

İfadeye Dayanıklı 3B Yüz Tanıma için Parçaya Dayalı Kayıtlama

Part-based Registration for Expression Resistant 3D Face Recognition

Neşe Alyüz¹, Hamdi Dibeklioglu¹, Berk Gökberk², Lale Akarun¹

¹Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul

{nese.alyuz, hamdi.dibeklioglu, akarun}@boun.edu.tr

²Philips Research, Eindhoven
berk.gokberk@philips.com

Özetçe

Bu bildiride, ifadenin varlığında sabit kayıtlamaya dayalı 3B yüz tanıma yöntemlerinin iyi başarımlar sağlamadığı gösterilmiş olup, başarımların artırımı için bölgesel kayıtlama ve tanıma yapılması önerilmiştir. Hızlı hizalama amaçlı, ortalama bölge modelleriyle yinelemeli en yakın nokta (ICP) algoritmasına dayalı kayıtlama yöntemi kullanılmıştır. Bölgelerden elde edilen benzerlik skorları, tümleştirme yöntemleriyle birleştirilerek başarımların artırımı sağlanmıştır. Bu çalışmada, ifade tanıma ve ifade varlığında yüz tanıma için kullanılmak üzere toplanmış yeni bir 3B yüz veri kütüphanesi tanıtılmış ve deneylerde bu veri kütüphanesi kullanılmıştır.

Abstract

This paper exhibits the performance drop in 3D face recognition in the presence of expression and proposes a new 3D face registration and recognition method based on facial regions. For fast alignment, a registration method based on iterative closest point (ICP) algorithm is used which employs average regional models (ARMs). Similarity scores obtained from alignment with separate regional models are fused to increase the recognition performance. In this work, a new 3D face database is presented which is collected for studies on expression analysis and on face recognition in the presence of facial expression. The experimental results are reported on this new database.

1. Giriş

Donanım alanındaki ve 3B tanıma algoritmalarındaki gelişmeler sonucunda, 3B yüz tanıma önemli bir biyometrik tanıma ve doğrulama tekniği haline gelmiştir. Geleneksel 2B yüz tanıma teknikleri yerine 3B yüzey bilgisini kullanan yüz tanıma yöntemleri ışıklandırma, makyaj, görüş açısı ve ifade gibi farklılıklarla başa çıkmada daha başarılıdır [1], [2]. İfadenin varlığında, yüz yüzeyi bozunuma uğramaktadır ve yüzü bir bütün olarak ele alan ve sabit kayıtlamaya dayanan tanıma sistemlerinin başarımlar oramları düşmektedir. Yüz tanıma doğruluğunu arttırmak için parçaya dayalı yöntemler kullanılmaktadır [3], [4], [5], [6]. Bu yöntemlerde, yüz bölgelere ayrılarak, bölgesel tanıma yapılmakta ve farklı bölgelerden elde edilen sonuçlar tümleştirilmektedir. Bu bildiride, parçaya dayalı tanıma ve tümleştirme yöntemleri daha detaylı olarak incelenmektedir.

Parçaya dayalı tanıma yapan bazı yöntemler, tüm yüzü kullanarak sabit olmayan kayıtlamayla yüzleri bir modele oturtmaktadır [5]. Model üzerinde işaretlenmiş alanlardan o yüze ait bölgeler elde edilmekte ve her bölge ayrı bir dalgacık dönüşümüyle analiz edilerek, sonuçlar ağırlıklı toplamla tümleştirilmektedir. Parçaya dayalı tanıma dayanan diğer bir yöntemde ise, ifadenin varlığında en az bozunuma uğrayan burun çevresinden elde edilmiş çoğul bölgeler kullanılmaktadır [3], [4]. Bu yöntemde, her bölge için ayrı sabit kayıtlamayla elde edilen uzaklık bilgileri tümleştirilerek tanıma yapılmaktadır. Diğer bir çalışmada ise, ifade varlığında en az bozunuma uğrayan alın-göz ve burun bölgelerini kullanmakta ve ayrı ayrı sabit kayıtlamayla elde edilen benzerlik skorları tümleştirilerek tanıma yapılmaktadır [6].

Bu bildiride, parçaya dayalı 3B yüz tanıma için yeni bir kayıtlama yöntemi önerilmektedir. Tanıma öncesi, bir test yüzünün galeri yüzleri ile hizalanması gerekmektedir. Genellikle bir test yüzü, galerideki tüm yüzlere ayrı ayrı kayıtlar ve sınıflandırma için nokta kümesi uzaklığı kullanılır [2]. Kayıtlamayı hızlandırmak için bir Ortalama Yüz Modeli (OYM) kullanılması daha önce önerilmiştir [7]. Yeni bir çalışmada ise yüzde morfoloji ve cinsiyete bağlı özellikler varolduğundan, çoğul OYM kullanımıyla kayıtlamanın iyileştirileceği gösterilmiştir [8]. Bu çalışmada ise, ifadenin varlığında bölgesel modeller ile kayıtlama yapılması önerilmektedir. Farklı yüz bölgeleri için elde edilmiş Ortalama Bölge Modelleri (OBM) ile ayrı ayrı kayıtlama yapılmakta ve bu kayıtlamalar sonucu elde edilen benzerlik skorları tümleştirilerek tanıma safhasında kullanılmaktadır.

3B yüz tanıma çalışmalarında kullanılan veri kütüphaneleri genellikle nötr yüzlerden oluşmaktadır. İfadenin varolduğu veri kütüphanelerinde ise ifade çeşitliliği çok kısıtlıdır. Bu çalışmadaki yöntemler, Enterface'07 çalıştayında toplanmış ve çok farklı ifade, eylem birimleri (Action Units, AUs), bakış açısı değişimleri ve örtme durumları içeren yeni bir 2B-3B yüz veri kütüphanesi [9] üzerinde denenmiştir. Bu veri kütüphanesinde, kişi başına yaklaşık 35 farklı ifade bulunmaktadır.

Bölüm 2'de Bosphorus veri kütüphanesine ilişkin detaylar verilmektedir. Bölüm 3'te önerilen parçaya dayalı kayıtlama yöntemi ve tanıma safhasında kullanılan tümleştirme yöntemleri açıklanmaktadır. Bölüm 4'te, EnterFACE veri

Kayıtlama sonucu, test yüzünün her OBMde temsil edilen bölgeye karşılık gelen parçası elde edilmiş olur. Bu parçalar ilgili bölgeye ilişkin OBM ile aynı sayıda nokta içerir. Bir

bölgeye dayalı tanıma, test yüzü ve galeri yüzleri arasında nokta kümesi farklarının hesaplanmasına ve galeride en yakın bölgenin bulunmasına dayanmaktadır. Nokta kümesi farkı hesaplanırken, Öklit mesafesi kullanılmaktadır. Tanıma safhasında, bölgelerden elde edilen benzerlik ölçüleri tümleştirme yöntemleriyle birleştirilerek başarımlar artırımı amaçlanmaktadır. Bu çalışmada çarpım, toplam, Borda sayımı, oy birliği, ve en yüksek güvenilirlik (Highest Confidence) yöntemleri kullanılmaktadır [15], [16], [17].

4. DeneySEL Sonuçlar

Bu çalışmada ifadenin varlığında 3B yüz tanıma amaçlandığı için Bosphorus veri kütüphanesinin sadece belli bir kısmı kullanılmaktadır. Veri kütüphanesinin kullanılan kısmı nötr ve ifadeli yüzlerden oluşmaktadır. İki sürümle de yapılan testlerde kullanılan galeri, her kişinin bir nötr yüzünden oluşurken, kalan tüm yüzler test kümesini oluşturmaktadır. Tablo 1’de iki sürüme ilişkin galeri ve test kümelerinde bulunan örnek sayıları verilmiştir. Sürüm 1’de test kümesinde nötr yüzler de bulunduğu için, bu sürüme ilişkin nötr-ifadeli test sayıları da ayrıca belirtilmiştir.

Tablo 1 – Bosphorus galeri ve test kümelerindeki örnek sayıları ve bu kümelerde OYM tabanlı kayıtlama ile elde edilen tanıma başarımları

Bosphorus	Galeri	Test	Başarımlar
Sürüm 1	nötr	34	102
	ifadeli	-	339
Sürüm 2	ifadeli	47	1508

4.1. OYM ile Kayıtlama

İfadenin varlığında yüz bozunuma uğramaktadır ve ICP gibi sabit kayıtlama yöntemlerinin başarımları düşmektedir. Bu sav, Tablo 1’de verilen deneySEL sonuçlarla doğrulanmaktadır. Bu deneyde, Bosphorus Sürüm 1 veri kütüphanesi kullanılmış olup, ifadeli ve nötr test kümeleri için tanıma başarımları elde edilmiştir. Kaba kayıtlama 22 noktanın Procrustes analizi sonucu hizalanmasıyla yapılırken, detaylı kayıtlamada OYM tabanlı ICP metodu kullanılmıştır. DeneySEL sonuçlardan görüldüğü üzere, ifadenin varlığında OYM tabanlı ICP ile kayıtlama, ifadenin varlığında, nötr yüzlerle oranla, yaklaşık %30 daha başarısızdır. Sonraki testlerle karşılaştırma yapabilme amaçlı, Sürüm 2 veri kütüphanesiyle de OYM tabanlı kayıtlamaya dayalı tanıma oranı Tablo 1’de verilmiştir. Bu çalışmada ifadeye dayanıklı kayıtlama ve tanıma yöntemleri incelendiği için, sonraki tüm testlerde ifadeli test yüzleriyle elde edilen sonuçlar rapor edilmiştir.

4.2. OBM için Kaba Kayıtlama

İfadenin etkisinden kurtulmak için önerilen OBM tabanlı kayıtlamada farklı kaba kayıtlama yöntemleri kullanılabilir. Kullanılan kaba kayıtlama detaylı kayıtlamanın sonuçlarını büyük oranda etkilemektedir. Bu deneyde, iki farklı kaba kayıtlama yöntemi incelenmiştir. İlk kayıtlama yöntemi, OYM tabanlı kayıtlamada olduğu gibi 22 nirengi noktasının Procrustes analiziyle hizalanmasından ve bu kaba kayıtlamanın tek aşamada ICP metoduyla iyileştirilmesinden oluşmaktadır. İkinci kayıtlama yönteminde ise, ICP ile bölgesel detaylı kayıtlama yapılmadan önce yüzler OYM ile detaylı kayıtlanmaktadır. Böylelikle kayıtlamanın iyileştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu yöntemde hem kaba hem

de detaylı kayıtlama aşaması ICP tabanlı kayıtlama gerektirdiği için, bu yöntem iki aşamalı kayıtlama olarak belirtilmektedir. Tablo 2’de farklı OBM modelleriyle kayıtlamada, iki farklı ön hizalama yöntemi için elde edilen tanıma başarımları verilmiştir. Sürüm 1’de iki aşamalı kayıtlama yöntemi tanıma aşamasında iyileşme sağlamazken, daha çeşitli ifade içeren Sürüm 2’de iki aşamalı yöntem daha iyi sonuçlar vermektedir. Bu nedenle ileriki bölümlerdeki testlerde iki aşamalı kayıtlama kullanılmıştır. Ayrıca Sürüm 1’e ait nötr test yüzleri için de parçalı kayıtlama ve tanıma deneyleri yapılmıştır. Burun, alın-göz, yanak, ve ağız-çene OBMleri ile kayıtlama sonucu sırasıyla %100, %92.16, %90.20, ve %94.12 tanıma başarımları elde edilmiştir. Nötr yüzlerde özellikle burun bölgesinin tanımda çok iyi sonuçlar verdiği, ağız-çene bölgesinin ifadeye bağlı değişimlerden en çok etkilendiği görülmektedir.

Tablo 2 – Kaba kayıtlama yöntemlerinin karşılaştırması

OBM	Tek Aşamalı		İki Aşamalı	
	Sürüm1	Sürüm2	Sürüm1	Sürüm2
alın-göz	82.89	82.16	82.89	83.09
burun	85.55	82.23	85.84	83.95
yanak	53.39	52.12	54.57	51.72
ağız-çene	42.48	34.55	45.72	34.95

4.3. Kaba Kayıtlamada Nirengi Noktalarının Etkisi

Bu çalışmada kullanılan her iki kaba kayıtlama yönteminde de ilk safhada nirengi noktaları kullanılmaktadır. Nirengi noktalarının kayıtlamaya olan etkisini araştırma amacıyla, Bosphorus Sürüm 1’de farklı nirengi noktalarını içeren tek aşamalı kaba kayıtlama deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerde sadece burun modeli kullanılmaktadır. Sadece burun bölgesine ait ya da tüm yüzden alınmış farklı sayıda nokta içeren nirengi gruplarına ait nirengi numaraları Tablo 3’te verilmektedir. Bu numaralara karşılık gelen nirengi noktaları Şekil 2(a)’daki nokta haritasında verilmiştir. Deneylerde ilişkin noktalar kullanılarak Procrustes analiziyle kaba kayıtlama yapılmakta ve burun OBMsi kullanarak ICP ile detaylı kayıtlama yapılmaktadır. Elde edilen tanıma başarımları Tablo 3’te verilmiştir. Kaba kayıtlamada yalnızca bölgesel noktalar yerine, tüm yüze ait nirengi noktalarının kullanımı ile daha iyi sonuçlar elde edilmektedir. Yalnızca ağız kenarları, göz kenarları ve burun ucu ile hizalama, 22 nokta kullanarak kayıtlama ile aynı başarıma sahipken, bu yedi nirengi noktasına özellikle ağız hareketlerinden çok etkilenen çene noktasının eklenmesi kayıtlamayı kötüleştirmektedir.

Tablo 3 – Kullanılan nirengi noktaları ve tanıma sonuçları

Nirengi Sayısı	Seçilen nirengi noktaları	İfadeli Küme
5	11-15	81.12
7	7-10, 14, 16, 18	85.84
8	7-10, 14, 16, 18, 22	81.71
22	1-22	85.84

4.4. Tümleştirme Yöntemleri

Deneylerin bu kısmında, bölgesel modellerle kayıtlama ile elde edilen benzerlik ölçülerinin tümleştirilmesinin başarıma etkisi incelenmektedir. Tümleştirme yöntemlerinden, çarpım (PROD), toplam (SUM), oy birliği (CV), borda sayımı (BC) ve yüksek güvenilirlik (HC) yöntemleri deneylerde

kullanılmıştır [15], [16], [17]. Çarpım ve toplam yöntemlerinde, farklı bölgelerden gelen uzaklık değerleri çarpılarak veya toplanarak elde edilen benzerlik ölçülerinden en yakın galeri yüzü bulunmaktadır. Oy birliği yönteminde, farklı bölgelerden tanıma sonucu atanan galeri kimlikleri ile oylama yapılmakta ve en çok oyu alan kimlik o teste atanmaktadır. Borda sayımı yönteminde, farklı bölgelere ait kimlik dereceleri sıraları toplanmakta ve en düşük toplam dereceye sahip kimlik sonuç olarak verilmektedir. Yüksek güvenilirlik yönteminde ise en yüksek dereceye sahip kimliklerden güvenilirlik değeri en yüksek olan yüz seçilmektedir. Güvenilirlik değerlerinin tahmini için kullanılan yöntemin detayları [17]'de anlatılmaktadır. İki aşamalı kayıtlama sonrası tümleştirme sonucu elde edilen tanıma başarımları Tablo 4'te verilmiştir. En iyi tanıma başarımları, her iki veri kümesinde de ortalama %95 olarak çarpım yöntemiyle elde edilmiştir.

Tablo 4 – OBMler ile kayıtlama sonucu elde edilen benzerlik ölçülerinin tümleştirilmesi

	PROD	SUM	CV	BC	HC
Sürüm 1	95.87	88.79	89.38	86.73	94.40
Sürüm 2	95.29	91.78	88.53	87.20	94.03

5. Sonuçlar

Bu bildiride, ifade bakımından zengin yeni bir 3B yüz veri kütüphanesi tanıtılmıştır. Bu veri kütüphanesi üzerinde yapılan deneylerde, bölgesel modeller kullanarak hızlı ve ifadeye dayanıklı kayıtlama ve tanıma sağlanmıştır. Kaba hizalama aşamasında farklılık gösteren iki kayıtlama yöntemi önerilmiş ve çok çeşitli ifadelerin varlığında iki aşamalı kayıtlamanın daha başarılı olduğu görülmüştür. Kaba kayıtlamada seçilen nirengi noktalarının etkisi incelenmiş ve bölgesel noktalar yerine tüm yüze ait nirengi noktalarıyla kayıtlamanın daha başarılı olduğu görülmüştür. Bölgesel modellerle kayıtlama sonucu elde edilen benzerlik ölçülerinin tümleştirilmesiyle tanıma başarımının artırılması sağlanmıştır. Deney sonuçlarında görüldüğü üzere, kayıtlamada tüm yüz modeli yerine ifadeden az etkilenen bölgelere ilişkin modellerin kullanımıyla tanımda %10-15 iyileşme sağlanmıştır. Yüze ait tüm bölgesel modellerle kayıtlama yapıldıktan sonra elde edilen benzerlik ölçülerinin tümleştirilmesiyle de tanıma sonuçları %10 daha da iyileştirilmiştir.

6. Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 104E080 ve COST 2101 tarafından desteklenmiştir.

7. Kaynakça

- [1] Bowyer, K. W., K. Chang, P. Flynn, "A survey of approaches and challenges in 3D and multi-modal 3D+2D face recognition," *Computer Vision and Image Understanding*, vol. 101, pp. 1-15, 2006.
- [2] Abate, A. F., M. Nappi, D. Riccio, G. Sabatino, "2D and 3D face recognition: A survey," *Pattern Recognition Letters*, vol. 28, pp. 1885-1906, 2007.
- [3] Chang, K. I., K. W. Bowyer, P. J. Flynn, "Multiple Nose Region Matching for 3D Face Recognition under

Varying Facial Expression," *IEEE Trans. PAMI*, vol. 28, pp. 1695 – 1700, 2006.

- [4] Faltemier, T., K. W. Bowyer, P. J. Flynn, "3D face recognition with region committee voting," *Proc. 3DPVT*, pp. 318-325, 2006.
- [5] Kakadiaris, I. A., G. Passalis, G. Toderici, M. N. Murtuza, Y. Lu, N. Karampatziakis, T. Theoharis, "Three-dimensional face recognition in the presence of facial expressions: an annotated deformable model approach," *IEEE Trans. PAMI*, vol. 29, no. 4, pp. 640-649, 2004.
- [6] Mian, A. S., M. Bennamoun, R. Owens, "An efficient multimodal 2D-3D hybrid approach to automatic face recognition," *IEEE Trans. PAMI*, vol. 29, no. 11, pp. 1927-1943, 2007.
- [7] İrfanoğlu, M.O., B. Gökberk, L. Akarun, "3D shape-Based face recognition using automatically registered facial surfaces," in *Proc. ICPR*, vol. 4, pp. 183–186, 2004.
- [8] Salah, A.A., N. Alyüz, L. Akarun, "Registration of 3D face scans with average face models," *Journal of Electronic Imaging*, 2008.
- [9] Savran A., O. Çeliktutan, A. Akyol, J. Trojanova, H. Dibeklioglu, S. Esenlik, N. Bozkurt, C. Demirkir, E. Akagündüz, K. Çalışkan, N. Alyüz, B. Sankur, İ. Ulusoy, L. Akarun, T. M. Sezgin, "3D face recognition performance under adversarial conditions," in *Proc. eNTERFACE'07 Workshop on Multimodal Interfaces*, Istanbul, Turkey, 2007.
- [10] Savran, A., N. Alyüz, H. Dibeklioglu, O. Çeliktutan, B. Gökberk, L. Akarun, B. Sankur, "Bosphorus database for 3D face analysis," *The First European Workshop on Biometrics and Identity Management (BioID2008)*, submitted.
- [11] Alyüz, N., B. Gökberk, H. Dibeklioglu, A. Savran, L. Akarun, B. Sankur, "3D face recognition benchmarks on the Bosphorus database with focus on facial expressions," *The First European Workshop on Biometrics and Identity Management (BioID2008)*, submitted.
- [12] Besl, P., N. McKay, "A Method for Registration of 3-D Shapes," *IEEE Trans. PAMI*, vol.14, pp.239–256, 1992.
- [13] Goodall, C., "Procrustes methods in the statistical analysis of shape," *Journal of the Royal Statistical Society B*, vol. 53, no. 2, pp. 285–339, 1991.
- [14] Bookstein, F.L., "Principal warps: thin-plate splines and the decomposition of deformations," *IEEE Trans. PAMI*, vol.11, pp.567-585, 1989.
- [15] Gökberk, B., L. Akarun, "Comparative Analysis of Decision-level Fusion Algorithms for 3D Face Recognition," in *Proc.ICPR*, pp. 1018-1021, 2006
- [16] Gökberk B., H. Dutağacı, L. Akarun, B. Sankur, "Representation Plurality and Decision Level Fusion for 3D Face Recognition", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B*, Vol 38(1), pp 155-173, 2008.
- [17] Gökberk, B., M. Okan İrfanoğlu, L. Akarun, 3D Shape-based Face Representation and Feature Extraction for Face Recognition, *Image and Vision Computing*, Vol.24, Issue.8, pp 857-869, August 2006.