

ÖZYÜZ YÖNTEMİ İLE YÜZ TANIMA

İlker Atalay, Muhittin Gökmen

Bilgisayar Bilimleri Anabilim Dalı, Elektrik-Elektronik Fakültesi
İstanbul Teknik Üniversitesi, 80286 Maslak, İstanbul
ilker@ilkeratalay.com
gokmen@cs.itu.edu.tr

ÖZETÇE

Bu çalışmada yüz tanıma problemi üzerinde araştırma yapılarak, özyüz (eigenface) yaklaşımı ile bir yüz tanıma sistemi geliştirilmiştir. Kullanılan yöntem, yüz tanıma problemine iki boyutlu bir tanıma problemi olarak yaklaşmakta ve yüzler arasındaki farklılıkları en iyi ortaya çıkaran bir yüz uzayının (face space) özvektörlerinin, yani özyüzlerin elde edilerek, diğer yüzlerin, bu özvektörlerin bir doğrusal bileşimi olarak ifade edilmesi ilkesine dayanmaktadır [1]. Bu aşamada elde edilen katsayılar, yüzlerin öznitelik vektörlerini (feature vectors) oluşturmakta ve tanıma esnasında, elde edilen bu öznitelik vektörleri kullanılmaktadır. Geliştirilen yüz tanıma sisteminde özyüz yaklaşımının tercih edilme nedeni yöntemin yüzün geometrisinden bağımsız olması, gerçekleşmesinin kolay olması, özel donanım kullanılmadan bile gerçek zamanda çalışabilmesi ve sistemin yeni yüzleri tanıma hale gelmesinin, yani öğrenmesinin, diğer yöntemlere göre çok daha kolay ve hızlı olmasıdır.

Anahtar Terimler - yüz tanıma, yüz uzayı, özyüz, eğitim kümesi

1. GİRİŞ

Yüz tanıma günümüzde önemini hızla arttırmakta olan bir uygulama konusu haline gelmektedir. Mevcut yüzlerden elde edilecek bir veri tabanı üzerinde otomatik olarak yapılacak tanımların suçluların teşhisi sırasında, emniyet görevlilerinin işini ne kadar kolaylaştıracağı açıktır.

Yüz tanıma problemi için bir bilgisayar modeli kurmak oldukça zordur. Bu zorluk yüzlerin çok boyutlu, karmaşık ve anlamlı görsel objeler olmalarından kaynaklanmaktadır. Oysa insan beyni, bir an gördüğü bir yüzü yıllar sonra bile yaşlanma, saç uzaması, sakal bırakma gibi değişimlere rağmen, bir kaç saniye içerisinde hatırlayabilmektedir. İnsan beynindeki bu üst düzey yetenek, yüz tanıma esnasında bilginin en iyi ve en kısa şekilde kodlandığı gerçeğini ortaya çıkarmaktadır.

Bilgisayar yardımı ile yapılan yüz tanıma çalışmalarında izlenen bir yöntem yüz üzerinde yer alan göz, ağız, burun gibi organların geometrik özellikleri ile birlikte, bu organların birbirlerine göre konumlarından elde edilen öznitelik vektörlerinin kullanılması ilkesine dayanmaktadır [2]. Yüzün geometrisine dayanan bu tanıma yöntemlerinde genellikle, Yuille [3] tarafından geliştirilen esnek göz ve ağız şablonları kullanılmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan yöntem ise, yüzlerdeki en gerekli bilgilerin bir grup karakteristik yüz üzerinden elde edilmesi ve daha sonra diğer yüzlerin, bu "özyüz" adı verilen resimlerin birer doğrusal bileşimi olarak ifade edilmesi ilkesine dayanmaktadır. Özyüzler, eğitim kümesinde yer alan yüzlerin temel bileşenlerini (principal components) oluşturmaktadır. Tanıma olayı yeni bir yüzün, elde edilen

bu özyüzler tarafından gerilen yüz uzayına izdüşümü ile gerçekleşmektedir. Projeksiyon sonucu elde edilen konum, sisteme tanıtılmış yüzlerin bu yüz uzayındaki konumları ile karşılaştırılır. Yeteri kadar yakın olan bireyler varsa, bu, yeni yüz sisteme daha önce tanıtılmış demektir. Aksi halde, yeni yüzün, yüz uzayındaki konumu saklanarak, sistemin bu yüzü öğrenmesi sağlanabilir.

Gürbüz (robust) bir yüz tanıma sistemi, kendisine daha önce öğretilmiş bir yüzü, aşağıda belirtilen koşullar altında bile doğru tanıyabilmelidir:

- Işık kaynağının şiddetinin ve konumunun değişmesi,
- Kafa pozisyonunun ve büyüklüğünün değişmesi,
- Arka planının (face background) değişmesi,
- Sayılaşdırılmaya ait gürültülerin bulunması,
- Gözlük, sakal, bıyık, maske gibi detayların bulunması.

2. ÖZYÜZ YÖNTEMİ İLE YÜZ TANIMA

Kullanılan yönteme bilgi teorisi kavramları ile açıklık getirilmek istenirse; yüz üzerinde yer alan en gerekli bilgilerin açığa çıkarılması, bu bilgilerin en uygun şekilde kodlanması ve tanıma olayının, benzer şekilde kodlanmış bireyler üzerinde gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Bu en gerekli bilgilerin açığa çıkarılmasının en basit yolu, bir grup yüz arasındaki değişimlerin göz, ağız gibi bireysel özellikleri göz ardı etmeksizin saptamaktır.

Olaya matematiksel yönden yaklaşırsa, yüzlerin dağılımını temsil eden temel bileşenlerin bulunması amaçlanmaktadır. Bir başka deyişle, yüzlerin dağılımını temsil eden kovaryans matrisinin özvektörlerinin bulunması hedeflenmektedir. Bu özvektörler, yüzler arasındaki farklılıkları temsil eden bir grup özellik olarak düşünülebilir. Her bir vektör az yada çok bir yüze yakınsadığından, bu hayalete benzeyen yüzlerin "özyüz" adı ile anılması uygun görülmüştür. Şekil-2 de örnek özyüzler görülmektedir.

Eğitim kümesinde yer alan her bir yüz, bu özyüzlerin bir doğrusal bileşimi olarak ifade edilebilir. Özyüzlerin sayısı, eğitim kümesinde yer alan yüzlerin sayısına eşittir. Ancak, özdeğeri en büyük olanlar yani dağılıma en çok katkıda bulunanlar seçilerek bir yakınsama yapılabilir.

Özyüzlerin, yüz tanımadaki kullanılışında, Sirovich ve Kirby 'nin [4, 5] yüzleri en etkin şekilde temsil etmek amacıyla yaptığı bir çalışmadan esinlenilmiştir. Sirovich ve Kirby, bir grup yüzün, özyüzler ve bunlardan elde edilen öznitelik vektörlerinden elde edilebileceğini öne sürmüşlerdir.

Bu çalışmada kullanılan yöntemde, özyüzler ve öznitelik vektörleri elde edilerek, tanıma işlemi, öznitelik vektörlerinin belirli bir eşik değeri göz önüne alınarak karşılaştırılması işlemine dönüştürülmektedir.

3. ÖZYÜZLERİN ELDE EDİLMESİ

Özyüzler, eğitim kümesinde yer alan resimlerin oluşturduğu dağılıma ait kovaryans matrisinin özvektörleridir.

Eğitim kümesinde yer alan resimleri $\Gamma_1, \Gamma_2, \dots, \Gamma_M$ olarak sembolize edelim. Bu kümede yer alan resimlerin ortalaması $\Psi = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Gamma_n$ olarak elde edilir. Şekil-1 de örnek bir çalışma kümesi ve ona ait ortalama resim görülmektedir. Her bir resimin ortalamadan farkını, $\Phi_j = \Gamma_j - \Psi$ vektörü ile ifade edelim. Elde edilen bu vektörler üzerinden, verinin dağılımını en iyi ifade eden M adet ortonormal u_n vektörü bulunmak istenmektedir. Bu u_n vektörlerinin herbiri aşağıda tanımı verilen λ_k katsayılarını maksimum yapacak şekilde seçilir.

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

U_n vektörleri, ortonormallik koşulu olan (2) yi sağlamalıdır.

$$u_l^T u_k = \delta_{lk} = \begin{cases} 1, l = k \\ 0, l \neq k \end{cases} \quad (2)$$

U_k vektörleri ve λ_k sabitleri, aşağıda tanımı verilen kovaryans matrisi C nin sırasıyla, özvektörleri ve özdeğerleridir.

$$C = \frac{1}{M} \sum_{n=1}^M \Phi_n \Phi_n^T = AA^T \quad (3)$$

$$A = [\Phi_1 \Phi_2 \dots \Phi_M] \quad (4)$$

Yukarıda tanımı verilen C matrisinin özvektörleri bizim ilgilendiğimiz yüz uzayının özyüzlerini oluşturmaktadır. Dikkat edilirse, N x N boyutundaki yüz resimleri için, C matrisi $N^2 \times N^2$ boyutundadır. Bu büyüklükteki bir matrisin özdeğerlerinin bulunması pratik amaçlar için kullanışlı değildir. Ancak, eğitim kümesinde yer alan resimlerinin sayısının, resim uzayının boyutundan çok küçük olduğu durumlar için ($M \ll N^2$) kullanışlı bir yakınsama yapmak mümkün olmaktadır [1].

Özyüzler kullanılarak herhangi bir yüz resimine ait öznitelik vektörü Ω^T aşağıda belirtildiği gibi bulunabilir:

$$w_k = u_k^T (\Gamma - \Psi) \quad (5)$$

$$\Omega^T = [w_1 w_2 \dots w_M] \quad (6)$$

Herhangi bir yüz resimi, yüz uzayına yapılacak

$$\Gamma = \Psi + \sum_{i=1}^M w_i u_i \quad (7)$$

izdüşümü ile yaklaşık olarak tekrar elde edilebilir. Böyle bir izdüşüm Şekil-3 de görülmektedir.

4. ÖZYÜZ TANIMA SÜRECİNİN ÖZETİ

Tasarlanan sistemde, yüz tanıma süreci aşağıda belirtildiği gibi gelişmektedir:

- Eldeki yüz resimleri boyut bazında normalize edildikten sonra yüz veri tabanına eklenir.
- Normalize edilen bu resimlerden özyüzlerin oluşturulacağı bir eğitim kümesi seçilir. En yüksek özdeğere sahip olan M adet özyüz, öznitelik vektörlerinin eldesinde kullanılır. Özyüzler tanıma aşamasında kullanılmak üzere saklanırlar.
- Veri tabanında bulunan herbir yüz için, bu M adet özyüz kullanılarak, M boyutlu bir öznitelik vektörü elde edilir.
- Yeni bir resim sisteme verildiğinde, önce normalize edilir ve daha sonra saklanmış olan M adet özyüz kullanılarak öznitelik vektörü elde edilir.
- Elde edilen bu öznitelik vektörü, veri tabanında yer alan yüzlerinkiler ile belli bir eşik içerisinde karşılaştırılır. Eşik altına düşen en az bir resim varsa, yüz tanınmış demektir. Aksi halde bulunan bu öznitelik vektörü ile birlikte, yeni resim veri tabanına eklenerek öğrenme işlemi gerçekleştirilir.

5. DENEYSEL SONUÇLAR

Geliştirilen sistemi test etmek amacıyla, 14 değişik kişinin çeşitli pozlarından oluşan toplam 70 adet yüz resiminden oluşan bir veri tabanı kurulmuştur. Bu resimlerin bazılarında, ışık kaynağı ve kafaların pozisyonları değiştirilerek çeşitli varyasyonlar sağlanmıştır. Ayrıca gözlük, maske, bıyık gibi detayların, tanıma performansına etkilerini incelemek amacıyla bazı resimlere adı geçen bu detaylar yapay olarak ilave edilmiştir.

Yapılan testlerde, doğru tanıma oranı ile eşik değerinin ters orantılı olduğu ortaya çıkmıştır. Eşik değeri arttırıldığında ıskala oluşma sayısı azalmakta, ancak resimler hatalı tanınabilmektedir. Buna paralel olarak, özyüz adedinin tanıma performansına etkisi incelenmiştir. Doğru tanıma oranının, özyüz sayısı ile doğru orantılı olduğu saptanmıştır. Bunun nedeni, özyüzlerin sayısının arttığında, öznitelik vektörlerindeki bileşenlerin sayısının artmasıdır. Bu ise, resimlerin daha iyi temsil edilmesine neden olmaktadır.

Yapılan deneylerde, %10 luk ışık şiddeti değişimi için, %45 lik eşik değeri içinde, %92 lik doğru tanıma oranı elde edilmiştir. Işık kaynağının pozisyonunun tanıma performansına etkisini incelemek amacıyla, orijinal ışık kaynağı 45 derece sola ötelenerek bir deney yapılmıştır. Bu

durumda. %45 lik eşik değeri içinde %58 lik doğru tanıma, %25 lik tanıyamama ve %17 lik hatalı tanıma oranları elde edilmiştir. Kafa pozisyonunun tanıma performansına etkisini incelemek amacıyla, 45 derece sola ötelenmiş kafaların olduğu yüz resimleri ile bir deney yapılmıştır. Bu deneyde, %45 lik eşik değeri için sadece %14 lük doğru tanıma oranı elde edilebilmiştir. Sakal, bıyık gibi yüz detaylarının tanıma performansına etkisinin yok denecek kadar az olduğu gözlemlenmiştir. Bu amaçla yapılan bir deneyde, %30 luk eşik değeri içinde %100 lük doğru tanıma oranına ulaşılmıştır. Yapılan deneylerde sistemin tanıma performansının, en çok kafa pozisyonunun değişiminden etkilendiği gözlemlenmiştir.

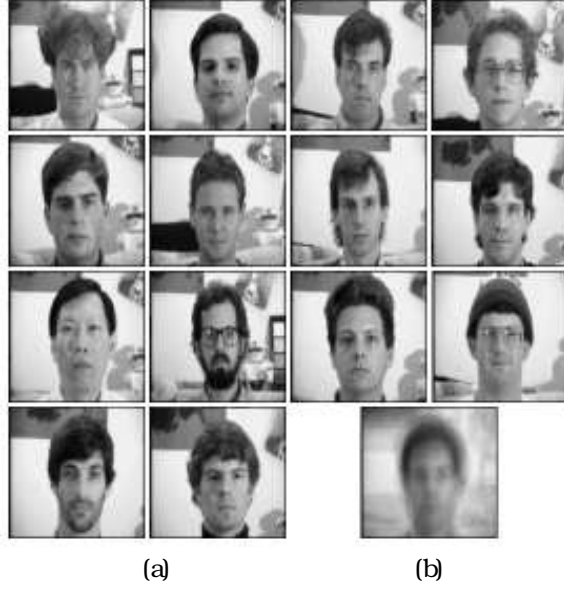
Özyüz yönteminde en çok zaman alan kısım, özyüzlerin elde edilerek yüz veri tabanında yer alan yüzlerin, öznitelik vektörlerinin oluşturulması işlemidir. Bu işlem bir defa yapıldıktan sonra, tanıma işlemleri gerçek zamanda yapılabilmektedir. Öznitelik vektörü oluşturma performansları 486DX33 tabanlı bir PC için, Tablo-1 de görülmektedir.

Tablo-1. Öznitelik vektörü oluşturma süresi.

| Özyüz adedi | 58 adet yüz resimi için öznitelik vektörü oluşturma süresi (sn) |
|-------------|---|
| 5 | 50 |
| 7 | 61 |
| 9 | 73 |
| 11 | 84 |

KAYNAKÇA

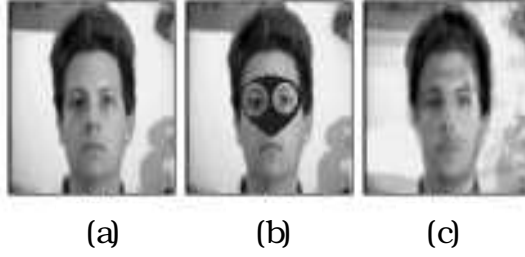
- [1] M. Turk and A. Pentland, "Eigenfaces for recognition", Journal of Cognitive Neuroscience , vol. 3, pp. 71-86, 1991
- [2] Ching Wen Chen and Chung Lin Huang, "Human face recognition from a single front view", International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, vol. 6, pp. 571-593, 1992
- [3] Yullie, Cohen and Hallinan, "Feature extraction from faces using deformable templates", Proceedings of CVPR, pp. 101-109, 1989
- [4] Sirovich and Kirby, "Low dimensional procedure for the characterization of human faces", Journal of the Optical Society of America A,4,3,pp. 519-524, 1987
- [5] Kirby and Sirovich, "Application of the Karhunen-Loeve procedure for the characterization of human faces", IEEE Trans. PAMI 12, pp. 103-108,1990



Şekil 1. Eğitim kümesi (a) ve ondan elde edilen ortalama resim (b).



Şekil 2. Eğitim kümesinden elde edilmiş özyüzler.



Şekil 3. Orijinal resime (a), maske takılarak (b) yüz uzayına projeksiyonda bulunulmuştur. Elde edilen resimde (c) maskenin izi görülmemektedir.