

Biyolojik Kimlik Kartınız Parmak İzi

Parmak izi, parmak ucu derisindeki göz ile görülebilen çıkıntılar tarafından meydana gelen şekillere verilen addır. Dışderiye ait bu çıkıntılara papilla veya hat adı verilir. Parmaklarımıza dikkatlice bakarsak, parmak izlerinin, bir çok hattın farklı biçimlerde bir araya gelmesiyle oluştuğunu görürüz. Derin kesik ve yaralar olmadığı sürece parmak izlerindeki hatlar insan yaşamı boyunca değişmezler. Bir insanın parmak izi yaşamının tüm evrelerinde aynı özellikleri taşır. Parmak izlerinin bu değişmez ve herkes için farklı olan özellikleri, onları kimlik saptama konusunda çok kullanılan bir materyal haline getiriyor.

PARMAK İZLERİ eski çağlardan beri insanların dikkatini çekmiştir. Bunu mağaralara çizilen insan resimlerinin parmak uçlarındaki kaba çizgilerden anlıyoruz. Prehistorik devirde seramik kaplar üzerinde marka olarak kullanılmış izlere rastlanıldığı gibi, M.Ö. 5000 yıllarından kalan çini levhalar üzerinde de parmak izleri görülmüştür. Parmak izlerinin M.S. 600 yıllarında Çin ve Japonya'da imza yerine ve suçluların belirlenmesinde kullanıldığı saptanmıştır.

1824 yılında Thomas Bewick, kitabına, kopyalarından ayrılması için imzası ile beraber kendi parmak izini de basmıştır. 1880'de Henry Faulds, *Nature* dergisinin Ekim sayısında parmak izlerinin hayat boyu değişmediğini ve suçluların cam şişeler üzerindeki parmak izlerini kullanarak yakalandığını açıklamıştır.

Parmak izleri kullanılarak ilk defa bir cinayet olayının aydınlatılmasına 1884'de İngiltere, 1892'de Arjantin'de rastlanılmıştır. Ülkemizde par-

mak izi incelemeleri 1910 yılında Yusuf Cemil adında bir kişi tarafından başlatılmıştır. 1892'de Galton, 1919'da Wilder'in çalışmalarıyla aile içerisinde parmak izi benzerlikleri ortaya konulmuştur.

Parmak İzi Şekilleri

Parmak izlerimizdeki bazı hatlar kendi etraflarında kıvrılıp kement meydana getirebilirler. Eğer parmak izinde yukarıya doğru bir kement varsa, bu kementin en ortadaki kıvrım noktasına göbük noktası denilir ve bu nokta, o parmak izinin merkez noktası olarak kabul edilir. Parmak izlerinde her bir kemente karşılık bir grup hattın meydana getirdiği delta noktası bulunur. Bazı parmak izlerinde hiç bir göbük noktası ve delta noktası bulunmayabilir. Parmak izleri, üzerlerindeki hatların temel davranışlarına göre belli ana sınıflara ayrılır. Aşağıdaki tanımlarda belirtilen yönler, kopyası alınıp incelenen parmak izinin bakış açısına göre belirlenmiştir. İzlerdeki yönlerin,



sağ ya da sol elin parmaklarına ait oluşunun yönleri değiştireceği ortada, ancak bu durum bir "kabul" meselesi olduğundan, normal şartlar altında kart-sıklığa yol açmaz.

Ark tipi izler: Bu tip parmak izlerinde hatlar parmağın sol yanından başlayarak yükseldikten sonra ortada kemer şeklinde kıvrılarak sağ tarafa doğru alçalır. Sol ve sağ taraftaki hatların eğriliği azdır. Bu tip parmak izlerinin göbük ve delta noktaları bulunmaz. Ark tipi izlerin insanların % 5-7'sinde görüldüğü belirlenmiştir.

Tak Tipi İzler: Ark tipi izlere benzer parmak izi tipidir. Ark tipi izlerden farkı, hatların sağdan sola geçerken, orta kısımda ters T harfi şeklinde birbirine neredeyse dik duruma gelmesidir. Ark ve tak tipi izlerin toplumda % 5-7 arasında görüldüğü belirlenmiştir.

Sola yatık izler: Bu tip parmak izlerinde hatlar yatık bir şekilde sağ taraftan gelip ortada kendi üzerlerine kıvrıldıktan sonra yine geldikleri yöne dönerler. Böylece kıvrım yerinde sola yatık bir kement görülür. Bu tip izler-



Parmak izleri temelde beş farklı tipten birine ait sayılır. Zaten, bu beş tipten birine dahil edilemeyen ender rastlanır parmak izleri genel bir tanımla, "karşık tipler" olarak nitelendiriliyor. Şekilde bu farklı tipler sırayla, ark, tak, sola yatık, sağa yatık ve dairesel olarak verilmiştir.

de kementin ucunda göbek noktası ve sol tarafta ise bir delta nokta bulunur.

Sağa yatık izler: Sola yatık izlerle aynı özellikleri taşır. Fakat hatların geliş yönü sol taraftadır. Sağa yatık izlerde kementin ucunda bir göbek noktası ve sağ tarafta bir delta noktası bulunur. Sağa ve sola yatık izler toplumda en sık görülen izlerdir. Bu izlere % 67-70 oranında rastlanmaktadır.

Dairesel İzler: Bu tip parmak izlerinde hatlar parmak izinin ortasındaki bir merkez çevresinde dönen içiçe daireler şeklinde dizilmiştir. Her iki alt köşede delta noktaları bulunur. Toplumda % 25 oranında görülür.

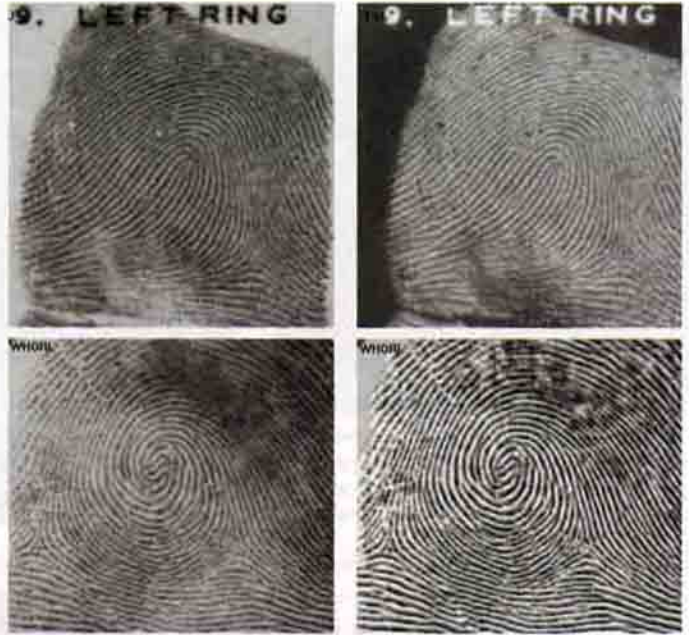
Karışık İzler: Bu tip parmak izlerinde farklı ya da aynı tip izler odaklar halinde bulunur. Toplumda % 1-2 oranında rastlanır.

Dikkatle incelendiğinde parmak izlerindeki bazı hatların ani olarak sonlandığı veya ortadan ikiye ayrılıp bir çatal oluşturduğu görülecektir. Bu karakteristik noktaları "nitem" olarak tanımlamaktayız. Bu noktalar, sırasıyla hatsonu ve çatal denir. Parmak izleri için esas ayırt edici özellik, nitemlerin parmak izi içerisinde bulunduğu yerler ve yönleridir. Elimizdeki tüm parmak izlerimizi dikkatlice karşılaştırsak, ana yapı olarak birbirine benzese de, nitemler gözönüne alındığında aslında çok farklı olduklarını görürüz. Bu farklılıklar öyle ayırt edicidir ki, yapılan çalışmalarda yeryüzündeki iki farklı insanın aynı parmak izine sahip olma olasılığı 64 milyarda bir olarak saptanmıştır.

Parmak İzi Alınması ve Tanıma

Parmak ucu derisinin diğer bir özelliği de hatlar üzerinde, dokunulan yüzeylerde iz kalmasını sağlayan ter sıvısını salgılayan ter bezlerinin bulunmasıdır. İnsan vücudundaki ter bezleri, vejetatif sinir sistemine bağlı olarak sürekli salgı yaptıklarından parmak uçları ve avuç sürekli nemli halde bulunur. Çeşitli yüzeyler üzerinde kalan parmak izleri, özel mürekkepler veya kimyasal maddeler kullanılarak kolay görünür hale getirilir. Son yıllarda bu yöntemlere x ışını, lazer ve çeşitli filtreler kullanarak fotoğraflama gibi yeni yöntemler de eklenmiştir.

İncelenmeye gelen parmak izleri çoğunlukla oldukça düşük kalitededir. Resimlerde, özgün parmak izleri ve bunların iyileştirme işlemlerinden geçirdikten sonraki halleri görülüyor. Bu işlemlerde izlenen yöntemler, ilk şekilde olduğu gibi sadece negatifi alma, veya sonraki şekilde olduğu gibi daha karmaşık, kalite artırıcı filtrelerden geçirme olabilir.



Parmak izleri, adli olayların aydınlatılması ve suçluların ortaya çıkarılmasında önemli bir delil olarak uzun yıllardan beri kullanılmaktadır. Bir adli birimde parmak izlerinin geleneksel yöntemlerle nasıl incelendiğini ve olayların nasıl aydınlatıldığını açıklayalım:

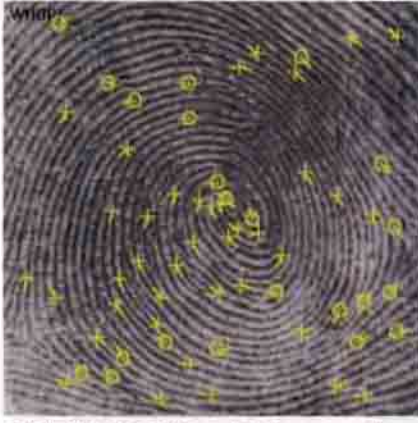
Olay yerinden gelen, sahibi belli olmayan bir parmak izi büyüteç altında incelenir. Bu parmak izinin daha önce açıkladığımız ana sınıflardan hangisine ait olduğu belirlenir. Parmak izinin göbek noktası işaretlenir. Daha sonra hatsonu ve çatallar belirlenir. Daha önce aynı şekilde incelenip dosyalanmış parmak izi formları arasından parmak izi ana sınıfları aynı olan parmak izleri ele alınır. Bu benzer parmak izi sınıfındaki parmak izleri, nitemlerin yerleşmeleri ve yönleri gözönüne alınarak detaylı incelemeye geçirilir. Burada nitemlerin birbirlerine ya da göbek noktalarına olan uzaklıkları ayırt edici bir bilgidir.

Parmak izi incelemelerinde uzaklık birimi olarak "hat sayısı" kullanılır. Hat sayısı, bir parmak izi üzerindeki iki nokta arasında çizildiği varsayılan doğrunun kestiği papilla sayısıdır. Bu ölçüm için milimetre gibi standart uzaklık ölçü birimlerinin kullanılmamasının nedeni, herhangi bir yüzeyde parmak izi bırakıldığı zaman basınç değişimlerinden dolayı bu ölçümlerin farklılık göstermesidir. Yani hafifçe dokunarak ve kuvvetlice bastırılarak alınmış iki parmak izi arasındaki ölçümlerde büyük farklılıklar görülmektedir. Hat sayısı ise farklılıklardan etkilenmeyen ve o parmak izine özgü belirleyici bir ölçü birimidir.

Eğer incelenen parmak izi ana sınıfı, göbek ve delta noktalarının yeri, belirlenen nitemlerin yerleri, yönleri ve birbirleri ya da göbek noktasına olan hat sayısı uzaklıkları tutuyorsa bu iki parmak izi aynı kişiye aittir. Bu sayede araştırılan olay ya da kişi daha önceki

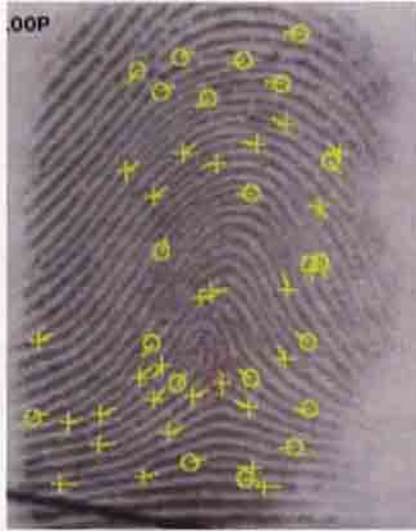


İyileştirme filtrelerinden geçirilip asil sisteme aktarılan parmak izi görüntüsü özel bir algoritma tarafından taranır ve yapısını en iyi biçimde ortaya koyan iskelet görüntüsü elde edilir. Resimde iskelet görüntüsü oluşturulmuş bir parmak izi ve tek başına bir iskelet görünüyor. Bu aşamadan sonra, elde edilen hatlar bir başka algoritma yardımıyla yön bilgileriyle donatılır ve son resimde görüldüğü gibi, vektörel bir iskelet elde edilir.



TÜBİTAK-BİLTEN'de geliştirilen otomatik tanıma sisteminde göbek, hatsonu, çatal gibi belirleyici noktaları bilgisayar tarafından işaretlenmiş iki farklı parmak izi örneği.

olay veya kişilerle ilişkilendirilmiş olur. Eğer benzer parmak izine rastlanmamışsa, yeni gelen parmak izi de eldeki parmak izi arşiv dosyalarına eklenir. Böylece bu parmak izi gelecekte başka bir incelemede kullanılabilir.



Geleneksel metodlar, incelenecek parmak izi sayısı arttıkça zaman alıcı ve zor bir iş haline gelmiştir. Buna parmak izi tanıma konusunda bilgili uzmanları yetiştirmenin zorluğu da eklenmiştir. Bilgisayar ve görüntü işleme

teknolojisinde son yıllarda görülen gelişmeler sayesinde, parmak izleri otomatik olarak hızlı bir şekilde incelenmekte ve tanınmaktadır.

Örnek Bir Sistem

"Otomatik Parmak İzi Tanıma ve Sınıflandırma Projesi" 1995 yılı Nisan ayından itibaren TÜBİTAK-BİLTEN (Bilgi Teknolojileri ve Elektronik Araştırma Enstitüsü) Görüntü İşleme Grubu'nun üzerinde çalıştığı bir projedir ve Prof. Dr. Mete Sercan ve Yük. Müh. Devrim Önder tarafından yürütülmektedir.

Otomatik parmak izi tanıma sistemlerinin ilk bölümü görüntü alma ünitesidir. Olay yerinden gelen ya da standart parmak izi formlarına alınmış parmak izleri, özel görüntü tarayıcılar kullanılarak sayısal bilgisayar görüntüleri haline getirilir ve sisteme aktarılır.

Parmak İzi Alımı

Ahmet Örun

Dr. TÜBİTAK-MAM, Bilgi Teknolojileri Enstitüsü

Biyolojik bazlı tanıma sistemleri (Biotanım) günümüzde çeşitli alanlarda etkin olarak kullanılmaktadır. Güvenlik amacıyla uzun bir süre için yaygın olarak kullanılan kartlı veya anahtarlı sistemlere alternatif olarak ortaya çıkan ve bu sistemlerin bazı sakıncalarını gideren Biotanım sistemleri; parmak, el, göz, yüz gibi insan uzuvlarının kişiye has özelliklerinden yararlanarak tanıma yapan sistemler olarak ortaya çıktı. Bu sistemler de kendi içlerinde; maliyet, doğruluk, tanıma hızı, kullanım kolaylığı ve sosyal etkileşim gibi özelliklere göre derecelendiriliyor. Parmak izi sistemleri bu sistemler içerisinde en çok aranan ve kullanım kolaylığı olan sistemlerdir. Parmak izi sistemlerinde de tüm diğer Biotanım sistemlerinde olduğu gibi sağlıklı ve güvenilir veri alımı çok büyük önem taşımaktadır. Özellikle optoelektronik teknolojisindeki son gelişmeler, mürekkepsiz ve çok daha hızlı parmak izi veri alımına olanak veriyor. TÜBİTAK - Marmara Araştırma Merkezi - Bilişim Enstitüsü'nde, Enstitü başkanı Dr. Fuat İnce başkanlığında yürütülen Biotanım bazlı sistem tasarımında, mürekkepsiz parmak izi alımı çalışmaları yapılmaktadır. Özellikle optoelektronik teknolojisindeki minyatürize edilmiş kamera kullanımına dayanarak geliştirilen mürekkepsiz parmak izi alımı sistemi, kullanım kolaylığı ve hızlı veri alımına olanak vermektedir. Ancak alınan parmak izinin hızlı ve kolay alınmasının yanında belirli bir kalite ölçüsünü tutturması da gerekir.

Sistem Donanımı

Parmak izi veri girişini sağlayan optoelektronik düzenek, bir prizmanın hipotenüs yüzeyinde gerçekleştirilen, homojen ışığın tam yansımaları ile prizma yüzeyinde nem yardımı ile oluşan parmak izi çıkıntısı görüntülerinin bir video kamera

yardımı ile alınmasına dayanır. Homojen ışık kaynağı ve kamera bir dik üçgen prizmanın iki ayrı dik kenarına dik yönde konumlandırılır. Işık kaynağı prizma yüzeyine parmak tarafından yapılan belirli bir basınçla aktif hale geçer. Bu sayede, her parmağın prizmaya uyguladığı basıncı ve veri alım sırasındaki parmak deformasyonunu standart hale getirir. Kameraya bağlı bir görüntü sayısallaştırıcı (frame grabber) yardımı ile görüntü, bilgisayar ortamına uygun sayısal veri haline dönüştürülür. Parmak izi veri alımı sırasındaki kayıplar (şekilde dörtgenler içerisinde gösterilmektedir) parmağın yetersiz nem oranından veya kir tabakasından kaynaklanır. Bu durumda kullanıcının, sistem tarafından istenen veri kalitesini sağlaması gerekir.



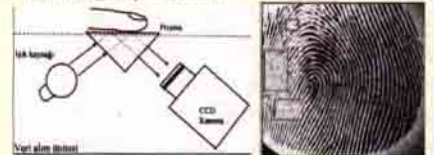
Kalitenin Sağlanması

1. Veri kalite kontrolünün belirli standartlarda oluşması ve çevresel etkilerle değişmemesi. 2. Veri kalite kontrolünün istenilen hızda gerçekleşmesi. 3. Pratik kullanımda kabul edilebilir olması. 4. Kalite ölçüsünün kişiye bağlı olarak değişmesi. Günümüzde kullanılan parmak izi veri alım ve tanıma sistemlerinde hata oranı 1 / 10,000 olarak belirlenmiştir. Hata oranı ve tanıma verimliliği veri alım kalitesine doğrudan bağlıdır. Kalite kriterlerinin belirlenmesi ile ilgili yürütülen laboratuvar çalışmalarında; iki boyutlu Fourier transformasyonu, histogram analizi, yön bazlı (vektörel) sınıflama gibi yöntemler denenmektedir. Fourier Transformasyonu, kalite belirlemesi açısın-



dan çizgi yoğunluğundan kaynaklanan bir frekans ölçüsü verebiliyorsa da aşırı kesik çizgilerde de vektörel yönde benzer ölçüler vererek yanlışlara neden olmuştur. Grilik seviyelerine dayanan histogram analizi ise çevresel ışık değişimlerinden etkilenmekte ve kayıplı kısımlarda da (parmak izlerinin belirgin olmadığı yerler) hatalı olarak "yeterli kalitede" sonuç vermektedir. Sonuç aşamasında uygulanabilecek yöntem olarak Yön Bazlı Sınıflama (vektörel) ele alınıp, buradan, parmak izlerinden türetilen vektörel oluşumlar, kalite ölçüsü olarak tanımlanabilir.

TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi'nde mürekkepsiz, hızlı ve kullanımı kolay bir parmak izi alma cihazı geliştirilmektedir. Belirli kalite standartlarını sağlayan parmak izi veri-alımı, daha sonraki aşamalarda bu verilerin bir veri bankasında toplanması ve bir ağ aracılığıyla uzak mesafelere iletilmesi, verilerin sınıflandırılması gibi çalışmalarla birleştirilebilir. Özellikle veri iletiminde INTERNET, uydu iletimi, v.s gibi teknolojik yeniliklerin ortaya çıkması uygulama alanlarını genişletecektir.



Parmak izi veri alım ünitesi ve bu üniteyle alınmış kayıplı bir parmak izi örneği.

Sistem, son yıllarda geliştirilmiş ve "canlı tarayıcı" olarak adlandırılan elektronik mürekkepsiz parmak izi tarayıcılarını kullanarak, dolaysız olarak kişilerden de parmak izi görüntüsü alabilmektedir. Parmak izleri bu yollarla bilgisayar görüntüleri haline getirildikten sonra sistemin kalbi olan mikroişlemler ve özel olarak hazırlanmış bir bilgisayar programı kullanılarak işlenmektedir.

Olay yerlerinden elde edilen parmak izleri genellikle oldukça düşük kalitededir. Sistem, parmak izleri üzerinde uygulanacak işlemlerdeki başarıyı arttırmak ve parmak izi uzmanlarına inceleme amacıyla daha kaliteli parmak izi görüntüsü sağlamak için bir dizi iyileştirme işlemi uygular. Bu iyileştirmeler görüntü kalitesini azaltan gürültü dediğimiz etkileri yok eder, parmak izi görüntülerindeki hatları, dolayısıyla nitimleri daha belirgin hale getirir.

Sistem, daha sonra iyileştirilmiş görüntüleri kullanarak o parmak izi için ayırtıcı özelliklerden olan tekil noktalarını, yani, göbük ve delta noktaları ile parmak izi ana sınıfını belirler. Bu işlemler için parmak izi görüntülerindeki hat doğrultuları matematiksel olarak hesaplanır ve parmak izi doğrultu haritası çıkarılır. Doğrultu haritasındaki değerler kullanılarak parmak izi tekil noktaları ve parmak izi ana sınıfı belirlenir.

Parmak izlerindeki nitimlerin yerleri ve yönlerinin saptanması için parmak izi görüntüleri iki aşamalı bir işlemde geçirilir. Bu işlem, görüntü-

Parmakizi ana sınıfı: 3 Belirlenen delta noktası sayısı: 0 Belirlenen nitem sayısı: 7

Koordinat (x,y)	Hat Sayısı	Durum Açısı (rad.)	Nitem Yönü	Koordinat (x,y)	Hat Sayısı	Durum Açısı (rad.)	Nitem Yönü
(60,182)	12	3.178613	1.324337	(48,201)	11	3.122727	1.450036
(139,210)	2	2.450256	1.755988	(128,223)	2	2.396173	1.652991
(148,413)	23	1.658675	4.170725	(155,433)	24	1.566523	1.175610
(176,426)	25	1.537475	1.028159	(185,442)	25	1.443910	1.017005
(198,165)	2	5.672459	4.921689	(182,176)	1	5.595514	4.963728
(215,11)	15	4.974769	4.467462	(202,30)	16	4.989125	4.453106
(215,154)	4	5.685427	5.187974	(199,167)	3	5.665041	5.278173

Parmak izi kimlik kodları sistem tasarımına göre değişiklik gösterebilir. Tablolarda örnek olarak oldukça basit iki parmak izi kimlik kodu verilmiştir. Üst satırdaki veriler iki parmak izi için ortak. Gerçek sistemlerde saklanan veriler bu tabloda gösterilenden daha uzun ve karmaşıktır. Bu kodlar aynı kişiye ait farklı zamanlarda alınmış iki parmak izinin sistem tarafından otomatik olarak işlenmesiyle elde edilmiştir. Bu parmak izi kod dosyalarının en başında ilgili parmak izi görüntüsünün sistemde saklandığı dosyanın ismi bulunmaktadır. Daha sonra parmak izi için tesbit edilmiş ana sınıf bilgisi gelmektedir. Aşağıdaki tabloda görülen 3 sayısı bu parmak izlerinin "dairesel izler" sınıfına girdiğini göstermektedir. Daha sonra sistem tarafından belirlenmiş delta noktası ve nitem sayısı görünmektedir.

Kimlik kodu içerisinde daha aşağıda, sistem tarafından belirlenen 7 nitem hakkındaki bilgiler gelmektedir. Bu bilgiler: nitemlerin buldukları noktanın koordinatları; nitem-göbük noktası arasındaki hat sayısı; göbük noktası merkez alınarak nitemin bulunduğu yerin açısı; nitemin kendi yönü olarak belirlenmiştir.

Kimlik kodlarındaki bu nitem bilgilerini incelersek yan yana gelen nitemlerin değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğunu görürüz. Sistem, otomatik parmak izi karşılaştırması sırasında her bir parmak izi için nitem benzerlikleri oranında bir benzerlik puanı verir. Tabloda verilmiş bu iki kimlik, benzerlik puanı diğerlerine göre oldukça yüksek olacak ve bu parmak izleri sistem tarafından eşleştirilecektir.

nün siyah beyaz hale getirilmesi ve sonra da iskeletleştirme yönteminin uygulanmasıdır. İlk aşamada parmak izi hatları siyah diğer bölgeler de beyaz renge çevrilir. İskeletleştirme yöntemi siyah renkteki bu parmak izi hatlarını bir çizgi kalınlığına gelinceye kadar inceltir.

İskelet görüntü kullanılarak hat sonu ve çatal otomatik olarak belirlenir. Parmak izindeki hat sonu ve çatalar, yönleri ile birlikte sistem ekranında kullanıcıya gösterilir. Kullanıcı, so-

nuçları onaylar veya bulunan nitemler üzerinde değiştirme, ekleme ve çıkartma yapabilir.

Parmak izi bu işlemlerden geçirildikten sonra, çıkarılmış tüm bilgiler birleştirilerek o parmak izinin kimlik kodu, oluşturulur. Parmak izi kimlik kodu, sistem veritabanına daha önce kaydedilmiş diğer parmak izi kodlarıyla karşılaştırılır. Her bir karşılaştırma için bir benzerlik puanı verilir. Benzerlik puanı yüksek olan aday parmak izleri ekranda kullanıcıya gösterilir. Kullanıcı, sonuçları inceleyerek parmak izlerinin gerçekten aynı kişiye ait olup olmadığına karar verir.

Otomatik parmak izi tanıma sistemlerinin önemli bir diğer özelliği de, onaylanan parmak izi eşleştirmeleri için iki parmak izinin yan yana getirilmesi ve benzer nitimlerinin işaretlenerek bir yazıcı yardımıyla rapor haline getirilmesidir. Bu raporlar adli birimlerde bir delil olarak kabul edilmektedir.

Sistem, parmak izi uzmanlarının görsel incelemelerine yardımcı olacak görüntü büyültme, istenilen noktalar arasında hat sayısı ölçme gibi özellikler de taşımaktadır.



TÜBİTAK-BİLTEN'de geliştirilen otomatik tanıma sisteminin genel ekran görünümü.