

Avuç İzi ve Parmak İzine Dayalı Bir Biyometrik Tanıma Sistemi

Elena Battini Sönmez, Nilay Özge Özbek, Önder Özbek

İstanbul Bilgi Üniversitesi, Bilgisayar Bilimleri Bölümü, İstanbul

elena@cs.bilgi.edu.tr , noozbek@cs.bilgi.edu.tr , oozbek@cs.bilgi.edu.tr

Özet: Elektronik ve internet endüstrisindeki gelişmeler daha gelişmiş güvenlik sistemleri için gereksinim yaratırken biyometrik tanıma sistemlerini ön plana çıkarmıştır. Avuç izi tanıma diğer biyometrik tanıma sistemlerine karşı daha az rağbet gören bir yöntem olsa da biyometrik biliminin bu dalına olan ilgi parmak izi sistemleriyle olan tamamlayıcılık özelliğinin de yardımıyla son yıllarda giderek artmaktadır [1]. Ayrıca avuç izi farklı çözünürlüklerde farklı karakteristikler gösterdiğinden bu onları dalgacık dönüşümü gibi çoklu çözünürlük teknikleri bakımından uygun adaylar yapmaktadır. Bu makalede biyometriğe ve biyometrik sistemlere genel bir bakışın ardından klasik avuç izi ve parmak izi tanıma yöntemlerine yoğunlaşılacak, son olarak dalgacık analizine dayalı bir avuç izi tanıma tekniği üzerinde durulacaktır. Araştırmanın ilerleyen dönemlerinde seçilen algoritmanın gerçekleştirilmesi, çalışma süresinin hesaplanması ve paralel programlama teknikleri kullanılarak bu sürenin azaltılması üzerinde yoğunlaşılacaktır. Bunların yanında dalgacık dönüşümü, resimleri veri kaybına sebep olmadan sıkıştırma ve açmada ([2] ve [3]) kullanılan bir metod olduğu için dalgacık analizinin araştırmanın ilerleyen kısımlarında bunlar gibi birçok yan uygulamalarından faydalanılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Biyometrik, avuç izi tanıma, parmak izi tanıma, dalgacık dönüşümü, paralel programlama.

A Biometric Personal Identification System Based on Palm Print and Fingerprint

Abstract: Recent call for better security together with the rapid progress in electronic and Internet commerce, have brought biometric-based personal identification system in focus. Palm print identification is less common than others, but, in recent years, the study of this biometric became more and more interesting as complementary measurement of the fingerprint one [1]. Moreover, in palm prints different features have different resolutions, which make them good candidates for the use of multi-resolution techniques (Wavelet). This paper starts with a generic introduction of biometrics and biometric systems, after that, it focus on the classical fingerprint and palm print identification techniques, and finally, it analysis a wavelet based palm print recognition algorithm. The future plan is to implement the chosen algorithm, to calculate its running time, and to reduce it, by using parallel programming techniques. Interesting to notice that wavelet are recommended also for fingerprint and palm print compression and decompression ([2] and [3]), and, therefore, the parallelization of the wavelet transformation can have many different applications.

Keywords: Biometrics, palm print recognition, fingerprint recognition, wavelet transform, parallel programming.

1. Giriş

Biyometrik , kişileri fizyolojik ve davranışsal özelliklerine bağlı olarak tanımlayan bir bilim

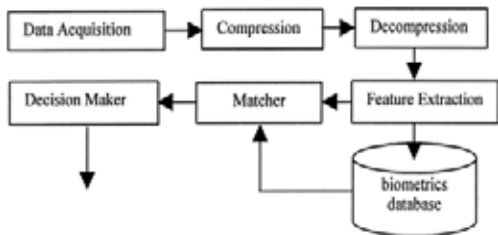
dalıdır. Fizyolojik özellikler arasında avuç izi, parmak izi, el geometrisi ve yüz biçimi gibi karakteristikler bulunurken davranışsal özelliklerle yürüme biçimi, mimikler, imza ve ses girer.

Fizyolojik/davranışsal özellikleri ölçerken kişinin yaşı, sağlığı veya ruhsal durumu gibi faktörler ölçümden arındırılmalıdır.

Hali hazırdaki tanımlama sistemleri yeterli olmamaktadır, kullanıcı adı ve plastik kartlarla beraber şifre ya da Kişisel Tanımlama Numarası(PIN) kullanımına dayalı klasik yöntemler hem kullanışsız hem de emniyetsiz kalmaktadır. İdeal biyometrik tabanlı kişi tanıma sistemi, bireyin kimliğini benzersiz şekilde doğrulayabilmeli (verification) ya da veritabanı içerisinde isabetli, güvenilir ve en verimli şekilde bir kimlikle tanımlama yapmalıdır (identification). Bu sebeple sistem girdideki bozulmalarla , çevresel etkenler ve sinyal karışımları gibi sorunlarla baş edebilmeli, zamanla değişmemeli ve kolay uygulanabilir olmalıdır. En çok kullanılan biyometrik öznelik parmak izi iken en çok güvenilir olan iris taramasıdır.

Avuç izinin diğer biyometrik özneliklere kıyasla üstünlükleri vardır. Gereksinilen imgeler düşük maliyetli bir işlemle toplanmakta ve imgede herhangi bir bozulmaya sebebiyet vermemektedir; yanlış kabul (False Accept Rate) ve yanlış red oranları(False Reject Rate) makul değerler almaktadır. (Bir sisteme ait yanlış kabul ve red oranları toplam gerçekleşen yanlış kabul/red sayısının toplam tanımlama girişimi sayısına bölümüyle bulunmaktadır).

2. Biyometriğe Dayalı Genel Bir Sistem



Şekil 1: Biyometriğe dayalı genel bir sistem

Yukarıdaki şekilde genel bir biyometrik tanımlama sistemi görülmektedir. Girdi alt sistemi biyometrik verinin sensör yardımıyla dijital

formatta toplanmasını kapsar. Veri toplamada kullanılan algılayıcı parmak ve avuç izi için tipik bir tarayıcı, ses verisi için bir mikrofon, yüz ve iris imgeleri için bir kamera olmaktadır. Sensör tasarlarırken uğraştırıcı noktalardan biri girdi sinyalinin doğru ve güvenilir bir şekilde toplanmasıdır. Aşağıda verilen sıkıştırma ve açma aşamaları tercihe bağlıdır.

Özellik ayıklama sırasında sabit karakteristikler, sinyalin tümünü temsil etmesi amacıyla ayıklanır. İşlenmemiş haliyle sinyal içerdiği bilgiyi belirli bir bozulma kitlesi altında saklı biçimde muhafaza ettiği için özellik ayıklama evresi işlemin tümü ele alındığında en zorlu adımdır. Ayıklama algoritmasının prensibi, biyometrik unsurun özelliklerini ifade eden bir vektör üretmek aynı kişilerden toplanan bilgilerin sistem tarafından benzer, farklı kişilerden toplanan bilgilerin ise sistem tarafından farklı olarak yorumlanmasıdır. Bunun için yapılan karşılaştırmaların her birinde bir benzerlik puanı hesaplanır, aynı sırada bir karar verme mekanizması, karşılaştırılan bilgilerin aynı kişiye ait olma olasılığını hesaplayarak biyometrik bilgiyi işlemciye gönderir.

Gerçekleme aşamasında (1-1 karşılaştırma) eşleştiği iddia edilen biyometrik özellikler eşleştiği özellik kaydı ile karşılaştırılır; teşhis aşamasında (1-M karşılaştırma) eşleşen biyometrik özellikler veritabanındaki tüm kayıtlarla karşılaştırılır (doğal olarak veritabanındaki sadece aynı sınıfa ait olan kayıtların tüm altkümeleriyle karşılaştırılması yeterlidir).

Genel bir biyometrik sistemin çıktısı biyometrik bilgilerin karşılaştırmalarından oluşan çiftlerin biraraya getirdiği –çoğu zaman aday listesi olarak adlandırılan- sıralı bir liste olabilir.

3. Parmak İzi ve Algoritmaları

Parmak izi en fazla kullanılan, taklit edilemez ve kişiye has bir biyometrik bilgidir. Parmak izi tanıma sistemlerinin otomatikleştirilmesi fikrinin doğduğu 1960'lı yıllardan beri par-

mak izi tanıma sistemlerinde kullanılan gerek yazılım gerekse donanım alanında önemli bir ilerleme kaydedildi. Mükrepsiz parmak izi tarama teknolojilerinin gelişimi, işlemci performansındaki artışlarla birlikte parmak izi tanımayı sadece suçlu tanıma alanında kullanılmak dışında, erişim denetimi, yoklama, bilgisayar kullanıcı girişi ve diğer birçok doğrulama/ruhsatlama mekanizmaları gibi sivil güvenlik uygulamalarında da kullanılmasına ön ayak oldu.



Şekil 2: Bir parmak izi imgesi

Parmak izi tanıma algoritmalarından en temel üç tanesi korelasyon bazlı, ayrıntı (minutiae) bazlı ve çizgi (ridge) bazlı eşleme teknikleridir. Korelasyon bazlı eşleme tekniğinde iki farklı parmak izindeki çizgi ve oluk-kırık modelleri karşılaştırılır. Ayrıntı (minutiae) bazlı eşleme tekniğinde ise ilk olarak parmak izindeki ayrıntı noktalarının yerleri belirlenir (çizgiler, çizgi sonlanmaları ve çatallanmalar gibi) ve bu ayrıntı noktaları oluş sıralarına göre karşılaştırılır. Son olarak çizgi (ridge) bazlı eşleme tekniğinde çizgiye ait yön ve şekil bilgileri kullanılır. Genelde korelasyon bazlı teknikler kayıt noktasının kesin yer bilgisini bilmeyi gerektirirler ve resmin çevrilmesinden ve dönüşünden etkilenirler, ayrıntı ve çizgi bazlı teknikler ise düşük çözünürlükteki parmak izi resimlerinde ayrıntıları ve çizgileri ayıklama konusunda zorluk yaşarlar, bunun yanında iki teknikte de çözünürlüğü arttırmak için önışleme evresi gerekmektedir.

Genelde parmak izi resimlerinin saklanması ve iletilmesi resmi sıkıştırma ve genişletme aşamalarını içerir. Standart sıkıştırma teknikleri enerji kaybına (ve dolayısıyla veri kaybına) yol açtikları için yeni bir parmak izi resmi sıkıştırma mo-

dellemesi olan Dalgacık Sayıl Ölçümü (Wavelet Scalar Quantization) önerilmektedir ([2],[3]).

4. Avuç İzi ve Algoritmaları

Avuç izi tanıma, tabiati gereği parmak izi eşleme algoritmalarını ikmal eder: İki biyometrik sistem de çizgilerde beliren etkilerin temsil ettiği karakterstiklere, kişiye has bilgilere dayanır. FBI görevlileri tarafından yapılan istatistiksel analizler avuç izi tanımanın daha çok revaçta olan parmak izi tanıma sistemlerini tamamlayıcı özellikleri bulunan bir biyometrik sistem olduğunu yansıtmaktadır. Bu çalışmalar ışığında ortaya çıkan bulgular, suç mahallerinde suçlular tarafından geride bırakılan izlerin %70'inin parmak izlerinden, %30'unun ise avuç izlerinden oluştuğunu göstermektedir. İşleme yetilerindeki yetersizlikler ve canlı tarama teknolojilerindeki eksiklikler nedeniyle avuç izi tanıma algoritmaları, parmak izi tanıma algoritmalarına kıyasla otomatikleştirildiklerinde daha yavaş çalışmaktadırlar.

1994 yılından beri parmak izi ve avuç izi tanımayı birlikte kullanan sistemlerine karşı gidecek artan bir ilgi oluşmuştur[4].

Avuç izi saptaması parmak izinde olduğu gibi kabartma çizgilerinde(friction ridge) bulunan kitlesel bilgilere dayanır. Avuç izi, ya da parmak izi, kayıtları sıra halinde bulunan ve kabartma çizgilerinin yüksek ve sivri bölümlerini temsil eden koyu çizgilerden, ve bu kabartma çizgileri arasında bulunan vadileri temsil eden beyaz çizgilerden oluşur. Avuç izi tanıma teknolojisi avucun bu karakteristiklerinden bazılarını kullanmaktadır.



Şekil 3: Bir avuç içi imgesi

Avuç izi tespitinde ve/veya doğrulanmasında kullanılan algoritmalar parmak izi tanınmasında kullanılan algoritmalarla benzerlik gösterirler. Bu algoritmalar temel olarak korelasyona dayalı, özellik noktalarına (minutiae) dayalı ve çizgilere (ridge) dayalı olarak sınıflandırılmıştır. Korelasyona dayalı eşleşme iki avuç imgesinin birbirinden çıkartılarak iki resimdeki birbirine karşılık gelen çizgilerin bulunmasına; özellik noktalarına dayalı eşleşme ise avuç imgesindeki belirli özellik noktalarının yer, yön ve oryantasyon bilgilerinin belirlenmesine ve bu bilgilerin karşılaştırılmasına dayanır. Çizgilere dayalı eşleştirme tekniği, avuç izini sınıflandırırken özellik noktaları analizine ek olarak doku analizi ve beraberinde çizgilerin geometrik karakteristiklerini de kullanır. Korelasyona dayalı olan algoritmalar diğer tip tekniklerden daha hızlı çalışırlar, fakat imgede meydana gelen bozulmalara ve rotasyon varyanslarına daha az tolerans gösterirler. Özellik noktalarına dayalı algoritmalar yüksek kalitede imgelere ihtiyaç duyarlar ve avucun dokusal ya da görsel niteliklerinden yararlanmazlar. Son olarak, çizgilere dayalı algoritmalar ise iyi kaliteli resimler elde edebilmek için yüksek çözünürlüklü bir sensöre ihtiyaç duyarlar, ayrıca çizgi karakteristiklerinin ayırt edici özellikleri, özellik noktalarınınkinden önemli oranda daha azdır[4]. Bu tekniklerin olumlu ve olumsuz yönleri parmak izi tanınmasında da geçerli olmaktadır.

2002 yılında, Wu ve arkadaşları[5], Dalgacık Enerji Niteliği (Wavelet Energy Feature-WEF) adını verdikleri yeni bir avuç izi özelliği ortaya koymuşlardır. Çalışmalarında avuç izi kabartma çizgilerinin farklı çözünürlüklerde çoklu nitelikler sergiledikleri vurgulanmıştır; ana çizgiler (principle lines) daha kalındırlar dolayısıyla düşük çözünürlükte analiz edilebilirler; kırışık çizgiler (wrinkles) ana çizgilerden daha incedir ve orta çözünürlükte incelenebilirler; detay çizgileri (creases ya da ridges) ise en ince olanlardır ve yüksek çözünürlükte analiz edilmelidirler. Yönel özellik ise bu niteliklerin başka bir karakteristiğidir. Bu sebepten dolayı avuç izi, Mallet'in 1987 yılında sunduğu çoklu

çözünürlük sinyal ayrıştırma teorisinin (Multi resolution Signal Decomposition Theory) uygulanabileceği iyi bir adaydır[6]. Dalgacık enerji niteliği, bu üç tip çizginin -ana çizgiler, kırışık çizgiler ve detay çizgileri- farklı yönlerde ve farklı dalgacık ayrıştırma seviyelerindeki dalgacık enerji dağılımını yansıtmaktadır, bu sebeple bu yöntemin avuç izlerini ayırma yeteneği fazladır.

5. 2 Boyutlu İşaretler için Dalgacık Dönüşümü: Genel Bir Giriş

Dalgacık dönüşümleri belirli matematiksel gereksinimleri karşılayan, verileri ya da başka fonksiyonları temsil etmekte kullanılan fonksiyonlardır. Dalgacık dönüşümü, 1807'de Joseph Fourier'in bulmuş olduğu herhangi bir periyodik ya da sonlu bir fonksiyonun sinüsler ve kosinüsler cinsinden yazılabilesine dayanan Fourier dönüşümüne benzemektedir, fakat dalgacık dönüşüm algoritması, veriyi farklı ölçeklerde ya da çözünürlükte işlemektedir; bu sebeple süreksiz sinyaller için de uygun olmaktadır.

Dalgacık dönüşümünü gerçekleştirmek için verimli bir yol filtre kullanılmasıdır. İmgeyi ayırtmak için 'analiz' filtreleri, imgeyi geri oluşturmak için de 'sentez' filtreleri kullanılır; resmi en iyi şekilde orijinaline döndürebilen belli başlı filtreler bulunmaktadır (Detaylı bilgi için [6]'ya bakınız.)

Şekil 4 'te 2 boyutlu işaretler için hızlı dalgacık dönüşümü gösterilmiştir.[6].

Şekil 4'ün üst kısmında 2 boyutlu 4-bantlık filtre bankasının (four-band filter bank) yüksek çözünürlüklü bir giriş işaretine $(j+1)$ uygulanması ve sonucunda 4 tane altbant imge elde edilmesi gösterilmektedir. En alt çıkıttan başlayarak oluşan altbantlar şöyledir; yaklaşıtırm (approximation) altbandı (ya da düşük ölçekte, j , ölçekleme katsayısı), ve bir yatay, bir dikey ve bir köşegen detay altbandı (ya da dalgacık katsayıları); eğer $(j+1) = j_0$ ise, giriş sinyali orijinal sinyale eşittir. 2^{*j_0} 'lik bir

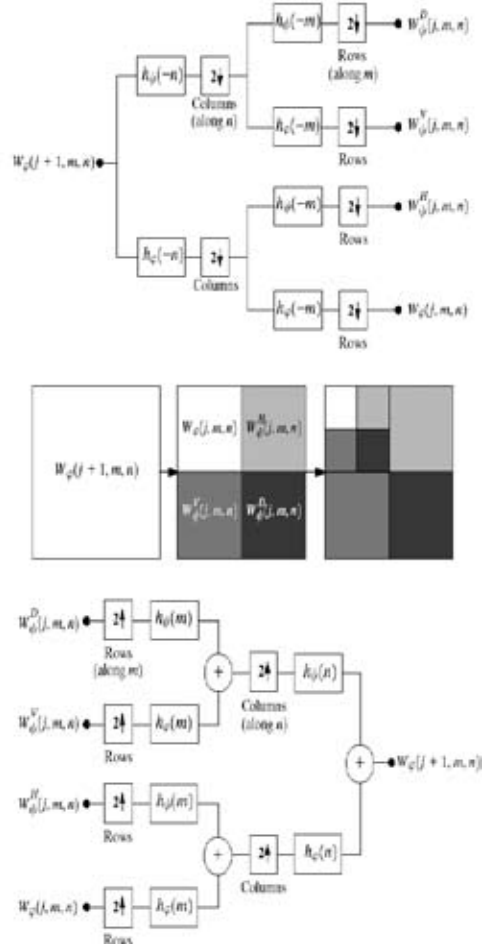
imge durumunda , maksimum $P = j$ kadar ayırıştırma derecesi elde etmek mümkündür, bu durumda P -ölçekte ve $j-1$ (en yüksek ölçek), $j-2, \dots, j-P$ çözünürlüklerde Hızlı Dalgacık Dönüşümü elde edilmiş olur.

Şekil 4'ün orta kısmında $P = 2$ olan bir imgenin ayrıştırılması grafiksel olarak gösterilmektedir. En sağdaki kare incelendiğinde; sol üst köşede $j-1$ çözünürlükte ölçeklenmiş imgeler bulunmaktadır, geri kalan üç komşu kareler ise ona karşılık gelen dalgacık katsayılarıdır. Bu altbantları kullanarak j yaklaşım sinyalini geri oluşturmak mümkündür, en sonunda ise giriş olarak verilen imge, oluşan j ölçekteki yaklaşım altbantı ve ona ait diğer detay altbantları -sağ-üst, sol-alt ve sağ-alt kareler- kullanılarak orijinal haline geri getirilebilir.

Şekil 4'ün alt kısmında sentez bankaları tarafından yapılan yeniden düzenleme adım adım gösterilmektedir. Her tekrarda tahmin ($W\phi(j, m, n)$) ve ayrıntı ($W\psi(j, m, n)$) alt imgeleri genişletilerek ve ardından biri sütunlar üzerinde, diğeri de satırlar üzerinde çalışan iki tek-boyutlu filtreyle konvolusyona sokulur. Sonucun toplanması ($j+1$) ölçekli tahmin imgesine denk gelir, ve bu işlem orijinal resim yeniden oluşturulana kadar devam ettirilir.

6. Dalgacık Enerji Niteliği (WEF) Ayıklama Algoritması

2002 yılında Wu ve arkadaşları[5], dalgacık enerji niteliğini yeni bir parmak izi karakteristiği olarak bilim dünyasına sundu. Farkına vardıkları, klasik algoritmaların avuç içinde bulunan farklı çizgilerin kalınlık ve genişliklerini önemsemeden çalışmalarınıdır. Oysa ki bu çizgilerin kalınlık ve genişlikleri, birbirine benzeyen avuç izlerini ayırt etmekte çok önemli rol oynar. Bu amaçla avuç izinin dalgacık enerjisini yatay, dikey, köşegensel yönlerde olmak üzere toplayan yeni bir algoritma sundular ve bu enerji bilgilerini değişik avuç izlerini karşılaştırmada kullandılar.



Şekil 4: İki boyutlu hızlı dalgacık dönüşümü [6]

Daha ayrıntılı olmak gerekirse, j 'inci düzeye genişletildikten sonra orijinal resim $(3J + 1)$ alt-imgeler tarafından temsil edilir.

$$I = [A_j, \{H_i, V_i, D_i\}_{i=1, \dots, j}]$$

A_j I (orijinal resim)'nin yaklaşımıdır;
 H_i yatay ayrıntı alt-imgesidir ve $i = 1, \dots, j$
 V_i dikey dalgacık bilgisini saklar ve $i = 1, \dots, j$
 D_i köşegensel ayrıntı alt-imgesidir ve $i = 1, \dots, j$

J 'inci düzeye yatay, dikey, köşegensel dalgacık enerjisi aşağıdakiler gibi ifade edilebilir:

$$E_1^h = \text{TOPLAM}_{x=1, \dots, M} (\text{TOPLAM}_{y=1, \dots, N} (H_1(x, y))^2)$$
$$E_1^v = \text{TOPLAM}_{x=1, \dots, M} (\text{TOPLAM}_{y=1, \dots, N} (V_1(x, y))^2)$$
$$E_1^d = \text{TOPLAM}_{x=1, \dots, M} (\text{TOPLAM}_{y=1, \dots, N} (D_1(x, y))^2)$$

Yani özellik vektörü (ÖV),

$$\text{ÖV} = (E_1^h, E_1^v, E_1^d)_{i=1, \dots, P}$$

P toplam dalgacık genişletme düzeyi sayısına tekabül eder, avuç izinin evrensel ayrıntılarını verimli bir biçimde ifade edebilir.

7. Sonuç ve Gelecek Çalışmalar

Klasik avuç izi ve parmak izi tanıma algoritmaları ayrıştırıldığı biyometrik unsurun tüm temel karakteristiklerini veya bu karakteristiklerin alt kümelerini karşılaştırmaya dayalı tekniklerdir. Buna rağmen birbirine benzeyen ve sadece ana çizgilerinin kalınlıkları bakımından birbirinden ayrılan avuç izleri olduğundan dolayı genelde bu ana çizgilerin veya kırışıklıkların varlığı biyometrik unsurun eşleştirilmesinde ve/veya tanınmasında yeterli olmamaktadır. Dalgacık enerjisi niteliği ise benzer özellikteki avuç izlerinin farklı çözünürlüklerde dalgacık dönüşümü yaparak ayırt edilmesini sağlamaktadır. Haar filtreleri uygulanarak yapılmış olan 3 düzey genişletilmiş dalgacık enerji niteliği ayıklama algoritması sonucu gerçekleştirilmiş tanıma başarı oranı %99'dur.

Gelecek çalışmalar, toplam işlem süresinin hesaplanması ve aynı algoritmaları paralel yöntemlerle uygulayarak toplam işlem süresinin azaltılmasını içermektedir.

8. Kaynaklar

- [1] Shen W., Tan T., "Automated Biometrics-based Personal Identification", *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, Vol. 96, pp. 11065-11066, September 1999
- [2] Ratha N., Senior A., Bolle R., "Automated Biometric", *IBM Thomas J. Watson Research Center*, P.O. Box 218, NY 10598
- [3] Funk W., Arnold M., Busch C., Munde A., "Evaluation of Image Compression Algorithms for Fingerprint and Face Recognition Systems", *Processing of the 2005 IEEE Workshop of Information Assurance and Security*, pp. 72-78, NY
- [4] "Palm Print Recognition" National Science of Technology Council (NSTC)", *Subcommittee on Biometrics*, 2006
- [5] Wu X., Wang K., Zhang D., "Wavelet Based Palmprint Recognition", *2002 IEEE, Proceedings of the First Int. Conference on Machine Learning and Cybernetics*, pp. 1253-1257, Beijing, 2002
- [6] Mallat S.G., "A Theory for Multi resolution Signal Decomposition: The Wavelet Representation", *1989 IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, pp. 674-693, Vol. 11, No. 7, July 1989
- [7] Gonzales R.C., Woods R.E., "Digital Image Processing", 2nd edition, ISBN: 0-13-094650-8