içerisinde 2500 den fazla kütüphane bulundurmaktadır. Bu kütüphaneler görüntü işleme ve makine öğrenmesi tabanlıdır. Bu kütüphaneleri kullanarak nesneleri ayırt etme, yüz tanıma, insan hareketlerinin algılanması, plaka tanıma, üç boyutlu nesneler üzerinde işlem yapabilme gibi çok geniş yelpazede işlemler yapılabilmektedir.

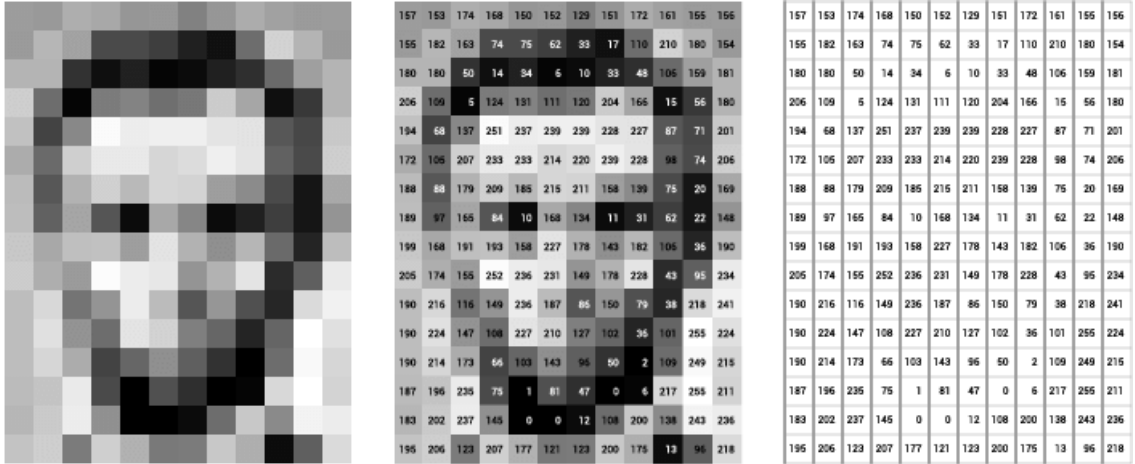
Bu bölümde çalışmada kullanılan donanım ve yazılım konuları ayrıntılı şekilde verilmiştir. Akış diyagramı doğrultusunda yapılan işlemler hem referans nesne hem ölçülmek istenen nesne üzerinde denenmiş ve sonuçları tablolştırılmıştır. Ayrıca bu çalışmada kullanılan görüntü işleme yöntemlerinden bahsedilmiş ve mevcut profillerde

yapılan işlem örnekleri de verilmiştir. Gelecek bölümde ölçüm çalışmalarından elde edilmiş sonuçlar ve bu sonuçlardan elde edilen çıkarımlar verilmiştir.



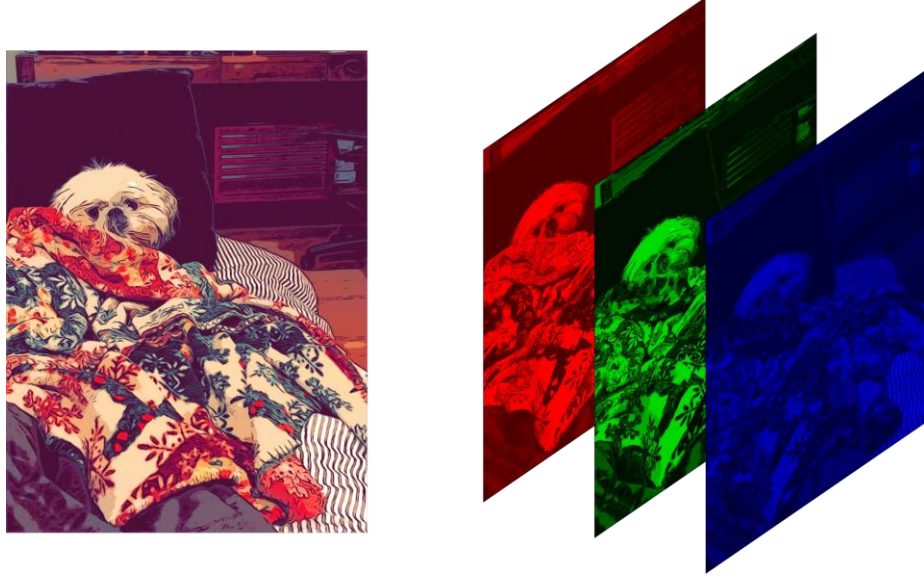
4. GÖRÜNTÜ İŞLEME TEMELLERİ

Gerçek yaşamda görüntü, iki farklı değişkene bağlı bir fonksiyon ($f(x,y)$) olarak tanımlanmaktadır. Burada bulunan x ve y değerleri pikselin koordinat bilgilerini, $f(x,y)$ değeri ise o pikselin ton bilgisini vermektedir. Başka bir deyişle, herhangi bir (x,y) koordinatındaki f fonksiyonun büyüklüğü, o pikselin yoğunluğunu verir (İskender, 2009). En küçük birimi pikseldir. Piksel yoğunluğunu eğer 8 bitlik bir değişken ile ifade edersek, bir pikselin yoğunluğu 0 ile 255 arasında olacaktır. Şekil 4.1’de en solda bir görüntü, orta kısımda bu görüntünün pikselleri, sağda piksel değerleri görülmektedir. Piksel değeri sıfıra yaklaştıkça siyah renge yaklaşır. Piksel değeri arttıkça o pikselin yoğunluğu beyaz renge yaklaşmış olur. Bu şekildeki görüntüler gri tonlamalı görüntülerdir ve renksizdirler. Görüntülerin renkli olması için 3 katmanla ifade edilmeleri gerekmektedir.



Şekil 4.1. Görüntü, piksel ve piksel yoğunluğu örnekleri

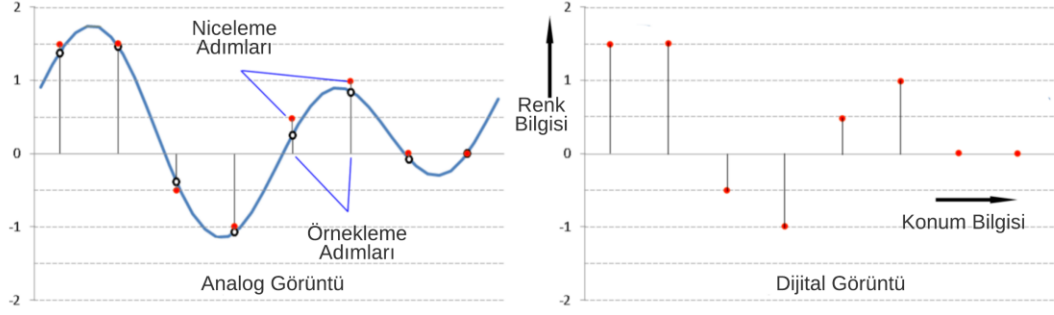
Şekil 4.2’de renkli bir görüntü ve bu görüntünün RGB kanallarındaki görüntüleri verilmiştir. Bu üç katman birleşip renkli görüntüleri meydana getirmektedir. Bu üç katman $R(x,y)$, $G(x,y)$, $B(x,y)$ şeklinde ifade edilebilir (Buluswar ve Draper, 1998).



Şekil 4.2. Renkli bir görüntünün RGB kanallarına ayrılması

Görüntü işleme, genel olarak elde edilmiş görüntülerde bilgilerin değiştirilmesi ve bu bilgilerin analizleri demektir. Sayısallaştırılmış görüntülerin bilgisayarlar aracılığıyla işlenmesi olarak da ifade edilebilir (Vincent ve Folorunso, 2009). Görüntü işleme, herhangi bir nesnenin görüntüsünün dijital hale getirilip, bu görüntüden özel yöntemler kullanılarak yeni görüntüler elde etmek ya da bu görüntülerden faydalı bir takım bilgiler elde etme işlemleridir. Görüntü işleme, nesnelerin görüntüsünden bilgi çıkarma işlemidir (Fang ve ark., 2002). Başka bir deyişle analog görüntülerin dijital forma dönüştürülmesidir.

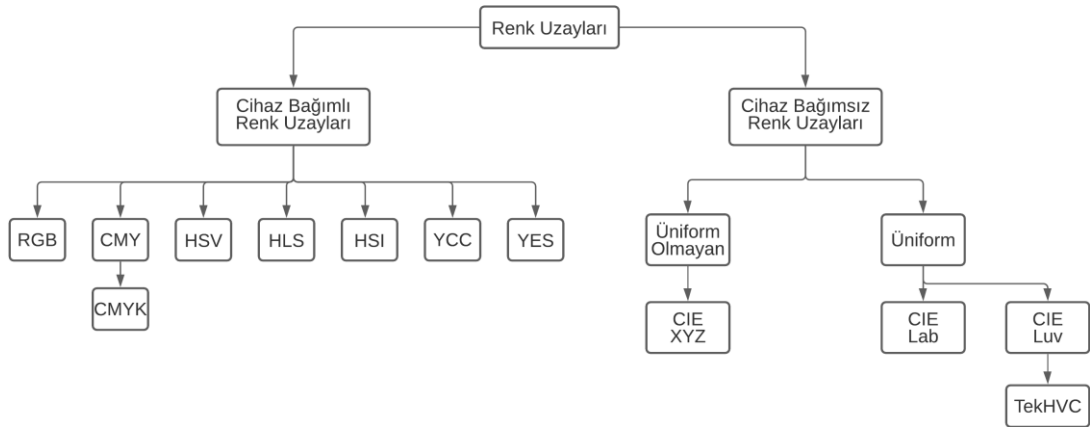
Yapılacak uygulamaya özel olarak görüntü işleme çalışması yapılacak nesneler CCD, CMOS, kızılötesi, MR, ultrason, X-Ray gibi görüntüleme ekipmanları ile analog formdan dijital forma dönüştürülürler. Analog bir sinyalin dijital olarak ifade edilebilmesi için uzamsal boyutta ayrık parçalara bölünmesi gerekmektedir. Bu işlem örnekleme (sampling) olarak adlandırılmaktadır. Ardından $f(x,y)$ şeklinde ifade edilen her bir pikselin analog parlaklık değerinin yine ayrık parçalara bölünmesi gerekmektedir. Bu da niceleme (kuantalama) olarak adlandırılır. Şekil 4.3'te nicelemenin her bir pikselin konum bilgisini barındırdığını, örneklemenin de o pikselin parlaklık değerinin büyüklüğünü ifade ettiğini göstermiştir.



Şekil 4.3. Örnekleme ve niceleme gösterimleri

4.1. Renk Uzayları

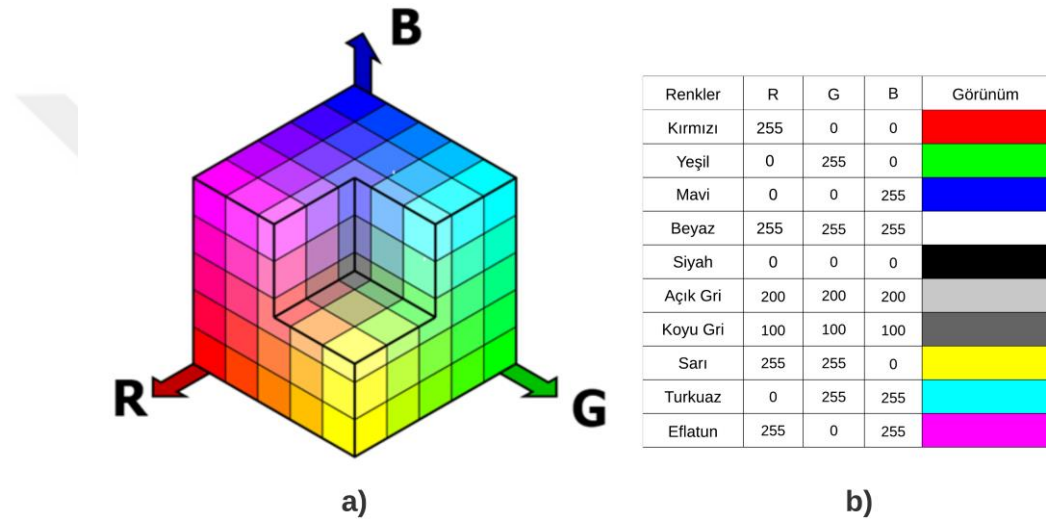
Doğada bulunan renk çeşitliliğinin fazla olması sebebiyle sınıflandırma ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu sınıflandırma işlemine bir standart oluşturmak için renk uzayı (color space) terimi oluşturulmuştur. Her renk uzayının kendine özgü formülasyonu ve kuralları vardır. Literatürde birçok renk uzayı tanımlanmıştır. Görüntü işlemede en çok kullanılan başlıca renk uzayları RGB renk uzayı, HSV renk uzayı, CMYK renk uzayı ve YUV renk uzayıdır. Şekil 4.4'te renk uzaylarının gruplandırılması verilmiştir. Bu çalışmada RGB renk uzayında çalışmalar yapıldığından sadece RGB renk uzayı hakkında detaylı bilgi verilecektir.



Şekil 4.4. Renk uzayı sınıflandırması

4.1.1. RGB renk uzayı

Bu renk uzayı temel renkler olan kırmızı (red), yeşil (green), mavi (blue) renklerinin İngilizce baş harflerinden ismini almıştır. Şekil 4.5 a'daki gibi bir yapısı olan renk uzayı küp şeklinde tanımlanabilir. Bu renk uzayında her piksel üç farklı rengin karışımıyla elde edilir. Kırmızı, yeşil, mavi şeklinde üç kanalın yoğunluk değerlerinden yeni renkler oluşmaktadır. Şekil 4.5 b'de üç farklı kanalın yoğunluğuna göre elde edilen renklere örnekler verilmiştir.



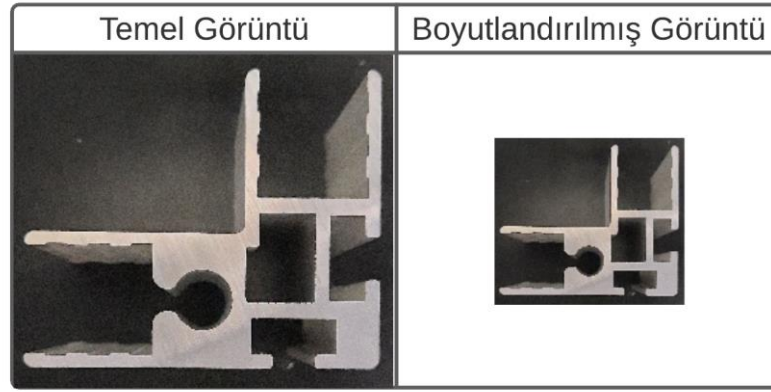
Şekil 4.5.a) Temsili RGB renk uzayı gösterimi, b) Örnek RGB yoğunluklarına göre elde edilen renkler

4.2. Temel Görüntü İşleme Metodları

Yapılan çalışmada kullanılan görüntü işleme teknikleri bu bölümde verilecektir. Alüminyum ekstrüzyon profillerinin görüntü işlemeye dayalı kalite kontrol ölçüm çalışmasında, görüntüde yeniden boyutlandırma, RGB kanal görüntüsü alma, görüntü eşik değeri alma, medyan filtre uygulaması, Canny kenar algılama, kontur işlemleri bulma ve matematiksel işlemleri yapılmıştır. Bu işlemler hakkında bilgiler aşağıda ayrı ayrı verilmiştir.

4.2.1. Görüntünün yeniden boyutlandırılması

Kamera ile elde edilen görüntüler üzerinde görüntü işleme çalışmaları yapmadan önce, onların boyutlarını küçültmek ya da büyütmek gerekebilir. Görüntünün gereğinden fazla büyük olması işlemlerde işlemcinin zorlanmasına ve programın cevap verme sürelerinin uzamasına neden olur. Görüntünün gereğinden küçük olması da çalışma alanında inceleme, detaylı bilgi alma olanağını ortadan kaldırmaktadır. Bu sebepten yapılacak çalışmaya uygun şekilde, görüntüler yeniden boyutlandırılabilir. Bu işlev ile tek olarak yatay ya da dikey boyut değiştirilebilirken aynı anda yatay ve dikey boyutlarda değiştirilebilir. Aşağıda 03249 numaralı profil görüntüsü örnek kodları verilerek, resize komutu ile yeniden boyutlandırılmıştır. Şekil 4.6'da yeniden boyutlandırma komutunun uygulanmadan önceki ve sonraki görüntüleri verilmiştir.

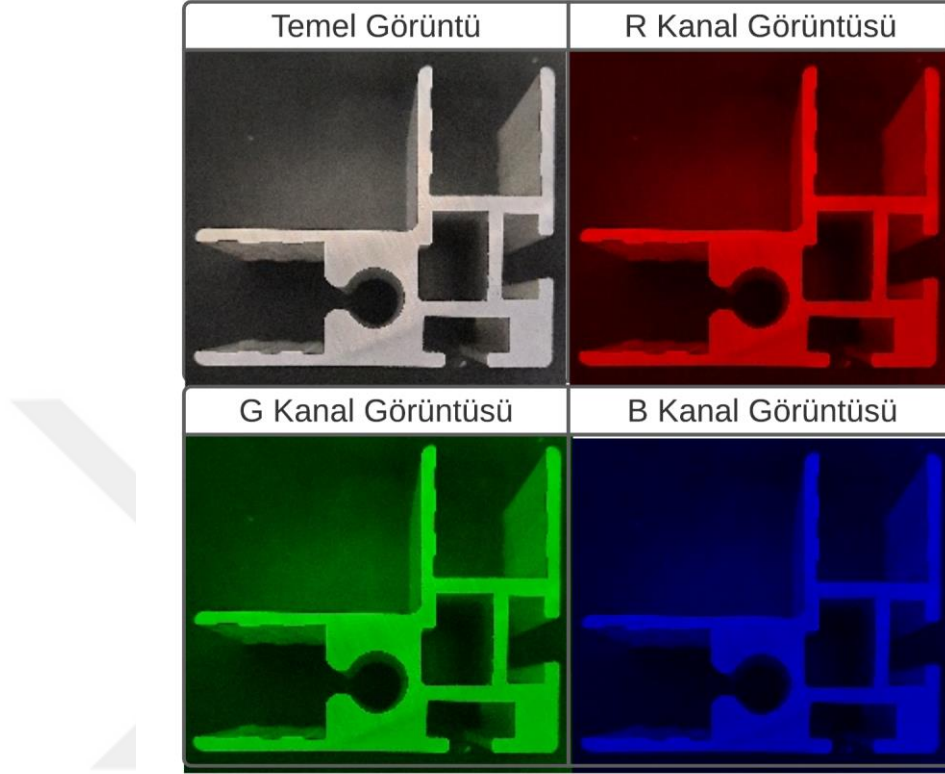


Şekil 4.6. Temel görüntü ve yeniden boyutlandırılmış görüntü

4.2.2. RGB kanal görüntülerinin elde edilmesi

Profil görüntülerinin renkli olarak elde edilmesinden sonra, RGB renk uzayındaki kanal görüntüleri ayrı ayrı elde edilmiştir. İncelenecek nesnenin RGB kanallarındaki görüntüleriyle yapılan çalışmalarda farklılıklar meydana gelmektedir. Kesitin özelliğine göre çalışılan kanal görüntüsü avantaj ya da dezavantaj sağlayabilmektedir. Bu sebepten dolayı farklı kanal görüntülerinde çalışmalar yapılmıştır. Aşağıda 03249 numaralı profil örnek kodları verilerek, RGB renk

kanallarındaki görüntüler elde edilmiştir. Şekil 4.7’de RGB kanal görüntüsü elde etme komutundan önce ve sonra elde edilen görüntüler verilmiştir.



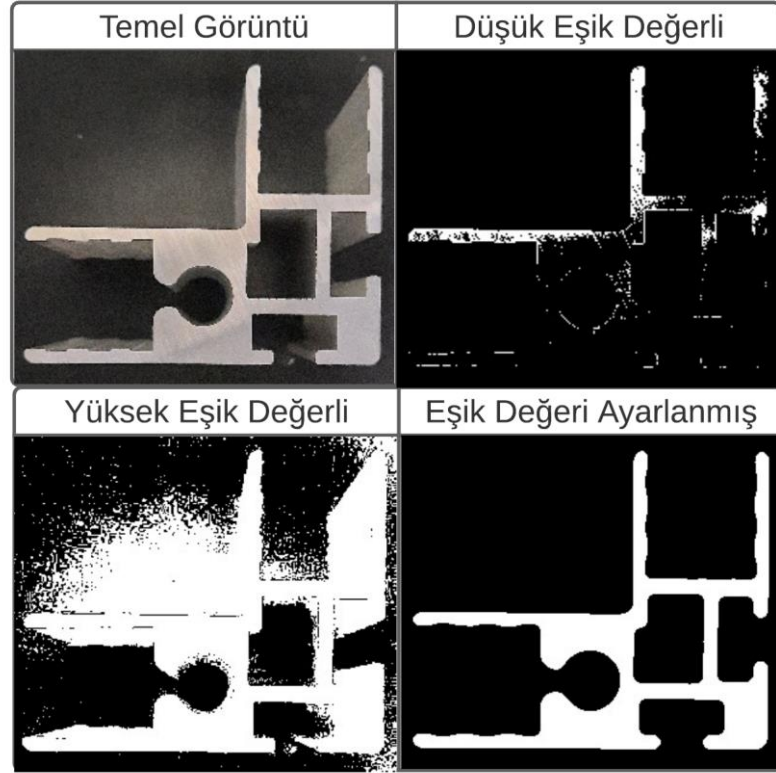
Şekil 4.7. Temel görüntüden RGB kanallarında görüntülerin elde edilmesi

4.2.3. Görüntü eşik değeri bulma

Görüntü işleme teknikleriyle kenar bulma çalışmaları için, öncelikle görüntünün binary formata dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun için eşik değeri bulma yöntemi kullanılarak kullanılan görüntü binary forma dönüştürülür. Binary formatlı görüntü, her pikselin 1 ya da 0 olarak ifade edilmesiyle oluşmuş halidir. Bu yöntemle nesnenin genel hatları ortaya çıkarılabilmektedir. Eşik değeri kullanmaktaki temel amaç, görüntü içerisindeki nesnelerin arka plandan ayırt edilmesini sağlamaktır (Boykov ve Jolly, 2001).

Bu yöntem kullanılırken bir eşik değeri belirlenir. Bu eşik değerine göre tüm piksel değerleri kıyaslanır. Gri kodlu görüntüde 0-255 aralığında olan bir piksel

parlaklığı, görüntünün eşik değerine göre yeni halini alır. Eğer eşik değeri taranan piksel değerinden küçük ise nesne ifade edilirken, eşik değeri piksel değerinden büyük ise arka plan ifade edilir (Jähne, 2002). Bu işlev kullanılarak görüntü üzerinde temel nesnenin arka plandan ayrılması hedeflenir. Aşağıda 03249 numaralı profil örnek kodları verilerek, görüntüye farklı eşik değerleri uygulanmıştır. Şekil 4.8’de temel görüntü ve bu görüntüye uygulanmış farklı eşik değerlikli görüntüler verilmiştir.

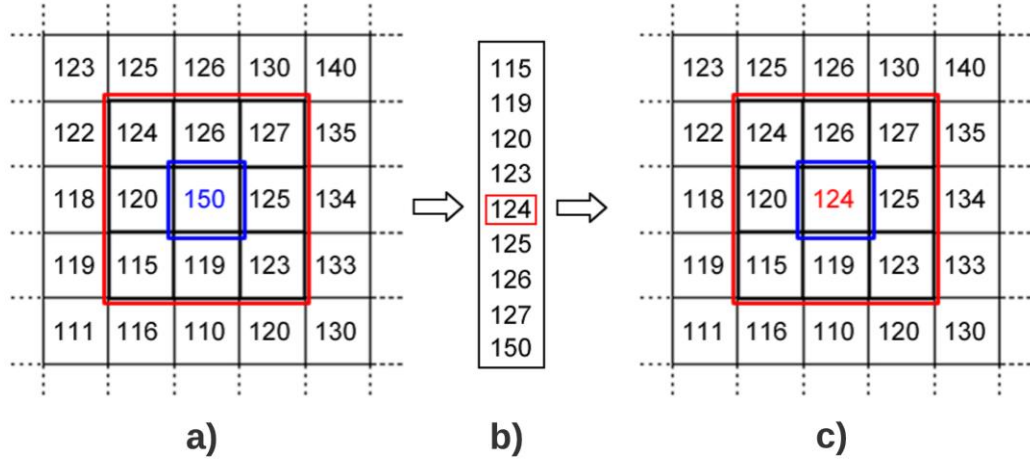


Şekil 4.8. Temel görüntü ve farklı eşik değeri uygulanmış görüntüler

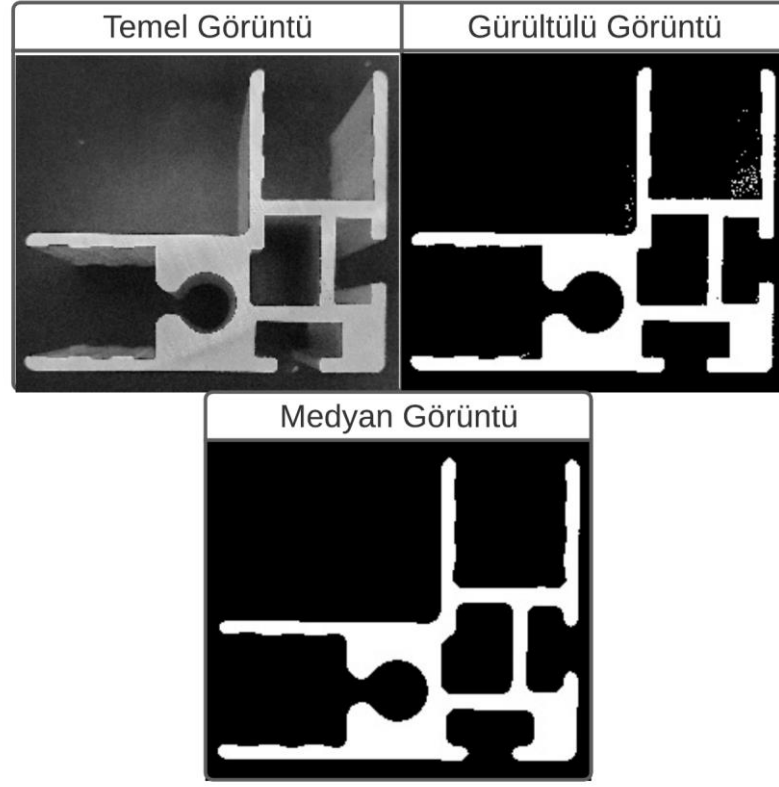
4.2.4. Medyan filtre

Görüntü içerisinde birçok kaynaktan meydana gelebilen, istenmeyen etkilerin toplamına gürültü denir. Görüntülerde ayrıntıları ortaya çıkarmak ya da gürültülerden uzaklaştırmak için çeşitli filtreler kullanılmaktadır. Genellikle filtreler 3x3, 5x5 gibi tek sayılı matris boyutundadırlar. Yapılacak çalışmaya göre filtre çeşidi seçilmelidir. Belirlenen matris boyutundaki filtreler görüntüye uygulanır. Hesaplamalardan sonra piksel değeri yenilenmiş olur. Ortalama değer filtrelerinden olan medyan filtre görüntü

yumuşatmak amacıyla kullanılır. Farklı çalışmalarda farklı yöntemlerle tuz biber gürültü giderme çalışmaları yapılmıştır ve olumlu sonuçlar alınmıştır (Wang ve ark., 2016). Bilinen en iyi tuz biber gürültü filtrelerindendir. Medyan filtre uygulanırken belirlenen matris boyutunda komşu değerlerinin piksel değerleri, sayısal olarak sıralanır ve ortanca değer filtrelenmiş görüntünün ilk pikselini oluşturur. Şekil 4.9'da 3x3 bir medyan filtre örneği verilmiştir. Aşağıda 03249 numaralı profil görüntüsünde, tuz biber gürültülüğü yok etmek için medyan filtre uygulanmıştır. Şekil 4.9'da temel profil görüntüsü, tuz biber gürültülü görüntü ve medyan filtre uygulanmış görüntüler verilmiştir.



Şekil 4.9.a) Görüntü piksel yoğunlukları ve uygulanan filtre (kırmızı sınırlar), **b)** Filtrelenmek istenen bölgedeki piksel yoğunlukların sıralanması, **c)** Filtrelenmiş görüntüde piksel yoğunlukları



Şekil 4.10. Medyan filtre kullanılarak tuz biber gürültüsünün yok edilmesi

4.2.5. Kenar tespit yöntemleri

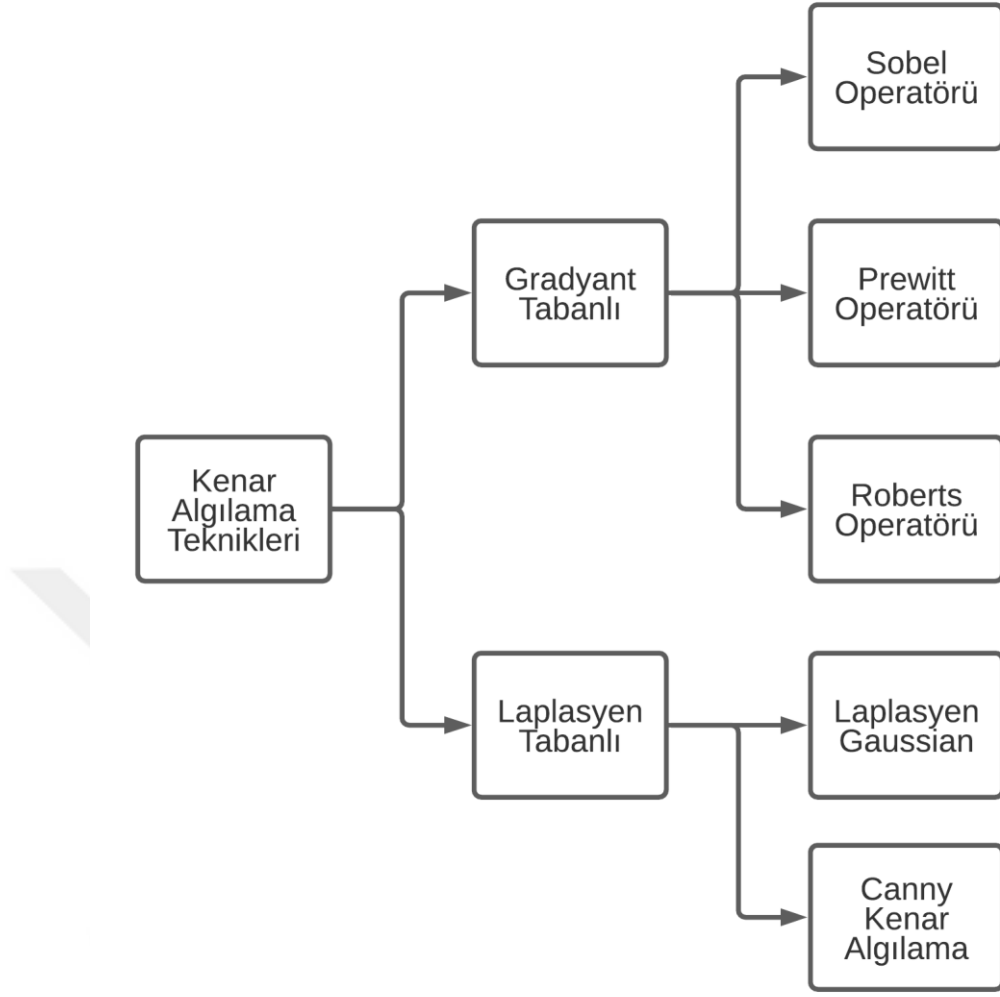
Bir görüntünün gri seviyesinde meydana gelen ani değişikliklere kenar adı verilir. Kenar bulmadaki temel amaç işlenecek veri miktarını azaltmaktır (Canny, 1986). Görüntüde kenar bulmada kullanılan birçok yöntemde bölgesel türevler kullanılmaktadır. Kenar bölgesinde birinci türev maksimum değere sahip olurken (Kudale ve Pawar, 2010), ikinci türev ise kenar bölge de sıfıra gelir. Birinci türev kullanılarak yapılan kenar tespiti Gradyent yöntemi olarak, ikinci türev kullanılarak yapılan kenar tespiti Laplacian yöntemi olarak adlandırılır.

Kenarlar, ait olduğu nesneye dair önemli özelliklere sahiptir (Xu ve ark., 2008). Kenar tespit çalışmaları sırasında, kenar özelliğindeki kısımların tespiti eksik yapılmamalıdır (He ve Zhang, 2007). Kamera ile kalite kontrol tabanlı ölçüm işlemlerinin temelinde de kenar belirleme fonksiyonu bulunmaktadır. Kenarlar ne kadar sağlıklı elde edilirse ölçümlerin hata payları o kadar düşük olacaktır.

Nesnenin kenarları bulunarak görüntü boyutu minimuma düşürülür. İşlem yükü hafifletilir. Görüntü işleme teknikleri ile ölçüm teknolojisinin kullanılması için ölçülecek nesnenin kenarlarının iyi tespit edilmesi gereklidir. Olmayan kenarların var olması, ya da var olan kenarların kenar tespitinin eksik yapılması, çalışmaları başarısız kılacaktır. Bu yüzden kenarların tespit edilmesi, diğer gerçekleştirilen işlemler gibi önemlidir.

Görüntü işleme de kullanılan kenar tespit yöntemleri temel olarak Şekil 4.11’de gösterildiği gibi Gradyant tabanlı veya Laplacian tabanlı olmak üzere ikiye ayrılır. Literatürde yapılan çalışmalarda farklı kenar bulma çalışmaları denenmiştir (Shrivakshan ve Chandrasekar, 2012). Yaygın olarak kullanılan kenar tespit yöntemleri Sobel, Prewitt, Roberts, Laplacian, Canny kenar tespit algoritmalarıdır (Önal, 2018). Bu popüler kenar tespit yöntemleri bir çok uygulamada kullanılmıştır (Jin ve ark., 2018; Menaka ve ark., 2020; Kalra ve Chhokar, 2016; Attivissimo ve ark., 2010; Vardhana ve ark., 2018).

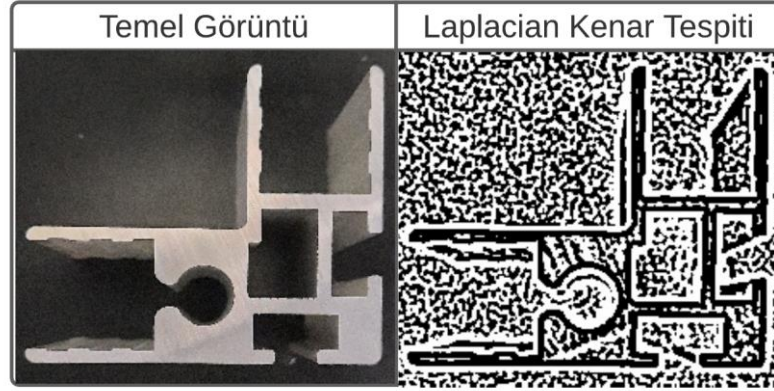
Literatür çalışmalarının bazılarında Prewitt yöntemi diğer yöntemlere göre daha etkili bulunmuştur (Al-Amri ve ark., 2010, Ye ve ark., 2018; Nema ve Saxena, 2013; Hoang ve Nguyen, 2018). Canny kenar yöntemi birçok kenar çıkarma çalışmasında uygulanmış, özellikle MSE ve PSNR değerleri kontrol edildiğinde Canny kenar algoritması diğer yöntemlere göre en etkili yöntem olarak seçilmiştir (İçer, 2016; Yıldız ve Yıldız, 2018; Guiming ve Jidong, 2016; Kumar ve Saxena, 2013; Musoromy ve ark., 2010). Bazı çalışmalarda Sobel kenar tespiti (Aslam ve ark., 2015; Biswas ve Ghoshal, 2016; Furnari ve ark., 2017; Jin-Yu ve ark., 2009), bazı çalışmalarda Roberts (Ansari ve ark., 2017; Das, 2016), bazılarında ise Laplacian (Van ve Pieter, 2001; Wang, 2007; Gun, 1998; Xiansheng, 2011) algoritmaları kullanılarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada kenar tespiti için farklı kenar tespit yöntemleri denenmiş ve Canny kenar belirleme algoritmasıyla diğer yöntemlerden daha iyi sonuçlar alınmıştır.



Şekil 4.11. Popüler kenar tespit yöntemlerinin sınıflandırılması

4.2.5.1. Laplacian kenar tespiti

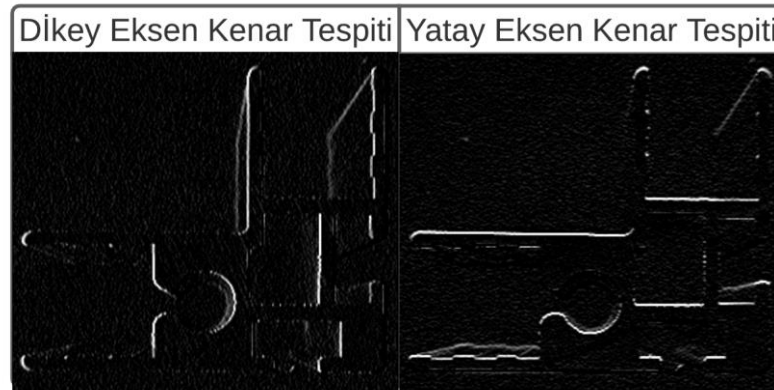
Laplacian kenar tespit yöntemi ile profilin kenarlarının tespit edilmesi hedeflenmiştir. Aşağıda 03249 numaralı profil görüntüsünde, Laplacian tabanlı kenar algılama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.12’de temel görüntü ve Laplacian tabanlı kenar tespiti yapılmış görüntü verilmiştir.



Şekil 4.12. Temel görüntü ve Laplacian kenar tespiti

4.2.5.2. Sobel kenar tespiti

Sobel kenar tespit yöntemi ile profilin kenarlarının tespit edilmesi hedeflenmiştir. Aşağıda 03249 numaralı profil görüntüsünde, Sobel tabanlı kenar algılama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.13'te temel görüntü ve Sobel tabanlı kenar tespiti yapılmış görüntü verilmiştir.

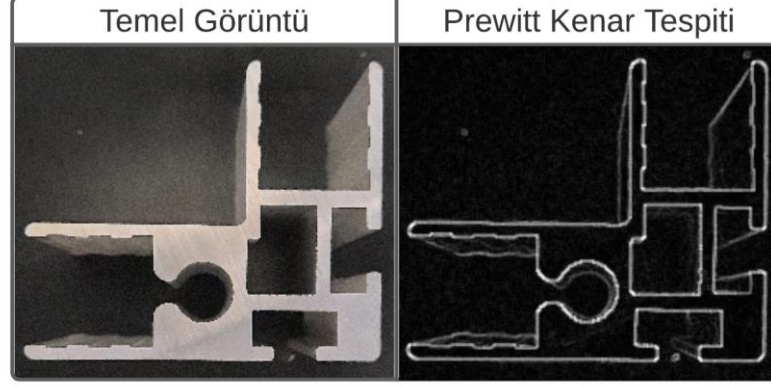


Şekil 4.13. Dikey ve yatay sobel kenar tespiti

4.2.5.3. Prewitt kenar tespiti

Prewitt kenar tespit yöntemi ile profilin kenarlarının tespit edilmesi hedeflenmiştir. Aşağıda 03249 numaralı profil görüntüsünde, Prewitt tabanlı kenar

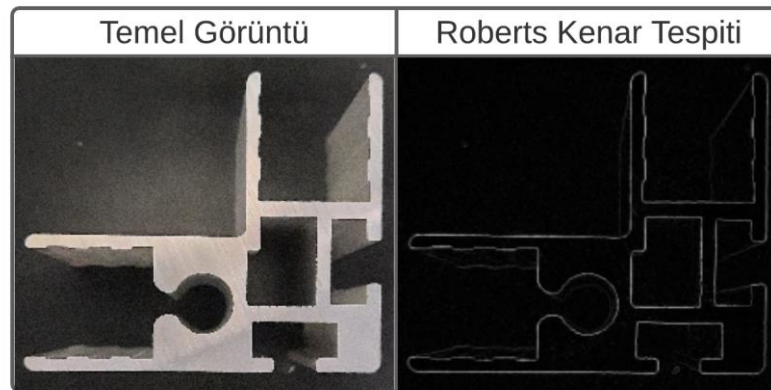
algılama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.14'te temel görüntü ve Sobel tabanlı kenar tespiti yapılmış görüntü verilmiştir.



Şekil 4.14. Temel görüntü ve Prewitt kenar tespiti

4.2.5.4. Roberts Kenar Tespiti

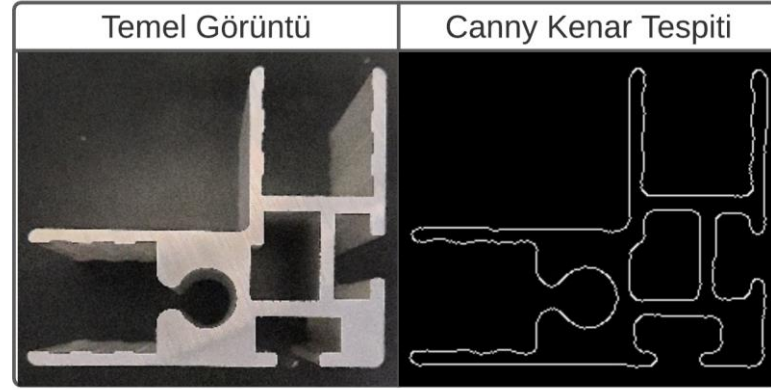
Roberts kenar tespit yöntemi ile profilin kenarlarının tespit edilmesi hedeflenmiştir. Aşağıda 03249 numaralı profil görüntüsünde, Roberts tabanlı kenar algılama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.15'te temel görüntü ve Roberts tabanlı kenar tespiti yapılmış görüntü verilmiştir.



Şekil 4.15. Temel görüntü ve Roberts kenar tespiti

4.2.5.5. Canny kenar tespiti

Canny kenar tespit yöntemi ile profil kenarlarının tespit edilmesi hedeflenmiştir. Aşağıda 03249 numaralı profil görüntüsünde, Canny tabanlı kenar algılama işlemleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.15'te temel görüntü ve Canny tabanlı kenar tespiti yapılmış görüntü verilmiştir.



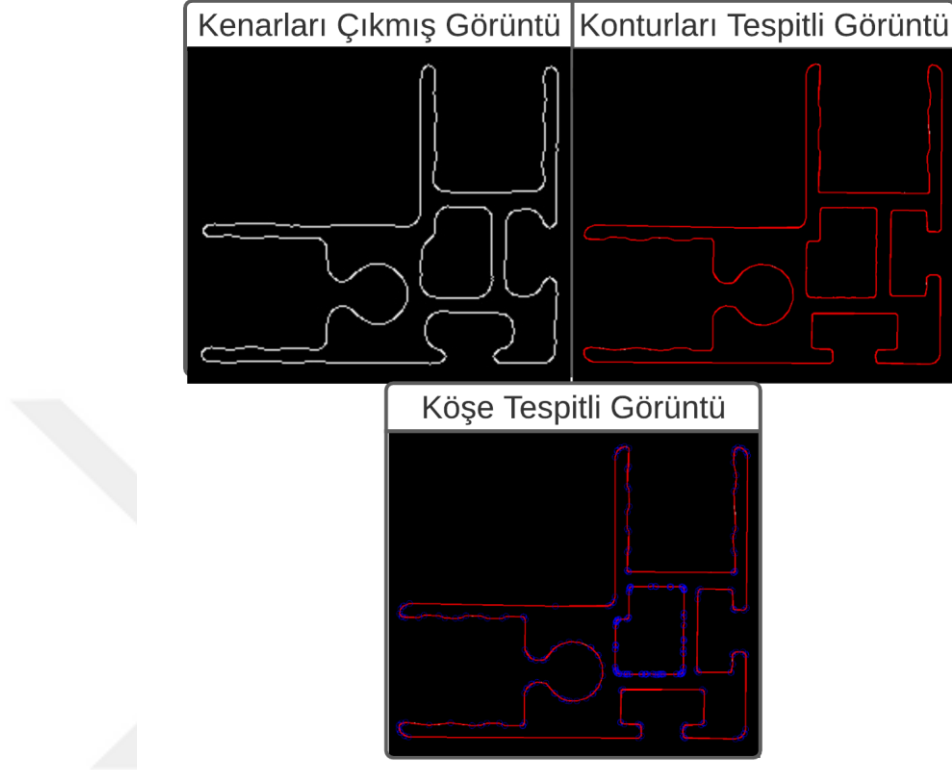
Şekil 4.16. Temel görüntü ve Canny kenar tespiti

4.2.6. Kontur tespiti

Görüntüde kesintisiz şekilde aynı renk ve yoğunluğa sahip olan noktaları birleştiren kapalı eğrilere kontur denir. Kontur yönteminin nesne algılama çalışmalarında, şekil analizlerinde, nesne tanıma uygulamalarında önemli bir yeri vardır. Kontur yönteminin uygulanması için görüntü binary forma dönüştürülür. Arka planın siyah, nesnenin de siyah olması gerekmektedir. Aşağıda 03249 numaralı profil görüntüsünde, kontur belirleme çalışmaları yapılmış, kontur hattı çizilmiş, konturlarda bulunan köşeler çember içerisine alınmıştır. Şekil 4.17'de temel görüntü ve kontur tespit yapılmış, konturları çizilmiş ve kontur hattında bulunan köşelerin çember içerisine alınmış hali verilmiştir.

Kontur noktalarıyla birlikte, köşe nokta koordinatlarının da belirlenmesiyle, matematiksel özelliklerden de faydalanarak iki nokta arası piksel hesaplamaları

gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.17’de bulunan 03249 numaralı profil görüntüsünde, kontur tespiti, köşe noktaların çember içine alınması örnekleri verilmiştir.



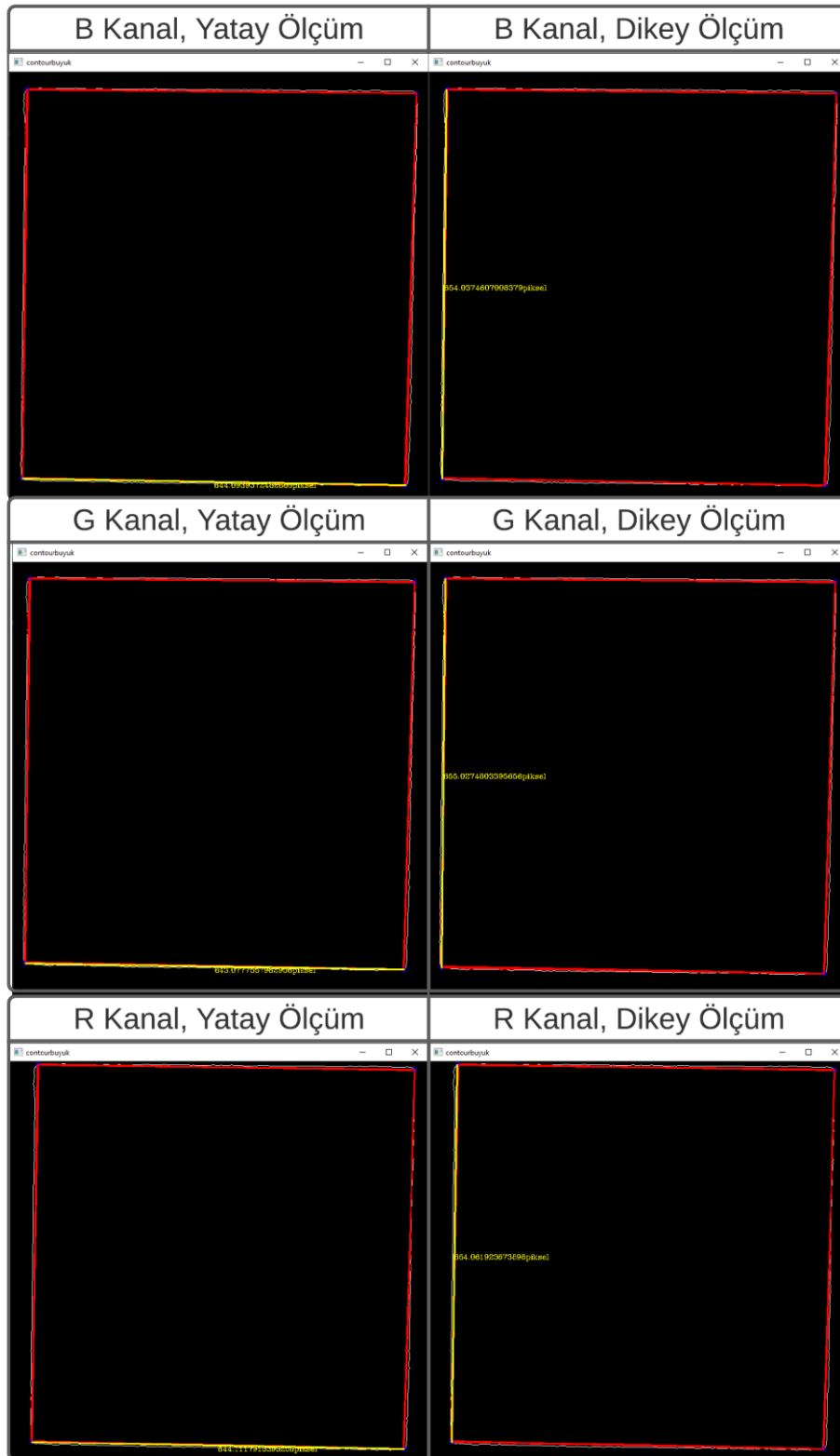
Şekil 4.17. Kenarları bulunana profilin kontur tespitleri ve köşelerin belirlenmesi

4.2.7. Kalibrasyon yöntemi

Görüntü işleme teknikleri kullanılarak kesit ölçüm işlemlerinde belirlenen iki nokta arası piksel büyüklüğü belirlendikten sonra bu büyüklüğün mikron, milimetre gibi envensel ölçü birimleri ile ifade edilmesi gerekmektedir. Bunun için piksel mm dönüşümü yapılmalıdır. Bu dönüşüm için ölçüsü bilinen, ölçüm metodu kolay olan referans bir nesneye ihtiyaç duyulur. Referans nesne seçiminde referans nesnenin ölçülecek nesne ile aynı yükseklikte olmasına dikkat edilmelidir. Başka bir ifadeyle kamera nesne arası mesafelerin eşit olması sağlanmalıdır. Çünkü kameradan uzaklaştıkça, aynı nesnenin görüntüsü küçülecektir. Bütün bunlar dikkate alındığında hassas ölçümler gerçekleştirmek için kalibrasyon oranının çok iyi belirlenmesi gerekmektedir.

Yapılan çalışmada RGB kanallarında ayrı ayrı görüntülerde ölçüm gerçekleştirileceğinden referans nesnenin RGB kanallarında, aynı kamera nesne uzaklığında görüntüleri alınmıştır. Bu değerlere göre kalibrasyon oranları üç farklı kanala göre ayrı ayrı belirlenmiştir. Örnek olarak gerçekte 36,54 mm ölçülen kesit uzunluğunun B kanalında 652,0270 piksel, G kanalında 656,006 piksel ve R kanalında 655,00 piksel olarak ölçülmüştür. Bu verilere göre B kanalında kalibrasyon oranı 0,0560, G kanalında 0,0557 ve R kanalında 0,0558 olarak hesaplanmıştır. Ölçülmek istenen nesne kesitleri kalibrasyon oranları ile çarpılarak mm cinsinden uzunlukları bulunmuştur.





Şekil 4.18. Referans nesnenin RGB kanallarında yatay ve dikey kenar ölçümleri



Şekil 4.19. Örnek nesnenin RGB kanallarında yatay ve dikey kenar ölçümleri

Bu bölümde görüntü işlemede kullanılan temel bazı tanımlamalar yapılmıştır. Ardından referans nesne ve ölçülmek istenen nesnede uygulanan yöntemler açıklanmış ve bu yöntem görselleri verilmiştir. Bu yöntemlerden olan farklı kenar belirleme yöntemleri, gerçek profil görüntüsü üzerinde denenmiş ve Canny kenar belirleme yöntemi seçilerek çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Elde edilen görüntüler referans nesne ve ölçülmek istenen nesne olarak Şekil 4.18 ve Şekil 4.19’da verilmiştir.

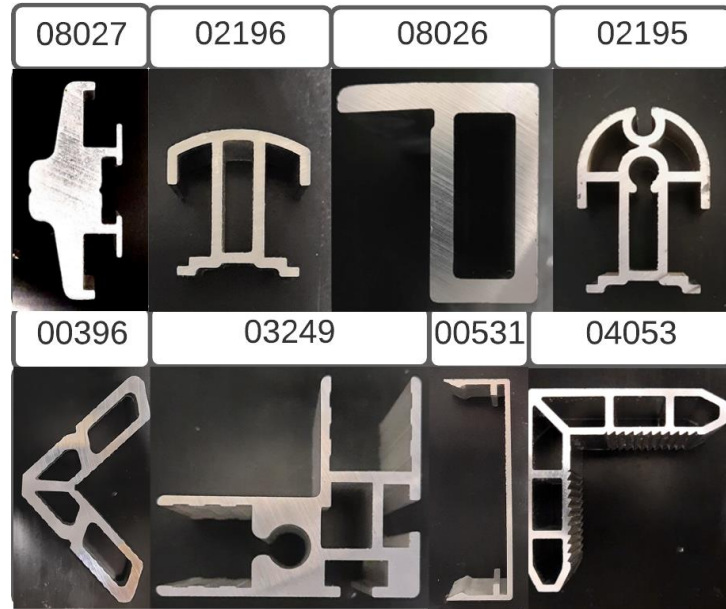


5. UYGULAMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Görüntü işleme çalışmaları PyCharm Professional 2021.1 sürümlü arayüz programıyla, Python 3.9 sürümü kullanılarak Windows 10 işletim sistemli bilgisayarda gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalar bu donanım ve yazılımlar kullanılarak elde edilmiştir. Tablolarda ve grafiklerde görüntü işleme teknikleri kullanılarak elde edilen görüntülerin RGB kanal görüntülerinde ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu kanal görüntülerine ilaveten ortalama değerler de bu değerlerle birlikte verilmiştir. Bu ölçüm sonuçları temaslı ölçüm yöntemleriyle elde edilen sonuçlarla kıyaslanmıştır.

5.1. Çalışılan Kesitlerin Tolerans Değerleri ve Yüzde Hata Oranı

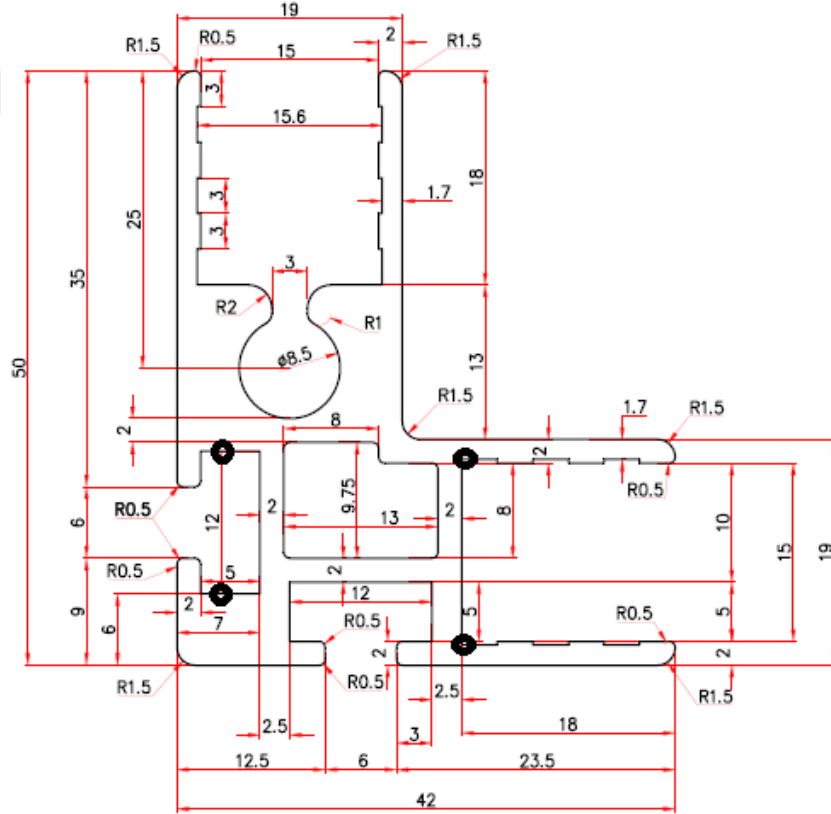
Aşağıda profillerin kesitlere özel tolerans değerleri ayrıntılı olarak verilmiştir. Alüminyum ekstrüzyon sektöründe profillerde ölçülecek her kesitin ayrı tolerans değeri vardır. Şekil 5.1. de ölçümleri yapılan profillerin görüntüleri, Çizelge 5.1’de ölçülen kesitlere yer verilmiştir.



Şekil 5.1. Örnek nesnenin RGB kanallarında yatay ve dikey kenar ölçümleri

Çizelge 5.1. Çalışmalarda ölçüm yapılan noktaların tolerans değerleri

Ölçüm Noktası	Tolerans Değerleri (mm)		
	Minimum	Orta Değer	Maksimum
Uzun çene (08027)	32,00	32,50	33,00
Kısa çene (08027)	7,00	8,00	9,00
Dış gönye düz kenar alt uzunluk (04053)	38,60	40,10	41,60
Dış gönye düz kenar üst uzunluk (04053)	38,60	40,10	41,60
Tırnaklı açıkcağız (03249)	15,10	15,60	16,10
Tırnaksız açıkcağız (03249)	11,00	12,00	13,00
İç gönye kenar uzunluğu üst (00396)	44,41	46,16	47,91
İç gönye kenar uzunluğu alt (00396)	44,41	46,16	47,91
Alt dar kanal genişliği (02195)	4,25	5,00	5,75
İçten içe kanar açıklığı (02195)	20,05	21,15	22,25
Alt dar kanal genişliği (02196)	4,31	5,06	5,81
İçten içe kanat açıklığı (02196)	20,00	21,00	22,00
Üst tırnak alın genişliği (00531)	4,95	5,45	5,95
Dipten dibe tırnak arası açıklığı (00531)	3,20	3,70	4,20
Dikdörtgen küçük kenar (08026)	11,50	12,00	12,50
Dikdörtgen büyük kenar (08026)	24,00	25,00	26,00



Şekil 5.2. Örnek bir profildeki kontrol noktaları

Şekil 5.1’de teknik çizimi verilen örnek profilde standart ölçüler verilmektedir. Yapılan bu çalışmada her farklı profilde farklı 2 kesit ölçümü yapılmıştır. Daha sonra bu ölçüm sonuçlarına göre yüzde hata oranları bulunmuştur. Yüzde hata oranı formülü Denklem 5.1’de verilmiştir.

$$\% \text{ Hata Oranı} = \left| \frac{\text{Standart Değer} - \text{Elde Edilen Değer}}{5} \right| * 100 \quad (5.1)$$

5.2. Elde Edilen Sayısal Sonuçlar

Numune profiller ve ölçülmek istenen profil görüntüleri elde edildikten sonra, görüntü işleme teknikleri kullanılarak, RGB kanallardaki görüntülerden de faydalanılıp, çalışma yapılan kanallardaki ölçülen piksel değeri, o kanallardaki görüntülerden hesaplanan kesit ölçüm değerleri, mevcut kesitlerin kumpas ölçüm sonuçları, ortalama ölçüm değerleri, farklı kanallardaki yüzde hata payları, ortalama hata payları her profilin kesitine göre ayrı ayrı verilmiştir. Birden fazla numune ve kesitte gerçekleştirilen çalışmada “N” harfi numune “K” harfi kesit olarak kullanılmıştır. Örneğin “1N1K” ifadesi 1. numunenin 1. kesiti şeklinde kullanılmıştır.

Çizelge 5.2. 08027 numaralı profil hata oranları

Ölçüm	B (piksel)	G (piksel)	R (piksel)	B (mm)	G (mm)	R (mm)	Kumpas ölçümü (mm)
1N1K	391,0000	393,0000	391,0100	31,9448	31,9510	31,9065	32,100
1N2K	104,0000	105,0000	104,0000	8,4968	8,5365	8,4864	8,380
2N1K	391,0100	391,0100	391,0100	31,9451	31,7892	31,9060	32,100
2N2K	104,0000	107,0000	107,0000	8,4971	8,6991	8,7312	8,380
3N1K	393,0000	399,0100	396,0100	32,1082	32,4391	32,3145	32,100
3N2K	108,0000	108,0000	108,0000	8,8236	8,7804	8,8128	8,380
4N1K	392,0300	392,0300	393,0300	32,0289	31,8721	32,0713	32,100
4N2K	108,0000	108,0000	109,0000	8,8236	8,7804	8,8944	8,380

Çizelge 5.3. 08027 numarlı profil hata oranları

Ölçüm	B % hata	G % hata	R % hata	Ortalama ölçüm (mm)	Ortalama % hata
1N1K	0,48	0,46	0,60	31,9341	0,52
1N2K	-1,39	-1,87	-1,27	8,5066	-1,49
2N1K	0,48	0,97	0,60	31,8801	0,69
2N2K	-1,40	-3,81	-4,19	8,6425	-3,04
3N1K	-0,03	-1,06	-0,67	32,2873	-0,58
3N2K	-5,29	-4,78	-5,06	8,8056	-4,83
4N1K	0,22	0,71	0,09	31,9908	0,34
4N2K	-5,29	-4,78	-6,14	8,8328	-5,13

Çizelge 5.4. 04053 numarlı profil ölçüm sonuçları

Ölçüm	B (piksel)	G (piksel)	R (piksel)	B (mm)	G (mm)	R (mm)	Kumpas ölçümü (mm)
1N1K	522,0000	519,0000	520,0000	40,4028	40,2225	40,0920	40,200
1N2K	524,0100	509,0000	521,0000	40,5584	39,4475	40,1691	40,300
2N1K	511,0000	529,0000	531,0000	39,5514	40,9975	40,9401	40,200
2N2K	524,0000	503,0000	520,0000	40,5576	38,9825	40,0920	40,300
3N1K	507,0000	511,0000	517,0000	39,2418	39,6025	39,8607	40,200
3N2K	513,0000	515,0000	512,0000	39,7062	39,9125	39,4752	40,300
4N1K	532,0000	532,0000	527,0000	41,1768	41,2300	40,6317	40,200
4N2K	513,0100	530,0000	517,0100	39,7070	41,0750	39,8615	40,300

Çizelge 5.5. 04053 numaralı profil hata oranları

Ölçüm	B % hata	G % hata	R % hata	Ortalama ölçüm (mm)	Ortalama % hata
1N1K	-0,50	-0,06	0,27	40,2391	-0,10
1N2K	-0,64	2,12	0,32	40,0583	0,60
2N1K	1,61	-1,98	-1,84	40,4963	-0,73
2N2K	-0,64	3,27	0,52	39,8774	1,06
3N1K	2,38	1,49	0,84	39,5683	1,60
3N2K	1,47	0,96	2,05	39,6980	1,52
4N1K	-2,43	-2,56	-1,07	41,0128	-1,98
4N2K	1,47	-1,92	1,09	40,2145	0,21

Çizelge 5.6. 03249 numaralı profil ölçüm sonuçları

Ölçüm	B (piksel)	G (piksel)	R (piksel)	B (mm)	G (mm)	R (mm)	Kumpas ölçümü (mm)
1N1K	276,0100	276,0100	273,0700	15,4675	15,3738	15,2333	15,650
1N2K	231,0100	213,0100	213,0200	12,9459	11,8648	11,8836	12,040
2N1K	273,1500	274,1500	274,1500	15,3074	15,2702	15,2936	15,650
2N2K	210,1500	210,1200	210,1200	11,7770	11,7036	11,7216	12,040
3N1K	281,0000	280,0300	280,0300	15,7474	15,5978	15,6217	15,650
3N2K	215,1100	210,0000	210,0000	12,0551	11,6973	11,7152	12,040
4N1K	281,0300	275,0900	275,0700	15,7490	15,3227	15,3448	15,650
4N2K	216,0200	217,0600	217,0000	12,1059	12,0902	12,1057	12,040

Çizelge 5.7. 03249 numaralı profil hata oranları

Ölçüm	B % hata	G % hata	R % hata	Ortalama ölçüm (mm)	Ortalama % hata
1N1K	1,24	1,77	2,64	15,3557	1,92
1N2K	-7,45	1,46	1,27	12,2292	-1,55
2N1K	2,26	2,43	2,25	15,2879	2,37
2N2K	2,25	2,80	2,62	11,7321	2,62
3N1K	-0,55	0,34	0,16	15,6530	-0,02
3N2K	-0,05	2,85	2,67	11,8205	1,86
4N1K	-0,56	2,09	1,93	15,4696	1,17
4N2K	-0,47	-0,42	-0,57	12,0986	-0,48

Çizelge 5.8. 00396 numaralı profil ölçüm sonuçları

Ölçüm	B (piksel)	G (piksel)	R (piksel)	B (mm)	G (mm)	R (mm)	Kumpas ölçümü (mm)
1N1K	224,4700	224,4700	224,4700	46,2668	46,2304	45,9947	46,180
1N2K	220,7800	218,6300	220,7800	45,5054	45,0277	45,2378	46,180
2N1K	226,2900	221,8200	216,0000	46,6413	45,6842	44,2588	46,180
2N2K	219,2400	237,5900	236,7800	45,1888	48,9321	48,5166	46,180
3N1K	226,2900	224,1600	226,2900	46,6413	46,1662	46,3670	46,180
3N2K	219,2400	219,2400	219,2400	45,1888	45,1533	44,9231	46,180
4N1K	224,1600	226,9800	226,9800	46,2025	46,7469	46,5086	46,180
4N2K	219,9400	219,9400	219,9400	45,3319	45,2962	45,0653	46,180

Çizelge 5.9. 00396 numarlı profil hata oranları

Ölçüm	B % hata	G % hata	R % hata	Ortalama ölçüm (mm)	Ortalama % hata
1N1K	-0,18	-0,18	-0,18	46,2641	-0,18
1N2K	1,47	2,42	1,47	45,3553	1,82
2N1K	-0,99	1,00	3,60	45,6247	1,22
2N2K	2,15	-6,04	-5,68	47,6516	-3,09
3N1K	-0,99	-0,04	-0,99	46,4923	-0,67
3N2K	2,15	2,15	2,15	45,1862	2,20
4N1K	-0,04	-1,30	-1,30	46,5873	-0,87
4N2K	1,84	1,84	1,84	45,3292	1,88

Çizelge 5.10. 02195 numarlı profil ölçüm sonuçları

Ölçüm	B (piksel)	G (piksel)	R (piksel)	B (mm)	G (mm)	R (mm)	Kumpas ölçümü (mm)
1N1K	72,0000	72,0000	72,0000	5,0976	5,1048	5,0616	5,000
1N2K	296,0000	287,0100	296,0000	20,9569	20,3487	20,8089	21,150
2N1K	65,0000	67,0700	67,0700	4,6020	4,7551	4,7148	5,000
2N2K	294,2900	294,2900	295,6100	20,8355	20,8649	20,7815	21,150
3N1K	61,0100	67,0100	67,0100	4,3194	4,7508	4,7106	5,000
3N2K	299,0000	305,0000	300,0100	21,1693	21,6245	21,0908	21,150
4N1K	70,0100	70,0100	70,0100	4,9565	4,9635	4,9215	5,0000
4N2K	298,0800	297,0600	296,0800	21,1042	21,0617	20,8146	21,150

Çizelge 5.11. 02195 numarlı profil hata oranları

Ölçüm	B % hata	G % hata	R % hata	Ortalama ölçüm (mm)	Ortalama % hata
1N1K	-1,95	-2,10	-1,23	5,0880	-1,73
1N2K	0,91	3,79	1,61	20,7048	2,15
2N1K	7,96	4,90	5,70	4,6906	6,60
2N2K	1,49	1,35	1,74	20,8273	1,55
3N1K	13,61	4,98	5,79	4,5936	8,85
3N2K	-0,09	-2,24	0,28	21,2948	-0,68
4N1K	0,87	0,73	1,57	4,9472	1,07
4N2K	0,22	0,42	1,59	20,9935	0,75

Çizelge 5.12. 02196 numarlı profil ölçüm sonuçları

Ölçüm	B (piksel)	G (piksel)	R (piksel)	B (mm)	G (mm)	R (mm)	Kumpas ölçümü (mm)
1N1K	69,0000	68,0000	68,0000	4,9542	4,8688	4,8688	4,897
1N2K	297,0000	294,0200	299,0600	21,3247	21,0515	21,4127	21,263
2N1K	67,0000	67,0300	67,0000	4,8106	4,7993	4,7972	4,802
2N2K	300,0300	298,0100	301,0100	21,5419	21,3372	21,5526	21,477
3N1K	70,0100	63,0300	64,0300	5,0265	4,5130	4,5846	4,708
3N2K	295,0300	301,0000	297,0300	21,1829	21,5517	21,2671	21,334
4N1K	70,0000	65,0400	67,0100	5,0260	4,6568	4,7977	4,827
4N2K	300,0600	296,0400	295,0300	21,5442	21,1966	21,1239	21,288

Çizelge 5.13. 02196 numarlı profil hata oranları

Ölçüm	B % hata	G % hata	R % hata	Ortalama ölçüm (mm)	Ortalama % hata
1N1K	0,12	1,84	1,84	4,9873	1,28
1N2K	-0,83	0,47	-1,24	21,2629	-0,53
2N1K	3,01	3,24	3,28	4,8024	3,28
2N2K	-1,85	-0,89	-1,90	21,4772	-1,52
3N1K	-1,34	9,01	7,57	4,7080	5,35
3N2K	-0,16	-1,90	-0,55	21,3339	-0,86
4N1K	-1,33	6,11	3,27	4,8268	2,76
4N2K	-1,86	-0,22	0,12	21,2883	-0,65

Çizelge 5.14. 00531 numarlı profil ölçüm sonuçları

Ölçüm	B (piksel)	G (piksel)	R (piksel)	B (mm)	G (mm)	R (mm)	Kumpas ölçümü (mm)
1N1K	78,0000	76,0000	75,0000	5,6160	5,4796	5,4750	5,480
1N2K	50,5400	48,7600	47,4200	3,6387	3,5159	3,4619	3,610
2N1K	76,0000	77,0000	77,0000	5,4720	5,5517	5,6210	5,480
2N2K	49,2400	51,0000	50,1200	3,5456	3,6771	3,6587	3,610
3N1K	80,0100	79,0100	79,0000	5,7604	5,6963	5,7670	5,480
3N2K	52,7700	49,2400	52,7700	3,7997	3,5505	3,8524	3,610
4N1K	76,0100	76,0100	66,0000	5,4724	5,4800	4,8180	5,480
4N2K	46,1000	49,2400	47,4200	3,3190	3,5505	3,4619	3,610

Çizelge 5.15. 00531 numarlı profil hata oranları

Ölçüm	B % hata	G % hata	R % hata	Ortalama ölçüm (mm)	Ortalama % hata
1N1K	-2,48	0,01	0,09	5,5235	-0,79
1N2K	-0,79	2,61	4,10	3,5388	2,01
2N1K	0,15	-1,31	-2,57	5,5482	-1,23
2N2K	1,78	-1,86	-1,35	3,6271	-0,47
3N1K	-5,12	-3,95	-5,24	5,7413	-4,55
3N2K	-5,25	1,65	-6,72	3,7342	-3,33
4N1K	0,14	0,00	12,08	5,2568	4,25
4N2K	8,06	1,65	4,10	3,4438	4,83

Çizelge 5.16. 08026 numarlı profil ölçüm sonuçları

Ölçüm	B (piksel)	G (piksel)	R (piksel)	B (mm)	G (mm)	R (mm)	Kumpas ölçümü (mm)
1N1K	297,000 0	293,0100	292,0000	11,9097	11,8081	11,6508	11,900
1N2K	636,010 0	628,0000	630,0000	25,5039	25,3084	25,1371	25,970
2N1K	290,000 0	290,0000	293,0000	11,6290	11,6870	11,6907	11,900
2N2K	635,000 0	632,0100	635,0000	25,4636	25,4699	25,3366	25,970
3N1K	290,000 0	297,0400	292,0000	11,6290	11,9708	11,6508	11,900
3N2K	641,000 0	630,0600	634,0000	25,7042	25,3916	25,2966	25,970
4N1K	290,030 0	290,0300	300,0000	11,6301	11,6881	11,9700	11,900
4N2K	622,000 0	636,0000	609,1600	24,9423	25,6308	24,3055	25,970

Çizelge 5.17. 08026 numaralı profil hata oranları

Ölçüm	B % hata	G % hata	R % hata	Ortalama ölçüm (mm)	Ortalama % hata
1N1K	-0,58	0,77	2,09	11,8094	0,77
1N2K	1,31	2,55	3,21	25,3589	2,41
2N1K	1,79	1,79	1,76	11,6882	1,81
2N2K	1,46	1,93	2,44	25,4657	1,98
3N1K	1,79	-0,59	2,09	11,7695	1,11
3N2K	0,53	2,23	2,59	25,5069	1,82
4N1K	1,78	1,78	-0,59	11,7821	1,00
4N2K	3,48	1,31	6,41	25,0010	3,88

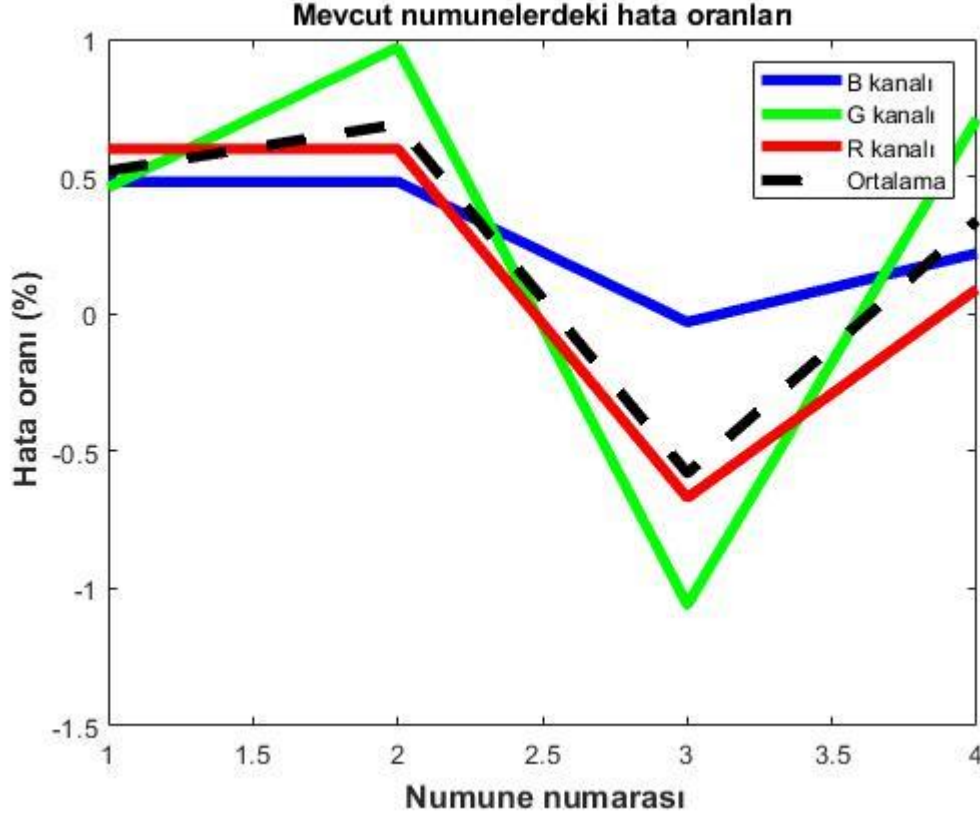
5.3. Yüzde Hata Oranlarının Detaylı Olarak İncelenmesi

Bu bölümde alüminyum ekstrüzyon preslerde üretilen farklı profillerden alınan numunelerinin RGB kanallarındaki hata paylarının ve ortalama hata paylarının detaylı incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu analizler toplamda 8 adet profilin, 4 farklı numunesi kullanılarak, 2 farklı kesit ölçümleri ile RGB kanallarındaki 192 adet ölçümden oluşmaktadır. Grafikte mavi ile gösterilmiş değerler, görüntü işleme ile yapılan işlemlerde görüntünün B kanalından elde edilmiş ölçümleri, yeşil ile gösterilmiş değerler, görüntü işleme ile yapılan işlemlerde görüntünün G kanalından elde edilmiş ölçümleri, kırmızı ile gösterilmiş değerler, görüntü işleme ile yapılan işlemlerde görüntünün R kanalından elde edilmiş ölçümleri ifade etmektedir. Kesikli çizgi ile gösterilmiş değerler ise RGB kanallarındaki ortalama piksel değerlerine göre hata paylarını ifade etmektedir.

5.3.1. 08027 profil yüzde hataları-1

Şekil 5.2’de 08027 numaralı profilin uzun çene ölçümleri grafiği incelendiğinde maksimum hata oranı %1,06 olarak G kanalında oluşmuştur. En düşük hata oranı ise -%0,03 olarak B kanalında gerçekleşmiştir. Belirlenen kesit, temaslı ölçüm cihazı ile

ölçüldüğünde 32,10 mm gelmektedir. Aynı ölçüm görüntü işleme tabanlı işlemlerle ölçüldüğünde 32,1082-32,4391 mm olarak gelmektedir. Burada temaslı ölçüm cihazı ile temassız ölçüm cihazı ölçümleri birbirlerine yakın değerlerde çıkmışlardır. Profil, üretim raporunda $35,5 \pm 0,50$ mm olarak verilen tolerans değerleri aralığında olarak kalite kontrol işlemlerinden başarıyla geçmiştir.

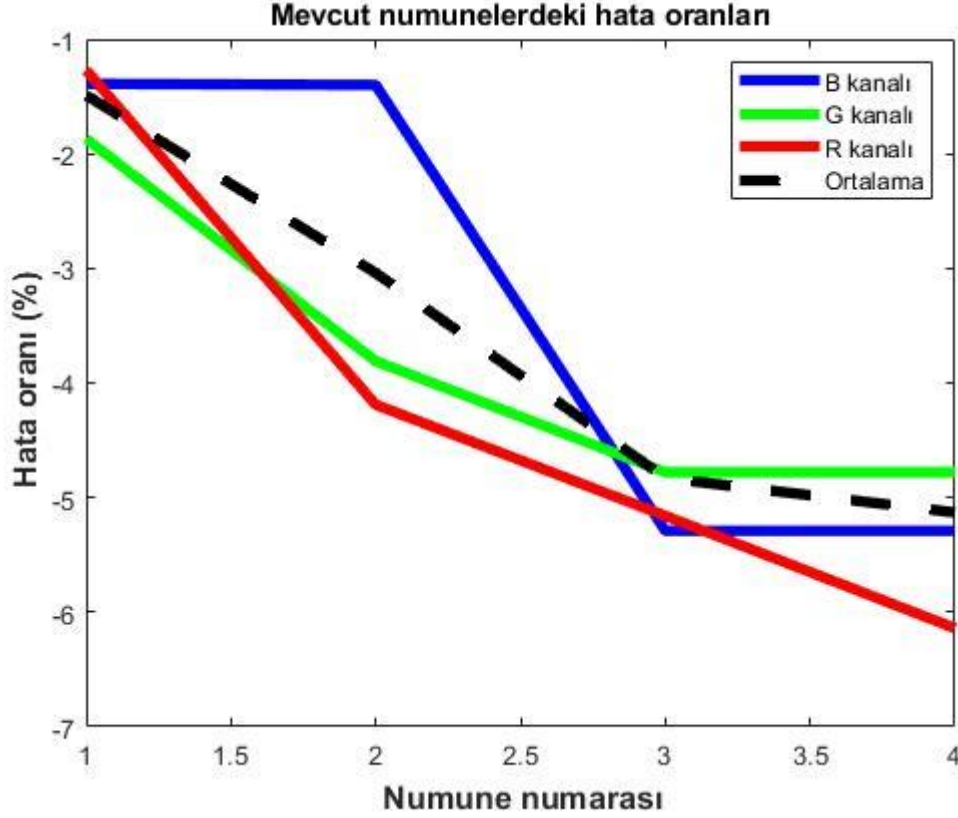


Şekil 5.3. 08027 numaralı profilde uzun çene ölçümü yüzde hata oranları grafiği

5.3.2. 08027 profil yüzde hataları-2

Şekil 5.3'te 08027 numaralı profilin kısa çene ölçümleri grafiği incelendiğinde maksimum hata oranı %6,14 olarak R kanalında oluşmuştur. En düşük hata oranı ise -%1,27 olarak R kanalında gerçekleşmiştir. Belirlenen kesit, temaslı ölçüm cihazı ile ölçüldüğünde 8,38 mm gelmektedir. Aynı ölçüm görüntü işleme tabanlı işlemlerle ölçüldüğünde 8,4864-8,8944 mm olarak gelmektedir. Burada temaslı ölçüm cihazı ile temassız ölçüm cihazı ölçümleri birbirlerine yakın değerlerde çıkmışlardır. Profil,

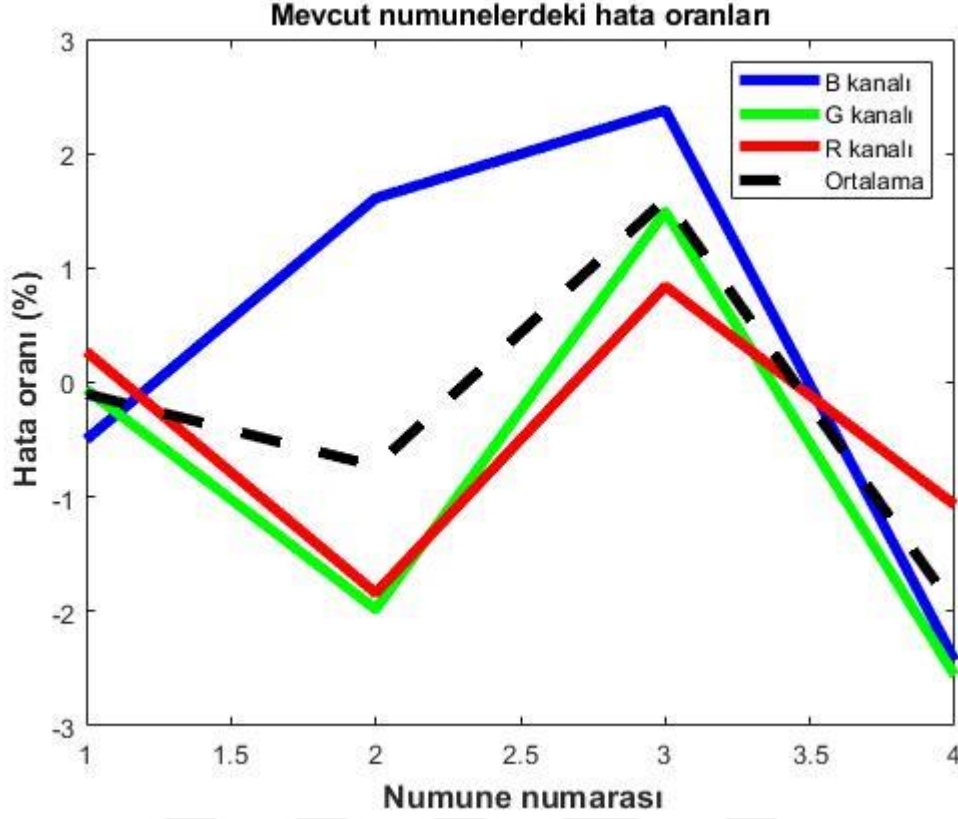
üretim raporunda $8 \pm 1,0$ mm olarak verilen tolerans değerleri aralığında olarak kalite kontrol işlemlerinden başarıyla geçmiştir.



Şekil 5.43. 08027 numaralı profil kısa çene ölçümü yüzde hata oranları grafiği

5.3.3. 04053 profil yüzde hataları-1

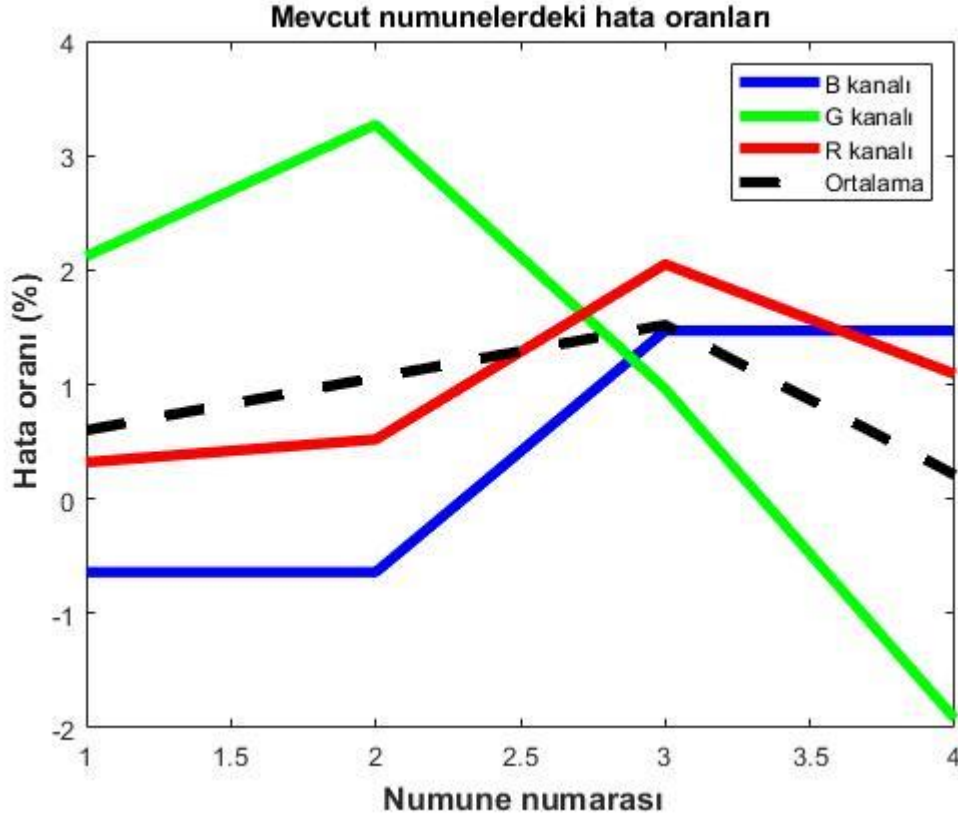
Şekil 5.4'te 04053 numaralı profilin dış gönye düz kenar alt uzunluğu ölçümleri grafiği incelendiğinde maksimum hata oranı %2,56 olarak G kanalında oluşmuştur. En düşük hata oranı ise -%0,06 olarak G kanalında gerçekleşmiştir. Belirlenen kesit, temaslı ölçüm cihazı ile ölçüldüğünde 40,20 mm gelmektedir. Aynı ölçüm görüntü işleme tabanlı işlemlerle ölçüldüğünde 40,2225-41,230 mm olarak gelmektedir. Burada temaslı ölçüm cihazı ile temassız ölçüm cihazı ölçümleri birbirlerine yakın değerlerde çıkmışlardır. Profil, üretim raporunda $40,1 \pm 1,5$ mm olarak verilen tolerans değerleri aralığında olarak kalite kontrol işlemlerinden başarıyla geçmiştir.



Şekil 5.5. 04053 numaralı profil dış gönye düz kenar alt uzunluk yüzde hata oranları grafiği

5.3.4. 04053 profil yüzde hataları-2

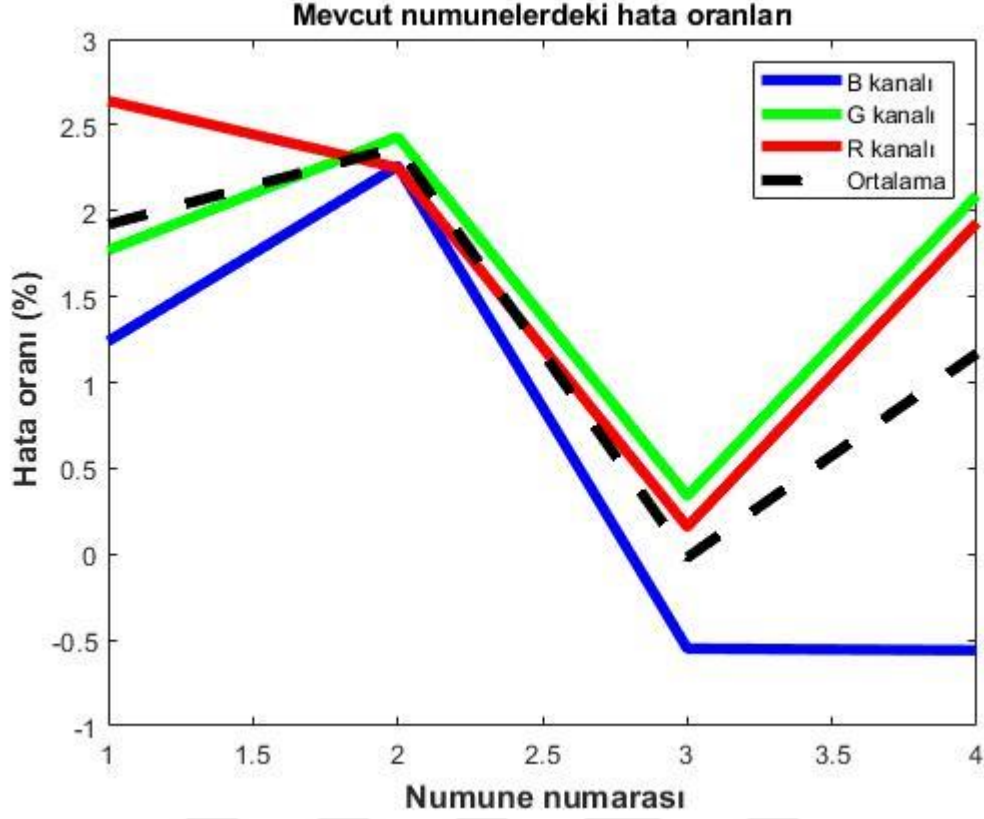
Şekil 5.5'te 04053 numaralı profilin dış gönye düz kenar üst uzunluğu ölçümleri grafiği incelendiğinde maksimum hata oranı %3,27 olarak G kanalında oluşmuştur. En düşük hata oranı ise -%0,32 olarak R kanalında gerçekleşmiştir. Belirlenen kesit, temaslı ölçüm cihazı ile ölçüldüğünde 40,30 mm gelmektedir. Aynı ölçüm görüntü işleme tabanlı işlemlerle ölçüldüğünde 38,9825-40,1691 mm olarak gelmektedir. Burada temaslı ölçüm cihazı ile temassız ölçüm cihazı ölçümleri birbirlerine yakın değerlerde çıkmışlardır. Profil üretim raporunda $40,1 \pm 1,5$ mm olarak verilen tolerans değerleri aralığında olarak kalite kontrol işlemlerinden başarıyla geçmiştir.



Şekil 5.64. 04053 numaralı profil dış gönye düz kenar üst uzunluk yüzde hata oranları grafiği

5.3.5. 03249 profil yüzde hataları-1

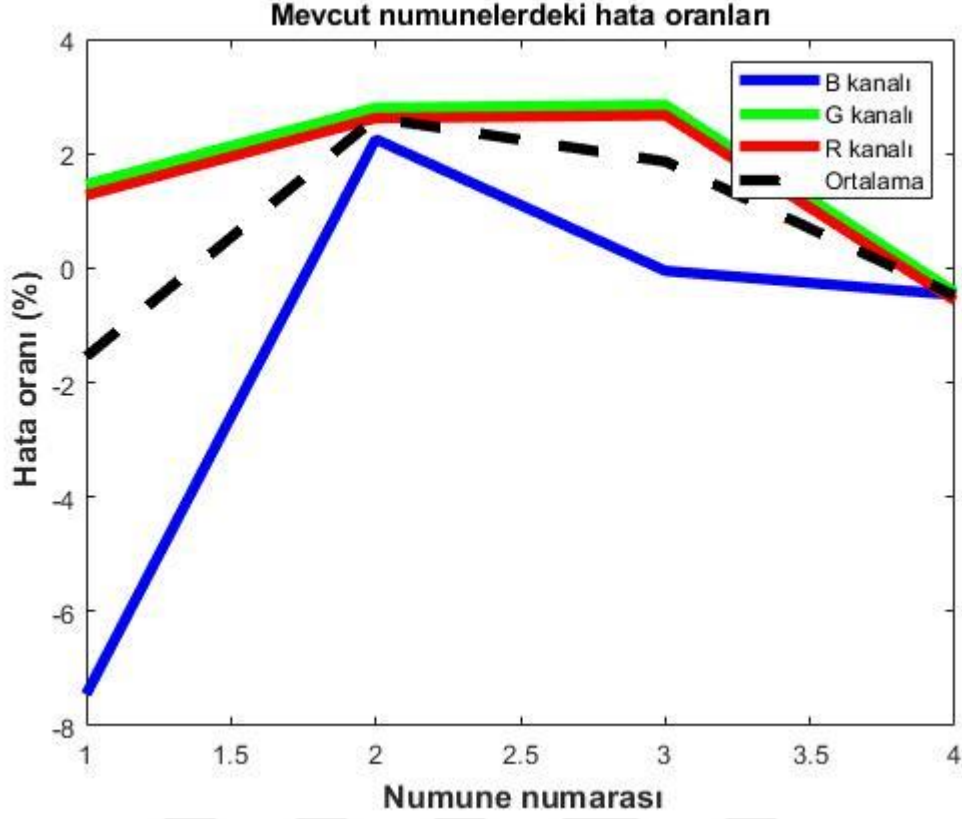
Şekil 5.6'da 03249 numaralı profilin tırnaklı açık ağız ölçümleri grafiği incelendiğinde maksimum hata oranı %2,64 olarak R kanalında oluşmuştur. En düşük hata oranı ise -%0,16 olarak R kanalında gerçekleşmiştir. Belirlenen kesit, temaslı ölçüm cihazı ile ölçüldüğünde 15,65 mm gelmektedir. Aynı ölçüm görüntü işleme tabanlı işlemlerle ölçüldüğünde 15,2370-15,6256 mm olarak gelmektedir. Burada temaslı ölçüm cihazı ile temassız ölçüm cihazı ölçümleri birbirlerine yakın değerlerde çıkmışlardır. Profil üretim raporunda $15,6 \pm 0,5$ mm olarak verilen tolerans değerleri aralığında olarak kalite kontrol işlemlerinden başarıyla geçmiştir.



Şekil 5.7. 03249 numaralı profil tırnaksız açık ağız yüzde hata oranları grafiği

5.3.6. 03249 profil yüzde hataları-2

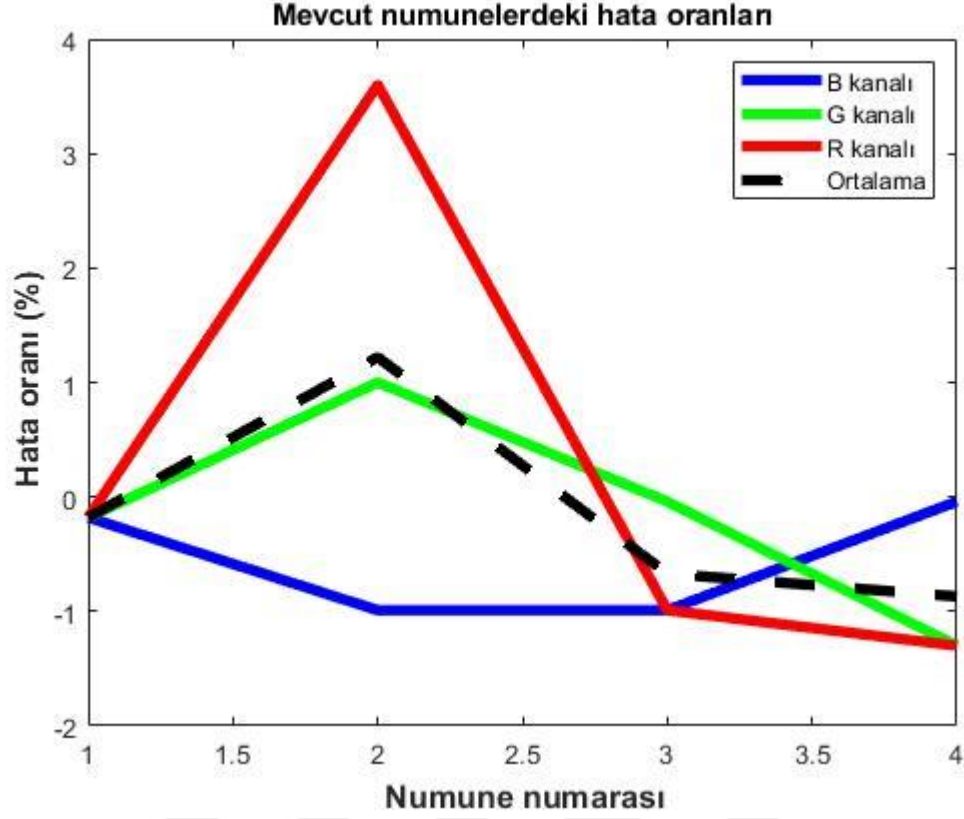
Şekil 5.7’de 03249 numaralı profilin tırnaksız açık ağız ölçümleri grafiği incelendiğinde maksimum hata oranı -%7,45 olarak B kanalında oluşmuştur. En düşük hata oranı ise -%0,16 olarak R kanalında gerçekleşmiştir. Belirlenen kesit, temaslı ölçüm cihazı ile ölçüldüğünde 12,04 mm gelmektedir. Aynı ölçüm görüntü işleme tabanlı işlemlerle ölçüldüğünde 12,0463-12,9365 mm olarak gelmektedir. Burada temaslı ölçüm cihazı ile temassız ölçüm cihazı ölçümleri birbirlerine yakın değerlerde çıkmışlardır. Profil üretim raporunda 12 ± 1 mm olarak verilen tolerans değerleri aralığında olarak kalite kontrol işlemlerinden başarıyla geçmiştir.



Şekil 5.8. 03249 numaralı profil tırnaklı ağız yüzde hata oranları grafiği

5.3.7. 00396 profil yüzde hataları-1

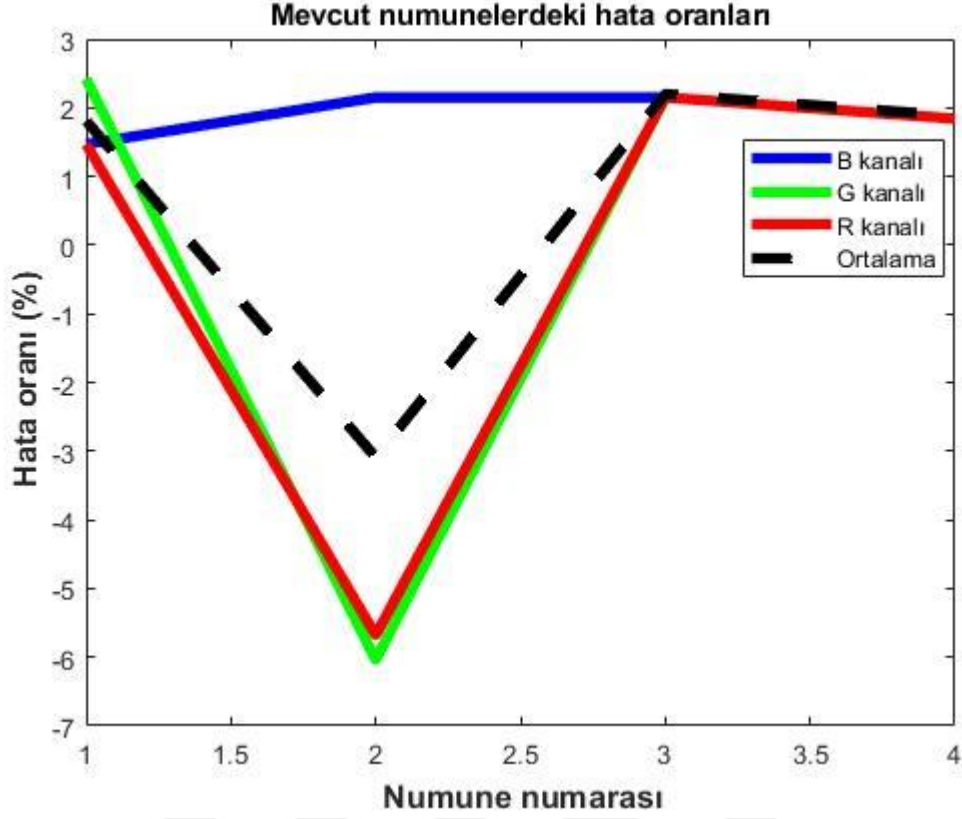
Şekil 5.8’de 00396 numaralı profilin iç gönye kenar uzunluğu üst ölçümleri grafiği incelendiğinde maksimum hata oranı %3,60 olarak R kanalında oluşmuştur. En düşük hata oranı ise -%0,04 olarak G kanalında ve aynı hata oranıyla B kanalında gerçekleşmiştir. Belirlenen kesit, temaslı ölçüm cihazı ile ölçüldüğünde 46,18 mm gelmektedir. Aynı ölçüm görüntü işleme tabanlı işlemlerle ölçüldüğünde 44,5180-46,1998 mm olarak gelmektedir. Burada temaslı ölçüm cihazı ile temassız ölçüm cihazı ölçümleri birbirlerine yakın değerlerde çıkmışlardır. Profil üretim raporunda $46,16 \pm 1,75$ mm olarak verilen tolerans değerleri aralığında olarak kalite kontrol işlemlerinden başarıyla geçmiştir.



Şekil 5.9. 00396 numaralı profil iç gönye kenar uzunluğu üst yüzde hata oranları grafiği

5.3.8. 00396 profil yüzde hataları-2

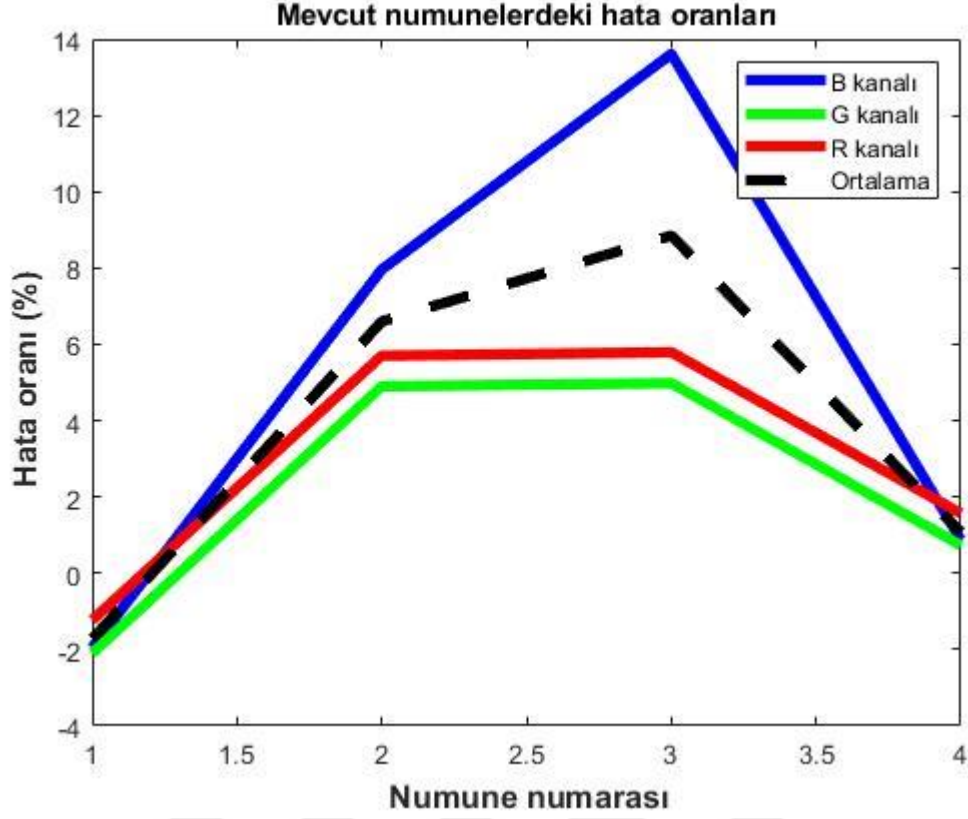
Şekil 5.9'da 00396 numaralı profilin iç gönye kenar uzunluğu alt ölçümleri grafiği incelendiğinde maksimum hata oranı -%6,04 olarak G kanalında oluşmuştur. En düşük hata oranı ise %1,47 olarak G kanalında gerçekleşmiştir. Belirlenen kesit, temaslı ölçüm cihazı ile ölçüldüğünde 46,18 mm gelmektedir. Aynı ölçüm görüntü işleme tabanlı işlemlerle ölçüldüğünde 45,5028-48,9677 mm olarak gelmektedir. Burada temaslı ölçüm cihazı ile temassız ölçüm cihazı ölçümleri birbirlerine yakın değerlerde çıkmışlardır. Profil üretim raporunda $46,16 \pm 1,5$ mm olarak verilen tolerans değerleri aralığında olarak kalite kontrol işlemlerinden başarıyla geçmiştir.



Şekil 5.10. 00396 numaralı profil iç gönye kenar uzunluğu alt yüzde hata oranları grafiği

5.3.9. 02195 profil yüzde hataları-1

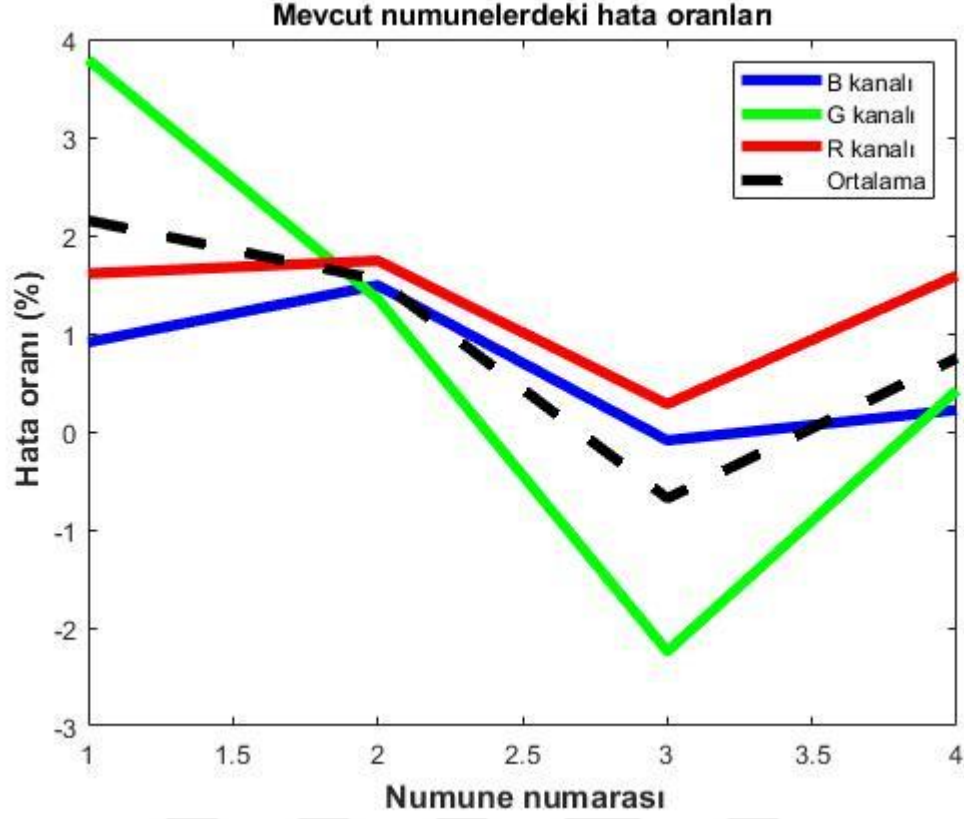
Şekil 5.10'da 02195 numaralı profilin alt dar kanal genişliği ölçümleri grafiği incelendiğinde maksimum hata oranı %13,61 olarak B kanalında oluşmuştur. En düşük hata oranı ise %0,73 olarak G kanalında gerçekleşmiştir. Belirlenen kesit, temaslı ölçüm cihazı ile ölçüldüğünde 5,06 mm gelmektedir. Aynı ölçüm görüntü işleme tabanlı işlemlerle ölçüldüğünde 4,3194-4,9635 mm olarak gelmektedir. Burada temaslı ölçüm cihazı ile temassız ölçüm cihazı ölçümleri birbirlerine yakın değerlerde çıkmışlardır. Profil üretim raporunda $5,06 \pm 1$ mm olarak verilen tolerans değerleri aralığında olarak kalite kontrol işlemlerinden başarıyla geçmiştir.



Şekil 5.11. 02195 numaralı profil alt dar kanal genişliği yüzde hata oranları grafiği

5.3.10. 02195 profil yüzde hataları-2

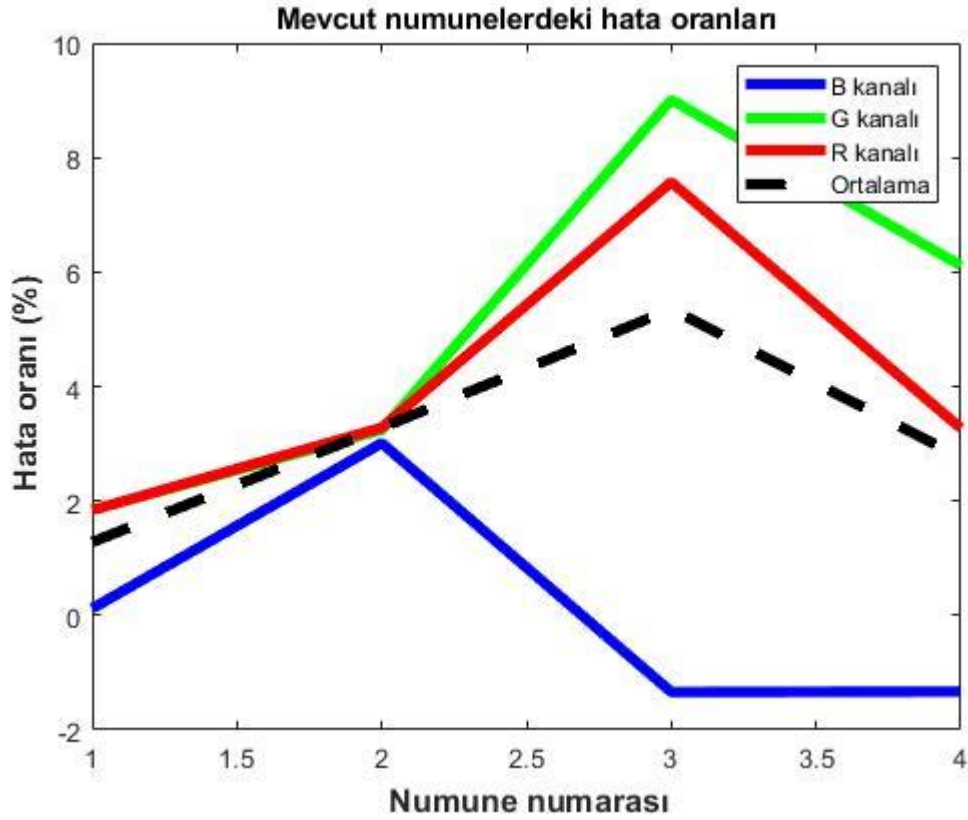
Şekil 5.11’de 02195 numaralı profilin içten içe kanar açıklığı ölçümleri grafiği incelendiğinde maksimum hata oranı %3,79 olarak G kanalında oluşmuştur. En düşük hata oranı ise -%0,09 olarak B kanalında gerçekleşmiştir. Belirlenen kesit, temaslı ölçüm cihazı ile ölçüldüğünde 21,15 mm gelmektedir. Aynı ölçüm görüntü işleme tabanlı işlemlerle ölçüldüğünde 20,3487-21,1693 mm olarak gelmektedir. Burada temaslı ölçüm cihazı ile temassız ölçüm cihazı ölçümleri birbirlerine yakın değerlerde çıkmışlardır. Profil üretim raporunda $20,5 \pm 1$ mm olarak verilen tolerans değerleri aralığında olarak kalite kontrol işlemlerinden başarıyla geçmiştir.



Şekil 5.12. 02195 numaralı profil içten içe kanar açıklığı yüzde hata oranları grafiği

5.3.11. 02196 profil yüzde hataları-1

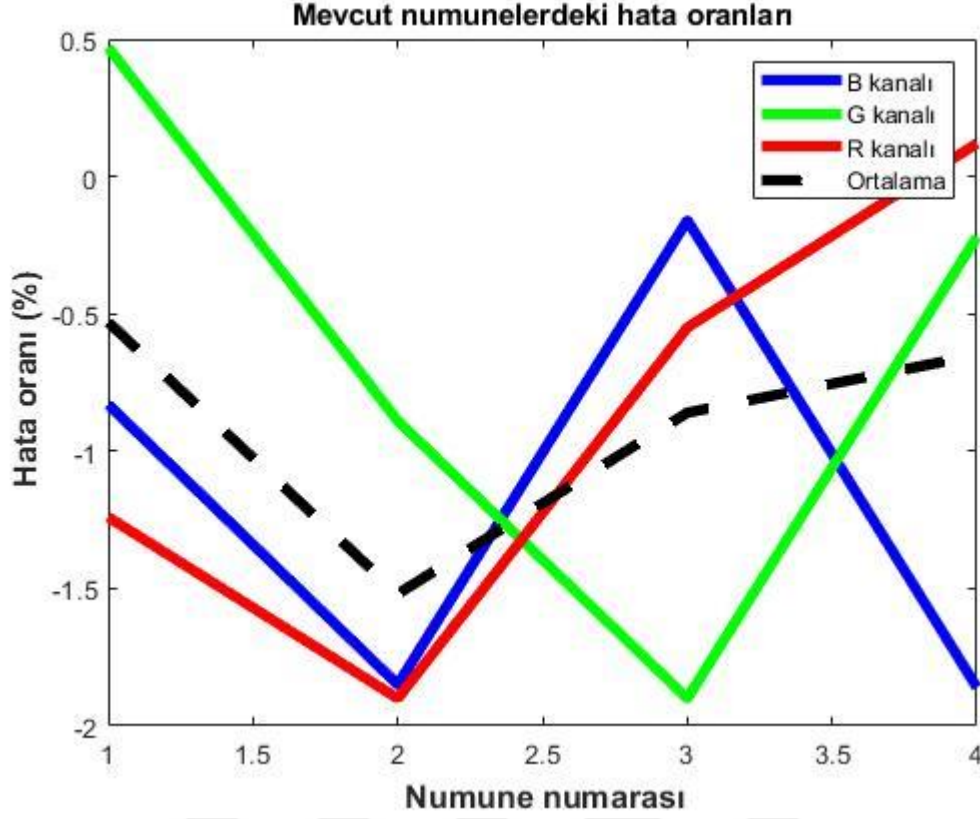
Şekil 5.12’de 02196 numaralı profilin alt dar kanal genişliği ölçümleri grafiği incelendiğinde maksimum hata oranı %9,01 olarak G kanalında oluşmuştur. En düşük hata oranı ise %0,12 olarak B kanalında gerçekleşmiştir. Belirlenen kesit, temaslı ölçüm cihazı ile ölçüldüğünde 4,96 mm gelmektedir. Aynı ölçüm görüntü işleme tabanlı işlemlerle ölçüldüğünde 4,5130-4,9542 mm olarak gelmektedir. Burada temaslı ölçüm cihazı ile temassız ölçüm cihazı ölçümleri birbirlerine yakın değerlerde çıkmışlardır. Profil üretim raporunda $5,06 \pm 0,5$ mm olarak verilen tolerans değeri aralığında olarak kalite kontrol işlemlerinden başarıyla geçmiştir. Profilin bu kesitinde $\pm 0,50$ mm tolerans olmasından dolayı, hata payının yüksek olmasına karşın profil numunesi kalite kontrol toleransları içerisinde kalmıştır.



Şekil 5.13. 02196 numaralı profil alt dar kanal genişliği yüzde hata oranları grafiği

5.3.12. 02196 profil yüzde hataları-2

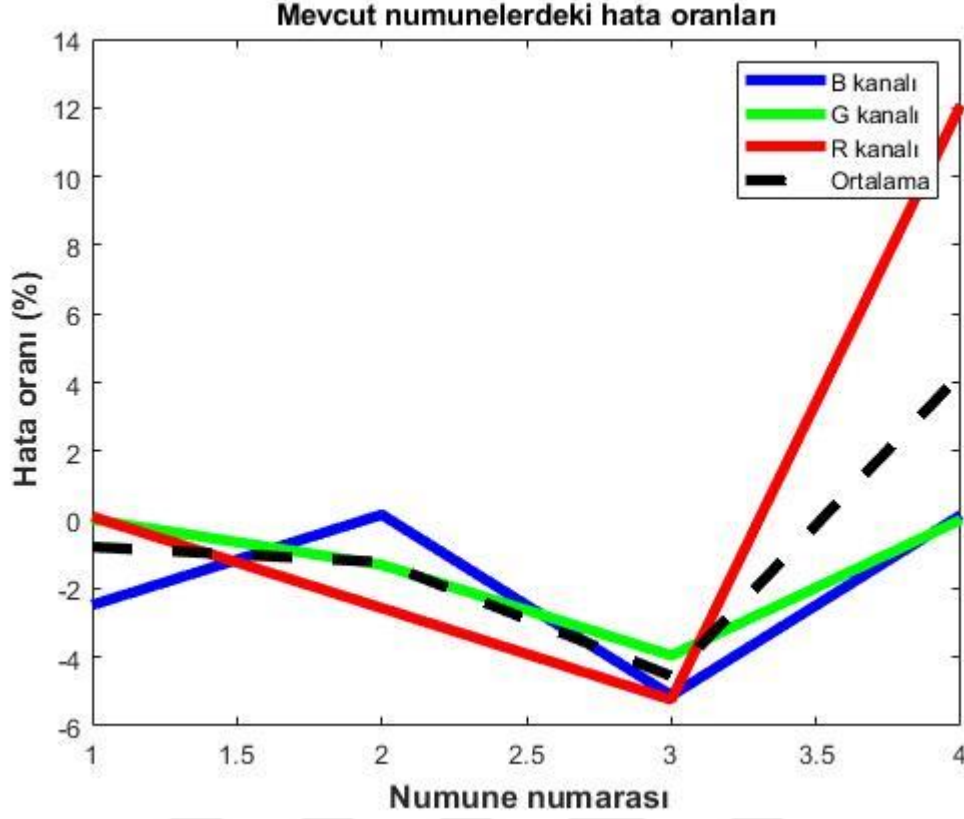
Şekil 5.13'te 02196 numaralı profilin içten içe kanat açıklığı ölçümleri grafiği incelendiğinde maksimum hata oranı -%1,90 olarak G kanalında oluşmuştur. En düşük hata oranı ise %0,12 olarak R kanalında gerçekleşmiştir. Belirlenen kesit, temaslı ölçüm cihazı ile ölçüldüğünde 21,15 mm gelmektedir. Aynı ölçüm görüntü işleme tabanlı işlemlerle ölçüldüğünde 21,1239-21,5517 mm olarak gelmektedir. Burada temaslı ölçüm cihazı ile temassız ölçüm cihazı ölçümleri birbirlerine yakın değerlerde çıkmışlardır. Profil üretim raporunda 21 ± 1 mm olarak verilen tolerans değerleri aralığında olarak kalite kontrol işlemlerinden başarıyla geçmiştir.



Şekil 5.14. 02196 numaralı profil içten içe kanat açıklığı yüzde hata oranları grafiği

5.3.13. 00531 profil yüzde hataları-1

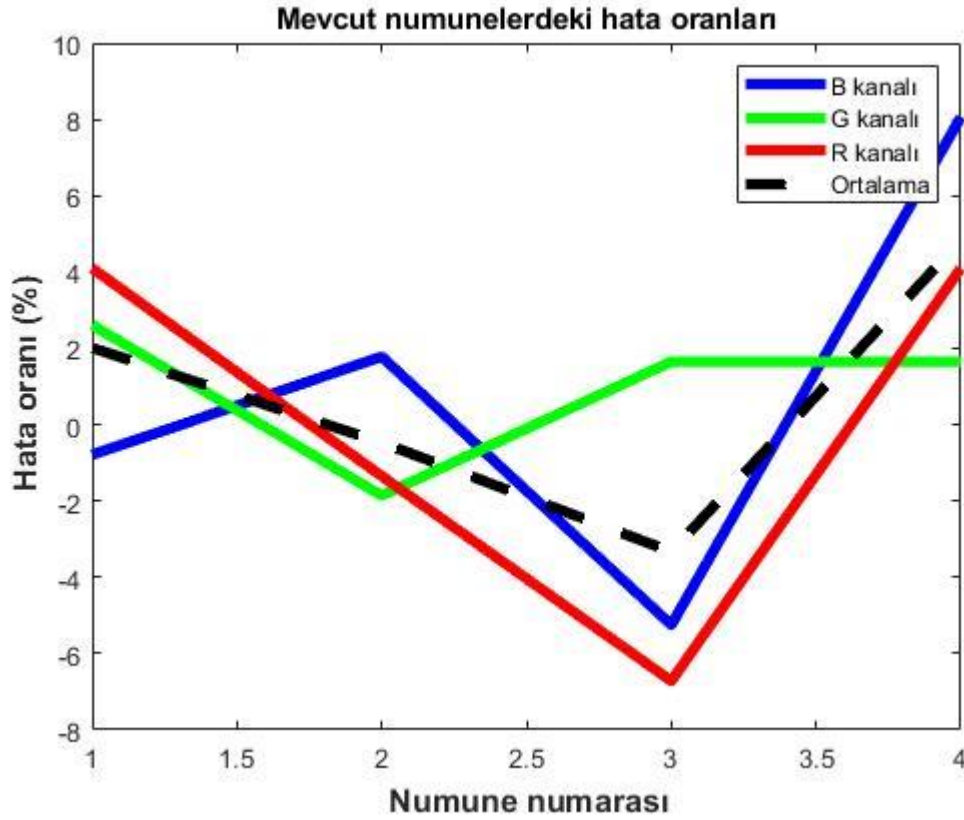
Şekil 5.14'te 00531 numaralı profilin üst tırnak alın genişliği ölçümleri grafiği incelendiğinde maksimum hata oranı $-%5,24$ olarak R kanalında oluşmuştur. En düşük hata oranı ise $%0,00$ olarak G kanalında gerçekleşmiştir. Belirlenen kesit, temaslı ölçüm cihazı ile ölçüldüğünde $5,48$ mm gelmektedir. Aynı ölçüm görüntü işleme tabanlı işlemlerle ölçüldüğünde $5,48-5,7670$ mm olarak gelmektedir. Burada temaslı ölçüm cihazı ile temassız ölçüm cihazı ölçümleri birbirlerine yakın değerlerde çıkmışlardır. Profil üretim raporunda $5,46 \pm 0,50$ mm olarak verilen tolerans değeri aralığında olarak kalite kontrol işlemlerinden başarıyla geçmiştir. Profilin bu kesitinde $\pm 0,50$ mm tolerans olmasından dolayı, hata payının yüksek olmasına karşın profil numunesi kalite kontrol toleransları içerisinde kalmıştır.



Şekil 5.15. 00531 numaralı profil üst tırnak alın genişliği yüzde hata oranları grafiği

5.3.14. 00531 profil yüzde hataları-2

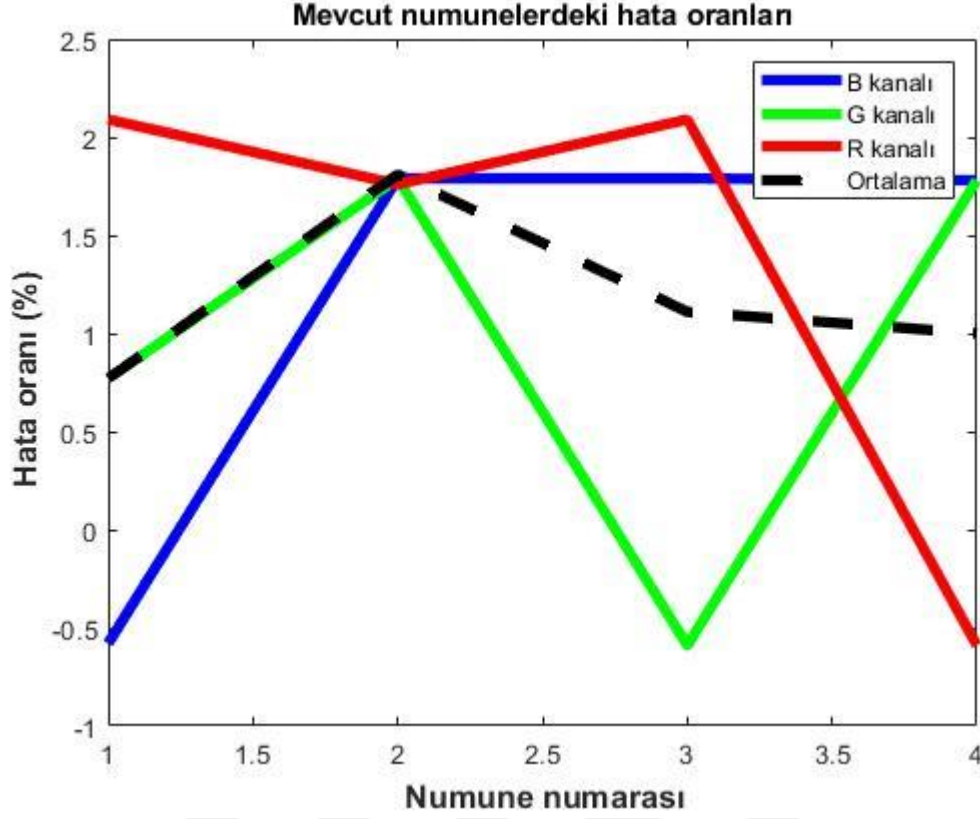
Şekil 5.15'te 00531 numaralı profilin dipten dibe tırnak arası açıklığı ölçümleri grafiği incelendiğinde maksimum hata oranı -%8,06 olarak B kanalında oluşmuştur. En düşük hata oranı ise -%0,79 olarak B kanalında gerçekleşmiştir. Belirlenen kesit, temaslı ölçüm cihazı ile ölçüldüğünde 3,61 mm gelmektedir. Aynı ölçüm görüntü işleme tabanlı işlemlerle ölçüldüğünde 3,3190-3,6387 mm olarak gelmektedir. Burada temaslı ölçüm cihazı ile temassız ölçüm cihazı ölçümleri birbirlerine yakın değerlerde çıkmışlardır. Profil üretim raporunda $3,72 \pm 0,50$ mm olarak verilen tolerans değeri aralığında olarak kalite kontrol işlemlerinden başarıyla geçmiştir. Profilin bu kesitinde $\pm 0,50$ mm tolerans olmasından dolayı, hata payının yüksek olmasına karşın profil numunesi kalite kontrol toleransları içerisinde kalmıştır.



Şekil 5.16. 00531 numaralı profil dipten dibe tırnak arası açıklığı yüzde hata oranları grafiği

5.3.15. 08026 profil yüzde hataları-1

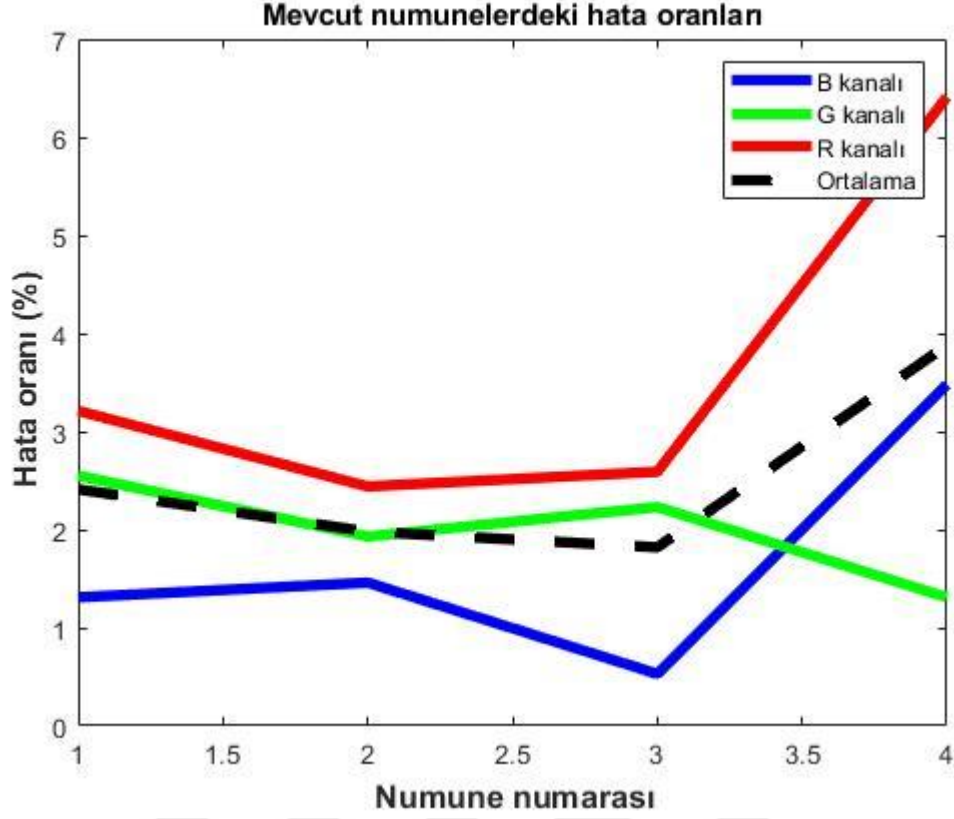
Şekil 5.16’da 08026 numaralı profilin dikdörtgen küçük kenar ölçümleri grafiği incelendiğinde maksimum hata oranı %2,09 olarak R kanalında oluşmuştur. En düşük hata oranı ise -%0,58 olarak B kanalında gerçekleşmiştir. Belirlenen kesit, temaslı ölçüm cihazı ile ölçüldüğünde 11,90 mm gelmektedir. Aynı ölçüm görüntü işleme tabanlı işlemlerle ölçüldüğünde 11,6508-11,9691 mm olarak gelmektedir. Burada temaslı ölçüm cihazı ile temassız ölçüm cihazı ölçümleri birbirlerine yakın değerlerde çıkmışlardır. Profil üretim raporunda $12 \pm 0,50$ mm olarak verilen tolerans değerleri aralığında olarak kalite kontrol işlemlerinden başarıyla geçmiştir.



Şekil 5.17. 08026 numaralı profil dikdörtgen büyük kenar yüzde hata oranları grafiği

5.3.16. 08026 profil yüzde hataları-2

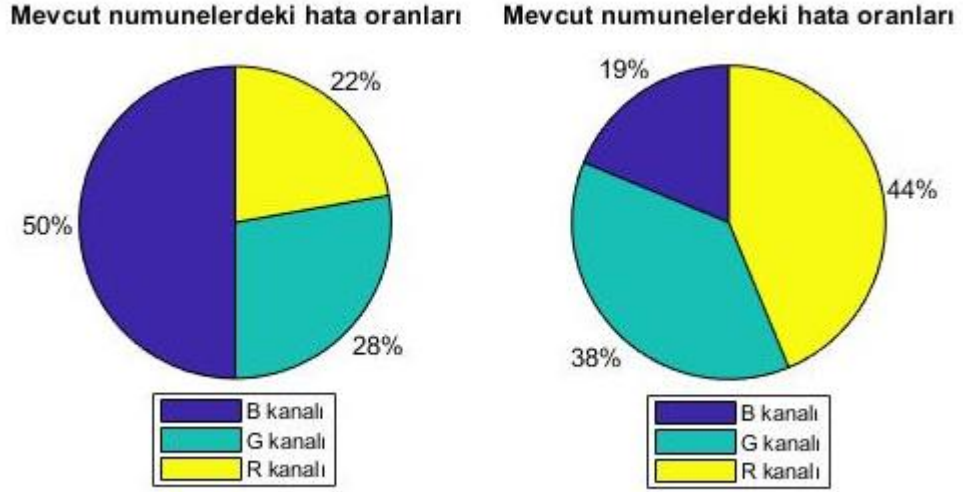
Şekil 5.17’de 08026 numaralı profilin dikdörtgen büyük kenar ölçümleri grafiği incelendiğinde maksimum hata oranı %6,41 olarak R kanalında oluşmuştur. En düşük hata oranı ise %0,53 olarak B kanalında gerçekleşmiştir. Belirlenen kesit, temaslı ölçüm cihazı ile ölçüldüğünde 25,97 mm gelmektedir. Aynı ölçüm görüntü işleme tabanlı işlemlerle ölçüldüğünde 24,3055-25,8324 mm olarak gelmektedir. Burada temaslı ölçüm cihazı ile temassız ölçüm cihazı ölçümleri birbirlerine yakın değerlerde çıkmışlardır. Profil üretim raporunda $26,5 \pm 1,5$ mm olarak verilen tolerans değeri aralığında olarak kalite kontrol işlemlerinden başarıyla geçememiştir. Maksimum hata oranına sahip olan ölçüm çıkartılırsa eğer yeni maksimum değer %3,48 olarak 25,0667 mm olacak ve kalite kontrollerden geçişi sağlanacaktır. Hatalı ölçüm olan maksimum nokta kenar tespitinin uygun yapılamamasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 5.18. 08026 numaralı profil dikdörtgen küçük kenar yüzde hata oranları grafiği

5.4. RGB Kanallarındaki Maksimum ve Minimum Yüzde Hataları Dağılımı

Şekil 5.18’de görüldüğü gibi görüntü işleme teknikleri ile yapılan ölçümlerde minimum hata payına sahip çalışmalar çoğunlukla B kanalında görülmüştür. Maksimum hata paylarının yapıldığı ölçümlere en az B kanalında rastlanmıştır. Minimum hata paylarında B ve R kanallarının hata paylarının neredeyse birbirlerine eşit olduğu gözlemlenmiştir. Buradan sonuçla, kesit ölçümleri eğer RGB kanallarında yapılacaksa, B kanalındaki çalışmalar diğer kanallara göre hata oranları daha düşük kanal olacaktır.



Şekil 5.19. Maksimum ve minimum hataların RGB kanallarına göre dağılımı

5.5. Sonuç ve Öneriler

Günümüzde, geleneksel ölçüm yöntemlerinde meydana gelen aksaklıkların önüne geçen ve sistematik ölçüm sonuçlarının elde edilmesine olanak sağlayan temassız ölçüm teknolojisi, endüstride tercih sebebi olmaktadır. Alüminyum ekstrüzyon sektöründe, teknolojinin de gelişmesiyle müşterilerden gelen profil talepleri, daha ince yapılar, daha karmaşık ve ölçüm şartları daha zor hale gelmiştir. Bu profillerin üretimi sonrasında yapılan kalite kontrol işlemleri, temaslı ölçüm cihazları ile etkin olarak yapılamamaktadır. Geliştirilen sistemle alüminyum profillerin kalite kontrol ölçümleri, görüntü işleme tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada kullanılan profiller alüminyum ekstrüzyon üretim tesislerinde normal üretimi gerçekleştirilen profiller arasından seçilmiştir. Temaslı ölçüm cihazları ile kalite kontrol işlemleri yapılan profillerin kesit ölçümleri, görüntü işleme teknolojisi kullanılarak da ölçülmüştür. Farklı 8 profilden alınan 4'er farklı numune üzerinde, 2 adet farklı kesit ölçümü gerçekleştirmek için 64 görüntü kaydedilmiştir. Bu görüntülerin RGB kanallarındaki görüntüleri elde edilerek toplamda 192 görüntü üzerinde çalışmalar yapılmıştır.

Ölçümleri yapılacak profillere, fabrikada uygulanan normal prosedürler doğrultusunda kalite kontrol işlemleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen ölçüm sonuçları

kaydedilmiştir. Ardından aynı profillerin kesit ölçümleri görüntü işleme tekniği kullanılarak gerçekleştirilip, sonuçları kaydedilmiştir. Yapılan ölçümler doğrultusunda geleneksel temaslı ölçüm sonuçları ile görüntü işleme tekniklerinin kullanıldığı ölçüm sonuçları kıyaslanmıştır.

Görüntü işleme tekniği ile yapılan ölçümler sonucunda hata oranları R kanalında en düşük %0,09 hata oranında, G kanalında en düşük %0 hata oranında, B kanalında en düşük %0,09 hata oranında gerçekleştirilmiştir. Ayrıca R kanalında en yüksek %12,08 hata oranında, G kanalında en yüksek %9,01 hata oranında, B kanalında en yüksek %13,6 hata oranında ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ortalama kanal hatası ise en fazla %8,85, en düşük %0,02 olarak kaydedilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda fabrikada normal kalite kontrol işlemlerinden geçen profiller, görüntü işleme teknikleri ile de kesit ölçümleri gerçekleştirilip kalite kontrol işlemlerinden başarıyla geçmiştir.

Geliştirilen bu sistem sayesinde yüksek parlama özelliği olan alüminyum ekstrüzyon profillerinin, görüntü işleme tekniği kullanılarak kesit ölçümleri yapılmıştır. Geliştirilen sistem sayesinde temaslı ölçüm cihazları ile yapılan ölçümlere paralel değerler elde edilmiştir. Profil üretimi esnasında hızlıca yapılması gereken bu işlemler temaslı ölçüm yöntemleriyle uzun sürmekte ve hatalı üretimlerin kısa sürede tespit edilmesi mümkün olmamaktadır. Görüntü işleme teknikleri kullanılarak yanlış üretimler daha kısa sürede durdurulacak, hurda payları azaltılacak, işletme maliyetleri düşürülecektir. Ayrıca personelin kişisel hatalarından, teknik eksikliklerinden dolayı değişkenlik gösteren temaslı ölçüm yöntemleri yerine daha istikrarlı sonuçlar veren sistem geliştirilmiştir.

Bu çalışmaya ilave olarak, kullanılan kameranın daha yüksek çözünürlükte olması, kalibrasyon oranının düşmesine ve daha kaliteli ölçümler yapılmasına olanak sağlayacaktır. Aydınlatmadan kaynaklı parlamaların giderilmesi için özel yansıma engelleyici filtrelerinin kullanılması çok büyük kolaylıklar sağlayacaktır. Benzer şekilde profiller farklı renklere boyanarak parlamaların önüne geçerek ölçümler gerçekleştirilebilir. Ölçmek için alınan numuneler daha küçük uzunluklarda alınarak yanıl alanlardan dolayı yanlış ölçümlerin önüne geçilebilir. Ayrıca farklı renk uzaylarında çalışmaları da denenerek ölçüm çalışmaları gerçekleştirilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Abd Kadhum, S., et al. (2019). "Image Processing Techniques for Measuring Diameter Tomato Vegetable Using MATLAB Applications." *Asian Journal of Information Technology* 18(1): 28-36.
- Akça, Y., et al. (2017). Alüminyum şekillendirme tesislerinde enerji verimliliği ve sera gazlarının azaltılması. 8. Alüminyum Sempozyumu, İstanbul: 234 – 241.
- Akdoğan, M. (2018). Karmaşık şekilli mamullerin görüntü işleme teknikleri kullanılarak gerçek zamanlı boyut kontrolü. Makine Mühendisliği, Selçuk Üniversitesi.
- Al-Amri, S. S., et al. (2010). "Image segmentation by using edge detection." *International journal on computer science and engineering* 2(3): 804-807.
- Al-jabbouli, H., et al. (2015). Classification of Main Faults in the Production Process of Extruded Aluminium Profiles.
- Ansari, M. A., et al. (2017). "A comprehensive analysis of image edge detection techniques." *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering* 12(11): 1-12.
- Aslam, A., et al. (2015). "Improved edge detection algorithm for brain tumor segmentation." *Procedia Computer Science* 58: 430-437.
- Attivissimo, F., et al. (2010). "A technique to improve the image quality in computer tomography." *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement* 59(5): 1251-1257.
- Aydın, H., et al. (2009). "Ekstrüzyon Öncesi Ve Sonrası Uygulanan Isıl İşlemlerin AA 6063 Alüminyum Alaşımının Mekanik Özellikleri Üzerindeki Etkisi." *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering* 14(2).
- Baygin, M. and M. Karakose (2015). A new image stitching approach for resolution enhancement in camera arrays. 2015 9th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO), IEEE.
- Baygin, M., et al. (2017). Machine vision based defect detection approach using image processing. 2017 international artificial intelligence and data processing symposium (IDAP), Ieee.
- Bayram, R. B. and E. Yılmaz (2019). "Gömülü Sistem Tabanlı Bir Hatalı Ürün Tespit Sistemi." *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering* 24(1): 391-400.

- Biswas, S. and D. Ghoshal (2016). "Blood cell detection using thresholding estimation based watershed transformation with Sobel filter in frequency domain." *Procedia Computer Science* 89: 651-657.
- Boykov, Y. Y. and M.-P. Jolly (2001). Interactive graph cuts for optimal boundary & region segmentation of objects in ND images. *Proceedings eighth IEEE international conference on computer vision. ICCV 2001, IEEE.*
- Brosnan, T. and D.-W. Sun (2004). "Improving quality inspection of food products by computer vision—a review." *Journal of food engineering* 61(1): 3-16.
- Buluswar, S. D. and B. A. Draper (1998). Color recognition in outdoor images. *Sixth International Conference on Computer Vision (IEEE Cat. No. 98CH36271), IEEE.*
- Canny, J. (1986). "A computational approach to edge detection." *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*(6): 679-698.
- Cao, L., et al. (2010). Automatic measurement of garment dimensions using machine vision. *2010 International Conference on Computer Application and System Modeling (ICCASM 2010), IEEE.*
- Chen, Y.-R., et al. (2002). "Machine vision technology for agricultural applications." *Computers and electronics in Agriculture* 36(2-3): 173-191.
- Chondronasios, A., et al. (2016). "Feature selection for surface defect classification of extruded aluminum profiles." *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 83(1): 33-41.
- Cömert, O., et al. (2017). "Weight and Diameter Estimation Using Image Processing and Machine Learning Techniques on Apple Images." *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi* 9(3): 147-154.
- Dai, Y. and K. Zhu (2018). "A machine vision system for micro-milling tool condition monitoring." *Precision engineering* 52: 183-191.
- Das, S. (2016). "Comparison of Various Edge Detection Technique." *International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition* 9: 143-158.
- De Santo, M., et al. (2004). "Standard uncertainty evaluation in image-based measurements." *Measurement* 36(3-4): 347-358.
- Deng, H., et al. (2010). "B-spline approximation methods for digital image reconstruction in strain measurement." *Journal of materials processing technology* 210(4): 593-602.

- Derganc, J., et al. (2003). "A machine vision system for measuring the eccentricity of bearings." *Computers in industry* 50(1): 103-111.
- Dworkin, S. and T. Nye (2006). "Image processing for machine vision measurement of hot formed parts." *Journal of materials processing technology* 174(1-3): 1-6.
- Fang, Y., et al. (2002). "Depth-based target segmentation for intelligent vehicles: Fusion of radar and binocular stereo." *IEEE transactions on intelligent transportation systems* 3(3): 196-202.
- Fidan, U. and N. Ö. Süzme (2016). "Escherichia Coli Bakterisinin Antibiyotik Duyarlılığının Görüntü İşleme Teknikleriyle Belirlenmesi." *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi* 16(1): 186-191.
- Furnari, A., et al. (2017). "Distortion adaptive Sobel filters for the gradient estimation of wide angle images." *Journal of Visual Communication and Image Representation* 46: 165-175.
- Gadelmawla, E. (2004). "A vision system for surface roughness characterization using the gray level co-occurrence matrix." *NDT & e International* 37(7): 577-588.
- Gadelmawla, E. (2011). "Computer vision algorithms for measurement and inspection of spur gears." *Measurement* 44(9): 1669-1678.
- Guiming, S. and S. Jidong (2016). Remote sensing image edge-detection based on improved Canny operator. 2016 8th IEEE International Conference on Communication Software and Networks (ICCSN), IEEE.
- Gunn, S. R. (1998). Edge detection error in the discrete Laplacian of Gaussian. *Proceedings 1998 International Conference on Image Processing. ICIP98 (Cat. No. 98CB36269)*, IEEE.
- Güler, S. (2013). Finite Element Analysis Of A Vertical Machining Center With Aluminum Profile Framing. Graduate Scholl Of Natural And Applied Sciences, Dokuz Eylül University.
- Güneş, H., et al. (2012). "Görüntüsü alınan bİr nesnenİn referans bİr nesne yardımıyla boyutlarının, alanının ve açısının hesaplanması."
- Haque Nawaz, H. A. (2014). "Gear Measurement Using Image Processing in Matlab."
- He, Q. and Z. Zhang (2007). "A new edge detection algorithm for image corrupted by White-Gaussian noise." *AEU-International Journal of Electronics and Communications* 61(8): 546-550.
- Hoang, N.-D. and Q.-L. Nguyen (2018). "Metaheuristic optimized edge detection for recognition of concrete wall cracks: a comparative study on the performances of

- roberts, prewitt, canny, and sobel algorithms." *Advances in Civil Engineering* 2018.
- İçer, Y. (2016). Temel kenar algılama algoritmalarının fpga üzerinde gerçekleştirilmesi. Elektrik Elektronik Mühendisliği, Firat Üniversitesi.
- Ilunga, J. C. M. and D. K. Mpoyi (2019). "Contrôle dimensionnel des pièces mécaniques sans contact basé sur la transformation Hough dans le traitement d'image." *International Journal of Innovation and Applied Studies* 26(2): 426-432.
- Jähne, B. (2002). Texture. *Digital Image Processing*, Springer: 413-424.
- Jawad, H. M. and T. A. Husain (2017). "Measuring Object Dimensions and its Distances Based on Image Processing Technique by Analysis the Image Using Sony Camera." *Eurasian Journal of Science & Engineering* Volume 3, Issue 2.
- Jin, S., et al. (2018). "Identification of tropical cyclone centers in SAR imagery based on template matching and particle swarm optimization algorithms." *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 57(1): 598-608.
- Jin-Yu, Z., et al. (2009). Edge detection of images based on improved Sobel operator and genetic algorithms. 2009 International Conference on Image Analysis and Signal Processing, IEEE.
- Kale, D. S. and A. V. maknikar (2016). "Automatic Material Handling and Sorting of Defective Gear Using Image Processing." *International Journal of Engineering and Techniques* Volume 2 Issue 6.
- Kalkan, H. (2011). A combined experimental-numerical investigation on aluminium extrusion, Atılım University.
- Kalra, A. and R. L. Chhokar (2016). A Hybrid approach using sobel and canny operator for digital image edge detection. 2016 International Conference on Micro-Electronics and Telecommunication Engineering (ICMETE), IEEE.
- Karunamoorthy, B. and J. Ramprabu (2018). "A novel method of real time cloth size measurement algorithm based on fpga platform." *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering* 8: 409-4012.
- Kierkegaard, P. (1992). "A method for detection of circular arcs based on the Hough transform." *Machine Vision and Applications* 5(4): 249-263.
- Kudale, G. A. and M. D. Pawar (2010). "Study and analysis of various edge detection methods for X-ray images." *International Journal of Computer Science and Application*(2010).
- Kumar, M. and R. Saxena (2013). "Algorithm and technique on various edge detection: a survey." *Signal & Image Processing* 4(3): 65.

- Kumar, R., et al. (2019). "Image Processing Technique for slug length measurement during Mixing and Separation of Two-phase Flows in T sections." *Materials Today: Proceedings* 16: 738-743.
- Kuncan, M. and K. Kaplan (2016). "Position Determination By Using Image Processing Method In Inverted Pendulum." *Middle East Journal* 1(2).
- Lee, J.-H., et al. (2008). "Real-time application of critical dimension measurement of TFT-LCD pattern using a newly proposed 2D image-processing algorithm." *Optics and Lasers in Engineering* 46(7): 558-569.
- Li, B. (2018). "Application of machine vision technology in geometric dimension measurement of small parts." *EURASIP Journal on Image and Video Processing* 2018(1): 1-8.
- Li, B. (2018). "Research on geometric dimension measurement system of shaft parts based on machine vision." *EURASIP Journal on Image and Video Processing* 2018(1): 1-9.
- Li, Y. f., et al. (2015). "isk-contact Dimension Measurement of Mechanical Parts Based on Image Processing." 8th International Congress on Image and Signal Processing (CISP 2015).
- Lu, R., et al. (2001). "On-line measurement of the straightness of seamless steel pipes using machine vision technique." *Sensors and Actuators A: Physical* 94(1-2): 95-101.
- Malamas, E. N., et al. (2003). "A survey on industrial vision systems, applications and tools." *Image and vision computing* 21(2): 171-188.
- Menaka, R., et al. (2020). "FPGA implementation of low power and high speed image edge detection algorithm." *Microprocessors and Microsystems* 75: 103053.
- Musoromy, Z., et al. (2010). Edge detection comparison for license plate detection. 2010 11th International Conference on Control Automation Robotics & Vision, IEEE.
- Nema, R. and D. A. K. Saxena (2013). "Edge Detection Operators on Digital Image." *International Journal Of Engineering Sciences & Research Technology*: 1596-1601.
- Orhan, E., et al. (2013). "Gerçek Zamanlı Otomatik Elma Tasnifleme." *Journal of Natural and Applied Science* 17(2): 31-38.
- Osmanoğlu, U. Ö., et al. (2016). "Görüntü işleme ve analizinin tıpta kullanımı ve bir uygulama." *Osmangazi Tıp Dergisi* 41(1): 6-16.

- Önal, Y. E. (2018). Gürültüye Karşı Dayanıklı Bir Kenar Tespit Algoritması Geliştirilmesi.
- Özkan, H. (2012). Hayvansal üretim endüstrisinde görüntü işleme tabanlı gerçek zamanlı bir kalite kontrol uygulaması, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öztürk, F., et al. (2013). "Malzemelerde Sünekliğin Görüntü İşleme Yöntemiyle Ölçülmesi." Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2(2): 34-42.
- Priya, B. and V. Sudha (2019). Image Processing Based Fault Detection and Isolation for Mechanical Components C.
- Raman, M. S. and M. Sukanya (2012). A novel labelling algorithm for object counting. 2012 Third International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT'12), IEEE.
- Rashid, M. K. (2019). Feature Detection and Classification of Pistachio by Using Image Processing. Mechanical Engineering, University Of Gaziantep.
- Roknabadi, A. D., et al. (2012). "Human body measurement system in clothing using image processing." World Applied Sciences Journal 19(1): 112-119.
- Rosas, R. L., et al. (2005). SIMD architecture for image segmentation using sobel operators implemented in FPGA technology. 2005 2nd International Conference on Electrical and Electronics Engineering, IEEE.
- Sabliov, C. M., et al. (2002). "Image processing method to determine surface area and volume of axi-symmetric agricultural products." International Journal of Food Properties 5(3): 641-653.
- Salloom, M. Y. (2016). "Machine vision application in manufacturing: Inspection of dimensions." Iraqi journal of mechanical and material engineering 16(3).
- Selvaraj, S. and P. Venkataramaiah (2013). "Measurement of warpage of injection moulded Plastic components using image processing." Internasional Jurnal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology Jurnal 2(12).
- Shetty, S. J. (2019). "Vision-based inspection system employing computer vision & neural networks for detection of fractures in manufactured components." arXiv preprint arXiv:1901.08864.
- Shrivakshan, G. and C. Chandrasekar (2012). "A comparison of various edge detection techniques used in image processing." International Journal of Computer Science Issues (IJCSI) 9(5): 269.

- Sofu, M. M., et al. (2013). "Elmaların Görüntü İşleme Yöntemi ile Sınıflandırılması ve Leke Tespiti." *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* Cilt: 8, No: 1: 12-25.
- Sun, Q., et al. (2014). "Shaft diameter measurement using a digital image." *Optics and Lasers in Engineering* 55: 183-188.
- İskender, T. (2009). *Görüntü İşleme Ve Görüntü İşlemede Kullanılan Yöntemlerin Örneklerle Açıklanması*, Selçuk Üniversitesi
- Thammasorn, P., et al. (2013). Real-time method for counting unseen stacked objects in mobile. 2013 IEEE International Conference on Image Processing, IEEE.
- Triggs, B. (2001). Empirical filter estimation for subpixel interpolation and matching. *Proceedings Eighth IEEE International Conference on Computer Vision. ICCV 2001*, IEEE.
- Ural, Ö. and T. Vural (2019). "Measurement Control of Ready-Made Garments with Image Analysis Methods." *Tekstil ve Konfeksiyon* 30(1) VOL: 30, NO: 1: 73-79.
- Van Dokkum, P. G. (2001). "Cosmic-ray rejection by Laplacian edge detection." *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* 113(789): 1420.
- Vardhana, M., et al. (2018). "Convolutional neural network for bio-medical image segmentation with hardware acceleration." *Cognitive Systems Research* 50: 10-14.
- Vincent, O. R. and O. Folorunso (2009). A descriptive algorithm for sobel image edge detection. *Proceedings of informing science & IT education conference (InSITE)*, Informing Science Institute California.
- Wang, X. (2007). "Laplacian operator-based edge detectors." *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence* 29(5): 886-890.
- Wang, Y., et al. (2016). "An efficient adaptive fuzzy switching weighted mean filter for salt-and-pepper noise removal." *IEEE signal processing letters* 23(11): 1582-1586.
- Wei, R. and Y. Bi (2019). "Research on Recognition Technology of Aluminum Profile Surface Defects Based on Deep Learning." *Materials* 12(10): 1681.
- Wu, Y., et al. (2019). Detection Algorithm of Aluminum Surface Defects Using Machine Vision. *Proceedings of the 2019 International Conference on Image, Video and Signal Processing*.
- Xiansheng, C. (2011). An edge detection new algorithm based on laplacian operator. 2011 IEEE 3rd International Conference on Communication Software and Networks, IEEE.

- Xu, G.-b., et al. (2008). A CNN-based edge detection algorithm for remote sensing image. 2008 Chinese Control and Decision Conference, IEEE.
- Yaman, O., et al. (2016). "A new approach based on image processing for detection of wear of guide-rail surface in elevator systems." *International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers*(Special Issue-1): 296-300.
- Yaşar, N. and H. Yılmaz (2019). "FDM Yöntemiyle Üretilen Evolvent Profilli Silindirik Dişli Çarkların Yüzey Kalitesi ve Görüntü İşleme Tekniği ile Geometrik Analizi." *Düzce Üniversitesi, Bilim ve Teknoloji Dergisi* volume 7 issue 3: 1744-1754.
- Ye, H., et al. (2018). "Prewitt edge detection based on BM3D image denoising." 2018 IEEE 3rd Advanced Information Technology, Electronic and Automation Control Conference (IAEAC): 1593-1597.
- Yıldız, G. and D. Yıldız (2018). "Morfolojik işlemler ve kenar algılama yöntemler vasıtasıyla beyin tümör yeri tespiti ve tümör alan hesabının yapılması." *International Journal of Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies* 2(2): 39-42.
- Yoldaş, M. and C. Sungur (2020). "Alüminyum Ekstrüzyon Profillerinin Hassas Kesit Ölçümlerinin Görüntü İşleme Teknolojisi İle Gerçekleştirilmesi." *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*: 190-195.
- Zhang, B., et al. (2014). "Principles, developments and applications of computer vision for external quality inspection of fruits and vegetables: A review." *Food Research International* 62: 326-343.
- Zhang, T., et al. (2010). Machine vision technology for measurement of miniature parts in narrow space using borescope. 2010 International Conference on Digital Manufacturing & Automation, IEEE.
- Zhang, Y., et al. (2006). "Automatic measurement of industrial sheetmetal parts with CAD data and non-metric image sequence." *Computer Vision and Image Understanding* 102(1): 52-59.
- Zhao, Z., et al. (2018). Research on Measurement of Mechanical Parts Based on Vision. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, IOP Publishing.