

AVUÇ İÇİ ÇİZGİLERİNE GÖRE BİYOMETRİK TANIMA

Vasif V.NABIYEV¹

Murat EKİNCİ²

Yusuf ÖZTÜRK³

^{1,2,3}Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Mühendislik-Mimarlık Fakültesi

Karadeniz Teknik Üniversitesi, 61080, Merkez, Trabzon

Anahtar sözcükler: Biyometrik Tanıma, Modelleme

ÖZET

Bu bildiride, yeni bir biyometrik yöntem olan avuç içi izine göre kişilerin tanınması önerilmektedir. Avuç içi özelliklerinin belirlenmesi görüntü işleme ve yorumlama olarak iki ana aşamadan oluşur. Görüntü işleme aşamasında sırası ile avuç içi (aya) sınırlarının bulunması, görüntünün ikileştirilmesi, eldeki parmakların görüntüden kaldırılması, aya bölgesinde tüm kenar bilgilerinin üretilmesi, gürültü bastırma, inceltme ve görüntüdeki kenar bilgilerinde oluşan kopuklukları ve çatallaşmaları gidermek amacıyla onarımsı işlemleri yapılır. Görüntü işleme aşamasının sonunda tanıma modeli için gerekli aya çizgi hatları belirlenir. Çalışmanın sonraki aşaması ön sınıflandırma özelliği olarak görüntü işleme modelinin ürettiği aya morfolojisindeki dört ana çizgi ele alır. Sonra ise elde edilen bu çizgilerden ilişkisel grafa dayalı model oluşturulmakta ve sınıflandırma yapılarak tanıma işlemi gerçekleştirilmektedir.

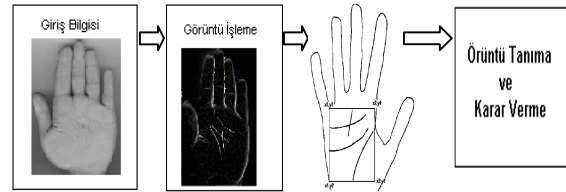
almakta ve toplam hata oranını yükseltmektedir. Örneğin parmak izi için elde edilen yüksek tanıma başarısı genellikle on parmak üzerinden tanıma işleminin gerçekleşmesindedir. Kimlik tespitinde avuç içi bilgileri yardımı ile ön sınıflandırma yapılarak tanıma verimliliğinin artırılması ve daha kısa sürede gerçekleştirilmesi mümkündür.

Avuç içi, parmak ucu bölgesine nazaran büyük görüntü alanına sahip olmasına karşın morfolojik yapısından dolayı daha basit ve hızlı biçimde onarılabilmektedir. Ayrıca parmak izinin birim alandaki bilgi yoğunluğunun avuca oranla daha fazla olması, veritabanı hacminin, bilgisayara getireceği yükün (zamansal ve işlemsel) artmasına ve algılama verimliliğinin azalmasına neden olur[6]. Aya çizgi bilgilerinde çakışma olduğu durumlarda, sınıflar içerisinde parmak izine dayalı arama işlemi gerçekleştirilerek tanıma sürecinin hızlandırılabileceği düşünülmektedir. Avuç içinin tanınmasında önerilen sistemin aşamaları Şekil 1'de verilmiştir.

1. GİRİŞ

İnsanın tanınması bir çok bilim dalının önemli araştırma konularındandır. Buna en iyi örnek suçluların bulunmasında kullanılan kriminal tanıma yöntemleridir. Yorumlamaya dayalı akıllı tanıma sistemlerinin tasarımı günümüzde araştırmacıların ilgilendiği önemli konulardandır [1, 2].

İnsanın biyometrik özelliklerinin tanınmasına yönelik farklı yaklaşımlar söz konusudur. Bu yaklaşımlar; sesin, el yazısının ve insanın fiziksel özelliklerinin (yüz, parmak izi, retina..vb) işlenmesine dayalı olmaktadır. Biyometrik yaklaşımlarla kişilerin kimlik saptamasında daktiloskopi'nin büyük önemi vardır. Daktiloskopi, bireylerin parmaklarındaki izlerin morfoloji özelliklerine göre tanınmasıyla uğraşan bilim dalıdır. Kimlik tespitindeki araştırmalar, çoğunlukla parmak izlerinin tanınması üzerinde yoğunlaşmıştır [3,4,5]. Parmak izinin tanınması, diğer biyometrik yöntemler gibi aşağıdaki aşamaları içermektedir; görüntüdeki kenarların elde edilmesi, yönlü görüntünün hesaplanması, yönlü görüntünün bölümlenmesi, ilişkisel grafin oluşturulması, graf eşleştirmesi ve sınıflandırma. Bu işlemler çok zaman



Şekil-1. Avuç içi çizgilerinin tanınmasının genel yapısı

Önerilen yaklaşımın görüntü işleme bölümü, aya sınırlarının bulunması, görüntünün ikileştirilmesi, parmakların kaldırılması, aya bölgesindeki tüm kenar bilgilerinin üretilmesi, gürültü bastırma, inceltme ve onarım işlemi aşamalarından oluşur [7]. Görüntü işleme aşamasının sonunda tanıma modeli için gerekli olan aya çizgi hatları belirlenmektedir. Avuç içine göre kişinin tespitinde söz konusu modelin oluşturulması önem taşımaktadır. Çalışmada ön sınıflandırma özelliği olarak görüntü işleme modelinin ürettiği aya morfolojisindeki dört ana çizgi ele alınmaktadır.

2. AVUÇ İÇİ ÇİZGİLERİNİN GÖRÜNTÜDEN ÜRETİMİ

Önerilen yaklaşımda avuç görüntüsünün işlenmesi aşağıdaki şekilde gerçekleştirilir: el imgesinin avuç içi çizgilerinin elde edilmesindeki ilk aşama görüntüdeki avuç bölgesinin belirlenmesidir. Bu amaçla önce el görüntüsünün histogram dağılımından yararlanarak el ve zemin bölgeleri ayrımı yapılır. *Histogram germe* (Stretch) işlemi ile el ve zemine ait piksellerin parlaklık değerleri farkı artırılır. Bu işlem sonucunda el bölgesindeki pikseller beyaz, diğer pikseller ise siyah yapılarak görüntü ikileştirilir. Önerilen algoritmada hızlı ve etkin biçimde avuç içine odaklanmanın sağlanması için tanımda işlenecek olan el görüntüsünde uygun bölgenin (avuç bölgesi) belirlenmesi gerekir.

Görüntünün ilk ön-işleme adımında ikileştirilmiş görüntüde avuç bölgesine ait bilgilerde gürültülerden dolayı olabilecek hatalı veriler temizlenmelidir. Morfolojik filtreleme işlevleri uygulanarak el görüntüsündeki olabilecek küçük delikler (oluklar) ve bilgiyi bozabilecek kırıklıklar kaldırılır. El sınırının üretilmesinde ilk önce ikili giriş bilgisi üzerinde ardışık olarak 2 *genişletme* (dilation) işlemi uygulanır ve ikili A bilgisi elde edilir. Üretilen A ikili görüntüsüne *erime* (erosion) işlemi uygulanarak oluşturulan B görüntüsü bilgisiyle A bilgisinin farkı alınarak el bilgisinin sınır değerleri üretilmiş olur.

Bir sonraki aşamada, ikileştirilmiş görüntünün el resmi olup olmadığı ve el resmi olduğunda sadece avuç bilgisinin işlenmesi için görüntüdeki aya bölgesinin belirlenmesi görüntü işlemenin bir sonraki hedefidir. İkili görüntülerin iskelet yapılarının çıkarılmasına dayalı tanınması ve konumlandırılması amacıyla literatürde benzeri çalışmalar vardır [9, 10]. İkili görüntünün iskelet yapısının çıkarılmasında inceltme (thinning) ve uzaklık dönüşümü (distance transform) gibi bir çok standart teknikler kullanılmaktadır. Bu tekniklerde hesaplama ve işlem yükü oldukça fazladır; cisim sınırlarındaki muhtemel gürültülere çok duyarlıdır. Çalışmada cismin iskelet yapısının çıkarılması amacıyla önerilen yöntemin basitliği, algoritma karmaşıklığının azlığı ve adimsal olmamasıyla işlem yükünü oldukça düşürür. İkili görüntüden algılanan sınır noktalarının yorumlanmasının basitleştirilmesi de önerilen cisim iskeletinin üretilmesi yaklaşımının üstünlüklerinden biridir. Ayrıca ölçeklendirme probleminden etkilenmediği gibi, cisim hakkında öncül yapı bilgisine ihtiyaç duymaması sunulan algoritmanın diğer avantajlarından. Önerilen cisim iskelet çıkarma algoritmasının işlem adımları kısaca aşağıda verilmiştir.

1. Cisim görüntü sınırlarının merkezi (x_m, y_m) belirlenir.

$$x_m = \frac{1}{N_c} \sum_{i=1}^{N_c} x_i ; \quad y_m = \frac{1}{N_c} \sum_{i=1}^{N_c} y_i \quad (1)$$

Burada (x_m, y_m) sınır piksel konumunun merkezini, N_c cisim sınır piksellerinin sayısını, (x_i, y_i) ise cismin sınırlarındaki pikseli ifade eder.

2. Sınır piksellerinin merkezinden, (x_m, y_m) , her bir sınır cisim sınır piksel noktasına (x_i, y_i) olan uzaklıklar (d_i) hesaplanır.

$$d(i) = \sqrt{(x_i - x_m)^2 + (y_i - y_m)^2} \quad (2)$$

Burada $d(i)$ parametresi tek boyutlu ayırık fonksiyon olarak ifade edilir.

3. Elde edilen $d(i)$ parametresi (2) bağıntısındaki ayırık fonksiyonda olabilecek gürültülerin indirgenmesi için düzleştirme (smoothing) işlemine tabi tutulur. Bu işlem zaman domeninde doğrusal düzleştirme (mean, median gibi) ve alçak geçiren filtreleme ile yapılır.

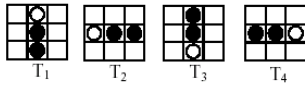
4. Düzleştirilmiş $d(i)$ fonksiyonunun yerel maksimumu adimsal eşik belirleme algoritması ile bulunur. Daha sonra benzer şekilde bulunan yerel maksimumlar arasındaki vadiler belirlenir.

Yerel maksimumlar görüntüdeki parmak uçlarını, bu maksimumlar arasındaki vadiler ise parmak arasındaki birleşim noktalarını gösterirler. Bu bilgiler görüntüye aktararak parmak konumları ve parmaklar arası birleşimler belirlenir, ve el modeli oluşturulur. Üretilen bu bilgilerle el konumunun konuşlandırılması ve avuç sınırlarının belirlenerek görüntü işleme algoritmasının doğrudan avuç bölgesine yönlendirilmesi sağlanır. Önerilen algoritmaya göre el görüntüsünde parmaklar açık olmadığında düzleştirilmiş $d(i)$ fonksiyonunun maksimum değerleri parmak ucu bilgilerini verecektir. Bu sonuçlardan ve elin yapısal bilgilerinden faydalanarak işlenecek avuç alanı yine kolaylıkla bulunabilir. Bu işlemin ardından, avuç çizgilerini elde etme amacıyla yatay ve dikey *Sobel maskeleri* uygulanarak her piksel için kenar genliği ve yön bilgileri üretilir. Kenarların belirlenmesi için kenar genlik değerlerinin histogram dağılımı üzerinde otomatik eşik belirleme işlemi yapılmalıdır. El görüntüsü alınırken oluşabilecek ışık yoğunluklarındaki farklılıklar görülebilir. Işık yoğunluk farkının etkisini azaltmak için aya bölgesi birkaç parçaya ayrılarak yerel eşik değerleri belirlenir. Kenar görüntüsünde her bir parçanın histogram dağılımına adimsal eşik belirleme yöntemi uygulanarak her bir bölge için T_1 ve T_2 gibi iki tepe değeri elde edilir. Sonra ise bu tepe değerleri Canny kenar algılama tekniğine benzer tarzda yorumlanır [10]. Canny mantığına göre, T_1 'den küçük piksel genlikleri kesin kenar değil, T_2 'den büyük piksel değerleri kesin kenar, ikisi arasında genliğe sahip olanlar ise karar verilecek pikseller olarak etiketlenir (Şekil-3.b). T_1 ve T_2 arası parlaklık değerleri hakkında, piksellerin yön bilgileri ve komşuları yardımıyla karar verilir. Bu karar için kullanılan özyinelemeli algoritma uyarınca, 8 komşuluğunda kenar olarak etiketlenmiş bir piksel ile

aynı yön bilgisine sahip olan ara değerli piksel kenar olarak etiketlenirilir.

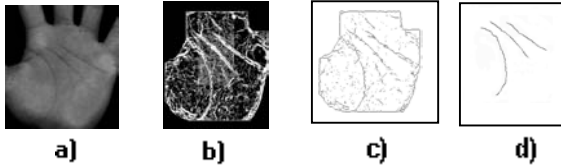
Kenar bilgilerinin elde edilmesinin ardından, bilgi kaybını önlemek amacıyla bazı onarımlar yapılır. Örneğin boşluk doldurma işlemiyle çizgiler kalınlaştırılır. Bu kenarlar üzerinde bazı yorumlar yapabilmek için inceltme işlemi uygulanır ve tek piksel kalınlıklı kenarlar elde edilir. Çalışmada bu amaçla Stentifort inceltme tekniği kullanılmıştır[10]. Görüntüdeki tüm pikseller için Şekil-2'deki maske yapılarına uyan alanlar için (3) ilişkisine göre C_n bağlantısallık(Connectivity number) hesabı yapılır. $C_n=1$ için uç nokta(end point) olmayan merkez pikseller silinerek inceltme yapılır (Şekil-3.c).

$$C_n = \sum_{k \in S} N_k - (N_k * N_{k+1} * N_{k+2}), S = \{1,3,5,7\} \quad (3)$$



Şekil-2. İnceltme işlemi için uygulanan maskeler.

$C_n=1$ olması merkez pikselin silinmesi bilgi kaybına neden olmaz. İnceltme işleminin ardından oluşabilecek kapalı bölgeler tespit edilir, doldurulur ve tekrar inceltme uygulanarak düzeltilir. Ardından bilgi değeri taşımayan, belirli bir sayıdan az piksel içeren eğriler görüntüden kaldırılır. Sonuç olarak tanıma işleminin uygulanacağı eğriler elde edilir(Şekil 5.d).



Şekil-3. Avuç çizgilerinin elde edilmesi aşamaları.

- Orijinal gri seviyeli el resmi, b) Avuç bölgesi belirlenmiş görüntüdeki lokal eşiklemeye dayalı üretilmiş kenar görüntüsü, c) İkileştirilmiş görüntü, d) Algılanan avuç çizgileri.

3. AVUÇ İÇİ ÇİZGİLERİN TANINMASI

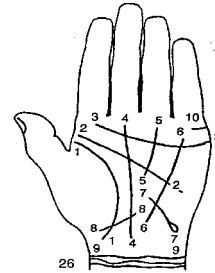
Modelin oluşturulmasında aya çizgilerinin eğimleri, birbirine olan ilişkileri, sayısı ve uzaklıklarına göre belirlenen özellikler göz önüne alınır. Bu özelliklerin bulunması sırasıyla şu işlemlerin yapılmasını gerektirmektedir; çizgi parçalarının ayrıştırılması, çizgi birleştirme, çizgi tanımlama, çizgi gruplaştırma, her çizginin eğiminin ($\Delta y/\Delta x$) hesaplanması, ilişkiyel grafin oluşturulması.

Avuç içi çizgileri tanınmanın en basit yolu parmak izinde olduğu gibi *şablon eşlemedir*. Bu durumda her bir örüntü sınıfına bir şablon karşılık getirilerek bu şablonlar kümesi bellekte tutulur. Giriş bilgisi her bir sınıfın şablonu ile karşılaştırılır. Sınıflama, daha önceden belirlenmiş eşleme veya benzerlik ölçütüne

göre yapılır. Örüntünün tamamının yerine, seçili bazı özelliklerin karşılaştırılması daha hızlı ve güvenilir sonuç üretmektedir. Bu sebeptendir ki, örüntü tanıma işlemi *özellik çıkarma* ve *sınıflama* gibi iki ayrı aşamayı içerir. Özellik çıkarma, örüntü üzerinde bazı ölçümler yaparak sonuçların vektörel biçimde gösterilmesidir. Bu özellikler problemin yapısına göre oldukça farklılık gösterebilir. Ayrıca özelliklerin birbirlerine göre önem dereceleri ve pahaları (cost) da farklı olabilir. Bu sebeple özelliklerin, sınıfları birbirinden iyi ayırt edecek ve elde edilmiş pahaları düşük olacak şekilde seçilmelidir. Sınıflamada, çıkarılan özelliklere dayanarak verilen örüntünün hangi sınıfa ait olduğuna karar verilir.

Avuç içi çizgileri de parmak ucu çizgileri gibi tepe (ridges) ve vadilerden (valleys) oluşmaktadır. Tanıma işleminde ilk önce avuç içi çizgilerin özelliklerinin belirlenmesi ve sınıflandırılması gerekir. Çizgilerin sınıflandırılmasıyla eşleştirme işleminde hız ve zaman kazancı sağlanır. Avuç içi çizgi desenleri, Galton sınıflandırılmasına benzer olarak [11] farklı gruplara bölünmektedir. Bu gruplar çizgilerin yapısal ve morfoloji özelliklerine dayalı yapıdır. Yapısal özelliklere göre sınıflandırmada, çizgilerin birbiriyle olan ilişkileri ele alınır. Bu özelliklerden bazıları; *Kesişmeyen Kavisler*, *Kesişmeyen paralel çizgiler*, *Dalga şekilli kesişen çizgiler*, *Çatallı erken kesişmeler*'dir.

Morfoloji ölçütüne ise çizgilerin ayrık biçimde yapıları, düğüm biçimleri, uç noktaları vb özellikler yer alır. Çalışmada gerçekleştirilen tanıma yönteminin basitliği için Şekil-4'de verilmiş 1-1,2-2,3-3,4-4 eğrileri kullanılmaktadır.



Şekil-4. Avuç içinin temel çizgileri

3.1. ÖZELLİK BELİRLEME VE SINIFLANDIRMA

Avuç çizgilerinin özelliklerinin belirlenmesinde, çizgilerin eğimleri, karşılıklı ilişkileri, konumları ve sayıları gibi nitelikler kullanılmıştır. Bu nitelikler üzerinde; çizgilerin uç ve kesişme noktalarının belirlenmesi, sürekli çizgilerin belirlenmesi, çizgi tanımlama, çizgi gruplaştırma, çizgilerin eğimlerinin ($\Delta y/\Delta x$) hesaplanması, ilişkiyel grafin oluşturulması işlemleri sırasıyla yapılır. Bu şekliyle avuç içi çizgileri bir karakter tanıma problemine

dönüştürülebilir. Çalışmada özellikler belirlendikten ve sınıflandırmalar yapıldıktan sonra avuç içi çizgilerin tanınması amacıyla graf teorisine dayalı topolojik yaklaşım izlenmektedir. İlk önce bulunan çizgilerin uç noktaları belirlenerek bu çizgilerin eğimleri hesaplanır. Çizgilerin komşuluğu kullanılarak elde edilen İlişkisel graf aya çizgilerinin makro yapısını belirtir. Grafta, düğümler çizgilere, kenarlar ise bu çizgilerin kesişimlerine karşılık gelir.

Uygun komşuluk matrislerinin ifade ettikleri graf yapılarının izomorfluğu araştırılarak avuç izi sınıflandırılması gerçekleştirilir. Avuç içi çizgilerinin sınıflandırılması problemi çok zor bir problemdir. İyi bir sınıflandırma sistemi aşağıdaki koşulları sağlamalıdır;

- çok güvenilir olmalıdır; her avuç içi çizgilerini sınıflandırmalıdır,
- seçici olmalıdır; her avuç içi çizgisini veri tabanında büyük sayıda birbiriyle kesişmeyen sınıflara bölmelidir,
- etkili (verimli) olmalıdır; her bir avuç içi çizgileri kısa süre içerisinde işlenmelidir.

Avuç içi çizgilerinin modeli oluşturularak sınıflama işlemi gerçekleştirildikten sonra bilgi tabanına ekleme ve tabandaki verilerle karşılaştırma (eşleştirme) işlemleri yapılmaktadır. Ekleme işlemi, giriş avuç çizgilerinin önceden tanımlanmış bir sınıfa dahil edilmesidir. Eğer tabandaki tüm avuç çizgileri sınıflandırılmışsa, eşleştirme işlemi daha verimli şekilde gerçekleştirilir.

4.SONUÇ

Çalışmada yeni bir biyometrik yöntem olan avuç içi izine göre kişilerin tanınması önerilmiştir. Ayrıca avuç izi bilgileri, parmak izine göre tanımda işlem sayısının azaltılması amacıyla bir ön sınıflandırma olarak kullanılabilir. Avuç içi de parmak izi gibi kişilere özgü olup tekrarlanmamaktadır; ayrıca daha az veri işleneceğinden, daha basit ve kısa sürede uygulanır. Bir uygulama alanı olarak avuç izinin tanınmasına dayalı *otomatik kilitler, oy verme sistemleri* veya *akıllı silahlar* düşünülebilir.

Parmak izlerinin tanınmasında alan daha küçük olmasına rağmen, birim alanda işlenecek veri daha fazladır. Bu ise bilgisayarlı uygulamalarda ekstra yük getireceğinden, veri tabanlarının hacmi büyüdükçe ve parmak izi belirleme hususundaki isteklerin miktarı arttıkça, algılamanın verimliliğini düşürecektir. Dolayısıyla çakışma olduğu durumlarda verimliliği artırmak ve daha kısa sürede tanıma işlemini gerçekleştirmek için, avuç bilgileri farklı biyometrik yöntemlerde ön sınıflandırma olarak kullanılabilir.

Çalışmada yeni bir biyometrik yöntem önerilmekle beraber, elin (veya herhangi bir cismin) yapısının sanal ortamda anlaşılması için anlamsal yaklaşım sunulmuştur. Görüntünün işlenmesinden sonra tanınmanın gerçekleştirilmesi için avuç izlerinin sınıflandırılması yapılmış ve basitleştirilmiş ilişkisel

graflar temelinde modeli oluşturulmuştur. Çalışmada sınıflandırma işlemi amaçlandığından, $\langle(V,U),(W,P)\rangle$ ilişki graflarında, düğümlerin ve kenarların W ve P ağırlıkları göz önüne alınmamıştır. Çizgilerin konumu değil, yapısal özellikleri (sarmallar, çatalmalar, düğümler vb) de belirlenerek avuç modeli daha güçlü duruma getirilebilir. Yaklaşık bin kişinin avuç izi görüntülerinden oluşturulan veri tabanı üzerindeki testlerde sınıflandırma işlemi %98 başarı vermiştir. Ancak uygulamalarda sınıflandırılmada elde edilen bu yüksek başarının tanıma aşamasında (modelde W ve P ağırlıkları değerlendirilmediğinden) biraz daha düşük olduğu görülmüştür. Avuç izine dayalı ön sınıflandırmadan faydalanarak kişilerin tanınmasında kullanılan diğer biyometrik yöntemlerin başarıları daha da yükseltilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Ignatyev V., "Kriminoloji", *Nauka, Moskova, 1998.*
- [2] D. Maio, D. Maltoni, " A Structural Approach to Fingerprint Classification", *Proceeding of 13th Int. Conf. on Pattern Recognition, Vienna, August, 1996.*
- [3] J S. Singh, 2D Spiral Pattern Recognition With Possibilistic Measures, *Pattern Recognition Letters* 19, pp. 141-147, 1998.
- [4] K. Karu and A. Jain, Fingerprint Classification, *Pattern Recognition* 29, pp. 389-404, 1996
- [5] V.Matyas Jr and Z. Riha,"Biometric Authentication Systems", SJB Services, ECOM-Monitor İnstitution Report,2000.
- [6] K. V. Mardia, A. J. Baczowski, X. Feng, and T. J. Hainsworth, Statistical Methods for Automatic Interpretation of Digitally Scanned Finger prints, *Pattern Recognition Letters* 18, pp. 1197-1203, 1997.
- [7] M. Ekinci, V. V. Nabiyev, Y. Öztürk, "Avuç İçi Çizgilerine Dayalı Kişilerin Sınıflandırılarak Tanınması", 11.Sinyal İşleme ve Uygulamaları Kurultayı, İstanbul, 2003 (sunuldu)
- [8] Nabiyev ,V.V., "Yapay Zeka : Yaklaşımlar, Yöntemler ve Algoritmalar", Seçkin Yayınevi, 2003 (basımda)
- [9] R. T. Collins, A. J. Lipton, H. Fujiyoshi, T. Kanade, "Algorithms for Cooperative Multisensor Surveillance", *Proceeding of The IEEE, Vol. 89, No. 10, October, 2001*
- [10] M. Sonka, V. Hlavac, R. Boyle, "Image Processing, Analysis, and Machine Vision", Inter. Thomson Publishing Company, Second Edition, 1999.
- [11] Halici, U, Jain L.C., Erol, A., "Introduction to Fingerprint Recognition", chapter in book, "Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition", //Edit., Jain, L.C., Halici, U., Hayashi, İ., Lee, S.B./ CRC Press, USA, 1999, pp 1-34.