

## ZEKİ BİR OTOMATİK PARMAKİZİ TANIMA SİSTEMİ TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Şeref SAĞIROĞLU<sup>1</sup> ve Necla ÖZKAYA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gazi Ün., Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü 06570 Maltepe, Ankara

<sup>2</sup>Erciyes Ün., Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü 38039 Kayseri, Türkiye

<sup>1</sup>[ss@gazi.edu.tr](mailto:ss@gazi.edu.tr) <sup>2</sup>[neclaozkaya@erciyes.edu.tr](mailto:neclaozkaya@erciyes.edu.tr)

**Makalenin Geliş Tarihi:** 01.03.2005

**ÖZET:** Bu çalışmada, yapay sinir ağları (YSA) destekli zeki bir otomatik parmakizi tanıma sistemi başarıyla geliştirilmiş ve sunulmuştur. Sistem tasarlanırken işlemler adım adım yapılmıştır. Öncelikle bir parmakizi okuyucu yardımıyla alınan parmakizi resimleri sayısala çevrilmiştir. Resimler küçük parçalara bölünerek üzerinde işlem yapılacak alan arkaplandan ayrılmıştır. Gri seviye resimlerden referans noktalar elde edilmiştir. Parmakizi temizleme ve iyileştirme için YSA modeli geliştirilmiş, iyi sonuç veren momentumlu geriyayılım öğrenme algoritması kullanılarak bu model eğitilmiştir. Temizlenip iyileştirilen resimlere bölgesel ikili dönüşüm uygulanmış ve daha sonra siyah beyaz renkten oluşan ikili resim inceltirilmiştir. İnceltirilmiş resim üzerinde özellik noktaları olarak adlandırılan uç ve çatal noktalar ve bunlarla ilgili gerekli parametreler bulunmuş ve yalancı özellik noktaları elenmiştir. Son olarak karşılaştırma algoritması belirlenip karşılaştırma işlemi yapılmıştır. Sunulan çalışmada, belirtilen tüm adımlar başarıyla tamamlanmış ve bu işlemlerin kolaylıkla yapılabilmesi için Delphi programlama ortamında bir yazılım geliştirilmiştir. Hem tanıma, hem de onaylama/doğrulama modunda çalışabilen sistem, 100 parmakizi resminin bulunduğu bir veritabanında test edilmiş ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Biyometri, zeki sistem, yapay sinir ağları, parmakizi tanıma, temizleme, özellik noktaları, referans noktalar, karşılaştırma.

### An Intelligent Automatic Fingerprint Identification and Verification System Design

**ABSTRACT:** This work presents an intelligent automatic fingerprint identification and verification system based on Artificial Neural Networks (ANNs). In this work, the design processes of the system have been presented step by step. Fingerprints were first converted into digital images using a specific hardware. They were then processed by a computer. Fingerprint images were divided into grid blocks, and these blocks were classified as image area and background. An effective algorithm was used to detect the fingerprint singularities from gray level fingerprint images. In order to improve the performance of the system, fingerprint image enhancement was performed by using ANN. The adaptive backpropagation with momentum learning algorithm was used to train the ANN models. Binary images were obtained from the enhancement images using a regional binarization algorithm. Binary images were converted to thinned images. Ridge endings and ridge bifurcations of the fingerprints (minutiae) were extracted. A postprocessing algorithm was used to eliminate false minutiae patterns and the fingerprint matching process was finally applied. In order to automatise the system, a software for fingerprint identification and verification was developed in Delphi. The system developed in this work was tested 100 fingerprint images for identification and verification; it achieves the task with high accuracy. It is assumed that the developed system can be used in many security applications.

**Keywords:** Biometrics, intelligent system, artificial neural networks, fingerprint identification, verification, enhancement, minutiae extracting, singular points, comparison.

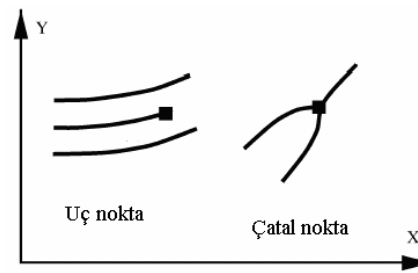
## GİRİŞ

Biyometri, parmakizi tanıma, retina ve iris tanıma, el geometrisi tanıma, ses tanıma, yüz tanıma, DNA tanıma, imza tanıma tekniklerini kapsayan bir bilim dalıdır (Jain ve diğ., 1997a, 1997b, 1999). Bu bilim dalı, yüksek seviyede güvenlik gerektiren alanlarda, giriş çıkışlarda kimlik kontrolünün gerektiği otomatik personel devam kontrol sistemleri gibi sistemlerde mükemmel bir çözüm olmakta ve sosyal hayattaki uygulamalarda oldukça sık karşılaşılan çok hızlı gelişen ve benimsenen güvenilir bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır (Halici ve diğ., 1999; Jain ve diğ., 1997a). Güvenilirliği, sistem performansı, düşük maliyeti ve kullanım kolaylığıyla (Jain ve diğ., 1997b, 1999) dikkat çeken otomatik parmakizi tanıma sistemleri (OPTS), biyometri teknikleri arasında en yaygın kullanılan teknolojidir (Halici ve diğ., 1999). Bu çalışmada, yukarıda belirtilen avantajları bünyesinde bulunduran OPTS'yi zeki hale getirerek OPTS'nin performansını ve güvenilirliğini arttırmak, işlem süresini kısaltmak amaçlanmıştır. Çalışmanın literatürde varolan çalışmalardan en temel farklılığı ve üstünlüğü, OPTS önışlemleri olarak bilinen ve OPTS'nin en zaman alıcı işlemlerinden biri olan parmakizi temizleme ve iyileştirme adımlarının yapay sinir ağlarıyla gerçekleştirilerek çok kısa sürede iyi kalitede iyileştirilmiş parmakizi resmi elde edebilmesidir.

## OTOMATİK PARMAKİZİ TANIMA SİSTEMLERİ (OPTS)

Bilim ve teknolojiadaki gelişmelere paralel olarak biyometrik sistemlere duyulan ilgi ve ihtiyaç da artmakta (Hsieh ve diğ., 2000; Jin ve diğ., 2002; Özkaya, 2003), özellikle otomatik parmakizi tanıma sistemleri sosyal hayatın bir çok alanında kullanılmaktadır (Jain ve diğ., 1997a, 1997b, 1999). Genel olarak bir biyometrik sistem, tanıma modu (identification mode) ve onaylama/doğrulama modu (verification mode) olmak üzere iki modda çalışır (Halici ve diğ., 1999; Jain ve diğ., 1997a, 1997b; Jin ve diğ., 2002; Özkaya, 2003). Sistem tanıma modunda çalışırken, kişiye ait biyometri bilgileri ve kimlik bilgileri uygun bir formatta tüm sistem veritabanında karşılaştırma yapılabilecek şekilde

tanımlanıp veritabanına işlenmiş olmalıdır. Bu modda kullanıcı, sahip olduğu biyometrik özellikler dışında herhangi bir kimlik numarasına sahip değildir. Sisteme girmek isteyen kullanıcının biyometri bilgisi alınır, veritabanında bulunan tüm kayıtlarla tek tek karşılaştırma yapılarak kullanıcının sistemde tanımlı bir kullanıcı olup olmadığı araştırılır. Sistem onaylama/doğrulama modunda çalışırken, kullanıcı, sistemde tanımlı olan ve kendisini temsil eden bir kimlik numarası ile birlikte gelir. Kullanıcıya ait biyometrinin o anki özellikleri ile aynı kullanıcıya ait daha önce alınmış ve veritabanına kaydedilmiş özellikler karşılaştırılarak kişiye verilen hak gereğince sistem cevabı üretilir (Halici ve diğ., 1999; Jain ve diğ., 1997a, 1997b; Jin ve diğ., 2002; Özkaya, 2003). Bir OPTS'de parmakizi tanıma genellikle parmakizinde bulunan özellik noktalarının ve bunlara ait parametrelerin karşılaştırılması esasına dayanır (Halici ve diğ., 1999; Jain ve diğ., 1997a, 1997b, 1999; Greenberg ve diğ., 2000; Saatci ve Tavsanoğlu, 2002; Rusyn ve diğ., 2001; Luo ve diğ., 2000; Hong ve diğ., 1998; Espinosa-Dura, 2002). Parmakizine ait bir çok özellik noktası olmasına rağmen, OPTS'lerde parmakizi tanıma ve karşılaştırmada, Şekil 1'de verilen uç ve çatal noktalar kullanılarak başarılı sonuçlar elde edilebilmektedir (Halici ve diğ., 1999; Jain ve diğ., 1997a, 1997b; Greenberg ve diğ., 2000; Saatci ve Tavsanoğlu, 2002; Rusyn ve diğ., 2001; Luo ve diğ., 2000; Espinosa-Dura, 2002).



Şekil 1. OPTS'de kullanılan özellik noktaları.

Figure 1. Examples of minutiae in AFIVS.

Özellik noktaları (minutiae) olarak bilinen bu uç ve çatal noktalar, parmakizi resminde bulunan hat çizgilerinin aniden sonlanması veya çatallaşması şeklinde oluşur (Greenberg ve diğ., 2000; Saatci ve Tavsanoğlu, 2002; Rusyn ve diğ., 2001; Luo ve diğ., 2000; Hong ve diğ., 1998; Espinosa-Dura, 2002).

## YAPAY SİNİR AĞLARI

Yapay sinir ağları (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 üstünlüğünden dolayı, otomatik parmakizi tanıma sistemlerinde kullanılmaktadır (Haykin, 1994; Jin ve diğ., 2002, Sagar ve diğ., 1999a, 1999b; Maio ve diğ., 1998). Çok Katlı Perseptron (MLP), en çok kullanılan YSA yapısı olup literatürde bir çok alana başarıyla uygulanmıştır (Sağiroğlu ve diğ., 2003). Birçok öğrenme algoritmasının bu ağın eğitiminde kullanılması, bu yapının yaygın kullanılmasının bir sebebidir. Bunun için bu çalışmada da, YSA yapısı olarak MLP tercih edilmiştir.

Bir MLP yapısı, bir giriş, bir veya daha fazla arakatman ve bir de çıkış katmanından oluşur. Bir katmandaki tüm işlemci elemanları (nöronlar) bir üst katmandaki tüm işlemci elemanlarına bağlıdır. Giriş katındaki nöronlar tampon gibi davranırlar ve giriş sinyalini arakatmandaki nöronlara aktarırlar. Arakatmandaki her bir nöronun çıkışı, kendine gelen tüm giriş sinyalleri ile bunları takip eden bağlantı ağırlıklarının çarpımlarının toplanması ile elde edilir. Bu toplam, çıkışın bir fonksiyonu olarak hesaplanabilir. Burada kullanılacak fonksiyon, basit bir eşik fonksiyonu olabileceği gibi bir sigmoid veya hiperbolik tanjant fonksiyonu da olabilir (Sağiroğlu, 2003). Kullanılan eğitim algoritmasına göre, ağın çıkışı ile arzu edilen çıkış arasındaki hata tekrar geriye doğru yayılarak hata minimuma düşünceye kadar ağın ağırlıkları değiştirilir.

Yapay sinir ağının eğitimi için momentumlu ve öğrenme oranları adaptif bir algoritma olan momentumlu geriyayılım (MGY) algoritması kullanılmıştır. MGY, ağırlıkları ve giriş değerleri mevcut ve türevi alınabilir transfer fonksiyonlarına sahip olan tüm yapay sinir ağlarının eğitiminde kullanılabilen bir öğrenme algoritmasıdır (Matlab 701 NN Toolbox User's Guide). MGY, yapay sinir ağı ağırlıklarının ve bias değerlerinin, adaptif öğrenme oranı ve momentum gözönünde bulundurularak

değiştirilmesi esasına dayanır. Bu ise Eşitlik 1 ve 2'de verildiği gibi ifade edilebilir.

$$w(t+1) = w(t) + \Delta w(t+1) \quad (1)$$

$$\Delta w(t+1) = \alpha\beta\delta + \beta\Delta w(t) \quad (2)$$

Verilen Eşitliklerde  $w(t+1)$ , ağırlık ve bias değerlerini;  $w(t)$ , ağırlık ve bias'ın bir önceki adımdaki değerlerini;  $\Delta w(t+1)$ , ağırlık değişimini; çıkış ve arakatmanlarda farklı şekilde hesaplanan  $\delta$  ise sistemin çıkış ve arakatmana göre ağırlık değişimini temsil etmektedir. Bu öğrenme algoritması ile sistem eğitilirken gözönünde bulundurulan parametreler, eğitimin maksimum epok sayısı, arzu edilen performans, öğrenme oranı ( $\alpha$ ), öğrenme hızının artma oranı ( $\alpha_i$ ), öğrenme hızının azalma oranı ( $\alpha_d$ ), öğrenmedeki maksimum başarısızlık, maksimum performans artışı, momentum sabiti ( $\beta$ ), minimum hata değişimi ve grafiksel gösterimde kullanılacak olan epoklar arası mesafe şeklinde sıralanabilir. Öğrenme sırasında her bir epok için değerlendirme yapılırken performans arzu edilen yönde uygun şekilde artarsa, öğrenme oranı,  $\alpha_i$  faktörü gözönünde bulundurularak artırılır. Performans, maksimum performans artış değerinden daha fazla artarsa, öğrenme oranı,  $\alpha_d$  faktörü gözönünde bulundurularak ayarlanır ve performanstaki bu istenmeyen ani değişim yapay sinir ağını etkilemez. Eğitim işlemi tamamlandığında sistem, çıkış değerlerini, eğitimle ilgili parametreleri ve son epokta elde edilen hata değerlerini verir. Eğitimle ilgili parametreler, sistemin eğitimi için kullanılan epok sayısı, eğitim performansı, geçerlilik performansı, test performansı ve adaptif öğrenme oranı olarak sıralanabilir (Matlab 701 NN Toolbox User's Guide).

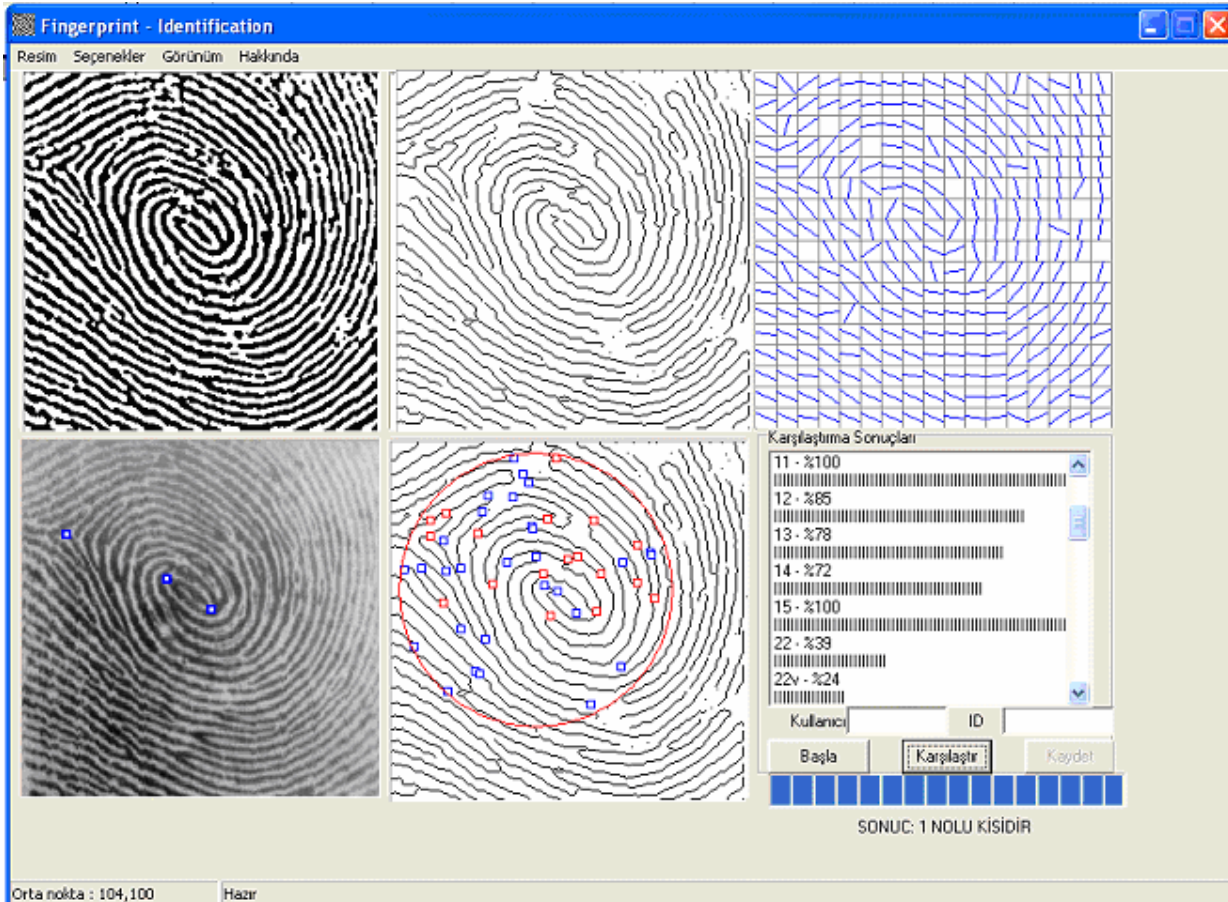
Maksimum epok sayısının tamamlanması, eğitim için belirlenen sürenin sonuna gelmesi, sistem performansının istenilen seviyeye gelmesi, eğitim sırasında minimum hata değişim oranının altına düşülmesi veya geçerlilik faktörü kullanılıyorsa bu değer öğrenmedeki maksimum başarısızlık sayısını aşması durumlarından biri gerçekleştiğinde eğitim işlemi sona erer (Sağiroğlu ve diğ., 2003; Matlab 701 NN Toolbox User's Guide).

## GELİŞTİRİLEN ZEKİ OTOMATİK PARMAKİZİ TANIMA SİSTEMİ (ZOPTS)

Bu çalışmada geliştirilen Zeki OPTS (ZOPTS), hem tanıma hem de onaylama/doğrulama modunda çalışabilen, bir otomatik parmakizi tanıma sistemidir. Sistem tanıma modunda çalışırken, sisteme sadece parmakizi bilgisi giriş olarak uygulanır. Girilen parmakizi bilgisi tüm sistem veritabanındaki parmakizi bilgileriyle tek tek karşılaştırılarak sistem cevabı üretilir. Onaylama/doğrulama modunda sistem, kullanıcının kimlik bilgisini ve parmakizi bilgisini sisteme girmesine olanak sağlayacak şekilde dizayn edilmiştir. Sistem girilen parmakizi resmi ile sistem veritabanında o kişiye ait olan parmakizi bilgisini karşılaştırmakta ve kişinin sisteme dahil

olabileceği veya olamayacağı şeklinde bir sonuç üretmektedir. Sistemin tanıma modundaki çalışmasını gösteren bir ekran görüntüsü Şekil 2’de, onaylama/doğrulama modundaki çalışmasını gösteren bir ekran görüntüsü ise Şekil 3’te verilmektedir.

ZOPTS tasarlanırken gerçekleştirilen ilk işlem, parmakizi resminin sayısal olarak elde edilmesi ve arkaplanın ayrılması işlemidir. Referans noktalar olarak da bilinen orta nokta ve delta noktasının tespit edilmesi ise ZOPTS’nin ikinci işlem adımındır. Özellik noktalarının kodlanmasında ve parmakizi karşılaştırma işlemlerinde kullanılan referans noktaların belirlenmesi, bir ZOPTS’de en karmaşık ve zor, aynı zamanda en önemli işlemlerden birisidir (Halici ve diğ., 1999; Jain ve diğ., 1997b; Özkaya, 2003; Ramo ve diğ., 2001).



Şekil 2. ZOPTS’nin tanıma modunda çalışmasını gösteren ekran görüntüsü.

Figure 2. A screenshot from intelligent AFIVS in identification mode.



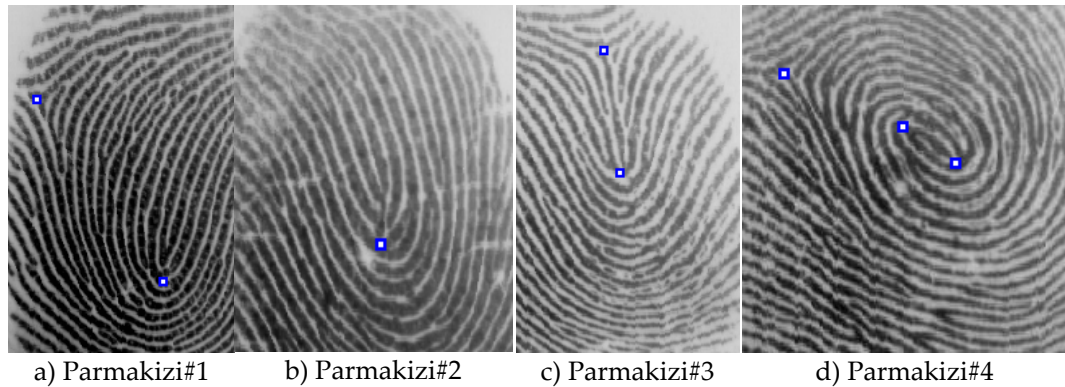
Şekil 3. ZOPTS'nin onaylama/doğrulama modu.

*Figure 3. A screenshot from intelligent AFIVS in verification mode.*

Parmak hangi açıyla ve nasıl basılırsa basılsın parmakizi tanıma işleminin gerçekleşebilmesi için parmakizinin temsil edilmesinde ve karşılaştırılmasında özellik noktalarının değişmeyen belli bir referans noktaya göre durumları incelenmekte ve ilgili parametreler referans nokta dikkate alınarak hesaplanmaktadır (Jain ve diğ., 1997b, Özkaya, 2003; Ramo ve diğ., 2001). Bu çalışmada referans noktaların tespiti için gri seviye parmakizi resmi üzerinde maksimum gri seviye değişim yönünü bulan gradyent temelli bir algoritma kullanılmıştır (Ramo ve diğ., 2001).

Bu algoritma, özellikle düşük kaliteli parmakizi resimlerinde sorunlu çalışmakta ve kenar bölgelerde yalancı referans noktaları bulmaktadır. Bu olumsuzlukları gidermek için, algoritmanın bulduğu, referans nokta adayları noktalar arasında komşuluk değerleri ve mesafe bilgisi göz önünde bulundurularak yalancı referans noktalar elenmiş, algoritmanın işlevini sorunsuz olarak yerine getirmesi sağlanmış ve parmakizi bilgisinin kimliklendirme için gerekli parametreleri, hat çizgilerinin içe doğru dairesel hareketlerinin en fazla olduğu nokta olarak açıklanabilen orta nokta kullanılarak elde edilmiştir. Referans noktaların bulunmasında kullanılan bu algoritma, yerdeğiştirme, döndürme ve yeniden boyutlandırma gibi üç boyutlu dönüşümlerden etkilenmeden test edilen her türlü parmakizinde sorunsuz olarak çalışabilmektedir. Sistemin değişik parmakizi örnekleri için referans noktaların tespiti işleminde verdiği sonuçlar Şekil 4'te verilmektedir.

Bir ZOPTS'de, parmakizi resminin temizlenmesi ve iyileştirilmesi çok önemlidir. Çünkü resim ne kadar yüksek kalitede iyileştirilirse ZOPTS'nin performansı da o kadar artar (Jin ve diğ., 2002; Greenberg ve diğ., 2000; Rusyn ve diğ., 2001, Saatci ve Tavsanoglu, 2002; Özkaya, 2003). Bir ZOPTS'de ön işlemler olarak tanımlanan parmakizi resmi temizleme ve iyileştirme işlemleri, genellikle nokta uygulamaları, bölgesel işlemler, resmin siyah beyaz renk değerlerinden oluşan ikili resme çevrilmesi gibi işlemlerden oluşmaktadır. Parmakizi temizleme ve iyileştirme için piksel



Şekil 4. ZOPTS'nin değişik parmakizi resimlerinde referans noktaları tespiti.

*Figure 4. The results for singular points detection algorithm in intelligent AFIVS.*

işleme (Alkaya, 1998), görüntünün dönüşümlerini hesaplama (Hong ve diğ., 1998) veya görüntüye maske uygulama tekniklerine dayalı algoritmalar (Greenberg ve diğ., 2000; Rusyn ve diğ., 2001; Saatci ve Tavsanoğlu; 2002; Özkaya, 2003) kullanılabilir. Parmakizi temizleme ve iyileştirme için resme ait yön bilgilerinden de faydalanılmaktadır (Hong ve diğ., 1998; Alkaya, 1998).

Bu çalışmada, parmakizi temizleme ve iyileştirmeye yönelik YSA temelli zeki bir yaklaşım geliştirilmiştir. YSA'ya giriş olarak hat çizgisi yapısı düzgün olmayan düşük kaliteli griseviye parmakizi resmi uygulanmakta ve çıkışta iyileştirilip temizlenmiş iyi kalitede parmakizi resmi elde edilmektedir. Kullanılacak YSA modeli belirlenirken problemin yapısı ve giriş-çıkış veri setleri göz önünde bulundurularak MLP'nin bu problem için uygun olduğu sonucuna varılmış ve MLP modeli tercih edilmiştir. YSA, momentumlu ve öğrenme oranı adaptif geribeslemeli bir eğitim algoritması olan momentumlu geriyayılım (MGY) algoritması kullanılarak eğitilmiştir.

Bir giriş katmanı, bir arakatman ve bir de çıkış katmanı olmak üzere 3 katmandan oluşan YSA modelinde, giriş ve çıkış nöron sayısı 16, arakatmandaki nöron sayısı ise 20'dir. YSA'nın eğitimi için griseviye parmakizi resimleri giriş, ilgili resimlerin temizlenmiş halleri ise çıkış olarak kullanılmıştır. Eğitim için giriş ve çıkış parmakizi resimleri 4x4 piksel boyutunda parçalara ayrılmıştır. Resmin renk değerlerinden oluşan matris 0 ile 1 arasına ölçeklenmiş ve vektörel forma çevrilip YSA'ya uygulanmıştır. Sistemin eğitilmesinde 256x256 piksel boyutunda sadece iki adet parmakizi resmi yeterli olmuştur. Eğitim sırasında minimum hata değişim oranının altına düşülmesi neticesinde 2000 epokta eğitim tamamlanmıştır.

Eğitim işleminden sonra test yapılır ve testte başarılı sonuçlar üreten YSA kullanıma hazır hale gelir. Eğitimde kullanılan giriş-çıkış veri setlerinden bir örnek Tablo 1'de, test için kullanılan veri setlerinden bir örnek Tablo 2'de, sunulan yaklaşımın dört farklı parmakizi resmi için elde ettiği sonuçlar ise Şekil 5'te verilmektedir.

**Tablo 1.** YSA eğitim seti.

*Table 1.* Train sets of artificial neural network.

0.69683	0.53394	0.35294	0.34842	1	1	0	0
0.69683	0.53394	0.35294	0.42081	1	1	0	0
0.71493	0.61991	0.38462	0.52036	1	1	1	0
0.69231	0.67421	0.48416	0.50226	1	1	1	0

a) Giriş seti.

b) Çıkış seti.

**Tablo 2.** YSA test seti.

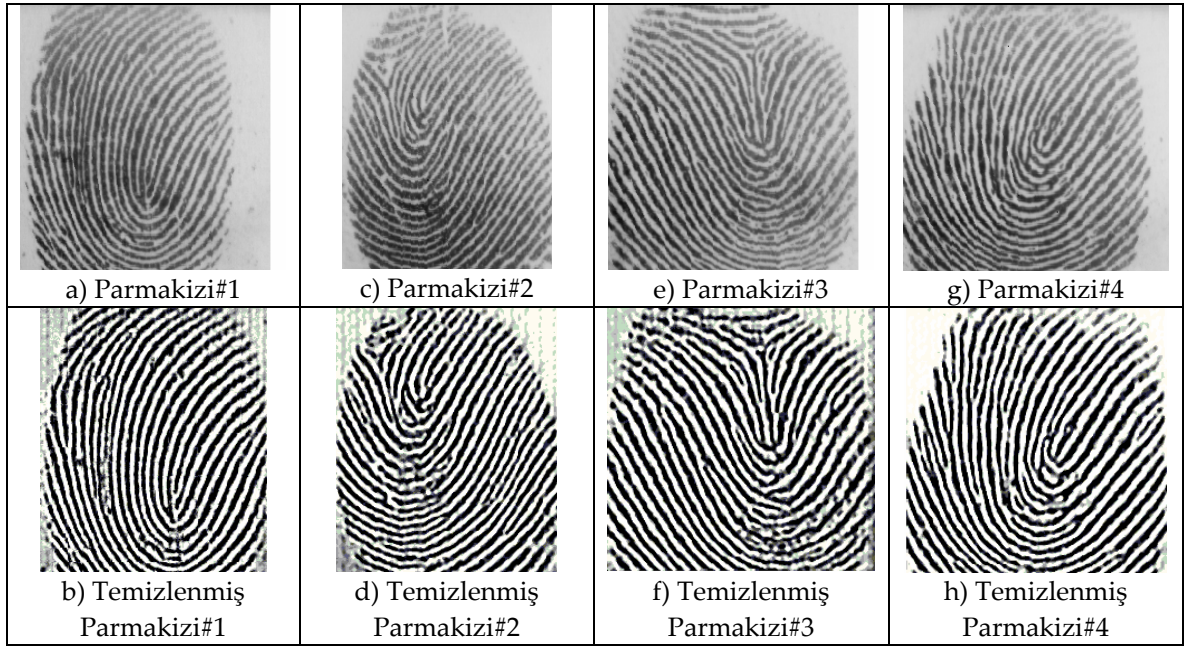
*Table 2.* Test sets of artificial neural network.

0.27083	0.3	0.6125	0.68333	0	0	1	1	0.01406	0.31855	0.57584	0.97078
0.26667	0.2375	0.4125	0.55	0	0	0	1	0.00518	0.19484	0.08105	0.55801
0.25	0.22917	0.27917	0.35	0	0	0	0	0.00463	0.00992	0.00125	0.01625
0.2625	0.23333	0.24167	0.25417	0	0	0	0	0.01560	0.00339	0.00068	0.00095

a) Giriş seti.

b) Arzu edilen çıkış.

c) YSA çıkışı.



Şekil 5. ZOPTS parmakizi temizleme metodunun farklı parmakizi resimleri için ürettiği sonuçlar.

Figure 5. Results of intelligent AFIVS's enhancement step for different fingerprint images.

YSA'dan elde edilen sonuçlar, Eşitlik 3'te verilen bölgesel ikili dönüşüm algoritması yardımıyla siyah ve beyaz renkten oluşan ikili resme çevrilir. Eşitlik 3'te;  $n_1$  ve  $n_2$  ilgili pikselin satır ve sütun numarasını;  $I(n_1, n_2)$ ,  $n_1$  ve  $n_2$  koordinat değerlerine sahip pikselin renk değerini, *Ortalama* ise aynı pikselin içinde bulunduğu bölgedeki elemanların ortalamasını temsil etmektedir. Sunulan çalışmada, *ortalama* parametresinin değerinin hesaplanması için  $8 \times 8$  piksel boyutunda bir bölge kullanılmıştır.

$$I_{yeni}(n_1, n_2) = \begin{cases} 1 & I_{eski}(n_1, n_2) \geq \text{Ortalama} \\ 0 & \text{Farklı durumlar} \end{cases} \quad (3)$$

Resmin bilgi taşımayan gereksiz kısımlarından ve gürültüden arındırılması, ZOPTS için işlem hızının artması, işlem zamanının kısılması, özellik noktalarının bulunmasında sistem performansının ve güvenilirliğinin artması gibi bir takım üstünlükler sağlar (Greenberg ve diğ., 2000; Rusyn ve diğ., 2001; Saatci ve Tavsanoğlu, 2002; Özkaya, 2003).

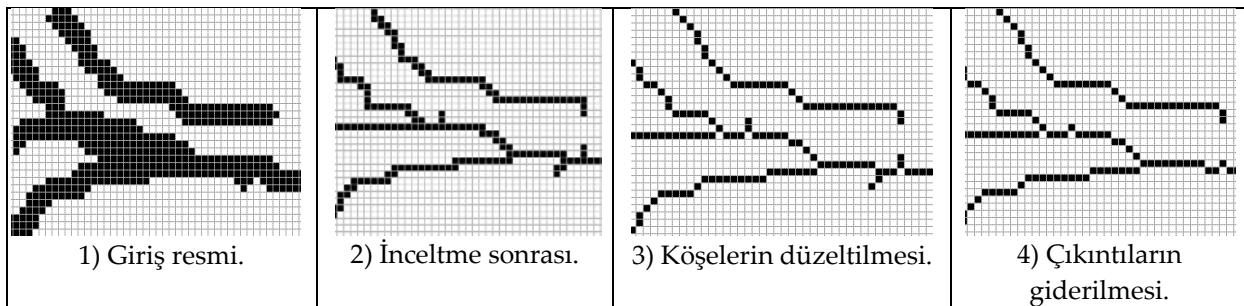
Sunulan çalışmada ZOPTS'nin gerçekleştirdiği bir sonraki işlem, temizlenip iyileştirilen parmakizi resimlerinin inceltmesi

ve inceltile resmin iyileştirilmesidir. İnceltme, parmakizi resmi üzerinde bulunan her bir hat çizgisi genişliğinin daraltılarak 1 piksel ile ifade edilmesi şeklinde tanımlanabilir (Halici ve diğ., 1999; Jin ve diğ., 2002; Greenberg ve diğ., 2000; Özkaya, 2003). Bu çalışmada, parmakizi resminin inceltmesi için öncelikle literatürde varolan Alkaya (1998), Xiao ve Rafaat (1991), Ongun (1995) ve İnandık (1998)'ın çalışmalarında verdikleri inceltme algoritmaları gerçekleştirilmiş, bu algoritmaların bazılarının eksikleri giderilmiş ancak sonuçta istenilen kalitede inceltmiş resim elde edilememiş ve incelenen metotlarla kıyaslandığında daha iyi sonuç veren adaptif bir inceltme algoritması geliştirilmiştir. İnceltme algoritması, parmakizi resmini inceltirken aynı zamanda özellik noktalarını standartlaştırarak özellik noktalarının bulunması işlemi basitleştirmekte ve sistem hızını arttırmaktadır. İnceltme işlemi gerçekleştiren algoritmada  $3 \times 3$  boyutunda bir maske kullanılmakta ve maskenin merkezinde bulunan nokta üzerinde işlem yapılmaktadır. Komşuluk mekanizmasına dayalı yöntemde merkezde bulunan siyah piksel etrafındaki siyah noktaların sayısı ve yine bu nokta etrafında siyahtan beyaza geçiş ve beyazdan siyaha geçiş sayısı göz önünde bulundurularak, inceltme için

belirlenen kurallar çerçevesinde ilgili noktalar silinmektedir. Silme işlemi resmin sol üst köşesinden sağ alt köşesine doğru yapılmakta ve silinecek noktalar aynı resim üzerinden silinmektedir. Böylece komşu siyah nokta sayısı hiçbir zaman 8 olmayacak ve inceltilen resim üzerinde kapalı bir çizgi oluşmayacaktır. İnceltilen parmakizi resminden özellik noktalarının doğru bir şekilde elde edilebilmesi için bu resimde yalancı özellik noktaları oluşturabilecek kısımların düzeltilmesi gerekmektedir (Espinosa-Duro, 2002; Xiao ve Rafaat, 1991; Özkaya, 2003). Bu yüzden inceltilen resim tekrar gözden geçirilerek onarılır. Bu onarılma işlemi, inceltilmiş resim üzerinde bulunan hat çizgilerinin düzgünleştirilmesi, hat çizgileri kenarlarında oluşan ufak çıkıntı şeklindeki yapıların ve özellik noktalarının bulunmasını zorlaştıran ayrıntıların giderilmesi, yönleri aynı olan birbirine yakın kırık çizgilerin birleştirilmesi, köşelerin tanımlanıp düzeltilmesi ve özellik noktalarının standartlaştırılması şeklinde sıralanabilir. Algoritmanın inceltilmiş resmi onarıp iyileştirmesi ve özellik noktalarını

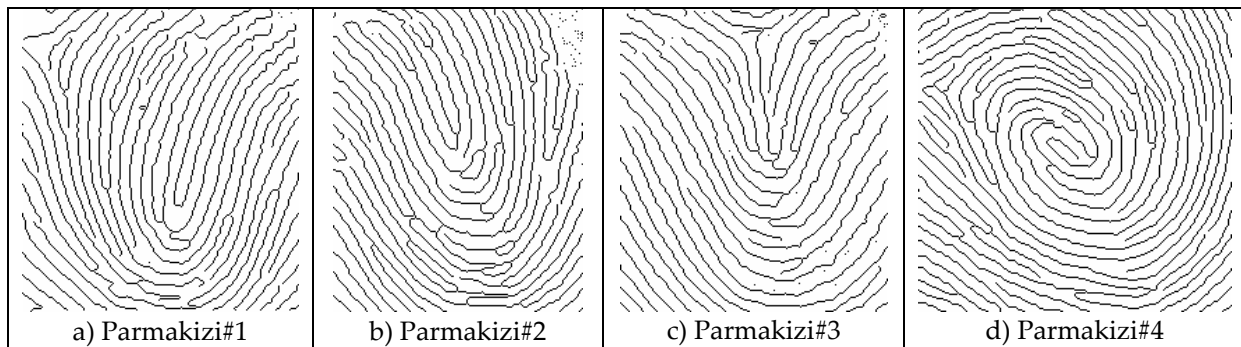
standartlaştırması, bir sonraki adım olan özellik noktası bulma işlemi kolaylaştıracak, hızlandıracak ve algoritmanın yalancı özellik noktaları bulmasını engelleyecektir. Sistem performansını ve güvenilirliğini arttıran bu özellikler inceltme algoritmasını diğer algoritmalarından ayıran en temel farklardandır. Parmakizi resminin inceltilmesi ve onarılmasıyla ilgili algoritmanın işlem adımlarının sonuçları sırasıyla Şekil 6'da, ZOPTS Şekil 4'te verilen parmakizi örnekleri ile çalıştırıldığında inceltme işlemi sonrasında elde edilen sonuçlar ise Şekil 7'de verilmektedir.

Her insanın parmakizinin tekliği, parmakizinde bulunan hat çizgisi karakteristiklerine ve bunların birbirleriyle olan ilişkilerine bağlıdır (Halici ve diğ., 1999; Jain ve diğ., 1997b; Greenberg ve diğ., 2000; Saatci ve Tavsanoğlu, 2002; Rusyn ve diğ., 2001; Luo ve diğ., 2000; Hong ve diğ., 1998; Espinosa-Dura, 2002). Parmakizi resmi üzerinde bu karakteristik ve ilişkinin tespit edilmesi işlemi, özellik noktaları ve bunlarla ilgili parametrelerin bulunması olarak adlandırılır. Resim inceltme ve



Şekil 6. Geliştirilen inceltme algoritmasının adım adım sonuçları.

Figure 6. The results for thinning phase achieved from different steps for a test input image.



Şekil 7. ZOPTS'nin farklı parmakizi resimlerini inceltip iyileştirmesi.

Figure 7. Results of intelligent AFIVS for thinning phase.

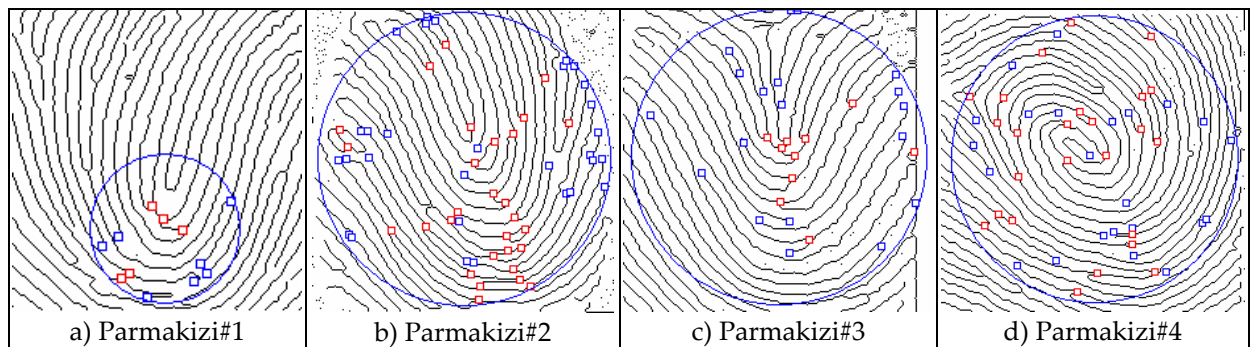


inceltileen resmi iyileştirme işlemleri tamamlandığında resim özellik noktalarının bulunması için hazır hale gelmektedir (Jain ve diğ., 1997b; Espinosa-Dura, 2002; Xiao ve Rafaat, 1991). Bu çalışmada, özellik noktalarının bulunması için Jain ve diğ. (1997b) tarafından önerilen yöntem basitleştirilerek kullanılmıştır. Burada basitleştirilmek ile kastedilen, bu çalışmada inceltme kısmında gerçekleştirilen standartlaştırma ile aynı türdeki tüm özellik noktalarının benzer forma getirilmesi sayesinde özellik noktalarının bulunmasının hızlı olmasıdır. Özellik noktalarını bulmaya yönelik algoritmalar, özellikle düşük kaliteli ve gürültülü resimlerle çalışırken, iyileştirilmiş ince resim üzerinde çalışmasına rağmen yalancı özellik noktaları bulabilmektedir. Yalancı özellik noktaları genellikle hat çizgileri üzerinde görülen bağlantı kopuklukları ve yanlış bağlantı yapıları olarak karşımıza çıkmaktadır (Xiao ve Rafaat, 1991). Yalancı özellik noktalarının gerçek özellik noktalarından ayrılması gerekmektedir. Böylece sistemin oluşturduğu özellik listesi güvenilir, hızlı ve kolay işlenir şekilde olacaktır. Bu çalışmada yalancı özellik noktalarının elimine edilmesinde iki kural gözönünde bulundurulmuştur. Bunlar, küçük bir alan içerisinde kümelenmiş halde bir çok özellik noktası bulunursa, alan merkezine en yakın konumlanmış özellik noktası dışındaki tüm özellik noktaları kaldırılmalıdır ve iki özellik noktası, yönleri birbirine bakar şekilde ve birbirlerine çok yakın olarak konumlanmışlarsa her iki özellik noktası da kaldırılmalıdır şeklinde tanımlanabilir. Gerçek özellik noktaları elde edildikten sonra, bu noktalarla ilgili karşılaştırma işleminde kullanılacak olan

parametreler bulunup kaydedilmektedir. Bu parametreler, her özellik noktası için, özellik noktasının türü, orta noktaya göre açları, yerel yön değerleri, orta nokta ile aralarındaki uzaklık ve aradan geçen hat çizgisi sayısı olarak sıralanabilir.

Parmakizi tanuma işleminin başarıyla gerçekleştirilebilmesi için sisteme giriş olarak verilen parmakizi ile veritabanında kayıtlı bulunan parmakizi resimlerinin aynı bölgeleri üzerinde çalışılması gerekmektedir. Bu nedenle geliştirilen ZOPTS özellik noktalarını ve bunlarla ilgili parametreleri bulurken parmakizine ait belli bir bölge üzerinde işlem yapmaktadır. Bu, sistemin güvenilirliği, performansı ve hızı açısından önemlidir. Sistem çalışılacak bölgeyi hesaplarken her iki parmakizinin referans noktalarından kenarlara olan uzaklıklarına bakmakta ve minimum uzaklığı gözönünde bulundurarak referans nokta etrafında dairesel bir alan belirlemektedir. ZOPTS Şekil 4'te verilen parmakizi örnekleri ile çalıştırıldığında üzerinde işlem yapılacak alanın belirlenmesi ve özellik noktalarının bulunması işlemleri sonrasında elde edilen sonuçlar Şekil 8'de verilmektedir.

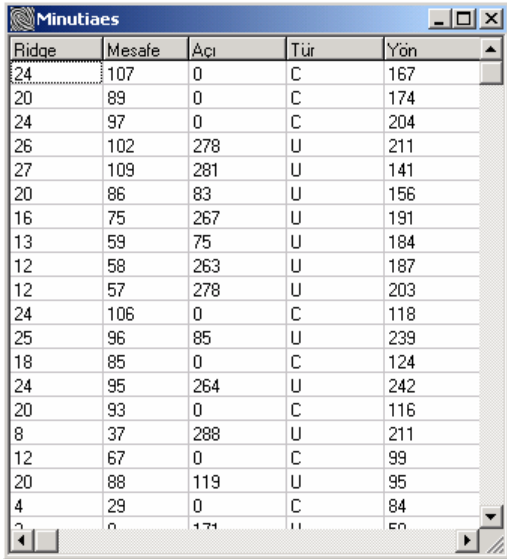
ZOPTS ile ilgili yukarıda verilen işlem adımları başarıyla tamamlandıktan sonra sistem karşılaştırma işlemi için hazır hale gelmektedir. Tüm resim işleme ve tanuma uygulamalarında olduğu gibi, ZOPTS'de de karşılaştırma işlemi, sistemin en önemli işlem adımlarından biridir (Halici ve diğ., 1999; Jain ve diğ., 1997b; Özkaya, 2003; Luo ve diğ., 2000). Çünkü tam sonuç veren düzgün bir karşılaştırma yapılamazsa o adıma kadar yapılan işlemler amaca uygun kullanılamamış olacaktır.



Şekil 8. ZOPTS'de çalışma alanlarını belirleme ve özellik noktalarını bulma.

Figure 8. Results for detecting of the matching area and minutiae extraction algorithms in intelligent AFIVS.

Karşılaştırma işleminin doğru bir şekilde yapılabilmesi için öncelikle sistemde sabit kalan değerlerin ve bu değerlerin hangi şartlar altında sabit kaldığının belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada parmakizlerinin karşılaştırılmasında resmin yerdeğiştirmesi ve döndürülmesi gibi üç boyutlu dönüşümlerin etkisine rağmen sabit kalacak özellikler kullanılmıştır. Şekil 9'da verilen bu özellikler, özellik noktalarının türleri (Tür), orta noktaya göre açıları (Açı), yönleri (Yön), orta noktaya olan uzaklıkları (Mesafe) ve orta nokta ile aralarından geçen hat çizgisi sayısı (Ridge) şeklinde sıralanabilir. Bu değerlerin doğru olarak hesaplanması, sistem performansı ve güvenilirliği açısından önemlidir (Jain ve diğ., 1999; Rusyn ve diğ., 2001; Ramo ve diğ., 2001; Xiao ve Rafaat, 1991).



Ridge	Mesafe	Açı	Tür	Yön
24	107	0	C	167
20	89	0	C	174
24	97	0	C	204
26	102	278	U	211
27	109	281	U	141
20	86	83	U	156
16	75	267	U	191
13	59	75	U	184
12	58	263	U	187
12	57	278	U	203
24	106	0	C	118
25	96	85	U	239
18	85	0	C	124
24	95	264	U	242
20	93	0	C	116
8	37	288	U	211
12	67	0	C	99
20	88	119	U	95
4	29	0	C	84
2	0	171	U	50

Şekil 9. ZOPTS'nin kimliklendirme için kullandığı parametreler.

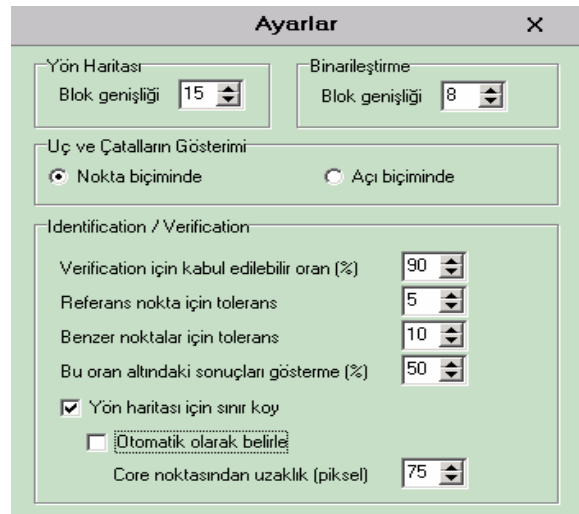
Figure 9. Matching parameters of minutiae in intelligent AFIVS.

Karşılaştırma işlemi yapılırken, çalışılan alan içerisindeki iki parmakizinde benzer parametrelere sahip özellik noktaları birebir karşılaştırılmakta ve diğer özellik noktalarının benzerlik oranları hesaplanmaktadır. En yüksek benzerlik oranına sahip durum ilgili iki parmakizi resmi için benzerlik oranını temsil etmektedir. Tüm benzerlik oranları gözönünde bulundurularak en yüksek benzerlik oranına sahip ve aynı kullanıcıya ait parmakizleri sistem cevabını oluşturmaktadır. Sistemin karşılaştırma işlemini nasıl yaptığının daha kolay

anlaşılabilmesi ve görülebilmesi açısından elde edilen benzerlik oranları kullanıcı arayüzünün sağ alt köşesinde ekrana getirilmiştir (Şekil 2). Sonuçların görüntülenmesinde sistem yöneticisinin belirlediği bir eşik değeri ile karşılaştırma yapılarak, eşik değerinden büyük sonuçlar listelenmektedir.

Sistemin değişen çevre şartlarından etkilenmeden, düşük kaliteli ve gürültülü resimlerle işlem yaparken de sorunsuz çalışabilmesi ve doğru sonuç verebilmesi için uygun tolerans değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Sunulan çalışmada hat çizgisi sayısı için tolerans değeri 1 çizgi, iki nokta arası uzaklık için tolerans değeri 5 piksel, yerel yön ve merkezle yapılan açı için tolerans değeri de 5 derece olarak belirlenmiştir. Bu değerler konuyla ilgili çalışmalarda tolerans değerleri incelenerek (Ongun, 1995) ve sistemin çalışması ve performansı gözönünde bulundurularak tespit edilmiştir. Tolerans değerlerinin çevre şartlarına göre değiştirilebilmesi için sistem bu konuda gerekli esnekliğe sahiptir. Ayrıca, geliştirilen yazılım, ZOPTS'nin çalışması ve işlem basamakları ile ilgili olarak bir çok ayarın değiştirilebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu özellik sayesinde bu yazılım, parmakizi ile ilgili gerçekleştirilecek başka çalışmalarda da kullanılabilir. Yazılımın ayarlar menüsü Şekil 10'da verilmektedir.



**Ayarlar**

Yön Haritası: Blok genişliği 15

Binarileştirme: Blok genişliği 8

Uç ve Çatalların Gösterimi:  Nokta biçiminde  Açı biçiminde

Identification / Verification:

Verification için kabul edilebilir oran (%) 90

Referans nokta için tolerans 5

Benzer noktalar için tolerans 10

Bu oran altındaki sonuçları gösterme (%) 50

Yön haritası için sınır koy

Otomatik olarak belirle

Core noktasından uzaklık (piksel) 75

Şekil 10. ZOPTS'nin ayarlar menüsü.

Figure 10. The parameter settings menu in intelligent AFIVS.

Parmakizi karşılaştırma işleminin de başarıyla tamamlanmasıyla sistem çalışır duruma gelmektedir. Bu aşamadan sonra sistem performansının ve güvenilirliğinin test edilmesi ve hata analizinin yapılması gerekmektedir. Sistemin çalışması ve performansının testi için her parmağa ait 5 farklı resmin bulunduğu 20 kişiye ait 100 parmakizinden oluşan <http://www.neuroteknologija.com/> adresinden alınan bir veritabanı kullanılmıştır. Veritabanındaki parmakizi resimleri çeşitli kalitede, yönde ve pozisyondadır. Test sonuçları, uygun parametreler tanımlandığında sistemin hem tanıma modunda hem de

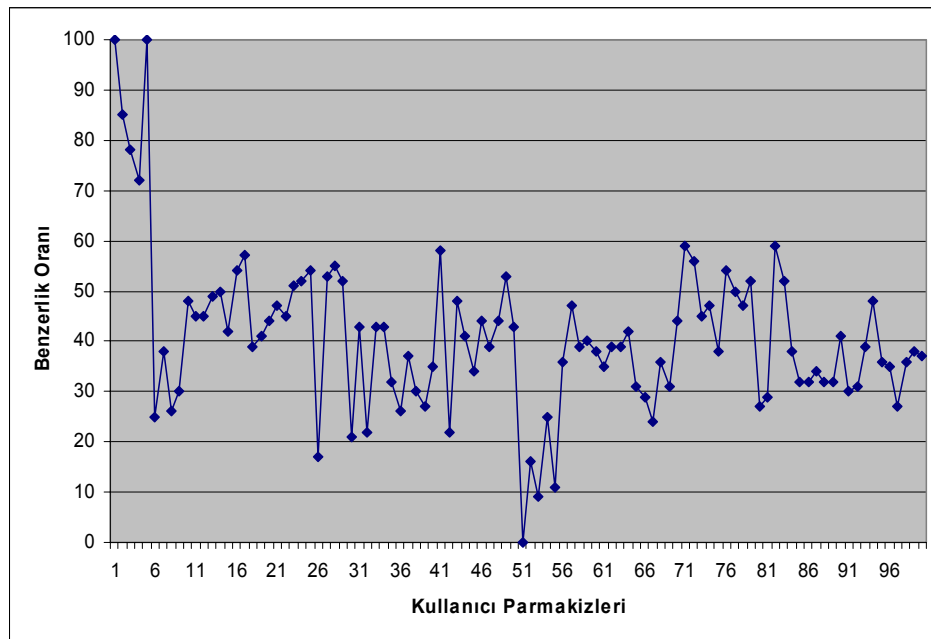
onaylama/doğrulama modunda düzgün çalıştığını göstermektedir.

Girilen bir parmakizi resmi için sistemin elde ettiği bir kişiye ait benzerlik oranlarından oluşan değerler Tablo 3'te ve bu sonucun grafiği ise Şekil 11'de verilmiştir. Sisteme giriş olarak verilen parmakizi resmi, sistemde 1 numaralı kullanıcı olarak tanımlanmış 1, 2, 3, 4 ve 5 numaralı parmakizlerinin sahibi olan kişiye aittir. Tablo 3 ve Şekil 11'den de görülebileceği gibi sistem en yüksek benzerlik oranlarını ilgili kullanıcının veritabanında kayıtlı parmakizi resimleriyle bulmuş ve doğru sonucu üretmiştir.

**Tablo 3.** ZOPTS'nin bir parmakizi için elde ettiği benzerlik oranları.

*Table 3.* The distributions of similarity metrics of the intelligent AFIS for a matching process.

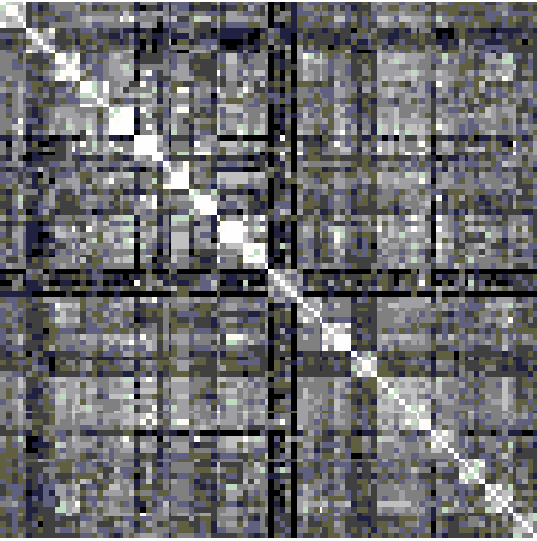
1	0.45	0.47	0.43	0.58	0	0.35	0.59	0.29	0.3
0.85	0.45	0.45	0.22	0.22	0.16	0.39	0.56	0.59	0.31
0.78	0.49	0.51	0.43	0.48	0.09	0.39	0.45	0.52	0.39
0.72	0.5	0.52	0.43	0.41	0.25	0.42	0.47	0.38	0.48
1	0.42	0.54	0.32	0.34	0.11	0.31	0.38	0.32	0.36
0.25	0.54	0.17	0.26	0.44	0.36	0.29	0.54	0.32	0.35
0.38	0.57	0.53	0.37	0.39	0.47	0.24	0.5	0.34	0.27
0.26	0.39	0.55	0.3	0.44	0.39	0.36	0.47	0.32	0.36
0.3	0.41	0.52	0.27	0.53	0.4	0.31	0.52	0.32	0.38
0.48	0.44	0.21	0.35	0.43	0.38	0.44	0.27	0.41	0.37



**Şekil 11.** ZOPTS'nin bir parmakizi için elde ettiği test sonuçları.

*Figure 11.* The distributions of similarity metrics of the intelligent AFIS for a matching process.

Sistem, veritabanında bulunan tüm parmakizi resimleri ile test edilmiş ve sistem performansını gösteren test sonuçları Şekil 12'de benzerlik haritası formunda verilmiştir. Test sonuçlarının bu şekilde ifade edilmesinin sebebi sonuç verisinin 100x100 boyutunda bir matris olmasıdır. Parmakizi resimleri arasındaki benzerlik haritasını gösteren şekilde, her piksel ilgili satır ve sütun numarasındaki iki parmakizinin benzerlik oranını ifade etmektedir. Bu durumda herhangi bir piksel değerinin açık renkli olması ilgili pikselin sahip olduğu koordinatlardaki iki parmakizi resminin benzerlik oranının yüksek olduğunu, koyu renkli olması ise ilgili pikselin sahip olduğu koordinatlardaki iki parmakizi resminin benzerlik oranının düşük olduğunu göstermektedir.



**Şekil 12.** ZOPTS'nin tanıma modunda kimliklendirme test sonuçları.

*Figure 12.* The performance of the intelligent AFIS.

Sistemde bir kişiye ait 5 parmakizi bulunduğu girilen herhangi bir parmakizi resminin aynı kişiye ait parmakizleriyle oranının yüksek oluşu benzerlik haritasında açık renkli 5x5 boyutunda karesel bir alan oluşturmaktadır. Bu ise sistemin doğru şekilde çalıştığını göstermektedir.

Elde edilen test sonuçları sistemin başarısı ve performansı hakkında bilgi vermekte,

sistemin başarılı olduğunu göstermektedir. Ancak bu başarının tam olarak ölçülebilmesi için, elde edilen test sonuçlarının tablolar halinde verilmesi, doğruluk/hata analizinin yapılması ve bu başarının/başarısızlığın ölçüsünün sayısal olarak ifade edilmesi gerekmektedir. Sistemin hata analizi yapılırken Congalton ve Green tarafından sunulan yöntem kullanılmıştır (Congalton ve Green, 1999). Sistemin performansı ile ilgili doğruluk/hata analiz değerleri Tablo 4'te verilmiştir. Sistemin testi için kullanılan veritabanı ile test edilen ideal bir sistemde matrisin köşegen elemanlarının 5, diğer tüm elemanlarının sıfır olması beklenir. Bu durum sistemin %100 başarılı olduğu, %0 hataya sahip olduğu durumdur.

Verilen Tabloda sütunlar Üretici Doğruluğunu (Producer Accuracy), satırlar ise Kullanıcı Doğruluğunu (User Accuracy) göstermektedir. PS aynı kişiye ait parmakizi sayısını, TÜD toplam üretici doğruluğunu, ÜDO üretici doğruluk oranını ve KBDO ise kişiler bazlı doğruluk oranını temsil etmektedir. Tabloda verilen bilgilerden gerçekleştirilen sistemin genel başarı oranının % 95, genel hata oranının % 5, toplam üretici doğruluk oranının 0,9585 ve toplam üretici hata oranının ise 0,0415 olduğu görülür. Kişiler bazlı doğruluk analizi yapıldığında ise; sistem, veritabanında bulunan 20 kişiden 15'i için %100 oranında başarı sağlarken, 5 kişinin birer parmakizini yanlış tanımış ve bu kişiler için başarı oranı %80'e düşmüştür.

## SONUÇLAR

Bu çalışmada, YSA destekli zeki bir otomatik parmakizi tanıma sistemi geliştirilmiş, test edilmiş ve başarıyla sunulmuştur. Test sonuçlarından elde edilen %95 genel doğruluk oranı sistemin başarısını ortaya koymaktadır. Bu sonuç, sistemde orta nokta bulma, YSA ile resim temizleme ve iyileştirme, inceltme, inceltilen resmin iyileştirilmesi, özellik noktalarının bulunması ve karşılaştırma işlemleri için gerçekleştirilen tüm algoritmaların büyük bir doğrulukla işlevlerini yerine getirdiğini göstermektedirler.

**Tablo 4.** ZOPTS'nin tanıma modunda kimliklendirme yaparken elde edilen doğruluk/hata analiz değerleri.

*Table 4. Accuracy/error analysis of the intelligent AFIS.*

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	TÜD	ÜDO
1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	1
2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1
3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	6	0.83
4	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1
5	1	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	7	0.71
6	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.83
7	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1
8	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1
9	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	0.80
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	1
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4	1
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	5	1
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4	1
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	1
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	1
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	1
PS	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5		0.9585
KBDO	0.8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.8	1	1	1	0.8	1	0.8	1	0.8	1	0.95	

Sistem, üniversite bünyesinde kampüslerde, fakülte, hastane, yemekhane, kütüphane, laboratuvar gibi mekanların 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 bir çok alanda, banka güvenliğinde, elektronik fon transferi veya ATM güvenliği gibi işlemlerde, çek ve kredi kartı işlemlerinde, ulusal kimliklendirme sistemlerinde daha güvenilir ve düzenli kimliklendirme için uygulanabilecek esnek bir yapıdadır.

Bu çalışmanın benzer çalışmalardan en büyük farkı tüm detayları ile herkesin istifadesine sunulmuş olmasıdır. Literatürde konuyla ilgili çalışmalar incelendiğinde

kullanılan algoritmaların tam olarak verilmediği görülmektedir. Çünkü OPTS'ler, algoritmaları gizli, sadece kullanıcı bazlı hizmet veren, çok pahalı olan ve kolayca satın alınamayan ve genellikle ticari amaçla geliştirilen sistemlerdir. Ayrıca konuyla ilgili cihazların pahalılığı ve teknik detaylarına erişimin mümkün olmayışı ülke kaynaklarının dışarıya akmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada ise ZOPTS için kullanılan algoritmaların çoğu çalışma esnasında geliştirilmiş özel yaklaşımlardır ve konuyla ilgilenen kişilerin istifadesine sunulmuştur. Böylece ülkemizde bu konuyla ilgilenen kişilere ve konuyla ilgili çalışmalara katkıda bulunulması amaçlanmaktadır.

Bu çalışmanın başarısını daha net ortaya koymak için geliştirilen ZOPTS'nin bundan sonraki çalışmalarda uluslararası veritabanlarıyla test edilmesi planlanmaktadır.

**KAYNAKLAR**

- Alkaya, E., 1998, Enhancement and Preprocessing Techniques For Ridge Extraction in Fingerprint Images, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Congalton, R., Green, K., 1999, Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices, CRC/Lewis Press, Boca Raton, FL.
- Espinosa-Duro, V., 2002, Minutiae detection algorithm for fingerprint recognition, IEEE Aero. El. Sys. Mag., **17**, 7-10.
- Greenberg, S., Aladjem, M., Kogan, D., Dimitrov, I., 2000, Fingerprint image enhancement using filtering techniques, 15th International Conference on Pattern Recognition, V3, 326 -329.
- Halici U., Jain L.C., Hayashi, I., Lee, S.B., Tsutsui T., 1999, Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition, CRC press, USA.
- Haykin, S., 1994, Neural Networks: A Comprehensive Foundation, ISBN 0-02-352761-7, Macmillan College Publishing Company, New York, USA.
- Hong, L., Wan, Y., Jain, A.K., 1998, Fingerprint image enhancement: algorithms and performance evaluation, IEEE T. Patern Anal., **20**, 8, 777-789.
- Hsieh, C.T., Lu, Z.Y., Li, T.C., Mei, K.C., 2000, An effective method to extract fingerprint singular point, 4. Int. Conf./Exhibition on High Performance Computing in the Asia-Pacific Reg., V2, 696 -699.
- İnandık, Ö., 1998, Öznelik Tabanlı Otomatik Parmakizi Eşleme, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Jain, A.K., Hong L., Bolle, R., 1997a, On-line fingerprint verification, IEEE T. Patern Anal., **19**, 4, 302-314.
- Jain, A.K., Hong L., Pankanti, S., Bolle, R., 1997b, An identity authentication system using fingerprints, Proceedings of the IEEE, **85**, 9, 1365-1388.
- Jain, A.K., Prabhakar S., Hong L., Pankanti, S. 1999, Finger code: a filterbank for fingerprint representation and matching, IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, V2, 193-199.
- Jin, A.L.H., Chekima A., Dargham J.A., Liau C.F., 2002, Fingerprint identification and recognition using back propagation neural network SCORED, Student Conf. on Research and Develop., 98-101.
- Luo, X., Tian J., Wu, Y., 2000, A minutiae matching algorithm in fingerprint verification, 15th International Conference on Pattern Recognition, V4, 833 -836.
- Matlab\_701 NN Toolbox User's Guide, [www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/nnet/nnet\\_ug.html](http://www.mathworks.com/access/helpdesk/help/toolbox/nnet/nnet_ug.html).
- Maior, D., Maltoni, D., 1998, Neural network based minutiae filtering in fingerprints, Fourteenth International Conference on Pattern Recognition, V2, 1654 -1658.
- Ongun, G., 1995, An Automatic Fingerprint Identification System based on Self organizing Feature Maps Classifier, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özkaya, N., 2003, Otomatik Parmakizi Tanıma Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Ramo, P., Tico, M., Onnia, V., Saarinen, J., 2001, Optimized singular point detection algorithm for fingerprint images, International Conference on Image Processing, V2, 242 -245.
- Rusyn, B., Prudyus, I., Ostap, V., 2001, Fingerprint image enhancement algorithm, 6th International Conference The Experience of Designing and Application of CAD Systems in Microelectronics, CADSM 2001, 193-194.
- Saatci, E., Tavsanoglu, V., 2002, Fingerprint image enhancement using CNN gabor-type filters, 7th IEEE International Workshop on Cellular Neural Networks and Their Applications, (CNNA 2002), 377-382.

- Sagar, V.K., Alex, Beng, K.J., 1999a, Hybrid fuzzy logic and neural network model for fingerprint minutiae extraction, International Joint Conference on Neural Networks, IJCNN '99., V5, 3255-3259.
- Sagar, V.K., Beng, K.J.A., 1999b, Fingerprint feature extraction by fuzzy logic and neural networks, ICONIP'99, 6th International Conference on Neural Information Processing, V3, 1138 -1142.
- Sağıroğlu, Ő., BeŐdok, E., ve Eler, M., 2003, Mühendislikte Yapay Zeka Uygulamaları I: Yapay Sinir Ağları, Ufuk Kitabevi, Kayseri, Türkiye.
- Xiao, Q., Raafat, H., 1991, Fingerprint image post-processing: a combined statistical and structural approach, Pattern Recogn., **24**, 10, 985-992.

