

# DİJİTAL GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE LASER TARAMA TEKNİĞİ KULLANARAK ÜRÜN KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

Kader ÇAKILCI<sup>1</sup>

Mehmet YAKUT<sup>2</sup>

İsmet KANDİLLİ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Kocaeli Üniversitesi, M.Y.O. Endüstriyel Elektronik Programı 41500 Karamürsel-Kocaeli

<sup>2</sup>Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü  
Mühendislik Fakültesi

Kocaeli Üniversitesi, İzmit-Kocaeli

<sup>3</sup>Kocaeli Üniversitesi, M.Y.O. Mekatronik Programı 41500 Karamürsel-Kocaeli

<sup>1</sup>e-posta: kcakilci@kou.edu.tr

<sup>2</sup>e-posta: myakut@kou.edu.tr

<sup>3</sup>e-posta: ikandilli@kou.edu.tr

*Anahtar sözcükler : Dijital görüntü işleme, Lazer tarama, İki boyutlu modelleme*

## ABSTRACT

*Digital image processing techniques have been used to most of scientific and research fields in worldwide applications. One of the applications in digital image processing is industrial applications. This paper presents determining of product quality which is one of the industrial applications. Laser scanning process is another technology, which is increasingly popular for scientific researchs. By images which are recorded with digital camera and laser light, modelling can be done and in this way, very little physical changes in the object surface also can be determined. In this study, how to determine product quality with using laser scanning and digital image processing techniques is investigated. This system can be used quality control of products produced by any process. In this study, car bonnet is choosed as the product and images have been taken while its surface is scanning. Then, faulty regions on it is determined by using 2D digital image processing methods.*

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda dijital görüntü işleme ve lazer tarama tekniklerinin kullanıldığı bir çok bilimsel çalışma yapılmıştır [1-7]. Görüntü işleme tekniği kullanan kalite kontrol sistemi, herhangi bir yöntemle üretilmiş olan parçaların kalite kontrollerini yapabilir. Bazı durumlarda incelenmesi gereken unsurlar gözümüzün algılama sınırları dışına çıkabilir. Lazer ışığı sayesinde bu unsurlar belirginleştirilir ve görüntü işleme tekniği yardımıyla tespit edilebilir. Standartlara göre kontrolü yapıldıktan sonra, hatalı noktalar belirlenebilir.

Bu çalışmada, endüstriyel uygulama alanlarından biri olan ürün kalitesinin belirlenmesi üzerine bir araştırma yapılmıştır. Çalışmanın amacı, lazer tarama tekniği yardımıyla dijital görüntü işleme yöntemleri kullanılarak ürün kalitesinin belirlenmesini sağlayan bir sistem oluşturmaktır. Sistemin iki girişi vardır. Bunlar; kalite kontrol elemanı olarak temel(referans) görüntü ve bu görüntü ile karşılaştırılacak olan giriş görüntüsüdür. Temel görüntü, hatasız kabul edilen görüntüdür ve bu görüntüye ait veriler bellekte saklanır. Giriş görüntüleri, temel görüntü ile karşılaştırılan ve hatalı olan noktaları tespit edilen görüntüdür. Sistemin çıkışında ise karşılaştırma sonucu oluşan giriş görüntüsü üzerinde hatalı olan kısımları gösteren görüntü vardır [7].

Ürün kalitesini belirleyen bu sistem üç aşamadan oluşmaktadır.

1. Görüntü almak için uygun ortamın hazırlanması
2. Lazer tarama yapılarak görüntü alınması
3. Hatalı bölgelerin belirlenmesi

Sistemin çalışabilmesi için ön koşul, karşılaştırılacak olan iki görüntünün de aynı boyutta olmaları ve aynı piksel değerlerinin karşılaştırılabilmesi için de aynı ölçekte olmaları gerekmektedir. Çıkış görüntüsünde hatalı olan bölgeler işaretlenir.

## 2. LASER İLE TARAMA

Lazerlerin bilimsel araştırmalarda, endüstride, haberleşmede, tıpta ve askeri alanlarda gün geçtikçe önemi daha da artmaktadır. Genel olarak “lazer tarama”, bir cisme dokunmadan tamamen taramak ve elde edilen bilgilerle bilgisayar ortamında işlem yapmaktır.

Son yıllarda gelişen lazer tarama tekniği birçok bilimsel araştırmada ve uygulamada oldukça popüler bir yöntem olarak kullanılmıştır [1,3-6]. Lazer tarama teknikleri geleneksel tekniklerden daha hızlı veri toplayarak sayısallaştırma işlemlerini kısaltmaktadır. Lazerle tarama yapmanın en büyük avantajı, işlemin dokunmasız ve hızlı olmasıdır. Lazer ışığının yüksek çözünürlüğü ve inceliği sayesinde nesne yüzeylerinden detaylı ve hassas veri alınması sağlanmaktadır. Bu nedenle de otomotiv sektöründe sıkça kullanılmaktadır. Bazı durumlarda incelenmesi gereken unsurlar gözümüzün algılama sınırları dışına çıkabilir. Lazer ışığı sayesinde bu unsurlar belirginleştirilebilir. Lazer ışık kaynağı ve sayısal kamera kullanılarak kaydedilen görüntüler ile çok kısa sürede modelleme yapılabilir. Bu çalışmada iki boyutlu (2-D) modelleme yapılmıştır.

Şekil-1'de kullanılan lazer tarayıcı sistem gösterilmiştir. Tarayıcı, lazer ışık kaynağı ve lazeri kumanda eden bir elektronik devreden oluşmaktadır. Kullanılan lazer, kırmızı renkli çizgi lazerdir. 635 nm dalga boylu ve 1mW çıkış gücüne sahip olan lazerin tarama açısı 110°'dir. Kontrol devresi yardımı ile lazer istenilen derecede ve doğrultuda döndürülebilir. Her adımda dikey lazer çizgisi araba kaporta yüzeyini tarar.

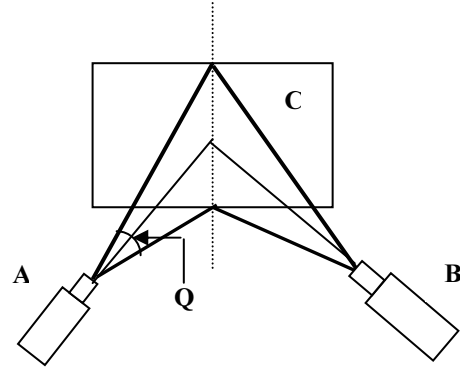
### 3. GÖRÜNTÜ ALMA

Gerçek ortamda iki dijital görüntüyü karşılaştırabilmek için ilk olarak iki görüntünün de mümkün olduğu kadar aynı fiziki koşullar altında alınmasını sağlamak gerekir. Bunlar, kamera kalibrasyonu, kamera açısı, lazer tarayıcının açısı ve ortamın ışıklandırılması gibi koşullardır. Görüntünün arka planının aynı olması şart değildir. Çünkü yazılım aşamasında görüntü üzerindeki lazer çizgi çıkarılıp arka plan elenecektir. Ayrıca, karşılaştırılacak görüntüler içinde arabaların farklı konumda olması da önemli değildir. Yine yazılım aşamasında görüntü düzeltme işlemleri ile dönüklük, konum ve ölçek farklılığı gibi problemler ortadan kaldırılmaktadır.

Görüntü alma işleminden önce lazer tarayıcı ve kamera sabit noktalara yerleştirilir. Görüntü alınırken arabayı hareket ettirmek yerine lazer ve kameranın bulunduğu görüntü alma sistemi hareket ettirilir.



Şekil-1. Lazer Tarayıcı Sistem



Şekil-2. Görüntü Alma Sistemi.

A- Lazer ışık kaynağı, B- CCD kamera  
C- Taranan yüzey, Q- Tarama açısı

Şekil-2'de bu çalışmada kullanılan görüntü alma sistemi gösterilmektedir. Karşılaştırılacak olan görüntüler için bu konumların aynı olması sağlanmalıdır. Bu çalışmada, araba kaportasının sol ön kapısı taranarak görüntü alınmıştır.

Tüm fiziksel koşulların sağlanmasına rağmen alınan görüntüde iletim hattından, ortamın ışıklandırılmasından yada görüntü bilgisini alan CCD sensörden dolayı gürültü oluşabilir. Görüntü alma sırasında bu gürültü faktörlerinden dolayı piksel değerlerinde rasgele değişimler olabilir. Bu nedenle iki görüntü arasındaki karşılaştırma işlemi sağlıklı olarak yapılamaz. Sistemin verimli çalışabilmesi için karşılaştırma işleminden önce bu istenilmeyen değişimler filtre edilerek görüntüden çıkarılır.

### 3. ÜRÜN ÜZERİNDEKİ HATALI NOKTALARIN BELİRLENMESİ

Görüntü alma işlemi tamamlandıktan sonra ürün üzerindeki hatalı noktaların belirlenmesi için bir yazılım geliştirilmiştir. Sistemin yazılım algoritması Şekil-3'te gösterilmiştir.

Kameradan alınan görüntüler JPEG uzantılı görüntülerdir. JPEG görüntüler üzerinde görüntü işleme fonksiyonlarını uygulamak uygun olmadığından görüntüler BMP uzantısına dönüştürülür.

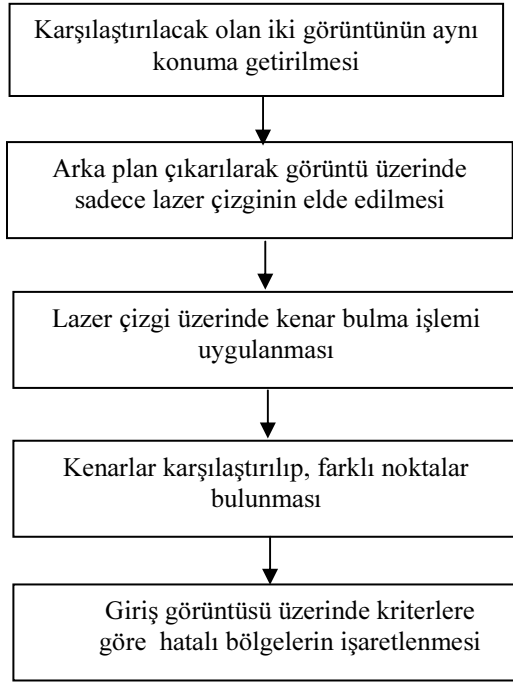
Yazılımın ilk aşamasına giriş görüntüsünün temel görüntü ile piksel değerlerinin aynı konumda ve ölçekte olup olmadığı incelenir. Eğer farklılık var ise temel görüntü baz alınarak giriş görüntüsünün dönüşümü yapılır [8].

$$(x, y) = T\{(w, z)\} \quad (1)$$

$(x, y)$  : Geometrik distorsiyona sahip görüntünün (giriş görüntüsü) koordinatları

$(w, z)$  : Temel görüntünün koordinatları

$T$  : Dönüşüm tipi



Şekil-3. Sistemin yazılım algoritması

Dönüşüm tipi olarak, dönüklük, ölçek farklılığı ve konum farklılığını ortadan kaldıran Affine Dönüşümü seçilmiştir [8].

İkinci aşamada, lazer tarama sonucu alınan görüntülerde sadece lazer çizgisi kalacak şekilde arabanın arka planın elenmesi gerçekleştirilir. Görüntüler  $m \times n$  boyutlu matrislerdir.

$$Q(x, y) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n |a(i, j) - b(i, j)| \quad (2)$$

$$Q^*(x, y) = \begin{cases} 0 & Q(x, y) < Th \\ b(x, y) & Q(x, y) \geq Th \end{cases} \quad (3)$$

$a(x, y)$  : Lazer tarama yapılmamış görüntü  
 $b(x, y)$  : Lazer ile taranmış görüntü  
 $Q(x, y)$  : İki görüntünün farkı  
 $Th$  : Eşik değeri  
 $Q^*(x, y)$ : Sadece lazer çizgisinin bulunduğu görüntü

Bu aşamada ayrıca, görüntü filtre edilerek gürültü faktörleri elenir. Sonra, elde edilen bu lazer görüntüsü üzerinde görüntü işleme fonksiyonlarından yararlanılarak kenar bulma algoritması uygulanır ve lazer çizginin kenarları bulunur [2]. Daha sonra, bellekteki temel görüntünün kenarları ile giriş görüntüsünün kenarları karşılaştırılarak, farklı olan noktaların koordinatları belirlenir. Koordinat bilgileri konum vektörleri ile gösterilir.

$$x = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}, \quad y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$F = \sum_{i=1}^k [(x_{1i} - x_{2i})^2 + (y_{1i} - y_{2i})^2]^{1/2} \quad (5)$$

$$x^* = \sum_{i=1}^k x_{2i} \Big|_{F \geq T^*} \quad (6)$$

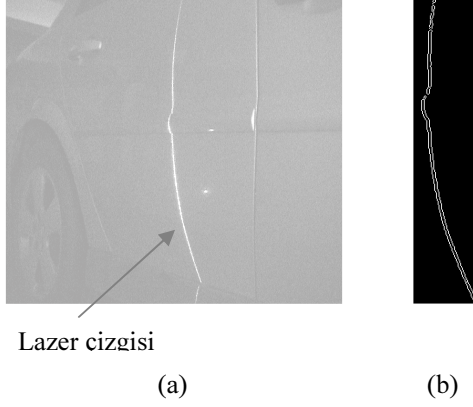
$$y^* = \sum_{i=1}^k y_{2i} \Big|_{F \geq T^*} \quad (7)$$

$x$  : x koordinatının konum vektörü  
 $y$  : y koordinatının konum vektörü  
 $x_1$  : Temel görüntünün x koordinat konum vektörü  
 $x_2$  : Giriş görüntüsünün x koordinat konum vektörü  
 $y_1$  : Temel görüntünün y koordinat konum vektörü  
 $y_2$  : Giriş görüntüsünün y koordinat konum vektörü  
 $k$  : Konum vektörünün boyutu  
 $F$  : Koordinat farkı  
 $T^*$  : Eşik değeri  
 $x^*$  : Hatalı bölgenin x koordinat konum vektörü  
 $y^*$  : Hatalı bölgenin y koordinat konum vektörü

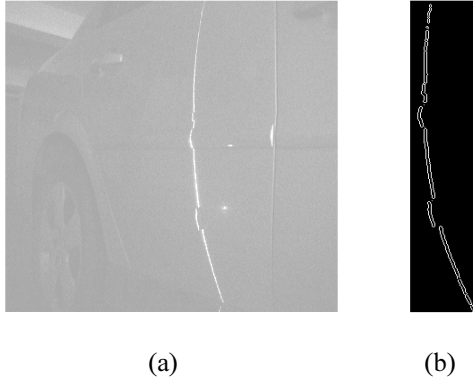
Son olarak,  $x^*$  ve  $y^*$  koordinat bölgeleri giriş görüntüsü üzerinde işaretlenir. Böylece sistem çıkışında kaporta üzerinde hatalı olan bölgeler görsel olarak belirtilmiş olur.

Bu çalışmada ürün olarak araba kaportası seçilmiş ve geliştirilen sistemin uygulaması yapılmıştır. Arabanın sol ön kapısı lazer ile taranarak görüntü alınmıştır. Şekil-4'te temel görüntünün lazer ile taranması sonucunda alınan görüntü ve bu görüntünün arka planı elenerek elde edilen lazer çizgisinin kenar görüntüsü verilmiştir. Şekil-4b, sadece lazer çizgisinin bulunduğu bölümün kesilmesi ile elde edilen ve uygulama sırasında bellekte saklanan görüntüdür. Şekil-5'te giriş görüntüsünün temel görüntü ile aynı noktadaki lazer ile taranması sonucunda alınan görüntü ve lazer çizginin kenar görüntüsü verilmiştir. Şekil-5b, bellekte saklanan Şekil-4b'deki görüntü ile Şekil-5a'daki görüntünün arka planı elenerek elde edilen lazer çizgisinin kenar görüntüsünün korelasyonu sonucunda elde edilen görüntüdür.

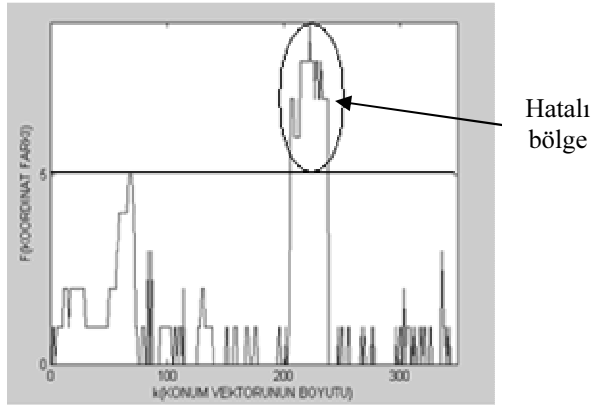
Şekil-4b ve Şekil-5b 'deki görüntüler binary görüntülerdir. Binary görüntüler, 1 ve 0'lardan oluşan lojik dizilerdir. Bu görüntülerdeki kenar bilgileri 1 ile ifade edilir. Her iki görüntüdeki 1'lerin konumu belirlenir ve koordinat farkına bağlı olarak hatalı noktalar tespit edilir.



Şekil-4. (a) Temel görüntünün taranması sonucu alınan görüntü  
(b) Lazer çizgisinin kenar görüntüsü



Şekil-5. (a) Giriş görüntünün taranması sonucu alınan görüntü  
(b) Lazer çizgisinin kenar görüntüsü



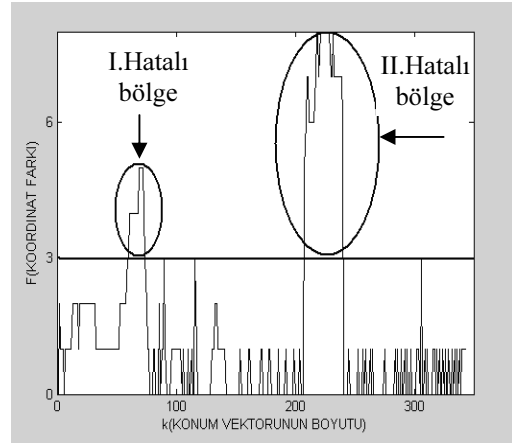
Şekil-6. Koordinat farkı grafiği ( $T^*=5$ )

Şekil-6'da iki kenar görüntüsü arasındaki koordinat farkı grafiği verilmiştir. Eşik değeri ( $T^*$ ) olarak 5 seçilmiştir ve Şekil-6'da eşik değeri ile bu değerin üzerindeki hatalı bölge gösterilmiştir. Şekil-7'de ise Şekil-6 belirtilen eşik değeriyle ilgili olarak belirlenen hatalı bölgenin giriş görüntüsü üzerinde işaretlendiği görüntü verilmiştir.

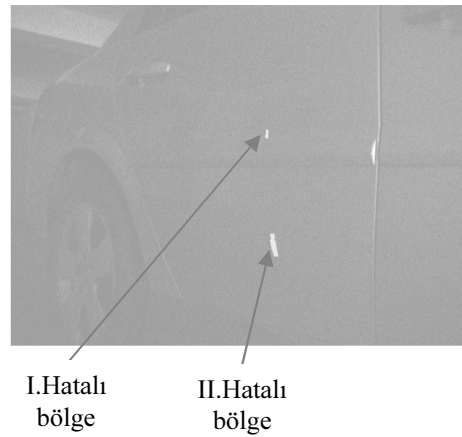


Şekil-7. Hatalı bölgenin işaretlendiği giriş görüntüsü ( $T^*=5$ )

Eşik değeri azaltılarak sistemin daha hassas çalışması sağlanabilir. Bu hassasiyeti belirleyebilmek amacıyla eşik değeri 3 olarak değiştirilmiş ve sistemin çıkışından görüntüler alınmıştır.



Şekil-8. Koordinat farkı grafiği ( $T^*=3$ )



Şekil-9. Hatalı bölgenin işaretlendiği giriş görüntüsü ( $T^*=3$ )

Şekil-8'de eşik değeri ile bu değerin üzerindeki hatalı bölgeler gösterilmiştir. Şekil-9'da, Şekil-8'de belirtilen eşik değere bağlı olarak belirlenen hatalı bölgelerin giriş görüntüsü üzerinde işaretlendiği görüntü verilmiştir.

## 5. SONUÇ

Lazer ışığı kullanılarak nesne üzerindeki fiziksel farklılıklar dijital görüntü işleme tekniği kullanılarak kolayca belirlenebilir. Bu nedenle her iki yöntemde birçok endüstriyel uygulamada kullanılmaktadır. Bu çalışmada, lazer tarama ve dijital görüntü işleme teknikleri kullanılarak ürün yüzeyindeki hatalı noktaları belirleyebilen bir sistem önerilmiştir. Geliştirilen sistem ile otomotiv sektörüne yönelik bir çalışma gerçekleştirilmiş ve ürün olarak araba kaportası seçilerek sistemin uygulaması yapılmıştır. Uygulama sonucu elde edilen görüntüler bu çalışmada sunulmuştur. Geliştirilen sistem sadece araba kaportası için değil herhangi bir başka ürünün yüzey kalitesinin belirlenmesi içinde kullanılabilir. Bu çalışmada, ürünün tüm yüzeyi piksel-piksel karşılaştırmak yerine korelasyon kullanılarak sadece lazer çizginin bulunduğu bölümler karşılaştırılmıştır. Bu da ürün kalitesinin daha kısa zamanda belirlenmesini sağlamıştır. Ayrıca, eşik değeri değiştirilerek istenilen hassasiyette hatalı bölgeler belirlenebilir. Yine bu sistem kullanılarak ürün yüzeyindeki gözle görülmeyen fiziksel değişimler de algılanabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Xie J., Huang S., Duan Z., Shi Y., Wen S., Correction of The Image Distortion for Laser Galvanometric Scanning System, SCIENCE DIRECT Optics & Laser Technology, Vol. 37, pp. 305-311, 2005.
- [2] Tan S.S., Hart D.P., A Fast and Robust Feature-based 3D Algorithm Using Compressed Image Correlation, SCIENCE DIRECT Pattern Recognition Letters, Vol. 26, pp. 1620-1631, 2005.
- [3] Li M., Zhang J., Xiong C.Y., Fang J., Li J.M., Hao Y., Damage and Fracture Prediction of Plastic-bonded Explosive by Digital Image Correlation Processing, SCIENCE DIRECT Optic and Laser in Engineering, Vol. 43, pp. 856-868, 2005.
- [4] Leopold J., Günther H., Leopold R., New developments in Fast 3D-surface Quality Control, SCIENCE DIRECT Measurement, Vol. 33, pp. 179-187, 2003.
- [5] Görür B.V., Akdoğan A.N., Yurci M.E., Optik Ölçme Yöntemlerinin Sac ve Plastik Parçaların İmalatındaki Sayısallaştırma, Tersine Mühendislik ve Muayene Prosesleri Yönünden Sağladığı Yararlar, Mühendis ve Makine, sayı. 527, Aralık 2003.

- [6] Yılmaz O., Gindy N., Bozdana T., Türbin Kanatlarının Bakım ve Onarım Teknolojisinde Yeni Eğilimler, Makine Tek. Sayı. 77, Mart 2004.
- [7] Okatan A., Şekercan E., Quality Control System With Image Processing, IJSIT Lecture Note of International Conference on Intelligent Knowledge Systems, Vol. 1, No.1, August 2004.
- [8] Gonzales, R. C., Woods, R. E. and Eddins S. L., Digital Image Processing using MATLAB, Pearson Education, Inc., 2004.
- [9] Lım J.S., Two-Dimensional Signal and Image Processing, PTR Prentice Hall, 1990.