

# Nirengi Noktaları Etrafındaki Yerel Zernike Momentleri Öznitelikleri ile Yüz Tanıma Face Recognition with Local Zernike Moments Features around Landmarks

Emrah Başaran<sup>1</sup>, Muhittin Gökmen<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
basaranemrah@itu.edu.tr

<sup>2</sup>Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, MEF Üniversitesi, İstanbul, Türkiye  
gokmenm@mef.edu.tr

**Özetçe** —Bu bildiriye, Yerel Zernike Momentleri (YZM) dönüşümü sonucunda elde edilen karmaşık imgelerden, yüz nirengi noktaları etrafında öznitelik çıkarımını temel alan bir yöntem önerilmektedir. Bu yöntemde, nirengi noktalarına yerleştirilen birden fazla ve farklı boyutlardaki ızgaraların hücrelerinde hesaplanan Faz Genlik (FG) histogramları kullanılmaktadır. Tüm YZM bileşenleri üzerinde hesaplanan FG histogramlarının art arda birleştirilmesi ile oluşturulan öznitelik vektörlerinin boyları, Beyazlatılmış Temel Bileşenler Analizi uygulanarak indirgenmekte ve bu şekilde daha güçlü betimleyiciler elde edilmektedir. FERET veritabanı üzerinde yapılan deneylerde, önerilen yöntem kullanılarak, önceki çalışmalarda elde edilen en yüksek sonuçlara ulaşılabildiği gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler**—yerel Zernike momentleri, yüz tanıma, yüz nirengi noktaları.

**Abstract**—In this paper, a new method that extracts the features from the complex Local Zernike Moments (LZM) images around facial landmarks is proposed. In this method, multiple grids which are in different sizes are located on landmarks and Phase-Magnitude (PM) histograms are calculated in each cells of these grids. The PM histograms are calculated for every component of LZM and the feature vectors are created by concatenating these histograms. By reducing the dimensionality of these vectors using Whitened Principle Component Analysis, more robust descriptors are constructed. It is shown that the state-of-the-art results are obtained in the experiments performed on FERET database using the proposed method.

**Keywords**—local Zernike moments, face recognition, facial landmarks.

## I. GİRİŞ

Yüz tanıma uygulamaları günümüzde eğlence, sosyal medya, güvenlik ve adli olaylar başta olmak üzere birçok alanda kullanılmaktadır. Bu uygulamalar kontrollü ortamlarda belirli bir başarıyı sağlamıştır. Fakat, poz, ışıklandırma ve yüz ifadesi gibi değişikliklerin olduğu durumlarda henüz istenilen seviyelere ulaşamamıştır. Bundan dolayı, ortam ve poz değişikliklerine karşı gürbüz yüz tanıma sistemleri geliştirmek için yoğun bir şekilde çalışılmaktadır.

Bilimsel yazında, yüz tanıma problemi için kullanılan yöntemler genel olarak iki sınıfa ayrılmaktadır: bütünsel yöntemler ve yerel yöntemler [1]. Temel Bileşenler Analizi (TBA), Doğrusal Ayrışım Analizi (DAA) gibi alt uzay yöntemleri ve Ayrık Kosinüs Dönüşümü gibi frekans uzayında çalışan yöntemler bütünsel yöntemlere örnek olarak verilebilir. Yapılan çalışmalarda, bu yöntemler ile elde edilen başarımların genel olarak yerel yöntemlerin gerisinde kaldığı gösterilmiştir. Yerel yöntemlerde öznitelikler, gözetler etrafındaki örüntülerin açığa çıkartılması ile elde edilmektedir ve Yerel İkili Örüntüler (YİÖ) [2] yönteminin yüz tanıma problemi için kullanılması ile bu yöntemler üzerindeki çalışmalar bir hayli artmıştır. Yerel Üçlü Örüntüler (YÜÖ) [3], İkili Çapraz Örüntüler (İÇÖ) [4], Gabor Dönüşümü [5] ve Yerel Zernike Momentleri (YZM) [6] yöntemleri, imgelerden yerel olarak öznitelik çıkarmak amacıyla kullanılan yöntemlerden bazılarıdır.

Yerel yöntemlerde, öznitelikler genel olarak, YİÖ gibi yerel operatörler ile kodlanarak elde edilen imgelerin alt bölgelere ayrılması ve her bir alt bölgede bir histogram hesaplanması şeklindedir. Kullanılan diğer bir yöntem ise, yüz nirengi noktalarının etrafında özniteliklerin hesaplanmasıdır. Nirengi noktalarına yerleştirilen ızgaralar aracılığı ile her bir nokta için bir öznitelik vektörü oluşturulmaktadır. Chen vd. [7], çok ölçekli yüz imgelerinde nirengi noktalarını kullanarak öznitelikleri hesaplamışlardır. Ding vd. [4] ise, her bir yüz bileşeni için ayrı ayrı öznitelikler hesaplamışlar ve bunun için bileşenler üzerindeki nirengi noktalarını kullanmışlardır.

Bu bildiriye, Yerel Zernike Momentleri dönüşümü ile elde edilen karmaşık değerlikli imgeler kullanılarak, yüz görüntüleri için güçlü betimleyiciler oluşturulmaktadır. Bunun için, yüz görüntülerinde belirlenen nirengi noktaları kullanılmaktadır. Her bir nirengi noktası etrafında Faz Genlik (FG) histogramları hesaplanmaktadır. Ardından bu histogramların art arda birleştirilmesiyle elde edilen öznitelik vektörleri üzerinde boyut indirgeme işlemi yapılmaktadır.

## II. YEREL ZERNİKE MOMENTLERİ

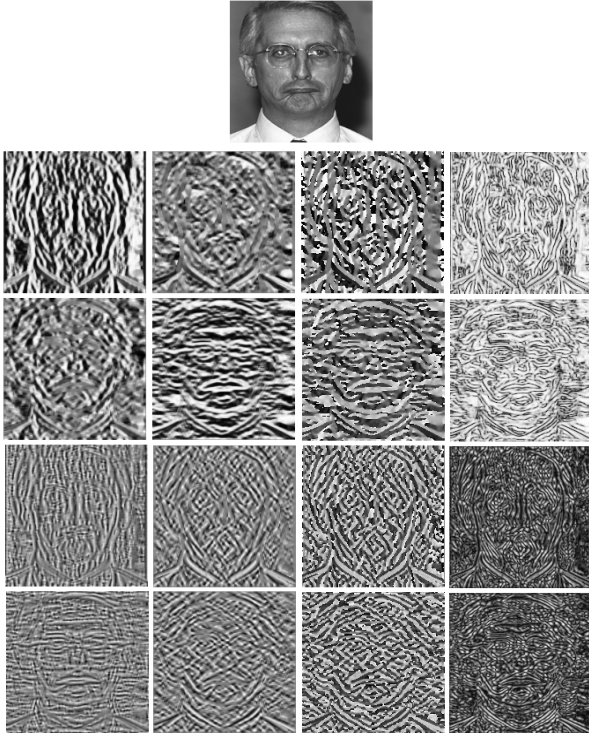
Yerel Zernike Momentleri, parmak izi tanıma ve karakter tanıma gibi problemler için başarılı bir şekilde kullanılan Zernike momentlerinin yerelleştirilmiş halidir. Bir imgenin Zernike momentleri, imgenin Zernike çok terimliliği üzerine iz

düşürülmesi ile hesaplanmaktadır. Elde edilen moment değerleri karmaşık değerlidir ve bu değerler ile imgeler temsil edilmektedir. İmgeler içerisindeki şekillerin, parmak izi ve karakter imgelerinde olduğu gibi, belirgin olduğu durumlarda, Zernike momentleri ile başarılı sonuçlar alınabilmektedir. Fakat, yüz tanıma probleminde olduğu gibi, imgeler içerisindeki yerel örüntülerin önemli olduğu durumlarda, bütünsel moment tanımlayıcıları ile başarılı sonuçlar alınamamaktadır [6]. Bundan dolayı, Zernike momentlerinin bütünsel olarak imgeleri betimlemedeki gücünden yerel ölçekte de faydalanabilmek için, YZM yöntemi [6] geliştirilmiştir.

YZM dönüşümünde, her bir gözetek etrafında Zernike momentleri hesaplanarak, gözetekler etrafındaki mikro yapı açığa çıkartılmaya çalışılmaktadır. Gözetekler etrafındaki bu momentler, filtreleme çekirdeklerine dönüştürülen Zernike çok terimlileri kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu hesaplamalar şu şekilde ifade edilebilir:

$$Z_{nm}^k(i, j) = \sum_{p, q=-\frac{k-1}{2}}^{\frac{k-1}{2}} f(i-p, j-q) V_{nm}^k(p, q). \quad (1)$$

Burada,  $f(i, j)$  düzgelemiş yüz görüntüsünü temsil etmektedir.  $V_{nm}^k$  ise  $k \times k$  filtreleme çekirdeklerine dönüştürülen  $n$  moment derecesine ve  $m$  tekrarlanma sayısına sahip Zernike çok terimlileridir. Şekil 1' de, bir yüz görüntüsü üzerine YZM dönüşümü uygulanması ile elde edilmiş imgeler gösterilmiştir.  $n$  moment derecesine bağlı olarak, YZM dönüşümü sonucunda



Şekil 1: Bir yüz görüntüsü üzerinde farklı moment derecesi ( $n$ ) ve tekrarlanma sayısına ( $m$ ) sahip  $5 \times 5$  YZM filtrelerinin (yukarıdan aşağıya:  $V_{11}^5$ ,  $V_{22}^5$ ,  $V_{31}^5$  ve  $V_{33}^5$ ) uygulanması ile elde edilen imgeler. Soldan sağa: gerçel, sanal, faz ve genlik bileşenleri.

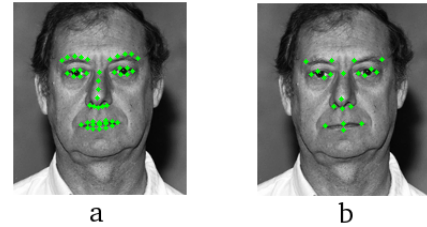
farklı sayıda karmaşık değerlikli imgeler elde edilmektedir ve bu imgelerin sayısı şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$K(n) = \begin{cases} \frac{n(n+2)}{4} & n \text{ çift ise,} \\ \frac{(n+1)^2}{4} & n \text{ tek ise.} \end{cases} \quad (2)$$

Sariyani vd. [6], YZM dönüşümünü önerdikleri çalışmalarında, YZM dönüşümü ile elde edilen gerçel ve sanal imgeler üzerine tekrar YZM dönüşümü uygulanması durumunda daha iyi sonuçlar elde edildiğinden bahsetmişlerdir. Bu şekilde, birinci YZM dönüşümü ile yerel şekil özellikleri, ikinci dönüşüm ile ise yerel şekil istatistikleri açığa çıkartılmış olmaktadır. Bu çalışmada da, YZM dönüşümünün art arda iki kez uygulanması ile elde edilen karmaşık imgeler kullanılarak öznelikler hesaplanmaktadır.

### III. ÖZNETELİK ÇIKARIMI

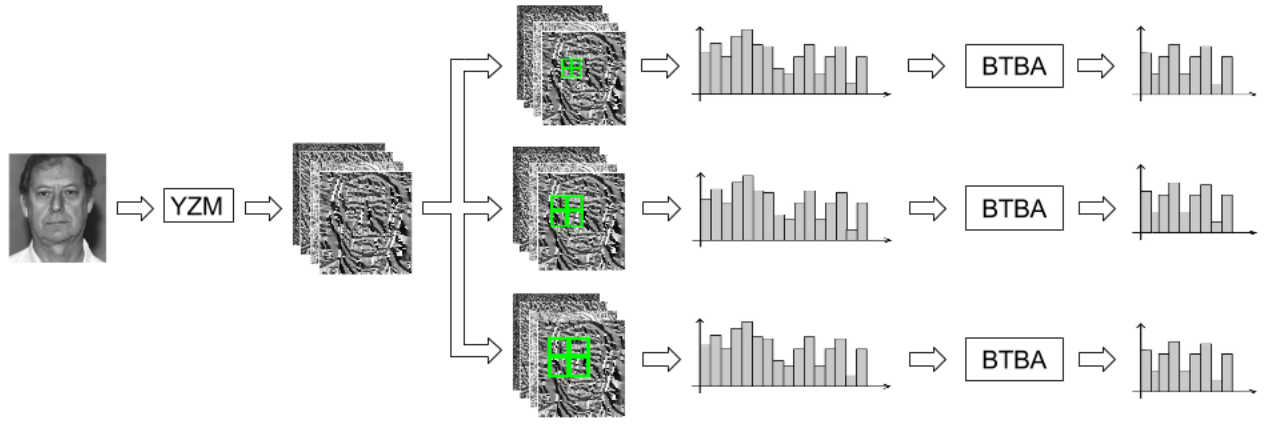
YZM dönüşümü ile yapılan önceki çalışmalarda öznelikler, yüz imgeleri üzerine yerleştirilen ızgaraların her bir hücresinde Faz-Genlik (FG) histogramlarının hesaplanması ile elde edilmiştir. Bu histogramlar,  $[0, 2\pi]$  faz aralığının  $b$  seleye ayrılması ve her gözetek noktasındaki genlik değerinin  $o$  gözetek noktasındaki faz açısının karşılık düştüğü seleye eklenmesi ile elde edilmektedir. Karmaşık YZM imgeleri üzerinde FG histogramları hesaplanırken, [6] içerisinde, birisi diğerinin yarım hücre kaydırılmış hali olan iki farklı ızgara kullanılmıştır. [8] içerisinde de iki farklı ızgara kullanılmış ve bu ızgaraların komşu hücrelerinde hesaplanan histogramların gruplanması ile oluşturulan bloklar üzerinde ayrı ayrı boyut indirgeme işlemleri yapılmıştır. Bu çalışmada da, FG histogramları kullanılmaktadır. Fakat bu histogramlar, yüz görüntüsü üzerinde belirlenen nirengi noktaları etrafında hesaplanmaktadır. Nirengi noktalarını belirlemek için, Xiong vd. [9] tarafından önerilen yöntem kullanılmıştır. Şekil 2.a' da bir yüz görüntüsü üzerinde belirlenen 49 nokta gösterilmiştir. Şekil 2.b' de ise, öznelik çıkarmak için seçilen 21 nokta gösterilmiştir. FG histogram-



Şekil 2: a) Yüz görüntüsü üzerinde belirlenen 49 nokta, b) kullanılan 21 nokta.

ları, bu noktalar üzerine yerleştirilen ızgaraların hücrelerinde hesaplanıp art arda birleştirilmektedir. Bu işlem, ikinci YZM dönüşümü ile elde edilen tüm imgeler üzerinde yapılmakta ve aynı noktaya karşılık gelen öznelik vektörleri de art arda birleştirilmektedir. Yapılan deneylerde, her bir nirengi noktası için birden fazla ve farklı boyutlarda ızgaralar kullanıldığında daha başarılı sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Bundan dolayı, her bir nirengi noktası için birden fazla ızgara kullanılarak birden fazla öznelik vektörü oluşturulmaktadır.

YZM ve Gabor dönüşümü gibi bir filtre seti kullanan yöntemler kullanılarak elde edilen öznelik vektörlerinin boyutları



Şekil 3: YZM dönüşümü ile elde edilen bileşenler üzerindeki bir nirengi noktası için üç farklı boyutta ızgara kullanılarak yapılan öznelik çıkarma işlemi.

yüksek seviyelere ulaşabilmektedir. Bundan dolayı, hem boyut indirgeme amacıyla hem de performans üzerinde olumlu etkileri olduğundan dolayı TBA ve DAA gibi boyut indirgeme yöntemleri bilimsel yazında sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada da, Beyazlatılmış TBA (BTBA) yöntemi, farklı boyutlarda ızgaralar kullanılarak nirengi noktalarından elde edilen öznelik vektörleri üzerinde ayrı ayrı kullanılmaktadır. Şekil 3' te bu işlemler gösterilmiştir.

#### IV. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu bildiride önerilen yöntemleri test etmek için, yüz tanıma çalışmalarında sıklıkla kullanılan FERET [10] yüz veritabanı kullanılmıştır. Bu veritabanı içerisinde, 1196 farklı kişinin birer görüntüsünden oluşan bir galeri seti ve 4 ayrı test seti bulunmaktadır. Bunlar, 1195 görüntüden oluşan Fb seti, 194 görüntüden oluşan Fc seti, 722 görüntüden oluşan Dup1 seti ve 234 görüntüden oluşan Dup2 setidir.

Yüz görüntüleri için öznelikler hesaplanmadan önce, aydınlanma etkisini azaltmak, gürültülü verileri temizlemek ve daha gürbüz öznelikler çıkarmak amacıyla bazı ön işlemler yapılmaktadır. Öncelikle, yüz görüntüleri göz koordinatlarına göre hizalanmakta ve göz koordinatları (66,59) ve (66,103) olacak şekilde kırılarak  $180 \times 162$  boyutuna getirilmektedir. Ardından, görüntüler sıfır ortalama ve birim varyansa sahip olacak şekilde düzelenmektedir.

Nirengi noktaları etrafında hesaplanan özneliklerin, tüm yüz görüntüsü üzerine yerleştirilen ızgaralar kullanılarak hesaplanan özneliklerden daha gürbüz olduğunu gösterebilmek için, boyut indirgeme işleminin yapılmadığı deneyler yapılmıştır. Bu deneylerde, hem bir kez uygulanan YZM dönüşümü sonucunda (YZM) hem de iki kez uygulanan YZM dönüşümü sonucunda ( $YZM^2$ ) üretilen imgeler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, [6]' da ızgaralar kullanılarak elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmalı olarak Tablo I' de gösterilmektedir. Nirengi noktaları etrafındaki öznelik hesaplamalarında şu parametre değerleri kullanılmıştır: YZM dönüşümünde kullanılan filtre boyu  $k = 5$  ve moment derecesi  $n = 4$ .  $YZM^2$  dönüşümünde kullanılan filtre boyları  $k_1 = 5, k_2 = 7$  ve moment dereceleri  $n_1 = 4, n_2 = 4$ . Bu iki dönüşümde de, nirengi noktalarına  $60 \times 60, 40 \times 40$  ve  $28 \times 28$  boyutlarında

Tablo I: Öznelik çıkarma işlemi için, ızgara ( $I$ ) ve nirengi ( $N$ ) noktaları kullanıldığında elde edilen başarılar.

Yöntem	Fb	Fc	Dup1	Dup2
$YZM(I)$	97.5	95.4	78.5	76.1
$YZM^2(I)$	98.7	99.5	84.8	82.5
$YZM(N)$	97.8	98.5	84.0	83.3
$YZM^2(N)$	98.3	99.5	87.7	86.8

Tablo II: BTBA ile boyut indirgemenin yapılması ile elde edilen başarımların, bilinen diğer başarımlar ile karşılaştırılması.

Yöntem	Fb	Fc	Dup1	Dup2	Toplam
LMEGW/LN+LGXP [11]	<b>99.9</b>	100	94.7	91.9	97.5
s-POEM+POD+WPCA [12]	99.7	100	94.9	94.0	97.7
GOM [13]	<b>99.9</b>	100	95.7	93.1	97.9
LMEGW/LN+LGBP [11]	<b>99.9</b>	100	95.6	93.6	98.0
MDML-DCPs + WPCA [4]	99.8	100	96.1	95.7	98.3
LPOG + WPCA [14]	99.8	100	97.4	<b>97.0</b>	<b>98.8</b>
$YZM^2(N)$	99.8	100	<b>97.5</b>	96.6	<b>98.8</b>

ve  $4 \times 4$  hücreden oluşan ızgaralar yerleştirilmiş ve her bir hücrede  $b = 24$  seleden oluşan histogramlar hesaplanmıştır. Uzaklık ölçütü olarak ise  $L_1$  uzaklığı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, nirengi noktaları etrafında hesaplanan öznelikler ile daha yüksek başarımlar elde edildiği görülecektir. Tablo II' de ise, BTBA kullanılarak uygulanan boyut indirgeme işlemi sonucunda elde edilen sonuçlar, bilinen diğer çalışmalarda elde edilen sonuçlar ile karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Bu sonuçlar hesaplanırken, Tablo I' deki sonuçların hesaplanmasında kullanılan ızgaralara ek olarak  $70 \times 70$  boyutunda bir ızgara daha kullanılmış ve bu ızgaraların hücrelerinde  $b = 18$  seleden oluşan FG histogramları hesaplanmıştır. Uzaklık ölçütü olarak kosinüs benzerliği kullanılmaktadır ve YZM dönüşümü için belirlenen parametre değerleri ise şu şekildedir:  $k_1 = 5, k_2 = 5, n_1 = 4, n_2 = 4$ . Tablo II' den görüleceği üzere, bu bildiride uygulanan yöntem ile elde edilen sonuçlar, bilimsel yazındaki en iyi sonuçlar ile karşılaştırılabilir bir seviyededir.

## V. SONUÇLAR VE YORUMLAR

Bu bildiriye, YZM dönüşümü ile elde edilen karmaşık imgelerden yüz nirengi noktaları etrafında öznitelik çıkarımına dayalı bir yöntem tanıtılmıştır. YZM dönüşümü ile yapılan önceki çalışmalarda, yüz görüntüsünü kapsayacak şekilde yerleştirilen ızgaraların hücrelerinde hesaplanan FG histogramları kullanılarak öznitelikler oluşturulmuştur. Önerilen yöntem ile, bu şekilde oluşturulan özniteliklerden daha gürbüz öznitelikler çıkarılabileceği yapılan deneyler ile gösterilmiştir. Bunun yanında, FERET veritabanı için bu çalışmada elde edilen başarımların, bilinen diğer çalışmalarda elde edilen en yüksek başarımlar ile aynı seviyede olduğu da gösterilmiştir. Sonraki çalışmalarda, yöntemin diğer yüz veritabanları üzerinde de test edilmesi düşünülmektedir.

## KAYNAKÇA

- [1] S. Xie, S. Shan, X. Chen, and J. Chen, "Fusing local patterns of gabor magnitude and phase for face recognition," *Image Processing, IEEE Transactions on*, vol. 19, no. 5, pp. 1349–1361, 2010.
- [2] T. Ahonen, A. Hadid, and M. Pietikäinen, "Face recognition with local binary patterns." in *ECCV*, ser. Lecture Notes in Computer Science, vol. 3021. Springer, 2004, pp. 469–481.
- [3] X. Tan and B. Triggs, "Enhanced local texture feature sets for face recognition under difficult lighting conditions," *Image Processing, IEEE Transactions on*, vol. 19, no. 6, pp. 1635–1650, June 2010.
- [4] C. Ding, J. Choi, D. Tao, and L. Davis, "Multi-directional multi-level dual-cross patterns for robust face recognition," *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, vol. PP, no. 99, pp. 1–1, 2015.
- [5] A. Serrano, I. M. de Diego, C. Conde, and E. Cabello, "Recent advances in face biometrics with gabor wavelets: A review," *Pattern Recognition Letters*, vol. 31, no. 5, pp. 372 – 381, 2010.
- [6] E. Sariyanidi, V. Dagli, S. C. Tek, B. Tunc, and M. Gokmen, "Local zernike moments: A new representation for face recognition," in *Image Processing (ICIP), 2012 19th IEEE International Conference on*, 2012, pp. 585–588.
- [7] D. Chen, X. Cao, F. Wen, and J. Sun, "Blessing of dimensionality: High-dimensional feature and its efficient compression for face verification," in *Proceedings of the 2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, ser. CVPR '13. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2013, pp. 3025–3032. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1109/CVPR.2013.389>
- [8] E. Basaran and M. Gokmen, "An efficient face recognition scheme using local zernike moments (LZM) patterns," in *Computer Vision - ACCV 2014 Workshops - Singapore, Singapore, November 1-2, 2014, Revised Selected Papers, Part I*, 2014, pp. 710–724.
- [9] X. Xiong and F. De la Torre, "Supervised descent method and its applications to face alignment," in *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2013 IEEE Conference on*, June 2013, pp. 532–539.
- [10] P. J. Phillips, H. Moon, S. A. Rizvi, and P. J. Rauss, "The feret evaluation methodology for face-recognition algorithms," *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, vol. 22, no. 10, pp. 1090–1104, 2000.
- [11] L. A. Cament, L. E. Castillo, J. P. Perez, F. J. Galdames, and C. A. Perez, "Fusion of local normalization and gabor entropy weighted features for face identification," *Pattern Recognition*, vol. 47, no. 2, pp. 568 – 577, 2014.
- [12] N.-S. Vu, "Exploring patterns of gradient orientations and magnitudes for face recognition," *Information Forensics and Security, IEEE Transactions on*, vol. 8, no. 2, pp. 295–304, 2013.
- [13] Z. Chai, Z. Sun, H. Mendez-Vazquez, R. He, and T. Tan, "Gabor ordinal measures for face recognition," *Information Forensics and Security, IEEE Transactions on*, vol. 9, no. 1, pp. 14–26, 2014.
- [14] H.-T. Nguyen and A. Caplier, "Local patterns of gradients for face recognition," *Information Forensics and Security, IEEE Transactions on*, vol. 10, no. 8, pp. 1739–1751, Aug 2015.