

ZERNİKE MOMENT DEĞİŞMEZLERİ İLE POZDAN BAĞIMSIZ YÜZ TESPİTİ

MULTIPOSE FACE DETECTION USING ZERNİKE MOMENT INVARIANTS

Ali Karaali, Çiğdem Eroğlu Erdem*

Sezer Ulukaya

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bahçeşehir Üniversitesi
{ali.karaali,cigdem.eroglu}@bahcesehir.edu.tr

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
Bahçeşehir Üniversitesi
sezer.ulukaya@bahcesehir.edu.tr

ÖZETÇE

İmge üzerindeki yüz bölgelerinin tespit edilebilmesi için yeni bir yöntem öneriyoruz. Önerilen yöntem, ten rengi bölütlemesi ile elde edilen imge üzerindeki bölgelerden dönme, öteleme ve ölçeklendirme gibi geometrik dönüşümlerden etkilenmeyen moment değişmezlerine dayalı öznelik vektörlerinin çıkarılıp, istatistiksel bir modele dayalı olarak eğitilmesine dayanmaktadır. Önerilen yöntemin literatürdeki metodlardan üstünlüğü, imgedeki yüz bölgelerinin ön cepheden olmadığı durumlarda da yüz konumunu kişiden bağımsız bir biçimde tespit edebilmesidir. CVL veritabanı üzerinde yapılan deneylerde, önerilen yöntem, doğru bulma oranı açısından yaygınca kullanılan Viola-Jones yüz konum tespiti metodundan daha iyi sonuçlar vermektedir.

ABSTRACT

We propose a new efficient technique for localization of faces in arbitrary images. The technique is based on segmentation of images into skin colored blobs, which is followed by computation of scale, translation and rotation invariant moment-based features to learn a statistical model of faces and non-face regions. The superiority of the method to the state-of-the-art face detection methods is its ability to detect non-frontal faces in a person independent way. Experimental results on CVL database show that the proposed algorithm gives higher true positive rates as compared to the well-known Viola-Jones face detector.

1. GİRİŞ

İmge ve video çerçevelerinde yüz konum tespiti bir çok uygulamanın ön evresi konumundadır. Bu uygulamalar genellikle yüze ait özneliklerin kullanıldığı, güvenlik amaçlı izleme, yüz tanıma, yüze ait duyguların tespiti vb. uygulamalardır.

Literatürde bu başlık altında bir çok yeni yöntem önerilmiştir ve bunların kısa bir özeti [1] makalesinde bulunabilir. Yüz bulma yöntemleri en genel anlamda; bilgi tabanlı, öznelik tabanlı, şablon tabanlı ve görünüm tabanlı olmak üzere 4 farklı başlık altında toplanabilir [1]. Fakat tüm bu başlıklar altında toplanan yöntemlerin genel problemi, imge üzerinde yüz konum bölgesi tespiti yapılabilmesi için belirli boyutlarda kayan pencere yaklaşımı uygulamalarıdır. Doğal olarak bu kayan pencereler genellikle yüze ait olmayan bölgeleri test etmekte ve bu da yüze ait olmayıp da yüz olarak bulunan bölgelerde artışa sebep olmaktadır. Bu problemin çözümüne yönelik olarak, [4] referanslı makalede ten rengi bulma

yöntemi kullanılmış ve aslında yüz olmadığı halde yüz bölgesi olarak bulunan bölgeler elenmiştir.

Yüz konum tespiti yöntemleri arasında öğrenme tabanlı yöntemler oldukça başarılı sonuçlar üretmektedir. Örneğin literatürde yaygınca kullanılan Viola Jones yüz konum tespiti yöntemi, siyah beyaz imgeler üzerinde yüz konumu tespiti bakımından oldukça başarılı sonuçlar vermektedir [5]. Fakat Viola Jones yöntemi imgeler üzerinde yüz konum tespitini sadece ön cepheden çekilmiş yüz bölgeleri üzerinde yapabilmektedir, bu da yatay düzlemde ± 15 derece, derinlik düzleminde ± 45 derece olan yüz imgelerini tespit edememesiyle sonuçlanmaktadır [5].

Bu çalışmada yüz görüntüsünün karşıdan olmadığı durumlar için de başarıyı yüksek olan bir yüz konum bulma metodu önerilmiştir. Önerilen yöntem, ten rengi bölütlemesiyle elde edilen imge üzerindeki bölgelerinden, moment değişmezlerinin hesaplanıp, istatistiksel olarak eğitilmesine dayanmaktadır. Bildirinin 2. bölümünde yüze ait özneliklerin hangi yöntemlerle çıkarıldığı, 3. bölümde önerilen metodun ayrıntıları sunulmuştur. 4. bölümde ise deneysel sonuçlar irdelenip, 5. bölümde sonuçlar tartışılmıştır.

2. YÜZE AİT ÖZNETELİKLERİN ÇIKARILMASI İÇİN İZLENEN YÖNTEMLER

2.1. Ten Rengi Bölütlemesi

Ten rengi insan ile ilgili birçok uygulamada kullanılmaktadır. Bunun en temel nedeni geometrik varyasyonlardan oldukça az etkileniyor olması ve karakteristik bir özelliğe sahip olmasıdır.

2.1.1. Yöntem 1

Yapılan deneysel çalışmalar göstermiştir ki insana ait ten rengi pikselleri kayda değer bir seviyede kırmızı rengi tonları içermektedir. Bu gözleme dayanarak renkli imgeler üzerinde yapılan eşik değer tespiti ile ten rengi bölütlemesi şu şekilde yapılmaktadır.

Eğer kırmızı (K), yeşil (Y) ve mavi (M) piksel değerleri;

$$\begin{aligned} K > 95 \text{ ve } Y > 40 \text{ ve } M > 20 \\ maks(K, Y, M) - \min(K, Y, M) > 15 \\ |K - Y| > 15 \text{ ve } K > Y \text{ ve } K > M \end{aligned} \quad (1)$$

koşullarını sağlıyorsa ten rengi olarak kabul edilmektedir [6].

2.1.2. Yöntem 2

Ten rengi tespiti için kırmızı, yeşil ve mavi renk uzaylarında eşik değerler kullanan bir başka yöntem de, [7] referanslı makalede anlatılmaktadır. Bu yöntemdeki ten rengi modeli 64

* Bu bildirideki çalışmalar TÜBİTAK – EEAG tarafından 110E056 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

** The face images used in this work have been provided by the Computer Vision Laboratory, University of Ljubljana, Slovenia.

[1][2]

farklı etnik kökendeki insanların farklı ışıklandırma koşulları altında çekilmiş imgelerinden toplam 800000 piksele varan veriden çıkarılmıştır. Çıkarılan bu modele göre bir pikselin ten rengi olarak kabul edilebilmesi için (2)'yi sağlaması gerekmektedir.

$$K > 75 \text{ ve } 20 < K - Y < 90 \text{ ve } \frac{K}{Y} < 2.5 \quad (2)$$

2.1.3. Bayes yöntemi ile ten rengi bölütlemesi

Bu yaklaşımda ten rengi dağılımı, doğruluk tablosu bilinen bir veritabanından elde edilen ten rengi ve ten rengi olmayan piksellerin histogramları üzerinde Bayes tabanlı bir olasılıksal hesaba dayanmaktadır [8]. Bu metodda histogramlar Compaq ten rengi veritabanı kullanılarak oluşturulmuştur [9].

Bayes kuralı kullanılarak olasılıksal hesap yapılabilmesi için öncelikle her iki histogram üzerinden koşullu olasılık değerleri hesaplanmıştır.

$$P(KYM|ten) = \frac{t[KYM]}{T_t} \quad (3)$$

$$P(KYM|\sim ten) = \frac{d[KYM]}{T_d} \quad (4)$$

(3) 'te geçen $t[KYM]$ ten rengine sahip pikseller içinde KYM değerine sahip piksellerin sayısı, $d[KYM]$ ise ten rengi olmayan pikseller içinde KYM değerine sahip piksellerin sayısıdır. T_t ve T_d ise sırasıyla ten rengi ve ten rengi olmayan piksellerin histogramında ki toplam piksel sayılarıdır. İlgili koşullu olasılık değerleri hesaplandıktan sonra, bir piksel değerinin ten rengi olup olmadığının kararı Bayes kuralından çıkarılmıştır;

$$P(ten|KYM) = \frac{P(KYM|ten)P(ten)}{P(KYM|ten)P(ten)+P(KYM|\sim ten)P(\sim ten)} \quad (5)$$

Eğer $P(ten|KYM)$ koşullu olasılık değeri daha önce belirlenen belirli bir eşik değerden fazla ise bu piksel değeri ten rengi olarak kabul edilmektedir.

2.2. Şekil Tanımlayan Öznitelikler

Şekil tanımlayan öznitelikler; verilen bir şekil üzerinde, o şekili en iyi şekilde temsil eden sayılar kümesinin çıkarılmasıdır [10]. Bu amaç altında 9 adet şekil öznitelik vektörü kullanılmıştır.

- Kuşatan kutu en-boy oranı: Verilen şekile oturtulmuş dikdörtgenin uzun kenarının, kısa kenarına oranı.
- Dışmerkezlilik: Verilen şekile oturtulmuş elipsin, bir çembere ne ölçüde benzediğini gösteren oran.
- Euler sayısı: Bir bölge içerisinde, birbirine bağlı olan bölgelerin toplam sayısının, o bölge içindeki toplam boşluklardan farkı.
- Kaplam: Verilen şeklin alanı ile o şekile oturtulmuş dikdörtgenin alanının oranı.
- Dışbukeylik: Bir şeklin ne ölçüde konveks ne ölçüde konkav olduğunun tanımlayan ölçü.
- Yuvarlaklık: Şekil üzerine oturtulan elipsin major aksinin, minor aksisine oranı.
- Merkez noktası: Şekil üzerine oturtulan dikdörtgenin merkez noktasının, şeklin merkez noktasına x ve y aksilerine göre öklid uzaklığı.

2.3. Moment Değişmezleri

Çıkardığı öznitelik vektörlerinin dönme, öteleme ve ölçeklendirmeden bağımsız olması, moment değişmezlerini bilgisayarlı görü alanında bir çok uygulamada kullanımına teşvik etmiştir. Moment değişmezleri verilen imge üzerinde, piksel değerlerinin belirli bir bölge üzerindeki ağırlıklı ortalamasından ya da belirli bir fonksiyonundan imgeye ait hem global hem de lokal bilgi vermektedir.

2.3.1. Geometrik (Hu) Moment Değişmezleri

Geometrik momentler, $\varphi_{pq} = x^p y^q$ temeline dayanan ve dik olmayan en temel moment kümesidir. İki boyutlu ve $f(x, y)$ olarak temsil edilen bir $M \times N$ boyutlu bir imge fonksiyonunun $(p+q)$ 'uncu dereceden momenti m_{pq} , şu şekilde hesaplanır;

$$m_{pq} = \sum_x \sum_y x^p y^q f(x, y) \quad p, q = 0, 1, 2 \dots \quad (6)$$

Bunlara karşılık gelen merkezi momentler;

$$\mu_{pq} = \sum_x \sum_y (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) \quad p, q = 0, 1, 2 \dots \quad (7)$$

şeklinde tanımlıdır. (7)'deki \bar{x} ; $\bar{x} = m_{10}/m_{00}$ ve \bar{y} ise $\bar{y} = m_{01}/m_{00}$ formüllerinden hesaplanmaktadır. Normalize edilmiş merkezi momentler ise η_{pq} ile gösterilmekte olup, $\eta_{pq} = \mu_{pq}/\mu_{00}^{\gamma}$ şeklinde hesaplanır. Buradaki $\gamma = (p + q)/2 + 1$ dir ve $p + q = 2, 3, \dots$ dir. Daha sonra 2. ve 3. momentlerden 7 tane moment değişmez kümesi türetilmiştir [11].

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \eta_{20} + \eta_{02} \\ \phi_2 &= (\eta_{20} + \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \\ \phi_3 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} - \eta_{03})^2 \\ \phi_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \\ \phi_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12}) \\ &\quad [(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\ &\quad (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\ \phi_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\ &\quad 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\ \phi_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12}) \\ &\quad [(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] + \\ &\quad (3\eta_{12} - \eta_{30})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\ &\quad [3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2]. \end{aligned} \quad (8)$$

Geometrik moment değişmezleri nesne tanımlanmasından, yeniden oluşturulmasına kadar bilgisayarla görünümün bir çok alanında kullanılmıştır.

2.3.2. R Moment Değişmezleri

Geometrik momentlerden türetilerek elde edilen R momentleri, Geometrik momentlerin ayrık zamanlı işaretler üzerinde, ölçek değişimine karşı duyarlılığı azaltmak için önerilmiştir [12]:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{\sqrt{\phi_2}}{\phi_1}, & R_2 &= \frac{\phi_1 + \sqrt{\phi_2}}{\phi_1 - \sqrt{\phi_2}}, & R_3 &= \frac{\sqrt{\phi_3}}{\sqrt{\phi_4}} \\ R_4 &= \frac{\sqrt{\phi_3}}{\sqrt{|\phi_5|}}, & R_5 &= \frac{\sqrt{\phi_4}}{\sqrt{|\phi_5|}}, & R_6 &= \frac{|\phi_6|}{\phi_1 \phi_3} \\ R_7 &= \frac{|\phi_6|}{\phi_1 \sqrt{|\phi_5|}}, & R_8 &= \frac{|\phi_6|}{\phi_3 \sqrt{|\phi_2|}}, & R_9 &= \frac{|\phi_6|}{\sqrt{\phi_2} |\phi_5|}, & R_{10} &= \frac{|\phi_5|}{\phi_3 \phi_4}. \end{aligned} \quad (9)$$

2.3.3. Zernike Moment Değişmezleri

Geometrik ve R momentlerinin aksine Zernike momentleri dik bir fonksiyon temel kümesini kullanmaktadır ve bu sayede, Zernike momentler üzerinden yapılan geri çatma işlemleri daha yüksek başarımlı sonuçlar üretmektedir [11]. Verilen bir imge üzerinde Zernike momentlerinin hesaplanması 3 kısımdan oluşmaktadır. İlk adım dairesel çok terim katsayısının hesaplanması, ikinci adım Zernike taban fonksiyonlarının hesaplanması ve son adım da imgenin bu fonksiyonlar üzerine izdüşümünün bulunarak Zernike momentlerinin elde edilmesidir.

Zernike momentlerinin ilk adımı olan dairesel çok terim katsayısı;

$$R_{nm}(\rho) = \sum_{s=0}^{(n-|m|)/2} c(n, m, s) \rho^{n-2s} \quad (10)$$

şeklinde tanımlanmıştır. Daha sonra dairesel çok terimlilik kullanılarak birim çember üzerinde 2 boyutlu kompleks Zernike temel fonksiyonları şu şekilde tanımlanır;

$$\int_0^{2\pi} \int_0^1 V_{nm}^*(\rho, \theta) V_{pq}(\rho, \theta) \rho d\rho d\theta = \begin{cases} \frac{\pi}{n+1} & \text{eğer } n = p, m = q \\ 0 & \text{diğer durumlar} \end{cases} \quad (11)$$

Son olarak n. dereceden m tekrarlı kompleks Zernike momentleri;

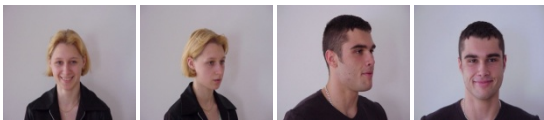
$$Z_{nm} = \frac{n+1}{\pi} \int_0^{2\pi} \int_0^1 f(\rho, \theta) V_{nm}^*(\rho, \theta) \rho d\rho d\theta \quad (12)$$

şeklinde tanımlanmıştır.

3. YÜZ KONUM TESPİTİ

Bildirinin bir önceki bölümünde anlatılan moment ve şekil tabanlı öznelilik çıkarma yöntemlerinin bir çok geometrik varyasyona karşı gürbüz oluşu, bizleri bu yöntemlerin yüz konum tespitinde kullanılmaya teşvik etmiştir. Önerilen yöntem, yüzün bu öznelilikleri kullanılarak diğer ten rengi bölgelerinden ayır edilebileceği üzerine kurulmuştur.

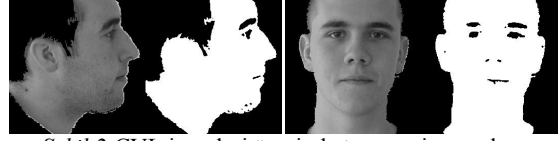
Yöntem, verilen bir imge üzerinde ten rengi bölgelerinin bölütlemesiyle başlayıp, daha sonra bölütlenen bu ten rengi bölgelerinden çıkarılan öznelilik vektörlerinin literatürde yaygınca kullanılan sınıflandırıcıların istatistiksel olarak eğitimine dayanmaktadır. Kullanılan sınıflandırıcıların eğitim kümesi yüze ait olanlar ve yüze ait olmayanlar olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Yüze ait olan öznelilik vektörleri, CVL veritabanındaki imgeler üzerinde yapılmıştır [1][2]. CVL veritabanında toplam 114 kişiye ait 979 imge bulunmaktadır. Kişilere ait imgeler ön cepheden, profile kadar farklı açılarda olup değişik yüzsel ifadeler içermektedir (Şekil 1) ve arka planlarında hiç bir gürültü içermemektedirler.



Şekil 1: CVL veritabanına ait bazı örnek imgeler

CVL veritabanındaki imgeler üzerinden eğitim kümesinde kullanılmak üzere çıkarılan öznelilikler, ten rengi bölütlemesi ile elde edilen bölgelerin en büyük alana sahip olanları üzerine

en küçük kuşatan kutu oturtulması ile elde edilen bölgeler üzerinden çıkarılmıştır. Bazı örnek ten rengi bölütlenme sonuçları Şekil 2 'de gösterilmiştir.



Şekil 2: CVL imgeleri üzerinde ten rengi sonuçları

Şekil 2'deki imgeler üzerinde en küçük kuşatan kutu bulunduktan sonra, sol taraftaki imgelerden moment, sağ taraftaki imgelerden şekil öznelilikleri çıkarılmıştır.

Diğer bir taraftan, yüze ait olmayan eğitim kümesi için iki farklı imge kümesi kullanılmıştır. Birinci imge kümesi, aslında ten rengi içermeyen ama bölütleme sonucu ten rengi olarak tespit edilen imgeler; ikinci imge kümesi ise, ten rengi içeren ama bu ten rengi içeren pikseller yüze ait değil de el, kol, bacak vs. gibi diğer insan organlarına ait imgelerdir. Bu eğitim kümesinin birinci bölümündeki imgeler Compaq [9] ten rengi veritabanından, ikinci bölümündeki imgeler ise kişisel fotoğraf albümlerinden alınmıştır.



Şekil 3: Yüze ait olmayan eğitim kümesinin 1. Bölümünü oluşturan imgeler



Şekil 4: Yüze ait olmayan eğitim kümesinin 2. bölümünü oluşturan imgeler

4. DENEYLER

Eğitim kümesinin tamamı oluşturulduktan sonra, bir önceki bölümde bahsedilen öznelilik çıkarma yöntemlerinin başarımları, farklı sınıflandırıcılar kullanılarak CVL veritabanı üzerinde *Bir Kişiyi Dışarıda Bırak* yöntemi ikili sınıflandırma yapılmıştır (imgede yüz var ya da yok). Bu yöntemde her bir kişi eğitim kümesinden, test kümesi olarak kullanılmak üzere çıkarılarak kişiden bağımsız bir yüz bulma metodu amaçlanmıştır. Bu görev için kullanılan sınıflandırıcılar, Doğrusal Bayes (DB), Doğrusal Olmayan Bayes (DOB), K-En Yakın Komşu Sınıflandırıcısı (Knn), Karar Ağacı (KA) ve Destek Vektör Makinalarıdır (DVM). Aşağıdaki tablolar moment öznelilikleri ile elde edilen yüz bulma oranlarını göstermektedir. Tablolardaki M1 1., M2 2. ten rengi bulma yöntemini, BM1 ve BM2 'de 0.1 ve 0.2 eşik değerleri ile Bayes ten rengi bulma metodunu temsil etmektedir.

Tablo 1: Geometrik momentlerle yüz bulma oranı

	Geometrik moment öznelilikleri			
	M1	M2	BM1	BM2
	Doğru bulma oranı (%)			
DB	71.8	69.7	72.5	71.8
DOB	89.4	86.0	90.3	87.2
Knn-3	86.4	81.4	86.8	84.0
KA	73.9	70.6	76.9	74.0
DVM	81.1	74.7	84.5	84.1

Tablo 2: R momentlerle yüz bulma oranı

R moment öznelikleri				
	M1	M2	BM1	BM2
Bulma Oranı (%)				
DB	76.6	71.8	79.0	79.1
DOB	92.8	93.4	93.2	88.9
Knn-3	85.6	78.9	84.8	83.9
KA	65.2	62.8	67.3	66.4
DVM	83.1	78.5	85.8	83.5

Tablo 3: Zernike momentlerle yüz bulma oranı

Zernike moment öznelikleri				
	M1	M2	BM1	BM2
Bulma Oranı (%)				
DB	88.3	83.4	89.9	85.5
DOB	92.3	88.0	91.7	88.2
Knn-3	95.6	91.0	95.9	92.0
KA	76.0	72.8	79.7	70.7
DVM	90.9	85.5	91.5	85.9

Tablo 1, ten rengi bölütlemesi sonrası elde edilen bölgelerden geometrik moment öznelikleri çıkarılıp, sınıflandırıcıların eğitiminde kullanılması sonucu yüz konum bölgesini bulma oranlarını göstermiştir. Geometrik moment sonuçlarına baktığımızda, maksimum yüz bulma oranı Bayes yöntemi ile ten rengi bölütlemesi kullanılarak, doğrusal olmayan Bayes sınıflandırıcısında elde edilmiştir (%90.3). R moment sonuçlarının gösterildiği Tablo 2’de ise maksimum yüz bulma oranı 2. ten rengi bölütleme metodu kullanılarak elde edilen bölgelerin yine doğrusal olmayan Bayes sınıflandırıcısının eğitiminde kullanılmasıyla elde edilmiştir (%93.4). Zernike momentleri ise en yüksek başarımını Knn-3 sınıflandırıcısı ile Bayes yöntemi ten rengi bölütleme methodunda vermiştir (%95.9). Moment öznelikleri kullanılarak yapılan yüz konum bulma yöntemlerinde en başarılı öznelilik çıkarma yöntemi, ortogonal olan temel fonksiyonları sayesinde daha az gereksiz bilgi taşıyan ve gürültü duyarlılığı diğer momentlere oranla daha az olan Zernike momentleri ile elde edilmiştir.

Başarımı artırmak için bildiriye kullanılan bir diğer yöntem de moment öznelikleri ile şekil tanımlayan özneliklerin birleştirilmesidir. Tablo 4’ te birleştirilen özneliklerin yüz konum bulma sonuçları gösterilmektedir.

Tablo 4: Birleştirilmiş öznelik vektörlerinin sonuçları

	DB	Knn-3	KA
Bulma Oranı (%)			
Geometrik + şekil ö.	91.77	94.98	86.82
R + şekil ö.	92.97	94.98	83.93
Zernike + şekil ö.	89.96	95.98	85.69

Birleştirilme sonucu elde edilen sonuçlara baktığımızda geometrik ve R momentlerinin başarımı artmasına rağmen Zernike momentlerinde çok büyük bir değişiklik gözlenmemiştir. Aynı veritabanı üzerinde yaygınca bilinen Viola Jones yüz konum bulma metodunu kullandığımızda elde edilen doğru yüz bulma oranını ise %43.03 tür. Bunun nedeni Viola Jones metodunun sadece ön cepheden imgeler üzerinde yüksek başarılı çalışabilmesidir ki CVL veritabanında bir çok imge ön cepheden çekilmemiştir.

5. SONUÇLAR

Bu bildiriye verilen bir imge üzerinde yüz konumunun bulunması için bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntem yüzün ön cepheden çekilmediği durumlarda da yüz konumunu tespit edebilmektedir. Yöntem, ten rengi bölütlemesi ile elde edilen bölgelerde moment değişmezlerine dayalı öznelik vektörlerinin çıkarılıp, istatistiksel olarak sınıflanmasına dayanır. CVL veritabanı üzerinde Hu, R, ve Zernike moment değişmezleri karşılaştırılmış ve Zernike momentlerinin en iyi sonuçları verdiği görülmüştür.

6. KAYNAKÇA

- [1] Solina F., Peer P., Batagelj B., Juvan S., Kovac J., “Color based face detection in the ’15 seconds of face’ art installation”, In: *Mirage 2003, Conference on Computer Vision / Computer Graphics Collobration for Mode-Based Imaging, Rendering, Image Analysis and Graphical special Effects*, March 10-11 2003, INRAA Rocquencourt, France Wilfried Philips, Rocquencourt, pp. 38-47, 2003.
- [2] Peer P., CVL Face Database: <http://www.lrv.fri.uni-lj.si/facedb.html>.
- [3] Zhang C., Zhang Z., “A survey of recent advances in face detection”, *Tech. Report*, Microsoft Research, 2010.
- [4] Erdem C.E., Ulukaya S., Karaali A., Erdem A.T., “Combining haar features and skin color based classifiers for face detection”, *IEEE 36th International Conference on Acoustic, Speech and Signal Processing (ICASSP 2011)*, Prague, May 22-2, 2011.
- [5] Viola P., and Jones M., “Robust real-time face detection”, *Int. J. Of Computer Vision*, vol. 57, no. 2, pp. 137-154, 2004.
- [6] Peer P., Kovac J., Solina F., “Human skin color clustering for face detection”, *Int Conf. On Comp., EUROCON*, 2003
- [7] Haj M.A., Bagdanov A.D., Gonzales J., Roca X.F., “Robust and efficient multipose face detection using skin color segmentation”, *IbPRIA '09 Proceedings of the 4th Iberian Conference on Pattern Recognition and Image Analysis*, 2009.
- [8] Brand J. and Mason J., “A comparative assessment of three approaches to pixel level human skin detection”, In *Proc. of the International Conference on Pattern Recognition*, vol. 1, pp. 1056-1059, 2000.
- [9] John M. and Rehg J., “Compaq skin database”, <http://www.crl.research.digital.com/publications/techreports/a/abstract/98=11/html>
- [10] Mingqiang Y., Kiyido K., Joseph R., “A survey of shape feature extraction techniques”, *Pattern Recognition, Peng-Yeng Yin (Ed.)*, pp. 43-90, 2008.
- [11] Zitova B., Suk T., Flusser J., “Moment and moment invariants in pattern recognition”, *John Willey*, 2009.
- [12] Fang C.Y., Lin H.W., Chen S.W., “An infant facial expression recognition system based on moment feature extraction”, *International Conference on Computer Vision Theory and Applications, VISAPP*, 2010.