

**Makale
(Article)**

Dijital Fotogrametri Teknikleri İle Kişi Tanıma

Abdullah VARLIK*, Özşen ÇORUMLUOĞLU**

* İETT Genel Müdürlüğü., İstanbul

** Gümüşhane Üniversitesi Müh. Fak. Harita Müh. Böl., Gümüşhane

Özet

Teknolojinin gelişmesiyle beraber güvenlik vazgeçilmez unsurlar arasında yer almaya başlamıştır. Her türlü sistemin güvenliğini artırıcı yöntemler kullanılmakta ve alternatif çözüm arayışları devam etmektedir. Kişinin fiziksel özelliklerinin kimlik tespitinde kullanılması esasına dayanan biyometri teknolojileri, son yıllarda oldukça sık karşılaşılan güvenlik yaklaşımlarındandır.

Bu çalışmada, en doğal ve kullanıcı açısından kabul edilebilir biyometrik özelliklerin tümleştirilmesine dayalı bir çoğul biyometrik kimlik doğrulama sistemi önerilmiştir. Çalışmada kişiye ait parmak izi ve yüz bilgilerinden yararlanılmıştır.

Mevcut parmak izi tanıma sistemleri, parmak izi görüntülerinden çıkartılan hat sonu ve çatal noktaları kullanır. Bu özellikleri kullanan ve öznitelik tabanlı olarak adlandırılan otomatik parmak izi tanıma sistemlerinde, parmak izlerinin karşılaştırılabilmesi için, giriş ve veri tabanında kayıtlı nokta kümeleri arasında döndürme, ölçekleme ve öteleme gibi dönüşümler hesaplanır, dönüşüm sonucu benzeşen özellik nokta sayısına bağlı olarak eşlemeye karar verilir.

Çalışmada Fotogrametride sıkça kullanılan iki boyutlu doğrusal bir dönüşüm olan Affin dönüşümü kullanılarak, özellik noktalarının eşlemesi yapılmıştır. Dönüşüm ile, referans noktadan bağımsız, özellik noktalarının açılarının hesaplanmasına ve ölçeklemeye ihtiyaç duymayan bir eşleme metodu gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmayla, parmak izi eşlemede kullanılan nokta tabanlı eşleme tekniklerindeki hata kaynakları, geliştirilen algoritmanın kullanılmasıyla ortadan kaldırılmıştır. Affin dönüşümüyle verilerin karşılaştırılmasının daha hızlı ve kolay yapılabildiği, veri tabanına kaydedilen verilerde azalma sağladığı görülmüş ve eşleme işleminde başarı sağlanmıştır. Yüz tanıma için geometrik nokta tabanlı eşleme yöntemi kullanılarak karşılıklı ilişki yöntemiyle eşleme yapılmıştır. Yüz tanıma işlemi, parmak izi ile kişinin tanınmasından sonra kişiyi doğrulama için kullanılmıştır.

Parmak izi ve yüz eşlemenin birlikte değerlendirildiği bir sistemde sistemin hatalı eşleme yapma olasılığının yok denecek kadar az olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Dijital Fotogrametri, Kişi tanıma, biyometri, parmak izi tanıma, yüz tanıma, nokta eşleme, Affin Dönüşümü

Personal Identification With Digital Photogrammetrical Techniques

Abstract

Accompanying developments in technology, security issue has started to take place amongst the indispensable factors. Various methods which increase the security of every kind of systems has been using and alternate solutions have been searching.

The biometry technologies, which hold on usage of principal in individual's identification of physical features, are the approaches that have quite often met recently.

Bu makaleye atıf yapmak için

Varlık A., Çorumluoğlu Ö., " Dijital Fotogrametri Teknikleri ile Kişi Tanıma " Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2011, 3(2) 1-24

How to cite this article

Varlık A., Çorumluoğlu Ö., " Personal Identification with Digital Photogrammetrical Techniques " Electronic Journal of Map Technologies, 2011, 3 (2) 1-24

In this study, a plural biometric identification system has been suggested to hold on materiality of biometric features acceptable and the most natural according to user. In the study, it has been imposed from the fingerprint and face knowledge belonged the individual.

Existing fingerprint recognizance systems use the ridge ending points and the bifurcation points from extraction of fingerprint images. In the automatic fingerprint recognizance systems called as with attribute basement and used such features, in order to be checked against the fingerprint, it is computed transformations such as transition and scaling and turning amongst the recorded pinpoint piles in entrance and database, and it is decided the pairing according as the number of special feature which resembled each other aftermath transformation.

In the study, by using the Affine transformation which was two dimensions linear and was often used in the Photogrammetry, it has been realized the coupling of the specialty points. By using the Affine transformation, it had been realized a coupling method, which did not need scaling, and being computed of the angles of the specialty points. With the Affine transformation, it had been seen that the comparing of the data could be done faster and easier and provided reduction in the datum, which were recorded to the database and it, had provided success in the pairing process.

By using the geometric point based method to recognize face, it had been done pairing process with the cross correlation method. The process of recognize face used for confirming the individual after the fingerprint and individual had been recognized.

In a system which was evaluated the fingerprint and the face pairing together, it had been found that the system had hardly ever made mistake pairing.

Keywords: Digital Photogrammetry, Personal Identification, Biometry, fingerprint recognition, face recognition, point matching, Affine transformation.

1. GİRİŞ

Fotogrametri, haritacılık disiplininin yanında, mimarlık, arkeoloji, endüstri, tıp vb. pek çok alanda kullanılan önemli bir bilim dalıdır. Son yıllarda dijital fotogrametri ve bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler, fotogrametrinin kullanım alanlarını ve önemini artırmıştır. Dijital fotogrametri, bilgisayar gösterimleriyle pek çok prensibi paylaşır. Fotogrametrik işlem zincirinin pek çok adımı görüntü işleme ve görüntü eşlemeye dayanır.

Biyometri, kişilerin fiziksel ve davranışsal özelliklerini ölçen ve bu özellikleri tanıyarak kimlik saptamak üzere geliştirilmiş bilgisayar kontrollü, otomatik sistemler için kullanılan genel bir terimdir. Biyometrik sistemler, insan beyninin kişiyi tanıma ve diğerlerinden ayırt etme yöntemleri ile benzer bir şekilde çalışmaktadır. Bu sistemler temelde kişinin sadece kendisinin sahip olduğu, kendisi olduğunu kanıtlamaya yarayan, değiştiremediği ve diğerlerinden ayırt edici olan fizyolojik özelliklerin tanınması prensipleri ile çalışır. Biyometri, biyolojik verilerin ölçümü, analizi ve yorumudur. Dijital Fotogrametri ve Biyometri kullandıkları teknikler bakımından birbirleriyle oldukça ilgilidir. Bu nedenle Dijital fotogrametrik tekniklerin kişi ve kimlik tanıma da kullanılması mümkündür.

Biyometrik sistemler güvenlik uygulamalarında temel olarak iki şekilde kullanılır. Kişi doğrulamada, kişi sisteme kimliğini söyler ve biyometrik özellik bu kimliği doğrulamakta kullanılır. Kimlik doğrulamada kişinin biyometrik özelliği önceden sistemde saklanır ve doğrulama sırasında alınan özelliklerle karşılaştırılır. Eğer değerler yeterince yakınsa, kişinin kimliği doğrulanır. Kişi algılamada, kişi kimlik belirtmeden tanınmaya çalışılır. Veri tabanında bir arama yapılır ve biyometrik özellik bütün kişilerle karşılaştırılır. Eğer en yakın kişinin özellikleriyle aradaki fark belli bir eşikten küçükse, bu durumda tanıma gerçekleşir. Her iki yöntemde de kullanılan temel işlem özellik noktalarının belirlenmesidir.

Günümüzde çeşitli biyometrik sistemler, eşzamanlı tanıma uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunların en bilinenleri; parmak izi eşleştirme, iris tanıma, retina taraması, ses ve konuşma tanıma, yüz tanıma ve el tanıma olarak sıralanabilir.

Biyometrik yöntemlerde kullanılan fiziksel özelliklerin unutulması, kaybedilmesi, çalınması gibi kötü durumların olmaması sistemin güvenliğini artırıcı bir özelliktir. Bununla beraber biyometrik yöntemlerde kullanılan tanımlama özellikleri kişiye özel ve tektir. Biyometrik yöntemler arasından kullanımı en kolay olanı ve en yaygın olarak kullanılanı parmak izi ve yüz tanımadır. Günümüzde parmak izi ve yüz tanıma için genel olarak iki yöntem kullanılmaktadır. Filtreleme (dalgacık dönüşümlü) tabanlı ve öznitelik tabanlı tanıma.

Filtreleme tabanlı tanımda kişiye ait parmak izi ve yüz görüntüleri gabor filtreden geçirilerek özellik vektörü oluşturulur. Oluşturulan özellik vektörü veri tabanındaki verilerle karşılaştırılarak tanıma gerçekleştirilir.

Öznitelik tabanlı tanımda, görüntülerdeki özellik noktaları bulunur. Bu özellik noktalarına ait bilgilerin bulunduğu öznitelik nokta kümesi oluşturulur. Bu nokta kümesiyle veri tabanında kayıtlı nokta kümeleri arasında bir dizi nokta tabanlı eşleme algoritmaları kullanılarak tanıma gerçekleştirilir.

Filtreleme tabanlı tanıma yöntemleri, görüntünün büyüklüğünden, ölçek farklılıklarından ve dönüklükten olumsuz etkilenirken, görüntü kalitesi ve aydınlatma farklılıklarından fazla etkilenmezler. Öznitelik tabanlı tanıma yöntemleri, görüntü kalitesi ve aydınlatma farklılıklarından olumsuz etkilenirken, görüntü büyüklüğü, ölçek farklılıkları ve dönüklüklerden fazla etkilenmezler.

2. PARMAK İZİ EŞLEME

2.1 Parmak İzi

Parmak izi, parmak ucu derisindeki göz ile görülebilen çıkıntılar tarafından meydana gelen şekillere verilen addır. Dış deriye ait bu çıkıntılara papilla veya hat adı verilir. Parmaklarımıza dikkatlice bakarsak, parmak izlerinin, birçok 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 getirmiştir.

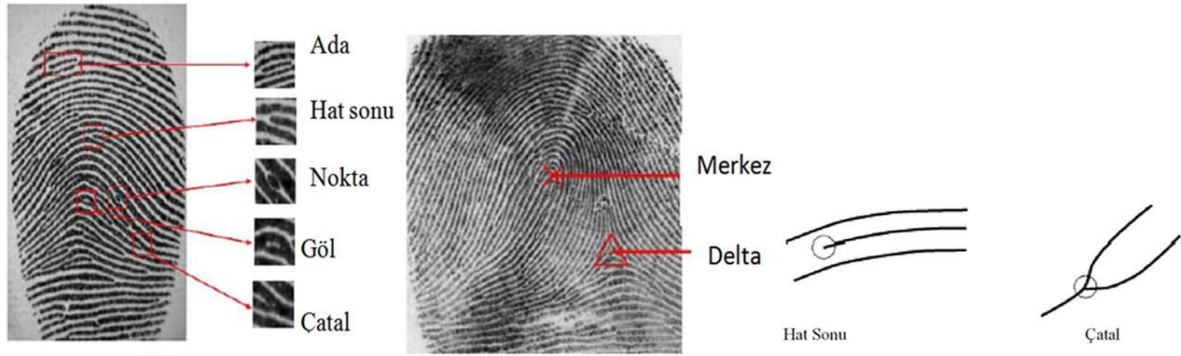
Parmak izleri parmak uçlarının hafif bastırılmasıyla ortaya çıkar. Parmak uçlarındaki yüzey pek çok sırt(hat) ve vadiden oluşur. Bir sırt tek bir kavisli parça ile tanımlanır, bir vadi iki komşu sırtın arasındaki bölgedir. Hatlar üzerinde solunum için (yağ ve teri çıkartmak için) pek çok gözenek vardır.

Dikkatle incelendiğinde parmak izlerindeki bazı hatların ani olarak sonlandığı veya ortadan ikiye ayrılıp bir çatal oluşturduğu görülecektir. Bu karakteristik noktaları "nitem" olarak tanımlanır. Bu noktalara, sırasıyla hat sonu ve çatal denir. Parmak izleri için esas ayırt edici özellik, nitemlerin parmak izi içerisinde bulunduğu yerler ve yönleridir. Parmak izlerini dikkatlice karşılaştırsak, ana yapı olarak birbirine benzeseler de, nitemler göz önüne alındığında aslında çok farklı oldukları görülür. Bu farklılıklar öyle ayırt edicidir ki, yapılan çalışmalarda yeryüzündeki iki farklı insanın aynı parmak izine sahip olma olasılığı 64 milyarda bir olarak saptanmıştır.

Parmak izlerindeki temel şekiller, hatların oluşturduğu (ridge discontinuities) şekillerdir. Bunlar; hat sonu, çatal, göl, bağımsız hat, nokta veya ada, Burun, köprü ve kapalı çevrimlerdir.

Parmak izlerindeki bazı hatlar kendi etraflarında kıvrılıp kement meydana getirebilirler. Eğer parmak izinde yukarıya doğru bir kement varsa, bu kementin en ortadaki kıvrım noktasına göbek 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 göbek noktası ve delta noktası bulunmayabilir. Bir veri tabanında yeni bir parmak izi aranırken, tanımanın gerçekleşmesi için yeterli sayıda karakteristik özellik benzeşmelidir.

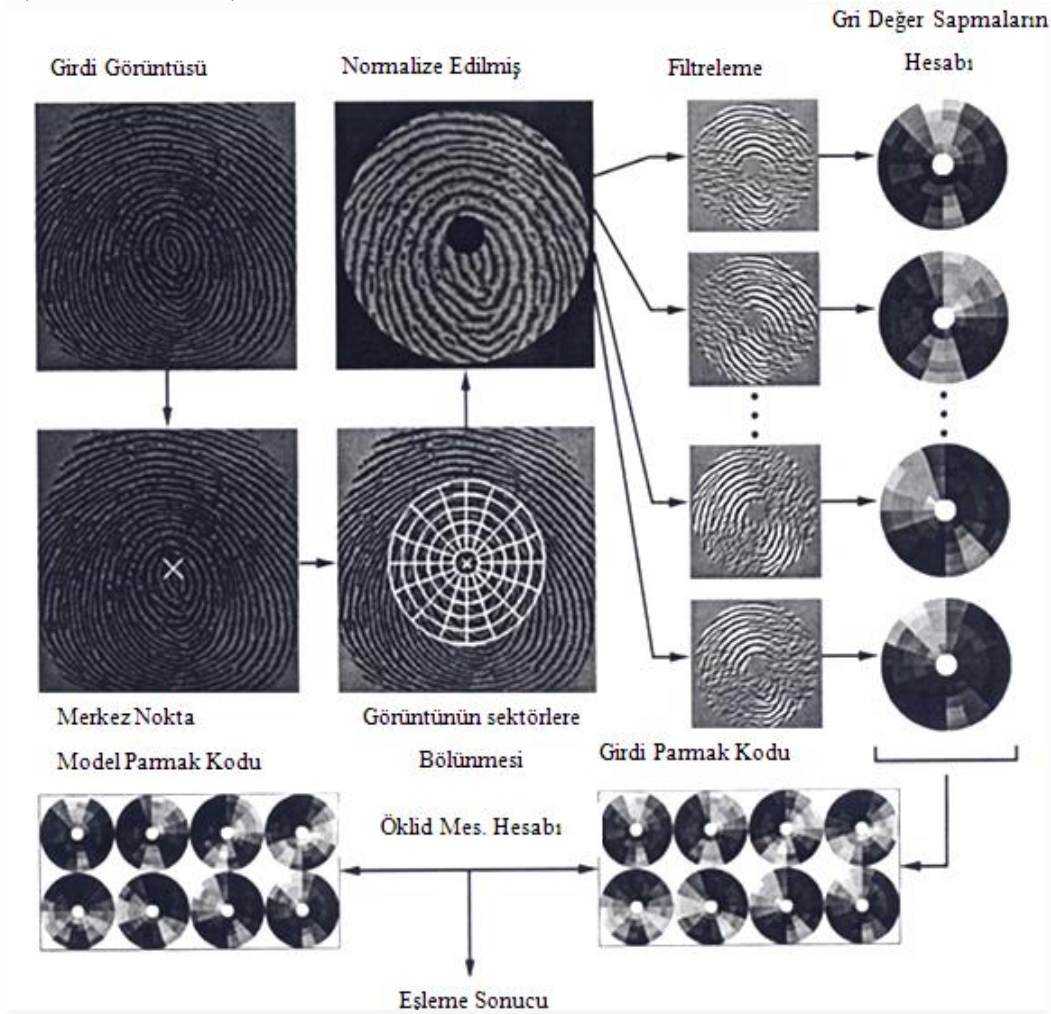


Şekil 1. Parmak izi Karakteristikleri ve Özellikli noktalar

2.2. Parmak İzi Eşleme Yöntemleri

Günümüzde parmak izi tanıma için genel olarak iki yöntem kullanılmaktadır. Filtreleme (dalgaçık dönüşümlü) tabanlı ve öznitelik tabanlı parmak izi tanıma.

Dalgacık dönüşümleri belirli matematiksel gereksinimleri karşılayan verileri ya da başka fonksiyonları temsil etmekte kullanılan fonksiyonlardır. Dalgacık dönüşümlerini gerçekleştirmek için verimli yol, filtre kullanmaktır (Prabhakar 2001).



Şekil 2. Filtreleme Tabanlı Parmak İzi Eşleme

Yersel histogramlar aracılığıyla bulunan bir referans noktası merkez olarak tespit edildikten sonra Gabor filtrenin uygulanacağı dairesel alan, bant sayısı, sektör sayısı ve bant genişliği parametrelerine bağlı

olarak sektörize edilir. Sektörize edilmiş her bir bölge normalize edilerek Gabor filtre uygulanır. Açısal değer θ , 0° 'den itibaren aralarında 22.5° fark bulunan açı değerleri ile oluşturulan 8 Gabor filtresi uygulanır. Özellik vektörünü elde etmek için her bir sektörün sektör içi ortalama değerden sapması bulunur. Her bir parmak izi görüntüsü için bant ve sektör sayısına bağlı olarak değişken büyüklüklerdeki diskler halinde 8 'er özellik vektör kümeleri elde edilir. 0° den başlamak üzere Gabor filtre sonucu elde edilen özellik vektör değerleri sırasıyla yan yana yazılarak özellik vektör kümesi oluşturulur. Oluşturulan özellik vektörü veri tabanındaki verilerle karşılaştırılır. Karşılaştırma sonucu en yüksek benzerlik oranının bulunduğu veri tanımlanır [2].

Parmak izi doğrulama ve algılama sistemlerinde, piksel veya iz tabanlı eşleştirme yerine genelde nokta tabanlı eşleştirme (özellikli nokta eşleştirme) algoritmaları kullanılır.

Otomatik parmak izi tanıma sistemleri ile kimliklendirme işlemlerinde, özellik noktaları olarak bilinen parmak izi resimlerindeki hat çizgisi karakteristikleri ve bunların birbirleriyle olan ilişkileri kullanılır[3]. Bunun için, giriş parmak izi resminden özellik noktalarının sorunsuz ve güvenilir bir şekilde elde edilebilmesi, tanıma için çok önemlidir. Özellik noktalarının bulunmasına yönelik algoritmaların başarısı, büyük ölçüde giriş parmak izi resminin kalitesine bağlıdır. Genellikle, parmak izi resimleri, üzerinde işlem yapılabilecek kalitede değildir ve resim iyileştirme işlemlerine ihtiyaç duyarlar. Resim iyileştirme algoritmaları, giriş parmak izi resmine bir dizi işlem uygulayarak, sonuçta daha iyi kalitede resim elde edilmesini sağlarlar.

Nokta tabanlı parmak izi eşlemede genel olarak parmak izi görüntüsünün iyileştirilmesi, yönsel histogramlar veya fourier dönüşümü ile izlerin çıkartılması, özellik noktalarının çıkartılması, özellik noktalarının hizalama tekniğiyle, gezici nokta yaklaşımıyla, en yakın komşuluk tekniğiyle, merkez nokta yöntemiyle vb. eşleme teknikleri kullanarak eşleme yapılır.

Tablo1. Parmak izi eşleme için iki temel yaklaşımın karşılaştırılması

Yaklaşım	Özellik Nokta Tabanlı	İlişki Tabanlı
Eşleme Tekniği	Nokta Model Eşleme	Görüntü tabanlı ilişki
Algoritma	Kompleks	Basit
Hassasiyet	Yüksek	Düşük
Hız	Yüksek	Yavaş
Uygunluk	Yüksek kaliteli parmak izi görüntüsü	Düşük kaliteli parmak izi görüntüsü

2.3. Özellik Noktası Çıkarma Aşamaları

Parmak izi görüntüsünden özellik noktalarının sorunsuz ve güvenilir bir şekilde elde edilebilmesi, eşleme için çok önemlidir. Özellik noktalarının bulunmasına yönelik algoritmaların başarısı, büyük ölçüde giriş parmak izi görüntüsünün kalitesine bağlıdır. Görüntü iyileştirme algoritmaları, parmak izi görüntüsüne bir dizi işlem uygulayarak, sonuçta daha iyi kalitede görüntü elde edilmesini sağlarlar. Giriş görüntüsünün kalitesinin artırılması eşleme işleminde otomatik parmak izi tanıma sisteminin hızını, başarımını ve güvenilirliğini artırması ve sistemin hatasını azaltması açısından önemlidir.

2.3.1. Parmak İzi Görüntüsünün Yönsel Histogram İle İyileştirilmesi

Parmak izi temizleme ve iyileştirme için resme ait yön bilgilerinden de faydalanılmaktadır. Yönelim alanlarının belirlenmesi aşamasında parmak izi görüntüsü üzerindeki özellik noktalarının çıkarılması için parmak izinin yönleri tespit edilmeye çalışılır.

Yönelim alanını belirlemek için birçok değişik yöntem geliştirilmiştir. Bunlardan bir tanesi de Rao algoritması olarak bilinen yön belirleme algoritmasıdır. Rao algoritması aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır.

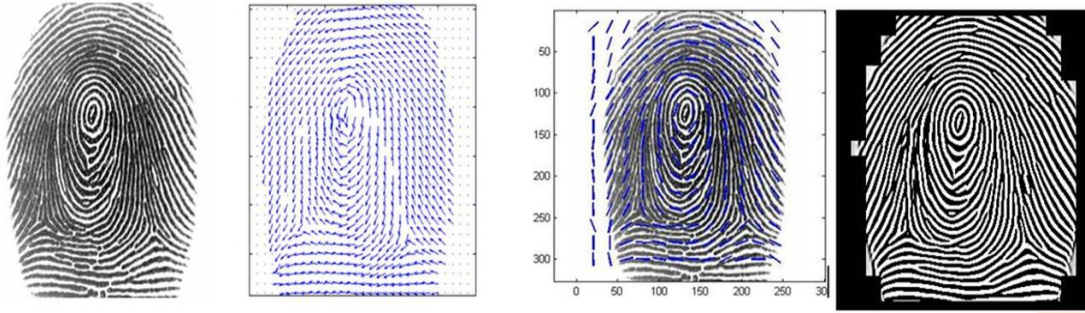
1. Giriş görüntüsü $W \times W$ boyutunda bloklara bölünür (örneğin 16×16 olabilir).
2. Görüntünün her noktası için G_x ve G_y gradyant değerleri Sobel filtresi uygulanarak hesaplanır.

Görüntü matrisine Sobel filtresi uygulanarak aşağıdaki denklem elde edilir.

$$\begin{aligned} G_x &= -1 \cdot a_1 + 1 \cdot a_3 - 2 \cdot a_4 + 2 \cdot a_6 - 1 \cdot a_7 + 1 \cdot a_9 \\ G_y &= 1 \cdot a_1 + 2 \cdot a_2 + 1 \cdot a_3 - 1 \cdot a_7 - 2 \cdot a_8 - 1 \cdot a_9 \end{aligned} \quad (1)$$

3. Her bir bloğun yerel yönü, denklem (2) ile belirlenir.

$$\theta_o = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{\sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^W 2G_x(i,j)G_y(i,j)}{\sum_{i=1}^W \sum_{j=1}^W (G_x^2(i,j)G_y^2(i,j))} \right) \quad (2)$$



Şekil 3. Yönelim alanları bulunmuş parmak izi görüntüsü

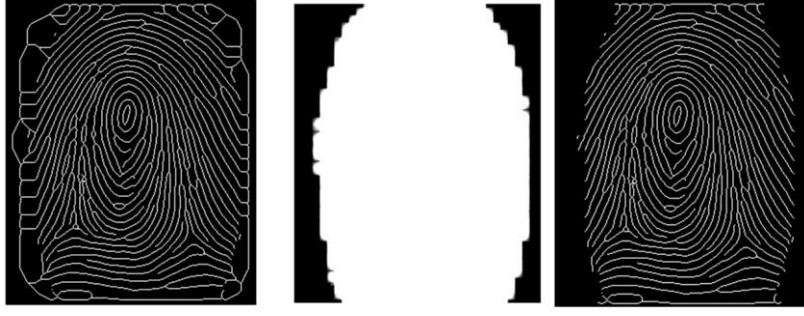
4. Parmak izi görüntüsünün yönelim alanı bulunduğundan sonra ilgilenilen alanın belirlenmesi gerekir. İlgilenilen alan görüntünün lokal entropisi ile bulunması aşağıdaki denklem (3) ile gerçekleştirilir.

$$E(i,j) = f(i,j) - \sum_i \sum_j f(i,j) * \log_2(f(i,j)) \quad (3)$$

Bulunan enerji haritası parmak izi görüntüsünde izlerin bulunduğu alanı gösterir. İzlerin bulunduğu alan beyaz, iz alanlarının dışındaki alanlar ise siyah olarak belirlenir ve bir sonraki aşamada bu görüntü maske olarak kullanılır. Giriş görüntüsünün yönelim alanı ve bununla beraber ilgilenilen alan belirlendikten sonra bir sonraki aşama olarak iz belirlenir.

5. İzlerin önemli bir özelliği, iz üzerindeki gri-seviyeli değerlerin (iz yoğunluğu) yerel iz yönüne çapraz yönde yerel maksimuma ve çatalların (izin ikiye bölünmesi) gri-seviyeli değerlerinin aynı yönde yerel minimuma gitmesidir [4]. Bu özellik kullanılarak görüntü üzerindeki noktanın iz olduğu kararı verilir. Eğer bir noktadaki gri-seviye değeri belirli bir T_{iz} eşik değerinden yüksek ise o nokta iz olarak işaretlenir.

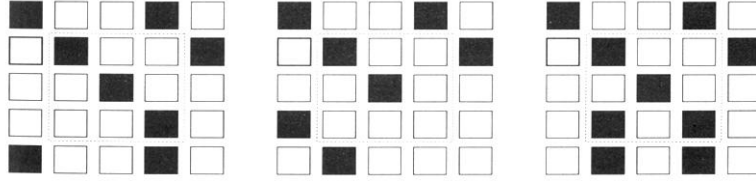
İz çıkarıldıktan sonra özellik noktalarının tespit edilebilmesi için bu izlerin inceltilmesi gerekir. İnceltme işlemi için genellikle kullanılan yöntem taranan resim üzerinden çok küçük boyutlarda parçaların irdelenmesi şeklindedir. Taslak, bitmap içerisinde aranan şekildir. Bitmap içerisinde bu şeklin bulunduğu yerde belli piksellerin rengi beyaza çevrilir. Böylece siyah renklerin gittikçe azalması sağlanır ve inceltme işlemi yapılır. İnceltmiş iz görüntüsü, ilgilenilen alan görüntüsünün oluşturduğu maske kullanılarak temizlenir.



Şekil 4. İnceltme işlemi ve alan görüntü maskesi kullanılarak inceltmiş görüntünün temizlenmesi

2.3.2. Özellik Noktası Çıkartma

İnceltmiş iz haritasında her bir nokta 1 veya 0 değerini almaktadır. (x,y) inceltmiş iz haritasında bir noktayı ve N_0, N_1, \dots, N_7 de bu nokta çevresindeki 8 komşusunu gösterdiği kabul edilirse;
 $\sum N_i = 1$ ise (x,y) noktası iz sonudur veya $\sum N_i > 2$ ise (x,y) noktası çataldır sonucuna ulaşılır. Bu aşamadan sonra tespit edilen her bir özellik noktasının x,y koordinatları ve özellik noktasının özellikleri (hat sonu veya çatal) kaydedilir.



Şekil 5. Özellik noktalarının taslak gösterimi (iz, hat sonu, çatal)

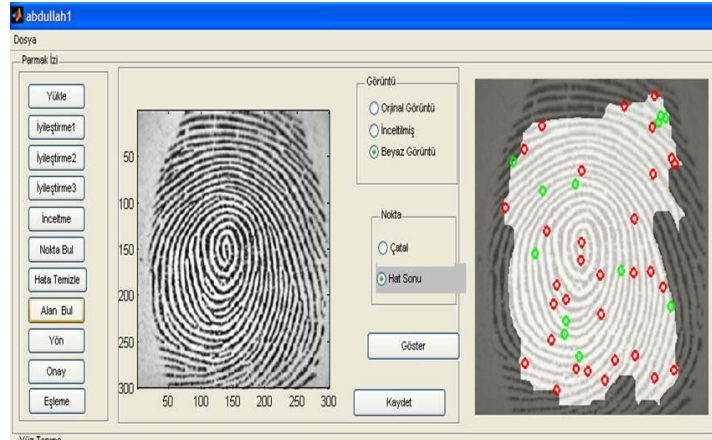
İz haritası üzerinde gürültü veya başka sorunlardan kaynaklanan kesikler oluşmuş olabilir. Kesiklerden dolayı tespit edilecek ve gerçekte olmayan özellik noktaları bulunarak silinir. Bu işlemde şu kurallar dikkate alınır.

- Küçük bir bölgede birçok özellik noktası varsa, bölge merkezine en yakın olan haricindeki tüm özellik noktaları silinir.
- Eğer iki tane özellik noktası birbirine oldukça yakınsa ve aralarında herhangi bir iz yoksa her iki özellik noktası da silinir.



Şekil 6 .Özellik noktalarının çıkartılması

Temizleme işlemi uygulandıktan sonra kalan özellik noktaları gerçeğe en yakın hale gelmiştir. Bu aşamadan sonra tespit edilen her özellik noktasının x koordinatı, y koordinatı, özellik noktasının üzerinde bulunduğu lokal izin yönü, özellik noktasının özelliği (hat sonu, çatal) kaydedilir. Parmak izi ile güvenliği sağlayan sistemler, bu dört bilgiyi doğrulama ve algılama amacıyla kullanarak işlem yapmaktadır.



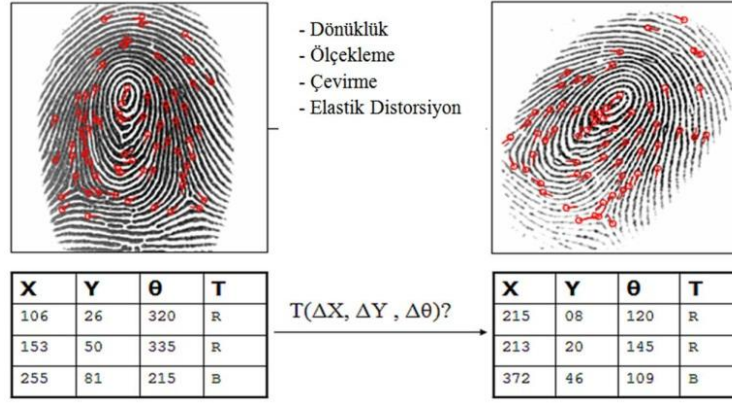
Şekil 7. Temizle işlemi uygulanıp, hatalı özellik noktalarından arındırılmış parmak izi

2.3.3.Özellikli Nokta Eşleme

Özellikli nokta tabanlı eşlemede, hizalama aşamasında giriş ve veri tabanında kayıtlı taslak arasında çevirme, döndürme ve boyutlandırma gibi dönüşümler hesaplanır ve hesaplanan parametrelere göre giriş özellikli noktalar taslak özellikli noktalar ile hizalanır. Eşleme aşamasında ise giriş ve taslak özellikli noktalar çokgenlere dönüştürülür ve oluşan bu çokgenleri eşlemek için esnek bir dizi eşleme algoritması kullanılır.

Teorik olarak iki düzlemsel nokta kümesi, iki karşılıklı nokta çiftiyle tam olarak hizalanabilir. İki nokta örgüsü arasında doğru bir hizalama yapabilmek için noktalar arasında üçgen yapılar oluşturulur ve giriş özellikli noktaların oluşturduğu üçgenler ile taslak özellikli noktaların oluşturduğu mümkün olan tüm karşılıklı üçgen kenarları karşılaştırılır, test edilir ve en uygun olanı seçilir. Eşlenen üçgen yapılar yardımıyla iki nokta örgüsü arasındaki duruş dönüşümünü doğru şekilde hesaplanır. Bu işlem çok fazla miktarda uygunluk testi yapılmasını gerektirir. Dolayısıyla, karşılıklı nokta çiftleriyle hizalama uygun olmasına karşın pratik değildir. Eğer iki özdeş nokta örüntüsü birbiriyle tam olarak hizalanmış ise karşılıklı nokta çiftleri tam olarak kesişir. Bu durumda, nokta örgü eşleştirmesi, üst üste gelen çiftlerin sayısını sayarak belirlenir fakat pratikte bu durumla karşılaşılmaz. Kullanılacak algoritma, doğrusal olmayan biçimsel bozukluklarından ve özellikli nokta yerlerinin doğru şekilde belirlenmemesinden kaynaklanan bozuklukları göz ardı edecek özelliğe sahip olmalıdır.

Genellikle, böyle esnek bir eşleştirme, her taslak özellikli nokta çevresine bir sınırlayan kutu yerleştirilerek yapılır. Bu kutu, taslak özellikli noktaya göre giriş özellikli noktanın olabileceği yerleri belirtir. Giriş özellikli noktadaki karşılık özellikli nokta bu kutu içinde kalacak şekilde sınırlandırılır. Bu yöntem, pratikte iyi bir sonuç sağlamaz çünkü birikmiş genel biçimsel bozukluklar oldukça büyük olurken, yerel biçimsel bozukluklar küçük olabilir. Özellikli nokta yer belirleme hataları ve doğrusal olmayan biçim bozukluklarını giderme özelliği olan bir uyarlamalı esnek eşleştirme algoritması uygulanmalıdır.



Şekil 8. Nokta tabanlı eşleme

Standart bir parmak izi analizinde 30–40 kadar özellik noktası tespit edilebilir. Yapılan araştırmalar sonucunda iki farklı kişide aynı koordinatlı özellik nokta sayısının 8’i aşamayacağı kanıtlanmıştır[5].

İki parmak izinin aynı kişiye ait olduğunu söyleyebilmek için, her iki iz üzerinde en az 11–12 ortak özellik noktası bulunması gerekir. Bazı ülkelerde iki parmak izi arasında 16 benzerlik noktası, bazı ülkelerde 7 benzerlik noktası aranmaktadır. Türkiye’de 16, İskoçya’da 7 benzerlik noktası aranırken Amerika’da adli uygulamalarda en az 12 ortak nokta aranırken FBI rakamlara bağlı kalmadan inceleme yapmaktadır [6]. Çalışmada kapsamında geliştirilen sistemde en az 13 özellik noktasının benzer olması şartı aranmıştır.

2.3.3.1. Parmak İzi Eşleme İçin Çalışma Kapsamında Geliştirilen Yöntemler

İki parmak izi görüntüsünün karşılaştırılabilmesi için, görüntülerin örtüştürülmesi gerekir. Bu işlem, bir parmak izinin diğerinin konumuna gelebilmesi için döndürülmesi ve ötelenmesi şeklinde gerçekleştirilir. Döndürme, ölçekleme ve öteleme bilgileri bilinmeyen iki nokta kümesinin karşılaştırılabilmesi için, her iki kümenin birbirine göre ifade edilmesi gerekir. Örtüştürme işleminin girişi, iki parmak izi görüntüsünden çıkarılmış olan öznelik nokta kümeleri olan P ve Q’ dur.

Veri tabanındaki parmak izlerinin, sorgulanan parmak izine bir dönüşüm uygulanarak elde edilebileceği varsayımı yapılır. Veri tabanı parmak izine ait nokta kümesi Q, sorgulanan parmak izine ait nokta kümesi P’ nin döndürülmüş, belirli bir ölçekte küçültülmüş veya büyütülmüş ve ötelenmiş bir versiyonudur. Parmak izlerinin örtüştürülmesi sürecinde amaç, iki parmak izi görüntüsü arasında var olan bir dönüşümü bulmaktır. İki görüntünün aynı parmak izine ait olup olmadığı bilinmediğinden, en iyi dönüşümün bulunması amaçlanır; öyle ki, bu dönüşüm P nokta kümesine uygulandığında, Q nokta kümesinde bulunan mümkün olduğunca çok nokta ile çakışır. Çakışan bu noktaların özellik değerleride aynı ise parmak izlerinin benzerliğinden söz edilebilir. Diğer parmak izine ait nokta kümesindeki hiçbir nokta ile benzeşmeyen noktalarda çıkabilir.

Literatürde birçok eşleme algoritması bulunmaktadır. Öznelik tabanlı otomatik parmak izi eşleme yöntemi parmak izi tanımda yoğun olarak kullanılmasına karşın bu yöntemle ilgili aşağıda değinilen eksiklik ve problemler tespit edilmiştir.

Algoritma gereği ölçek belirli bir aralıkta, belirli bir artımla değiştirilir. Ölçeklemenin hassasiyeti arttırıldığında işlem süresi çok uzar. Ayrıca aynı iki görüntü, ölçeklemenin 0,1’ den küçük değerlerinde farklı olarak algılanabilir. Ölçekleme hassasiyetinin yetersizliği nedeniyle, aynı dönüşüm farklı görülüp, dönüşüm ve dolayısıyla eşlemenin skoru düşebilir. Dönüşümlerde referans olarak görüntünün merkezi alınmıştır. Bu nedenle, öteleme / döndürme ve döndürme / öteleme şeklindeki farklı sıralamalı işlemlere karşılık farklı dönüşümler bulunabilmektedir. Referans olarak görüntülerdeki anlamlı bir nokta (çekirdek)

bile alınsa, sonuç değişmemektedir. Çünkü her görüntüde bir çekirdek bulunmayabilir. Ayrıca kayıplı parmak izlerinde referans değişebilir.

Dönme açısı, görüntülerdeki öznitelik noktalarının açıların farkı alınarak hesaplanır, bu nedenle nokta açıların doğruluğu oldukça önemlidir. Ancak parmak izlerinin alınması ve sayısallaştırılması sırasında görüntülerde oluşan gürültüler ve ikili görüntü elde etme ve inceltme aşamalarındaki problemler nedeniyle, uç ve çatal noktaların açıların yeterince hassas bulunması güçtür. Bunun sonucu olarak, dönme açısı doğru tespit edilemez. Nokta açıları tek bir değer olarak değil de, bir açı aralığı ya da bölgesi olarak belirlense de, dönme açısı doğru olarak ve görüntüdeki her nokta için aynı bulunamaz. Yukarıda belirtilen bu olumsuz durumların ortadan kaldırılması amacıyla, farklı bir yöntem uygulanmıştır. Parmak izi eşleme için iki yeni yöntem geliştirilmiştir. Geliştirilen yöntemler lokal eşleme yaklaşımı olup, her iki yöntemde Affin dönüşümüne dayanmaktadır.

Fotogrametride resim koordinatlarından model koordinatlarına, model koordinatlarından arazi koordinatlarına geçişte iki boyutlu bir dönüşüm olan Affin dönüşümü kullanılır. Jeodezide genellikle benzerlik dönüşümü kullanılmasına rağmen fotogrametri ve Kartoğrafya da durum farklıdır. Çünkü film, kâğıt vb. maddeler deformasyona uğradıkları zaman her iki eksen boyunca bozulmalar aynı olmaz. Bu durumda Affin dönüşümü tercih edilir. Parmak izinin biçim bozukluklarının çevresel özelliği vardır. Parmak izindeki bozukluklar, genellikle belirli bir noktada başlar ve dışarıya doğru yayılır. Bu nedenle Affin dönüşümünün kullanılması düşünülmüştür.

Affin dönüşümünde şekil, dönüşümden sonra geometrik olarak bozulur. Açılar değişir fakat doğrular yine doğrudur ve paralellik değişmez. Affin dönüşümü parametrelerini bulmak için her iki görüntüde en az ortak üç noktaya ihtiyaç duyulur, üçten fazla nokta var ise bu parametreler En Küçük Kareler yöntemine göre dengeleme ile hesaplanır. Affin dönüşümünün benzerlik dönüşümünden temel farkı her iki eksen yönündeki ölçek faktörlerinin farklı olmasıdır.

Affin dönüşümünde; her hangi bir doğrunun dönüştürülmesi yine doğrudur. Paralel doğrular dönüşümden sonra yine paraleldir. Bir doğru üzerindeki iki doğru parçasının birbirine oranı, dönüşümden sonrada aynıdır. Açı koruyan bir dönüşüm değildir. Açılar dönüşümden sonra değişirler. Ölçek her bir doğru için aynıdır, yön ile birlikte ölçekte değişir. Geometrik şekillerin alanları, dönüşümden sonra sabit bir miktar değişirler, bu sabit miktar dönüşüm matrisinin determinantına eşittir [7].

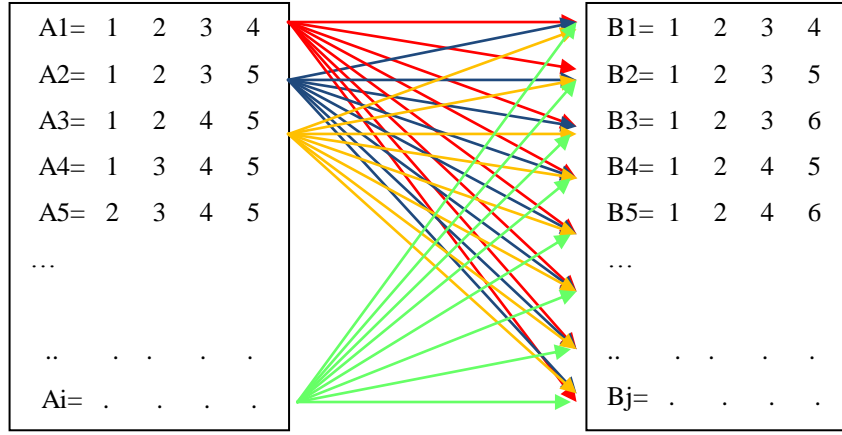
Dönüşüm parametrelerini dengeli olarak hesaplamak için her iki koordinat sistemindeki ortak noktalar ağırlık merkezine indirgenir. Ağırlık merkezine indirgenmiş koordinatlarla işlem yapmanın avantajı daha küçük sayılarla çalışma sağlamasıdır.

$$\begin{aligned} X_2 &= a_0 + a_1 X_1 + a_2 Y_1 = X_2^0 + m \cos\Phi X_1 - n \sin\Psi Y_1 \\ Y_2 &= b_0 + b_1 X_1 + b_2 Y_1 = Y_2^0 + m \sin\Phi X_1 - n \cos\Psi Y_1 \end{aligned} \quad (4)$$

Bu denklemler X_2^0 , Y_2^0 iki öteleme (sistemler arası başlangıç farkları), Φ ve Ψ iki dönme , m ve n iki ölçek katsayısı olmak üzere altı bilinmeyen içermektedir. Üçten fazla nokta olması durumunda en küçük kareler yöntemine göre dönüşüm katsayılarının hesaplanması yapılır. Çalışma kapsamında geliştirilen yöntemler, her iki sistemde ortak dört nokta bulma esasına göre oluşturulmuştur.

2.3.3.1.1. Alt Küme Yaklaşımı

Eğer her iki parmak izi görüntüsü aynı kişiye aitse bulunan özellik nokta kümeleri arasında yeterli sayıda ortak nokta vardır. Amaç bunlardan en az dört noktayı bularak Affin dönüşümü yapmak ve dönüşüm sonrasında her iki sistemdeki ortak noktaların sayısının yeterli olup olmadığına karar vermektir.



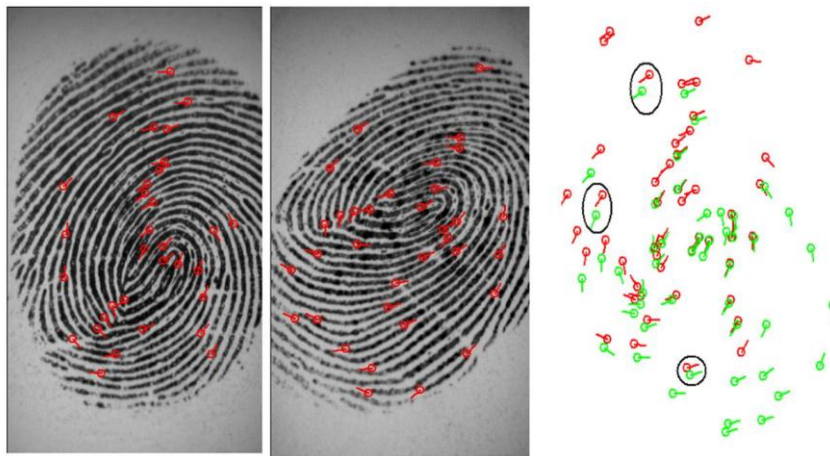
Şekil 9. A ve B nokta kümelerinin 4 lü alt kümelerinin karşılaştırılması

Bu amaçla her iki nokta kümesinin dörtlü alt kümeleri bulunur. Nokta sayısının dörtlü kombinasyonu sayısınca alt küme oluşturulur. Amaç oluşturulan bu alt kümelerinin her birinin diğeriyle karşılaştırılıp, aralarında Affin dönüşümünü gerçekleştirmektir. Her iki alt küme karşılaştırılırken ortak olduğunu düşündüğümüz noktaların sıralamasının nasıl yapılacağı önemlidir.

İlk olarak her iki kümedeki noktaların orta noktaları olan A_0 ve B_0 noktaları bulunur.

$$X_0 = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4) / 4, \quad Y_0 = (y_1 + y_2 + y_3 + y_4) / 4 \quad (5)$$

Bulunan bu orta noktadan diğer noktalara olan mesafeler hesaplanır ($a_1, a_2, a_3, a_4, b_1, b_2, b_3, b_4$). Noktalar, orta noktaya olan mesafelerine göre küçükten büyüğe sıralanır. Sıralanan noktaların özellik değerleri (hat sonu, çatal nokta) karşılaştırılır, karşılaştırılan noktaların özellik değerleri aynı değilse işlem kesilir ve diğer nokta kümelerine geçilir. Sıralama işlemi tamamlandıktan sonra sıralanan noktalar kullanılarak Affin dönüşümü yapılır. Affin dönüşümünde karesel ortalama hata ($m_0 > 10$) 10 pikselden büyükse işlem kesilir ve diğer kümelerin karşılaştırma işlemine geçilir, 10 pikselden küçükse işleme devam edilir, bulunan dönüşüm parametreleri yardımıyla girdi noktaları kümesi dönüştürülür. Girdi noktalarının koordinatları taslak nokta koordinatlarına dönüştürüldükten sonra, 10×10 boyutunda bir sınırlandırma penceresi içinde çakışan noktalar bulunur ve çakışan noktaların özellik değerleri de aynı ise bu noktalar eşleşmiş kabul edilir.



Şekil 10. Girdi noktaları ile taslak noktaların karşılaştırılması

Bu şekilde eşleşen noktalar sayılır. Eşlenen nokta sayısı 13 ten fazla ise iki parmak izi görüntüsünün aynı

kişiye ait olduğu kabul edilir. Eşlenen nokta sayısı 13 ten küçük ise eşleme kabul edilmez ve diğer alt kümelerle aynı işlemler tekrar edilir. Yapılan işlemler sonucunda eşleşen nokta sayısı 13 ten büyük çıkmıyorsa, bu iki parmak izi görüntüsünün aynı kişiye ait olmadığı kabul edilir.

Bu yöntemde, girdi nokta kümesi ve taslak nokta kümesinde bulunan noktaların sayısı önemlidir. Nokta sayısı artıka 4 lü alt kümelerinin sayısı artacağı için yapılan işlem sayısı artacaktır. Bu nedenle yöntemin parmak izi tanıma için kullanılması sistemin performansını oldukça düşürecektir. Bunun yerine parmak izi doğrulama için kullanımı daha uygun olacaktır.

2.3.3.2. En Yakın Komşuluk Yaklaşımı

Bu yöntem, girdi kümesi ile taslak kümesinde lokal yapılar oluşturup bu lokal yapıların eşlenmesi temeline dayanmaktadır. Her kümede içerdiği nokta sayısı kadar lokal yapı oluşturulur. Bu lokal yapılar karşılaştırılarak eşleme yapılır.

Kümedeki nokta sayısı n olsun. Kümedeki her bir i noktası için ($i=1,2,..n$) kendisine en yakın komşu beş nokta bulunur. Lokal yapı, i . nokta referans nokta olmak üzere, en yakın komşu beş noktayla birlikte altı noktadan oluşmaktadır. En yakın komşu beş nokta, referans noktaya mesafesi en yakın beş noktadır. İki nokta arasındaki Öklid uzaklığı aşağıdaki denklem ile gösterilir.

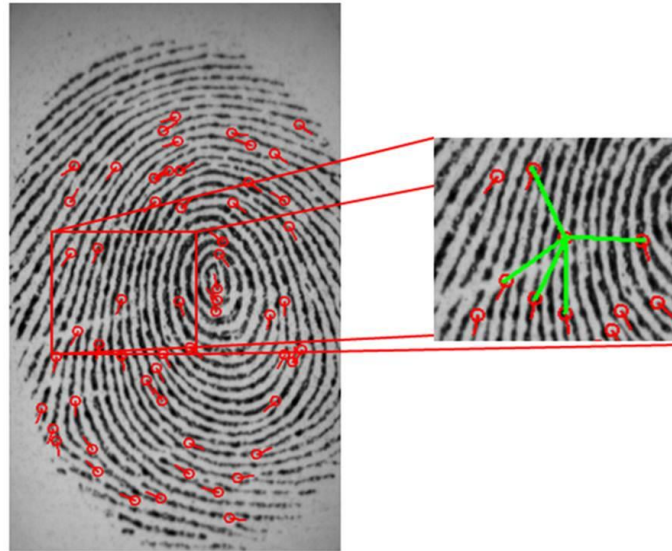
$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \quad (6)$$

Referans noktaya uzaklığı en küçük olan beş uzaklık seçilir. Referans nokta ile bu uzaklıklara ait noktalar lokal yapıyı oluştururlar.

$$A_i = \{i, d_{1i}, d_{2i}, d_{3i}, d_{4i}, d_{5i}\} \quad B_j = \{j, d_{1j}, d_{2j}, d_{3j}, d_{4j}, d_{5j}\}$$

$$i = (1, 2, \dots, n) \quad n = A \text{ kümesindeki nokta sayısı}$$

$$j = (1, 2, \dots, m) \quad m = B \text{ kümesindeki nokta sayısı}$$



Şekil 11. En yakın komşu özellik noktalarından 5 tanesinin bulunması

Lokal yapıların eşlenmesi için, Affin dönüşümü kullanılmıştır. Affin dönüşümü için iki sistemde ortak dört nokta gereklidir. Bu nedenle girdi nokta kümesine ait lokal yapı ile taslak nokta kümesine ait lokal yapıda bulunan altı noktanın dördü seçilir. Seçim için iki lokal yapı karşılaştırılır.

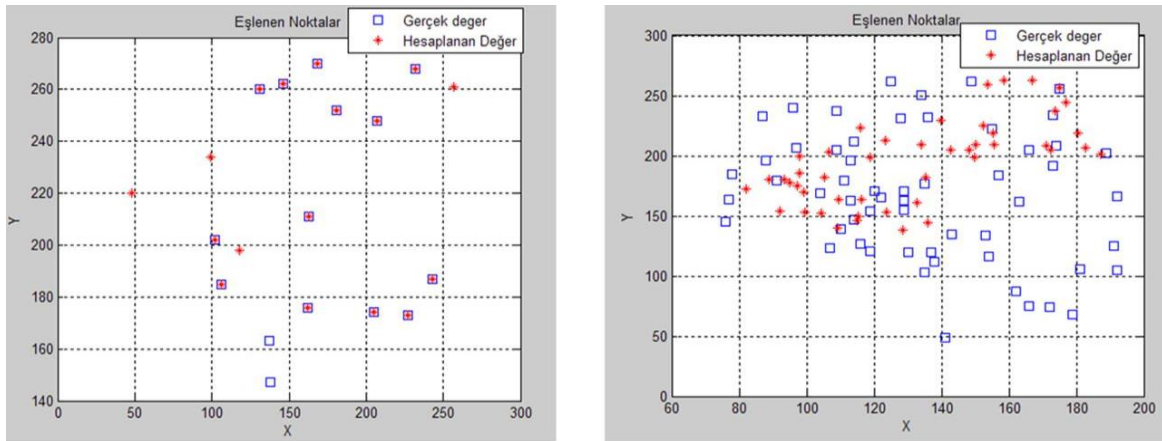
Her iki lokal yapıda referans alınan noktaların özellik değerlerinin (hat sonu, çatal) aynı olup olmadığı kontrol edilir, aynı ise bir sonraki adıma geçilir, aynı değil ise işlem kesilir ve diğer lokal yapıyla karşılaştırma işlemine geçilir.

İkinci adımda, her iki yapıdaki noktaların referans noktaya olan uzaklıkları alınır. A_i ve B_j lokal yapısında A_i lokal yapısının ilk komşu noktasının referans noktaya olan uzaklığı d_{1i} ile B_j lokal yapısının tüm uzaklıkları karşılaştırılır. Uzaklık farklarının karesi alınır. Bu değerlerden minimum olan değer bulunur, bu değeri karşılayan mesafenin olduğu noktaların özellik değeri aynı ise bu iki nokta ortak nokta kabul edilir. Bu işlem tüm uzaklıklar için tekrarlanır. Bu işlem sonucunda iki lokal yapı arasında en az üç ortak nokta bulunmuşsa Affin dönüşümüne geçilir, bulunmazsa işlem kesilir ve diğer lokal yapıyla karşılaştırma işlemine geçilir.



Şekil 12. İki lokal yapıdaki ortak noktaların bulunması

Affin dönüşümünde karesel ortalama hata ($m_0 > 10$) 10 pikselden büyükse işlem kesilir ve diğer kümelerin karşılaştırma işlemine geçilir, küçükse bulunan dönüşüm parametreleri yardımıyla girdi noktaları kümesi dönüştürülür. Girdi noktalarının koordinatları taslak nokta koordinatlarına dönüştürüldükten sonra, 10×10 ebatında bir sınırlandırma penceresi içinde çakışan noktalar bulunur ve çakışan noktaların özellik değerleride aynı ise bu noktalar eşleşmiş kabul edilir. Bu şekilde eşleşen noktalar sayılır. Eşlenen nokta sayısı 13 ten fazla ise iki parmak izi görüntüsünün aynı kişiye ait olduğu kabul edilir. Eşlenen nokta sayısı 13 ten küçük ise eşleme kabul edilmez ve diğer alt kümelerle aynı işlemler tekrar edilir. Yapılan işlemler sonucunda eşleşen nokta sayısı 13 ten büyük çıkmıyorsa, bu iki parmak izi görüntüsünün aynı kişiye ait olmadığı kabul edilir.



Şekil 13. Doğru Eşleme ve Hatalı Eşleme gösterimi

3.YÜZ TANIMA

İnsan her şeyi ile kendine özgüdür, bu karakteristik özellikler tanınmasına, kimliğinin tespitine yardımcı olur. Yüz tanımlama teknolojilerinin temeli mevcut yüz/yüzlerin görüntülerinden o yüzle ilgili karakteristik özelliklerin çıkartılmasına dayanmaktadır. Tüm yapılan sabit iki görüntünün karşılaştırılmasıdır. Yüz tanıma sistemlerinde temel olarak iki teknik kullanılır.

Bunlar;

- Bütünsel belirleyiciler, tüm yüzü kapsar.
- Kısmi belirleyicilerde, göz, dudak, ve burun incelenir.

Yüz tanımlama teknolojilerinde dünyada yaygın olarak dört temel yöntem kullanılmaktadır:

Özyüzler: Bu teknoloji MIT (Massachusetts Institute of Technology) tarafından üretilmiştir. Yöntem, bir insan yüzünün 100-125 adet sabit öz yüz ile üretilebileceği prensibine dayanır. Her yeni kişinin yüzü, bu ana yüzlerle uyum oranları derecelendirilerek bir parametre haline getirilir.

Bölgesel Özellik Analizi: Yüzün farklı bölgelerinden alınan düzinelerce özellik kullanılır. Bu yüz bloklarının özelliklerinin bütün içindeki konumları arasındaki ilişkileri ölçer. Yatayla 25, düşeyle 15 derece farklı açılardaki resimleri işleyebilmektedir. Bu metod, öz yüz tekniğinin bir türevidir.

Otomatik Yüz İşleme: göz, burun ve ağzın köşeleri arasındaki mesafeleri ve mesafe oranlarını kullanan bir yöntemdir.

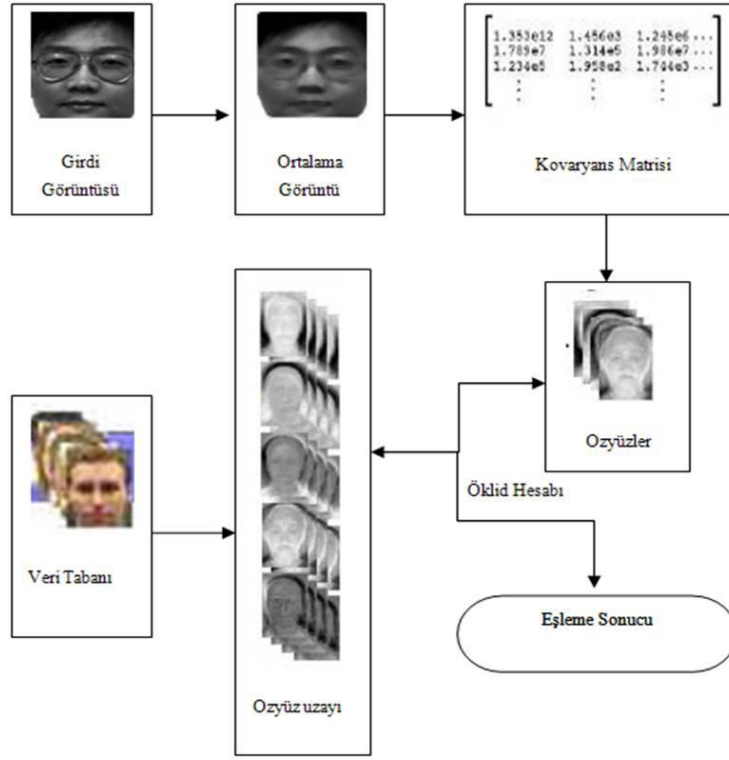
Yapay Sinir Ağları: Yapay sinir ağları, bir insanın yüzünü tanıyabilmek için bir insan beyni gibi kullanılır. Öğrenme yetisine sahiptir.

Bu yöntemlerden öz yüz, bölgesel özellik analizi ve sinir ağları yöntemleri bütünsel belirleyici tekniklerden, otomatik yüz eşleme kısmi belirleyici tekniklerdendir.

Günümüzde en yaygın olarak kullanılan yüz tanıma yöntemi özyüz tabanlı yöntemlerdir. Bu yöntemdeki temel amaç, sistemin veri tabanında yer alan görüntülerin ayırt edici karakteristik özelliklerini kullanarak olabildiğince az boyutlu bir uzay oluşturmak ve görüntüleri bu yüz uzayında karşılaştırmaktır. Bu uzayın temel vektörleri, yüzlerin yerel ve global bazı özelliklerini ortaya çıkarırlar ve görüntülerin içeriği hakkında bilgi verirler.

Yüz görüntüleri şeklinde olan bu vektörlere özyüz adı verilir. Özyüzler belirledikleri temel özellikler doğrultusunda gri değerlerden sapmalar gösterirler. Özyüz yönteminde tanıma işlemi, sisteme girdi olarak verilen görüntünün yüz uzayındaki izdüşümünün alınması ve bu vektörün veri tabanındaki izdüşümü alınmış diğer yüzlerle karşılaştırılması ile gerçekleştirilir.

Özyüz tabanlı tanıma yöntemleri ışığa ve yüz ifadelerine karşı az değişken olmasına rağmen, yüzün büyüklüğüne karşı oldukça duyarlıdır. Bunun temel sebebi ışık değişimlerinde komşu piksellerle olan ilişkinin yüksek olması, ancak yüz büyüklüklerinin değişiminde ilişkinin kaybolmasıdır. Bununla beraber özyüz tabanlı yöntemlerde öznitelik vektörlerinin hesaplanmasında yüzün tümünün ele alınması, saç, gözlük, sakal gibi özelliklerin yüz tanımadaki kullanılmasına yol açmaktadır. Bu da sistemin performansını azaltmaktadır.

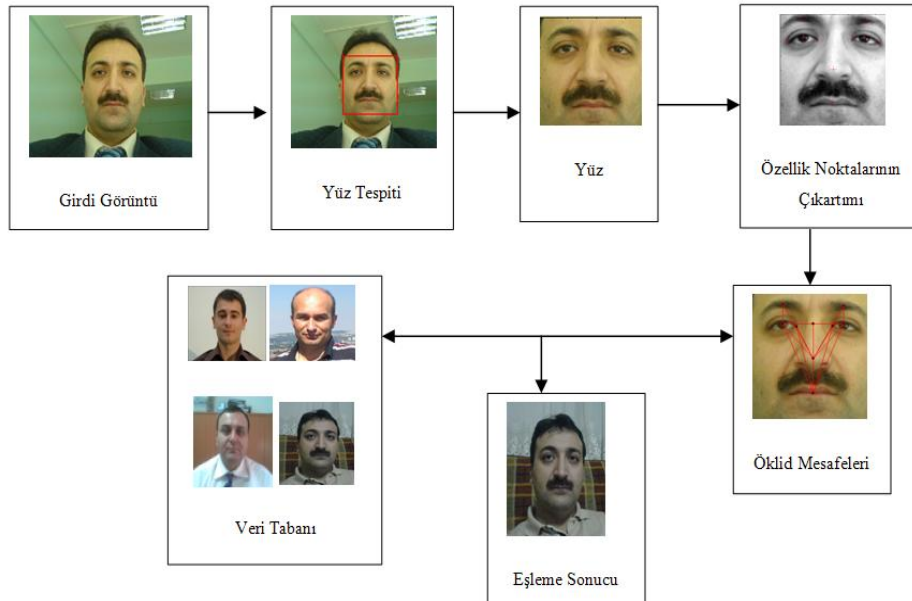


Şekil 14. Filtreleme Tabanlı Yüz Tanıma İşlem Şeması

Çalışma kapsamında, kısmi belirleyici tekniği kullanılmıştır. Kısmi belirleyici tekniği kullanılarak yapılan çalışmalar çok fazla zaman gerektirmektedir ve karışık matematiksel işlemler içerir. Yöntem, yüz üzerindeki belirleyici özelliğe sahip alanların boyutlarını birbirleri ile olan uzaklıkları ve geometrisi veya bunların oluşturduğu vektörlerin karşılaştırılması ile yapılan tanımlama yöntemidir. Bugüne kadar kullanılan ilk yüz tanıma metodudur. Yüz karakteristiği tanımlanırken göz çukurlarının saptanması, elmacık kemiğini çevreleyen bölgelerin taranması, ağız kenarlarının belirlenmesi, kulak memesini analizi gibi çeşitli metotlar kullanılır. Yüz üzerinde dikkati çeken 120 adet ayırt edici özellik olduğu bulunmuş, bunlar içerisinde 68 ana özellik ortaya çıkmıştır. Bu ana özellik unsurları arasındaki uzaklıkların ölçülmesi (tanımlama algoritması) ve bu uzaklıkların tanıma algoritmasında gerekli yerlere oturtulması ile matematiksel bir ifade haline gelir. Bu ifade kullanılan yüze ait olan ve başka birinin yüzünden elde edilecek başka bir ifadeden tamamen farklı bir formül olarak adlandırılır. Bunun sonucunda daha önceden tanıtılmış yüzlerin, kısaca kişilerin bilgisayar yardımı ile kolayca hatırlanabilmesi ve ihtiyaç duyulduğunda tanımlana bilmesi oldukça kolaydır.

Yüz üzerinde geometrik tanımayı gerçekleştirmek için seçilen noktaları örneklendirecek olursak; yüz üzerindeki tanımlayıcı özelliğe sahip olan göz, kaş, ağız, burun ve çene örnek olarak sayılabilir. Yüz tanıma yöntemlerinin en önemli aşaması görüntüde yer alan yüzlerin bulunmasıdır. Bulunan yüzlerin sayı ve kalitesi yüz tanıma yönteminin başarısını doğrudan etkilemektedir. Yüz tanıma adımları olarak; herhangi bir yüz aşağıdaki adımların uygulanması ile bilgisayar tarafından algılanarak gerekli yerlere kaydedilir. Karşılaştırılması istenen verilerle eşleme yapılır.

Bu aşama; yüzün dijital/analog olarak görüntülenmesini içerir. Elde edilen görüntü analog ise dijital hale getirilmesi, dijital görüntüdeki unsurların, tanımlama algoritması kullanılarak birbirine bağlı olan uzaklıkları ve yüzün genel alanı içindeki koordinatların saptanması, elde edilen değerlerin tanıma algoritması kullanılarak matematiksel bir ifadeye dönüştürülmesi, ifadenin daha sonra elde edilecek diğer ifadeler ile karşılaştırılmak ve diğer uygulamalar için kullanılmak üzere saklanması, işlemleri yapılır.



Şekil 15. Yüz eşleme için işlem şeması

3.1. Görüntüde İnsan Yüzün Bulunması

Bu güne kadar insan yüzünün belirlenmesi ve izlenmesi için birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar günümüzde de devam etmektedir. Kesin ve tam bir sonuç üretmek için birçok sezgisel ve özellik tabanlı yaklaşım önerilmektedir. Özellik tabanlı bu çalışmalar arasından ten rengini tanıma aracı olarak kullanan yöntemler diğerlerine göre daha fazla önem kazanmaktadır. Ten renginin insanlar tarafından kolaylıkla ayırt edilebildiği düşünüldüğünde, bu özelliğin yüz tespiti için kullanılmasının daha doğru olduğu görülmektedir [8].

İnsan yüzü kendine özgü rengi ile renk uzayında belli bir aralıkta temsil edilebilmektedir. Bu durum imgeler üzerinde de sadece ışıktan kaynaklanan bir yoğunluk değişimi göstermektedir. Ayrıca, insan teni ayırt edilebilir bir dokusal doygunluğa sahiptir. Renkli görüntüde ten rengi bulabilmek için yapılması gereken en önemli adım renk uzaylarından doğru olanı seçebilmektir. Çalışma kapsamında yüz tespiti aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Ten rengi tanıma konusunda farklı renk uzaylarında birçok çalışma yapılmış, görüntüde ten rengi bulmak için normalize edilmiş RGB renk uzayı kullanılmıştır. Ten rengi olabilecek pikseller aynen kalırken, ten rengi olarak algılanmayan pikseller siyaha dönüştürülür. Böylece sadece ten rengi olabilecek bölgeler, diğer alanlardan ayrılmış olur.

Renkli resimlerde yüz bölgesinin belirlenmesinin bir diğer yolu ise normalize edilmiş RGB renk uzayında bazı sınırlamalar kullanarak yüzün bulunması amaçlanmıştır.

$$\text{norm}_r = (\mathbf{r}/(\mathbf{r}+\mathbf{g}+\mathbf{b})) * 255 \quad (7)$$

$$\text{norm}_g = (\mathbf{g}/(\mathbf{r}+\mathbf{g}+\mathbf{b})) * 255 \quad (8)$$

Ten rengi analizi için aşağıdaki sınırlamalar kullanılmıştır [9].

$$90 < \text{norm}_r < 145, 60 < \text{norm}_g < 100 \quad (9)$$

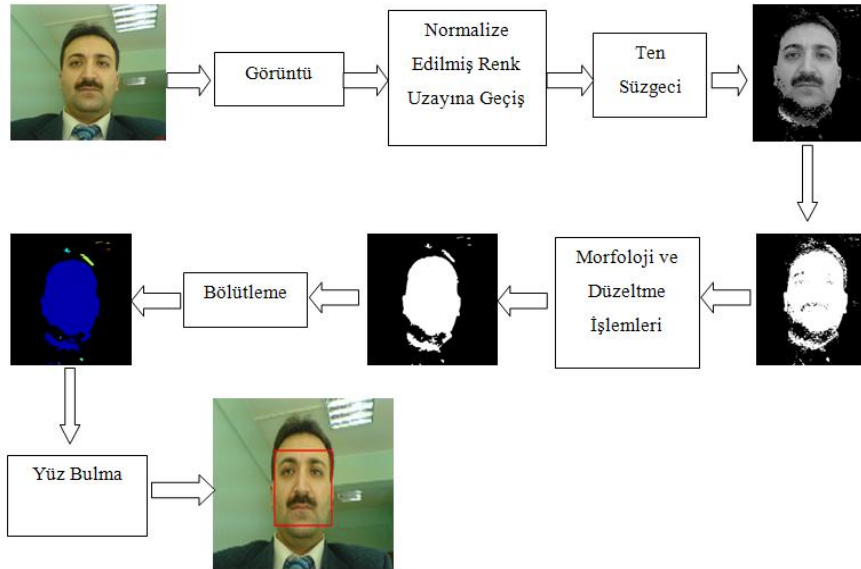
Ten rengi olarak belirlenmiş görüntü gri seviye resme dönüştürülür. Görüntülerin elenmesi için ortalama alma işlemi uygulanır. Gri seviyedeki resim lokal eşikleme algoritması kullanılarak ikili resme dönüştürülür. Elde edilen siyah-beyaz imge üzerinde iyileştirme amaçlı olarak önce morfolojik işlemler

(açma, kapama), daha sonra da ten bölgesi içinde kalan boşlukların ten alanına dahil edilerek düzeltme işlemleri uygulanır. Görüntü içerisinde olası tüm ten bölgeleri birbirinden ayrıştırılmalıdır.

Önce bölütleme yapılarak gruplar etiketlenir. Birbiri ile bağlantılı olan (komşu) 1 değerli piksellere aynı etiket numarası verilir. Bölütleme sonucunda kaç tane grup olduğu anlaşılacaktır. Bölütlemeden sonra hangi grubun yüz olduğu belirlenmelidir. Bunun için her bir grupta aşağıdaki özellikler bulunmalıdır. Grubun alanı (kaç tane 1 değerli piksel içerdiği), alanın ağırlık merkezi, ortalama yükseklik ve genişlik hesaplanır [10].

Ortalama yükseklik hesaplanırken ağırlık merkezin üstünde kalan kısmın ağırlık merkezi $C1$, ağırlık merkezinin altında kalan kısmın ağırlık merkezi $C2$ bulunur. $(C1+C2)*2$ değeri de ortalama yüksekliği vermiş olur. Aynı işlem ortalama genişliğin bulunmasında da yapılır.

Hangi alanın yüz olduğu belirlenirken yüzün oranlarından faydalanılır. İnsan yüzünün boyunun enine oranı yaklaşık olarak altın orana eşittir ($\Phi = 1,618034$). Ortalama yüksekliğin ortalama genişlik oranı bu değerler arasında çıkan grup yüz olarak belirlenir. Ancak hatalı olarak oluşmuş alanlarda bu değeri verebilir. Bu nedenle bu oranı sağlayan ve alanı en büyük olan bölüm yüzün bulunduğu bölüm olarak belirlenir ve çerçeve içine alınır.



Şekil 16. Görüntüde yüz bulma için akış diyagramı

Ten rengi ile yüz bulma algoritması ile yapılan çalışmada; Tek yüz içeren resimlerde, görüntüdeki yüz ve yüzlerin belirgin bir büyüklükte olduğu durumlarda ve yüz ve yüzlerin önden görünüş olması durumunda elde edilen sonuçlar daha iyi olmaktadır. Bazı zorlayıcı koşullar ise şunlardır;

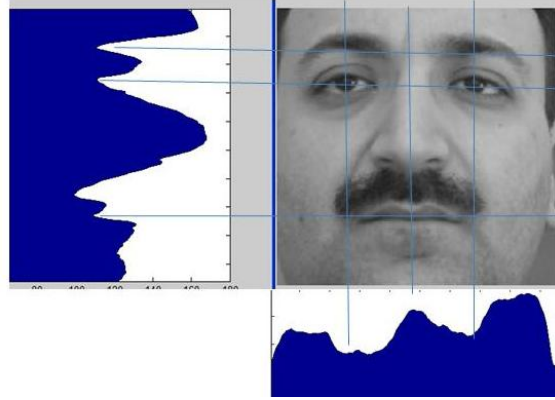
- Üzerinde çalışılan görüntünün çok küçük olması durumunda ten bölgeleri ayırt edilebilmekte, fakat yüz nesnelere belirgin olmadığından bu bölgeler içerisinde yüzeye ait olan bölgelerin bulunması mümkün olmayabilmektedir.

- Görüntü içerisinde yüz bölgesi üzerinde farklı noktalarda yoğunlaşmış çok parlak ışık ve yansımalar ten süzgeci sonucunun kötü olmasına neden olduğundan ayrık çıkan bölgeleri tek yüz oluşturacak şekilde birleştirmek mümkün olmayabilmekte ve bu nedenle algoritma doğru sonuç veremeyebilmektedir.

3.2. Yüzdeki Özellik Noktalarının Çıkartılması

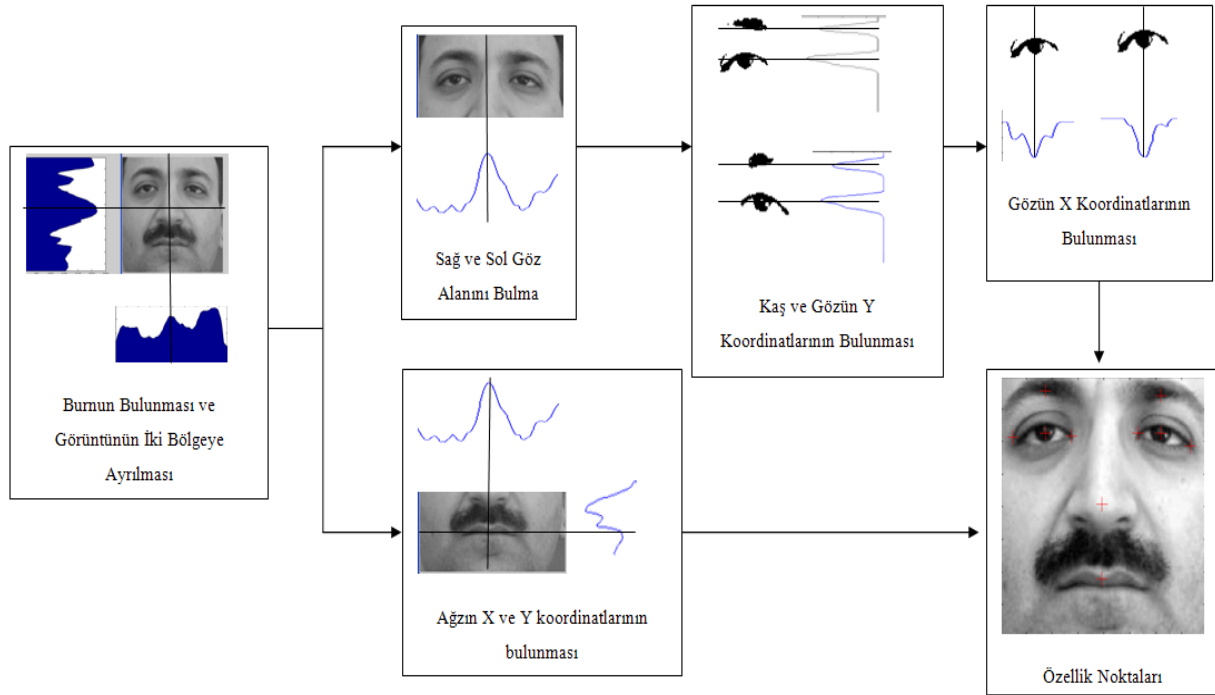
Resimdeki yüz alanı bulandıktan sonra, yüzdeki özellik noktalarının çıkartılmasına geçilir. Bu çalışmada

yüzdeki özellik noktaları olarak kaşlar, göz merceği ve göz çukurları, burun ve dudak seçilmiştir. İlk olarak yüzün yatay ve düşey izdüşümü çıkartılır. Bu izdüşüm grafiğindeki minimum ve maksimum noktalar bulunur. Bu noktalar yüzdeki özellik noktalarının yerlerini gösterirler.



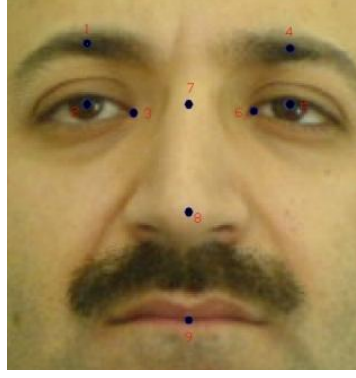
Şekil 17. Yüzdeki özellik noktalarının yatay ve düşey izdüşümü yardımıyla bulunması

Özellik noktalarının yerini gösteren bu değerler yaklaşık değer olarak kabul edilerek, bu noktaların yerlerinin daha hassas olarak bulunmasına geçilir.



Şekil 18. Yüzdeki özellik noktalarının bulunması işlem basamakları

İlk olarak bulunan yüz alanı görüntüsünün yatay izdüşümü alınır. Bu izdüşüm grafiğindeki en büyük değer bulunduğu maksimum nokta burnu gösterir. Bu değer aynı zamanda burnun y koordinatıdır. Yüz görüntüsü yatay izdüşümünün maksimum olduğu bu burun noktasından alt ve üst olmak üzere ikiye kesilir. Üst bölgede kaşlar ve gözler, alt bölgede ise ağız bulunur. Yatay ve düşey izdüşüm yöntemiyle bulunan özellik noktalarına ait x ve y değerleri çıkartılır ve özellik noktalarına ait nokta numarasına göre kaydedilir.



Şekil 19. Yüze ait özellik noktaları ve noktaların numaralandırılması

Yüze ait özellik noktalarının çıkartılması oldukça zordur. İşlemi zorlaştıran sebepler kısaca şunlardır:

- Geometrik bakış noktası: aynı insana ait yüz bilgisi, yüzün hangi noktadan resmedildiğine bağlı olarak oldukça farklı bir hale dönüşebilir. Örneğin insan yüzünün ön ve yan profillerden görünüşü oldukça farklıdır. Resim içerisindeki yüzün herhangi bir açıyla dönmüş halini de içeren, dönmeden bağımsız bir yüz tespit sistemi gerçekleştirmek oldukça güç bir işdir.

- Yüzün esnek yapısı: Aynı bakış açısı altında herhangi bir insana ait yüz bilgisi, yüz mimiklerine bağlı olarak çok büyük farklılıklar gösterebilir. Şöyle ki insan güldüğünde veya ağladığında yüzündeki ifade, dolayısıyla yüz bilgisi oldukça değişecektir. Buna yüzün esnekliği denilmektedir. İnsan yüzü genel olarak düşünüldüğünde belirli bir standarda sahiptir. Fakat bu standart yüzün genel yapısıyla ilgilidir (iki adet göz, bir adet burun vb.), ama yüz mimiklerinden dolayı yüz içerisinde bulunan bu birimler arasındaki uzaklıkta değişiklikler meydana gelebilmektedir (dudaklarla burun arasındaki mesafenin gülme anında değişmesi), hatta birimlerin kendi ebatlarında dahi değişimler olmaktadır (gülme anında insanın gözlerini kısması).

- Aydınlatma ve çevre koşulları: Aynı yüze ait görüntü bilgisi, aynı bakış açısı altındaki farklı aydınlatma ve diğer çevre koşulları sebebiyle değişime uğrayabilmektedir. Özellikle gerçek zamanda (real-time) elde edilen video görüntüleri üzerindeki insan yüzlerinin tespiti sisteminin gerçekleşmesi aşamasında standart bir aydınlatmanın oluşturulmasına gayret edilmektedir. Eğer aydınlatma olayı bizim kontrolümüz dışında gerçekleşiyorsa, elde edilen sayısal resimdeki hatalı aydınlatmadan kaynaklanan bilgi bozulması bazı görüntü işleme teknikleri kullanılarak en aza indirilmeye çalışılmaktadır. Bu işlemlere ise genel olarak "ön işlemler" denilmektedir. Bu işlemlere örnek olarak; histogram eşitleme ve kontrast artırma işlemlerini verebiliriz.

3.3. Yüz Eşleme

Yüz elemanları hassas bir şekilde bulunduktan sonra bu noktalar arasındaki Öklid mesafeleri ve oranları hesaplanarak kaydedilir. Yeni elde edilen yüzsel veri, kayıtlı yüz verileri arasında karşılaştırılır ve en az bir yüzsel temsil ile bağ kurulur. Karşılaştırma bittiğinde, sistem bir karşılaştırma değeri atar. Eğer bu değer önceden belirlenmiş eşik üzerinde ise benzerlik deklare edilir.

Çalışma kapsamında yüz eşleme için aşağıdaki işlemler uygulanmıştır. Yüz tespitinden sonra yüz elemanları hassas bir şekilde bulunur, bulunan noktaların x ve y koordinatları her özellik noktasına verilen nokta numarası ile veri tabanına kaydedilir. Karşılaştırma işlemi iki aşamalı olarak gerçekleştirilir. Birinci aşamada, yüz elemanlarının giriş ve araştırma görüntüsündeki özellik noktalarının koordinatları arasında Affin dönüşümü gerçekleştirilir ve elde edilen karesel ortalama hata değeri doğruluk ön kriteri olarak kullanılır. Karesel ortalama hata belirlenen sınır değerden büyükse reddedilir, küçükse kabul edilir.

ve bir sonraki işlem olan, karşılıklı korelasyon işlemine geçilir. İki ayrı veri grubu arasında bulunan ilişki derecesinin ölçümüne korelasyon denir. Karşılıklı korelasyon yöntemi, iki parça arasındaki benzerliği ölçmede kullanılan bir yöntemdir. Bu benzerlik bir katsayı (ρ) ile belirlenmektedir [11].

Genel olarak hesaplamada merkezleştirilmiş veya normalize edilmiş Karşılıklı korelasyon katsayısı (ρ) hesaplanır. Hesaplanan ρ korelasyon katsayısının maksimum olduğu durum model ve parça arasındaki en iyi eşlemenin konumunu verir [12]. İki parça arasındaki korelasyonu yüksek bir yaklaşımla bulan, her bir piksel konumunda merkezleştirilmiş veya normalize edilmiş korelasyon katsayısının (ρ) hesaplanışı şöyledir.

$$\rho(x, y) = \frac{\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n (f(x,y) - \bar{f}) * (g(x,y) - \bar{g})}{\sqrt{\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n (f(x,y) - \bar{f})^2 * \sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n (g(x,y) - \bar{g})^2}} \quad (10)$$

Burada;

$f(x,y), g(x,y)$: girdi ve taslak matris

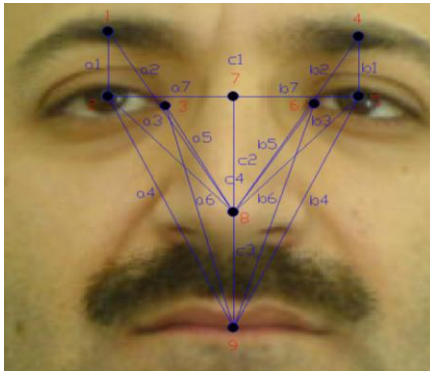
\bar{f}, \bar{g} : girdi ve taslak matrisin ortalama değerleri

m, n : girdi ve taslak matrisin satır ve sütun sayısı

Korelasyon katsayısı $\rho[-1, 1]$ aralığındadır. Hesaplanan katsayı $\rho = -1$ ise iki korelasyon matrisi arasında hiçbir korelasyon olmadığı anlaşılır. Eğer $\rho=1$ ise matrisler arasında tam bir korelasyon vardır.

Karşılıklı korelasyon yöntemi için girdi ve araştırma görüntüsündeki özellik noktaları arasındaki kenarlar, Öklid mesafeleri hesaplanır ve bu kenarların birbirine oranları kullanılarak özellik vektörü oluşturulur. Bu özellik vektörleri arasında karşılıklı korelasyon değeri hesaplanır, bu değer belirlenen sınır değerden büyükse kabul edilir, küçükse reddedilir. (Affin dönüşümü için karesel ortalama hata $m_0 \leq \pm 5$, karşılıklı ilişki değeri $\rho \geq 0.95$ alınmıştır) Aşağıdaki şekilde yüze ait özellik noktaları, kullanılan kenarlar ve özellik vektörü gösterilmiştir.

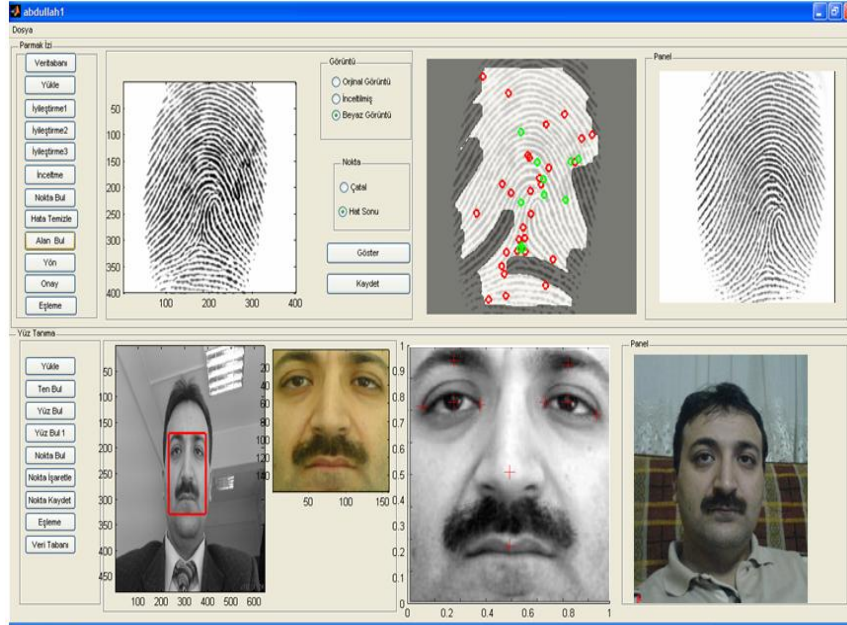
Özellik vektörü, yüze ait özellik noktalarının birbirlerine olan mesafelerinin oranlarından oluşturulur. Örneğin; kaş ve göz arasındaki mesafenin, göz çizgisi ile burun arasındaki mesafeye, burun ile ağız arasındaki mesafeye, göz çizgisi ile ağız arasındaki mesafeye oranları, göz bazının (sağ ve sol göz arasındaki mesafe), göz çizgisi ile burun ve ağza olan mesafelere oranları. Çalışma kapsamında özellik vektörü 4×4 'lük bir matris şeklinde oluşturulmuştur. İstenilirse farklı Öklid oranları kullanılarak farklı boyutlarda özellik vektörü oluşturmak mümkündür.



$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} \frac{a1}{c1} & \frac{a1}{c2} & \frac{a1}{c3} & \frac{a1}{c4} \\ \frac{b1}{c1} & \frac{b1}{c2} & \frac{b1}{c3} & \frac{b1}{c4} \\ \frac{c1}{c1} & \frac{c2}{c1} & \frac{c3}{c1} & \frac{c4}{c1} \\ \frac{a3}{c1} & \frac{b3}{c1} & \frac{a4}{c1} & \frac{b4}{c1} \\ \frac{c1}{c2} & \frac{c1}{c3} & \frac{c1}{c4} & \frac{c2}{c3} \end{bmatrix}$$

Şekil 20. Yüze ait özellik noktalarının numaralandırılması, aralarındaki Öklid mesafeleri ve oranların oluşturduğu özellik vektörü

Her ne kadar yüz imgeleri iris ve parmak izi gibi biyometrik sinyaller kadar güvenli olmasa da, yüz tanıma sistemlerini diğerlerinden ayıran önemli özellikler bulunmaktadır. Bu özelliklerden en önemlisi yüz imgesinin uzaktan da bir kamera yoluyla alınabilmesidir. Bu nedenle yüz tanıma algoritmalarının uygulanabileceği senaryolar çok çeşitlidir. İki boyutlu yüz tanıma sistemlerinin karşılaştığı en büyük sorun, elde edilen sinyaldeki değişimlerin oluşturduğu farkların çok yüksek olmasıdır. Aydınlatma, poz ve ifade değişimlerinin aynı yüzde yarattığı değişimler genel olarak farklı kişilerin resimlerinin birbirinden farkından daha büyük olmaktadır.



Şekil 21. Geliştirilen Yazılımın Genel Görünümü

4.UYGULAMA

Uygulamada, parmak izi için FVC2000 veri tabanındaki parmak izi görüntüleri, yüz için Frontal Face Dataset (California Institute Technology) ve BioID veri tabanındaki yüz görüntüleri kullanılmıştır.

Tablo 2. Çoklu Eşleme için kullanılan verilerin özellikleri

	Parmak İzi	Yüz
Veri Tabanı	FVC2000	Feret-FTKT
Boyut	300x300	değişik
Resim Sayısı	100	100

Hatalı eşleme kabul oranı (False Acceptance Rate- FAR) ve Hatalı eşleme ret oranı (False Reject Rate - FRR) olarak bilinen bu istatistiksel ölçümler, bir biyometrik sistemin güvenilirliği hakkındaki en doğru bilgiyi verirler [13].

Yanlış kabul oranı, yetkili olmayan kişilerin giriş izni alma olasılığıdır. Yanlış ret oranı ise yetkili bir kişiye giriş izni verilmemesi olasılığıdır. Biyometrik sistemlerde, karşılaştırılan örneklerin benzer karakteristiklerinin sayısı önceden belirlenen bir sınır değeriyle kıyaslanır. Bu değerden fazla karakteristik varsa geçiş izni verilir, yoksa reddedilir. Bu sınır değer çoğu sistemde istendiği gibi değiştirilir. Bu sayede sistemin hassasiyeti de değiştirilebilir.

Bir biyometrik sistem, yetkili bireyi reddettiğinde, buna 1. Tip hata (false reject rate - yanlış red oranı), reddetmesi gereken birini onayladığında ise buna 2. Tip hata (false accept rate - yanlış onay oranı) denir. Her tip hatada düşük rakamlar hedeflenir. Ancak en tehlikeli olanı, 2. Tip hatalardır. Bu tip hatalardan kaçınmak çok önemlidir.

Parmak izi ve yüz görüntülerinin birlikte kullanılarak yapılacak uygulama için, parmak izi ve yüz veritabanından çeşitli görüntüler seçilmiş ve veriler birbiriyle ilişkilendirilerek test yapılmıştır.

Farklı biyometrik sistemleri karşılaştırırken, birçok farklı değişken kullanılır. Bunlardan en önemlisi, aynı zamanda eşit hata oranı (EER – equal error rate) olarak da adlandırılan kesişme noktası hata oranıdır (CER – crossover error rate). Yüzde olarak ifade edilen CER, yanlış red oranının yanlış onay oranı ile eşit olduğu noktayı temsil eder. Bu oran, bir biyometrik sistemin doğruluğunu belirlerken en önemli ölçüdür. (Errors: Hatalar, False accept rate: Yanlış onay oranı, False reject rate: Yanlış red oranı, Crossover error rate: Kesişme noktası hata oranı, Sensitivity: Hassasiyet). Sistemin performans değerlendirmesi için, hassasiyet, kesinlik, hatalı eşleme kabul oranı (FAR), hatalı eşleme red (FRR) oranları kullanılmıştır.

$$\text{Hassasiyet} = 1 - \frac{\text{Hatalı Eşleme}}{\text{Doğru Eşleme}} \quad (11)$$

$$\text{Kesinlik} = 1 - \frac{\text{Eşleme Yok}}{\text{Doğru Eşleme}} \quad (12)$$

$$\text{Eşleme Oranı} = \frac{\text{Doğru Eşleme}}{\text{Toplam İşlem}} \quad (13)$$

$$\text{FAR (Hatalı Eşleme (kabul) oranı)} = \frac{\text{Hatalı Eşleme}}{\text{Testlerin Sayısı}} \quad (14)$$

$$\text{FRR (Hatalı Eşleşmeme (red) oranı)} = \frac{\text{Eşlememe}}{\text{Testlerin Sayısı}} \quad (15)$$

Tablo 3 Çoklu Eşleme için yapılan uygulama sonuçları

Veri Tabanı	Resim Sayısı	Doğru Eşleme	Hatalı Eşleme	Eşleşmeme	Hassasiyet	Kesinlik	Eşleme oranı	FAR	FRR
Par.İzi	50	49	1	0	0.98	1	0.98	0.02	0
Yüz	50	45	2	3	0.96	0.93	0.9	0.04	0.06
Çoklu	50	45	0	5	1	0.89	0.9	0	0.1

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuçlar incelendiğinde, çalışma kapsamında geliştirilen parmak izi eşleme algoritmasının düzgün çalıştığı, istenilen başarıyı yakaladığı görülmüştür. Algoritmanın başarılı olmasının, kullanılan Affin dönüşümünün özelliklerinden kaynaklandığı açıktır. Affin dönüşümünün nokta tabanlı eşlemelerde kullanılabilmesi ve bununla sisteme bazı avantajlar sağladığı görülmüştür. Parmak izi ve yüz eşlemenin birlikte değerlendirildiği bir sistemde sistemin hata yapma olasılığının da yok denecek kadar az olduğu görülmüştür.

Parmak izi eşleme bölümünün avantaj ve dezavantajları şunlardır.

Avantajları;

- Eşleme işlemi için kullanılan yöntemin ve algoritmaların anlaşılması basit ve uygulaması kolaydır. Hesaplama zamanı ve maliyeti düşüktür.
- Sistemde noktanın sadece x,y ve karakteristik özelliği kaydedilmektedir. Bu durumda, özellik

noktalarının yön değerlerinin (açı) hesaplanması işleminin yapılmayarak, daha az işlem yapılmasını ve veri boyutunun azalmasını sağlamaktadır. Eşleme işlemi, daha az veriyle yapılmaktadır.

- Herhangi bir referans noktaya bağımlı kalmamaktadır. Affin dönüşümü yapılarak girdi ve taslak veri arasındaki öteleme, döndürme, ölçek farklılıkları tek işlemde sonuçlandırılır. Kutupsal koordinat sisteminde çokgenlere dönüştürülmesine gerek kalmaz
- Karesel Ortalama değer için kullanılan sınır değer ($m=\pm 10$) artırılıp azaltılarak sistemin hassasiyeti değiştirilebilir. Buda sisteme esneklik kazandırmaktadır.

Dezavantajları;

- Affin dönüşümünde, dönüşümde kullanılan noktaların model alan içinde homojen dağılması esastır. Sistemde en yakın komşu noktalar kullanıldığı için noktaların homojen bir şekilde dağılması söz konusu değildir.
- Bozuk, deforme olmuş görüntülerde hatalı veya zayıf eşlemeler söz konusudur.
- Hatalı özellik noktaları fazla ise yanlış eşlemeler olmaktadır.

Yüz tanıma bölümünde, yüz eşleme algoritmasının iyi çalıştığı ve yeterli olduğu görülmüştür. Fakat yüz elemanlarının bulunması işlemindeki başarı oranı oldukça düşüktür. Buda sistemin başarısına ters etki etmektedir. Çünkü sistemde kullanılan yüz görüntüleri yüzün ön profilden alınmış, 15° den daha az dönüklüğü olan görüntülerdir. Eğimin ve dönüklüğün bu değerden fazla olduğu görüntülerde hatalı işlemler artmaktadır. Dönüklük ve eğimin 0° a yakın olduğu yüz görüntülerinde eşleme işlemi daha doğru sonuçlar vermektedir.

Avantajları;

- Eşleme için kullanılan Affin dönüşümü ve karşılıklı eşleme yöntemlerinin anlaşılması basit ve uygulaması kolaydır.
- Hesaplama zamanı ve maliyeti düşüktür.

Dezavantajları;

- Düşük çözünürlüklü görüntülerde özellik noktalarının çıkartılması yapılamamaktadır.
- Eğimin ve dönüklüğün 15° den fazla olduğu görüntülerde hatalı işlemler artmaktadır.

Parmak izi tanıma ve yüz tanımanın birlikte değerlendirilmesi ile sistemin başarısı artmış hata yapma olasılığı düşmüştür. Çoklu sistemlerin kullanımının sistem güvenliği açısından olumlu etki yaptığı görülmüştür.

Yapılan uygulama sonucunda aşağıdaki öneriler geliştirilmiştir.

- Parmak izi eşlemenin başarısı, özellik noktalarının çıkartımına bağlıdır. Bu nedenle yüksek çözünürlüklü, kaliteli parmak izi görüntüsünün alınması ve kullanılması sistemin başarısını olumlu yönde etkileyecektir.
- Değişik ve bütünleşmiş görüntü iyileştirme yöntemleri kullanılarak Parmak izi görüntüsünün kalitesinin artırılarak izlerin çıkartılmasına çalışılmalıdır.
- Eşleme algoritmasının geliştirilerek, algoritmadan kaynaklanan eşleme hataları sıfırlanmalıdır.
- Yüz görüntüsünden, özellik noktalarının çıkartılması için, hızlı ve hassas yöntem geliştirilmeli.
- Sistemin, dönüklüğü 15° ve daha fazla olan yüz görüntülerinde de çalışması sağlanmalı. Yapay sinir ağları ve genetik algoritmalar kullanarak sistem geliştirilmelidir.
- 2 boyutlu yüz tanımadan 3 boyutlu yüz tanımaya geçilmelidir.
- Sistemin başarısını etkileyen faktörlerden biride veritabanında bulunan verilerin görüntü kalitesidir. Bu nedenle veritabanındaki görüntüler kaliteli verilerden oluşmalıdır.

Dünyada birçok şirket ve kurum güvenliklerini koruma ve süreçlerini daha efektif kılma amacıyla biyometrik tanıma sistemlerini tanımakta ve kullanmaktadır. Biyometrik tanıma sistemleri güvenliğin öneminin hızla arttığı günümüzde geniş kullanım alanı bulan teknolojilerden biri olmuştur.

6. KAYNAKLAR

1. Prabhakar, S.,2001, “Fingerprint Classification and Matching Using a Filterbank”, PhD Thesis, Michigan State University.
2. Yıldırım, N., Saraç, U., Özer, H., 2002, “Gabor Filtre. Kullanarak Parmak izi Analizi”, 10. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları, Denizli
3. Özkaya, N., 2003, “Otomatik Parmak izi Tanıma Sistemi”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
4. Jain, A. K., Pankanti, S.,2001. Automated Fingerprint Identification and Imaging Systems. Advances in Fingerprint Technology, 2nd Ed. (H. C. Lee and R. E. Gaensslen), Elsevier Science, New York.
5. Maltoni, D., Maio, D., Jain , A.K., Prabhakar,S., 2003, “ Handbook of Fingerprint Recognition”, New York.
6. Akın, H., Karaçam, B., Gürpınar, K., 2002, “Kimliklendirmede Biyometrik Yöntemlerin Kullanım Alanları, Yıllık Adli Tıp Toplantıları”, 48-51, Antalya
7. Yaşayan, A .,1978, “ Hava fotogrametrisinde iki boyutlu doğrusal dönüşümler ve uygulamaları”, KTÜ yayın no: 102, YBF yayın no:19, Trabzon
8. Yavuz, Z., 2007, “ Bilgisayarlı Dudak Okuma ”, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi FEN Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
9. Vezhnevets, V., Sazonov, V., Andreeva, A., 2003, “ A Survey on Pixel-Based Skin Color Detection Techniques”, Proc. Graphicon, Moscow, Russia
10. NabiyeV, V. V. , Karakaya T, 2005, “Yapay Sinir Ağları Yardımıyla Resimdeki Yüzün tanınması”, 4th International Advanced Technologies Symposium, Konya
11. Gruen, A., 1998, “DTM Generation and Visualition”, Symposium on digital photogrammetry, İstanbul
12. Varlık, A., 1999, “Digital Fotogrametride Alana Dayalı Görüntü Eşleme Metodları”, Yüksek Lisans Tezi, AKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon
13. Grother,P., 2006, “Performance and Interoperability of the INCITS 378 Fingerprint Template”, National Institute of Standards and Technology, Alghero
14. Aslan,S.,Altun,H., Tezekeci ,B.S., 2003, “Yoğunluk Değişim Ve Histoğram Düzenleme Yöntemi İle Resim Üzerinde Göz Koordinatlarının Tespit Edilmesi”,III. Ulusal Proje Sempozyumu, 78-80, Kayseri
15. Achermann,B.,Bunke, H.,2000, “ClassifyingRangeImages of Human FaceswithHausdorffDistance”, ICPR, vol. 02, no. 2, p. 2809,Barcelona, Spain
16. Altun, A. A.,Allahverdi, N., Koçer H.E.,2005, “2 Boyutlu Gabor Filtre Kullanarak Yapay Sinir Ağları İle Parmakizi Analizi”, 4. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu, cilt 1, sf. 10-14. Konya
17. Chikkerur.S.S.,2005,“ Online FingerprintVerificationSystem”, Master thesis, StateUniversity of New York
18. Gonzalez, R.C.,Woods, R.E., 2002, “Digital Image Processing”, Second Edition, PrenticeHall,ISBN: 0-201-18075-8, USA.
19. Halıcı, U.,Jain, L. C., Hayashi, I., Lee, S.B., Tsutsui, T., 1999. “Intelligent Biometric Techniques in FingerprintandFaceRecognition”. CRC Press, USA.
20. O'Gorman, L.,Nickerson, J.V.,1988, “Matchedfilterdesignforfingerprintimageenhancement”, International Conference on Acoustics, Speech, andSignalProcessing, .New York
21. Özkaya, N.,2003,“Otomatik Parmakizi Tanıma Sistemi”, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
22. Sağıroğlu, Ş., Özkaya, N.,2006, “Otomatik Parmakizi Tanıma Sistemlerinde Kullanılan Önışlemler İçin Yeni Yaklaşımlar”,Gazi Üniv. Müh.Mim.Fak. De. Vol 21 No 1, Ankara
23. Varlık,Abdullah., 2008, “ Dijital Fotogrametri Teknikleriyle Kişi Tanıma”, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enst, Konya.
24. Yang, M.H.,Kriegman, D., Ahuja,N., 2002, “ DetectingFaces in Images: A Survey”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI), Vol. 24, No. 1,pp. 34-58.