



**T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

**2B SİYAH-BEYAZ
GÖRÜNTÜLER İLE BİÇİM
TANIMA**

Ali AYDOĞAN

**Danışman
Doç. Dr. Erchan APTOULA**

**Ocak, 2017
Gebze. KOCAELİ**



**T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

**2B SİYAH-BEYAZ
GÖRÜNTÜLER İLE BİÇİM
TANIMA**

Ali AYDOĞAN

**Danışman
Doç. Dr. Erchan APTOULA**

**Ocak, 2017
Gebze. KOCAELİ**

Bu çalışma 12/10/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Bilgisayar Mühendisliği Bölümünde Lisans Bitirme Projesi olarak kabul edilmiştir.

Bitirme Projesi Jürisi

| | | |
|--------------|---------------------------|--|
| Danışman Adı | ERCHAN APTOULA | |
| Üniversite | Gebze Teknik Üniversitesi | |
| Fakülte | Mühendislik Fakültesi | |

| | | |
|------------|---------------------------|--|
| Jüri Adı | MEHMET GÖKTÜRK | |
| Üniversite | Gebze Teknik Üniversitesi | |
| Fakülte | Mühendislik Fakültesi | |

| | | |
|------------|---------------------------|--|
| Jüri Adı | BURCU YILMAZ | |
| Üniversite | Gebze Teknik Üniversitesi | |
| Fakülte | Mühendislik Fakültesi | |

ÖNSÖZ

Bu kılavuzun ilk taslaklarının hazırlanmasında emeği geçenlere, kılavuzun son halini almasında yol gösterici olan Sayın Doç. Dr. Erchan Aptoula hocama ve bu çalışmayı destekleyen Gebze Teknik Üniversitesi'ne içten teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca eğitimim süresince bana her konuda tam destek veren aileme ve bana hayatlarıyla örnek olan tüm hocalarıma saygı ve sevgilerimi sunarım.

Ocak, 2017

Ali AYDOĞAN

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|------|
| ÖNSÖZ..... | VII |
| İÇİNDEKİLER | VII |
| ŞEKİL LİSTESİ..... | VIII |
| TABLO LİSTESİ | VIII |
| KISALTMA LİSTESİ | IX |
| ÖZET | X |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 1.1. PROJE TANIMI VE AMACI | 2 |
| 1.2. PROJE TASARIM PLANI..... | 3 |
| 2. PROJE GEREKSİNİMLERİ | 4 |
| 2.1. MPEG7 VERİ KÜMESİ..... | 4 |
| 2.2. BİÇİM BETİMLEYİCİLER..... | 5 |
| 2.3. WEKA..... | 5 |
| 2.4. OPENCV..... | 6 |
| 3. BİÇİM BETİMLEYİCİLERİN GERÇEKLENMESİ..... | 7 |
| 3.1. ŞEKİL HİSTOGRAMLARI.. | 7 |
| 3.2. INNER DISTANCE..... | 8 |
| 3.3. HU MOMENTLERİ..... | 10 |
| 3.4. FOURIER KATSAYILARI..... | 13 |
| 3.5. İSTATİSTİKSEL BİR BETİMLEYİCİ..... | 15 |
| 2.2. MORFOLOJİK ŞEKİL ÖZNİTELİKLERİ..... | 16 |
| 4. BULGULAR VE SONUÇLAR..... | 18 |
| KAYNAKLAR..... | 20 |

ŞEKİL LİSTESİ

| | | |
|----------|--------------------------------|----|
| ŞEKİL 1 | Şekil Betimleyiciler..... | 2 |
| ŞEKİL 2 | Proje Şeması... .. | 3 |
| ŞEKİL 3 | Kaplumbağa Şekilleri..... | 4 |
| ŞEKİL 4 | Kurbağa..... | 7 |
| ŞEKİL 5 | Fil..... | 7 |
| ŞEKİL 6 | Elma..... | 7 |
| ŞEKİL 7 | Gitar..... | 7 |
| ŞEKİL 8 | Araba..... | 7 |
| ŞEKİL 9 | Euclied Formülü..... | 8 |
| ŞEKİL 10 | Inner Distance | 9 |
| ŞEKİL 11 | Inner Distance 2..... | 9 |
| ŞEKİL 12 | İstatistiksel Betimleyici..... | 15 |
| ŞEKİL 13 | Original..... | 17 |
| ŞEKİL 14 | 5X5 Kırpma..... | 17 |
| ŞEKİL 15 | 11X11 Kırpma..... | 17 |
| ŞEKİL 16 | 15x15 Kırpma..... | 17 |

TABLO LİSTESİ

| | | |
|---------|--|---|
| TABLO 1 | Histogram Sonuçları | 2 |
| TABLO 2 | Inner Distance Sonuçları | 4 |
| TABLO 3 | Hu Momentleri Sonuçları..... | 4 |
| TABLO 4 | Fourier Katsayıları Sonuçları..... | 5 |
| TABLO 5 | İstatistiksel Betimleyici Sonuçları..... | 5 |
| TABLO 6 | Tüm Sonuçlar..... | 5 |

KISALTMA LİSTESİ

- G.T.Ü** : Gebze Teknik Üniversitesi
2B : İki boyutlu
OPENCV: Open Source Computer Vision Library
MPEG : Moving Picture Experts Group
DDL : Data Definition Language
XML : Extensible Markup Language

ÖZET

Bu kılavuzda G.T.Ü. Bilgisayar Mühendiliği Bölümü'nde hazırlamış olduğum 2B Siyah-Beyaz Görüntüler İle Biçim Tanıma adlı Bitirme Projemini içeriğini, özelliklerini açıklayan bilgiler ve dökümanların listesi verilmiştir. Bu projeyi yaparken gerekli materyaller, kaynaklar ve çalışma sürecine kılavuz içerisinde yer verilmiştir. Proje sırasında kullanılan cihazlar, programlar ve gereksinimler şekiller ve açıklamalarla belirtilmiştir. Sonuç kısmında proje ile ilgili elde edilen bulgular, yapılar, çıkarımlar belirtilmiştir.

1. GİRİŞ

Bilgisayarla görü ve görüntü işleme yöntemleri günümüzde artık her alanda kullanılmaktadır. Bilgisayarla görmenin amacı herhangi bir duyumsanan veriye göre, görüntüler hakkında kullanışlı kararlar verebilmektir. Bu bilimi diğer bilimlerden ayıran en önemli özellik bir görüntüye bir işlem yapıp aynı işlemi başka görüntüye uyguladığımızda aynı sonucu vermemesidir. Çıkarılan algoritmalar ne kadar deterministik bir yapıya sahip olursa olsun, eldeki görüntülerin özelliklerine göre çıkan sonuçlar da değişmektedir. Bizim problemimizi de kapsayan bir nesnenin farklı açılardan alınmış görüntüleri ele alındığında, çıkarılan algoritma o nesnenin profilden görünümünü her resimde bulmuş olsa bile, nesnenin ön yüzünü tanımlayamayabiliyor. Bir nesnenin görüntüsü alınırken ışıklandırmanın da payı büyüktür. Nesnelere eklenen görüntüler ve yapılan farklı ışıklandırma stilleri bilgisayarın görüntüyü algılamasını güçleştirmektedir.

Bir görüntüyü bilgisayarın tanıması sırasında görüntü birçok aşamadan geçmektedir. Görüntü edinimi adı verilen ilk yöntemde nesnemizden çıkan fotonların yakalanıp kullanılır bir görüntü haline getirilmesi sağlanır. İkinci yöntemde görüntü işleme aşamasıdır. Bu aşamada özellik vektörleri çıkarımı için bir ön hazırlık yapılır. Eşik değer uygulama, morfolojik işlemler yapılır. Daha sonraki aşamada özellik vektörleri çıkarılır. Bu özellik vektörlerine göre bir algoritma geliştirilerek bilinmeyenin hangi sınıfta olacağını belirleme işi de hazırlanma kısmını oluşturmaktadır. Bu algoritmaya göre tanıma kısmında da verilen görüntünün hangi sınıfta olduğu belirlenir. Daha sonra kullanışlı karar verme aşaması olan yorumlama ve analiz kısmıyla bilgisayarla görme işlemi sonuçlanır.

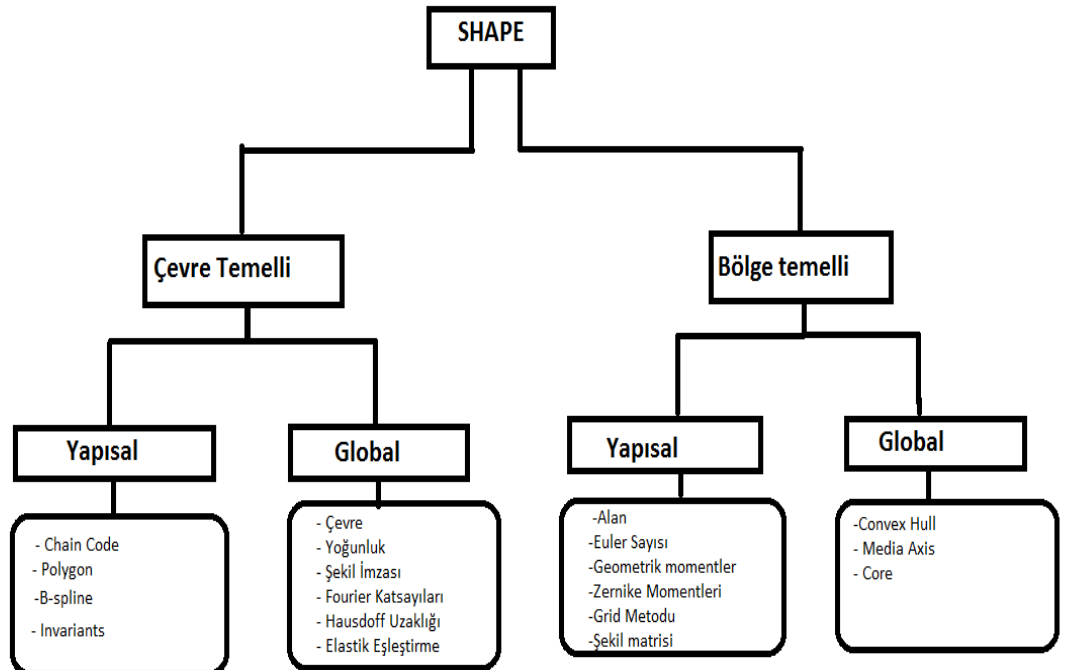
Görü ve görüntü işleme yöntemleri ile yapılan literatürdeki çalışmalar elimizde bulunan ham görüntülerden anlamlı veri elde edilmesini sağlamaktadır. Ancak karmaşık şekillerin sınıflandırılması bilgisayarla görme alanında gerçekten önemli bir sorun teşkil etmektedir.

1.1. PROJE TANIMI VE AMACI

Bu proje bilgisayarla görü yöntemlerini kullanarak, 2B biçimlerin tanınmasını sağlayan bir sistemin tasarlanıp geliştirilmesini kapsamaktadır. Bu doğrultuda, farklı biçim betimleyicileri incelenmektedir.

Şekillerin tespit edilmesinde birçok özellik çıkarımı tasarlanmıştır. Şekillerin bulunmasında önemli rol oynayan şekil imzaları, şekil histogramları, şekil değişmezleri, momentler, eğrilik, şekil bağlamı, şekil matrisi, spektral özellikler gibi özellikler benzer şekilleri belirlemek için çok önemli özniteliklerdir.

Birçok şekil gösterici ve betimleyici teknikleri geçmişte geliştirilmiştir. Son yıllarda yeni teknikler önerilmiştir. Bu çalışmamızda geçmiş yıllarda önerilmiş olan bu tekniklerin bazılarını değindik ve onlar üzerinde yaptığımız çalışmalardan bahsettik ve onların performanslarını karşılaştırdık. Bu yöntemlerle şekil bulma yolunda önemli bir adımı gerçekleştirmiş olduk.

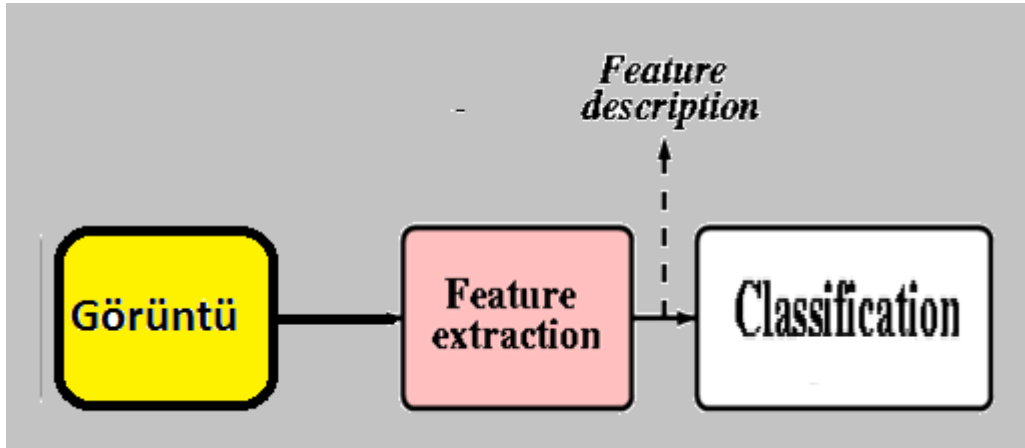


Şekil 1- Şekil Betimleyiciler

Yapılan bu çalışmalarda şeklin tespit edilmesi için 2 farklı yöntem üretilmiş ve bu yöntemlere bağlı olarak birçok yapı ve metot geliştirilmiştir. Bu metotları üreten kişilerden bazıları şeklin çevresiyle yani sınırlarıyla ilgilenmiş buna göre algoritmalar geliştirmişler, şeklin sınırlarını ön plana katarak değerlendirmeler yapmışlardır. Diğer yöntemde ise şekli bölgesel incelemişler, şeklin alanına göre hesaplamalar yapmışlar ve şekli tespit etmeye çalışmışlardır.

1.2. PROJE TASARIM PLANI

Projemizde elimizde bulunan görüntülerle farklı biçim betimleyiciler kullanılarak öznitelik vektörleri oluşturulmuştur. Oluşturulan öznitelik vektörleri bir sınıflandırmaya koyularak görüntünün ne olduğu bilinmeye çalışılmıştır. Farklı biçim betimleyicilerinin başarısı sınanmıştır.



Şekil 2- Proje Şeması

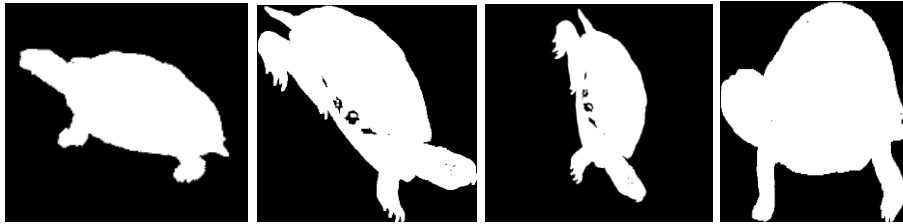
2.PROJE GEREKSİNİMLERİ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde birçok aşama kaydettik ve bu aşamalarda kullandığımız gereksinimler listesi aşağıda belirtilmiştir.

2.1. MPEG7 VERİ KÜMESİ

MPEG7 resmi olarak “Çokluortam İçerik Tanımlama Arayüzü” olarak adlandırılmış ve 2001 yılında bir standart haline gelmiştir. İçeriğine üstveri bilgisi ekleyerek veriyi tanımlamayı amaçlar. Daha önce üretilmiş olan MPEG standartlarının(MPEG4, MPEG2) yerine geçmeyi değil, onlara işlevsellik katmayı amaçlar. Bu yapı herhangi bir çokluortam dosyasının düşük seviyeli özelliklerini, anlamsallığını ve yapısal durumunu tanımlayabilme özelliğine sahiptir.

MPEG7’nin temel yapısına bakacak olursak; DDL ile tanımlayıcılar ve tanım şemaları oluşturulur ve tanım şemaları tanımlayıcıları kapsayacak şekilde yapılandırılır. Aynı zamanda DDL, farklı uygulamalara ait tanım şemalarını da eklemeye imkan verir. Tanımlar ise XML formatında hazırlanır.



Şekil 3 –Kaplumbağa Şekilleri

Çalışmamızda elimizde MPEG7 formatında eğitim ve teste tabi tutulan 1400 tane görüntü kümesi bulunmaktadır. Bu görüntüler 70 sınıfa ait olan 20’şer görüntüye aittir. Bu resimlerde bir nesnenin farklı açıdan çekilmiş, farklı boyut ve yapılar da siyah-beyaz 2B görüntüleri bulunmaktadır.

2.2. BİÇİM BETİMLEYİCİLER

Bu projede görüntülerimizin özelliklerini çıkarmak için farklı biçim betimleyicileri kullandık. Biçim betimleyiciler şekilde öznitelik vektörler çıkarılıp şekle ait özelliklerin ne olduğunu belirlemektedir. Gerçeklediğimiz biçim betimleyiciler şunlardır:

- Şekil Histogramları
- Inner Distance
- Hu Momentleri
- İstatistiksel Betimleyici
- Fourier Katsayıları
- Biçimbilimsel Şekil Öznitelikleri

2.3. WEKA

WEKA, makine öğrenmesi amacıyla Waikato Üniversitesi'nde geliştirilmiş bir yazılımdır. Bu program Java dilinde geliştirilmiş, kütüphanelerinin .jar dosyası halinde gelmesi Java dilinde yazılmış olan projelere kolayca entegre edilebilmesini sağlamaktadır. Temel olarak 3 Veri Madenciliği işlemi bu program ile yapılabilir. Sınıflandırma, Bölütleme, İlişkilendirme işlemleri WEKA ile yapılabilmektedir. Projemizde WEKA'yı çıkardığımız öznitelik vektörlerini sınıflandırmakta kullandık. Sınıflandırıcı olarak Rastgele Orman Sınıflandırıcısı'nı kullandık. Rastgele Ormanlar yöntemiyle veri setindeki değişken sayısı ve örnek sayısı ne kadar çok olursa olsun genellikle hata oranının çok düşük olduğu sınıflandırmalar yapılmaktadır. Rastgele Ormanlar yönteminde, karar ormanını oluşturan karar ağaçları orijinal veri setinden bootstrap adı verilen yöntemle seçilen farklı örneklerden oluşturulmaktadır. Her karar ağacında veri setindeki tüm değişkenlerden rastgele seçilen az sayıda değişken kullanılmaktadır. Bu yöntemde,

her ağaç bir sınıf için oy vermektedir, orman sınıflayıcısı bütün ağaçların verdiği oyları toplayarak bir sınıf için son tahmini yapmaktadır.

2.4 . OPENCV

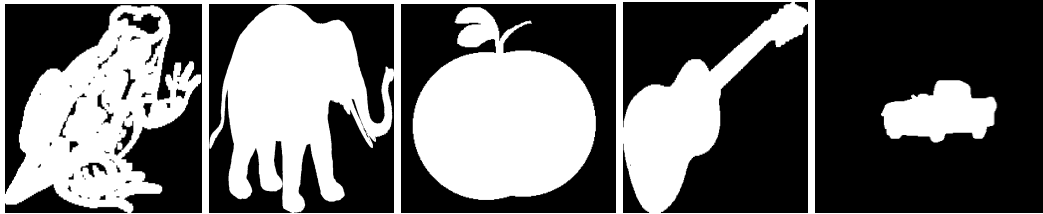
OPENCV, Windows, Linux, Mac OS X, PSP işletim sistemleri üzerinde çalışabilen, C diliyle yazılmış, açık kaynak kodlu bir kütüphanedir. İlk sürümü Intel tarafından 1999'da çıkarılmıştır. Şu anda SourceForge tarafından geliştirilmektedir. Çoğu fonksiyonu platformlardan bağımsız olarak çalışmaktadır. C ve C++ dilleri ile geliştirilebilir. Özellikle yüz tanıma, işaret dili tanıma, hareket yakalama vb. gibi görüntü işleme algoritmaları ile bizlere kolaylık sağlamaktadır.

3. BİÇİM BETİMLEYİCİLERİN GERÇEKLENMESİ

Şekil özniteliklerini çıkarmak için kullandığımız bu betimleyicilerle elimizde bulunan 1400 şeklin ne olduğunu belirlemeye çalıştık. Bu şekillerin özelliklerini çıkarırken şeklin sınırlarına ve siyah-beyaz şeklin üzerindeki beyaz piksellerin sayısının bölgesel oranlarına göre betimleyicileri gerçekleştirmeye çalıştık. Amacımız şekilleri bulmakta biçim betimleyicilerinin başarılarını görmek ve bu betimleyicilerle şekilleri tespit etmede maksimum başarıyı sağlamaktır.

3.1. ŞEKİL HİSTOGRAMLARI

Histogramlar, her renk yoğunluğu düzeyindeki piksellerin sayısını grafik olarak belirterek görüntüdeki piksellerin dağılımını gösterir. Histogram, bize görüntünün gölgelerde, orta tonlarda ve vurgularda ayrıntılarını gösterir. Yani histogram görüntünün ton aralığının da hızlı bir resmini seçer, yani görüntünün ton tipini gösterir. Bu aşamada elimizdeki görüntülerdeki siyah-beyaz oranlarını belirleyerek resimlerden öznitelik vektörleri oluşturduk.



Şekil 4-Kurbağa Şekil 5-Fil Şekil 6-Elma Şekil 7-Gitar Şekil 8 -Araba

Elimizde bulunan 1400 şekilden seçmiş olduğumuz 5 farklı şekil için yaptığımız çalışma sonucu siyah ve beyaz piksel oranları tablodaki gibi gösterilmiştir. 1400 şekil üzerinden 700 şekli eğitim ve 700 şekli test için ayarladıktan sonra histogram üzerinde yaptığımız çalışmayı WEKA programına attığımızda histogramın tüm kurbağa, fil, elma, gitar, araba resimleri için başarıları da tabloda belirtildiği gibidir.

| | BlackRate | WhiteRate | Accuracy |
|---------|-----------|-----------|----------|
| Kurbağa | 0.500115 | 0.499885 | 0.364 |
| Fil | 0.459492 | 0.540508 | 0.000 |
| Elma | 0.471008 | 0.528992 | 0.000 |
| Gitar | 0.681591 | 0.318409 | 0.222 |
| Araba | 0.904317 | 0.095683 | 0.000 |

Tablo 1- Histogram Sonuçları

Şekil histogramları üzerinde yaptığımız bu çalışma sadece siyah-beyaz histogramlarını verdiği için başarı oranımız %25'e yakın çıkmıştır. Elimizdeki resimlerden örnek verecek olursak fil ve elmanın siyah-beyaz oranları birbirine çok yakın çıkmıştır. 1400 tane şekli düşündüğümüzde farklı şekillerin siyah ve beyaz oranları da diğer şekillere yakın çıkabilmektedir. Bu sebeple bu betimleyici bizim şekillerimiz için çok başarılı olamamıştır.

3.2. INNER DISTANCE

Bu betimleyicide, şeklin iç mesafeleri hesaplanarak birçok öznitelik vektör çıkarılmıştır. Özniteliklerimizi çıkarırken 2 farklı yöntem kullandık.

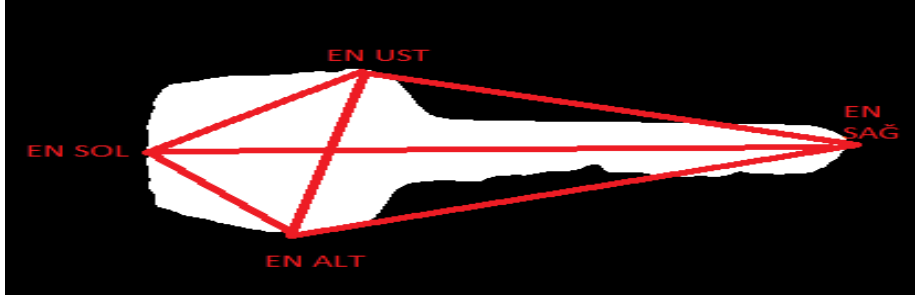
İlk yöntemde elimizdeki şeklin en sağ, en sol, en yukarı, en aşağı noktalarının x ve y koordinatları tespit edilerek bu mesafeler arasındaki Euclied mesafeleri hesaplanmıştır.

Euclied uzaklığı;

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

Şekil 9 –Euclied Formülü

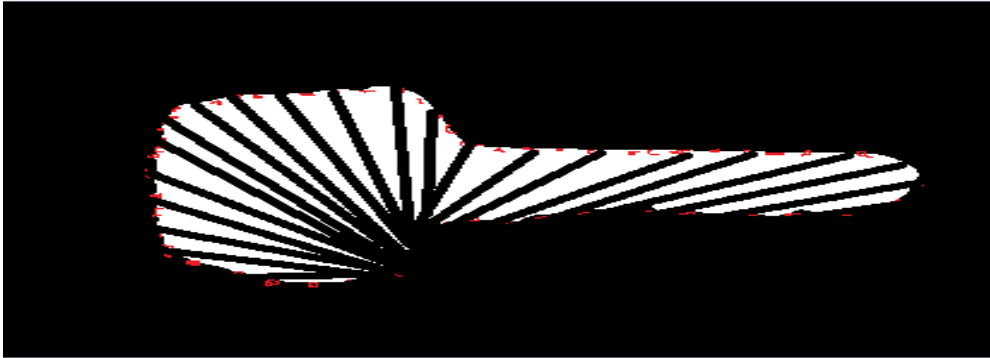
Elimizde bulunan bu 4 noktanın birbirine olan Euclied uzaklıklarını hesaplayarak 6 farklı öznitelik vektörü çıkardık.



Şekil 10- Inner Distance

Bu 6 öznitelik vektörünün momentlere karşı gürbüzlük kazanması için bu sayılardan en büyük olan uzunluğu başa alarak bir kaydırma işlemi uyguladık ve başarı oranını test ettiğimizde WEKA bize çok iyi sonuçlar vermedi.

İyi sonuç alamayınca 2. yöntemi de uygulamaya koyulduk ve iç mesafe için bir çıkarım daha yaptık. Bu 2. yöntemde şeklin sınırlarında bulunan bir noktanın diğer bütün sınır noktalara olan bütün uzaklıkları hesaplandı ve bu hesaplamalar sonucu en büyük, en küçük, ortadaki, en büyük ile ortadaki uzaklık, en küçük ile ortadaki uzaklık öznitelik vektörlerine eklendi. Böylece toplam elimizde 11 farklı öznitelik vektörümüz oldu.



Şekil 11-Inner Distance 2

Elimizdeki 11 öznitelik vektörünün şekil histogramlarındaki kurbağa, fil, elma, gitar, elma şekilleri için elde ettiğimiz başarılar tablodaki gibidir.

| | Val1 | Val2 | Val3 | Val4 | Val5 | Val6 | Val7 | Val8 | Val9 | Val10 | Val11 | Accuracy |
|---------|------|------|------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| Kurbağa | 215 | 97 | 60 | 195 | 120 | 131 | 37562 | 20779 | 3953 | 1211 | 493 | 0.500 |
| Fil | 749 | 70 | 212 | 198 | 161 | 427 | 983530 | 780627 | 645936 | 184684 | 158484 | 0.500 |
| Elma | 238 | 122 | 214 | 79 | 230 | 229 | 63861 | 57923 | 47717 | 44380 | 41656 | 0.625 |
| Gitar | 309 | 275 | 284 | 213 | 34 | 228 | 58143 | 37245 | 27841 | 26264 | 24365 | 0.625 |
| Araba | 183 | 113 | 13 | 180 | 89 | 3 | 16895 | 15759 | 13490 | 11871 | 10892 | 0.750 |

Tablo 2-Inner Distance Sonuçları

Bu betimleyicimizin başarısı şekil histogramına göre daha da artarak %53 civarına ulaşmıştır. Bu yöntemin sorunları elimizde aynı şeklin büyük ya da küçük örneğinin olması bizim bu yöntemimizin başarılı olmasını engellemektedir.

3.3. HU MOMENTLERİ

Momentler, imge içerisindeki desen bilgisini açıkça ortaya çıkaran bir yapıdır. Bu momentler hesaplanırken, bütün imge kullanılır, sonuç olarak karmaşık olan sayısal değerler elde edilmektedir. Momentler kullanılarak üretilen imgelerin bit düzlemlerine dönüştürülmesi sağlanır. Bu bit düzlemleri paketlenerek yeni imgeler elde edilmektedir. Böylece öznitelik vektörleri daha az imge kullanılarak oluşturulmaktadır.

1960'ların başında Hu, matematiksel moment teorisinden yedi değişmez moment geliştirdi. Bu yedi moment, ölçeklendirme, döndürme ve dönüşüm işlemleri altında değişmemekte, şekil ve karakter tanıma gibi 2 boyutlu örüntü tanıma problemlerinin çözümünde başarı sağlamaktadır.

Klasik mekanikte tanımlanan momentlere benzer olarak iki boyutlu (p+q) dereceli ve $f(x,y)$ dağılımlı bir görüntü için moment şu şekilde tanımlanır;

$$m_{pq} = \iint x^p y^q f(x, y) \cdot dx \cdot dy$$

Burada p ve q 0,1,2... gibi değerler alabilir. Bu momentler genel olarak gürültülere bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle merkezi olan momentler tanımlanmıştır.

Merkez momentler, dönüşüm altında değişmezler. Merkez momentler şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$\mu_{pq} = \iint (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) \cdot \partial(x - \bar{x}) \cdot \partial(y - \bar{y})$$

Burada;

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}} \quad \text{ve} \quad \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad \text{olarak tanımlanır.}$$

Bazen momentlerin boyutlara bağlı olarak normalizasyonu gerekmektedir. Bu işlem μ_{00} ile gerçekleştirilebilir. Normalize merkez momenti şu şekildedir;

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^r}$$

Burada $r = 1 + \frac{(p+q)}{2}$ olarak tanımlanmaktadır.

Bu formülasyonu kullanan HU, normalize merkez momentlerini kullanarak 7 tane değişmez moment geliştirmiş ve biz de öznel olarak bu 7 momenti kullandık. Moment değişmezleri şu şekilde hesaplanmaktadır;

$$\begin{aligned}
\phi_1 &= \eta_{20} + \eta_{02} \\
\phi_2 &= (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \\
\phi_3 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \mu_{03})^2 \\
\phi_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \mu_{03})^2 \\
\phi_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\
&\quad + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\
\phi_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\
&\quad + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\
\phi_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\
&\quad - (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2]
\end{aligned}$$

Yaptığımız Hu moment hesaplamaları sonucu 5 şekil için Hu momentleri değerleri ve bu şekillerin Hu momentleri tarafından doğru bulunma olasılığı tabloda gösterilmiştir.

| | HU1 | HU2 | HU3 | HU4 | HU5 | HU6 | HU7 | Accuracy |
|---------|----------|------------|-------------|-----------|------------|-----------|-------------|----------|
| Kurbaga | 0.213913 | 0.007859 | 0.00024041 | 3,49E+00 | 1,04E+04 | 2,67E-01 | 3,19E-03 | 0.727 |
| Fil | 0.192786 | 0.00173671 | 0.000385194 | 0.0001367 | -6,77E-05 | 6,16E-02 | 3,11E-03 | 0.429 |
| Elma | 0.167731 | 5,52E+00 | 0.000282985 | 1,91E+00 | 1,39E-05 | 1,45E-03 | 1,31E-04 | 0.750 |
| Gitar | 0.416274 | 0.123163 | 0.0588463 | 0.0414511 | 0.00204699 | 0.0145306 | 0.000705568 | 0.444 |
| Araba | 0.244919 | 0.0308479 | 0.000694889 | 9,92E-01 | 2,05E-03 | 9,71E-01 | -9,32E-04 | 0.846 |

Tablo 3- Hu Momentleri Sonuçları

Momentlerin değişmezliğini kullanarak yaptığımız bu çalışmada 70 farklı 1400 şekli tespit etmede başarımız %60'a ulaştı.

3.4. FOURIER KATSAYILARI

Fourier dönüşümü, bir sinyalin gösterimi olarak ifade edilebilir. Bu yöntemde sinyal sonsuz sayıda sinüs ve kosinüslerin doğrusal birleşimi olarak gösterilmektedir. Bu yapı bir sinyalin yalnızca frekans uzayı hakkında bilgi verir. Frekansta oluşabilen bir değişikliğin zamanı hakkında bilgi vermez. Fourier spektrumu elimizdeki bir görüntünün tüm frekans değerlerini göstermektedir.

Periyodik ve sonlu değer alabilen her fonksiyon , değişik frekanslarda titreşen sinüs ve cosinüslü bileşenlerin toplamından oluşur.

$$f(x) = \frac{1}{2}a_0 + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos(\omega kx) + b_k \sin(\omega kx) \quad (\omega = \frac{2\pi}{T})$$

$$a_k = \frac{2}{T} \int_0^T f(x) \cos(\omega kx) dx$$

$$b_k = \frac{2}{T} \int_0^T f(x) \sin(\omega kx) dx$$

Gerçekleştirdiğimiz Fourier dönüşümünde Ayırık Fourier Dönüşümü'nü kullanmış olup şekle ait Fourier Katsayılarını çıkardık.

$$F(u) = \frac{1}{M} \sum_{x=0}^{M-1} f(x) e^{-j2\pi ux/M}$$
$$u = 0, 1, 2, \dots, M-1$$

Euler Teoremi'ne göre;

$$e^{j\theta} = \cos\theta + j\sin\theta$$

$$e^{-j\theta} = \cos\theta - j\sin\theta$$

$$F(u) = \frac{1}{M} \sum_{x=0}^{M-1} f(x) [\cos(2\pi ux/M) - j\sin(2\pi ux/M)]$$

$$u = 0, 1, 2, \dots, M-1$$

$$\left. \begin{array}{l} F(0) \\ F(1) \\ \vdots \\ F(M) \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Dönüşümün} \\ \text{frekans} \\ \text{bileşenleri} \end{array} \quad \begin{array}{l} F(u) = |F(u)| e^{-j\varphi(u)} \\ |F(u)| = [R^2(u) + I^2(u)]^{1/2} \quad \text{Genlik} \\ \varphi(u) = \tan^{-1} \left[\frac{I(u)}{R(u)} \right] \quad \text{Faz açısı} \end{array}$$

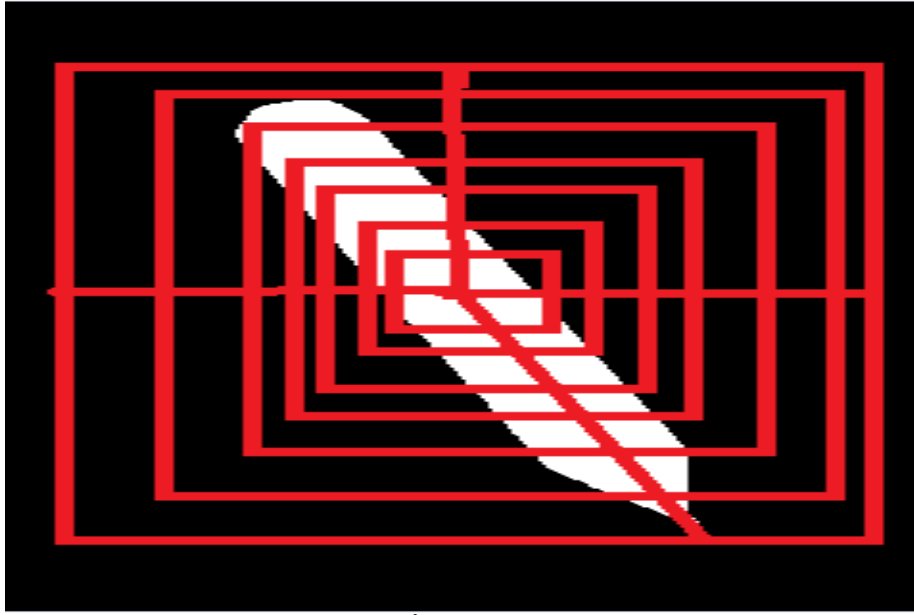
Yapmış olduğumuz bu çalışmada Fourier Dönüşümü ile %65 oranında başarı sağladık. Fourier bir şeklin moment ve boyutlarını tespit etmede çok önemli bir yöntemdir.

| | Fourier Coefficients | Accuracy |
|---------|----------------------|----------|
| Kurbağa | 25 öznitelik | 1.000 |
| Fil | 25 öznitelik | 0.286 |
| Elma | 25 öznitelik | 0.917 |
| Gitar | 25 öznitelik | 0.333 |
| Araba | 25 öznitelik | 0.692 |

Tablo 4- Fourier Katsayıları Sonuçları

3.5. İSTATİSTİKSEL BİR BETİMLEYİCİ

Bu betimleyicide şeklin alanına göre bir hesaplama öngörülerek yine şekil içindeki beyaz piksellerin oranına göre değerlendirme yapılarak bir hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 12- İstatistiksel Betimleyici

Burada ilk olarak şeklin beyaz noktalarının merkezi hesaplanmış ve merkez ile en uzak beyaz piksel arasındaki fark bulunarak bu uzaklık en uzun karenin yarıçapı olarak düşünülmüştür.

Daha sonra bu yarıçapın büyüklüğü 10 parçaya bölünmüş, bu bölüm yarıçaptan çıkarılarak giderek küçülen karelerin yarıçapı olarak kabul edilip kare içerisindeki beyaz piksellerin oranı bulunarak bir hesaplama yapılmıştır.

En büyük karemizin yarıçapını $10r$ olarak kabul edersek en küçük karemizin yarıçapı r olur;

İlk karemizin alanı $r * r = r^2$ olur Oranımız beyaz piksel sayısı/ r^2

2. Karemizin alanı $2r * 2r = 4r^2$ olur. Oranımız beyaz piksel sayısı/ $(4r^2 - r^2)$

3. Karemizin alanı $3r * 3r = 9r^2$ olur. Oranımız beyaz piksel sayısı/ $(9r^2 - 4r^2)$

Şeklinde bu böyle 10. kareye kadar gitmektedir. Yapılan istatistiksel betimleyici sonucunda %51 oranında şekilleri doğru tahmin etmede başarılı olmuştur. Bu betimleyici şeklin boyut ve moment değişimlerine karşı tasarlanmış bir modeldir.

| | | | ORANLAR | BEYAZ PİKSEL /ALAN | | | | | | |
|---------|---------------|---------|---------|--------------------|---------|---------|---------|---------|---------------|----------|
| | En Büyük Kare | 2. Kare | 3. Kare | 4. Kare | 5. Kare | 6. Kare | 7. Kare | 8. Kare | En Küçük Kare | Accuracy |
| Kurbağa | 332.154 | 38.5 | 118.296 | 5.337 | 2.751 | 1.577 | 1.005 | 0.662 | 0.179 | 0.273 |
| Fil | 25764 | 2862.66 | 1030.56 | 796 | 318.074 | 212.925 | 103.026 | 653.705 | 39.181 | 0.429 |
| Elma | 1410.9 | 156.767 | 56.436 | 28.793 | 17.418 | 7.175 | 0 | 0 | 0 | 0.917 |
| Gitar | 2472.47 | 250.766 | 35.866 | 13.120 | 6.241 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.222 |
| Araba | 322.854 | 35.872 | 12.914 | 6.588 | 3.985 | 2.668 | 1.432 | 0.645 | 0.279 | 0.923 |

Tablo 5- İstatistiksel Betimleyici Sonuçları

3.6. MORFOLOJİK(BİÇİMBİLİMSEL) ŞEKİL ÖZNİTELİKLERİ

Bu yöntemde görüntüye ait, görüntünün biçimini ortaya çıkaracak olan özellikler incelenmiştir. Görüntümüz 3x3, 5x5 , 7x7, 9x9 ,11x11... nXn şeklinde parçalara ayrılarak bu parçalarda görüntünün kenarları ilk başta bir aşınım(erozyona) uğratılmış, daha sonra bir genişletme yapılarak yeni bir görüntü elde edilmiştir. Bu olaya açınım ismi verilmektedir. Erozyonda, giriş piksellerinin komşularından en az biri bile 0 ise çıkış pikselinin değeri 0 olarak atanmaktadır. Genişletme de en az biri 1 ise çıkış 1 olarak atanır. Daha sonra eski görüntüyle yeni görüntüler arasındaki değişimler incelenmiştir.

Aynı işlemi ters olarak da yapmak mümkündür. Yani ilk önce görüntüye bir genişletme yapıp ardından erozyona uğratılabilir.

Yarasa üzerinde yapılan erozyon işlemleri aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir:



Şekil 13 – Original



Şekil –14 5X5 Kırpma



Şekil –15 11X11 Kırpma



Şekil –16 15X15 Kırpma

4. BULGULAR VE SONUÇLAR

Projemize başlamadan önce belirlemiş olduğumuz proje sonunda başarmayı vadettiğimiz birkaç kriter vardı. Bu kriterlerden en önemlileri; belirlediğimiz biçim betimleyicilerden en az 5 tanesini gerçekleştirmektir. Projemize başlamadan önce belirlediğimiz 6 farklı betimleyici mevcuttu. Bu betimleyiciler Inner Distance, Şekil Histogramları, Fourier Katsayıları, Biçimbilimsel Şekil Öznitelikleri, Zernike Momentleri ve İskeletlerdi. Yapmış olduğumuz literatür çalışmalarından esinlenerek bu betimleyicileri gerçekleştirirken başarı oranı düşük olandan yüksek olana doğru bir çalışmaya giriştik.

İlk olarak 2B şekillerimizin siyah-beyaz histogramlarını inceledik ve başarımız gerçekten çok düşük çıktı. Daha sonra biraz daha iyi sonuç verecek olan Inner Distance yöntemine geçtik. Bu yöntemde şeklin iç mesafe hesaplamalarını gerçekleştirdik. Başarımız histogramları 2'ye katladı ancak aynı sınıftan şekillerin küçük ile büyük versiyonlarını ayırt etmede bu yöntemimiz başarısız kalmıştır.

Sonraki yöntemimiz olan momentlerde Zernike Momentlerini seçmiştik. Ancak Zernike Momentlerinden hesaplama bakımından daha kolay moment hesaplamalarına sahip olan Hu Momentlerini kullandık. Hu'nun bu 7 momenti bizim başarı oranımızı Inner Distance yöntemine göre %10 artırmıştır.

Daha sonra hesaplamaları daha karmaşık olan sinyallerle, frekanslarla ilgilenen bir yöntem olan Fourier Katsayıları ile uğraştık. Gerçekleştirdiğimiz bu yöntemde ise başarı oranı daha da artmış bulunmaktadır. Hu'ya göre %5 artış göstermiştir.

Başarı kriterlerimiz arasında yer almayan proje süresinde karar verdiğimiz bir betimleyici olan istatistiksel bir yöntem kullandık. Bu yöntemde boyut problemini ve şeklin nerede bulunursa bulunsun öneminin olmadığı sadece şeklin karesel bir alanda piksel dağılımına baktığımız bir yöntem geliştirdik. Sonuçlarımız %51 civarında çıkmış oldu.

Son olarak da şekillerin morfolojik özelliklerine dayanarak bir yöntem uyguladık.

| | Histogram | Inner Distance | Hu Momentleri | Fourier Katsayıları | İstatistiksel | Morfolojik | Hepsi |
|----------------------------|-----------|----------------|---------------|---------------------|---------------|------------|-------|
| Accuracy | 23% | 53% | 60% | 65% | 51% | ? | ? |
| Eğitim sayısı | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | ? | ? |
| Test Sayısı | 700 | 700 | 700 | 700 | 700 | ? | ? |
| Doğru bulunan şekil sayısı | 161 | 371 | 421 | 455 | 357 | ? | ? |

Tablo 6- Tüm Sonuçlar

Farklı eğitim ve sınama kümeleri için de deneme yapılmıştır. Eğitim sayısının artması sonuçları %1-2 oranında artırmaktadır.

Öznitelik vektörlerimizi oluşturduktan sonra WEKA isimli programda elde edilen başarı oranlarımız yukarıdaki şekilde gösterilmiştir. WEKA üzerinde Rastgele Orman Sınıflayıcısı'nı kullandık. Bu sınıflayıcı için WEKA üzerinde ağaç sayısı seçimi ve özellik vektörü seçimi gibi ayarlar yapılmıştır. Ağaç sayısı 100 olarak ve özellik vektörü sayısı seçimi özellik vektörünün karekökü kadar seçilmiştir.

İlk olarak başarı oranımızı %80 oranında belirlemiştik. Tüm betimleyiciler gerçekleştirildiğinde ve testleri yapıldığında gerçek başarı oranımızı görmüş olacağız. Şu ana kadar en iyi tespit eden betimleyicimiz %65 oranıyla Fourier Katsayıları olmuştur.

Kullandığımız bu yöntemler elimizde bulunan 2B şekilleri bulmada belirli bir başarı sağlamıştır.

KAYNAKLAR

1. X.Bai, X.W. Yang, D. G. Yu, L. J. Latecki. "Skeleton-based shape classification using path similarity. International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence", 22(4):733-746, 2008.
2. S. Belongie, J. Malik and J. Puzicha. "Shape Matching and Object Recognition Using Shape Context," IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell., 24(24):509-522, 2002.
3. H. B. Lin, D. Jacobs. " Shape classification using inner-distance " . IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence , 29(2):286-299, 2007.
4. Temlyakov, A.,Munsell, B.C., Waggoner, J.W., Wang, S.. " Two perceptually motivated strategies for shape classification ".In: IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition(CVPR). IEEE; 2010, p. 2289-2296
5. Zhihu Huang, Jinsong Leng, Edith Cowan University, "Analysis of Hu's Moment Invariants on Image Scaling and Rotation", Research Online ECU Publications Pre. 2011
6. Yuan Zhanwei, Li Fuguo*,Zhang Peng,Chen Bo "Description of shape characteristics through Fourier and wavelet analysis " State Key Laboratory of Solidification Processing, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072,China Received 20 January 2013;revised 11 March 2013; accepted 6 May 2013 Available online 1 August 2013