

İŞARET DİLİ HARFLERİNİN GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİYLE

TANINMASI İÇİN BİR UYGULAMA

Hasan YAKUT

Yüksek Lisans Tezi

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Burhan ERGEN

ŞUBAT-2013

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞARET DİLİ HARFLERİNİN GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİYLE
TANINMASI İÇİN BİR UYGULAMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hasan YAKUT

(091129105)

Anabilim Dalı: Bilgisayar Mühendisliği

Programı: Donanım

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 28/01/2013

Seminerin Savunulduğu Tarih : 14/02/2013

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Burhan ERGEN

Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Arif GÜLTEN

Yrd. Doç. Dr. Ahmet ÇINAR

OCAK-2013

ÖNSÖZ

Çalışmalarım boyunca benden yardımlarını ve katkılarını esirgemeyen, beni yönlendiren değerli Hocam Yrd. Doç. Dr. Burhan ERGEN'e, manevi destekleri ile beni yalnız bırakmayan anneme, babama, kız kardeşime, nişanlıma, aileme ve tüm dostlarıma teşekkür ederim.

Hasan YAKUT
ELAZIĞ-2013

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ÖZET	V
ABSTRACT	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VII
TABLolar LİSTESİ.....	VIII
DENKLEM LİSTESİ	IX
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı.....	2
1.2. Tezin İçeriği.....	2
2. İŞARET DİLİ	4
2.1. İşaret Dili.....	4
2.2. Türk İşaret Dili	5
3. NESNE TANIMA	6
3.1. Parmak İzi Tanıma	9
3.2. Yüz Tanıma	9
3.3. Otomatik Plaka Tanıma	10
3.4. El Duruş Tanıma	11
4. NESNE TANIMA İÇİN GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ	14
4.1. Ağırlıklandırılmış Matris İle Çarpım.....	15
4.2. Açısız Tarama	16
5. ÖZNİTELİK ÇIKARTIMI VE SINIFLANDIRMA.....	18
5.1. Öznitelik Çıkartımı	18
5.1.1. Boyutlandırma	18
5.1.2. Gri Seviye Dönüşüm	18
5.1.3. Binary(ikili) Dönüşüm	18
5.1.4. Gürültü Temizleme (Filtreleme).....	19
5.1.5. Ağırlık Merkezinin Hesaplanması Ve Taşınması.....	20
5.1.6. Grafiklerin Elde Edilmesi.....	20
5.1.7. Hata Tespiti.....	21
5.2. Sınıflandırma.....	21
6. EL DURUŞUNUN BELİRLENMESİ.....	22
6.1. Görüntü İşleme(Bölütleme)	23
6.2. Öznitelik Çıkarımı Ve Sınıflandırma	25
6.2.1. El Geometrisinin Yeniden Boyutlandırılıp Ağırlık Merkezinin Taşınması.....	25
6.2.2. İmgelerin Grafiklerinin Elde Edilmesi	27

6.2.2.1.	İmgenin Bir Matris ile Çarpılarak Grafiğinin Elde Edilmesi.....	27
6.2.2.2.	İmgenin Açısal Tarama Yapılarak Grafiğinin Elde Edilmesi	29
6.2.3.	Hata Tespiti	31
6.2.3.1.	Matris İle Elde Edilen Grafiğin Hatası.....	31
6.2.3.2.	Açısal Tarama İle Elde Edilen Grafiğin Hatası	33
6.3.	Tanıma	35
7.	UYGULAMALAR	37
7.1.	Ağırlıklandırılmış Matris Uygulaması	37
7.2.	Açısal Tarama Uygulaması.....	44
8.	SONUÇ.....	49
	REFERANSLAR.....	50
	ÖZGEÇMİŞ	52

ÖZET

Bugün toplumsal hayatın bir parçası haline gelen bilgisayarların, imgelerin tanınmasında etkin bir şekilde kullanılmasının hayatı ne denli kolaylaştırdığı aşikârdır. Özellikle plaka tanıma, göz tanıma, parmak izi tanıma gibi alanlarda yapılan çalışmalar hem zaman hem de mali olarak çok büyük yararlar sağlamaktadır. İşaret dilinin de bilgisayarlar tarafından tanınması günlük hayatta çok büyük yarar sağlayacaktır.

Sunulan bu çalışma el işaretlerinin görüntü işleme teknikleri kullanılarak anlaşılmasını amaçlamıştır. Çalışmada el işaretinin belirlemek için iki yöntem önerilmiştir. Bunlardan birincisi ağırlıklandırılmış matris temelli diğeri ise açısal olarak şeklin kenarlarının taranmasında dayanmaktadır. Sonuç olarak her iki yönteminde tanımada başarılı olduğu gösterilmiş, yöntemlerin avantaj ve dezavantajları ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: İşaret dili, şekil tanıma, ağırlıklandırılmış matris, açısal tarama.

ABSTRACT

AN APPLICATION ON RECOGNITION OF SING LANGUAGE LATTERS BY USING IMAGE PROCESSING METHODS

Today, computers has become as a part of the life, and it is clear that the use of the computers in image recognition is facilitate the life. The studies such as license plate recognition, eye recognition, fingerprint recognition offer great benefits in time and financial. The recognition of sign language by means of computers can be of great assistance in daily life.

This presented study focuses on understanding of the hand sign using image processing techniques. In this study, two methods have been proposed to determine the hand signs. The first one is based on the weighted matrix, and the other is based on angular scanning the edges of the shape.

Fort he both methods, the performances, the advantages and disadvantages are presented as a result.

Key Words: sign language, shape recognition, a weighted matrix, the angular scan.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1.	İşaret Dili Alfabeti.....	5
Şekil 3.1.	Nesne Tanıma Örnekleri	5
Şekil 3.2.	Çeşitli Plaka Örnekleri.....	11
Şekil 3.3.	El Geometrisi Tanıma Sistemi	12
Şekil 3.4.	El Geometrisi Tanıma Sisteminin Blok Diyagramı	13
Şekil 4.1.	Görüntü işleme Basamakları	14
Şekil 5.1.	Renk Dönüşümü Yapılmış İmge	19
Şekil 6.1.	El Tanıma Sisteminin İşleyiş Basamakları	22
Şekil 6.2.	Gerçek El Şekli Görüntüleri-Gri Seviye Dönüşümleri.....	23
Şekil 6.3.	Histogram ve Eşik Değeri	24
Şekil 6.4.	Gri Seviye Resimlerin Siyah-Beyaz Resimler Haline Dönüştürülmesi.	24
Şekil 6.5.	Geometrik Şekillerin Yeniden Boyutlandırılıp Ağırlık Merkezinin Taşınması.	26
Şekil 6.6.	El İmgesinin Yeniden Boyutlandırılıp Ağırlık Merkezinin Taşınması	26
Şekil 6.7.	Matris Fonksiyonu	27
Şekil 6.8.	İmge ve Oluşturulan Matris ile Çarpımı	28
Şekil 6.9.	Matris ile çarpılan imgenin x ve y koordinatlarına göre grafikleri	28
Şekil 6.10.	Açısal Tarama Yöntemi.	29
Şekil 6.11.	Açısal Tarama Sonucunda Grafiğin Elde Edilmesi.....	30
Şekil 6.12.	Ağırlıklandırılmış 10 Adet İmgenin Grafikleri	32
Şekil 6.13.	Açısal Taranan 10 Adet İmgenin Grafikleri.....	36

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 7.1. Ağırlaştırılmış Matris ile Çarpım Yöntemiyle Hatalı Tanıma Örnekleri	37
Tablo 7.2. Ağırlaştırılmış Matris ile Çarpım Yöntemiyle Doğru Tanıma Örnekleri	41
Tablo 7.3. Ağırlaştırılmış Matris İle Çarpım Yöntemi İle İmge Tanıma Başarı Değerleri	43
Tablo 7.4. Açısal Tarama Yöntemi İle İmge Tanımda Hatalı Tanıma Örnekleri	44
Tablo 7.5. Açısal Tarama Yöntemi İle İmge Tanımda Doğru Tanıma Örnekleri	46
Tablo 7.6. Açısal Tarama Yöntemi İle İmge Tanıma Başarı Değerleri	48

DENKLEMLER LİSTESİ

Denklem 6.1. Ağırlık Merkezi Hesaplama	25
Denklem 6.2. Ağırlık Merkezi Hesaplamasının Normalleştirilmesi	26
Denklem 6.3. Ağırlıklandırılmış Matris Denklemi.....	27
Denklem 6.4. Açı Hassasiyet Denklemi	30
Denklem 6.5. Açıya Bağlı x Noktası ve y Noktasını Hesaplama Denklemi.....	30
Denklem 6.6. x ve y Değerlerine Bağlı Olarak Bulunulan Noktanın Hesap Denklemi	30
Denklem 6.7. Ağırlıklandırılmış İmge Grafikleri Hata Hesaplama Denklemi.....	33
Denklem 6.8. Toplam Hata Hesaplama Denklemi	33
Denklem 6.9. Açısal Tarama Grafikleri Hata Hesaplama Denklemi	35
Denklem 6.10. Doğruluk Denklemi	35
Denklem 6.11. Kaçınılması Gereken Hata Yüzdesi Denklemi.....	36

1. GİRİŞ

Nesne tanıma artık günlük hayatın birçok alanına yerleşmiş durumdadır. Teknolojinin sürekli olarak gelişmesi insanoğlunun yaptığı birçok işin bilgisayarlar tarafından yapılmasını sağlamaktadır. Bu işlemlerin nesne tanıma yöntemleri ağırlıklı olarak yapılması kaçınılmaz olmuştur. Çünkü insanoğlu giderek yoğunlaşan ve zorlaşan işlemlerde, en fazla nesne tanıma aşamasında zorlanmaktadır. Bu işlemler hem fazlalaşmakta hem de saklanması mecburi hale gelmektedir. Ayrıca nesne tanıma kişiden kişiye değişen bir yapı meydana getirdiğinden nesnelerin tanınmasında güçlükler yaşanmaktadır. Artık bu durumun basite indirgenmesi ve değişmezliklerin meydana getirilmesinde bilişim teknolojileri aktif rol oynamaktadır.

Nesne tanımanın makine öğrenmesindeki katkıları yadsınamaz. Örneğin plaka tanıma sistemleri sayesinde bir bireyin hızlı bir şekilde işlem yapmasının mümkün olmadığı geçiş işlemleri (otoban, otopark, mobese vb.) hızlı ve güvenilir hale gelmektedir. Bir diğer örnek ise yüz tanıma olarak verilebilir. Buradaki amaç onlarca veritabanı örneği taranarak doğru sonuca ulaşmaktır. Buda emniyet birimleri gibi hassasiyet gerektiren ve bir bireyin veritabanını taramasının güç olduğu durumlarda fayda sağlamaktadır.

İşaret dili engelli insanların iletişim kurmasında sözel ifadelerin kullanılması yerine bedensel ifadelerin kullanılması esasına dayanır. Burada önemli olan hangi işaretin ne anlama geldiğini bir değişmezlik çerçevesinde ele almaktır. Bunu da nesne tanıma sistemleri kullanarak başarmak mümkündür. Öncelikli olarak işaret dilinin temel hareketlerinin veritabanının oluşturulması gerekir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta veritabanının büyüklüğüdür. Veritabanı ne çok küçük ne de çok büyük olmalıdır. Çünkü veritabanı kısıtlı kaldığında hareketin sınıflandırılması zorlaşacak. Çok büyük olduğunda ise karar verme süresi artacağı gibi çakışmalar meydana gelebilir.

İşaret dilinin yapısı hakkında yapılan ilk çalışmalarda, Amerikalı Wilbur işaretin oluşumunu analiz etmede dilin yapısını kullandı [1]. Amacı her bir el şekillerini, ellerin konumlarını ve hareketlerini içeren sembolleri kullanarak bir ulusal işaret dili yazma sistemi geliştirmektir. Daha sonra Stokeo işaret dilini analiz etmede üç önemli özelliğin, el şekilleri, el konumu ve hareketinin gerektiğini önermiştir. Battison ve arkadaşları da ilave olarak avuç içini yönelmesini dilin yapısını anlamada önermişlerdir [2]. Bu ve benzer işaret dili çalışmaları sonraki işaret dili araştırmacılarına yardımcı olmuştur.

Algılayıcılar ve bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelere paralel olarak bazı başarılı bilgisayar görmesi tabanlı işaret dili araştırmaları yapılmıştır. İlk işaret dili tanıma araştırmaları

1990'lı yıllarda görülmeye başlanmıştır. Charahpayan ve Marble Amerikan işaret dilinin işaretlerinin oluşturulmasında elin hızını kullanarak bilgisayar görmesi tabanlı bir system geliştirmesi üzerinde çalışmışlardır [3]. 1991 de Takahashi ve Kishimo VPL veri eldiveni ve range sınıflandırması kullanarak 46 Japon işaret dili alfabesini tanıma üzerinde çalışmışlardır [4]. Bu çalışmalar basit olarak eklem açıları ve el yönelmesini kodlanması şeklindedir.

1.1.Tezin Amacı

Yaptığımız bu çalışmada imgelerin grafiği elde edilirken iki yöntem kullanacağız. Bunlardan ilki elde edilen siyah-beyaz görüntünün boyutu belirlenmiş bir ağırlıklandırılmış matris kullanılarak çarpılması ve çarpım sonucu elde edilen görüntünün grafiğinin hem x hem de y koordinatlarına bağlı olarak elde edilmesidir. Matris ile çarpma nedenimiz daha net görüntü elde etmektir. İkinci yöntem ise elde ettiğimiz siyah-beyaz görüntünün açısal tarama işlemine tabi tutulması ve bu şekilde grafiğinin elde edilmesidir. Bu sayede imge üzerinde daha kolay işlemler yapılabilir. Sonrasında ise karşılaştırma işleminde kullanılacak imge veri tabanları meydana getirilmelidir. Sınıflara ayrılmış her hareket artık karşılaştırma işlemi için hazırdır.

Elde edilen grafikler daha sonra örnek grafikler ile karşılaştırılacak ve sonrasında hangi imgeye benzediği sonucuna varılacaktır. En son işlem olarak ise bu iki yöntemin başarımlar oranları karşılaştırılır.

1.2.Tezin İçeriği

Yaptığımız bu çalışmada nesne tanımanın ne olduğu araştırılarak nesne tanıma yöntemleri ele alınacak, bölütleme işlemleri, verilerin sınıflandırılması işlemlerinin yöntemleri üzerinde durulacaktır. Elde edilen bilgiler sayesinde işaret dilinin bilgisayarlar tarafından nasıl algılanabileceği sorusunun cevabı verilecektir.

Böylesi bir durum için kullanacağımız iki yöntem mevcuttur. Bunlardan ilki verilen bir imgenin ağırlıklandırılmış bir matris ile çarpımından elde edilen yeni imgenin x ve y koordinat düzleminde grafiklerinin elde edilmesi, ikinci yöntem ise açısal tarama işlemi yapılarak (360°) imgenin grafiğinin elde edilmesidir.

Yapacağımız çalışmada işaret dili terimleri tanımlanırken önce görüntünün sağlıklı bir şekilde alınması gerekir. Alınacak görüntüler RGB formatında olduğu için devreye görüntü

işleme teknikleri girecek ve görüntünün (imgenin) gri seviye dönüşümü yapılacak, imgenin boyutlandırma işlemi yapılacak, filtreleme işlemi yapılarak gürültülerden kurtulunacak, imgenin üzerinde işlemler yapılabilmesi için imgenin ağılık merkezinin tam orta noktaya taşınması gerekecek ve sonrasında imgenin grafiği oluşturulacak ve her imge için değişmezlikler meydana getirilecektir.

2.İŞARET DİLİ

2.1.İşaret Dili

İşaret dili, işitme engellilerin kendi aralarında iletişim kurarken, el hareketlerini ve yüz mimiklerini kullanarak oluşturdukları görsel bir dildir. İşaret dillerinin bilimsel olarak belirlenmiş ana özellikleri ise şunlardır [5];

- İşaret dilleri de sözlü diller gibi bir gramer yapısına sahiptir.
- Sanılanın aksine sözlü dillerden daha basit bir yapıda değildir.
- Her işaret dilinin kendine özgü gramer kuralları vardır ve her kavram için kullanılan işaretler de kullanıcılar arasında ortaktır.
- Bu özelliği ile işaret dili, konuşurken kullandığımız jestler ya da pandomimden çok farklıdır.
- Her ülkenin kendi işaret dili vardır. Örneğin Amerika'da kullanılan işaret dili (ASL) ile Almanya'da kullanılan işaret dili (DGS) birbirlerine benzemezler. Bu iki dil, İngilizce ile Almanca kadar farklıdır.
- Bir işaret dili çevrede kullanılan sözlü dilden etkilense de, farklı bir gramer yapısına sahiptir. Yani Türkçe ile Türk İşaret dili arasında mutlaka bir benzerlik olması gerekmez.
- Sözlü dillerde olduğu gibi işaret dili de erken yaşta öğrenilmelidir. İşitme engelliler 5-6 yaşına kadar işaret dili öğrenemezlerse daha sonra hem işaret dilini hem de başka dilleri öğrenmeleri zorlaşır.
- Beyin üzerindeki araştırmalara göre, sözel dillerle işaret dilleri aynı nörofizyolojik süreçlere ve aynı lokalizasyona (yani beynin sol yarımküresi) sahiptir.

Türk İşaret Dili tarihinin Osmanlı dönemine kadar uzanmasına karşın, TID hakkında Milli Eğitim Bakanlığı'nın 1995'te yayınladığı görsel bir kılavuz dışında henüz bir yazılı materyal, arşiv ya da sözlük yoktur.

Şuan bilgisayar terimleri arasında yer almaya başlayan nesne tanıma yöntemleri ile artık birçok alanda karşılaşılmaktadır. Bunlar içerisinde işaret dilini tanıma da yer almaktadır. Şekil 2.1. 'de dünyada standartlaşmış işaret dili alfabesi görülmektedir[6].



Şekil 2.1. Standartlaşmış İşaret Dili Alfabeti [6].

Bu çalışmada işaret dilinin bilgisayarlar tarafından algılanarak işlemler yapılmaya uygun hale getirilmesi ile ilgili araştırmalar yapılmıştır. Yapılan araştırmalarda öncelikli olarak işaret dilinin ne olduğu konusunda sorulara yanıt aranmıştır. Akabinde ise nesne tanıma üzerinde durulmuştur. Sonrasında nesne tanıma uygulanacak yöntemler ele alınarak açıklamaları yapılmıştır. Yaptığımız çalışmada iki yöntem üzerinde durduk ve başarımlar oranları hesaplandı ve hangi yöntemin daha sağlıklı sonuçlar verdiğine karar verildi.

2.2. Türk İşaret Dili (TİD)

Türk İşaret Dili hakkında araştırma yapıldığında Cumhuriyet öncesi Osmanlı İmparatorluğu dönemine kadar gittiği görülmektedir. Ancak batılı devletler kadar üzerinde durulmadığında gelişim gösterememiştir Milli Eğitim Bakanlığı'nın 1995'te çıkarmış olduğu kitapçık haricinde herhangi bir kaynak yoktur.

İşaret dilinin belli bir düzenlemesi olmadığından farklılıklar meydana gelmekte ve işaretler birbirinden farklı olabilmektedir.

Bu nedenle bu tez çalışmasında standartlaşmış işaret dili işaretleri kullanılmıştır. Bu işaretler içerisinde de 10 adedi seçilmiştir [7].

3. NESNE TANIMA

İnsan beyninin nesneleri nasıl tanıdığı uzun zamandır merak edilen bir konudur. Bu teorileri kısaca özetleyerek nesne tanıma açısından ne kadar geçerli olduklarına bakılacak olunursa;

Seksenlerde önem kazanan yapısal tanımlama teorisine göre beyin cisimleri parça ve bütün ilişkisi içinde algılar. Bu yaklaşımda bütün nesneler bazı temel algı ünitelerinin birleşmesiyle ifade edilirler. Irving Biederman'ın "geon" adını verdiği bir dizi üç boyutlu şekil, David Marr'ın "codon" dediği basit öznitelikler bu temel algı ünitelerine örnek olarak gösterilebilir. Zamanla bu teori işlerliğini kaybetmiştir.

Bu analitik yaklaşıma karşın, bütünsel diyebileceğimiz bir yaklaşım, kaynağını daha eskilerden, Gestalt psikolojisinden alır. Bu yaklaşıma göre nesneler parçalarına ayrılmaz, bir bütün olarak algılanırlar. Böyle bir algının mümkün olabilmesi için beyin gibi paralel çalışabilen bir sistem gereklidir.

Bir diğer teoriye göre beyin, nesneleri değişik açılardan, değişik büyüklüklerde ve farklı ışıklandırma şartları altında görür, bu görüntüleri fotoğraflarını çeker gibi ezberler ve sonradan kullanmak üzere saklar. Bu yaklaşıma göre nesne tanıma bilgisayarla örüntü tanımada çok kullanılan "en yakın komşu" metoduna benzer bir şekilde yapılır. Bu yaklaşıma şablon modeli denir.

Şablon modeliyle tutarlı bir diğer önemli hipotez de nesne tanımanın duruş-temelli olduğu hipotezidir. Bir üç boyutlu nesneye farklı açılardan baktığımızda farklı görüntülerle karşılaşılır. Bu görüntülerin her birine "duruş" denir. Mesela çoğu insan "bir at düşünün" denildiğinde atı 3/4-duruşta, yani sağ üstten sol alta doğru düşünür. Bu tip doğal duruşlar (canonic view) az görülen duruşlardan daha çabuk tanınır ve daha çok ayırtedici bilgi içerir. Yani beyin bu tür bir genellemeyi yapmak için bir dizi ara işleme gereksinim duyar[8].

Bir nesnenin tanımlanması için öncelikli olarak nesnenin özelliklerinin bilinmesi gerekir. Nesne özellikleri;

- Geometrik özellikler
- Fotometrik özellikler
- Hareket
- İşlevsellik

Olarak dört bölümde incelenebilir. Nesne ile ilgili yukarıdaki bilgilerin yardımıyla bilinmeyen nesne tanımlanır.

Nesne tanımlanırken şu sorulara yanıt aranmalıdır. Bunlar; Görüntü içerisindeki birçok nesneden hangisi üzerinde çalışma yapılacaktır, nesneyi nasıl elde edilir ve diğer nesnelerden farklı olan özellikleri neler, çıkarılan görüntü parçası istenen nesneyi temsil eden parça olup olmadığı veritabanında karşılığı var mı?

Bir nesne tanımlanırken diğer nesnelerden farklı olan özelliklerini kullanmalıdır. Çıkarılan görüntü parçası istenen nesneyi temsil eden parça olup olmadığını veritabanı kullanarak karşılaştırılmalı ve doğru nesne parçası olup olmadığına karar verilmeli, son olarak eşleştirme yaparak nesnenin neyi temsil ettiğine karar verilebilir.

Nesne tanımadaki asıl amaç model gösterimi dahası nesne tespittir. Bunun içinde özellik çıkarımı ve sınıflandırma yöntemleri uygulanmalıdır. Nesne tanımadaki yaklaşımlar aşağıdaki gibidir.

a) Görüntü tabanlı yaklaşım: Görünüm tabanlı nesne tanımadır. Bunun için nesne modellerini içeren bir veritabanımız olmalı, veritabanında nesnenin farklı görünüşleri olmalıdır.

Avantajları

- Nesne modellerine gerek yok, görüntü-görüntü karşılaştırma ile tanıma yapılıyor
- Özellik çıkarmaya gerek yok.

Dezavantajları

- Çok geniş görüntü veritabanı gerekiyor.
- Nesnenin bir kısmının görünmemesi problem yaratabiliyor (Occlusion).

b) Özellik tabanlı yaklaşım: Özellik tabanlı yaklaşımda iki tür nesne tanıma vardır. Bunlar; Model tabanlı nesne tanıma ve Bayesian ağları kullanarak nesne tanımadır. Nesnelerin özelliklerini kullanır. Tip, uzaysal ilişkiler, vb. Görüntüden elde edilen özellikleri modelin özellikleriyle eşlemeye dayanır.

Avantajları

- Nesne bilgileri çıkarılmış olur
- Occlusion'a karşı sağlamlık sağlar
- Aydınlatma, perspektif projeksiyon veya poz çeşitlerine karşı değişmeyen sonuçlar üretir.

Dezavantajları

- Özelliklerin tanımlanması gerekmektedir.
- Özellik çıkarma işlemi gerçekleştirilmelidir

Model tabanlı nesne tanıma için Görüntüdeki nesneyi veritabanındaki nesne modelleriyle karşılaştırırız, nesnenin kimliğini bulduktan sonra pozisyon ve konum bilgisini belirleriz.

Bayesian ağları kullanarak nesne tanıma ise nesneyi sıradüzensel olarak temsil etmek için yapı sağlar, bilinmezleri, alana özgü bilgileri ve yapıya özgü bilgileri tanımlamamıza olanak sağlar, olasılık teorisi yardımıyla kanıt toplamak için sistematik bir düzenek sağlar. Şekil 3.1. de bazı örnekler verilmektedir.



Şekil 3.1. Nesne Tanıma Örnekleri

Yöntemler

- Pattern Matching Using Correlation (Korelasyon Kullanarak Desen Eşleştirme)
- Using Distance Sets for Shape Recognition (Şekil Tanımada Mesafe Verileri Kullanma)
- Deformable Contour Technique (Deforme Ölçekleri Kullanma Tekniği)
- Image Thresholding (Resim Eşikleme)

Nesne tanıma işlemlerinin daha iyi anlaşılması için bazı örnekler verilecek olunursa;

3.1. Parmak İzi Tanıma

Deri tabakası, parmak uçlarında, vücudun diğer noktalarından farklı olarak pürüzlü, çukur ve tümseklik arz eden bir şekil alır. Parmak uçlarındaki üst deri tabakasının kendine has bir desen yapısı vardır. Parmak ucu ile düz bir zemine basıldığında, parmak ucunda yer alan desen yapısı yüzeyde kendisi ile aynı desende bir iz bırakır. Bu iz, parmak izi olarak adlandırılmaktadır. Parmak izinin resminin çekilerek veya taranarak elde edilen görüntüsüne ise parmak izi görüntüsü denilmektedir. Parmak izi görüntüsünde tümsekte kalan bölgeler siyaha yakın renklerle, çukurda kalan bölgeler ise beyaza yakın renklerle gösterilmekte ve sırası ile tepe ve vadi çizgileri olarak isimlendirilmektedir. Tepe ve vadi çizgileri Şekil de görüldüğü gibi genellikle birbirine paralel bir şekilde yer almaktadır.

Parmak izi dikkatlice incelendiğinde üzerinde birtakım önemli özellikler(ayrıntılar) barındırdığı görülür. İlk olarak Galton(1892), parmak izindeki bazı özellikleri belirlemiş, daha sonraki yıllarda bu özellikler genişletilerek Galton özellikleri adı verilmiştir Parmak izi görüntüsünde, parmak izi tepe çizgilerinin aniden sonlandığı noktalara tepe uç noktası, tepe çizgilerinin ikiye ayrıldığı noktalara tepe çatal noktası denilmektedir. Parmak izi üzerindeki bütün tepe uç ve çatal noktalarının belirlenmesi özellik çıkartma işlemi olarak isimlendirilmektedir.

3.2. Yüz Tanıma

Yüz tanıma sistemi, yüzün karakteristik özelliklerini analiz ederek, farklı noktalar ve bölgeler arası biyometrik ölçümler yaparak veritabanı ile karşılaştırma yapar ve kişiyi tanımlar. Yüzün bu karakteristik özelliklerine düğüm noktaları da denir. İnsan yüzünde bilinen 80 farklı düğüm noktası vardır. Bu düğüm noktalarından bazıları şöyledir:

- Gözlerin birbirine olan uzaklığı,
- Burunun genişliği,

- Göz çukurunun derinliği,
- Elmacık kemiğinin şekli,
- Çene kemiğinin uzunluğu

Bu düğüm noktaları rakamsal bir değerle kodlanır ve bu kodlara faceprint adı verilir. Bu değerler yüz tanımlama yazılımının veritabanında saklanır.

Yüz tanıma sistemi analizi için izlenecek genel adımlar ise şöyledir:

- Tespit: 2 boyutlu bir fotoğraf çekmek veya 3 boyutlu canlı bir görüntü elde etmekle gerçekleştirilir.
- Hizalama: Bir yüz tespit edildiğinde sistem başın pozisyonunu, duruşunu ve boyutunu tanımlar.
- Ölçüm: Yüzdeki eğriler milimetrenin altında bir hassasiyetle ölçülerek yüzün şablonu çıkarılır.
- Örnekleme: Sistem elde edilen yüz şablonunu eşsiz bir koda dönüştürür.
- Eşleme: Elde edilen üç boyutlu görüntü veritabanındaki diğer görüntülerle karşılaştırılır. Alınan görüntü 3 boyutlu olmasına rağmen veritabanındaki görüntüler 2 boyutludur.
- Doğrulama ve Tanıma: Doğrulama aşamasında görüntü veritabanındaki sadece bir görüntüyle eşleştirilmelidir.

Bir resim ya da görüntü düşünüldüğünde yüz tanıma sistemi temel olarak iki ana bölümden oluşur; görüntü içerisindeki yüz kesitinin tespiti ve çıkarılan yüz kesitinin tanınmasıdır[9].

3.3. Otomatik Plaka Tanıma

ALPR, ANPR (Automatic Number Plate Recognition)vb. belli amaçlar doğrultusunda kamera(lar)dan elde edilen araç görüntüsünün üzerinde plaka bölgesinin ayrıştırılarak, plaka üzerinde bulunan karakterlerin çeşitli Optik karakter tanıma (OCR) yöntemleri ile okunması işlemidir.

Kamu ve özel alanda değişik uygulamaları olup, uygulamaya özel algoritma, donanım ve ağ yapısının bir araya getirilmesi ile sistemin verimi arttırılır. Son yıllarda bilim ve teknoloji alanlarındaki çalışmalar daha yüksek kalitede algoritmalar ve donanımların geliştirilmesine olanak sağlamış, Otomatik Plaka Tanıma sistemlerini daha yaygın kullanılabilir hale getirmiştir.

Literatürde ortaya konulan Otomatik Plaka Tanıma sistemleri genelde aşağıda verilen 6 ana algoritmayı içerir. Bu algoritmaların hassasiyeti başarıyı çok fazla etkilemektedir[10].

1. Plaka yerinin tespiti
2. Plakanın sonraki algoritmalara uygun yeniden konumlandırılması ve ebatlandırılması
3. Parlaklık, zıtlık gibi görüntü özelliklerinin normalizasyonu
4. Karakter ayırma ile görüntüden karakterlerin çıkarılması
5. Optik karakter tanıma
6. Ülkeye özgü söz dizimi ve geometrik kontroller

Bir otomatik Plaka Tanıma Sistemi yazılımı aşağıdakine benzer zorluklarla başa çıkabilmelidir.

- Uzaklık ve/veya kameraya bağlı düşük resim çözünürlüğü
- Kamera odaklanma problemleri, bulanıklık
- Ortamın aydınlığı, düşük zıtlık, gölgeler
- Görüntünün örneğin çamur sebebi ile engellenmesi
- Değişik yazı stilleri
- Aldatıcı ve kanun dışı plakaları ayırtedebilme
- Ülkeye bağlı olarak benzer plakaları ayırtedilebilme
- Tüm bu işlemleri uygulamada kabul edilebilir bir karmaşıklıkta yapma



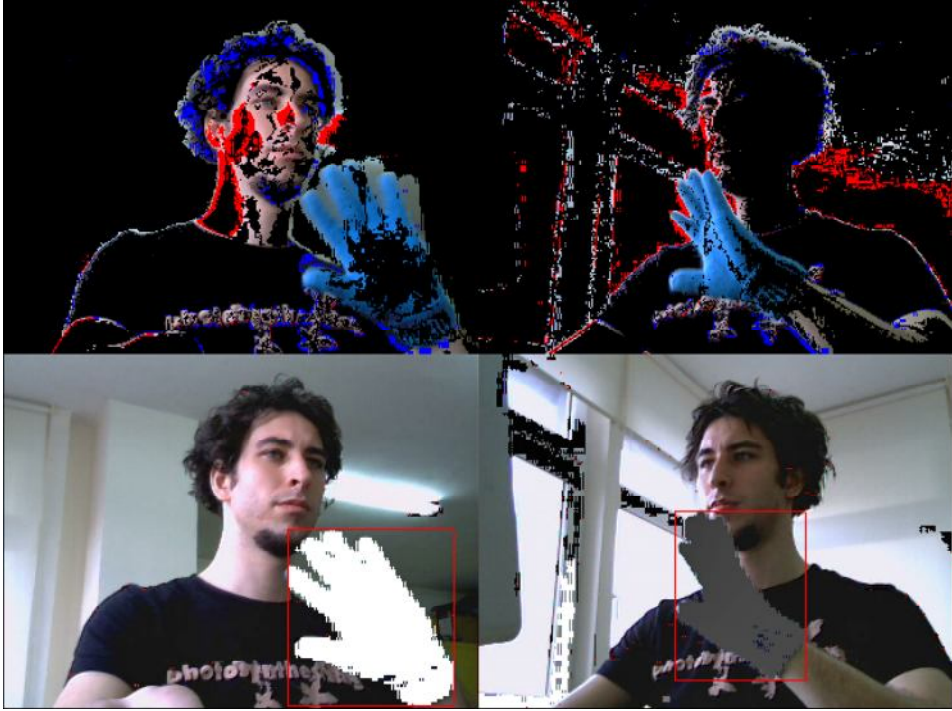
Şekil 3.2. Çeşitli Plaka Örnekleri [10].

3.4. El Duruş Tanıma

Bu teknoloji adından da anlaşılacağı gibi kullanıcıların el ve parmak gibi fiziksel karakteristiklerinin üç boyutlu bir ortamda ölçülebilmesi prensibine dayanmaktadır. El bir tarayıcının üzerine koyulduğu vakit ortaya çıkan görüntü diğer el görüntüleriyle karşılaştırılır. El geometrisinin diğer sistemlere göre kullanımı daha kolaydır. Bu nedenle kullanıcı yoğunluğunun bulunduğu yerlerde kullanılması daha efektif olan bir sistemdir. El geometrisi okuyucularının diğer sistemlerle ve süreçlerle kurulumu çok daha kolay olmaktadır[11].

İnsanların elleri herkeste farklıdır ve kendine has özellikler taşır. Ancak parmak izi veya iris kadar benzersiz bir yapıya sahip değildir. Bu yüzden el geometrisi ile biyometrik tanımlama yöntemi kimlik tanımlamadan ziyade kimlik doğrulamak için kullanılır.

Sistem el ve parmak geometrisini dijital bir kamera ve ışık kullanarak ölçer. Basitçe el ölçüm yuvasına konulur ve parmaklar ölçüm yuvasına uygun şekilde hizalanır. Bundan sonra kamera bir veya birden fazla resim alır. Alınan bu bilgilerden ele ait uzunluk, kalınlık, eğrilik bilgileri saptanır ve bu bilgiler sayısal bilgiye çevrilir. Şekil 3.3. 'de bir el tanıma sistemi görülmektedir[11].



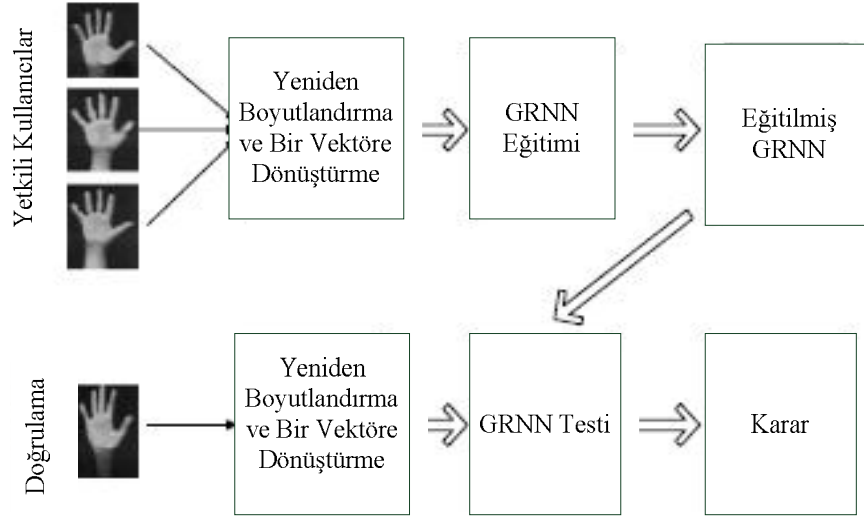
Şekil 3.3. El Geometrisi Tanıma Sistemi [11].

El geometrisi tanıma sisteminde, ilk olarak, sistem sağlayıcıları el geometrisi tarama sistemini bağımsız modda tutar. Sistem, zaman dilimi, alarm giriş ve çıkışları, ve fonksiyon dan çıkmak isteği gibi temel erişim kontrol görevlerini içerir. Sonra da son kullanıcı, el tarayıcısının daha karmaşık ve daha ayrıntılı isteklerde bulunan mühendislik versiyonu oldu. Bugün el tarayıcıları, erişim kontrolü ve işçilerin çalışma zaman kaydı gibi çeşitli görevler yaparlar.

El geometrisi ile kimlik doğrulama sistemlerinin güçlü yanları olduğu gibi zayıf yanları da bulunmaktadır. El geometrisi, parmak izi veya iris gibi çok ayırt edici bir özellik değildir. Bununla birlikte insan elinde yaralanmalar vb. durumlardan dolayı değişimler

olabilir. Bu değişimlerden dolayı tanıma doğruluğunu azaltacaktır. Bu yüzden bilgilerin belli süreçlerde güncellenmesi gerekmektedir.

Şekil 3.4 'de genel regresyon sinirsel aę ile yapılmış olan el geometrisi tanıma sisteminin blok diyagramı görölmektedir.



Şekil 3.4. El Geometrisi Tanıma Sisteminin Blok Diyagramı [12].

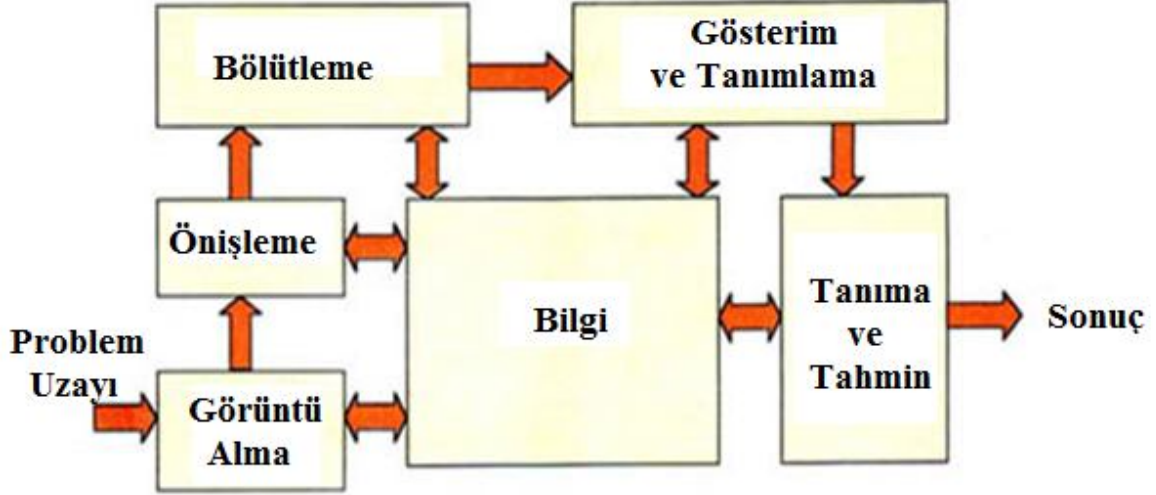
Yukarıda verilen şekilde el geometrisi tanıma sistemi üç temel bölümden oluşmaktadır: El kenar bölgesinin yani dış hatlarının çıkartılması için bölümleme, özelliklerin elde edilmesi ve tanıma. Bölümleme, arka plan ile el bölgesini ayırır, el ve parmak hatlarını çıkartır. Özellik elde etme kısmı; parmakların uzunlukları, çeşitli yüksekliklerde parmak genişlikleri ve avuç içi genişliğini özellik vektörü olarak bulur. Son kısım tanıma kısmı ise, giriş görüntüsünden elde edilen özellik vektörü ile veritabanını karşılaştırır ve doğrulama veya kişi tanımlama amacı için sonucu verir[12].

El geometrisi tanıma sisteminde üç temel birim vardır.

- Bölütleme
- Özellik çıkarımı
- Tanıma

4. NESNE TANIMA İÇİN GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ

Görüntü işleme sistemlerinin çalışmasında kullanılan birçok işlem basamağı vardır. Bu işlem basamakları bu bölümde kısaca anlatılacaktır. Görüntü işlemenin temel basamakları şekil 4.1.'de diyagram olarak da gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Görüntü işleme Basamakları

Görüntü işlemede ilk adım görüntüyü gerçek dünyadan bir film tabakasına veya bir hafıza birimine almamızı sağlayan resim alıcılarıdır. Bu cihazlarda bir resim algılayıcısı ve algılanan resmi sayısal hale getiren sayısallaştırıcı birim bulunmaktadır. Eğer resim sensörü, resmi doğrudan sayısal hale dönüştürmüyorsa, elde edilen analog resim, bir Analog/Sayısal dönüştürücü yardımıyla sayısal hale dönüştürülmelidir[13].

Sayısal resim elde edildikten sonraki basamak ise önişlemedir. Adından da anlaşıldığı gibi önişleme, elde edilen sayısal resmi kullanmadan önce daha başarılı bir sonuç elde edebilmek için, resmin bazı ön işlemlerden geçirilmesidir. Bu işlemlere Örnek olarak; kontrastın ayarlanması, resimdeki gürültülerin azaltılması ve/veya yok edilmesi, resimdeki bölgelerin birbirinden ayrılması gibi işlemleri verebiliriz.

Önişlemler bittikten sonra bölütleme basamağına geçilir. Bölütleme, bir resimdeki nesne ve artalanın veya resim içerisinde ki ilgilenilen değişik özelliklere sahip bölgelerin birbirinden ayrıştırılması işlemidir. Bölütleme görüntü işlemenin en zor uygulamasıdır ve bölütleme

tekniklerinin sonuçlarında belli bir hata oranı olabilmektedir. Bölütleme bir resimde ki nesnenin sınırları, şekli veya o nesnenin alanı gibi ham bilgiler üretir. Eğer objelerin şekilleriyle ilgileniyorsak bölütlemenin bize o nesnenin kenarları, köşeleri ve sınırları hakkında bilgi vermesini bekleriz. Fakat resim içerisindeki nesnenin yüzey kaplaması, alanı, renkleri, iskeleti gibi iç özellikleriyle ilgileniliyorsa bölgesel bölütlemenin kullanılması gerekir. Karakter veya genel olarak örnek tanıma gibi oldukça karmaşık problemlerin çözümü için her iki bölütleme metodunda bir arada kullanılması gerekebilmektedir.

Bölütlemeden sonraki basamak, resmin gösterimi ve resmin tanımlanmasıdır. Ham bilgiler resimde ilgilenilen ayrıntı ve bilgilerin ön plana çıkarılması bu aşamada yapılır. En son kısım ise tanıma ve yorumlamadır. Bu aşamada ise resmin içerisindeki nesnelerin veya bölgelerin önceden belirlenen tanımlamalara göre etiketlenmesidir.

Görüntünün alınması ve gösterilmesi dışında görüntü işleme fonksiyonlarının çoğu temel görüntü işleme algoritmalarına göre yazılmış yazılımlardan ibarettir. Bilgisayarların bazı kısıtlamalarını aşmak ve işlem hızının daha da arttırılmasının istendiği durumlarda, görüntü işleme fonksiyonları, donanımla elde edilmeye çalışılabilir[14].

4.1. Ağırlıklandırılmış Matris ile Çarpım

Bir imgenin grafiği elde edilmek isteniyorsa uygulanacak yöntemlerden birisi de Ağırlıklandırılmış Matris ile Çarpım yöntemidir. Bu yöntemin temel çalışma mantığı önişlemleri yapılmış ağırlık merkezi taşınmış ve yeniden boyutlandırılmış bir imgenin aynı boyutta oluşturulmuş bir matris ile çarpılarak kendini meydana getiren her bir pikselin daha net bir şekilde meydana getirilmesidir. Bu sayede hem x hem de y ekseninde daha net grafikler elde edilecektir. Grafikler karşılaştırılarak bir sonuca varılacaktır. İşlem basamakları aşağıdaki gibi olacaktır.

- İmgenin elde edilmesi (kamera, webcam, veritabanı vb.)
- İmgenin boyutunun uygulanacak işlemler için ayarlanması (Yaptığımız çalışmada 512x512 piksel boyutu uygun görülmüştür.)
- İmgenin bölütleme işlemine tabi tutulması (Gri seviye dönüşümü-ikili renk dönüşümü)
- Oluşturulan imgede varsa gürültülerin temizlenmesi (filtreleme işlemleri)
- İmgenin ağırlık merkezinin tespit edilmesi.
- 512x512 boyutunda yeni bir imge oluşturularak ağırlık merkezi belirlenen imgenin ağırlık merkezi yeni imgenin (256,256) noktası olacak şekilde piksel piksel taşınması.

- İmgenin x ve y koordinatlarında grafiğinin oluşturulabilmesi için kullanılacak Ağırlıklandırılmış matris imgesinin oluşturulması.(512x512 boyutunda olmalı)
- Oluşturulan Ağırlıklandırılmış matris imgesi ile imgenin çarpılması.
- x ve y koordinatlarına bağlı olarak grafiklerin oluşturulması ve veritabanına kaydedilmesi.
- Dışarıdan verilen veya veritabanından seçilen imgeye ait grafiğin veritabanına kaydedilmiş grafiklerden çıkarılması. Burada x ve y grafikleri ayrı ayrı çıkarılacak ve elde edilen sonuçlar toplanacak.
- Elde edilen değerlerden 0 (sıfır) 'a en yakın olan değere sahip imgeye benzer olduğu belirtilecektir.

4.2.Açısal Tarama

Bu yöntemde amacımız imgenin tam merkezi baz alınarak 0° den başlayarak açı boyunca tarama yapılacak tarama esnasında piksel piksel ilerleme yapılacak taki piksel değeri 0 iken 1 olana kadar. Eğer piksel değeri 1 olursa o noktanın koordinatları trigonometrik hesaplamalar yapılarak belirlenecek ve oluşturulan bir dizime açı değeri ile birlikte kaydedilecektir. Daha sonra tekrar başlangıç noktasına dönülecek ve açı değeri arttırılarak yeni bir tarama işlemi yapılacaktır.

Hassasiyeti belirlerken dikkatli olunmalıdır. Çünkü fazla büyük artış değeri grafiğin detaylı olmasını engelleyecek, fazla küçük artış değerleri ise zaman kaybına neden olacaktır. Yapılan tarama işlemi açısı 360° olunca ise işlem sona erdirilecektir. Son olarak ise dizinin içerisine açı değerleri ile birlikte kaydedilen noktaların grafikleri oluşturulacaktır. Grafikler karşılaştırılarak bir sonuca varılacaktır. İşlem basamakları aşağıdaki gibi olacaktır.

- İmgenin elde edilmesi (kamera, webcam, veritabanı vb.)
- İmgenin boyutunun uygulanacak işlemler için ayarlanması (Yaptığımız çalışmada 512x512 piksel boyutu uygun görülmüştür.)
- İmgenin bölütleme işlemine tabi tutulması (Gri seviye dönüşümü-ikili renk dönüşümü)
- Oluşturulan imgede varsa gürültülerin temizlenmesi (filtreleme işlemleri)
- İmgenin ağırlık merkezinin tespit edilmesi.

- 512x512 boyutunda yeni bir imge oluşturularak ağırlık merkezi belirlenen imgenin ağırlık merkezi yeni imgenin (256,256) noktası olacak şekilde piksel piksel taşınması.
- Merkezi (256,256) noktası olarak alınacak ve 0° den başlayarak açı boyunca tarama yapılacak tarama esnasında piksel piksel ilerleme yapılacak taki piksel değeri 0 iken 1 olana kadar. Değer 1 olunca tekrar (256,256) noktasına dönülüp açı değeri belirlenen miktarda arttırılarak saat yönünün tersi istikamette yeni tarama işlemi yapılacaktır.
- Açısal tarama işleminde 1 değerine rastlanan noktanın konumu açı değeri ile birlikte bir dizine kaydedilecektir.
- 360° tamamlanınca elde edilen dizinin içerisindeki koordinat değerlerine bağlı olarak grafik oluşturulacak ve veritabanına kaydedilecektir.
- Dışarıdan verilen veya veritabanından seçilen imgeye ait grafiğin veritabanına kaydedilmiş grafiklerden çıkarılması. Burada x ve y grafikleri ayrı ayrı çıkarılacak ve elde edilen sonuçlar toplanacak.
- Elde edilen değerlerden 0 (sıfır) 'a en yakın olan değere sahip imgeye benzer olduğu belirtilecektir.

5.ÖZNİTELİK ÇIKARTIMI VE SINIFLANDIRMA

5.1.Öznitelik Çıkartımı

İşlenmemiş veriden sınıflar arası değişikliği yüksek tutan ve sınıf içi değişikliği azaltan nitelikteki bilgilere ulaşmaktır. Bu çalışmada kullanılan iki öznitelik bulma yönteminden ilki Ağırlıklandırılmış matris ile imgenin çarpılması yöntemi ile x ve y koordinat düzleminde iki grafiğin oluşturulması, ikinci yöntem ise açısıl tarama yöntemi ile oluşturulan tek grafiğin özniteliklerinin bulunmasıdır.

Bu iki yöntem başlangıç aşamalarında aynı işlemlerden geçerken öznitelik çıkarma aşamasında farklılaşmaktadır. Ağırlıklandırılmış Matrisle çarpım yönteminde ayrıca bir imge daha oluşturulurken açısıl taramada ise buna gerek duyulmamaktadır. Ancak açısıl tarama yöntemi programsal olarak daha karmaşık bir yapıya sahiptir[15].

5.1.1. Boyutlandırma

Görüntü işlemede kullanılacak imgelerde karşılaştırma ve sonuca ulaşma işlemi için karşılaştırılacak tüm imgelerin boyutlarının standart olması gerekmektedir. Bunun nedeni uygulama yapılacak yöntemlerin tümünde karşılaştırma yapılacak imge ve sonuçlarında standardı yakalamaktır.

5.1.2.Gri Seviye Dönüşüm

Resmi gri seviyeye indirmek, resmi daha sonra işleyecek algoritmaların işini kolaylaştırmak içindir. Resmi gri seviyeye indirmenin birden fazla yöntemi mevcuttur. En çok kullanılan yöntem kırmızı, yeşil ve mavi değerlerin toplanıp üçe bölünmesi ile elde edilen ortalama değerlerin tekrar, kırmızı, yeşil ve maviye atanıp resme yazılması yöntemi. Bunun dışında sadece kırmızı, sadece yeşil veya sadece mavi değerleri baz alınarak gri seviye dönüşümü yapılabilir. Hangi yöntemin seçileceği, resim üzerinde daha sonra yapılacak işlemin ne olduğuna bağlı olarak değişir.

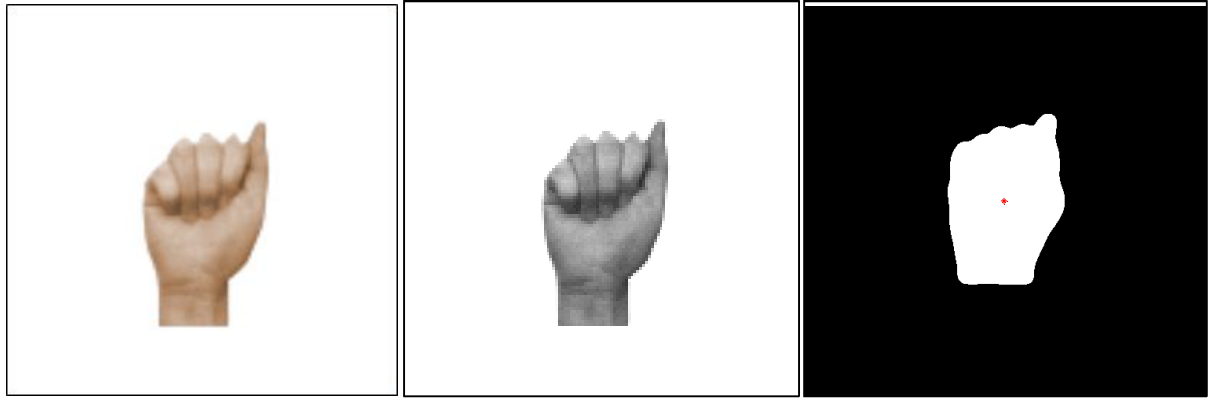
5.1.3. Binary(ikili) Dönüşüm

Binary (ikili) dönüşüm ise resimdeki tüm bilgileri 0 veya 1'e dönüştürmektir. Sonuçta sadece beyaz ve siyahtan oluşan iki renkli bir resim elde edilmiş olur. Bu işlem, resimdeki bilgilerin bilgisayar üzerindeki işlenebilirliğini artırır.

İkili dönüşüm gerçekleştirilirken kendimize bir eşik değeri seçmemiz gerekmektedir. Seçeceğimiz eşik değeri resimdeki ayrıntıların görünürlüğü açısından çok önemlidir. Bu dönüşüm gri seviyeden yapılırsa oldukça kolaydır. Renkli resimden de direkt dönüşüm yapılabilir.

Öncelikle gri seviyeli resimden ikili seviyeye dönüşümde bütün pikseller teker teker taranır ve elde edilen her bir renk değeri, 0-255 aralığında seçilmiş olan eşik değeri ile karşılaştırılır. Eğer büyükse yeni resim üzerinde bu piksel beyaza, küçükse siyaha dönüştürülür (tersi de yapılabilir). Tabi binary resim üzerinde işlem yapacaksak, bu değerleri bir diziye veya matrise de atabiliriz.

Renkli seviyeden ikili seviyeye dönüşüm herhangi bir renk üzerinden yapılabileceği gibi gri seviyeye dönüşüm işleminden sonra da yapılabilir. Yani bir pikselin ana renk değerleri toplanıp üçe bölündükten sonra eşik değeri ile karşılaştırılabilir[16].



(a) (b) (c)
Şekil 5.1. Renk Dönüşümü Yapılmış İmge; a) Orijinal İmge, b) Gri Seviye İmge, c) İkili İmge.

5.1.4. Gürültü Temizleme (Filtreleme)

Filtreler görüntü içerisinde aynı parlaklıklara sahip nesne parçacıklarının belirlenmesi, sınıflandırma ve tanılama amacı için kullanılabilir. Unutulmamalıdır ki, tüm görüntülere uygulanabilecek genel bir filtreleme yöntemi yoktur ve hiçbir filtreleme yöntemi mükemmel değildir. Başka bir deyişle, görüntü iyileştirme ve onarma problemlerinde olduğu gibi görüntü filtreleme için tasarlanan yöntemler ve bu yöntemlerin başarımları, görüntüden görüntüye ve uygulamaya dayalı olarak değişiklik arz eder.

Genel olarak gri-ton görüntüler için filtreleme algoritmaları, gri seviye değerlerinin iki temel özelliğinden birine dayalı olarak tasarlanırlar. Bu özellikler, görüntü içerisindeki gri seviye değerlerindeki süreksizlik ve benzerlik ile ilgilidir.

Piksellerin gri seviye değerlerindeki benzerlik veya farklılıklara dayalı olarak bir görüntünün filtrelenmesi kavramı hem durağan hem de dinamik (zamanla değişen) görüntülere uygulanabilir.

5.1.5. Ağırlık Merkezinin Hesaplanması ve Taşınması

Görüntü işlemede kullanılacak imgelerin üzerinde yapılacak bir diğer çalışma ise ağırlık merkezi hesabı ve taşınması işlemidir. Yaptığımız çalışmalarda grafiklerin bir standarda sahip olması için imgelerin ağırlık merkezlerinin tam orta noktada olması gerekir. Bunun nedeni başlangıç ve bitiş noktaları daima imge merkezinde olmasıdır. Hangi yöntemi uygularsak uygulayalım başlangıç noktamız daima imgenin merkezi olacaktır.

Bir imgenin ağırlık merkezinin aynı imgenin merkezine taşınması işlemi için öncelikli olarak imgenin boyutu ile aynı boyutlarda boş ve yeni bir imge oluşturulmalıdır. Daha sonra ise kullanılacak imgenin ağırlık merkezi formüller kullanılarak bulunmalıdır. Elde edilen bu nokta oluşturulan yeni ve boş imgenin merkezinden başlanarak piksel piksel taşınmalıdır.

Böylece eski imgenin ağırlık merkezi hangi noktada olursa olsun oluşturulan yeni imgede tam merkezde olacaktır. Örneğin 512x512 boyutunda bir imgenin ağırlık merkezi (127,221) noktasında olsun. Yaptığımız işlemler ile önce 512x512 boyutunda yeni bir imge oluşturacağız akabinde ise (127,221) noktasındaki pikselden başlayarak tüm imgeyi yeni imgenin (256,256) noktasından başlanacak şekilde taşıyacağız[17].

5.1.6. Grafiklerin Elde Edilmesi

İmge tanımda karşılaştırma işlemi yapılacaksa öncelikli olarak karşılaştırmanın neye göre yapılacağı belirlenmelidir. Genel olarak yapılan karşılaştırma işlemlerinde imgelere ait grafiklerin veritabanları oluşturularak grafiklerin karşılaştırılması yöntemine başvurulmaktadır. Grafikler elde edilirken öncelikli olarak hangi grafik elde etme yöntemini kullanacağız bunu belirlemeliyiz.

Çünkü grafik oluşturma yöntemlerinin her birinin bir diğerine göre farklı avantaj ve dezavantajları mevcuttur. Bunlara örnek Ağırlıklandırılmış matris ile çarpılan imgenin x ve y koordinatlarına göre grafiğinin oluşturulması ve açısal tarama yöntemi verilebilir.

5.1.7. Hata Tespiti

Görüntü işlemede bir karara varılabilmesi için imgeler arasındaki farklılığın tespit edilmesi gerekir. Bu tespit işlemi için en geçerli yöntem hata tespiti yaparak hata oranı 0'a en yakın olan imge hangisi ise onu seçmektir. Yani hatası en az olan imge seçilmelidir. Hata ise imge grafiklerinin birbirinden çıkarılması sonucu elde edilen değerdir. Yalnız burada dikkat edilecek en önemli husus bazı çıkarma işlemleri neticesinde negatif sonuçlar elde etme olasılığıdır. Buda yaptığımız çalışmayı başarısızlığa taşıyabilmektedir. Bunun önüne geçmek için elde edilen hata değerlerinin mutlak sonuçları ele alınmalıdır. Karar tüm hataların mutlak değerleri mukayese edilerek en küçük değere sahip olan şekilde verilmelidir.

5.2. Sınıflandırma

Bir veri grubu içinde belirli bir sınıf oluşturan objelerin benzerliğinden yola çıkarak ve özelliklerine göre seçilerek gruplandırılması olarak tanımlanabilir. Otomatik sınıflandırma verilen bir obje kümesi içinde benzer objelerin homojen sınıfları oluşturmaları veya verilen objenin özelliğinden yola çıkarak birçok veya daha öncede tanımlanmış sınıfların oluşturulmasının matematik ve istatistik yöntemlerle gerçekleştirilmesidir.

Sınıflandırma; birçok bilim dalında kullanılan bir karar verme işlemidir. Görüntü sınıflandırma işleminde amaç, bir görüntüdeki bütün pikselleri görüntüde karşılık geldikleri sınıflar veya temalar içine otomatik olarak atamak, yerleştirmektir. Diğer bir anlamda görüntüdeki objelerin bölütlenmesidir. Sınıflandırma ile görüntüdeki objeler, belirlenen (ya da denetimsiz sınıflandırmada olduğu gibi sınıflandırıcı tarafından belirlenen) sınıflara ayrılarak tanımlanırlar. Burada önemli olan çalışılan görüntünün çözünürlüğüne, gerçekleştirilen sınıflandırma işleminin doğruluğuna bağlı olarak sonuç ürünün kullanım ölçeğinin belirlenmesidir.

6. EL DURUŞUNUN BELİRLENMESİ

İşaret dilinde kullanılan el işaretlerinin tanıma sistemleri birçok alanda kullanılabiliyor. Bunun için kullanılan yöntemler HCI uygulamaları olarak adlandırılır. Özürlülerin anlaşmalarında kullanılan bu yöntemlerin özel derslerde ve medikal görüntü sistemlerinde de uygulamaları mevcuttur.

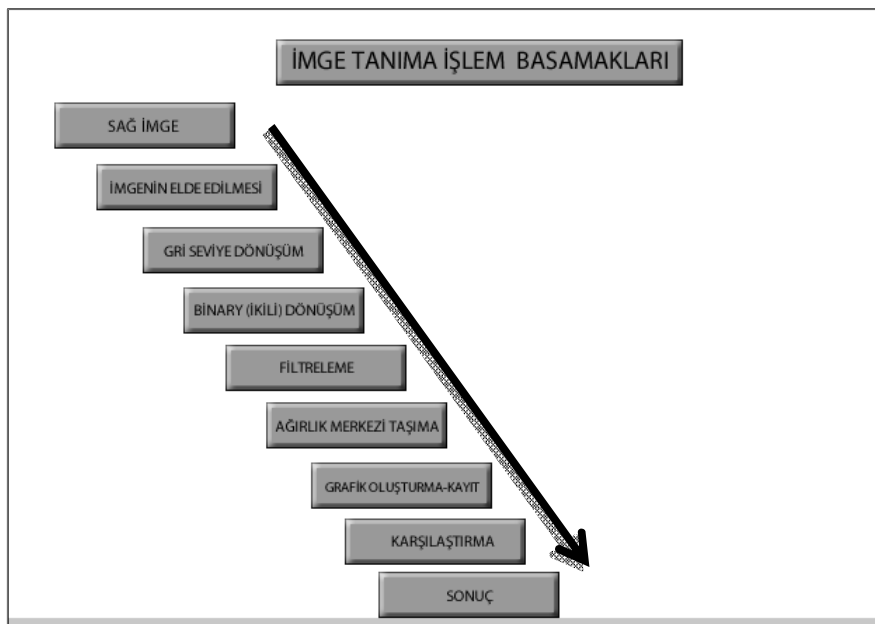
Bir el şeklinin tam tanınması kısıtlıdır, bu yüzden şu sorular üzerinde durulmuştur.

- 1) Birinci sorun ayrıntılı değil de kabaca tespitin yapılabilmesi
- 2) Ayrıntı için bir planlama gerekmesi.
- 3) Öz niteliklerin çıkarılabilmesi
- 4) Veri tabanının oluşturulması
- 5) Veri tabanındaki verilerle karşılaştırma yapılabilmesi için yöntemin belirlenmesi
- 6) Sonucun aktarılması.

İlerideki konularda bize yardımcı olması için sadece 10 şekil dikkate alınmıştır. Kullanılan bu 10 işaret, işaretlerle konuşmanın standartlaşmış işaretlidir.

Bu işaret şekilleri dikkate alınarak, hazırladığımız program vasıtası ile görüntüler elde ediyoruz[18].

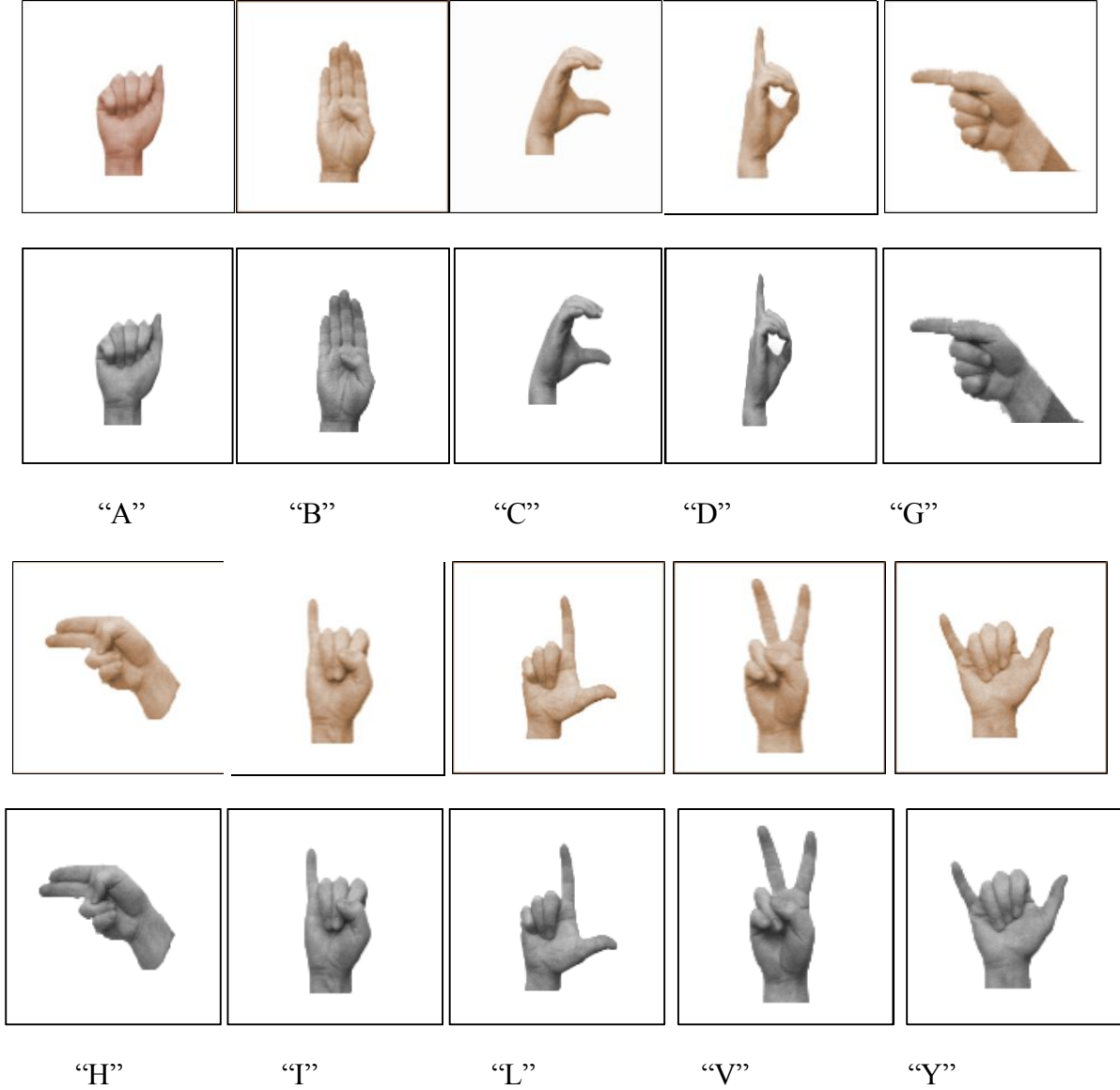
Sistemin işleyişi Şekil.6.1. de gösterilmektedir.



Şekil 6.1. El Tanıma Sisteminin İşleyiş Basamakları

6.1.Görüntü İşleme (Bölütleme)

Bölütleme birimi, el ve parmakların dış hatlarını arka plandan çıkarır. İlk olarak giriş için renkli bir imge alınır. Sonra da sistem bir program vasıtası ile renkli görüntüyü gri seviyeye çevirir.

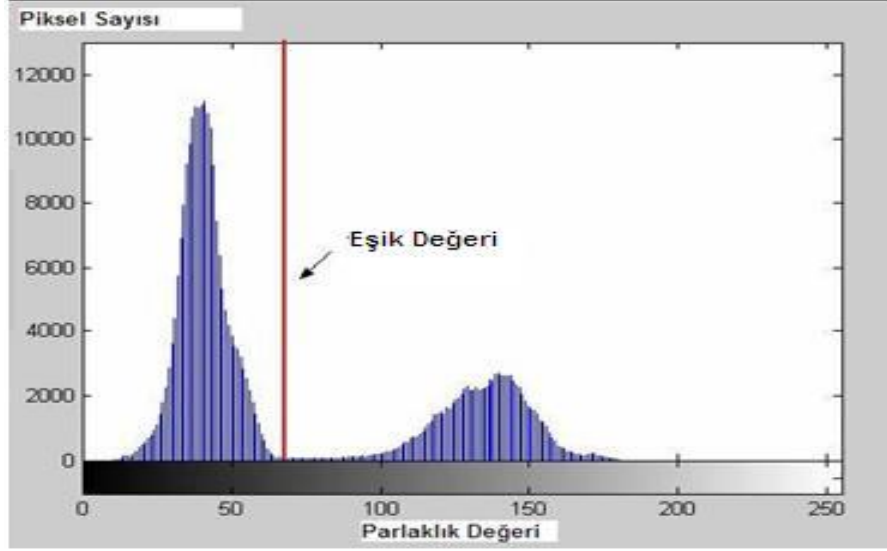


Şekil 6.2. Gerçek El Şekil Görüntülerinin Gri Seviye Dönüşümleri.

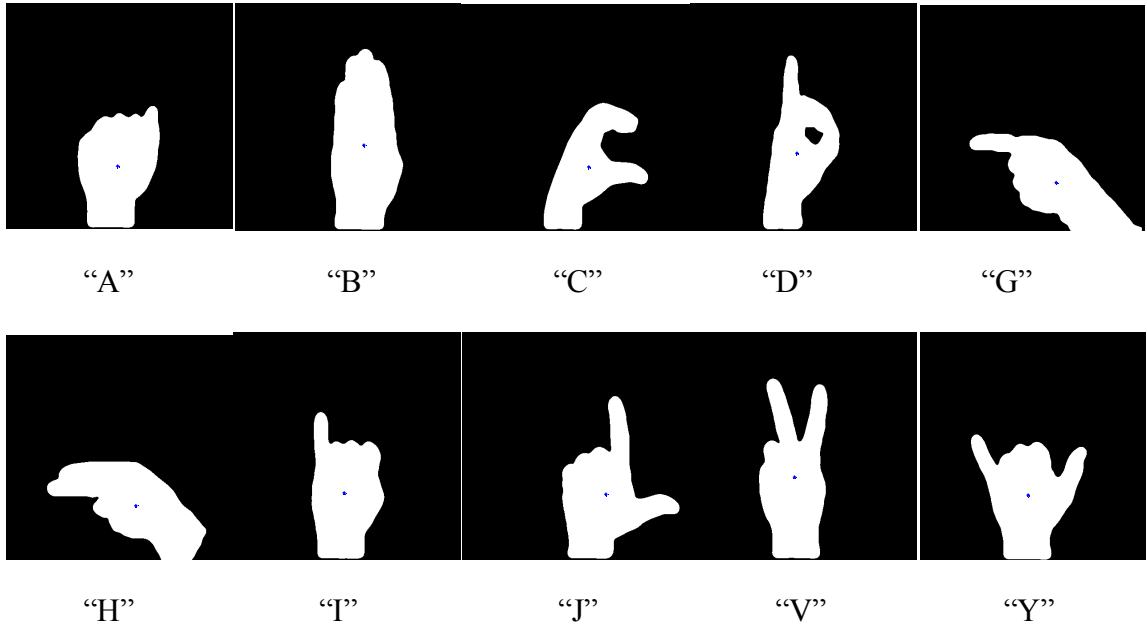
Gri seviye imgesi eşikleme ile ikili sisteme dönüştürülür. Eşikleme gri seviyedeki bir imgeyi ikili sisteme çevirir. Belirlenen özel bir eşik değeriyle, eşik değerin altında veya yukarısındaki pikseller iki seviyede tanımlanır. Eşik değerinden büyük değerler 1 (siyah), küçük değerler ise 0 (beyaz) olarak ikili imgeye çıkış olarak verilir.

Yaptığımız çalışmada gri seviye resimlerin eşleştirmelerinde gri tonlarının bizlere dezavantaj sağlaması nedeni ile bir işleme daha tabi tutuldu. Şekil 6.3. 'de grafiksel gösterimi

yapılmıştır. Bu işlem sonucunda, elde ettiğimiz gri seviye resimlerin siyah-beyaz resimler haline getirilerek geçiş tonlarının ortadan kaldırılması ve bu sayede daha net grafikler elde etmek amaçlanmıştır[19].



Şekil 6.3. Histogram ve Eşik Değeri



Şekil 6.4. Gri Seviye Resimlerin Siyah-Beyaz Resimler Haline Dönüştürülmesi.

Şekil 6.4. 'de verilen 10 imgeye ait ikili dönüşümü yapılmış imgeler yer almaktadır. Bölütleme işlemi bitmiştir. Bundan sonraki işlemlerde öznelilik çıkarma ve sınıflandırma yer almaktadır.

6.2.Öznitelik Çıkarımı ve Sınıflandırma

6.2.1. El Geometrisinin Yeniden Boyutlandırılıp Ağırlık Merkezinin Taşınması

Burada tanıma işlemi yapabilmek için çok büyük boyutlardaki görüntülerin piksel olarak küçültülmesi gerekir ya da küçük boyutlu bir imgenin boyutunun büyütülmesi işlemi gerçekleştirilmelidir.

Bunun için de koordinat uzayında sınıflandırma yaparak imge sıkıştırılmalıdır. Bunu 2 ana kategoriye ayırabiliriz [20].

- Bölge tanımlayıcılar; bu ikili tarifte şeklin maskesi oluşturulur, burada maske oluşturulurken ızgaralar meydana gelir.
- Kenar tanımlayıcılar; Burada Furier dönüşümünden faydalanılarak şeklin eğrilik ölçüleri(CSS) belirlenir.

Yapılan işlemlerde bölge tanımlayıcıların kenarlara karşı duyarlılığının az olması nedeniyle görüntüde gürültü fazla olur. Bu nedenle Kenar tanımlayıcılar insan şeklini belirlemede daha etkili olur.

İyi bir tanımlama yapabilmek için elde edilen değerlerin grafik şekillerinin daha çeşitli olması ve daha kompakt olması (hassas biçimlendirilmiş) gerekmektedir.

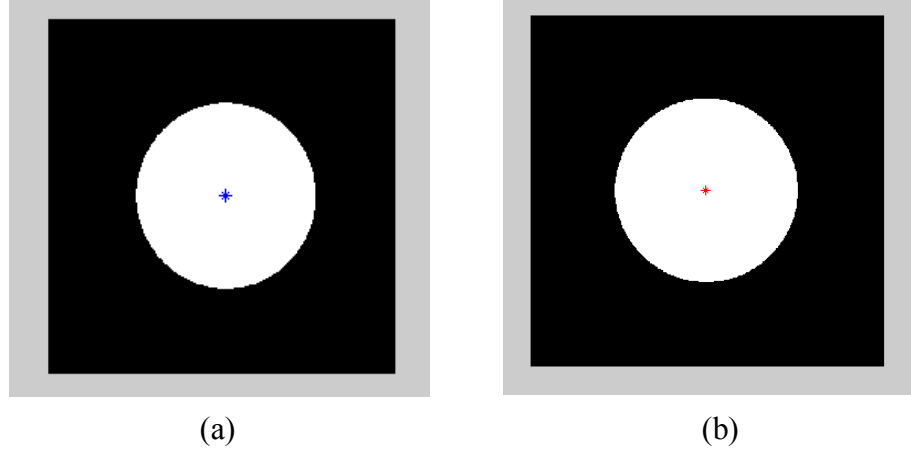
Burada şeklin hesaplanması klasik yöntemle göre yapılacaksa $p+q$ momenti hesaplanarak, ağırlık merkezinin hesaplanması yapılmalıdır. Sonrasında ise imgenin ağırlık merkezinin, oluşturulacak yeni bir imgeye taşınması gerekir.

Uygulamamız esnasında kullanacağımız imgelerin boyutu ne olursa olsun imgelerimizin boyutunu 512x512 boyutuna getirdik, ağırlık merkezlerini hesapladık ve sonrasında oluşturduğumuz 512x512 boyutundaki yeni bir boş imgenin ağırlık merkezi olan (256,256) noktası baz alınarak taşınması işlemini gerçekleştirdik. Amacımız tüm imgelerin aynı boyutta ve aynı noktada ağırlık merkezlerini elde etmektir. Bunun nedeni sonraki işlemlerde elde edeceğimiz grafiklerin tümünün daha sağlıklı sonuçlar vermesidir.

İlk işlem olarak imgelerin boyutlarının 512x 512 olarak ayarlanması işlemidir. Sonrasında ise ağırlık merkezlerini bulma işlemi gelmektedir. Bunun için aşağıdaki formülü kullanacağız.

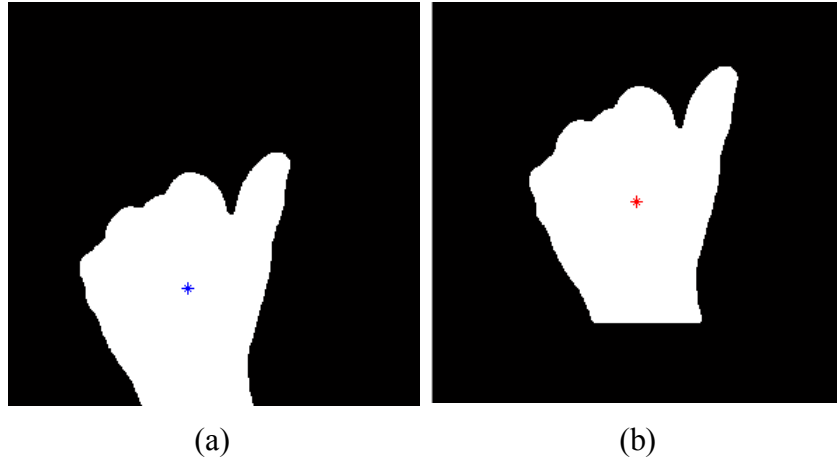
$$m_{pq} = \iint_{x,y} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q \delta(x, y) dx dy \quad (6.1)$$

Örnek olarak önce geometrik şekillerde deneme yapıldı ve olumlu sonuçlar elde edildi. Sonrasında ise el şeklindeki imgelerde çalışmaya devam edildi.



Şekil.6.5. Geometrik Şekillerin Yeniden Boyutlandırılıp Ağırlık Merkezinin Taşınması.

a) İlk hali, b) Yeniden boyutlandırılıp taşınması sonucu elde edilen görüntü.



Şekil.6.6. El İmgesinin Yeniden Boyutlandırılıp Ağırlık Merkezinin Taşınması

a) İlk hali b) Yeniden boyutlandırılıp taşınması sonucu elde edilen görüntü.

Hesaplamalar yapılırken koordinat düzleminde x ve y (değilleri) ve ağırlık merkez δ $(x,y)=1$ şeklinde hesaplayarak normalleştirilmelidir.

$$n_{pq} = \frac{m_{pq}}{m_{00}^{\frac{p+q}{2}+1}} \quad (6.2)$$

Burada değişmezlikleri elde etmek için sadece sağ elin şekli kullanılır. Ancak bazen ayna görüntüleri ile gerçek görüntüler benzerlik gösterebilir.

Bu nedenle hesaplamalar yapılırken daha fazla işleve sahip formülasyonlar uygulanmalıdır.

6.2.2. İmgelerin Grafiklerinin Elde Edilmesi

İmgelerin boyutları ayarlanıp ağırlık merkezlerinin yeni oluşturulan imgenin merkezine taşınması işleminden sonra bize imgelerin tanınmasında yardımcı olacak grafiklerin meydana getirilmesi gerekmektedir. Yaptığımız çalışmada grafiklerin elde edilmesinde iki yöntem uyguladık. Bunlar;

- a) İmgenin boyutlarında oluşturulan bir matrisle çarpılması ve elde edilen yeni görüntünün x ve y koordinatlarına bağlı olarak grafiklerinin oluşturulmasıdır.
- b) İmge üzerinde açısız tarama işlemi yapılarak her bir $0 \rightarrow 1$ noktasının geçiş sınırının grafiğinin elde edilmesidir.

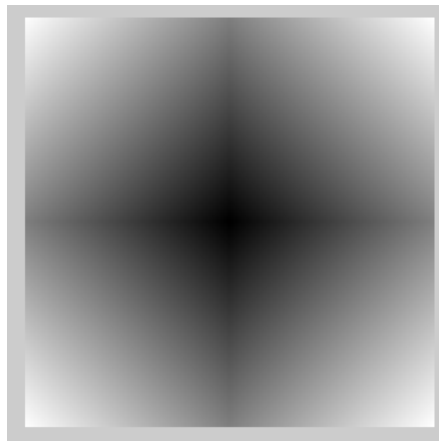
6.2.2.1. İmgenin Bir Matris ile Çarpılarak Grafiğinin Elde Edilmesi

Bir imgenin grafiği elde edilirken uygulanacak yöntemlerden ilki imge ile aynı boyutta oluşturulan bir matrisin imge ile çarpılması ve grafiğinin hem x hem de y koordinatlarına bağlı olarak elde edilmesidir.

Oluşturduğumuz matrisin merkezinin 1, kenarlarının ise 0 değerinde olması gerekir. Aradaki noktaların değerleri ise 0-1 olur. Bunun nedeni üzerinde çalışma yapacağımız tüm imgelerin bu matrisle çarpılacak olması ve elde edeceğimiz değerlerin daha sağlıklı sonuçlar verecektir. Elde edilecek x ve y değerleri daha sonra toplanacak ve grafik elde edilir.

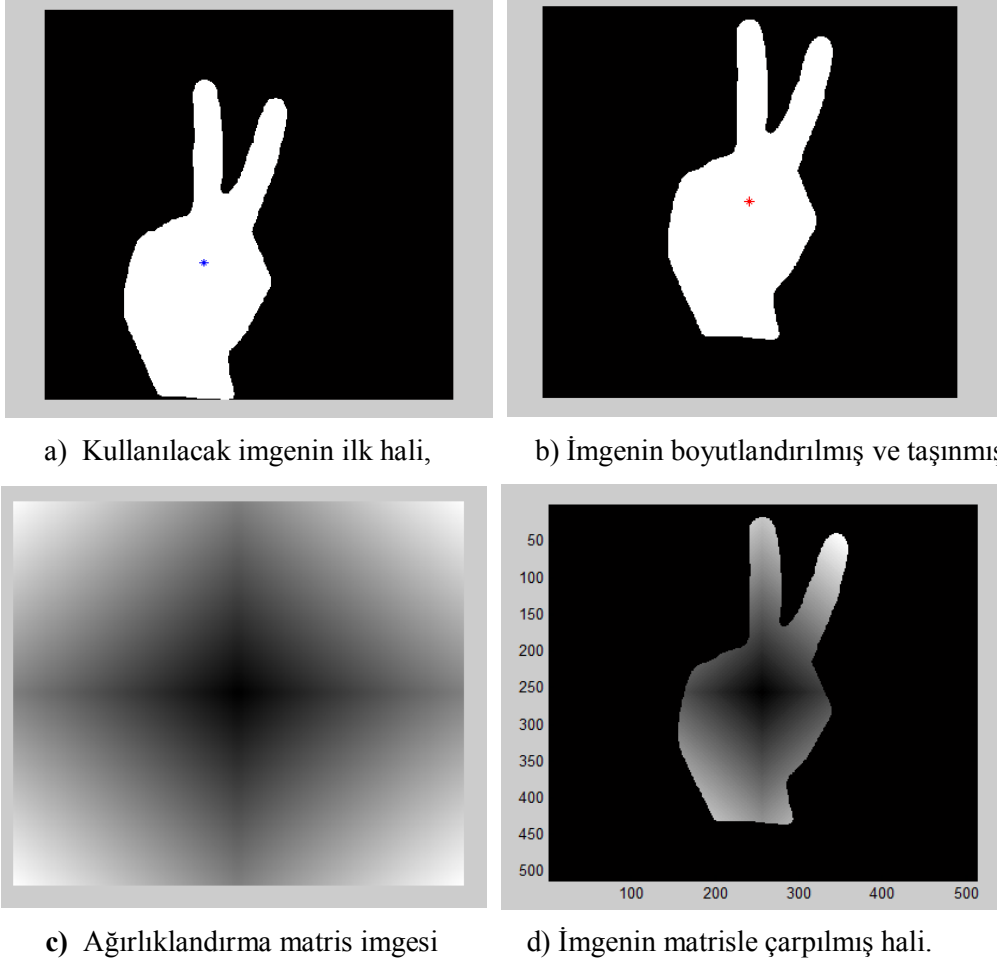
Çalışmamızda kullandığımız matriste i ve j değerleri 512 olana kadar (çünkü imgemiz 512x512 boyutunda) aşağıdaki fonksiyon uygulanır ve bir matris meydana getirilir. Oluşan matris şekil 6.7. deki gibi olur.

$$imge(i,j) = (abs(2.0*i/512-1.0) + abs(2.0*j/512-1.0))/2.0 \quad (6.3)$$



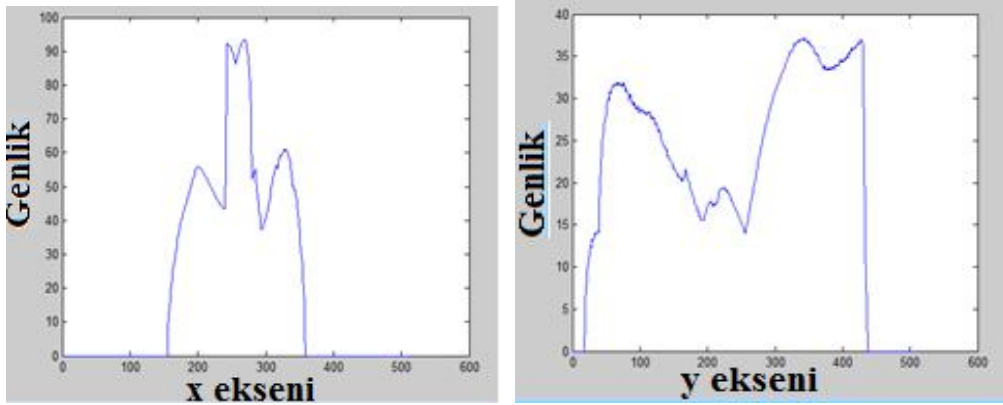
Şekil 6.7. Matris Fonksiyonu.

Elde edilen bu matris boyutu ayarlanmış ve ağırlık merkezi taşınmış imge ile çarpılacak ve bu çarpım sonucu elde edilen x ve y değerleri toplamının ayrı ayrı grafikleri elde edilir.



Şekil 6.8. İmge ve Oluşturulan Matris ile Çarpımı.

Bu çarpım işleminin ardından oluşan x ve y noktalarının grafikleri elde edilecektir.



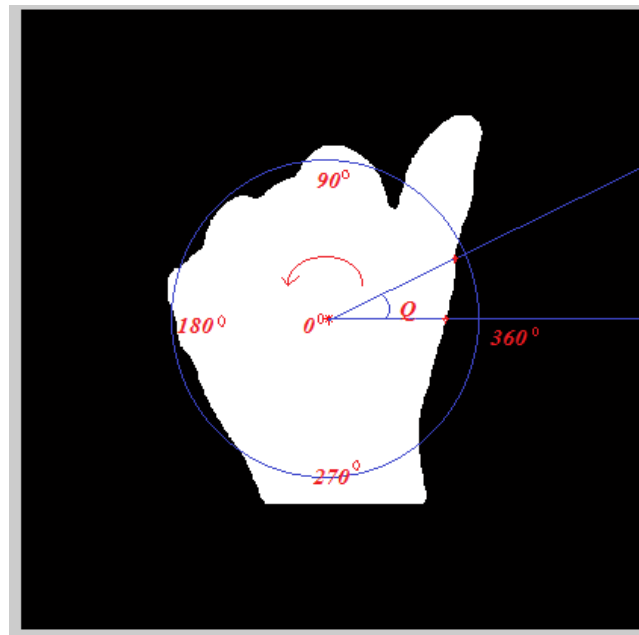
Şekil 6.9. Matris ile çarpılan imgenin x ve y koordinatlarına göre grafikleri

Elde ettiğimiz bu grafiklerin, her bir imge için veri tabanları oluşturulacak ve gerektiği durumlarda istenen bir imge ile karşılaştırmaları yapılır. Burada karşılaştırmalar yapılırken verilen imgenin grafiği ile veri tabanındaki tüm grafikler birbirinden sırası ile çıkarılır ve elde edilen sonuçlardan hatası en az olanı seçilerek imgeye en fazla benzeyen sonuç olduğu belirtilir.

6.2.2.2. İmgenin Açısal Tarama Yapılarak Grafiğinin Elde Edilmesi

Yaptığımız çalışmada kullandığımız ikinci yöntem açısal tarama yöntemi oldu. Bu yöntemde imgeden elde edilen iki renkli (siyah-beyaz) görüntünün yine ağırlık merkezi bulunuyor, imge yine 512x512 boyutunda yeni bir imgeye ağırlık merkezi (256,256) noktası olacak şekilde taşınıyor ve ardından belirlenen bir derece değeri yardımı ile saat yönünün tersine olacak şekilde taranıyor. Tarama işlemi yapılırken her bir noktaya tek tek bakılarak 1 olma durumu araştırılıyor.

Eğer tarama esnasında taranan noktada 1'e rastlanırsa bu noktanın konum bilgisi hesaplanıyor ve bir dizine aktarılıyor sonrasında açı değeri arttırılarak tekrardan tarama işlemi yapılıyor. Tarama işleminin başlangıç noktası (256,256) noktasıdır. Taranan ve 1'e rastlanan her noktanın değeri ve açı bilgisi alınarak bir grafik meydana getiriliyor. Şekil 6.10.'da açısal tarama görülmektedir. Elde ettiğimiz bu grafikle karşılaştırma işlemi rahatlıkla gerçekleştirilebilir.



Şekil 6.10. Açısal Tarama Yöntemi

Açısal tarama 360° yapılacağı için 0° başlanır ve saat yönünün tersine yönde ilerlenir. Radyan olarak açısal artım denklemi (6.4) 'te verilmiştir.

$$d = \frac{2 * \pi}{360 + 0.000000001} \quad (6.4)$$

Yukarıda elde ettiğimiz d değeri artışı yapılacak açımızın artış miktarı olarak kullanılır.

Sürekli olarak arttırılan açımız boyunca tarama yapıldı ve karşılaşılan ilk 1 değerinde açı tekrar hesaplandı. Sonuçta x ve y değerleri elde edildi. Bunun için;

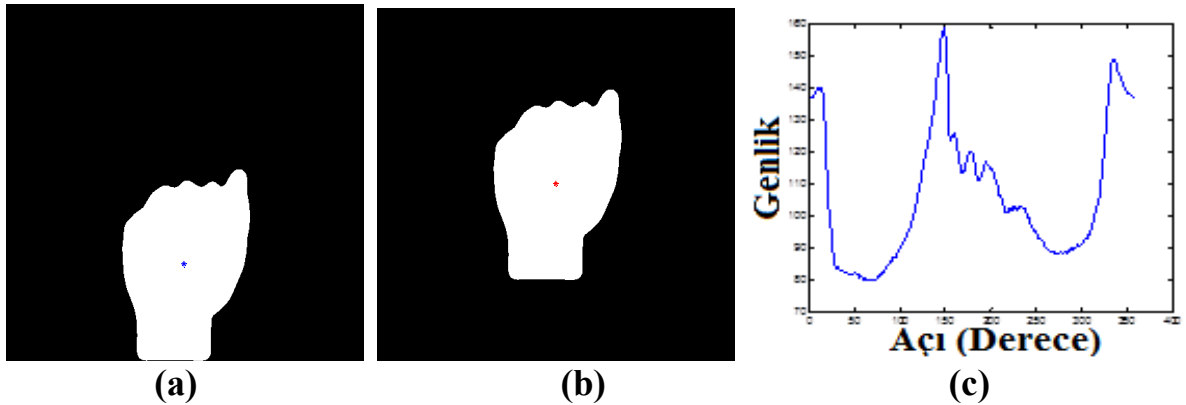
$$\begin{aligned} dx &= (r * \cos(Q)) \\ dy &= (r * \sin(Q)) \end{aligned} \quad (6.5)$$

Q açımız r ise açı boyunca takip edilen noktanın mesafe değeridir.

$$L = \sqrt{(x - Ax)^2 + (y - Ay)^2} \quad (6.6)$$

L değeri x ve y 'ye göre elde edilen noktanın değeridir. Grafikler bu değerlere göre elde edilir.

Ax ve Ay değerleri imgenin merkez noktasını ifade etmektedir. Yani $Ax=256$ ve $Ay=256$ değerine sahiptir. Çünkü imge 512x512 boyutuna dönüştürülmüştür.



Şekil 6.11. Açısal Tarama Sonucunda Grafiğin Elde Edilmesi

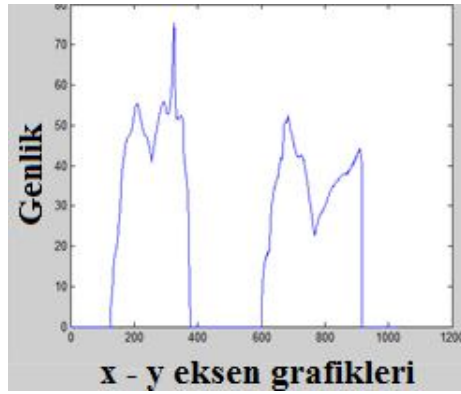
a)Kullanılacak imgenin ilk hali b) İmgenin boyutlandırılmış ve taşınmış hali c)Elde edilen grafik.

6.2.3. Hata Tespiti

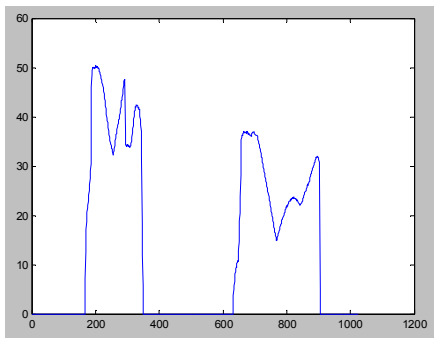
Yaptığımız çalışmanın sonuca ulaşması için elde edilen grafiklerin veritabanının oluşturulması ve dışarıdan verilen bir işarete ait grafikle veritabanındaki tüm grafiklerin teker teker karşılaştırılması, neticede en benzer grafiğin tespit edilmesi gerekir. Bunun için seçtiğimiz yöntem dışarıdan verilen işaretin grafiğinden veritabanındaki diğer grafiklerin teker teker çıkarılması ve sonucu 0 (sıfır)'a en yakın çıkarımın belirlenmesi oldu. Bunun için, uygulamasını yaptığımız iki grafik elde etme metodunda ayrı ayrı işlemler uyguladık. Yalnız burada dikkat edilecek en önemli nokta bazı hata hesaplamalarının sonucunun negatif çıkmasıdır. Bu ihtimal hatalı sonuçlara neden olacağından elde edilen hata sonuçlarının mutlak değerleri hesaba katılmalıdır.

6.2.3.1 Ağırlıklandırılmış Matris ile Çarpım Sonucu Elde Edilen Grafiğin Hatası

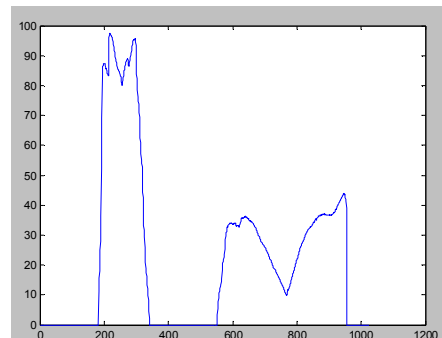
Hata tespitinde bulunmak için imgenin önce grafiği elde edildi. Sonrasında veri tabanındaki grafiklerin değerleri dışarıdan verilen imgenin grafik değerinden çıkarıldı. Sonuçta 0 (sıfır)'a en yakın değere yani minimum değere sahip olan grafiğe (imgeye) benzer olduğu sonucuna varılır.



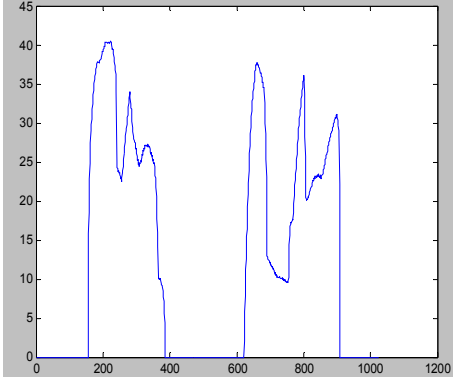
- Ağırlıklandırılmış Matris Uygulaması İçin Dışarıdan Verilen Örnek İmgenin Grafiği



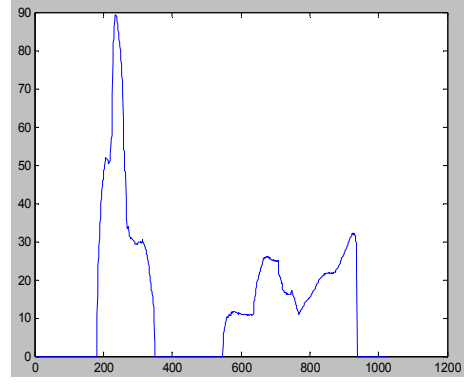
1- “A” harfi grafiği



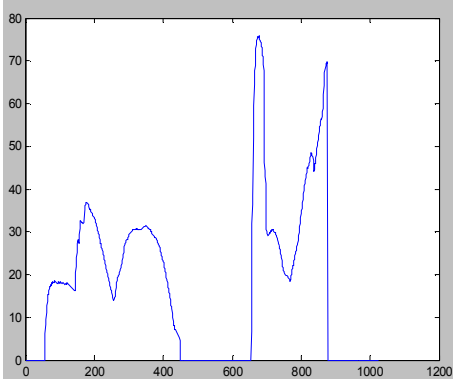
2- “B” harfi grafiği



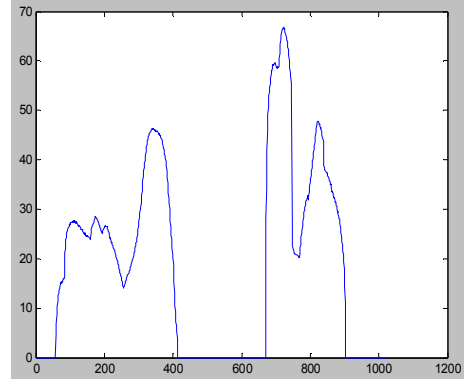
3- “C” harfi grafiği



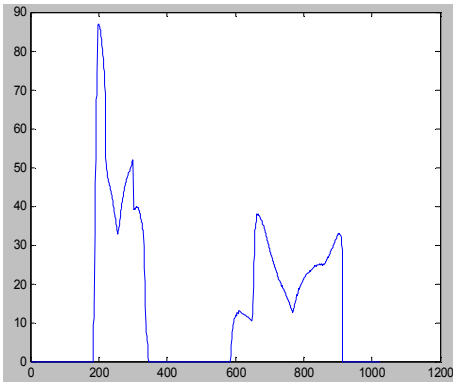
4- “D” harfi grafiği



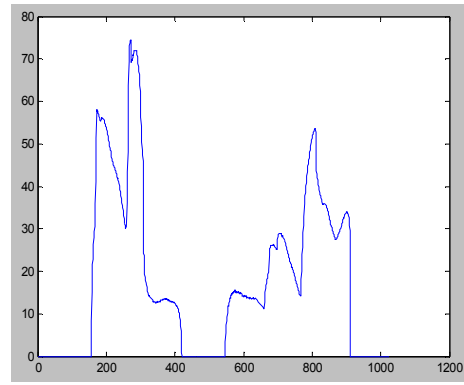
5- “G” harfi grafiği



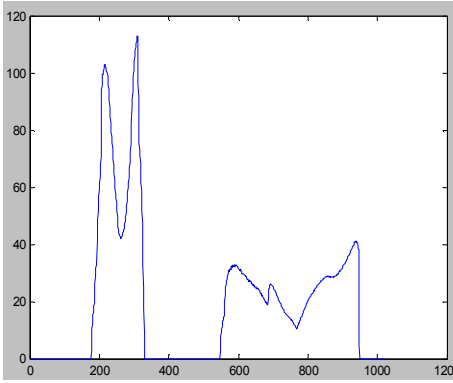
6- “H” harfi grafiği



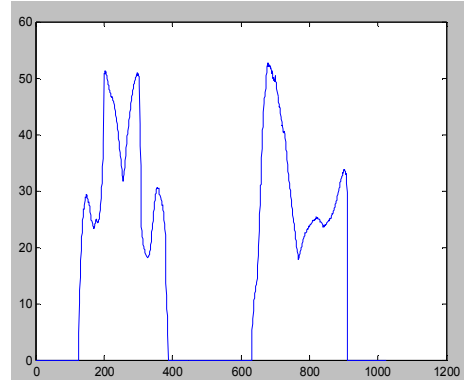
7- “I” harfi grafiği



8- “L” harfi grafiği



9- “V” harfi grafiği



10- “Y” harfi grafiği

Şekil 6.12. Ağırlıklandırılmış Matris Uygulaması Grafiklerinin Karşılaştırılmasında Kullanılacak Örnek 10 Adet İmgenin Grafikleri

Hata tespitinde karşılaşılabilecek en büyük sorun negatif değerlerin elde edilmesidir. Çünkü amacımız 0 (sıfır)'a en yakın minimum değeri bulmak olduğundan hata tespiti yapılırken değerlerin mutlak değerini almak gerekir. Bunun içinde elde edilen değerlerin önce karesi alınıp tekrar karekök bulma işlemi uygulanmalıdır.

$$E_x = \sqrt{(x(i)_1 - x(i)_2)^2}$$

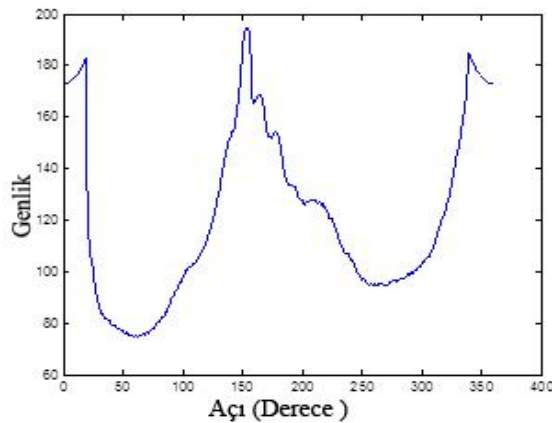
$$E_y = \sqrt{(y(i)_1 - y(i)_2)^2} \quad (6.7)$$

Yukarıdaki formüllerin ilkinde grafiklerin x 'e bağlı hatası ikincisinde ise y 'ye göre hatası bulunur. En son işlem olarak E_x ve E_y hataları toplanarak toplam hata bulunur. Elde edilen bu toplam hataların en küçüğü bize verilen imgeye en yakın olan imgeyi verecektir.

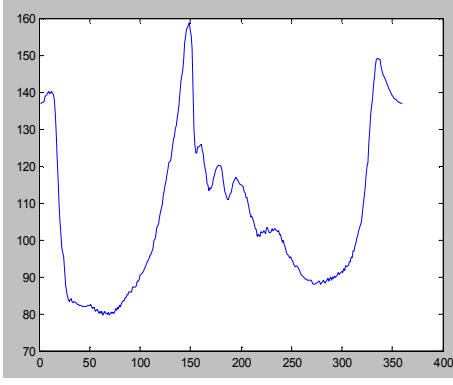
$$E_T = E_x + E_y \quad (6.8)$$

6.2.3.2. Açısal Tarama ile Elde Edilen Grafiğin Hatası

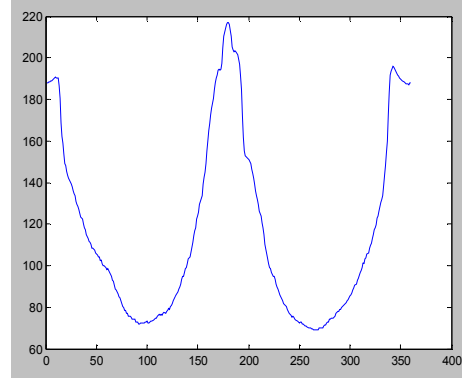
Bu yöntemle elde ettiğimiz grafik tek olduğundan karşılaştırma işlemi yapılırken sadece bir defa fark alma işlemi olacaktır. Yine burada da minimum değer bize en yakın sonucu verecektir. Yani 0 (sıfır)'a en yakın değeri arayacağız. Açısal tarama metodu uygulanırken elde edilen sonuçlar ve bu sonucun oluşmasını sağlayan açı değerleri bir dizin içerisinde tutulmalıdır. Yapılan bu uygulamada elde ettiğimiz açı değerleri ve grafik değerlerini L adı altında bir dizinde tutuldu.



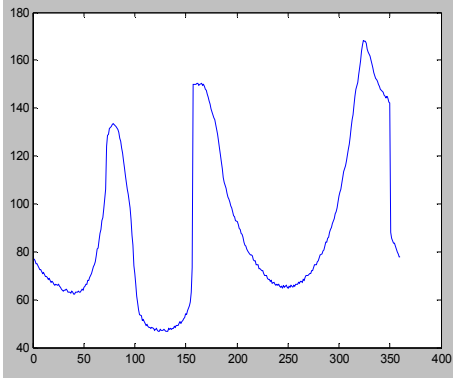
- Dışarıdan Verilen Örnek İmgenin Açısal Grafiği



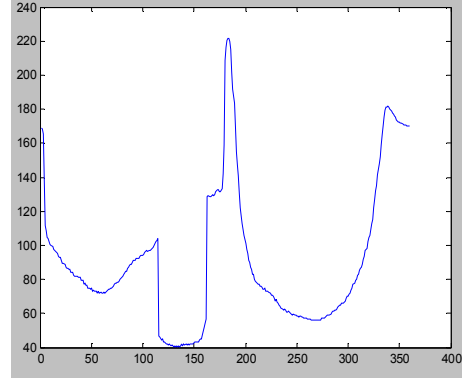
1-“A” harfi grafikleri



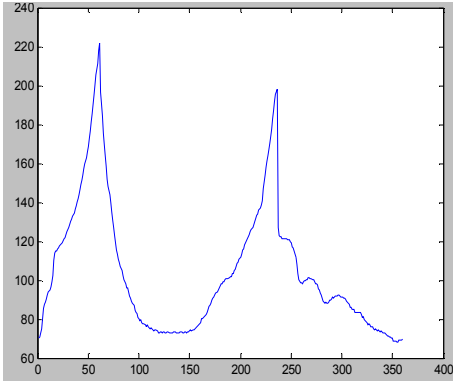
2-“B” harfi grafikleri



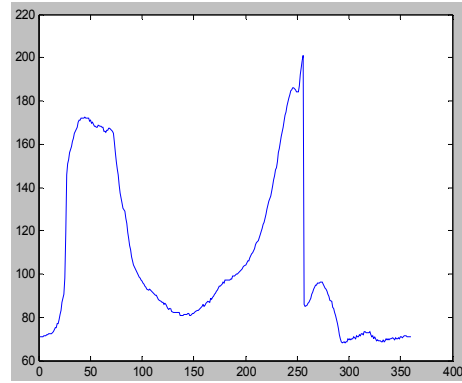
3-“C” harfi grafikleri



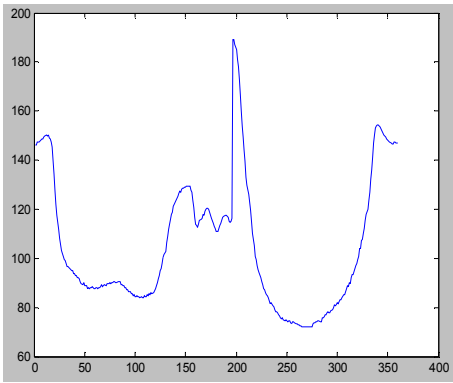
4-“D” harfi grafikleri



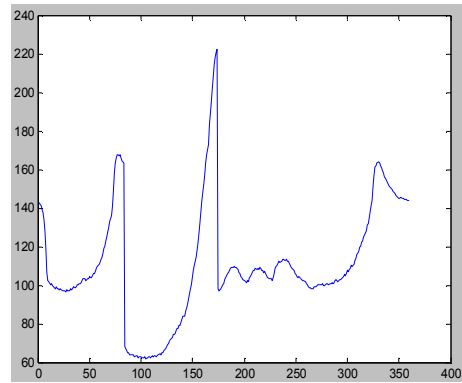
5-“G” harfi grafikleri



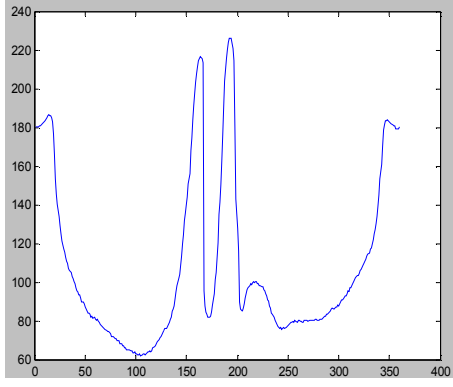
6-“H” harfi grafikleri



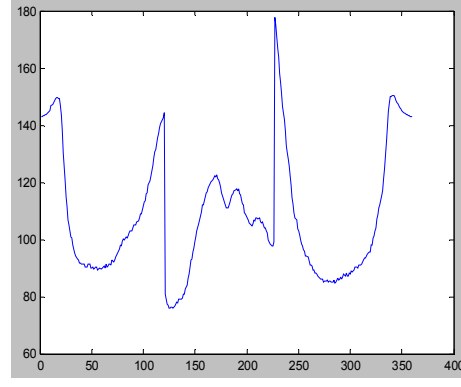
7-“I” harfi grafikleri



8-“L” harfi grafikleri



9-“V” harfi grafikleri



10-“Y” harfi grafikleri

Şekil 6.13. Açısal Uygulamalarda Kullanılacak 10 Adet İmgenin Grafiklerin Karşılaştırılması

Yine diğer yöntemde olduğu gibi açısal tarama yönteminde de elde edilen sonuçların negatif çıkma olasılığına karşı hata değerlerinin önce karesi alınacak ve sonrasında kök alma işlemi uygulanacaktır.

$$E = \sqrt[2]{(L_1 - L_2)^2} \quad (6.9)$$

6.3. Tanıma

Sistem, çıkarılan özellikleri kaydeder, tanıma işlemi için veri tabanı ile özellik vektörü eşleştirilir. Bir işaretin tanınması iki temel tipte sınıflandırılabilir: doğrulama ve teşhis[20].

Doğrulama sistemi, işlem sonuçlarını doğrular ya da reddeder. Doğrulama sisteminde, karşılaştırma önceden sistemde kayıtlı olan değerler içindir. Sistem, veri tabanında kayıtlı olan işaretler ile giriş işaretini özellik vektörüyle (elde edilen veri) eşleştirerek onaylar veya reddeder. Böylece, doğrulama sistemi bire bir eşleştirme işlemi yapar[20].

Bu çalışmalarla üzerinde çalışılan el şekilleri grafiklerinin veri tabanı oluşturulmuştur. İşaret dillerinde sembol olarak kullanılan 10 şeklin iki yöntem ile grafiksel halleri alınarak veri tabanına numaralandırılarak atılmalıdır.

Burada yapılacak işlem karşılıklı olarak değerlerin karşılaştırılması ve sonuca varılmasıdır. Değer dağılımları sabit değildir. Bunun nedeni her şeklin farklı duruş biçimlerinden kaynaklanmaktadır.

Doğruluğun tespitinde aşağıdaki formül uygulanır[20].

$$\text{Doğruluk} = 100 \cdot \frac{\text{İyi Sınıflandırılmış Öğelerin Sayısı}}{\text{Toplam Öge Sayısı}} \quad (6.10)$$

Her sınıflandırma işleminin performansını ölçmek için iki gösterge kullanılmıştır;

- 1) Noktalar arasındaki doğrulukların farkları
- 2) Kaçınılması gereken hata yüzdesi %AvMis

$$\Delta Değer = Doğruluk (Metod_2) - Doğruluk (Metod_1)$$

$$\begin{aligned} \%AvMis &= 100. \frac{Kaçınılan\ Hataların\ Sayısı}{Toplam\ Hata\ Sayısı} \\ &= 100. \frac{\Delta Değer}{100 - Doğruluk (Metod_1)} \end{aligned} \quad (6.11)$$

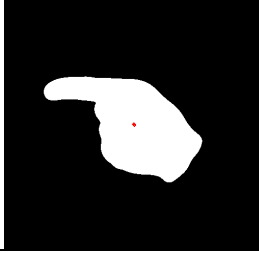
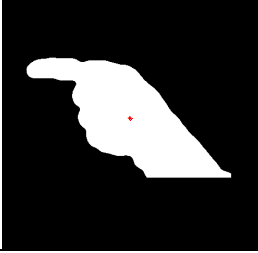
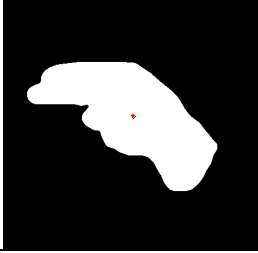
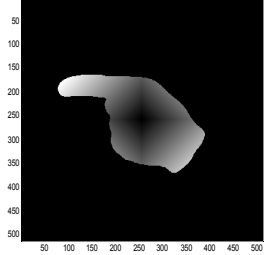
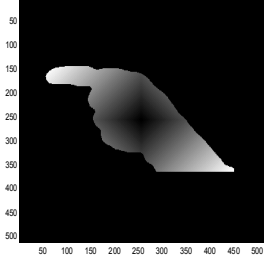
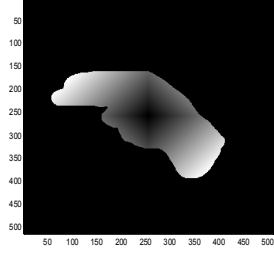
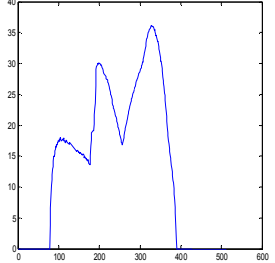
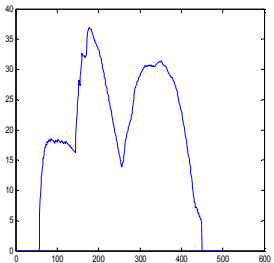
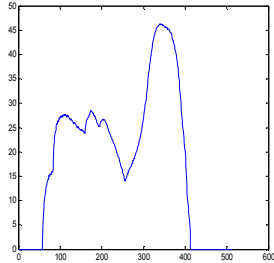
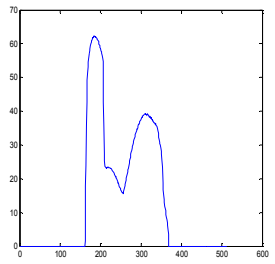
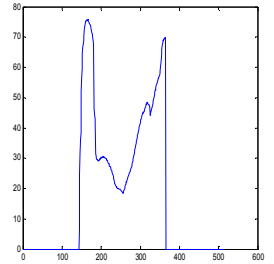
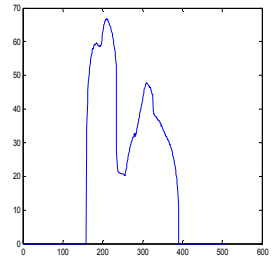
7.UYGULAMALAR

7.1. Ağırlıklandırılmış Matris ile Çarpım Uygulaması

Uygulamalarda genel kabul görmüş el duruş imgelerini içeren veri tabanı kullanılmıştır [21]. İmgelerden özellikle arka plan görüntüsü karışık olmayan imgeler seçilmiştir. Bu imgelerin seçilmesinin nedeni ön işlemler üzerine yoğunlaşmaktan ziyade el duruşunu şekil itibari ile tanımaya yönelik olacak şekil tanıma yöntemi ortaya koyabilmektir.

Tablo 7.1. Ağırlıklandırılmış Matris ile Çarpım Yöntemiyle İmge Tanımda Hatalı Tanıma Örnekleri

a) “G” harfinin hatalı tanınması

İmge tanımı	Tanınacak imge	Ait olunacak sınıf	Benzetilen sınıf
ORJİNAL İMGE			
İKİLİ İMGE			
AĞIRLIKLANDIRILMIŞ İMGE			
X EKSENİ GRAFIĞI			
Y EKSENİ GRAFIĞI			

Yakarıda hatalı tanıma örnekleri verilen harflerin ağırlıklandırılmış matris ile çarpım yöntemi uygulandıktan sonra sonuçlar incelenerek imge tespiti yapılır. Buradaki örnekte “*G*” harfinin “*H*” harfine hatalı bir şekilde benzetildiği görülmektedir.

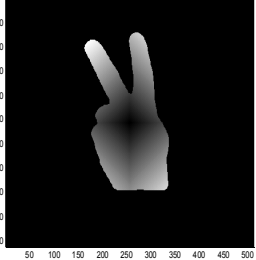
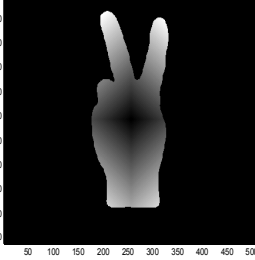
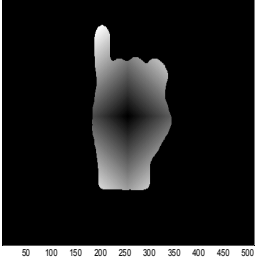
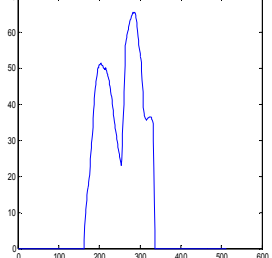
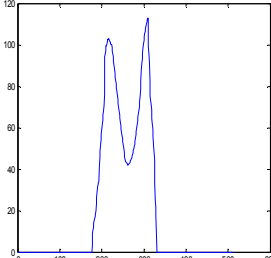
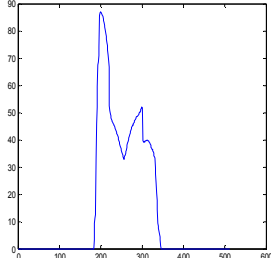
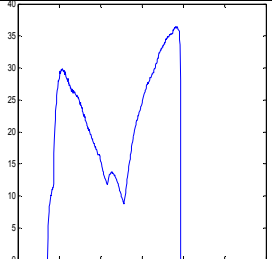
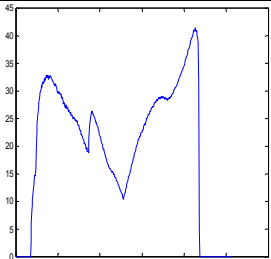
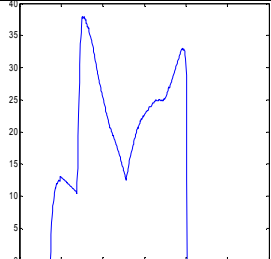
Görünen hatalı tanımanın sebebi hata yüzdesi olarak düşük değerin “*G*” harf sınıfına ait değil de “*H*” harf sınıfına dahil olan imgede çıkmasıdır. Hâlbuki çıplak gözle bakıldığında verilen ilk imgenin grafiğinin “*G*” harf sınıfına dahil olması gerektiği düşünülmektedir. Ancak bilgisayar insan gözüyle algılama yapmayıp hata oranı ile karşılaştırma işlemi yaptığından verilen imgeyi hata değeri toplamaları daha düşük olan “*H*” harfine benzetir.

Grafiklere daha dikkatli bakılırsa *x* koordinat grafiğinde verilen imgenin grafiği “*G*” harf sınıfına daha benzer olmasına rağmen *y* koordinat grafiğine bakılınca “*H*” harf sınıfına daha benzer olduğu görülür.

Zaten bilgisayar ağırlıklandırılmış matris ile çarpım yönteminde benzerliği belirlerken *x* ve *y* koordinatlarının hata değerlerini toplayıp en düşük değere sahip yani 0 (sıfır)’a en yakın değere sahip sınıftaki imgeyi seçilir.

Burada hatalı tanımanın temel nedeni verilen imge ile benzetileceği imge sınıfındaki imgenin bilek kısmındaki farklılıktır. Uygulamada verilen imgenin bileği yumuşak bir biçimde ovale yakın kesilmiş durumda iken, benzer olması istenen sınıftaki imgenin bilek kısmı düz bir biçimde kesilmekte, ancak “*H*” sınıfına ait imgenin bilek kısmı tıpkı verilen imge gibi oval bir biçimde kesilmiştir. Bu nedenle *y* koordinat grafiğinde “*H*” harf sınıfına daha benzer sonuç çıkmış ve hataların toplamında “*H*” harfine daha benzer olduğu sonucunu ortaya çıkarmıştır.

b) “V” harfinin hatalı tanınması

İmge tanımı	Tanınacak imge	Ait olunacak sınıf	Benzetilen sınıf
İMGE İLK HAL			
AĞIRLIK MERKEZİ TAŞINMIŞ			
AĞIRLIKLANDIRILMIŞ İMGE			
X EKSENİ GRAFIĞI			
Y EKSENİ GRAFIĞI			

Yukarıdaki hatalı tanıma örneğinde “V” harfinin hatalı bir şekilde “T” harfine benzetildiği görülmektedir.

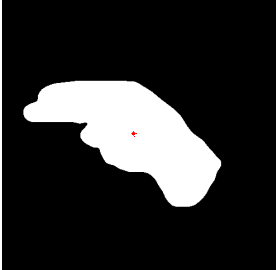
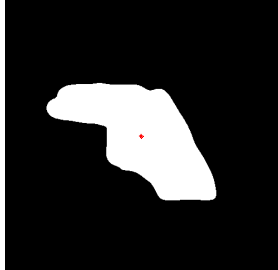
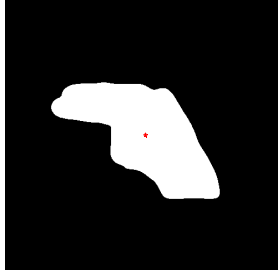
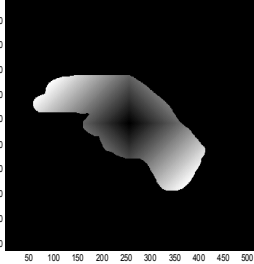
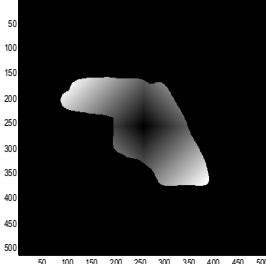
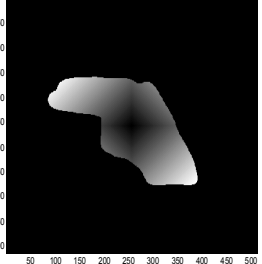
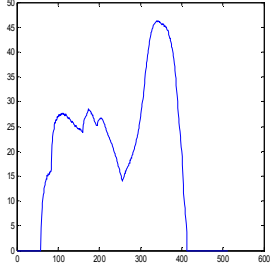
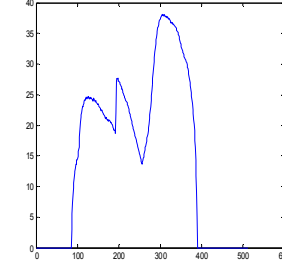
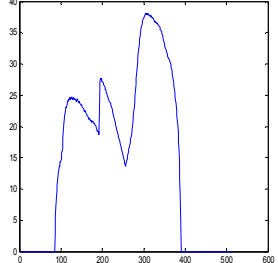
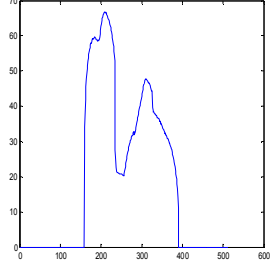
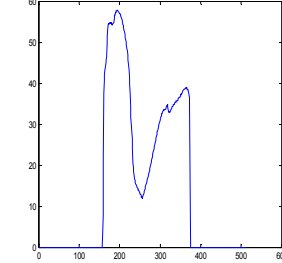
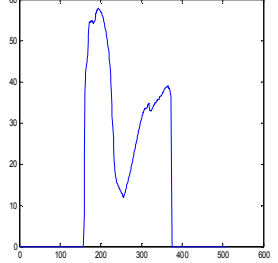
Verilen bu imge örneğinde hatalı tanımanın temel nedeni ise imgelerdeki bilek uzunluğunun grafiklere etkisidir. Tanınması için verilen imgenin bilek kısmı çok kısa tutulduğu için benzetilmesi istenen veya benzemesi gereken sınıftaki imgeye x düzlem grafiği

benzer iken y grafiği farklı çıkacaktır. İmgelerin grafikleri dikkatle incelenecek olunursa x koordinat grafiğinde 100-400 noktaları arasında verilen imge ile benzemesi gereken sınıftaki imgenin değerleri daha benzer durumda olduğu grlmektedir. Fakat y koordinat düzlemi grafiği incelendiğinde ise 0-300 noktaları arasında verilen imge ile benzetildiği imge benzerlik göstermektedir. Asıl benzemesi gereken sınıfa ait imgeye ise benzememektedir. Bu aralıkta benzemesi gereken sınıfa ait imgenin grafiği daha yayvan bir şekil çizmiştir. Bunun nedeni ise bileğin uzunluğu olarak söylenebilir.

Burada hem 0-300 arası hem de 300-400 aralığına dikkat edilecek olunursa verilen imge ile benzetilen sınıfa ait imge grafikleri daha benzerdir. Uygulanan yöntemde imgeyi belirlerken hatalar toplamı dikkate alındığından y koordinat düzlemindeki hata miktarı belirleyici rol oynamakta ve imge bu nedenle hatalı tanınmaktadır.

Tablo 7.2. Ağırlıklandırılmış Matris ile Çarpım Yöntemiyle İmge Tanımada Doğru Tanıma Örnekleri

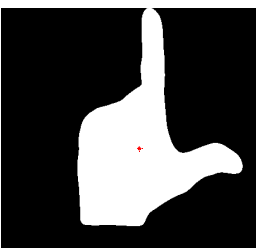
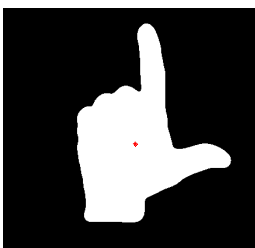
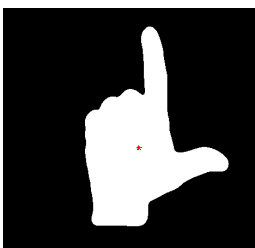
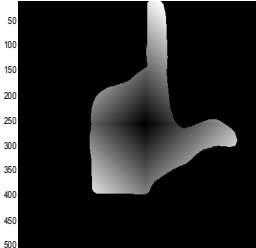
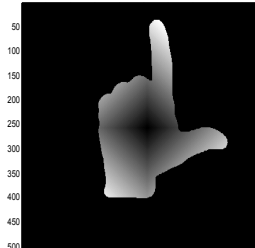
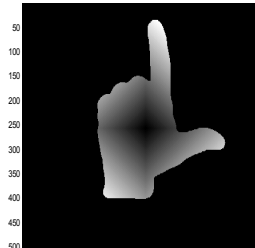
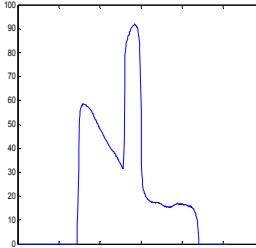
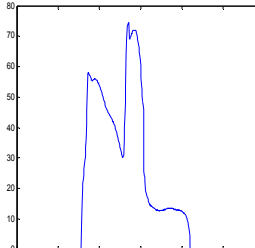
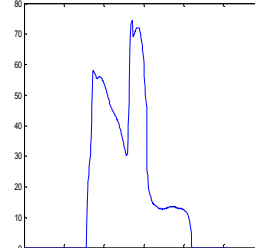
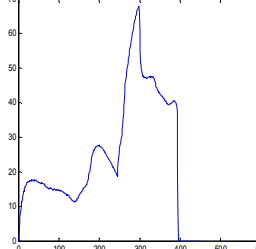
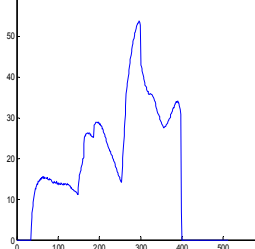
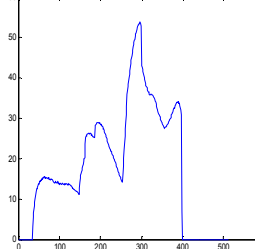
a) “H” harfinin doğru tanınması

İmge tanımı	Tanınacak imge	Ait olunacak sınıf	Benzetilen sınıf
İMGE İLK HAL			
AĞIRLIK MERKEZİ TAŞINMIŞ			
AĞIRLIKLANDIRILMIŞ İMGE			
X EKSENİ GRAFIĞI			
Y EKSENİ GRAFIĞI			

“H” harfine ait imgenin tanınması işlemi yapılırken karşılaştırılan grafiklerin tümünde x ve y koordinat düzlemleri en fazla “H” sınıfına ait imgenin grafiklerine benzerlik göstermiştir. Hem x koordinat düzlemi grafikleri hem de y koordinat düzlemi grafiklerindeki hata miktarlarının toplamı “H” sınıfına ait imgede daha düşük çıkmış ve doğru tanıma

gerçekleşmiştir. Burada yine y düzlemine ait grafikte hata miktarı biraz yüksek çıkmakta bunun nedeni de yine bilek kısmının uzunluğu ile alakalı olmaktadır. Burada daha iyi tanıma yapabilmek için öncelikli olarak bileğin tüm imgelerde standart bir biçimde elde edilmesine yönelik çalışma yapılmalıdır.

b) “L” harfinin doğru tanınması

İmge tanımı	Tanınacak imge	Ait olunacak sınıf	Benzetilen sınıf
İMGE İLK HAL			
AĞIRLIK MERKEZİ TAŞINMIŞ			
AĞIRLIKLANDIRILMIŞ İMGE			
X EKSENİ GRAFİĞİ			
Y EKSENİ GRAFİĞİ			

Yukarıda verilen doğru tanıma örneğinde de “**L**” harfi doğru tanınmıştır.

Burada “**L**” harfine ait imgenin tanınması işlemi yapılırken karşılaştırılan grafiklerin tümünde x ve y koordinat düzlemleri en fazla “**L**” sınıfına ait imgenin grafiklerine benzerlik gösterir. Hem x koordinat düzlemi grafikleri hem de y koordinat düzlemi grafiklerindeki hata miktarlarının toplamı “**L**” sınıfına ait imgede daha düşük çıkmış ve doğru tanıma gerçekleşmiştir. Burada yine y düzlemine ait grafikte hata miktarı biraz yüksek çıkmakta bunun nedeni de yine bilek kısmının uzunluğu ile alakalı olmaktadır. Burada daha iyi tanıma yapabilmek için öncelikli olarak bileğin tüm imgelerde standart bir biçimde elde edilmesine yönelik çalışma yapılmalıdır.

Tablo 7.3. 10 Karakter İçin Ağırlıklandırılmış Matris ile Çarpım Yöntemi İle İmge Tanıma Başarı Değerleri

Test Edilen imge	Doğru Tanıma	Yanlış Tanıma
1- A harfi	17 (%71)	7(%29)
2- B harfi	23 (%96)	1(%4)
3- C harfi	15 (%63)	9(%37)
4- D harfi	19 (%79)	5(%21)
5- G harfi	21 (%88)	3(%12)
6- H harfi	19(%79)	5(%21)
7- I harfi	17(%71)	7(%29)
8- L harfi	23(%96)	1(%4)
9- V harfi	18 (%75)	6(%25)
10- Y harfi	22(%92)	6(%8)
Toplam	190(%79)	50(%21)

Ağırlıklandırılmış matris ile çarpım yönteminin başarı oranı yukarıda verilen Tablo 7.3’de sunulmuştur.

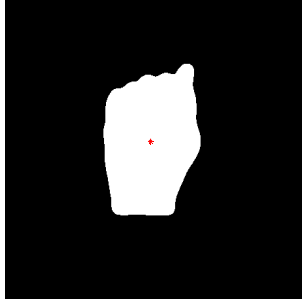
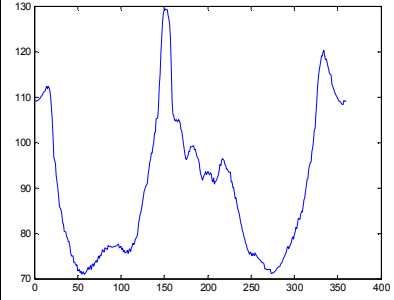
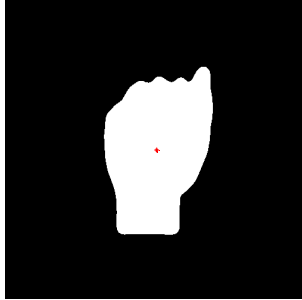
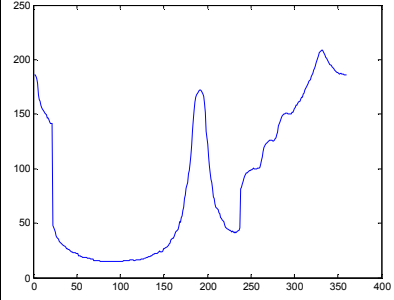
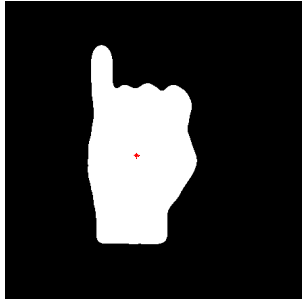
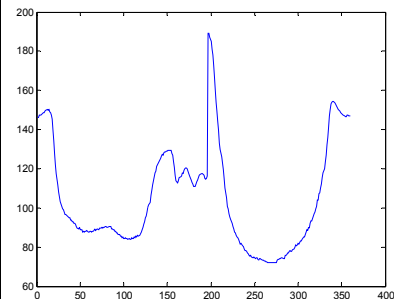
Toplamda bütün imgesel karakterler için 240 test imgesi içerisinde 50 imge yanlış tanınmıştır. Yüzdesel olarak bu yöntem %79 (50/240) oranında başarı sağlamıştır.

Daha doğru tanıma oranları elde etmek için imgelerin benzer biçimde elde edilmesine dikkat edilmelidir. Uyguladığımız ağırlıklandırılmış matris ile çarpım yönteminde hatalı tanımanın nedenlerinden en fazla olanı imgelerin bilek kısmının elde edilirken ki biçimi olmuştur.

7.2. Açısal Tarama Uygulaması

Tablo 7.4. Açısal Tarama Yöntemi ile İmge Tanımada Hatalı Tanıma Örnekleri

a) “A” harfinin hatalı tanınması

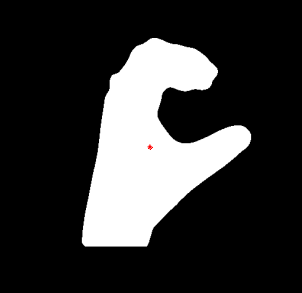
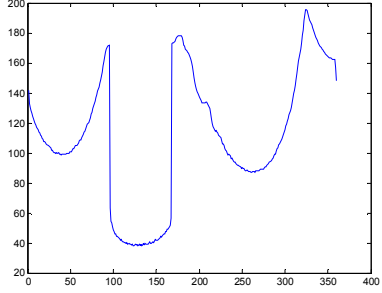
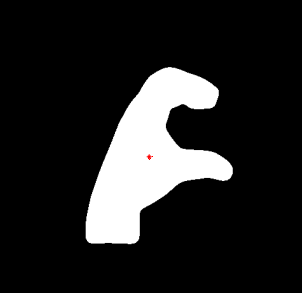
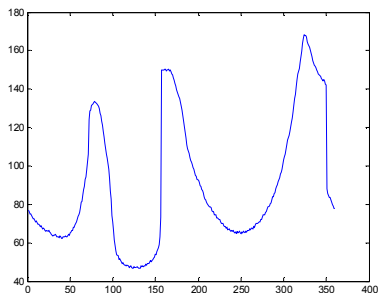
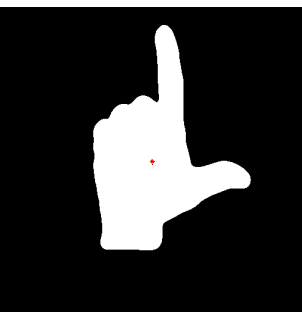
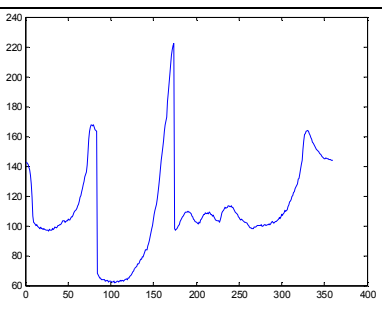
İMGE TANIMI	İMGE İLK HAL	AĞIRLIK MERKEZİ TAŞINMIŞ	AÇIŞAL TARAMA SONUCU GRAFİK
Tanınacak İmge			
Ait Olunacak Sınıf İmge			
Benzetilen Sınıf İmgesi			

Yukarıda “A” harfinin açısal tarama metodu ile tanınması işleminde hatalı tanınmanın nedeni grafiklerdeki 20-275 noktaları arasındaki dalgalanmalara bakılınca daha net anlaşılmaktadır. İmgeleri tanırken grafiklerin değerlerinin birbirinden çıkarılması (hata miktar) ve sonrasında hata miktarı en düşük olanın seçilmesi yani 0 (sıfır)’a en yakın esas alınmıştır.

Burada da verilen imgenin 20-275 noktaları arasında grafiksel değerinde anlık değişimler çok olmuş, benzetilmesi gereken sınıfa ait imgenin grafiğinde ise bu daha az olmuştur. Bunun aksine ise hatalı bir biçimde benzetildiği sınıfa ait imgede de 20-275

noktaları arasında grafiksel değerlerin çokça değiştiği gözlemlenmektedir. Bu nedenle burada belirleyici olan 20-275 noktaları arasındaki değişimler olmuştur.

b) “C” harfinin hatalı tanınması

İMGE TANIMI	İMGE İLK HAL	AĞIRLIK MERKEZİ TAŞINMIŞ	AÇIŞAL TARAMA SONUCU GRAFİK
Tanınacak İmge			
Ait Olunacak Sınıf İmge			
Benzetilen Sınıf İmgesi			

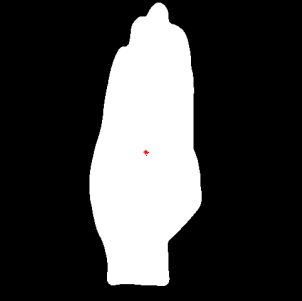
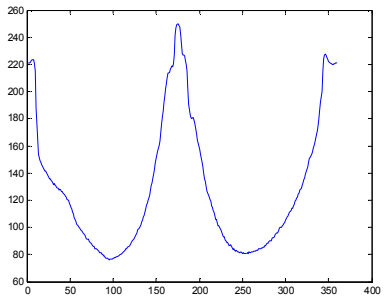
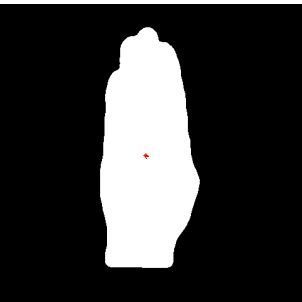
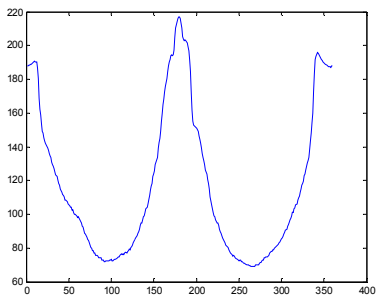
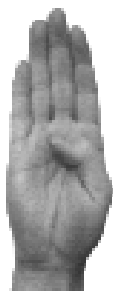
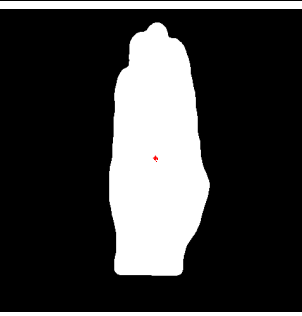
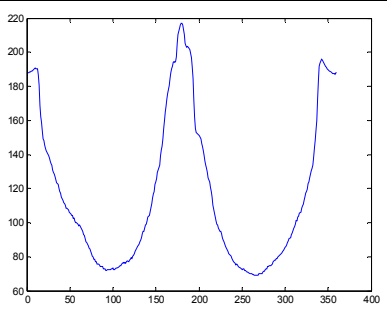
Burada hatalı tanınmanın nedeni ise başparmağın duruş şekli olmuştur. Verilen imge ile benzemesi gereken imgenin grafikleri ilk bakışta birbirine daha benzer görünse de tanınacak imgenin grafiğinde 360 noktasından sonra devam eden bir değer bulunmamaktadır. Oysa ait olması gereken sınıfa ait imgenin grafiğine bakıldığında ise grafik 350 noktasında ani bir tam düşüş göstererek sonlanmıştır. Bunun nedeni imgelere dikkatli bakıldığında başparmağın

konumundan kaynaklanmaktadır. Tanınması için verilen imge bu nedenle hatalı bir biçimde başka bir sınıftaki imgeye benzetilmiştir.

Bilgisayarlar işlem yaparken net sonuçlara göre yorum yaptığından grafiklerdeki hata miktarı düşük olan imge sınıfına benzetme işlemi yapmıştır.

Tablo 7.5. Açısal Tarama Yöntemi ile İmge Tanımada Doğru Tanıma Örnekleri

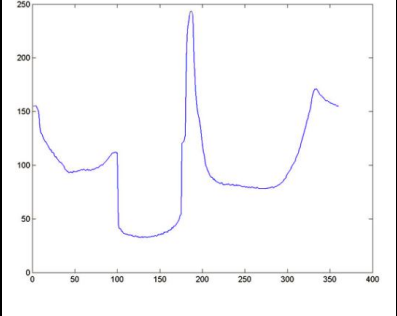
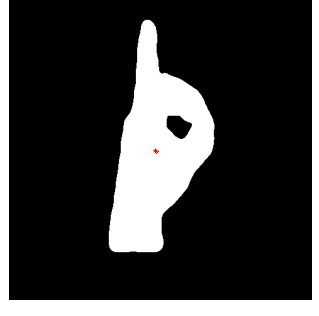
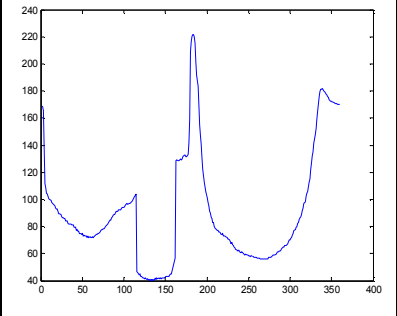
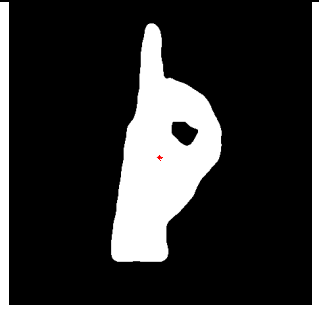
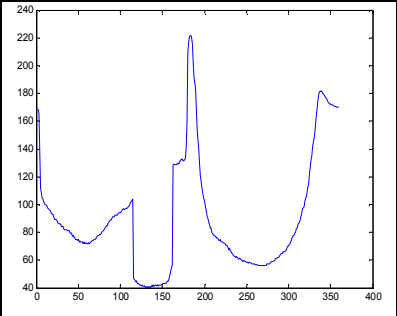
a) “B” harfinin doğru tanınması

İMGE TANIMI	İMGE İLK HAL	AĞIRLIK MERKEZİ TAŞINMIŞ	AÇIŞAL TARAMA SONUCU GRAFİK
Tanınacak İmge			
Ait Olunacak Sınıf İmge			
Benzetilen Sınıf İmgesi			

Açısal tarama yöntemi ile imge tanınırken “B” harfinin tanınması kolay olacaktır. Bunun nedeni elde edilen grafiklerde dalgalanmaların çok düşük seviyede olmasıdır. Hâlbuki diğer imgelerin grafikleri incelendiğinde dalgalanmalar yüksek oranda gerçekleşmektedir.

Özellikle açışal tarama yöntemi ile yapılan tanıma işlemlerinde “B” harfinin tanınma oranı %100 olarak gerçekleşmektedir. Ancak ağırlıklandırılmış matris ile çarpım yönteminde doğru tanıma oranı %96 olarak gerçekleşmiştir. Ağırlıklandırılmış matris ile çarpım yönteminde hatalı tanınmanın temel nedeni yine bilek uzunluğuna bağlı olarak y koordinat düzlemi grafiğinin farklılık göstermesi olarak değerlendirilebilir.

b) “D” harfinin doğru tanınması

İMGE TANIMI	İMGE İLK HAL	AĞIRLIK MERKEZİ TAŞINMIŞ	AÇIŞAL TARAMA SONUCU GRAFİK
Tanınacak İmge			
Ait Olunacak Sınıf İmge			
Benzetilen Sınıf İmgesi			

Burada örnek olarak verilen “D” harfine ait simgenin doğru tanımlanması verilmiştir. Yapılan karşılaştırma işlemlerinde özellikle kendine has şekli olan imgelerde başarı oranı yüksel olmaktadır.

Burada dikkatle imgeye bakıldığında ait olması gereken sınıftaki imgeden parmak seçimi olarak farklı olduğu görülmektedir. Verilen imgenin havada olan parmağı küçük parmak iken, havada olması gereken parmak işaret parmağıdır.

Ancak duruş itibarı ile profilden benzer şekilde görüldüğü için çizilecek grafikte de benzer değerler çıkacaktır. Bu sayede imge ait olması gereken sınıfta değerlendirilecektir. Grafiklere bakıldığında sadece 100-180 noktaları arasında bir farklılığın olduğu görülecek, bu da diğer imge grafikleri ile karşılaştırıldığında, grafikler arasında büyük hata miktarı meydana getirmeyecek düzeyde olacaktır. Bu sayede doğru tanıma işlemi gerçekleşmiş olacaktır.

Tablo 7.6. 10 Karakter İçin Açısal Tarama Başarı Değerleri

Test Edilen imge	Doğru Tanıma	Yanlış Tanıma
1- A harfi	20 (%83)	4(%17)
2- B harfi	24 (%100)	0 (%0)
3- C harfi	19 (%79)	5(%21)
4- D harfi	18 (%75)	6(%25)
5- G harfi	21 (%88)	3(%12)
6- H harfi	20(%83)	4(%17)
7- I harfi	20(%83)	4(%17)
8- L harfi	22(%92)	2(%8)
9- V harfi	17 (%71)	7(%29)
10- Y harfi	22(%92)	2(%8)
Toplam	203(%82)	37(%18)

Açısal tarama yönteminin başarı oranı yukarıda verilen Tablo 7.6’da sunulmuştur. Toplamda bütün imgesel karakterler için 240 test imgesi içerisinde 37 imge yanlış tanınmıştır. Yüzdesel olarak bu yöntem %82 (37/240) oranında başarı sağlamıştır. Yaptığımız bu çalışma neticesinde Açısal tarama metodunun Ağırlıklandırılmış Matris Metoduna göre daha başarılı sonuçlar verdiği görülmektedir.

8.SONUÇ

Sunulan bu çalışmada özellikle işaret dilini kullanarak hayatını devam ettiren özürlü insanların ve bu insanlar ile muhatap olan kişilerin daha kolay anlaşmaları ve işaret dilini bilmeyen birinin dahi bu dili anlayabilmesini hedeflenmiştir.

Çalışmada el duruş şeklinin tanınması için iki yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemlerden biri matris ağırlıklandırmasına diğeri açısal tarama ile kenar takibine dayanmaktadır. Çalışma 10 harfi içeren genel kabul görmüş bir veri tabanı üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Sonuçlar her iki yönteminde başarılı olduğunu ortaya koymuştur. Yaklaşık %80 oranında başarı oranına sahip yöntemlerin geliştirilmesi ile sonuçlar çok da yüksek seviyede başarıyı gösterecektir. Başarı oranları birbirine çok yakın olan bu iki yöntemden el yönelimi az değişen imgelerde açısal tarama yöntemi, yönelimi fazla değişen imgelerde ise matris ile çarpım yöntemi az farkla daha iyi sonuçlar vermektedir. İleride yapılacak çalışmalar ile video görüntülerinde yada çevrim içi sistemlerde el duruş tanınmanın gerçekleştirilebilecektir.

REFERANSLAR

- [1] **R. B. Wilbur**, 1987, "American Sign Language Linguistic and Applied Dimensions," College-Hill Press, Second Edition, ISBN 0-316-94013-5.
- [2] **R. Battison**, 1978, "Lexical Borrowing in American Sign Language," Silver Spring, MD : Linstok Pr., ISBN: 0-932130-02-X
- [3] **C. Charayaphan and A. Marble**, 1992, "Image Processing System for Interpreting Motion in American Sign Language," J. Biomed. Engineering, vol. 14, pp. 419-425.
- [4] **T. Takahashi and F. Kishino**, 1991, "Gesture Coding Based in Experiments with a Hand Gesture Interface Device," SIGCHI Bulletin, vol. 23, no. 2, pp. 67-73.
- [5] **A. Özyürek**, 2004, (Koç University (TR), Max Planck Institute for Psycholinguistics (NL)), **D. İlkbaşıran** (Concordia University), **E. Arık** (Purdue University), elips interactive
- [6] http://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0%C5%9Faret_dili 13.11.2011
- [7] http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_content&id=264 13.11.2011
- [8] **E. Alpaydın**, 2004, "Introduction to Machine Learning", The MIT Press, 3-6
- [9] **A. Ali Salah**, 2006, (Boğaziçi Üniv.), "İnsan Ve Bilgisayarda Yüz Tanıma"
- [10] **H. S. Sahambi, K. Khorasani**, 2003, A Neural-Network Appearance-Based 3-D Object Recognition Using Independent Component Analysis, IEEE Trans. On Neural Networks, vol. 14, no. 1, , pp. 138-149
- [11] **O. Aran, C. Keskin, L. Akarun**, 2005, "Sign Language Tutoring Tool", EUSIPCO'05, Antalya, .
- [12] **Yang, M.-H., Ahuja, N. and Tabb, M.**, 2002, "Extraction of 2D Motion Trajectories and Its Application to Hand Gesture Recognition," IEEE Trans. Pattern Analysis Machine Intelligence, vol. 24, no. 8, pp. 1061-1074, .
- [11] **N. Cristianini, J. Shawe-Taylor**, 2000, An Introduction to Support Vector Machines and Other Kernel-based Learning Methods, Cambridge Univ. Press .
- [13] **Lovell, B.C. and Caelli, T.**, 2005, "Hidden Markov Models for Spatio-Temporal Pattern Recognition", in Chen, C. H. and Wang, P. S. P., Eds. Handbook of Pattern Recognition and Computer Vision, 3rd ed, chapter 1.2, pages 25-40. World Scientific Publications, .
- [14] http://translate.google.com.tr/translate?hl=tr&langpair=en%7Ctr&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Machine_learning 04.03.2012

- [15] [http://translate.google.com.tr/translate?hl=tr&langpair=en%7Ctr&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Object_recognition_\(computer_vision\)](http://translate.google.com.tr/translate?hl=tr&langpair=en%7Ctr&u=http://en.wikipedia.org/wiki/Object_recognition_(computer_vision)) 05.01.2012
- [16] http://www.goruntuisleme.org/2011/index.php?option=com_content&view=article&id=68:goeruentue-lemenin-temel-basamaklar-&catid=34:goeruentue-leme-teknikleri&Itemid=53 27.06.2012
- [17] <http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm> 14.11.2011
- [18] <http://www.ce.yildiz.edu.tr/mygetfile.php?id=868> 14.11.2011
- [19] http://tr.wikipedia.org/wiki/Otomatik_plaka_tan%C4%B1ma 27.06.2012
- [20] <http://web.adu.edu.tr/user/mdemir/K214/K21402analitikveridegerlendirme090301.pdf>
02.04.2012
- [21] <http://www.idiap.ch/resource/gestures> 08.04.2012

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Hasan YAKUT
Doğum Yeri ve Yılı : MALATYA/ 1983
Medeni Hali : Bekar
Yabancı Dili : İngilizce



Eğitim Durumu

Lise : Hüseyin Kölük Anadolu Lisesi (1998 – 2001)

Lisans : Selçuk Üniversitesi Elektronik Bilgisayar Eğitimi
Bilgisayar Sistemleri Öğretmenliği (2001 – 2005)

Anadolu Üniversitesi İktisadi İlimler Fakültesi
Kamu Yönetimi Bölümü (2007-2011)

Yüksek Lisans : Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Mühendisliği Donanım Anabilim Dalı

Çalıştığı Kurumlar ve Yılları

Arapgir Çok Programlı Lise Teknik Müdür Yrd. (2012 – ...)

Arapgir Çok Programlı Lise Bilgisayar Öğretmenliği (2005 –2012)