

## İşlenebilirlikte Kenar Belirleme Algoritmalarının Kullanılabilirliği

Pınar KARAKUŞ<sup>1\*</sup>, Demet ZALAOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 8000, Osmaniye

<sup>2</sup>Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, 8000, Osmaniye

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0001-2345-6789>

<sup>2</sup><https://orcid.org/0000-0002-1116-6327>

\*Sorumlu yazar: pinarkarakus@osmaniye.edu.tr

### Araştırma Makalesi

#### Makale Tarihiçesi:

Geliş tarihi: 28.01.2022

Kabul tarihi: 12.04.2022

Online Yayınlanma: 18.07.2022

#### Anahtar Kelimeler:

Görüntü işleme

Kenar belirleme

İşlenebilirlik

### ÖZ

Talaşlı imalat işlemlerinde parça kalitesini etkileyen en önemli parametrelerden biri de işleme sırasında kullanılan kesici ucun aşınmasıdır. Elde edilen ürünlerin daha iyi yüzey kalitesine sahip olmaları için kesici ucun aşınma durumunu bilmek ve kullanılan takımın ömrünü en iyi şekilde tahmin etmek gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda yapılan çalışmada, işlemler sırasında otomatik olarak kesici takım aşınmasının takibine de izin veren görüntü işleme yöntemlerinden kenar belirleme algoritmalarının kullanılabilirliği incelenmiştir. Yapılan incelemeler sürecinde, Ø11, Ø5,5 ve Ø2,5 mm olmak üzere üç farklı boyutta aşınmamış durumda olan parmak frezelere ve kesici uçlara Canny, Prewitt, Sobel, Roberts, Log ve Zerocross algoritmaları uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, uçlara uygulanan tüm algoritmalara ait kenarların benzer olarak yakalandığı ve uçlara ait kenarların doğru bir şekilde belirlendiği gözlemlenmiştir. Çalışmada kullanılan kenar belirleme algoritmaları, oldukça küçük boyutlu bir nesneye uygulandığı ve buna bağlı olarak küçük boyutlu görüntüler ile çalışıldığından dolayı, kenar belirleme algoritmalarının performansları arasında görsel yorumlamayla elde edilecek bir farka rastlanmamıştır.

## The Availability of Edge Detection Algorithms in Machinability

### Research Article

#### Article History:

Received: 28.01.2022

Accepted: 12.04.2022

Published online: 18.07.2022

#### Keywords:

Image processing

Edge detection

Machinability

### ABSTRACT

One of the most important parameters affecting the part quality in machining processes is the wear of the cutting tip used during operation. In order to have better surface quality of the obtained products, it is necessary to know the wear status of the cutting insert and to estimate the life of the tool used ideally. In the study done for this aim, the usability of edge detection algorithms, which is one of the image processing methods that allows tracking of cutting tool wear during operations, has been investigated. During the investigations, Canny, Prewitt, Sobel, Roberts, Log and Zerocross algorithms were applied to end mills and cutting tool insert, being in the unworn condition with three different sizes such as Ø11, Ø5.5 and Ø2.5 mm. When the results obtained are examined, it has been observed that the edges of all algorithms applied to the ends are captured similarly and the edges belonging to the ends are correctly determined. Since the edge detection algorithms used in the study are applied to a very small sized object and therefore work with small sized images, no difference was found between the performances of the edge detection algorithms to be obtained by visual interpretation.

**To Cite:** Karakuş P, Zalaoglu D. İşlenebilirlikte Kenar Belirleme Algoritmalarının Kullanılabilirliği. Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 2022; 5(2): 707-719.

## 1. Giriş

Uygun kesici takım ve kesme parametreleri kullanılarak, bir malzemeyi şekillendirebilmenin göreceli olarak kolaylığı veya zorluğu olarak tanımlanabilen işlenebilirlik; üretimin temel aşamalarından biri olan talaşlı imalat yöntemlerinin çözülmeye çalışılan en temel sorunudur (Dieter, 1988; Coromant, 1994). Talaşlı imalat işlemlerinde, işlenebilirliği etkileyen önemli parametrelerden birisi de takım ömrüdür (Kendall, 1998). Kesici takım ucunda meydana gelen hasarlar; kırılma, aşınma veya plastik deformasyon gibi nedenler ile oluşmaktadır. Kesici takım uçlarında işleme sırasında; serbest bölge (yan yüzey) ve krater aşınması olmak üzere iki baskın aşınma mekanizması oluşmaktadır. Yan yüzey aşınması esas olarak takımın işlenmiş yüzey üzerindeki sürtünme etkisine bağlıdır ve takım kenarının üstü ile aşınmış yüzeyin altı arasındaki maksimum mesafe ölçülerek belirlenmektedir. Krater aşınması ise kesici takımın talaş yüzeyinde meydana gelir ve talaş (iş parçası malzemesi) ile kesici takım ucu ara yüzü arasındaki kimyasal tepkimeye bağlıdır ve kesme işlemini etkilemektedir (Kurada ve Bradley, 1997). Aşınan veya başka bir şekilde zamanla kademeli olarak hasara uğrayan kesici takım uçları, ani bir hasara göre nispeten daha uzun kullanım ömrüne sahiptir. Ancak bu durum üretim hızının, yüzey bitirme kabiliyetinin ve parça kalitesinin azalmasına neden olmaktadır (Stephenson ve Agapiou, 2006). Bu etkilerinin yanı sıra uç aşınması; takım ucunun türüne, malzemeye, kesme koşullarına ve seçilen yağlayıcıya bağlı olarak işleme sırasında kademeli olarak artmaktadır (Kurada ve Bradley, 1997). Bu nedenle takım ömrünü belirlemek için, takımın farklı işleme şartlarında arıza türlerinin incelenmesi gerekmektedir. Kesici takım ucu aşınması üzerinde yapılan çalışmalarda öncelikli amaç, takım ucu arıza mekanizmalarından takım ömrünü tahmin etme yöntemlerini geliştirmek olmuştur (Obikawa ve Shinozuka, 2004; Stephenson ve Agapiou, 2006; Castejón ve ark., 2007; Zhang ve Zhang, 2013).

İmalat sektöründe üretilen ürünün kalitesini yükseltirken maliyetini düşürmek oldukça önemlidir. Söz konusu sektörde parça kalitesini etkileyen parametrelerin, otomatik olarak izlenerek yüksek doğruluk ve tutarlı kalitede parça üretimine imkân sağladığı için otomasyon sistemleri yaygın olarak tercih edilmektedir. Gelişen donanımlar, hesaplama teknikleri ve görüntü işleme yöntemleri ile birlikte takım durumunun otomatik olarak izlenmesi daha önemli hale gelmiştir (Lins ve ark., 2020). Geleneksel olarak takım ucu aşınması, optik mikroskop kullanılarak ölçülmektedir. Kullanılan bu yöntemin ölçüm sırasında çok fazla zaman kaybına neden olduğundan dolayı pratik değildir. Bu geleneksel yöntemle karşın dijital görüntü işleme teknikleri gibi yöntemler, kesici takımların çevrimiçi izlenmesi için gelecek vaat etmektedir (Bagga ve ark., 2021a).

Görüntü işleme teknikleri, görüntüdeki bazı yararlı bilgileri geliştirmek veya elde etmek için bir görüntü üzerinde gerçekleştirilen matematiksel işlemler dizisi olarak tanımlanmaktadır. Görüntü, her ögeye karşılık gelen bir pikselin yoğunluğunu temsil ettiği iki boyutlu bir öge dizisi olarak ele alınmaktadır. Görüntü işlemenin uzaktan algılama, otomatik plaka tanımlama, endüstriyel süreç izleme, tıp ve kalite izleme sistemi vb. gibi pek çok uygulama alanı vardır. Uygulama alanlarından biri de görüntü işleme yöntemleri kullanılarak takım aşınmasının (özellikle yan yüzey) izlenmesidir

(Bagga ve ark., 2021b). Görüntü işleme tekniklerinin uygulanmasıyla takım aşınmasının izlenmesi, ilgili donanım ve yazılımların geliştirilmesiyle kolaylaşır. Dutta ve ark. (2013) çalışmasında görüntü işleme yöntemlerine dayalı çeşitli takım aşınma izleme tekniklerini incelemiş ve tartışılmıştır. Bazı araştırmacılar ise; takım bölgesinin kenar tespiti ve segmentasyonu için kendi algoritmalarını geliştirmişlerdir (Kurada ve Bradley, 1997; Sortino, 2003; Castejón ve ark., 2007; Fadare ve Oni, 2009; D'Addona ve Teti, 2013; Danesh ve Khalili, 2015; Yu ve ark., 2017).

İlgili literatürler ayrıntılı bir şekilde incelendiğinde kesici takım uçlarının kenarlarının belirlenmesinde Canny, Prewitt, Sobel, Roberts, Log ve Zerocross algoritmalarının kullanılmadığı tespit edilmiştir. Sunulan bu çalışmada üretim sürecinde; üretilen parçanın kalitesini iyileştirmek ve işlemi otomatikleştirmek amacıyla kullanılan görüntü işleme yaklaşımlarından, kenar belirleme algoritmalarının kullanılabilirliği araştırılmıştır. Araştırma sırasında aşınmamış durumdaki farklı boyutlardaki parmak freze ve freze kesici takım uçlarına Canny, Prewitt, Sobel, Roberts, Log ve Zerocross algoritmaları uygulanarak, elde edilen sonuçlar ile kenar belirleme yöntemlerinin kullanılabilirliği araştırılmış ve algoritmalar kendi arasında karşılaştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Yapılan çalışmada, parçaların görüntülerinin elde edilmesi için DSLR dijital bir fotoğraf makinesi (url-1) kullanılmıştır. Görüntüler 300 dpi, 500 ISO ve 32 mm odak uzaklığı ile elde edilmiştir. Görüntüler elde edilirken sadece kesici uca odaklanılmış, arka plan buğulandırılmıştır.

Çalışmada, incelenmek üzere Şekil 1'de verilen Ø11, Ø5,5 ve Ø2,5 mm olmak üzere üç farklı boyutta parmak freze ve yüzey işleme amacıyla kullanılan kesici takım ucu kullanılmıştır.



Şekil 1. İncelemelerde kullanılan kesici takım uçları

## 2.2. Takım Aşınmasında Kullanılan Kenar Belirleme Yöntemleri

### 2.2.1. Canny

Canny kenar dedektörü ilk olarak 1986 yılında Canny tarafından ortaya atılmıştır (Canny, 1986). Canny kenar detektörü, kenar algılamada optimuma yakın sonuçlar vermektedir. Canny kenar belirleme algoritması, kenarların iyi bir şekilde ortaya çıkarılması için birden fazla adım içermektedir. İlk adım görüntünün Gauss filtresiyle yumuşatılması aşamasıdır. Bu sayede gürültülü piksellerin neden olduğu yanlış kenarlar görüntünün yumuşatılması ile elimine edilmektedir. Daha sonra kısmi türevler için sonlu fark yaklaşımları kullanılarak gradyan büyüklüğünün ve yönünün hesaplanması (x ve y yönünde) aşaması gelmektedir. Gradyan yönü ve büyüklüğü hesaplandıktan sonra gradyan büyüklüğü maksimum olmayanlar elimine edilmekte, gradyanın maksimum olduğu noktalarda kenarlar oluşmaktadır. Bu nedenle, maksimum olmayan tüm noktalar bastırılmaktadır. Bunu yapmak için, gradyanın büyüklüğü ve yönü her pikselde hesaplanmaktadır. Ardından, her piksel için, gradyanın büyüklüğünün, bir pikselin uzaklığında, eğime dik olan pozitif veya negatif yönde daha büyük olup olmadığı kontrol edilmektedir. Piksel her ikisinden de büyük değilse, bastırılmaktadır. En son aşamada kenarları algılamak ve bağlamak için hem yüksek eşik hem de düşük eşik olmak üzere çift eşik algoritması kullanılmaktadır. Bir pikselin yüksek eşik üzerinde bir değeri varsa, bir kenar pikseli olarak algılanmaktadır. Bir piksel, düşük eşik üzerinde bir değere sahipse ve bir kenar pikselinin komşusuysa, aynı zamanda bir kenar pikseli olarak algılanmaktadır. Bir piksel, düşük eşik üzerinde bir değere sahipse ancak bir kenar pikselinin komşusu değilse, bir kenar pikseli olarak algılanmamaktadır. Bir pikselin düşük eşik altında bir değeri varsa, asla bir kenar pikseli olarak algılanmamaktadır (Nadernejad ve ark., 2008).

### 2.2.2. Sobel

Sobel operatörü  $G_x$  ve  $G_y$  olmak üzere bir çift 3x3 evrişim maskesi (çekirdeğinden) oluşmaktadır. Bir maske basit olarak diğerine göre 90° döndürülmektedir.

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

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

$G_x$                        $G_y$

Şekil 2. Sobel operatöründe kullanılan maskeler

Şekil 2’te verilen bu çekirdekler gradyanın yönünü ve büyüklüğünü bulmak için kullanılmaktadır. Bu maskeler yatay ve dikey kenarlar için ayrı olarak düzenlenmiştir. Görüntüdeki kenarları yatay ve düşey eksen boyunca tanımlamaktadır (Roberts, 1963; Maini ve Aggarwal, 2009; Ganesan ve Sajiv, 2017).

Gradyan büyüklüğü (1) ve kenarlardaki dönme açısı (2) aşağıda verilen denklem ile ifade edilmektedir.

$$|G| = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

(1)

$$\theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right)$$

(2)

### 2.2.3. Prewitt

Prewitt operatörü, Sobel operatörüne çok benzer ve görüntülerdeki dikey ve yatay kenarları algılamak için kullanılmaktadır (Gonzalez ve Woods, 2002).  $G_x$  ve  $G_y$  çekirdekleri yada maskeleri gradyanın yönünü ve büyüklüğünü bulmak için kullanılabilir (Ganesan ve Sajiv, 2017).

-1	0	+1
-1	0	+1
-1	0	+1

+1	+1	+1
0	0	0
-1	-1	-1

$G_x$ 
 $G_y$

Şekil 3. Prewitt kenar detektörünün maskeleri

Prewitt filtresi, kenar tespiti için hızlı bir yöntemdir. Ancak iyi kontrastlı gürültüsüz görüntüler için daha uygundur (Juneja ve Sandhu, 2009).

### 2.2.4. Roberts

Roberts operatörü, Lawrence Roberts tarafından 1963 yılında ortaya atılmıştır. Bir görüntü üzerinde basit, hesaplanması hızlı, 2 boyutlu bir uzaysal gradyan ölçümü gerçekleştirmektedir. Roberts kenar detektöründe kullanılan gradyanın yönünü ve büyüklüğünü bulmak için Şekil 4'te verilen çekirdekler kullanılmaktadır. Bu çekirdekler bir çift 2x2 evrişim çekirdeğidir. Bir çekirdek basitçe diğer çekirdeğe göre 90° döndürülmektedir (Roberts, 1963; Ganesan ve Sajiv, 2017).

0	+1
0	+1

+1	+1
0	0

$G_x$ 
 $G_y$

Şekil 4. Robert operatörü için kullanılan maskeler

Bu çekirdekler, iki dikey yönelimin her biri için bir çekirdek olacak şekilde, piksel ızgarasına 45°'de uzanan kenarlara maksimum düzeyde yanıt verecek şekilde tasarlanmıştır. Çekirdekler, her oryantasyonda gradyan bileşeninin ayrı ölçümlerini üretmek için giriş görüntüsüne ayrı ayrı uygulanabilmektedir. Bunlar daha sonra her noktadaki gradyanın mutlak büyüklüğünü ve bu gradyanın yönünü bulmak için aşağıdaki eşitlikler kullanılarak birleştirilebilmektedir (Juneja ve Sandhu, 2009; Maini ve Aggarwal, 2009).

$$grad(f) = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \partial f / \partial x \\ \partial f / \partial y \end{bmatrix}$$

(3)

Bu detektörün büyüklüğü;

$$M(x, y) = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

(4)

Uzamsal gradyanı oluşturan kenarın oryantasyon açısı (piksel ızgara oryantasyonuna göre) şu şekilde verilmektedir:

$$\theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) - 3\pi/4$$

(5)

### 2.2.5. Log

Log yöntemi ilk olarak Marr-Hildreth tarafından önerildiği için, bu yöntemde Marr-Hildreth kenar belirleme yöntemi de denilmektedir. Log kenar belirleme algoritması ani yoğunluk değişikliklerinin olduğu bölgeleri tespit ettiğinden dolayı genellikle kenar tespiti için kullanılmaktadır. Laplasyen, gürültüye karşı duyarlılığı azaltmak için genellikle Gauss Yumuşatma filtresini görüntüye uygulamaktadır. Operatör normalde girdi olarak tek bir gri seviyeli görüntü almakta ve çıktı olarak başka bir gri seviyeli görüntü üretmektedir. İki boyutlu bir görüntünün Laplasyen gradyanı;  $I(X, Y)$  piksel yoğunluk değeri  $L = (X, Y)$  olmak üzere;

$$L(X, Y) = \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 I}{\partial y^2}$$

(6)

Şekil 5'te görülen gibi çekirdekler, Gauss'un Laplasyen gradyan kenar detektöründe kullanılan gradyanın yönünü ve büyüklüğünü bulmak için kullanılmaktadır (Ganesan ve Sajiv, 2017).

-1	1	+1
+1	-8	+1
+1	+1	+1

-1	+2	-1
2	-4	2
-1	+2	-1

$G_x$ 
 $G_y$

**Şekil 5.** Log kenar belirleme algoritmasının maskesi (çekirdeği)

Görüntünün direk olarak laplesyeninin alınması görüntüdeki gürültüyü arttıracığından dolayı, görüntü öncelikle Gauss filtresinden geçirilmektedir. Daha sonra görüntünün laplesyeni alınmaktadır. Hem Gauss hem de Laplasyen çekirdekleri genellikle görüntüden çok daha küçük olduğundan, bu yöntem genellikle çok daha az aritmetik işlem gerektirmektedir.

### 2.2.6. Zerocross

Zerocross yöntemi, ikinci türevin sıfır geçişlerini tespit etmektir. Birinci türevin tepe noktası her zaman ikinci türevin sıfır geçişine karşılık geldiğinden, zerocross yöntemi ve Log yöntemi, sınırı tespit etmek için benzer teoriye dayanmaktadır. Kenar algılama ve belirleme, ikinci türevin sıfır geçiş noktalarına dayandığı için bu noktaların yerleri x-koordinatı ve y-koordinatı ile gösterilmektedir. Sıfır noktası, sembollerinin ve bitişik noktasının farklı olduğunu ve sıfır noktasının iki nokta arasında daha küçük olduğunu göstermektedir (Zhang ve ark., 2010).

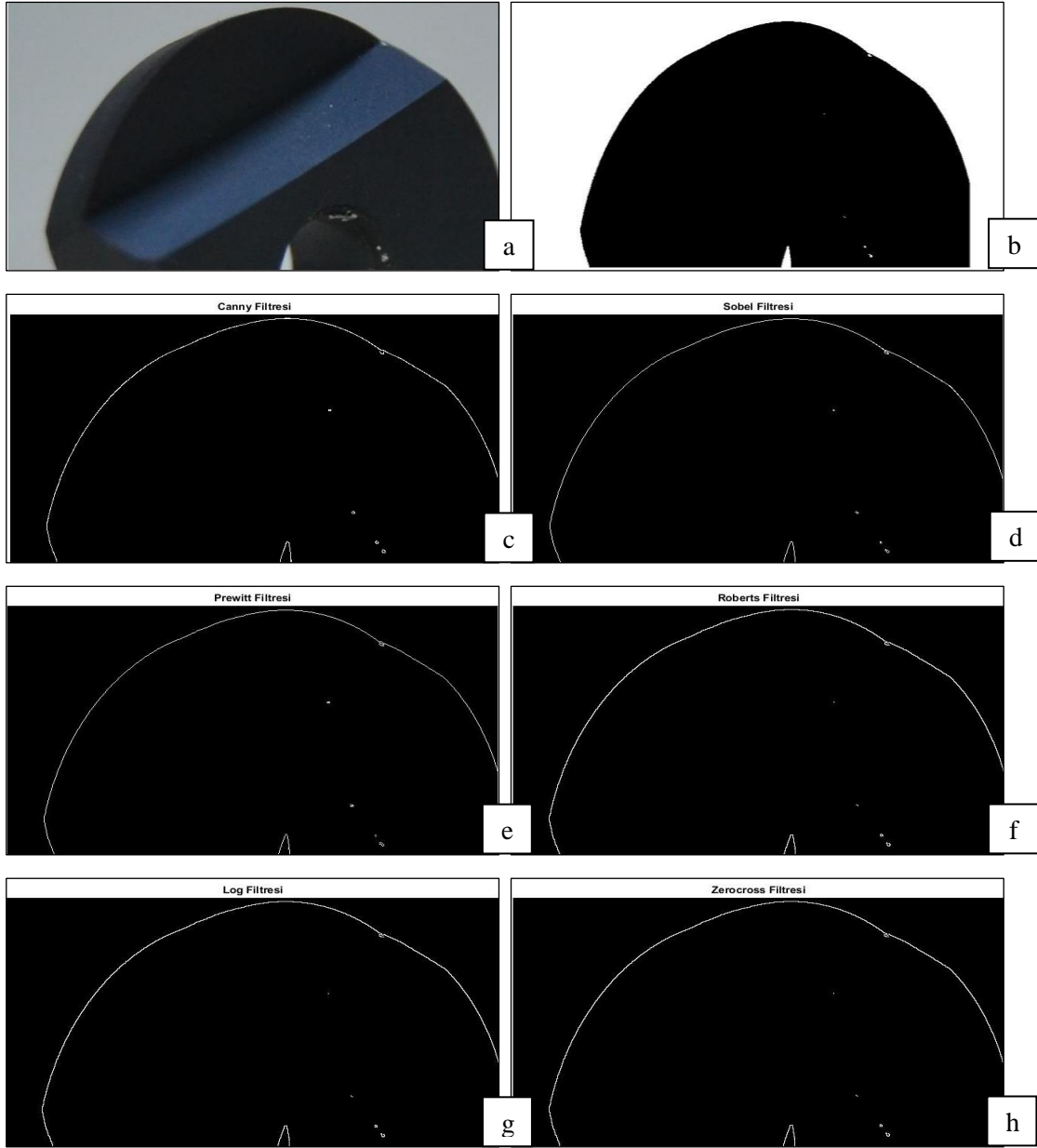
Zerocross operatörünün avantajları, kenarları ve oryantasyonları algılamasıdır. Bu yöntemde, gradyan büyüklüğü yaklaşımından dolayı kenarların ve yönelimlerinin basit olduğu söylenmektedir. Dezavantajı gürültüye karşı aşırı duyarlı olmasıdır (Shrivakshan ve Chandrasekar, 2012).

## 3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma yapılmadan önce talaşlı imalat işlemlerinde kullanılan; büyük, orta, küçük parmak freze uçları ve ayrı bir freze kesici takım ucu materyal olarak seçilmiştir (Şekil 1).

Görüntüler RGB yani renkli olarak elde edildiğinden öncelikle görüntüler ikili (binary) formata aktarılmıştır. Daha sonra kenar belirlemede yaygın olarak kullanılan Canny, Sobel, Prewitt, Roberts, Log ve Zerocross algoritmaları takım uçları üzerinde tek tek kenarların bulunmasında kullanılmıştır. Görüntü işleme için Matlab yazılımının “Görüntü işleme araç kutusu” kullanılmıştır.

Şekil 6a’da işlem görmemiş kesici takım ucunun Matlab programında elde edilen ham görüntüsü verilmiştir. Şekil 6b’de bu ham görüntüye ait Matlab programında elde edilen ikili görüntü ve Şekil 6c-h’da ise ikili görüntüye ait sırası ile Canny, Sobel, Prewitt, Roberts, Log ve Zerocross algoritmaları uygulanmış hali görülmektedir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, ikili görüntüye uygulanan tüm algoritmalara ait kenarların benzer olarak yakalandığı görülmüştür.

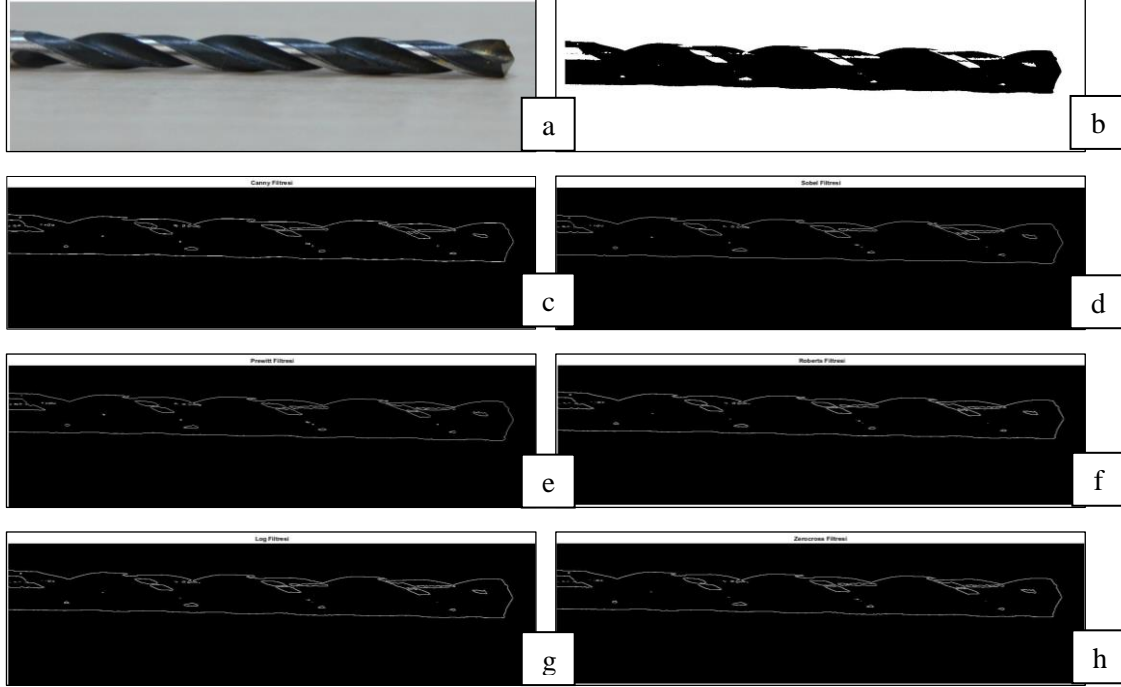


**Şekil 6.** Kesici takım ucu; a)renkli görüntü, b) ikili görüntü, c) Canny, d) Sobel, e) Prewitt, f) Roberts, g) Log, h) Zerocross

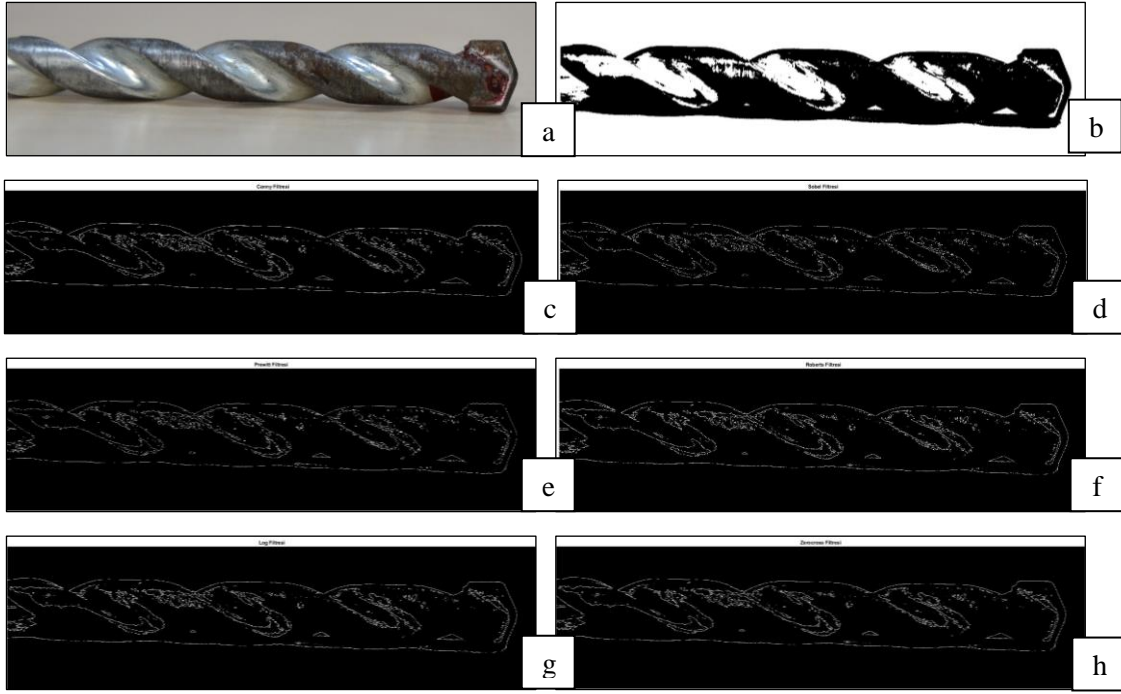
Benzer şekilde Şekil 7-9’da farklı çaplara ( $\varnothing 11$ ,  $\varnothing 5,5$  ve  $\varnothing 2,5$  mm) sahip parmak freze görüntülerine uygulanan kenar belirleme algoritmalarına ait renkli görüntü, ikili görüntü, Canny, Sobel, Prewitt, Roberts, Log ve Zerocross algoritmaları uygulanmış haline ait görüntüler aynı sıra ile verilmiştir. Görüntülere uygulanan algoritmaların sonuç görüntüleri (Şekil 7-9) görsel yorumlama ile incelendiğinde benzer sonuçlar verdiği görülmüştür. Önal yaptığı tez çalışmasında da gürültüsü az olan görüntüler ile çalışıldığında kenar belirleme algoritmaların belirli bir oranda başarılı olduğunu ve görüntülerdeki gürültü arttıkça kenarların doğru bir şekilde belirlenme oranının düştüğünü belirtmiştir (Önal, 2018).



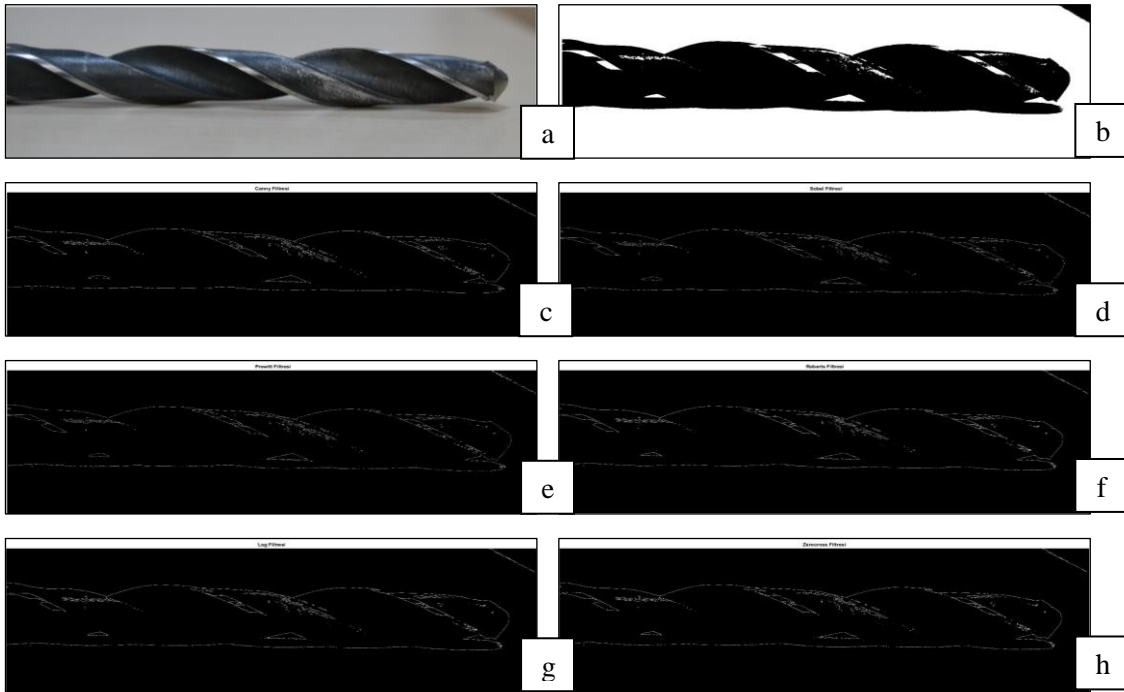
Kesici takım ucu kenarlarının kenar belirleme algoritmaları ile oldukça doğru bir şekilde belirlenebildiği görülmüştür. Yapılan çalışmaya benzer olarak (Thakre ve ark., 2019); yaptıkları incelemelerde talaşlı imalat endüstrisinde karbür kesici takım uçlarının yan yüzey aşınmasının doğrudan ölçümü için kenar belirleme yöntemlerinden Canny algoritmasını incelemişlerdir. Canny algoritması ile belirlenen kenarlar ile dijital mikroskoptan elde edilen kenarlar ile doğrulanmıştır. Ancak taramalı elektron mikroskobu ile elde edilen sonuçlarda %3'lük bir sapma olduğunu belirtmişlerdir. Atl ve arkadaşları yaptıkları çalışmalarında; Canny algoritması ile 2 adet aşınmamış ve 7 adet aşınmış takım ucuna ait kenarlar belirlenebildiğini göstermiştir (Atl ve ark., 2005).



**Şekil 7.** Ø2,5 mm parmak freze ucu; a) renkli görüntü, b) ikili görüntü, c) Canny, d) Sobel, e) Prewitt, f) Roberts, g) Log ve h) Zerocross



Şekil 8. Ø5,5 mm parmak freze ucu; a) renkli görüntü, b) ikili görüntü, c) Canny, d) Sobel, e) Prewitt, f) Roberts, g) Log ve h) Zerocross



Şekil 9. Ø11 mm parmak freze ucu; a) renkli görüntü, b) ikili görüntü, c) Canny, d) Sobel, e) Prewitt, f) Roberts, g) Log ve h) Zerocross

#### 4. Sonuç

Kenar belirleme algoritmalarından Canny, Sobel, Prewitt, Roberts, Log ve Zerocross algoritmaları Şekil 2’de verilen takım uçları üzerinde denenmiştir. Elde edilen sonuç görüntüleri ayrıntılı bir şekilde

incelendiğinde, takım uçlarının kenarlarının bütün algoritmalar tarafından benzer şekilde belirlendiği görülmüştür. Bu benzerliğin görüntülerin gürültüsüz bir şekilde elde edilmesinden ve çalışılan örneklerin çok fazla detay barındırmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca görüntülere algoritmalar uygulanırken özel bir eşik değeri kullanılmamıştır. Algoritma tarafından belirtilen varsayılan değerleri kullanılmıştır. Çalışmada elde edilen görüntüler herhangi bir gürültüden etkilenmeden yüksek kalitede elde edilmiştir. Görüntüler olması gerektiği gibi elde edildiğinden çalışmada kullanılan kenar belirleme algoritmalarının kenar belirleme performanslarının yüksek olduğu ve kullanılan algoritmalar ile belirlenen kenarların arasında belirgin bir farkın olmadığı görülmüştür. Algoritmalara uygulanacak eşik değerlerinin kenar belirleme işlemini ne kadar etkileyeceği başka bir çalışma konusu olarak düşünülmektedir. Çalışmada küçük boyutlu parmak frezeler ile çalışıldığından ve bu materyallerin uç kısımları çalışma konusunu oluşturduğu için alınan görüntülerde küçük boyutlu görüntülerdir. Küçük boyutlu görüntüler çalışmada kullanılan kenar belirleme algoritmalarına uygulandığında hız ve kenar yakalama performansı açısından görsel yorumlama da etkili bir fark tespit edilememiştir. Daha sonraki çalışmalarda daha büyük matkap uçları ile çalışıldığında daha büyük boyutlu görüntülere kenar belirleme yöntemlerinin uygulanması sonucunda, kenar belirleme algoritmaları arasındaki farkların tespit edilebileceği düşünülmektedir.

#### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

#### **Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

#### **Kaynakça**

- Bagga P., Makhesana M., Patel KA. Novel approach of combined edge detection and segmentation for tool wear measurement in machining. *Production Engineering* 2021a; 15(3): 519-533.
- Bagga P., Makhesana M., Patel K., Patel K. Tool wear monitoring in turning using image processing techniques. *Materials Today: Proceedings* 2021b; 44: 771-775.
- Canny JA. Computational approach to edge detection. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence* 1986; 6: 679-698.
- Castejón M., Alegre E., Barreiro J., Hernández L. On-line tool wear monitoring using geometric descriptors from digital images. *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 2007; 47(12-13): 1847-1853.
- Coromant S. *Modern metal cutting: a practical handbook*. English Edition, Sandvik Coromant, Sweden, I-III 1994: 35-120.
- D'Addona D., Teti R. Image data processing via neural networks for tool wear prediction. *Procedia Cirp* 2013; 12: 252-257.

- Danesh M., Khalili K. Determination of tool wear in turning process using undecimated wavelet transform and textural features. *Procedia Technology* 2015; 19: 98-105.
- Dieter GE. *Mechanical metallurgy*. 1988.
- Fadare D., Oni A. Development and application of a machine vision system for measurement of tool wear. *ARN Journal of Engineering and Applied Sciences* 2009; 4(4): 42-49.
- Ganesan P. Sajiv GA. Comprehensive study of edge detection for image processing applications. 2017 international conference on innovations in information, embedded and communication systems (ICIIECS), 2017, sayfa no:1-6.
- Gonzalez R. Woods R. *Digital Image Processing*. 2nd edn Prentice Hall. New Jersey 2002; 793.
- Juneja M. Sandhu PS. Performance evaluation of edge detection techniques for images in spatial domain. *International journal of computer theory and Engineering* 2009; 1(5): 614.
- Kendall L. A. Friction and wear of cutting tools and cutting tool materials. *ASM handbook* 1998; 18: 609-620.
- Kurada S., Bradley CA. Machine vision system for tool wear assessment. *Tribology International* 1997; 30 (4): 295-304.
- Lins RG., de Araujo PRM., Corazzim M. In-process machine vision monitoring of tool wear for Cyber-Physical Production Systems. *Robotics and computer-integrated manufacturing* 2020; 61: 101859.
- Maini R., Aggarwal H. Study and comparison of various image edge detection techniques. *International journal of image processing (IJIP)* 2009; 3(1): 1-11.
- Nadernejad E., Sharifzadeh S., Hassanpour H. Edge detection techniques: Evaluations and comparisons. *Applied Mathematical Sciences* 2008; 2(31): 1507-1520.
- Obikawa T., Shinozuka J. Monitoring of flank wear of coated tools in high speed machining with a neural network ART2. *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 2004; 44(12-13): 1311-1318.
- Roberts LG. *Machine perception of three-dimensional solids*. Massachusetts Institute of Technology, sayfa, 1963.
- Shrivakshan G., Chandrasekar CA. Comparison of various edge detection techniques used in image processing. *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)* 2012; 9(5): 269.
- Sortino M. Application of statistical filtering for optical detection of tool wear. *International Journal of Machine Tools and Manufacture* 2003; 43(5): 493-497.
- Stephenson D., Agapiou J. *Metal cutting operations in metal cutting theory and practice*: Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL; 2006.
- Thakre AA., Lad AV., Mala K. Measurements of tool wear parameters using machine vision system. *Modelling and Simulation in Engineering* 2019; 2019.
- url-1: [https://www.nikon.com.tr/tr\\_TR/product/discontinued/digital-cameras/2015/d3100-black](https://www.nikon.com.tr/tr_TR/product/discontinued/digital-cameras/2015/d3100-black)  
27.01.2022

- Yu X., Lin X., Dai Y., Zhu K. Image edge detection based tool condition monitoring with morphological component analysis. *ISA transactions* 2017; 69: 315-322.
- Zhang C., Zhang J. On-line tool wear measurement for ball-end milling cutter based on machine vision. *Computers in industry* 2013; 64(6): 708-719.
- Zhang M., Li X., Yang Z., Yang Y. A novel zero-crossing edge detection method based on multi-scale space theory. *IEEE 10th International Conference On Signal Processing Proceedings*, 2010, sayfa no:1036-1039, Ljubljana, Slovenia.