



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SINIFLANDIRMA YÖNTEMLERİ KULLANILARAK İMZA BİYOMETRİĞİNE DAYALI KİŞİ TANIMA

Mehmet ERTEN

YÜKSEK LİSANS

Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi
Anabilim Dalı

EYLÜL-2012
KONYA

Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SINIFLANDIRMA YÖNTEMLERİ KULLANILARAK İMZA BİYOMETRİĞİNE DAYALI KİŞİ TANIMA

Mehmet ERTEN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik ve Bilgisayar Sistemleri Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Adem Alpaslan ALTUN

2012, 81 Sayfa

Jüri
Yrd. Doç. Dr. Adem Alpaslan ALTUN
Yrd. Doç. Dr. Ömer Kaan BAYKAN
Yrd. Doç. Dr. Hasan Erdinç KOÇER

Bu çalışmada 3 farklı yöntem kullanılarak imza tanıma işlemi gerçekleştirilmiştir. 480 imza sayısallaştırılarak çeşitli ön işleme metotları uygulanmıştır. Öncelikle imza görüntülerindeki gereksiz alanlar atılmıştır. Daha sonra histogram eşitleme kullanılarak kontrast ve parlaklık değerleri görüntüdeki bütün alanlarda eşit olacak şekilde yapılandırılmıştır. Arka planda yer alan gürültüler giderildikten sonra eşikleme işlemine tabii tutulmuşlardır. Daha sonra tüm imzalar standart bir boyuta getirilmiştir ve isimlendirilerek sınıflara ayrılmıştır. Bu imzalardan 400 tanesi örnek veri olarak kullanılmıştır. Geriye kalan 80 imza ise sistemin performansını değerlendirmek üzere test amaçlı kullanılmıştır.

Öznitelik vektörlerinin çıkarılmasında genelde karakter tanımada kullanılan ET1 ve DT12 çevresel özellikleri yöntemi kullanılmıştır. Aynı sınıflara ait olan imzaların ortalama değerleri Maksimum Olabilirlik Tahminin yöntemi kullanılarak bulunmuştur. Bu yöntem sonrasında oluşan değerler kovaryans matrisi hesaplanarak normalize edilmiştir. Daha sonra bu kovaryans matrisinin tersi alınarak test işlemine geçmeden önce öznitelik vektörlerinin hazır hale getirilmesi sağlanmıştır.

İmza tanımada 3 yöntem kullanılmıştır. Bunlardan ilki Bayes Sınıflandırma Algoritması (Bayesian Classification Algorithm)'dır. Bu algoritmada önce her bir özelliğin olasılığı hesaba katılır, bütün özellikler eşdeğer önemde ele alınır ve olasılıklar çarpılır. Verilen bir sınıfın toplam olasılığı hesaba katılır ve özelliklerinin olasılıklarıyla çarpılır. Bu olasılığı maksimum yapan sınıf seçilerek sonuca ulaşılmıştır. İkinci yöntem ise En Yakın Komşu Algoritması (Nearest Neighbor Algorithm)'dır. Aynı sınıfa ait imza görüntülerinin genelde aynı bölgede kümeleştiği esasına göre çalışan bir algoritmadır. Bu durum sınıflandırılmamış örüntünün en yakın komşusu olan örüntünün sınıfına atanmasıyla sonuca ulaşılır. Üçüncü ve son yöntem olan K En Yakın Komşu Algoritması (K Nearest Neighbor Algorithm) ise daha önceden sınıflandırılmış örüntülerden k tanesinin yakınlığına bakılması esasına dayan bir yaklaşımdır.

İmza tanıma sisteminde kullanılan ilk yöntem Bayes Sınıflandırma Yöntemi ile yanlış reddetme etme (FRR) oranı % 31,75'tir. En Yakın Komşu Yöntemi ile %3,75 ve K En Yakın Komşu Yöntemi ile de %1,25 FRR elde edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan yöntemlerden güvenirliliği en iyi olan yöntem k parametresinin değiştirilmesi ile esneklik sağlayan k en yakın komşu yöntemi olmuştur. En yakın komşu yöntemi ise bayes sınıflandırma yöntemine göre daha iyi performans göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyometrik Sistemler, İmza Tanıma, Bayes, K En Yakın Komşu.

ABSTRACT

MS THESIS

PERSON RECOGNITION BASED ON HANDWRITTEN SIGNATURE BY USING THE CLASSIFICATION METHODS

Mehmet ERTEN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / DOCTOR OF PHILOSOPHY IN ELECTRONIC AND COMPUTER SYSTEM EDUCATION

Advisor: Assist. Prof. Dr. Adem Alpaslan ALTUN

2012, 81 Pages

Jury
Assist. Prof. Dr. Adem Alpaslan ALTUN
Assist. Prof. Dr. Ömer Kaan BAYKAN
Assist. Prof. Dr. Hasan Erdinç KOÇER

In this study, signature recognition process was carried out using three different methods. A variety of pre-processing methods applied with digitization of signatures. First of all, the unnecessary parts of the signature images were removed. Then with using histogram equalization, contrast and brightness values were scattered with equal rates to the all parts. After removing of the noise in the background images were applied to thresholding process. After then, all of the signatures had been transformed to a standardized size and divided into groups by naming. 400 of these signatures were used for performing the purposes to evaluate the performance of the system.

ET1 and DT12, used for the removal of the feature vectors in the environmental characteristics of the character recognition, were used. The average value of the signatures which was in the same group was found by using the method of maximum likelihood of prediction. The values obtained after this progress was normalized by calculating the covariance matrix.

Three methods were used in identifying signature. The first of these is algorithm of Bayesian Classification. Firstly in this algorithm, possibility of each feature is taken into account, possibilities are considered as equally vital, and possibilities are multiplied. The whole possibilities of a group given was accounted and multiplied with possibilities of features. The second method is the Nearest Neighbor Algorithm. This is an algorithm which works according to the gathering of the same group signatures in the same place. This pattern progressed with the appointment of unclassified pattern to the nearest classified pattern which was the nearest neighbor. The third and the last one is k the nearest neighbor method. This method is an approach which was based on the distance of the pattern which was classified before to the k point.

The false reject rate of the first method, Bayesian Classification Method used in recognition of signature is %31,75. This rate is %3,75 in the nearest neighbor method and % 1,25 in the method k the nearest neighbor. In this study the most reliable method is k the nearest neighbor method which provides flexibility to change the parameter of k. The nearest neighbor method showed better performance rather than the Bayesian Classification Method.

Keywords: Biometric Systems, Signature Recognition, Bayesian, K Nearest Neighbor.

ÖNSÖZ

Araştırmalarımın her safhasında sahip olduğu bilgi ve tecrübelerini paylaşan ve her türlü desteği veren Yrd. Doç. Dr. Adem Alpaslan ALTUN'a,

Tez çalışmalarım sırasında beni yalnız bırakmayan, her türlü desteği veren ve beni daima destekleyen değerli anneme, babama, kardeşime ve eşime teşekkürü borç bilirim.

Mehmet ERTEN
KONYA-2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET IV

ABSTRACT V

ÖNSÖZ VI

İÇİNDEKİLER VII

1. GİRİŞ 1

1.1. Biyometrik Sistemler 1
1.1.1. Biyometrik sistemlerin çalışma prensibi 1
1.1.2. Biyometrik sistemler neden kullanılır? 2
1.1.3. Biyometrik sistemlerin uygulama alanları 3
1.1.4. Biyometrik sistemler nasıl çalışır? 3
1.1.5. Biyometrik yöntemler 4
1.1.6. Biyometrik sistemlerin dezavantajları 10
1.1.7. Biyometrik sistemlerin avantajları 10
1.1.8. Biyometrik tabanlı yöntemlerin diğer yöntemlerle karşılaştırılması 10
1.2. İmza 12
1.2.1. İmza nedir? 12
1.2.2. İmza nasıl atılmalıdır? 12
1.2.3. İmzanın hukuksal dayanağı 13
1.2.4. İmza atma şekilleri 13
1.3. İmza Tanıma 14
1.3.1. İmza tanıma yöntemleri 14
1.3.2. İmza tanıma sistemi 15
1.4. Çalışmanın Amacı ve Önemi 16
1.5. Tezin Organizasyonu 17

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 18

3. MATERYAL VE YÖNTEM 30

3.1. İmzaların Elde Edilmesi 30
3.2. Sayısallaştırma 31
3.2.1. Pcx dosya formatı nedir? Neden tercih edildi? 32
3.3. Ön İşleme Metotları 34
3.2.1 Gereksiz Kısımların Atılması 34
3.2.2. Histogram Eşitleme 35
3.2.3. Gürültülerin Giderilmesi 36
3.2.4. Eşikleme 36
3.3. Elde Edilen İmza Görüntülerinin Boyutları 37
3.4. İmzaların Sınıflandırılması ve İsimlendirilmesi 37
3.4.1. İmza Sınıflarının Oluşturulması ve İsimlendirilmesi 37
3.4.2 Kişiye Ait İmzaların İsimlendirilmesi ve Sınıflandırılması 38
3.4.3 Kişiye Ait Test İmzaların İsimlendirilmesi ve Sınıflandırılması 39
3.5. Öznitelik Vektörlerinin Çıkarılması 39
3.5.1. ET1 ve DT12 Çevresel Özellikler Yöntemi 40

3.5.2. Maksimum Olabilirlik Tahmini Yöntemi 48
3.5.3. Kovaryans Matrisinin Hesaplanması 50
3.5.4. Kovaryans Matrisinin Normalize Edilmesi 51
3.5.5. Ters Kovaryans Matrisinin Hesaplanması 56
3.6. İmza Tanımada Kullanılan Metotlar 59
3.6.1. Bayes Sınıflandırma Algoritması 59
3.6.2. En Yakın Komşu Yaklaşımı 60
3.6.3. K En Yakın Komşu Yaklaşımı 60

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 62

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER 66

5.1 Sonuçlar 66
5.2 Öneriler 67

6. KAYNAKLAR 68

ÖZGEÇMİŞ 73

1. GİRİŞ

1.1. Biyometrik Sistemler

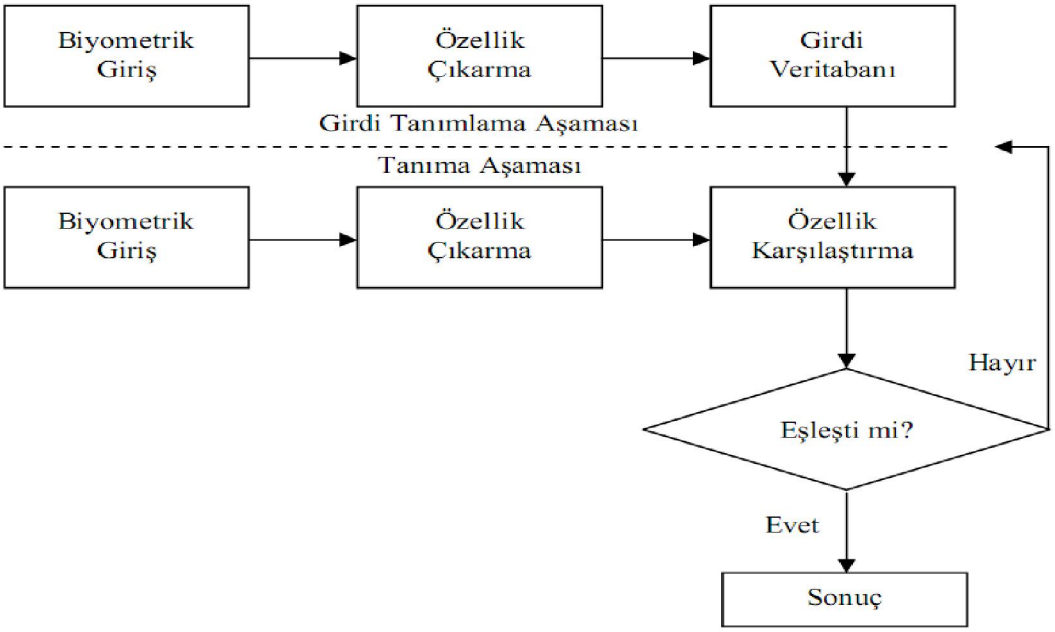
Biyometri bireyleri birbirinden ayıran ölçeklenebilir psikolojik ve/yada davranışsal karakteristiklerin kimlik tespitinde kullanılan bilgisayar kontrollü sistemler olarak tanımlanabilir. Biyometrik sistemler kişinin sadece kendisinin sahip olduğu ve diğerlerinden ayırt eden fiziksel veya davranışsal özelliklerinin tanınması prensibi ile çalışmaktadır. Bu teknolojide Şekil 1.1'de görülen parmak izi ve el geometrisinin incelenmesi, yüz özelliklerinin karşılaştırılması, ses ve konuşma analizi, iris ve retina tanımlanması gibi süreçler yer almaktadır (Anonim, 2012).



Şekil 1.1. Biyometrik Sistemler

1.1.1. Biyometrik sistemlerin çalışma prensibi

Biyometrik teknolojilerin çalışma prensibi birbirine benzer. Öncelikle kayıtlar toplanır ve bu kayıtlar bir kod olarak ilgili sistemde saklanır. Talep edildiği vakit toplanmış olan bu kayıtlar ile ilgili kişi anında karşılaştırılır ve sonuca varılır (Şekil 1.2). Biyometrik sistemler hızlı çalıştıkları için kısa sürede birçok karşılaştırma yapabilme özelliğine sahiptir (Bilgin, 2008).



Şekil 1.2. Biyometrik Doğrulama Blok Diyagramı

1.1.2. Biyometrik sistemler neden kullanılır?

Yanılma olasılığını en aza indirme prensibi ile çalışan bu sistemlerin kart, şifre ya da pin numarası kullanan diğer tanıma metodlarına oranla daha çok tercih edilmesindeki en büyük faktörler, kullanıcının kendini tanıtmak için nüfus kâğıdı gibi tanıtıcıları taşımak mecburiyetinde olmaması ve şifre gibi bilgileri ezberlemek zorunda olmaması olarak sıralanabilir (Süslüoğlu,2012). Kişilerin kendilerine has fizyolojik özelliklerinden faydalanarak otomatik kimliklendirme yapan bu teknoloji, güvenliğin öneminin hızla arttığı günümüzde geniş kullanım alanı bulacak teknolojilerden biri olacaktır.

Geleneksel erişim kontrol yöntemleri, kişisel kimliğin tanınması için, kimlik belgesi, manyetik kart, şifre veya PIN (Personal Identification Number) kodu gibi çeşitli kimlik tanımlama araçlarını kullanır. Bu araçların yetkili olmayan kişiler tarafından çıkar amaçlı kullanılması, büyük maddi ve manevi kayıpların oluşmasına neden olabilmektedir. Dahası, bu araçlarla bir alana erişim engellenebilmekte, ancak kimin eriştiği kontrol edilememektedir. Ayrıca, ulusal güvenlik, elektronik ticaret ve bilgisayar ağlarına ulaşım gibi, kişisel kimlik tespitinin çok önemli olduğu uygulamalarda, geleneksel araçların kullanımı yeterli bir güven sağlamamaktadır (Anonim, 2010).

1.1.3. Biyometrik sistemlerin uygulama alanları

Biyometrik sistemlerin uygulama alanları günümüzde oldukça çeşitlidir. Özellikle havaalanları giriş ve çıkış işlemleri, kredi kartı uygulamaları, kriminal amaçlı teşhis ve tespit uygulamaları, sigorta şirketleri, ağ ve veri güvenliği, sosyal güvenlik, vergi süreçleri gibi kamu hizmetleri, e-ticaret, elektronik imza uygulamaları, internet bankacılığı, ATM'ler, çağrı merkezleri, personel takibi, hasta takibi bu gibi sosyal sistemlerde kullanılmalarının yanında artık, bilgisayarlar, PDA olarak adlandırılan el bilgisayarları, cep telefonları ve ev kilit sistemlerinde de kullanılmaktadırlar (Yozgat, 2003).

1.1.4. Biyometrik sistemler nasıl çalışır?

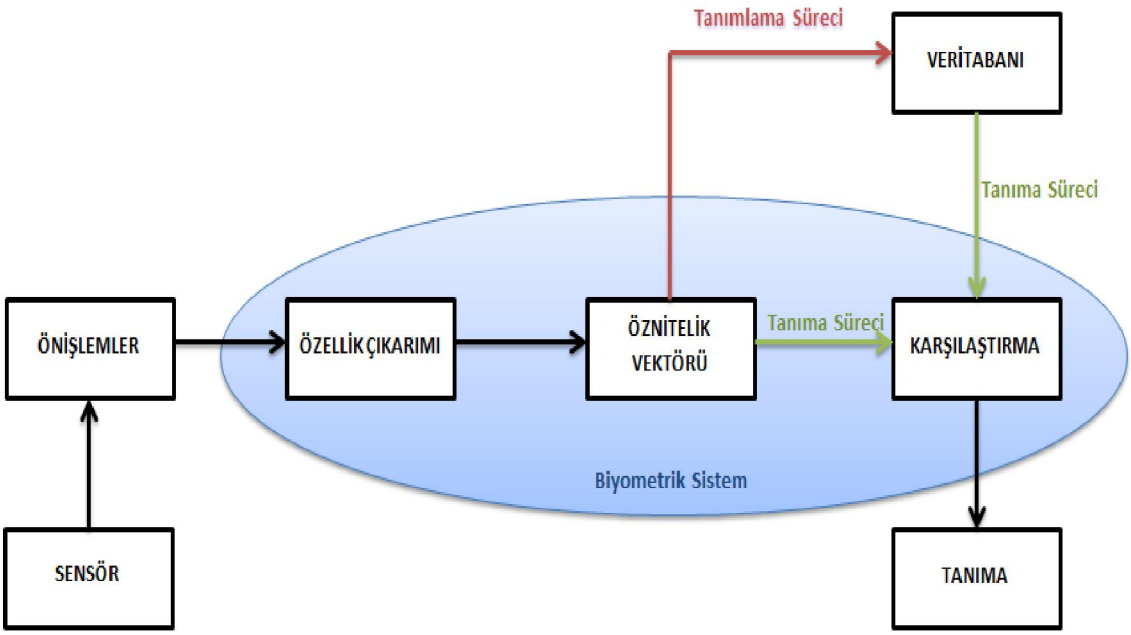
Bir bireyin kimliğinin, onun fiziksel ve davranışsal özelliklerinden yararlanarak tanımlanması (identification) veya doğrulanmasını (verification) konu alan biyometri bilimi; bireye özgü avuçiçi, parmakizi, yüz, kulak, iris, retina, el geometrisi, ses, fizyolojik veya davranışsal bir özelliğin ölçümü ve değerlendirilmesini esas alır. Bu özelliklerin her biri, bireye özgü olmanın yanı sıra; bünyesinde, başka bireylere kolayca aktarılamayacak kadar güvenilir, hayat boyu değişmeyen kalıcı parametreler barındırmaktadır (Özkaya ve Sağıroğlu, 2007).

Biyometrik kimlik tanıma ve doğrulama çalışmaları, biyometrik ölçümlerle elde edilen kimlik tanımlayıcı parametrelerin bir veri tabanında tutulması ve bunların gerçek zamanlı ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmasına ilişkin uygulamaları kapsar (Şekil 1.3). Bu kapsamdaki araştırmalar, tamamen insan beyninin bir kişiyi tanıması ve diğer insanlardan ayırt etmesi için kullandığı yöntemleri anlama ve benzerlerini geliştirme amacına yöneliktir. Geliştirilen işaret ve görüntü analiz yöntemleri, günümüzde giderek daha da zenginleşme eğilimindedir (Önen Yıldız, 2010).

Başarılı (yüksek performanslı) bir biyometrik kimlik tanıma sistemi, bireyin kimliğini benzersiz şekilde doğrulayabilmeli, ya da veritabanı içerisinde isabetli ve güvenilir bir kimlik belirlemesi yapmalıdır. Bunun için, öncelikle, hedeflenen biyometrik işaretin doğal halini bozucu yönde etki yapan çevresel faktörlerin dikkate alınması; ölçme sürecinde, bu faktörlerin işaret üzerine bindirdiği gürültülerin en az

düzeye indirgenmesini sağlayacak önlemlerin alınması büyük önem arz eder (Sönmez ve Özbek, 2000).

Bununla beraber, biyometrik kimlik tanıma ya da doğrulama amacıyla kullanılan sistemlerin çoğu, yeteri derecede karmaşık olup; bunlarla ilgili araştırma ve geliştirme çalışmaları halen devam etmektedir. Bu kapsamda geliştirilen algoritmaların başarısı, uygulamada sağladıkları kolaylıkların yanı sıra, kimlik tanıma veya doğrulamada sağladıkları doğruluk ve güvenilirlikle ölçülmektedir (Jain ve ark. 2004).



Şekil 1.3. Biyometrik Sistemlerin Çalışma Süreci (Coşkun, 2008)

1.1.5. Biyometrik yöntemler

1.1.5.1. Parmak izi doğrulama

Parmak izi doğrulamaya birçok farklı yaklaşım vardır (Altun, 2007). Bir kısmı bilinen polis metodu olan iz karşılaştırmasını taklit etmeye çalışır, diğerleri ise "moire fringe" şablonu ya da ultrasonik gibi kendilerine özgü yaklaşımlar ile düz şablon karşılaştırması yaparlar (Şekil 1.4) (Anonim, 2007). Bazıları canlı bir parmağı hissedebilirler bazıları edemezler. Diğer biyometriklere kıyasla parmak izi cihazlarında çok fazla çeşitlilik vardır. Yüksek verimli ve düşük hata paylı olmalarına rağmen

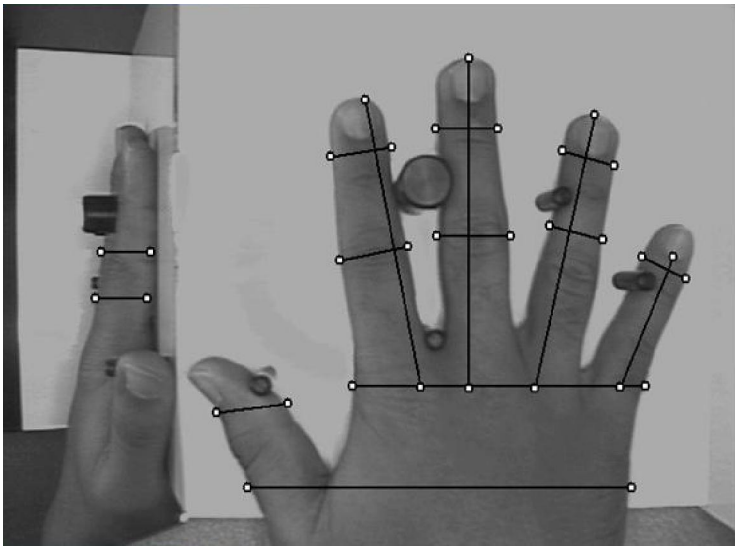
tecrübesiz kullanıcıların hatalı işlemleri nedeniyle sorunlar doğurabilmektedir. Parmak izi doğrulama sisteminin kullanımı arabiriminin de geniş çaplı kullanımlarda nasıl olması gerektiği düşünülmesi gerekir. Parmak izi doğrulama, kullanıcılara yeterli eğitimin verilebileceği ev içi sistemlerde ve kontrollü ortamlarda kullanıma uygundur. Entegrasyon ve kullanım kolaylığı, düşük fiyatları ve küçük ebatları nedeniyle iş istasyonu erişim sistemlerinde Parmak izinin yaygın bir kullanıcı kitlesi bulması şaşırtıcı değildir (Saday ve Akhan, 2003).



Şekil 1.4. Parmak İzi

1.1.5.2. El geometrisi

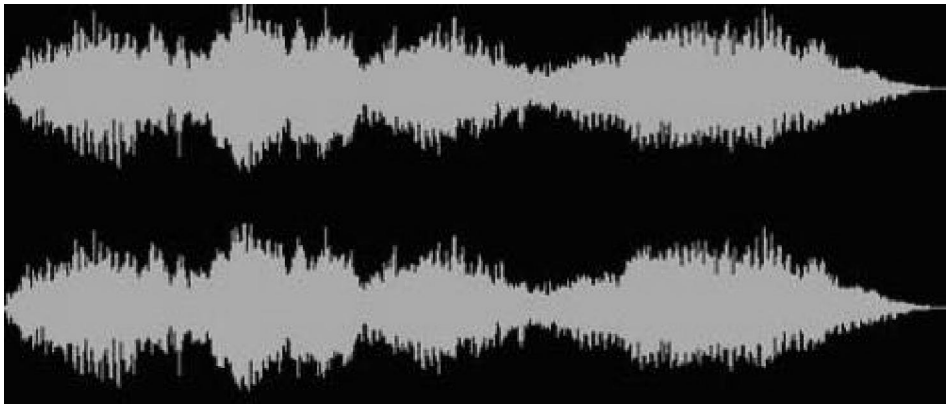
El geometrisi aynı zamanda el taraması olarak da bilinir. Bu sistemde el üç boyutlu olarak taranarak elin ve parmakların fiziksel karakteristikleri analiz edilir (Şekil 1.5). Tarama sırasında parmakların uzunluğu ve genişliği, birleşme noktaları arasındaki uzaklıklar, parmaklardaki oynak yerlerinin geometrisi gibi noktalara dikkat edilir (Jain ve ark. 1999b). Bazı sistemlerde yalnızca üç parmak (baş, orta ve işaret parmağı) taranır. Bazılarında ise doksandan fazla ölçüm yapılır. El geometrisi ile çalışan biyometrik sistemler uygulaması oldukça kolay sistemlerdir. Tarayıcı cihaz olarak normal bir optik algılayıcı kamera kullanılabilir. El geometrisi biyometrik sistemleri parmakizi, yüz ve iris tanıma sistemleri kadar hassas ve güvenilir değildir. Veritabanında tutulan bilgiler, diğer biyometrik sistemlere oranla daha az yer kapladığından kullanıcı sayısının fazla olduğu sistemlerde daha çok tercih edilmektedir.



Şekil 1.5. El Geometrisi

1.1.5.3. Ses doğrulama

Biyometrik sistemler içerisinde oldukça sık kullanılan bir davranışsal tanıma şeklidir. Diğer biyometrik sistemlere göre çok daha kolay uygulanır. Günlük yaşantımızda sesin ne kadar çok kullanıldığı düşünüldüğünde ilginç bir biyometrik yöntem olarak karşımıza çıkan ses tanıma teknolojisi güvenirlik açısından çok tercih edilen bir teknoloji değildir. Buna rağmen insan sesi davranışsaldır ve bu bile tek başına belirleyici bir unsur olmaktadır. Sistem kişilerin seslerine ait akustik seslerin kaydedilip dijital ortama dönüştürür (Şekil 1.6). Kullanıcı önce sistemin önceden belirlediği birkaç sözcükten oluşan metni okuyarak sesini sisteme tanıtır. Kaydedilen ses spektral analizler kullanılarak dijitalleştirilir. Kullanıcı daha sonra aynı metni kullanarak sisteme giriş yapar. Bazı ses tanıma sistemlerinde ise önceden belirlenmiş bir metin kullanılmaz. Bu tür sistemlerde kişinin ses görüntüsüne dikkat edilir. Diğer bir deyişle o kişiye ait ses frekans bilgileri kullanılır. Bu teknikte ses frekansları üç boyutlu görüntüleri oluşturmakta ve sesin en küçük birimleri, özel bir takım biçimlerde karakterize edilmektedir (Furui, 1997).



Şekil 1.6. Ses Dalgası

1.1.5.4. Retina tarama

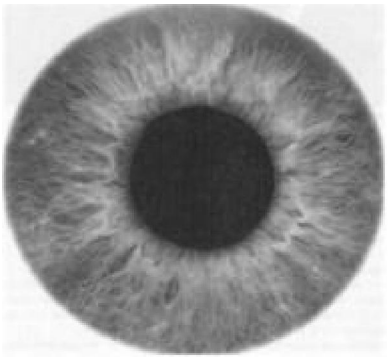
Retina göz yuvarlağının iç kısmında arka tarafta yer alan ince sinirlerin ve damarların bulunduğu ağ tabakadır. Bu tabakada yer alan ışığa duyarlı sinirler ışığı optik sinirler vasıtasıyla beyne iletir. Retina tarayıcı cihazlar gözbebeği içerisinden tarama yaparlar. Bir optik algılayıcı retinanın yapısını düşük yoğunluklu ışınlar kullanarak tarar (Şekil 1.7). Bu işlem sırasında kullanıcı yaklaşık 1cm'lik bir delikten kımıldamadan bakar. Tarayıcı cihaz tarama sırasında yaklaşık altı tur döner ve her turda belirlenen noktaları kaydeder. Daha sonra bu bilgiler dijitalleştirilerek kaydedilir (Hill 1999). Ancak tarama sırasında gözün tarayıcıya fiziksel teması, gözde oluşabilecek ve retina yapısına zarar verebilecek travmaların olması, tarama işleminin oldukça zahmetli olması ve uzun sürmesi gibi faktörler retina tanıma sistemlerini daha az tercih edilir hale getirmiştir (Koçer, 2007).



Şekil 1.7. Retina Tarama

1.1.5.5. İris tarama

İris gözün ön kısmında bulunan ve fibroz (lifli) dokudan oluşan renkli tabakadır. İriste yaklaşık 250 den fazla görsel karakteristik bulunmaktadır. Bunlar daireler, benekler, çizgiler gibi belirleyici şekillerdir (Şekil 1.8). Kullanıcı ile tarayıcı arasında fiziksel temas olmasına gerek yoktur. Bu da sistemin kullanıcı dostu olmasını sağlamaktadır. İris görüntüsü alınırken kişilerin gözlüklerini çıkarmasına bile gerek yoktur. İris deseninin zamanla değişmemesi, ayırt edici özelliklerinin çok olması ve iris görüntüsünün çok kolay elde edilmesi iris tarama sistemlerini daha çok tercih edilir hale getirmiştir (Koçer, 2007).



Şekil 1.8. İris

1.1.5.6. İmza doğrulama

Genellikle belge kullanılan güvenlik sistemlerinde tercih edilir. Kullanıcının el yazısı veya imzası taranarak yazının veya imzanın karakteristik özellikleri çıkarılır (Şekil 1.9). Bu karakteristik özellikler kalem hızı ve basıncı, imzadaki bazı çizgilerin durumu, yazı karakterlerinin şekilleri gibi özelliklerdir (Srihari ve ark., 2002).



Şekil 1.9. İmza Doğrulama

1.1.5.7. Yüz tanımlama

Yüz tanıma sistemleri herhangi bir fotoğrafı incelemek yerine yüzde bulunan yaklaşık 50 kadar noktayı analiz eder. Şekil 1.10'da görüldüğü gibi yüz karakteristiği tanımlanırken göz çukurlarının saptanması, elmacık kemiğini çevreleyen bölgelerin taranması, ağız kenarlarının belirlenmesi, kulak memesinin analizi gibi çeşitli metodlar kullanılır (Hong ve Jain, 1998).

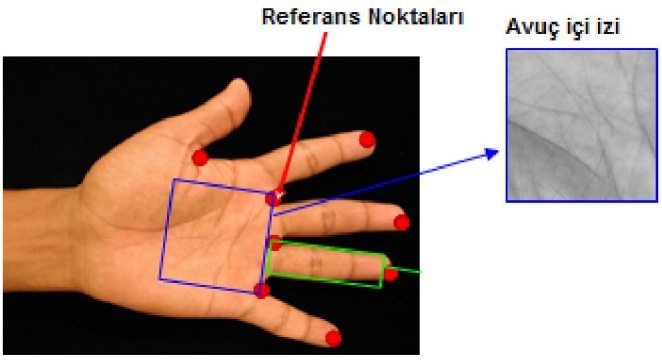
Yüz tanıma sistemleri fiziksel bir temas gerektirmediğinden daha çok tercih edilirler. Ancak yüz tanımlama sistemleri uygulamalarda sınırlı başarı sağlamışlardır. Çünkü bıyık gelişimi, kilo alma-verme, ikizinin olması gibi bazı tanıma problemleri yüz tanıma sistemlerinde çok sık karşılaşılan durumlardır (Jain ve ark. 1999a).



Şekil 1.10. Yüz Tanımlama

1.1.5.8. Avuç içi tanımlama

Biyometrik yaklaşımlar içinde avuçiçi izi, diğerlerine nazaran yeni bir biyometrik özelliktir ve kişiye özel bilgi taşıyıcılığı itibariyle kalıcıdır (Şekil 1.11). Avuçiçi izine bağlı bir sistem yüksek kullanıcı kabul edilebilirliğine sahiptir. Bunun dışında avuçiçi izi güvenilir bir biyometrik özellik olarak hizmet eder (Altun, 2012). Çünkü avuçiçi izleri tek yumurta ikizlerinde bile farklıdır. Bu sebeplerden dolayı, son zamanlarda avuçiçi izine bağlı tanıma sistemleri ile ilgili araştırmalar önemli bir şekilde artmaktadır (Nabiyev ve ark., 2003).



Şekil 1.11. Avuçiçi Yapısı

1.1.6. Biyometrik sistemlerin dezavantajları

Biyometrik güvenlik sistemleri genelde ek maliyet gerektirir. Kullanımları bazen uzmanlık gerektirir. Biyometrik bilgiler ele geçirildiği anda yenilenmesi söz konusu olmadığından geçerliliği kalmaması dezavantajları arasında yer almaktadır.

1.1.7. Biyometrik sistemlerin avantajları

Kişinin kendisi dışında ek bir donanım, yazılım, şifre, araç kullanmak zorunluluğunun olmaması, çalınma, unutulma, kaybolma gibi tehlikelerin yok denebilecek kadar az olması biyometrik sistemlerin avantajları arasında yer almaktadır.

1.1.8. Biyometrik tabanlı yöntemlerin diğer yöntemlerle karşılaştırılması

Biyometrik, insanın fiziksel veya davranışsal özelliklerini tanımlamada sayısallaştırmayı ifade eder. İnsana ait özellikleri bilgisayarların anlayacağı şekilde, birler ve sıfırlardan oluşan kodlar haline getirilmesi için her insanda farklılık gösteren, parmak izi, iris ve retina şekli, yüz yapısı, el geometrisi, el yazısı ve ses gibi farklı özellikler kullanılır. Çizelge 1.1'de gösterildiği üzere her yöntemin kendine has avantajları ve dezavantajları bulunduğundan, kullanılacak uygulamanın hassasiyetine ve uygulanabilirliğine bağlı olarak, kişiyi tanımak için izlenen yöntemler değişebilir (Şamlı ve Yüksel, 2010).

Çizelge 1.1. Biyometrik Tabanlı Yöntemlerin Diğer Yöntemlerle Karşılaştırılması (Bektaş, 2010)

Diğer Kimlik Doğrulama Yöntemleri	Biyometrik Sistemler
Kullanılan veri her kullanıcı için kesinlikle farklı ve eşizdir.	Kullanılan veri her kullanıcı için farklı olmakla beraber bazı kullanıcıların verilerinde benzerlikler görülebilir.
Kullanılan veri açıktır.	Kullanılan veri açıktır.
Veri kullanıcı tanımlamak için kullanılır.	Kullanıcı tanımlamak için kullanılmakla beraber daha zengin bir veridir.
Kullanıcı kimlik verisi kişinin istemesi halinde rahatça değiştirilebilir.	Biyometrik veri kaza vs. dışında değiştirilemez.
Kullanıcı kimlikleri sabit olarak oluşturulur.	Biyometrik veri sabit değildir.
Genelde mevcut sistemlerle uyumludur.	Ek bir donanım maliyeti getirir.
Çalınma vb. durumlarda değiştirilmesi talep edilebilir.	Biyometrik ölçüler değiştirilemediğinden herhangi bir şekilde elde edildiğinde geçerliliği kalmaz.
Herkes için kullanılabilir.	Herhangi bir biyometrik tarama sisteminde biyometrik özelliklere sahip olmayan (parmağı, gözü olmayan vb.) kişiler bu sisteme dahil edilemeyecektir.
Zaman içerisinde değişim göstermesine sebep olacak bir durum söz konusu değildir.	Zaman içerisinde biyometrik veriler değişime ve deformasyona uğrayabilir.
Veri kaybı, çalınma, kaybetme riski büyüktür.	Veri kaybı, çalınma, kaybetme tehlikesi neredeyse hiç yoktur.

1.2. İmza

1.2.1. İmza nedir?

Türk Dil Kurumunca yapılan tanımda imza “Bir kimsenin herhangi bir belgeyi yazdığını veya onayladığını belirtmek için her zaman aynı biçimde kullandığı işaret” olarak tanımlanmaktadır (TDK, 2011).

İmza, makul surette hareket edebilme iktidarına sahip olan bir kimsenin bir belgedeki beyan ve yüklenimleri onayladığını belirtmek, ayrıca kendisinin tanınmasını sağlamak üzere, kendi kaligrafik ve karakteristik özellikleri ile grafolojik unsurlarını yansıtarak oluşturduğu el yazısıdır. Bir başka anlatımla, kişinin kimliğini simgeleyen, kişinin kendine özgü birtakım özelliklerini ihtiva eden özel bir işaretidir (Yavuz, 2007).

1.2.2. İmza nasıl atılmalıdır?

İmza konusuna, yasalarımıza baktığımızda, yasalarımızda imzanın ne şekilde atılacağı hususunda kesin bir hüküm yoktur. Ancak, Soyadı Kanunu, Borçlar Kanunu, Hukuk Usulü Muhakemeleri Kanunu ve Noterlik Kanunu’nda bu konuya çeşitli yönlerden değinilmiştir. Bunlardan Soyadı Kanunu ve Borçlar Kanunu’nda imzanın ne şekilde atılması gerektiği hususuna kısmen de olsa açıklık getiren hükümler mevcuttur. Şöyle ki; Soyadı Kanununun 2. maddesinde "Söyleyişte, yazışta, imzada önad önce soyadı sonda kullanılır” ifadesi yer almaktadır. Buradan, imzada öz ad ve soyadın yer alması gerektiği anlaşılmaktadır. Borçlar Kanununun 14. maddesinde ise "İmza, üzerine borç alan kimsenin el yazısı olması lazımdır” ifadesine yer verilmektedir. Buradan da imzanın el yazısı olması gerektiği anlaşılmaktadır. İmzanın gerek tanımından gerekse yasalarımızda yer alan hükümlerinden de anlaşılacağı üzere, imza yazılarak atılmalıdır. İmzada yazılması gereken ise Önad ile Soyadıdır. Bu Şekil1.12.’de olduğu gibi, Önadın baş harfi, soyadın tamamı yazılmak suretiyle de olabilir.



Şekil 1.12. Doğru İmzaya Örnek (M. Kemal Atatürk’ün İmzası)

1.2.3. İmzanın hukuksal dayanağı

Borçlar Kanunun 14. maddesinde “İmza, üzerine borç alan kimsenin el yazısı olmak lâzımdır.” şeklinde yer almıştır.

Soyadı Kanunun 2. Maddesinde “Söyleyişte, yazışta, imzada öz ad önde, soy adı sonda kullanılır.” İfadesine yer verilmiştir. Yine bu kanunda imza ile ilgili “Söyleyişte, yazışta, imzada özad önde, soyadı sonda olmak üzere bütün harfleri söylenerek veya yazılarak kullanılabileceği gibi söyleyişte ve yazışta önadsız yalnız soyadını kullanmak ve imzada özadın ilk harfini, özadı iki tanesine her ikisinin ilk harflerini veya birinin ilk harfi ile ötekinin tümünü ve soyadının tümünü yazmak caizdir.” ifadelerine yer verilmektedir.

1.2.4. İmza atma şekilleri

Ülkemizde çeşitli yöntemlerle atılan imzaların yasal dayanağı mevcuttur.Bunlar;

1.2.4.1. El ile atılan imza

Borçlar Kanunun 14. Maddesinin 1. Fıkrasında “İmza, üzerine borç alan kimsenin el yazısı olmak lâzımdır.” İfadesine yer verilmiştir. Bu kanun maddesinden de anlaşılacağı üzere imzalar elle atılabilmektedir.

1.2.4.2. Bir alet vasıtasıyla imza

Borçlar Kanunun 14. Maddesinin 1. Fıkrasında imzanın elle atılacağı hükmüne yer verildikten sonra 2. Fıkrasında ise “ Bir alet vasıtasıyla vazolunan imza, ancak örf ve adetçe kabul olunan hallerde ve hususiyle çok miktarda tedavüle çıkarılan kıymetli evrakın imzası lazım geldiği takdirde kâfi addolunur.” Hükmünden de yer verilmektedir. Bu hükümden anlaşılacağı üzere imza bir alet vasıtasıyla da atılabilir.

1.2.4.3. Elektronik imza

23.01.2004 tarihinde 5070 sayılı Elektronik İmza Kanunu yürürlüğe

konulmuştur. Bu yasanın 3. maddesinde elektronik imza “Başka bir elektronik veriye eklenen veya elektronik veriyle mantıksal bağlantısı bulunan ve kimlik doğrulama amacıyla kullanılan elektronik veri ” olarak tanımlanmıştır. Aynı maddede elektronik imza sahibi ise “ Elektronik imza oluşturmak amacıyla bir imza oluşturma aracını kullanan gerçek kişi” şeklinde tanımlanmıştır. 5070 sayılı yasa elektronik imzanın el ile atılan imza ile aynı hukuksal sonucu doğuracağını kabul etmiştir.

1.3. İmza Tanıma

1.3.1. İmza tanıma yöntemleri

İmza tanıma yöntemleri Etkileşimsiz (Çevrimdışı) Yöntemler ve Etkileşimli (Çevrimiçi) Yöntemler olmaz üzere iki grupta toplanabilir (Anonim, 2011a).

1.3.1.1. Etkileşimsiz (çevrimdışı) yöntemler

Kağıt üzerindeki imzaların tanınabilmesi için etkileşimsiz yöntemler kullanılır. Öncelikle belgenin sayısallaştırılması gerekir. Etkileşimsiz sistemlerse, yazının yazılması sırasındaki hareketler hakkında hiçbir bilgi olmadığı ve özellikle eski belgeler yeterince temiz ve okunaklı olmayacağı için yanılması daha kolay sistemlerdir. Sayısallaştırıcılardan kaynaklanan gürültülerin etkisini azaltmak için çok daha detaylı bir ön izlemeye gerek duyulur. Ancak bu sistemlerin avantajı özel bir alete gerek duyulmaması ve bu sayede yıllardır var olan bütün belgelere uygulanabilmesidir (Duygulu, 2011).

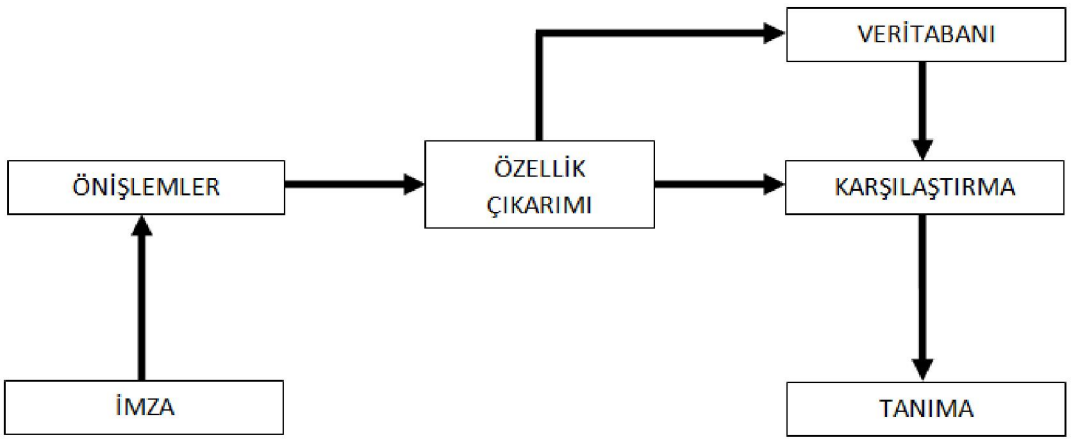
1.3.1.2. Etkileşimli (çevrimiçi) yöntemler

Etkileşimli sistemler, imza atıldığı anda sayısallaştıran, özel olarak tasarlanmış sistemlerdir. Genelde elektromanyetik ya da elektrostatik tabletler kullanılır. Kalemin dokunuşları ve hareketlerin devamlılığı göz önünde tutulur. Etkileşimli sistemler genellikle elektronik tabletler tarafından kalem hareketlerinin koordinatlarının elde edilmesiyle el yazısı ya da çizimlerin otomatik olarak algılanmasını sağlayan sistemlerdir (Şekerci, 2007).

Eğitme işlemine geçilmeden önce sınıflama yöntemi belirlenmelidir. Etkileşimli imza atarken ortaya çıkan hız, yön ve basınç bilgilerini ölçüp kaydetmeye yarayan bir takım özel donanımlar (dijital kalem, dijital ped, özel baskılı kağıtlar v.b.) gerektirir. Etkileşimsiz imza tanıma ve doğrulama, daha az maliyet gerektirdiğinden dolayı daha uygundur (Şenol ve Yıldırım, 2004).

1.3.2. İmza tanıma sistemi

Basit imza tanıma sisteminde öncelikle imza alındıktan sonra bazı önişlemlerden geçirilir. Örneğin imza görüntüsünün genişliği ve uzunluğu olması gereken genişlik ve uzunluğa çekilir. Önişlemlerden geçirilen imza tanıma sisteminin performans ve tanıma aşamasında büyük rol oynayan kısmı olan özellik çıkarıma işlemine geçilir. Daha sonra eğitim için kullanacağımız ve karşılaştırmada kullanacağımız imza veri tabanı oluşturulur. Yine aynı işlemlerden geçen test imzası veri tabanındaki imzalar ile karşılaştırılarak basit imza tanıma işlemi gerçekleştirilmiş olur. Şekil 1.13.'de basit bir imza tanıma sistemi gösterilmiştir (Munich ve Perona, 2011).



Şekil 1.13 İmza Tanıma Sistemi

İmza tanıma sisteminde kullanılan önişleme, özellik çıkarımı ve tanıma işlemleri çeşitli metotlar kullanılarak yapılır. Kullanılan metot ve yöntemler imza tanıma sisteminin performansını doğrudan etkiler.

Önişleme aşaması gürültü azaltılması, normalizasyon, referans çizgisinin bulunması gibi işlemlerden oluşur. Sayısallaştırma sırasında yazıyı oluşturan eğriler arasında boşluklar oluşabilir, ya da yeni nokta ya da çizgiler ortaya çıkabilir. Bu tür

problemler filtreleme, gürültü modelleme ya da morfolojik operatörler kullanılarak çözülebilir. Normalizasyon, yazı karakterlerinden kaynaklanan farklılıkların ortadan kaldırılarak standart bir şekle getirilmesidir. Yazı düz bir çizgi üzerinde değil de yukarı ya da aşağı doğru yazılmışsa öncelikle bunun düzeltilmesi gerekir. Aynı şekilde yazı karakterine bağlı olarak sağa ya da sola eğik şekilde yazılmış yazılar düz bir şekle getirilir. Bir başka normalize işlemi de karakterlerin aynı büyüklüğe getirilmesidir. Bazı sistemlerde öznitelik çıkarılması için inceltme yöntemlerinin uygulanması da gerekebilir. Referans çizgisi bütün karakterlerin üzerine oturduğu çizgi şeklinde tanımlanabilir. Bu bazı karakterlerin ayırt edilmesi için önemlidir. Öznitelik çıkarmada ana amaç verinin daha kısıtlı bir uzayda tanımlanarak bu tür problemlerin engellenmesidir. Çok faklı yöntemler izlenebilir. Fourier, Wavelet gibi dönüşümler uygulamak, histogram ya da iz düşüm tabanlı yöntemler, bunlardan bazılarıdır (Duygulu, 2011).

Tanıma ya da sınıflandırılması aşamasında çok farklı yöntemler kullanılabilir. Yapay sinir ağları, istatistiksel ve yapısal öğrenme, şablon eşleştirme gibi yöntemler bunlardan bazılarıdır.

1.4. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Herhangi bir bilginin gizliliğinden dolayısıyla da güvenliğinden bahsedebilmek için kimlik doğrulama kavramı oldukça önemlidir. Bilgi, gönderilmek istenen kişiye veya kuruma değil de başka kişi veya kuruma gönderilirse istenmeyen sonuçlar ortaya çıkabilir. Bilgi güvenliği için kullanılan kimlik doğrulama işlemi için genel olarak kullanılan geleneksel (bilgi ve aidiyet temelli) yöntemler biyometrik temelli yöntemlere göre daha dezavantajlıdır. Çünkü kullanıcının şifre-pin bilgilerini unutmasının ya da bu bilgilerinin bir başkası tarafından elde edilmesi kolaydır. İşte bu sebeplerden dolayı insanlar geleneksel yöntemlerden güvenlik sebepleriyle uzaklaşıp biyometrik sistemlere ilgi duymaya başlamıştır.

Bu tez çalışmasında biyometrik temelli güvenlik sistemlerinden olan elle atılan imza tanıma sistemi tasarlanarak çeşitli yöntemler kullanarak kişi tanıma işleminin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla mevcut sistemler incelenmiş imza tanıma sistemleri içerisinden hata oranı en düşük sistemin tasarlanması hedeflenmiştir.

Bu çalışmanın incelenen diğer çalışmalardan farkı tanıma işleminin üç farklı algoritma kullanılarak gerçekleştirilmiş olmasıdır. Bu algoritmalar Naive Bayesian

(Yalın Bayes), Nearest Neighbor (En Yakın Komşu) Algoritması ve K Nearest Neighbor (K En Yakın Komşu) algoritmalarıdır. Yine özellik vektörlerinin çıkarılması işlemlerinde genelde karakter tanıma sistemlerinde kullanılan yöntem olan ET1 ve DT12 Çevresel Özellik Yöntemleri bu çalışmadaki imza tanıma sitemine başarı ile uygulanmıştır. Öznitelik vektörlerinin oluşturulmasında kullanılan diğer yöntemler ise Maximum Likelihood (Maksimum Olabilirlik), Kovaryans ve Ters Kovaryans Matrislerinin hesaplanmasıdır.

1.5. Tezin Organizasyonu

Bu tez çalışması giriş, kaynak araştırması, materyal ve yöntem, araştırma sonuçları ve tartışma, sonuçlar ve öneriler, kaynaklar olmak üzere 6 bölümden ve eklerden oluşmaktadır.

Birinci bölüm giriş bölümü olup biyometrik sistemlerin genel tanımı yapılmış, bu tezde kullanılan biyometrik sistemlerden imza tanıma sistemin genel olarak tanımı, amacı ve önemi üzerinde durulmuştur.

İkinci bölümde konu ile ilgili önceden yapılmış olan benzer çalışmalar hakkında kaynak araştırması yapılmış, bu çalışmaların ana fikri, metotları ve sonuçlarından oluşan özetleri sunulmuştur.

Üçüncü bölümde imzaların elde edilmesi, sayısallaştırılmasından bahsedilmiştir. Daha sonra ön işleme metotlarından gereksiz kısımların atılması, histogram eşitleme, arka planda yer alan gürültülerin giderilmesi ve son olarak eşikleme işlemlerinin çalışmada nasıl uygulandığından bahsedilmiştir. Ön işleme metodundan sonra öz nitelik vektörlerinin hangi yöntemler kullanılarak çıkarıldığından bahsedilmiştir. Bu kısımda son olarak imza tanımada kullanılacak yöntemlerin açıklaması ve uygulanması yer almaktadır.

Dördüncü bölümde uygulama sonuçlarına yer verilmiştir. Elde edilen sonuçların diğer çalışmalardaki uygulama sonuçları ile karşılaştırılması da bu bölümde yapılmıştır.

Beşinci bölümde çalışmanın sonuçları üzerine genel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu bölümde ayrıca çalışma ile ilgili öneriler de yer almaktadır.

Altıncı bölümde ise bu çalışmada yer alan kaynakların listesi yer almaktadır.

Ekler kısmında ise uygulama yazılımlarının ekran görüntülerine yer verilmiş ve bu ekran görüntülerine ait açıklamalar yer almıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Çikoğlu tezinde, yapay sinir ağı kullanılarak imza tanıma işlemi gerçekleştirmiştir. İmza tanıma işleminde, öncelikle imzalar normalize edilmiş ve arka planda oluşan gürültü ve kirlilikleri gidermek için eşiklenmiş ve ardından yapay sinir ağı eğitiminde kullanılacak özellikler elde edilmiştir. İmzalar, imza yoğunluğu, imzanın merkezler arası göreli yatay farkı, imzanın merkezler arası göreli dikey farkı, imzanın genişliği, imzanın yüksekliği olmak üzere beş özelliğine bakılarak, birbirlerinden ayırt edilmiştir. Bu beş özellik üç farklı eşikleme değeri için hesaplanarak toplam 15 özellik haline getirilmiştir. Böylece 5, 10 ve 15 özelliği giriş olarak kullanan üç tip yapay sinir ağı modeli imza tanıma için kullanılmıştır. Ayrıca yapay sinir ağı yapısının öğrenme performansına, eşiklemenin etkisi üç değişik eşikleme ile bakılmıştır. Off-line imza doğrulama görevi için adaptif geri yayılım algoritmalı nöral ağların uygunluğunu değerlendirmek için çok sayıda deney yapılmıştır. Deneyler, geri yayılım algoritmalı ağların off-line imza doğrulama için kullanılabileceğini göstermiştir. Çizelge 2.1'de sistemin YSA giriş sayısı ve gizli katman sayısına göre hata ret oranları verilmiştir (Çikoğlu, 2003).

Çizelge 2.1. YSA giriş sayısı ve gizli katman satısına göre hata ret oranları (Çikoğlu, 2003).

YSA GİRİŞ SAYISI	GİZLİ KATMAN SİNİR SAYISI	FRR (%)
		ÖĞRENME
5	25	9,23
	30	9,62
	35	8,85
10	25	8,46
	30	7,69
	35	6,54
15	25	4,23
	30	3,85
	35	4,62

Kholmatov çalışmasında iki ayrı imza türüne dayalı (statik ve dinamik) iki farklı imza doğrulama sistemi sunmaktadır. Referans imzalarından öznitelikler çıkarılmış ve sistemde saklanmıştır. Herhangi bir imza doğrulanacağı zaman, bu imza iddia edilen kişinin bütün referans imzalarıyla karşılaştırılmış ve test edilen imzanın referans imzalarına uzaklığı (farklılığı) hesaplanmıştır. Herhangi iki imza arasındaki farklılık, "Dynamic Time Warping" algoritması ile bulunmuştur. Çalışmada öznitelik vektörleri Bayes sınıflandırıcı, Destekçi Vektör Makinesi, ve Linear sınıflandırıcı imzaların sahte

olup olmadığını tespit etmek için kullanılmıştır. Sistemleri denemek için 100 ayrı kişiden toplam 620 dinamik ve 20 kişiden toplam 100 statik deneme imzası (gerçek ve sahte) toplanmıştır. Çizelge 2.2.' de sistem için oluşturulan veri kümesi, Çizelge 2.3. ve Çizelge 2.4.'de sistemin performans değerlendirme sonuçları gösterilmiştir. (Kholmatol, 2003).

Çizelge 2.2. Çevrimiçi Sistem Performansı Değerlendirmesi İçin Veri Kümesi

Veri Kümesi Adı	İmza Sayısı	İmza Türü
G1	182	Orijinal İmza
F1	313	Sahte İmza
G2	124	Orijinal İmza

Çizelge 2.3. İmza yörüngesindeki ilk bağıl X ve Y koordinatlarına göre oluşturulan özellik vektörleri ile yapılan sınıflandırma sonucunda sistem performans sonuçları

Sınıflandırıcı	G1 Yanlış Reddetme Oranı (FRR) %	F1 Yanlış Kabul Oranı (FAR) %	G2 Yanlış Reddetme Oranı (FRR) %	Genel Hata Oranı %
Linear	1.65	8.74	4.84	5,98
Bayes	1.09	17.9	4.03	10.19
SVM	0.55	13.15	3.33	7,45
Z Sonuçları (PCA)	2.74	6.73	13.71	6,96
Z- Sonuçları (Bayes)	1.09	16.66	7.25	10.19

Çizelge 2.4. İki nokta arasındaki eğrilik farkları kullanılarak çıkarılan özellik vektörlerini ile yapılan sınıflandırma sonucunda sistem performans sonuçları

Sınıflandırıcı	G1 Yanlış Reddetme Oranı (FRR) %	F1 Yanlış Kabul Oran (FAR) %	G2 Yanlış Reddetme Oranı (FRR) %	Genel Hata Oranı %
Linear	2.74	13.46	8.06	9.22
Bayes	6.04	14.10	8.06	10.51
SVM	0	15.70	3.33	8.58
PCA on Z-Scores	2.74	14.74	6.45	9.54
Bayes on Z-Scores	6.04	13.14	8.06	10.03

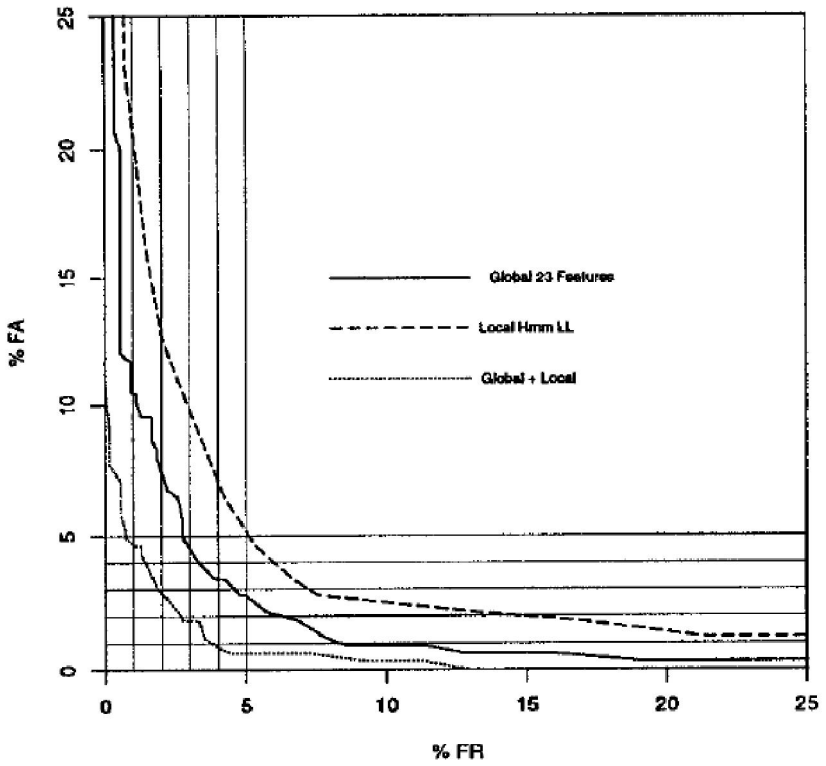
Kaymaz çalışmasında GPDS300 Signature imza veri bankasından alınan ilk 50 kişiye ait 1200 gerçek, 1500 sahte olmak üzere toplam 2700 imza görüntüsü öznitelik vektörleri ile oluşturulmuş matrislerle temsil etmiştir. Bu yolla farklı bireylere ait imza görüntüleri yerine matrislerden oluşmuş bir veritabanı oluşturmuştur. İmza doğrulama evresinde, bilinmeyen imza görüntüsünü temsil eden matris ile veri tabanındaki diğer kişilere ait imza görüntülerini temsil eden matrisler arasında Dinamik Zaman Bükmesi mesafeleri hesaplanarak, önceden belirlenen bir eşik değerine göre karşılaştırmalar yapılmıştır. Böylece kendisi hariç bulunan en küçük mesafeye karşılık gelen imza görüntüsü ile bilinmeyen bireyin imzası eşlenmiştir. Çalışma MatLab'ın hazır komutları ve fonksiyonlarından yararlanılarak gerçekleştirilmiştir. ROC analizine dayalı performans testleri yapılmıştır. Çizelge 2.5.' de Dinamik Zaman Bükmesi verilerine dayanarak gerçekleştirmiş olduğu analiz sonuçları görülmektedir (Kaymaz, 2010).

Çizelge 2.5. DTW algoritması ile analiz sonuçları

DTW Algoritması Analiz Sonuçları										
Bağıl Eşik Değeri		0,050	Yanlış Eşleme Oranı (FMR) %	Yanlı Eşlememe Oranı (FNMR) %	0,075	Yanlış Eşleme Oranı (FMR) %	Yanlış Eşlememe Oranı (FNMR) %	0,100	Yanlış Eşleme Oranı (FMR) %	Yanlış Eşlememe Oranı (FNMR) %
Mutlak Eşik Değeri		6,00			9,00			12,00		
Gerçek İmzalar Yatay Ölçüm Kümesi	Sol	12,41	9,05	99,69	2911	21,24	98,03	4657	33,98	93,53
	Sağ	12,465			10795			9049		
Sahte İmzalar Yatay Ölçüm Kümesi	Sol	109			694			2283		
	Sağ	35202			34617			33028		
Gerçek İmzalar Dikey Ölçüm Kümesi	Sol	3888	28,18	94,69	6717	48,68	83,09	8835	64,03	69,60
	Sağ	9910			7081			4963		
Sahte İmzalar Dikey Ölçüm Kümesi	Sol	1908			6076			10927		
	Sağ	34031			29863			25012		
Gerçek İmzalar Yatay ve Dikey Ölçüm Kümesi	Sol	5407	19,66	97,16	9949	36,17	90,50	13762	50,04	81,45
	Sağ	22097			17555			13742		
Sahte İmzalar Yatay ve Dikey Ölçüm Kümesi	Sol	2020			6772			13218		
	Sağ	69230			64478			58032		

Kashi ve arkadaşlarının çalışmasında Gizli Markov Modeli (Hidden Markov Model-HMM) kullanılarak çevrimiçi imza tanıma sistemi tasarlamıştır. Bu çalışmada yazarlar, Gizli Markov Modeli (HMM) kullanılarak gerçekleştirilen imza tanıma sisteminin performansını önemli ölçüde iyileştirdiğini savunmaktadır. Programın güncel sürümünün %2.5 hata oranı ile kişi tanıma gerçekleştirildiğini öne sürmektedir.

Şekil 2.1.'de FA ve FR oranlarını gösteren bir grafik sunulmuştur. (Kashi ve ark., 1997).



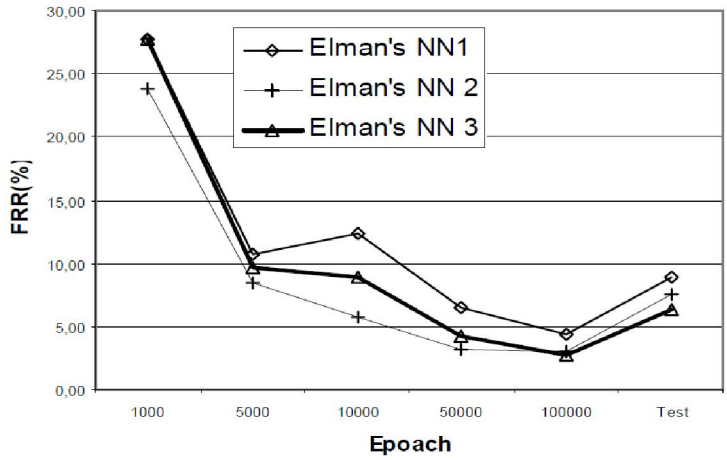
Şekil 2.1. Sistemin Hata Performans Eğrisi (Kashi ve ark., 1997).

Lejtman çalışmasında geri yayımlı yapay sinir ağları (Backpropagation Neural Network) ile birlikte dalgacık tabanlı (Wavelet Transform) yaklaşım kullanılarak bir imza tanıma sistemi gerçekleştirmiştir. Diğer yöntemlere kıyasla bu yöntemin imza doğrulamada mükemmel sonuçlar verdiğini iddia etmektedir. 41 kişinin her birinden toplanan 7 farklı imza ile oluşturulan veri tabanından imzanın çeşitli özelliklerine (kalem baskısı, X ve Y hız, kalem hareket açısı ve açısal hız dahil) göre ayıklama yapılmıştır. Şekil 2.7.'de de gösterildiği gibi FRR olarak %0 ve FAR olarak %0,1'den daha az bulmuştur (Lejtman, 2001).

Çizelge 2.7. Sisteme ait FRR ve FAR test sonuçları (Lejtman, 2001).

Veri Kümesi	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	Yanlış Reddetme Oranı (FRR) %	Hata	Test
Çinli Kişilerden Alınan İmzalar ile	0	0	0	0	0	0	0	1000
Avustralyalı Kişilerden Alanın İmzalar ile	0	0	0	0	0	0	0	170
Karışık						0	0	1170
Veri Kümesi	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	Yanlış Kabul Oran (FAR) %	Hata	Test
Çinli Kişilerden Alınan İmzalar ile	0,060	0,112	0,082	0,096	0,074	0,085	155	182255
Avustralyalı Kişilerden Alanın İmzalar ile	0	0	0	0,016	0	0,003	1	31095
Karışık						0,084	156	214130

Gülbağ ve arkadaşları çalışmalarında, Elman geri beslemeli ağ yapısı kullanılarak imza tanıma işlemi gerçekleştirmişlerdir. İmza tanıma işleminde, öncelikle imzalar normalize edilmiş ve arka planda oluşan gürültü ve kirlilikleri gidermek için eşiklenmiştir. Sonra Elman geri beslemeli ağ öğreniminde kullanılan özellikler çıkarılmıştır. İmzalar, imza yoğunluğu, imzanın merkezler arası göreli yatay farkı, imzanın merkezler arası göreli dikey farkı, imzanın genişliği, imzanın yüksekliği olmak üzere beş özelliğine bakılarak, birbirlerinden ayırt edilmişlerdir. Elman ağının öğrenme performansına, gizli katman sayısının etkisi araştırılmıştır. Şekil 2.2.'de tasarlanan sistemin performansı görülmektedir (Gülbağ ve ark., 2004).



Şekil 2.2. Elman Sinir Ağları İle Yapılan Sisteminin Performansı (Gülbağ ve ark., 2004).

İsmail ve Gad (Omar), Arapça imza doğrulama için bir algoritma tasarlamışlardır. Merkez çizgiler kullanarak, atılan imza ile bu çizgiler arasındaki ilişkilerden öznitelikler çıkarmışlardır. Algoritmalarını, 220 gerçek imza ve 110 sahte imzadan oluşan veritabanı ile test etmişlerdir. Sistemi eğitmek için altı imza kullanılmış ve %95.0 doğru sınıflandırma derecesi elde etmişlerdir (İsmail ve Gad, 2000).

Osman çalışmasında VARM (Multi Variate Auto Regressive) Modeli ve yeni bir hızlı parçalara ayırma tasarımı kullanılarak YSA (Yapay Sinir Ağları) tabanlı çevrimiçi imza tanıma sistemi tasarlanmıştır. Sistemin ana tasarım amacı sistemin doğruluğu ve pratikliği arasında bir denge elde etmektir. Bir tablet cihaz kullanarak sırayla imzalar aldıktan sonra, elde edilen ön işlenmemiş (ham) imza normalleştirme amacıyla bir dizi işlemden (filtreleme gibi…) geçirilmiştir. Kullanılan filtreleme yöntemleri ise MVAR (Multi Variate Auto Regressive), (FIR) Finite Impulse Response, AR(Auto Regressive)' dir. Çok Katmanlı Yapay Sinir ağı kullanılarak sistemin eğitimi gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen sistem RF (Random Foreign) Testinden %99.8, CF (Casual Forgery) Testinden %98.88, SF (Skilled Forgery) Testinden ise %98.63 oranında bir başarı göstermiştir. Sonuç olarak bu tez çalışmasında diğer sistemlere göre daha az örnekle eğitilebilecek gerçek zamanlı bir imza tanıma sistemi tasarlamıştır (Osman, 2009).

Abbas bir yapay sinir ağı tasarlamış ve bu ağı herhangi bir öznitelik değerleri bulmadan ham imza verileriyle eğitmiştir. Yapay sinir ağını eğitmek için 84 imza kullanmıştır. Bu sınıflandırıcıyı test etmek için sadece 4 kişiye ait olan toplam 480 imza kullanmıştır. Farklı tasarımlarda yapay sinir ağları ile deneyler yapmış, çalışmalarının sonucunda FAR değerinin 0'dan %26'ya kadar değiştiğini, FRR değerinin de %2'den %20'ye kadar değiştiğini gözlemlemiştir. Bu araştırmada, sahte olan imzalardan

gerçeklerini doğru bir şekilde sınıflandırmak için geri yayılım ve genetik algoritmalı nöral ağların yapabilirliği göz önüne alınarak bazı sonuçlar gösterilmiştir. Bu sonuçlarda, daha büyük hususları elde etmek için çok daha büyük eğitim ve test dizileri gerekli olduğu kanısına varılmıştır. Daha büyük sahte ve gerçek imza veri tabanında FRR ve FAR 'da çok daha uygun istatistikler elde etmesi için uygun olabileceği tespit edilmiştir (Abbas, 1994).

Chen tez çalışmasında esnek şablon uyumu yaklaşımı kullanılarak otomatik imza tanıma sistemi tasarlanmıştır. Kullanılan ilk yöntem iki imza örneğinin dinamik zaman eşleştirme yoluyla karşılaştırma işlemidir. İkinci yöntem ise matematiksel morfolojisi çıkarılarak iki imzayı karşılaştırmak için eşleme yüzeyinde bir yüzey bulmaya çalışır. Fisher lineer diskriminant ve Bayes sınıflandırması, şüpheli bileşenleri oluşturmak için kullanılmıştır. Özellikle Zernike tabanlı yaklaşımı, dalgacık tabanlı ve Fourier tabanlı yaklaşım ile kıyaslayarak, hangi yaklaşımın daha iyi olduğu belirlenmiştir. Bireysel özelliklerin performansı da değerlendirilmiştir. Ayrıca mesafe ölçümü, KNN, SVM ve maksimum olasılık sahte ve orijinal imzaları sınıflandırmak için uygulanır. Esnek şablon eşleştirme yöntemi kullanılarak tasarlanan sistemde imza tanıma oranı % 92 başarı oranı ile çalışmaktadır. Bu oranın diğer yöntemlere kıyasla daha iyi olduğu öne sürülmüştür (Chen, 2006).

Kholmatov ve Yanıkoğlu yaptıkları çalışmada, çevrimiçi / etkileşimli (online) bir imza veritabanı sunmaktadırlar. Elde ettikleri sonuçlara göre biyometrik imzanın tamamen sahibinin sorumluluğu altında olduğu görüşünü desteklemektedirler. Veritabanındaki her imzanın metrik uzaklığını hesaplamışlardır. Bunun sonucunda gerçek imzaların %84 veritabanındaki metrik mesafelere uyduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında SigSA imza veritabanını kullanmışlardır (Khalmatov and Yanıkoğlu, 2006).

Daş çalışmanın ilk kısmında, biyometrik doğrulamanın bir kolu olan çevrim dışı imza analizi kullanılarak bireyin doğrulanmasına yönelik sorunların çözümüne yardımcı olacak bir yazılım tanıtmıştır. Önerilen sistem; veri toplama, ön işleme, özelliklerini çıkarma, karşılaştırma ve performans değerlendirmenin yapıldığı beş alt sistemden oluşmaktadır. Geliştirilen sistem ile imzanın orijinalitesini matematiksel olarak belirlemeye çalışılmaktadır. Kullanılan teknik, yapay sinir ağlarının (YSA) eğitiminde parçacık sürü optimizasyonunu (PSO) temel almaktadır. Önerilen algoritmanın denenmesi için gelişigüzel, yeteneksiz ve yetenekli olmak üzere üç çeşit taklit imza

kullanılmış ve deneysel sonuçlar doğrulama değerleri ve istatistiksel ölçütler ile sunulmuştur (Daş, 2008).

Xiao ve Leedham, ağaç yapılandırmalı bir Bayesian Ağı tasarlamışlardır. Bayesian Ağını, alt ve üst zarf öznitelik özelliklerini kullanarak eğitmişlerdir. Sekiz kişiden on-yirmi arasında imza toplamış ve bunların 6-12 tanesini Bayesian sınıflandırıcı eğitimi için kullanmışlardır. FRR olarak %20 ve FAR olarak %14 bulmuşlardır (Leedham ve Xiao, 2002).

Den ve arkadaşları bu çalışmalarında dalgacık tabanlı imza tanıma sistemi gerçekleştirmişlerdir. Gerçekleştirilen sistem otomatik tanımlamada yararlı ve ortak özellikleri kullanarak bir imzanın sahte olup olmadığını kontrol eder. Sistem kapalı kontur izleme algoritması ile tasarlanmıştır. Önerilen bu yöntemin çevrimiçi ve çevrimdışı imza tanıma sistemlerinde kullanılacağını öne sürmüştür. Sistem performansı ise İngilizce atılan imzalar için doğruluk oranı %92.57; Çince atılan imzalar içinse doğruluk oranı %93.68 olarak tespit edilmiştir (Deng ve ark., 1999).

Huang ve Yan her kişiden sekiz referans imza almış ve gerçek imzalara eğim, döndürme, vb. karıştırma işlemlerini yaparak yaklaşık 300 imza geliştirmişlerdir. Sinir Ağı bu geliştirilen 300 imzayı kullanarak eğitilmiştir. 3000 imza görüntüsünün kullanıldığı veri seti üzerinde %90 oranında doğru sınıflandırma olduğunu bildirmiştir (Huang ve Yan, 1997).

Özgündüz ve arkadaşları çalışmalarında imzanın yönü ve vektörel özellikleri kullanılarak çevrimdışı bir imza tanıma sistemi tasarlamışlardır. İmzaları doğrulamak ve sınıflandırma için Support Vector Machine (SVM) algoritması kullanılarak 0.95 oranında bir doğrulama gerçekleştirilmiştir. İmza tanımanın tüm sınıfları temsil etmesi için SVM yöntemine karşı bir yöntem kullanılmıştır. Ayrıca bu çalışmada geri yayımlı yapay sinir ağı yöntemiyle yazarların kullandığı yöntem karşılatılmıştır. Yaptıkları çalışmaya göre tanıma ve doğrulama süreçlerinde SVM yöntemi YSA'ya göre daha iyi bir performans göstermiştir. SVM kullanılarak geliştirilen sistem başarı oranı, uygulama kolaylığı ve optimize edilmiş çalışma süresi açısından diğer mevcut sistemlere oranla daha güçlü olduğu iddia edilmektedir.(Özgündüz ve ark., 2005).

Reena ve Santanu bir Sinir Ağı Sınıflandırıcı tasarlamışlardır. Bu sınıflandırma için izdüşüm ve zarf özelliklerini kullanmışlardır. Sınıflandırıcıyı, bireysel özellikleri sınıflandırmak için farklı alt parçalardan oluşturmuşlardır. Temel sınıflandırıcı üç alt sınıflandırıcının çıkış bağlantı şeması kullanılarak kombine edilmiştir. Beş imzayı eğitim için kullanmışlardır. 100 adet gerçek ve 100 adet sahte imzalı veri setinde FAR

oranını %6,5 ve FRR oranını ise %3.33 bulduklarını rapor etmişlerdir (Chaudhury ve Bajaj, 1997).

Faundez-Zanuy bu çalışmada çevrimiçi imza tanıma için kullanılan Vektör Nicemleme (Vector Quantization-VQ), En Yakın Komşu (Nearest Neighbor-NN), Dinamik Zaman Eşleştirme (Dynamic Time Warping-DTW) ve Gizli Markov Modeli (Hidden Markov Model-HMM) gibi örüntü tanıma algoritmaları kullanılmıştır. Her kişi için 5 tane sahte imza ve 25 tanede ustaca atılmış sahte imzadan oluşan 330 kişiye ait bir imza veri tabanı oluşturulmuştur. Bu oluşturduğu veritabanı literatürde bulunan veri tabanlarına göre biraz daha büyüktür. Vektör Niceleme ve Dinamik Zaman Eşleştirme kombinasyonundan oluşan yöntem, Gizli Markov Model ve Dinamik Zaman Eşleştirme kombinasyonundan oluşan yönteme göre daha iyi performans göstermiştir. Geliştirilen sistem RF (Random Foreign) Testinden %1.37, SF (Skilled Forgery) Testinden ise %5.42 hata oranında bir başarı göstermiştir (Faundez-Zanuy, 2007).

Dehghan ve arkadaşları çevrimdışı imza tanıma ile ilgili yaptıkları çalışmada imzaların öznitelik değerleri olarak iskelet çıkarma, üst ve alt zarflar ile yüksek basınç bölgelerini kullanmışlardır. Çok katmanlı yapay sinir ağı kullanarak tanıma algoritmaları geliştirmişlerdir. Veritabanı olarak 50 kişiden 1000 adet imza toplamışlardır. 1000 adet imzanın yarısı (500 adet) gerçek imzalardan, kalan yarısının yarısı (250 adet) vasıflı olarak üretilmiş sahte imzalardan ve diğer yarısı da (250 adet) vasıfsız olarak üretilmiş sahte imzalardan oluşmaktadır. Eğitim aşamasında her bir gerçek kişiye ait imza için 40 farklı deforme edilmiş imzalar kullanılmıştır. Sistemin test aşamalarını gerçek imzalar, vasıfsız üretilmiş sahte imzalar ve vasıflı üretilmiş sahte imzalar olmak üzere üç kısma ayırmışlardır. Sistem gerçek imzaları %98 performans ile doğru olarak tanımıştır. Vasıflı olarak üretilmiş sahte imzaların tanınma performansı %90 oranında ve vasıfsız olarak üretilmiş sahte imzaların tanınma performansı ise %96 oranında bulmuşlardır (Dehghan ve ark., 1997).

Şenol ve Yıldırım bu çalışmada imza tanıma üzerine faklı bir yaklaşım sunmuştur. Kullanılan sınıflama yöntemi çevrimdışı imza tanımadır. Bu amaçla eğitme ve test işlemlerinde kullanılmak üzere 8 farklı kişiden 32'şer imza olmak üzere toplam 256 imza toplanmıştır. Çalışmada ilk olarak çok bilinen ve yaygın olarak kullanılan yapay sinir ağı yapılarından olan Çok Katmanlı Algılayıcı (Multilayer Perceptron-MLP) ve Radyal Temelli Fonksiyonlar (Radial Basis Function RBF) ile imza tanıma yapılmış daha sonra ise hibrid bir yapı olan ve literatürde bu konuya hiç uygulanmamış bir yöntem olan Konik Kesit Fonksiyonlu Ağlar (Conic Section Function Neural Network-

CSFNN) ile de imza tanıma yapılarak üç yöntemin karşılaştırmalı sonuçları tablolar halinde verilmiştir. İmza tanıma için MLP, RBF ve CSFNN ile eğitme yapılarak eğitme ve test örneklerinin sınıflanma sayıları ve ağların başarı yüzdeleri verilmiştir. RBF ile yapılan eğitme ve test başarı yüzdelerinin %100 bulunması bakımından önemlidir. Ayrıca CSFNN ile yapılan eğitme işlemi MLP ve RBF'e göre çok daha hızlıdır. Dikkat çekici sonuçlardan biri de CSFNN ile yapılan eğitmede kullanılan nöron sayısının azlığıdır. CSFNN ile 20 nöron kullanılırken MLP'de 92, RBF'de ise 183 nöron kullanılmıştır ki bu da pratikte uygulanması açısından CSFNN'lerin üstün olduğunun ispatıdır (Şenol ve Yıldırım, 2004)

Kahini ve arkadaşları çevrimdışı imza tanıma ile ilgili yaptıkları çalışmada, imza doğrulaması için Yerel Radon Dönüşümü ve Support Vector Machine sınıflandırıcısı kullanmışlardır. Kullandıkları temel yöntem Yerel Radon Dönüşümünü genel görüntüye dayalı olarak hat bölümlerinin tespit edilmesi ve özniteliklerin çıkarılması aşamasında kullanmışlardır. Bu yöntemin gürültülere karşı daha dirençli göründüğünü, boyuttan bağımsız olduğunu ve kaydırmalardan etkilenmediğini belirtmektedirler. Kullanılan veritabanlarından biri 20 İranlı yazara ait 600 imzadan oluşmakta diğer veritabanı ise 22 İngiliz yazara ait 924 imzadan oluşmaktadır. Tasarladıkları sistemlerini test ettiklerinde iki farklı kültüre ait imzaları tanımlama ve doğrulama performanslarının oldukça iyi olduğunu görmüşlerdir (Kahini ve ark., 2009).

Yumuşak ve arkadaşları çalışmada, Yapay Zeka algoritmaları kullanılarak imza tanıma konusu araştırılmıştır. Bu bağlamda Genetik Olarak Optimize Edilmiş Ağırlıklı Nitelikler incelenmiş, Geri Yayılım Algoritmasının Performansı 0, 1, 50, 100 gizli üniteli ağ kullanılarak test edildikten sonra, sonuçları tablolarla gösterilip, gelecek yönergeler için öneriler sunmuştur (Yumaşak ve ark., 2004).

Fierrez-Aguilar ve arkadaşları yaptıkları çalışmada MCYT-75 imza veri bankasını kullanmışlardır. Gizli Markov Modeli, istatistiksel mesafelerin analizi, yerel ve genel analizlerin birleşimi ile giriş sinyali tanımlanmaya çalışılmıştır. İmzayı oluşturan bileşenlerin eğimleri tespit edilmiş, zarf özellikleri belirlenmiş, istatistiksel mesafeler ölçülmüş, yerel bölgelerdeki yükseklik ve genişlik değerleri Gizli Markov Modeli ile analiz edilmiştir. Yaptıkları çalışmada 75 katılımcının oluşturduğu 2250 adet farklı imza kullanmışlardır. Doğrulama performansının sistemi kullanan kişinin sınır değer tercihine göre değiştiğini söylemektedirler (Fierrez-Aguilar ve ark., 2004).

Kaewkongka ve arkadaşları çalışmalarında Hough Dönüşümü kullanılarak çevrimdışı imza tanıma sistemi tasarlamıştır. Hough dönüşümü imzanın eşsiz bir

karakteristik özelliği olan Hough alanını elde etmek için kullanılmıştır. Çizelge 2.8.'de bu alandan çıkarılan özellikler gösterilmiştir. Bu çalışmada geri yayımlı yapay sinir ağı önerilen yöntemin performansını değerlendirmek için bir karşı araç olarak kullanılmıştır. Bu sistem farklı kişilerden toplanan 70 test imza ile test edilmiştir. Deneysel sonuçlar tanıma oranını % 95.24 olarak ortaya koymuştur (Kaewkongka ve ark., 1999).

Çizelge 2.8. Hough Alanından Çıkarılan Özellikler (Kaewkongka ve ark., 1999).

Hough Alanı Özellikleri(ρ, θ)			
Özellik Numarası	ρ	θ	Oran (%)
1	1	1	32
2	1	2	79
3	1	3	64
.	.	.	.
.	.	.	.
256	4	1	72
.	.	.	.
4096	64	64	18

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde çevrimdışı imza tanıma sistemi tasarımında kullanılacak olan imzaların elde edilmesi, elde edilen imzaların çeşitli önişleme metotlarından geçirilmesi (sayısallaştırma, eşikleme vb.), bu imzalarla veri tabanı oluşturulması, sisteme tanıtılması ve sistemin tanıma işlemini gerçekleştirmesi işlemleri olarak nitelendirilebilir.

3.1. İmzaların Elde Edilmesi

İmzalar kişilerden toplanırken 20 kişiye ait 20 farklı imza alınarak oluşturulmuştur. Bu şekilde toplam 400 imza elde edilmiştir. Çalışmalar bu imzalar kullanılarak yapılmıştır. Her kişiden 20 tane imza toplandıktan belirli bir süre sonra sistemin çalışırlığını ve sistem performansı test etmek amacıyla kişilerden 4 tane de test imzası toplanmıştır. İmzalar kişilerin günlük hayatta kullandıkları gerçek imzalardır.

İmzalar grafik kaydedici tablet kullanılarak toplanmıştır (Şekil 1.3). Bu tablet vasıtasıyla bilgisayara kaydedilen bir kişiye ait 20 tane imza, veri tabanı oluşturmak için ayrılmıştır. Geriye kalan 4 imza atılacak alan ise test amacıyla kullanmak için ayrılmıştır. Toplamda 24 tane imza atılacak alan bulunmaktadır (Bknz Ek-1).

İmzalar kişilerden 3 oturumda toplanmıştır. 10 tane imza alındıktan belirli bir süre sonra geriye kalan 10 imza alınmıştır. Veri tabanı için kullanılacak bu 20 imza alındıktan belirli bir süre sonra kişilerden 4 tanede test imzası toplanmıştır. İmzaların elde edilmesinde böyle belirli aralıklarla imzaların alınması kişilerin fizyolojik ve psikolojik değişikliklerinin imzaya olan etkisini en aza indirmektir. Bir diğer sebebi ise tek seferde atılan imzaların geçici olarak birbirleri ile tutarlılık göstermesini engellemektir.

Tüm imzalar boş imza formunda beyaz arka plan üzerine Bic Reaction Gel 0.7 markalı siyah mürekkepli kalem ile de toplanmıştır.



Şekil 3.1. Grafik Kaydedici Tablet

3.2. Sayısallaştırma

Görüntü işlemede ilk adım görüntüyü gerçek dünyadan bir film tabakasına veya bir hafıza birimine almamızı sağlayan resim alıcılarıdır. Bu cihazlarda bir resim algılayıcısı ve algılanan resmi sayısal hale getiren sayısallaştırıcı birim bulunmaktadır. Eğer resim sensörü resmi doğrudan sayısal hale dönüştürmüyorsa, elde edilen analog resim, bir Analog/Sayısal dönüştürücü yardımıyla sayısal hale dönüştürülmektedir (Anonim, 2011).

Üzerinde imzalar bulunan dokümanın bilgisayar ortamına aktarılması işlemidir. Bu işlem genellikle tarayıcılar sayesinde yapılmaktadır.

Kişilerden alınan imzalar Mustek BearPaw TA4800 Pro II tarayıcı ile 300 dpi çözünürlükle pcx formatında taranarak bilgisayara kaydedilmiştir. Şekil 3.2.'de genel bir görünümü yer almaktadır.



Şekil 3.2. Mustek BearPaw TA4800 Pro II Tarayıcı

3.2.1. Pcx dosya formatı nedir? Neden tercih edildi?

PCX dosya formatı yaygın olarak IBM PC tabanlı bilgisayarlarda kullanılmak üzere ABD'de bulunan ZSoft Corporation firması tarafında geliştirilmiş bir dosya formatıdır. Çoğu PC uyumlu yazılım PCX formatının 5 versiyonunu destekler. PCX aslında ilk nesil PC'lerdeki DOS tabanlı grafik programlarından olan PC Paintbrush programının dosya formatıdır. Standart bir VGA renk paleti versiyon 3'le birlikte kullanılmaya başlanmasına rağmen custom renk paletleri desteği yoktur. Resimler 1, 4, 8 ve 24 bit depth (bit derinliği) renk derinliğinde olabilir. PCX dosya formatı basit veri sıkıştırmayı destekler ancak son yıllarda daha ender olarak kullanılmaktadır. Çünkü GIF, JEG, PNG gibi daha iyi sıkıştırma oranını destekleyen dosya formatları tarafından yeri doldurulmuştur. PCX dosya formatının CMYK renk aralığı desteği olmamasından dolayı baskı çalışmalarında PCX kullanılamaz. Bununla birlikte PCX formatı RGB'yi destekler. Desteledığı diğer renk modları; Indexed Color, Grayscale ve BMP'dir. Ayrıca PCX'de Alpha kanal desteği de bulunmamaktadır. Çoğu PCX dosyası 4, 8,16 ya da 256 renk paletini kullanır ancak format 2 bit resimleri de destekler. PCX formatının bir diğer özelliği de; resmin farklı monitörlerde görüntülenmesi için yapılan adaptasyonda aspect ratio yani muhtelif görüntü oranlarını desteklemesidir (Anonim, 2012a)

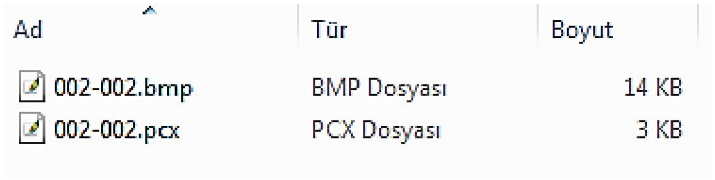
PCX formatı RLE dosya sıkıştırma metodunu kullanmaktadır. RLE (Run Length Encoding)'ye örnek vermek gerekirse, AAAAAABBBBBBCCCC karakter dizisi şöyle gösterilebilir: 6A6B4C. Bu şekilde bir gösterimle, toplam 16 karakterden oluşan bir diziyi, hiçbir kayıp yaşamadan 6 karakterden oluşan bir alana sıkıştırabilir. Bu karakterlerin yüzlerce kez tekrar ettiği bir diziyi ele aldığımızda, sıkıştırma oranının ne kadar yüksek olacağı öngörülebilir.

PCX dosyasının başlık kısmı 128 bitten oluşmaktadır. Çizelge 3.1'de 128 bitten oluşan başlık kısmı gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. PCX Dosyasının 128 Bitten Oluşan Başlık Kısmının Gösterimi (Johnson P.L.B., 2003).

OFSET	BOYUT	TANIM
0	1	Üretici Bayt (Decimal olmalıdır.)
1	1	PCX Versiyon Numarası
		0 = PC Paintbrush Versiyon 2,5
		2 = PC Paintbrush 2.8 (Palet bilgisi ile)
		3 = PC Paintbrush 2.8 (Palet Bilgisi Olmadan)
		4 = PC Paintbrush (Windows için)
		5 = PC Paintbrush 3.0 ya da sonrası (PC Paintbrush Plus)
2	1	Kodlama Byte Uzunluğu (1 olmalı)
3	1	Bit Düzlemi Başına Piksel Başına Bit Sayısı
4	8	Piksel Görüntü Sınırları: Xmin, Ymin, Xmax, Ymax
12	2	Basılı İnç Başına Yatay Nokta
14	2	Baskılı Dikey İnç Başına Nokta
16	48	16 Bit Renk Paleti
64	1	Saklıdır (0 olmalıdır.)
65	1	Bit düzlemin sayısı
66	2	Görüntü (Satır Başına Video Belleği Baytı)
68	2	16 Bit Renk Paleti Yorumlaması
		0 = renkli ya da siyah&beyaz, 1 = gri tonlama
70	2	Yatay Ekran Çözünürlüğü
72	2	Dikey Ekran Çözünürlüğü
74	54	Ayrılmış alan (0 olmalıdır.)

Kısaca özetlemek gerekirse basit bir dosya yapısının olmasından dolayı ve BMP formatı gibi görüntüleri bit bit tanımlayan, BMP dosyasına göre RLE sıkıştırma metodunu kullandığı için daha az yer kaplayan PCX dosya uzantısı seçilmiştir. Şekil 3.3.'te aynı görüntünün farklı iki formatta kaydedildikten sonraki boyutları görülmektedir.



Şekil 3.3. BMP ve PCX olarak kaydedilen aynı imza görüntüsün Boyutları

Sayısal resim elde edildikten sonraki basamak ise ön işlemedir.

3.3. Ön İşleme Metotları

Adından da anlaşıldığı gibi önişleme, elde edilen sayısal resmi kullanmadan önce daha başarılı bir sonuç elde edebilmek için, resmin bazı ön işlemlerden geçirilmesidir. Bu işlemlere; kontrastın ayarlanması, resimdeki gürültülerin azaltılması ve yok edilmesi, resimdeki bölgelerin birbirinden ayrılması gibi işlemler örnek olarak verilebilir (Anonim, 2012).

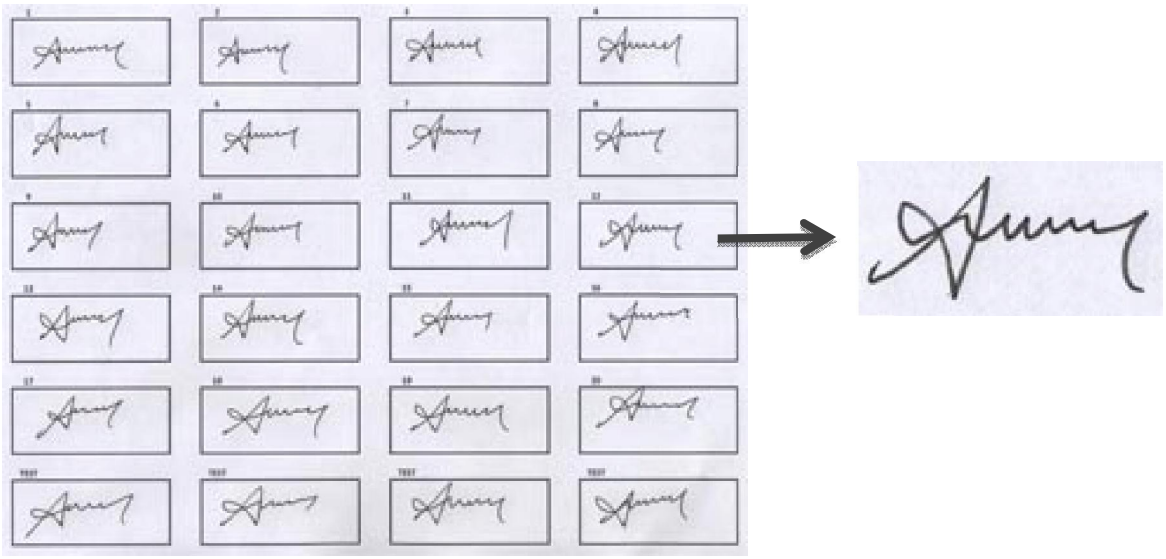
Bilgisayara kaydedilen görüntü üzerinde çeşitli görüntü işleme teknikleri uygulanır. Bu görüntü işleme teknikleri görüntünün sonraki aşamalarda (imzanın tanınması aşaması gibi…) ihtiyaç duyulan görüntüye en uygun hale getirmek amacıyla kullanılır.

İmza tanıma işlemine geçmeden önce kişilerden elde edilen imzalar çeşitli ön işlemlerden geçirilmesi gerekmektedir. İmza dosyalarını oluştururken gerçekleştirilen ön işleme metotları aşağıdaki gibidir.

3.2.1 Gereksiz Kısımların Atılması

Elde edilen görüntü üzerinde sadece önemli bölgeler olan imza kısmının alınarak gereksiz kısımların atılması sağlanmıştır. Şekil 3.4.'te ki gibi 007 Numaralı şahsa ait

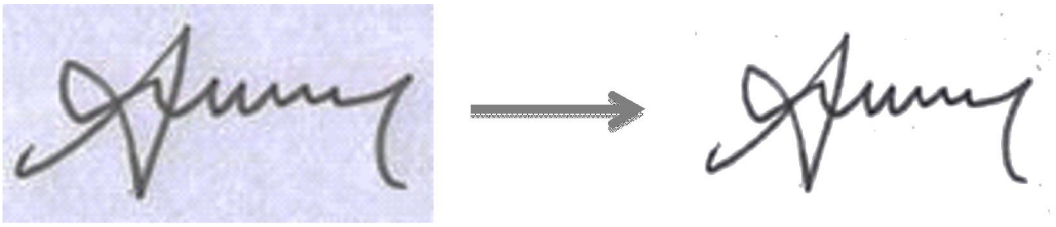
imza formundan gereksiz kısımlar atılarak sadece 012 numaralı imzanın alınması sağlanmıştır. Bu işlem bütün kişilerden alınana imzalar için tek tek uygulanmıştır.



Şekil 3.4. İmza Formundan Gereksiz Alanların Atılarak Sadece İmza Görüntüsünün Alınması

3.2.2. Histogram Eşitleme

Taranan görüntünün genellikle gri tonlarda olduğu görülmektedir. Fakat gri tonlardaki bu resmin kontrast ve parlaklık değerlerinde bazı dengesizlikler görülmektedir. Bu durumu ortadan kaldırmak ve sonraki işlemlerden eşikleme işleminin daha sağlıklı yapılabilmesi açısından görüntüdeki gri ton dağılımının her yerde eşit olacak şekilde yani homojen olacak şekilde yapılandırılması gerekmektedir. Histogram eşikleme işlemi Photoshop programında bulunan hazır bir filtre ile gerçekleştirilmiştir. Şekil 3.5.'te imza görüntüsünün histogram eşitleme işlemi uygulanmadan önceki ve uygulandıktan sonraki görünümleri yer almaktadır.

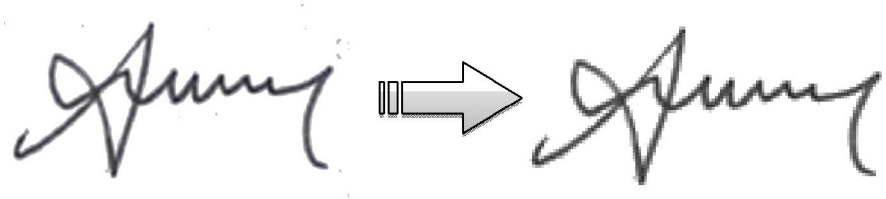


Şekil 3.5. Histogram Eşitleme İşleminin Uygulanmasından Sonraki İmza Görüntüsü

3.2.3. Gürültülerin Giderilmesi

İkili formata dönüştürme işleminden sonra elde edilen görüntü üzerinde çeşitli gürültüler görülebilmektedir. Genelde piksel serpintisi şeklinde meydana gelen bu gürültüler taranan imza dokümanının yüzeyindeki ince detaylardan kaynaklanmaktadır. Dokümanın sayısallaştırılması aşamasında tarayıcının da bu gürültülere sebep olduğu görülmektedir. Bunlardan başka bir de kişinin kullandığı kalemin bıraktığı lekelerde gürültülere sebep olabilmektedir. Bu tür gürültüler sonraki aşamalarda karakterlerin özellik analizlerinin yapılmasını zorlaştırmaktadır. Bu sebepten gürültülerin giderilmesi için bir resim iyileştirme yöntemi kullanılmalıdır (Uğurlu M. ve ark.,2010).

Şekil 3.6.'da imza görüntüsün arka planında yer alan gürültüler resim düzenleme programı (Photoshop) ile silinerek giderilmiştir. Gürültülerin giderilmeden önceki ve giderildikten sonraki haline ait görüntülere yer verilmiştir.

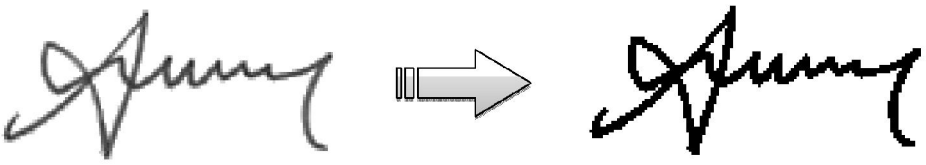


Şekil 3.6. Gürültüler Giderildikten Sonraki İmza Görüntüsü

3.2.4. Eşikleme

Görüntü işleme algoritmalarını daha etkin bir şekilde uygulayabilmek ve daha hızlı sonuçlar üretebilmek için gri-seviyeli görüntü, ikili seviyeye yani siyah-beyaz formata dönüştürülür. Bu işlem için Eşikleme (thresholding) yöntemi kullanılır. Eşikleme işlemi en basit haliyle gerçekleştirilme aşamaları; gri seviyedeki resmin piksel değerlerinin ortalaması alınır, bu ortalama eşik değeri olarak kabul edilir ve bu eşik değerin altında kalan piksel değerleri siyaha (0), üstünde olanlarda beyaza (1) dönüştürülür. Böylece elamanları 0 ve 1 değerlerinden oluşan ikili formatta bir görüntü (image) matrisi elde edilir (Uğurlu M. ve ark.,2010).

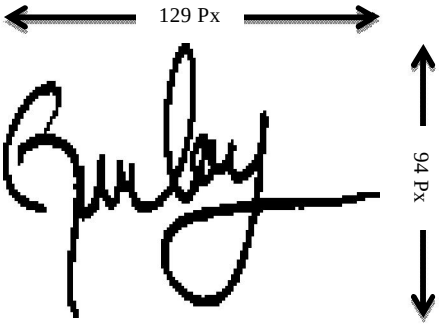
İmza görüntüsüne eşikleme yöntemi uygulanmadan önceki görüntü ile uygulandıktan sonraki görüntü Şekil 3.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Eşikleme Yöntemi Kullanıldıktan Sonraki İmza Görüntüsü

3.3. Elde Edilen İmza Görüntülerinin Boyutları

Şablonda kişilere ait her bir karedeki imza Şekil 3.8.'de görüldüğü gibi yatayda 129 piksel genişliğinde, dikeyde ise 94 piksel uzunluğunda olacak biçimde pcx dosya uzantısı ile kaydedilmiştir.



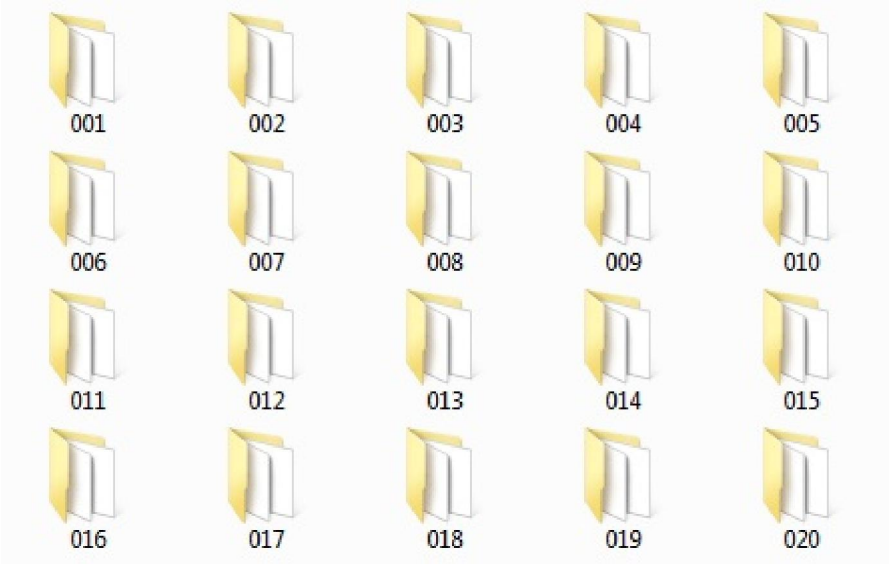
Şekil 3.8. İmza Görüntülerinin Boyutu

3.4. İmzaların Sınıflandırılması ve İsimlendirilmesi

Form aracılığıyla toplanan bütün imzaların isimlendirilmesi ve sınıflandırılması aşağıdaki gibi yapılmıştır.

3.4.1. İmza Sınıflarının Oluşturulması ve İsimlendirilmesi

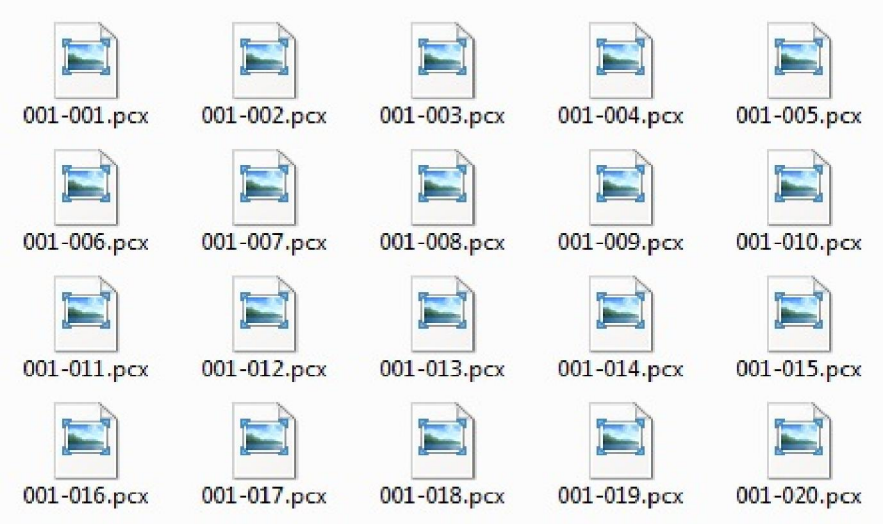
Kişiler şablon üzerinde verilen imza no alanına yazılan numaralarla temsil edilmektedir. 20 kişiden imza alındığından kişiler 001, 002, 003, 004, 005, 006, 007, 008, 009, 010, 011, 012, 013, 014, 015, 016, 017, 018, 019, 020 gibi numaralarla Şekil 3.9.'da görüldüğü gibi temsil edilmiştir.



Şekil 3.9. Kişilere Ait İmza Görüntülerinin İsimlendirilmesi ve Sınıflandırılması

3.4.2 Kişiye Ait İmzaların İsimlendirilmesi ve Sınıflandırılması

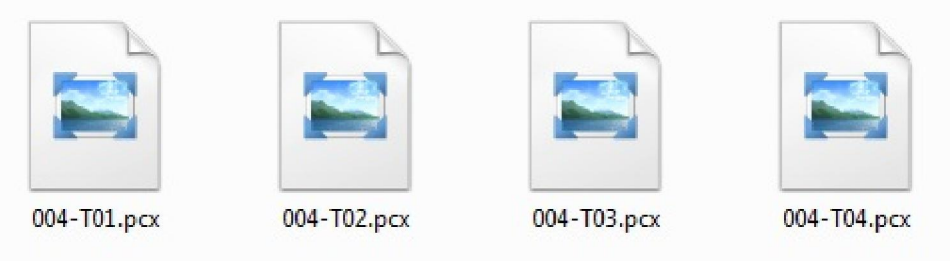
Her bir kişiden 20 tane imza alındığından kişilere ait farklı imzalara ait dosya isimleri başta temsil edilen kişi numarası daha sonra imza numarası ile oluşturulmuştur. Örneğin 001 imza numarası ile temsil edilen şahsına ait 20 tane imza ise 001-001, 001-002, 001-003, 001-004, 001-005, 001-006, 001-007, 001-008, 001-009, 001-010, 001-011, 001-012, 001-013, 001-0014, 001-015, 001-016, 001-017, 001-018, 001-019, 001-020 şeklinde numaralara verilerek Şekil 3.10.'da görüldüğü gibi oluşturulmuştur.



Şekil 3.10. Kişiye Ait İmza Görüntülerinin İsimlendirilmesi ve Sınıflandırılması

3.4.3 Kişiye Ait Test İmzaların İsimlendirilmesi ve Sınıflandırılması

Gerçekleştirilen sistemin performansını ve çalışırlığını test etmek amacıyla farklı zamanlarda toplanan 4 tane imza ise yine hangi şahsa ait olduğunu bildirir imza numarası ile test imzasının numarası ile oluşturulmuştur. Örneğin 004 numaralı kişiye ait test imzaları 004-T01, 004-T02, 004-T03, 004-T04 şeklinde Şekil 3.11'de görüldüğü gibi oluşturulmuştur.



Şekil 3.11 Kişiye Ait Test İmza Görüntülerinin İsimlendirilmesi ve Sınıflandırılması

3.5. Öznitelik Vektörlerinin Çıkarılması

Öznitelik çıkarma, şekil tanımlama ve şeklin önemli özniteliklerinin çıkarılıp öznitelik vektörünün elde edilmesi işlemidir (Altun, 2007). Öznitelik seçme, isteğe bağlı olarak yapılan bir işlem olup sınıflama işlemi açısından en belirleyici özniteliklerin seçilmesi ile öznitelik vektörünün boyutunun azaltılmasıdır. Tanıma sistemlerinin son aşaması olan sınıflamada, kullanılan algoritmaya bağlı olarak giriş öznitelik vektörleri incelenir ve sınıflama sonucu belirlenir. Sınıflama sonucunu belirlemesi açısından ele alındığında öznitelik çıkarma ve gerekli durumlarda öznitelik seçme, sistemlerinin başarısını oldukça etkilemektedir. Öznitelik vektörlerinin çıkarılmasında aşağıdaki yöntemler kullanılmıştır (Übeyli, 2007).

1. ET1 ve DT12 Çevresel Özellikler Yöntemi
2. Maksimum Olabilirlik Tahmini Yöntemi
3. Kovaryans Matrisinin Hesaplanması Yöntemi
4. Kovaryans Matrisinin Normalize Edilmesi
5. Ters Kovaryans Matrisinin Hesaplanması Yöntemi

3.5.1. ET1 ve DT12 Çevresel Özellikler Yöntemi

Öznitelik vektörlerinin çıkarılmasında ET1 ve DT12 diye adlandırılan Çevresel Özellikler Yöntemi kullanılmıştır.

Kullanılan yöntem iç ve dış yapıları tanımlamada önemli ve faydalıdır. ET1 ve DT12 çevresel özellikleri karakter tanımada önerilen orijinal bir yöntemdir (Umeda, 1982).

3.5.1.1. ET1 Çevresel Özellik Çıkarımı

Öncellikle imza görüntüsü yatay ve dikey şeritlere ayrılır. Her şerit imza görüntüsü ile dış kenar arasında kalan alan ilk beyaz pikselden siyah piksele kadar hesaplanır. Bu şekilde her kenar için ayrı ayrı şeritler oluşturulur ve hesaplanır. Üst kenar için yukarıdan aşağıya doğru hesaplanır. Alt kenar için aşağıdan yukarıya doğru hesaplanır. Sol kenar için soldan sağa doğru hesaplanır. Sağ kenar için ise sağdan sola doğru hesaplama yapılır. Bu şekilde imzanın kenarlara kadar olan mesafesi her bir kenar için hesaplanır. 4 tane kenar olduğundan ve her bir kenara ait 6 tane şerit oluşturulduğundan ET1 çevresel özelliğine ait 24 tane mesafe hesaplaması yapılacaktır. Bu mesafeler ET1(1), ET1(2), ET1(3), ET1(4), ET1(5), … ET1(24) olarak adlandırılır. Yani ET1 çevresel özelliği 24 boyutlu bir özellik vektörü ile temsil edilir.

3.5.1.1.1. Yukarıdan Aşağıya Doğru ET1 Çevresel Özellik Çıkarımı

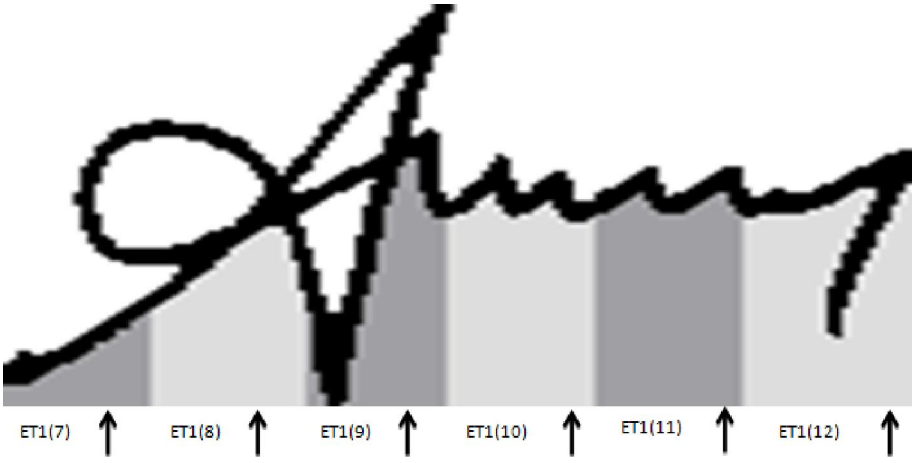
129 piksel genişliğinde 94 piksel yüksekliğinde olan imza görüntüsünün yukarıdan aşağıya doğru ET1 çevresel özelliğine ait mesafe Şekil 3.12.'de görüldüğü gibi her bir şerit için ilk beyaz pikselden siyah piksele kadar olan toplam alan hesaplanmıştır. Başlangıç pikselini 0 kabul edersek ET1(1) mesafesi 0.piksel ile 20.piksel arasındaki alanı, ET1(2) mesafesi 21.piksel ile 41.piksel arasındaki alanı, ET1(3) mesafesi 42.piksel ile 62.piksel arasındaki alanı, ET1(4) mesafesi 63.piksel ile 83.piksel arasındaki alanı, ET1(5) mesafesi 84.piksel ile 104.piksel arasındaki alanı, son olarak ET1(6) mesafesi ise 105.piksel ile 128.piksel arasındaki alanı hesaplayarak bulunmuştur.



Şekil 3.12. ET1 Mesafesinin Yukarıdan Başlanarak Aşağıya Doğru Hesaplanması

3.5.1.1.2. Aşağıdan Yukarıya Doğru ET1 Çevresel Özellik Çıkarımı

129 piksel genişliğinde 94 piksel yüksekliğinde olan imza görüntüsünün aşağıdan yukarıya doğru ET1 çevresel özelliğine ait mesafe Şekil 3.13.'te görüldüğü gibi her bir şerit için ilk beyaz pikselden siyah piksele kadar olan toplam alan hesaplanmıştır. Başlangıç pikselini 0 kabul edersek ET1(7) mesafesi 0.piksel ile 20.piksel arasındaki alanı, ET1(8) mesafesi 21.piksel ile 41.piksel arasındaki alanı, ET1(9) mesafesi 42.piksel ile 62.piksel arasındaki alanı, ET1(10) mesafesi 63.piksel ile 83.piksel arasındaki alanı, ET1(11) mesafesi 84.piksel ile 104.piksel arasındaki alanı, son olarak ET1(12) mesafesi ise 105.piksel ile 128.piksel arasındaki alanı hesaplayarak bulunmuştur.



Şekil 3.13. ET1 Mesafesinin Aşağıdan Başlayarak Yukarıya Doğru Hesaplanması

3.5.1.1.3. Soldan Sağa Doğru ET1 Çevresel Özellik Çıkarımı

129 piksel genişliğinde 94 piksel yüksekliğinde olan imza görüntüsünün soldan sağa doğru ET1 çevresel özelliğine ait mesafe Şekil 3.14.'te görüldüğü gibi her bir şerit için ilk beyaz pikselden siyah piksele kadar olan toplam alan hesaplanmıştır. Başlangıç pikselini 0 kabul edersek ET1(13) mesafesi 0.piksel ile 14.piksel arasındaki alanı, ET1(14) mesafesi 15.piksel ile 29.piksel arasındaki alanı, ET1(15) mesafesi 30.piksel ile 44.piksel arasındaki alanı, ET1(16) mesafesi 45.piksel ile 59.piksel arasındaki alanı, ET1(17) mesafesi 60.piksel ile 74.piksel arasındaki alanı, son olarak ET1(18) mesafesi ise 75.piksel ile 93.piksel arasındaki alanı hesaplayarak bulunmuştur.



Şekil 3.14. ET1 Mesafesinin Soldan Başlayarak Sağa Doğru Hesaplanması

3.5.1.1.4. Sağdan Sola Doğru ET1 Çevresel Özellik Çıkarımı

129 piksel genişliğinde 94 piksel yüksekliğinde olan imza görüntüsünün sağdan sola doğru ET1 çevresel özelliğine ait mesafe Şekil 3.15.'te görüldüğü gibi her bir şerit için ilk beyaz pikselden siyah piksele kadar olan toplam alan hesaplanmıştır. Başlangıç pikselini 0 kabul edersek ET1(19) mesafesi 0.piksel ile 14.piksel arasındaki alanı, ET1(20) mesafesi 15.piksel ile 29.piksel arasındaki alanı, ET1(21) mesafesi 30.piksel ile 44.piksel arasındaki alanı, ET1(22) mesafesi 45.piksel ile 59.piksel arasındaki alanı, ET1(23) mesafesi 60.piksel ile 74.piksel arasındaki alanı, son olarak ET1(24) mesafesi ise 75.piksel ile 93.piksel arasındaki alanı hesaplayarak bulunmuştur.



Şekil 3.15. ET1 Mesafesinin Sağdan Başlayarak Sola Doğru Hesaplanması

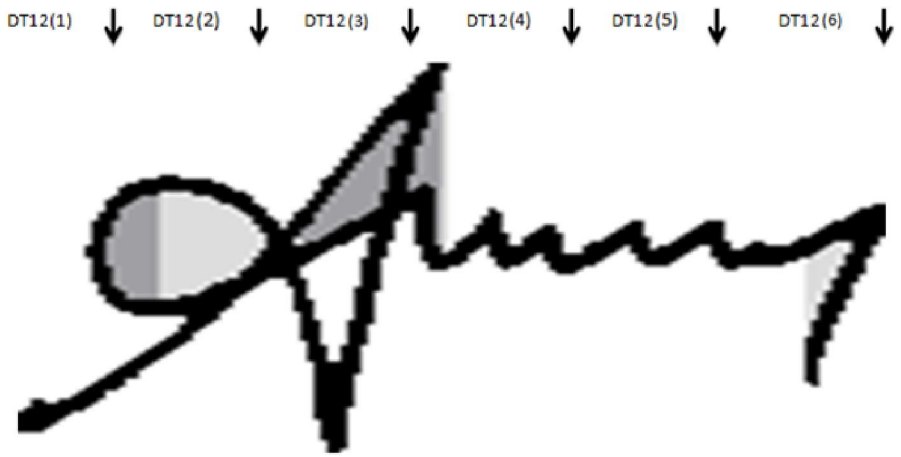
3.5.1.2. DT12 Çevresel Özellik Çıkarımı

Öncellikle imza görüntüsü yatay ve dikey şeritlere ayrılır. Her şerit imza görüntüsünde ilk siyahtan beyaza geçilen piksel ile beyazdan siyaha geçilen piksel arasındaki alan hesaplanır. Üstten başlanarak yukarıdan aşağıya doğru tarama gerçekleştirilir ve bu şekilde bir alan varsa hesaplanır. Alttan başlanarak aşağıdan yukarıya doğru tarama gerçekleştirilir ve bu şekilde bir alan varsa hesaplanır. Soldan başlanarak sağa doğru tarama gerçekleştirilir ve bu şekilde bir alan varsa hesaplanır. Soldan başlanarak sağa doğru tarama gerçekleştirilir ve bu şekilde bir alan varsa hesaplanır. Bu şekilde dört taraftan başlanarak her bir taraf hesaplanır. 4 tane kenar olduğundan ve her bir kenar ait 6 tane şerit oluşturulduğundan DT12 çevresel özelliğine ait 24 tane mesafe hesaplaması yapılacaktır. Bu mesafeler DT12(1), DT12(2), DT12(3), DT12(4), DT12(5), … DT12(24) olarak adlandırılmıştır. Yani DT12 çevresel özelliği 24 boyutlu bir özellik vektörü ile temsil edilmiştir.

3.5.1.2.1. Yukarıdan Aşağıya Doğru DT12 Çevresel Özellik Çıkarımı

129 piksel genişliğinde 94 piksel yüksekliğinde olan imza görüntüsünün yukarıdan aşağıya doğru DT12 çevresel özelliğine ait alan Şekil 3.16.'da görüldüğü gibi her bir şerit için ilk siyahtan beyaza geçilen piksel ile beyazdan siyaha geçilen piksel arasındaki alan hesaplanmıştır. Başlangıç pikselini 0 kabul edersek DT12(1) mesafesi 0.piksel ile 20.piksel arasındaki alanı, DT12(2) mesafesi 21.piksel ile 41.piksel arasındaki alanı, DT12(3) mesafesi 42.piksel ile 62.piksel arasındaki alanı, DT12(4)

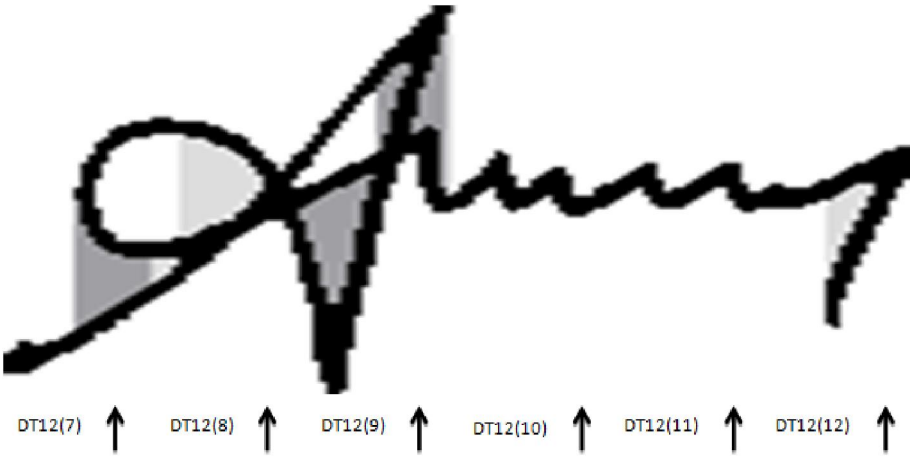
mesafesi 63.piksel ile 83.piksel arasındaki alanı, DT12(5) mesafesi 84.piksel ile 104.piksel arasındaki alanı, son olarak DT12(6) mesafesi ise 105.piksel ile 128.piksel arasındaki alanı hesaplayarak bulunmuştur.



Şekil 3.16. ET1 Mesafesinin Yukarıdan Başlanarak Aşağıya Doğru Hesaplanması

3.5.1.2.2. Aşağıdan Yukarıya Doğru DT12 Çevresel Özellik Çıkarımı

129 piksel genişliğinde 94 piksel yüksekliğinde olan imza görüntüsünün aşağıdan yukarıya doğru DT12 çevresel özelliğine ait alan Şekil 3.17.'de görüldüğü gibi her bir şerit için ilk siyahtan beyaza geçilen piksel ile beyazdan siyaha geçilen piksel arasındaki alan hesaplanmıştır. Başlangıç pikselini 0 kabul edersek DT12(7) mesafesi 0.piksel ile 20.piksel arasındaki alanı, DT12(8) mesafesi 21.piksel ile 41.piksel arasındaki alanı, DT12(9) mesafesi 42.piksel ile 62.piksel arasındaki alanı, DT12(10) mesafesi 63.piksel ile 83.piksel arasındaki alanı, DT12(11) mesafesi 84.piksel ile 104.piksel arasındaki alanı, son olarak DT12(12) mesafesi ise 105.piksel ile 128.piksel arasındaki alanı hesaplayarak bulunmuştur.



Şekil 3.17. ET1 Mesafesinin Aşağıdan Başlayarak Yukarıya Doğru Hesaplanması

3.5.1.2.3. Soldan Sağa Doğru DT12 Çevresel Özellik Çıkarımı

129 piksel genişliğinde 94 piksel yüksekliğinde olan imza görüntüsünün soldan sağa doğru DT12 çevresel özelliğine ait alan Şekil 3.18.'de görüldüğü gibi her bir şerit için ilk siyahtan beyaza geçilen piksel ile beyazdan siyaha geçilen piksel arasındaki alan hesaplanmıştır. Başlangıç pikselini 0 kabul edersek DT12(13) mesafesi 0.piksel ile 20.piksel arasındaki alanı, DT12(14) mesafesi 21.piksel ile 41.piksel arasındaki alanı, DT12(15) mesafesi 42.piksel ile 62.piksel arasındaki alanı, DT12(16) mesafesi 63.piksel ile 83.piksel arasındaki alanı, DT12(17) mesafesi 84.piksel ile 104.piksel arasındaki alanı, son olarak DT12(18) mesafesi ise 105.piksel ile 128.piksel arasındaki alanı hesaplayarak bulunmuştur.



Şekil 3.18. ET1 Mesafesinin Soldan Başlayarak Sağa Doğru Hesaplanması

3.5.1.2.4. Sağdan Sola Doğru DT12 Çevresel Özellik Çıkarımı

129 piksel genişliğinde 94 piksel yüksekliğinde olan imza görüntüsünün aşağıdan yukarıya doğru DT12 çevresel özelliğine ait alan Şekil 3.19.'da görüldüğü gibi her bir şerit için ilk siyahtan beyaza geçilen piksel ile beyazdan siyaha geçilen piksel arasındaki alan hesaplanmıştır. Başlangıç pikselini 0 kabul edersek DT12(19) mesafesi 0.piksel ile 20.piksel arasındaki alanı, DT12(20) mesafesi 21.piksel ile 41.piksel arasındaki alanı, DT12(21) mesafesi 42.piksel ile 62.piksel arasındaki alanı, DT12(22) mesafesi 63.piksel ile 83.piksel arasındaki alanı, DT12(23) mesafesi 84.piksel ile 104.piksel arasındaki alanı, son olarak DT12(24) mesafesi ise 105.piksel ile 128.piksel arasındaki alanı hesaplayarak bulunmuştur.



Şekil 3.19. ET1 Mesafesinin Sağdan Başlayarak Sola Doğru Hesaplanması

Tüm bu hesaplamalar yapıldıktan sonra oluşan ET1 çevresel özellikleri Şekil 3.20.'de görüldüğü gibi bir tablo üzerinde gösterilmiştir. Yine aynı şekilde DT12 özellikleri de Şekil 3.21.'deki gibi bir tablo üzerinde gösterilmiştir.

DOSYA ADI	SINIFI	ET1(1)	ET1(2)	ET1(3)	ET1(4)	ET1(5)	ET1(6)	ET1(7)	ET1(8)	ET1(9)	ET1(10)	ET1(11)	ET1(12)	ET1(13)	ET1(14)	ET1(15)	ET1(16)	ET1(17)	ET1(18)	ET1(19)	ET1(20)	ET1(21)	ET1(22)	ET1(23)	ET1(24)
001-001.pcx	1	939	443	779	680	383	397	445	338	522	833	1007	984	1547	509	225	82	60	638	165	164	222	169	1039	1697
001-002.pcx	1	848	630	711	569	337	496	437	575	905	1091	1218	1057	1544	514	180	49	212	360	173	198	213	590	1436	2024
001-003.pcx	1	555	271	576	407	266	582	361	771	923	1146	1168	1528	331	181	70	7	244	349	555	262	429	1165	1508	2159
001-004.pcx	1	773	904	885	731	456	373	349	573	710	934	1155	901	1618	750	142	31	109	270	101	178	301	265	1262	2120
001-005.pcx	1	804	676	893	679	451	373	325	481	698	951	1241	1049	1612	766	155	37	153	308	113	150	230	407	1249	2020
001-006.pcx	1	624	653	640	519	109	744	449	800	1008	1146	1202	1386	1180	220	86	59	289	222	405	364	293	1260	1572	2164
001-007.pcx	1	612	686	574	535	304	375	373	686	847	1084	1279	1071	1411	242	77	7	220	218	128	203	276	652	1446	2166
001-008.pcx	1	432	629	698	562	148	839	456	719	849	1107	1237	1036	584	131	33	66	279	222	281	333	396	555	1424	2157
001-009.pcx	1	556	348	726	558	207	714	415	691	919	1149	1318	1358	791	183	62	14	293	241	337	301	293	1168	1487	2150
001-010.pcx	1	343	650	597	393	156	982	363	838	994	1240	1458	1086	462	100	17	123	202	115	340	352	298	858	1542	2260
001-011.pcx	1	449	764	790	612	296	517	338	723	818	1083	1324	1113	1113	129	30	15	230	152	177	231	271	705	1508	2225
001-012.pcx	1	395	724	741	546	184	879	385	781	957	1083	1236	1000	734	111	29	24	214	123	285	329	405	602	1574	2263
001-013.pcx	1	503	448	684	488	195	537	413	766	887	1068	1332	1385	1069	161	33	193	291	191	322	259	270	1068	1539	2195
001-014.pcx	1	543	673	726	551	330	585	440	710	856	1105	1217	1009	1321	171	62	46	308	225	190	246	318	473	1464	2158
001-015.pcx	1	519	630	493	373	177	666	375	899	1082	1245	1301	1351	1111	166	44	120	214	102	307	355	331	1371	1661	2288
001-016.pcx	1	641	508	557	473	164	1084	434	994	1144	1201	1064	976	242	130	86	240	158	46	421	362	469	615	1732	2347
001-017.pcx	1	886	925	774	558	183	809	339	726	887	1141	1192	1350	1382	941	261	52	146	199	511	407	301	1141	1519	2195
001-018.pcx	1	469	627	586	404	162	930	448	920	1064	1281	986	1040	869	143	39	118	191	105	413	395	451	426	1695	2283
001-019.pcx	1	339	518	465	397	340	975	339	712	951	1118	1199	809	214	104	21	111	242	130	599	297	374	256	1286	2237
001-020.pcx	1	625	885	848	643	233	1214	410	657	788	1022	841	947	1361	279	88	9	127	237	397	421	485	167	1396	2161

Şekil 3.20. 001 Numaralı Şahsa Ait 20 İmzanın ET1 Çevresel Özelliklerinin Hesaplanması

DOSYA ADI	SINIFI	DT12(1)	DT12(2)	DT12(3)	DT12(4)	DT12(5)	DT12(6)	DT12(7)	DT12(8)	DT12(9)	DT12(10)	DT12(11)	DT12(12)	DT12(13)	DT12(14)	DT12(15)	DT12(16)	DT12(17)	DT12(18)	DT12(19)	DT12(20)	DT12(21)	DT12(22)	DT12(23)	DT12(24)
001-001.pcx	1	903	449	792	670	395	409	481	352	528	843	995	960	1449	426	223	104	95	607	263	166	208	181	1045	1239
001-002.pcx	1	821	635	664	599	320	509	464	585	876	1061	1164	1021	1447	432	177	64	225	439	270	200	199	599	1360	1503
001-003.pcx	1	543	303	540	406	281	568	373	757	899	1104	1123	1473	358	181	83	28	249	442	571	236	425	1105	1437	1588
001-004.pcx	1	747	917	831	713	477	388	375	586	691	902	1134	884	1509	664	137	44	128	361	210	184	292	259	1189	1571
001-005.pcx	1	777	684	850	685	467	376	352	479	685	945	1225	997	1505	679	152	54	173	298	220	154	227	422	1180	1489
001-006.pcx	1	617	668	641	542	113	730	456	784	1007	1123	1155	1344	1116	253	91	78	278	316	469	353	317	1195	1492	1598
001-007.pcx	1	598	702	570	528	343	384	387	668	851	1050	1240	1029	1306	217	86	27	223	311	233	209	273	663	1366	1600
001-008.pcx	1	434	667	699	579	131	853	454	737	848	1090	1176	1019	502	131	47	88	271	316	363	331	414	578	1346	1594
001-009.pcx	1	549	375	727	571	238	770	422	679	918	1136	1287	1302	715	180	78	38	299	333	413	291	279	1103	1403	1592
001-010.pcx	1	351	675	588	417	201	999	355	824	958	1216	1413	1061	385	100	30	140	197	220	417	342	291	898	1458	1663
001-011.pcx	1	447	791	797	482	332	529	340	704	811	1077	1288	1069	1016	183	44	35	234	251	274	235	274	773	1435	1525
001-012.pcx	1	395	750	722	568	224	893	385	751	922	1063	1196	983	650	110	44	43	208	227	369	326	397	602	1494	1668
001-013.pcx	1	509	469	645	523	143	584	446	755	849	945	1163	1348	892	175	41	230	278	287	405	255	289	1020	1460	1620
001-014.pcx	1	538	711	693	555	382	594	445	699	863	1070	1175	984	1222	212	73	68	296	317	289	244	323	493	1387	1596
001-015.pcx	1	519	644	472	409	222	674	375	866	1042	1209	1256	1315	1029	168	55	136	206	208	389	348	355	1291	1574	1684
001-016.pcx	1	472	535	542	509	145	1112	520	947	1098	1109	954	968	326	129	95	241	258	414	414	354	448	650	1519	1725
001-017.pcx	1	856	909	752	576	180	790	369	719	856	1123	1145	1306	1186	870	233	59	157	293	449	393	287	1086	1436	1621
001-018.pcx	1	471	646	597	444	152	941	446	905	1053	1241	924	1032	801	137	50	135	286	212	481	378	432	451	1600	1682
001-019.pcx	1	346	560	476	418	342	981	332	725	940	1097	1153	795	298	108	38	131	232	230	515	287	363	256	1348	1648
001-020.pcx	1	607	908	831	644	216	1193	428	671	805	1021	793	968	1293	203	93	27	145	331	465	405	467	149	1413	1601

Şekil 3.21. 001 Numaralı Şahsa Ait 20 İmzanın DT12 Çevresel Özelliklerinin Hesaplanması

3.5.2. Maksimum Olabilirlik Tahmini Yöntemi

İstatistik ve ekonometride en sık kullanılan nokta tahmin yöntemlerinden biridir. Maksimum Olabilirlik Tahmin Yöntemi (Maximum Likelihood Estimation) belli bir örneklem değerlerinin gerçekleşme olabilirliğini en yüksek yapan parametreleri bulmaya çalışır (Taştan, 2011).

ET1 ve DT12 çevresel özellikleri çıkarıldıktan sonra Maksimum olabilirlik tahmini hesaplaması yapılmıştır. ET1 ve DT12 özellikleri hesaplanırken yatay olarak oluşturulan şerit sayısı 3, dikey olarak oluşturulan şerit sayısı 3 olmak üzere toplamda 6 tane şerit oluşturulmuştur. Oluşturulan bu şerit sayılarını N_p ile sembolize edilirse ET1 ve DT12 çevresel özelliklerinin her birinde dört kenarından başlanarak yukarıdan aşağıya, aşağıdan yukarıya, soldan sağa ve sağdan sola olmak üzere 4'er den 8 referans kenardan hesaplama yapılmıştır. Hesaplamadan sonra oluşturulan öznitelik vektörü ise X, N adet örnekten oluşan bir öznitelik vektörü Denklem 3.1. ile ifade edilir.

$$X = x_1, x_2, x_3, \dots, x_N \tag{3.1}$$

Yukarıdaki öznitelik vektörü oluşturulduktan bu örneklerin ortalaması Denklem 3.2. ile bulunur (Frank B. ve ark, 2002).

$$\mu_x = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{N} X_n \tag{3.2}$$

Belirlenen sınıfa ait bütün ET1 ve DT12 özelliklerinin değerleri toplanarak ortalaması alınarak bulunur. 20 tane farklı imza sınıfına ait 20 tane imzanın ET1 Çevresel Özelliklerinin ortalaması Şekil 3.22.'de, DT12 Çevresel Özelliklerine ait ortalaması ise Şekil 3.23.'de gösterilmiştir.

SINIF	μET1(1)	μET1(2)	μET1(3)	μET1(4)	μET1(5)	μET1(6)	μET1(7)	μET1(8)	μET1(9)	μET1(10)	μET1(11)	μET1(12)	μET1(13)	μET1(14)	μET1(15)	μET1(16)	μET1(17)	μET1(18)	μET1(19)	μET1(20)	μET1(21)	μET1(22)	μET1(23)	μET1(24)
1	592.75	629.60	687.15	533.90	254.05	703.55	394.70	718.00	890.45	1101.40	1198.75	1121.80	1024.80	296.55	87.00	70.15	209.10	222.65	311.00	290.35	331.30	695.65	1466.95	2163.45
2	542.65	921.40	581.65	742.95	1082.15	1357.30	816.30	726.85	570.00	206.90	607.30	831.70	826.90	317.40	27.45	51.90	317.15	434.20	970.65	887.65	625.95	510.75	564.35	1200.15
3	1306.05	862.75	482.20	232.30	293.00	729.40	416.30	322.00	237.50	254.75	347.30	708.50	1191.90	775.05	472.90	311.65	267.00	785.00	265.15	195.00	295.50	388.50	449.05	1061.70
4	1071.40	862.25	320.30	691.95	488.55	677.45	326.15	638.35	577.15	697.65	1059.90	1317.60	301.70	186.50	185.80	214.50	188.35	117.25	1132.25	497.90	286.70	826.35	947.40	1749.80
5	499.55	327.95	536.55	505.80	446.65	609.45	733.80	711.45	616.20	1015.80	1182.80	1221.05	898.90	351.10	409.75	423.80	315.10	263.90	582.80	228.20	83.10	235.00	676.80	1801.75
6	731.10	616.55	1548.50	1314.40	753.75	1467.75	92.85	236.45	241.25	371.05	532.05	560.45	521.40	238.25	134.25	68.00	18.50	26.55	981.75	648.85	511.10	472.05	401.20	1469.25
7	1415.15	1138.35	1197.50	920.75	731.25	726.95	985.65	201.15	327.55	650.00	925.35	1388.30	434.50	216.05	99.45	19.45	26.40	87.60	1083.65	496.55	281.15	576.00	936.65	1615.35
8	346.90	426.25	266.15	205.50	230.40	465.85	826.00	611.90	450.30	247.70	131.35	700.85	201.55	174.40	123.40	179.75	501.70	830.20	1153.45	1038.30	258.50	204.85	206.95	592.60
9	616.90	276.55	343.80	762.80	1404.80	814.15	733.30	285.50	526.25	1367.85	1253.95	724.20	747.25	294.45	88.85	139.65	201.50	445.45	500.65	144.05	162.50	272.55	684.90	1627.50
10	407.15	619.20	472.90	711.55	956.45	1100.55	516.30	647.75	727.45	736.75	364.30	949.90	219.60	130.80	115.80	63.35	141.40	1196.35	1145.85	753.25	380.95	181.25	368.45	590.90
11	623.10	988.80	563.95	331.20	464.80	734.75	634.95	721.15	871.00	922.90	853.60	1084.80	938.90	456.75	48.80	47.60	908.10	1893.60	700.90	264.75	166.90	284.40	297.30	385.55
12	571.85	867.55	856.90	953.95	643.50	136.85	457.45	671.00	418.75	702.30	1134.65	1966.25	1424.00	368.25	25.20	95.60	151.00	471.25	115.15	352.60	498.30	629.45	955.95	1424.50
13	1288.95	749.65	1088.60	569.80	311.25	1586.25	247.30	487.15	692.85	1000.65	635.45	789.10	923.15	531.00	263.85	204.20	235.75	110.15	470.95	422.80	458.60	483.75	474.75	1860.65
14	1626.35	794.60	1247.85	1315.95	1227.80	1047.40	228.30	385.30	457.15	504.35	571.15	695.25	1016.10	563.55	431.65	359.60	237.35	892.10	431.55	176.35	164.90	158.50	127.85	513.85
15	981.90	821.50	543.60	707.60	885.80	1329.00	599.05	500.50	504.10	341.70	428.95	491.40	782.20	479.55	349.45	165.35	282.70	1116.55	913.90	861.25	720.10	491.30	399.40	765.30
16	1680.25	991.70	275.95	633.30	497.85	485.15	146.15	336.90	550.75	635.45	723.95	1658.65	898.40	706.55	806.50	569.95	374.95	252.45	543.35	309.65	466.80	538.80	557.00	1286.35
17	539.00	915.60	505.50	638.15	639.25	512.05	812.75	1282.35	270.40	964.35	988.60	1347.25	1223.30	191.80	52.80	71.00	282.60	807.05	173.80	217.15	96.65	716.35	1030.05	1373.45
18	1036.35	1470.55	940.95	635.20	801.60	904.45	427.20	962.15	268.55	367.00	372.30	655.35	1562.90	957.55	181.80	46.40	35.15	303.75	271.30	276.00	210.75	39.80	51.50	557.60
19	921.70	109.15	257.15	356.90	207.95	454.00	760.85	982.55	683.95	623.45	1059.00	1294.90	558.45	495.65	256.25	146.80	361.45	991.00	394.15	125.10	74.30	626.05	859.75	1165.05
20	627.95	696.75	672.35	548.20	475.95	455.15	433.65	489.50	426.80	726.30	844.30	1556.80	1605.10	759.25	109.25	51.80	27.90	673.70	247.40	276.40	394.30	497.75	563.70	887.25

Şekil 3.22. Tüm Sınıflara Ait İmzaların ET1 Çevresel Özelliklerinin Maksimum Olabilirlik Tahminine Göre Ortalamaları

SINIF	μDT12(1)	μDT12(2)	μDT12(3)	μDT12(4)	μDT12(5)	μDT12(6)	μDT12(7)	μDT12(8)	μDT12(9)	μDT12(10)	μDT12(11)	μDT12(12)	μDT12(13)	μDT12(14)	μDT12(15)	μDT12(16)	μDT12(17)	μDT12(18)	μDT12(19)	μDT12(20)	μDT12(21)	μDT12(22)	μDT12(22)	μDT12(23)	μDT12(24)
1	575.00	649.90	671.45	541.90	265.20	713.85	410.25	709.65	875.00	1071.25	1147.95	1092.90	950.25	277.90	93.50	88.50	221.90	320.65	373.95	284.55	328.00	688.70	688.70	1397.10	1590.35
2	545.05	911.95	573.15	740.75	1051.80	1334.60	814.45	735.15	575.30	211.35	619.05	854.40	834.65	283.75	53.65	64.70	321.25	448.85	962.90	830.70	597.45	474.45	474.45	556.95	834.05
3	1232.35	825.35	457.35	227.15	294.65	728.25	459.30	321.90	233.65	253.55	344.30	704.40	1110.00	723.50	437.60	298.30	251.75	775.35	321.70	196.10	292.40	368.15	368.15	432.50	756.70
4	813.35	857.70	303.30	691.80	492.90	667.90	413.65	634.50	545.25	695.85	1035.00	1272.80	365.45	181.60	179.75	206.50	187.80	211.45	1061.65	457.45	293.65	791.70	791.70	898.10	1244.20
5	537.10	353.25	537.35	498.10	453.70	631.20	696.25	724.05	596.20	1000.15	1144.55	1191.50	848.40	331.00	409.00	398.10	310.65	274.30	619.25	210.70	86.30	268.20	268.20	692.05	1317.95
6	642.95	639.50	1476.10	1237.80	734.55	1433.30	151.70	248.35	292.90	416.95	524.65	573.20	511.45	242.10	140.60	84.80	41.30	45.80	907.60	628.65	517.25	473.65	473.65	398.15	988.00
7	1414.00	1087.95	1141.40	891.60	719.20	741.40	1014.45	177.70	343.90	649.85	934.70	1374.80	479.65	263.90	121.00	33.15	39.25	100.35	1049.70	515.70	303.85	558.30	558.30	887.95	1152.20
8	346.75	449.20	264.20	215.60	237.60	474.45	826.15	589.20	467.90	245.85	154.30	712.30	267.80	177.95	122.80	190.55	483.80	806.15	1080.60	986.15	243.55	208.00	208.00	213.05	413.15
9	612.35	287.35	348.65	769.25	915.70	791.65	733.85	305.95	526.15	1330.75	776.90	715.65	729.55	279.10	95.75	152.10	203.25	445.35	524.40	144.80	160.05	267.85	267.85	678.15	1202.25
10	374.20	624.35	474.55	700.25	941.70	1074.90	552.70	640.10	709.40	719.00	356.45	967.85	276.65	130.10	121.75	63.40	147.15	1222.45	1081.80	708.20	367.30	192.75	192.75	373.35	488.60
11	622.60	966.50	553.70	349.05	467.10	741.45	635.45	718.30	869.60	885.25	826.50	1093.65	932.60	422.30	55.65	64.80	924.30	1815.65	707.20	263.80	165.80	276.55	276.55	305.50	288.00
12	581.90	846.40	846.15	929.50	632.55	192.30	454.05	671.00	427.25	701.80	1133.40	1910.80	1303.00	351.05	46.20	105.95	150.35	501.25	237.20	431.15	528.90	599.50	599.50	911.90	1073.95
13	959.00	710.65	1093.30	564.95	334.80	1558.80	327.70	484.80	714.35	1005.50	603.25	818.15	875.40	518.75	261.80	201.20	226.75	111.70	518.70	413.65	443.20	461.65	461.65	483.30	1347.05
14	1580.20	725.25	1226.80	1247.35	1191.55	1046.80	266.40	449.00	480.45	534.60	607.40	708.55	986.65	529.45	410.10	350.10	234.35	919.40	476.15	212.75	193.20	168.40	168.40	135.30	340.50
15	965.40	804.45	527.25	708.45	855.45	1295.35	611.60	492.85	494.90	337.75	431.85	480.70	785.85	459.45	339.95	166.10	283.85	1107.55	910.25	817.00	672.75	470.30	470.30	380.05	564.35
16	1344.30	932.05	277.95	631.15	478.35	524.20	234.30	374.35	537.55	617.15	708.30	1622.50	875.95	672.15	766.25	529.10	349.45	258.25	563.00	313.90	453.50	506.95	506.95	533.75	890.05
17	531.30	904.05	483.50	628.70	634.85	508.30	814.70	1253.30	256.80	947.25	961.75	1313.05	1126.05	176.60	54.20	77.85	302.15	784.65	271.95	224.65	99.35	707.85	707.85	977.05	1008.55
18	991.95	1151.15	910.80	621.05	780.20	893.65	464.75	741.25	274.55	375.85	377.15	641.85	1472.30	888.80	168.25	54.45	44.05	315.75	361.90	348.60	209.30	43.10	43.10	67.00	297.05
19	887.00	114.50	287.80	343.00	222.00	465.15	795.55	959.05	670.10	632.75	1022.90	1264.10	581.95	492.15	244.90	137.65	384.40	956.90	372.00	146.75	77.95	615.40	615.40	810.40	852.80
20	599.85	690.25	660.75	538.65	469.10	473.85	459.00	492.10	431.60	716.00	835.60	1519.05	1495.90	682.30	110.20	52.90	30.90	687.50	338.60	360.30	403.15	472.30	472.30	539.90	651.65

Şekil 3.23. Tüm Sınıflara Ait İmzaların DT12 Çevresel Özelliklerinin Maksimum Olabilirlik Tahminine Göre Ortalamaları

3.5.3. Kovaryans Matrisinin Hesaplanması

Kovaryans, iki rastgele değişkenin beraber değişimlerini inceleyen bir ölçüttür. Yani iki değişkenin ne kadar birlikte değiştiklerinin ölçüsüdür.

X, N adet örnekten oluşan bir öznitelik vektörü Denklem 3.3. ile ifade edilir.

$$X = x_1, x_2, x_3, \dots, x_N \tag{3.3}$$

Y, başka bir N adet örnekten oluşan bir öznitelik vektörü ise Denklem 3.4. ile ifade edilir.

$$Y = y_1, y_2, y_3, \dots, y_N \tag{3.4}$$

X ve Y arasındaki Kovaryans değeri Denklem 3.5. ile hesaplanır.

$$cov\,(X,Y) = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N}(x_n - \mu_x)\,(y_n - \mu_y) \tag{3.5}$$

Kovaryans her zaman iki boyutta hesaplanır. Kovaryansın pozitif olması iki değişkenin birlikte arttığını, negatif olması ise birinin artarken diğerinin azaldığını gösterir.

Kovaryans yüksek boyutlu veri kümelerinde de uygulanabilir. Dolaysıyla her iki boyut arasında hesaplanan Kovaryans değerleri Kovaryans matrisinde Denklem 3.6.'da olduğu gibi ifade edilir.

$$\Sigma = \begin{bmatrix} cov\,(X,X) & cov\,(X,Y) & cov\,(X,Z) \\ cov\,(Y,X) & cov\,(Y,Y) & cov\,(Y,Z) \\ cov\,(Z,X) & cov\,(Z,Y) & cov\,(Z,Z) \end{bmatrix} \tag{3.6}$$

Yukarıda verilen eşitlikler kullanılarak oluşturulan kovaryans matrisinin ilk 24 elemanı Şekil 3.24.'te gösterilmiştir. Diğer 24 elemanı ise Şekil 3.25.'te gösterilmiştir.

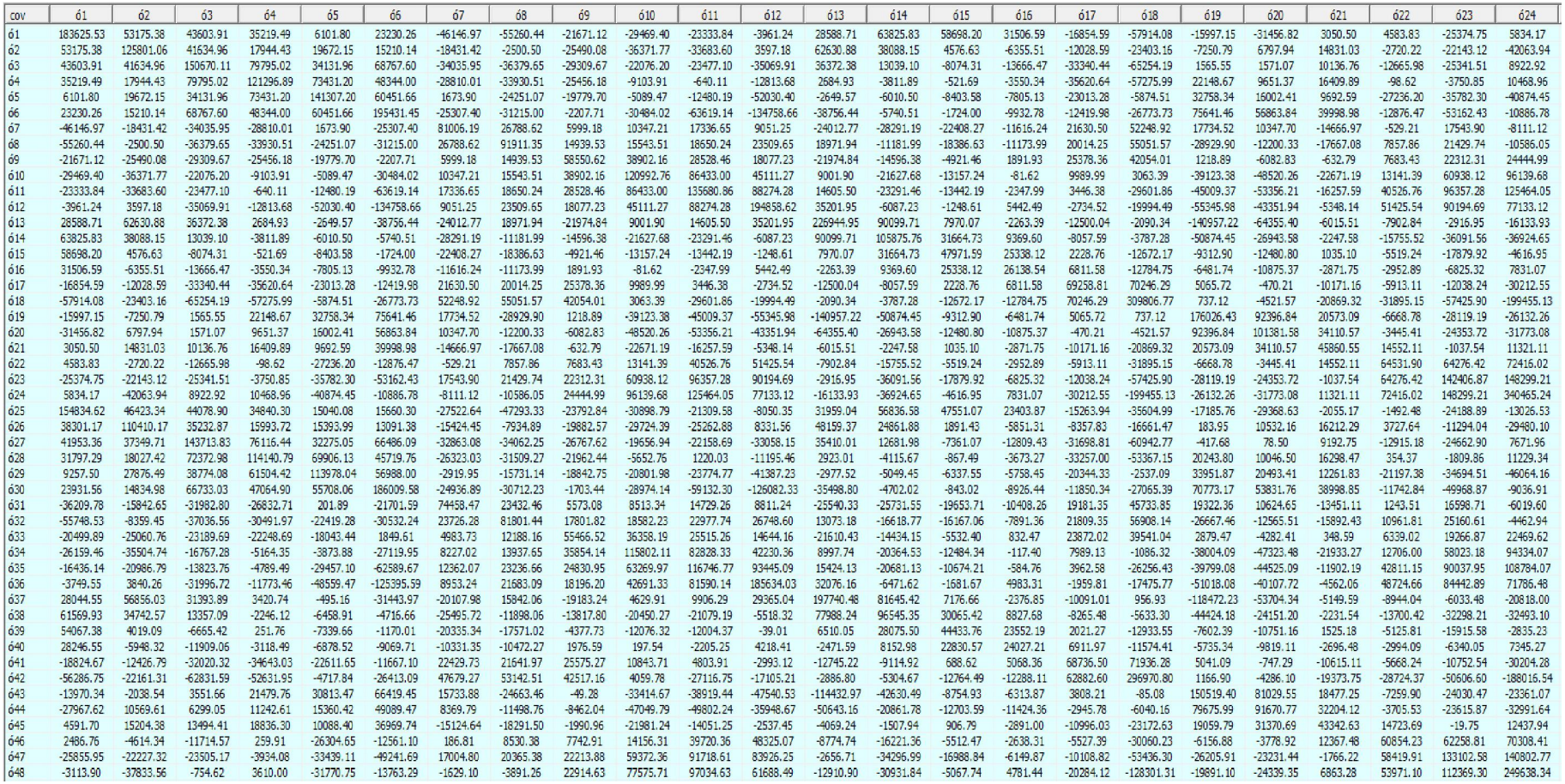
3.5.4. Kovaryans Matrisinin Normalize Edilmesi

Elde edilen Kovaryans matrisinin normalize edilmesi işleminde matrisin en büyük değeri ve en küçük değeri bulunur. Daha sonra tüm matris değerlerinden en küçük değer çıkarılarak en büyük değer ile en küçük değerin farkına bölünerek normalize edilmiş olur.

Matrisin en küçük değerine min, en büyük değerine max ile ifade edersek normalize edilmiş X ve Y arasındaki kovaryans matrisi Denklem 3.7. ile hesaplanır.

$$cov\,(X,Y) = (cov\,(X,Y) - \min)/(\max - \min) \tag{3.7}$$

Kovaryans matrisinin ilk 24 elemanının normalize edilmiş hali Şekil 3.26.'da gösterilmiştir. Diğer 24 elemanı ise Şekil 3.27.'de gösterilmiştir.



cov	ó1	ó2	ó3	ó4	ó5	ó6	ó7	ó8	ó9	ó10	ó11	ó12	ó13	ó14	ó15	ó16	ó17	ó18	ó19	ó20	ó21	ó22	ó23	ó24
ó1	183625.53	53175.38	43603.91	35219.49	6101.80	23230.26	-46146.97	-55260.44	-21671.12	-29469.40	-23333.84	-3961.24	28588.71	63825.83	58698.20	31506.59	-16854.59	-57914.08	-15997.15	-31456.82	3050.50	4583.83	-25374.75	5834.17
ó2	53175.38	125801.06	41634.96	17944.43	19672.15	15210.14	-18431.42	-2500.50	-25490.08	-36371.77	-33683.60	3597.18	62630.88	38088.15	4576.63	-6355.51	-12028.59	-23403.16	-7250.79	6797.94	14831.03	-2720.22	-22143.12	-42063.94
ó3	43603.91	41634.96	150670.11	79795.02	34131.96	68767.60	-34035.95	-36379.65	-29309.67	-22076.20	-23477.10	-35069.91	36372.38	13039.10	-8074.31	-13666.47	-33340.44	-65254.19	1565.55	1571.07	10136.76	-12665.98	-25341.51	8922.92
ó4	35219.49	17944.43	79795.02	121296.89	73431.20	48344.00	-28810.01	-33930.51	-25456.18	-9103.91	-640.11	-12813.68	2684.93	-3811.89	-521.69	-3550.34	-35620.64	-57275.99	22148.67	9651.37	16409.89	-98.62	-3750.85	10468.96
ó5	6101.80	19672.15	34131.96	73431.20	141307.20	60451.66	1673.90	-24251.07	-19779.70	-5089.47	-12480.19	-52030.40	-2649.57	-6010.50	-8403.58	-7805.13	-23013.28	-5874.51	32758.34	16002.41	9692.59	-27236.20	-35782.30	-40874.45
ó6	23230.26	15210.14	68767.60	48344.00	60451.66	195431.45	-25307.40	-31215.00	-2207.71	-30484.02	-63619.14	-134758.66	-38756.44	-5740.51	-1724.00	-9932.78	-12419.98	-26773.73	75641.46	56863.84	39998.98	-12876.47	-53162.43	-10886.78
ó7	-46146.97	-18431.42	-34035.95	-28810.01	1673.90	-25307.40	81006.19	26788.62	5999.18	10347.21	17336.65	9051.25	-24012.77	-28291.19	-22408.27	-11616.24	21630.50	52248.92	17734.52	10347.70	-14666.97	-529.21	17543.90	-8111.12
ó8	-55260.44	-2500.50	-36379.65	-33930.51	-24251.07	-31215.00	26788.62	91911.35	14939.53	15543.51	18650.24	23509.65	18971.94	-11181.99	-18386.63	-11173.99	20014.25	55051.57	-28929.90	-12200.33	-17667.08	7857.86	21429.74	-10586.05
ó9	-21671.12	-25490.08	-29309.67	-25456.18	-19779.70	-2207.71	5999.18	14939.53	58550.62	38902.16	28528.46	18077.23	-21974.84	-14596.38	-4921.46	1891.93	25378.36	42054.01	1218.89	-6082.83	-632.79	7683.43	22312.31	24444.99
ó10	-29469.40	-36371.77	-22076.20	-9103.91	-5089.47	-30484.02	10347.21	15543.51	38902.16	120992.76	86433.00	45111.27	9001.90	-21627.68	-13157.24	-81.62	9989.99	3063.39	-39123.38	-48520.26	-22671.19	13141.39	60938.12	96139.68
ó11	-23333.84	-33683.60	-23477.10	-640.11	-12480.19	-63619.14	17336.65	18650.24	28528.46	86433.00	135680.86	88274.28	14605.50	-23291.46	-13442.19	-2347.99	3446.38	-29601.86	-45009.37	-53356.21	-16257.59	40526.76	96357.28	125464.05
ó12	-3961.24	3597.18	-35069.91	-12813.68	-52030.40	-134758.66	9051.25	23509.65	18077.23	45111.27	88274.28	194858.62	35201.95	-6087.23	-1248.61	5442.49	-2734.52	-19994.49	-55345.98	-43351.94	-5348.14	51425.54	90194.69	77133.12
ó13	28588.71	62630.88	36372.38	2684.93	-2649.57	-38756.44	-24012.77	18971.94	-21974.84	9001.90	14605.50	35201.95	226944.95	90099.71	7970.07	-2263.39	-12500.04	-2090.34	-140957.22	-64355.40	-6015.51	-7902.84	-2916.95	-16133.93
ó14	63825.83	38088.15	13039.10	-3811.89	-6010.50	-5740.51	-28291.19	-11181.99	-14596.38	-21627.68	-23291.46	-6087.23	90099.71	105875.76	31664.73	9369.60	-8057.59	-3787.28	-50874.45	-26943.58	-2247.58	-15755.52	-36091.56	-36924.65
ó15	58698.20	4576.63	-8074.31	-521.69	-8403.58	-1724.00	-22408.27	-18386.63	-4921.46	-13157.24	-13442.19	-1248.61	7970.07	31664.73	47971.59	25338.12	2228.76	-12672.17	-9312.90	-12480.80	1035.10	-5519.24	-17879.92	-4616.95
ó16	31506.59	-6355.51	-13666.47	-3550.34	-7805.13	-9932.78	-11616.24	-11173.99	1891.93	-81.62	-2347.99	5442.49	-2263.39	9369.60	25338.12	26138.54	6811.58	-12784.75	-6481.74	-10875.37	-2871.75	-2952.89	-6825.32	7831.07
ó17	-16854.59	-12028.59	-33340.44	-35620.64	-23013.28	-12419.98	21630.50	20014.25	25378.36	9989.99	3446.38	-2734.52	-12500.04	-8057.59	2228.76	6811.58	69258.81	70246.29	5065.72	-470.21	-10171.16	-5913.11	-12038.24	-30212.55
ó18	-57914.08	-23403.16	-65254.19	-57275.99	-5874.51	-26773.73	52248.92	55051.57	42054.01	3063.39	-29601.86	-19994.49	-2090.34	-3787.28	-12672.17	-12784.75	70246.29	309806.77	737.12	-4521.57	-20869.32	-31895.15	-57425.90	-199455.13
ó19	-15997.15	-7250.79	1565.55	22148.67	32758.34	75641.46	17734.52	-28929.90	1218.89	-39123.38	-45009.37	-55345.98	-140957.22	-50874.45	-9312.90	-6481.74	5065.72	737.12	176026.43	92396.84	20573.09	-6668.78	-28119.19	-26132.26
ó20	-31456.82	6797.94	1571.07	9651.37	16002.41	56863.84	10347.70	-12200.33	-6082.83	-48520.26	-53356.21	-43351.94	-64355.40	-26943.58	-12480.80	-10875.37	-470.21	-4521.57	92396.84	101381.58	34110.57	-3445.41	-24353.72	-31773.08
ó21	3050.50	14831.03	10136.76	16409.89	9692.59	39998.98	-14666.97	-17667.08	-632.79	-22671.19	-16257.59	-5348.14	-6015.51	-2247.58	1035.10	-2871.75	-10171.16	-20869.32	20573.09	34110.57	45860.55	14552.11	-1037.54	11321.11
ó22	4583.83	-2720.22	-12665.98	-98.62	-27236.20	-12876.47	-529.21	7857.86	7683.43	13141.39	40526.76	51425.54	-7902.84	-15755.52	-5519.24	-2952.89	-5913.11	-31895.15	-6668.78	-3445.41	14552.11	64531.90	64276.42	72416.02
ó23	-25374.75	-22143.12	-25341.51	-3750.85	-35782.30	-53162.43	17543.90	21429.74	22312.31	60938.12	96357.28	90194.69	-2916.95	-36091.56	-17879.92	-6825.32	-12038.24	-57425.90	-28119.19	-24353.72	-1037.54	64276.42	142406.87	148299.21
ó24	5834.17	-42063.94	8922.92	10468.96	-40874.45	-10886.78	-8111.12	-10586.05	24444.99	96139.68	125464.05	77133.12	-16133.93	-36924.65	-4616.95	7831.07	-30212.55	-199455.13	-26132.26	-31773.08	11321.11	72416.02	148299.21	340465.24
ó25	154834.62	46423.34	44078.90	34840.30	15040.08	15660.30	-27522.64	-47293.33	-23792.84	-30898.79	-21309.58	-8050.35	31959.04	56836.58	47551.07	23403.87	-15263.94	-35604.99	-17185.76	-29368.63	-2055.17	-1492.48	-24188.89	-13026.53
ó26	38301.17	110410.17	35232.87	15993.72	15393.99	13091.38	-15424.45	-7934.89	-19882.57	-29724.39	-25262.88	8331.56	48159.37	24861.88	1891.43	-5851.31	-8357.83	-16661.47	183.95	10532.16	16212.29	3727.64	-11294.04	-29480.10
ó27	41953.36	37349.71	143713.83	76116.44	32275.05	66486.09	-32863.08	-34062.25	-26767.62	-19656.94	-22158.69	-33058.15	35410.01	12681.98	-7361.07	-12809.43	-31698.81	-60942.77	-417.68	78.50	9192.75	-12915.18	-24662.90	7671.96
ó28	31797.29	18027.42	72372.98	114140.79	69906.13	45719.76	-26323.03	-31509.27	-21962.44	-5652.76	1220.03	-11195.46	2923.01	-4115.67	-867.49	-3673.27	-33257.00	-53367.15	20243.80	10046.50	16298.47	354.37	-1809.86	11229.34
ó29	9257.50	27876.49	38774.08	61504.42	113978.04	56988.00	-2919.95	-15731.14	-18842.75	-20801.98	-23774.77	-41387.23	-2977.52	-5049.45	-6337.55	-5758.45	-20344.33	-2537.09	33951.87	20493.41	12261.83	-21197.38	-34694.51	-46064.16
ó30	23931.56	14834.98	66733.03	47064.90	55708.06	186009.58	-24936.89	-30712.23	-1703.44	-28974.14	-59132.30	-126082.33	-35498.80	-4702.02	-843.02	-8926.44	-11850.34	-27065.39	70773.17	53831.76	38998.85	-11742.84	-49968.87	-9036.91
ó31	-36209.78	-15842.65	-31982.80	-26832.71	201.89	-21701.59	74458.47	23432.46	5573.08	8513.34	14729.26	8811.24	-25540.33	-25731.55	-19653.71	-10408.26	19181.35	45733.85	19322.36	10624.65	-13451.11	1243.51	16598.71	-6019.60
ó32	-55748.53	-8359.45	-37036.56	-30491.97	-22419.28	-30532.24	23726.28	81801.44	17801.82	18582.23	22977.74	26748.60	13073.18	-16618.77	-16167.06	-7891.36	21809.35	56908.14	-26667.46	-12565.51	-15892.43	10961.81	25160.61	-4462.94
ó33	-20499.89	-25060.76	-23189.69	-22248.69	-18043.44	1849.61	4983.73	12188.16	55466.52	36358.19	25515.26	14644.16	-21610.43	-14434.15	-5532.40	832.47	23872.02	39541.04	2879.47	-4282.41	348.59	6339.02	19266.87	22469.62
ó34	-26159.46	-35504.74	-16767.28	-5164.35	-3873.88	-27119.95	8227.02	13937.65	35854.14	115802.11	82828.33	42230.36	8997.74	-20364.53	-12484.34	-117.40	7989.13	-1086.32	-38004.09	-47323.48	-21933.27	12706.00	58023.18	94334.07
ó35	-16436.14	-20986.79	-13823.76	-4789.49	-29457.10	-62589.67	12362.07	23236.66	24830.95	63269.97	116746.77	93445.09	15424.13	-20681.13	-10674.21	-584.76	3962.58	-26256.43	-39799.08	-44525.09	-11902.19	42811.15	90037.95	108784.07
ó36	-3749.55	3840.26	-31996.72	-11773.46	-48559.47	-125395.59	8953.24	21683.09	18196.20	42691.33	81590.14	185634.03	32076.16	-6471.62	-1681.67	4983.31	-1959.81	-17475.77	-51018.08	-40107.72	-4562.06	48724.66	84442.89	71786.48
ó37	28044.55	56856.03	31393.89	3420.74	-495.16	-31443.97	-20107.98	15842.06	-19183.24	4629.91	9906.29	29365.04	197740.48	81645.42	7176.66	-2376.85	-10091.01	956.93	-118472.23	-53704.34	-5149.59	-8944.04	-6033.48	-20818.00
ó38	61569.93	34742.57	13357.09	-2246.12	-6458.91	-4716.66	-25495.72	-11898.06	-13817.80	-20450.27	-21079.19	-5518.32	77988.24	96545.35	30065.42	8827.68	-8265.48	-5633.30	-44424.18	-24151.20	-2231.54	-13700.42	-32298.21	-32493.10
ó39	54067.38	4019.09	-6665.42	251.76	-7339.66	-1170.01	-20335.34	-17571.02	-4377.73	-12076.32	-12004.37	-39.01	6510.05	28075.50	44433.76	23552.19	2021.27	-12933.55	-7602.39	-10751.16	1525.18	-5125.81	-15915.58	-2835.23
ó40	28246.55	-5948.32	-11909.06	-3118.49	-6878.52	-9069.71	-10331.35	-10472.27	1976.59	197.54	-2205.25	4218.41	-2471.59	8152.98	22830.57	24027.21	6911.97	-11574.41	-5735.34	-9819.11	-2696.48	-2994.09	-6340.05	7345.27
ó41	-18824.67	-12426.79	-32020.32	-34643.03	-22611.65	-11667.10	22429.73	21541.97	25575.27	10843.71	4803.91	-2993.12	-12745.22	-9114.92	688.62	5068.36	68736.50	71936.28	5041.09	-747.29	-10615.11	-5668.24	-10752.54	-30204.28
ó42	-56286.75	-22161.31	-62831.59	-52631.95	-4717.84	-26413.09	47679.27	53142.51	42517.16	4059.78	-27116.75	-17105.21	-2886.80	-5304.67	-12764.49	-12288.11	62882.60	296970.80	1166.90	-4286.10	-19373.75	-28724.37	-50506.60	-188016.54
ó43	-13970.34	-2038.54	3551.66	21479.76	30813.47	66419.45	15733.88	-24663.46	-49.28	-33414.67	-38919.44	-47540.53	-114432.97	-42630.49	-8754.93	-6313.87	3808.21	-85.08	150519.40	81029.55	18477.25	-7259.90	-24030.47	-23361.07
ó44	-27967.62	10569.61	6299.05	11242.61	15360.42	49089.47	8369.79	-11498.76	-8462.04	-47049.79	-49802.24	-35948.67	-50643.16	-20861.78	-12703.59	-11424.36	-2945.78	-6040.16	79675.99	91670.77	32204.12	-3705.53	-23615.87	-32991.64
ó45	4591.70	15204.38	13494.41	18836.30	10088.40	36969.74	-15124.64	-18291.50	-1990.96	-21981.24	-14051.25	-2537.45	-4069.24	-1507.94	906.79	-2891.00	-10996.03	-23172.63	19059.79	31370.69	43342.63	14723.69	-19.75	12437.94
ó46	2486.76	-4614.34	-11714.57	259.91	-26304.65	-12561.10	186.81	8530.38	7742.91	14156.31	39720.36	48325.07	-8774.74	-16221.36	-5512.47	-2638.31	-5527.39	-30060.23	-6156.88	-3778.92	12367.48	60854.23	62258.81	70308.41
ó47	-25855.95	-22227.32	-23505.17	-3934.08	-33439.11	-49241.69	17004.80	20365.38	22213.88	59372.36	91718.61	83926.25	-2655.71	-34296.99	-16988.84	-6149.87	-10108.82	-53436.30	-26205.91	-23231.44	-1766.22	58419.91	133102.58	140802.77
ó48	-3113.90	-37833.56	-754.62	3610.00	-31770.75	-13763.29	-1629.10	-3891.26	22914.63	77575.71	97034.63	61688.49	-12910.90	-30931.84	-5067.74	4781.44	-20284.12	-128301.31	-19891.10	-24339.35	6863.28	53971.10	112369.30	249638.34

Şekil 3.24 Kovaryans Matrisi (1-24)

cov	ó25	ó26	ó27	ó28	ó29	ó30	ó31	ó32	ó33	ó34	ó35	ó36	ó37	ó38	ó39	ó40	ó41	ó42	ó43	ó44	ó45	ó46	ó47	ó48
ó1	154834.62	38301.17	41953.36	31797.29	9257.50	23931.56	-36209.78	-55748.53	-20499.89	-26159.46	-16436.14	-3749.55	28044.55	61569.93	54067.38	28246.55	-18824.67	-56286.75	-13970.34	-27967.62	4591.70	2486.76	-25855.95	-3113.90
ó2	46423.34	110410.17	37349.71	18027.42	27876.49	14834.98	-15842.65	-8359.45	-25060.76	-35504.74	-20986.79	3840.26	56856.03	34742.57	4019.09	-5948.32	-12426.79	-22161.31	-2038.54	10569.61	15204.38	-4614.34	-22227.32	-37833.56
ó3	44078.90	35232.87	143713.83	72372.98	38774.08	66733.03	-31982.80	-37036.56	-23189.69	-16767.28	-13823.76	-31996.72	31393.89	13357.09	-6665.42	-11909.06	-32020.32	-62831.59	3551.66	6299.05	13494.41	-11714.57	-23505.17	-754.62
ó4	34840.30	15993.72	76116.44	114140.79	61504.42	47064.90	-26832.71	-30491.97	-22248.69	-5164.35	-4789.49	-11773.46	3420.74	-2246.12	251.76	-3118.49	-34643.03	-52631.95	21479.76	11242.61	18836.30	259.91	-3934.08	3610.00
ó5	15040.08	15393.99	32275.05	69906.13	113978.04	55708.06	201.89	-22419.28	-18043.44	-3873.88	-29457.10	-48559.47	-495.16	-6458.91	-7339.66	-6878.52	-22611.65	-4717.84	30813.47	15360.42	10088.40	-26304.65	-33439.11	-31770.75
ó6	15660.30	13091.38	66486.09	45719.76	56988.00	186009.58	-21701.59	-30532.24	1849.61	-27119.95	-62589.67	-125395.59	-31443.97	-4716.66	-1170.01	-9069.71	-11667.10	-26413.09	66419.45	49089.47	36969.74	-12561.10	-49241.69	-13763.29
ó7	-27522.64	-15424.45	-32863.08	-26323.03	-2919.95	-24936.89	74458.47	23726.28	4983.73	8227.02	12362.07	8953.24	-20107.98	-25495.72	-20335.34	-10331.35	22429.73	47679.27	15733.88	8369.79	-15124.64	186.81	17004.80	-1629.10
ó8	-47293.33	-7934.89	-34062.25	-31509.27	-15731.14	-30712.23	23432.46	81801.44	12188.16	13937.65	23236.66	21683.09	15842.06	-11898.06	-17571.02	-10472.27	21641.97	53142.51	-24663.46	-11498.76	-18291.50	8530.38	20365.38	-3891.26
ó9	-23792.84	-19882.57	-26767.62	-21962.44	-18842.75	-1703.44	5573.08	17801.82	55466.52	35854.14	24830.95	18196.20	-19183.24	-13817.80	-4377.73	1976.59	25575.27	42517.16	-49.28	-8462.04	-1990.96	7742.91	22213.88	22914.63
ó10	-30898.79	-29724.39	-19656.94	-5652.76	-20801.98	-28974.14	8513.34	18582.23	36358.19	115802.11	63269.97	42691.33	4629.91	-20450.27	-12076.32	197.54	10843.71	4059.78	-33414.67	-47049.79	-21981.24	14156.31	59372.36	77575.71
ó11	-21309.58	-25262.88	-22158.69	1220.03	-23774.77	-59132.30	14729.26	22977.74	25515.26	82828.33	116746.77	81590.14	9906.29	-21079.19	-12004.37	-2205.25	4803.91	-27116.75	-38919.44	-49802.24	-14051.25	39720.36	91718.61	97034.63
ó12	-8050.35	8331.56	-33058.15	-11195.46	-41387.23	-126082.33	8811.24	26748.60	14644.16	42230.36	93445.09	185634.03	29365.04	-5518.32	-39.01	4218.41	-2993.12	-17105.21	-47540.53	-35948.67	-2537.45	48325.07	83926.25	61688.49
ó13	31959.04	48159.37	35410.01	2923.01	-2977.52	-35498.80	-25540.33	13073.18	-21610.43	8997.74	15424.13	32076.16	197740.48	77988.24	6510.05	-2471.59	-12745.22	-2886.80	-114432.97	-50643.16	-4069.24	-8774.74	-2656.71	-12910.90
ó14	56836.58	24861.88	12681.98	-4115.67	-5049.45	-4702.02	-25731.55	-16618.77	-14434.15	-20364.53	-20681.13	-6471.62	81645.42	96545.35	28075.50	8152.98	-9114.92	-5304.67	-42630.49	-20861.78	-1507.94	-16221.36	-34296.99	-30931.84
ó15	47551.07	1891.43	-7361.07	-867.49	-6337.55	-843.02	-19653.71	-16167.06	-5532.40	-12484.34	-10674.21	-1681.67	7176.66	30065.42	44433.76	22830.57	688.62	-12764.49	-8754.93	-12703.59	906.79	-5512.47	-16988.84	-5067.74
ó16	23403.87	-5851.31	-12809.43	-3673.27	-5758.45	-8926.44	-10408.26	-7891.36	832.47	-117.40	-584.76	4983.31	-2376.85	8827.68	23552.19	24027.21	5068.36	-12288.11	-6313.87	-11424.36	-2891.00	-2638.31	-6149.87	4781.44
ó17	-15263.94	-8357.83	-31698.81	-33257.00	-20344.33	-11850.34	19181.35	21809.35	23872.02	7989.13	3962.58	-1959.81	-10091.01	-8265.48	2021.27	6911.97	68736.50	62882.60	3808.21	-2945.78	-10996.03	-5527.39	-10108.82	-20284.12
ó18	-35604.99	-16661.47	-60942.77	-53367.15	-2537.09	-27065.39	45733.85	56908.14	39541.04	-1086.32	-26256.43	-17475.77	956.93	-5633.30	-12933.55	-11574.41	71936.28	296970.80	-85.08	-6040.16	-23172.63	-30060.23	-53436.30	-128301.31
ó19	-17185.76	183.95	-417.68	20243.80	33951.87	70773.17	19322.36	-26667.46	2879.47	-38004.09	-39799.08	-51018.08	-118472.23	-44424.18	-7602.39	-5735.34	5041.09	1166.90	150519.40	79675.99	19059.79	-6156.88	-26205.91	-19891.10
ó20	-29368.63	10532.16	78.50	10046.50	20493.41	53831.76	10624.65	-12565.51	-4282.41	-47323.48	-44525.09	-40107.72	-53704.34	-24151.20	-10751.16	-9819.11	-747.29	-4286.10	81029.55	91670.77	31370.69	-3778.92	-23231.44	-24339.35
ó21	-2055.17	16212.29	9192.75	16298.47	12261.83	38998.85	-13451.11	-15892.43	348.59	-21933.27	-11902.19	-4562.06	-5149.59	-2231.54	1525.18	-2696.48	-10615.11	-19373.75	18477.25	32204.12	43342.63	12367.48	-1766.22	6863.28
ó22	-1492.48	3727.64	-12915.18	354.37	-21197.38	-11742.84	1243.51	10961.81	6339.02	12706.00	42811.15	48724.66	-8944.04	-13700.42	-5125.81	-2994.09	-5668.24	-28724.37	-7259.90	-3705.53	14723.69	60854.23	58419.91	53971.10
ó23	-24188.89	-11294.04	-24662.90	-1809.86	-34694.51	-49968.87	16598.71	25160.61	19266.87	58023.18	90037.95	84442.89	-6033.48	-32298.21	-15915.58	-6340.05	-10752.54	-50606.60	-24030.47	-23615.87	-19.75	62258.81	133102.58	112369.30
ó24	-13026.53	-29480.10	7671.96	11229.34	-46064.16	-9036.91	-6019.60	-4462.94	22469.62	94334.07	108784.07	71786.48	-20818.00	-32493.10	-2835.23	7345.27	-30204.28	-188016.54	-23361.07	-32991.64	12437.94	70308.41	140802.77	249638.34
ó25	142068.64	32542.80	42104.81	31364.84	16597.00	16379.22	-21193.62	-48318.52	-22406.34	-27937.97	-15043.06	-7725.67	30866.30	54746.11	43883.49	21028.28	-16570.67	-35081.14	-14640.69	-25497.18	-202.09	-2817.40	-24669.83	-14966.60
ó26	32542.80	110989.15	30750.16	16214.05	23054.31	12697.89	-13753.22	-127.29	-20006.95	-29266.87	-13765.96	8523.50	43691.29	22466.23	1653.25	-5355.09	-8741.48	-15505.30	3777.19	13483.50	16561.85	1776.97	-11894.30	-26650.75
ó27	42104.81	30750.16	138203.88	68971.92	36747.86	64580.95	-30912.15	-35033.94	-20520.33	-14505.38	-12945.16	-30001.43	30545.64	13024.95	-6017.32	-11154.82	-30377.64	-58711.02	1674.95	4674.58	12442.66	-11944.84	-22761.56	-1133.87
ó28	31364.84	16214.05	68971.92	108921.42	57777.73	44545.41	-24517.99	-28294.16	-19148.65	-2300.76	-3717.76	-10286.10	3596.05	-2683.13	-73.49	-3234.43	-32349.45	-48839.39	19712.75	11531.26	18386.49	512.85	-2054.87	4630.92
ó29	16597.00	23054.31	36747.86	57777.73	114303.11	52778.69	-3821.55	-14681.07	-17075.79	-18810.96	-15825.47	-38242.07	-776.39	-5361.09	-5285.18	-5082.34	-20014.42	-1153.77	31671.85	19994.33	12672.01	-20501.24	-32955.55	-35876.40
ó30	16379.22	12697.89	64580.95	44545.41	52778.69	177654.76	-21473.35	-29979.02	2265.12	-25784.35	-57818.89	-117277.48	-28703.02	-3682.64	-297.12	-8162.66	-11146.07	-26640.27	62258.64	46593.43	36172.96	-11495.40	-46256.24	-12092.49
ó31	-21193.62	-13753.22	-30912.15	-24517.99	-3821.55	-21473.35	69597.23	20011.81	4588.40	6669.09	10276.73	8797.68	-21256.82	-22940.78	-17873.77	-9316.22	19904.03	41656.42	16819.77	8590.04	-13911.96	1734.51	15913.80	-564.25
ó32	-48318.52	-127.29	-35033.94	-28294.16	-14681.07	-29979.02	20011.81	85939.17	14717.79	16896.92	26955.73	24947.78	10440.63	-16996.59	-15474.61	-7348.48	23258.76	55017.81	-22929.16	-11821.44	-16386.51	11461.92	23925.11	1563.85
ó33	-22406.34	-20006.95	-20520.33	-19148.65	-17075.79	2265.12	4588.40	14717.79	53887.11	33680.09	22248.15	15015.15	-18824.98	-13590.15	-4985.13	1017.92	24112.89	39832.91	1453.38	-6598.00	-852.74	6416.76	19337.38	21193.95
ó34	-27937.97	-29266.87	-14505.38	-2300.76	-18810.96	-25784.35	6669.09	16896.92	33680.09	111402.57	60892.57	39982.22	4732.65	-19177.59	-11434.19	148.24	8866.04	45.10	-32658.30	-45759.18	-21116.53	13754.62	56573.45	75705.32
ó35	-15043.06	-13765.96	-12945.16	-3717.76	-15825.47	-57818.89	10276.73	26955.73	22248.15	60892.57	122410.04	86864.36	11131.14	-18576.37	-9267.50	-641.91	5196.80	-23616.52	-34254.92	-40845.88	-9582.84	41828.26	85046.92	83868.87
ó36	-7725.67	8523.50	-30001.43	-10286.10	-38242.07	-117277.48	8797.68	24947.78	15015.15	39982.22	86864.36	177568.42	26672.97	-5862.22	-407.61	3849.21	-2228.07	-14789.55	-43872.85	-33130.10	-1888.10	45790.44	78535.70	57602.57
ó37	30866.30	43691.29	30545.64	3596.05	-776.39	-28703.02	-21256.82	10440.63	-18824.98	4732.65	11131.14	26672.97	175330.81	70779.27	5916.11	-2593.77	-10270.42	131.77	-94423.27	-41911.60	-3485.32	-9768.59	-5677.26	-16294.03
ó38	54746.11	22466.23	13024.95	-2683.13	-5361.09	-3682.64	-22940.78	-16996.59	-13590.15	-19177.59	-18576.37	-5862.22	70779.27	89057.80	26720.21	7698.76	-9231.50	-6994.16	-37309.39	-18698.00	-1432.77	-14122.90	-30745.12	-27333.34
ó39	43883.49	1653.25	-6017.32	-73.49	-5285.18	-297.12	-17873.77	-15474.61	-4985.13	-11434.19	-9267.50	-407.61	5916.11	26720.21	41489.24	21238.56	587.12	-12997.51	-7139.20	-11029.13	1362.72	-5110.29	-15080.68	-3627.45
ó40	21028.28	-5355.09	-11154.82	-3234.43	-5082.34	-8162.66	-9316.22	-7348.48	1017.92	148.24	-641.91	3849.21	-2593.77	7698.76	21238.56	22238.83	5275.00	-11113.35	-5693.79	-10351.83	-2698.21	-2671.83	-5677.88	4469.35
ó41	-16570.67	-8741.48	-30377.64	-32349.45	-20014.42	-11146.07	19904.03	23258.76	24112.89	8866.04	5196.80	-2228.07	-10270.42	-9231.50	587.12	5275.00	68794.76	64613.40	3733.51	-3172.47	-11408.37	-5239.53	-8889.49	-20152.79
ó42	-35081.14	-15505.30	-58711.02	-48839.39	-1153.77	-26640.27	41656.42	55017.81	39832.91	45.10	-23616.52	-14789.55	131.77	-6994.16	-12997.51	-11113.35	64613.40	287292.23	251.85	-5744.76	-21518.04	-26996.69	-47193.51	-119589.56
ó43	-14640.69	3777.19	1674.95	19712.75	31671.85	62258.64	16819.77	-22929.16	1453.38	-32658.30	-34254.92	-43872.85	-94423.27	-37309.39	-7139.20	-5693.79	3733.51	251.85	132409.42	70138.72	17210.56	-6815.30	-22356.11	-17735.80
ó44	-25497.18	13483.50	4674.58	11531.26	19994.33	46593.43	8590.04	-11821.44	-6598.00	-45759.18	-40845.88	-33130.10	-41911.60	-18698.00	-11029.13	-10351.83	-3172.47	-5744.76	70138.72	84764.08	29911.47	-4151.67	-22615.15	-25644.19
ó45	-202.09	16561.85	12442.66	18386.49	12672.01	36172.96	-13911.96	-16386.51	-852.74	-21116.53	-9582.84	-1888.10	-3485.32	-1432.77	1362.72	-2698.21	-11408.37	-21518.04	17210.56	29911.47	41632.37	12595.91	-811.32	7658.81
ó46	-2817.40	1776.97	-11944.84	512.85	-20501.24	-11495.40	1734.51	11461.92	6416.76	13754.62	41828.26	45790.44	-9768.59	-14122.90	-5110.29	-2671.83	-5239.53	-26996.69	-6815.30	-4151.67	12595.91	57803.71	56652.47	52537.75
ó47	-24669.83	-11894.30	-22761.56	-2054.87	-32955.55	-46256.24	15913.80	23925.11	19337.38	56573.45	85046.92	78535.70	-5677.26	-30745.12	-15080.68	-5677.88	-8889.49	-47193.51	-22356.11	-22615.15	-811.32	56652.47	125048.56	106788.08
ó48	-14966.60	-26650.75	-1133.87	4630.92	-35876.40	-12092.49	-564.25	1563.85	21193.95	75705.32	83868.87	57602.57	-16294.03	-27333.34	-3627.45	4469.35	-20152.79	-119589.56	-17735.80	-25644.19	7658.81	52537.75	106788.08	188818.30

Şekil 3.25. Kovaryans Matrisi (25-48)

cov	ó1	ó2	ó3	ó4	ó5	ó6	ó7	ó8	ó9	ó10	ó11	ó12	ó13	ó14	ó15	ó16	ó17	ó18	ó19	ó20	ó21	ó22	ó23	ó24
ó1	0.7095	0.4679	0.4502	0.4346	0.3807	0.4124	0.2839	0.2671	0.3293	0.3148	0.3262	0.3621	0.4224	0.4876	0.4781	0.4278	0.3382	0.2622	0.3398	0.3112	0.3751	0.3779	0.3224	0.3802
ó2	0.4679	0.6024	0.4465	0.4027	0.4059	0.3976	0.3353	0.3648	0.3222	0.3021	0.3070	0.3761	0.4854	0.4400	0.3779	0.3576	0.3471	0.3261	0.3560	0.3820	0.3969	0.3644	0.3284	0.2915
ó3	0.4502	0.4465	0.6485	0.5172	0.4326	0.4968	0.3064	0.3020	0.3151	0.3285	0.3259	0.3045	0.4368	0.3936	0.3545	0.3441	0.3077	0.2486	0.3723	0.3723	0.3882	0.3460	0.3225	0.3859
ó4	0.4346	0.4027	0.5172	0.5941	0.5054	0.4590	0.3161	0.3066	0.3223	0.3526	0.3682	0.3457	0.3744	0.3624	0.3684	0.3628	0.3034	0.2633	0.4104	0.3873	0.3998	0.3692	0.3625	0.3888
ó5	0.3807	0.4059	0.4326	0.5054	0.6311	0.4814	0.3725	0.3245	0.3328	0.3600	0.3463	0.2730	0.3645	0.3583	0.3539	0.3550	0.3268	0.3585	0.4301	0.3991	0.3874	0.3190	0.3031	0.2937
ó6	0.4124	0.3976	0.4968	0.4590	0.4814	0.7314	0.3225	0.3116	0.3653	0.3130	0.2516	0.1198	0.2976	0.3588	0.3662	0.3510	0.3464	0.3198	0.5095	0.4747	0.4435	0.3456	0.2710	0.3493
ó7	0.2839	0.3353	0.3064	0.3161	0.3725	0.3225	0.5194	0.4190	0.3805	0.3886	0.4015	0.3862	0.3249	0.3170	0.3279	0.3479	0.4095	0.4662	0.4023	0.3886	0.3423	0.3684	0.4019	0.3544
ó8	0.2671	0.3648	0.3020	0.3066	0.3245	0.3116	0.4190	0.5396	0.3971	0.3982	0.4040	0.4130	0.4046	0.3487	0.3354	0.3487	0.4065	0.4714	0.3158	0.3468	0.3367	0.3840	0.4091	0.3498
ó9	0.3293	0.3222	0.3151	0.3223	0.3328	0.3653	0.3805	0.3971	0.4779	0.4415	0.4223	0.4029	0.3287	0.3424	0.3603	0.3729	0.4164	0.4473	0.3717	0.3581	0.3682	0.3836	0.4107	0.4147
ó10	0.3148	0.3021	0.3285	0.3526	0.3600	0.3130	0.3886	0.3982	0.4415	0.5935	0.5295	0.4530	0.3861	0.3294	0.3450	0.3693	0.3879	0.3751	0.2970	0.2796	0.3274	0.3938	0.4823	0.5475
ó11	0.3262	0.3070	0.3259	0.3682	0.3463	0.2516	0.4015	0.4040	0.4223	0.5295	0.6207	0.5329	0.3965	0.3263	0.3445	0.3651	0.3758	0.3146	0.2861	0.2706	0.3393	0.4445	0.5479	0.6018
ó12	0.3621	0.3761	0.3045	0.3457	0.2730	0.1198	0.3862	0.4130	0.4029	0.4530	0.5329	0.7303	0.4346	0.3581	0.3671	0.3795	0.3644	0.3324	0.2669	0.2891	0.3595	0.4647	0.5365	0.5123
ó13	0.4224	0.4854	0.4368	0.3744	0.3645	0.2976	0.3249	0.4046	0.3287	0.3861	0.3965	0.4346	0.7897	0.5363	0.3842	0.3652	0.3463	0.3655	0.1083	0.2502	0.3583	0.3548	0.3640	0.3395
ó14	0.4876	0.4400	0.3936	0.3624	0.3583	0.3588	0.3170	0.3487	0.3424	0.3294	0.3263	0.3581	0.5363	0.5655	0.4281	0.3868	0.3545	0.3624	0.2752	0.3195	0.3653	0.3402	0.3026	0.3010
ó15	0.4781	0.3779	0.3545	0.3684	0.3539	0.3662	0.3279	0.3354	0.3603	0.3450	0.3445	0.3671	0.3842	0.4281	0.4583	0.4163	0.3735	0.3459	0.3522	0.3463	0.3713	0.3592	0.3363	0.3609
ó16	0.4278	0.3576	0.3441	0.3628	0.3550	0.3510	0.3479	0.3487	0.3729	0.3693	0.3651	0.3795	0.3652	0.3868	0.4163	0.4178	0.3820	0.3457	0.3574	0.3493	0.3641	0.3639	0.3568	0.3839
ó17	0.3382	0.3471	0.3077	0.3034	0.3268	0.3464	0.4095	0.4065	0.4164	0.3879	0.3758	0.3644	0.3463	0.3545	0.3735	0.3820	0.4977	0.4995	0.3788	0.3685	0.3506	0.3585	0.3471	0.3135
ó18	0.2622	0.3261	0.2486	0.2633	0.3585	0.3198	0.4662	0.4714	0.4473	0.3751	0.3146	0.3324	0.3655	0.3624	0.3459	0.3457	0.4995	0.9432	0.3708	0.3610	0.3308	0.3103	0.2631	0.0000
ó19	0.3398	0.3560	0.3723	0.4104	0.4301	0.5095	0.4023	0.3158	0.3717	0.2970	0.2861	0.2669	0.1083	0.2752	0.3522	0.3574	0.3788	0.3708	0.6954	0.5405	0.4075	0.3571	0.3173	0.3210
ó20	0.3112	0.3820	0.3723	0.3873	0.3991	0.4747	0.3886	0.3468	0.3581	0.2796	0.2706	0.2891	0.2502	0.3195	0.3463	0.3493	0.3685	0.3610	0.5405	0.5572	0.4326	0.3630	0.3243	0.3106
ó21	0.3751	0.3969	0.3882	0.3998	0.3874	0.4435	0.3423	0.3367	0.3682	0.3274	0.3393	0.3595	0.3583	0.3653	0.3713	0.3641	0.3506	0.3308	0.4075	0.4326	0.4544	0.3964	0.3675	0.3904
ó22	0.3779	0.3644	0.3460	0.3692	0.3190	0.3456	0.3684	0.3840	0.3836	0.3938	0.4445	0.4647	0.3548	0.3402	0.3592	0.3639	0.3585	0.3103	0.3571	0.3630	0.3964	0.4889	0.4885	0.5035
ó23	0.3224	0.3284	0.3225	0.3625	0.3031	0.2710	0.4019	0.4091	0.4107	0.4823	0.5479	0.5365	0.3640	0.3026	0.3363	0.3568	0.3471	0.2631	0.3173	0.3243	0.3675	0.4885	0.6332	0.6441
ó24	0.3802	0.2915	0.3859	0.3888	0.2937	0.3493	0.3544	0.3498	0.4147	0.5475	0.6018	0.5123	0.3395	0.3010	0.3609	0.3839	0.3135	0.0000	0.3210	0.3106	0.3904	0.5035	0.6441	1.0000
ó25	0.6562	0.4554	0.4511	0.4339	0.3973	0.3984	0.3184	0.2818	0.3253	0.3122	0.3299	0.3545	0.4286	0.4747	0.4575	0.4128	0.3411	0.3035	0.3376	0.3150	0.3656	0.3667	0.3246	0.3453
ó26	0.4404	0.5739	0.4347	0.3990	0.3979	0.3937	0.3408	0.3547	0.3326	0.3144	0.3226	0.3848	0.4586	0.4155	0.3729	0.3586	0.3539	0.3386	0.3698	0.3889	0.3994	0.3763	0.3485	0.3148
ó27	0.4471	0.4386	0.6356	0.5104	0.4292	0.4926	0.3085	0.3063	0.3198	0.3330	0.3284	0.3082	0.4350	0.3929	0.3558	0.3457	0.3107	0.2565	0.3686	0.3696	0.3864	0.3455	0.3237	0.3836
ó28	0.4283	0.4028	0.5035	0.5808	0.4989	0.4541	0.3207	0.3111	0.3287	0.3589	0.3717	0.3487	0.3748	0.3618	0.3678	0.3626	0.3078	0.2706	0.4069	0.3880	0.3996	0.3701	0.3661	0.3902
ó29	0.3866	0.4210	0.4412	0.4833	0.5805	0.4750	0.3640	0.3403	0.3345	0.3309	0.3254	0.2928	0.3639	0.3601	0.3577	0.3588	0.3317	0.3647	0.4323	0.4074	0.3921	0.3302	0.3052	0.2841
ó30	0.4137	0.3969	0.4930	0.4566	0.4726	0.7139	0.3232	0.3125	0.3663	0.3158	0.2599	0.1359	0.3037	0.3607	0.3679	0.3529	0.3475	0.3193	0.5005	0.4691	0.4416	0.3477	0.2769	0.3527
ó31	0.3024	0.3401	0.3102	0.3197	0.3698	0.3292	0.5073	0.4128	0.3797	0.3852	0.3967	0.3857	0.3221	0.3218	0.3330	0.3501	0.4049	0.4541	0.4052	0.3891	0.3445	0.3717	0.4002	0.3583
ó32	0.2662	0.3539	0.3008	0.3129	0.3279	0.3129	0.4134	0.5209	0.4024	0.4038	0.4120	0.4190	0.3936	0.3386	0.3395	0.3548	0.4098	0.4748	0.3200	0.3461	0.3400	0.3897	0.4160	0.3611
ó33	0.3314	0.3230	0.3265	0.3282	0.3360	0.3728	0.3786	0.3920	0.4721	0.4368	0.4167	0.3965	0.3294	0.3427	0.3592	0.3710	0.4136	0.4427	0.3747	0.3615	0.3701	0.3812	0.4051	0.4110
ó34	0.3210	0.3037	0.3384	0.3599	0.3622	0.3192	0.3847	0.3952	0.4358	0.5839	0.5228	0.4476	0.3861	0.3317	0.3463	0.3692	0.3842	0.3674	0.2990	0.2818	0.3288	0.3929	0.4769	0.5441
ó35	0.3390	0.3305	0.3438	0.3605	0.3149	0.2535	0.3923	0.4125	0.4154	0.4866	0.5856	0.5425	0.3980	0.3311	0.3496	0.3683	0.3768	0.3208	0.2957	0.2869	0.3474	0.4487	0.5362	0.5709
ó36	0.3625	0.3765	0.3102	0.3476	0.2795	0.1372	0.3860	0.4096	0.4031	0.4485	0.5205	0.7132	0.4288	0.3574	0.3663	0.3786	0.3658	0.3370	0.2749	0.2951	0.3610	0.4597	0.5258	0.5024
ó37	0.4214	0.4747	0.4276	0.3758	0.3685	0.3112	0.3322	0.3988	0.3339	0.3780	0.3878	0.4238	0.7357	0.5206	0.3827	0.3650	0.3507	0.3712	0.1500	0.2699	0.3599	0.3529	0.3582	0.3309
ó38	0.4835	0.4338	0.3942	0.3653	0.3575	0.3607	0.3222	0.3474	0.3438	0.3315	0.3304	0.3592	0.5139	0.5482	0.4251	0.3858	0.3541	0.3590	0.2871	0.3247	0.3653	0.3440	0.3096	0.3092
ó39	0.4696	0.3769	0.3571	0.3699	0.3558	0.3672	0.3318	0.3369	0.3613	0.3470	0.3472	0.3693	0.3815	0.4214	0.4517	0.4130	0.3732	0.3455	0.3553	0.3495	0.3722	0.3599	0.3399	0.3642
ó40	0.4217	0.3584	0.3474	0.3636	0.3567	0.3526	0.3503	0.3500	0.3731	0.3698	0.3653	0.3772	0.3648	0.3845	0.4117	0.4139	0.3822	0.3480	0.3588	0.3512	0.3644	0.3639	0.3577	0.3830
ó41	0.3346	0.3464	0.3101	0.3053	0.3275	0.3478	0.4110	0.4095	0.4168	0.3895	0.3783	0.3639	0.3458	0.3525	0.3707	0.3788	0.4967	0.5027	0.3788	0.3680	0.3498	0.3589	0.3495	0.3135
ó42	0.2652	0.3284	0.2530	0.2719	0.3607	0.3205	0.4577	0.4678	0.4482	0.3769	0.3192	0.3377	0.3641	0.3596	0.3458	0.3467	0.4859	0.9194	0.3716	0.3615	0.3335	0.3162	0.2757	0.0212
ó43	0.3435	0.3656	0.3760	0.4092	0.4265	0.4924	0.3986	0.3237	0.3693	0.3075	0.2973	0.2814	0.1575	0.2905	0.3532	0.3577	0.3765	0.3693	0.6482	0.5195	0.4036	0.3560	0.3249	0.3261
ó44	0.3176	0.3890	0.3811	0.3902	0.3979	0.4603	0.3849	0.3481	0.3537	0.2823	0.2772	0.3028	0.2756	0.3308	0.3459	0.3483	0.3640	0.3582	0.5170	0.5392	0.4291	0.3626	0.3257	0.3083
ó45	0.3779	0.3976	0.3944	0.4043	0.3881	0.4379	0.3414	0.3355	0.3657	0.3287	0.3434	0.3647	0.3619	0.3666	0.3711	0.3641	0.3490	0.3265	0.4047	0.4275	0.4497	0.3967	0.3694	0.3925
ó46	0.3740	0.3609	0.3477	0.3699	0.3207	0.3462	0.3698	0.3852	0.3838	0.3956	0.4430	0.4589	0.3532	0.3394	0.3592	0.3645	0.3592	0.3137	0.3580	0.3624	0.3923	0.4821	0.4847	0.4996
ó47	0.3215	0.3282	0.3259	0.3621	0.3075	0.2782	0.4009	0.4071	0.4106	0.4794	0.5393	0.5249	0.3645	0.3059	0.3380	0.3580	0.3507	0.2704	0.3209	0.3264	0.3661	0.4776	0.6159	0.6302
ó48	0.3636	0.2993	0.3680	0.3761	0.3106	0.3439	0.3664	0.3622	0.4119	0.5131	0.5491	0.4837	0.3455	0.3121	0.3600	0.3783	0.3318	0.1318	0.3326	0.3243	0.3821	0.4694	0.5775	0.8318

Şekil 3.26. Normalize Kovaryans Matrisi (1-24)

cov	ó25	ó26	ó27	ó28	ó29	ó30	ó31	ó32	ó33	ó34	ó35	ó36	ó37	ó38	ó39	ó40	ó41	ó42	ó43	ó44	ó45	ó46	ó47	ó48
ó1	0.6562	0.4404	0.4471	0.4283	0.3866	0.4137	0.3024	0.2662	0.3314	0.3210	0.3390	0.3625	0.4214	0.4835	0.4696	0.4217	0.3346	0.2652	0.3435	0.3176	0.3779	0.3740	0.3215	0.3636
ó2	0.4554	0.5739	0.4386	0.4028	0.4210	0.3969	0.3401	0.3539	0.3230	0.3037	0.3305	0.3765	0.4747	0.4338	0.3769	0.3584	0.3464	0.3284	0.3656	0.3890	0.3976	0.3609	0.3282	0.2993
ó3	0.4511	0.4347	0.6356	0.5035	0.4412	0.4930	0.3102	0.3008	0.3265	0.3384	0.3438	0.3102	0.4276	0.3942	0.3571	0.3474	0.3101	0.2530	0.3760	0.3811	0.3944	0.3477	0.3259	0.3680
ó4	0.4339	0.3990	0.5104	0.5808	0.4833	0.4566	0.3197	0.3129	0.3282	0.3599	0.3605	0.3476	0.3758	0.3653	0.3699	0.3636	0.3053	0.2719	0.4092	0.3902	0.4043	0.3699	0.3621	0.3761
ó5	0.3973	0.3979	0.4292	0.4989	0.5805	0.4726	0.3698	0.3279	0.3360	0.3622	0.3149	0.2795	0.3685	0.3575	0.3558	0.3567	0.3275	0.3607	0.4265	0.3979	0.3881	0.3207	0.3075	0.3106
ó6	0.3984	0.3937	0.4926	0.4541	0.4750	0.7139	0.3292	0.3129	0.3728	0.3192	0.2535	0.1372	0.3112	0.3607	0.3672	0.3526	0.3478	0.3205	0.4924	0.4603	0.4379	0.3462	0.2782	0.3439
ó7	0.3184	0.3408	0.3085	0.3207	0.3640	0.3232	0.5073	0.4134	0.3786	0.3847	0.3923	0.3860	0.3322	0.3222	0.3318	0.3503	0.4110	0.4577	0.3986	0.3849	0.3414	0.3698	0.4009	0.3664
ó8	0.2818	0.3547	0.3063	0.3111	0.3403	0.3125	0.4128	0.5209	0.3920	0.3952	0.4125	0.4096	0.3988	0.3474	0.3369	0.3500	0.4095	0.4678	0.3237	0.3481	0.3355	0.3852	0.4071	0.3622
ó9	0.3253	0.3326	0.3198	0.3287	0.3345	0.3663	0.3797	0.4024	0.4721	0.4358	0.4154	0.4031	0.3339	0.3438	0.3613	0.3731	0.4168	0.4482	0.3693	0.3537	0.3657	0.3838	0.4106	0.4119
ó10	0.3122	0.3144	0.3330	0.3589	0.3309	0.3158	0.3852	0.4038	0.4368	0.5839	0.4866	0.4485	0.3780	0.3315	0.3470	0.3698	0.3895	0.3769	0.3075	0.2823	0.3287	0.3956	0.4794	0.5131
ó11	0.3299	0.3226	0.3284	0.3717	0.3254	0.2599	0.3967	0.4120	0.4167	0.5228	0.5856	0.5205	0.3878	0.3304	0.3472	0.3653	0.3783	0.3192	0.2973	0.2772	0.3434	0.4430	0.5393	0.5491
ó12	0.3545	0.3848	0.3082	0.3487	0.2928	0.1359	0.3857	0.4190	0.3965	0.4476	0.5425	0.7132	0.4238	0.3592	0.3693	0.3772	0.3639	0.3377	0.2814	0.3028	0.3647	0.4589	0.5249	0.4837
ó13	0.4286	0.4586	0.4350	0.3748	0.3639	0.3037	0.3221	0.3936	0.3294	0.3861	0.3980	0.4288	0.7357	0.5139	0.3815	0.3648	0.3458	0.3641	0.1575	0.2756	0.3619	0.3532	0.3645	0.3455
ó14	0.4747	0.4155	0.3929	0.3618	0.3601	0.3607	0.3218	0.3386	0.3427	0.3317	0.3311	0.3574	0.5206	0.5482	0.4214	0.3845	0.3525	0.3596	0.2905	0.3308	0.3666	0.3394	0.3059	0.3121
ó15	0.4575	0.3729	0.3558	0.3678	0.3577	0.3679	0.3330	0.3395	0.3592	0.3463	0.3496	0.3663	0.3827	0.4251	0.4517	0.4117	0.3707	0.3458	0.3532	0.3459	0.3711	0.3592	0.3380	0.3600
ó16	0.4128	0.3586	0.3457	0.3626	0.3588	0.3529	0.3501	0.3548	0.3710	0.3692	0.3683	0.3786	0.3650	0.3858	0.4130	0.4139	0.3788	0.3467	0.3577	0.3483	0.3641	0.3645	0.3580	0.3783
ó17	0.3411	0.3539	0.3107	0.3078	0.3317	0.3475	0.4049	0.4098	0.4136	0.3842	0.3768	0.3658	0.3507	0.3541	0.3732	0.3822	0.4967	0.4859	0.3765	0.3640	0.3490	0.3592	0.3507	0.3318
ó18	0.3035	0.3386	0.2565	0.2706	0.3647	0.3193	0.4541	0.4748	0.4427	0.3674	0.3208	0.3370	0.3712	0.3590	0.3455	0.3480	0.5027	0.9194	0.3693	0.3582	0.3265	0.3137	0.2704	0.1318
ó19	0.3376	0.3698	0.3686	0.4069	0.4323	0.5005	0.4052	0.3200	0.3747	0.2990	0.2957	0.2749	0.1500	0.2871	0.3553	0.3588	0.3788	0.3716	0.6482	0.5170	0.4047	0.3580	0.3209	0.3326
ó20	0.3150	0.3889	0.3696	0.3880	0.4074	0.4691	0.3891	0.3461	0.3615	0.2818	0.2869	0.2951	0.2699	0.3247	0.3495	0.3512	0.3680	0.3615	0.5195	0.5392	0.4275	0.3624	0.3264	0.3243
ó21	0.3656	0.3994	0.3864	0.3996	0.3921	0.4416	0.3445	0.3400	0.3701	0.3288	0.3474	0.3610	0.3599	0.3653	0.3722	0.3644	0.3498	0.3335	0.4036	0.4291	0.4497	0.3923	0.3661	0.3821
ó22	0.3667	0.3763	0.3455	0.3701	0.3302	0.3477	0.3717	0.3897	0.3812	0.3929	0.4487	0.4597	0.3529	0.3440	0.3599	0.3639	0.3589	0.3162	0.3560	0.3626	0.3967	0.4821	0.4776	0.4694
ó23	0.3246	0.3485	0.3237	0.3661	0.3052	0.2769	0.4002	0.4160	0.4051	0.4769	0.5362	0.5258	0.3582	0.3096	0.3399	0.3577	0.3495	0.2757	0.3249	0.3257	0.3694	0.4847	0.6159	0.5775
ó24	0.3453	0.3148	0.3836	0.3902	0.2841	0.3527	0.3583	0.3611	0.4110	0.5441	0.5709	0.5024	0.3309	0.3092	0.3642	0.3830	0.3135	0.0212	0.3261	0.3083	0.3925	0.4996	0.6302	0.8318
ó25	0.6325	0.4297	0.4474	0.4275	0.4002	0.3998	0.3302	0.2799	0.3279	0.3177	0.3416	0.3551	0.4266	0.4708	0.4507	0.4084	0.3387	0.3044	0.3423	0.3222	0.3690	0.3642	0.3237	0.3417
ó26	0.4297	0.5750	0.4264	0.3994	0.4121	0.3929	0.3439	0.3692	0.3324	0.3152	0.3439	0.3852	0.4503	0.4110	0.3725	0.3595	0.3532	0.3407	0.3764	0.3944	0.4001	0.3727	0.3474	0.3201
ó27	0.4474	0.4264	0.6254	0.4972	0.4375	0.4890	0.3122	0.3045	0.3314	0.3426	0.3454	0.3138	0.4260	0.3935	0.3583	0.3488	0.3132	0.2607	0.3725	0.3781	0.3925	0.3473	0.3273	0.3673
ó28	0.4275	0.3994	0.4972	0.5712	0.4764	0.4519	0.3240	0.3170	0.3340	0.3652	0.3625	0.3504	0.3761	0.3644	0.3693	0.3634	0.3095	0.2790	0.4059	0.3908	0.4035	0.3704	0.3656	0.3780
ó29	0.4002	0.4121	0.4375	0.4764	0.5811	0.4672	0.3623	0.3422	0.3378	0.3346	0.3401	0.2986	0.3680	0.3595	0.3596	0.3600	0.3323	0.3673	0.4281	0.4064	0.3929	0.3314	0.3084	0.3030
ó30	0.3998	0.3929	0.4890	0.4519	0.4672	0.6985	0.3296	0.3139	0.3736	0.3217	0.2623	0.1522	0.3163	0.3626	0.3689	0.3543	0.3488	0.3201	0.4847	0.4557	0.4364	0.3481	0.2837	0.3470
ó31	0.3302	0.3439	0.3122	0.3240	0.3623	0.3296	0.4983	0.4065	0.3779	0.3818	0.3884	0.3857	0.3300	0.3269	0.3363	0.3522	0.4063	0.4466	0.4006	0.3853	0.3436	0.3726	0.3989	0.3684
ó32	0.2799	0.3692	0.3045	0.3170	0.3422	0.3139	0.4065	0.5286	0.3967	0.4007	0.4193	0.4156	0.3888	0.3379	0.3408	0.3558	0.4125	0.4713	0.3269	0.3475	0.3391	0.3906	0.4137	0.3723
ó33	0.3279	0.3324	0.3314	0.3340	0.3378	0.3736	0.3779	0.3967	0.4692	0.4318	0.4106	0.3972	0.3345	0.3442	0.3602	0.3713	0.4141	0.4432	0.3721	0.3572	0.3678	0.3813	0.4052	0.4087
ó34	0.3177	0.3152	0.3426	0.3652	0.3346	0.3217	0.3818	0.4007	0.4318	0.5757	0.4822	0.4435	0.3782	0.3339	0.3482	0.3697	0.3858	0.3695	0.3089	0.2847	0.3303	0.3949	0.4742	0.5096
ó35	0.3416	0.3439	0.3454	0.3625	0.3401	0.2623	0.3884	0.4193	0.4106	0.4822	0.5961	0.5303	0.3900	0.3350	0.3523	0.3682	0.3790	0.3257	0.3060	0.2938	0.3517	0.4469	0.5269	0.5248
ó36	0.3551	0.3852	0.3138	0.3504	0.2986	0.1522	0.3857	0.4156	0.3972	0.4435	0.5303	0.6983	0.4188	0.3586	0.3687	0.3765	0.3653	0.3420	0.2882	0.3081	0.3659	0.4542	0.5149	0.4761
ó37	0.4266	0.4503	0.4260	0.3761	0.3680	0.3163	0.3300	0.3888	0.3345	0.3782	0.3900	0.4188	0.6942	0.5005	0.3804	0.3646	0.3504	0.3697	0.1945	0.2918	0.3630	0.3513	0.3589	0.3392
ó38	0.4708	0.4110	0.3935	0.3644	0.3595	0.3626	0.3269	0.3379	0.3442	0.3339	0.3350	0.3586	0.5005	0.5344	0.4189	0.3837	0.3523	0.3565	0.3003	0.3348	0.3668	0.3433	0.3125	0.3188
ó39	0.4507	0.3725	0.3583	0.3693	0.3596	0.3689	0.3363	0.3408	0.3602	0.3482	0.3523	0.3687	0.3804	0.4189	0.4463	0.4088	0.3705	0.3453	0.3562	0.3490	0.3719	0.3600	0.3415	0.3627
ó40	0.4084	0.3595	0.3488	0.3634	0.3600	0.3543	0.3522	0.3558	0.3713	0.3697	0.3682	0.3765	0.3646	0.3837	0.4088	0.4106	0.3792	0.3488	0.3589	0.3502	0.3644	0.3645	0.3589	0.3777
ó41	0.3387	0.3532	0.3132	0.3095	0.3323	0.3488	0.4063	0.4125	0.4141	0.3858	0.3790	0.3653	0.3504	0.3523	0.3705	0.3792	0.4968	0.4891	0.3763	0.3635	0.3483	0.3597	0.3530	0.3321
ó42	0.3044	0.3407	0.2607	0.2790	0.3673	0.3201	0.4466	0.4713	0.4432	0.3695	0.3257	0.3420	0.3697	0.3565	0.3453	0.3488	0.4891	0.9015	0.3699	0.3588	0.3296	0.3194	0.2820	0.1479
ó43	0.3423	0.3764	0.3725	0.4059	0.4281	0.4847	0.4006	0.3269	0.3721	0.3089	0.3060	0.2882	0.1945	0.3003	0.3562	0.3589	0.3763	0.3699	0.6147	0.4993	0.4013	0.3568	0.3280	0.3366
ó44	0.3222	0.3944	0.3781	0.3908	0.4064	0.4557	0.3853	0.3475	0.3572	0.2847	0.2938	0.3081	0.2918	0.3348	0.3490	0.3502	0.3635	0.3588	0.4993	0.5264	0.4248	0.3617	0.3275	0.3219
ó45	0.3690	0.4001	0.3925	0.4035	0.3929	0.4364	0.3436	0.3391	0.3678	0.3303	0.3517	0.3659	0.3630	0.3668	0.3719	0.3644	0.3483	0.3296	0.4013	0.4248	0.4465	0.3927	0.3679	0.3836
ó46	0.3642	0.3727	0.3473	0.3704	0.3314	0.3481	0.3726	0.3906	0.3813	0.3949	0.4469	0.4542	0.3513	0.3433	0.3600	0.3645	0.3597	0.3194	0.3568	0.3617	0.3927	0.4765	0.4743	0.4667
ó47	0.3237	0.3474	0.3273	0.3656	0.3084	0.2837	0.3989	0.4137	0.4052	0.4742	0.5269	0.5149	0.3589	0.3125	0.3415	0.3589	0.3530	0.2820	0.3280	0.3275	0.3679	0.4743	0.6010	0.5672
ó48	0.3417	0.3201	0.3673	0.3780	0.3030	0.3470	0.3684	0.3723	0.4087	0.5096	0.5248	0.4761	0.3392	0.3188	0.3627	0.3777	0.3321	0.1479	0.3366	0.3219	0.3836	0.4667	0.5672	0.7191

Şekil 3.27 Normalize Kovaryans Matrisi (25-48)

3.5.5. Ters Kovaryans Matrisinin Hesaplanması

X ve Y arasındaki kovaryans matrisi Denklem 3.8. ile ifade edilir.

$$\Sigma = \begin{bmatrix} cov\ (X,X) & cov\ (X,Y) \\ cov\ (Y,X) & cov\ (Y,Y) \end{bmatrix} \tag{3.8}$$

Bu kovaryans matrisi Denklem 3.9.'daki eşitlik ile ifade edilir.

$$\left|\sum\right| = \begin{vmatrix} cov\ (X,X) & cov\ (X,Y) \\ cov\ (Y,X) & cov\ (Y,Y) \end{vmatrix}$$

$$= (cov\ (X,X).\ cov\ (Y,Y)) - (cov\ (X,Y).\ cov\ (Y,X)) \tag{3.9}$$

X, Y ve Z arasındaki kovaryans matrisi ise Denklem 3.10.'daki gibi hesaplanır.

$$\Sigma = \begin{bmatrix} cov\ (X,X) & cov\ (X,Y) & cov\ (X,Z) \\ cov\ (Y,X) & cov\ (Y,Y) & cov\ (Y,Z) \\ cov\ (Z,X) & cov\ (Z,Y) & cov\ (Z,Z) \end{bmatrix} \tag{3.10}$$

Denklem 3.10.'daki matrisin determinantı $|\Sigma|$ ile ifade edilecek olursa matrisin tersi Denklem 3.11.'deki gibi ifade edilir.

$$\Sigma^{-1} = \frac{1}{|\Sigma|} \begin{bmatrix} \begin{vmatrix} cov\ (Y,Y) & cov\ (Y,Z) \\ cov\ (Z,Y) & cov\ (Z,Z) \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} cov\ (X,Z) & cov\ (X,Y) \\ cov\ (Z,Z) & cov\ (Z,Y) \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} cov\ (X,Y) & cov\ (X,Z) \\ cov\ (Y,Y) & cov\ (Y,Z) \end{vmatrix} \\ \begin{vmatrix} cov\ (Y,Z) & cov\ (Y,X) \\ cov\ (Z,Z) & cov\ (Z,X) \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} cov\ (X,X) & cov\ (X,Z) \\ cov\ (Z,X) & cov\ (Z,Z) \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} cov\ (X,Z) & cov\ (X,X) \\ cov\ (Y,Z) & cov\ (Y,X) \end{vmatrix} \\ \begin{vmatrix} cov\ (Y,X) & cov\ (Y,Y) \\ cov\ (Z,X) & cov\ (Z,Y) \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} cov\ (X,Y) & cov\ (X,X) \\ cov\ (Z,Y) & cov\ (Z,X) \end{vmatrix} & \begin{vmatrix} cov\ (X,X) & cov\ (X,Y) \\ cov\ (Y,X) & cov\ (Y,Y) \end{vmatrix} \end{bmatrix}^{T} \tag{3.11}$$

Ters kovaryans matrisinin ilk 24 elemanının normalize edilmiş hali Şekil 3.28.'de, diğer 24 elemanı ise Şekil 3.29.'da gösterilmiştir.

cov-1	ó1(-1)	ó2(-1)	ó3(-1)	ó4(-1)	ó5(-1)	ó6(-1)	ó7(-1)	ó8(-1)	ó9(-1)	ó10(-1)	ó11(-1)	ó12(-1)	ó13(-1)	ó14(-1)	ó15(-1)	ó16(-1)	ó17(-1)	ó18(-1)	ó19(-1)	ó20(-1)	ó21(-1)	ó22(-1)	ó23(-1)	ó24(-1)
ó1(-1)	0.8551	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000
ó2(-1)	0.0000	1.0072	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó3(-1)	0.0000	0.0000	0.9356	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó4(-1)	0.0000	0.0000	0.0000	1.0213	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó5(-1)	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.9613	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó6(-1)	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.8296	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó7(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	1.1680	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000
ó8(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.1243	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000
ó9(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	1.2697	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000
ó10(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0223	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000
ó11(-1)	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9775	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000
ó12(-1)	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8308	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000
ó13(-1)	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.7683	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000
ó14(-1)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	1.0729	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000
ó15(-1)	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	1.3240	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó16(-1)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.4521	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó17(-1)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	1.2191	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó18(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.6433	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000
ó19(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.8724	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000
ó20(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0889	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000
ó21(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	1.3354	0.0000	0.0000	0.0000
ó22(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.2409	0.0000	0.0000
ó23(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9582	0.0000
ó24(-1)	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6067
ó25(-1)	0.5993	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000
ó26(-1)	0.0000	0.6852	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó27(-1)	0.0000	0.0000	0.6187	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó28(-1)	0.0000	0.0000	0.0000	0.6771	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó29(-1)	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.6774	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó30(-1)	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.5508	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó31(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.7752	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000
ó32(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7549	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000
ó33(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.8329	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000
ó34(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6735	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000
ó35(-1)	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6715	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
ó36(-1)	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5514	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000
ó37(-1)	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.5346	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000
ó38(-1)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.7173	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000
ó39(-1)	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.8706	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó40(-1)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.9501	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó41(-1)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.7917	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó42(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.4277	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000
ó43(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.6067	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000
ó44(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7293	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000
ó45(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.8745	0.0000	0.0000	0.0000
ó46(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8157	0.0000	0.0000
ó47(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6385	0.0000
ó48(-1)	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4728

Şekil 3.28. Ters Kovaryans Matrisi (1-24)

cov-1	ó25(-1)	ó26(-1)	ó27(-1)	ó28(-1)	ó29(-1)	ó30(-1)	ó31(-1)	ó32(-1)	ó33(-1)	ó34(-1)	ó35(-1)	ó36(-1)	ó37(-1)	ó38(-1)	ó39(-1)	ó40(-1)	ó41(-1)	ó42(-1)	ó43(-1)	ó44(-1)	ó45(-1)	ó46(-1)	ó47(-1)	ó48(-1)
ó1(-1)	0.5993	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000
ó2(-1)	0.0000	0.6852	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó3(-1)	0.0000	0.0000	0.6187	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó4(-1)	0.0000	0.0000	0.0000	0.6771	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó5(-1)	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.6774	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó6(-1)	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.5508	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó7(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.7752	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000
ó8(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7549	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000
ó9(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.8329	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000
ó10(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6735	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000
ó11(-1)	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6715	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000
ó12(-1)	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5514	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000
ó13(-1)	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.5346	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000
ó14(-1)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.7173	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000
ó15(-1)	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.8706	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó16(-1)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9501	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó17(-1)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.7917	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó18(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.4277	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000
ó19(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.6067	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000
ó20(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7293	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000
ó21(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.8745	0.0000	0.0000	0.0000
ó22(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8157	0.0000	0.0000
ó23(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.6385	0.0000
ó24(-1)	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4728
ó25(-1)	0.9592	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000
ó26(-1)	0.0000	1.0552	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó27(-1)	0.0000	0.0000	0.9702	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó28(-1)	0.0000	0.0000	0.0000	1.0623	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó29(-1)	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	1.0441	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó30(-1)	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.8687	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó31(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	1.2176	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000
ó32(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.1478	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000
ó33(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	1.2931	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000
ó34(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0538	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000
ó35(-1)	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0178	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000
ó36(-1)	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8689	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000
ó37(-1)	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.8741	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000
ó38(-1)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	1.1354	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000
ó39(-1)	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	1.3596	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó40(-1)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.4777	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó41(-1)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	1.2212	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
ó42(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.6730	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000
ó43(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.9871	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000
ó44(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.1526	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000
ó45(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	1.3588	0.0000	0.0000	0.0000
ó46(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.2734	0.0000	0.0000
ó47(-1)	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0095	0.0000
ó48(-1)	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8437

Şekil 3.29. Ters Kovaryans Matrisi (25-48)

3.6. İmza Tanımada Kullanılan Metotlar

3.6.1. Bayes Sınıflandırma Algoritması

Bayes teoremi olasılıklar hesabında önemli bir yere sahiptir. Bayes teoremine dayanarak sınıflandırma yapmak mümkündür. Bu teorim asıl amacı bir verinin sınıfının olasılığını tespit etmek için verilen verinin sınıfının koşullu olasılıklarını kullanmaktır. Eğitim kümesindeki olasılık dağılımına dayanarak her bir sınıf için olasılık hesaplanır. Önce her bir özelliğin olasılığı hesaba katılır, bütün özellikler eşdeğer önemde ele alınır ve olasılıklar çarpılır. Verilen bir sınıfın toplam olasılığı hesaba katılır ve özelliklerinin olasılıklarıyla çarpılır. Bu olasılığı maksimum yapan sınıf seçilir (Altunyaprak, 2006).

Bayes Kuralı Denklem 3.12.'deki gibi ifade edilir.

A ve B rastgele olaylar olsun;

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)\,P(A)}{P(B)} \tag{3.12.}$$

$P(A)$: A olayının bağımsız olasılığı (Öncül Olasılık)

$P(B)$: B olayının bağımsız olasılığı

$P(B|A)$: A olayının olduğu bilindiğinde B olayının olasılığı (Şartlı Olasılık)

$P(A|B)$: B olayının olduğu bilindiğinde A olayının olasılığı (Artçıl Olasılık)

Bayes kuralına dayanarak $P(A|B)$'yi maksimum yapan durumlar hesaplanabilir.

" E " A olayının bütün durumlarının kümesi Denklem 3.13. ile hesaplanır.

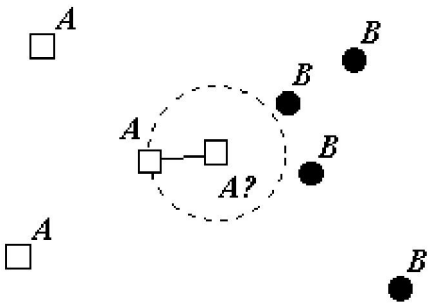
$$A_{max} = argmax\ A \in E\ P(A|B)$$

$$A_{max} = argmax\ A \in E\ P(A|B) = \frac{P(B|A)\,P(A)}{P(B)} \tag{3.13.}$$

3.6.2. En Yakın Komşu Yaklaşımı

Aynı sınıf ile ilişkili olan örüntünün birbirlerine benzer veya yakın oldukları söylenebilir. Aynı sınıf örüntüleri genelde bir bölgede kümeleşirler. Bu durum sınıflandırılmamış örüntünün en yakın komşusu olan örüntünün sınıfına atamamın en olumlu sonucu vereceği değerlendirilmektedir. Basit sınıflandırma kurallarından bu şekilde değerlendiren yaklaşıma En Yakın Komşu Yaklaşımı denilmektedir. Matematiksel olarak Denklem 3.14.'teki gibi ifade edilmektedir. Şekil 3.30.'da de gösterilmektedir. Eğer Denklem 3.14.'teki eşitlik sağlanırsa x_n' , x' in en yakın komşusudur. En yakın komşu yaklaşımı X örüntüsünün sınıfını, X örüntüsüne en yakın olan örüntünün sınıfı olarak belirleme yaklaşımıdır. Sınıfı belirlenen örüntü ile komşu örüntü aynı sınıfa ait değiller ise hata söz konusudur. Bu yaklaşım sadece en yakın komşu ile sınıflandırma yapar, önceden sınıflandırılmış diğer örüntüleri önemsemez (Ünal, 2004).

$$\min d(x_i, x) = d(x_n', x) \tag{3.14}$$



Şekil 3.30 En Yakın Komşu Kuralı (Ünal, 2004).

3.6.3. K En Yakın Komşu Yaklaşımı

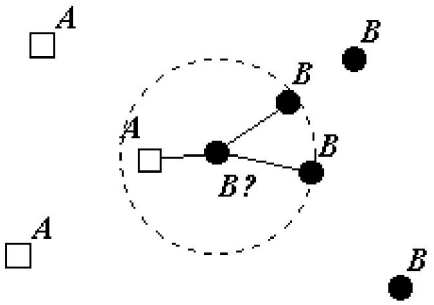
Sınıflandırmada kullanılan bu algoritma sınıflandırılmak istenen imza örüntüsünün daha önceden sınıflandırılmış örüntülerden k tanesinin yakınlığına bakılması esasına dayan bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım, sınıfları belli olan bir örnek kümesindeki gözlem değerlerinden yararlanarak, örneğe katılacak yeni gözlemin hangi

sınıfa ait olduğunu belirlemek amacıyla kullanılır. Şekil 3.31.'deki gibi örnek kümedeki gözlemlerin her birinin, sonradan belirlenen bir gözlem değerine olan uzaklıklarının hesaplanması ve en küçük uzaklığa sahip k sayıda gözlemin seçilmesi esasına dayanmaktadır. Uzaklıkların hesaplanmasında, i ve j noktaları için Denklem 3.15.'teki Öklid uzaklık formülü kullanılabilir (Özkan, 2008).

$$d = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 + (z_i - z_j)^2 \ldots} \qquad (3.15.)$$

Bu yaklaşım uygulanırken k parametresi belirlenir. Bu parametre verilen bir noktaya en yakın komşularının sayısıdır. Söz konusu nokta ile diğer tüm noktalar arasındaki mesafe tek tek hesaplanır. Hesaplanan uzaklıklara göre satırlar sıralanır. Bunlar arasında en küçük olan k tanesi seçilir. Seçilen satıların hangi sınıfa ait oldukları belirlenir. En çok tekrarlanan sınıf değeri seçilir. Seçilen sınıf tahmin edilmesi beklenen imza sınıfı olarak kabul edilmektedir (Değerli, 2011).

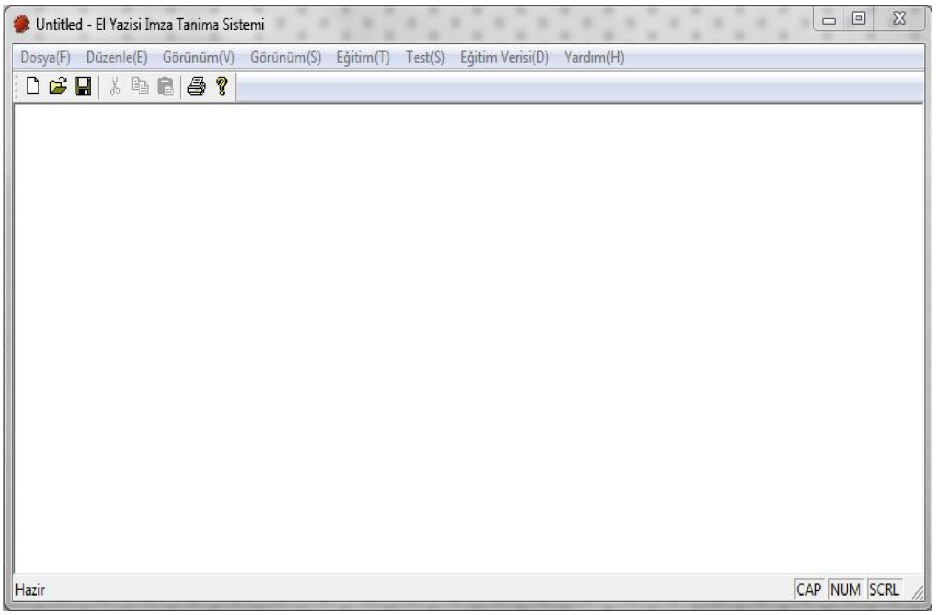
k sayısı seçilirken hatalı sınıflandırmayı azaltacağı için büyük seçilmelidir. Yakın komşuların etkilerinin artırıldığı içinse küçük tutmak yaralı olabilecektir (Ünal, 2004).



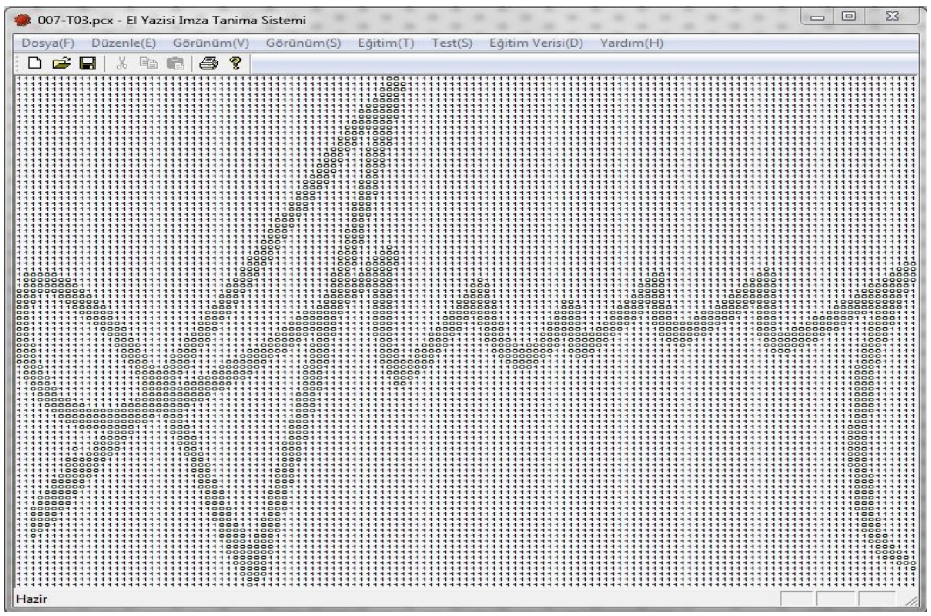
Şekil 3.31 k=3 için k En Yakın Komşu Kuralı (Ünal, 2004).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada imza veri tabanında 20 kişiye ait 20'şer imza olmak üzere toplam 400 imza bulunmaktadır. Hem veri tabanında kullanılacak imzalar ve hem de test imzaları aynı yöntemler ile sayısallaştırılmıştır. İmza tanıma işlemini gerçekleştirmek için kullanılan programın genel görüntüsü Şekil 4.1.'de, önişleme sonrası elde edilen görüntünün program üzerindeki görüntüsü Şekil 4.2.'de gösterilmiştir.

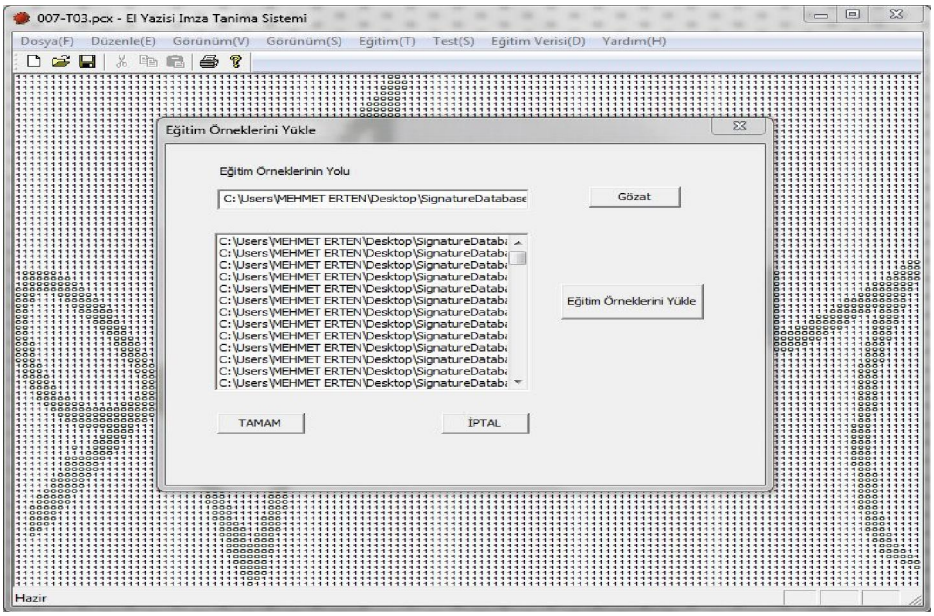


Şekil 4.1 İmza tanıma programının genel görünümü



Şekil 4.2 Ön işlemeden sonraki imza görüntüsünün genel görünümü

İmza tanıma sistemi 80 imza ile test edilmiştir. İmzalar kişilerin gerçek hayatta kullandıkları orijinal imzalardır. İmzaların hepsi gerçektir. İmzalar arasında orijinaline yakın sahte imzalar yer almamaktadır. Tasarlanan sistem sadece tanıma sistemidir. Doğrulama işlemi sistemde yer almamaktadır. Bu sebeple sistemin performansı değerlendirilirken Hatalı Kabul Oranı (FAR) yer almayacaktır. Sistemde sadece kullanılan üç yöntemin Hatalı Ret Oranlarına (FRR) bakılarak performans değerlendirmesi yapılmıştır. Şekil 4.3.'te eğitim verileri yüklendikten sonraki ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.3 İmza veritabanından eğitim örneklerinin programa yüklenmesi

İmza tanıma sisteminde kullanılan ilk yöntem Bayes Sınıflandırma Yöntemi ile test edilen sistem 80 imzadan 25 tanesini tanımada başarısız olmuştur. Sistem bu yöntemi kullanarak %68,75 oranında başarı sağlamıştır. Bir başka deyişle FRR oranı %31,25'tir. Bu oran diğer çalışmalarla kıyaslandığında kabul edilemeyecek oranda yüksek çıkmıştır. Öznitelik vektörlerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler ile sistemin tanıma işlemi için kullanılan Bayes Sınıflandırma Yönteminin uyumlu çalışmadığını söylemek mümkündür. Bu nedenle yöntemin bu çalışmada çıkarılan öznitelik vektörleri ile yüksek oranda tanıma gerçekleştirilmesinin pek mümkün olmadığı söylenebilir.

Xiao ve Leedham, tasarlamış oldukları sistemde Sekiz kişiden on-yirmi arasında imza toplamış ve bunların 6-12 tanesini Bayes sınıflandırıcı eğitimi için kullanmışlardır.

FRR oranı %20 bulmuşlardır. Bu çalışmada gerçekleştirilen sisteminde başarı oranın kabul edilebilir sınırlar içerisinde olmadığı görülmektedir (Leedham ve Xiao, 2002).

İmza tanıma sisteminde kullanılan ikinci yöntem ise k En Yakın Komşu Yöntemidir. Bu yöntem ile test edilen sistem 80 tane imzadan 1 tanesini tanımada başarısız olmuştur. Sistem bu yöntem ile %98,75 oranında başarı sağlamıştır. FRR oranı %1,25'tir. k değerinin değiştirilmesi sistem başarı oranını %100 seviyesine kadar yükselttiği görülmektedir. Test aşamasında k değeri sürekli 5 alınarak test işlemleri gerçekleştirilmiştir.

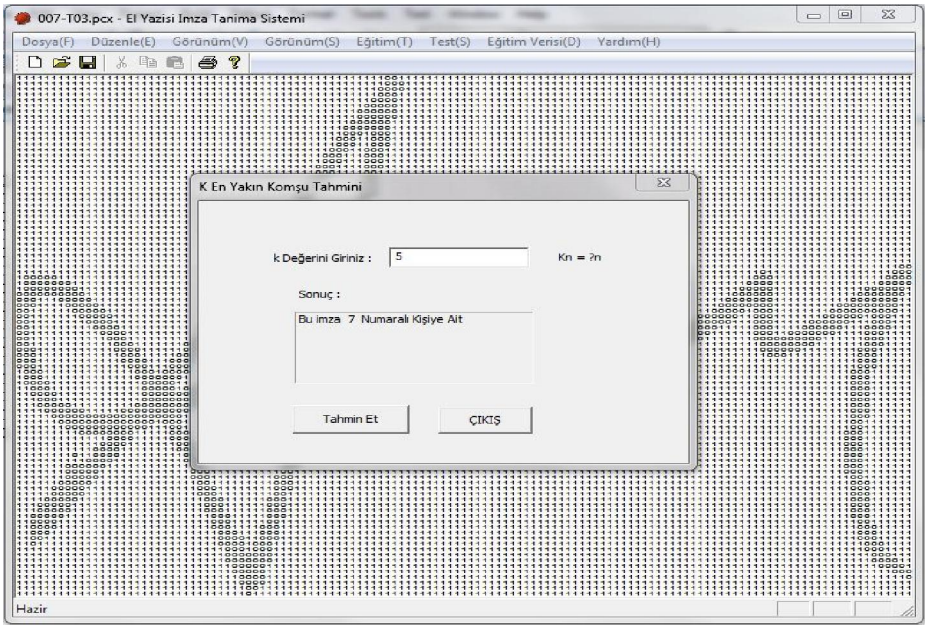
İmza tanıma sisteminde kullanılan üçüncü yöntem ise En Yakın Komşu Yöntemidir. Bu yöntem ile test edilen sistem 80 tane imzadan 3 tanesini tanımada başarısız olmuştur. Sistem bu yöntem ile %96,25 oranında başarı sağlamıştır. FRR oranı %3,75'tir.

Chen En Yakın Komşu yöntemini kullanarak gerçekleştirdiği imza tanıma sisteminde sistemin başarı oranın %92 olduğunu belirtmiştir. Bu orana kıyasla gerçekleştirdiğimiz sistemin daha yüksek oranda imza tanıma işlemi gerçekleştirdiğini söyleyebiliriz.

Bu çalışmada kullanılan yöntemlerden güvenirliliği en iyi olan yöntem k parametresinin değiştirilmesi ile esneklik sağlayan k en yakın komşu yöntemi olmuştur. En yakın komşu yöntemi ise Bayes sınıflandırma yöntemine göre daha iyi performans göstermiştir. Çizelge 4.1.'de kullanılan yöntemlerin hatalı ret oranları ve Şekil 4.4.'de kullanılan yöntem ile tanıma sonucu gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Kullanılan Yöntemlerin Hatalı Ret Oranları

Sınıflandırıcı Yöntemi	FRR (Hatalı Ret Oranı)
Bayes	% 31,75
En Yakın Komşu	% 3,75
K- En Yakın Komşu (k=5)	% 1,25



Şekil 4.4 k En Yakın Komşuluk Yöntemiyle imza tanıma işlemi

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada Bayes, en yakın komşu ve k en yakın komşu sınıflandırma algoritmaları kullanılarak kişilerden alınan imzalar ile mümkün olduğunca yüksek doğrulama oranı ile imza tanıma sistemi tasarlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla hazır veri tabanlarını kullanmak yerine kişilerin günlük hayatta kullandıkları orijinal imzalardan oluşan bir veri tabanı oluşturulmuştur. Belirli bir zaman sonra yine aynı kişilerden topladığımız imzalar ile sistemin tanıma oranı test edilmiştir. Kişilerden toplanan imzaların sayısallaştırılması yapılmıştır. Bu aşamadan sonra çeşitli ön işleme yöntemleri kullanarak resim gereksiz alanlardan ve sistemin performansını etkileyecek gürültülerden arındırılmıştır. Daha sonra çeşitli yöntemler kullanılarak imzalara ait öznitelik vektörleri oluşturulmuştur. Oluşturulan öznitelik vektörleri kullanılarak karşılaştırma yapılmış ve sistemin karar vermesi sağlanmıştır. Gerek öznitelik vektörlerinin elde edilmesiyle ilgili yöntemler gerek karar verme aşamasında kullanılan yöntemler sonucunda çalışmada alınan önemli sonuçlar şunlardır:

İmza davranışsal bir biyometrik özellik olduğundan imza atma aşaması, kullanıcının o anki ruh haline, özellikle de acelesi olup olmadığına bağlı olarak değişmektedir. Bu da imza tanıma sisteminde çözülmesi gereken en temel problemdir. Çevrimdışı sistemler atılan imzayı sadece desen olarak incelemektedir. Oysaki çevrimiçi sistemlerde kişi desen olarak aynı imzayı atsa bile imzanın hızı, ivmesi, kalemin basım şiddeti, kalemin kaç kez yerden kaldırıldığı gibi parametrelerde kullanılarak imza tanıma ve doğrulama işlemini gerçekleştirir. Çevrimdışı sistemlerin kullanılmasının sebebi ise tarayıcı dışında ek bir donanıma ihtiyaç duymamasından kaynaklanmaktadır. Burada tasarlanan sistemde hem görüntü kaydedici tablet hem de bir tarayıcı ile çalışılmıştır. Tarayıcı kişinin imzasının alınarak sayısallaştırma işleminde kullanılmıştır.

Çalışma için oluşturulan veri tabanında 20 kişiye ait 20'şer imza olmak üzere toplam 400 imza bulunmaktadır. Hem veri tabanında kullanılacak imzalar ve hem de test imzaları aynı yöntemler ile sayısallaştırılmıştır. Böylelikle sistem performansı daha verimli bir şekilde test edilmiştir.

İmza tanımada sistemin karşılaştığı en temel problem imzayı aynı kişi atmasına rağmen çeşitli sebeplerden dolayı imzada meydana gelen deformasyonlardır. Sistemin

bu imzaları tanıma aşamasında başarılı olması için esnek olarak programlanan sistem bazı imzalarda ise yanlış sonuçlar vermektedir.

İmza tanıma sistemlerinde öznitelik çıkarımı aşamasında birçok yöntem mevcuttur. Bu çalışmada genellikle karakter tanımada kullanılan ET1 ve DT12 Çevresel Özellikler yöntemi imza tanıma sistemine başarıyla uygulanmıştır. Bu yöntemle elde edilen vektörler maksimum olabilirlik tahmini yöntemiyle her bir sınıf ortalamaları bulunduktan sonra kovaryans ve ters kovaryans matrisi oluşturularak karar verme aşamasında kullanılmak üzere öz nitelik vektörleri oluşturulmuştur.

Sistemin karar verme aşamasında ise 3 yöntem kullanılarak tanıma gerçekleştirilmiştir. Bunlardan ilki Bayes Sınıflandırma algoritmasıdır. Bu sistem diğer kullanılan en yakın komşu ve k en yakın komşu yöntemine oranla daha düşük bir başarı oranı göstermiştir. K en yakın komşu yöntemi ise en yakın komşu yöntemine oranla daha yüksek bir başarı oranı göstermiştir. K parametresinin ihtimalleri sınırlamasından dolayı bu yöntemin performansının diğer yöntemlere oranla daha yüksek olduğu söylenebilir.

5.2 Öneriler

Daha büyük imza veri tabanları seçilerek sistemin FAR ve FRR oranlarını test edilmesi ve daha iyi başarı oranlarının elde edilmesi için araştırılmalıdır.

ET1 ve DT12 çevresel özellikleri yöntemi kullanılarak çıkarılan öznitelik vektörleri ile diğer sınıflandırma algoritmaları ile daha iyi başarı oranları elde edilmesi için geliştirilebilir.

Oluşturulan veri tabanı kişilerin günlük hayatta kullandıkları imzalardan oluştuğundan orijinaline yakın sahte imzalar ile sistemin test edilmesi kuşkusuz daha kararlı ve daha verimli çalıştığının göstergesi olacaktır.

Diğer sınıflandırma algoritmaları ve eğitim algoritmaları araştırılarak sisteme uygulanması durumda sistemin performansını daha üst düzeylere çıkarılabilir.

6. KAYNAKLAR

Abbas, R., 1994, Backpropagation Networks Prototype For Ofline Signature Verification, Yüksek Lisans Tezi, FDept. Of Comp. Sc. RMIT, Melbourne.

Altun, A.A., 2007, Esnek Hesaplama Yöntemleri İle Otomatik Parmakizi Tanıma, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Altun, A.A., 2012, A combination of Genetic Algorithm, Particle Swarm Optimization and Neural Network for Palmprint Recognition, Neural Computing & Applications (ISI) , , DOI: 10.1007/s00521-011-0800-6

Altunyaprak, C., 2006, Bayes Yöntemi Kullanılarak İstenmeyen Elektronik Postaların Filtrelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Muğla Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Muğla, 29-30.

Anonim, 2007, Geçiş Kontrol Sistemleri Montajı, MEGEP Yayınları, Ankara, 110.

Anonim, 2010, Fiziksel Özelliklerden Yararlanarak Kimlik Tespit Etme, http://www.elektrik.gen.tr/icerik/fiziksel-%C3%B6zelliklerden-yararlanarak-kimlik-tespit-etme [Ziyaret Tarihi: 19 Aralık 2010].

Anonim, 2011, BMP'den TIF'e Resim Dosyası Formatları-III, http://www.photoshopmagazin.com/dergi/2007/06/bmp39den_tiff39e_resim_dosyasi_formatlari_iii.html [Ziyaret Tarihi: 12 Aralık 2011].

Anonim, 2011a, Sabancı Üniveristesi Biyomerik Araşatırmalar Grubu, http://biometrics.sabanciuniv.edu/Turkce.html [Ziyaret Tarihi: 10 Aralık 2011].

Anonim, 2012, Biyometri Nedir? Nasıl Kullanılır?, http://www.turkeyforum.com/satforum/archive/index.php/t-202.html [Ziyaret Tarihi: 1 Ocak 2012].

Anonim, 2012a, Görüntü İşlemenin Temel Basamakları, http://www.goruntuisleme.org/2011/index.php?option=com_content&view=article&id=68:goeruentue-lemenin-temel-basamaklar-&catid=34:goeruentue-leme-teknikleri&Itemid=53 [Ziyaret Tarihi: 6 Ocak 2012].

Bektaş, G.A., 2010, Biyometrik Güvenlik Sistemleri, Çankaya Üniversitesi, http://ari.cankaya.edu.tr/~buz/courses/ag_guvenligi/proje/Biyometrik_bektas.doc [Ziyaret Tarihi: 14 Mart 2012].

Bilgin, M., 2008, Biyometrik Seçim Sistemi Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi,Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Chaudhury, S., Bajaj, R., 1997, Signature Verification Using Multiple Neural Classifiers, Pattern Recognition, 30 (1), 1-7.

Chen, S., 2006 off-line automatic signature verification techniques: flexible template matching approaches, Doktora Tezi, Faculty of the Graduate School of The State University of New York, New York.

Çikoğlu, S., 2003, Yapay sinir ağları ile imza tanıma, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.

Daş, M.T., 2008, Design and implementation of biometric recognition using off-line signature analysis, Doktora Tezi, Gaziantep Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gaziantep.

Değerli O., 2011, En Yakın K-Komşu Algoritması, http://www.onurdegerli.com.tr/2011/03/15/en-yakin-k-komsu-algoritmasi-k-nearest-neighbor-algorithm/ [Ziyaret Tarihi: 1 Ocak 2012].

Dehghan, M., Faez, K., Fathi, M., 1997, Signature Verification Using Shape Descriptors And Multiple Neural Networks, Speech and Image Technologies for Computuing and Telecommunications, Brisbane, Avustralya, 1, 415-418.

Deng P.S., Liao H.Y.M., Ho C.W., Tyan H.R., 1999, wavelet-based off-line handwritten signature verification, Computer vision and image understanding, 76 (3), 173-190.

Duygulu, P., 2011, El Yazısı Tanıma, Bilkent Üniversitesi, http://www.cs.bilkent.edu.tr/~duygulu/papers/BilisimAnsiklopedisi.pdf [Ziyaret Tarihi: 4 Kasım 2011].

Fang B., Leung C.H., Tang Y.Y., Kwok P.C.K., Tse K.W., Wong Y.K. 2002, Offline siganture verification with generated training samples, IEE Proc. Image Signal Process., Cilt 149, No 4.

Faundez-Zanuy M., 2007, On-line signature recognition based on VQ-DTW, Pattern Recognition, 40 (3), 981-992.

Fierrez-Aguilar, J., Nanni, L., Lopez-Penalba, J., Ortega Garcia, J., Maltoni, D., 2004, An Off-line Signature Verification System Based On Fusion Of Local And Global Information., Lecture Notes in Computer Science, 3087, 295-306.

Furui, S. 1997. Recent advances in speaker recognition. Audio and video- based Biometric Person Authentication, LNCS 1206, Germany,237-252.

Hong, L. and Jain A.K. 1998. Integrating Faces and Fingerprints for Personal Identification. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 20(12), 1295-1307.

Huang, K., Yan, H., 1997, Off-line Signature Verification Based On Geometric Feature Extraction And Neural Network Classification, Pattern Recognition, 30 (1), 9-17.

İsmail M.A., Gad, S., 2000, Off-line Arabic Signature Recognition and Verification, Pattern Recognition, 33 (10), 1727-1740.

Jain, A.K., Ross, A., Prabhakar, S., 2004, An Introduction to Biometric Recognition, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology (Special Issue on Image- and Video-Based Biometrics), 14 (1).

Jain, L.C., Halici U., Hayashi I., and Lee S.B. 1999a. Intelligent Biometric Techniques in Fingerprint and Face Recognition, CRC Press, Boca Raton, FL.

Johnson P.L.B., 2003, PCX Graphics File Format, University of Illinois, http://courses.engr.illinois.edu/ece390/books/labmanual/graphics-pcx.html [Ziyaret Tarihi: 25 Kasım 2011].

Kaewkongka, T., Chamnongthai, K., Thipakorn, B., 1999, Off-Line Signature Verification And Recognition By Support Vector Machine, Fifth International Symposium on Signal Processing and its Applications, Brisbane, Australia, 451-454.

Kaini, V., Pourreza, R., Pourreza, 2009, H. R., Offline Signature Verification Using Local Radon Transform And Support Vector Machines, International Journal of Image Processing, Malezya, 3 (5), 184-194.

Kashi R.S., Hu J., Nelson W.L., Turin W., 1997, On-line Handwritten Signature Verification using Hidden Markov Model Features, Proceedings of the Fourth International Conference, Ulm-Almanya, 253-257.

Kaymaz, S., 2010, Çevrimdışı imza tanıma, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kholmatov, A, Yanıkoğlu, B., 2006, SigSA Online Handwritten Signature Database, Elsevier Scinece.

Kholmatol, A.A., 2003, Biometric identity verification using on-line off-line signature verifıcation, Yüksek Lisans Tezi, Sabancı Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Koçer, H.E., 2007, İris Desenin Yapay Zeka Yöntemleri iel Tanınması,Doktara Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Leedham, G., Xiao, X., 2002, Signature Verification Using a Modified Bayesian Network, Pattern Recognition, 35 (5), 983-995.

Lejtman, D.Z., George, S.E., 2001, On-line handwritten signature verification using wavelets and back-propagation neural networks, Proceedings Sixth International Conference, Washington, 992-996.

Munich M.E., Perona P., 1998, Camera-Based ID Verification by Signature Tracking, In Proceedings of the 5th European Conference on Computer Vision EECV'98, Freiburg, Germany,782-796.

Nabiyev, V., Ekinci, M., Öztürk, Y. 2003, Avuçiçi Çizgilerine Göre Biyometrik Tanıma, Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği 10. Ulusal Kongresi, 535-538.

Osman, T.A.E.M., 2009, A neural-network-based online signature verification system using vector auto regressive modeling and a novel velocity segmentation scheme, Doktora Tezi, ECE Department University of Detroit Mercy, Detroit.

Önen Yıldız, H. G.,(2010) Avuçiçi Esaslı Biyometrik Kimlik Tanımlama ve Doğrulama,Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Özgündüz, E., Şentürk, T., Karslıgil, M.E., 2005, Off-Line Signature Verification And Recognition By Support Vector Machine, P13th European Signal Processing Conference, Antalya.

Özkan, Y., 2008, Veri Madenciliği Yöntemleri, Papatya Yayıncılık Eğitim, İstanbul.

Özkaya N. , Sağıroğlu Ş, 2007, "Parmak İzinden Yüz Tanıma", Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi.

Saday, T., Akhan N., 2003, Akademik Bilişim 2003, Adana Çukurova Üniversitesi Bildiri, 46.

Sönmez Battini E.; Özbek N.Ö.; Özbek Ö., 2000 Avuç izi ve Parmak İzine Dayalı Bir Biyometrik Tanıma Sistemi, İstanbul Bilgi Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Bölümü, İstanbul.

Srihari, S.N., Cha, S., Arora, H. and Lee, S. 2002. Individuality of handwriting, Journal of Forensic Sciences, 47(4).

Süslüoğlu M., 2012, Kriminalistikte Yürüyüş Biyometrisi, http://mehmetsusluoglu.blogspot.com/2011/08/kriminalistikte-yuruyus-biyometrisi.html [Ziyaret Tarihi: 6 Ocak 2012].

Şamlı, R., Yüksel M.E., 2009, Biyomerik Güvenlik Sistemleri, Akademik Bilişim 2009, Şanlıurfa Harran Üniversitesi, Bildiri No:102.

Şekerci, M., 2007, Birleşik ve Eğik Türkçe El Yazısı Tanıma Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

Şenol, C., Yıldırım, T., 2004, Standart ve Hibrid Yapılar Kullanarak Yapay Sinir Ağları ile İmza Tanıma, ELOCO Elektrik – Elektronik – Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, Bursa.

Taştan H., 2011, Nokta Tahmin Yöntemleri, Yıldız Teknik Üniversitesi, http://www.yildiz.edu.tr/~tastan/teaching/tahminyont_slides.pdf [Ziyaret Tarihi: 1 Ocak 2012].

Uğurlu M., Kaçan K., Türkyılmaz İ., 2010, Bilgi Güvenliğinde El Yazısı, Akademik Bilşim 2010 , Muğla Üniversitesi.

Umeda M., 1982, Recognition of multi-font printed Chinese characters, Proceedings ofthc 6th lntcmational Conference on Pattem recognition, Munich, 793-796.

Übeyli E.D., 2007, Biyomedikal İşaretlerin Sınıflandırılmasında Otomatik Teşhis Sistemlerinin Başarımı, Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Dergisi, Cilt 22, No 3, 461-469.

Ünal Ö., 2004, En Yakın Komşu Yaklaşımı, Hacettepe Üniversitesi, http://web.cs.hacettepe.edu.tr/~oner/sunum/index.php?page=teori [Ziyaret Tarihi: 1 Ocak 2012].

Yavuz, M.F., 2007, İstemli olarak değiştirilmiş imzalar ve yazılar, http://www.abider.org/docum/204.pdf [Ziyaret Tarihi: 4 Kasım 2011].

Yozgat, M., 2003, Bilgisayarda Parmak İzi Tanıma, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Yumuşak, N., Temurtaş, F., Çikoğlu, S., 2004, İmza Tanıma Probleminde Kullanılan Yapay Zeka Algoritmalarına Bir Bakış, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, 59-68.

TDK, 2011, Türk Dil Kurumu, www.tdk.gov.tr [Erişim Tarihi: Haziran 2011].

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	:	Mehmet ERTEN
Uyruğu	:	TC
Doğum Yeri ve Tarihi	:	Ilgın – 23/07/1984
Telefon	:	536 996 75 75
Faks	:	-
e-mail	:	mehmeterten@hotmail.com.tr

EĞİTİM

Derece		Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:	Ilgın Yabancı Dil Ağırlıklı Lise, Ilgın, Konya	2002
Üniversite	:	Selçuk Üniveristesi Teknik Eğitim Fakültesi Bilgisayar Sistemleri Öğretmenliği, Selçuklu, Konya	2007

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2007-2009	Bolvadin Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi	Bilişim Teknolojileri Öğretmeni
2009-2010	Palandöken İlköğretim Okulu	Bilişim Teknolojileri Öğretmeni
2010- 2011	Ilgın Şehit B. Harun Çoban Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi	Bilişim Teknolojileri Lab. Şefi
2011-	Ilgın Şehit B. Harun Çoban Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi	Bilişim Teknolojileri Alan Şefi

UZMANLIK ALANI

Web Tasarımı ve Programlama (PHP, MySql, Photoshop, Fireworks, Flash, C#, C++)

YABANCI DİLLER

İngilizce (Intermediate)