

## PARMAKİZİNDEN YÜZ TANIMA

Necla ÖZKAYA ve Şeref SAĞIROĞLU\*

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Erciyes Üniversitesi, 38039, Kayseri,  
[neclaozkaya@erciyes.edu.tr](mailto:neclaozkaya@erciyes.edu.tr)

\*Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gazi Üniversitesi, 06570, Ankara,  
[ss@gazi.edu.tr](mailto:ss@gazi.edu.tr)

(Geliş/Received: 12.11.2007 ; Kabul/Accepted: 22.09.2008)

### ÖZET

Literatürde biyometrik tanıma sistemlerine yönelik birçok başarılı teknik, yaklaşım ve algoritma geliştirilmiş ve gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar incelendiğinde biyometrik özellikler arasındaki ilişkinin analizine yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Sunulan çalışmada parmakizi, yüz, iris, retina ve el geometrisi gibi biyometrik özellikler arasında olabilecek herhangi bir ilişkinin varlığı tartışılmakta ve kişilerin yalnızca parmakizini kullanarak yüzlerini tahmin etmeye yönelik yapay sinir ağları temelli yeni ve zeki bir sistem tanıtılmaktadır. Elde edilen sonuçlar, sunulan çalışmanın bu konuda gerçekleştirilmiş bir ilk çalışma olmasına ve sonuçların hiç bir son işlemlemeden en ham şekliyle sunulmasına rağmen başarısının kabul edilebilir niteliklerde olduğunu ve gelecekte konuyla ilgili farklı çalışmaların geliştirilmesine katkı sağlayacağını göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyometrik teknikler, parmakizi tanıma, yüz tanıma, yapay sinir ağları, akıllı biyometrik sistemler.

## FACE RECOGNITION FROM FINGERPRINTS

### ABSTRACT

As many approaches and algorithms for biometric recognition techniques have been developed and proposed in the literature in details, the relationships among biometric features have not been studied yet. This study presents an analysis of existence of any relationship among biometric features like fingerprints and faces. A new and novel approach based on artificial neural networks was designed and introduced to generate faces from fingerprint images. Experimental results have shown that faces were recognised with high accuracy from only fingerprints. Although the proposed system was an initial work on this topic, the results were very encouraging and promising for the future studies even if any post-processing was not applied.

**Keywords:** Biometric technics, fingerprint verification, face recognition, artificial neural network, intelligent biometric systems.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Kişilerin fiziksel veya davranışsal özelliklerin kullanılarak tanınması/onaylanması olarak açıklanabilen biyometri bilimi, parmakizi, yüz, kulak, iris, retina, el geometrisi, ses gibi kişiyi fizyolojik veya davranışsal bir özelliğiyle temsil edebilecek kadar kişiye özgü, kişiden kişiye kolayca aktarılamayacak kadar güvenilir, hayatın başlangıcından sonuna kadar değişmeyen kalıcı özellikleri kapsar [1]. İlk zamanlarda yüksek güvenlik gereken ve bireyin kimliğinin doğru tespit edilmesinin çok önemli

olduğu alanlarda kullanım alanı bulan biyometri günümüzde sıkça karşımıza çıkan bir teknoloji haline gelmiştir [2]. Biyometrinin günümüzde turizm sektöründe, giriş-çıkış kapılarında kimlik tespiti ve benzer güvenlik fonksiyonlarında, bilgisayar ve bilgisayar ağlarında erişim düzeninin sağlanmasında ve kaynakların paylaşımında, ağ güvenliğinin sağlanmasında, fiziksel giriş çıkış kontrol noktalarında, personel devam kontrol sistemlerinde, ticari işlemler ve benzer birçok alanda, banka güvenliğinde elektronik fon transferi veya ATM güvenliği gibi işlemlerde, çek ve kredi kartı

işlemlerinde, gümrük ve göç işlemlerinde daha güvenli ve hızlı işlem için, ulusal kimliklendirme sistemlerinde daha güvenilir ve düzenli kimliklendirme için, seçmen ve sürücü kayıtlarında, internet işlemlerinde verimli bir şekilde uygulandığı ve insan hayatında geniş yelpazede çözümler sunan bir teknoloji olduğu görülmektedir [2,3]. Son yirmi yıl içerisinde biyometrik tanıma sistemleri konusu bir çok açıdan incelenmiş, konunun değişik yönlerine ve detaylarına yönelik çeşitli teknikler, verimli algoritmalar ve yöntemler kullanılarak konuyla ilgili birçok problem için çeşitli çözümler ortaya konulmuştur [2-7]. İlk zamanlar çalışmaya biyometrik sistemlerde doğruluğun ve güvenilirliğin artırılmasına, sistemin işleyişine ve iyileştirilmesine yönelik olmakla birlikte son yıllarda araştırmacıların ilgisi biyometrik tekniklerin birleştirilerek kullanıldığı, doğruluk ve güvenliği bir üst seviyeye çıkaran çoklu biyometrik sistemler üzerine yoğunlaşmıştır [3,6-12]. Tüm bu ilgi ve gelişmelere rağmen literatürde biyometrik özellikler arasında olabilecek herhangi bir ilişki üzerine bir çalışma yapılmamıştır. Yazarların son aylarda kabul edilen çalışmalarında, parmakizi ile yüz arasında bir ilişki olduğu rapor edilmiştir [27-32]. Bu çalışmalarda; parmakizinden yüz çerçevesi [27], yüz çerçevesi ve kulak [28], kaş, göz ve ağız [29], kaş, göz, ağız, kulak [30], göz, burun, kulak ve yüz sınırları [31] ve göz, burun, kulak, ağız ve yüz çevresi [32] elde edilmiştir. Bu çalışmada ise parmakizinden göz, kulak ve kaş bilgisi elde edilebilmektedir.

Parmakizi ile yüz arasındaki olabilecek ilişkinin analizi ve incelenmesi konusunda en önemli öncelik gerçek bir çoklu biyometrik özellikler veritabanı (ÇBVT) oluşturulmasıdır. Bu nedenle çalışmaya aynı kişilere ait parmakizi ve yüz biyometrik özelliklerini içeren bir ÇBVT oluşturularak başlanmıştır. Böyle bir veritabanının hali hazırda insanların erişebileceği veya kullanabileceği bir platformda olmayışı çalışmaya buradan başlamayı zorunlu kılmıştır [17]. Bu yüzden genellikle çoklu biyometrik özelliklerle çalışan bilim adamları; [12] nolu çalışmada olduğu gibi kendi ÇBVT'lerini kendi imkanları dahilinde oluşturmakta, bunun sonucu olarak da literatürde bulunan ÇBVT'ler tüm insanların kullanabilecekleri platformlarda bulunamamaktadır. Ayrıca herkesin kendi çabasıyla oluşturulan veritabanları hem uluslararası standartlarda olmamakta hem de ufak boyutlu oldukları için sonuçların değerlendirilmesinde yetersiz kalmaktadır [17].

Sunulan çalışmada, parmakizi ile yüz biyometrik özellikleri arasında olabilecek bir ilişkinin varlığı araştırılmış ve bu özellikler arasında geçiş yapabilecek yeni ve zeki bir sistem tasarlanmıştır. Sözü edilen zeki sistem bu çalışmada tanıtılmıştır. Literatürde hiç araştırılmamış ve çalışılmamış bir konuda başarılı sonuçlar alınması, sunulan bu sistemin biyometrik özellikler arasındaki olabilecek ilişkilerin tespiti ve

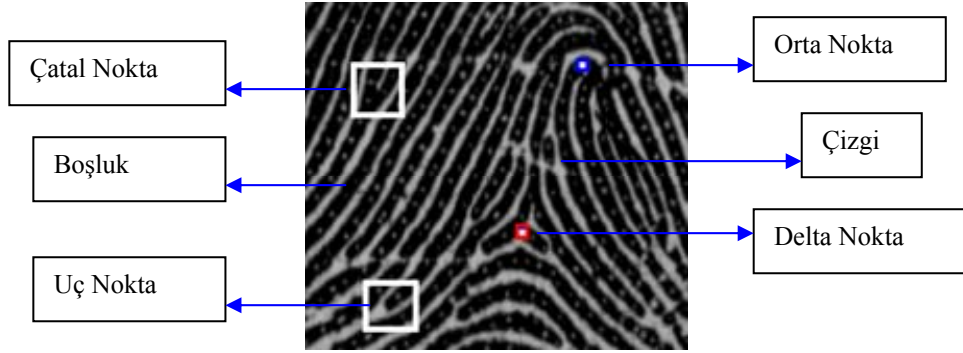
analizine yönelik gelecekte yapılacak pek çok çalışma ve uygulamanın önünü açacak önemli bir çalışma olarak değerlendirilmektedir.

## 2. BİYOMETRİK SİSTEMLERE GENEL BAKIŞ (OVERVIEW OF BIOMETRY SYSTEMS)

Bir biyometrik sistem en genel anlamda bireyin biyometrik özelliğini alan, bu özellikten kişinin kimliklendirilmesinde kullanılacak olan özellik setini çıkaran ve kişiyi temsil eden bu anlamlı veri seti ile daha önceden aynı prensiplerle elde edilip veritabanına kaydedilmiş veri seti/setleri arasında karşılaştırma yapan bir tanıma/onaylama veya sınıflandırma sistemi olarak tarif edilebilmektedir [13]. Biyometrik sistemler çalışma şekli ve uygulama durumuna göre 4 gruba ayrılırlar. Bunlar kayıt modu (enrollment), onaylama modu (verification), tanıma modu (identification) ve izleme modu (screening) şeklinde sıralanmaktadır [1]. Temelde hepsinin çalışma prensibi aynı olmakla birlikte modlar uygulama şekli ve kullanım alanı konusunda bazı farklılıklara sahiptirler. Örneğin kayıt modu biyometrik verinin sisteme alınması, sınıflandırılması ve kaydedilmesi işlemlerini kapsamaktadır. Onaylama modu "kullanıcı adı + biyometrik veri" kombinasyonunu sisteme giriş olarak alıp birebir karşılaştırma (1-1) sonucu sistem cevabını oluşturmak şeklinde tanımlanmakta ve genelde personel takibi gibi giriş-çıkış kontrol noktalarında tercih edilmektedir. Tanıma modu yalnızca biyometrik veriyi sisteme giriş olarak alıp veritabanındaki tüm kayıtlarla tek tek karşılaştırma (1-n) yaparak sistem cevabını oluşturmakta ve genelde suç ve suçlu takibi gibi işlerde kullanılmaktadır. İzleme modu ise herhangi bir kişinin arananlar listesinde olup olmadığının araştırılmasında görev yapmaktadır. Havaalanı güvenliği, herkesin kullandığı kamuya ait alanların güvenliği ve diğer takip ve gözlem gerektiren uygulamalarda tercih edilmektedir.

Bir otomatik parmakizi tanıma ve onaylama sistemi (OPTOS) parmakizi resminde bulunan çizgilerdeki özellikler ve bu özelliklerin parametrelerinin benzerliklerini ve farklarını kullanarak kimliklendirme yapmaktadır [9,14]. Kimliklendirme işleminde kullanılan ve yerel özellikler olarak bilinen parmakizi çizgilerindeki ani sonlanmalar veya ikiye ayrılışlar olarak tarif edilebilen uç ve çatal noktalar ve bu noktaların temsilinde kullanılan global özellikler olarak bilinen orta nokta ve delta noktaları Şekil 1'de verilmektedir.

Özellik noktalarının karşılaştırılması temelli OPTOS'lar genellikle üzerinde işlem yapılacak resim alanının seçilmesi, referans noktaların belirlenmesi, resmin temizlenip iyileştirilmesi, inceltilmesi, özellik setinin elde edilmesi ve gerçek özellik setinin oluşturularak parmakizinin özellik seti ile en iyi şekilde temsil edilmesi, özellik setinin veritabanında kayıtlı özellik seti/setleriyle karşılaştırılması işleminin



**Şekil 1.** Parmakizi yapısı ve parmakizine ait yerel ve global özellikler (Ridge-valley structure and local and global features of fingerprints)

yapılması, sistemin test edilmesi ve test sonuçlarının değerlendirilmesi işlemlerinden oluşmaktadır [15].

Bir otomatik yüz tanıma ve onaylama sistemi kişilerin durağan resimleri veya video görüntüleri üzerinden ilgili kişilerin veritabanına kayıtlı resimlerinin kullanılarak kimliklendirilmesi şeklinde tanımlanabilir. Yüz tanıma işlemi kişinin yüzüne ait özelliklerin değişmesine neden olan yüz ifadelerindeki değişiklikler, 3 boyutlu poz farklılıkları, makyaj, yüzün bir kısmını veya tamamını kapatan aksesuarlar, saç şekli ve benzeri birçok faktör olması nedeniyle oldukça karmaşık ve zor bir iştir [16]. Bir yüz tanıma sistemi karmaşık bir arka plandan yüzlerin ayırt edilmesi, yüze ait özellikler ve bu özellikler yardımıyla yüz yeri ve yönünün belirlenmesi ve tanıma/onaylama işleminin gerçekleştirilmesi olmak üzere temelde üç adımdan oluşmaktadır [16]. Yüz tanıma ile ilgili literatür incelendiğinde yüz tanıma ile ilgili yöntemlerin temelde 4 ana grupta toplandığı görülmektedir [6]. Bu yöntemler ana hatlarıyla aşağıda tanımlanmaktadır.

- I. **Bilgi temelli metotlar:** Kural tabanlı metotlar olarak ta bilinirler. Genellikle yüz yerinin tespiti ve yüze ait özellik setinin elde edilmesinde kullanılmak üzere tasarlanmış olan bu metotlar tipik bir yüzün insan beyninde nasıl şifrelendiği düşünülerek geliştirilmiştir.
- II. **Değişmeyen özelliklere dayalı yaklaşımlar:** Bu algoritmalar yüzde var olan ve poz, bakış açısı, çeşitli aydınlatma koşullarına rağmen değişmeyen sabit kalan özellikleri bulma ve bunları kullanarak yüz yerinin tespiti ve yüz tanıma işleminin gerçekleştirilmesi için geliştirilen yöntemlerdir. Yüze ait özellikler, doku analizi, ten rengi veya birden fazla özellik kullanılarak işlem yapılan çalışmalar bu gruba girmektedir.
- III. **Şablon karşılaştırmaya dayalı metotlar:** Bir yüze veya yüzün parçalarına ait çeşitli standart şablonlardan çok sayıda depolayıp karşılaştırma mantığına dayanan bir yöntemdir. Giriş resmiyle önceden tanımlanmış veya şekil değiştirebilen kayıtlı şablonlar arasındaki benzerlik oranına

bakılarak yüz yeri tespit edilmeye ve yüz tanıma yapılmaya çalışılır.

- IV. **Görünüş temelli metotlar:** Bu yöntemlerde şablon karşılaştırmanın tersine, modeller veya şablonlar bir veri setinden öğrenilir. İlgili veri seti yüzün çeşitli şekillerinde, çeşitli şartlarda ve çeşitli pozisyonlarda alınan resimlerinden oluşan eğitim setidir. Bu öğrenilen modeller daha sonra yüz tanıma işlemi için kullanılmaktadır. Öz yüz yöntemi ve öz yüzün iyileştirilmiş versiyonları (doğrusal diskriminant analizi, ayırt edici ortak vektör yöntemi vs), dağılım tabanlı yöntemler, yapay sinir ağları, karar destek mekanizmaları, gizli markov modelleri gibi çeşitli yöntemler kullanılarak işlemler gerçekleştirilmektedir.

Son yıllarda kişilerin kimliklendirilmesi için biyometrik özelliklerin birleştirilerek kullanıldığı çalışmalar revaçta [3,10,11,13,33]. Biyometrik özelliklerin birleştirilmesi, sistemin bozucu etkilere karşı daha güçlü olmasını, doğruluğunun ve güvenilirliğinin artmasını sağlamakta ve kullanıcılara biyometrik sistemler bünyesindeki dezavantajları en aza indirgeyerek avantajları kullanma imkanı sunmaktadır. Tekli biyometrik sistemlere göre daha iyi performans, hız ve doğruluk sağlıyor olması bu konuda çalışan teknoloji üreticilerinin, algoritma geliştiricilerin ve bilim adamlarının dikkatini bu yöne yöneltmiştir [3]. Çoklu biyometrik sistemlerin avantajları literatürde sıkça belirtilmektedir. Prabhakar ve Jain çalışmalarında birden fazla sensor (optik ve kapasitif), biyometrik özellik (parmak izi yüz), biyometrik birim (sağ el işaret parmağı ve sağ el orta parmak), karşılaştırma mekanizması (özellik noktaları temelli, yönelim haritası temelli) ve aynı biyometrik özelliğin farklı şekillerde alınması (sağ el işaret parmağının değişik şekillerde alınması) şeklinde oluşturulan çoklu biyometrik sistemlerin doğruluğunun ve başarısının normal biyometrik sistemlere göre daha iyi olduğunu belirtmektedirler [13]. [33] nolu kaynakta Jain ve arkadaşları çoklu biyometrik sistemler hakkında detaylı olarak verdikleri temel bilgilerin yanı sıra konuyu değişik açılardan yorumlamışlardır.

Çoklu biyometrik sistemler incelendiğinde iki

biyometrik özellik karar seviyesi, benzeşme oranları seviyesi ve özellik çıkarım seviyesi olmak üzere temelde 3 seviyede birleştirilmektedir [10], [11]. Özellik çıkarım seviyesindeki birleştirmede her iki biyometrik özelliğin özellik seti farklı farklı elde edilip bu özellik setleri birleştirilmektedir. Benzeşme oranları seviyesindeki çoklu sistemde biyometrik özelliklerin ayrı ayrı özellik seti çıkarılıp benzeşme oranları hesaplanmakta ve bu aşamada birleştirme işlemi gerçekleştirilmektedir. Karar seviyesinde ise her iki biyometrik özellik birbirinden bağımsız olarak işlemlere tabi tutulmakta sonuçta bir karar vermekte ve sonra bu kararlar birleştirilerek sistem sonucu oluşturulmaktadır [13].

### 3. PARMAKİZİNDEN YÜZÜ TANIYAN ZEKİ SİSTEM (PYTZS) (INTELLIGENT SYSTEM GENERATING FACES FROM FINGERPRINTS)

Kişinin tanınmasında ve kimliklendirilmesinde uzun zamandır kullanılan ve “kişiye özgü” kavramıyla özdeşleşen biyometrik özellikler kullanılarak kişileri yüksek doğruluklarla tanıyıp kimliklendirebilmek mümkün olmaktadır. Yapılan pek çok çalışmada, nano mertebesinde olan özelliklerde kişiye has özelliklerin bulunması veya genetik olarak saklanması fikri, bizde de biyometrik özellikler arası bir geçiş olabileceği fikrini oluşması fikrini doğurmuştur. Sunulan çalışmada, parmakizinden yüzü tanıyan zeki bir sistem gerçekleştirilmiştir.

Geliştirilen bu zeki sistem, 120 kişinin parmakizi ve yüz resimlerinden oluşan bir çoklu biyometrik özellikler veritabanı (ÇBVT) kullanılarak oluşturulmuştur. Bu resim çiftleri gerektiği şekilde işlenerek parmakizlerine ve yüzlerine ait özellik setleri elde edilmiştir. Parmakizi ve yüze ait özellik setleri arasında herhangi bir ilişkinin varlığına yönelik araştırmanın yapılabilmesi için yapay sinir ağı (YSA) temelli zeki bir sistem oluşturulmuştur. YSA mimarisi oluşturulurken YSA yapısı ve detayları hakkında bir çalışma yapılmış, yapılan denemeler neticesinde Çok Katlı Perseptron (MLP) yapısının kullanılmasına karar verilmiştir. Daha sonraki denemelerde ise uygun MLP yapısı ve parametreleri elde edilmiştir. 120 kişilik veritabanından rasgele 80 adet kayıt seçilip YSA'nın eğitimi yapılmıştır. Eğitim esnasında sistemin giriş ve çıkışı sırasıyla parmakizlerine ve yüzlerine ait özellik setleridir. Sisteme giriş olarak bir otomatik parmakizi okuyucudan elde edilen özellikler kullanılmaktadır. Çıkış olarak ise kaş, göz veya dudakların belirlenmesi için işaretlenen noktaların koordinat bilgileri kullanılmıştır. Parmakizi-yüz veritabanında eğitim için kullanılan kişiler dışında kalan 40 kişilik parmakizleri kullanılarak sistem test edilmiş ve sistemin başarımı görülmüştür. Testte kullanılan 40 kişiye ait “arzu edilen çıkış” değerleri yalnızca YSA'dan elde edilen sistem çıkışlarının doğruluklarının analizinde, hataların hesaplanmasında ve sistemin başarımının değerlendirilmesinde

kullanılmıştır. Sistemin doğruluk analizi okh (mean square error), tkh (sum square error), kişi başı mutlak yüzde hata ve korelasyon gibi parametrelerle değerlendirilmiştir. Ayrıca sistem başarısının daha gerçekçi ve görsel olarak da ifade edilebilmesi için sonuçlar çizilerek de ifade edilmiştir.

Parmakizi ile yüz arasındaki olabilecek ilişkinin analizi ve incelenmesi işlemine parmakizi ve yüz özelliklerini içeren bir ÇBVT oluşturularak başlanmıştır. Sunulan çalışmada 120 kişilik bir parmakizi yüz veritabanı oluşturulmuştur. Bu çalışmada sadece bir adet parmakizi ve her yüze ait sadece bir adet yüz resmi kullanılmıştır. Kişinin sağ el işaret parmağı ile kaşlar, gözler, burun ve ağız olarak sıralanabilen yüze ait temel bileşenler arasındaki ilişkiler dikkate alınmıştır.

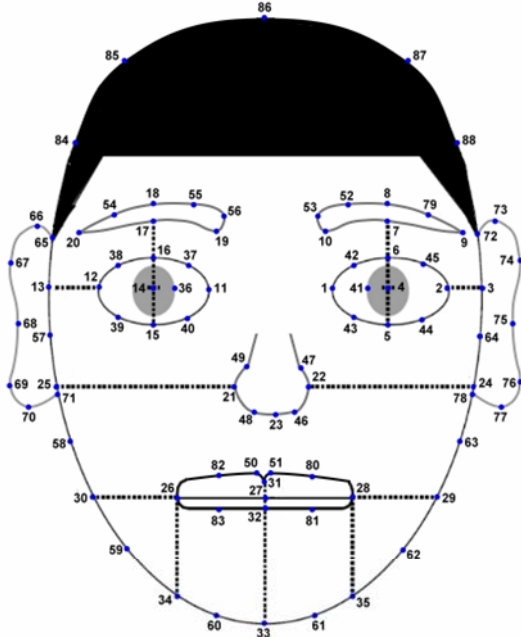
Parmakizi ile yüz arasında herhangi bir ilişkinin varlığının araştırılması ve incelenmesi konusunda ikinci öncelik parmakizi ve yüze ait özellik setlerinin doğru ve güvenilir olarak elde edilmesidir. Bu özellik setlerinin doğru olarak elde edilmesi çalışmanın ve sistemin başarısını doğrudan etkileyecek faktörlerdir. Literatürde böyle bir çalışmanın olmayışı ve bu yaklaşımın ilk defa tarafımızdan sunuluyor olması nedeniyle parmakizi ve yüze ait özelliklerin elde edilmesinde kullanılan yöntemlerin şeffaflığı bu çalışma için özellikle önem arz etmektedir. İşte bu nedenden dolayı parmakizi özellik setlerinin oluşturulmasında konu ile ilgilenen herkesin bildiği, doğruluğu ve güvenilirliği onaylanmış, biyometri sektöründe ticari olarak faaliyet gösteren, internette kolayca erişilebilen bir programın kullanılması uygun görülmüş ve Neuroteknolojia tarafından geliştirilen VeriFinger 4.1 SDK kullanılmıştır. Bu şekilde bir seçim için PYTZS için oluşabilecek önyargı ve şüpheleri ortadan kaldıracığı, böylece çalışmanın daha objektif olarak değerlendirilmesi sağlanabilecektir. Parmakizine ait özellik seti ile ilgili detaylar, kayıt şekli ve formatı, özellik setinin elde edilmesinde kullanılan algoritmalar ve bunların işleyiş şekilleri ile ilgili her türlü bilgi VeriFinger SDK'da mevcuttur [18]. Benzer şekilde yüzlerine ait özellik setlerinin elde edilmesinde de şeffaf bir yöntem tercih edilmesi gerektiği düşünülmüş, konuyla ilgili literatürde varolan ve yukarıda ana hatlarıyla verilen tüm yüz tanıma yöntemleri incelenmiş, bunlar arasında yüze ait değişmeyen özellikler kullanılarak yüz tanıma yapabilen yöntemlerin kullanılmasının daha doğru olacağı sonucuna varılmıştır. Bunun nedeni ise parmakizinin temsil edilmesinde parmakizinde bulunan ve değişmeyen fiziksel özellikler kullanılmaktadır. Bunun yüz tanımadaki tam karşılığı da yüze ait değişmeyen özellikler olarak tarafımızdan yorumlanmıştır. Bu şekilde bir bakış açısı ile hiçbir karmaşıklığı olmayan, yüzde bulunan ve yüzün tanınmasını sağlayan özelliklerin en basit anlamda elde edilmesi mantığına dayalı bir yöntemin kullanılmasına karar verilmiştir. Literatürde bulunan

yüze ait değişmeyen özellikleri temsil eden noktaların kullanıldığı yöntemler incelenmiş, bunlar arasında çalışmanın doğasına uygun bir yöntem belirlenmiştir [19]. Bu yöntemde, göz, dudak, kaş, burun, kulak ve yüz çevresi üzerinde örnek noktalar işaretlenerek alınmıştır. Ancak bu yöntemde kullanılan 35 farklı nokta ile bu noktalar kullanılarak elde edilen parametreler yüz kısımlarının yeterince hassas temsil edilemediği görülmüş ve bu yaklaşımın hassasiyetinin artırılarak kullanılabilmesi için Şekil 2’de verilen yüze ait özellik setinin 66 noktaya çıkarılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Sunulan çalışmada kullanılan yüze ait özellik noktalarının gösterildiği şablon ve noktaların gerçek bir yüz resmi üzerinde yerleştirilmesi Şekil 2(b)’de verilmiştir. Şekil 2(b)’de verilen 66 noktadan kişiye ait robot resmin çizilmesi ve kişinin yüzü ile ilgili karakteristik özelliklere ulaşılması mümkün olmaktadır. Tüm bu işlemleri sorunsuz, hızlı ve başarıyla gerçekleştiren bir yazılım tarafımızdan geliştirilmiştir.

Parmakizi ve yüze ait biyometrik özelliklerin elde edilmesinden sonra PYTZS’de işlem sırası kullanılacak zeki sistemin tasarımına gelmektedir. Bu çalışmada, literatürde hiç çalışılmamış, hakkında en ufak bir bilgiye rastlanmayan, tamamen yeni bir ilişkinin varlığı veya yokluğunun araştırılması



(a) örnek veri seti (example for a data set)



(b) Yüz şablonu (face template)

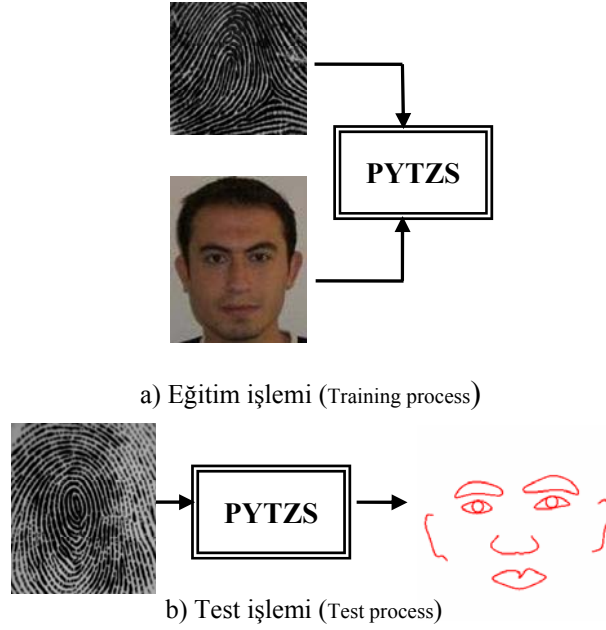
Şekil 2. YSA için örnek veri seti (Example for a data sets)

söz konusudur. Aradaki ilişkiyi öğrenebilecek zeki sistemin tasarımı ile ilgili bir çalışma yapıldığında problemin doğasına en uygun teknoloji olarak ilk karşımıza çıkan teknoloji YSA olmaktadır. YSA, öğrenme yeteneği, kolayca farklı problemlere uyarlanabilirliği, genelleme yapabilmesi, uygulamada daha az bilgi gerektirmesi, paralel işlem yapabilme gibi özelliklerinden dolayı hızlı çalışabilme yeteneği ve kullanıcının giriş ile çıkış arasındaki ilişkiyi tarif etme mecburiyetinin olmayışı gibi pek çok üstünlükten dolayı, literatürde birçok alana başarıyla uygulanmış bir teknolojidir [20,21]. Belirtilen avantajları başarıyla uygulandığı örneklerde mevcuttur [22-24]. PYTZS’nin YSA ile gerçekleştirilmesine karar verilmesinin ardından, YSA mimarisi olarak MLP yapısının kullanılmasına karar verilmiştir. MLP en çok kullanılan YSA yapısı olmasının yanında farklı pek çok öğrenme algoritmasıyla da eğitilebildiğinden bu ağız eğitiminde kullanılabilir [21].

YSA’yı eğitmek için SCG (Scaled Conjugate Gradient) öğrenme algoritması kullanılmıştır. SCG algoritması, ağırlıkları ve giriş değerleri mevcut ve türevi alınabilir transfer fonksiyonlarına sahip olan tüm yapay sinir ağlarının eğitiminde kullanılabilen bir öğrenme algoritmasıdır. Ağırlık ve bias değerleri Conjugate Gradient algoritmasına göre değiştirilmektedir [25]. SCG ise Moller tarafından bu algoritmanın karmaşıklığının giderilerek geliştirilmesi sonucu elde edilmiş bir öğrenme algoritmasıdır [26].

PYTZS’nin tasarımı yapılırken, en basitten karmaşığa doğru belirli bir sistematik içerisinde ilerlenmiş, problemin çözümünde, olabilecek en basit çözümün tercih edilmesine gayret gösterilmiş ve sonuçta çalışma mantığı Şekil 3’te verilen zeki sistem ortaya çıkmıştır.

Tasarımı tamamlanan PYTZS eğitim için hazır hale gelmiştir. Oluşturulan ÇBVT’de 120 kişiden 80’i rasgele seçilerek sistemin eğitiminde, kalan 40 kişi ise sistemin testinde kullanılmıştır. Sistemin giriş çıkışı sırasıyla parmakizlerine ve yüzlerine ait özellik setleridir. 298 ve 132 boyutlarındaki bu özellik setleri aynı kişinin parmakizini ve yüzünü temsil etmektedir. Bu şekilde kişilerin parmakizlerine ait özellik setlerinin giriş, yüzlerine ait özellik setlerinin de çıkış olarak sisteme girilmesiyle eğitim işlemi gerçekleştirilmektedir. Biyometrik özellikler, önceki paragraflarda açıklandığı şekilde işlemlerden geçirilip özellik setleri elde edilmekte ve bu setlerle sistem eğitilmektedir. Eğitimi tamamlanan sistemin başarısı ise sistemin test sonuçlarının analiz edilmesiyle ortaya çıkmaktadır. Eğitimde hem parmakizine ait özellik setleri hem de yüze ait özellik setleri kullanılmasına karşın teste sadece parmakizlerine ait özellik setleri yeterli olmaktadır. Sistemin test edilmesinin ardından test sonuçlarının değerlendirilmesi ve PYTZS’nin başarımının hesaplanması gerekmektedir. Test sonuçlarının değerlendirilmesinde ortalama karesel



Şekil 3. PYTZS’de YSA işlemleri (ANN processes in PYTZS)

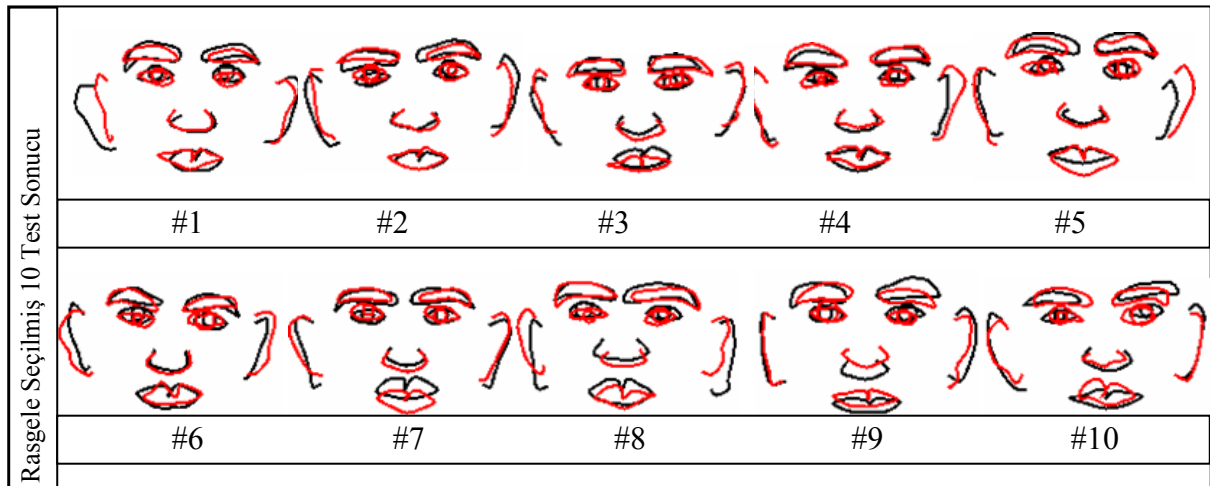
hata (okh), toplam karesel hata (tkh), her test kişisi için mutlak yüzde hata (myh) ve ortalama myh gibi ölçütler kullanılmıştır. Ancak sunulan sistemin klasik bir biyometrik tanıma/onaylama sistemi olmayışı, test sonuçlarının değerlendirilmesinde bu ölçütlerin tek başına yeterli olmadığı sonucunu doğurmuş ve bu ölçütlere ek olarak bazı parametrelerin de kullanılmasını zorunlu kılmıştır. Dolayısıyla bu parametrelerin yanısıra YSA’dan elde edilen sonuçların, arzu edilen sonuçlarla aynı platformda ve test kişilerinin gerçek yüz resimleri üzerinde çizilmesi şeklinde ifade edilerek sistem başarısının görsel olarak da değerlendirilebilmesine olanak sağlanmıştır.

#### 4. DENEYSSEL SONUÇLAR (EXPERIMENTAL RESULTS)

Bu çalışmada yalnızca parmakizi resimleri kullanarak, yüze ait hiçbir bilgiye sahip olmaksızın yüz robot resimlerin elde edilmesine yönelik YSA temelli zeki

bir sistem tasarlanmıştır. PYTZS’yi gerçekleştirmek için gereken tüm işlemlerin doğru, hızlı ve verimli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi için bir yazılım geliştirilmiş ve tüm işlemler bu yazılım yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Sunulan çalışma için yüz verilerinin doğruluğunun değerlendirilmesi kritik önem taşımaktadır. Çünkü sistem çıkışı yüze ait özellik setleridir ve sistem bunları ne kadar doğru bulursa performansı o kadar doğru olacaktır. Başka bir ifadeyle yüze ait elde edilen sonuçların doğruluk analizi aslında komple sistemin doğruluğunu ifade etmektedir.

PYTZS’nin başarıyla tasarlanması, sunulması ve sonuçlarının değerlendirilmesi için oluşturulan ÇBVT kullanılarak elde edilen sonuçlar okh, tkh ve ortalama myh değerleri sırasıyla 0.0011, 5.6280 ve 6.195175 şeklindedir. Daha gerçekçi ve görsel bir değerlendirme için YSA’dan elde edilen sonuçların “arzu edilen sonuçlar”la Şekil 4’te verildiği gibi aynı platformda çizilerek gösterilmiş, aynı kişilerin



Şekil 4. Sunulan sistemden elde edilen 10 test sonucu ile arzu edilen sonuçlar (Selected 10 test results with their desired faces of the system.)



YSA'dan elde edilen sonuçlarının gerçek yüz resimleri üzerinde çizilerek gösterilmesi ise Şekil 5'te verilmiştir.

Sayfa sayısı konusunda oluşabilecek problemlerden dolayı test çıktıların tamamının şekil olarak gösterilmesi burada mümkün olmamaktadır. Sistem performansının ortaya konulabilmesi için tüm test sonuçlarının kişi başı mutlak yüzde hata değerleri Şekil 6'da sunulan grafikte verilmiştir.

Sonuç olarak sunulan sisteme ait verilen grafikler, şekiller, hata ve benzerlik oranları incelendiğinde yalnızca parmakizi bilgileri kullanılarak kişilerin yüzlerinin kabul edilebilir doğrulukla tahmin edilebiliyor olması kişiye ait olan ve uzun zamandır kişinin kimliklendirilmesinde güvenle kullanılan bu iki biyometrik özellik arasında yakın bir ilişkinin olduğunu ve bu ilişkinin modellenerek matematiksel olarak da ifade edilebileceğini, dolayısıyla bu konunun üzerine gidilmesi gerekmektedir.

Bu sonuçlar parmakizi ve yüz biyometrik özellikleri arasında ilişkinin olduğunu göstermekte, kimliklendirme ve güvenlik alanında çığır açacak bu ilişkinin diğer biyometrik özellikler arasında da olabileceğinin de işaretini vermektedir. PYTZS daha önce hiç bir bilim insanı tarafından araştırılmayan bir konunun incelenmesi açısından oldukça önemlidir.

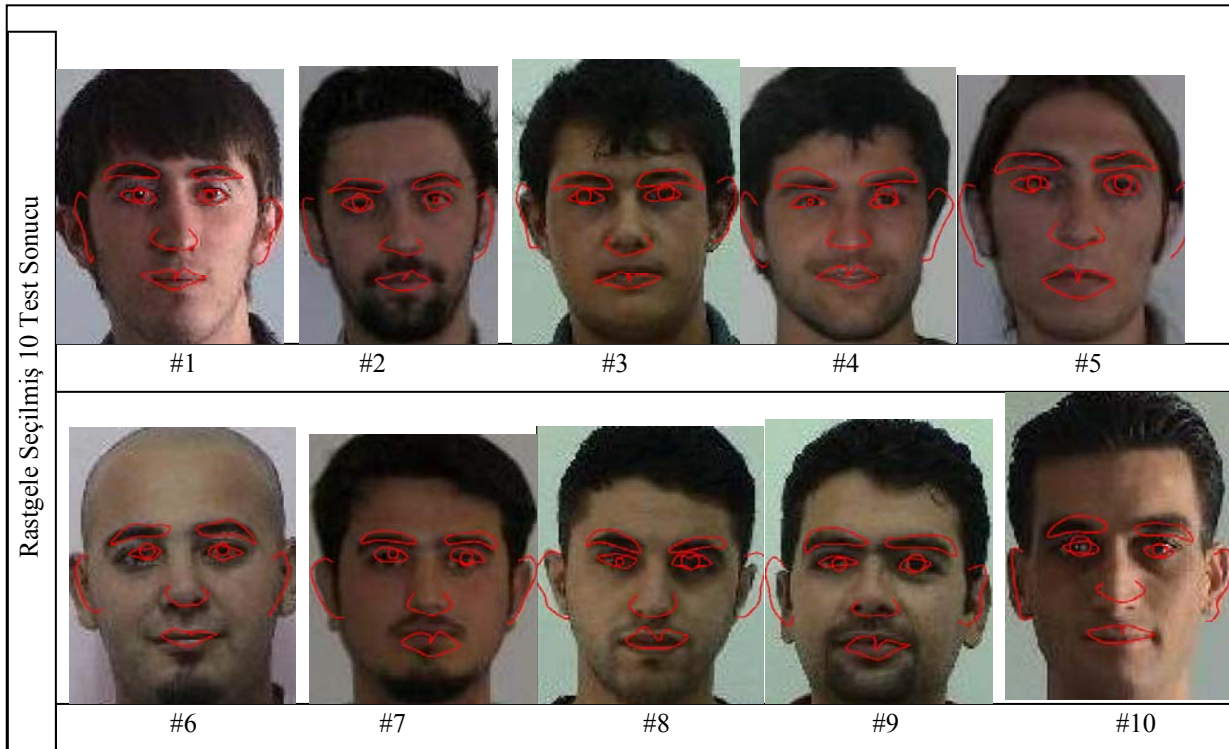


Şekil 6. Elde edilen yüzde mutlak hata test sonuçları (Figure 6. Absolute errors in percentages for all test results)

## 5. SONUÇ VE TARTIŞMA (CONCLUSION AND DISCUSSION)

Bu çalışmada kişiye ait bir parmakizi resmini kullanarak aynı kişinin yüz robot resmini çizmeye yönelik bir sistem bütün olarak sunulmaktadır. Elde edilen sonuçlar parmakizi ve yüz gibi biyometrik iki özellik arasında yakın bir ilişkinin varlığını ortaya koymakta, bu ilişkinin boyutu ve çeşidi ise bundan sonraki araştırmalara kalmaktadır. Konuyla ilgili tartışmalar aşağıdaki başlıklarda verilmektedir.

- I. Sunulan çalışma diğer biyometrikler arasında olabilecek herhangi bir ilişkinin analiz edilmesinde öncülük edebilecek niteliktedir.
- II. Şekil 6'da sunulan sonuçlarda bazı değerlerin yüksek çıkması ve bazı sonuçlarda düşük hata elde edilmesinin sebepleri ise parmakizleri ile yüzler arasında oluşturulan modelin bazı parmak izleri için iyi performans göstermemesinden kaynaklanmaktadır. Yüksek hata değerine sahip olan yüz resimleri ile düşük hata değerlerine



Şekil 5. Sistemin elde ettiği test sonuçlarının kişinin resmi üzerinde gösterilmesi (Randomly selected 10 test results on real face images)

- sahip yüz resimlerinin benzerlikleri üzerinde kapsamlı çalışma yapılarak bu husus somut olarak açıklanmasına ihtiyaç vardır.
- III. PYTZS’de kullanılan yaklaşım, biyometrik sistemler, güvenlik, kimliklendirme, suç ve suçlu takibi ve benzeri birçok alana yeni araştırma alanları ekleyecek niteliktedir.
- IV. Bu çalışma ile biyometrik sistemlere araştırmacıların ilgisini yeniden çekecek oldukça ilginç fikirler sunulmaktadır.
- V. Sunulan çalışmada elde edilen sonuçlar robot resim şeklindedir ve bu çıkışlar hiç bir son işlem yapılmadan en ham halleri ile sunulmuşlardır. Bu çıkışları bazı son işlemlere tabi tutularak sonuçlar iyileştirilebilecektir.
- VI. Robot resim şeklindeki çıkışların literatürde bilinen ve kullanılan çeşitli teknikler ve programlar yardımıyla resim şekline getirilmesi, üç boyutlu hale çevrilerek görselliği ve doğruluğunun artırılması mümkündür.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. A. K. Jain, A. Ross and S. Pankanti, Biometrics: a tool for information security, *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, (2006), vol. 1, no. 2, pp. 125-143.
2. D. Maio, D. Maltoni, A.K. Jain and S. Prabhakar, *Handbook of fingerprint recognition*, Springer-Verlag, New York, 2003.
3. D. Bouchaffra and A. Amira, Structural Hidden Markov Models for Biometrics: Fusion of Face and Fingerprint", In Special Issue of Pattern Recognition Journal, Feature Extraction and Machine Learning for Robust Multimodal Biometrics, (2007), Article in press, available online.
4. A.K. Jain, L. Hong, S. Pankanti, and R. Bolle, An identity authentication system using fingerprints, *Proceedings of the IEEE*, (1997), vol. 85, no. 9, pp. 1365-1388.
5. L.C. Jain, U. Halici, I. Hayashi, S.B. Lee, S. Tsutsui, *Intelligent biometric techniques in fingerprint and face recognition*, CRC press, New York, 1999.
6. M.H. Yang, D.J. Kriegman, and N. Ahuja, Detecting faces in images: a survey, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence* (24), No. 1, (2002), pp. 34-58.
7. W. Zhao, R. Chellappa, P.J. Phillips, and A. Rosenfeld, Face recognition: a literature survey, *ACM Computing Surveys*, (2003) vol. 35, pp. 399-459,
8. J. Fierrez-Aguilar, D. Garcia-Romero, J. Ortega-Garcia and J. Gonzalez-Rodriguez, Adapted user-dependent multimodal biometric authentication exploiting general information, *Pattern Recognition Letters*, (2005), Vol. 26, no. 16, pp. 2628-2639.
9. A.K. Jain, S. Pankanti, S. Prabhakar, L. Hong, A. Ross, and J.L. Wayman, Biometrics: A Grand Challenge, In *Proceedings of the International Conference on Pattern Recognition* (2004), (Cambridge, UK, August, vol. II), 935-942.
10. M. Indovina, U. Uludag, R. Snelick, A. Mink and A. Jain, Multimodal biometric authentication methods: a cots approach, *Proc. MMUA 2003, Workshop on Multimodal User Authentication*, (2003), pp. 99-106.
11. J. Fierrez-Aguilar, J. Ortega-Garcia, J. Gonzalez-Rodriguez, J. Bigun, Discriminative multimodal biometric authentication based on quality measures, (2005), *Pattern Recognition* 38 (5), 777-779.
12. A.K. Jain, L. Hong and Y. Kulkarni, F2ID: A personal identification system using faces and fingerprints, *Proc. 14th International Conference on Pattern Recognition*, (1998), Brisbane, pp. 1373 – 1375.
13. A.K. Jain, A. Ross, S. Prabhakar, An introduction to biometric recognition, *IEEE Transaction on Circuits and Systems for Video Technology*, (2004), Vol. 14, No. 1, pp 4-19.
14. A. Jain, L. Hong; R. Bolle, On-line fingerprint verification, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, (1997), vol. 19, no. 4, pp. 302-314.
15. N. Ozkaya, S. Sagiroglu, A. Wani, An intelligent automatic fingerprint recognition system design, *5th International Conference on Machine Learning and Applications*, (2006), pp: 231 – 238.
16. H. Cevikalp, M. Neamtu, M. Wilkes, and A. Barkana, Discriminative common vectors for face recognition, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, (2005), vol. 27, no 1. pp. 4-13.
17. R. Snelick, U. Uludag, A. Mink, M. Indovina and A. Jain, Large scale evaluation of multimodal biometric authentication using state-of-the-art systems, *IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence*, (2005), vol. 27, no. 3, pp. 450-455.
18. [http://www.neuroteknologija.com/vf\\_sdk.html](http://www.neuroteknologija.com/vf_sdk.html)
19. I.J. Cox, J. Ghosn and P.N. Yianilos, Feature-Based Face Recognition Using Mixture Distance, *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 1996, (209-216).
20. S. Haykin, *Neural Networks: A Comprehensive Foundation*, Macmillan College Publishing Company, New York, 1994.
21. Ş. Sağiroğlu, E. Beşdok, ve M. Erler, Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları I: Yapay Sinir Ağları, *Ufuk Kitabevi*, Ağustos 2003.
22. V.K. Sagar, K.J.A. Beng, Hybrid Fuzzy Logic And Neural Network Model For Fingerprint Minutiae Extraction, *International Joint*



- Conference on Neural Networks, (1999), pp. 3255 -3259.
23. K.A. Nagaty, Fingerprints classification using artificial neural networks: a combined. Structural and statistical approach, Neural Networks, Vol.14 (2001), pp. 1293-1305.
  24. D. Maio, D. Maltoni, Neural network based minutiae filtering in fingerprints, 14th International Conference on Pattern Recognition, (1998), pp. 1654 -1658.
  25. <http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/nnet/nnet.html?/access/helpdesk/help/toolbox>,
  26. M.F. Moller, A Scaled Conjugate Gradient Algorithm. for Fast Supervised Learning, Neurall Networks, 6, 1993., p. 525-533.
  27. N. Ozkaya, S. Sagiroglu, Intelligent Face Border Generation System from Fingerprints, IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE 2008) in IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI 2008), IEEE Catalog number: CFP08FUZ-CDR, ISBN: 978-1-4244-1819-0, ISSN: 1098-7584, Congress: 2007907698, 1-6 June 2008, Hong Kong.
  28. S. Sagiroglu, N. Ozkaya, An Intelligent Automatic Face Contour Prediction System, Advances in Artificial Intelligence, The 21. Canadian Conference on Artificial Intelligence (AI 2008), Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin / Heidelberg, ISSN: 0302-9743 (Print) 1611-3349 (Online), ISBN 978-3-540-68821-1, Volume: 5032/2008, Pages 246-258, (DOI 10.1007/978-3-540-68825-9\_24), 28-30 May 2008, Ontario.
  29. S. Sagiroglu, N. Ozkaya, An Intelligent Automatic Face Model Prediction System, International Conference on Multivariate Statistical Modelling & High Dimensional Data Mining (HDM 2008), 19-23 June 2008, Turkey.
  30. N. Ozkaya, S. Sagiroglu, Intelligent Face Mask Prediction System, International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN 2008) in IEEE World Congress on Computational Intelligence (WCCI 2008), IEEE Catalog number: CFP08IJS-CDR, ISBN: 978-1-4244-1821-3, ISSN: 1098-7576, Library of Congress: 2007907698, 1-6 June 2008, Hong Kong.
  31. N. Ozkaya, S. Sagiroglu, Translating the Fingerprints to the Faces: A New Approach, IEEE 16th Signal Processing, Communication and Applications Conference (SIU 2008), IEEE Catalog number: CFP08559 – CDR, ISBN: 978-1-4244-1999-9, Library of Congress: 2007943521, 20-22 April 2008, Turkey. (In Turkish)
  32. S. Sagiroglu, N. Ozkaya, Artificial Neural Network Based Automatic Face Model Generation System from Only One Fingerprint, The Third International Workshop on Artificial Neural Networks in Pattern Recognition (ANNPR), LNAI, 2-4 July 2008, Paris, France.
  33. S. Prabhakar and A. K. Jain, Decision-level fusion in fingerprint verification, Pattern Recognition, (2002), 35, no. 4, pp. 861–874.