

BİLGİSAYAR GÖRMESİNE DAYALI YAPAY SINIR AĞI TABANLI BİR GERÇEK ZAMANLI CİSİM SINIFLANDIRMA SİSTEMİ TASARIMI ve UYGULAMASI

Raşit KÖKER¹
rkoker@sakarya.edu.tr

Cemil ÖZ²
oz@sakarya.edu.tr

Hüseyin EKİZ¹
ekiz@sakarya.edu.tr

Ahmet ZENGİN¹
azengin@sakarya.edu.tr

¹ Sakarya Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik- Bilgisayar Eğitimi Bölümü

² Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
54187 Esentepe – ADAPAZARI

Anahtar sözcükler : Makina görmesi, moment envaryantları, cisim tanıma, görme sistemi, görüntü işleme

ABSTRACT

In this study, firstly, a conveyor has been prepared to analyse moving object images. A CCD camera, a capture card and a computer were three main components of the system. Then, a software has been developed to classify objects on this conveyor. Low and intermediate level image processing algorithms are implemented as a first step. In the implementation of application level image processing algorithms, an artificial neural network (ANN) is designed to classify objects,, and moment invariants are used as feature vector set. The system is tested for five different objects. Meanwhile, five different objects were selected and included in training set of ANN as a sixth output referring unknown object. The hardware implementation and overview of the algorithms with their results are presented.

1. GİRİŞ

Son yıllarda yapay zeka tekniklerinin hızla gelişimi ile birlikte endüstriyel görüntü işleme konusunda da yeni çalışma alanları ortaya çıkmıştır. Bunlardan en önemlilerinden birisi, yapay zeka tekniklerinden olan yapay sinir ağları (YSA) içeren endüstriyel görme sistemleridir.

Günümüzde yapay sinir ağlarının, bir çok alanda mühendislik başta olmak üzere, doğrusal olmayan problemlerin çözümü üzerine yapılan araştırmalarda başarılı bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. Gelişmekte olan bilgisayar teknolojisine paralel olarak YSA'nın da uygulama alanları giderek artmaktadır. Yapay sinir ağları endüstriyel değişik görme sistemlerinde de pratiklikler sağlamaktadır. Özellikle imalat sektöründe, üretilen mamüllerin kalitesinin devamlı olarak gözetlenmesi çalışmalarında YSA'nın gerçek zamanlı çalışma özelliğinden yaygın olarak faydalanılmaktadır. Yapay sinir ağlarının tamamıyla paralel, öğrenebilen, adaptif ve paralel dağıtılmış bir hafızaya sahip olması temel özelliklerinin başında

gelmektedir. Yapay sinir ağları, olayları öğrenerek karar verme prensibi üzerine gelişmiştir. Ortaya atılan öğrenme metot ve tekniklerinin sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu teknoloji bilgisayar dünyasında yeni ufuklar açmış, insanoğlunun anatomisindeki merkezi sinir sisteminin ve beyninin çalışma program yapısını taklit etme prensiplerine dayalı, günümüzdeki teknolojiye bilgiyi paralel işleme şeklinde yeni bir yaklaşım getirmiştir [1].

Bu çalışmada, öncelikle hareket halindeki cisim görüntülerini izlemek amacı ile bir konveyör hazırlanmıştır. Konveyör üzerine monte edilen bir kamera ve bilgisayara takılan bir görüntü yakalama kartı görme sisteminin temel elemanlarını oluşturmaktadır. Oluşturulan sistem ile hareket halindeki cisimlerin YSA kullanılarak sınıflandırılması işlemi gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Sınıflayıcı YSA tasarımı ve gerçekleştirilen sistemin yazılım ve donanım mimarisi, deneysel çalışma sonuçları ile birlikte açıklanmaktadır.

2. GÖRÜNTÜ İŞLEME

Bu kısımda, çalışma konusu ile ilgili görüntü işleme algoritmalarından bahsedilmektedir. Hazırlanan yazılımda, uygulanabilirlik açısından proses sürelerinin kısa tutulmasına dikkat edilmiştir. Görüntü işleme prosesleri üç farklı seviyede incelenebilir:

2.1. Düşük Seviyeli Görüntü İşleme

Görüntülerin örnekleme, nicemleme, ve eşikleme prosesleri düşük seviyeli görüntü işleme grubuna girmektedir. Konveyör üzerinden kamera aracılığı ile yakalanan görüntüler (şekil 1-a) proses süresini kısaltmak amacı ile 256x256 çözünürlükte olacak şekilde hazırlanan yazılım yardımı ile kesilmiştir. Her bir piksel 8 bitle temsil edilmiştir. Yani '0' siyah pikseli temsil ederken '255' beyaz pikseli ve aradaki değerler ise grinin tonlarını temsil etmiştir. Bu işleme

nicemleme denilmektedir. Eşikleme işlemi ise, verilen bir eşik değerinin üzerindeki parlaklık seviyesi değerlerine sahip piksellere '1', bu eşik değerine eşit veya daha küçük parlaklık seviyeli piksellere ise '0' vermektir. İstenmeyen gürültüleri yok etmek amacı ile medyan filtre kullanılmıştır. Bilindiği gibi medyan filtre alçak geçiren bir filtredir ve özellikle 'salt and pepper' tipi gürültülerde çok başarılıdır. Cisimlerin sınıflandırılmasında tercih edilmiş olan moment envaryent öznelik vektörünün gürültüye karşı hassas olmasından dolayı bu sistemde filtrelemenin önemi büyüktür. Sistemde aydınlatma, iki ışık kaynağı kullanılarak gölge ve yansıma en az olacak şekilde yapılmıştır. Eşikleme işleminin otomatik bir şekilde yapılabilmesi için "Optimal Thresholding by Minimizing Within-Group Variance" metodu kullanılmıştır [2][3][4]. Eşikleme işlemi sonrası örnek bir görüntü şekil 1-b'de verilmiştir.

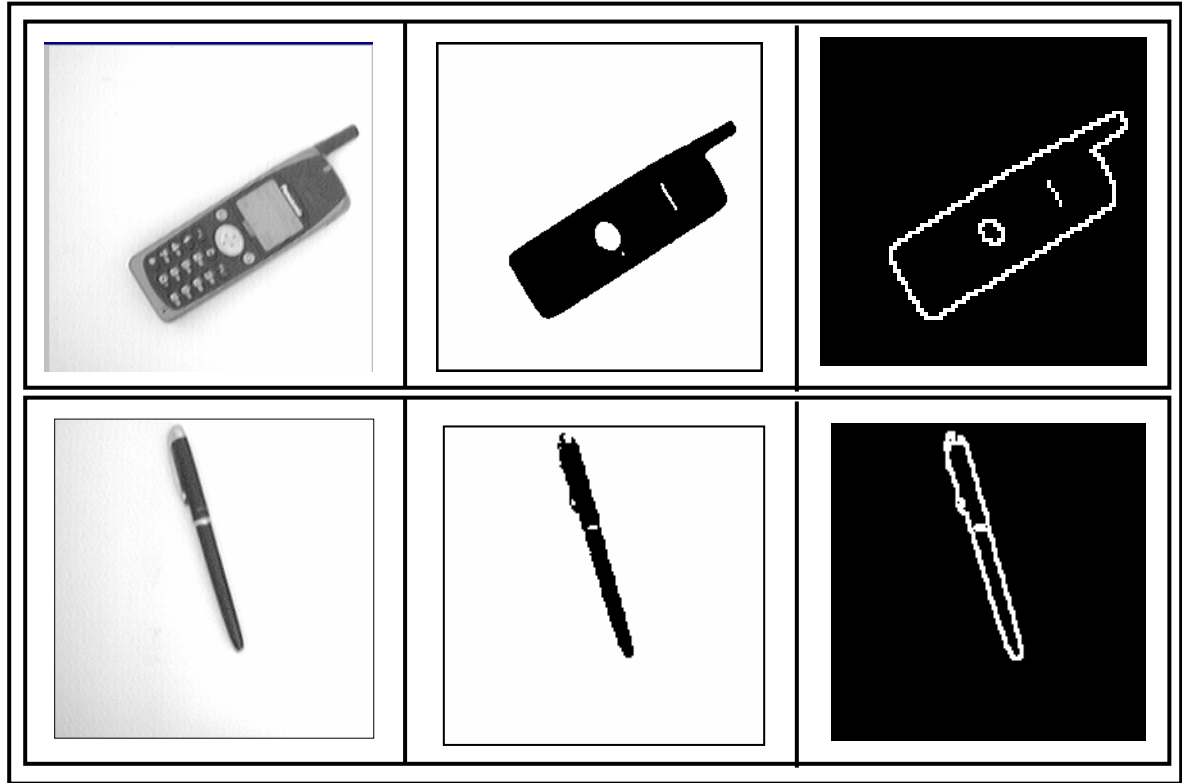
2.2. Orta Seviyeli Görüntü İşleme

Kenar belirleme işlemi orta seviyeli görüntü işleme grubuna girmektedir. Orta seviyeli görüntü işleme

algoritmaları, yüksek seviyeli görüntü işleme algoritmalarına yönelik olarak veri hazırlamayı hedefleyen prosesleri içermektedir. Tasarlanan sistemde, kenar belirleme işlemi için hesaplamadaki basitliğinden dolayı "Sobel operatörü" kullanılmıştır [5]. Kenar belirleme işlemi sonrası görüntü şekil 1-c'de verilmiştir. Sınıflandırmada kullanılan "moment envaryent" öznelik vektör setleri, kenar görüntüleri kullanılarak elde edilmiştir.

2.3. Yüksek Seviyeli Görüntü İşleme

Görüntü işleme ile ilgili kitaplarda uygulama seviyesi olarak da adlandırılabilen bu kısımda, cisimlerin sınıflandırılması hedeflenmiştir. YSA, geriye yayılım algoritması kullanılarak eğitilmiştir. Elde edilen ağırlıklar kullanılarak tasarlanan ağ sistemde on-line olarak devreye konulmuştur. Sınıflandırma amacı ile 5 farklı cisim seçilmiştir. 5 cisim dışındaki cisimler "bilinmeyen cisimler" adı altında bir grup olacak şekilde seçilmiştir.



(a)

(b)

(c)

Şekil-1: Görüntü işleme sonrası örnek cisim görüntüleri

(a) Ham görüntü b) Eşikleme işlemi sonrası görüntü c) Kenar görüntüsü

2.3.1. Cismin geometrik ağırlık merkezinin hesaplanması

Bu çalışma sırasında, cismin tamamının çalışma alanına girip girmediğinin anlaşılmasında cismin alanı kriter olarak kullanılmıştır. Alan eşikleme işlemi sonucu elde edilen ikili görüntüdeki '1' değerli piksellerin alanı toplamıdır. Geometrik ağırlık merkezindeki değişim de cisimlerin çalışma alanına girip girmediği konusunda fikir verebilir. Bir cismin ağırlık merkezi, diğer bütün noktalara uzaklıklarının kareleri toplamı minimum olan nokta olarak tanımlanabilir. Ağırlık merkezi hesaplamada kullanılan formül (1)'de verilmiştir. Burada "n" görüntü içerisindeki bütün piksellerin toplam sayısıdır.

$$\text{Ağırlık merkezi} = \left(\frac{1}{n} \sum_x x, \frac{1}{n} \sum_y y \right) \quad (1)$$

Cismin alanı ise eşikleme sonrası elde edilen görüntüdeki ikili görüntüdeki '1' değerli piksellerin toplamından yararlanılarak hesaplanmaktadır. Alan hesabı formülü;

$$\text{Alan} = \sum_x \sum_y f(x, y) \quad (2)$$

şekindedir.

2.3.2. "Moment Envaryantları" Öznitelik Vektör Seti

Cismin özelliklerini içerisinde bulunduran sayısal veriler, "öz nitelik vektörü" olarak adlandırılır. Öznitelik vektörünün boyutları mümkün olduğu kadar küçük olurken, en az veri kaybına neden olmalı ve cismin farklı ölçekte olmasından, ötelenmesinden ve optik eksen etrafındaki rotasyonundan etkilenmemelidir. Görüntülerin tanınması ve sınıflandırılması işlemlerinde kullanılmak üzere pek çok tanımlayıcılar kullanılmaktadır.

Endüstriyel uygulamalarda tanınması istenen nesne, sınırları veya bölgesel özelliklerinden yararlanılarak tanımlanır. Zincir kodları, poligonals yakınsama ve Fourier tanımlayıcıları cismin çevre sınırı tanımlayıcılardandır. Doku ve moment envaryantları bölgesel tanımlayıcılardandır. Bu tanımlayıcılardan başka çalışmada kullanılan cisimlerin özelliklerine bağlı olarak, nesne üzerindeki delik, köşe bilgileri ve buna benzer kritik noktalardan yararlanmak suretiyle tanımlayıcı bilgiler kullanılabilir [3][6].

Gerçek zamanlı sistemlerde, iyi aydınlatma şartlarındaki başarısından dolayı bu çalışmada "moment envaryantları" tekniği kullanılmıştır. Lokal tanımlayıcılardan olan momentler aşağıda açıklanmaktadır.

Bir bölge çevresi tarafından temsil ediliyorsa Fourier tanımlayıcıları ile temsil edilebilir. Eğer bu bölgenin içerisindeki tüm noktalar söz konusu ise momentlerle ifade etmek mümkündür. Momentlerde Fourier tanımlayıcıları gibi rotasyon, büyüklük ve ötelemeden bağımsızdır [7][8]. $f(x, y)$ karakteristikli bir fonksiyonun cebirsel olarak ifadesi;

$$m_{ij} = \iint_{x, y} x^i y^j f(x, y) \cdot d_y \cdot d_x \quad (3)$$

şeklinde tanımlanabilir. Bir cisim için momenti ayrık durumda yazılacak olursa;

$$m_{ij} = \sum_x \sum_y x^i y^j f(x, y) \quad (4)$$

formülü elde edilir ve bu formülde momentin sırası, (i+j) şeklindedir.

Sıfırıncı ve birinci dereceden momentler şu şekilde tanımlanabilir;

$$m_{00} = \sum_x \sum_y f(x, y)$$

$$m_{10} = \sum_x \sum_y x \cdot f(x, y)$$

$$m_{01} = \sum_x \sum_y y \cdot f(x, y) \quad (5)$$

Eşikleme işlemi sonrası elde edilen ikili bir görüntüde, $f(x, y)$ '0' siyah veya '1' beyaz olduğu için sıfırıncı dereceden moment cismin alanını ifade etmektedir. Alan görüntü işlemede görüntüdeki cisimler hakkında bilgi veren önemli bir kriterdir. Örneğin, bu çalışmada, hareketli cisim görüntüsünün çalışma bölgesine girip girmediğinin tespitinde cismin alanından yararlanılmıştır.

Herhangi bir bölgeye dayanan özellik, daha fazla özellikler türetilebilecek bir veriye ihtiyaç duyar. Bir cismin ağırlık merkezi, cismin konumunu belirlemek için kullanılacak iyi bir parametredir. Ağırlık merkezi, cisim içerisindeki diğer bütün noktalara uzaklıkları kareleri toplamı minimum olan noktadır. Formülü (1)'de de verilmiş olan ağırlık merkezi, momentlerden yararlanarak da hesaplanabilmektedir. Momentleri kullanarak ağırlık merkezi hesaplama formülü (6)'da verilmiştir.

$$x' = \frac{m_{10}}{m_{00}} \quad \text{ve} \quad y' = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad (6)$$

3. SINIFLAYICI YSA TASARIMI

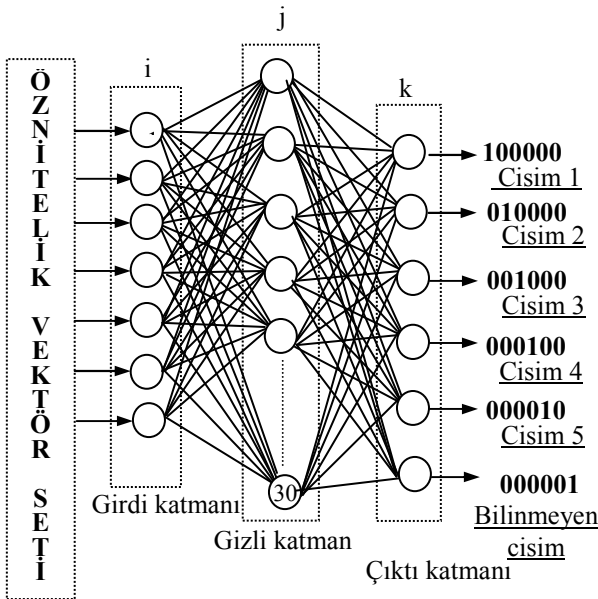
Cisimlerin sınıflandırılmasında tercih edilen çok katmanlı yapay sinir ağı geriye yayılım algoritması kullanılarak eğitilmiştir ve sistemde başarılı bulunmuştur. Off-line eğitimler sırasında 1500 giriş ve çıkış veri seti kullanılmıştır. Bu verilerden 1000 adeti eğitime işleminde 500 adeti ise test işleminde kullanılmıştır. Cisim sınıfını temsil eden sinir ağı çıkışları ikili sayılarla kodlanmıştır. İkili kodlar gürültüye karşı çok daha dirençli oldukları için öğrenme işlemi hızlanmıştır. Geriye yayılım algoritmasında kullanılan "sigmoidal aktivasyon" fonksiyonunun karakteristik özelliğinden dolayı hazırlanan girdi ve çıktı veri setleri 0 ile 1 arasında olacak şekilde normalize edilmiştir. Eğitim sırasında öğrenme oranı için 0.75 ve momentum katsayısı için 0.3 değerleri deneysel olarak belirlenmiş ve kullanılmıştır. Öğrenme sonrası hata 0.006817 olarak gerçekleşmiştir. Hata hesaplamada formülü (8)'de verilmiş olan hataların karelerinin ortalaması metodu kullanılmıştır.

$$e_k(n) = d_k(n) - y_k(n) \quad (7)$$

$$\varepsilon_{av} = \frac{1}{2N} \sum_{n=1}^N \sum_{k \in C} e_k^2(n) \quad (8)$$

Burada;

N : Öğrenme setindeki toplam örnek sayısını ve
C : Çıkış katmanındaki toplam sinir sayısını temsil etmektedir.



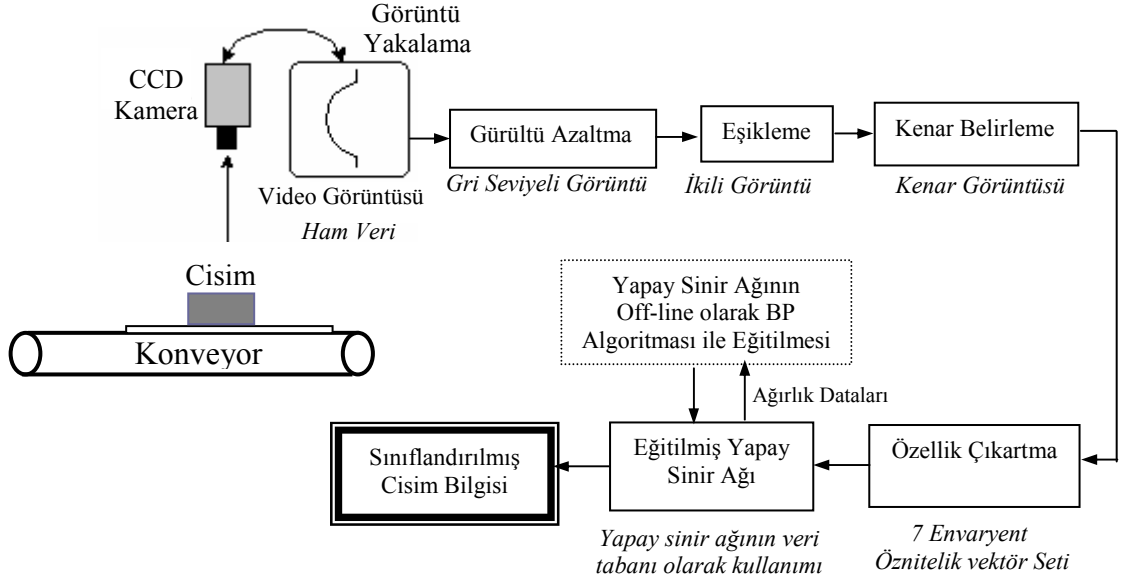
Şekil-2: Tasarlanan YSA topolojisi

Öğrenme işlemi yaklaşık 600.000 iterasyonda tamamlanmıştır. Off-line olarak öğrenme işlemi sonrası elde edilen ağırlıklar kullanılarak sınıflayıcı YSA tasarlanmıştır. Tasarlanan sınıflayıcı YSA topolojisi şekil 2'de verilmiştir. Konveyör üzerinden farklı pozisyon ve konumlarda alınan hareketli cisim görüntüleri için yapılan on-line ve off-line testlerde % 100'lük başarı ile sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Ancak benzer cisim görüntülerinin öğrenme işlemini zorlaştırmış olduğu gözlemlenmiştir.

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

Öncelikle hareketli cisim görüntülerini analiz etmek amacı ile bir konveyör hazırlanmıştır. Hazırlanan bu konveyör üzerine monte edilen bir CCD kamera ve bilgisayara takılan görüntü yakalama kartı görme sisteminin temel iki elemanıdır. Görüntü işleme proseslerine yönelik olarak görüntü yakalama amacı ile konveyör üzerinde bir çalışma alanı seçilmiştir. Hareketli cisim görüntüsü 100 ms.'lik aralıklarda yakalanmış ve işlenmiştir. Yakalanan bu görüntülerde eşik görüntüsünden yararlanılarak cismin alanı bulunmaktadır. Bu arada alan değişiminde yararlanılarak cismin çalışma alanına girip girmediğine karar verilmektedir. Cisim çalışma alanına girdiği zaman yakalanan görüntü, ilgili görüntü işleme proseslerine tabii tutulmaktadır. Cismin ağırlık merkezi momentler aracılığı ile hesaplanmakta ve ağırlık merkezindeki değişimden yararlanılarak cismin hızı hesaplanmaktadır. Bu şekilde konum ve hız bilgisi elde edilmektedir. Cisim çalışma alanında tam orta yerde iken yakalanan görüntünün kenar haritası kullanılarak hesaplanan moment envaryent öznitelik vektör seti tasarlanan YSA girişine verilmekte ve çıkıştan cisim sınıf bilgisi alınmaktadır. Şekil 3'te tasarlanan sistemin yazılım ve donanım mimarisi blok diyagramı olarak verilmektedir.

Sistem Pentium III - 750 bilgisayar kullanılarak gerçekleştirilmiştir ve bütün prosesler 210 ms. zaman almıştır. Medyan filtre 100 ms. ve kenar belirleme işlemi 50 ms. zaman almaktadır [9][10].



Şekil-3: Gerçekleştirilen sistemin yazılım ve donanım mimarisi

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada bilgisayar görmesine dayalı olarak ve yapay sinir ağları kullanılarak gerçek zamanlı endüstriyel bir cisim sınıflandırma sistemi tasarlanmıştır. Cisimlerin sınıflandırılması amacı ile tasarlanan YSA, sınıflanacak olan cisimler için on-line ve off-line testlerde %100 doğru cevap vermiştir. Çalışmalarda seçilen cisimlerin bir birine benzemesi durumunda ağı eğitilmesinin güçleştiği gözlemlenmiştir. Bu durumda, eğitme seti için seçilen örnekler cismi en iyi şekilde temsil etmeli ve ağ mümkün olduğu kadar yüksek performansa sahip olacak şekilde eğitilmelidir. Çalışmada paralel çalışmak üzere farklı YSA'ların eğitilmesi sistem performansına olumlu etki edecektir. Ayrıca cisimlerin tanıtılmasında tercih edilen moment envaryentleri, gürültüye karşı hassas oldukları için sistemde aydınlatma ve filtrelemenin önemi büyüktür. Sistemde toplam 10 adet cisim kullanılmıştır. 5 adet cisim sınıflandırılma amacı ile tanıtılmıştır. Bu cisimler dışındaki diğer 5 cisim ise "bilinmeyen cisim" olarak tanıtılmıştır.

6. REFERANSLAR

[1] TÜRKÖĞLU, İ., ARSLAN, A., "Yapay sinir ağları ile bozuk görüntü tanıma", Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi , 8 (1), 147-158, 1996.

[2] ÇOKAL, E., ÖZDEMİR, K., ALANSAL, A., and ERDEN, A., "Development of a Vision Based System For Mobile Robots", 7th Int. Mach. Design and Production Conference, Turkey, Sept. 11-13 1996, pp. 595-604.

[3] FU, K.S., GONZALEZ, R.C., and LEE, C.S.G., "Robotics-Control, Sensing, Vision and Intelligence", McGraw-Hill, 1987.

[4] SAHOO P. K., SOLTANI S., "A Survey of Thresholding Techniques", Computer Vision Graphics and Image Processing, 41, 1988, pp.233-260.

[5] LAPLANTE, P.A., and STOYENKO, A.D., "Real Time Imaging", IEEE Press, 1996, p.231.

[6] ÜSTÜN, A., "Cisim Tanıma Problemine Yapay Sinir Ağlarının Uygulanması", Master Thesis, İTÜ, 1999.

[7] REISS, T.H., "The Revised Fundamental Theorem of Moment Invariants", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 13 (8): pp. 830-834, August 1991.

[8] HU, M., "Visual Pattern Recognition by Moment Invariants", IRE Trans. Inform. Theory, Vol. IT-8, Feb., pp. 179-187, 1962.

[9] KÖKER R., "Üç Eklemlili Bir Robot Kolunun Görmeye Dayalı Olarak Model Tabanlı Zeki Kontrolü", Doktora tezi, SAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Mayıs 2002.

[10] KÖKER, R., ÖZ, C., and FERİKOĞLU, A., "Development of a Vision Based Object Classification System For an Industrial Robotic Manipulator", The 8th IEEE International Conference on Electronics and Systems, 2-5 September 2001, Malta.