



**Research Article / Araştırma Makalesi**  
**FINGERPRINT RECOGNITION AND ID VERIFICATION USING WEBCAM**

**Kadir HIDIMOĞLU\*<sup>1</sup>, Lale ÖZYILMAZ<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Karfo Karacasulu Dış. Tic. A.Ş., Sirkeci-İSTANBUL

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Müh. Bölümü, Yıldız-İSTANBUL

**Received/Geliş: 21.07.2010 Revised/Düzelme: 08.10.2010 Accepted/Kabul: 20.10.2010**

---

**ABSTRACT**

While the use areas of biometric systems has not widen enough and the high costs as a result of this illustrate this technology as an expensive one. Because of this fact, in this research biometrical systems are examined and it's found meaningful to design a low-cost biometric system with keeping the use areas in mind. In this process, fingerprint recognition and ID verification using webcam concept is realized. Fingerprint verification is the method for recognition of the differences of lines and gaps over the human skin and comprasion of those. In this research this lines are transferred to MATLAB digital environment by using USB interface. By using adaptive treshnolding method and MATLAB's function image pre-processing as grey scaling and binarization, Median and FFT filtering comparing, then for thinning MATLAB's algorithm, "Least Square Method" and "Sobel" processes are used in order to extract direction mapping. For minutiae marking, MATLAB's function was used and for individual fingerprint comparison false characterstics were removed from the taken fingerprint and mistakes were corrected.

At last, successful results were obtained by using database, which was built by sixty fingerprint patterns of thirty different people, and user interface that was generated in MATLAB environment. It is observed that the success ratio of a sample which was gathered under suitable conditions, is %95.9184, false acception ratio is %3.33 and false rejection ratio is %1.66.

**Keywords:** Fingerprint recognition and ID verification using webcam, grey-scaling, binarization, thinning, deploying direction map, minutiae marking and fingerprint minutiae matching.

**WEB KAMERA KULLANIMI İLE PARMAK İZİ TANIMA VE KİMLİK TESPİTİ DOĞRULAMA**

**ÖZET**

Biyometrik sistemler, kullanım alanının yaygınlaşmaması ve maliyetinin yüksek oluşu sebebiyle halen pahalı bir teknoloji olarak görülmektedir. Bu nedenle çalışmada, biyometrik sistemler incelenmiş ve kullanım alanları göz önüne alındığında düşük maliyetli bir biyometrik sistem tasarımının yapılmasının yararlı olacağı düşünülmüştür. Bu çalışmada, web kamerası kullanımı ile parmak izi tanıma ve kimlik tespiti doğrulama sistemi gerçekleştirilmiştir. Parmak izi doğrulama, parmak yapısında bulunan deri özelliklerinin meydana getirdiği çizgi ve aralıkların farklılaşmasını kullanan karşılaştırma metodudur. Burada yapılan çalışmada bu çizgilerin web kamera kullanımı ile USB arayüzünden MATLAB dijital ortamına aktarımı yapılmıştır. Adaptif eşikleme metodu ve MATLAB fonksiyonu kullanımıyla görüntü ön işlemleri olan gri ölçeklendirme ve ikilendirme işlemi, Median ve FFT filtreleme karşılaştırması, sonrasında çizgi inceltimi için MATLAB algoritması, "Küçük Kareler Yaklaşımı" ve "Sobel" operatörü ile yön haritası çıkartımı gerçekleştirilmiştir. Özellik noktası bulunması işlemleri için MATLAB fonksiyonu kullanılmış olup, çıkartılan parmak izi özellik noktalarından yanlış özelliklerin kaldırımı ve hataların düzeltimi yapılarak özellik tabanlı parmak izi karşılaştırması için bireye ait desen çıkartılmıştır.

Son olarak, otuz kişiye ait altmış adet çeşitli parmak izi deseninden oluşan bir veri tabanı ve MATLAB ortamında gerçekleştirilen kullanıcı arayüzü ile parmak izi desenleri işleme tutularak başarı sonuçları elde edilmiştir. Uygun koşullarda alınmış olan bir örneğin karşılaştırmasında başarı oranının %95.9184, yanlış kabul oranının %3.33 ve yanlış geri çevirme oranının %1.66 olduğu görülmüştür.

**Anahtar Sözcükler:** Web kamerası kullanımı ile parmak izi tanıma ve kimlik tespiti doğrulama, gri ölçeklendirme, ikilendirme, inceltme, yön haritası çıkartımı, özellik noktası bulunması ve özellik tabanlı parmak izi karşılaştırması.

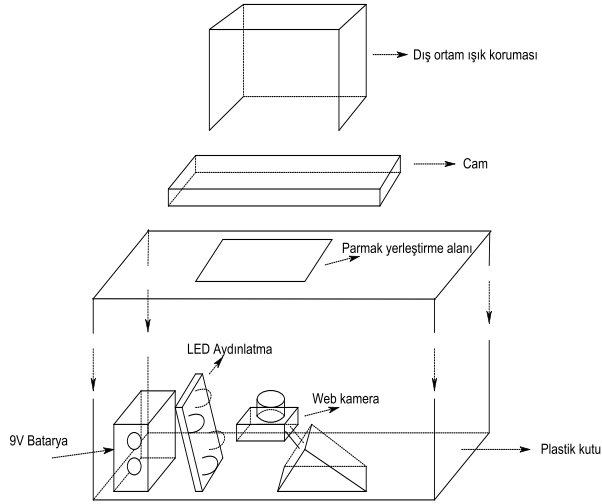
---

\*Corresponding Author/Sorumlu Yazar: e-mail/e-ileti: kadirhidimoglu@hotmail.com, tel: (212) 240 17 94

## 1. GİRİŞ

Biyometrik özellikler, fiziksel ve davranışsal karakteristiklere bağlı bireyleri birbirinden farklı kılabacak özelliklerin sisteme kayıt edilmesini ve kimlik doğrulama sürecinde kayıtlı verilere ulaşılmasını sağlar. Oluşturulan herhangi bir biyometrik sistemde dikkat edilmesi gereken nokta, dış ortamdaki alınan özelliğin doğru bir şekilde tam olarak alınması ve kayıt için dışarı etkilere karşı güvenilir bir veri tabanı oluşturulmasıdır. Bu çalışmada günümüzde geçerli olan ve gelişen teknikler incelenmiş olup bunların birleşimiyle yeni bir sistem oluşturulmaya çalışılmıştır.

Çalışmada gerçekleştirilen parmak izi tanıma ve kimlik tespiti doğrulama sistem düzeneği donanım kısmı Şekil 1.1’de verilmiştir.



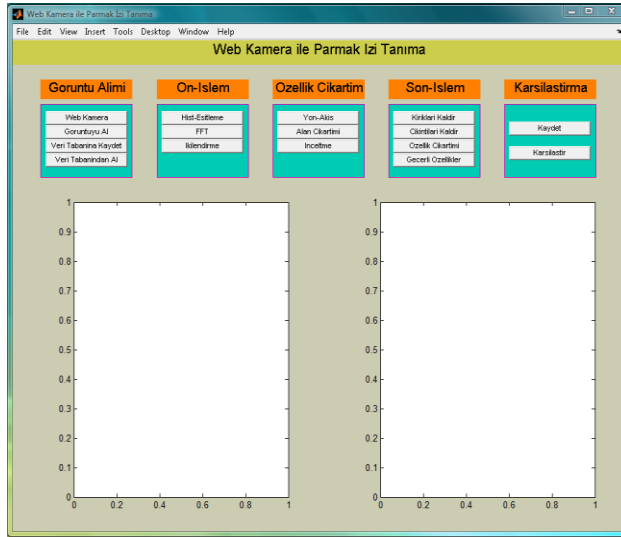
Şekil 1.1 Sistem düzeneđi

Şekil 1.1’de görüldüğü üzere sistem, 9 Volt pil ile beslenen dört adet LED tarafından aydınlatılan ışık kaynağı, kamera ve sistemi dışarıdaki etkilerden korumak için plastik bir kutu, parmak izinin dokunulması gereken yer için pürüzsüz bir cam ve kamerayı ortam ışık değişiminden etkilenmemesi için mat renkte bir gölgelik plastik korumadan oluşmaktadır.



Şekil 1.2 Parmak izi alma cihazı dış görünümü

Oluşturulan veri tabanı kullanılarak MATLAB programı ile parmak izi tanıma sistemi için gerekli algoritmalar gerçekleştirilmiş ve sistemin bir kullanıcı tarafından kontrolünü sağlamak amacıyla kullanıcı arayüzü oluşturulmuştur. Gerçeklenen arayüz gerçek zamanlı işlem yaparak, parmak izi görüntüsünün dış ortamdandır alınıp veri tabanına kaydedilmesi, ön işlemlerden geçirilerek sonuçların ortaya çıkarılması ve karşılaştırma yapılmasına kadar tüm ihtiyaçları karşılayabilecek durumdadır.



Şekil 1.3 Kullanıcı arayüzü

## 2. PARMAK İZİ TARAMA YÖNTEMİ

Özellik noktalarına dayalı yaklaşım olan ayrıntı tabanlı teknik, parmak izi alanındaki çatallar ve bitişler gibi yerel kısmi özellikleri gösterir. Bu yaklaşım geçerli mevcut parmak izi tanıma

ürünlerinin dayanak noktasını oluşturur. Bu çalışmada da bu özellik yaklaşımı üzerinde işlemler gerçekleştirilmiştir. Özellik noktalarına dayalı karşılaştırma tekniğinde, bu noktalar izden çıkartılıp, iki-boyutlu düzlemde noktalar seti olarak saklanır ve ardından çıkartım süreci boyunca çıkartılan aynı noktalarla karşılaştırılır. Ne yazık ki doğrulama süresi boyunca parmak izini kaydetme esnasında tamamen aynı açı, yatay çizgi ve dikey koordinat yerleştirmesi olanaksızdır. Bu sebeple çekirdek nokta, koordinat sistemi için merkez noktası olarak kullanılıp yine her bir özellik noktası için uzaklık ve açı çekirdeğe göre alınır. Doğrulama işleminde kullanıcının başarılı şekilde kaydedilmesi için gereken sayıda özellik noktası karşılaştırılmalıdır.

Bir parmak izi tanıma sistemi tarayıcı alet (yakalama ve kayıt), özellik çıkartım kısmı ve doğrulama için karşılaştırma kısmını içerecektir. Özellik çıkartım gerçekleştirilmesi, üç adımlı yaklaşımla gerçekleştirilir. Bunlar ön-işlem, özellik çıkartımı ve işlem sonrası basamaklarıdır.

Parmak izi görüntü ön-işlem basamağında, görüntü iyileştirmesi yapmak için histogram eşitlemesi ve Fourier Dönüşümü kullanılır [4]. Sonrasında parmak izi görüntüsüne yerel uyarlanabilir eşikleme metodu kullanılarak ikilendirme yapılır [9]. Görüntü parçalama işlemi üç adımlı bir yaklaşımla oluşturulur. Bunlar: blok yön kestirimi, yön yoğunluğu ile parçalanma [13] ve morfolojik işlemlerle İlgili Bölgesi çıkartımıdır. Özellik çıkartım basamağı için, etkili ve iyi inceltme kalitesi veren, MATLAB morfolojik inceltme işlemi uygun görülmüştür [14]. İşlem sonrası basamağında, algoritmanın özellik noktası alanındaki yanlışları kaldırması için dikkat gösterilmiştir [6][13].

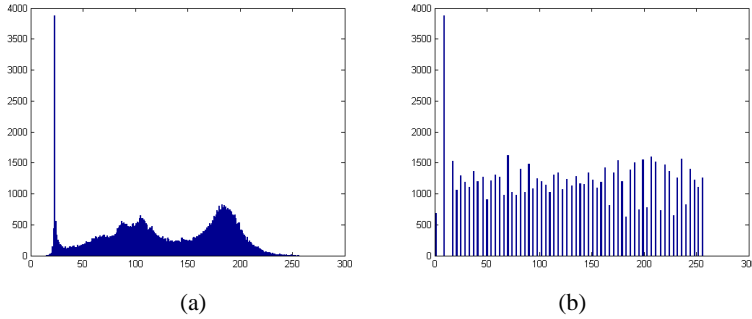
Özellik karşılaştırmada, herhangi bir referans özellik alınarak iki özelliğin önce birleşen çizgileri eşleştirilmiştir. Çizgilerin eşleşmesi uygunsa, iki parmak izi görüntüsü uyumaktadır ve karşılaştırma tüm geri kalan özellik alanı için devam ettirilir.

## **2.1. Görüntü İyileştirme**

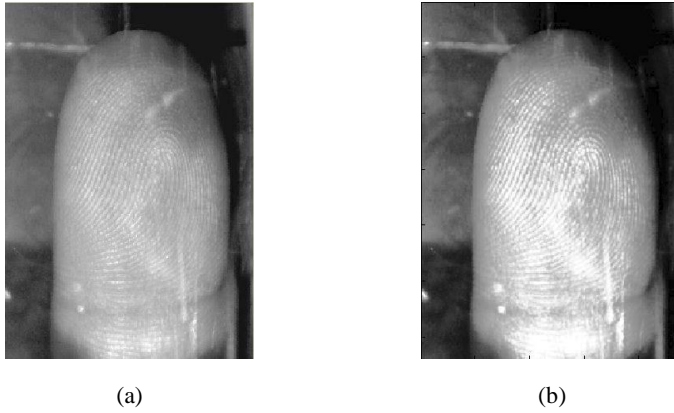
Bir parmak izi sisteminin performansı giriş görüntüsünün kalitesine bağlıdır. Parmak izi görüntü iyileştirmesi, görüntüyü daha ayrıntılı işlemler için temizler. Çizgi ve boşluklar arasında kontrast iyileştirmesi yaparak ayrıma varmada, yüksek kesinlikte parmak izi tanıma yapmak için bu tür iyileştirme metodu kullanılır. Parmak izi tanıma sisteminde iki metod uygulanır: birincisi Histogram Eşitleme ve diğeri Fourier Dönüşümü' dür.

### **2.1.1. Histogram Eşitleme**

Histogram eşitleme, pikselleri 0' dan 255' e tüm yoğunluğa yaymada kullanılır. Bazı görüntüler oldukça karanlık olabilir, bunların histogramları gerçek yoğunluklarına bağlı olarak neredeyse 0' a yakın bir yoğunluk değerine sahiptir. Öte yandan bazı görüntüler oldukça parlaktır, bunların histogramları da gerçek yoğunluklarına bağlı olarak neredeyse 255' e yakın bir yoğunluk değerine sahiptir. Bunlara bağlı olarak görüntünün kontrastı ne kadar artarsa şeklin görsel etkisi o kadar artacaktır. Histogram eşitlemesinden sonra histogram 0' dan 255' e yayılır ve görsel etki artırılır. Histogram eşitlemesi MATLAB kütüphanesinde bulunan "histeq" fonksiyonunun kullanımıyla gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2.1 Histogram eşitlemesi öncesi ve sonrası parmak izi görüntüsü histogramı a) Eşitleme öncesi, b) Eşitleme sonrası



Şekil 2.2 Histogram eşitlemesi öncesi ve sonrası parmak izi görüntüsü a) Eşitleme öncesi, b) Eşitleme sonrası

### 2.1.2. Fourier Dönüşümü ile Parmak İzi İyileştirme

Korelasyon karşılaştırması ayrık frekans alanında gerçekleştirilebilir. Bunun için öncelikle görüntüler üzerine aşağıdaki formüle verilen iki boyutlu Fourier Dönüşümü (FFT) uygulanır. Bu işlem ile görüntüler ayrık frekans alanına aktarılır.

$$F(u, v) = \frac{1}{\sqrt{MN}} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-j2\pi(ux/M + vy/N)} \quad (1)$$

$$u = 0, 1, 2, \dots, 31, \quad v = 0, 1, 2, \dots, 31 \quad (2)$$

Taşınan iki görüntü piksel piksel çarpılıp toplanarak ayrık alanda korelasyon sonucuna eşit olur. Bu şekilde frekans alanına aktarım yapılarak görüntünün işleme sokulması, taşınan pikselleri birbirinden bağımsız yaparak özellik kaybının önüne geçmesini sağlamaktadır.

Bu FFT dönüşümü, Watson, Candela, Grother (1994) ve Willis ve Myers (2001) tarafından sunulan, yerel çizgi doğrultusu ve frekansı açıklık hesaplaması olmaksızın bir takım bağlamsal filtreleme işleminde kullanılmaktadır. Burada baskın frekansa bağlı özel bir blok iyileştirmesi yerine, bloğun büyüklüğü FFT ile birkaç defa çarpılır. Görüntü ayrık olarak küçük

bloklara (32 ye 32 piksellik) bölünür ve bloğun Fourier dönüşümü bir K gücüyle artırılarak güç spektrumu çarpılır [2]:

$$I_{enh}[u, v] = F^{-1}\{F(I[u, v]) \times |F(I[u, v])|^K\} \quad (3)$$

Eşitlik (3)' teki "K", deneyerek hesapladığımızda bulunan seçilmiş bir sabittir. Büyük "K" seçimi çizgilerin belirginliğini artırıp, çizgilerde küçük delikleri doldurur. Daha büyük "K" seçiminde yanlış bağlanmış çizgiler sonucunu verir. Bu sebeple olağandışı bir çatalanma meydana gelir. Daha sonrasında işaretin ters Fourier Dönüşümü' nü almak için  $F^{-1}(F(u,v))$  olarak çözüm yapılır:

$$f(x, y) = \frac{1}{\sqrt{MN}} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) e^{j2\pi(ux/M + vy/N)} \quad (4)$$

$x = 0, 1, 2, \dots, 31, y = 0, 1, 2, \dots, 31$



(a)



(b)

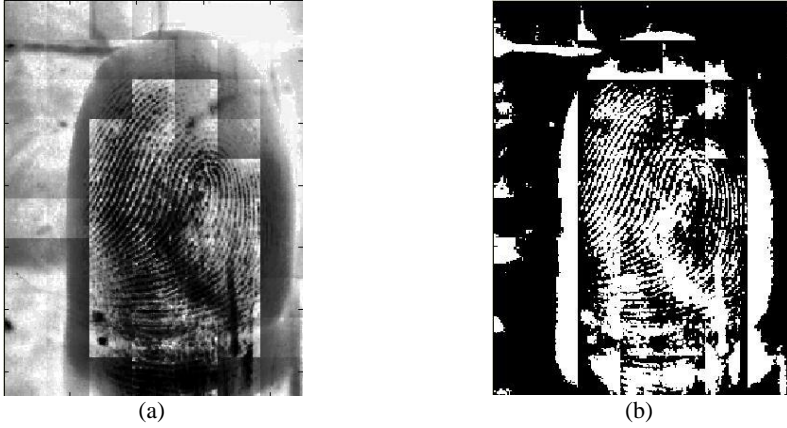
**Şekil 2.3** Histogram eşitlemesi ve FFT dönüşümü öncesi ve sonrası parmak izi görüntüsü  
a) Eşitleme ve dönüşüm öncesi, b) Eşitleme ve dönüşüm sonrası

Çalışmada aynı zamanda iki ayrı filtreleme türü ile başarı sonuçları karşılaştırılmıştır. Bunlardan ilki olan FFT ile ayırık frekans alanına aktarımı yapılarak işlem gerçekleştirme diğeri ise Median filtrelemedir. Burada uygulanan yöntemlerin işlem sırası kullanılan filtrelemenin türüne göre değişiklik göstermiştir. FFT filtrelemesinden sonra görüntü üzerinde ikilendirme işlemi yapılarak kenar belirleme yöntemi uygulanmış ve ardından inceltilmiş çizgi haritası çıkarılmıştır. Diğer filtreleme yöntemi olan Median filtrelemede ise filtreleme sonucu çıkan görüntüye, ikilendirme işlemi yapılmadan önce kenar belirleme yöntemi uygulanarak ardından ikilendirme işlemi yapılmış ve inceltilmiş çizgi haritası çıkartılmıştır. Her iki filtrelemenin başarı oranına etkisi "Uygulama Sonuçları" bölümünde verilmiştir.

## 2.2. Parmak İzi Görüntü İkilendirmesi

Parmak izi görüntü ikilendirmesi 8-bit gri ölçekli parmak izi görüntüsünü 0-değerli çizgiler ve 1-değerli boşluklar olarak görüntüye dönüştürür. İşlemden sonra izdeki çizgiler siyah renkte gözükürken boşluklar ise beyaz renkte olur. Fakat bu işlemde alınan parmak izi görüntülerinin aynı kontrast oranına sahip olmamasından gelen sorunlar vardır. Bu sebeple ilk olarak bu işlemde parmak izi görüntüsü ikilendirmesini gerçekleştirmek için yerel adaptif ikileme metodu uygulanmasına çalışılmıştır. Bu fonksiyonu kullanılarak görüntüden bir eşik değeri seçilir. 0 ve 1

arasındaki eşik yoğunluk değeri, bu fonksiyon kullanımından kararlaştırılır. Bu değer daha sonra gri ölçekli görüntüyü siyah ve beyaz görüntüye dönüştürmede kullanılır. Hesaplanan eşik değerinin aşağısında kalan piksel değeri 0 alınarak çizgiler siyah renkte gösterilirken, eşik değerinin yukarısında kalan piksel değeri boşlukları göstermek üzere 1' e çevrilir. Bu metod kısacası, geçerli bloğun (16x16) ortalama yoğunluk değerinin üzerinde ise piksel değerini 1' e dönüştürme işlemidir.



Şekil 2.4 Parmak izi görüntü ikilendirmesi a) İkileendirme öncesi, b) İkileendirme sonrası

### 2.3. Parmak İzi Görüntü Bölütlemesi

Görüntü bölütleme işleminde öncelikle geçerli çizgi ve boşlukların olmadığı görüntü alanı, arka plandan çıkartılır. Geri kalan geçerli alanın sınırları belirlenerek sensör dışında kalan gereksiz çizgiler haricinde bu sınırlar yeniden çizilir. Alan çıkartımı işleminde uygulanan ilk adım blok yön kestirimi ve yön doğrultu kontrolü gerçekleştirilmesi [6], sonraki adım ise bazı morfolojik metodlar ile düzenlemeler yapılmasıdır.

#### 2.3.1. Blok Yön Kestirimi

$W \times W$  (16x16 piksel) boyutundaki bloklara bölünmüş parmak izi görüntüsünün yön kestirim işleminde, bloktaki her bir piksel için x-boyutu  $\partial_x(i, j)$  ve y-boyutu  $\partial_y(i, j)$  boyunca gradyan değerleri hesaplanır. İşlemi gerçekleştirmek için iki adet Sobel operatörü (filtresi) kullanılır [10].

Yatay Sobel operatörü  $\partial_x(i, j)$  yi hesaplamak için kullanılır:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ 2 & 0 & -2 \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

Dikey Sobel operatörü  $\partial_y(i, j)$  yi hesaplamak için kullanılır:

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Her bir bloğun doğrultusu aşağıdaki En Küçük Kareler (Least Square) yaklaşımı formülü ile bulunur. Aşağıda takip eden eşitlikler ile her bloğun  $(i, j)$  pikselinde yerel yönü hesaplanır [7]:

$$\Delta_x(i, j) = \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} 2\partial_x(u, v) \partial_y(u, v) \quad (7)$$

$$\Delta_y(i, j) = \sum_{u=i-\frac{w}{2}}^{i+\frac{w}{2}} \sum_{v=j-\frac{w}{2}}^{j+\frac{w}{2}} (\partial_x^2(u, v) - \partial_y^2(u, v)) \quad (8)$$

Son olarak (i, j) pikselinde yön doğrultusu  $\theta(i, j)$  şu hale gelmektedir:

$$\theta(i, j) = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{\Delta_y(i, j)}{\Delta_x(i, j)} \quad (9)$$

Burada  $\theta(i, j)$ , (i, j) piksel merkezli bloğun yerel yöneliminin en küçük kare yaklaşımıdır. Bir (i, j) bloğunun komşuluk yön haritası tutarlılığı şu yaklaşımla ele alınır:

$$C(i, j) = \frac{1}{N} \sqrt{\sum_{i', j' \in D} |O(i', j') - O(i, j)|^2} \quad (10)$$

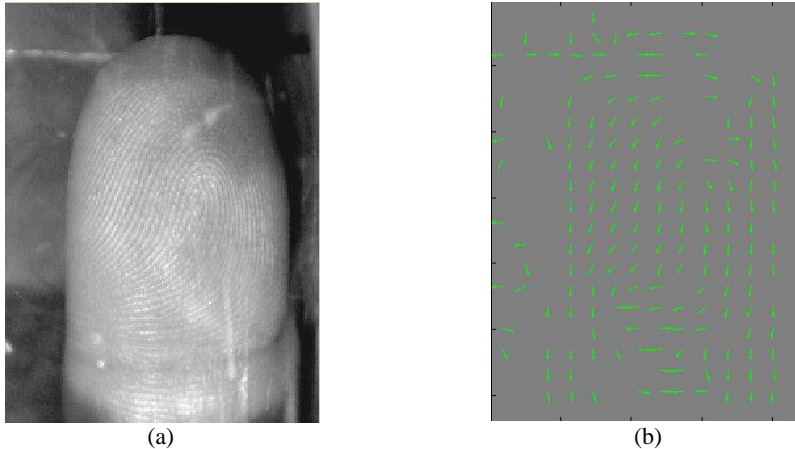
$$|O(i', j') - O(i, j)| = f(x) = \begin{cases} d, & d < 180 \\ d - 180, & \text{diğer} \end{cases} \quad (11)$$

$$d = (O(i', j') - O(i, j) + 360) \bmod 360 \quad (12)$$

Eğer  $C(i, j)$  belirli bir eşik değerinin altında ise bloktaki yönler daha düşük çözünürlükle yeniden hesaplanır. Burada N blok sayısını, D (i, j) bloğu etrafındaki yerel komşuluğu,  $O(i, j)$  bloktaki,  $O(i', j')$  bir sonraki bloktaki çizgi doğrultusu hesabını,  $C(i, j)$  bloğun yerel komşuluğundaki doğrul alanının kararlılık derecesini gösterir. Ayrıca iki bloğun yön doğrultusu arasındaki açıyı belirtmek için d simgesi Eşitlik (11) ve (12)' de formülize edilmiştir. Blokların yön doğrultusu kestirildikten sonra, çizgi ve boşluklar üzerinde anlamsız olan blokların durumu Eşitlik (13)' te verilen formül ile belirli bir eşik seçimine bağlı olarak bir karara bağlanır [9].

$$E = \frac{\{2 \sum \sum (\partial_x(u, v) \times \partial_x(u, v)) + \sum \sum \partial_y^2(u, v) - \partial_y^2(u, v)\}}{WxW \sum \sum \partial_y^2(u, v) - \partial_y^2(u, v)} \quad (13)$$

E değeri geçerli eşik seviyesinin altında ise, o blok arka plan resmi olarak kabul edilir. İşlem sonrası yön kestirim haritası Şekil 2.5' te gösterilmiştir.



Şekil 2.5 Yön kestirim haritası a) Gerçek görüntü, b) Yön kestirim sonrası görüntü



### 2.3.2. Morfolojik İşlemler ile Alan Çıkartımı

Morfolojik işlemler ikilendirilmiş görüntülerde; kenar çıkartımı, görüntü pekiştirme, gürültü kaldırımı ve bölütleme gibi işlemlerin yanı sıra inceltme ve kırpma gibi işlemler de sıkça kullanılır. Bunlar içerisinde en başta aşındırma ve yayma işlemleri gelir. Diğer işlemler bu iki özelliğin açılımlarından türemektedir. “OPEN (Açma)” ve “CLOSE (Kapama)” olarak iki morfolojik işlem bulunmaktadır. Açma işlemi görüntüleri yayarak arka plan gürültüsünden kaynaklanan tepeleri kaldırır. Kapama işlemi ise görüntüleri kırparak küçük çıkıntıları ortadan kaldırır. Daha sonrasında algoritma sol, sağ, üst ve alt blokları sınır dışına atarak iç alanı ve sınırı kapsayan bölgeyi elde eder. Bu çalışmadaki alan çıkartım işleminde yukarıda tanımlanan iki morfolojik işlemden türeyen “bwmorph(open)” ve “bwmorph(close)” ile birlikte ikili görüntüde nesnelerin çevresini bulan “bwperim” fonksiyonu kullanılmıştır.

Açma işlemi takiben kapama işlemi eşitliği şu şekilde sonuçlandırılır:

$$[(A \odot B) \oplus B] = (A \odot B) \odot B \quad (14)$$

### 2.4. Parmak İzi Çizgi İnceltimi

Bu çalışmada tekrarlayan paralel inceltme algoritması yerine MATLAB’ da bulunan morfolojik inceltme işlemi gerçekleştiren “bwmorph” fonksiyonu kullanılarak işlem yapılmıştır [3]. Bu fonksiyon, çizgiler bir piksel genişliğinde ve özellik çıkartım işlemine uygun olana dek işlemi tekrar ettirir. Bu işlemlerle ortaya çıkan inceltme işlemi aşağıdaki eşitlikler ile sonuçlandırılır.

$$(x_2 \vee x_3 \vee \bar{x}_8) \wedge x_1 = 0 \quad (15)$$

$$(x_6 \vee x_7 \vee \bar{x}_4) \wedge x_5 = 0 \quad (16)$$

$x_1, x_2, \dots, x_8$ , merkezdeki piksel  $X_H(p) = 1$  olan p pikselinin sekiz tane komşusunun değerleridir. Sağ yanındaki komşusundan başlayarak saat yönünün tersinde sıralanır.

İnceltilmiş çizgi haritasına diğer üç adet morfolojik işlem uygulanarak gürültülerin kaldırılması ve görüntünün temizlenmesi gerçekleştirilmiştir. Bunlar MATLAB kütüphanesindeki “bwmorph(clean)”, “bwmorph(hbreak)” ve “bwmorph(spur)” fonksiyonlarıdır. Buradaki “clean” fonksiyonu, merkez pikseli 1 yaparak çevresindeki pikselleri 0 yapma işlemi gerçekleştirir. Sonrasında gerçekleştirilen “hbreak” fonksiyonu H-bağlı pikselleri kaldırır yani üst ve alt sıra piksellerin arasındaki pikselleri temizleme işlemidir. Son olarak uygulanan “spur” fonksiyonu ile çizgi sonlarındaki bitimleri küçük parçalar tamamen kalkmadan kaldırma işlemidir.

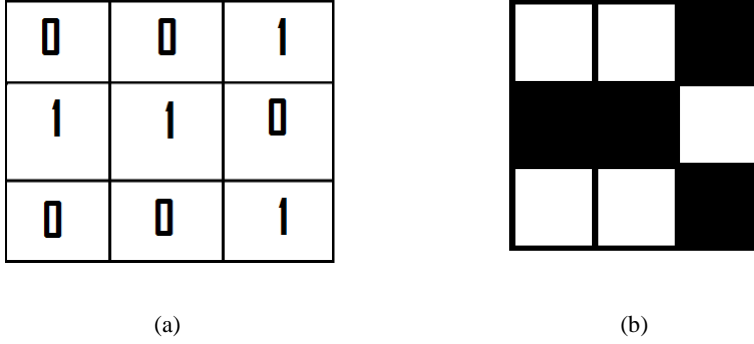
### 2.5. Özellik Noktalarını Belirlemek

Çizgi inceltimi yapıldıktan sonra özellik noktalarını çıkartmak için D. Rutowitz tarafından tanımlanan “Crossing Number (Çaprazlama Sayısı) (CN)” kullanılır. Bir P pikseli için çaprazlama sayısı aşağıdaki denkleme göre çıkartılır [10].

$$CN = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^8 |P_i - P_{i+1}| \quad (17)$$

$P_i$ , merkezi P pikseli olan 3x3 pencere için etrafındaki piksel değeridir.  $P_i = 0$  veya  $1$  ve  $P_1 = P_9$  dur. Yukarıda verilen denkleme bağlı bir genelleme yaparsak:

$CN(P) == 1$  ise bir çizgi bitimi,  $CN(P) == 3$  ise bir çatal noktasıdır.

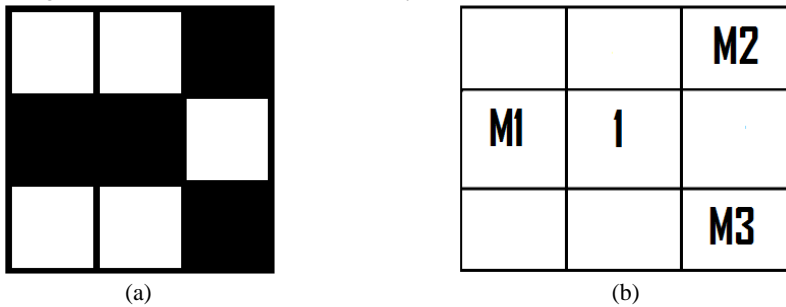


Şekil 2.6 Çatal tipi örneği a) Lojik komşuluk gösterimi, b) Desen biçiminde gösterim

Özellik noktası işaretlemesi ile birlikte, parmak izindeki tüm inceltiilmiş çizgiler ileriki işlemler için farklı kimlik ile etiketlenirilir. Etiketleme işlemi Morfolojik fonksiyon “bwlable” kullanımı ile gerçekleştirilir. Bu fonksiyon öncelikle pikselleri 0 işaretleyip arka plan olarak temel alır. Daha sonra bulunan değişik nesne sayısına göre 1’ den başlayarak sırayla değer ataması yapar. Kullanıcının seçimiyle yaptığı bağlı nesne sayısı (4 veya 8) seçimi yapıldıktan sonra bulunan değişik nesne sayısı kadar çıkış matrisi oluşturur.

## 2.6. Son İşlemler

İşlem sonrası düzenlemeler parmak izi görüntüsünden yanlış özellik noktalarını kaldırma, temizleme işlemidir. Bu işlemin uygulanmasındaki avantajlardan birisi çizgi detaylarını ve özellik noktalarını ayırt etmede kullanılır, bir diğeri ise hesaplama karmaşıklığı ve yükünü azaltıp kaldırma işlemini kolaylaştırmaktır. Yanlış özellik noktalarının kaldırımından sonra geriye kalan bitimlerin ve çatalların birleşimi gerçekleştirilir. Her özellik noktası bölgesi en az bir x-y koordinat düzlemi ve yön belirleme parametreleri ile belirtilir. Çatal noktasından türeyen üç çizginin hepsi kendi yön doğrultusuna sahiptir. Burada bir çatal, üç bitim noktasına ayrılarak bağımsız pikseller olarak ele alınmıştır. Yeni üç adet bitim noktası çatalın üç komşu pikselidir ve her bir üç çizgi kendine ait koordinat noktasına ve yön açısına sahiptir.



Şekil 2.7 Komşu piksel gösterimi a) Desen biçiminde gösterim, b) Özellik noktası gösterimi

Her bir bitimin ( $M_x$ ,  $M_y$ ) yön belirlemesine şu metod ile yaklaşılmaktadır:

Uzunluđu çizgi aralığı kadar ve başlangıç noktası bitim olan bir çizgi parçası takip edilir. Çizgi parçasındaki tüm noktaların x-koordinatları toplanır, bu toplam ile  $S_x$ ’ i elde etmek için toplam uzunluğa bölünür. Aynı şekilde  $S_y$  de bu yolla elde edilir.

Elde edilen yön açısı:

$$\theta = \tan^{-1} \frac{Sy - My}{Sx - Mx} \quad (18)$$

## 2.7. Özellik Karşılaştırması

Çalışmada uyuşma tabanlı karşılaştırma algoritması kullanılmıştır [6]. Bu yaklaşım birbiri ardına iki kısımdan oluşur: benzerlik kısmı ve karşılaştırma kısmı. Benzerlik kısmında, karşılaştırılacak iki parmak izinden herhangi birisinin özellik noktası seçilerek iki parmak izi bölgesindeki noktalarla ortak olan çizgilerin benzerliği hesap edilir. Şayet benzerlik değeri eşik değerinden (0.8) büyükse her bir özellik noktası takımı, merkezi referans noktasında olan ve x-ekseni referans noktanın yönü ile aynı yeni bir koordinat sistemine taşınır.

İki çizginin ilintisinin benzerliği Eşitlik (19) yardımıyla elde edilmektedir [14]:

$$S = \frac{\sum_{i=0}^m x_i X_i}{\sqrt{\sum_{i=0}^m x_i^2 X_i^2}} \quad (19)$$

$(x_i \cdot x_n)$  ve  $(X_i \cdot X_N)$  her bir parmak izine bağlı özellik noktası takımı olup, m ise n ve N değerinin küçük olanıdır. Benzerlik değeri 0.8' den büyük ise ikinci adıma gidilir, aksi takdirde bir sonraki çizgi çiftini eşleştirmeye devam eder.

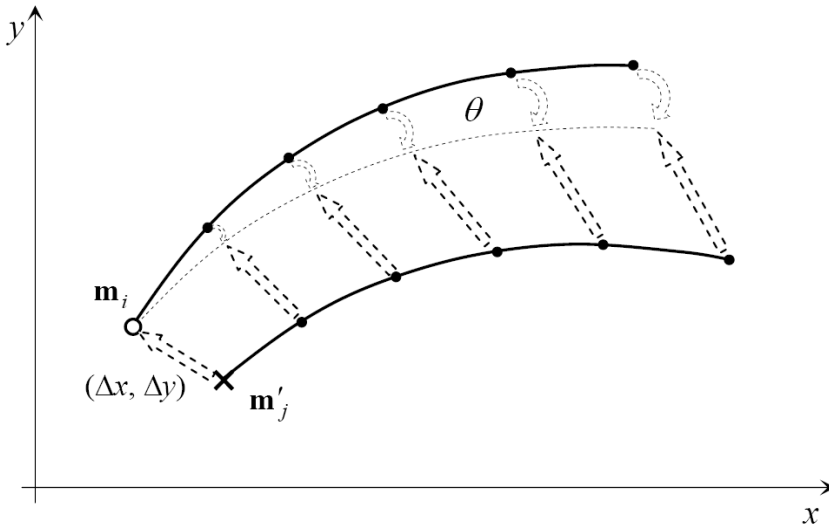
İkinci adımda her bir parmak izi için Eşitlik (20) ve (21)' ye göre, referans özellik noktasına dayanarak tüm diğer özellik noktalarına çevrilir ve döndürülür.

Giriş parmak izi  $I$  ve şablon  $T$  nin koordinat sistemine bağlı olarak gösterimi aşağıdaki ifadelerde yer verilmiştir.

$$T = \{ m_1, m_2, \dots, m_m \}, \quad m_i = \{ x_i, y_i, \theta_i \}, \quad i = 1 \dots m \quad (20)$$

$$I = \{ m'_1, m'_2, \dots, m'_n \}, \quad m'_j = \{ x'_j, y'_j, \theta'_j \}, \quad j = 1 \dots n \quad (21)$$

Burada  $x$  ve  $y$  noktaları konumları belirtirken  $\theta$  saat yönünün tersinde yönelim açısını gösterir.



Şekil 2.8 Koordinat ve açı gösterimi [5]



Eşleşmeler sonrasında çıkan yeni özellik noktaları tekrar koordinat noktalarına göre gösterilir.

$$Tp = \left( (r_1^T, e_1^T, \theta_1^T), \dots, (r_M^T, e_M^T, \theta_M^T) \right) \quad (24)$$

$$Ip = \left( (r_1^I, e_1^I, \theta_1^I), \dots, (r_N^I, e_N^I, \theta_N^I) \right) \quad (25)$$

Denklemlerdeki  $r$ ,  $e$  ve  $\theta$  referans noktaya bağlı yeniden oluşturulan yarıçap ve açığı göstermektedir. İki parmak izi için son olarak karşılaştırma oranı, toplam parmak izlerinin karşılaştırma oranıyla hesaplanır. Sonuç yüzde olarak hesaplanır ve sonuç geçerli bir eşik değerinden yukarıda ise iki parmak izi aynı olarak kabul edilir [5].

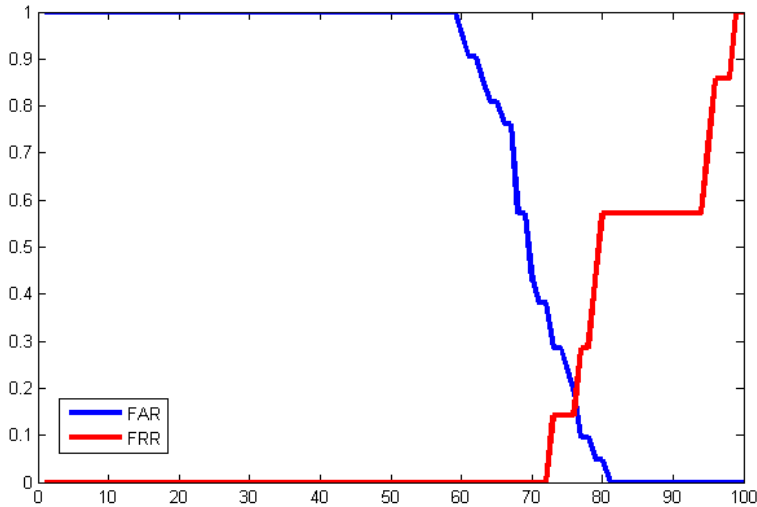
$$M_{TI} = \frac{N_{eşleşen}}{\max\{M,N\}} \times 100 \quad (26)$$

### 3. UYGULAMA SONUÇLARI

Veri tabanı otuz kişiye ait aynı parmak izinin çeşitli izlerinden ve farklı parmaklara ait 320x240 piksel çözünürlüğe sahip izlerden oluşturulmuştur. Yanlış red ve kabul oranını hesaplamak için veri tabanındaki bir kişiye ait parmak izi, kendisinin diğer izleri ile beraber başkalarının izleriyle karşılaştırılmış ve bu durumdaki karşılaştırma sonucuna bakılmıştır. Başka bir izin bu kişiye ait olduğunu bulma sonucu yanlışlıkla kabul oranı, kişinin kendine ait izi tanımaması ise yanlışlıkla geri çevrilme oranı olarak hesaplanmıştır. Alınan izler hangi eldeki parmağa ait ise diğer eldeki simetrik olanı işleme sokulmamıştır.

$$(\%)FAR = \frac{\text{Yanlışlıkla Kabul Edilen Sayısı}}{\text{Toplam Karşılaştırma Sayısı}} \times 100 \quad (27)$$

$$(\%)FRR = \frac{\text{Yanlışlıkla Geri Çevrilen Sayısı}}{\text{Toplam Karşılaştırma Sayısı}} \times 100 \quad (28)$$



Şekil 3.1 FAR-FRR grafiği

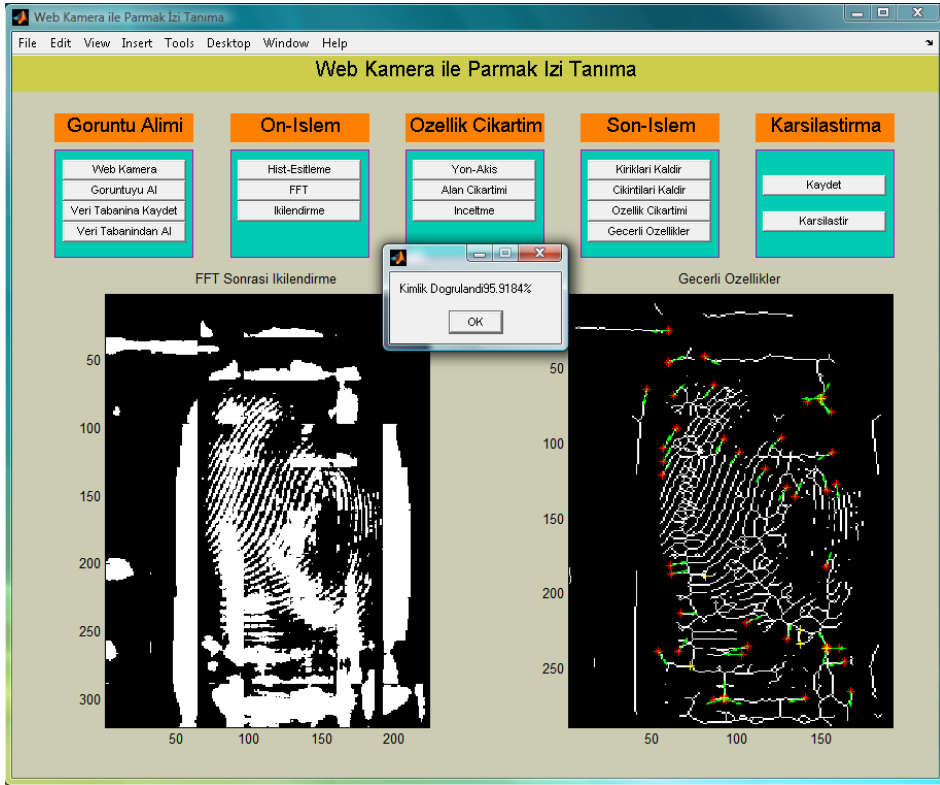
Şekil 3.1' deki grafikte yatay eksen eşik değeri sınırının % biçimini, dikey eksen FAR-FRR kriterine göre kişiyi kabul etme ya da geri çevirme yoğunluğunu göstermektedir. Görülüyor ki algoritma farklı parmak izlerini uygun bir eşik değeri seçildiğinde iyi bir doğruluk oranı elde edini mi sağlamaktadır. Karşılaştırmada kimlik tespiti için eşik değeri %85 seçilmiş olup bu değerin altındaki oranlar başka bir ize ait kabul edilip, üzerindeki değerler aynı iz olarak kabul edilmiştir. Karşılaştırma işlemi sonrasında bir kişiye ait kendi parmak izini geri çevirmesi bir kez, başka bir parmak izini yanlışlıkla kabul etmesi iki kez gerçekleşmiştir. Bu durumda %85 doğruluk eşik değerine bağlı kalarak FAR ve FRR değerleri şu şekilde bulunmuştur:

$$FAR = \%3.33 \quad (29)$$

$$FRR = \%1.66 \quad (30)$$

Median filtreleme sonrasında görüntüye doğrudan ikilendirme işlemi uygulandığında incelti miş çizgi haritasında kırık çizgi yapılarının daha fazla olduğu görülmüştür. Bu sebeple yöntem basamaklarının farklı sırada uygulanmasını zorunlu kılmıştır. Ayrıca Median filtreleme işleminin ardından kenar belirleme yönteminin uygulanması, çizgi yapılarının daha az kayıplı ve daha belirgin olduğunu göstermiştir.

Yüksek derecede yanlış kabullenme ve doğru geri çevirme, bazı parmak izi görüntülerinin kötü kalitede olmasından ve ortam koşullarından ileri gelmektedir. İyi koşullarda (uygun ışıklılık ortamı, temiz bir yüzey, belirgin bir parmak izi yapısı) alınmış olan bir örneğin karşılaştırma sonrası başarı sonuçlarına bakıldığında Median filtre uygulamasının FFT filtrelemeden daha başarılı olduğu anlaşılmıştır. FFT filtrelemede başarı oranı %95.9184, Median filtrelemede başarı oranı %97.1698 olarak bulunmuştur.



Şekil 3.2 Sonuç penceresi gösterimi

## REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Hıdınoğlu, K., (2010), "Web Kamera Kullanımı ile Parmak Izi Tanıma ve Kimlik Tespiti Doğrulama", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- [2] Maltoni, D., Maio, D., Jain, A., K., ve Prabhakar, S., (2009), Handbook of Fingerprint Recognition, Second Edition, Springer-Verlag London Limited.
- [3] Lam, L., Lee, S.W., ve Suen, C., Y., (1992), "Thinning Methodologies-A Comprehensive Survey," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol 14, No. 9, pp. 879.
- [4] Yeo, T., Tay, W., P., Tai, Y., Y., Image Systems Engineering Program, Stanford University, Student Project.
- [5] Jain, A.K., Hong, L., ve Bolle, R., (1997), "On-Line Fingerprint Verification", IEEE Trans. On Pattern Anal. and Machine Intell, 19(4), pp. 302-314.
- [6] Hong, L., (1998), "Automatic Personal Identification Using Fingerprints", Ph.D. Thesis.
- [7] Hong, L., Wan Y., ve Jain, A., K., (1998), Fingerprint Image Enhancement: Algorithm and Performance Evaluation, IEEE Transactions on PAMI, Vol. 20, No. 8, pp.777-789.
- [8] Gonzalez, R., C., ve Woods, R., E., (1992), Digital Image Processing, 2/E, Addison-Wesley, Massachusetts.
- [9] Ratha, N., Chen, S., Jain, A., K., (1995), "Adaptive Flow Orientation Based Feature Extraction in Fingerprint Images", Pattern Recognition, Vol. 28, pp. 1657-1672.
- [10] Thai, R., (2003), "Fingerprint Image Enhancement and Minutiae Extraction", School of Computer Science and Software Engineering, The University of Western Australia.
- [11] O'Gorman, L., (1998), "Overview of fingerprint verification Technologies", Elsevier Information Security Technical Report, Vol. 3, No. 1.

- [12] Jain, A., K., (1989), Fundamentals of Digital Image Processing, Prentice-Hall, Inc.
- [13] Jain, L., C., Halici, U., Hayashi, I., Lee, S., B., ve Tsutsui, S., (1999), Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition, the CRC Press.
- [14] Wuzhili, (2002), "Fingerprint recognition", Student project, Hong Kong Baptist University.