

# Benzer Yüzlerin Bulunması

## Finding Similar Faces

R. Baturalp Torun, Merve Yurdakul, Pınar Duygulu

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bilkent Üniversitesi

baturalp@alumni.bilkent.edu.tr, yurdakul@ug.bilkent.edu.tr, duygulu@cs.bilkent.edu.tr

### Özetçe

*Bu çalışmada, İnternet üzerinden toplanan, çok farklı poz, ışık ve ortamlarda çekilmiş fotoğraflardan oluşan veri kümelerinde benzer yüzleri eşleştirmek için bir yöntem önerilmiştir. Yüz üzerinde bulunan taç noktaları yüzleri tanımlamak için kullanılmış, çeşitli kısıtlamalarla noktaların sayısı azaltılarak iki yüzü en uygun şekilde eşleştiren noktalar bulunmuştur. Daha sonra eşleşen noktalar arasındaki fark iki yüz arasındaki benzerliği tanımlamak için kullanılmıştır. Ünlü resimlerinden oluşturulan veri kümeleri üzerinde yapılan deneylerde çok farklı pozlara, makyaj, kıyafet ve saç değişikliklerine, ve yaşlanma etkilerine rağmen verilen bir yüze benzer yüzlerin başarıyla getirilebildiği gözlemlenmiştir.*

### Abstract

*In this paper, we propose a method to match similar faces despite photos, which are taken from different sources on Internet, could have different scenes, illumination and posing. Interest points are used to recognize faces, and some points are eliminated in order to find best matching points which pair the similar face. Difference between two matching points is used to define similarity of the faces. In spite of physical changes due to old age, plastic surgery, make-up or clothing, experiments show that given face image can be successfully matched with a similar face within a database composed of celebrity photos.*

### 1. Giriş

Günümüzde dijital görüntüleme cihazları ve onların uygulamaları geliştikçe görüntü işleme uygulamalarına olan ihtiyaç da artmaktadır. Görüntülere ait veri kümelerinin metinlere nazaran çok daha fazla yer kaplaması ve bu arşivlerin internet üzerinde sınıflandırılmamış halde olması onları etkin biçimde eşleştirmek konusunda ciddi engeller teşkil etmektedir. Arama motorları da dahil olmak üzere metin bazlı arama ve eşleme yapmaya yarayan uygulamalar için hali hazırda birçok başarılı yöntem olmasına rağmen, görüntülerin çeşitliliği sebebiyle resim bazlı arama ve eşleme konusunda her zaman etkin bir yöntem bulmak mümkün olmamaktadır.

Son yıllarda internette aranan resimler arasında yüzlerin bulunması ve eşlenmesi önem kazanmıştır. Bu sebeple resim bazlı aramalarda yüz özelliklerine göre etkin eşleme yapan arama uygulamalarının önemi gün geçtikçe artmaktadır. Öte yandan internette bulunan resimlerin sınıflandırılmamış olması ve kontrolsüz şartlar altında çekilen fotoğraflardan oluşması geleneksel yüz eşleme yöntemlerini başarısız kılmaktadır.

Yüzü etkin bir şekilde tanıma problemi, yapay zeka ve bilgisayarlı görüntüleme alanlarında oldukça çalışılmış bir konu olmasına karşın henüz tam olarak çözülebilmemiş değildir. Günümüzde elde edilen başarılı yüz tanıma yöntemleri hali hazırda var olan sabit değerlerle çekilmiş fotoğraflara ait veri kümelerinde başarılı olmakla beraber kontrollü ortamlar dışında pozlanmış resimlerde çok düşük başarı oranlarına sahiptir. Bu durum günlük hayata indirgenildiğinde, mevcut çözümlerle gerçek zamanlı ortamlarda ve kontrolsüz pozlanan görüntülerde etkin bir başarı elde edilemeyeceği anlamına gelmektedir.

Literatürde yüz bulma ve eşleme amaçlı birçok yöntem yer almasına rağmen bu yöntemler internette farklı kaynaklardan gelen ve farklı değerlerde pozlanmış resimleri eşlemek konusunda yeterince başarılı olamamaktadır. Mevcut yöntemlerle probleme ancak tek bir açıdan yaklaşıp, belli özelliğe sahip fotoğraflarda yüksek verim alınabilmektedir. İnternet sitelerinde yer alan görüntülerin çeşitliliği göz önüne alındığında mevcut yöntemlerin probleme yaklaşımı yeterli olmamaktadır. Dolayısıyla mevcut yöntemler değerlendirilerek, eksiklerinin kapatılıp var olan farklılıklara göre sonuçların dengelenmesi gerekmektedir.

Bu makalede bahsedilen çalışmada yüz tanıma ve eşleme problemine farklı kaynaklarda yer alan kontrolsüz pozlanmış görüntülerde de başarı sağlayacak bir yöntemin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Literatürde var olan çok sayıda yöntemin bu şartlar altında başarılı olmadığını bilmesi sebebiyle probleme çözüm olabilecek David Lowe'un SIFT [1] yöntemi başlangıç noktası olarak seçilmiştir. Yüz tanımda daha önceden Lowe tarafından nesne tanımda kullanılan ve başarılı sonuçları olan SIFT tanımlayıcıları kullanılmıştır. Bu yöntem nesnenin sahnedeki durumundan bağımsız olarak ilgi noktalarını eşleyerek çalışmaktadır. Bu sayede farklı kaynaklardan elde edilen fotoğraflardaki yüzleri başarılı bir şekilde eşlemek mümkün olmuştur. Yüz eşlemede kullandığımız yöntemlerin başarı oranını test etmek için ünlülerin yüzlerini eşleştiren bir uygulama geliştirdik. Bu uygulamayı seçmekteki amacımız internette farklı kaynaklardan bulabileceğimiz çok fazla sayıdaki görselden yararlanabilmektir.

Deneylerde kullanılan veri kümesi internette farklı kaynaklardan toplanmış ünlü insanların fotoğraflarından oluşmaktadır. Toplamda 3600 ünlüye ait 31000'den fazla fotoğraf bulunmaktadır. Fotoğrafların kontrolsüz şartlar altında farklı şekillerde pozlanmış olması deney sonuçlarının çeşitliliğine imkan sağlamaktadır. Bu çalışma benzer yüzlerin bulunmasıyla ilgili önemli bir probleme çözüm önerisi sunmaktadır.

Bildirinin kalanı şu şekilde organize edilmiştir: Bölüm 2'de benzer çalışmaların uygulamaları incelenmiştir. Çalıştığımız problemle ilgili motivasyon kısmı Bölüm 3'te yer almaktadır. Bölüm 4'te uygulanan yöntemin geliştirilmesiyle ilgili detaylar ve bunların değerlendirmesi yer almaktadır.

Geliştirilen yöntemle ilgili deneyler ve test durumlarının detayları Bölüm 5'te verilmektedir. Bölüm 6'da ise çalışmamızın sonuçları ve değerlendirilmeleri yer almaktadır.

## 2. Benzer Çalışmalar

Bu bildiride yer alan çalışmaya benzer çalışmalar yer almaktadır [2] [3]. Ünlülerin yüzleri üzerinde deneyler yaptığımız için buna benzer çalışmalar detaylı olarak incelenmiştir.

### 2.1. My Heritage

My Heritage herkese açık olan bir internet uygulaması olarak geliştirilmiştir [4]. My Heritage soyağacı araması yapmak için yaratılmış bir arama uygulaması olsa da sisteme yüklediğiniz fotoğraftaki yüzün hangi ünlüye benzediğini gösteren araçlara da sahiptir. Dünya genelinde 20 milyon kişinin kullandığı büyük bir topluluğa sahiptir. My Heritage açık kaynaklı bir uygulama olmadığı için yüz tanıma sistemleriyle ilgili detaylar bilinmemektedir. Yüklediğiniz fotoğraftaki yüzleri bularak, kendi veri kümelerindeki ünlülerin yüzleriyle eşlemektedir. Kullanıcıları, eşmelere göre benzerlik oranları hakkında da bilgilendirmektedir. Sistemi denemek için ünlülerin fotoğraflarını verdiğimizde yüksek oranda doğru kişiyi vermiştir. Farklı açılardan çekilmiş yüz fotoğraflarında doğru kişiyi bulma oranı yaptığımız deneylerde oldukça düşük çıkmıştır. Bu haliyle internet uygulamaları arasında en başarılı olanıdır.

### 2.2. Face Double

Face Double internet uygulaması olarak geliştirilmiş ve herkesin kullanımına açıktır [5]. Sisteme yüklenen fotoğraflarda yüzleri otomatik olarak bulamadığı için kullanıcıdan yüz bölgesini seçmesi ve fotoğrafa ait cinsiyet bilgisi vermesi istenmektedir. Bu durumda kullanıcıdan alınan veriler doğrultusunda aynı fotoğraf için farklı sonuç kümeleri alınabilmektedir. Bu durum sistemin güvenilirliğini yitirmesine sebep olmaktadır. Yüklenen fotoğraflarda sadece 1 adet yüzün benzerinin bulunmasına imkan verilmektedir. Sisteme deneme amaçlı yüklediğimiz kalabalık sahnelerde ve farklı açılardan pozlanmış fotoğraflarda başarı oranı çok düşüktür.

## 3. Motivasyon

İnsan beyni yüz tanıma oldukça gelişmiş bir sisteme sahiptir. Yüzlerin fiziksel özellikleri değişse de (yaşlılık, makyaj, sakal bıyık gibi) insan beyni yine o yüzü algılayıp bir önceki haliyle eşleştirme yapabilir. Her ne kadar yüz tanıma problemi beyinlerimiz için kolay olsa da, bilgisayar sistemleri için kolay bir problem değildir ve hala yapay zeka ve bilgisayarlı görüntüleme alanlarında üstüne araştırma yapılan bir sorunsaldır. Bu çalışmadaki amacımız probleme farklı bir açıdan yaklaşıp, çözüm geliştirmektir.

Yüz tanıma sistemlerinin geniş bir kullanım alanı vardır: Güvenlik alanları, robot gelişimi, kişisel fotoğraf ve video düzenlemeleri, imaj taramaları, imaj etiketlemeleri, şuclu tarama programları gibi. Güncel kullanılan yüz tanıma algoritmalarının sorunları belli başlı sınırlar içinde sınırlanmıştır. Belli bir poz, aydınlatma ve duruş şekliyle sınırlanmış imajlar üstünde uygulanan algoritmalarından sonuç alınmaktadır. Biz bu sınırlamaları genişleterek ışık ve duruş farklılıkları içeren, aynı zamanda sadece portre imajları üstünde değil farklı imajlar üstünde de çalışmayı amaçladık.

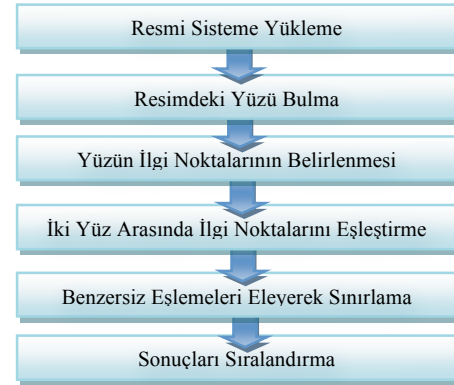
İki yüz arasındaki benzerliği bulurken Özkan'ın ve Duygulu'nun çalışmalarından esinlenilerek, bu çalışmaya yön verilmiştir. Özellikle Özkan'ın [6] çalışmalarında yüz tanıma sisteminin temel alınmış olması, bizim benzer yüzleri bulmayı hedefleyen sistemimizin alt yapısını oluşturmuştur. Bu aşamada nesne tanıma algoritmasından esinlenerek geliştirilen bu yaklaşımda kullandığımız yöntem, elde ettiğimiz sonuçları da olumlu yönde etkilemiştir.

## 4. Uygulanan Yöntem

Her insanın kendine ait belirgin yüz hatları vardır. Kişinin yaşı, makyajı, saç stili değişse de kişinin yüz hatları değişmez. Benzer şekilde nesnelerin de ayırt edici özellikleri vardır. Bu özellikler daha önce nesne tanıma sistemlerinde kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Bizim çalışmalarımızda da bu iki olgu birleştirilerek, ayırt edici özellik konsepti yüz hatlarını belirlemede kullanılarak bir yüz eşleme yöntemi geliştirilmesi amaçlanmıştır. Daha önce Lowe tarafından nesne tanıma için geliştirilen ve uygulanan SIFT tanımlayıcılarından başarılı sonuçlar elde edilmiştir [1]. Bu doğrultuda, yüzleri birer nesne olarak ele alıp nesne tanımlayıcıyı yüz görselleri üzerinde kullanarak araştırmaya yön verilmiştir.

Öncelikli olarak farklı internet kaynaklarından toplanarak çeşitlendirilen veritabanına ihtiyaç duyulmuştur. Veritabanının oluşturulması için kendi oluşturduğumuz ağ örün tarayıcısından (web crawler) yararlanılmıştır. Ünlü insanların isimleriyle oluşturulmuş sorguların sonuçlarını bir araya getiren imajlar toplanarak çalışmada kullanılan kapsamlı veritabanı haline gelmiştir. Bu sayede daha geniş bir veri kümesine ulaşmakla birlikte, sistemin deney aşamasında aynı kişiye ait farklı yaş gruplarında, farklı kılıklerde ve farklı görüşlerde verilere ulaşılabilmiş, sistem daha kapsamlı değerlendirilmiştir.

Veritabanındaki yüzlerin eşlenmesi için kullanılan yöntemin gösterildiği akış şeması Şekil 1'de yer almaktadır.



Şekil 1: Kullanılan yöntemin akış şeması.

### 4.1. Resmi Sisteme Yükleme

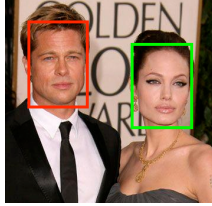
İlk aşamada geliştirilen sisteme, veritabanından diğer resimlerle eşleştirilip bir sonuç döndürülmesi için istenen resim yüklenir. Bunun için web tabanlı bir arayüz kullanılarak sisteme ulaşılır.

### 4.2. Resimdeki Yüzü Bulma

Sisteme yüklenen resimde öncelikli olarak yüz bulunur. Bu şekilde sadece portre resimleriyle çalışan sistemlerin bir adım önüne geçilmiştir. Ayrıca daha sonraki aşamalarda gerçekleştirilecek ilgi noktası çıkarma aşamasında ve bu noktaların eşleştiril-

mesinde oluşabilecek yanlış eşleştirmelerin bir kısmı engellenmiş olur.

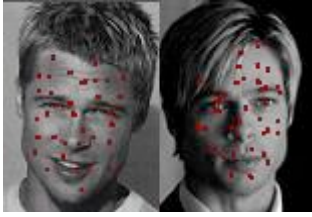
Resimdeki yüzü bulmak için açık kaynak bilgisayarlı görüntüleme kütüphanesi olan OpenCV'den yararlanılmıştır [7]. Bu kütüphanenin yüz bulma modülü kullanılarak resimdeki bütün yüzler işaretlenmiştir (Bkz. Şekil 2). Resimdeki yüz bulunduktan sonra, resim dosyasının boyutları değiştirilerek üzerinde çalışmaya uygun hale getirilir. Küçük boyuttaki resimler büyütülerek, yüz tanımda önem teşkil edecek ilgi noktalarının da belirlenmesi sağlanır. Resim yeniden boyutlandırıldıktan sonra, grilik skalasına göre renklendirilir. RGB renkleri bu uygulama için önem teşkil etmez. Uyguladığımız yöntemde renklerin 256 tonluk koyuluk oranları yeterlidir.



Şekil 2: Yüzlerin işaretlendiği örnek resim.

#### 4.3. Yüzün İlgi Noktalarının Belirlenmesi

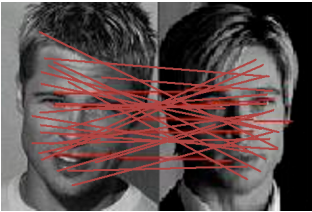
Sisteme yüklenen resim dahil olmak üzere veritabanındaki bütün resimlere ilgi noktalarının belirlenmesi için Lowe tarafından nesne tanımda kullanılan SIFT [8] tanımlayıcı uygulanmıştır. İlgi noktaları belirlenmiş iki resim Şekil 3'te görülebilir.



Şekil 3: Yüzdeki ilgi noktaları Lowe'un metoduyla belirlenmiş iki resim.

#### 4.4. İki Yüz Arasında İlgi Noktalarını Eşleştirme

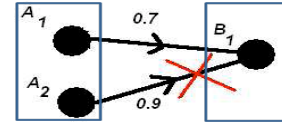
Belirlenen ilgi noktalarının iki resim arasında eşleştirilmesi gerekir. Ancak Lowe'un yöntemiyle belirlenen bütün noktaların eşleştirilmesi doğru sonuç vermez. Yüzler, her ne kadar nesne gibi ele alınsa da her zaman nesne özelliği göstermezler. Lowe'un yöntemi nesneler üzerinde gösterdiği başarıyı yüzlerde gösteremez ve iki yüz arasında yanlış eşleştirmeler gerçekleştirir. (Bkz. Şekil 4) Daha iyi bir sonuç çıkarmak için bulunan eşleştirmeler üzerinde bir takım sınırlar belirlenerek elemeler yapılmalıdır. Yüzlerdeki eşleştirmelerin ideali çizgilerin yatay ve birbirlerine paralel olmasıdır. Bunun için bir sonraki aşamada yanlış eşlemeler elenecektir.



Şekil 4: İlgi noktalarının eşleştirilmesi.

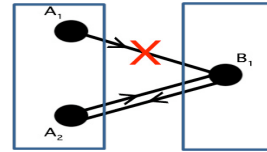
#### 4.5. Benzersiz Eşlemeleri Eleyerek Sınırlama

Şekil 4'te de görülebileceği gibi yanlış eşleştirmelerin büyük bir kısmı çoklu eşleştirmelerden ve tek yönlü eşleştirmelerden kaynaklanmaktadır. Eğer A resmindeki bir ilgi noktasına B resminden birden fazla ilgi noktası eşleşmişse, bu çoklu eşleşmeye neden olmuştur. Tek yönlü eşleştirmelerde ise A resmindeki bir ilgi noktası B resmindeki bir ilgi noktasıyla eşleşirken, B resmindeki aynı ilgi noktası A resmindeki aynı ilgi noktasıyla eşleşmemektedir. Bu iki tip yanlış eşleşme benzersiz eşleme sınırlaması ile engellenebilir [9]. Şekil 6'da çoklu eşlemenin nasıl engelleneceği gösterilmiştir. A resmindeki 1 ve 2 numaralı ilgi noktaları B resminde 1 numaralı ilgi noktasıyla eşleşmiştir. Bu eşleştirmeler gerçekleştirildiğinde eşleşen her iki nokta arasındaki Öklid uzaklıkları hesaplanmıştır. Hesaplama elde edilen değerler hangi eşleşmenin eleneceğini belirler. Öklid uzunluğu kısa olan eşleşme tanıma işlemi için tercih edilir.



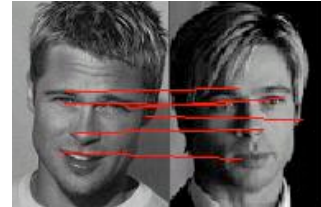
Şekil 5: İki resimdeki ilgi noktalarının çoklu eşleştirilmesi ve bu eşleştirmelerin Öklid uzunluklarına göre seçilmesi.

Şekil 6'da da tek yönlü eşleştirmelerin gösterimi bulunmaktadır. Burada eğer çift yönlü bir eşleşme varsa geriye kalan eşleştirmelerin elendiğini göstermektedir.



Şekil 6: İki resimdeki ilgi noktalarının tek yönlü ve çift yönlü eşleştirilmesinin gösterimi.

Yanlış eşleştirmelerin elenmesinden sonraki sonuç Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7: Benzersiz eşlemeler elendikten sonra geriye kalan eşleştirmeler.

#### 4.6. Sonuçları Sıralandırma

Yüz tanıma programındaki en son aşama olan sonuçların sıralandırılması, veritabanındaki karşılaştırmaya giren tüm resimlerin sisteme girilen resimle eşleştirilmesi sonucu hesaplanan değerlerinin ortalamasının sıralanmasıyla oluşur. Bu değerler küçükten büyüğe doğru sıralanır ve en düşük değer en iyi eşleşme sonucunu verir. Bu da sisteme verilen resme veritabanındaki en çok benzeyen kayda karşılık gelir.

### 5. Deneyler

Oluşturduğumuz sistemin test edilmesi ve uyguladığımız yöntemin değerlendirmesini yapabilmek için çeşitli deneyler yapılmıştır. Yöntemin test edilmesi için oluşturduğumuz web

tabanlı arayüz kullanılmıştır. Deney aşamasına geçmeden önce yöntemin aşamaları test edilmiştir. Bu testler sonucunda benzersiz eşlemelerin elenmesi ve yüz bulmanın yöntemde dahil edilmesi araştırmanın gelişmesinde ve elde edilen sonuçların iyileşmesinde etkili olmuştur. Bir sonraki aşamada sistem farklı senaryolar üzerinden değerlendirilmiştir. 4 farklı alanda sistemin genelini farklı veri grupları için incelenmiştir.

### 5.1. Güncel Görünüm

Bu deneyde ünlülerin güncel görüşlerinden yararlanılıp yine aynı döneme ait resimlerinin veritabanından bulunup döndürülmesi beklenmiştir. Bu test aşamasında sistem başarılı sonuçlar vermiştir. *Şekil 8*'de sistemin döndürdüğü örneklerden biri verilmiştir. İlk sırada başarılı sonuç dönmüştür.



Şekil 8: Güncel görünümünün test edildiği deney sonucu.

### 5.2. Yaş Farkı

Bu deneyde veritabanında olduğu bilinen bir ünlünün farklı yaş gruplarındaki fotoğrafları sisteme verilerek aynı kişiye ait fotoğrafları döndürmesi beklenmiştir. Bu test sonuçları da sistemin başarıyla çalıştığını göstermektedir. *Şekil 9*'de verilen test sonucunda, sisteme Elizabeth Hurley'nin 17 yaşındaki bir resmi verilmiş, karşılığında Elizabeth Hurley'nin güncel görüşünün bir resminin döndürüldüğü gözlemlenmiştir.



Şekil 9: Yaş farkının test edildiği deney sonucu.

### 5.3. Makyaj Farkı

Bu aşamada sisteme ünlülerin makyajsız hallerinin resimleri verilmiş ve sonuç olarak makyajlı hallerinin döndürülmesi beklenmiştir. *Şekil 10*'da gösterildiği gibi sisteme Jennifer Lopez'in makyajsız resmi verilmiş ve sistem tarafından aynı kişiye ait makyajlı bir resmi alınmıştır.

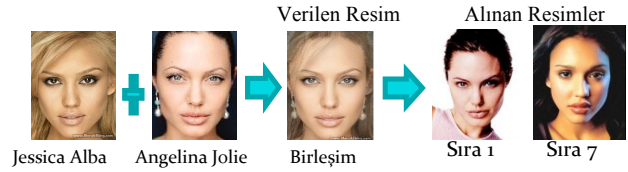


Şekil 10: Makyaj farkının test edildiği deney sonucu

### 5.4. Birleştirilmiş Resimler

En zor test aşaması için birleştirilmiş resimler kullanılmıştır. Birleştirilmiş resimler, iki ünlünün resminin web tabanlı bir program tarafından birleştirilip sonra sisteme verilmesinden oluşmaktadır. Burada amaç sistemin resmi birleştirilen her iki kişinin de veritabanından resmini bulup döndürmesi beklenmiştir. *Şekil 11*'de gösterildiği üzere Jessica Alba ve Angelina Jolie'nin birleştirilmiş resminin sisteme verilmesi

üzerine, Angelina Jolie'nin resmi birinci Jessica Alba'nın resmi yedinci sırada döndürülmüştür.



Şekil 11: Birleştirilmiş resimlerin test edildiği deney sonucu

## 6. Sonuçlar ve Değerlendirmeler

Bu çalışmada, yüz tanıma problemlerine farklı bir yöntem sunulmuştur. Nesne tanıma problemlerinde kullanılan ve başarılı sonuçlar elde etmiş olan SIFT tanımlayıcıları [1] kullanılarak, iki yüzün birbirine olan benzerlik oranları uzaklıklara bakılarak hesaplanmıştır. Doğru eşlenildiği varsayılan ilgi noktalarının ortalama uzaklıkları bu oranı belirlemiştir.

Geniş ve farklı veri kaynaklarından toplanmış yüz görselleri için yüz tanıma ve eşleştirme halen hataya açık ve çok zor bir problemdir. Bu çalışmada, bu tip dağınık veri kümelerinde benzer yüzleri eşlemek ve bir insanın farklı hallerindeki görsellerini tanımak için bir yöntem geliştirilmiştir. Farklı pozlama değerlerine göre yüksek hata oranıyla çalışan geleneksel yüz tanıma yöntemlerine nazaran daha etkili çalışan bir çözüm sunulmuştur.

## 7. Teşekkür

Sistem gelişimi süresince çalışmalarda yer alan Sedef Özlen'e ve Merve Soner'e teşekkür ederiz. Bu çalışma TÜBİTAK 104E065 no'lu proje tarafından desteklenmiştir.

## 8. Kaynakça

- [1] D. G. Lowe, "Distinctive image features from scale invariant keypoints" International Journal of Computer Vision, 60(2), 2004.
- [2] R. Gross, S. Baker, I. Matthew and T. Kanade, "Face Recognition Across Pose and Illumination" Handbook of Face Recognition, Stan Z. Li and Anil K. Jain, ed., Springer-Verlag, June, 2004.
- [3] W. Zhao, R. Chellappa, P. Phillips and A. Rosenfeld, "Face Recognition: A literaturesurvey" ACM Computing Surveys, 35(4) (2003) pp. 399–458.
- [4] My Heritage [Online] <<http://www.myheritage.com>>
- [5] Face Double [Online] <<http://www.facedouble.com>>
- [6] Derya Ozkan, Pinar Duygulu, "A Graph Based Approach for Naming Faces in News Photos", In Proceedings of IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR 2006), New York, NY, June 17-22, 2006.
- [7] OpenCV : Open Source Computer Vision Library [Online] <<http://sourceforge.net/projects/opencvlibrary/>>
- [8] SIFT Keypoint Detector [Online] <<http://www.cs.ubc.ca/~lowe/keypoints/>>
- [9] Derya Ozkan, Pinar Duygulu, "Yüz ve İsim İlişkisi Kullanarak Haberlerdeki Kişilerin Bulunması" IEEE 14. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SIU 2006), Antalya, Türkiye, Nisan 17-19, 2006.