

İmge İşleme Yoluyla Çubuk Kod Yersenimi Bar Code Localization By Image Processing

Ruşen Öktem¹, A. Enis Çetin²

¹Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Atılım Üniversitesi, Ankara

²Elektrik ve Elektronik Mühendisliği, Bilkent Üniversitesi, Ankara

rusen@atilim.edu.tr, cetin@ee.bilkent.edu.tr

Özetçe

Bu özetle imge işleme kullanılarak çubuk kod bölgesi çıkarımı ele alınmıştır. Çubuk kodlar birbirine paralel açık-koyu doğrulardan oluştuğundan, ikili bir ayrıt haritasında da belirli bir oryantasyonda birbirine bağlı paralel doğrular olarak ayırılabilirler. Sunulan algoritmalar, bu özellikten yola çıkarak morfoloji ve serbest açı eşiklemesi yolu ile bar koda ait bölgeyi yersemeyi amaçlamaktadır. Ayrıt haritası oluşturmada Sobel işlemi ve ikili altbant dönüşümü kullanılmakta ve her iki yöntem de zaman karmaşıklığı ve performans açısından karşılaştırılmaktadır.

Abstract

This paper addresses the problem of bar code recognition by use of image processing. Bar codes are composed of parallel alternating dark-light stripes; hence they also appear as parallel lines connected at some orientation in a binary edge map. The proposed algorithms exploit that feature and use morphology and free angle thresholding for localization. Edge map is formed by Sobel operator and binary subband decomposition separately, and the two methods are compared in terms of time complexity and performance. Detailed discussion of test results are also presented.

1. Giriş

Günümüzde çubuk kodlar, hemen bütün satış birimlerinde olduğu gibi, üretim ve dağıtım birimlerinde de üretim, saklama, satış, ve dağıtım kontrol etme amacıyla kullanılmaktadır. Satış birimlerinde kullanılan çubuk kod okuyucuları genellikle el tipi lazer tarayıcı tabanlı olmaktadır. Ancak büyük fabrikalarda ya da dağıtım birimlerinde tamamen otomatik, tercihen kamera kullanan çubuk kod okuma sistemleri gerekmektedir. Bu tür otomatik çubuk kod okuma sistemlerinde imge işleme algoritmalarının kullanımının, özellikle iki boyutlu çubuk kod okumada sistem performansını artırması beklenebilir. Standart bir otomatik çubuk kod okuma sisteminde [1], taşıma bandından geçmekte olan nesnelere kamera/lar tarafından farklı açılardan (örneğin üstten, yandan, ve önden) görüntülenir. Kamera tarafından alınan görüntüler daha sonra imge işleyici tarafından çubuk kod/ları okuma amacıyla işlenir. Fakat çubuk kodun nesne üzerindeki pozisyonu sabit olmadığından, görüntü işlemcinin çubuk kodu çözmeden önceki görevi çubuk kodu yersemektir. Çubuk kod bulma, genellikle belirli bir bölütün çıkartılması gereken bir bölütleme problemi olarak ele alınır. Az sayıda olmakla beraber bu konuda yapılmış çalışmalardan birinde Jain ve Chen, çok bantlı Gabor süzgeç yardımıyla doku

analizi yaparak çubuk kod çıkarma yöntemi öne sürmüşlerdir [2]. Bu metotta imge önce bir Gabor süzgeç bankasından geçirilir, ve sonra da örüntü sınıflandırma yöntemiyle çubuk kod bulunur. Gabor süzgeç bankasındaki her bir süzgeç farklı yönelimdeki özellikleri çıkartma amacındadır. Başka bir çalışmada [3], gradyan yaklaşımı kullanılmıştır. Farklı yönlerde gradyan olarak bir imge seti oluşturulmaktadır. Bu imgelerdeki yüksek yoğunluk alanları işlenerek çubuk kod bulunur. [4]de gradyanın sergilediği yönsel özelliklere bakılmaktadır. [5] de ise önce kenar bulma ve sınır sınıflandırma sonra da eğri noktaları bulma ve doğru ayırma kullanılmıştır. Bütün bu yöntemlerin zaman karmaşıklığı ve hafıza gereksinimi yüksektir. Bu nedenle gerçek zamanlı uygulamalar için pek elverişli değildir. Oysa otomatik çubuk kod okuma sistemlerinin üretim ya da dağıtım aksatmaması için hızlı ve gürbüz olması gerekir. Bundan önceki çalışmamızda [6] hızlı ve etkili bir yöntem olarak dalgacık dönüşümü bölgesinde ikili morfoloji yöntemini sunmuştuk. Bu çalışmamızda dalgacık dönüşümünü de ikili bölgeye taşıyarak hafıza gereksinimini daha da azaltmayı ve işlem hızını daha da arttırmayı başardık. Ayrıca yeni bir yöntem olan serbest açı eşiklemesini kullanarak çubuk kodu yererken oryantasyon bilgisini de elde etmeyi amaçladık.

2. Bilgisayarlı Görü Yardımıyla Çubuk Kod Yersenimi

Şekil 1a-b'de üzerinde çubuk kod bulunan iki farklı nesne imgesi yer almaktadır. Çubuk kodlar gri tonlu imgelelerde birbirine paralel açık-koyu yoğunlukta doğrular olarak ortaya çıktıklarından dolayı, ikili bir ayrıt haritasında da bağlantılı paralel doğrular olarak ayırılabilirler (Şekil 1.c-f). Bu şekilde ortaya çıkan ayrıtları diğer ayrıtlardan ayırmak için öncelikle ayrıt haritasını oluşturmak gerekir. Bunun için Sobel işletmeni kullanılabilir gibi, zaman karmaşıklığı daha az olan ikili altbant ayrışımı da kullanılabilir [7].

2.1. İkili altbant ayrışımı (İAA)

İkili altbant ayrışımı (İAA) yapısı, başka bir deyişle GF(2) dalgacık dönüşümü [7]'de sunulmuştur. GF(2) iki eleman {0,1} içeren ve 2 modunda toplama ve çarpımdan oluşan Galois alandır. GF(2) tabanlı imge işleme yöntemleri hesaplama karmaşıklığı bakımından oldukça uygun, ve ikili imge işleme ya da medyan filtre, ikili morfoloji gibi uygulamalar için de yeterlidir [7]. Bu çalışmamızda, İAA ayrıt haritası oluşturma amacıyla kullanılmıştır. Bir basamaklı İAA'nın oluşturduğu dört alt imge, orjinal imgenin dörtte bir boyutundadır, ve her biri alçak frekans, yatay yüksek frekans, düşey yüksek frekans, ve çarpaz yüksek frekans katsayılarını içerir. İAA uygulaması için öncelikle gri tondaki imgenin ikili

imgeye dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun nasıl gerçekleştirildiği deney sonuçları bölümünde anlatılmaktadır. Üç yüksek frekans alt imgenin mantıksal veya işlemiyle birleştirilmesiyle bir ayrıt haritası elde edilebilmektedir (Şekil 1.d-f).

2.2. Serbest açı eşiklemesi ile yersenim (SAE)

Serbest açı eşiklemesi ayrıt haritasından sınırları çıkartma amacıyla öne sürülmüştür [8]. Serbest açı, bir ayrıt pikselinin iki komşusuyla oluşturduğu açılarının en büyüğü olarak tanımlanmaktadır. Bu açının bulunması için [8]'da sunulan ve zaman karmaşıklığı yüksek olan yöntem yerine biz 11x11 boyutlu pencere –başvuru çizelgesi- ve $angtab$ dizilimi kullanmaktayız:

$$\begin{array}{cccccccc}
 20 & 21 & 21 & 22 & 23 & 24 & 25 & 26 & 27 & 27 & 28 \\
 19 & 20 & 21 & 22 & 23 & 24 & 25 & 26 & 27 & 28 & 29 \\
 19 & 19 & 20 & 21 & 22 & 24 & 26 & 27 & 28 & 29 & 29 \\
 18 & 18 & 19 & 20 & 22 & 24 & 26 & 28 & 29 & 30 & 30 \\
 17 & 17 & 18 & 18 & 20 & 24 & 28 & 30 & 30 & 31 & 31 \\
 bv\checkmark = & 16 & 16 & 16 & 16 & 16 & 32 & 32 & 32 & 32 & 32 \\
 15 & 15 & 14 & 14 & 12 & 8 & 4 & 2 & 2 & 1 & 1 \\
 14 & 14 & 13 & 12 & 10 & 8 & 6 & 4 & 3 & 2 & 2 \\
 13 & 13 & 12 & 11 & 10 & 8 & 6 & 5 & 4 & 3 & 3 \\
 13 & 12 & 11 & 10 & 9 & 8 & 7 & 6 & 5 & 4 & 3 \\
 12 & 11 & 11 & 10 & 9 & 8 & 7 & 6 & 5 & 5 & 4
 \end{array}$$

Yukarıdaki pencere her bir ayrıt pikseli pencerenin orta noktası olacak şekilde ayrıt haritası üzerinde kaydırılır. Her bir ayrıt pikseli için serbest açı şu şekilde hesaplanır.

- sıfırdan farklı (i,j) pikselleri için $angtab[bv\checkmark[i,j]]$ 1, diğerleri için 0 olarak işaretlenir..
- serbest açı = $11.25 \cdot \max_{k,j} |angtab(k) - angtab(l)|$ olarak bulunur.

Çubuk kod yerseme uygulamasındaki amacımız, merkezden geçen ve belli bir yönelimde birbirine bağıntılı olan doğruları bulmaktır. Eğer böyle bir doğru varsa, bunun çubuk koda ait olması için yakınında da ona paralel bir doğrunun olması, tek tük noktaların olmaması gereklidir. Gerçekleştirdiğimiz algoritma, bu şekildeki doğruları ayırdedecek biçimde tasarlanmıştır. Bu nedenle yukarıdaki serbest açı bulma metodu değiştirilerek aşağıdaki MSAE yöntemi önerilmektedir,

$$\begin{array}{l}
 \text{her bir ayrıt pikseli } (x,y) \text{ için } \{ \\
 \quad angtab = 0 \\
 \quad (i,j) \text{ } -N' \text{den } N'e \{ \\
 \quad \quad \text{piksel } (x+i,y+j) \text{ ayrıt pikseli ise,} \\
 \quad \quad \quad angtab[lut[i,j]] ++; \\
 \quad \} \\
 \quad len = angtab'ın N-2'yi aşan toplam eleman sayısı iken \\
 \quad len = 0, \text{ veya } len > 2 \text{ ise,}
 \end{array}$$

ayrıtılar birbirini kesmekte,

çubuk kod olamaz

len = 1 veya,

len = 2 ve $|angtab(k) - angtab(l)| > 13$ ise,

aynı doğru üzerinde bir veya iki bağıntılı piksel seti var, çubuk kod bölgesi olabilir

yönelim açısı = $angtab(k)$

}

2.3. İkili Morfoloji Yoluyla Yersenim (İM)

Morfoloji yoluyla birbirine paralel doğruları ayrıt haritasından şu şekilde ayırtetmekteyiz:

1. $dh [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]$ çekirdeği ile genişleştirilmiş ayrıt haritası olsun.
2. $dv [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]^T$ çekirdeği ile genişleştirilmiş ayrıt haritası olsun.
3. dh ve dv mantıksal veya işlemi ile birleştirilir.
4. Ortaya çıkan ikili imge 5x5 boyutunda bir çekirdek ile aşındırılır.

Bu algoritmanın işleyişi Şekil 2'de anlatılmaya çalışılmıştır. Tamamen düşey doğrultuda olmayan ve aralarında en fazla 4 piksel boşluk olan doğrular 1. aşamada bir bölge oluşturacaktır (Şekil 2a,d). Tamamen yatay doğrultuda olmayan ve aralarında en fazla 4 piksel boşluk olan doğrular ise 2. aşamada bir bölge oluşturacaktır (Şekil 2b,e). 3. aşamada oluşturulan harita, Şekil 2.c,f'de gri ile gösterilmektedir. Son aşamadaki aşındırma işletmeni, çubuk koda ait olmayan bölgeleri yok etme amaçlıdır.

3. Deneysel Sonuçlar

Sunulan yöntemin etkinliği Şekil 1'de yeralan CCD kamerayla 640x480 çözünürlükte çekilmiş imgeler üzerinde test edilmiştir. Tipik bir çubuk kod çözücü, süperçözünürlük kullanmadan ve ideal şartlarda kamera bulanıklığı içermeyen minimum 95 piksel genişlikteki rakamları çözebilmektedir. Süperçözünürlük kullanıldığında, minimum çözünürlük 75 piksel olmaktadır[8]. Şekil 1.a'daki çubuk kod 104 piksel genişliğinde ve ihmal edilebilir düzeyde kamera bulanıklığı içermektedir. Şekil 1.b'deki çubuk kod ise 90 piksel genişliğinde ve daha yüksek düzeyde kamera bulanıklığı içermektedir. Dolayısıyla, Şekil 1.a'daki imge herhangi bir çubuk kod çözücü tarafından çözülebilecekken, 1.b'dekini çözmek için süperçözünürlük gerekecektir.

Deney 1 Sobel işletmeni kullanılarak ayrıt haritası oluşturulur. Daha sonra 11x11 MSAE uygulanır. Kalan pikseller Manhattan uzaklığı ile kümelenir ve en az THR sayısı kadar eleman içeren küme çubuk kod olarak tanınır.

Deney 2 Sobel işletmeni kullanılarak ayrıt haritası oluşturulur. Bölüm 2.3'de anlatıldığı şekliyle İM uygulanır. Kalan pikseller Manhattan uzaklığı ile kümelenir ve en az THR sayısı kadar eleman içeren küme çubuk kod olarak tanınır.

Deney 3 Ayrıt haritası şu şekilde çıkartılır:

- İmge 32x32 bloklara bölünür ve her bir blok bağımsız olarak eşiklenerek ikilik düzende bloklar elde edilir. Bu işlemdeki eşik değeri $0.6 \cdot (MAXD - MIND)$, olarak

seçilir (MIND ve MAXD işlenen blok için minimum ve de maksimum piksel değerleri).

- İkili altbant ayrışımı kullanılarak bloklar alt bloklara ayrılırlar.
- Yatay, dikey, ve çarpaz detay bantları mantıksal veya işlemi ile birleştirilir (Bkz. Şekil 1.d).
- Ayrınt haritası dışındaki işlemler Deney 1'deki gibi uygulanır.

Deney 4 Ayrınt haritası Deney 3'deki gibi çıkartılır, geri kalan işlemler Deney 2'deki gibi uygulanır.

3.1. Parametrelerin Seçimi

İM için pencere boyutu seçimi: 2 çubuk ve 2 boşluğun toplam 7 birim genişlikte olduğu bilinmektedir. Çözünürlüğün 1 birim en fazla 1.2 piksel genişlikte olacağı düşünülürse iki çubuk arasındaki maksimum aralık 5 piksel olacaktır. En iyi şartlarda bile bir miktar kamera bulanıklığı olabileceğinden ayrınt haritasında iki çubuk arası uzaklık 5 pikselden az olacaktır. Amaç ayrınt çubukları tek bir bölgeye toplamak olduğundan boyutu 5 olan pencere yeterli olacaktır. Daha büyük boyut seçimi hatalı tanıma oranını arttıracaktır.

Kümeleme için mesafe eşiği: Yukarıda açıklanan durum burada da geçerlidir. Bu nedenle iki pikselin aynı çubuk kod bölgesine ait olması için aralarındaki Manhattan uzaklığını 10 olarak alabiliriz.

THR: Yüksek çözünürlükteki çubuk kodlar için 500 (Şekil 1.a), düşük çözünürlükteki çubuk kodlar için ise 200 (Şekil 1.b) kabul edilmiştir. Bu parametreler seçilirken çubuk kodun çözünürlüğü, yani imgenin çözünürlüğü ve kameranın çubuk koda mesafesi, ön bilgi olarak kullanılmıştır.

3.2. Sonuçların Yorumlanması

Sobel İşletmeni ve İAA Şekil 1.c-f'de sergilenen ayrınt haritalarına bakıldığında Sobel işletmeninin İAA'ya kıyasla daha detaylı bir ayrınt haritası çıkardığı görülmektedir. Buna karşın İAA, çubuk koda ait ayrıntları kamera bulanıklığı durumunda bile (Şekil 5) daha iyi çıkartabilmektedir. Şunu da belirtmek gerekir ki, histogram eşitleme kullandığımızda sonuçlar daha da iyileşmemektedir. Şekil 5'de büyük boyutlu ve belirgin harflerin Sobel işletmeni kullanıldığında çubuk koda benzer özellikler gösterdiği, ve hatalı tanıma yol açtığı görülmektedir. Bu durumda, İAA'nın daha az detaylı ayrınt çıkarımı hatalı tanımayı azaltmak yönünden avantajlı olmaktadır. İAA'nın önemli bir avantajı, zaman karmaşıklığının ve hafıza gereksiniminin daha az olmasıdır. Bu işletmeni piksel başına 3 mantıksal ve, 2 mantıksal veya 1 mantıksal XOR işlemleri ile gerçeklemek mümkündür.

İM ve MSAE Şekil 3, Şekil 1.a'daki imge üzerinde, Şekil 4 ise bu imgenin 30 derece döndürülmesiyle oluşan imge üzerindeki test sonuçlarını sergilemektedir. 10-50-70 derecelik rotasyonlar da denenmiş ve benzeri sonuçlar elde edilmiştir. Böylece büyük oranda kamera bulanıklığı olmadığı ve çözünürlüğün yeterli olduğu durumlarda her iki yöntemin de iyi çalıştığı gözlenmiştir.

Çözünürlüğü daha düşük olan imgeye ait sonuçlar Şekil 5'de sergilenmektedir. Bu durumda da her iki algoritma da çubuk kodu yerseyebilmektedir. Ancak, Sobel işletmeni

kullanıldığında İM çubuk kodu tek bir bölge değil, iki ayrı bölge olarak yerseyebilmektedir. Bunun nedeni, Sobel işletmeninin bulanıklıktan dolayı bazı çubuk koda ait ayrıntları kaçırmamasından kaynaklanmaktadır. İM pencere boyutunun büyütülmesi bu problemi giderebilir, ancak bu da hatalı yerseme oranını arttıracaktır.

Buradaki ana amaç çubuk kod bölgesini çubuk kod çözücünün iyi performans verebileceği yeterlilikte bir kutu içinde belirleyebilmektir. Bu da, İAA ile birlikte İM veya MSAE kullanılarak sağlanabilmektedir. MSAE'nin belirgin bir avantajı yersenen bölge ile birlikte çubuk kod'un eğimini de bulabilmesidir. Eğim, çubuk kod çözücü tarafından çubuk kodun yönelimini düzeltmek amacıyla kullanılabilir.

4. Vargılar

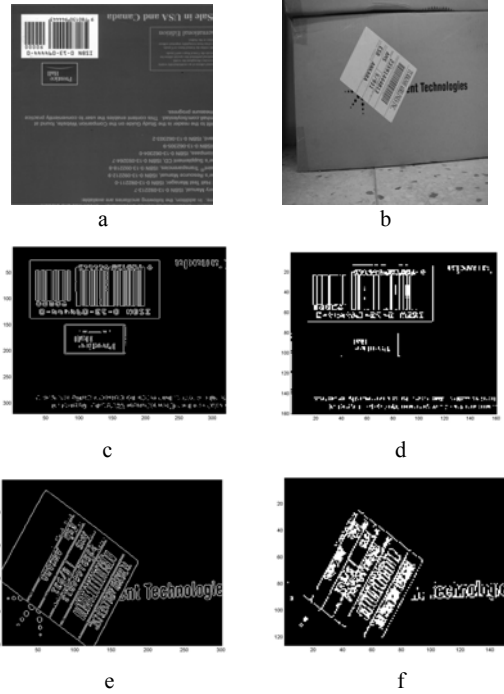
Bu çalışmada otomatik çubuk kod okuma sistemleri için bilgisayarlı görü yardımıyla çubuk kod yersenimi ele alınmaktadır. Bu amaçla, ayrınt haritasından izmitlilik çıkarmaya yönelik geliştirilmiş serbest açı eşiklemesi yöntemi öne sürülmekte, ve bu yöntem ikili morfoloji kullanımı ile karşılaştırılmaktadır. Her iki yöntem de değişik yönelimlerdeki çubuk kodları yersemede başarılı olmaktadır. MSAE yöntemi ek bir avantaj olarak yönelim açısını da bulabilmektedir. Yönelim açısı çubuk kod çözümünü öncesi yersenen çubuk kodun yönelimini düzeltmek için kullanılabilir. Bu çalışmada aynı zamanda ayrınt çıkarımı için ikili altbant ayrışımının kullanılması da tartışılmıştır. Test sonuçları İAA'nın Sobel işletmenine kıyasla biraz daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. Aynı zamanda, İAA yalnızca mantıksal işlemler kullanılarak gerçekleştirildiğinden zaman karmaşıklığı bakımından da daha tercih edilebilirdir.

5. Kaynakça

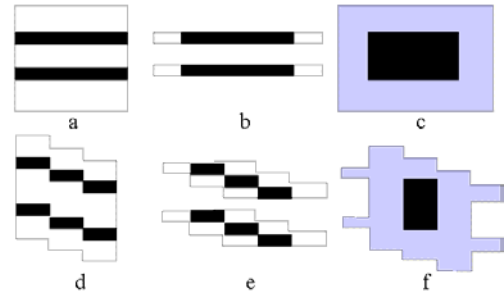
- [1] M. Kuroki, T. Yoneoka, T. Satou, Y. Takagi, T. Kitamura, N. Kayamori, "Bar-code Recognition System Using Image Processing", *Sixth International Conference On Emerging Technologies and Factory Automation*, pp. 568-572, 1997.
- [2] A. K. Jain, Y. Chen, "Bar Code Localization Using Texture Analysis", *Second International Conference On Document Analysis and Recognition*, pp. 41-44, 1993.
- [3] N. Normand, C. Viard-Gaudin, "A Two-Dimensional Bar Code Reader", *Proceedings of the 12th International Conference on Pattern Recognition*, vol. 3, pp. 201-203, 1994.
- [4] S. Liu, H. Liao, L. Chen, H. Tyan, J. Hsieh, "Camera Based Bar Code Recognition System Using Neural Net", *International Conference On Neural Networks*, vol. 2, pp. 1301-1305, 1993.
- [5] E. Ottaviani, A. Pavan, M. Bottazzi, E. Brunelli, F. Caselli, M. Guerrero, "A Common Image Processing Framework for 2D Barcode Reading", *Seventh International Conference On Image Processing and Its Applications*, vol. 2, pp. 652-655, 1999.
- [6] R. Öktem, "Dalgacık Bölgesinde İkili Morfoloji Kullanılarak Çubuk Kod Yersenimi", *SİU Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı*, Kuşadası, 28-30 Nisan 2004.
- [7] M.N. Gurcan, O.N. Gerek, A.E. Cetin, "Nonlinear Subband Decomposition Structures in GF(N)

Arithmetic”, *Signal Processing Letters*, vol. 64, pp. 209-213, 1998.

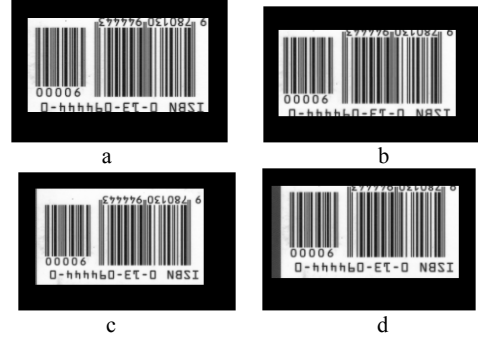
- [8] P. L. Palmer, M. Petrou, “Locating Boundaries of Textured Regions”, *IEEE Trans on Geoscience and Remote Sensing*, vol. 35, no. 5, pp.1367-1371, 1997.
- [9] Bailey, D.G.: “Super-resolution of bar codes”, *Journal of Electronic Imaging*, vol. 10, pp. 213-220, 2001.



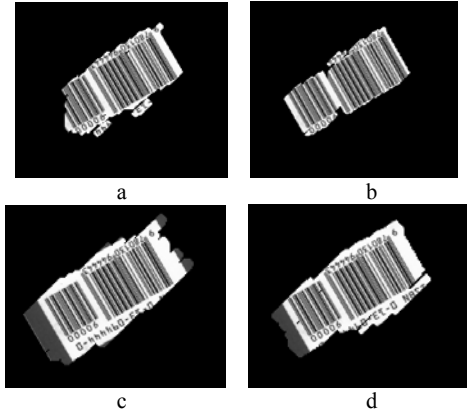
Şekil 1: a-b) Test imgeleri. c,e) Sobel işletmeni ile ayrırt sezimi d,f) İAA ile ayrırt sezimi.



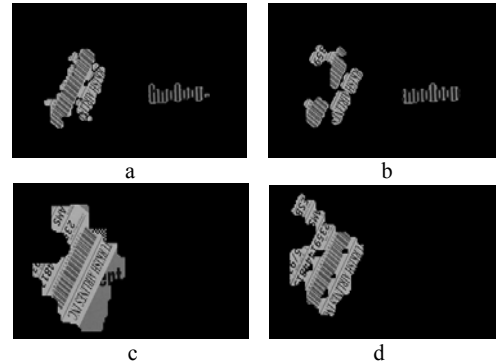
Şekil 2: Farklı yönelimdeki birbirine paralel doğruların İkili Morfoloji yoluyla yersenimi.



Şekil 3: Yersenen çubuk kodlar a) Sobel-SAE b) Sobel-İM c) İAA-SAE d) İAA-İM



Şekil 4: Yersenen çubuk kodlar a) Sobel-SAE b) Sobel-İM c) İAA-SAE d) İAA-İM



Şekil 5: Yersenen çubuk kodlar a) Sobel-SAE b) Sobel-İM c) İAA-SAE d) İAA-İM