

## DEĞİŞİK BAKIŞ AÇILARINDAN ELDE EDİLEN GÖRÜNTÜ GRUPLARININ SINIFLANDIRILMASI

**Mustafa ÖZENDİ\***

Bülent Ecevit Üniversitesi, Jeodezi ve  
Fotogrametri Mühendisliği Bölümü  
mustafa.ozendi@beun.edu.tr

**Alper YILMAZ**

Ohio State University, Civil,  
Environmental & Geodetic Engineering  
yilmaz.15@osu.edu

*Geliş Tarihi: 25 Ekim 2012, Kabul Tarihi: 01 Ocak 2013*

### ÖZET

Görüntü gruplarının sınıflandırılmasının, uzaktan algılama, fotogrametri, dijital tablo katalogları ve güvenlik alanlarında değişik uygulamaları mevcuttur. Uzaktan algılama, bilgisayarla görme ve fotogrametri disiplinlerinde çalışan araştırmacılar güçlü sınıflandırma metodları geliştirebilmek için görüntü özelliklerini (renk, doku, şekil) temel alan yaklaşımlar kullanmışlardır. Bu çalışmada, değişik bakış açılarından elde edilen farklı görüntülere ait grupların sınıflandırılması, konik kesitlerin projektif dönüşüm altında değişmezliği prensibine dayanarak geliştirilmiştir.

Çalışmanın başlangıcında, test amaçlı bir veri seti oluşturulmuştur. Bu veri seti dokuz ayrı objeden farklı bakış açılarından on görüntü alınması ile toplam doksan görüntüden oluşmaktadır. Veri seti oluşturulduktan sonra objelerin sınırlarının belirlenmesi amacıyla bütün görüntüler üzerinde kenar tanıma işlemi uygulanmıştır. Kenar tanıma işlemi ile elde edilen kenarlar üzerine, geometrisine bağlı olarak konik kesitler oturtulmuştur. Bu işlem sonucunda her görüntü bir konik kesit kümesiyle ifade edilmiştir. Konik kesitler projektif dönüşüme uğradığında şekli değişse bile yine bir konik kesit oluşmaktadır. Her görüntüyü temsil eden konik kesit kümesi kullanılarak görüntüler için bir değişmez işaret hesaplanmıştır. Aynı gruba ait görüntülerin değişmez işaretleri arasında bir benzerlik olacağı varsayılmıştır. Bu değişmez işaretler görsellik sağlaması ve hesaplamalarda kolaylık olması amacıyla histogramlara dönüştürülmüştür.

Her görüntüye ait değişmez işaretler çok boyutlu veriler olduklarından dolayı aralarında benzerlik olup olmadığını tespit etmek için Destek Vektör Makineleri uygulanmıştır. Sınıflandırmanın performansını ölçebilmek için ROC(Receiver Operating Characteristics) analizleri yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** kenar tanıma, konik kesitler, projektif değişmezler, projektif dönüşüm, şekil tanıma.

### CLASSIFICATION OF VIEWPOINT INDEPENDENT IMAGE GROUPS

#### ABSTRACT

Classification of image groups has different applications in remote sensing, photogrammetry, digital painting catalogues and security related areas. Researchers from remote sensing, computer vision and photogrammetry have used different approaches based on image features (color, textures, object shapes) in order to develop robust classification methods. In this study, classification of viewpoint independent image groups is developed based on the principle of invariant properties of conic sections under projective transformation.

At the beginning of this study a data set is created for testing the method. This dataset consists of nine categories of images, for each category ten images used that are taken from different viewpoints. Edge detection is applied on each image to detect boundary of objects in images. Detected edges are used for conic fitting so that each conic will be represented as a set of conic sections. Under projective transformation conic sections remain as conic section even if their shapes change. For each image in the dataset an invariant signature is computed using set of conic sections. It is assumed that there is similarity between invariant signatures of images belong to the same image category. These invariant signatures are used in histogram form for visual representation and computations.

\* Sorumlu Yazar

*Since invariant signatures are high dimensional data, Support Vector Machines which is a stochastic pattern recognition algorithm is used instead of classical deterministic methods. Performance of classification is evaluated using ROC (Receiver Operating Characteristics) analysis.*

**Keywords:** edge detection, conic sections, projective invariants, pattern recognition.

## 1. GİRİŞ

Çağımızda bilgi teknolojisi çok hızlı bir şekilde gelişmekte ve bu gelişmeler sonucunda değişik alanlarda (askeri kurumlar, devlet kurumları vb.) çok büyük miktarlarda bilgi toplanmakta ve depolanmaktadır. Örneğin, günümüzde neredeyse herkes bir dijital fotoğraf makinesine sahiptir ve ucuz veri depolama teknolojisi sayesinde herkes kendi kişisel fotoğraf kataloğunu oluşturabilmektedir. Bu imkanlar, her alanda oluşturulan bu geniş görüntü kataloglarının fizibil organize, kullanım ve erişim problemlerini de beraberinde getirmektedir. Veri tabanı yönetimi ve bilgisayarla görme üzerine çalışan bilim adamları bu problemlere çözüm bulmak amacıyla ilk defa 1970'lerde araştırmalar yapmaya başlamışlardır [1].

Görüntü gruplarının sınıflandırılması konusu üzerine, uzaktan algılama, bilgisayarla görme ve fotogrametri disiplinlerinde çalışan araştırmacılar güçlü sınıflandırma metodları geliştirebilmek için görüntü özelliklerini (renk, doku, obje şekilleri) temel alan yaklaşımlar kullanmışlardır. Bu yaklaşımlardan en çok kullanılanı görüntünün bünyesinde bulundurduğu renk bilgisidir. Görüntünün renk özelliğini kullanan araştırmacılar renk bilgisini dizinlemek suretiyle oluşturulan histogramları esas alan çözümler geliştirmişlerdir [2-5]. Renk histogramlarına ek olarak, görüntülerin renk özelliklerini temel alan kümeleme (clustering) ve segmentasyon yöntemleri ile de problemin çözümü için çalışmalar yapılmıştır [6, 7].

Gerçek dünyada bütün nesnelere bir doku (texture) ile kaplanmışlardır. Bu doku özelliği nesnelere ile ilgili önemli bilgiler içerdiğinden doku özelliği görüntü gruplarının sınıflandırılması işleminde de kullanılmıştır [8]. Dalgacık dönüşümü (wavelet transform) metodunun gelişmesi ile doku özelliği sınıflandırma işlemlerinde kullanılmaya başlanmıştır [9-12]. Bunun yanı sıra, doku özelliği uzaktan algılama görüntü gruplarının sınıflandırılması amacıyla birçok çalışmada kullanılmıştır [13-16].

Görüntüdeki nesnelere şekillerini esas alan yaklaşımlar da kullanılarak görüntü gruplarının sınıflandırılması probleminde çözümler aranmıştır. Şekil özelliğini esas alan yaklaşımları, global şekil tanımları ve bölgesel şekil tanımlamaları olmak üzere ikiye ayırmak mümkündür. Son zamanlarda

şekil gösterim bağlamında global şekil tanımlamalarından bölgesel şekil tanımlamalarına bir geçiş olduğu söylenebilir [17]. Her iki durumda da görüntüyü objelerin sınırları ile ifade edebilmek için Fourier serileri ve geometrik nicelikler başarılı bir şekilde kullanılmışlardır. Görüntülere Fourier dönüşümü uygulandığında tanım kümesinde değişiklik olur. Bu yeni tanım kümesinde obje sınırlarının eğrileri, ya da objelerin iskelet yapıları Fourier katsayıları ile ifade edilebilir [18, 19]. Geometrik niceliklerin kullanılmasının başlıca sebebi kimi niceliklerin geometrik dönüşüme uğradığında bile değişmez özellikler göstermesi ve çok karmaşık şekillerin ifade edilebilmelerine olanak sağlamasıdır [20, 21].

Bu çalışmanın amacı, değişik bakış açılarından elde edilen farklı görüntülere ait grupların konik kesitlerin projektif dönüşüm altında değişmezliği ilkesine dayanarak sınıflandırılmasıdır. Bu problemin çözümüne ilişkin literatürde böyle bir çalışmanın olmaması açısından yapılan çalışma önemlidir.

Çalışmanın sonraki bölümlerinde sırasıyla, veri setinin oluşturulması ve özellikleri, konik kesitlere ilişkin özet bilgiler, veri setinin ön işlemler ile sınıflandırmaya hazırlanması, veri setinin sınıflandırılması ve son olarak da sınıflandırma başarısının analizlerine yer verilmiştir.

## 2. VERİ SETİ

Bu çalışmada kullanılacak olan veri seti dokuz ayrı objenin değişik bakış açılarından elde edilen görüntüleri içermektedir. Bu objeler, dünyanın en çok ziyaret edilen yapılarından olan Eyfel Kulesi, Büyük Buda Heykeli, Özgürlük Anıtı, Kule Köprüsü, Pisa Kulesi, Kubbe tūs Sahra, Tac Mahal, Sidney Opera Evi ve Efes Celsus Kütüphanesidir. Veri setindeki bazı görüntü örnekleri Şekil 1'de verilmiştir.

Veri setindeki bütün görüntüler Flickr ve Picasa gibi fotoğraf paylaşım platformlarından elde edilmiştir. Görüntülerin özellikle değişik bakış açılarından alınmış olmasına dikkat edilmiştir. Bunun yanında, görüntüler günün farklı zamanlarında ve farklı mevsimlerde alınmış olmasından dolayı, oluşturulan veri seti oldukça zorlayıcı bir veri seti olarak kabul

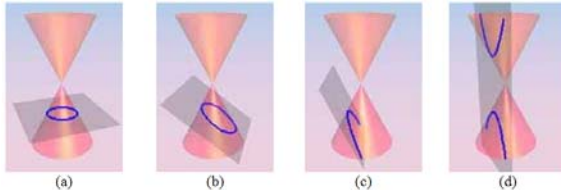
**Tablo1.**Veri setinden örnek görüntüler.

Görüntü Grubu	Örnek Görüntüler			
Eyfel Kulesi				
Özgürlük Anıtı				
Büyük Buda Heykeli				
Kule Köprüsü				
Pisa Kulesi				
Kubbetüs Sahra				
Tac Mahal				
Sidney Opera Evi				
Efes Celsus Kütüphanesi				

edilebilir. İşlem süresini kısaltmak amacıyla görüntüler orjinal boyutlarından küçültülerek kullanılmıştır.

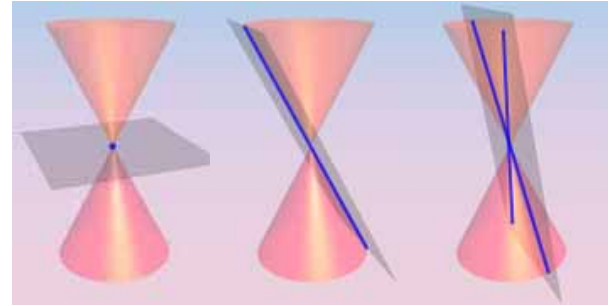
### 3. KONİK KESİTLER

Konik kesitler, bir konik ve düzlemin kesişmesiyle meydana gelirler. Bu kesişim sonucunda oluşan konik kesitler dejenere veya dejenere olmayan konik kesit olmak üzere iki grupta sınıflandırılır. Dejenere olmayan konik kesitler (Şekil 1) elips, parabol ve hiperboldür.



**Şekil 1.** Dejenere olmayan konik kesitler [26].

Dejenere konik kesitler, (Şekil 2) düzlemin koniye en uç noktalarında dokunduğu durumlarda oluşur ve bu durumda nokta, çizgi ve iki çizginin kesişimi elde edilir.



**Şekil 2.** Dejenere konik kesitler [26].

Konik kesitler projektif dönüşüme uğradıklarında şekilleri değişse bile yine konik kesit olarak kalırlar (Şekil 3).Bu değişmezlik özelliklerinden dolayı bilgisayarla görme alanında üzerlerine birçok çalışma yapılmıştır.

Öklid geometrisinde bir konik kesit aşağıda verilen ikinci dereceden bir polinomla ifade edilebilir:

$$ax^2 + bxy + cy^2 + dx + ey + f = 0 \quad (1)$$

Bu polinomu iki boyutlu projektif geometriye dönüştürmek için  $x$  terimini  $\frac{x_1}{x_3}$  ile  $y$  terimini de  $\frac{x_2}{x_3}$  ile

değiştirmek gerekir bu durumda (1) ile ifade edilen konik kesit aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$a \frac{x_1^2}{x_3^2} + b \frac{x_1 x_2}{x_3 x_3} + c \frac{x_2^2}{x_3^2} + d \frac{x_1}{x_3} + e \frac{x_2}{x_3} + f = 0$$

$$ax_1^2 + bx_1x_2 + cx_2^2 + dx_1x_3 + ex_2x_3 + fx_3^2 = 0 \quad (2)$$

Yeni oluşan bu denklem matris formuna dönüştürülürse:

$$x^T C x = 0 \quad (3)$$

Burada  $C = \begin{bmatrix} a & b/2 & d/2 \\ b/2 & c & e/2 \\ d/2 & e/2 & f \end{bmatrix}$  ve

$$x = [x_1 \quad x_2 \quad x_3]^T.$$

Herhangi bir konik kesitin dejenere konik olup olmadığı  $C$  matrisinin determinantına bağlıdır. Eğer  $|C| = 0$  koşulu sağlanıyorsa bu dejenere konik kesittir. Aksi durumda  $C$  matrisinin bir minörü olan  $C_{11} = \begin{bmatrix} a & b/2 \\ b/2 & c \end{bmatrix}$  matrisinin determinantına bakılır:

- $|C_{11}| < 0$  ise  $C$  hiperboldür
- $|C_{11}| > 0$  ise  $C$  elipstir
- $|C_{11}| = 0$  ise  $C$  parabolüdür
- $|C_{11}| = 0$  ve  $a = c$  ise  $C$  çemberdir

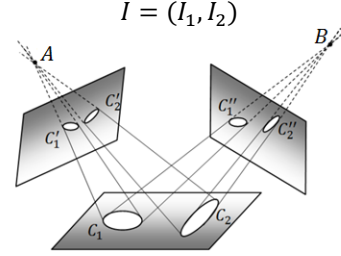
### 3. KONİK KESİTLERİN PROJEKTİF DEĞİŞMEZLİĞİ

Geometrik dönüşüme uğrayan şekillerin bazı özellikleri değişmeden kalabilir. Bu değişmezler (invariant) her dönüşümde farklılık gösterebilir [22]. Örneğin, uzunlukların oranı ve açı özellikleri, benzerlik dönüşümü için değişmez olmalarına rağmen, projektif dönüşüm veya afin dönüşüm için değişmez değillerdir.

Aynı düzleme ait iki konik kesit  $C_1$  ve  $C_2$  değişik bakış açılarından ( $A$  ve  $B$  noktaları, Şekil 3) görüntülediğinde oluşan  $C'_1, C'_2, C''_1$  ve  $C''_2$  konik kesitleri yine konik kesit olarak kalırlar ve bu konik kesitler kullanılarak iki adet değişmez tanımlanabilir. Bu değişmez Şekil 3 ile gösterilmiştir. Bu değişmezler iki eş düzlemsel konik kesitin bağıl değişmezi olarak adlandırılır ve cebirsel olarak (3) ve (4) nolu denklemlerle ifade edilir [22, 23].

$$I_1 = \frac{\text{Trace}(C_2^{-1}C_1) |C_1|}{(\text{Trace}(C_1^{-1}C_2))^2 |C_2|} \quad (3)$$

$$I_2 = \frac{\text{Trace}(C_1^{-1}C_2) |C_1|}{(\text{Trace}(C_2^{-1}C_1))^2 |C_2|} \quad (4)$$



Şekil 3. İki eş düzlemsel konik kesitin değişmezliği.

Tanımlanan bu değişmez nicelik kullanılarak very setindeki her görüntü için bir değişmez işaret üretmek mümkündür ve bu değişmez işaretin her görüntü grubu için farklı olacağı varsayılarak veri setini oluşturan görüntü gruplarının sınıflandırılması için kullanılabilir.

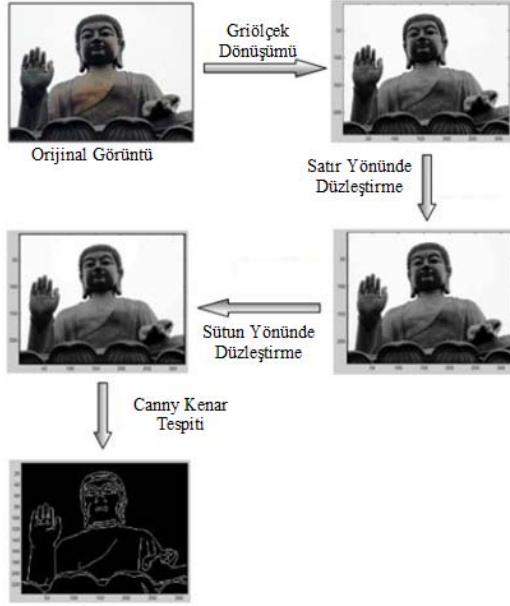
### 4. VERİ SETİNE UYGULANAN ÖN İŞLEMLER

Ön işlemlerin ilk aşaması olarak renkli olan görüntüler gri ölçek görüntüye dönüştürülmüştür. Daha sonra görüntülerdeki gürültüleri elimine etmek veya azaltmak için düzleştirme filtresi uygulanmıştır. Düzleştirme filtresi olarak Gauss filtresi kullanılmıştır. Uygulama esnasında işlem zamanından tasarruf edebilmek için öncelikle görüntülerin satır doğrultusunda, daha sonra da sütun doğrultularında Gauss filtreleri uygulanmıştır. Kullanılan Gauss filtreleri aşağıda verilmiştir:

$$x = [0.05 \ 0.25 \ 0.4 \ 0.25 \ 0.05]$$

$$y = [0.05 \ 0.25 \ 0.4 \ 0.25 \ 0.05]^T$$

Düzleştirilen görüntülerde objelerin sınırlarını tespit etmek amacıyla kenar tanıma işlemi uygulanmıştır. Kenar tanıma metodu olarak Canny kenar tanıma algoritması kullanılmıştır. Canny kenar tanıma algoritmasının kullanılmasının başlıca nedeni düşük hata oranı sunması ve tespit edilen kenar ile gerçekte olması gereken kenar arasındaki uzaklığın minimum olmasıdır[24].Kenar tanıma işlemi sonrasında sadece siyah (0) ve beyaz (1) renklerden oluşan ikili görüntüler elde edilmiştir. Bu görüntülerde beyaz renk tespit edilen kenarları temsil etmektedir. Bu ön işlemler Şekil 4 ile gösterilmiştir.



Şekil 4. Görüntü düzleştirme ve kenar tanıma.

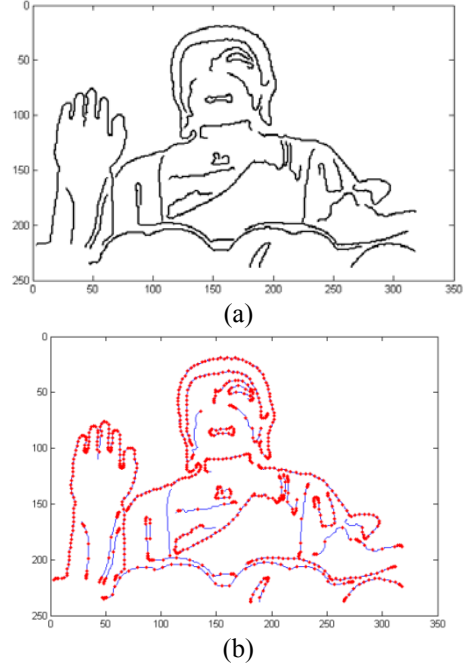
Konik kesitler tespit edilen bu kenarlar üzerine oturtulacağından dolayı kenarların düzenlenmesi gerekir. Bu düzenleme işleminde görüntülerdeki objelerin mümkün olduğunca ana hatlarını ortaya çıkarabilmek için birbirine bağlı olan kenarlar tespit edilmiştir. Bunun yanında, kenarların düzenlenmesi işleminde bağlantı noktaları, kenarın son noktası, uzunluk ve kenarların açık veya kapalı olması da dikkate alınmıştır. Böylece, gürültü olarak adlandırılan bazı kenarlar da elimine edilmiş olacaktır. Şekil 5 kenarların düzenlenmesini göstermektedir.



Şekil 5. (a) Orijinal kenarlar (b) 45 piksel eşik değerine göre düzenlenmiş kenarlar (Her kenar farklı bir renk ile gösterilmiştir).

Kenarlar üzerinde yapılan düzenleme işlemi ile konik kesitlerin oturtulacağı kenarlar uygun bir veri yapısında saklanabilmektedir. Konik kesitlerin hangi kenarlar üzerine oturtulacağı belirlenmiş olsa bile kenarı oluşturan bütün noktalar işleme alınmayacaktır. Bu bağlamda, yine kenarın optimum bir şekilde az sayıda nokta ile ifade edilmesi işlem süresi açısından da önemlidir. Bu amaç doğrultusunda, kenarlar üzerindeki noktalar ampirik eğrilik faktörüne göre yeniden örneklenmiştir. Bu

işlem sonucunda ampirik eğriliğin arttığı yerlerde nokta sayısı artarken, eğriliğin azaldığı yerlerde ise nokta sayısı azalmaktadır. Şekil 6'da yeniden örnekleme işlemine göre noktaların dağılımı gösterilmektedir.

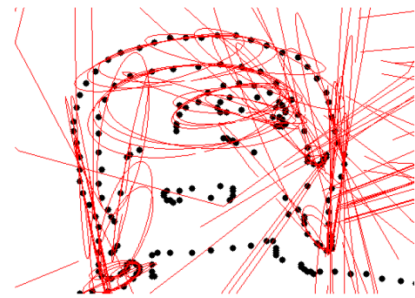


Şekil 6. Eğrilik tabanlı yeniden örnekleme (a). Kenarlar üzerindeki orijinal noktalar (b). Eğriliğe göre yeniden örnekleme.

Kenarları oluşturan noktalar yeniden örneklendikten sonra konik kesitlerin kenarlar üzerine oturtulması işlemi gerçekleştirilmiştir. Konik kesitlerin oturtulması işlemi en küçük kareler kestirimi metodu ile gerçekleştirilmiştir. Böylece verilen  $n$  sayıdaki noktanın hangi konik kesite daha uygun olduğu ve  $h = [a b c d e f]^T$  konik parametreleri aşağıdaki eşitlik yardımıyla (5) bulunmuştur:

$$[x_i^2 x_i y_i y_i^2 x_i y_i 1] h = A_i h = 0 \quad (5)$$

Hesaplamalarda kolaylık ve standart oluşması amacıyla konik kesitin bütün parametreleri, son parametre olan  $f$  ile bölünerek normal hale getirilmiştir. Konik kesitlerin kenarlara oturtma işlemi Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. Kenarlar üzerine oturtulan konik kesitler.

## 5. DEĞİŞMEZ İŞARETİN HESAPLANMASI

Her görüntüye ait değişmez işaretler, görüntüdeki kenarlara oturtulan konik kesitlerin parametre matrisleri (3) ve (4) nolu formüllerde yerine konulması ile hesaplanır. Formüllerde göze çarpan bir özellik, değişmez işaretlerin hesaplanabilmesi için konik kesit çiftlerinin kullanılıyor olmasıdır. Bir görüntüye ait değişmez işaretin hesaplanmasında konik kesit çiftleri sırasıyla, ya da belli bir sistematikte olmadan mümkün olan bütün konik kesit çiftleri kullanılır. Bunun nedeni mevcut bütün konik kesitleri daha bütüncül bir yaklaşımda kullanabilmektir. Bu anlamda bir görüntünün  $M$  adet konik kesit içerdiğini varsayalım. Mümkün olan bütün konik kesit çiftlerinin sayısı  $M$ 'nin  $2$ 'li kombinasyonudur ki bu durumda  $C_2^M = \frac{M!}{2!(M-2)!}$  adet değişmez nicelik o görüntünün değişmez imzasını oluşturmak için kullanılır. Bu arada dikkat edilmesi gereken diğer bir husus ise her görüntünün, hatta aynı görüntü grubuna ait her görüntünün farklı sayıda konik kesit içerebileceğidir. Örneğin, aynı görüntü grubuna ait birinci görüntü 200 konik kesit içeriyorsa değişmez işaret için 19900 adet değişmez nicelik hesaplanırken, 300 konik kesit içeren diğer görüntü 44850 adet değişmez nicelik hesaplanır. Bu durum herhangi bir sorun oluşturmaz çünkü değişmez işaretin hesaplanmasında değişmez niceliklerin sayısı değil dağılımı önemlidir. Bu dağılımı kullanabilmek için her görüntüye ait hesaplanan değişmez nicelikler histogramlarla gösterilmiştir. Değişmez nicelikler negatif veya pozitif olabilir. Bundan dolayı her görüntü için iki adet histogram oluşturulmuştur ve daha sonra tek bir histogramda birleştirilmiştir. Bu histogramlar her görüntünün değişmez işareti olarak kabul edilmiştir. Histogramlarda farklılıkları daha belirgin kullanabilmek için oluşturulan değişmez işaretlere (histogramlara) Gauss eğrisi oturtulmuş ve orijinal histogram ile oturtulan Gauss eğrisinin farkları alınmıştır. Bu işlem Şekil 8'de gösterilmiştir. Yeşil renk orijinal histogramı, mavi renk Gauss eğrisini ve kırmızı renk fark histogramını göstermektedir.

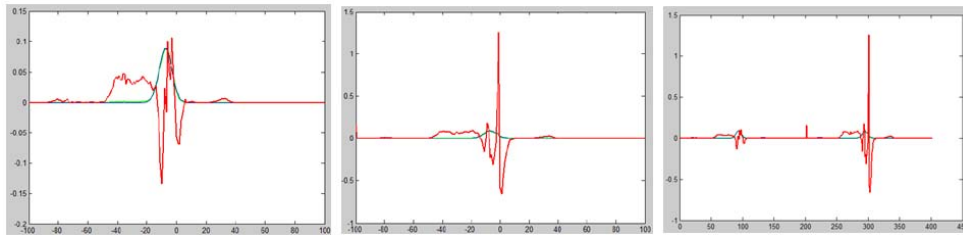
Oluşturulan bu histogramlar her görüntü için farklı olsa da aynı görüntü grubuna ait görüntüler için benzerlik göstermektedir. Buna dayanarak

sınıflandırma işleminde bu histogramlar kullanılacaktır.

## 6. SINIFLANDIRMA İŞLEMİ

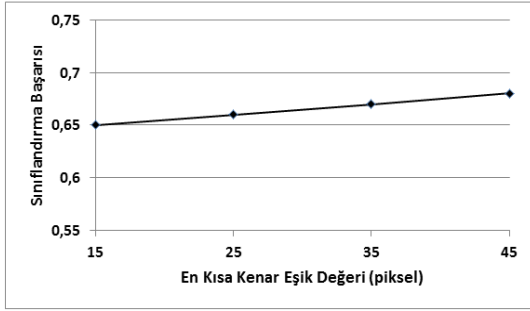
Üretilen değişmez işaretleri sınıflandırmak amacıyla Öklid ve Minkowski uzaklığı gibi deterministik metodlar yerine çok yüksek boyutlu veri yapılarının sınıflandırılmasında daha başarılı sonuçlar veren stokastik bir metod olan Destek Vektör Makinesi (DVM) kullanılmıştır. DVM kontrollü bir sınıflandırma tekniğidir. DVM ile sınıflandırma için veri seti ikiye ayrılır; öğretici küme ve test kümesi. Öğretici kümede yer alan değişmez işaretler kullanıcı tarafından algoritmaya tanıtılır ve bu sayede algoritma test kümesindeki değişmez işaretleri sınıflandırır. DVM, sınıfları ayırmak için verinin bulunduğu uzayda değişim sınıflar arasına ayırtaç fonksiyonlar yardımıyla hiperdüzlemler tanımlar ve farklı sınıflar bu sayede birbirinden ayırt edilir. Bu çalışmada kullanılan DVM,[25] tarafından geliştirilmiş olup veri yapısına uygun olacak halde yeniden düzenlenmiştir.

Sınıflandırmanın başarısını etkileyen birçok parametreler vardır. Bu parametreler değişmez işaretleri etkileyen parametreler ve iterasyon sayısı gibi DVM'ye ait olan parametreler olarak ikiye ayrılabilir. Değişmez işaretleri etkileyen parametreler; en kısa kenar eşik değeri ve konik kesitlerin oturtulması işleminde belirlenen nokta sayısıdır. Bu parametrelerin en önemlisi en kısa kenar eşik değeridir çünkü görüntüdeki objeler kenarlar ile temsil edilir. Eğer bu eşik değeri çok kısa seçilirse gürültü olan kenarlar modellenerek hataya neden olacak ve dejenere konik kesitlerin sayısı artacaktır. Aynı şekilde eşik değeri çok uzun seçilirse objelerin en dış sınırında kayıplar olacağı için yine bu şekilde modelleme hatalarına neden olacaktır. En kısa kenar eşik değerinin sınıflandırma üzerindeki etkisi Şekil 9'da, iterasyon sayısının etkisi ise Şekil 10'da gösterilmiştir. Şekil 9 ve Şekil 10'da gösterildiği gibi parametreler arttırıldıkça sınıflandırma başarısının arttığı gözlenmektedir fakat belli bir noktada parametrelerin arttırılmamaları gerekir. En kısa kenar eşik değeri 45 pikselden daha uzun tutulduğu zaman şekillerin ana hatlarını oluşturan kenarlarda kayıplar oluşmaktadır.

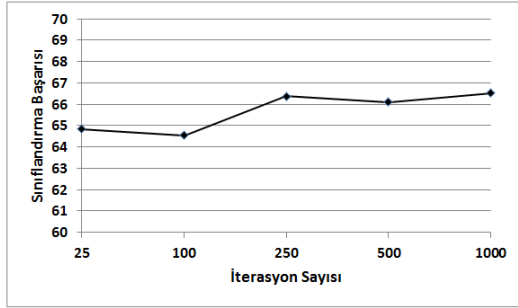


Şekil 8. Değişmez işaretlerin oluşturulması (a) Negatif değişmez işaret (b) Pozitif değişmez işaret (c) Birleştirilmiş değişmez işaret.

İterasyon sayısının artması hem işlem süresi açısından, hem de DVM' de fazla eğitim(over training) oluşmasını sağlamış, dolayısıyla parametreler belli bir noktadan sonra arttırılmamıştır.

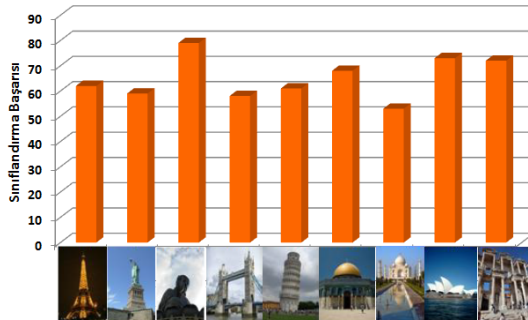


Şekil 9. En kısa kenar eşik değerinin sınıflandırmaya etkisi.



Şekil 10. İterasyon sayısının sınıflandırmaya etkisi.

Şekil 11'de her görüntü grubunun sınıflandırma performansı verilmiştir. Burada her görüntü grubunun sınıflandırma performansının aynı olmadığı gözlenmektedir. Bunun başlıca nedeni dejenere koniklerdir. Dejenere koniklerin determinantları 0 olduğu için değişmez işaretlerin hesaplanması aşamasında değer olarak 0 veya tanımsız değerler ortaya çıkar. Bu durumda dejenere konik kesitler dikkate alınmadığı için şekillerin konik kesitler cinsinden ifadesinde eksiklikler oluşmaktadır. Bir diğer husus ise objelerin etrafında görünen ve bu çalışma için gürültü olarak adlandırabileceğimiz nesnelere (ağaç, insan, bulut, vb.) objelerin en dış sınırlarının tanınmasını engellemesidir.



Şekil 11. Görüntü gruplarının sınıflandırma performansı.

## 7. SONUÇLAR

Bu çalışmada kullanılan veri setinin zorluğu ve kullanılan yaklaşım literatürde önemli bir yer almaktadır. Çünkü görüntü gruplarının sınıflandırılması amacıyla yukarıda sözü edilen geometrik özellikler ilk defa gerçek görüntülerin oluşturduğu bir veri setine uygulanmıştır. Yapılan çalışma görüntü içerisinde bulunan nesnelere konik kesitler cinsinden ifade edilebileceğini ve görüntünün tümünü konik kesitlerden elde edilen bir histogram ile ifade etmenin mümkün olacağını ortaya koymaktadır.

Genel olarak sınıflandırma başarıları %65'dir. Bu oran dejenere konik kesitlerin ve dejenere olmayan konik kesitlerin ayrı ayrı dikkate alınması ile geliştirilebilir. Ayrıca, DVM çok yüksek boyutlu verilerde kullanılabilmesine rağmen sınıflandırma işlemi için özellikle yüksek boyutlu veri yapıları için geliştirilen sınıflandırma teknikleri başarı oranını yükseltebilir.

## 8. KAYNAKLAR

- [1] Rui, Y., Huang, S., Chang, S.F., (1999), "Image Retrieval: Current Techniques, Promising Directions, and Open Issues", *Journal of Visual Communication and Image Representation*, Vol.10, No.1 ,pp.39-62.
- [2] Stricker, M., Orengo, M., (1995), "Similarity of Color Images", *Storage and Retrieval for Image and Video Databases (SPIE)'95Konferansı*, CA, ABD,pp.381-392.
- [3] Swain, M.J., Ballard, D.H., (1991), "Color Indexing", *International Journal of Computer Vision*, Vol. 7 No. 1 pp. 11-32.
- [4] Niblack, W., Barber, R., Equitz, W., Flickner, M., Glasman, E., Petkovic, D., Yanker, P., Faloutsos, C., Taubin, G., (1993) "The QBIC Project: Querying Images by Content, Using Color, Texture, and Shape", *Storage and Retrieval for Image and Video Database (SPIE)*, Vol. 1908, pp. 173-187.
- [5] Smith, J.R., Chang, S.F., (1996), "Tools and Techniques for Color Image Retrieval", *IS&T/SPIE*, Vol.2670, pp. 426-437.
- [6] Deng, Y., Manjunath, B. S., Kenney, C., Moore, M. S., Shin, H., (2001), "An Efficient Color Representation for Image Retrieval", *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 10, No. 1, pp. 140-147.
- [7] Ma, W. Y., Manjunath, B. S., (1997), "Edge Flow: A Framework for Boundary Detection and Image Segmentation", *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.744-749.

- [8] GimelFarb, G. L., Jain, A. K., (1996), "On Retrieving Textured Images From an Image Database", *Pattern Recognition*, Vol. 29, No.9, pp. 1461-1483.
- [9] Carter, P. H., (1991), "Texture Discrimination Using Wavelets", *SPIE Applications of Digital Image Processing XIV*, Vol. 1567, pp. 432-438.
- [10] Manjunath, B. S., Ma, W. Y., (1996), "Texture Features for Browsing and Retrieval of Image Data, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence", Vol. 18, No. 8, pp. 837-842.
- [11] Choi, H., Baraniuk, R. G., (1999), "Multiscale Image Segmentation Using Wavelet-Domain Hidden Markov Models", *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 10, pp. 1309-1321.
- [12] Do, M. N., Vetterli, M., (2002), "Wavelet-Based Texture Retrieval Using Generalized Gaussian Density and Kullback-Leibler Distance", *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 11, No.2, pp. 146-158.
- [13] Li, C. S., Castelli, V., (1997), "Deriving Texture Feature Set for Content – Based Retrieval of Satellite Image Database", *ICIP 97 Konferansı*, Washington DC, ABD , pp: 576-579.
- [14] Randen, T., Husoy, J. H., (1999), "Filtering for Texture Classification: A Comparative Study, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence", Vol. 21, No.4, pp. 291-310.
- [15] Zhang, D., Wong, A., Indrawan, M., Lu, G., (2000), "Content Based Image Retrieval Using Gabor Texture Features", *IEEE Transactions PAMI*, pp.13-15.
- [16] Fu, X., Li, Y., Harrison, R., Belkasim, S., (2006), "Content Based Image Retrieval Using Gabor-Zernike Features", *ICPR 06 Konferansı*, Hong Kong, pp. 417-420.
- [17] Datta, R., (2008), "Image Retrieval: Ideas, Influences, and Trends of the New Age", *ACM Computing Surveys*, Vol.40, No.2, pp.1-60.
- [18] Zahn, C. T., Roskies, R. Z., (1972), "Fourier Descriptors for Plane Closed Curves", *IEEE Transactions on Computer*, Vol. 21, No. 3, pp. 269-281.
- [19] Persoon, E., Fu, K. S., (1977), "Shape Discrimination Using Fourier Descriptors", *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics*, SMC- Vol. 7, No.3, pp. 170-179.
- [20] Hu, M. K., (1962), "Visual Pattern Recognition by Moment Invariants, Computer Methods in Image Analysis", *IRE Transactions on Information Theory*, Vol. 8.
- [21] Yang, L., Albrechtsen, F., (1994), "Fast Computation of Invariant Geometric Moments: A New Method Giving Correct Results", *12th IAPR International Conference on Computer Vision & Image Processing*, Kudüs, İsrail, pp. 201-204.
- [22] Mundy, J. L., Zisserman, A., (1992), "Geometric Invariance in Computer Vision", (Cambridge, MA, USA: MIT Press).
- [23] Srestasathiern, P., (2008), "View Invariant Planar – Object Recognition", *Yüksek Lisans Tezi*, The Ohio State University.
- [24] Maini, R., Aggarwal, H., (2009), "Study and Comparison of Various Image Edge Detection Techniques", *International Journal of Image Processing*, 3(1),1-12.
- [25] ParisS,2009, <http://www.mathworks.com/matlabcentral/fileexchange/22997-Multiclass-Gentleleadaboosting>, (13.09.2012).
- [26] <http://math2.org/math/algebra/conics.htm>, (1.10.2012).

## ÖZGEÇMİŞLER

### Mustafa ÖZENDİ

1983 yılında Erzincan'da doğmuştur. 2006 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'nden lisans, 2010 yılında Ohio State Üniversitesi, İnşaat, Çevre ve Jeodezi Mühendisliği Bölümü'nden yüksek lisans mezunu olmuştur. Halen doktora eğitimine Bülent Ecevit Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'nde devam etmektedir.

### Doç. Dr. Alper YILMAZ

1997 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nden lisans, 1999'da aynı bölümden yüksek lisans, 2001 yılında University of Central Florida, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nden yüksek lisans ve 2004 yılında aynı bölümden doktora mezunu olmuştur. Halen Ohio State Üniversitesi, İnşaat, Çevre ve Jeodezi Mühendisliği Bölümü'nde öğretim üyesi olarak çalışmaktadır. Bilgisayarla görme ve uygulamaları, 3D görsel navigasyon, videolar ile grup aktivitelerinin tanınım modellenmesi ve görüntü anlama konularında araştırmalar yapmaktadır.