

**T.C.**  
**BEYKENT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**YAPAY ZEKA UYGULAMALARI: YÜZ TANIMA**  
(Yüksek Lisans Tezi)

**Tezi Hazırlayan: ŞENOL HAZAR**

**İSTANBUL, 2007**

**T.C.**  
**BEYKENT ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**  
**BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ TEZLİ YÜKSEK LİSANS PROGRAMI**

**YAPAY ZEKA UYGULAMALARI: YÜZ TANIMA**  
(Yüksek Lisans Tezi)

Hazırlayan:  
Şenol HAZAR  
Öğrenci No:  
050820013

Danışman:  
Prof. Dr. Ali OKATAN

İSTANBUL, 2007

**YEMİN METNİ**

Sunduğum yüksek lisans tezimi, akademik etik ilkelerine bağlı kalarak, hiç kimseden akademik ilkelere aykırı bir yardım almaksızın bizzat kendimin hazırladığına and içerim.  
07/10/2007

Aday: Şenol HAZAR

## YAPAY ZEKA UYGULAMALARI: YÜZ TANIMA

ŞENOL HAZAR

### ÖZET

Yapay zeka ifadesi ilk olarak “ akıllı makinelerin kullanım bilimi ve mühendisliği” anlamında, John McCarthy tarafından kullanılmıştı. YZ, bilgisayar teknolojisi alanı içinde örtüşerek çalışan, felsefi, soyut düşünce, mühendislik ve akıllı hareket dağıtımı ile birlikte, bilgisayar ve isteğe bağlı olarak çalışan makinelerle uyum sağlar.

Araştırmada, YZ’ nin üretilen makinelerle ilgili makineleştirme talimatlarını ve akıllı hareketlerini gerektirmektedir. Örneğin, kontrol, planlama ve zamanlama çizelgelemesi, tüketici soruları ve cevap teşhis yeteneği, el yazısı, doğal dil, konuşma ve yüz tanıma. Bunun gibi YZ’ nin çalışması, aynı zamanda mühendisli disiplinin oluşturulması, gerçek hayat sorunlarının çözümleri odaklı bilgi oluşturma, yazılım uygulamaları ve diğer video oyunları, bilgisayar satrancı gibi strateji oyunlarını içermektedir. YZ’ nin en büyük sorunlarından biri kavrama’dır. Bazı aygıtların meydana getirilmesinde şaşılacak şeyler olmakta, fakat yapay zeka talebinde bulunan eleştirmenler YZ makinelerini üreten yerlerin güncel kavrama yapmadıklarını belirtmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay Zeka, Yüz Tanıma, Yapay Sinir Ağları, MATLAB, Örüntü Tanıma.

## ABSTRACT

The term **Artificial Intelligence (AI)** was first used by John McCarthy who used it to mean "the science and engineering of making intelligent machines". AI is studied in overlapping fields of computer science, psychology, philosophy, neuroscience, and engineering, dealing with intelligent behavior, learning, and adaptation and usually developed using customized machines or computers.

Research in AI is concerned with producing machines to automate tasks requiring intelligent behavior. Examples include control, planning and scheduling, the ability to answer diagnostic and consumer questions, handwriting, natural language, speech, and face recognition. As such, the study of AI has also become an engineering discipline, focused on providing solutions to real life problems, knowledge mining, software applications, and strategy games like computer chess and other video games. One of the biggest difficulties with AI is that of "comprehension". Many devices have been created that can do amazing things, but critics of AI claim that no actual comprehension by the AI machine has taken place.

**Key Words:** Artificial Intelligence(AI), Face Recognition, Artificial Neural Networks, MATLAB, Pattern Recognition.

T.C.  
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ  
TEZİ YÜKSEK LİSANS TEZ SINAV TUTANAĞI

18 /10/2007

Enstitümüz Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Bilgisayar Mühendisliği Bilim Dalı yüksek lisans öğrencilerinden **050820013** numaralı **Şenol HAZAR**'ın "Beykent Üniversitesi Lisansüstü Eğitim - Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddesine göre hazırlayarak, Enstitümüze teslim ettiği "**SAVUNMA SANAYİİNDE YAPAY ZEKA UYGULAMALARI: YÜZ TANIMA SİSTEMİ**" başlıklı tezi, Yönetim Kurulumuzun .11 .2007 tarih ve 2007/ sayılı toplantısında seçilen ve Fakülte binasında toplanan biz jüri üyeleri huzurunda, ilgili yönetmeliğin (c) bendi gereğince ( ) dakika süre ile aday tarafından savunulmuş ve sonuçta adayın tezi hakkında **Oyçokluğu/Oybirligi** ile **Kabul/Red veya Düzeltme** kararı verilmiştir.

İşbu tutanak, 1 nüsha olarak hazırlanmış ve Enstitü Müdürlüğü'ne sunulmak üzere tarafımızdan düzenlenmiştir.

DANIŞMAN  
Prof.Dr. Ali OKATAN

ÜYE  
Prof.Dr. Esat HAMZAOĞLU

ÜYE  
Yrd.Doç.Dr. Gökhan SİLAHTAROĞLU

Tutanağı Tanzim Eden  
Juri Başkanı  
Prof.Dr. Ali OKATAN

*Not 1: Jüri üyeleri söz konusu tezin kendilerine teslim edildiği tarihten itibaren en geç 1 ay içinde toplanarak öğrenciyi tez sınavına alır. Tez sınavı, tez çalışmasının sunulması ve bunu izleyen soru cevap bölümünden oluşur. Sınav süresi en az 45, en çok 90 dakikadır.*

*Not 2: Tez sınavının tamamlanmasından sonra, jüri tez hakkında salt çoğunlukla (kabul), (red) veya (düzeltme) kararı verir. Bu karar ilgili anabilim dalı başkanlığınca tez sınavını izleyen 3 gün içinde ilgili Enstitüye tutanakla bildirilir. Tezi reddedilen öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir. Tezi hakkında düzeltme kararı verilen öğrenci en geç 3 ay içinde gereğini yaparak tezini aynı jüri önünde yeniden savunur. Bu savunma sonunda da tezi kabul edilmeyen öğrencinin Enstitü ile ilişkisi kesilir.*

T.C.  
BEYKENT ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ  
TEZİ YÜKSEK LİSANS TEZ SINAV TUTANAĞI

/ /

Enstitümüz Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı Bilgisayar Mühendisliği Bilim Dalı yüksek lisans öğrencilerinden **050820013** numaralı **Şenol HAZAR**'ın "Beykent Üniversitesi Lisansüstü Eğitim - Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddesine göre hazırlayarak, Enstitümüze teslim ettiği "**SAVUNMA SANAYİİNDE YAPAY ZEKA UYGULAMALARI: YÜZ TANIMA SİSTEMİ**" başlıklı tezi, Yönetim Kurulumuzun .11.2007 tarih ve 2007/ sayılı toplantısında seçilen ve Fakülte binasında toplanan biz jüri üyeleri huzurunda, ilgili yönetmeliğin (c) bendi gereğince ( ) dakika süre ile aday tarafından savunulmuş ve sonuçta adayın tezi hakkında **Oyçokluğu/Oybirliği** ile **Kabul/Red veya Düzeltme** kararı verilmiştir.

İşbu tutanak, 4 nüsha olarak hazırlanmış ve Enstitü Müdürlüğü'ne sunulmak üzere tarafımızdan düzenlenmiştir.

DANIŞMAN  
Prof.Dr. Ali OKATAN

ÜYE  
Prof.Dr. Esat HAMZAOĞLU

ÜYE  
Yrd.Doç.Dr. Gökhan SİLAHTAROĞLU

## ŞEKİL LİSTESİ

|   |    |
|---|----|
| Şekil 1 : Askeri Alanda Örnek Bir Görüntü İşleme Uygulaması.....            | 21 |
| Şekil 2 : Askeri Alanda Örnek Bir Görüntü İşleme Uygulaması.....            | 21 |
| Şekil 3 : AWACS.....  | 23 |
| Şekil 4 : AC-130U Spooky.....   | 23 |
| Şekil 5 : Apache.....   | 24 |
| Şekil 6 : Neuron.....   | 26 |
| Şekil 7 : Dudak Biçimleri.....  | 33 |
| Şekil 8 : Sol Göz Biçimleri.....  | 33 |
| Şekil 9 : Yüz Organları Oranları.....                                       | 36 |
| Şekil 10 : Kadın ile Erkek Yüzü Arasında Orantısal Farklar.....             | 38 |
| Şekil 11 : Fujiyama'nın Averaj Yüz Hesaplaması.....                         | 38 |
| Şekil 12 : Örüntü Tanıma.....   | 39 |
| Şekil 13 : Göz ve İris.....   | 43 |
| Şekil 14 : BAE iris tanıma sisteminin başarıım grafiği.....                 | 45 |
| Şekil 15 : Çizgilerin bitimi ve ayrışması.....                              | 47 |
| Şekil 16 : Diğer parmak izi karakteristikleri.....                          | 47 |
| Şekil 17 : Eğitim kümesi.....   | 51 |
| Şekil 18 : Averaj Yüz.....  | 52 |
| Şekil 19 : Bir veritabanındaki yüz resimleri.....                           | 56 |
| Şekil 20 : 170 farklı resimin 5 sınıfa PCA tabanlı alt uzayda dağılımı..... | 56 |
| Şekil 21 : D-LDA- tabanlı dağılım.....                                      | 57 |
| Şekil 22 : DF-LDA- tabanlı dağılım.....                                     | 57 |
| Şakil 23 : Alt uzaylara ayırma işlemi.....                                  | 59 |
| Şekil 24 : Eigen value değerlerinin iki alt-uzayda dağılımı.....            | 59 |
| Şekil 25 : 3 Boyutlu Model Yaratımı.....                                    | 60 |
| Şekil 26 : Farklı yapay modeller.....                                       | 61 |
| Şekil 27 : Örnek Yüz Saptama Mimarisi.....                                  | 61 |
| Şekil 28 : Bileşenlerin Saptanması.....                                     | 62 |
| Şekil 29 : Bileşenlerin Birleştirilmesi.....                                | 64 |
| Şekil 30 : Yüz tanıma işlemi.....   | 66 |
| Şekil 31 : Sonuçlar.....  | 66 |
| Şekil 32 : Sonuçlar.....  | 67 |
| Şekil 33 : Sonuçlar.....  | 67 |
| Şekil 34 : Sonuçlar.....  | 68 |
| Şekil 35 : Sonuçlar.....  | 68 |
| Şekil 36 : Matlab Ortamı.....   | 74 |
| Şekil 37 : Grafik Ortamı.....   | 75 |
| Şekil 38 : Görüntü İşleme.....  | 76 |
| Şekil 39 : Eigen Faces.....   | 77 |
| Şekil 40 : Ortalama Resim.....  | 78 |
| Şekil 41 : Eigen vektör değerleri.....                                      | 79 |
| Şekil 42 : Kolay senaryo.....   | 89 |
| Şekil 43 : Kolay Senaryo.....   | 89 |
| Şekil 44 : Zor Senaryo.....   | 89 |
| Şekil 45 : Zor Senaryo.....   | 90 |



**TABLO LİSTESİ**

|   |    |
|---|----|
| Tablo 1 : Bazı hayvanların beyin ağırlıkları.....                             | 10 |
| Tablo 2 : Bazı hayvanların beyin ağırlığı/vücut ağırlığı oranı yüzdeleri..... | 10 |
| Tablo 3 : Kugelmass Seviyeleri.....   | 14 |
| Tablo 4 : Biyometrik özellikler ve kullanılabilirlik.....                     | 41 |
| Tablo 5 : Yüz tanıma uygulamaları.....  | 48 |

## İÇİNDEKİLER

|  |     |
|--|-----|
| JÜRİ SAYFASI.....  | I   |
| YEMİN METNİ .....  | II  |
| ÖZET.....  | III |
| ABSTRACT.....  | IV  |
| TABLO LİSTESİ.....   | V   |
| ŞEKİL LİSTESİ.....   | VI  |
| 1. GİRİŞ.....  | 1   |
| 2. YAPAY ZEKA, YSA VE ASKERİ UYGULAMALARDA YAPAY ZEKA..... | 2   |
| 2.1 Yapay Zekanın Tarihçesi ve Yapay Zeka.....             | 3   |
| 2.1.1 Yapay Zekanın Tanımı.....                            | 5   |
| 2.1.2 Zeka.....  | 6   |
| 2.1.3 Genel Zeka Testi.....                                | 11  |
| 2.2 Yapay Sinir Ağları.....                                | 18  |
| 2.2.1 Doğrusal Olmama.....                                 | 18  |
| 2.2.2 Öğrenme.....   | 18  |
| 2.2.3 Genelleme.....                                       | 19  |
| 2.2.4 Uyarlanabilirlik.....                                | 19  |
| 2.2.5 Hata Toleransı.....                                  | 19  |
| 2.3 Yapay Zekanın ve YSA' nın Askeri Alanda Kullanımı..... | 20  |
| 3. ÖRÜNTÜ TANIMA VE BİYOMETRİ.....                         | 28  |
| 3.1 Örüntü Tanıma.....                                     | 28  |
| 3.2 Biyometri.....   | 40  |
| 4. YÜZ TANIMA.....   | 48  |

|            |  |           |
|------------|--|-----------|
| <b>4.1</b> | <b>Yüz Tanıma Nedir?.....</b>                                | <b>48</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Yüz Algılama Nedir?.....</b>                              | <b>48</b> |
| <b>4.3</b> | <b>Yüz Tanıma ile Yüz Algılama Arasındaki Fark.....</b>      | <b>49</b> |
| <b>4.4</b> | <b>Yüz Tanımda Kullanılan Algoritmalar.....</b>              | <b>49</b> |
| 4.4.1      | PCA (Eigenfaces) Yöntemi.....                                | 49        |
| 4.4.2      | LDA Tabanlı Algoritmalar (Linear Discriminant Analysis)..... | 52        |
| 4.4.3      | Bayesian Yüz Tanıma Metodu.....                              | 57        |
| 4.4.4      | ICA (Independent Component Analysis).....                    | 63        |
| <b>5.</b>  | <b>MATLAB.....</b>   | <b>69</b> |
| 5.1        | MATLAB.....  | 69        |
| <b>6.</b>  | <b>YÜZ TANIMA UYGULAMALARI.....</b>                          | <b>77</b> |
| 6.1        | Eigen Faces Yöntemi ile Yüz Tanıma Sistemi-1.....            | 77        |
| <b>7.</b>  | <b>SONUÇ.....</b>  | <b>88</b> |
| <b>8.</b>  | <b>KAYNAKÇA.....</b>   | <b>88</b> |

## 1. GİRİŞ

Yapay zeka günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Yapay zekanın gelişimi ile beraber yapay zekanın askeri alanda kullanımı da yaygınlaşmaktadır. Mayın arama, hedef saptama vb. gibi birçok askeri işlemlerde yapay zekanın gelişiminden faydalanılmaktadır. Özellikle güvenlik tabanlı uygulamalar ülkeler için birincil öncelikte yer almaktadır. Yapay zekanın uygulama alanlarından biri olan yüz tanıma sistemleri gerçekleştirimi de bu uygulamalar içine girmektedir.

Hazırlanan tez çalışmasında ilk olarak yapay zekanın antik çağdan bugüne kadar olan gelişim evreleri ve günümüz teknoloji düzeyine nasıl ulaşıldığı tarihsel kişiliklerin yaptığı çalışmalar doğrultusunda ele alınmıştır. Ayrıca yapay zeka ve doğal zekanın tanımları yapılarak, insan beyni ile bilgisayarlar arasındaki farklılıklar değerlendirilmiştir. Yapay zekanın askeri alanda nasıl uygulandığı hakkında genel bir bilgi vermeden önce zeka testleri yardımıyla insan zekası ve yapay zekanın değişik sorulara verdiği tepkilerin araştırılması hakkında bilgi edinilmiştir. Bu safhadan sonra yapay zekanın askeri alanda nasıl uygulandığı ve biyometrik sistemlere değinilmiştir. Biyometrik sistemler, güvenliğin sağlanması açısından gün geçtikçe daha ileri seviyede uygulanmaktadır. Son zamanlarda bilhassa gelişmiş ülkelerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Biyometrik sistemlerden retina tarama, ne kadar güvenilir olursa olsun, birçok kişi gözüne lazer tutulmasını reddettiği için güvenilirliğinin anlamı kalmamaktadır. Ancak parmak izi en çok bilinen ve uygulanan biyometriktir. Bilhassa kendine haslığı ve tutarlılığı dolayısıyla yüzyıl öncesinden bu zamana kadar kullanılan bir biyometriktir. Bilgisayar ortamında çeşitli yazılım dilleri sayesinde oluşturulan bu sistemler sivil ve askeri alanda güvenlik birimlerinin işini nasıl kolaylaştırdığını ve çevremizde bu alanda yapılan yenilikleri yakından takip etme fırsatı bulacaktır.

Daha sonra yüz tanıma işlemi ve bazı metodları genel olarak anlatılacaktır. Teorik bazlı bu anlatımdan sonra örnek bir yüz tanıma sisteminin nasıl hazırlanacağı, bu sistemin hazırlanmasında kullanılan MATLAB dilinin genel özellikleri ve bu sistemin nasıl çalıştığı hakkında bir anlatım yapılacaktır. Ayrıca günlük hayatta hangi alanlarda biyometrik kimlik tanıma sistemlerinin oluşturulduğu görülecektir.

## 2. YAPAY ZEKA, YSA VE ASKERİ UYGULAMALARDA YAPAY ZEKA

### 2.1 Yapay Zekanın Tarihçesi ve Yapay Zeka

Zeki olarak nitelenebilecek davranışlar gösterebilen makinelerin yaratılması fikri antik çağdan bu yana insanların ilgisini çekmiştir. Yunan mitolojisinde geçen Pigmalion hayalindeki kadının heykelini yapar. Galatea adını verdiği heykel o kadar güzeldir ki, Pigmalion kendi yaptığı esere aşık olur, ancak onun cansız olması karşısında çok çaresizdir. Aşk tanrıçası Afrodit, Pigmalion'a acır ve Galatea'ya can verir.

16. yüzyılda Prag'da yaşayan Rabbi Lowe'nin toprak ve sudan yaptığı Golem'i ateşte pişirip, nefesinden verdiği hava ile canlandırdığı anlatılır. Dört temel elemanla hayat bulan Golem'i önce Rabbi Lowe sabırla eğitecek, daha sonra bunun çok zahmetli bir iş olduğunu fark ederek Golem'e kendi başına öğrenmeyi öğretecektir.

17. yüzyılda Decart, hayvan vücudunun karmaşık bir makineden başka bir şey olmadığını öne sürmüştü. Pascal ise ilk mekanik hesap makinesini yapmış, Leibnitz de bunu çarpma ve bölme için geliştirmişti.

18. yüzyılda Kempelen, bazı ses ve kelimeleri çıkarmak üzere körüklenen hava ile çalışan bir makine geliştirmişti. Kempelen'in geliştirdiği bir başka makine ise satranç oynayan Türk'tü. İmparatoriçe Maria Teresa himayesinde geliştirdiği bu makinede Türk kıyafetleri giymiş bir manken, üzerinde satranç tahtası bulunan bir masanın arkasında yer alıyordu. Karşısındaki insanlar satranç tahtası üzerinde hamle yaptıkça Türk başını sallayıp kendi hamlesiyle karşılık veriyordu. Bu makine, bir çok kişiyi yenerek o zaman herkesi şaşırtacaktı.

1821'de Charles Babbage, astronomi John Hershel ile birlikte mühendislerin ve gemicilerin kullanımı için bir matematik tablosu hazırlama işine girişmişlerdi. Her ikisi de elle hesaplayarak hazırlanması gereken bu tablolarda yer alan hatalardan büyük sıkıntı duymaktaydı. Babbage bunun üzerine, 1823'de kendi buluşu olan Farklar makinesini tasarlama yoluna gitti. Farklar makinesi aslında 25.000 mekanik parçadan oluşan bir hesap makinesiydi.

Ancak, farklar makinesinde arzu edilen hassaslık için gerekli parçalar 19.yüzyıl mühendisliğinin yapabileceğinin ötesindeydi. Babage, bunun üzerine Farklar makinesini bırakarak Analitik makine dediği yeni bir makineyi geliştirmek istedi. Ne yazık ki bu noktada, Farklar makinesi için o zamana kadar 17.000 £ harcamış olan İngiliz hükümeti projeden desteğini çekti. Bu parasal desteğin kesilmesi, Babage'ın tasarladığı Analitik makinesini hiç bir zaman tamamlayamamasına neden oldu. Oysa Analitik makine, mekanik parçalardan oluşmasına rağmen bu günkü bilgisayarlarda yer alan bellek ve işlemciye karşılık gelen birimler içeriyordu ve bu işlemci programlanabilme özelliğine sahipti.

Şair Lord Byron'un kızı olan Ada Byron (Lady Lovelace), 1843 yılında yayınlanan bir makalesinde Analitik makinenin kompleks müzik besteleri yapmada ve grafik çizmede nasıl bir kullanım potansiyeline sahip olduğunu açıklamıştı. Daha sonra Babbage ile yazışarak Analitik makinenin Bernoulli sayılarının hesaplanmasında kullanılması için Babbage'a bir plan çıkarmasını önermişti. Bu "plan" geliştirilen "ilk bilgisayar programı" olarak anılmaktadır.

YZ konusu 1940'lı yıllarda ilk elektronik bilgisayarların yapılmasından bu yana çok önemli aşamalar kaydetti. Her ne kadar Kempelen'in Türk adlı makinesindeki satranç hamlelerinin aslında masanın içine saklanan zayıf bir adam tarafından yapıldığı yıllarca sonra açıklığa kavuştuysa da, IBM tarafından geliştirilen Deep Blue adlı bilgisayar 1997 yılında Dünya satranç şampiyonu Kasparov'u yenmeyi başaracaktı.

YZ konusunu, yalnız bilgisayar bilimiyle kısıtlamak yerine, psikoloji, felsefe gibi alanları da içine alacak şekilde daha geniş bir kapsamla ele almak gerekiyor. Bir makine zeki olabilir mi? Bunu cevaplayabilmek için önce "zeka" 'nın ne olduğunu tanımlanmalı. Kavramlar ve algılar yardımıyla soyut ya da somut nesnel arasındaki ilişkiyi kavrayabilme, soyut düşünme, muhakeme etme ve bu zihinsel işlevleri uyumlu şekilde bir amaca yönelik olarak kullanabilme yetenekleri zeka olarak adlandırılmaktadır.

Zekanın farklı tanımlarının olmasına karşılık zekaya ilişkin kuramların tümü zekanın geliştirilebilecek bir kapasite ya da potansiyel olduğu ve biyolojik temellerinin bulunduğu noktalarında birleşir. Buna göre zeka, bireyin doğuştan sahip

olduğu, kalıtımla kuşaktan kuşağa geçen ve merkez sinir sisteminin işlevlerini kapsayan; deneyim, öğrenme ve çevreden kaynaklanan etkenlerle biçimlenen bir bileşimdir.

Araştırmacılar zekanın doğasını anlamak üzere çalışmalar yapmaktadırlar. En çok sorulan sorulardan biri, zekanın tek bir faktörden mi yoksa bir kaç bileşenin bir araya gelmesiyle mi oluştuğudur. İlk psikologlar, zekanın g-faktörü olarak adlandırılan genel bir mental faktörden oluştuğunu varsayıyorlardı. Bu faktörün, zekanın her yöndeki performansını etkilediğini varsayarak, zeka testinin bu g-faktörünü ölçmeye yönelik olduğunu kabul ediyorlardı. Daha sonraki araştırmacılar akıcı zeka ve kristalize zeka olmak üzere zekanın iki çeşidi bulunduğunu öne sürdüler. Akıcı zeka, yeni problemleri ve durumları başarıyla ele alabilme yeteneğini, kristalize zeka ise bilginin saklanması, beceriler, akıcı zekanın kullanılması ve deneyimlerden elde edilen stratejileri kapsamaktadır.

Diğer bazı bilim adamları ise zekanın daha çok bölümlerden oluştuğunu ileri sürmüştür. Örneğin, Howard Gardner belirli alanlarda olağandışı başarılar sergileyen insanların yeteneklerini inceleyerek yedi değişik zeka alanı olduğunu savunmuştur. Aşağıda açıklanan bu zeka alanlarının her biri diğerinden bağımsız olmasına karşın, herhangi bir aktivite bu zeka alanlarından bir kaçının aynı anda aktif hale geçirilmesiyle oluşmaktadır.

Zeka ile beyin arasında çok yakın bir ilişki vardır. Zekanın beyinde yer aldığı kabul edilir. Bir insan beyinde 10 milyardan fazla sinir hücresi bulunmakta, her bir hücre ortalama 10.000 hücre ile bağlantı içerisinde çalışmaktadır. Nöron adı verilen bu sinir hücrelerinde sinyaller çok karmaşık elektro-kimyasal olaylar zinciriyle oluşan ve sayısı saniyede 1000'e kadar çıkabilen titreşimler halinde iletilmektedir.

Beynin nasıl çalıştığı henüz çözümlenebilmiş değildir. Belleğin işleyiş mekanizması, algılama yaparken gösterdiği esneklik yeteneği gibi konular bilim adamlarını yıllarca uğraştırmış olup, hala da uğraştırmaktadır.

Bazı bilim adamları belirli işlerden beyinin belirli bölgelerindeki hücrelerini sorumlu tutarak konuya açıklama getirirken, ünlü nörolog Karl Pribram hologram teorisini beyinle bağdaştırmak üzere yaptığı çalışmalarda beyinin çevresi hakkındaki bilgileri sınıflandırılmamış bir karmaşık düzen içerisinde aldığı, alınan bu bilgilerin

holografik, yani üst üste bindirilmiş dalgalar ve onların girişimleriyle oluşan modele dayalı bir biçimde kaydedildiği ve daha sonra dışarıdan gelen frekanslara göre bilgilerin alışkın olduğumuz mekan - zaman için düzenlenerek, bilinen algı dünyasının oluştuğunu söylemektedir.

Uzmanların yüz yüze kaldıkları en çarpıcı problemlerden birisi de insan beyninin davranışını taklit edecek milyarlarca yapay nörondan oluşmuş sistemlerin geliştirilmesidir. İnsan beyninde yaklaşık 1011 nöron (sinir hücresi) bulunuyor, bunların her biri 104 dolayında başka nöronlarla bağlantı yapıyor. Öğrenme ile nöronlar arasındaki bağlantıların kuvvetleri arasında bir ilişki olduğu ve aynı anda aktif olan nöronlar arasındaki bağlantı kuvvetlerinin yüksek olduğu deneylerle gösterilmiş.

Nöronlardaki işlem hızı (103 Hz) günümüz bilgisayarlarının işlem hızı ile karşılaştırıldığında, nöronların hızı çok düşük kalıyor. Buna karşın, insan beyni günümüzün en iyi bilgisayarlarıyla karşılaştırıldığında bazı konularda çok daha yüksek başarı gösteriyor. Örneğin bir melodinin tanınması, el yazısının okunması, bir resimdeki kişilerin tanınması gibi konularda insan beyni makinelere göre çok daha başarılı. İnsanlar öğrenebiliyorlar ve genelleme yapabiliyorlar.

İnsan beyni ve bilgisayarlar karşılaştırıldıklarında, temel farklılığın bilgiyi işleme biçimlerinde olduğunu görüyoruz. Bilgisayarlarda bilgi sıralı bir biçimde ve her seferinde aynı şekilde işleniyor. İnsan beyninde ise paralel işleme yapılıyor ve aynı uyarımın etkisi değişik zamanlarda daha değişik olabiliyor. Bilgi eksik olsa bile insan zekası bu eksikliği kapatabiliyor.[1]

### **2.1.1 Yapay Zekanın Tanımı**

Yapay zeka, kabaca; bir bilgisayarın ya da bilgisayar denetimli bir makinenin, genellikle insana özgü nitelikler olduğu varsayılan akıl yürütme, anlam çıkarma, genelleme ve geçmiş deneyimlerden öğrenme gibi yüksek zihinsel süreçlere ilişkin görevleri yerine getirme yeteneği olarak tanımlanmaktadır. Nispeten yeni olan bu kavramın farklı tanımları verilmektedir. Bu tanımların bazıları aşağıdadır.

Slage'ye göre yapay zeka; sezgisel programlama temelinde olan bir yaklaşımdır.

Yapay zeka; insanların yaptıklarını bilgisayarlara yaptırabilme çalışmasıdır.



Genesereth ve Nilsson'a göre yapay zeka; akıllı davranış üzerine bir çalışmadır. Ana hedefi, doğadaki varlıkların akıllı davranışlarını yapay olarak üretmeyi amaçlayan bir kuramın oluşturulmasıdır.

Tesler'e göre ise yapay zeka; şu ana kadar yapılamayanlardır.

Axe'ye göre yapay zeka; akıllı programları hedefleyen bilimdir. Bu programlar aşağıdakileri yapabilmelidir.

İnsanın düşünmesini taklit ederek karmaşık problemleri çözebilmek.

Yorumlarını açıklayabilmek, yani bir durum karşısında kişiye yanıt verebilmek.

Öğrenerek uzmanlığını geliştirmek ve eski bilgileri yenilerle uyumlu biçimde kullanarak bilgi tabanını genişletmek.

Görüldüğü gibi, verilen her tanım kendi içinde doğru olmasına rağmen, farklılıklar da içermektedir. Yapay zekanın anlaşılması için aslında zekanın ne olduğunun anlaşılması gerekmektedir. İnsana özgü akılcı hareketlerin makine tarafından taklidi biçiminde tanımlayacak olduğumuz yapay zekanın problemlerinden biri olan yüz tanımayı incelemeden önce, zeka ve zekanın tanısı ile ilgili araştırmaların sonuçlarına ve gerekli olan teşhis yöntemlerine bakılması faydalı olacaktır.

### **2.1.2 Zeka**

Yaşam mücadelesinde zekilik, akılsız olmaktan daha iyidir.

Birçok felsefeci ve psikolog tarafından yapay zeka gibi doğal zekanın da farklı tanımları verilmektedir. Fransız felsefeci Tanie'ye göre zeka; zihinsel hayatı kurmayı amaçlayan bir araçtır.

Binet'e göre ise zeka; insanın sahip olduğu dikkat, bellek, yargılama, akıl yürütme, soyutlama gibi yetiler topluluğudur.

Zeka; bireyin amaçlı bir biçimde hareket edebilme, mantıklı düşünebilme, çevresine uyum gösterme yetilerinin tamamıdır.

Zeka; bir amacın gerçekleştirilmesi için araçların duruma uygun kılınmasıdır.

Zeka; insanın düşünme, akıl yürütme, nesnel gerçekleri algılama, yargılama ve sonuç çıkarma yeteneklerinin tamamıdır.

Genellikle üzerinde tartışılan bu kavram, aşağıdaki biçimde de tanımlanmaktadır.

“Standart koşullar içerisinde zeka testleri ile değerlendirilen şeyler ZEKA olarak tanımlanmaktadır.” Ancak bu testler belirli yaş grupları için idealdirler. Bu testlere biraz sonra değineceğiz.

Bazen zeka; yeni duruma hızlı biçimde ayak uydurmak, uyum sağlamak biçiminde de tanımlanmaktadır. Burada çoğu zaman örnek gösterilen “maymun ve muz” problemi geçerliliği sağlasa bile, genel olarak zeka kavramını açıklayamamaktadır. Çünkü buradan hareketle sahtekar birisinin de zeki olduğu düşünülebilir. Bu tanımın da yeterli tanım olmadığı anlaşılmaktadır. Bir durumun yeni olması kişiye bağlı olduğu için görecelik taşır.

Prof. Howard Gardner, çoklu zeka kavramını ileri sürmüştür. Gardner teorisi açısından, farklı zeka türleri vardır ve çocukların sahip olduğu yeteneklere ve ilgi duydukları alanlara göre 8 grup oluşturulmaktadır.

**Dilsel Zeka:** Konuşma ve yazma dilinde sözcükleri etkili kullanma yeteneğidir.

**Sosyal Zeka:** Diğer insanların duygularını ve ruh hallerini anlama yeteneğidir.

**Mantık-Matematik Zekası:** Sebep-sonuç ilişkisi kurabilme, sayı ve numaraları akıllıca kullanma yeteneğidir.

**Mekansal Zeka:** Etrafındaki nesnelere hayalinde canlandırma ve görme yeteneğidir.

**Müzik Zekası:** Seslere karşı duyarlılık gösterme kapasitesi ve kendini müzikte ifade etme yeteneğidir.

**Dışadönük Zeka :** Kendini yönlendirme, idare etme ve tanıma kapasitesidir.

**Doğal Zeka:** Bu gruba dahil olanlar hayvanlara, yeşil çevreye, doğa olaylarına ilgi duymaktadır.

Çoklu zeka kavramından esinlenerek Daniel Goleman, duygusal zeka kavramını ortaya atmış; R. Bandler ve J. Grinder ise “İnsan mükemmelliği modeli” kuramını geliştirmiştir. Son zamanlarda ruhsal zeka kavramı da konuşulmaktadır. Çoklu zeka

teorisine göre, herkesin zeki olabilme ihtimali yüksektir. Önemli olan ise hangi zeka türünün konuşulduğudur.

Zekanın temelini; kuşkusuz ki bilgi oluşturmaktadır. Buradan yola çıkarak bilginin ne olduğunun açıklanması gerekmektedir.

Bilgi; duyu organları aracılığı ile bir model olarak alınan ve sonra; daha önce var olan bir nesne ile doğrudan veya sezgisel karşılaştırma yolu ile gerçekleşen bir olgudur. Bu olgu; diğer nesnelere ile sürdürdüğü ilişkiler sistemi sayesinde tanımlanabilir. Fakat; sistem ve öğelerin tümü önceden bilinmelidir. Bilgilerin kazanılması ve işlenmesi bireylere bağlı olarak farklılıklar gösterir. İster okulda, ister gündelik yaşamımızda olsun; bazılarının diğerlerinden daha başarılı olduğunu ve aynı tür işlerin ya da durumların karşısında eşit olmayan kolaylıklar gösterdiğini görmekteyiz. Zeka farklılıklarının nedeni araştırıldığında bu nedenlerin yalnız zihinsel değil, öte yandan okuldan başlayarak okula ilgisizlikten, onu yıldırان ailevi bir ortamdan, kötü bir bellekten de kaynaklanabileceği görülmektedir. Farklılıkların anormallik ve patolojik kökenleri olduğundan, tanı ihtiyacı daha da artmaktadır. Üniversite sınavları da bir çeşit zeka testidir.(Burada bir görecelik söz konusudur. Albert Einstein başarısızlık nedeni ile üniversiteden atılmıştı)

Zekanın değerlendirilmesini yapmak amacı ile Binet tarafından zeka ölçeği kavramı ileri sürülmüştür. Ayrıca zekayı doğuştan bir yetenek ya da tersine deneyim ve öğrenimlerin sonucunda edinilen bir yeti gibi sunmak; zekanın yapısına belirli bir ölçüde açıklık getirir.

Zeka değerlendirilmesi yapıldığında genellikle izlenimler aşaması geride bırakılarak nesnel bir değerlendirme yapılmaktadır. Burada tüm ölçümlerin başlangıç noktası, kişide gözlenebilir bir davranış veya tepki yaratmaktır. İlk defa uygulamaya yararlı olan zeka değerlendirmesi, Fransa'da 1905 yılında A. Binet ve Simon'un önerdiği metrik ölçektir.

Binet-Simon metrik ölçeği; çocuğun yaşına göre derecelenmekte ve sorular ile çözülmesi gereken birtakım küçük problemleri içermektedir. Buradan Binet ölçeği ile çocuğun zeka yaşı belirlenmektedir.

Bu testlerin hemen hepsinde; algısal ayırt etme, problem çözme, yargılama, soyut düşünme maddeleri vardır. Zeka testlerinde, çocuğun günlük hayatta kazandığı

bilgiler, özellikle dil becerileri değerlendirilmektedir. Unutulmamalıdır ki bu testler görecelik taşımakta ve genellikle 6 - 18 yaş arasında uygulanmaktadır. 6 yaş öncesinde yanılma payı daha fazla olmaktadır.

Bu ölçümlerin yalnızca çocuklara uygulanabileceğini unutmamak gerekir. Bireyler arasında farklılıklar olması ile birlikte, gelişim durduğundan bu ölçüm yetişkinlere daha zor uygulanmaktadır. Zeka ölçeklerinin başka kültürlerle uygulanırken de o kültüre göre uyarlamalar yapılması gerekmektedir. Örnek olarak Amerikan toplumu için hazırlanan bir testin Türkiye’de uygulanması ya da Türk toplumu için hazırlanan testin Amerika’da uygulanması sonuçların nesnel olmaması ihtimalini daha da artırır.

Bu nedenlerden dolayı, test sonuçlarının çok büyük özenle ve çocuğun geldiği çevre dikkate alınarak yorumlanması gerekir. Zeka testleri, bedensel yeteneklere bağlı olarak değil; yalnızca aynı yaş grubu içerisinde yapılmaktadır.

Zekanın nicelik değerlendirilmesinin dağılımı çan eğrisine benzer. Bu eğrinin zirvesi ortalama zekaya karşılık gelirken; uçlar yüksek ve düşük zeka grubunu barındırır. Toplumda yüksek ve düşük zeka bölümlerinin eşit olduğu varsayılmaktadır.

Terman; dahi çocuklarla ilgili araştırmasında onlara %1 yer ayırmaktadır. Üzerinde en çok araştırmalar yapılan grup ise düşük zekalılar olmuştur.

Zeka düzeyi bazı fiziki değişkenlerle ilişkilidir. Benzeri birçok tanımlama olmakla beraber; zekayı biyolojik bakımdan, insan beyninin organik yapısının gelişimi, olgunlaşmasının fizyolojik bir ürünü, potansiyel özelliğe sahip bir yetenek olarak belirlemek mümkündür.

Fakat vücut ağırlığı ve boy ile zeka düzeyi arasında olan bağıntılar bazen olumlu olmasına rağmen, bu ilişki zayıftır.

Söylenildiği gibi beynin ağırlığı, zeka düzeyi ile hafif de olsa bir ilişki oluşturmaktadır. Fakat benzeri değerlendirmeler yapıldığında başka bir etkin parametre olarak vücut ağırlığı da göz önüne alınmalıdır. Gerçekten de beyin ağırlığı bedenle alakalıdır.

Bir balinanın beyni insaninkinden daha ağır olmasına rağmen, insandan daha zeki olduğu söylenemez. Değerlendirmenin daha sağlıklı olması için genellikle beyin ağırlığı / vücut ağırlığı oranı kullanılır. Fakat bu oran çelişkili ögeler içeren bir sınıflandırma oluşturmaktadır.

Aşağıdaki tablolarda farklı hayvanların beyin ağırlıkları(gram) ve beyin ağırlıklarının vücut ağırlıklarına oranları verilmiştir(yüzde).

|           |      |                |           |
|-----------|------|----------------|-----------|
| Kirpi     | 3,4  | İnek           | 350       |
| Ev Kedisi | 31,4 | Goril          | 430       |
| Jibon     | 89   | At             | 500       |
| Köpek     | 100  | İnsan          | 1400      |
| Domuz     | 150  | Hindistan Fili | 4000-5000 |
| Marmoset  | 39   | Finval(balina) | 6000-7000 |

Tablo 1 : Bazı hayvanların beyin ağırlıkları

|                |           |
|----------------|-----------|
| Finval         | 0,0045    |
| Hindistan Fili | 0,27      |
| Köpek          | 0,22      |
| Arı            | 0,5       |
| Ev Faresi      | 3-3,2     |
| Goril          | 0,16-0,20 |
| Şempanze       | 0,75-0,80 |
| Yetişkin İnsan | 2-2,6     |
| Koata          | 6,6       |

Tablo 2 : Bazı hayvanların beyin ağırlığı/vücut ağırlığı oranı yüzdeleri

Yukarıdaki tablodan da görüleceği gibi beyin ağırlığı / vücut ağırlığı genel bir tanı verse de; tam olarak doğru bir orantı verir sonucu da çıkarılamaz. Mesela koatanın ve farenin insandan zeki olduğu söylenemez. Buradan çıkarılacak sonuç beyin ağırlığı / vücut ağırlığı oranının çelişkili sınıflandırmalara sebebiyet verebileceğidir.

### Zeka Testleri

Yaşa göre değişen zeka testleri, incelenen kişinin kavrama ve yaratıcılık yeteneklerini belirlemeye yarar. Bunlar özellikle küçük çocukların zeka düzeyini saptamak açısından önemlidir. Çünkü bu testlerin sonucuna göre eğitimin zorluk ve yoğunluk derecesi belirlenir.

Zeka testleri bireysel ve grupsal olarak olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Bireysel testlere örnek olarak Stanford-Binet, Raven, Szondy; grup testlerine örnek olarak ise II. Dünya Savaşı'nda Amerikan Ordusu asker seçiminde kullanılan "ordu-alfa" ve "ordu-beta" testlerini göstermek mümkündür.

Aşağıda önemli Genel ve Grup Zeka testi sınıflandırmaları verilmektedir.

### 2.1.3 Genel Zeka Testi Örnekleri

Alexander Pratik Yetenek Testi: 7–19 yaş arası bireylere uygulanmaktadır.

Chapius Labirentleri Testi: Somut zeka değerlendirilmesi için kullanılır.

Goodenough-Harris Adam Çizme Testi: 7–9 arası. Sözlü olarak verilenin çizilmesi istenir.

Healy Resim Tamamlama Testi: Çocuğun kavrama ve ilişkileri görebilme yeteneğinin değerlendirilmesi için kullanılır.

Kahn Zeka Testi: 8 yaş grubuna uygulanır.

Marril-Palmer Ölçeği: Okul öncesi ve okula devam eden özürlü çocuklar için kullanılır.

Peabody Resim-Kelime Testi: 2–12 yaş arası çocuklarda uygulanır.

Porteus Labirentleri Testi: Farklı yaş gruplarına uygulanır.

Stanford-Binet Zeka Testi: Farklı yaş gruplarına uygulanır. Sözel ve performans testi vardır.

Wechshler Yetişkinler Zeka Ölçeği: 16 yaş ve üstü için uygulanmaktadır.

Grup Zeka Test Örnekleri

Analitik Zeka Testi

Cattell Zeka Testi

D48 Zeka Testi

Mantıklı Düşünme Testi

Oris Beta Zihin Yeteneği Testi

Gelişme Matrisler Testi

Ordu-Alfa Testi

Ordu-Beta Testi

Bu testlerin hemen hepsinde bireylerdeki; yerleştirme, seriyi tamamlama, benzerlikleri bulma, ilişkileri kavrama, eksikleri tamamlama gibi yetiler değerlendirilmektedir. Bu testlerin dışında; özel yetenek ve beceri testleri, kişilik testleri, başarı ve duygusal testler de kullanılmaktadır. Genellikle bu testler psikolojik alanı kapsadığından; örnek olarak yalnızca Wechshler-Bellevue yetişkin zeka ölçeğinin yapısı verilmiştir.

Wechshler-Bellevue Yetişkin Zeka Ölçeği

**Sözel Testler:**

Genel bilgi testi

Anlama testi

Sayılarla ilgili anlık bellek testi

Aritmetik testi

Benzerlik testi

Kelime dağarcığı testi

Performans Testleri

Resim sıralama testi

Resim tamamlama testi

Kohs küpleri testi

Parçaların birleştirilmesi testi

Şifre testi

Zeka düzeyinin sayısal ifadesi olan zeka bölümü; ZB(İngilizce IQ) kısaltmasıyla gösterilir ve Alman psikolog W. Stern tarafından önerilmiştir. Zeka yaşının takvim yaşına bölünüp 100 ile çarpılması ile bulunur.

$$ZB = \frac{ZY * 100}{TY}$$

Çocuğun tam başarılı olduğu testin yaşı, temel yaş olarak alınır. Daha sonra çözdüğü her soru için temel yaşa su süreler eklenir.

3-10 yaş soruları için 2 ay

12 yaş soruları için 3 ay

14 yaş soruları için 4 ay

16 yaş soruları için 5 ay

Örneğin çocuk 3 yaşa uygun zeka testinde tam başarı sağlamış, ayrıca 3-10 yaş arası sorulardan ikisini çözmüşse; zeka yaşı 3 yıl 4 aydır. Zeka yaşı hesaplandıktan sonra zeka bölümünün sayısal değeri bulunur. Örnekteki çocuğun zeka bölümü yaklaşık 110'dur.

Elde edilen sonucun Terman değerleriyle karşılaştırılması, çocuğun zeka düzeyinin saptanmasını sağlar. Buna göre;

140 ve üzeri – Olağanüstü

120 ve 140 arası – Çok iyi

110 ve 120 arası – İyi

90 ve 110 arası – Normal

70 ve 90 arası – Hafif geri

70 ve altında – Geri



olarak nitelendirilir.

İnsanda zeka seviyesi; ZB'ye göre çeşitli şekillerde gruplandırılabilir. Türkiye'de de çoğunlukla kullanılan gruplandırma; Kugelmass bölünmesine uymaktadır.

Aşağıdaki tabloda bu gruplandırma görülmektedir.

| ZB Dilimi     | İsimlendirme     | Açıklama                                    |
|---------------|------------------|---|
| 0-25          | Ağır gerilik     | Kurumlarda korunmaları gerekir.             |
| 26-60         | Orta gerilik     | Eğitilebilirler ve şartlandırılabilirler.   |
| 61-75         | Hafif gerilik    | Özel eğitimle eğitilebilir ve öğretilirler. |
| 76-90         | Donuk zekalılar  | Normal ile geri arası düzeydeki sınırdır.   |
| 91-110        | Normal zekalılar |   |
| 110'dan büyük | Üstün zekalılar  |   |

Tablo 3 : Kugelmass Seviyeleri

### **Turing Testi ve Çin Odası Testi**

“Bilgisayarlar düşünebilir mi?” sorusuna açıklık getirmek için, trajik bir hayat süren İngiliz matematikçi Alan Turing (1912-1954) bir taklit oyunu önermekteydi. 1950 senesinde Mind dergisinde basılmış “Computing Machinery and Intelligence” adlı makalesinde Turing; bir makinenin düşünmesi ile ilgili açıklamaların mantıksal olarak mümkün olup olmamasını amaçlamaktaydı. “Turing testi” olarak bilinen bu oyunda bilgisayar, insan ve savcı olmak üzere üç oyuncu iştirak etmektedir. İki haberleşme kanalından savcı rolünü üstlenen kişi; insan ve bilgisayarla iletişim kurmaktadır. Bilgisayarın “düşünen programla” donatıldığı varsayılmaktadır. Soruların ve yanıtların tuşlar ve ekran aracılığı ile yapıldığı bir soru-yanıt oyununda, savcının cevapları inceleyerek, bu yanıtların sahibinin makine veya insan olduğunu

anlaması amaçlanmaktadır. Merak edilen; makinenin bir insan kadar anlamlı yanıtlar vermesinin mümkünlüğü idi.

Oyunda savcı istenilen soruları verebilmektedir. Doğal olarak insan; kendisinin insan olduğunu ispatlamak için bir çaba sarf etmektedir. Oysa bilgisayar; insan düşüncesinin mümkün olduğu kadar iyi taklidini yapmaya çalışmaktadır. Birkaç soru cevaplama sonunda savcı insanı bilgisayardan ayırabilirse insan kazanmış olmaktadır. Testte insan düşüncesinin hiçbir iç özelliği göz önünde bulundurulmamaktadır. Dikkatle incelenirse; Turing testinde hangi ölçütlere dayanarak savcının karar vereceği açık değildir. Önceden kabul edilmiş ölçütler ele alınır; benzeri programların bilgisayarda yapılması zorluk oluşturmamaktadır. Örnek olarak aşağıdaki diyalog gösterilebilir.

Savcı : “Kaç yaşınız var?”

Bilgisayar : “40”

Savcı : “Bugün hava nasıldır?”

Bilgisayar : “Ben bu sıcaklığı çok severim”

Savcı : “Sizce Galatasaray kazanacak mı?”

Bilgisayar : “Futbolla ilgilenmiyorum”

Bu diyalogu devam ettirmek mümkündür. Daha birkaç soru vererek deneye tabi tutulanan kim olduğu anlaşılabilir. Belirli içeriğe dayalı programın yazılması doğal dil işlemede aşılmış problemler cinsindedir. Savcının değerlendirme ölçütleri önceden bilindiğinde düşünen bir programın yapılması şablona dayalıdır. “ Savcı “ önceden kesin olmayan ölçütleri ele alırsa, insan davranışlarına benzer programın yazılması çok zordur. Örnek olarak aşağıdaki konuşmayı gösterebiliriz.

Savcı : “Kaç yaşınız var?”

Bilgisayar : “40”

Savcı : “Kaç yaşınız var?”

Bilgisayar : “40”

Savcı : “40 yaşınız var mıdır?”

Bilgisayar : “Evet”

Savcı : “40 yaşınızın olması sizce iyi mi?”

Bilgisayar : “İyi”

Savcı : “40 yaşta iyi olur mu? Yaşınız kaç?”

Bilgisayar : “40”

Dolayısıyla bilgisayar yaklaşık 10 kez farklı özdeş biçimlerde verilen sorulara dürüstçesine cevap vermeye çalışmaktadır.

İnsanın bir bilgisayar programını taklit etmesi ne derece kolaysa; bilgisayarın bunun tersini gerçekleştirmesi bir o kadar zordur. Önceki diyalog insanla yapılsaydı muhtemelen aşağıdaki cevaplar gelecekti.

Savcı : “Kaç yaşınız var?”

İnsan : “40”

Savcı : “Kaç yaşındasınız?”

İnsan : “40 olduğunu size söyledim”

Savcı : “40 yaşınız mı var?”

İnsan : “Alay mı ediyorsunuz?”

Burada da programcı istatistiki verilere dayanarak sorular tekrarlandıkça nasıl cevaplanacağını programlayabilir. Fakat savcının farklı soru ve tavırlarının tümünü kestirebilmesi imkansızdır.

Turing testindeki diğer açık nokta ise deneye tabi tutulan insanın kimliğidir. Bu küçük bir çocuksa yanıtlar “evet / hayır” veya “bilmiyorum” biçimindedir. Yetişkin ve eğitimli birisinin cevapları ise daha dolgun biçimde olmaktadır ve bilgisayar programlarının bu derece anlamlı ve geniş yanıtlarının olmasını beklemek zordur.

Anlaşıldığı gibi sınırlandırılmış belirli bir uzmanlık alanıyla ilgili istatistiki bilgilere dayanarak, Turing testini kısmen geçebilen programların yazılması mümkündür. Buna örnek olarak Golby'nin geliştirdiği “Doktor” programını gösterebiliriz. Bu program doktor önerilerinde insan davranışlarını taklit etmektedir.

Program düşünceli ve bilinçli olarak probleme yaklaşmamakta, yalnızca gerçek anlamda benzeri durumlarda tahmini taklitler yapmaktadır.

Bazı programların Turing testini basit bir biçimde de olsa geçtiği söylenebilir. Buna örnek olarak stratejik oyun programlarını, doğal dilde verilen emirleri anlayan “SHRDLU” veya psikiyatri görevini yapan “ELIZA” programlarını gösterebiliriz. Örneğin ELIZA programı kullanıcıdan aldığı cevaplar doğrultusunda sorular sormakta veya cümleler oluşturmaktadır. Kullanıcı cümleleri girerken sistem anahtar kelimeleri buluyor ve bu anahtar kelime ile ilgili olarak tanımlanan cümlelerden birini konuşmanın devamı olarak sunuyor. Burada anlama söz konusu değildir. Dolayısıyla şimdilik dar bir alanda bilgisayara insan taklitlerini yaptırmak mümkündür. Fakat ona da değinmek gerekir ki Turing bu testte, faydalı sonuçların elde edilmesini değil; zekanın modellenmesinin mümkün olduğunu sorgulamaktaydı. Bu açıdan test; yapay zeka değerlendirmesi için yeterli olmayabilir.

Kısacası Turing testine göre, testin şartları sağlandığında, bilgisayarla insanın verdikleri yanıtlar arasında seçim yapılamıyorsa, bu; bilgisayarın zeki olduğu anlamına gelir.

Söylenenleri doğru şekilde yaparak Turing testini geçse bile, makinelerin hiçbir şekilde düşünüp anlama yeteneğine sahip olamayacağını savunan John Searle, Çin Odası Testi’ni önermekteydi.[19]

Çin Odası testi yapay zeka metodolojilerine getirilen en ünlü eleştirilerden bir tanesidir. Searle, akıllı makineler fikrine karşı çıkmaz ve biz insanların düşünen makineler olduğumuza inanır. Onun iddiası bir makinenin yalnızca bir bilgisayar programını taklit ederek bilinçli hale gelmeyeceğidir.

Searle; itirazını bilgisayar programlarının temelde algoritmalarından oluştuğu savına dayandırır. Searle’nin bilgisayar programları yaparak insan düşüncesinin inceliğine ulaşamayacağını kararlı bir biçimde savunmasının nedeni budur.

Searle; iddiasını kanıtlamak için bir düşünme deneyi önerir. İçinde yalnızca içeriye ve dışarıya kağıt parçaları alıp vermekte kullanılan bir delik bulunan kapalı bir oda düşünelim. Odanın içinde profesör Searle ve İngilizce yazılan bir talimatlar kitabı vardır. Biri delikten içeriye üzerinde anlaşılmasız simgeler bulunan bir kağıt parçası atar. Searle ne yapması gerektiğini anlamak için talimatlar kitabına başvurur.

Talimatlar kitabına göre üzeri anlaşılmaz simgelerle dolu o kağıt parçası karşılığında, dışarıya üzerinde farklı ama çok net biçimde tanımlanmış simgeler bulunan bir başka kağıt parçasının gönderilmesi gerekmektedir. Searle de böyle yapar. Birkaç dakika sonra aynı olay tekrar eder.

Searle'nin bilmediği, odaya gönderilen kağıtların üzerindeki simgelerin Çince karakterler olduğu ve bu kağıtlarda Çince yazılmış olan bazı sorular bulunduğu. Dışarıya gönderilen anlaşılmaz biçimdeki kağıtlar da bu soruların cevaplarını içermektedir. Odanın dışındaki kişiler, sorulara uygun cevaplar verdiği için kişinin Çince bildiğini düşünmektedir. Ama Searle Çince bilmemektedir.[20]

## **2.2 Yapay Sinir Ağları**

YSA' nın hesaplama ve bilgi işleme gücünü, paralel dağılmış yapısından, öğrenebilme ve genelleme yeteneğinden aldığı söylenebilir. Genelleme, eğitim ya da öğrenme sürecinde karşılaşılmayan girişler için de YSA' nın uygun tepkileri üretmesi olarak tanımlanır. Bu üstün özellikleri, YSA' nın karmaşık problemleri çözebilme yeteneğini gösterir. Günümüzde birçok bilim alanında YSA, aşağıdaki özellikleri nedeniyle etkin olmuş ve uygulama yeri bulmuştur.

### **2.2.1 Doğrusal Olmama**

YSA' nın temel işlem elemanı olan hücre, doğrusal değildir. Dolayısıyla hücrelerin birleşmesinden meydana gelen YSA da doğrusal değildir ve bu özellik bütün ağa yayılmış durumdadır. Bu özelliği ile YSA, doğrusal olmayan karmaşık problemlerin çözümünde en önemli araç olmuştur.

### **2.2.2 Öğrenme**

YSA' nın arzu edilen davranışı gösterebilmesi için amaca uygun olarak ayarlanması gerekir. Bu, hücreler arasında doğru bağlantıların yapılması ve bağlantıların uygun ağırlıklara sahip olması gerektiğini ifade eder. YSA' nın karmaşık yapısı nedeniyle bağlantılar ve ağırlıklar önceden ayarlı olarak verilemez ya da tasarlanamaz. Bu nedenle YSA, istenen davranışı gösterecek şekilde ilgilendiği problemde aldığı eğitim örneklerini kullanarak problemi öğrenmelidir.

### 2.2.3 Genelleme

YSA, ilgilendiği problemi öğrendikten sonra eğitim sırasında karşılaşmadığı test örnekleri için de arzu edilen tepkiyi üretebilir. Örneğin, karakter tanıma amacıyla eğitilmiş bir YSA, bozuk karakter girişlerinde de doğru karakterleri verebilir ya da bir sistemin eğitilmiş YSA modeli, eğitim sürecinde verilmeyen giriş sinyalleri için de sistemle aynı davranışı gösterebilir.

### 2.2.4 Uyarlanabilirlik

YSA, ilgilendiği problemdeki değişikliklere göre ağırlıklarını ayarlar. Yani, belirli bir problemi çözmek amacıyla eğitilen YSA, problemdeki değişimlere göre tekrar eğitilebilir ve değişimler devamlı ise gerçek zamanda da eğitime devam edilebilir. Bu özelliği ile YSA, uyarlamalı örnek tanıma, sinyal işleme, sistem tanımlama ve denetim gibi alanlarda etkin olarak kullanılır.

### 2.2.5 Hata Toleransı

YSA, çok sayıda hücrenin çeşitli şekillerde bağlanmasından oluştuğu için paralel dağılmış bir yapıya sahiptir ve ağına sahip olduğu bilgi, ağıdaki bütün bağlantılar üzerine dağılmış durumdadır. Bu nedenle, eğitilmiş bir YSA'nın bazı bağlantılarının hatta bazı hücrelerinin etkisiz hale gelmesi, ağına doğru bilgi üretmesini önemli ölçüde etkilemez. Bu nedenle, geleneksel yöntemlere göre hatayı tolere etme yetenekleri son derece yüksektir.

Yapay sinir ağları; ses tanıma, yazılan karakteri tanıma, robot kontrolleri, resim işleme ve yüz tanıma sistemlerinde çok sık olarak kullanılmaktadır. İnsanı (özellikle insan beynini ve algı sistemlerini) modellemenin giderek öne çıktığı son yıllarda, yüz tanıma sistemlerinin önemi de giderek artmaktadır. Gelecekte hem de çok yakın gelecekte yüz tanıma sistemleri havaalanlarında, ATM'lerde, güvenlik kamerası olan yerlerde kullanılmaya başlanacaktır. Şu sıralarda birkaç havaalanında ve şirkette deneme aşamasında olan bu sistemlerin performanslarının gerçek zamanlı çalışmalara uygun hale getirilmesi için çalışmalar yapılmaktadır. Bu sistemlerin en büyük zorluğu, gerçek zamanlı olarak doğru bir şekilde çalışmasının sağlanmasıdır; çünkü gerçekleştirilecek sistemin çok değişik görüntüleme şartlarında çalışması gerekmektedir ve görüntü işleme algoritmalarının uygulanması için çok hızlı ve çok

büyük bellekli bilgisayarlara ihtiyaç vardır. Gerçek zamanlı çalışmaya ihtiyaç duymayan uygulamalarda -örneğin polis sabıka kayıtlarında-, çok yüksek doğruluk oranları ve çok hızlı çalışan sistemler kullanılmaktadır.

Yüz tanımda kullanılan çok çeşitli teknikler olmasına rağmen, aslında bu tekniklerin büyük çoğunluğu insan algısı modellenmeden geliştirilmiş tekniklerdir. Bu noktada ilk yapılması gereken iş resimleri bilgisayar için anlamlı hale getirmektir. Bilgisayarda resimler, insan için fazla anlamlı olmayan sayı kümeleri halinde tanımlanır ve resimler üzerinde yapılacak her iş, bu sayı kümesi üzerindeki matris operasyonları sayesinde yapılır. Aslında yapılan tüm bu hesaplamaların gerçekte beynimizde elektrik sinyalleriyle yapıldığını, hatta işi biraz daha abartarak tıpa tıp aynı şekilde gerçekleştiğini söylemiş olsak, pek de yanılmayız. Sonuçta, bilgisayarda 1 veya 0 dediğimiz her şey, beynimizde pozitif (+) ve negatif (-) voltaja karşılık gelmektedir. Peki nasıl oluyor da insan gözü, gördüğü bir nesneyi yeniden gördüğünde bunun ilk gördüğü nesne olduğunu anlayabiliyor. En basit anlamda o nesneyi bir şekilde hafızaya kaydediyor, yeni bir görüntü aldığı anda ise elektrik sinyallerinden oluşan bu görüntüyü bir şekilde hafızasındakilerle karşılaştırıyor. Tabii ki bu karşılaştırma bildiğimiz anlamda olmaktan öte, değişik hesaplamalarla yapılır. İşte bu işlemler, yapay sınırlar için de hemen hemen aynıdır. Yalnız burada sinyaller değil, çeşitli matematiksel hesaplamalar söz konusudur.

Yüz tanıma işlemi, insan yüzünün tamamı kullanılarak gerçekleştirildiği gibi, alınan bu yüze çeşitli teknikler uygulayarak da gerçekleştirilebilmektedir. Bu teknikler, temel olarak, yüzün tanımayı kolaylaştıran kritik bölgelerini ortaya çıkararak veya yüzün bütününe yine değişik metotlarla sıkıştırarak öğrenmeyi kapsamaktadır.[18]

### **2.3 Yapay Zekanın ve YSA'nın Askeri Alanda Kullanımı**

Bilgisayarların önemi günümüz savunma sanayinde gün geçtikçe artmaktadır. Aslında; hesaplama yöntemlerinin gelişmesi orduların ihtiyaçları doğrultusunda gerçekleşiyordu. Bu manada bilgisayarların operasyonel olarak kullanılması 2. Dünya Savaşı'na rastlar. Alan Turing gibi ünlü bilim adamları askeri alandaki

gelişmelerle ilgilenecek bilgisayarların savunma sanayinde kullanılmasına önemli katkılarda bulunmuşlardır.

Bilgisayarların kapasitesinin artması ile beraber daha karmaşık algoritmalar ve simülasyonlar oluşturulmaya başlandı. Buna paralel olarak Japonların 5. jenerasyon bilgisayarı tasarlayacakları haberi YZ'ye verilen önemin artmasına neden oldu. Bununla beraber robot gibi insansız araçların geliştirilmesine hız verildi.

YZ'nin askeri alandaki başlıca kullanım alanları silah yönlendirme, hedef izleme, nesne ayırt etme, yüz tanıma, yeni algılayıcı tipleri, sonar, radar ve veri sıkıştırması içeren görüntü sinyal işleme, şekil tanıma, gürültü önleme, sinyal/görüntü tanımadır.

### **Bir Örnek**

Görüntü işleme konusunun önemli bir özelliği yeni ve önceden kaydedilmiş resimler arasındaki farkları ayırt edebilmesidir.



Şekil 1 : Askeri Alanda Örnek bir Görüntü İşleme Uygulaması

Bu metoda Coherent Change Detection (CCD) denmektedir ve askeri alanda kullanımı gitgide yaygınlaşmaktadır. Aynı bölgeye ait eski ve şu anki resimleri karşılaştıran sistemler yeni nesnelerin yerleştirildiğini(mayın), araç ve insan izleri gibi yakın bir zamanda olmuş hareketin izlerini veya şüpheli bir durum yaratabilen kamuflaj uygulamalarını keşfedebilirler. Bu görüntüler termal resimlerle birleştirilirse yakın zamanda gerçekleşmiş insan hareketleri bulunabilir. Belirli bir tip nesne aramak için özel algılayıcılarla hiperspektral analiz yapılabilir ve kimyasal ve organik maddeler fark edilebilir.





Şekil 2 : Askeri Alanda Örnek Bir Görüntü İşleme Uygulaması

Bazı minyatür insansız hava araçları programlanarak mayın yerleştirilmesi gibi alandaki değişiklikler ve yol kenarındaki pusuları fark edebilir.

Otomatik pilotlar da YZ'nin askeri alanda kullanım alanlarından sadece bir tanesi olarak verilebilir. YZ vasıtası ile geliştirilen otomatik pilotlar; pilotların tehlikeli manevralar yapmalarını engelleyebilir.

### **Combat Identification Systems (Savaş Tanımlama Sistemi)**

Bu sistemler savaş alanındaki nesnelerin (uçak,gemi vs.) sınıflandırılması için kullanılmaktadır. Bu sistemde nesnelere dost, düşman, nötr vs. gibi gruplara ayrılır. Bu durumda karar vermek için içinde bulunulan durum, taktiksel seçenekler, silah kaynakları gibi başka veriler de kullanılır.

### **Identification Friend Or Foe Systems (Dost Veya Düşman Tanımlama Sistemleri)**

Bu sistemler savaş alanındaki uçakların sınıflandırılması için kullanılmaktadır. Her uçakta pilot bir IFF kodu girebilmektedir ve tanımlama bununla yapılmaktadır. Uçaklardan alınan veriler AWACS uçaklarınca toplanarak işlenmektedir. Eski AWACS sistemleri uçaklardan gelen verileri yanlış değerlendirebiliyordu. 1997'de geliştirilen yeni bir sistemle kodlar ve uçağın pozisyonu daha güvenli olarak elde edilebilmektedir.



Şekil 3 : AWACS

### **AC-130U Spooky**

Bu uçak son derece gelişmiş özellikler taşımaktadır. Zırh koruma sistemi (APS), yüksek çözünürlüklü algılayıcılar (All Light Level Television (ALLTV)), infrared tespit seti (IDS) ve radar, havacılık sistemleri ve EW sistemleri, karmaşık bir yazılım kontrollü ateş kontrol sistemi ve çeşitli silahları bulunmaktadır.

AC-130U bugün dünya üzerindeki en karmaşık hava silah sistemidir. Görev bilgisayarlarında ve havacılık sistemlerinde 609,000'den fazla satır kod içermektedir. Her tür hava şartında çok uzak mesafelerdeki hedefleri tespit etme, tanıma ve sınıflandırma gibi özellikleri vardır.



Şekil 4 : AC-130U Spooky

### **AH-64D Longbow Apache ve RAH-66 Comanche**

SDI içerisinde Steve Smith tarafından dizayn edilen EA evrim algoritmasının kullanıldığı bu iki helikopter hedef cismin belirlenmesi ve niteliğini bulmak için

genetik programlama tekniğini kullanırlar. Girdi olarak radar verileri ya da FLIR kullanılır. Bu işlemten sonra EA en iyi algoritmayı bulmaya çalışır.

Basitçe anlatmak gerekirse ; EA 2 algılayıcıdan gelen toplam 42 girdi ile beslenir. Bu girdilerden hareketle EA bir dizi ifade ağaçları oluşturur. En iyi program bulunduğu anda; EA yeni oluşan ağaçtan en iyi sonucu bulmaya çalışır.



Şekil 5 : Apache

### **Amerikan Füze Savunma sistemi**

Amerika'nın çeşitli bölgelerinde bulunan elemanlardan oluşan bu sistem ABD'nin 50 eyaletini balistik füze saldırılarından korumak için düşünülmüştür. Erken Uyarı Sistemi düşman füzeleri tanımlayıp izleyecek ve veriler toplayacaktır. Onaylanırsa bu veri Savaş Yönetim/Komuta Kontrol İletişim sistemine geçilecektir. Bu sırada radarlar gelen füzeyi tanımlamış ve izliyor olacaklardır. Bu bilgilerle bir karşı saldırı planlanacaktır. Bir veya daha fazla füze gelen füze yollanacaktır. Bu sırada radarlar bilgi toplama ve işlemeye devam edeceklerdir. Bu sayede yollanan füzenin başka nesnelere çarpması engellenecek , gerçek tehdide çarpması sağlanacaktır. Çarpmadan sonra da radarlar bilgi toplamaya devam edecek ve başarılı olup olunmadığını bulacaklardır.

### **Ground Sensor Equipment (BSA)**

Rheinmetall Defense (Almanya) tarafından geliştirilen araç görüntüsel infrared algılayıcı kullanarak personeli, tekerlekli ve diğer araçları tespit, sınıflama ve

tanımlama yapabilmektedir. Pasif, kendini yönetebilen, gizli alıcı yol kenarına yerleştirilebilmektedir(veya gömülmektedir).

Sismik(jeofon), akustik(mikrofon) ve manyetik alıcılar ana birimden ayrılarak direk yolun kenarına yerleştirilir. Bir IR çizgi kamerası, Passive Infra-Red alıcı ve ek mikrofon ile donatılmış merkezi işlem birimi 20m uzağa kamuflejli olarak veya gömülerek yerleştirilir. Uzaktaki algılayıcılardan gelen veriler merkezi işlem biriminde işlenip bir eşleme yapılmaya çalışılır. Bu tür bir eşleme yapılırsa bir alarm sinyali hedef sınıflama verisiyle birlikte 10km'ye kadar uzakta bulunan bir görüntü terminaline gönderilir.

BSA'nın özelliği öğrenilme kabiliyetidir. Yeni araçlar veya bilinmeyen diğer hedefler tespit edildiği zaman spesifik imzaları aracın belleğine kaydedilir ve daha sonra hedef kütüphanesini güncellemek için kullanılır. Bir başka özelliği ise çevresel koşullara uyum sağlayabilmesidir. Akustik arka plan seslerini filtreleyebilir, jeofon filtrelerini alıcının bulunduğu toprağın koşullarına göre ayarlayabilir. Algılayıcı ayrıca keşif-devriye araçlarının güvenliklerini sağlayabilir, konuşlanma mevkileri için güvenlik sağlayabilir.

### **Terrain Commander**

Terrain Commander istihbarat toplama, savaş alanı gözetleme, kuvvetlerin güvenliği, sınır güvenliği amacıyla kullanılan ağa bağlanabilme özelliğine sahip olan bir keşif sistemidir. Optik, akustik SATCOM entegre algılayıcı (OASIS) gece ve gündüz çalışabilen çok algılayıcılı bir sistemdir. Elektro optik gece/gündüz algılayıcı, akustik algılayıcı, ana sistemden 300m uzağa kurulabilen ve kablosuz iletişim kurabilen pasif infrared, manyetik, sismik, basınç algılayıcısı gibi minyatür saldırı algılayıcıları bulunmaktadır. Sistem bir insan boyutundaki hedefleri gece ve gündüz 150m'den ,aynı zamanda akustik algılayıcılarla da tanınabilen araçları 500m'den tanıyabilir.Bir tankı akustik sinyaller sayesinde 2,5 km uzaklıktan, bir helikopteri ise akustik ve elektro optik tanıma menzili olan 10km'den tanıyabilir.

Geliştirilmiş OASIS algılayıcıları düşman sahasını veya güvenlik kuvvetlerinin bulunmadığı hassas alanları izlerken bölgelerindeki olayları otomatik tespit, sınıflama, resim yakalama ve işleme gibi işlemler yaparlar.

## Neuron

Neuron başında Fransa olan bir konsorsiyumun geliştirmekte olduğu bir insansız uçaktır. Test amacıyla ve Avrupalı mühendislerin becerilerini geliştirmeleri için üretilmesine karar verilmiştir. Planlara göre 2010'da test uçuşu yapacak olan Neuron bu deneyde çeşitli havadan karaya operasyonlar gerçekleştirecek, radara görünmeme özelliğini kullanacak ve çeşitli silahlar kullanacak. Araç için yeni silah, güç kaynağı, algılayıcı geliştirilmeyecek ancak piyasada bulunan bilgisayarlarda çalışan, gerçek zamanlı, görev-kritik bir havacılık sistemi geliştirilecek. Avrupa'da geliştirilen ilk radara yakalanmayan uçak olmasının yanı sıra kendi kendine yön belirleme ve çeşitli yazılımların denendiği bir ortam olacak. Program görev sırasında sistemi sınavacak ve tekrar ayarlayacak, çevre değişirse planları inceleyip değiştirebilecek. Ayrıca çok sayıdaki Neuron'u çeşitli gerçek zamanlı strateji oyunlarındaki gibi gruplamak ve grubu topluca yönetme gibi özellikleri olacak. Tasarımı ve geliştirilmesi tamamen sanal ortamda yapılacak ilk araç olacak.



Şekil 6 : Neuron

## Autocopter

Kendi kendine sabitlenebilen insansız mini bir helikopterdir. Gökyüzü fotoğraflama, gözetim, konvoy takibi ve mayın tespit etme görevlerini yerine getirebilir. YSA tabanlı uçuş kontrol algoritması ile sistem zeki hale getirilmiştir. Daha sonra bu mini helikopterin silahlandırılmış bir versiyonu piyasaya sürülmüştür. Autocopter-Gunship adını alan bu versiyon düşmanı fotoğraflama ve tespit etme; aynı zamanda da hedefe saldırma özelliklerini kendine eklemiştir.

## Dragon Runner

Kent çatışmalarında kullanılmak üzere geliştirilmiş bir robottur. Bir askerin sırt çantasında taşıyabileceği kadar hafiftir (4 kg). Carnegie Mellon Üniversitesinde geliştirilen robotun elektronik aksanı ve termoplastik kabuğu Automatika Inc.

tarafından üretildi.4 tekerlekli 15 inch (38cm) uzunluğunda 1 foottan daha az genişlikte ve 5 inch(13cm) yüksekliğinde bir robottur.Duvarın üstünden,merdivenden aşağı veya saatte 45 mil(70 km) hızla giden bir araçtan atılabiliyor.Nasıl düştüğü farketmiyor çünkü üst tarafı yok. Askerler için çok tehlikeli veya ulaşılamayan alanlar için tasarlandı.

## ÖRÜNTÜ TANIMA VE BİYOMETRİ

### 2.4 Örüntü Tanıma

İnsanların günlük yaşamında, belirli bir sesi veya görüntüyü tanımak için kullandıkları kuralları tanımlamak mümkün değildir. İnsanların pratikte karşılaştıkları bu örüntü tanıma olaylarını, makine tabanlı örüntü tanıma uygulamalarında belirli kriterlere oturtmak mümkündür. Bunun için, örüntülerin bir birinden bağımsız ve belirli karakteristik niteliklerinin elde edilmesi özellik çıkarım süreci ile gerçekleştirilir. Bu özellikler bir sınıflandırıcıya verilerek her bir örüntü belirli sınıflara ayrıştırılıp tanımlama yapılır.

Örüntü, ilgilenilen varlıklar ile ilgili gözlenebilir veya ölçülebilir bilgilere verilen addır. Gerçek dünyadaki bu örüntüler, genellikle ilgilenilen verilerin nicel tanımlama şekilleridir. Örüntü tanıma, insanların çeşitli ses, görüntü ve benzeri tüm örüntülerin biçimsel şekillerinden çıkardıkları dilsel şekillendirir. Aslında, örüntü tanıma bilimin, mühendisliğin ve günlük hayatın geniş bir alanındaki etkinlikleri kapsamaktadır. Örüntü tanıma uygulamalarını insanların yaşantısında da görebiliriz: hava değişimin algılanması, binlerce çiçek, bitki, hayvan türünü tanımlama, kitap okuma, yüz ve ses tanıma gibi bulanık sınırlara sahip birçok etkinlikte örüntü tanıma kullanılır. İnsan örüntü tanınması, geçmiş tecrübelerle dayalı öğrenme esaslıdır. Böylece, insanlar pratikte karşılaştığı örüntü tanıma olaylarını tecrübeleri ışığında değerlendirebilme yeteneğine sahiptirler. Belirli bir sesi tanımak için kullanılan kuralları tanımlamak mümkün değildir. İnsanlar bu işlemlerin bir çoğunu oldukça iyi yapmalarına rağmen, bu işlemleri daha ucuz, iyi, hızlı ve otomatik olarak makinelerin yapmasını arzularlar. Örüntü tanıma, böyle akıllı ve öğrenen makineleri gerçekleştirmek için, çok boyutlu bir mühendislik disiplini.

Örüntü tanıma olayını şu şekilde irdeleyebiliriz: Aralarında ortak özellik bulunan ve aralarında bir ilişki kurulabilen karmaşık işaret örneklerini veya nesnelere bazı tespit edilmiş özellikler veya karakterler vasıtasıyla tanımlama veya sınıflandırmadır. Bu bağlamda, örüntü tanımanın en önemli amaçları; bilinmeyen örüntü sınıflarına belirli bir şekil vermek ve bilinen bir sınıfa ait olan örüntüyü teşhis etmektir.

İnsan beyininde her bölgenin kendi görevi olduğu bilinmektedir. Bunun sonucu olarak insan, beyninin sınırlı bir bölgesinde hasar olduğunda diğer yetenekleri

normal olmasına rağmen belirli bir yeteneğini kaybetmektedir. Bunlara örnek olarak da beynin sağ tarafında belirli bir bölge hasar gördüğünde bildik yüzleri tanımayan insanları gösterebiliriz. “Prosopagnosya” olarak bilinen bu durum bazı psikolojik işlevlerin yüz tanıma gibi beynin belirli bir bölgesiyle sınırlandığını kanıtlamaktadır.

Görme olayında, nesnelere ne olduklarının belirlenmesine örüntü tanıma süreci ya da kısaca tanıma denir. Görme korteksindeki iş bölümü, yerleştirme ve tanıma arasındaki bölünmeyle sona ermez. Tanımda kullanılan farklı bilgi türlerinin (renk, biçim, doku) korteksin tanıma dalının farklı alt bölgelerinde ya da hücrelerinde işlendiği görülür. Keki’ye göre bilgi ilksel alıcı alandan görme korteksinin öteki alanlarına doğru hareket ederken uzmanlaşma daha çarpıcı hale gelir. Tüm bir bölge yalnızca biçime, diğer bir bölge yalnızca renge, bir başkası ise yalnızca harekete ayrılacaktır.

Bir nesneyi tanımak, onu bir sınıflandırma içerisinde değerlendirmek anlamına gelir. İster nesnelere, isterse de insanlar olsun, her iki durumda da tanıma, nesnenin birçok gizli özelliğini anlamamızı sağlar. Peki bir nesnenin hangi özellikleri onu tanıyamamızı sağlar? Cismin renk, biçim, doku, büyüklük vb. özellikleri olduğuna değinmiştik. Fakat cismin biçimi – bileşenleri arasındaki ilişkilerin tanımda önemli rol oynadığı gözükmektedir. Biz bir balığı onun büyüklüğü ya da küçüklüğüne, rengine bağımlı olmayarak biçimine göre rahatlıkla tanıyabiliriz. Tanımda biçimin önemini gösteren bulgulardan biri, pek çok nesneyi yalnızca onların biçimlerini gösteren basit çizgilerle tanıyabilmemizdir. Fakat bir nesneyi tanıyabilmemiz için onu biçimine göre uygun sınıfa nasıl yerleştiririz? İnsan bir harfi nasıl algılar?

Marr’a göre algısal sistem nesneyi çizgiler, kenarlar ve açılar gibi ilkel bileşenlere göre tanımlamak için retina üzerindeki bilgileri, özellikle de yoğunlaşmadaki değişimleri kullanır. Sistem, bu ilkel bileşenleri nesnenin kendisine ilişkin bir tasviri çizmek için kullanır. Daha sonraki aşamalarda ise nesnenin tasvirini, görsel hafızada depolanmış çeşitli nesne türlerinin biçim tanımlamaları ile kıyaslar ve en uygun olanını seçer. Örneğin bir “A” harfini tanımak, bu nesnenin biçiminin öteki harflerden daha çok “A”ya uygun olduğunu söylemektedir. Bir biçimin tasviri için onun özellikleri arasındaki ilişkiler belirlenmelidir. Örneğin bir “H” harfi iki dikey



ve bir yatay çizgiden oluşmaktadır. Bu çizgiler uygun biçimde bir araya getirilmezse, ortaya çıkan örüntü “H” değildir.

Diğer bir soru ise bir nesnenin tasvirinin hafızamızdaki biçim tasvirleri ile en uygun eşleşmesinin nasıl sağlandığıdır. Burada temel fikir, harflerin belirli özelliklerine göre tasvir edildikleri ve hangi özelliğin hangi harfe uygun düştüğüne ilişkin bilginin bir bağlantılar şebekesi içerisinde yer aldığıdır.

Bir nesnenin, tüm depolanmış biçim tasvirleri ile paralel olarak kıyaslanması da bu modeller temelinde yapılmaktadır. Ayrıca bağlamın harfleri algılama yeteneğimizi nasıl etkilediğini, özellikle bir harfin tek başına değil de, bir sözcüğün parçası olarak sunulduğu zaman neden daha kolay algılandığını açıklamak için ayrıca psikologlar tarafından yukarıdan aşağıya geri beslemeli aktivite şebekesi üzerinde durulmaktadır. Burada harfin tek başına değil, kelimedeki yeri ve bir bütün olarak tutulması söz konusudur. Örneğin MASA kelimesinde M harfi, A-S-A ile ilişkili olarak yukarıdan aşağıya olan bağlantılar aracılığı ile sözcüğün harfleri için geri besleme faaliyeti sağlar.

Atkinson'a göre harf bir sözcük içinde verildiğinde ek bir faaliyet kaynağı vardır ve bu, sözcük içindeki harfin, aynı harfin tek başına olmasına kıyasla daha kolay tanınmasının nedenidir. İnsan bilgi dağarcığındaki kelimelerde olan harfleri daha hızlı algılamaktadır. Sözcük hafızasında olmadığına ise durum yine ayrık biçimde tanımaya karşılık gelir. Örneğin, M-R-Ü-K-T-J-P kelimesinde M harfinin algılanması M-A-S-A'ya göre daha yavaştır.

### **Biyometride Yapay Zeka Uygulamaları**

Bilgi teknolojileri dediğimiz bilgisayar tabanlı sistemlerde olan gelişim, çağımızı teknoloji ve internet çağı yapmıştır. Teknoloji ve bilgi artık her yerde ve her alanda bulunmaktadır. Amaç hep daha hızlı, daha güvenilir, daha akıllı ve daha kullanışlı sistemleri oluşturmaktır. Yirmi ya da otuz yıl önce gerçek zamanlı olarak yapılamayan bazı uygulamalar günümüzde kolaylıkla gerçekleştirilebilmektedir. Bu sistemlere örnek olarak uydu teknolojilerini, e-bankacılığı, mobil uygulamaları gösterebiliriz. Hızlı bir şekilde gelişen teknolojiler beraberinde çeşitli gereksinimleri ortaya çıkarmıştır. Bu gereksinimlerin başında sistemlerin güvenliği ve işlevselliği gelmektedir.

Uygulamalardaki gereksinimler, genellikle kullanıcı tanımlama ve tanımlamaya göre kişilere ilgili sistemde hak verme şeklinde olmaktadır. Bu amaçla yapılan ve günümüzde de kullanılmakta olan sistemler genellikle kullanıcı tanımlamalarını kişiye verilen bir anahtar ile yapmaktadır. Bu anahtar değerleri unutulabilir, kaybedilebilir ya da tahmin edilebilir yapıda olduklarından büyük dezavantajlar içermektedir.

Bu eksiklikleri büyük ölçüde ortadan kaldıran sistemler biyometrik sistemlerdir. Bir bireyin ölçülebilir fizyolojik ya da davranışsal özelliklerine biyometri denir. Başlıca biyometrik özellikler, parmak izi, avuç içi bilgisi, retina, iris, DNA ve el yazısı olarak örneklendirilebilir. Biyometrik sistemlerin en büyük üstünlüğü, bu özelliklerin unutulmayan, kaybedilmeyen, ve de tahmin edilemeyen yapılar olmasıdır. Kişiden kişiye değişen ve bu nedenle transfer edilmesi zor olan bu özellikler biyometriyi güvenlik sistemlerinde en çok tercih edilen alan haline dönüştürmüştür.

Biyometrik özellikleri kullanan sistemlere biyometrik sistemler adı verilir. Gün be gün gelişen teknoloji beraberinde bu tür sistemlere olan gereksinimi artırmaktadır. Günümüzde biyometrik sistemler; bankacılık, kriminoloji, güvenlik ve oylama sistemleri gibi birçok farklı alanda kullanılabilir.

#### İnsan Yüzünün Tanınması

Çağdaş bilgi çağında e-ticaret hayatımızın ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Buna bağlı olarak bilgisayar ortamında kimlik tespiti, güvenlik açısından büyük önem taşımaktadır.

Yüz tanıma temel olarak güvenlik sistemlerinde, suçluların takibinde ya da çok gizliliği olan yerlerdeki giriş-çıkışların kontrolünde ve arşiv analizlerinde kullanım alanı bulabilmektedir. Bir bilgisayarın ise, ister bir suçlunun tespiti, ister bir oy verme işleminin otomatlaştırılması olsun; yorumlayarak tanımayı gerçekleştirebilmesi yapay zeka araştırmacılarını ilgilendiren konulardandır. Bu konunun tarihsel gelişimine kısaca göz atmamız bu işlemin kat ettiği mesafeyi algılamamız için önemlidir.

İtalyan doktor ve dedektif Chezare Lambrezo (1835-1909) günümüzde az da olsa kullanılan lambrezzoculuk teorisini oluşturmuştur. Lambrezo; 2839 mahkum ve infaz

edilmiş 383 suçlu kafatasını inceleyerek insan beyninde katle, soyguna vs. tahrik eden bölümlerin var olduğunu ortaya koymaya çalışıyordu. Onun teorisine göre doğumdan gelen suçlular olmakta ve cinayete eğilimlilik kalıtımsal olarak geçmekte idi. Lambrezzo; antropolojik ölçümlere göre yüzün ve kafatasının yapısı ile bu “doğuştan” gelme suçluların tanınmasının mümkün olduğunu iddia ediyordu. Hatta bu “doğuştan suçluların” toplumdan tecrit edilerek cezalandırılmasını önermekte idi. Bu ilkel yaklaşımın günümüzde az da olsa hala savunucuları bulunmaktadır.

İnsanın yüz çizgilerini öğrenen dala fizyognomi denir. Bu yüz çizgileri öğrenilerek insanın ruhsal durumu, alışkanlıkları, karakteri ve hatta hastalıkları ile ilgili muhtemel yorumlar getirilmektedir. Fizyognomi ile ilgili ilk çalışmalar çok eskilere dayanarak ilk kez köklü bir biçimde İsviçreli I. Lafather (1741-1801) tarafından araştırılmaya başlanmıştır. Birçok hata ve yanlışlarına nazaran, “gönüllü hareketi” sonucunda mimiklerle ifade edilen psikolojik durumlar ve duygusallık arasındaki ilişkinin varlığını gösteren Lafather’in çalışmaları öznel nitelik taşımakta, yüzlerin sınıflandırılmasında bazı genel ipuçları vermekteydi. Lafather’in teorisi ne kadar tartışılrsa da, onun yüzdeki organların sınıflandırılmasıyla ilgili yaptığı çalışmalar kriminoloji ve bilgisayarlı yüz tanımda belirli derecede de olsa yardımcı olmaktadır.

Burada bazı somut göstergeler olsa da sonuçların kesin bir teori biçiminde topluma uygulanması çok yanlıştır. Birçok araştırmacı insanların giyimine , sesine, konuşmasına, yürümesine, alışkanlıklarına; surat, göz, burun, alın, tırnak yapısına göre bazı deterministik değerler vermektedirler. Bu yaklaşımları doğru kabul etmek günümüzde çok yanlıştır ve etik değildir.

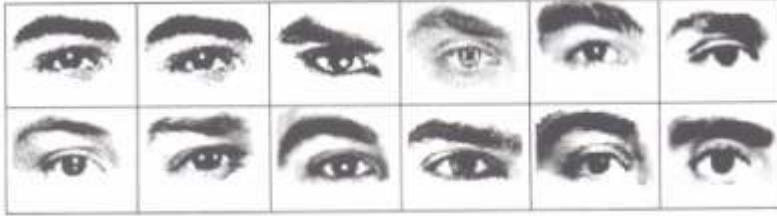
Bir insanın tanınması için robot-resim yöntemlerine de geçilmektedir. İnsanın surat yapısına göre tanınmasında kriminolojide, çok da başarılı olmamasına rağmen, foto-robotlar kullanılır. Örneğin kriminolojide kulak 50’den fazla özellikle karakterize edilebilmektedir. Sözlü ifadelendirme ile oluşturulan foto-robotlar bu nedenle zorluklar içermektedir. Fransız Mishel Reno birçok insan üzerinde gerçekleştirdiği deneyler sonucunda dudakların insana özgü ve tekrarlanmayan bir yapıda olmasından dolayı, tanımayı bu ağız yapısına göre gerçekleştirmeyi

önermekteydi. Fakat anlaşıldığı itibari ile bu yöntemler çok sayıda veri gerektirir ve bu verilerin işlenmesi çok zaman alır.

Aşağıdaki resimler insan dudağının ve gözlerinin farklı biçimlerini içermektedir. Örneğin bir bilgisayarlı dudak okumada veya güvenlik sistemlerinde bu organların bilgisayara eğitilerek ayırt edilebilmesi, bilgisayarın zeka göstergesi olan kişi tanımada kullanılabilir.



Şekil 7 : Dudak Biçimleri



Şekil 8 : Sol Göz Biçimleri

Literatürde imge üzerinde bir veya birden fazla yüzün yerini algılamak için geliştirilmiş çeşitli algoritmalar bulunmaktadır. Bu yöntemlere örnek olarak hesaplama yöntemi, graf yöntemleri vb. yöntemler gösterilebilir.

Yüz tanıma ve yorumlanmasının uzun bir geçmişi vardır. Bilgisayarlı yüz tanımada genellikle gözler, ağız, burun ve baş çevresi gibi özelliklerin algılanması ve bir yüz modelinin konum, büyüklük ve bu özelliklerin ilişkilendirilmesi üzerinde durulmaktadır.

Yüz tanıma problemi 3 gruba ayrılabilir.

Yüzü Bulma(Face Detection)

Yüz Kesimleme(Face Segmentation)

Yüz Onaylama(Face Identification)

Yüz tanıma sistemlerinin başarımlarını değerlendirilmesinde, sistemin hızı, yanlış alarm oranı dikkate alınmaktadır. Yüz tanımda karşılaşılan problemler genellikle, aydınlatma problemi ve pozların çok çeşitli olması ile ilgilidir.

Işıklandırmadan dolayı yüz tanınmayabilir. Bu sorunun giderilmesi için ışıklandırma konileri kullanılmaktadır.

İnsanın yüz tanıma stratejileri ile ilgili araştırmalar, bireysel özelliklerin ve bunların arasındaki ilişkilerin ön plana çıktığını göstermektedir. Bilgisayarlı yüz tanımda en başarılı yaklaşımlardan biri, iki boyutlu sabit resimlerden global özelliklerin elde edilmesidir. Bu çeşit teknikler görüntülerdeki temel bileşenlerin analizlerini direk olarak veya bir sinir ağı üzerinden yapılmasını gerektirir.

### **Yüz Geometrisi**

Dikkat edilirse insanın yapısında her şey mükemmeldir(bizim algılamamız içerisinde) ve yüz yapısında da belirli ilişkilerin değişmezliği söz konusudur. Bu oranların en azından ideal yüz için sabitliği yüzün morfolojisinin oluşturulmasında yardımcı olabilir. İnsanoğlu birçok yapıda, tasarımda göze hoş oransallığı korumaktadır. Bu hoş oranlardan Altın Oran örneklerine ideal ölçülere sahip insan yüzünde de görmek mümkündür.

Örneğin ideal yüzdeki aşağıdaki oranlar sabit olup Altın Oran ile ifade edilmektedir.

Yüz Yüksekliği / Yüz Genişliği

Tepe-Göz Yüksekliği / Saç Dibi-Göz Yüksekliği

Göz-Çene Arası / Burun-Çene Arası

Alın Genişliği / Burun Boyu

Göz-Ağız Arası /Burun Boyu

Burun Altı-Çene /Ağız-Çene

Yüz Genişliği / Gözbebekleri Arası

Gözbebekleri Arası / Ağız Genişliği

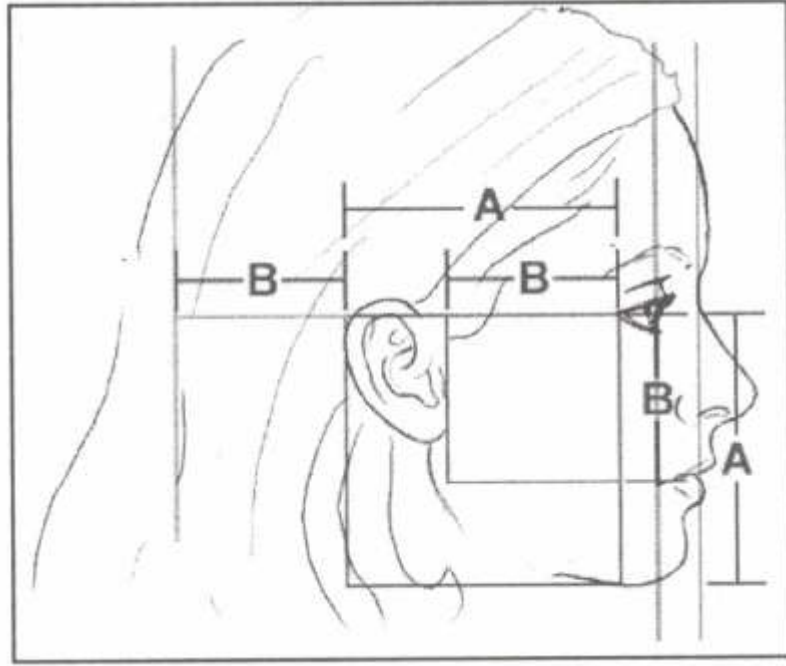
Ağız Genişliği / Burun Genişliği

Bu bilgilerden faydalanarak en azından yalnız bir ön bilgi bilindiğinde uygun yüz şablonu kullanılarak tanıma işlemi daha kısa zamanda gerçekleştirilebilir.

İnsan vücudunun ideal orantıları üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda Antropometri adlı bilim dalı ortaya çıkmıştır. Antropometri, temellerini Fransız A. Bertillon'un (1879) çalışmalarından almış, cinsellik ve yaş açısından binlerce vücudun orantıları kıyaslanarak, yüzyıllardan bu yana ressam ve heykeltıraşların kullandıkları ölçümlerin incelenmesiyle oluşmuştur. Daha sonra Kanon adı verilen insan vücudunun ideal orantılarını belirten bir yapı ortaya çıkarılmıştır. Örneğin Alman sanatçısı A. Düre tarafından önerilen kanona göre, insan vücudu "sekiz baş"lık ölçü üzerine kuruludur.

Kanon bilgileri, bilgisayarların yüz tanıma, yüz çizme veya birkaç organa göre yüz görüntüsünün tamamının sezgisel olarak tamamlanmasında faydalı olabilir. İnsan başının ideal orantılarıyla ilgili kanonlar aşağıda açıklanmıştır.

Önden bakıldığında insan başının yüksekliği ve genişliği, bir kenar 3,5 birim yüksekliğinde, öteki kenarı 2,5 birim genişliğinde bir dikdörtgen meydana getirir. Bu dikdörtgenin kenarlarının orta noktalarından geçen düşey ve yatay orta çizgileri çizersek, burun ve ağzın düşey orta çizgi üzerinde; gözlerin ise yatay orta çizgi üzerinde yer aldığını görürüz. Yandan olan görüntülerde insan başının hem yüksekliğinin hem de genişliğinin alın yüksekliğinin 3,5 katı olduğu görülmektedir. Dolayısıyla profilden bakıldığında insan başı 3,5:3,5 orantılı kare biçimindedir. Bunların dışında profil görüntüsünde de organların yerleşimine göre ilginç orantılar bulunmaktadır. Bu orantılar aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 9 : Yüz Organları Oranları

İnsan başına ilişkin aşağıdaki bazı önemli sonuçlar çıkarılmıştır.

Gözler; başın yüksekliğinin tam ortasında yer alırlar.

İki göz arasındaki mesafe bir gözün genişliği kadardır.

Her gözün genişliği yüzün genişliğinin 1/5'i kadardır.

Yüzün simetri çizgisi olmaktadır.

Ağız, burun ve çene genişliği yaklaşık olarak aynıdır.

Profilden görülen insan başı, bir küre ile, ona 80 derece kadar meyilli olarak çizilen çizgi biçimine indirgenebilir. Kaşların yeri bu çemberi tam ortadan iki yere bölen doğru üzerindedir.

Yaş grupları için bu oranların çıkarıldığını da düşünürsek, uygun bilgilerle bilgisayarları donatarak, 2 yaşındaki çocuk yüzü ile yaşlı bir insanın yüzü arasındaki farkın anlaşılması işleminin gerçekleştirimi mümkündür. İşte makinenin zeki davranışlarından birisi de budur.

Kişiyeye veya kişinin resmine göre yaşının belirlenmesi önemli problemlerden biridir. İster adli, isterse de güvenlik açısından zor bir problem olan yaşın

belirlenmesi bilgisayar yönünden de zordur. Yaşın belirlenmesinde genellikle antroskopik ve antropometrik özellikler incelenmektedir. Antroskopik özellikler deri örtüsünün durumu, dişlerin oluşması, değişmesi ve sürtülme derecesi ile öğrenilir. Antropometrik özellikler ise; yüz, boy, ağırlık, göğüs kafesi ile belirlenir. Genellikle çok da zorluk çekmeden karşımızdakinin bebek, çocuk, erişkin, genç veya yaşlı olduğunu söyleyebiliriz. Ancak bu yaş periyodları birkaç yılı içerdiğinden yaşın kesin olarak belirlenmesi çok da kolay olmamaktadır. Bilgisayarlı uygulamalarda da yaşın belirlenmesi için antropolojik özellikler kullanılabilir. Örneğin; 2, 6, 12 ve 25 yaşlarında olan insanları yüzün geometrik yapılarından faydalanarak belirleyebiliriz. Örneğin; yukarıda da açıklandığı gibi önden bakıldığında yetişkinlerde insan başının yüksekliği ve genişliği 3,5:2,5 oranlarında bir dikdörtgendir. Oysa 2 yaşındaki bir çocukta bu oranlar 4:3 değerindedir. Yetişkinlerde yüz 3:2,5 oranında ise, çocuk yüzü çok daha karesel yapıdadır. Diğer taraftan çocukların gözleri iri, burunları küçük ve kalkık, başları ise büyüktür.

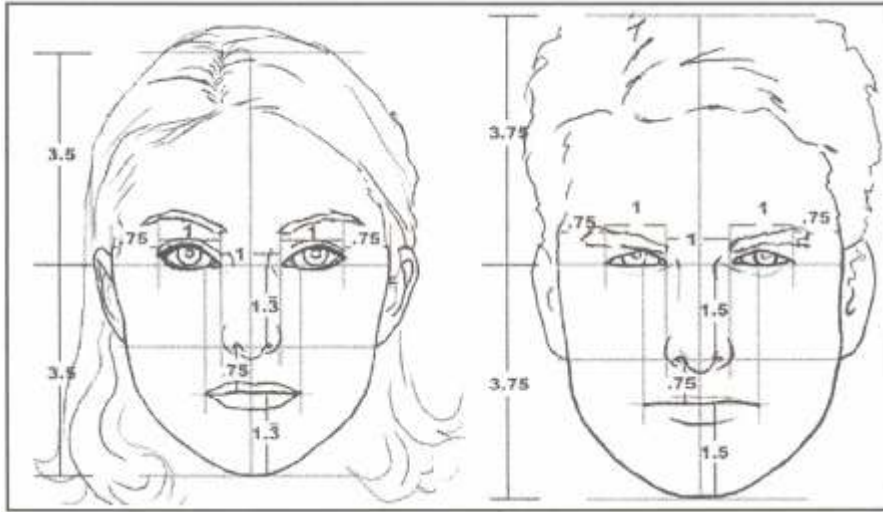
Yaşın belirlenmesinde önemli zorluklardan biri de metrik yaşla tıbbi yaş arasındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Örneğin bu konudaki tecrübeli uzmanlar dahi 70-80 üstü yaşlardaki bireyler 10 yıla kadar hatalar yapabilmektedirler.

Diğer bir önemli onu ise yaşa göre cinsiyetin belirlenmesidir. Yalnız baş resimleri verildiğinde, acaba biz neye göre bir bayanı erkekten ayırabiliriz?

Erkeklerde kaşların daha kalın, bayanlarda ise gözlerin nispeten daha büyük olması söylenebilir. Fakat hepimizin gördüğü ve ayırt edebildiği bu özellikleri daha belirgin biçimde açıklamak zordur.

Bu konu her ne kadar zor olsa da; erkek ve bayan yüzlerinde bazı geometrik farklılıklar bulunabilir. Aşağıda bir bayan ile bir erkek yüzü arasındaki geometrik farklılıklar şekil biçiminde verilmiştir.





Şekil 10 : Kadın ile Erkek Yüzü Arasında Orantısal Farklar

Burada yüzlerle ilgili çok kullanılan bir tekniğe de değinmek faydalı olacaktır.

Farklı yüzlerin birbirine oturtulması ve dönüştürülmesi işlemine morfleme (mophing) denir. Aşağıdaki şekilde, M. Fujiyama tarafından morfleme işlemi sonucunda baba ve anneden elde edilmiş sanal görüntüler yer almaktadır.



Şekil 11 : Fujiyama'nın Averaj Yüz Hesaplaması

Bilgisayarın bir erkekle bir bayanı ayırt edebilmesi veya yaşı tahmini olarak resimden çıkarabilmesi Yapay Zekanın görüntü yorumlaması ile ilgili olan kısımdır. Yüz işleme, yüzün algılanmasını, yüzün izlenmesini, yüzün tanınmasını ve dudak okuma, cinsiyet belirleme gibi araştırmaları da kapsamaktadır. Bu konuda yüzlerce

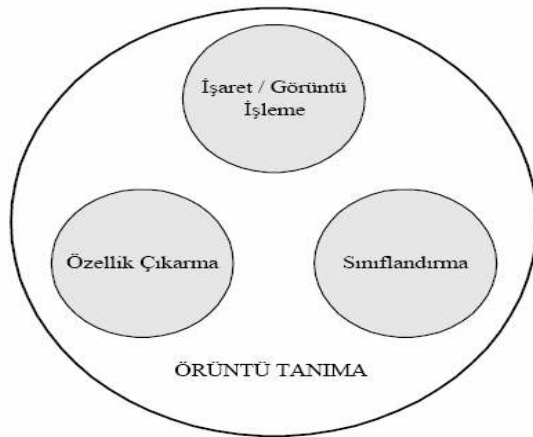
makale yazılmasına ve binlerce araştırma yapılmasına rağmen çok başarılı bulgular elde edilememiştir.

Örüntü tanıma tekniklerinin uygulamaları birçok mühendislik, tıp, askeri ve bilim alanına açıktır. Bunlardan bazılarına; ses tanıma, EEG sınıflama, DTMF haberleşme işaretlerini tanıma ve radar hedef sınıflama, biyomedikal kontrol, veri madenciliği örnek olarak verilebilir. Örüntü tanıma olarak bilinen bu uygulamalar, makine öğrenmesi, örüntü sınıflandırma, ayırım analizi ve nitelik tahmini gibi isimlerle de anılmaktadır. Örüntü tanıma kavramı, Şekil 2.6 da gösterildiği gibi üç önemli birimden oluşmaktadır:

**İşaret / Görüntü İşleme** : Ön işlem aşamasıdır. İşaret veya görüntünün filtre edildiği, çeşitli dönüşüm ve gösterim teknikleri ile işlendiği, bileşenlerine ayrıldığı veya modellendiği kısımdır.

**Özellik Çıkarma**: İşaret ve görüntünün veri boyutunun indirildiği ve tanımlayıcı anahtar özelliklerinin tespit edildiği ve aynı zamanda normalizasyona tabii tutulduğu aşamadır. Sistemin başarımında en etkili rolü oynar.

**Sınıflandırma**: Çıkarılan özellik kümesinin indirildiği ve formüle edildiği tanımlayıcı karar aşamasıdır.[3]



Şekil 12 : Örüntü Tanıma

## 2.5 Biyometri

Biyometri, kişileri biyolojik özellikleri aracılığıyla tanımlamaktır. Artan güvenlik ihtiyacının şifrelerle karşılanamayacağı görüldüğü için biyometrik sistemlerin geliştirilmesi kaçınılmaz olmuştur. Son zamanlarda iletişimde ve ağ uygulamalarında ortaya çıkan birçok yenilik insanların sağlıklı ve güvenilir olarak kimliklerinin doğrulanmasına ihtiyaç duyulmasını sağladı. Bu günlerde kimlik doğrulama işlemi 2 farklı genel yöntemle yapılmaktadır.

Sahiplik(Possession) tabanlı kimlik doğrulama işlemleri

Bilgi tabanlı kimlik doğrulama işlemleri

İlk yaklaşımda tüm güvenlik bir kullanıcının sahip olduğu bir simgeye bağlıdır. Eğer kullanıcı bu simgeyi (kredi kartı vb.) kaybederse bu simgenin başka kişilerin eline geçmesi durumunda güvenlikte bir açık meydana gelebilir.

İkinci yaklaşımda ise genellikle bir şifre kullanılır. Tüm veritabanımız çok iyi bir kriptolama algoritmasına dayansa bile halen bir anahtara bağlıdır. Eğer bu anahtar çok basit olursa rahatça tahmin edilebilir ya da rahatça kırılabilir. Eğer çok karmaşık ise de bu sefer şifreyi unutma gibi bir durum oluşabilir.

Görüldüğü gibi bu doğrulama yöntemleri her zaman zayıf bir tarafa sahiptirler. Bu zayıflar anahtarın kendi vücudumuz olduğu doğrulama sistemleri ile giderilebilirler. Unutulmamalıdır ki vücudumuzun sahip olduğu bize has özelliklerin diğer bir vücuda göre farklılığı; anahtar kelimelerin birbirlerinden olan farklılıklarına nazaran çok daha karmaşık ve çok daha belirleyicidir.

Bir biyometrik tabanlı doğrulama sistemin standart bir sisteme göre avantajları aşağıda belirtilmiştir.

Biyometrik özellikler kaybedilemezler ya da unutulamazlar.

Biyometrik özelliklerin kopyalanması oldukça zordur.

Doğrulama anında doğrulanması gereken kişinin kendine ihtiyaç duyulur.

Biyometrik karakteristikler ana olarak iki sınıfa ayrılabilir.

Fizyolojik özellikler

Davranışsal özellikler

Fizyolojik özellikler vücudun şekliyle alakalıdır. Kullanılması en eski tarihlere dayanan parmak izi özelliği bir örnek olarak verilebilir. Ayrıca bu karakteristiklere yüz, el geometrisi ya da iris örnek olarak verilebilir.

Davranışsal özellikler adından da anlaşılacağı gibi bir insanın davranışına ait özelliklerdir. İmza, ses, klavye kullanım dinamikleri bu tür karakteristiklere örnek olarak verilebilir.

Bir fizyolojik özelliğin biyometrik özellik olarak kullanılıp kullanılmayacağı aşağıdaki parametrelere sahip olup olmadığına göre belirlenir.

Genellik

Kendine haslık

Kalıcılık

Performans

Kabul edilebilirlik

Tuzağa düşürebilme

Toplanabilirlik

Aşağıdaki tabloda genel olarak biyometrik özellikler verilmiş ve bu özelliklerin yukarıda belirtilen parametrelere göre kullanılabilirlikleri derecelendirilmiştir.

| Biyometrik Özellikler | Kalıcılık | Toplanabilirlik | Performans | Kabul Edilebilirlik |
|-----------------------|-----------|-----------------|------------|---------------------|
| Yüz                   | D         | O               | Y          | D                   |
| Parmak izi            | Y         | Y               | O          | Y                   |
| El geometrisi         | O         | O               | Y          | O                   |
| DNA                   | Y         | Y               | D          | Y                   |
| İris                  | Y         | Y               | O          | Y                   |
| İmza                  | D         | D               | Y          | D                   |
| Ses                   | D         | D               | O          | D                   |

Tablo 4 : Biyometrik özellikler ve kullanılabilirlikleri

Yukarıdaki tabloda O harfi orta seviyeyi, Y harfi yüksek seviyeyi, D harfi ise düşük seviyeyi ifade etmektedir.

Mevcut biyometrik tanıma sistemleri;

Ses tanıma

Retina ve iris tanıma

Yüz tanıma

El tanıma

İmza tanıma

Kulak tanıma

olarak sıralanabilir.

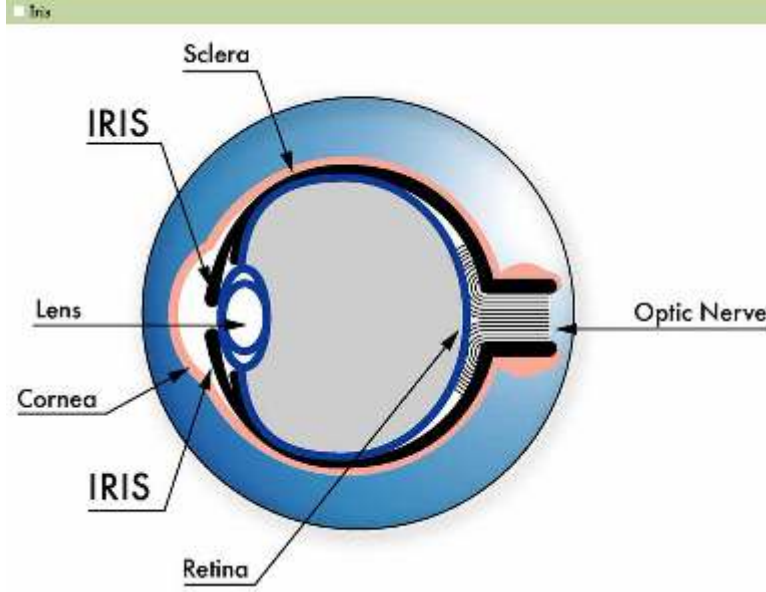
Aşağıda bazı biyometrik tanıma sistemlerinin genel birer tanımı verilmiştir.

Ses Tanıma

Ses tanıma; konuşmacı tarafından söylenen sözleri tanımlamak için işitsel sinyallerin analizi işlemidir. Basit gibi görünmesine rağmen bu işlem, yazılım geliştiricilerinin karşılaştıkları en karmaşık problemlerden biridir. Sadece son yıllarda, güç ve hafıza kapasitelerindeki ilerlemelerin yardımıyla, yüksek kapasitedeki ses tanıma sistemleri ticari açıdan uygulanabilir gözükmemektedir.

İris Tanıma

Genellikle retina ile karıştırılır. Ancak resimden de göreceğimiz üzere iris ve retina arasında çok büyük fark vardır. Bu durum iris tanıma ile retina taraması arasındaki farkı da açıklar.



Şekil 13 : Göz ve İris

Halk arasında göz tanıma sistemleri dendiğinde "retina ve göz bebeği" akla gelmesine rağmen iris, gözün bu sayılanlardan farklı bir kısmını ifade eder. Göz İrisinin biyometrik teknolojilerden biri olarak kullanılmasının sebepleri olarak şunlar sayılabilir;

Dünya üzerinde bulunan her insan gözü eşsizdir.

Dünyada aynı irisin olma olasılığı 1/1078 'dir.

Göz irisi genetik oluşumlardan en az derecede etkilenir.

Göz irisi kalıtsal hastalıklardan etkilenmez.

Göz, insanın yaşamını yitirmesinin ardından canlılığını en çabuk (3 sn) kaybeden organdır.

İrk, cinsiyet, renk gibi demografik özellikler irisi etkilemez.

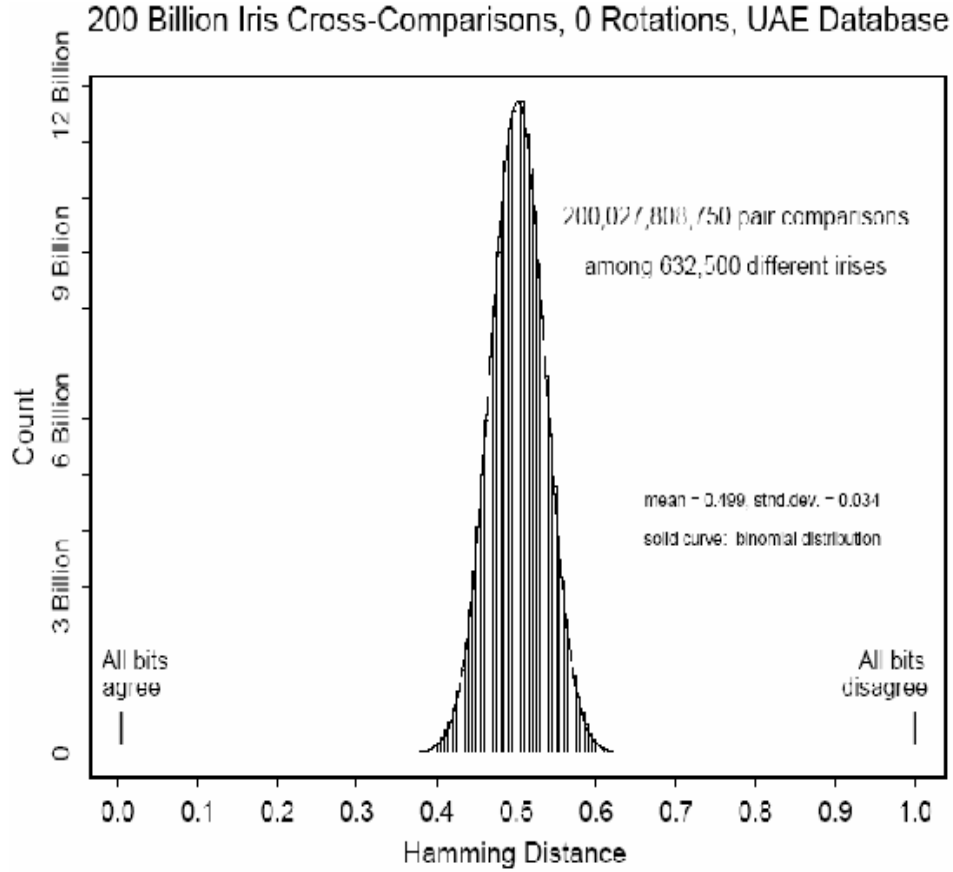
Özellikle 1 metreden daha kısa bir mesafeden alınan görüntülerin tanınmasında iris tanıma tercih edilir. İrislerin 11 mm boyunda olmasının göreceli dezavantajı bir yana; irislerin diğer biyometriklere göre örüntü çeşitliliğinin çok yüksek olmasından kaynaklanan matematiksel varyasyon farklılığı avantajı vardır. İrislerin bir başka önemli özellikleri de renkleridir. Melanin pigmentinin yoğunluğu irislerin renklerinin oluşumundaki tek etkidir.

İris örüntülerinin tanınmasında kullanılan algoritmalar; uygulama yazılımları olarak bilimsel ve ticari kurumlarda test edilmiştir. Bu kurumlar British Telecom, US Sandia Labs, UK National Physical Lab, NBTC, Panasonic, LG, Oki, EyeTicket, IBM SchipholGroup, Joh.Enschede, IriScan, Iridian ve Sensar olarak sıralanabilirler. Yukarıda sıralanan kurumların testlerinde %0'a yakın yanlış eşleme oranı saptanmıştır. Bu da iris tanımanın ne kadar güvenilir olduğunun bir göstergesidir.

İris tanımanın en önemli uygulamalarından bir tanesi de Birleşik Arap Emirlikleri'nde hizmete sunulmuştur. 2001 yılında BAE İçişleri Bakanlığı tarafından 17 farklı deniz, hava ve kara giriş noktasında bir iris tanıma programı kullanılmaya başlanmıştır. Tüm dünyada olduğu gibi bu sistemde de Daugman Algoritması kullanılmıştır. Örnek olarak bu sistemi araştırmamın nedeni diğer iris tanıma sistemleri üzerinde bu kadar büyük çaplı istatistiksel bir analizin yapılmamış olmasıdır.

Birleşik Arap Emirlikleri'nde şu ana kadar tam 2 trilyon iris karşılaştırılması yapılmıştır. Bu ülkeye giren her insanın İrisCode'u ile merkezi veritabanındaki her İrisCode'u karşılaştırılmıştır. Uygulama yürürlükte olduğundan bu yana da tam 40.000 insan yanlış seyahat belgeleri ile ülkeye giriş yaparken yakalanmıştır. Abu Dhabi polis merkezi şu ana kadar hiç yanlış eşleme yapılmadığını bildirmiştir.

Aşağıdaki şekilde şu ana kadar elde edilmiş sonuçların istatistiksel grafiği verilmiştir. Bu şekilde 632.500 farklı irisin merkezi veritabanındaki İrisCode'lar ile karşılaştırılması verilmiştir. Bu karşılaştırmaların sayısı 2 trilyondan fazladır ve 0 hata vardır. Buradaki "Hamming Distance" 2 farklı İrisCode arasındaki farklı bitlerin sayısını göstermektedir. Yani iki farklı İrisCode'un tüm bitleri aynı ise bu değer 0; iki farklı İrisCode'un tüm bitleri farklı ise 1'dir.[5]



Şekil 14 : BAE iris tanıma sisteminin başarımlar grafiği

## El Tanıma

El Tanıma Sisteminin bazı problemleri vardır:

Birincisi, elle temas gerektirdiği için bazı hastalıkların (SARS) kişiden kişiye bulaşmasına neden olabilir. Yüz Tanıma ise yüz resmini belli bir mesafeden aldığı için aksine tamamen hijyeniktir. İkincisi, sol ellerini kullanan kişiler okuyucuya sağ ellerini uzatırken zorluk yaşamaktadırlar. Üçüncüsü, el tanıma sistemini kullanmak oldukça bilgi gerektirmektedir. Kişileri sistem kullanımına hazırlamak yaklaşık 15 saniye almaktadır. Yüz tanıma işlemleri yaklaşık 1 saniye sürmektedir. Dördüncüsü, kullanıcıların yaklaşık %5'i ya ellerini okuyucuya tam ve doğru olarak yerleştirmedikleri ya da elleri okuyucunun alanından daha küçük veya büyük olduğu için el okuyucusu tarafından reddedilmektedirler. Reddedilme olasılığınız ATM'lerde yetersiz bakiye nedeniyle reddedilme olasılığınızdan bile daha azdır.



### **Retina Tanıma**

Retina Tarama Sistemi, gözün arkasında yer alan damar desenlerinin ölçülmesi esasına dayanır. Retina Taramasının gerçekleştirilmesi için kişiler gözlerine lazer tutulan bir merceğe bakmak zorundadır. Bu nedenle biyometrik olarak ne kadar güvenilir olursa olsun, birçok kişi gözüne lazer tutulmasını reddettiği için güvenilirliğinin anlamı kalmamaktadır. Retina Tarama biyometrikler içinde kullanıcılar tarafından en az sevilen ve kabul edilenidir; çünkü insan bedenine en çok müdahale edenidir.

### **Parmak İzi Tanıma**

Parmak izi en çok bilinen ve uygulanan biyometriktir. Kendine haslığı ve tutarlılığı dolayısıyla yüzyıl öncesinden bu zamana kadar kullanılan bir biyometriktir.

Parmak izi tanımanın tarihçesi 19. yüzyıl sonlarına kadar gitmektedir. Sir Francis Galton parmak izlerinin tanınmasında bazı noktalar ve karakteristikler tanımlamıştır. Bu noktalara o dönemlerde “Galton Points(Galton noktaları)” deniyordu. Parmak izi tanıma 1960’lı yılların başlarında bilgisayar destekli hesaplamanın gelişmesi ile birlikte gelişim evresine girmiştir. 1969 yılında FBI’ın da isteği ile parmak izi tanıma; bir insanın saatlerce uğraşması yerine bilgisayar destekli bir tanıma sisteminin geliştirilmesi ile otomatikleşmiştir. Bu dönemden sonra da yazılımsal bazı gelişmeler ile parmak izi tanıma sistemleri günümüzdeki halini almıştır.

Bir parmak izi genellikle koyu çizgilerden ve bu çizgiler arasında bulunan beyaz boşluklardan oluşur. Koyu çizgilerin bitimi ve bu çizgilerden sonra olan ayrışmayı parmak izi tanıma önemli veriler olarak niteler. Aşağıdaki şekilde parmak izi tanımadaki kullanılan bu önemli veriler görülmektedir.



Şekil 15 : Çizgilerin bitişi ve ayrışması

Yukarıdaki şekilde de görüldüğü gibi bir çizginin bitimi ve bu çizginin ayrışması önemli parmak izi tanıma verileri olarak kullanılmaktadır.

Aşağıdaki şekilde de diğer parmak izi karakteristikleri görülmektedir.



Şekil 16 : Diğer parmak izi karakteristikleri

Parmak izi tanımda değişik tipte sensörler kullanılabilir. Bu sensörlere örnek olarak optik ya da termal sensörler verilebilir. Burada amaç parmak izi yüzeyinin dijital görüntüsünün elde edilmesidir.

Parmak izi tanımda yazılım olarak ise iki tür yazılım kullanılabilir. Bunlar ayrıntı tabanlı eşleme ve örüntü tabanlı eşleme olarak belirtilirler ve kullanılırlar. Günümüzde en çok ayrıntı tabanlı eşlemeye dayalı yazılımlar kullanılmaktadır. [6]

### 3. YÜZ TANIMA

#### 3.1 Yüz Tanıma Nedir?

Yüz tanıma, son yıllarda uygulama alanını genişletmiş ve büyük gelişmeler kaydetmiş bir alandır. Bunun nedeni hukuki müeyyidelerin daha sıkı olmaları ve son 30 yılda bu tekniğe yardımcı olacak teknolojilerde büyük yenilikler olmasıdır.

Son zamanlarda hem kullanıcı dostu hem de bize özel bilgilerin korunmasında ve güvenliğinde daha etkili sistemlerin geliştirilmesi bir zorunluluk olmuştur. ATM'den para çekmek için PIN'e; bir bilgisayara erişmek için de şifreye ihtiyacımız vardır. Buna benzer olarak bazı sistemlerde de biyometrik kimlik doğrulama işlemi gerekmektedir. Bu işlemlerden bir tanesi de yüz tanıma olarak ifade edilir. Yüz tanıma uygulamaları günümüzde yaygınlaşmaktadır. Aşağıdaki tabloda yüz tanımanın kullanıldığı bazı alanlar bulunmaktadır.

| Alanlar         | Özel uygulamalar                     |
|-----------------|--------------------------------------|
| Biyometri       | Kimlik, pasaport, sürücü ehliyeti    |
| Bilgi güvenliği | İnternet güvenliği, internet erişimi |
| Akıllı kartlar  | Kullanıcı doğrulama                  |

Tablo 5 : Yüz tanıma uygulamaları

Yüz tanıma problemi genel itibari ile şu şekilde çözülür. Verilen bir resim ya da videodan, veritabanında bulunan bir yüzü tanıyabilme ve bu kimliği doğrulama.

#### 3.2 Yüz Algılama Nedir?

Yüz algılama kısaca verilen bir resimdeki yüzlerin ayırt edilmesi ve bu yüzlerin konumlarının belirlenmesidir. Yüz algılamada birden çok yöntem kullanılmaktadır.

Eğer renkli resimler içersinde yüz aranıyorsa, ten rengi analizinden yararlanılabilir. Bu yöntemin avantajı hızlı işletilebilir olması ve yöntemin yüzün rotasyonundan etkilenmemesidir. Dezavantajı ise, ten renginin kişiden kişiye değişmesi, ışıklandırmaya karşı hassaslığı ve günlük yaşantıda ten rengine yakın birçok nesnenin olmasıdır. Yani ten rengi tam olarak ayırt edici bir özellik değildir.

Yüz algılamada kullanılan diğer bir yöntem hareket algılamasıdır. Yapılan yüz bulma çalışmalarının ana fikri hareketli olan alan üzerinde yoğunlaşmaktır. Çünkü

yüzler video karelerinden en fazla hareket eden alana karşılık gelecektir. Fakat arka planda hareket eden başka nesnelere olması bu yöntemi zayıf kılar.

İnsan gözlerinin ıslak kalabilmesi için gözlerini kırpmak zorundadır. Bu eylem o kadar sık tekrarlanan bir eylemdir ki, çoğu insana ne zaman göz kırpağını bile bilemez. Sık tekrarlanması, yüz algılamada tercih edilmesine neden olan bir özelliktir. İki gözün aynı anda kırılması iki ayrı konumda aynı hareketin tespitine neden olacaktır. Yüz üzerinde gözler simetrik yerleştiklerinden gözlerin konumu bulunmuş olacaktır.

### **3.3 Yüz Tanıma ile Yüz Algılama Arasındaki Fark**

Yüz algılama iki sınıftan oluşur. Yüz sınıfı ve yüz olmayan nesnelere sınıfı. Yüz tanımda ise M tane sınıf mevcuttur. Her bir sınıf M adet kişiden bir tanesinin resimlerini bulundurmaktadır. Yüz algılama karmaşık arka planları ve insan yüzlerini ayırt edebilmelidir. Yüz tanıma ise kişinin yüzünde meydana gelen mimik değişimlerine karşı duyarlı olmalıdır. Yani kişiyi yüzündeki birtakım değişimlere karşı doğru tanımalıdır. Yüz algılama bir resim üzerindeki yüzlerin konumlarını belirtmek için uygundur. Yüz tanıma ise her bir yüzün kendisine ait özelliklerini belirlemede kullanılır.

### **3.4 Yüz Tanımda Kullanılan Algoritmalar**

Yüz tanımda şimdiye kadar birçok algoritma kullanılmıştır. Bu algoritmalar PCA, ICA, LDA, Bayesian Framework vb. olarak sıralanabilir. Bu algoritmaların bazıları resim tabanlı yüz tanıma algoritmaları, bazıları ise video tabanlı yüz tanıma algoritmalarıdır.

Şimdi de bu algoritmaların çok kullanılanlarını detaylı bir şekilde anlatacağım.

#### **3.4.1 PCA(Eigenfaces) Yöntemi**

Eigenfaces yöntemi yüz uzayının temel bileşenlerini ve yüz vektörlerinin temel bileşenleri üzerine izdüşümünü kullanır. Bu yöntem boyut indirgeme yöntemidir ve yüz uzayının boyutunu azalttığı için tanıma ve öğrenme işlemleri hızlıdır. Resimler dönüş ve yönlendirme bakımından normalleştirildiğinde bu yöntemin doğruluk

performansı kabul edilebilir bir düzeydedir. En iyi performans %92 olarak kaydedilmiştir.

Bilgi teorisi kapsamında; bir yüz resminin konu ile alakalı bölümünü seçerek bunu en verimli şekilde encode etmek bu yöntemin özünü oluşturur. Bu işlem aynı şekilde veritabanındaki resimlere de uygulanarak bir karşılaştırma yapılır. Matematiksel olarak konuşacak olursak; eigen vektörleri oluşturmak gerekir. Eigen vektörler; yüz resimleri arasındaki varyasyonları karakterize eder diye düşünebiliriz.

Her bir resim bir eigen vektöre az ya da fazla olarak uyum sağlar. Eigenfaces sayısı eğitim setindeki farklı resim sayılarına eşittir. Ancak bu eigenface'ler en yüksek eigen değerlerine karşılık gelenleri seçilerek de oluşturulabilir. Az sayıda eigenface kullanmak hesaplama açısından daha etkili olabilir.

Eigenface yöntemi ilk olarak Sirovich ve Kirby tarafından ortaya atılmıştır. Bir resim kümesinin belirli ağırlıklar ve belirli küçük resimler olarak betimlenebileceği fikrini ortaya atmışlardır.

Eigenface yönteminin belli başlı safhaları aşağıdaki gibidir.

Eğitim kümesi oluşturulur ve "face space"i oluşturan eigenface değerleri hesaplanır.

Yeni bir resim bulunduğunda; giriş olarak kullanılacak resme göre ağırlık kümeleri hesaplanır.

Bu resmin yüz olup olmadığı saptanır. Burada resmin "face space"e ne kadar yakın değerlere sahip olup olmadığı önemlidir.

### **Eigenface Değerlerinin Hesaplanması**

Resmimiz;

$I(x, y)$  olarak tanımlansın.

Bu resmin yoğunluğu da  $N \times N$  olsun.

256x256'lık bir resim 65,536'lık bir vektöre karşılık gelir.

Resimler; bir noktalar topluluğunu haritalar. Önemli olan tüm bu vektörler topluluğunun hangi vektör tarafından betimlenebileceğidir. Böylece bir resmin yüz olup olmadığı daha da kolay ve daha da kısa bir zamanda anlaşılabilir.

Her vektör NxN uzunluğundadır ve NxN'lik bir resmi ifade eder. Bu vektörlerin tamamı kümemizdeki tüm yüz resimlerine karşılık olarak ifade edildiğinden; “eigenfaces” adını alırlar.

Aşağıdaki şekilde bazı eğitim kümesi değerleri vardır.



Şekil 17 : Eğitim kümesi

Eğitim kümesindeki her bir resme sırayla  $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_N$  değerlerini verelim. Bu yüz setinin averaj yüzü;

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Gamma_n \text{ olarak hesaplanır.}$$

Her yüz averaj yüzden aşağıdaki vektör kadar farklıdır.

$$\Phi_i = \Gamma_i - \Psi$$

İşte bu değerler ve oluşturdukları vektörler örüntü analizinde dikkate alınırlar.



Şekil 18 : Averaj Yüz

Bu vektör değerleri de sonradan M adet ortonomal vektöre çevrilir. Örnek olarak k. sıradaki vektör  $u_k$  ;

$$\lambda_k = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M (u_k^T \Phi_n)^2$$

değerinin maksimum değer aldığı yerde seçilir.

$u_k$  ve  $\lambda_k$  değerleri eigen vektörleri ve eigen değerlerini(eigenvalues) oluşturur ki, bu değerler de;

$$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Phi_n \Phi_n^T = AA^T \text{ matrisini oluştururlar.}$$

### 3.4.2 LDA Tabanlı Algoritmalar(Linear Discriminant Analysis)

Örüntü sınıflandırma problemlerinde; LDA tabanlı algoritmaların PCA(Principle Component Analysis) tabanlı algoritmalara nazaran daha etkili olduğu söylenilebilir.

SSS(Small-sample Size) Problemi

Bir eğitim kümesi tanımlanmış olsun.

$$Z = \{Z_i\}_{i=1}^C ;$$

Bu eğitim kümemiz C adet sınıf içeriyor.

Ve her sınıf da;

$$Z_i = \{z_{ij}\}_{j=1}^{C_i} \text{ olarak ifade edilsin.}$$

Ve her resim de

$$I_w \cdot x I_h$$

büyükliğinde bir vektör olarak betimlensin.

$$z_{ij} \varepsilon_i^J$$

Yani her bir resim J-boyutlu gerçek uzaydadır.

LDA algoritması M adet ( $\ll J$ ) temel yüz hattı vektörü bulur.

Bu yüz hattı vektörleri de

$$\{\Psi_m\}_{m=1}^M \text{ olarak ifade edilsin.}$$

Bu yüz hattı vektörlerinin bulunmasında en önemli olan kıstas sınıflar arasındaki ve sınıfları dahilindeki yayılım oranının maksimize edilmesidir.

Bu maksimizasyon problemi aşağıdaki gibi formüle edilir.

$$\Psi = \arg \max_{\Psi} \frac{(\Psi^T S_b \Psi)}{(\Psi^T S_w \Psi)} \quad (1)$$

Burada;

$$\Psi = [\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_M] \text{ ve } \psi_M \varepsilon_i^J \text{ olması bir önkoşuldur.}$$

Ve  $S_b$ ,  $S_w$  sırasıyla sınıflar arasındaki ve sınıflar dahilindeki yayılım matrisleridir.

Bu matrisler;

$$S_b = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^C C_i (\bar{z}_i - \bar{z}) (\bar{z}_i - \bar{z})^T = \sum_{i=1}^C \Phi_{b,i} \Phi_{b,i}^T$$

$$S_w = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^C \sum_{j=i}^{C_i} C_i (z_{ij} - \bar{z}_i) (z_{ij} - \bar{z}_i)^T$$

olarak hesaplanırlar.

Burada;

$$\Phi_{b,i} = (C_i / N)^{1/2} (\bar{z}_i - \bar{z})$$

$$\bar{z}_i = \frac{1}{C_i} \sum_{j=i}^{C_i} z_{ij} \quad ; \quad (Z_i \text{ sınıfının ortalaması})$$



Birinci denklemdeki optimizasyon problemi aşağıdaki denklemdeki eigenvalue(eigen değerleri) problemine denktir.

$$S_b \Psi_m = \lambda_m S_w \Psi_m, \quad m = 1 \dots M$$

$S_w$  tek olmadığı anda; temel vektör olan  $\Psi$  değeri M adet en büyük eigenvektörüne tekabül eder.

İşte SSS problemi de bu değerlerin aşırı bozulmasından kaynaklanır.

DF-LDA(Direct Fractional Step LDA)

Yukarıda SSS problemini görmüştük. D-LDA metodu hiçbir PCA aşaması gerçekleştirmeden bu problemi çözmeye çalışır. Eğer  $S_b$  değerinin değersiz(null) uzayı varsa ve  $S_w$  değerinin değersiz(null) olduğu uzay önemli ayırt edici bilgileri taşıyor, izdüşümünde  $S_b$  uzayı 0 değerini almıyor ise;  $S_b$  değerinin boş uzayının discard(atılması) edilmesi gerçekleştirilebilir.

Sırayla  $S_b$  ve  $S_w$  değerlerinin değersiz(null) uzayına A ve B diyelim.

$$A' = I^N - A$$

ve

$$B' = I^N - B$$

olarak bulunur.

D-LDA algoritması ile bulunan optimal discriminant uzayı ise;

$$A' I B$$

olarak bulunur.

### **D-LDA'nın Varyansı**

Birinci maksimizasyon denklemindeki değer tanıma işleminin değerlendirilmesinde kullanılan sınıflandırma hatası değeri ile bağdaştırılamaz. Bu metodun değiştirilmiş versiyonları (örn : F-LDA) giriş uzayında bir ağırlık fonksiyonu kullanırlar. Bu ağırlık fonksiyonu kullanımı işlemi ile çıkıştaki bazı yanlış sınıflandırmaların önüne geçilebilir.

Ağırlıklandırılmış  $S_b$  değeri;

$$\hat{S}_b = \sum_{i=1}^C \Phi_i \Phi_i^T$$

olarak hesaplanır.

Buradan da  $\Psi$  değeri;

$$\Psi = \arg \max_{\Psi} \frac{|(\Psi^T \hat{S}_b \Psi)|}{|\Psi^T S_{TOT} \Psi|}$$

olarak bulunur.

Burada  $S_{TOT}$

$S_{TOT} = S_w + \hat{S}_b$  denklemine göre bulunur.

### Adım Adım DF-LDA Algoritması

Input : Yüz resimlerinden oluşan bir eğitim seti  $\{z_i\}_{i=1}^L$  verilmiştir. Bu eğitim seti N boyutlu bir vektör ile tanımlanmaktadır.

Output :  $y = \psi(z)$  dönüşümü olduktan sonra; bir ayırt etme fonksiyonu ile z daha az boyutlu bir şekilde tanımlanabilecektir.

Adım 1 : 0 değeri olmayan eigen değerleri ile oluşan eigen vektörlerinin hesaplanır.

Yani  $\Phi_b^T \Phi_b$  değerleri hesaplanır.

Burada  $E_m = [e_1, e_2, e_3, \dots, e_m]$  ve  $m \leq C - 1$

Adım 2 : En anlamlı m adet eigen vektörlerini ve bu vektörlerin eigen değerlerini hesapla.

$$V = \Phi_b E_m \text{ ve } \Lambda_b = V^T \hat{S}_b V$$

Adım 3 :  $U = V \Lambda_b^{-1/2}$  olarak al.

$U^T S_{TOT} U, P$  eigen vektör değerlerini hesapla.

Adım 4 : P'de en yüksek değerleri alan eigen değerlerini discard et.

$P_m$  ve  $\Lambda_w$  değerlerini  $M' (\leq m)$  olarak seçilen eigen vektörleri ve eigen değerleri olarak al.

Adım 5 : Tüm yüz resimlerini bu  $M'$  boyutlu uzaya haritalandır. Burada;

$$\Gamma = UP_{M'} \Lambda_w^{-1/2} \text{ (alt-uzaya haritalandırma işlemi)}$$

$x_i$  değerinin  $x_i = \Gamma^T z_i$  olduğu yerde  $\{x_i\}_{i=1}^L$  değerini bul.

Adım 6 :  $x_i$ 'nin boyutunu  $M'$  boyutludan M boyutluya değiştir(F-LDA işlemi ile).

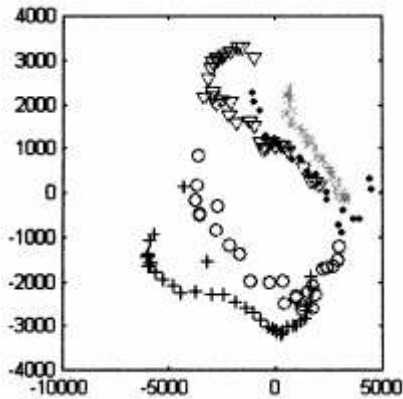
$W = (M' \times M)$  değerini de çıkış uzayı olarak hesapla.

Adım 7 : y değerini hesapla.

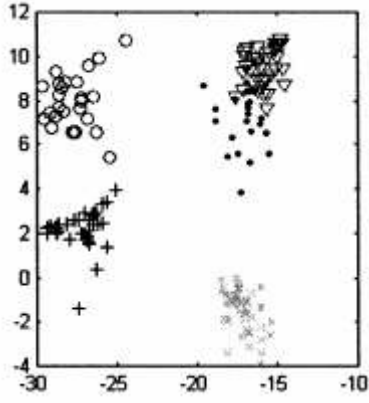
$$y = \psi(z) = (\Gamma W)^T z \text{ [8]}$$



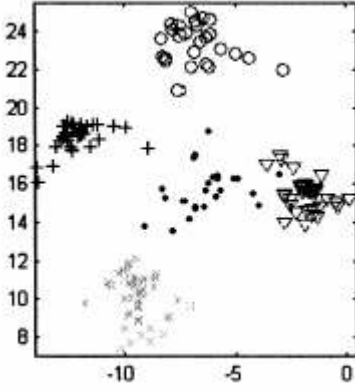
Şekil 19 : Bir veritabanındaki yüz resimleri



Şekil 20 : 170 farklı resimin 5 sınıfa PCA-tabanlı alt uzayda dağılımı



Şekil 21 : D-LDA-tabanlı dağılım



Şekil 22 : DF-LDA-tabanlı dağılım

### 3.4.3 Bayesian Yüz Tanıma Metodu

Bu yöntem olasılıklı benzerlik ölçümü yaparak gerçekleştirilir. Resimlerdeki farklılıklar üzerine Bayesian analizi yapılır. 1996 yılında yapılan FERET yüz tanıma yarışmasında Bayesian algoritması birinci olmuştur. Bu algoritmanın genel olarak kullanılmasında bu yarışmanın payı olduğu kadar büyük veritabanlarında diğer algoritmalara karşı daha hızlı işlem yapabilme yetisi de daha yaygın olarak kullanılmasında büyük bir etkidir.

Bu algoritmada biraz önce de bahsettiğimiz gibi olasılıklı benzerlik ölçümü yapılır.

Bu bölümde iki tür farklılık sınıfından söz edeceğiz.

$\Omega_I$  ( Aynı bireyin farklı resimlerindeki varyasyonlarını)

$\Omega_E$  (Farklı bireylerin resimleri arasındaki varyasyonları)

ifade edecek.

Benzerlik ölçümümüz de;

$S(I_1, I_2)$  olarak ifade edilecektir.

Burada  $S(I_1, I_2)$ ;

$$S(I_1, I_2) = P(\Delta \in \Omega_I) = P(\Omega_I | \Delta)$$

olarak formülize edilir.

Bu benzerlik metodlarından yola çıkarak ve Bayes kuralını uygulayarak bir “posteriori” olasılığı hesaplayabiliriz.

$$S(I_1, I_2) = \frac{P(\Delta | \Omega_I)P(\Omega_I)}{P(\Delta | \Omega_I)P(\Omega_I) + P(\Delta | \Omega_E)P(\Omega_E)}$$

Bu işlemden sonra da MAP(Maximum a posteriori ) kuralı uygulanarak resmin o bireye ait olup olmadığı anlaşılabilir.

Mesela;

$$S(I_1, I_2) > 1/2 \text{ ise o bireye aittir denebilir.}$$

Bayesian yaklaşımının bir dezavantajı da farklılık vektörünün çok boyutlu olabilmesidir. Bu da işlem zamanının artmasını ve algoritmamızın kullanışsız bir biçimde çalışmasını tetikler.

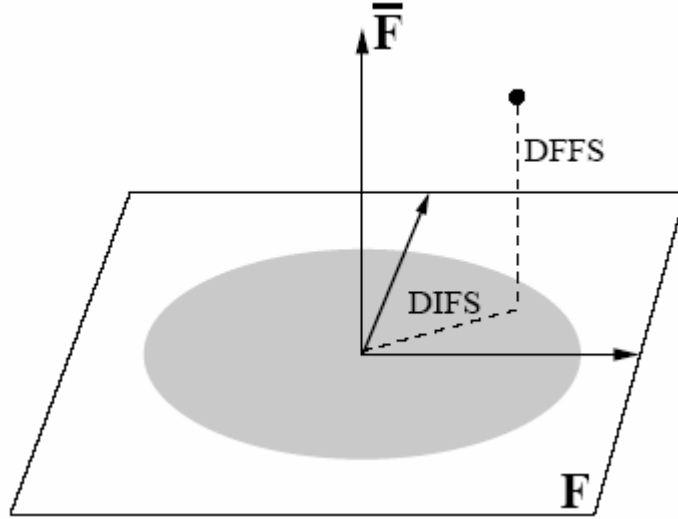
Yukarıdaki soruna çare olarak Moghaddam ve Pentlant’ın geliştirdiği yoğunluk tahmin metodunu(density estimation method) kullanırız.

Bu metodla uzayımız birbirini tümleyen iki alt-uzaya ayrılır.

Bu ayrışma sonucu oluşan iki ayrık uzayın marjinal Gauss yoğunluklarının çarpımı bize genel benzerlik tahmini değerini verir.

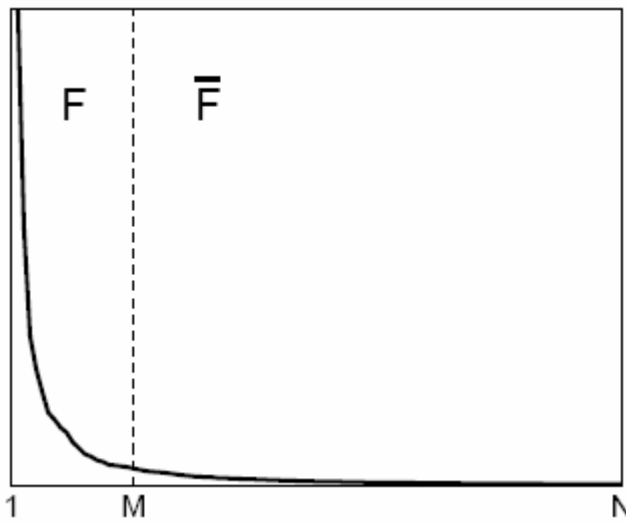
$$\hat{P}(\Delta|\Omega) = \left[ \frac{\exp(-1/2 \sum_{i=1}^M \frac{y_i^2}{\lambda_i})}{(2\pi)^{M/2} \prod_{i=1}^M \lambda_i^{1/2}} \right] \cdot \left[ \frac{\exp(-\frac{\varepsilon^2(\Delta)}{2\rho})}{(2\pi\rho)^{(N-M)/2}} \right]$$

Aşağıda bu alt uzaya ayırma işlemi ile ilgili şekiller bulunmaktadır.



Şekil 23 : Alt uzaylara ayırma işlemi

Buradaki DIFS ve DFFS değerleri iki alt-uzaydaki ayrı ayrı Gauss yoğunlukları fark değerleridir.



Şekil 24 : Eigen value değerlerinin iki alt-uzayda dağılımı

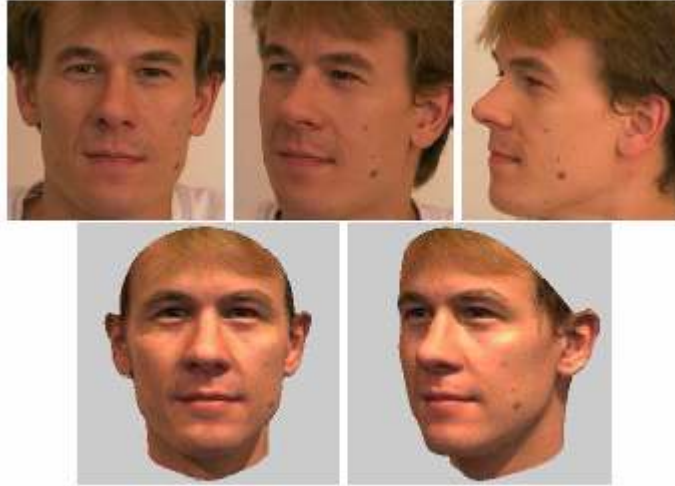
### 3-Boyutlu Morphable Modelleri ile Bileşen-Tabanlı Yüz Tanıma

3-Boyutlu Morphable Modeli veritabanından alınan aynı insana ait 3 adet girdi resmi ile 3-Boyutlu yüz modelleri yaratmak için kullanılır.

Ardından yaratılan bu 3 boyutlu yüz modelleri bileşen tabanlı yüz tanıma sistemini eğitmek için kullanılırlar. 6 kişiye ait 1200 resmin bulunduğu bir veritabanında bu yöntemin başarısı %90 olarak hesaplanmıştır. Bu başarı yüzdesi 3 boyutlu yüz modellemesi ile bileşen tabanlı yüz tanıma sisteminin bütünleşik kullanımının ne kadar etkili olduğu sonucunu çıkarmıştır.

#### 3 Boyutlu Yüz Modellerinin Yaratımı

İlk önce 3 adet eğitim resminden 3 boyutlu yüz modelleri elde edilir. Aşağıdaki fotoğrafta resimler ve yüz modelleri görülmektedir.

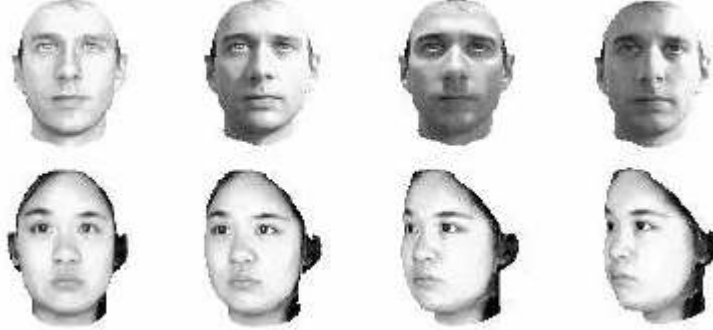


Şekil 25 : 3 Boyutlu Model Yaratımı

Yukarıdaki şekildeki ilk 3 fotoğraf aynı bireye ait olan 3 farklı fotoğrafı göstermektedir. Şekilde de görüldüğü gibi ön profilden, yan profilden ve yarı yan profilden olmak üzere aynı bireye ait 3 resim alınmıştır. Alt taraftaki 2 resim ise yaratılan 3-boyutlu modelden yapay olarak oluşturulmuştur.

Bu kullanımın temel amacı bir veritabanındaki resimleri kullanarak yapay bir 3 boyutlu model yaratılmasıdır.

Aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi 3 boyutlu modelden de farklı yapay yüz resimleri yaratılabilir.

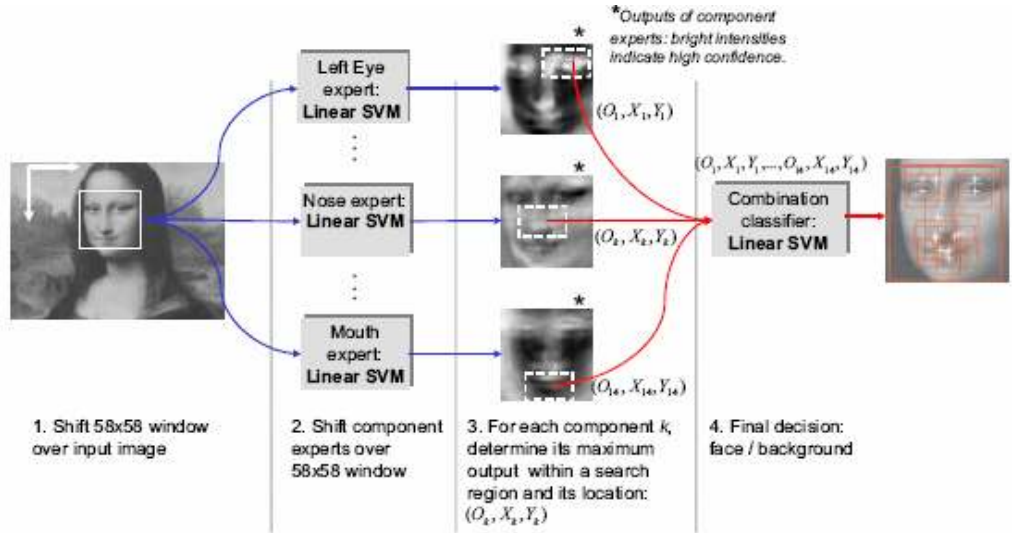


Şekil 26 : Farklı yapay modeller

### Bileşen Tabanlı Yüz Saptama

Bileşen tabanlı saptayıcı, girilen bir resmi saptayarak daha sonra yüz tanımda kullanılacak yüz bileşenlerini seçer.

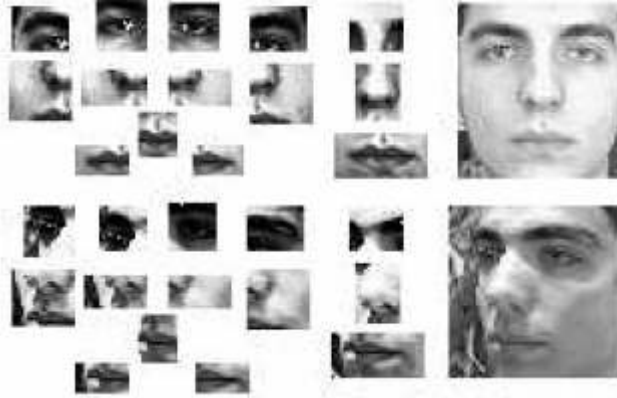
Aşağıdaki şekilde basit bir yüz saptama mimarisi gösterilmiştir.



Şekil 27 : Örnek Yüz Saptama Mimarisi



Şekilde görüldüğü gibi ilk düzey 14 adet birbirinden bağımsız bileşen sınıflandırıcısından oluşmuştur. Her bir bileşen uzmanı; farklı yüz bölgeleri üzerinde veya yüz harici örüntüler üzerinde eğitilmişlerdir. Şekildeki örnekte sol göz uzmanı, burun uzmanı ve ağız uzmanı örneklendirilmiştir. Aşağıdaki şekilde de bu 14 farklı bileşenin saptanması gösterilmiştir.



Şekil 28 : Bileşenlerin Saptanması

### **Bileşen Tabanlı Yüz Tanıma**

Yüz tanıyıcısı, yüz saptayıcısının saptadığı ayrık bileşenleri girdi(input) olarak alır. Mesela alınan bu 14 ayrık bileşenden sadece 9 tanesi yüz tanıma işlemi için kullanılır. Elenen bu 5 bileşen diğer bileşenlerle karıştığı için gri tonlar ağırlıkta olduğu için kullanılmayacaklardır. Aşağıdaki şekil bu 9 bileşenin bir araya gelmesi ile oluşan şekilleri göstermektedir.



Şekil 29 : Bileşenlerin Birleştirilmesi

Yukarıdaki resimler baz alınarak yüz tanıma işlemi gerçekleştirilir.

### 3.4.4 ICA(Independent Component Analysis)

Daha önce de arz ettiğim gibi yüz tanıma uygulamalarında kullanılan çok sayıda algoritma vardır. Genel olarak bu algoritmalar yüz görüntülerini ifade eden temel görüntüleri bulurlar ve bu görüntüleri lineer kombinasyonlar olarak betimlerler. ICA da bu metotlardan bir tanesidir ve PCA algoritmasının genelleşmiş bir hali olarak tanımlanır.

ICA algoritmasını uygulamak için pek çok yöntem vardır. Biz bu anlatımda “infomax” yöntemini kullanacağız.

Bu yönteme göre;

Ortamdaki girdileri ifade eden n boyutlu vektöre X diyelim.

W de nxn’lik bir matris olsun. Buradan;

$U = W.X$  olsun.

$Y = f(U)$  ise n adet nöronun çıktısını ifade eden n boyutlu bir değişken olarak tanımlansın.

$f = (f_1, f_2, \dots, f_n)$  ‘in her bir elemanı da gerçel sayıları  $[0,1]$  aralığına haritalandıran birer fonksiyon olarak tanımlansın.

Genelde bu fonksiyon;  $f_i(u) = \frac{1}{1 + e^{-u}}$  olarak seçilir.

$U_1, U_2, \dots, U_n$  değerleri ise girdilerin lineer kombinasyonlarıdır.

$Y_1, Y_2, \dots, Y_n$  değerleri ise 0 ile bir arasında sınırlandırılmış nöron çıktılarını ifade ederler.

Algoritmanın ana hedefi X ve Y arasındaki ortak bilginin maksimize edilmesidir.[11]

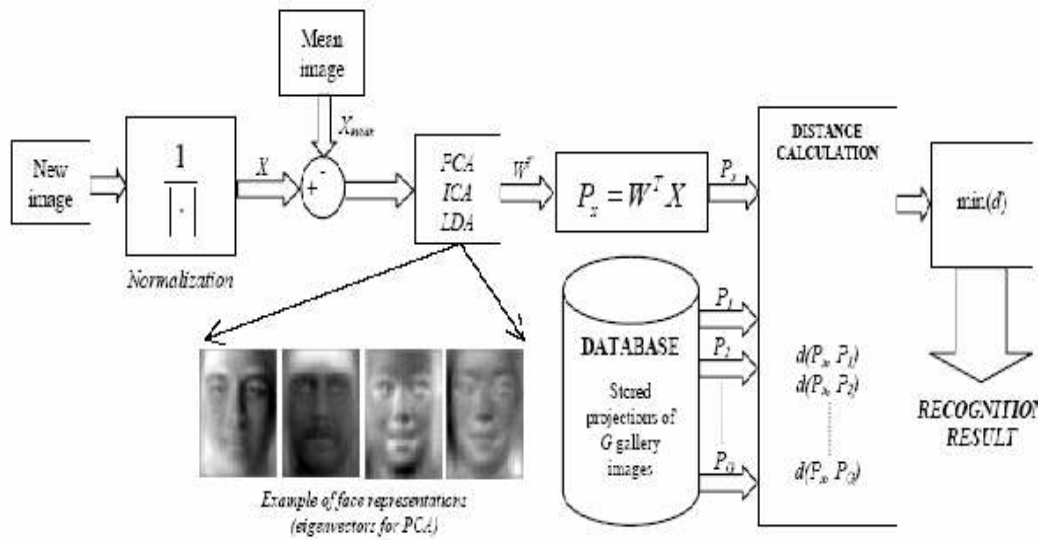
### PCA, ICA ve LDA Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde PCA, ICA ve LDA yöntemlerinin eş çalışma koşullarındaki performansları ile alakalı bir karşılaştırma yapılacaktır.

Bu 3 yöntemi daha önce anlatmamıza rağmen genel bir tekrar yapacağız.

İki boyutlu bir  $\Gamma$  görüntüsünün  $m$  satırlı ve  $n$  sütunlu olduğunu düşünelim. Bu görüntü  $N$  boyutlu bir vektör olarak ifade edilebilir. ( $N = n \times m$ )

Aşağıdaki şekilde yüz tanıma işleminin safhaları görülmektedir. Sırasıyla bir görüntünün normalizasyonu, ortalamasının(mean) çıkarılması, alt uzaya projeksiyon yapılması ve bu projeksiyonun depolanmış projeksiyon görüntüleri(veritabanında) ile karşılaştırılması anlatılmaktadır.



Şekil 30 : Yüz tanıma işlemi

Bu 3 ayrı algoritma sırası ile 4 farklı uzaklık metriği kullanılarak test edilmiştir.

L1(City Block Distance)

L2(Euclidian Distance)

COS(Cosine Angle)

MAH(Mahalanobis Distance)

### PCA

Eğitim seti olarak  $M$  adet yüz görüntüsünün  $s$  boyutlu vektör representasyonu verilmiştir. PCA  $t$  boyutlu bir alt uzay oluşturur. Alt uzayda betimlenen ve  $s$  boyutlu vektörlerin bu altuzaya karşılık gelen  $t$  boyutlu vektörlerinin kümesine de "face

space” adı verilir. Tüm yüz görüntülerinin bu “face space”’e projeksiyonu sonucu her vektörün ağırlık katkısı hesaplanır (temel vektörler). Ardından bilinmeyen bir yüzün bu “face space”’e projeksiyonu ile elde edilmiş ağırlıklarla bilinen yüzlerin ağırlık değerleri karşılaştırılarak eşleme işlemi yapılır. Eğer görüntü elemanları rastgele (random) değerler ise temel vektörler eigen vektörleri olarak bulunurlar.

$$S_T = \sum_{i=1}^M (x_i - \mu) \cdot (x_i - \mu)^T$$

Yukarıdaki formülde  $\mu$  değeri ortalama görüntüyü,  $S_T$  değeri eigen vektörlerinin oluşturduğu matrisi,  $x_i$  değeri ise  $i$ . görüntü vektörünü ifade eder.

### ICA

Daha önce de belirttiğimiz gibi ICA, PCA yönteminin daha genel bir ifadesidir.

Barlet ICA için 2 adet mimari tanımlamıştır.

Mimari - I (ICA1)

Mimari - II (ICA2)

### LDA

LDA kısaca sınıflar arası ve sınıflar içi matrisleri tanımlar.

$$S_B = \sum_{i=1}^c M_i (x_i - \mu) \cdot (x_i - \mu)^T$$

$$S_W = \sum_{i=1}^c \sum_{x_k \in X_i} (x_k - \mu_i) \cdot (x_k - \mu_i)^T$$

Bu yöntemdeki asıl amaç  $S_W$  değerini minimize ederken  $S_B$  değerini maksimize etmektir.

### Veri

Standart FERET veri kümesi kullanılmıştır. Galeri 1.196 adet görüntüden oluşmaktadır. Sınama kümesi (fb) ise 1.195 adet görüntüden oluşmuştur ve galeri görüntüleri ile aynı zamanda çekilmiştir. Farklı deneklere farklı yüz ifadeleri almalarının istenmesidir. fc sınama kümesi ise 194 görüntüden oluşmaktadır ve farklı

ışıklandırmalarla çekilen görüntülerdir. Dup1 kümesi galeri görüntülerinden 18 saat sonrası ile – 1.031 gün sonrası arasında çekilen görüntülerden oluşmaktadır. Dup2 kümesi de Dup1 kümesinin bir alt kümesidir ve en erken 18 ay sonra çekilen görüntülerden oluşmaktadır. Tüm görüntüler 384 x 256 piksel büyüklüğündedir.

### Önişleme

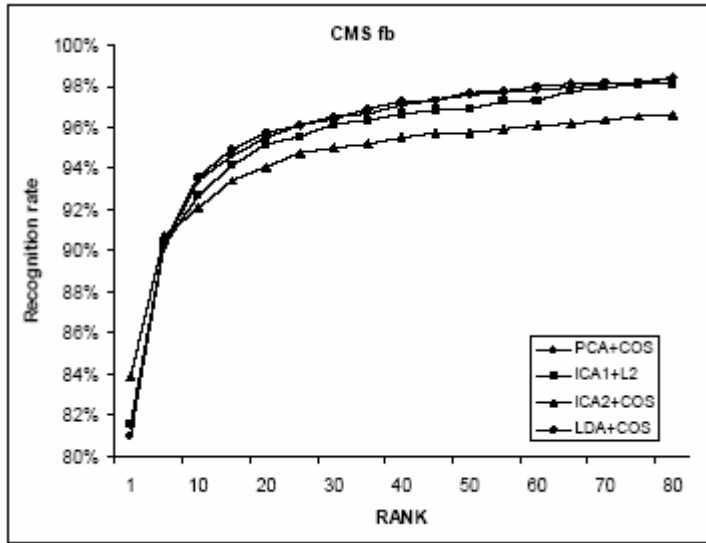
Tüm algoritmalar MATLAB ortamında uygulanmıştır. Tüm görüntüler 60 x 50'lik büyüklüğe denk gelecek şekilde ölçeklendirilmiştir.

Sonuçlar

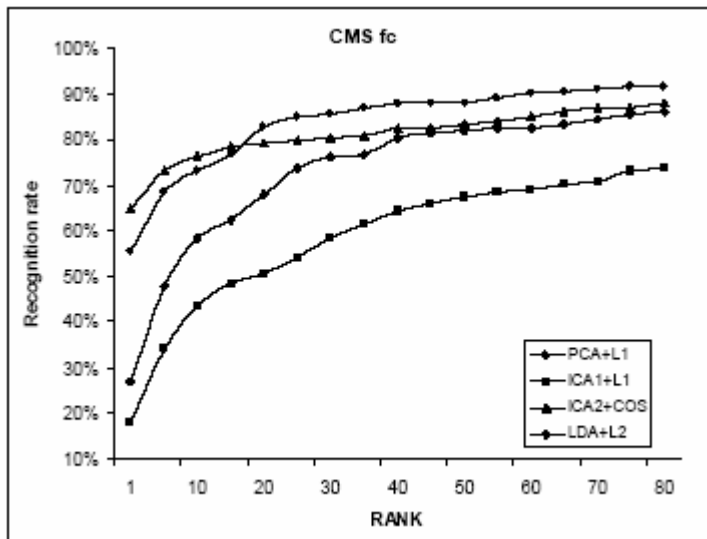
Deney sonucunda aşağıdaki tablolardaki sonuçlar elde edilmiştir.

| Metric:    | Results at rank 1 |               |               |               | CMS results   |                |
|------------|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
|            | L1                | L2            | MAH           | COS           | Highest curve | Same as rank 1 |
| Algorithm: | <i>fb</i>         |               |               |               |               |                |
| PCA        | <b>82,26%</b>     | 82,18%        | 64,94%        | 81,00%        | PCA+COS       | N              |
| ICA1       | 81,00%            | <b>81,51%</b> | 64,94%        | 80,92%        | ICA1+L2       | Y              |
| ICA2       | 64,94%            | 74,31%        | 64,94%        | <b>83,85%</b> | ICA2+COS      | Y              |
| LDA        | 78,08%            | <b>82,76%</b> | 70,88%        | 81,51%        | LDA+COS       | N              |
|            | <i>fc</i>         |               |               |               |               |                |
| PCA        | <b>55,67%</b>     | 25,26%        | 32,99%        | 18,56%        | PCA+L1        | Y              |
| ICA1       | 18,04%            | 17,53%        | <b>32,99%</b> | 12,89%        | ICA1+L1       | N              |
| ICA2       | 15,98%            | 44,85%        | 32,99%        | <b>64,95%</b> | ICA2+COS      | Y              |
| LDA        | 26,80%            | 26,80%        | <b>41,24%</b> | 20,62%        | LDA+L2        | N              |
|            | <i>dup1</i>       |               |               |               |               |                |
| PCA        | <b>36,29%</b>     | 33,52%        | 25,62%        | 33,52%        | PCA+L1        | Y              |
| ICA1       | <b>32,55%</b>     | 31,86%        | 25,62%        | 32,27%        | ICA1+L1       | Y              |
| ICA2       | 28,81%            | 31,99%        | 25,62%        | <b>42,66%</b> | ICA2+COS      | Y              |
| LDA        | <b>34,76%</b>     | 32,96%        | 27,70%        | 33,38%        | LDA+L1        | Y              |
|            | <i>dup2</i>       |               |               |               |               |                |
| PCA        | <b>17,09%</b>     | 10,68%        | 14,53%        | 11,11%        | PCA+L1        | Y              |
| ICA1       | 8,97%             | 7,69%         | <b>14,53%</b> | 8,97%         | ICA1+MAH      | Y              |
| ICA2       | 16,24%            | 19,66%        | 14,53%        | <b>28,21%</b> | ICA2+COS      | Y              |
| LDA        | 16,24%            | 10,26%        | <b>16,67%</b> | 10,68%        | LDA+L1        | N              |

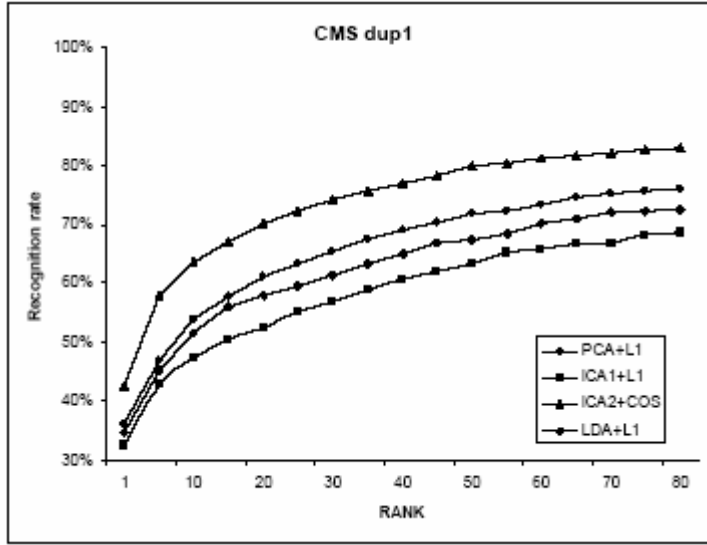
Şekil 31 : Sonuçlar



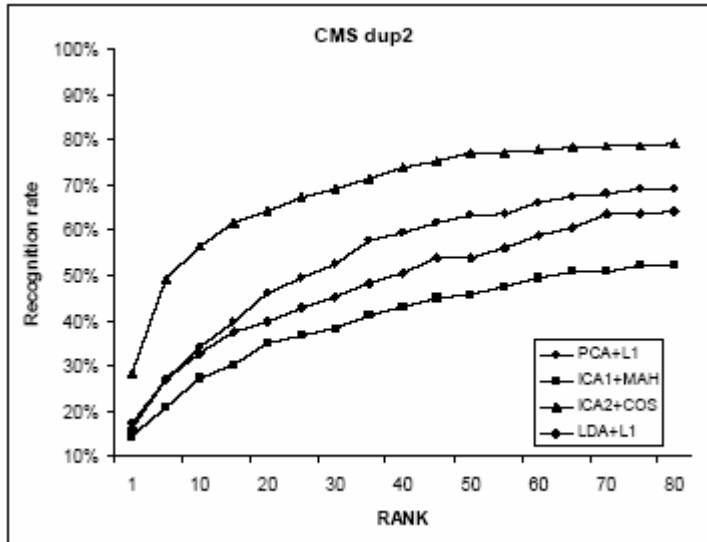
Şekil 32 : Sonuçlar



Şekil 33 : Sonuçlar



Şekil 34 : Sonuçlar



Şekil 35 : Sonuçlar

ICA2 + COS kombinasyonu geçici değişiklikler için en iyi seçimdir.

PCA + L1 kombinasyonu değişik ışıklandırmalarda en iyi sonucu vermektedir.

L1 ve COS metrikleri tüm algoritalarda genel olarak en iyi sonuçları vermişlerdir.[12]

## 4. MATLAB

Bu bölümde örnek bir yüz tanıma sistemi geliştireceğiz ve bu sistemi deneyeceğiz. Ancak uygulamada MATLAB dilini kullanacağımız için MATLAB hakkında bilgi edinmek konunun daha iyi anlaşılması bakımından daha da faydalı olacaktır.

### 4.1 MATLAB

MATrix LABoratory” kelimesinin kısaltması olan MATLAB, Mathworks firmasının geliştirdiği teknik bir programlama dilidir. MATLAB, teknik hesaplamalar ve matematiksel problemlerin çözümü ve analizi için tasarlanmış bir yazılım geliştirme aracıdır.

MATLAB, denklem çözümü, grafik çizimi, simülasyon, veri analizi, görüntü işleme karakter tanıma (OCR) gibi işlevleri içeren yazılımların geliştirilmesini kolaylaştırıp hızlandırır.

MATLAB’da bütün değişkenler matris olarak gözetilirler. Boyutu  $1 \times 1$  olan bir matrise skaler adı verilir. O halde mesela 5 sayısı bir skaler veya boyutu  $1 \times 1$  olan bir matristir. Bütün değişkenlerin bir matris olarak gözetileceği unutulmamalıdır. Tek satırlı veya tek sütunlu matrislere vektör adı da verilir. Bir skalere de tek elemanlı vektör olarak bakılabilir.

[1 2 3;4 5 6;7 8 9]

[1 2 3

4 5 6

7 8 9]

[

1:3

4:6



7:9

]

gösterimleri aynı matrisi ifade eder.

Bir satır içindeki elemanlar birbirlerinden boşlukla veya virgülle ayrılmalıdır. Sayıların üstel yazılımında boşluk verilmemelidir,  $3.49e-7$  gibi.

### Değişkenler :

`a=[1 2 3;4 5 6;7 8 9]` ifadesi 3x3 lük bir matris oluşturacak ve bunu `a` değişkenine atayacaktır. Değişken isimleri mutlaka alfabetik bir karakterle başlamalıdır. Bunun dışında önemli bir sınırlama yoktur. Bir kaç örnek verecek olursak;

```
a1=10:-1:0; matlab_degişkeni=[a1;2*a1]; x2x=[ ]; cs=cos(0)
```

### Matris Boyutlarının Bulunması

Bir matrisin, bir vektörün ya da bir skalerin boyutunu bulmak için `size` fonksiyonu kullanılır.

```
» x=1:10;
```

```
» size(x)
```

```
ans =
```

```
1 10
```

### Matris Elemanları

Matris elemanlarını bulmak için ilgili satır ve sütunların numaraları parantez içinde virgülle ayrılmış olarak verilmelidir. Mesela `a=[1 2 3;4 5 6;7 8 9]` olmak üzere `a(2,3)`; `a` matrisinin ikinci satır üçüncü sütunundaki elemanı yani 6'yı verecektir.

### Matris İşlemleri

MatLab'ta aşağıdaki matris işlemlerini yapmak mümkündür.

Toplama(+)

Çıkarma(-)

Çarpma(.)

Üs(^)

Transpoz(')

Sağdan Bölme(\)

Soldan Bölme(/)

Matematikten bilindiği gibi, matris çarpımı matrislerin karşılıklı elemanlarının çarpımı değildir. Matris çarpımı için sadece \* işaretini kullanmak gerekir. Matris elemanlarını karşılıklı çarpmak içinse .\* işaretlerinin birlikte kullanılması gerekir.

### **Karmaşık Sayılar**

MATLAB'daki tüm işlemlerde ve fonksiyonlarda karmaşık sayıları kullanmak mümkündür.

Karmaşık sayılar i ya da j kullanılarak girilir. Karmaşık sayılar  $i=(-1)^{0.5}$  şeklindeki tanımla verilebileceği gibi, mesela  $jj=(-1)^{0.5}$  şeklindeki bir tanımla da girilebilir. Herhangi bir çalışma alanında (workspace) karmaşık sayılar örneğin i ile verilmişse, i değişkenine yapılacak başka bir atamadan sonra karmaşık sayılarla işlem için i'nin tekrar kullanılmayacağı unutulmamalıdır.

» i

ans =

0 + 1.0000i

Çalışma Alanı(Workspace)

Bir çalışma yapılırken verilen ve elde edilen değişkenler bir çalışma alanında saklanmıştır. Bunların neler olduğunu görmek için who komutunu girmek gerekir. Daha detaylı bilgi elde etmek içinse whos komutu kullanılır. Bilgisayarımızı yeni açtığımızı varsayalım ve bazı değişkenler tanımlayarak bu komutları kullanalım.

» clear

```
» x=12;y=[-2 4 6 -1 0];
```

```
» z=(1+i)*x;
```

```
» m=[1 2;3 0];
```

```
» [p q]=size(m);
```

```
» [p q]
```

```
ans =
```

```
     2     2
```

```
» who
```

```
Your variables are:
```

```
ans    p    x    z
```

```
m     q    y
```

### Çalışma Alanının Saklanması

Programdan çıkmak için quit ya da exit komutları kullanılır. Ancak programdan çıkmadan önce elde ettiğimiz değişkenleri daha sonra kullanmak üzere bir çalışma alanında saklamak isteyebiliriz. Bunun için save çalışma\_alanı\_adi komutu kullanılır. Ancak saklamak istediğimiz çalışma alanının farklı bir klasöre (directory'ye) yerleştirilmesini istiyorsak bunun belirtilmesi gerekir. Böyle bir işlemi yaptıktan diyelim ki üç gün sonra daha önceki çalışma alanını elde etmek ve oradaki değişkenleri kullanmak istiyorsunuz. Bunun için de load çalışma\_alanı\_adi komutu kullanılır.

### Disk Yönetimi

MATLAB'da bazı DOS komutlarını kullanmak mümkündür. Bunların başlıcaları şunlardır;

```
dir
```

```
chdir veya cd
```

```
delete
```

type

### Çıktı Formatı

MATLAB'da bütün işlemler çift duyarlılıkla yapılır (double precision). Ancak bir işlemin sonucunun ekranda gösterimi için bir kaç seçenek vardır. Eğer bir matrisin bütün elemanları tam sayı ise sayıların ondalıklı kısımları gösterilmez.

Basit Matematiksel Fonksiyonlar

abs(x) mutlak değer veya karmaşık sayının modülü

angle(x) faz açısı (karmaşık sayıda), sonuç radyan cinsinden

sqrt(x) kare kök

real(x) karmaşık sayının gerçel kısmı

imag(x) karmaşık sayının sanal kısmı

conj(x) karmaşık sayının eşleniği

round(x) en yakın tam sayıya yuvarlama

fix(x) sifıra doğru yuvarlama

log(x) e tabanına göre logaritma

log10(x) 10 tabanına göre logaritma

### Programlamaya Giriş

Bazı işlemleri ardışık olarak ve çok sayıda yapmak gerekir. Bu durumda işlemlerin bir program şeklinde bilgisayara tanıtılması gerekir.

Şimdi basit bir problemle programlamayı tanıtmaya çalışalım. İki vektör düşünelim.  $a=[1 \ 7 \ 9 \ 11]$ ,  $b=[2 \ 8 \ 10 \ 12]$  olsun. Şimdi bu iki vektörün elemanlarını sırayla her birinden birer eleman alarak yeniden sıralayıp yeni bir vektör elde edelim. Bu işlemi  $a$  ve  $b$ 'nin eleman sayısı kaç olursa olsun yapacak bir dizi işlemi bilgisayara tanıtmak için bir 'program' yazmak gerekir. Aşağıda böyle bir program gösterilmiştir.

```
% sirayakoy.m
```

```
% Bu program önce a sonra b vektöründen birer eleman alır
```

% Daha sonra bu işleme devam eder.

% a=[3 5 13 11] ve b=[4 6 14 12] ise c=[3 4 5 6 13 14 11 12] olarak bulunur.

% Program a ile b'nin eleman sayısı farklı ise bir uyarı verecektir.

```
a=input(' a vektörünü giriniz ');
```

```
b=input(' b vektörünü giriniz ');
```

```
if length(a)~= length(b)
```

```
error(' a ile b nin eleman sayıları farklı olmamalı')
```

```
end
```

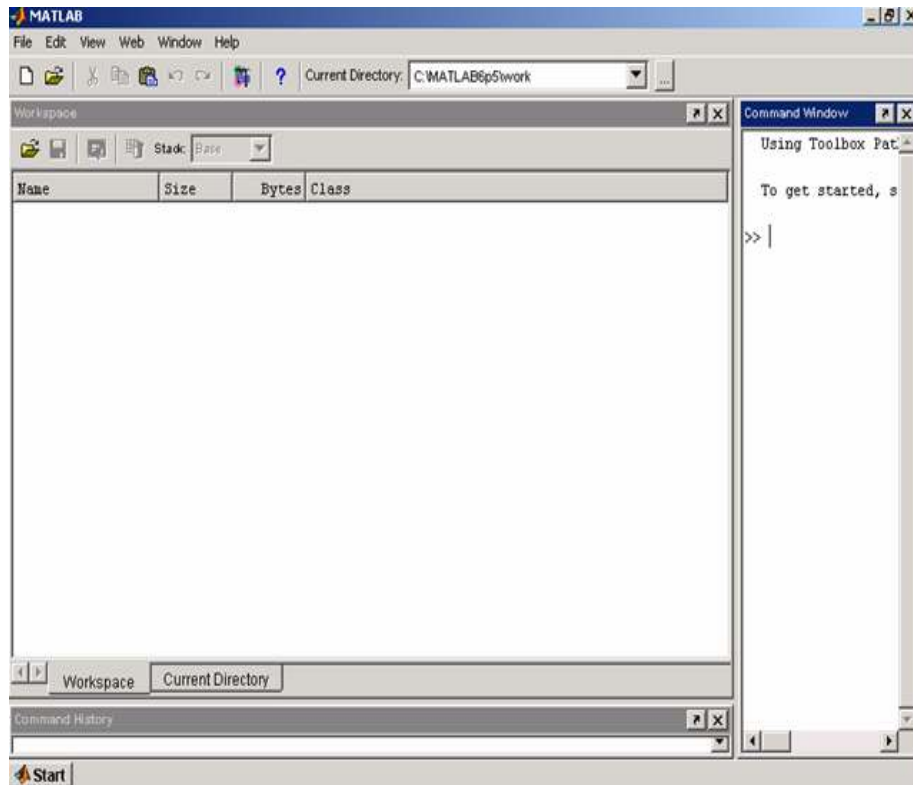
```
c=[];
```

```
for i = 1:size(a,2)
```

```
c = [c a(i) b(i)]
```

```
end
```

## Matlab Ortamı



Şekil 36 : Matlab Ortamı

Matlab'ta yazılan programlar;

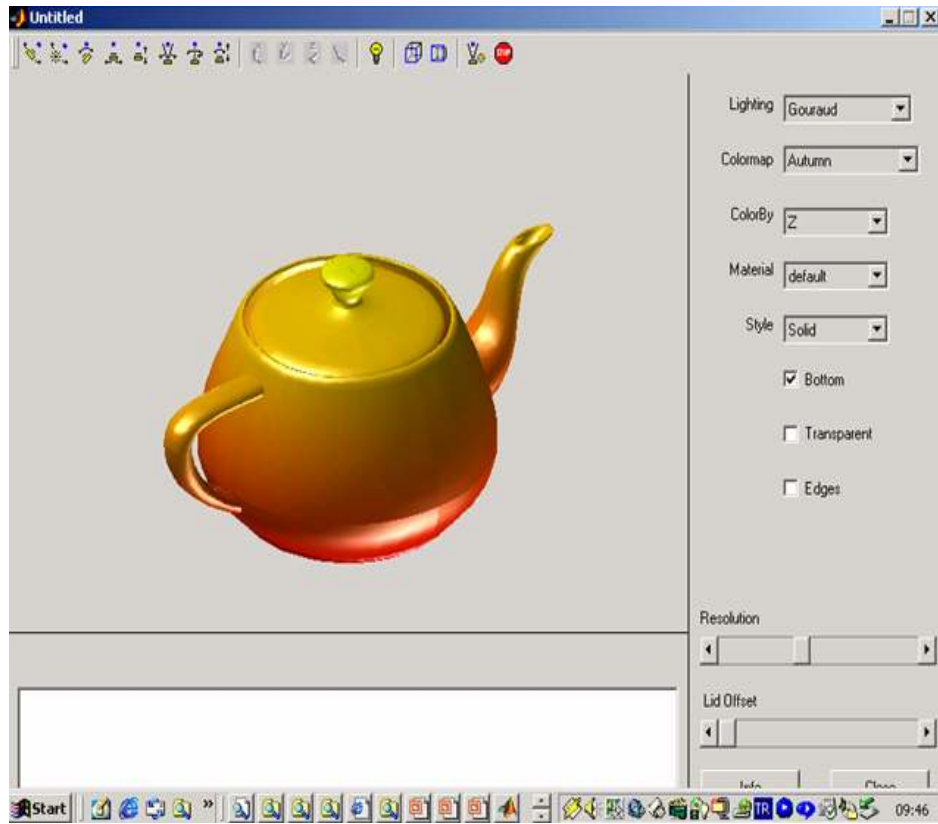
MATLAB içinden çalıştırılabilir.

EXE veya DLL oluşturulabilir.

C/C++ kodlarına dönüştürülebilir.

GUI aracı ile formlar oluşturulabilir.

Matlab'da grafik ortamı da vardır.



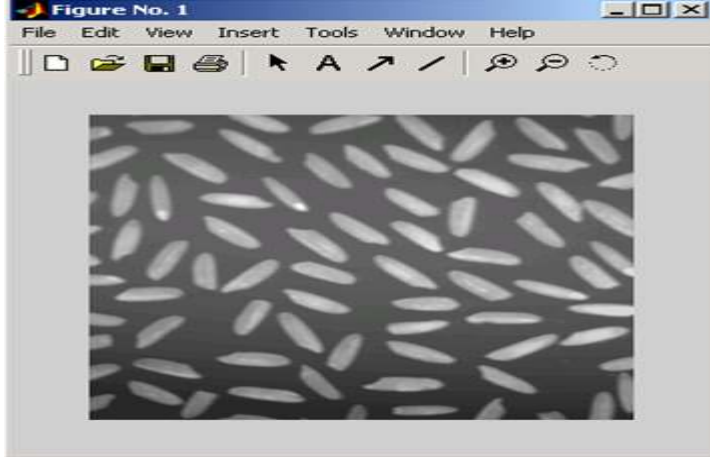
Şekil 37 : Grafik Ortamı

Matlab'da görüntü işleme komutları da kullanılabilir.

Clear, close all

```
I = imread('rice.tif');
```

```
İmshow(I) [13]
```



Şekil 38 : Görüntü İşleme

## 5. YÜZ TANIMA UYGULAMALARI

### 5.1 Eigen faces Yöntemi ile Yüz Tanıma Sistemi-1



Şekil 39 : Eigen faces

Yukarıda eigen uzayımızı yaratmak için kullanacağımız bazı resimler bulunmaktadır. Aşağıda eigenfaces yöntemi ile yüz tanıma olayının gerçekleştirimini MATLAB kodu ile anlatacağız.

#### Adım 1

İlk aşamada bir S kümesi yaratacağız ve bu kümenin M adet elemanı olacak. Şekilde 25 tane resim vardır. Bu da M değerinin 25 olacağını gösterir.

$$S = \{ \Gamma_1, \Gamma_2, \Gamma_3, \dots, \Gamma_M \}$$

#### Adım 2

Kümemizi elde ettikten sonra da ortalama(averaj) resmi bulacağız. Bu da daha önce eigenfaces yönteminde anlattığımız gibi;

$$\Psi = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Gamma_n$$



formülü ile bulunur.



Şekil 40 : Ortalama resim

### Adım 3

Yukarıdaki adımlardan sonra orijinal resim ile ortalama resim arasındaki  $\Phi$  fark değerini bulacağız.

$$\Phi_i = \Gamma_i - \Psi$$

### Adım 4

M tane ortonomal vektörde verinin en güzel şekilde betimlendiği  $u_n$  değerini bulacağız. k. Sıradaki vektör;

$$\lambda_k = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M (u_k^T \Phi_n)^2$$

değerinin maksimum olduğu noktada bulunur.

Bu da;

$$u_i^T u_k = \delta_{ik} = \{l = k \Rightarrow 1, \text{diğerleri} - \text{ise} = 0\}$$

formülünden yola çıkarak bulunur.

### Adım 5

C matrisini buluruz.

$$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Phi_n \Phi_n^T$$

$$= AA^T$$

$$A = \{ \Phi_1, \Phi_2, \Phi_3, \dots, \Phi_n \}$$

### Adım 6

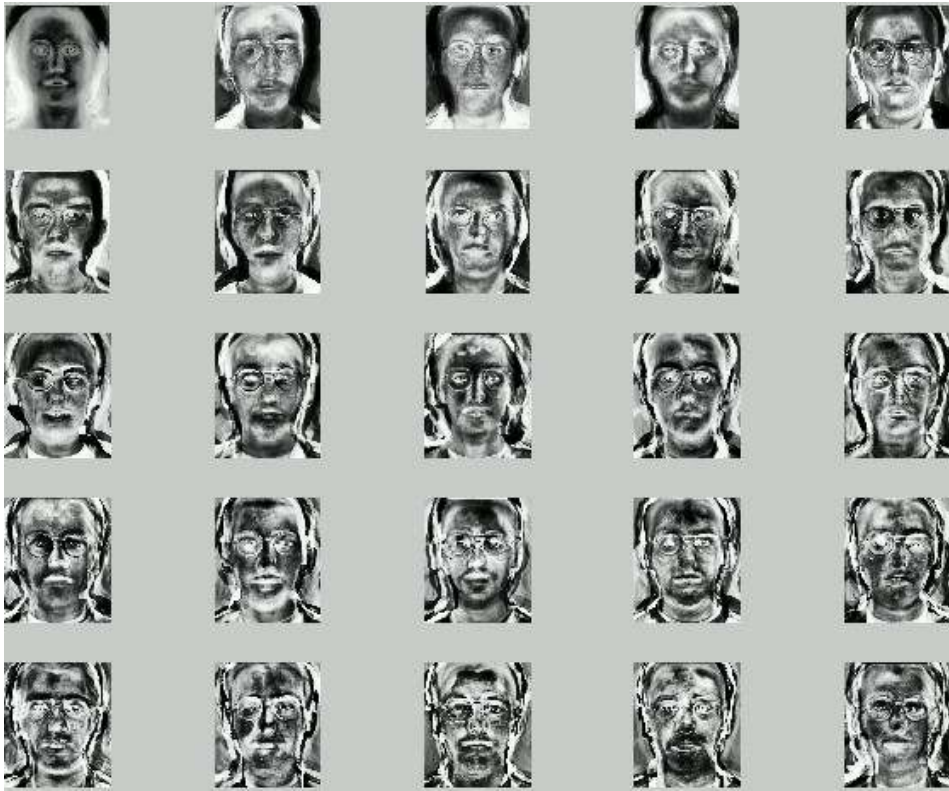
$$A^T$$

$$L_{mn} = \Phi_m^T \Phi_n$$

### Adım 7

Buradan da eigen vektör değerleri bulunur.

$$u_l = \sum_{k=1}^M v_{lk} \Phi_k \quad l = 1, \dots, M$$



Şekil 41 : Eigen vektör değerleri

## Tanıma İşlemi

### Adım 1

İlk başta girdi resmi ile ortalama resim arasındaki fark bulunur ve bu fark her eigen vektör değeri ile çarpılır.

$$\omega_k = u_k^T (\Gamma - \Psi) \quad \Omega^T = [\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_M]$$

### Adım 2

Bu basamakta da hangi yüz sınıfının girdi resmi için en iyi tanımlama olduğunu buluruz. Bu işlem Öklid uzaklığının minimize edilmesi ile gerçekleşir.

$$\varepsilon_k = \left\| \Omega - \Omega_k \right\|^2$$

### Adım 3

Eğer yukarıda bulduğumuz değer eşik değerinin altında ise bu yüz yaptığımız sınıflandırmaya dahil edilecektir. Yani bilinen bir yüzdür. Eğer iki eşik değerinin arasında ise bilinmeyen bir yüzdür. Eğer ikinci eşik değerinin üstünde bir değer buluyor isek bu da demektir ki; girdi resmi bir yüz resmi değildir.

### Adım 4

Eğer bilinmeyen bir yüz bulunuyor ise bu yüzü gelecekteki yüz tanıma işlemlerinin gerçekleştirimi için eğitim kümesine koyup koymamak programcının insiyatifindedir. Eğer bu resmi eğitim setine koyuyor isek ilk baştaki 1. ve 7. adımları ve bu adımların arasındaki adımları tekrar gerçekleştirmek zorunda kalırız. Bu yolla ağ yeni gelen yüz ile beraber eğitilmiş olacaktır.

## KAYNAK KOD

```
%YüzTanımaSistemi
clear all
close all
clc
%Eğitim setindeki resim sayısı giriliyor
M=25;
um=100;
```

```

ustd=80;
                                %resmi oku ve göster
S=[];
figure(1);
fori=1:M
    str=strcat(int2str(i),'.bmp');
eval('img=imread(str);');
    subplot(ceil(sqrt(M)),ceil(sqrt(M)),i)
    imshow(img)
    ifi==3
    title('Training' set','fontsize',18)
end
    drawnow;
[irow icol]=size(img); %sadır ve sütun sayısını al
temp=reshape(img',irow*icol,1); %N1'e N2'lik bir vektör
yaratılıyor
S=[S temp]; %S artık N1xN2xM'lik bir vektör olarak
tanımlanır
end
%Tüm resimler normalize ediliyor.
% Bu işlem ışıklandırmadan kaynaklanabilecek hataları
engeller.
for i=1:size(S,2)
temp=double(S(:,i));
m=mean(temp);
st=std(temp);
S(:,i)=(temp-m)*ustd/st+um;
end
% Normalize edilmiş resimlerin tekrardan gösterilmesi
figure(2);
fori =1:M
str=strcat(int2str(i),'.jpg');
img=reshape(S(:,i),icol,irow);
img=img';
eval('imwrite(img,str)');
subplot(ceil(sqrt(M)),ceil(sqrt(M)),i)
imshow(img)
drawnow;
if i==3
title('Normalized Training Set','fontsize',18)
end
    end
    % Ortalama resim
m=mean(S,2); % tüm satır ve sütunların ortalama değerlerini
%bulunuyor.
tmimg=uint8(m); %8-bitlik bir integer değerine çevriliyor
img=reshape(tmimg,icol,irow); %N1xN2x1'lik vektör N1xN2
matrisine %çevriliyor.
img=img';
figure(3);
    imshow(img);
    title('MeanImage','fontsize',18)
% Resmin manipüle etmek için değiştirilmesi

```

```

dbx=[]; %A matrisi
for i=1:M
temp=double(S(:,i));
dbx=[dbx temp];
end
                                %Dönüşüm matrisleri C ve L bulunuyor
A=dbx';
L=A*A';
%vv eigen değerleri dd ise eigen vektör değerleridir.
[vv,dd]=eig(L);
v=[];
d=[];
fori=1:size(vv,2)
if(dd(i,i)>1e-4)
v=[vv(:,i)];
d=[d,dd(i,i)];
end
end

[Bindex]=sort(d);
ind=zeros(size(index));
dtemp=zeros(size(index));
vtemp=zeros(size(v));
len=length(index);
fori=1:len
dtemp(i)=B(len+1-i);
ind(i)=len+1-index(i);
vtemp(:,ind(i))=v(:,i);
end
d=dtemp;
v=vtemp;

% Eigen vektörlerin normalizasyonu yapılıyor
                                for i=1:size(v,2) %Her sütüne erişim sağlanıyor
kk=v(:,i);
temp=sqrt(sum(kk.^2));
v(:,i)=v(:,i)./temp;
end

                                % C matrisinin eigen vektörleri hesaplanıyor
u=[];
for i=1:size(v,2)
temp=sqrt(d(i));
u=[u(dbx*v(:,i))./temp];
end

% Eigen Vektör normalizasyonu yapılıyor
for i=1:size(u,2)
kk=u(:,i);
temp=sqrt(sum(kk.^2));
u(:,i)=u(:,i)./temp;
end
%Eigenface'ler gösteriliyor

```

```

figure(4);
fori=1:size(u,2)
img=reshape(u(:,i),icol,irow);
img=img';
img=histeq(img,255);
subplot(ceil(sqrt(M)),ceil(sqrt(M)),i)
imshow(img)
drawnow;
if i==3
title('Eigenfaces','fontsize',18)
end
end
%Eğitim setindeki her resmin ağırlık değerlerinin bulunması
omega=[];
for h=1:size(dbx,2)
WW=[];
fori=1:size(u,2)
t=u(:,i)';
WeightOfImage=dot(t,dbx(:,h)');
WW=[WW;WeightOfImage];
end
omega=[omegaWW];
end
%Yeni resmin alınması. Unutulmamalı ki yeni resim eğitim
setindekiler %ile aynı piksel değerlerinde olmalı
ve masaüstünde olmalı.
InputImage = input('Lütfen resmin adını ve uzantısını eksiksiz
olarak yazınız.\n','s');
InputImage=imread(strcat('D:\Documents
andSettings\Senol\Desktop\ ',InputImage));
figure(5)
subplot(1,2,1)
imshow(InputImage);colormap('gray');title('Inputimage','fontsi
ze',18)
InImage=reshape(double(InputImage)',irow*icol,1);
temp=InImage;
me=mean(temp);
st=std(temp);
temp=(temp-me)*ustd/st+um;
NormImage=temp;
Difference=temp-m;
p=[];
aa=size(u,2);
for i=1:aa
pare=dot(NormImage,u(:,i));
p=[p;pare];
end
ReshapedImage = m + u(:,1:aa)*p; %m ortalama resim u ise
eigenvektör
ReshapedImage=reshape(ReshapedImage,icol,irow);
ReshapedImage=ReshapedImage';

```

```

%Yeniden yapılandırılmış olan resmin gösterilme kısmı
subplot(1,2,2)
    imagesc(ReshapedImage);colormap('gray');
    title('Reconstructedimage','fontsize',18)

    InImWeight=[];
    for i=1:size(u,2)
t=u(:,i)';
        WeightOfInputImage=dot(t,Difference');
        InImWeight=[InImWeight;WeightOfInputImage];
    end

    ll=1:M;
    figure(68)
    subplot(1,2,1)
    stem(ll,InImWeight)
    title('WeightofInputFace','fontsize',14)

% Öklid uzaklığını hesaplama kısmı
    e=[];
    for i=1:size(omega,2)
        q=omega(:,i);
        DiffWeight=InImWeight-q;
        mag=norm(DiffWeight);
        e=[emag];
    end

    kk=1:size(e,2);
    subplot(1,2,2)
    stem(kk,e)
    title('Giriş resminin Öklid uzaklığı
değeri','fontsize',14)
        MaximumValue=max(e) %Maksimum Öklid uzaklığı
değeri
        MinimumValue=min(e) % Minimum öklid uzaklığı
değeri
[15]
5.2. Eigen Faces Yöntemi ile Yüz Tanıma Sistemi-2
    mtv.m
%Matristen vektöre çevirme kısmı
function [vector]= mtv(matrix)
[h, w]= size(matrix);
for ii= 1:h
    vector((ii-1)*w+1:ii*w)= matrix(ii, :);
end
    itw.m
% Resimden ağırlık hesaplama kısmı
% nefaces tabanlı yüzlerin 8 adet ağırlık faktörünü hesaplar
function [wv]=itw(fname_tiff)
global nefaces

```

```

        global v
        [I, anymap]=tiffread(fname_tiff);
        Iv=mtv(I);
        Iv=Iv-v;
        for k=1:8
            wv(k)=dot(nefaces(k,:),Iv)
        end
        wv=wv';
        % wv=nefaces'*Iv;
    end

    line.m
function [val]=linearize(vector,efaces)
for i=1:8;
    val(i)=efaces(:,i)*vector';
end;
line2.m
coord=linearize(A(:,1),efaces);
for j=2:9;
    coord=[coord; linearize(A(:,j),efaces)];
end;

cenrad.m
cen=[((coord(:,1)+coord(:,2)+coord(:,3))/3)'];
for i=1:2;
    cen=[cen;
        ((coord(:,(3*i)+1)+coord(:,(3*i)+2)+coord(:,(3*i)+3))/3)'];
end;
cen=cen';
for i=1:3;
    rad(i)= norm(cen(:,i)-coord(:,(3*i)));
end;
norma.m
% Vektörleri matrisine normalize eder.
function [om]=normalize(im)
% Giriş ve çıkış matrisleri
for i=1:9
    om(i, :)=im(i, :)/norm(im(i, :));
end
phase1.m
% Tüm resimlerin averaj resimlerini hesap eder
% V vektörüne averaj resmi konumlandırır.
% Kalan resimlerin vektörlerini de A matrisine atar

! /bin/ls -l *.tiff >directory.txt

fid= fopen('directory.txt');
counter=1;
s=fgetl(fid)
[t,map]=tiffread(s);
v= mtv (t);

%A matrisini resim vektörlerini tutması için ilkler.

```



```

A=v;

while (~feof(fid))

    s=fgetl(fid)
    if (s==-1) break;
    else
        [t,map]=tiffread(s);
    % Yeni resim vektörünü A matrisine atıyor.
    A=[A;mtv(t)];

counter=counter+1

end
end
fclose(fid);
%averaj bulma
v=((sum(A))/counter);

%Vektörlerin averaj resme uzaklıklarını hesaplayıp bir listeye
atıyor.
for i=1:counter
    A(i,:)=A(i, :)-v;
end

% C=A'A yaratılıyor
%***C=A'*A;
%Eigen vektör değerleri bulunuyor.

%***[E,D]=eig (C);

%***[D,i]=sort(diag(D)');
%***D=fliplr(D);
%***V=fliplr(V(:,i));
        save

%çık
vtm.m
% Vektörden matrise dönüşüm
% Vektör 512x352'lik bir matris olarak çevrilecek.
% Bu dönüşüm tam değerlerin olmasına bağlıdır. Diğer değerler
kabul
%edilemez.
function [matrix]= vtm(vector)
    % wv= size(vector,2);
    w=352;
    h=512;
    for ii= 1:h
        matrix(ii, :)=vector((ii-1)*w+1:ii*w);
    end
wti.m
% wti - ağırlıklardan resimlere
% nefaces & v değerlerini kullanarak ağırlıklar üzerinden
resim

```

```
%değerlerini bulur.
% ağırlık 8:1

function [oi]=wti(wm) % çıkış resmi, ağırlık matrisi
    global nefaces
    global v
    global map
    ov=wm'*nefaces;
    ov=ov+v;
    oi=vtm(ov);
    image(oi)
    colormap(map)
end
zoom.m
cenrad;
d=0
num= zeros(1,3);
for i=1:3
    num(i)=norm(new_weights-cen(:,i))
end
[num, idx]= sort(num);
i= idx(1);
if (i==1)
    d='senol'
end;
if (i==2)
    d='ulku'
end;
if (i==3)
    d='alpaslan'
end;
if d==0 d='Yüz değil'
end;
[14]
```

## 6. SONUÇ

Hemen hemen her yüz tanıma işlemi için önceden bir yüz algılama evresinin başarılması gerekmektedir. Yüz algılama probleminin çözülmesi şu ana kadar tam anlamıyla verimli bir şekilde çözülememiştir. Ancak bu evrenin tam olarak çözüldüğünü varsaysak bile yüz tanıma problemlerinin çözümünde de tam anlamıyla başarı sağlanamamaktadır.

Yüz tanıma evresinde de yüzün teşhisi ve veritabanındaki bilinen yüzlerle karşılaştırılması denilen bir alt evre, ve yüzün veritabanındaki yüzlerle sahip olan bireylere ait olup olmadığının teyit edilmesini sağlayan başka bir alt evre bulunmaktadır.

Yüz tanıma probleminin çözümünde uygulanacak yaklaşımlar daha önce de belirttiğimiz gibi çeşitlilik göstermektedir. Bunlardan en önemlileri LDA, ICA ve PCA yaklaşımlarıdır.

Yapılan deneyler her yaklaşımın farklı görüntü kümelerinde en iyi performansı sağlayabildiğini göstermiştir. Farklı bilim adamları farklı yaklaşımlar hakkında “en iyi yaklaşım” tabirini kullanmışlardır. Tüm bu yorumlara rağmen genel bir kanı vardır. Bu kanı LDA ve PCA yaklaşımlarının genel olarak en fazla tercih edilen ve genel olarak en iyi sonuçları veren yaklaşımlar olduklarıdır. Video tabanlı yüz tanıma işlemleri ise görüntü tabanlı yüz tanıma işlemlerine göre daha ileri seviyede ve daha karmaşık bir biçimde ele alınması gereken uygulamalardır. Tezimde görüntü tabanlı yüz tanıma, yüz tanıma probleminin en temel uygulamalarından biri olduğu için video tabanlı yüz tanıma hakkında bilgi verilmemiştir. Video tabanlı yüz tanıma problemleri daha geniş bir perspektif ile ele alınması gereken problemlerdir.

Yüz tanıma yaklaşımlarında kullanılan uzaklık metrikleri de aynı yüz tanıma yaklaşımları gibi farklı görüntü kümelerinde farklı performanslar sergilemektedirler.

Yüz tanıma uygulamalarının performanslarının diğer biyometrik tanımlama sistemlerinin performanslarına nazaran daha sönük kaldığını söyleyebiliriz. Bunun nedeni fotoğrafların her zaman aynı niteliklere sahip olmamalarıdır. Aşağıda verilen fotoğraflarda yüz tanıma işleminin hangi durumlarda kolay; hangi durumlarda ise zor olduğu açıkça görülebilecektir.



Şekil 42 : Kolay Senaryo



Şekil 43 : Kolay Senaryo



Şekil 44 : Zor Senaryo



Şekil 45 : Zor Senaryo

Birinci ve ikinci şekilde sırayla aynı kişiye ait aynı nitelikte 3 fotoğraf ile farklı kişilere ait net fotoğraflar vardır. Fotoğrafların netliği ve fotoğrafların aynı tipte olması yüz tanımayı kolaylaştıran durumlardır.[17]

Son 2 fotoğrafta ise net olmayan fotoğraflar vardır.Üçüncü fotoğrafta netlik yoktur ve gözlük kullanan, sakalı olan iki birey aynı fotoğrafta yer almaktadır. Dördüncü fotoğraf da net değildir ve bir kare içinde birden çok yüz bulunmaktadır. Haliyle bu da yüz tanıma işlemini daha da zorlaştıracaktır.

Yüz tanıma işlemini zorlaştıran etkenler bireydeki sakal, gözlük, bıyık ve fotoğrafların net olmaması olarak örneklendirilebilir.

Yüz tanıma uygulamaları tüm bu zorluklardan dolayı tam olarak verim verememektedir. Ancak ileride daha verimli sistemlerin tasarlanacağını tahmin etmek de zor değildir. Daha verimli sistemlerin gerçekleştirilmesindeki hız; “computer vision” alanındaki çalışmaların daha da artmasına bağlıdır.

Biyolojik sistemlerin incelenmesi de daha başarılı yüz tanıma sistemlerinin hayata geçirilip kullanılmasını sağlayabilir.

## 7. KAYNAKÇA

- 1 ) <http://vision1.eee.metu.edu.tr/~metafor/yazi/yapayzeka.htm>
- 2 ) <http://www.yapay-zeka.org/modules/wiwimod/index.php?page=ANN>
- 3 ) *Örüntü Tanıma Sistemleri ( Ders Notları ) Yrd. Doç. Dr. İbrahim Türkoğlu*
- 4 ) <http://en.wikipedia.org/wiki/Biometrics>
- 5 ) *Results from 200 billion iris cross-comprasions John Daugman 2005*
- 6 ) [www.biometrics.gov](http://www.biometrics.gov) *Fingerprint Recognition*
- 7 ) *Face Recognition Using Eigenfaces Matthew A. Turk, Alex P. Pentland 1991*
- 8 ) *Face Recognition Using LDA-based Algorithms- Juwei Lu, Kostantinos N. Plataniotis, Anastasios N. Venetsanopoulos 2003*
- 9 ) *Bayesin Face Recognition - Baback Moghaddam Tony Jebara Alex Pentland 2002*
- 10 ) *Component Based Face Recognition with 3D Morphable Models – Jennifer Huang, Bernd Heisele, Volker Blanz*
- 11 ) *Face Recognition by Independent Component Analysis - Marian Stewart Bartlett, Javier R. Movellan, Terrence J. Sejnowski 2002*
- 12 ) *A Comparative Study of PCA, ICA and LDA – Kresimir Delac, Mislav Grgic, Sonja Grgic*
- 13 ) <http://www.dmry.net/matlab-programlama-dersi> *MATLAB programlama*
- 14 ) <http://www.vorburger.ch/projects/faces/index.html>
- 15 ) <http://www.pages.drexel.edu/~sis26/Eigenface%20Tutorial.htm>

- 16) *İnsan ve Bilgisayarda Yüz Tanıma – Albert Ali Salah*
- 17) *Is There Any Hope for Face Recognition – Luis Torres*
- 18) <http://www.yapay-zeka.org/modules/icontent/index.php?page=47> YSA
- 19) *Yapay Zeka- Problemler – Yöntemler – Algoritmalar Vasif V. Nabiyev*
- 20) *Yapay Zeka - Blay Whitby*