



Endüstriyel Uygulamalar İçin Analog Gösterge Okuyucu Sistemi

Murat PEKER^{1,*}

¹Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, 51200, Merkez/Niğde

Öz

Endüstriyel uygulamalarda, algılayıcı verilerinin sürekli olarak takip edilmesi denetim sistemlerinin performansı açısından oldukça önemlidir. Endüstriyel sistemlerin denetiminde ise görsel denetim sistemlerinin kullanımı oldukça yaygındır. Görsel denetim sistemlerinin temel amacı, endüstriyel uygulamalardaki üretim kalitesinin ölçülmesini ve üretim hattının kalitesinin kontrol altında tutulmasını sağlamaktır. Bu çalışma kapsamında, endüstride çokça yer alan eski tip analog göstergelerdeki değerlerin gerçek zamanlı olarak takip edilmesini sağlayacak bir sistem önerilmektedir. Eski tip analog göstergeler, ölçüm bilgisini sayısal biçimde denetim merkezine gönderememektedir. Bu tip göstergelerin değerleri, bir insan tarafından belirli zaman aralıklarında kontrol edilerek toplanmaktadır. Dolayısıyla, toplanan bu verilerin denetimde kullanılması için insan gözetimi gerekmektedir. Önerilen görsel denetim sistemi, analog göstergelerin değerlerinin sayısal veriye dönüştürülmesini sağlayarak, insan gözetimine olan ihtiyacı ortadan kaldırmayı amaçlamaktadır. Böylece, gösterge verilerinin tek bir noktadan kontrol edilebilmesi ve üretim hattında oluşabilecek hataların anında tespit edilebilmesi mümkün olacaktır. Önerilen sistem, farklı tipteki analog göstergelerde, başlangıç noktasını, bitiş noktasını ve ibrenin yönelimini bularak gösterilen değeri hesaplamaktadır. Gerçekleştirilen sistem, bir fabrikadan ve internetten elde edilmiş farklı tipteki göstergelere ait görüntüler üzerinde test edilmiştir. Bu görüntüler kullanılarak test edilen analog gösterge okuma sisteminin, %94 oranında bir performans ile doğru değerleri okuduğu gösterilmiştir.

Makale Bilgisi

Başvuru: 02/07/2018
Kabul: 19/10/2018

Anahtar Kelimeler

Gerçek zamanlı görsel denetleme sistemi
Bağlantılı bileşenler analizi
Görüntü işleme

Keywords

Real-time visual inspection systems
Connected components analysis
Image processing

Analogue Indicator Reader System For Industrial Applications

Abstract

In industrial applications, continuous monitoring of sensor data is crucial to the performance of visual inspection systems. The use of visual inspection systems is very common in the control of industrial systems. The main purpose of visual inspection systems is to measure the quality of production in industrial applications and to ensure that the quality of the production line is kept under control. In this study, we propose a system that enables real-time tracking of the values of old type analogue indicators in the industry. Older analogue displays cannot send measurement information to the inspection center numerically. The values of such indicators are collected by a human being at specific time intervals. Therefore, human surveillance is required to use these collected data in supervision. The proposed system aims to remove the need for human surveillance by providing the numerical conversion of the values of analogue indicators. This makes it possible to control the indicator data from a single point and detect any faults in the production line immediately. The proposed system calculates the value of indicator by finding the starting point, the ending point and the orientation of the needle in different types of analogue indicators. The system has been tested on images of different types of indicators obtained from a factory and the internet. The analogue indicator reader system, which is tested using these images, has been shown to read the correct values with a performance of 94%.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Son yıllarda gelişen kamera teknolojisi ile birlikte gerçek zamanlı görsel denetleme sistemlerinin endüstriyel uygulamalardaki kullanımları da giderek artmaktadır. Endüstriyel üretim hatlarının anlık olarak izlenmesi oluşabilecek hataların önceden tespiti, üretim güvenilirliğinin kontrolü ve üretim kalitesinin takibi açısından çok büyük öneme sahiptir. Örnek olarak; kameralar yardımıyla üretim

*İletişim yazarı, e-mail: mpeker@nigde.edu.tr

hatlarından geçen nesnelerin kalitesinin kontrolü [1,2,3], sınıflandırılması [4,5], sayımı [6,7,8] gibi birçok konuda kameralar kullanılarak elde edilen sayısal veri, üretim hattının işleyişi ile ilgili bilgi sağlamaktadır. Bunun yanında endüstride halen analog algılayıcılar kullanılmaya devam etmektedir. Bu eski tip analog göstergelerin (barometre, termometre, manometre vb.) anlık takibi mümkün olmamaktadır. Bir operatör tarafından tek tek kontrol edilerek, okunan gösterge değerleri periyodik olarak sisteme girilmektedir. Böylece, gösterge değerlerinin denetim ve izlemede kullanımı mümkün olmaktadır. Operatör tarafından kontrol etme ve veri değeri okuma işlemi hem yavaş hem de güvenilir olmayan bir yöntem olarak görülmektedir [9]. Bu süreçte oluşabilecek yanlış okumalar veya yapılacak hatalar üretim hattının işleyişini ve üretilen ürünün kalitesini olumsuz etkileyecektir.

Analog göstergelerin okunması için yapılan çalışmalarda, genellikle sabit bir şablon kullanılarak arka planda yer alan gereksiz görüntü bölgeleri temizlenmektedir [9,10,11,12,13]. Geriye kalan gösterge görüntüsü değer okuma işlemi için kullanılmaktadır. Bu çalışmalarda geliştirilen sistemler, analog göstergenin kontrollü ortamda belirli bir kurala uygun olarak görüntülenmesini gerektirdiğinden, değişken koşullar altında çalışmamakta veya hatalı okuma yapma ihtimalleri artmaktadır. Ayrıca kontrollü bir ortam oluşturmak endüstriyel ortamlarda ekstra iş gücü ve maliyet gerektireceğinden etkili bir yöntem olmayacaktır.

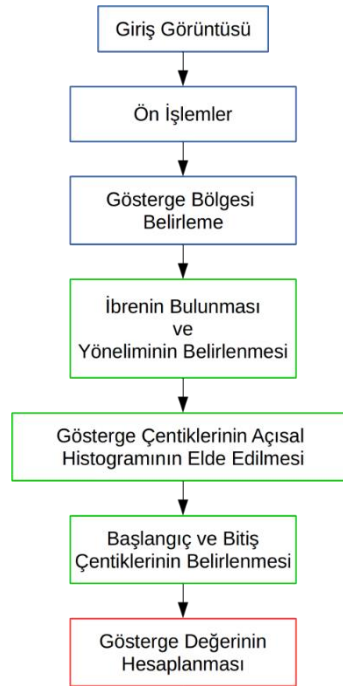
Yapılan bir başka çalışmada ise el bilgisayarı kullanılarak geliştirilen bir sistem aracılığı ile okunan gösterge değerleri kaydedilmektedir [9]. Bu çalışmada gösterge bölgesi otomatik olarak tespit edilmekte ve okuma işlemi göstergenin açısından bağımsızdır. Fakat el bilgisayarı ile çekilen gösterge görüntüleri, göstergenin karşısından dik bir bakış açısı ile çekilmiş olmalıdır. Aksi durumda elde edilecek okuma değerleri hatalı olacaktır. Ayrıca [9] çalışmasında, test ve tasarım aşamasında kullanılan göstergeler aynı modele ait olduğundan farklı marka ve model göstergeler üzerinde nasıl bir sonuç elde edileceği gösterilmemiştir.

Önerilen yöntem ile gerçekleştirilen görsel denetim sistemi, göstergenin görüntüsünü almak için yerleştirilen kameranın konumunun herhangi bir ince ayara ihtiyaç duymaması ve kameranın bakış açısına veya göstergenin açısına bağımlı olmayan bir okuma sistemi olması açısından önceki çalışmalardan farklı bir yapıdadır. Ayrıca test için kullanılan göstergeler farklı modellere ait görüntüler içerdiğinden ekstra bir şablona ihtiyaç bulunmamaktadır.

Çalışmanın geri kalanı şu şekilde düzenlenmiştir; 2. bölümde önerilen yöntem detaylı olarak incelenmiştir. 3. bölümde benzetim sonuçları verilmiştir. Son olarak 4. bölüm elde edilen sonuçlar değerlendirilmektedir.

2. ÖNERİLEN YÖNTEM (PROPOSED METHOD)

Önerilen yöntem ile farklı marka ve modellere ait analog göstergelerin değerlerinin okunabilmesi amaçlanmıştır. Bunun için birçok farklı gösterge tipi incelenerek (termometre, barometre, manometre vb.) ortak özellikler görsel olarak belirlenmiştir. Bu özelliklerden yapılan çıkarım ile göstergede yer alan değer çentiklerinin başlangıç ve bitiş noktaları, ibrenin konumu ve açısı gibi bilinmesi gereken piksel noktalarının yerlerini bulmaya yönelik bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sisteme ait blok şeması Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Önerilen sistemin blok şeması

Bu şemaya göre, giriş görüntüleri ilk olarak ön işlemden geçirilir. Uygulanan ön işlemler; görüntüde oluşabilecek ışık değişimlerini iyileştirmek için kontrast iyileştirme ve gürültüleri azaltmak için ise görüntü yumuşatmadır. İkinci olarak, ön işlem uygulanmış görüntü kullanılarak, göstergenin görüntü içerisinde tespit edilmesi gerekmektedir. Gösterge bölgesinin belirlenmesi, gösterge haricindeki görüntü alanlarının temizlenmesi ve algoritmanın düzgün çalışabilmesi için kilit öneme sahiptir. Üçüncü adımda, gösterge bölgesi bulunan görüntüde, ibrenin konumunun ve açısının belirlenmesi gerekmektedir. İbrenin açısı ve konumu, okunacak gösterge değerinin belirlenmesi için kullanılacaktır. Dolayısıyla, üçüncü adımın başarımı okunan değer doğruluğunu etkilemektedir. Dördüncü adımda, göstergenin değer sınır bölgesinin belirlenmesi için göstergede yer alan çentiklerin olası konumlarından, açısal histogram elde edilmektedir. Beşinci adımda, bu açısal histogram kullanarak, başlangıç ve bitiş çentik noktaları belirlenmektedir. Son adımda ise ibrenin açısal değeri ile çentik başlangıç ve bitiş noktaları göz önüne alınarak gösterge değeri hesaplanmaktadır.

Önerilen sistem blok şemasında yer alan işlem adımları sonraki alt bölümlerde detaylı bir biçimde incelenmiştir.

2.1. Giriş Görüntüsü (Input Image)

Giriş görüntüsü (I_g) kamera veya internet kaynaklarından, 1024x768, 640x480 piksel gibi farklı çözünürlükte ve kırmızı-yeşil-mavi (RGB) renk uzayında olacak şekilde kullanılmaktadır. Bu görüntüler RGB renk uzayından gri seviyeli görüntüye dönüştürülmektedir. Böylece görüntünün işlenmesi daha hızlı olacaktır. Sonraki ön işleme adımlarında ise elde edilen gri seviyeli görüntü kullanılmaktadır.

2.2. Ön İşleme (Preprocessing)

Kamera kullanılarak elde edilen bir gösterge görüntüsü, çevresel unsurlar ve görüntünün işlenmesini zorlaştıracak gösterge harici görüntü bölgeleri içerecektir. Ayrıca endüstriyel ortam ışığı sürekli olarak sabit kalmayacaktır. Gösterge bölgesini ön plana çıkarmak, ışık değişimlerinden kaynaklanan bozulmaları düzeltmek ve gürültüleri temizlemek amacıyla giriş görüntüsüne ön işleme yapılması gerekmektedir.

İlk olarak gri seviyeli görüntünün fazla parlak ve karanlık bölgelerinin görünürlüğünü arttırmak için kontrast iyileştirme uygulanır. Kontrast iyileştirme işlemi için gri seviyeli görüntünün en karanlık ve en aydınlık piksel değerlerinin %1'lik kısmını içerecek şekilde eşik değerleri (E_y , E_d) belirlenir. Bu eşik değerleri kullanılarak,

$$I_i = \left(\left(\frac{I_g - E_d}{E_y - E_d} \right)^\gamma (S_y - S_d) \right) + S_d \quad (1)$$

eşitliği görüntüde yer alan her piksel için hesaplanır. Burada I_i iyileştirilmiş görüntüyü, S_y ve S_d ise piksellerin alabileceği alt ve üst değerleri belirtmektedir. γ parametresi, iyileştirilen görüntüde yer alacak piksel değerlerinin daha aydınlık veya daha karanlık değerlere adreslenmesini sağlamaktadır. Bu çalışmada doğrusal bir adresleme için γ değeri bir olarak kullanılmıştır. I_g görüntüsünün karanlık olan bölgeleri daha görünür hale gelirken, fazla aydınlık olan bölgeleri de daha fazla detay gösterecek şekilde iyileştirilmiş olur. Fakat uygulanan bu iyileştirme ve görüntünün çekildiği esnada oluşan çevresel etkenlerden dolayı, I_i görüntüsü gürültü içerecektir. Görüntüde yer alan gürültüleri azaltmak ve daha pürüzsüz bir görüntü elde etmek için 13x13 pencere boyutunda Gauss çekirdeği kullanılarak yumuşatma işlemi uygulanır. Gauss çekirdeği:

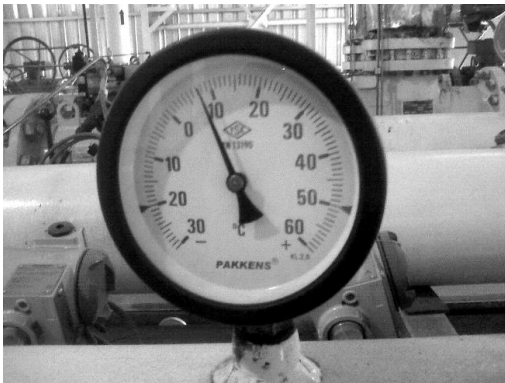
$$G_n(x, y) = e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

$$G(x, y) = \frac{G_n(x, y)}{\sum_{n_1} \sum_{n_2} G_n} \quad (3)$$

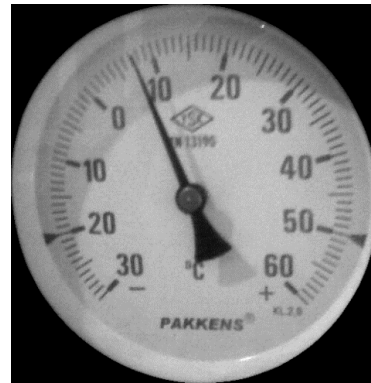
eşitlikleri kullanılarak oluşturulur. Burada, $\sigma = 4,5$ olarak alınmıştır.

2.3. Gösterge Bölgesi Belirleme (Indicator Region Identification)

Giriş görüntüsü temizlendikten ve iyileştirildikten sonra gösterge bölgesinin belirlenmesi gerekmektedir. Gösterge bölgesi yapısal olarak daire şekline sahiptir. Daire şeklinin yanı sıra göstergenin, görüntünün büyük bir bölümünü kapsadığı kabul edilmiştir. Görüntü içerisinde büyük boyutlu bir daire şeklinin bulunması gerektiğinden ilk olarak Canny kenar bulma algoritması uygulanmıştır. Kenar görüntüsü kullanılarak bağlantılı bileşen analizi (Connected Components Analysis) yöntemi ile görüntü içerisindeki bağlantılı bileşenler elde edilmiştir. Bu bileşenlerin arasından gürültü niteliğinde olanlar, kapladıkları alana göre elenmiştir. Eleme işleminde kullanılan alt sınır görüntü bölgesinin alanının 1/5'i olarak belirlenmiştir. Ardından geri kalan bileşenlerin elips dış merkezlik derecesi (e) belirlenmiştir. Elips dış merkezlik derecesi, bir elips şeklinin ne kadar düzgün olduğunun ölçüsünü vermektedir ve elipsin odak noktaları arasındaki uzaklığın geniş (asal) eksen uzunluğuna oranı ile hesaplanır. Elips dış merkezlik değeri 0-1 arasındadır ve sıfıra yaklaştıkça daire şeklini ifade etmektedir. Dolayısıyla küçük alana sahip bileşenleri temizlendikten sonra kalan bileşenler arasında e değeri en küçük olanın ifade ettiği alan gösterge bölgesi olarak kabul edilmiştir. Ardından gösterge bölgesi dışında kalan bölgeler maskelenerek Şekil 2'de verilen gösterge görüntüsü elde edilmektedir.



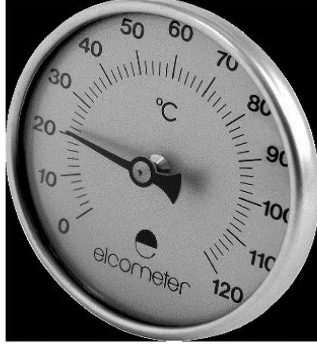
(a)



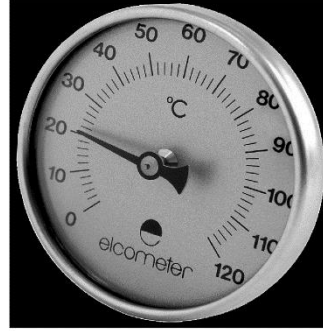
(b)

Şekil 2. Gösterge bölgesi belirlenerek maskelenmiş görüntü (a) Giriş görüntüsü (b) Maskelenen ve kesilen gösterge bölgesi

Gösterge bölgesi belirlendikten sonra bakış açısından kaynaklanan elips görüntüsünün düzeltilmesi için elipsten daireye dönüşüm uygulanır. Böylece elde edilen gösterge bakış açısından kaynaklanan bozulmalardan daha az etkilenmiş olacaktır (Şekil 3).



(a)

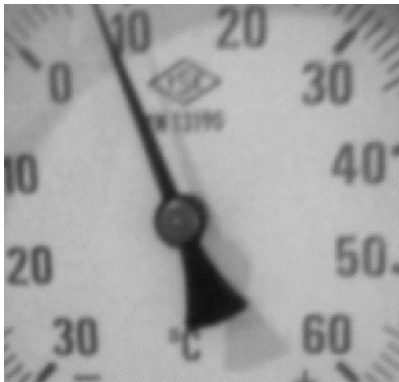


(b)

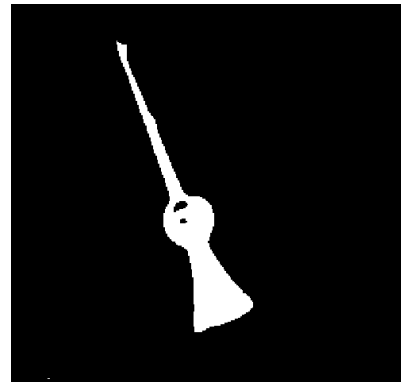
Şekil 3. Gösterge bölgesinin düzeltilmesi (a) Giriş görüntüsünden elde edilen gösterge görüntüsü (b) Dairesel hale getirilen gösterge bölgesi

2.4. İbre Tespiti (Needle Detection)

Gösterge bölgesinin belirlenmesinin ardından, gösterge ibresinin konumunun ve ibrenin yöneliminin belirlenmesi gerekmektedir. İbrenin merkez noktası, gösterge bölgesinin merkezine yakın bir konumda yer almaktadır. Dolayısıyla, ibrenin gösterge bölgesinin ortasında kalan alanda aranması gerekmektedir. Fakat görüntü bölgesinin kenar alanlarını işleme tabi tutmak gereksiz olacağından, ibrenin arama bölgesi, çıkarılan gösterge bölgesinin kenarlarından %20 oranında bir daraltma ile elde edilen alan olarak belirlenmiştir. Bu daraltılmış görüntü içerisinde yer alan görüntü bileşenleri incelenerek, en büyük koyu bileşen (blob) göstergenin ibresi olarak tanımlanmıştır. Şekil 4'te gösterge ibresinin çıkarımından elde edilen sonuç görüntüsü verilmiştir.



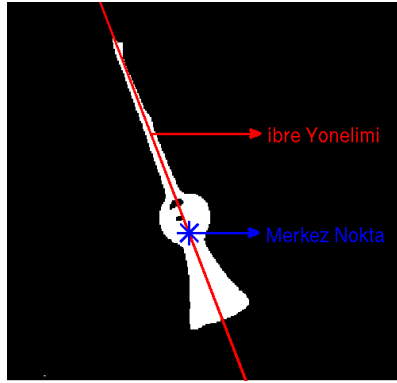
(a)



(b)

Şekil 4. Gösterge bölgesinden ibrenin belirlenmesi (a) Gösterge görüntüsü (b) Belirlenen ibre bölgesi

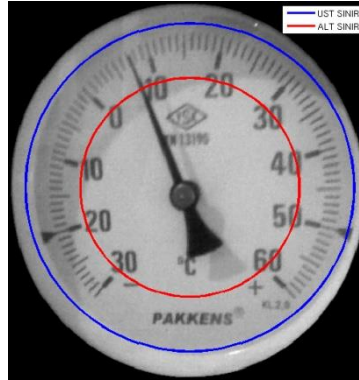
Elde edilen ibre bölgesi kullanılarak ibrenin yöneliminin ve ağırlıklı merkez noktasının belirlenmesi gerekmektedir. İbrenin bileşen bölgesine en uygun elipsoit belirlenerek, bu elipsoidin yönelim açısı ibrenin yönelim açısı olarak alınır. Aynı zamanda ağırlıklı merkez hesaplanarak referans merkez noktası bulunmuş olur. Yönelim açısı ve merkez noktası bulunan bir ibrenin gösterimi Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. İbre bölgesinden elde edilen bilgilerin gösterimi

2.5. Gösterge Çentiklerinin Açısal Histogramının Elde edilmesi (Determining the Angular Histogram of Indicator Notches)

İbre bölgesinin ve ibre özelliklerinin tespit edilmesinin ardından göstergede yer alan çentik sınırlarının belirlenmesi gerekmektedir. Gösterge çentikleri, göstergenin dairesel sınırlarına yakın bir bölgede yer almaktadır. Yapılan incelemelerde, görüntü sahnesinin kısa olan kenarının %60-%90 sınırları arasında kalan bölge çentik bölgesini kapsamaktadır. Örnek olarak çentik bölgesi Şekil 6'da gösterilen mavi ve kırmızı alan arasındaki alan olarak alınmaktadır.



Şekil 6. Göstergeden seçilen çentik bölgesi

Çentik bölgesinden başlangıç ve bitiş noktalarının bulunabilmesi için açısal histogram olarak adlandırılan bir histogram elde edilir. Açısal histogram,

$$P_a = \frac{\text{atan2}(o_n_y - i_y, i_x - o_n_x) * 180}{\pi} \quad (4)$$

$$P_y = \sqrt{(i_y - o_n_y)^2 + (i_x - o_n_x)^2} \quad (5)$$

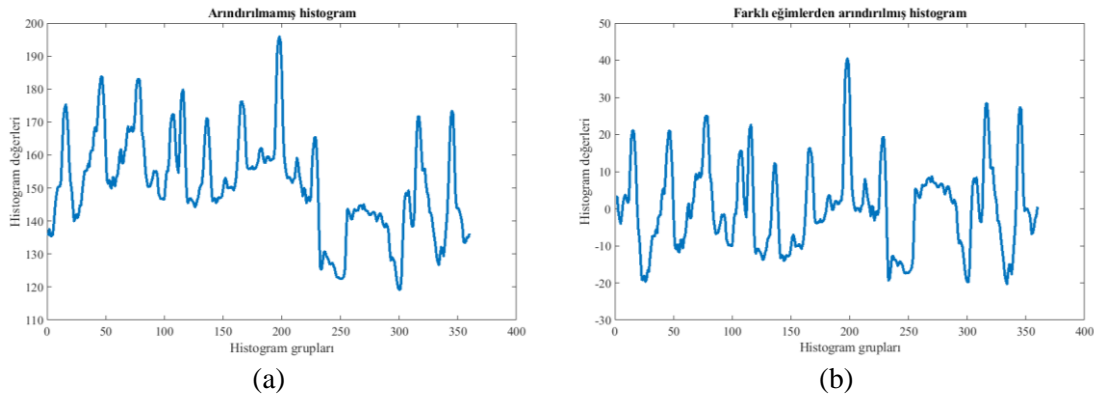
$$P_g = \text{floor}(P_a) \quad (6)$$

$$H[P_g] = H[P_g] + I_i(i_x, i_y) \quad (7)$$

$$H_n[P_g] = H_n[P_g] + 1 \quad (8)$$

$$H[i] = \frac{H[i]}{H_n[i]} \quad (9)$$

eşitlikleri kullanılarak çentik bölgesi içerisinde yer alan her piksel için hesaplanır. Burada P_a piksel açısını, P_y piksel yönelim büyüklüğünü, on_x ve on_y göstergenin orta noktasının x ve y eksenindeki koordinatlarını, i_x ve i_y ise pikselin görüntü içerisindeki koordinatlarını ifade etmektedir. Elde edilen histogram H ile gösterilmektedir ve H_n değeri ile normalize edilmektedir. H_n her bir histogram grubuna kaç adet değer dâhil edildiğini belirlemektedir. Bu değer ile normalize edilen histogram değerleri her bir açıdaki ortalama piksel değerini ifade edecektir. Fakat hesaplanan bu histogram değerleri çentik bölgesindeki ışık değişimlerinden ötürü düzgün olmayan bir dağılıma sahip olabilmektedir. Histogramın farklı seviyeler içeren dağılımını düzeltmek için histogram verisi farklı eğilimlerden arındırılmalıdır. Farklı eğilimlerden arındırılan histogramdan elde edilen karşılaştırmalar daha kararlı olacaktır ve gürültülerden kaynaklanan hatalar en aza indirilecektir. Örnek olarak eğimden arındırılmamış ve arındırılmış grafikler Şekil 7’de verilmiştir.

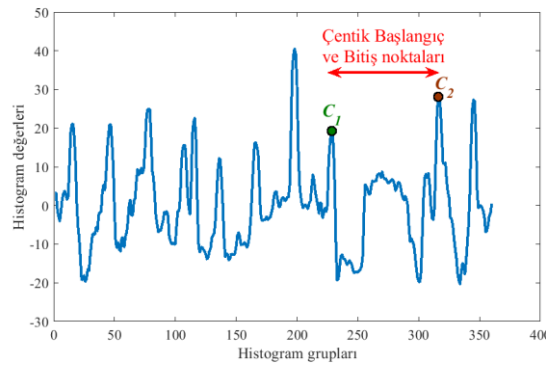


Şekil 7. Açısal histogramın eğimden arındırılması (a) Eğimden arındırılmamış açısal histogram (b) Eğimden arındırılmış açısal histogram

Bu arındırma işlemi için Şekil 7(a)’da verilen histograma eğri uydurma işlemi uygulanır. Matlab’in polyfit ve polyval fonksiyonları ile elde edilen bu değerler histogramın kendisinden çıkarılarak Şekil 7(b) elde edilir.

2.6. Gösterge Çentiklerinin Başlangıç ve Bitiş Noktalarının Tespit Edilmesi (Determining the Beginning and Ending Points of Indicator Notches)

Farklı eğilimlerden arındırılan açısal histogram kullanılarak gösterge çentiklerinin konumları bulunmaktadır. Görüntülerden elde edilen çentik bölgelerinin açısal histogramları incelendiğinde, çentikler arasında sürekli bir yoğunluk olduğu ve başlangıç ile bitiş noktaları arasında ise çentiklerin olduğu alana göre büyük bir boşluk olduğu gözlemlenmiştir. Örnek olarak Şekil 8’de gösterilen histogramda gösterge çentiklerinin başlangıç ve bitiş noktaları gösterilmiştir.



Şekil 8. Açısal histogram üzerinde gösterge çentiklerinin başlangıç ve bitiş noktalarının gösterilmesi

Buna bağlı olarak bulunan en büyük boşluğun sağındaki ve solundaki tepe noktaları başlangıç (C_1) ve bitiş noktaları (C_2) olarak alınmıştır.

2.7. Gösterge Değerinin Hesaplanması (Calculation of Indicator Value)

Bulunan gösterge orta noktası, ibre yönelimi ve çentiklerin başlangıç bitiş noktaları kullanılarak göstergede gösterilen değer hesaplanabilir. Fakat hesaplanan değer ilgili göstergeye ait birim cinsinden dönüştürülebilmesi için, en düşük ve en yüksek gösterge değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu değerler ve göstergede kullanılan birimin bilindiği kabul edilmiştir. Göstergenin sayısal değeri,

$$T_{aa} = \begin{cases} 360 - (C_2 - C_1), & C_2 > C_1 \text{ ise} \\ C_1 - C_2, & C_1 > C_2 \text{ ise} \end{cases} \quad (10)$$

$$N_{ia} = \begin{cases} C_1 - \dot{I}_a, & C_1 > \dot{I}_a \text{ ise} \\ C_1 - \dot{I}_a + 360, & C_1 < \dot{I}_a \text{ ise} \end{cases} \quad (11)$$

$$Od = \frac{N_{ia} \times (D_{min} - D_{maks})}{T_{aa}} \quad (12)$$

eşitlikleri kullanılarak hesaplanır. Burada, T_{aa} toplam aralık açısını, N_{ia} normalize ibre açısını ve Od ise okunan değer ifade etmektedir.

3. BENZETİM SONUÇLARI (SIMULATION RESULTS)

Benzetim için kullanılan görüntüler 1024x768, 640x480 gibi farklı çözünürlüklere görüntülerden oluşmaktadır. Birbirinden farklı gösterge çeşitleri (barometre, termometre, manometre vb.) için okuma işlemi gerçekleştirilmiştir. Veri kümesi, 18 farklı görüntünün, 10'ar derecelik açı adımları (0-350) ile döndürülmesi ile elde edilen görüntülerden oluşmaktadır. Böylelikle, benzetim için kullanılan veri kümesinde 648 adet görüntü yer almaktadır. Veri kümesinde yer alan göstergelere ait birkaç görüntü Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Veri kümesinde yer alan farklı göstergeler

Görüntülerden okunan gösterge değeri, gerçek değerden en çok ± 1 birim farklı olduğu durumda okunan değer doğru olarak kabul edilmiştir. Elde edilen doğru ve yanlış okunan gösterge değerleri [9] ile önerilen yöntem ile karşılaştırılmıştır. Tablo 1'de karşılaştırmalı sonuçlar verilmiştir.

Tablo 1. Yöntemlere ait doğru okuma değerleri

	Toplam Görüntü Sayısı	Doğru Okunan Gösterge Sayısı	Yanlış Okunan Gösterge Sayısı	Okuma Başarımı (%)
Önerilen	648	612	36	94,44
Çalışma [9]	648	480	168	74,07

Önerilen gösterge okuma algoritması ile göstergelerin tamamına yakını okunabilirken, [9] çalışmasında önerilmiş olan algoritma daha düşük bir okuma oranı elde etmiştir. İki yöntem arasında oluşan bu başarımların farkı ise gösterge ibrelerinin bulunmasında kullanılan algoritma farklılıklarından ve önerilen yöntem ile bakış açısından kaynaklanan bozulmalar en aza indirilerek hatanın azaltılmasından kaynaklanmaktadır.

Ayrıca karşılaştırma yapılan sistem farklı göstergeler için şablona ihtiyaç duyduğundan uygulama zorluğu bulunmaktadır.

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Analog sistemlerden elde edilen sayısal değerler, verilerin sürekli izlenmesini kolaylaştırmak için büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen uygulama ile görüntüler üzerinden analog göstergelerin değerleri okunmuştur. Gerçekleştirilen sistem bakış açısından kaynaklanan bozulmaları ve farklı gösterge tiplerini yüksek başarıyla okuyabilmektedir. Ayrıca bu sistem endüstriyel ortamlardan elde edilecek görüntülerin işlenmesi ile analog göstergelerin değerlerini bir noktadan otomatik olarak kontrol edebilmeyi sağlayabilecek bir altyapı sağlamaktadır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] S. Huang, Y. Pan, Automated visual inspection in the semiconductor industry: A survey. *Computers in Industry*, 66 (2015), 1-10.
- [2] U. Sanver, E. Yavuz and C. Eyupoglu, An image processing application to detect faulty bottle packaging. 2017 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIConRus), St. Petersburg, (2017) 986-989.
- [3] S. K. Sahoo, S. Pine, S. K. Mohapatra and B. B. Choudhury, An effective quality inspection system using image processing techniques. 2015 International Conference on Communications and Signal Processing (ICCSP), Melmaruvathur, (2015) 1426-1430.
- [4] R. Shanmugamani, M. Sadique, B. Ramamoorthy, Detection and classification of surface defects of gun barrels using computer vision and machine learning. *Measurement*, 60 (2015) 222-230.
- [5] A. Shaukat, Y. Gao, J. A. Kuo, B. A. Bowen, P. E. Mort, Visual classification of waste material for nuclear decommissioning. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, Part B (2016) 365-378W.
- [6] N. K. Verma, T. Sharma, S. D. Rajurkar, R. Ranjan and A. Salour, Vision based counting of texture-less objects using shape and color features. 2016 11th International Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS), Roorkee, (2016) 253-258.
- [7] Nie, Z., Hung, M.H. and Huang, J., A novel algorithm of rebar counting on Conveyor Belt based on machine vision. *J Inf Hiding Multimed Sign Process*, 7(2), (2016) 425-437.
- [8] X. X. Xing, L. Fu, and W. W. Shang, Research on an automatic counting system of soft fibrils collection. 2nd International Conference on Computer Science and Network Technology (ICCSNT), (2012).
- [9] M. K. Gellaboina, G. Swaminathan and V. Venkoparao, Analog dial gauge reader for handheld devices. 2013 IEEE 8th Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), Melbourne, VIC, (2013) 1147-1150.
- [10] B. Hemming and H. Lehto, Calibration of Dial Indicators using Machine Vision. In *Meas. Sci. Technol.*, 13 (2002) 45-49.
- [11] Hai ping Feng and Jun. Zhao, Application Research of Computer Vision in the Auto-Calibration of Dial Gauges. *International Conference on Computer Science and Software Engineering*, 2 (2008) 845-848,.

- [12] S. Zhao, B. Li, J. Yuan, and G. Cui, Research on Remote Meter Automatic Reading Based on Computer Vision. IEEE/PES Transmission and Distribution Conf.& Exhibition: Asia and Pacific Dalian, (2005).
- [13] Souare, Moussa, Efficient Way of Reading Rotary Dial Utility Meter Using Image Processing. MS Thesis, 2010.