

## Mobilya Parçalarında Daire Tespiti ve Analizi

### Circle Detection and Analysis on Furniture Parts

Orhan Akbulut, M. Kemal Güllü, Sarp Ertürk

İşaret ve Görüntü İşleme Laboratuvarı (KULIS)  
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü  
Kocaeli Üniversitesi, 41380 Kocaeli,  
{orhanakbulut,kemalg,sertur}@kocaeli.edu.tr

#### Özetçe

*Bu çalışmada, bir bilgisayar görü sistemi ile mobilya parçalarının kalite kontrolü için dairelerin tespiti ve analizi yapılmaktadır. Dairelerin tespiti için, dairesel kenar tespitinde kullanılan bir toplamsal-fark yaklaşımı kullanılmaktadır. Tespit edilen dairelere ait merkez konum ve yarıçap değerlerinin gürbüz bir şekilde bulunması sağlanmıştır. Önerilen yöntemin başarımı yüksek olup, işlem yükü de oldukça düşüktür.*

#### Abstract

*In this work, detection and quality check of circles for furniture quality control system is carried out using a computer vision system. For the detection of circles, an integro-differential approach that is used as circular edge detecting operator, has been utilized. The radius and center of circles have been detected robustly. Not only is the performance of the proposed method high but also is the computational load fairly low.*

#### 1. Giriş

Bilgisayarla görü ile çalışan sistemlerin sanayide kullanım alanları her geçen gün artmaktadır. Kullanım alanlarından birisi de kalite kontrol işlemidir. Kalitenin ön plana çıktığı mobilya sektöründe kalite kontrole büyük gereksinim duyulmaktadır. Üretim anında ara üründe kalite kontrolün yapılması sayesinde, sorun müşteriye iletilmeden çözümlenerek müşteri memnuniyeti artırılmakta ve oluşacak ekstra maliyet ortadan kaldırılabilir [1]. Piyasada, insandan bağımsız çalışan kalite kontrol sistemlerinin sınırlı sayıda firma tarafından üretilmesi ve maliyetlerinin yüksek olması, bu teknolojilerin kullanımını zorlaştırmaktadır. Bunun yanında, bu tür kalite kontrol uygulamalarında kullanılan sistemler genelde lazer tarayıcılardan oluştuğundan yavaş çalışmaktadırlar [2].

Tekstil sektöründe, tekstil ürünlerinin kalite kontrol amaçlı hata tespiti [3]'de Gabor süzgeci kullanılarak yapılmıştır. Benzer şekilde, [3]'de önerilen yöntemin başarımını iyileştirmek için, alternatif olarak optimal süzgeçleme yaklaşımının kullanıldığı bir yöntem de bulunmaktadır [4]. [5]'de kalite kontrol için hata denetleme işlemi otomatik eşikleme yoluyla gerçekleştirilmiştir. Dalgacık temelli yaklaşım

kullanılarak tekstil ürünlerindeki hatalı bölgelerin tespiti [6,7] mümkün olmaktadır. Kalite kontrolle ilgili bir başka çalışmada, ham, kaplanmış mobilya parçaları için otomatik görsel denetim sistemi oluşturulmuş ve bu parçalarda örüntülerin tekrarladığı dikkate alınarak bozuklukların tespiti üzerinde durulmuştur [8].

Daire tespiti ve analizi, bilgisayarla görü ve örüntü tanımada yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Geleneksel daire bulma yaklaşımları 2 aşamadan oluşmaktadır. Bunlar, kenar bulma aşaması ve kenar bulma sonucuna göre daire bulma aşamasıdır. Daire tespitinde kullanılan en yaygın yöntem Hough dönüşümüdür [9]. Hough dönüşümü (HD) daha genel bir ifadeyle, geometrik şekillerin tespit edilmesinde kullanılmaktadır. [10]'da farklı HD yaklaşımlarının performans karşılaştırmaları yapılmıştır. Ağırlıklandırılmış ortalama karesel hata kestirimi kullanarak daire tespiti [11]'de gerçekleştirilmiştir. Fakat bu yöntem, görüntüde sadece bir tane daire olduğu durumlarda kullanılmaktadır. [12]'de ise dairelerin merkezini ve yarıçapını tespit etmek için, ikili imgeler üzerinden işlem yapan yeni bir yöntem önerilmiştir.

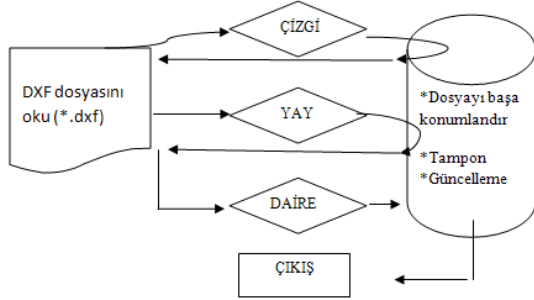
Bu çalışmada, mobilya parçalarındaki daireleri tespit etmek için, literatürde iris tanımada dairesel kenar tespit amaçlı kullanılan toplamsal-fark yaklaşımı [13] kullanılmaktadır. Kalite kontrole yönelik olarak geliştirilen sistemin aşamaları şu şekildedir: AutoCAD çizim dosyasından alınan model verilerine bağlı olarak, iki eksenli hareket sistemi öncelikle olası bir rotasyon durumu için mobilya parçasının boyutlarını çıkartmaktadır. Elde edilen dönme açısı da değerlendirilerek mobilya parçasındaki dairelerin konumlarına gidilmekte ve kamera ile RGB formatında görüntüler alınmaktadır. Daireler, alınan görüntülerde gerçek zamanlı tespit edilmekte ve ilgili dairelere ait merkez konum-yarıçap değerleri analiz edilerek, AutoCAD çizim dosyasında bulunan referans değerlerle karşılaştırılmaktadır. Her mobilya parçasına ait tespit edilen daireler başarımlar değerlendirilmesi yapılmak üzere raporlanmaktadır.

#### 2. Mobilya Bilgilerinin AutoCAD Dosyasından Okunması, İlgili Bilgilerin Analizi ve Sentezi

Mobilya parçalarının çizimleri, çizim değişim formatı (Drawing Exchange Format-DXF) uzantılı dosyalardan

okunmaktadır. Bu dosyanın içeriğinde 2-boyutlu ya da 3-boyutlu çizimler, belli bir başlık ve özellik yapılarıyla ASCII formatında bulunmaktadır. DXF dosyasında nesnelere ve varlıklar olmak üzere iki kavram bulunmaktadır. Nesnelere, grafiksel olarak görünmemekle birlikte, dosya içerisinde bilgileri bulunmaktadır. Varlıklar ise dosya içerisinde bilgileri bulunan ve grafiksel olarak görüntülenen tanımlardır. Mobilya malzeme elemanlarına ait yay, daire, çizgi gibi veriler DXF dosyasında varlıklar bölümünde bulunmaktadır. Her varlığın bir grup kodu ve "AcDbLine", "AcDbCircle" gibi alt sınıf tanımlayıcısı bulunmaktadır. Her bir alt sınıf tanımlayıcısında ise, malzemenin ilgili varlığına ait sınır değerleri bulunmaktadır. Sınır değerleri, örneğin bir doğru için, başlangıç-bitiş (x,y) konum bilgileri; daire için, merkez ve yarıçap koordinatları; yay için ise, merkez noktaları, yarıçap, başlangıç-bitiş açısı gibi değerler olabilmektedir.

Önerilen yöntem kapsamında öncelikle AutoCAD ile çizilen 2 boyutlu mobilya malzeme verileri ASCII tabanlı DXF dosyasından okunmakta ve tüm veriler kullanılarak, malzemelerdeki kapalı bölgeler (ön yüz, arka yüz gibi) tespit edilmekte ve her bir yüzeyde yer alan dairelerin konum-yarıçap bilgileri veri tabanına kaydedilmektedir. DXF dosyasından verilerin okunmasında izlenen yol Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1: DXF dosyasından verilerin okunması

Daire tespit işleminde öncelikle, bir DXF dosyası açılarak malzemeye ait tüm çizgi ve bu çizgilere ait sınır değerleri okunup hafızada saklanmaktadır. Dosya başa konumlandırıldıktan sonra, benzer işlemler yay ve daire için yapılmaktadır. Malzemeye ait tüm varlıklar okunduktan sonra dosya kapatılarak, malzemedeki kapalı bölgelerin bulunması ve dairelerin konumlandırılması gibi işlemler dosyadan bağımsız şekilde yapılmaktadır. Elde edilen kapalı çevrim bilgilerine göre, kalite kontrol amaçlı platforma yerleştirilen malzemenin yüzüne kullanıcı tarafından karar verilerek, gerekli veriler TCP/IP üzerinden mekanik hareket sisteminin hareket kontrol kısmına sırayla aktararak kamera ilgili noktalara götürülmektedir.

### 3. Mobilya Parçasında Daire Tespiti

Bu çalışmada, kamera ile ilgili konumdan alınan görüntülerde dairelerin tespiti için toplamsal-fark (TF) yaklaşımı [13] kullanılmaktadır. TF yaklaşımının matematiksel ifadesi (1)'de verilmektedir.

$$\max_{(r, x_0, y_0)} \left| G_\sigma(r) * \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right| \quad (1)$$

$I(x, y)$ , gri imgeyi ifade etmektedir.  $G_\sigma(r)$  ise yumuşatma fonksiyonunu göstermektedir. TF yaklaşımı, gri imge  $(x, y)$  bölgesinde yarıçapın  $(r)$  artan veya azalan değerine bağlı olarak,  $(x_0, y_0, r)$  konumundaki daireyi kapsayan dairesel yay üzerindeki  $(ds)$  mutlak değişimlerin en büyüğünü hesaplamaktadır. TF yaklaşımı daha genel bir ifadeyle, dairesel kenar algılayıcı olarak ifade edilmektedir. Deneysel sonuçlara göre,  $G_\sigma(r)$  yumuşatma fonksiyonunun mobilya parçalarındaki delikleri tespit etmede önemli bir performans artışı sağlayamadığı gözlemlenmiştir. Bundan dolayı önerilen yöntemde, (1)'nolu matematiksel ifade yerine, (2)'nolu eşitlik yeni TF (YTF) kullanılmaktadır.

$$\max_{(r, x_0, y_0)} \left| \frac{\partial}{\partial r} \oint_{r, x_0, y_0} \frac{I(x, y)}{2\pi r} ds \right| \quad (2)$$

Önerilen yöntem hiyerarşik bir yapıda ele alınmaktadır. Öncelikle, ilk-işlem adı altında giriş imgesi 1/4 oranında alt örneklenmekte ve elde edilen alt örneklenmiş imge üzerinde YTF yaklaşımı kullanarak dairelerin merkezleri ve yarıçapları bulunmaktadır. Alt örnekleme yapılmasının nedeni, tespit edilecek dairelerin olası konumlarının dinamik aralığını azaltmak ve dairelerin merkez ve yarıçap değerlerini kaba haliyle tespit etmektir. Dairelerin merkez konum ve yarıçapları ilk işlem yapılarak bulunduktan sonra, son işlem adı altında tam çözünürlükte ikinci bir YTF yaklaşımı daha uygulanmaktadır. Bunun nedeni, dairelerin merkez konum ve yarıçaplarını daha hassas tespit etmektir. Maksimum değişimin görüldüğü ilk 10  $(x, y)$  konumlarındaki dairelerin merkez konum ve yarıçap değerleri daha doğru sonuçlar elde etmek için 3'üncü eşitlikte gösterilen Gauss fonksiyonuna bağlı olarak ağırlıklandırılarak, nihai merkez konum ve yarıçap değerleri elde edilmektedir.

$$\exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

Burada,  $\mu$  ilgili dairenin veritabanına kayıtlı olan gerçek yarıçapını veya merkez konum değerini ifade etmekte,  $x$  ise ilgili dairenin olası yarıçap veya merkez konum değerini göstermektedir. Standart sapma 1 olarak alınmıştır. Tablo-1'de ön işlem ve son işlemde kullanılan YTF yaklaşımındaki parametreler verilmiştir. Tespit edilecek dairelerin yarıçapları 2.5 mm'den az olması durumunda, sadece son işlem bölümü gerçekleştirilmektedir. Bunun nedeni, alt örnekleme sonrasında küçük yarıçaplı dairelere ait bilgilerin azalmasından dolayı YTF yaklaşımının başarım performansının düşmesidir.

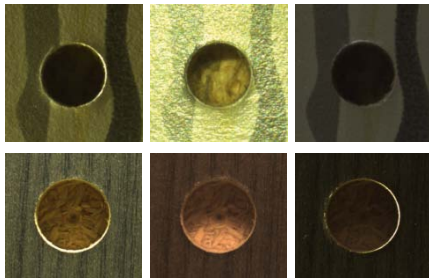
Önerilen yöntem, kamera ile alınan görüntülerde daire olmaması durumlarında, deneysel sonuçlara göre önceden belirlenmiş eşik değerini kullanarak daire vardır-yoktur kararı verebilmektedir.

Tablo 1: Ön işlem ve son işlemde kullanılan YTF yaklaşımındaki parametreler

Parametreler	Ön işlem	Son İşlem
Arama bölgesi (N)	$\pm 16$	$\pm 8$
Yarıçap değişimi (r)	$\pm 2$	$\pm 4$
Açısal örnek sayısı	90	360
Alt örnekleme oranı	4	-

#### 4. Deneysel Sonuçlar

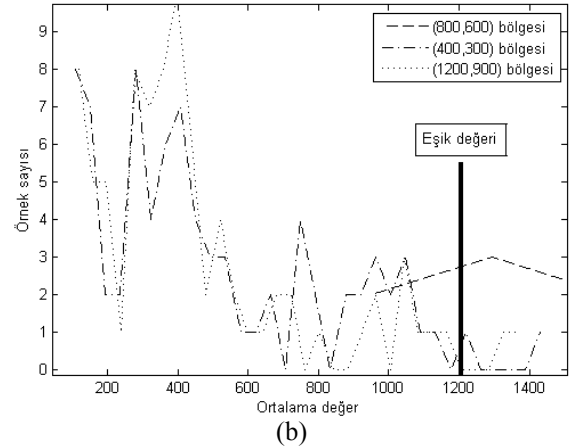
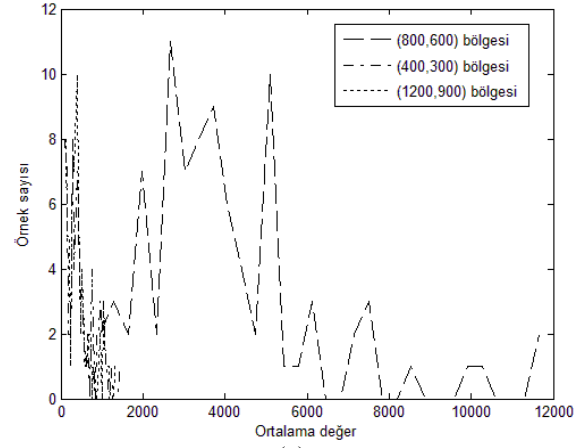
Önerilen yöntemde öncelikle farklı mobilya parçalarına ait dairelerin farklı ışık koşulları altında, farklı tepkiler verdiği gözlemlenmiştir. Farklı ışık koşulları altında, iki farklı malzemeye ait imgeler Şekil-2'de gösterilmiştir. Bu bağlamda, bütün daireler için YTF yaklaşımına göre en uygun sonuçlar verecek şekilde bir ışıklandırma sistemi kurulmuştur.



Şekil 2. Farklı ışık koşullarında alınmış iki farklı malzemeye ait RGB imgeler.

Önerilen yöntemin başarımını değerlendirmek için, farklı mobilyalara ait farklı yarıçaplarda (1, 2.5, 4, 5, 7.5, 10 mm) daireler içeren görüntüler kullanılmıştır. Şekil-3'te, dairelerin olup olmadığı testinde kullanılan eşik değerinin belirlenmesinde, YTF yaklaşımına göre maksimum değişimin olduğu ilk 10 değerlerin ortalaması

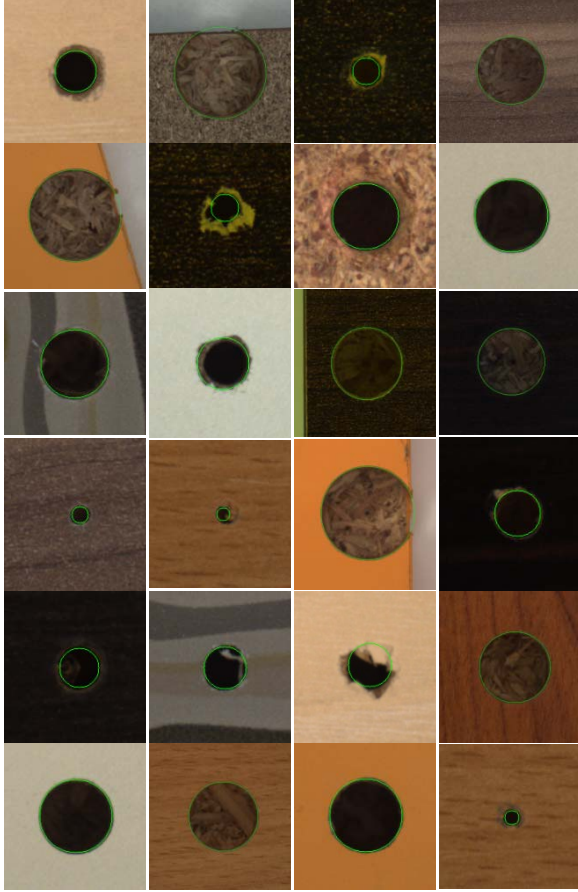
esas alınmıştır. Şekil-3a'da, maksimum ortalama değişimine göre örnek sayısını gösteren histogram grafiği verilmektedir. Grafikte 85 farklı daire örneği bulunmaktadır. Daire bulunmayan toplam örnek sayısı ise 170'dir. Hedef dairelerin bulunduğu yerler görüntünün merkez (800,600) bölgesi, dairelerin olmadığı yerler ise, (400,300) ve (1200,900) bölgesidir. Şekil-3b ise mevcut histogram grafiğinin büyütülmüş halini göstermektedir. Şekil-3b'ye göre daire vardır-yoktur kararı verebilmek için kullanılan en uygun eşik değeri 1200 olarak belirlenmiştir.



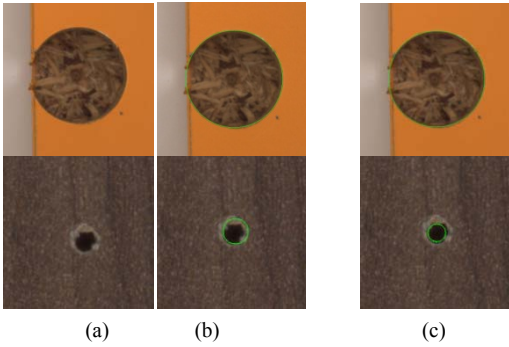
Şekil 3. a) Maksimum ortalama değişimine göre histogram grafiği. b) 0-1400 aralığına ölçeklenmiş histogram grafiği.

Şekil-4'de önerilen yöntem ile tespit edilen daire görüntüleri gösterilmekte olup algoritmayla bulunan daireler yeşil renkte orijinal görüntüye bindirilmiştir. Sonuçlardan da görülebileceği gibi daireler başarılı bir şekilde tespit edilmektedir. Tam daire olmayan veya eksik daire olan görüntülerde, daire tespitinin başarımı oldukça yüksektir. Benzer şekilde, aşınmış veya çapak etkisiyle yarı kapanmış daireler bile yüksek doğrulukla tespit edilmektedir. Şekil-5'te Hough dönüşümü ve önerilen yöntem kullanılarak tespit edilen örnek daire görüntüleri gösterilmektedir. Hough dönüşümünde gri imgeleri ikili imgelere dönüştürmek için kullanılan parametreler, varsayılan olarak seçildiğinde daireler

Şekil-5a'daki gibi tespit edilemeyebilmektedir. Parametrelerin el ile seçilmesi durumunda daireler Şekil-5b'de gösterildiği gibi tespit edilmektedir. Buna rağmen, önerilen yöntem verimli bir şekilde daireleri tespit edebilmektedir.



Şekil 4. Önerilen yöntem ile tespit edilen daire görüntüleri



Şekil 5. a)-b) Hough dönüşümü ile daire tespiti c) Önerilen yöntem ile daire tespiti

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada, bilgisayarla görme sistemi ile mobilya parçalarının kalite kontrolünde dairelerin tespiti ve analizi gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlardan da görüleceği gibi, önerilen yöntem yüksek bir başarımla

sergilemektedir. Önerilen yaklaşım, mobilya parçalarında yer alan dairelerin bilgisayarda görü ile tespiti ile ilgili bir çalışmanın daha önceden yapılmamış olması bakımından özgün bir çalışmadır.

## 6. Kaynakça

- Juran, J. M. "Juran's Quality Handbook", McGraw-Hill, 2000.
- Thomas, R. E., Buehlmann, U., "The Potential of Computer Controlled Optimizing Equipment in the Wooden Furniture Industry," 17th Int. Conf. on Production Research, 2003.
- Kumar A., K. H. Pang G., "Defect Dedection in Textured Materials Using Gabor Filters", *IEEE Trans. on Industry Applications*, vol. 38, No. 2, pp. 425-440, 2002.
- Kumar A., K. H. Pang G., "Defect Dedection in Textured Materials Using Optimized Filters", *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 32, No. 5, pp. 553-570, 2002.
- Ng H.F., "Automatic Thresholding for Defect Dedection", *Third Int. Conf. on Image and Graphics*, pp. 532-535, 2004.
- Karras D. A., "Improved defect detection using support vector machines and wavelet feature extraction based on vector quantization and SVD techniques", *Proc. of Int. Joint Conf. on Neural Networks*, vol. 3, pp.2322-2327, 2003.
- Yang X., Pang G., Yung N., "Robust fabric defect detection and classification using multiple adaptive wavelets", *IEEE Proc. Vis. Image Signal Processing*, vol. 152, No. 6, pp.715-723, 2005
- Piuri V., Scotti F., Roveri M., "Visual inspection of particle boards for quality assessment", *IEEE Int. Conf. on Image Processing*, vol. 3, pp. 521-524, 2005
- Duda, R. O., and Hart, P. E., "Use of the Hough transformation to detect lines and curves", in *Pictures Comm. of Association for Computing Machinery*, vol. 15, no. 1, pp. 11-15, 1972.
- Princen, J., Yuen, H.K., Illingworth, J., Kittler, J., "A comparison of Hough transform methods", *Image Processing and its Applications*, pp. 73-77, 1989.
- Schuster, G.M. Katsaggelos, A.K., "Robust circle detection using a weighted MSE estimator", *International Conference on Image Processing*, vol. 3, pp. 2111-2114, 2004
- Mingzhu, Z., Huanrong, C., "A new method of circle's center and radius detection in image processing", *Automation and Logistics, ICAL 2008. IEEE International Conference on*, pp. 2239-2242, 2008
- Daugman, J., "How iris recognition works", *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on*, vol.1, no.1, pp. 21-30, 2004