

1. GİRİŞ

Modern yaşamın otomasyonu ile birlikte güvenlik ihtiyacı giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Her gün şu tür sorular milyonlarca kez sorulmaktadır, “Bu kişiye güvenli bir sisteme giriş izni verilmeli mi?”, “Bu kişi bu işlemi gerçekleştirmeye yetkili mi?”, “Bu kişi bizim ülkemizin vatandaşı mı?” vs. Tüm bu sorular aslında aynı güvenlik sorunuyla ilgilidir: insanları doğru olarak nasıl tanırız, onları nasıl diğerlerinden ayırırız?

Günümüzde bu tür güvenlik sorunlarını aşmak için iki popüler yöntem kullanılmaktadır. Birincisi, kredi kartı, anahtar gibi “**sahip olunan bir şey**”le ilgilidir. Diğeri ise parola, PIN numarası gibi “**bilinen bir şey**”le ilgili. Bu tür bir güvenlik sisteminde kişiler ya da kullanıcılar sürekli olarak çeşitli kartlar taşımak ya da onlarca parolayı hatırlamak zorundadır. Kartın kaybolması ya da parolanın unutulması büyük sorun olabilmektedir.

Kaybolma ya da unutulma sorununun çözümü için araştırmacılar çeşitli yöntemler denemektedir ve **biyometri** bunlardan en umut verici olanıdır. Biyometri kişileri özgün fiziksel ya da davranışsal özelliklerini kullanarak tanımlayan bir teknolojidir. Bu teknoloji bireyin tanımlanmasında bireyi “**o birey yapan şey**”le ilgilenmektedir. Bireyin özgün karakteristik özellikleri çalınmaz, unutulmaz, kopyalanamaz, başkalarıyla paylaşamaz. Dolayısıyla bu tür özellikleri yani **biyometrik özellikleri** kullanan güvenlik sistemlerinin kandırılması neredeyse imkansızdır.

2. BİYOMETRİ

Terim olarak **biyometri**, biyolojik karakteristik özelliklerin istatistiksel analizine dayalı bir bilim dalıdır. Biz genel olarak otomatik tanıma ya da kimlik doğrulama amacıyla insan karakteristiklerini analiz eden teknolojilerle ilgilenmekteyiz ve biyometri bize bireyin ölçülebilir fiziksel ve davranışsal karakteristiklerini sağlayan bir bilimdir. Bireyi tanımlamada kullanılacak fiziksel ve davranışsal karakteristikler temelde aşağıdaki koşulları sağlamak zorundadır:

- **Evrensellik** (Universality) : Herkes bu özelliğe sahip olmalıdır.
- **Tekillik** (Uniqueness): Herhangi iki insan ilgili karakteristik özellik bakımından yeterince ayrılabilir olmalıdır.
- **Süreklilik** (Permanence): İlgili karakteristik özellik stabil olmalı ve zaman veya çevresel nedenlerle büyük ölçüde değişime uğramamalıdır.
- **Elde edilebilirlik** (Collectability): Nicel olarak ölçülebilir bir karakteristik olmalıdır.
- **Kabul edilebilirlik** (Acceptability): Kişilerin ilgili biyometrik sistemi ne derece kabulleneceğini belirtir.
- **Başarım** (Performance): Elde edilebilir tanımlama doğruluğuna karşılık gelmektedir.
- **Atlatılabilirlik** (Circumvention): İlgili sistemin ne kadar kolay aldatılabileceğini gösterir.

Bir insan karakteristiğinin biyometrik sistemler için uygun olup olmadığı son derece geniş örnekler üzerinde testler yapıldıktan sonra belirlenebilir.

Genel olarak biyometride kullanılmakta olan fiziksel ve davranışsal karakteristikler şunlardır:

Fiziksel karakteristikler

- Vücut kokusunun kimyasal bileşimi
- Yüz özellikleri ve ısı emisyonu
- Gözün özellikleri (retina ve iris gibi)
- Parmak izi
- Avuçiçi izi
- El geometrisi
- Cilt gözenekleri
- Bilek ve el damarları

Davranışsal karakteristikler

- İmza
- Klavyede tuş basım tarzı
- Ses izi
- Yürüyüş biçimi
- Mimik ve jestler

3. PARMAK İZİ TANIMA

Parmak izi tanıma, biyometrik tanımanın bilinen en eski metodunu temsil eder. Parmak izi tanımanın tarihi milattan önce 2200 yıllarına kadar uzanmaktadır. Parmak izinin kişisel şifre/kod olarak kullanımının Asur, Babil, Çin ve Japonya'da yaygın bir gelenek olduğu bilinmektedir. 1897'den itibaren de daktiloskopi, yani bilgisayar destekli olmayan parmak izi tanıma sistemi, kriminal tanımlamada kullanılmaktadır.



Resim 1. Parmak izi.

Bir parmak izi tümsek (parmak izi çizgileri) ve çukurlar (çizgiler arasındaki boşluklar) olarak iki grup izden oluşmaktadır. Tümseklerin ve çukurların oluşturduğu desenler her bir birey için tekindir. Bu desenlerin oluşumunda genetik ve çevresel birçok faktör rol oynamaktadır. DNA'daki genetik kodlar gelişmekte olan ceninin cildinin nasıl oluşacağı ile ilgili genel bilgileri içermektedir. Ancak spesifik olarak dış yüzeyin nasıl oluşacağı bir dizi rastlansal olayın etkisiyle belirlenmektedir. Örneğin, parmak izinin alacağı şeklin belirlenmesinde herhangi bir anda ceninin rahimdeki bulunduğu yer ve cenini çevreleyen amniyotik sıvının yoğunluğu bile rol oynamaktadır. Dolayısıyla, ceninin tüm gelişim süreci öylesine kaotiktir ki

insanlık tarihi boyunca aynı parmak izi desenine sahip iki bireyin olmadığı söylenebilir. Elbette ki bu durum tek yumurta ikizleri için de geçerlidir; ikiz kardeşlerin de parmak izleri farklıdır.

Parmak izi tanıma sistemlerinde iki temel özellikten yararlanılmaktadır: Parmak izi desenleri ve Minutia noktaları.

3.1. Parmak İzi Desenleri

Yay (arch), ilmik (loop) ve sarmal (whorl) olmak üzere üç temel parmak izi deseni vardır. Yay deseninde tümsekler parmağın bir kenarından başlayıp merkezde bir yay gibi yükselerek parmağın diğer kenarında son bulmaktadır. İlmik deseninde tümsekler parmağın bir kenarından başlayıp merkezde bir eğri meydana getirip yine aynı kenarda son bulmaktadır. Sarmal desende ise tümsekler orta bir nokta etrafında dairesel bir yapı meydana getirmektedir.



Yay

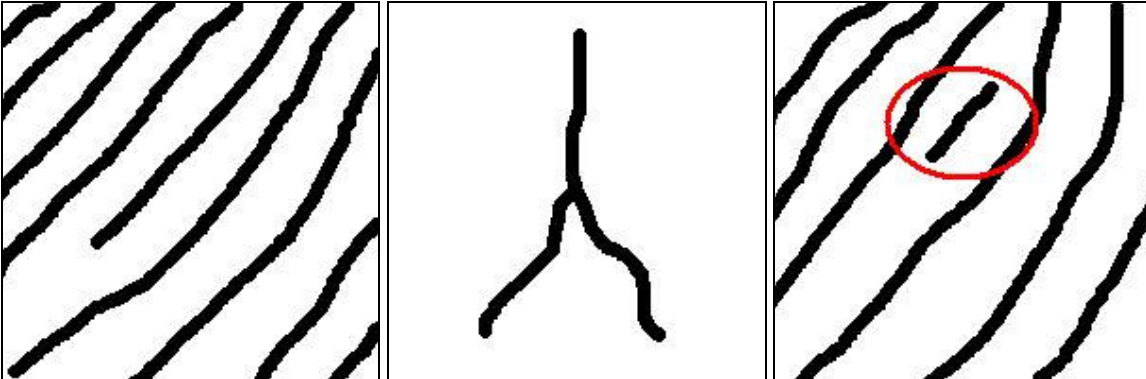
İlmik

Sarmal

Resim 2. Parmak izi desenleri.

3.2. Minutia Noktaları

Parmak izlerindeki tümsekler **minutia** olarak isimlendirilen bazı özel noktalar oluşturmaktadırlar. Bunları şu şekilde isimlendirmek mümkündür: Tümsek sonları, ayrımlar ve kısa tümsekler. Tümsek sonları, tümseklerin sona erdiği uçlardır. Ayrımlar ise bir tümseğin iki ayrı tümseğe bölündüğü noktalardır. Kısa tümsekler ise genelde ortalama tümsek uzunluğundan çok daha kısa olan tümseklere verilen isimdir. Bunlar da nokta olarak değerlendirilmektedir.



Tümsek sonları

Ayrım

Kısa tümsek (nokta)

Resim 3. Minutia noktaları.

4. PARMAK İZİ SENSÖRLERİ

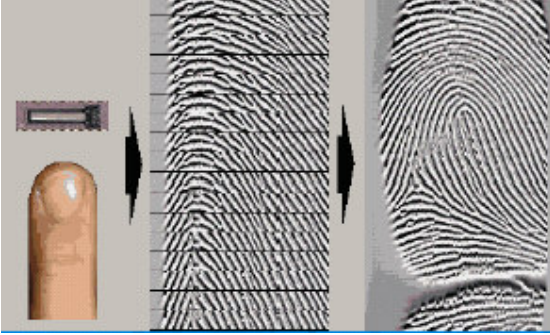
Parmak izi okuyucu olarak da bilinen parmak izi sensörü, biyometrik parmak izi tanıma/doğrulama sisteminin ilk basamağında yer alan ve parmak izi görüntüsünü yakalayan cihazdır.

Çeşitli türleri olan parmak izi sensörleri tanıma prensiplerine ve teknolojilerine göre genel olarak Optik, Kapasitif, Termal, Basınç ve RF olmak üzere beş sınıfa ayrılmaktadır. İlerleyen bölümlerde yaygın olarak kullanılan bu sensör tipleri ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

Parmak izi sensörleri ayrıca kullanılan tarama yöntemine bağlı olarak da ikiye ayrılmaktadır.

4.1. Süpürerek Tarayan Sensörler (Sweep Scanners)

Bu tip sensörlerde bir veya birkaç sıra tarayıcı eleman kısıtlı bir alan üzerine yerleştirilmiştir. Avuçiçi bilgisayar, cep telefonu, dizüstü bilgisayar gibi kısıtlı alanı olan cihazların güvenliği için geliştirilmiştir. Ucuzdurlar ve düşük güç tüketimine sahiptirler. Kullanıcı parmak ucunu sabit bir noktaya yerleştirip aşağıya doğru kaydırır. Böylece sensör tarafından bu süpürme işlemi sırasında elde edilen birden çok görüntü yazılımsal olarak birleştirilerek bütün bir parmak izi görüntüsü elde edilir. Resim 4'te böyle bir tarama süreci görülebilmektedir. Bu yöntemde hız ve tarama yönü önemlidir. Ayrıca elde edilen görüntünün kalitesi ve güvenilirliği adli işlemlerde kullanılmak için yeterli olmayabilir.



Resim 4. Sweep scanner.



Resim 5. Sweep Scanner'ın bir dizüstü bilgisayarda kullanımı.

4.2. Alan Tarayan Sensörler (Area Scanners)

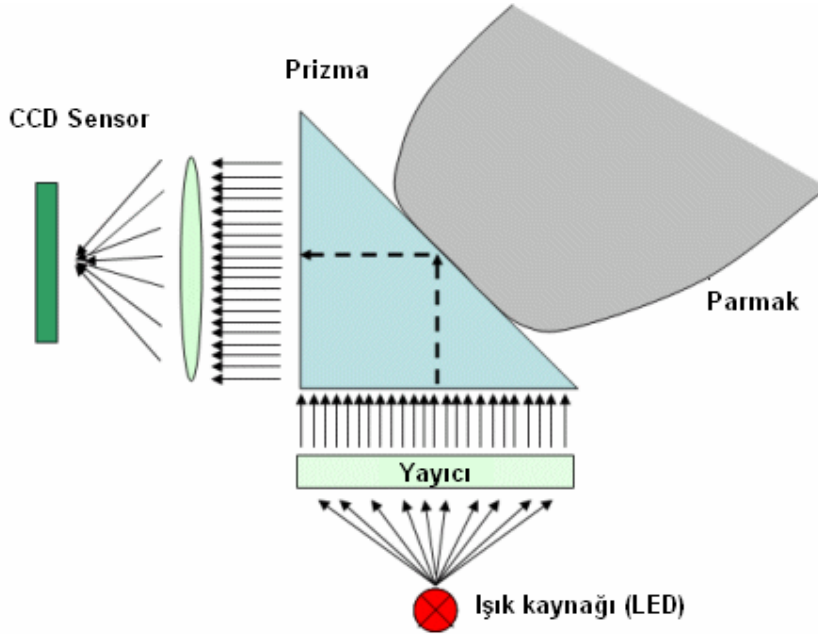
Bu tür sensörlerde bir veya daha fazla parmak izini tek bir görüntülemeyle elde etmek mümkündür. İlk yöntemin zaafı bu yöntemde bulunmamaktadır. Geniş sensör yüzeyi nedeniyle ilk yöntemle göre pahalıdır. Resim 6’te bu tür bir sensöre örnek görülebilir.



Resim 6. Alan tarayıcı.

5. OPTİK SENSÖRLER

Optik sensörler temelde dijital fotoğraf makinalarında kullanılmakta olan **charge coupled device (CCD)** ışık sensörlerinden oluşmaktadır. Bir CCD basitçe fotosit (photosite) olarak isimlendirilen ışığa duyarlı bir dizi diyoddan elde edilir. Fotositler ışığa elektrik sinyali üretirken karşılık verirler. Her bir fotosit bir piksellik görüntü elde eder.



Resim 7. Optik sensörün çalışması.

Parmak cam bir yüzeye yerleştirildiğinde tarama süreci başlar ve CCD kamera tarafından parmağın bir fotoğrafı çekilmiş olur. Tarayıcının kendi ışık kaynağı mevcut olup genelde

aydınlatma için LED kullanılır. CCD tarafından aslında parmağın terslenmiş bir görüntüsü üretilir; koyu alanlar ışığı daha fazla yansıtan alanlardır, yani tümsekler. Açık renk alanlar da daha ışığı daha az yansıtan çukur bölgeleri temsil eder.

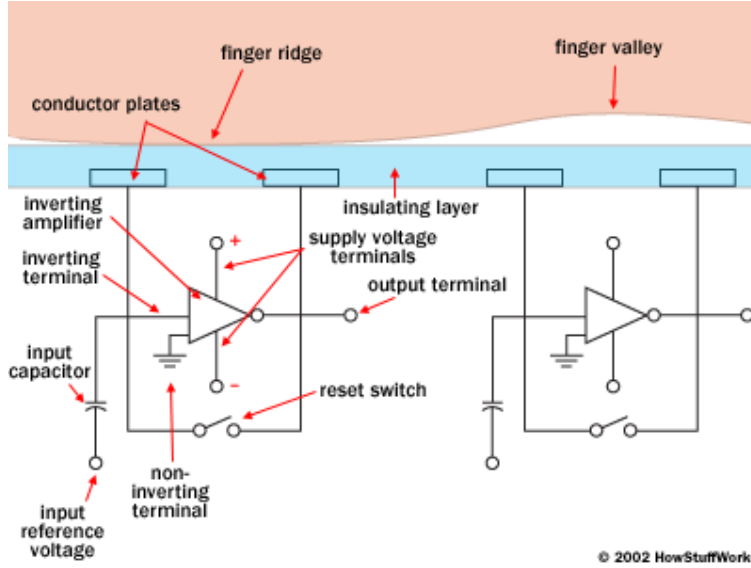
Kaydedilmiş parmak izi görüntüleriyle karşılaştırma işlemine başlanmadan önce CCD tarafından elde edilen görüntünün yeterince iyi olup olmadığı sınanır. Bunun için de ortalama piksel koyuluğu hesaplanır ve görüntünün bütünde çok koyu ya da çok açık olmasına göre uygunluğuna karar verilir. Görüntünün koyuluğu uygun ise, ek olarak görüntünün netliği de değerlendirilir.

Optik sensörlerin avantajı ucuz olmalarıdır. Dezavantajı ise aldatılmalarının kolay olmasıdır, tarama yüzeyine yerleştirilen bir parmak fotoğrafı bile gerçek parmak gibi taranabilir. Ayrıca, önceki taramalar sırasında tarama yüzeyinde kalan parmak izleri de taramayı olumsuz etkilemektedir.

6. KAPASİTİF SENSÖRLER (YARIİLETKEN SENSÖRLER)

Kapasitif sensörler, sensör yüzeyi ile parmak derisi arasındaki elektrostatik kapasiteyi ölçme yoluyla çalışırlar. Yapısında kullanılan yarıiletken malzemeler nedeniyle yarıiletken sensörler olarak da bilinirler.

Sensör yüzeyi minik hücrelerden oluşur. Bu hücreler parmak izinin tümseklerinin genişliğinden daha küçük boyutlardadır. Her bir hücre iki iletken plakaya sahiptir. Bu iki iletken plaka bir kondansatörün iletken plakaları olarak düşünülebilir.



Resim 8. Kapasitif sensörün çalışması.

Sensör hücresinin plakaları op-amp ile oluşturulmuş integral alan devreye bağlıdır. Op-amp'ın faz çevirmeyen girişi şaselemişdir. Faz çeviren girişi ise referans gerilim kaynağına ve geribesleme döngüsüne bağlıdır. Bu geribesleme döngüsü aynı zamanda op-amp'ın çıkışına da bağlıdır. İntegral alıcı devrenin girişi ve çıkışı arasındaki kondansatör olarak hücrenin plakaları görev yapmaktadır.

Şemadan da görüldüğü gibi hücrenin iki iletken plakası bir kondansatör meydana getirir. Parmak yüzeyi de bu kondansatör için üçüncü iletken plakadır. Parmağın sensör hücrelerine olan mesafesi hücrenin toplam kapasitesini etkilemektedir. Bir kişi parmağını sensör yüzeyine yerleştirdiği zaman, parmak izindeki tümsek kısımlar hücrelere yakinken, çukur kısımlar hücrelerden uzaktır. Dolayısıyla tümseklerin dokunduğu kısımdaki kapasite yüksek iken, çukurlara karşılık gelen noktadaki kapasite düşüktür.

Parmak izi tarama sürecinin en başında sensörün işlemcisi tüm hücrelerin reset anahtarını kapatır, op-amp'ın girişi ve çıkışı kısa devre olur. Böylece integral alıcı devre denge konumuna gelir. İşlemci tarafından reset anahtarı açıldığında işlemci tarafından integral alıcı devreye sabit bir gerilim uygulanır ve kondansatörler şarj olur. Geri besleme döngüsündeki kondansatörün kapasitesi, op-amp'ın girişindeki ve dolayısıyla çıkışındaki gerilimi belirler. Parmağın hücreye olan mesafesi toplam kapasiteyi değiştirdiğinden, tümsek ile çukurun neden oldukları çıkış gerilimleri de farklı olmaktadır.

Parmak izi sensörünün işlemcisi her bir hücrenin çıkışını değerlendirerek bu çıkışın tümsek nedeniyle mi yoksa çukur nedeniyle mi oluştuğuna karar verir. Sensör yüzeyini oluşturan tüm hücrelerin toplam sonucu parmak izi görüntüsünü oluşturur.

Yarıiletken sensörler hafif ve küçük olarak imal edilebilmektedirler. Ancak bu sensörler kişilerin parmak yüzeyindeki tuz vb. maddelere karşı hassastırlar. Bu dezavantajı ortadan kaldırmak için sensör yüzeyinde koruyucu kaplamalar kullanılmaktadır. Optik sensörlere göre tümsek ve çukurlarıyla gerçek bir parmak izi gerektirmesi bu tip sensörlerin üstün yanıdır.

7. TERMAL SENSÖRLER

Az kullanıma sahip bir sensör tipidir. Termal sensörler, sensör yüzeyinden parmak izine aktarılan ısıyı ölçme esasına göre çalışırlar. Gücünü ait olduğu cihazdan alan bu sensör, kendisi ile parmak arasında bir sıcaklık farkı oluşturur. Parmak izinin tümsek kısımları sensöre dokunarak sensörden daha fazla ve daha hızlı ısı alırken, hava ile sensörden ayrılan çukur kısımlar ise sensörden çok az ısı çeker. Oluşan bu sıcaklık farkı sensör tarafından algılanarak parmak izi deseni elde edilmiş olur.

Bu sensörler, ait oldukları cihazdan (örneğin dizüstü bilgisayar) yüksek güç çektikleri için genel olarak bu tür cihazlarda kullanıma uygun değildirler. Yapısında daha az silikon kullanıldığı için diğer tür sensörlere göre daha ucuza imal edilebilmektedir.

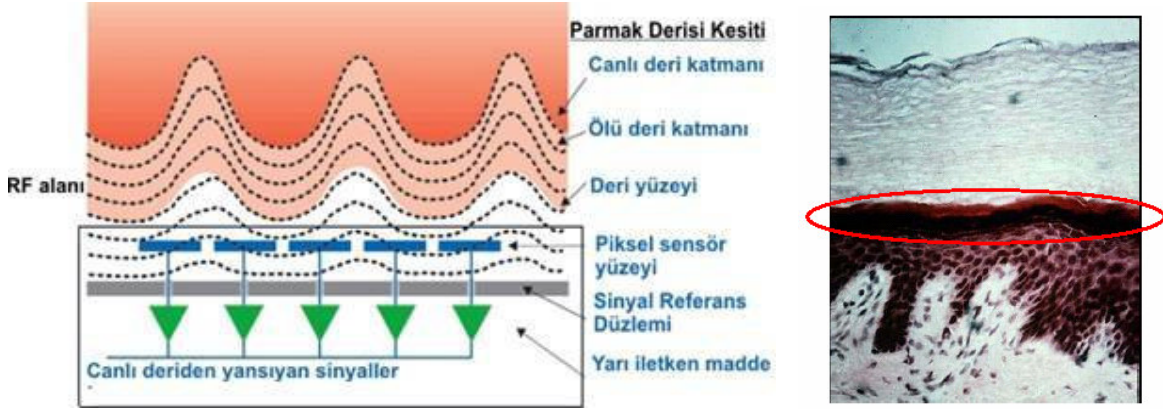
8. PİEZO-ELEKTRİK BASINÇ SENSÖRLERİ

Sensör yüzeyi piezo elektrik üreteçlerinin dizilimiyle elde edilen bu tip sensörlerde, parmak izinin tümsek kısımları yüzeye basınç uygularken çukur kısımlarının yüzeye hiçbir teması yoktur.

Basınç sensörleri parmağın kuru ya da ıslak olmasından etkilenmeden algılama yapabilmektedirler. Ancak genel olarak hassasiyetleri düşüktür. Ayrıca, piezo-elektrik malzeme ile parmak arasına konulan koruyucu kaplama, elde edilen parmak izi görüntüsünün bulanık olmasına neden olmaktadır.

9. RF SENSÖRLER

Buraya kadar anlatılan yöntemlerin bazıları görüntüleme ve algılamada iyi netice vermesine rağmen, bazı kimselerin parmak izlerinin fiziksel veya kimyasal olarak aşınmış olmaları sonucunda bu yöntemlerin başarısı gölgelenmekte ve sistemlerin performansları istenilen seviyeye ulaşamamaktaydı. Bu sıkıntılar biyometrik tanımlamanın geniş kullanım alanı bulmasının önünde önemli bir engel teşkil etti. Son yıllarda geliştirilen yarı-iletken tabanlı bir sensör teknolojisi, parmak izini oluşturan tümsek ve çukurların algılanması için hassas RF sinyallerini kullanmaktadır.



Resim 9. RF sensörün çalışması ve derinin kesiti.

Bu teknolojinin en önemli avantajı parmak izini yüzeyden değil üst derinin hemen altındaki canlı deri katmanından yansıyan sinyallerle algılamasıdır. RF teknolojisi kullanılarak canlı deri katmanını ile algılayıcı elemanlar arasında RF sinyali oluşturulur ve canlı deri katmanından yansıyan RF sinyalleri sensör yüzeyinde anten görevi gören yarı iletken malzemelerle toplanandıktan sonra sinyalin şiddeti ölçülünerek tümsek ya da çukur ayrımı yapılır. Bu da algılama kalitesinin deri ile ilgili kuruluk, yıpranma, çatlama, kir, boya ve buna benzer etkenlerden minimum düzeyde etkilenmesini sağlar. Bu nedenle RF parmak izi sensörleri herkesin parmak izini hemen hemen her koşulda optimum düzeyde algılama yeteneğine sahiptir. RF sensörlerin sahte parmak izleriyle kandırılmaları çok zordur.

10. SENSÖRLERİN KARAKTERİSTİK ÖZELLİKLERİ

Parmak izi sensörü modelleri için üretildikleri teknolojinin yanı sıra bir dizi ayırtedici karakteristik de mevcuttur. Bunlar;

1. **Hatalı Red Oranı:** Kabul edilmesi gereken bir parmak izinin reddedilme olasılığıdır. Örneğin, % 1,4 gibi.
2. **Hatalı Kabul Oranı:** Kabul edilmemesi gereken bir parmak izinin kabul edilme olasılığıdır. Örneğin, % 0,001 gibi.
3. **Çözünürlük:** Birim yüzey alanında kaç noktanın taranabildiğini ifade eder. Dot Per Inch (dpi) olarak tanımlanır. Örneğin, 600 dpi.
4. **Etkin Piksel Dizisi:** Algılama yüzeyinin alanını tarif eder. Örneğin, 640x480 piksel.
5. **Sensör Alanı:** Sensörün fiziksel olarak boyutunu ifade eder. Örneğin, 1,28x1,50 cm.
6. **Görüntü Yakalama Hızı:** 10 kare/saniye gibi bir örnek verilebilir.

7. **Parmak İzi Kaydolma Süresi:** < 3 saniye gibi bir örnek verilebilir. Kabul edilmesi gereken bir parmak izinin algılayıcıya tanıtılma süresidir.
8. **Parmak İzi Doğrulama Süresi:** Okutulan bir parmak izinin onaylanma süresidir. < 1 saniye gibi bir süre örnek verilebilir.
9. **Kapasite:** Sensörün kendi içinde kaç farklı parmak izini/desenini sakladığıyla ilgili karakteristiktir. Tüm sensörlerde bu özellik olmayabilir ya da sensörün kullanıldığı uygulamaya bağlı olabilir.
10. **Tolere Edilebilen Parmak Hareketi:** Örneğin, +/- 18 derece.
11. **Çalışma Sıcaklığı:** Örneğin, -10/+50 °C.
12. **Güç Tüketimi:** Operasyon ve uyku modu olarak iki ayrı şekilde verilir. Örneğin, operasyon modunda 35 miliA, uyku modunda 20 mikroA.
13. **G/Ç Desteği:** Sensörün hangi G/Ç arabirimlerini desteklediğini belirtir. Örneğin, USB, Paralel, SPI (Serial Peripheral Interface) gibi.

11. UYGULAMA ALANLARINA VE SENSÖRLERE ÖRNEKLER

Parmak izi sensörleri pek çok cihaza ya da yapıya entegre edilerek değişik alanlarda çok değişik uygulamalarda güvenlik noktalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu bölümde birkaç güvenlik uygulaması için geliştirilmiş uygulamalara örnekler yer almaktadır.

Parmak izi sensörleri yaygın olarak Personel Devam Kontrol Sistemleri'nde kimlik kartlarının yerini almaktadır. PDKS cihazları artık kart okuyucu değil entegre parmak izi sensörlü imal edilmektedir. Resim 10'da böyle bir cihaz görülmektedir.



Resim 10. Parmak izi okuyuculu bir PDKS cihazı.

Parmak izi okuyucular ayrıca kapılarda ve çeşitli giriş noktalarında anahtar olarak da kullanılmaktadır. Resim 11'de entegre parmak izi sensörüne sahip kapı kolları görülebilir.



Resim 11. Parmak izi sensörlü kapı kolları.

Parmak izi sensörüyle entegre olarak geliştirilen bazı yazılımlar sayesinde bilgisayar kullanıcılarının hem sisteme girişi sırasında hem de kullandıkları yazılımların gerektirdiği güvenlik adımlarında parmak izi kullanılarak onlarca parola hatırlama zorluğu ortadan kaldırılmaktadır. Bunun için bilgisayara USB arabirimi ile bağlanan bir cihazın örneği Resim 12’de görülmektedir.



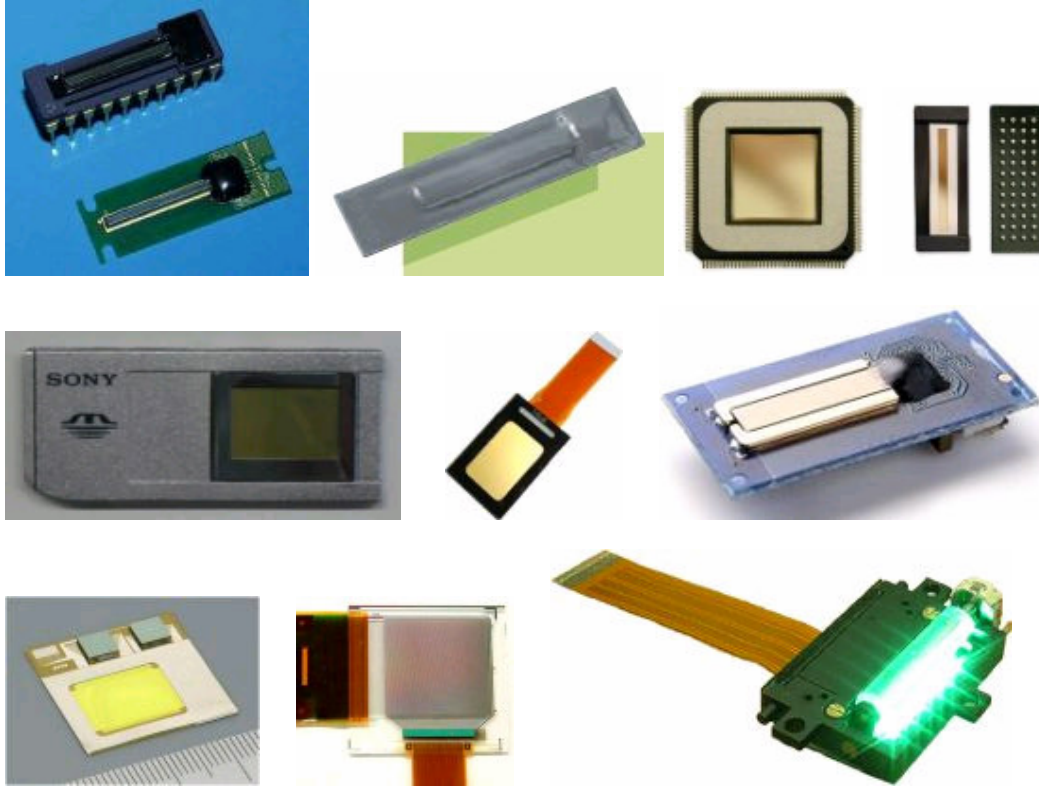
Resim 12. PC Log-on Parmak İzi Sensörü.

Parmak izi sensörleri artık bir çok dizüstü bilgisayar üreticisi tarafından dizüstü bilgisayarlara entegre edilmektedir. Bunlardan bir örnek Resim 13’te görülebilir.



Resim 13. Parmak izi sensörü entegre edilmiş bir dizüstü bilgisayar.

Parmak izi sensörleri değişik uygulamalarda kullanılmak üzere son derece ufak devreler ya da entegre çipler olarak üretilmektedirler. Resim 14’te çeşitli üreticilerin ürünlerine örnekler görülmektedir.



Resim 14. Çeşitli parmak izi sensörleri.

12. SONUÇ

Parmak izi tanıma teknolojisi, pek çok alanda ve özellikle güvenlik konusunda geniş uygulamalara sahiptir. Bu uygulamalarda kullanılmak üzere değişik koşullara ve ihtiyaçlara uygun çok çeşitli parmak izi sensörleri geliştirilmiştir. Günümüzde bu sensörler, kullandıkları ileri teknoloji sayesinde neredeyse kusursuz olarak üretilmekte, en üst düzeyde güvenilirlik sunmaktadırlar.

13. REFERANSLAR

- [1] Zhang, D.: “Automated Biometrics, Technologies and Systems”, Kluwer Academic Publishers, (2000)
- [2] Harris, T.: “How Fingerprint Scanners Work”, <http://computer.howstuffworks.com/fingerprint-scanner.htm>, (2002)
- [3] Wikipedia, The Free Encyclopedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Fingerprint_authentication
- [4] Shen, M.: “A Guide to Biometric Fingerprint Sensors: Major Manufacturers and Technical Specifications”, (2002)
- [5] Graevenitz, G.A.: “Introduction to Fingerprinttechnology”, Bergdata Biometrics GmbH, Bonn, Germany

- [6] Fingerprint Recognition,
http://www.idteck.com/technology/w_fingerprint.jsp
- [7] Biyometri-CS Bilgisayar LTD. ŞTİ. İnternet Sitesi,
<http://www.biometrics.com.tr>
- [8] Ciaccia, L.: “Choosing fingerprint sensors for advanced security”, AuthenTec
Melbourne, FL
- [9] Fingerprint Sensing Techniques,
http://pagesperso-orange.fr/fingerchip/biometrics/types/fingerprint_sensors.htm