

HIZLI İRİS TESPİTİ VE FAZ İLİNTİSİ EŞLEME TEMELLİ İRİS TANIMA SİSTEMİ

IRIS RECOGNITION SYSTEM BASED ON FAST IRIS LOCALIZATION AND PHASE CORRELATION MATHCHING

Ahmet Tekyıldız, M.Kemal Güllü, Oğuzhan Urhan, Sarp Ertürk

İşaret ve Görüntü İşleme Lab. (KULİS), Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Kocaeli Üniversitesi
{ahmet.tekyildiz, kemalg, urhano, sertur}@kocaeli.edu.tr

ÖZETÇE

Bu çalışmada, hızlı iris konumlandırma ve faz ilintisi temelli bir iris tanıma sistemi önerilmektedir. Sayısal işaret işleyici (digital signal processor-DSP) kiti kullanılarak, CMOS görüntü algılayıcısından kızılötesi (infrared-IR) aydınlatma koşullarında göz imgeleri yakalanmaktadır. Sonrasında, DSP üzerinde hızlı iris konumlandırma ve normalizasyon işlemleri gerçekleştirilmekte ve normalize edilmiş iris imgeleri Ethernet arayüzünden sunucuya gönderilerek faz ilintisi eşleme temelli sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Deneyisel sonuçlar, önerilen iris konumlandırma ve eşleme yönteminin uygulanan sistemde yüksek tanıma başarımı verdiğini göstermektedir.

ABSTRACT

In this paper, an iris recognition system based on fast iris localization and phase correlation matching is proposed. Eye images are captured from a CMOS image sensor on infrared (IR) illumination condition using a digital signal processor (DSP) kit. Afterwards, fast iris localization and normalization are performed on DSP, and normalized iris images are sent to the server via ethernet interface and classification is carried out using phase correlation (PC) based matching. Experimental results show that the proposed iris localization and matching method gives high recognition performance on the implemented system.

1. GİRİŞ

Biyometrik tanıma, geleneksel kimlik doğrulama yöntemleri ile karşılaştırıldığında daha güvenilir ve uygun bir teknolojidir. Yüz, kulak, el geometrisi; yürüyüş biçimi; parmak izi, avuç izi, retina, damar, iris gibi bazı fiziksel, davranışsal ve biyolojik özellikler kimlik doğrulamada kullanılmaktadır. Bu özelliklerden iris, karakteristik özelliklerinden dolayı en güvenilir özelliklerden birisi olması ve dış etkenlerden etkilenmemesinden dolayı biyometrik tanımda çok sık kullanılmaktadır [1].

Tipik bir iris tanıma sistemi temelde görüntü yakalama, ön işlem, özellik çıkartımı ve tanıma olmak üzere 4 aşamadan oluşmaktadır [1]. İlk aşamada göz imgesi yakalanmaktadır. Genelde ortam ışığının göz üzerinde oluşturduğu olumsuz parlamaları azaltmak için yakın kızılötesi (infrared-IR) 700-900nm dalgaboyu bandında kontrollü bir aydınlatma kullanılmaktadır [2]. Ön işleme aşamasında iris bölgesinin

yerinin belirlenmesi (tespiti) ve normalizasyon/öznitelik çıkartımı işlemleri gerçekleştirilmektedir. Son olarak normalize edilmiş iris imgeleri ya da çıkartılan öznitelikler üzerinden şablon eşleştirme yapılarak tanıma/doğrulama işlemi gerçekleştirilmektedir.

İris bölgesinin tespiti için literatürde çok sayıda yöntem önerilmiştir. [3]'deki çalışmada, irisin iç ve dış sınırlarını belirlemek için integro-farksal (integro-differential) operatör önerilmektedir. Kenar tespiti ve sonrasında dairesel Hough dönüşümünü kullanan yöntemler [4-6]'da önerilmiştir. İmge histogram tepelerini kullanarak iris sınırlarının kaba şekilde belirlenmesi ve sonrasında bulunan sınırın detaylandırılması [7]'de önerilmiştir. [8]'deki çalışmada, imge parlaklık eşikleme, kenar bulma ve dairesel Hough dönüşümünü kullanan hibrit bir yöntem önerilmiştir.

İristen özellik çıkartımı ve eşleme amacıyla [3]'deki çalışmada 2-boyutlu Gabor süzgeçleri ile iristen özellik matrisi çıkartıldıktan sonra matris nicemlenerek iris kodu elde edilmektedir. Hamming mesafesi özel-VEYA (EX-OR) temelli hesaplanarak karşılaştırılan irisler arasındaki benzerlik skoru hesaplanmaktadır. [4]'deki çalışmada, İris örüntüsünü ifade etmek için Laplacian piramidi kullanılmış ve eşleme ölçütü normalize edilmiş çapraz ilinti olarak belirlenmiştir. [9]'daki çalışmada, iris üzerindeki eş merkezli daireler üzerinde 1-boyutlu dalgacık dönüşümü uygulanarak sıfır geçiş gösterimi oluşturulmuş ve bu veri üzerinden eşleme yapılmıştır. Yukarıdaki yöntemler iris imgesinden öznitelik çıkartımı temelli çalışmakta iken, [10]'daki yöntemde farklı olarak eşlemenin iris imgeleri üzerinden faz ilintisi temelli yapılması önerilmiştir. [10,11]'de frekans katsayıları Ayrık Fourier Dönüşümü (AFD) ile frekans katsayıları elde edildikten sonra yüksek frekans bileşenleri atılarak, bant sınırlı spektrumlar üzerinden faz ilintisi gerçekleştirilir ve faz ilintisinin ürettiği tepe değerine bakılarak eşleme kararı verilir.

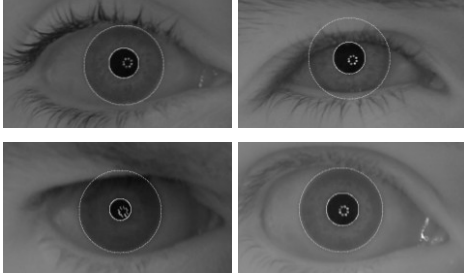
Bu çalışmada, öncelikle IR aydınlatma koşulları altında alınan görüntülerde iris konumunun hızlı şekilde tespiti yapılmaktadır. Bulunan iris bölgesi eş merkezli olmayan kutupsal-kartezyen dönüşümü ile normalize edilerek diktörtgensel yapıya dönüştürülmektedir. Normalize edilmiş iris imgesi veritabanındaki eş yapılı iris imgeleri ile faz ilintisine sokularak eşleme skorları elde edilmekte ve kimlik doğrulama işlemi gerçekleştirilmektedir. Önerilen iris tespit etme ve eş merkezli olmayan normalizasyon işlemleri DSP

Şekil 4: Gözbebeği merkezi ve yarıçapının bulunması.

Bu yöntem, (2)'de verildiği gibi dairesel piksel toplamlarının farkına bakarak iris dış sınırının merkezi (x_0, y_0) ile (r) yarıçapını bulmaktadır.

$$\max_{(r, x_0, y_0)} \left| G_{\sigma}(r) * \int_{x_0, y_0}^{\cdot} I(x, y) \right| \quad (2)$$

Önerilen çalışmada özgün olarak, integro-farksal operatörüne olası merkez ve yarıçap aralığı önsel olarak gözbebeği parametrelerinden sağlanmakta, bu sayede (2)'deki işlemin arama aralığı çok dar bir bölgeye sınırlandırılarak arama hesapsal yükü düşürülmektedir. Farklı göz imgeleri için iris tespit sonuçları Şekil 5'te görülmektedir.



Şekil 5: Farklı göz imgelerinde iris tespit sonuçları.

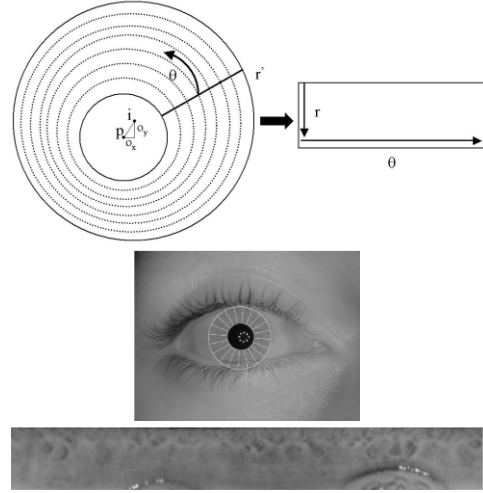
2.1.2. İris Normalizasyonu:

Aynı çekim şartlarında ve mesafelerde alınan farklı iris görüntülerinde boyutsal farklılıklar oluşabilmektedir. Bunun en büyük nedeni ışık kaynağı uyarınının kişilerde farklı refleksler oluşturması ve bu refleksin zamanla değişken olmasıdır. Bu olumsuz etkinin giderilebilmesi yani tüm iris imgelerinin eşdeğer boyutlarda ifade edilebilmesi için iris normalizasyonu yapılmalıdır. En bilinen normalizasyon şekli [3]'de önerilen modeldir. [3]'teki yöntemde ham kartezyen koordinatları (x, y) , boyutsuz ve eş merkezli kutupsal koordinatlara (r, θ) dönüştürülmektedir. Bu yaklaşım, gözbebeği ve irisin eş merkezli olmadığı durumlara da genişletilebilmektedir. Şekil 6'da eş merkezli olmayan iris normalizasyonu ve alınan bir göz imgesi için normalize edilmiş iris görülmektedir.

2.2. İris Eşleme ve Kimlik Tanıma

İris eşleme aşaması Sunucu tarafında gerçekleştirilmektedir. İris eşleme için, bilinen yöntemlerden farklı olarak faz ilintisi (phase correlation-PC) temelli bir yöntemin kullanılması yoluna gidilmiştir. PC, iki işaret arasında ilintiyi frekans düzleminde ele almakta, gürültü ve parlaklık değişimlerinden az etkilenmektedir [12]. PC, iki imge arasında $(I_1$ ve $I_2)$ normalize çapraz güç spektrumu olarak (3)'teki gibi hesaplanır.

$$\begin{aligned} S_{(I_1, I_2)} &= F^{-1} \left[\frac{F_1(u, v) \times F_2^*(u, v)}{F_1(u, v) \times F_2^*(u, v)} \right] \\ &= F^{-1} \left[e^{j(u d_x + v d_y)} \right] = \delta(x + d_x, y + d_y) \end{aligned} \quad (3)$$

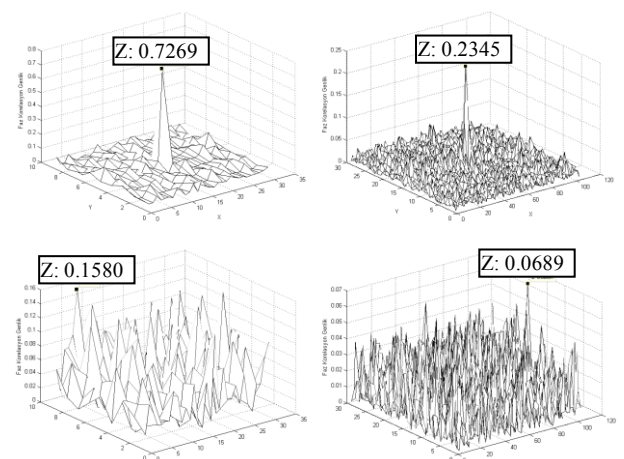


Şekil 6: Eş merkezli olmayan iris normalizasyonu ve örnek bir normalize edilmiş iris.

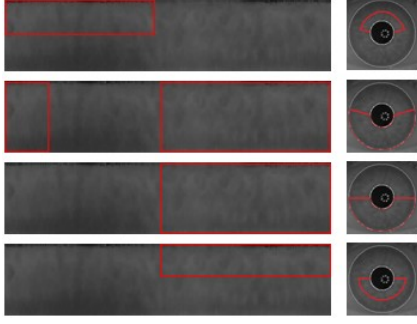
Burada F_1 ve F_2 , I_1 ve I_2 'nin AFD'leridir. Faz ilintisi sonucu çıkan en büyük genlik değeri $[0,1]$ aralığında değer almakta ve bu değer 1'e yaklaştıkça karşılaştıran iki imgenin birbirine daha benzer olduğu sonucu çıkmaktadır. [10]'daki çalışmada PC'yi doğrudan kullanmak yerine bant sınırlı spektrumlar üzerinden PC'nin kullanılmasının tanıma başarımını artırdığı gösterilmiş ve [11]'de de benzer yapı iris tanıma için kullanılmıştır. Bu çalışmada da [10]'daki bant sınırlı spektrumlar üzerinden yapılan PC (bant limited PC-BLPC) yaklaşımı benimsenmiştir. Şekil 7'de, aynı ve farklı kişilere ait normalize edilmiş iris imgelerinin PC yüzeyleri verilmektedir.

Şekil 6'da görüldüğü üzere BLPC sonrası sınıf içi benzerlik oldukça yükselirken $(0.2345 \rightarrow 0.7269)$, sınıflararası benzerlik çok daha az etkilenmektedir $(0.0689 \rightarrow 0.1580)$.

Normalize edilmiş iris imgesinin bütününde BLPC uygulamak yerine, kirpik ve gözkapığı gibi bozucu unsurların tanımadaki olumsuz etkisini gidermek için, imgede farklı bölgeler için ayrı ayrı BLPC uygulanmakta ve tanıma kararı bu sonuçlara göre verilmektedir. Şekil 8'de alınan bölgeler verilmektedir.

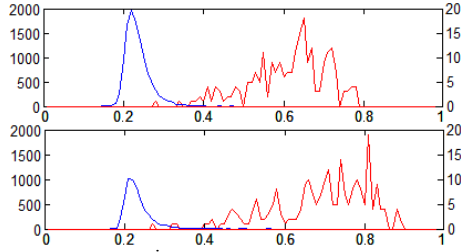


Şekil 7: Sırasıyla aynı ve farklı kişilere ait normalize edilmiş iris imgeleri için; ilk sütun: BLPC, ikinci sütun: PC sonuçları).



Şekil 8: Normalize edilmiş iris imgesinde BLPC uygulanan bölgeler.

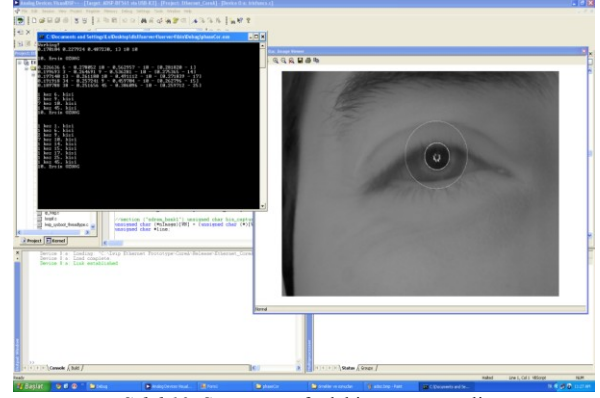
Sistemde her bir kişi için 5 ayrı zamanda alınmış iris imgesi normalizasyon işlemi sonrasında aşağıdaki bölgelere ayrılmakta ve bu bölgelerin veritabanında tutulmaktadır. Dolayısıyla, veritabanında her kişi için 20 ayrı bölgesel imge tutulmaktadır. Sistem tanıma amacıyla çalıştırılmakta ve veritabanında kayıtlı tüm veriler üzerinden ve tüm bölgeler için BLPC yaparak en büyük skoru veren kullanıcıyı bulmaktadır. Skor değeri belirtilen eşik değerinin üzerinde ise kişiye geçiş izni verilmekte, eşik altına ise kişi tanınmadı kararı verilmektedir. Bu yaklaşımla CasiaV3 veritabanı ve KULİS (Kocaeli Üniversitesi İşaret ve Görüntü İşleme Lab.)’de oluşturulan veritabanı için elde edilen sınıf içi-sınıflar arası BLPC sonuçlarının dağılımı Şekil 9’da verilmektedir. Şekil 9’dan görüldüğü üzere, PC ölçütü kullanıldığında sınıf içi ve sınıflararası benzerlikler birbirinden kolayca ayırt edilebilecek düzeydedir. Sınıf içi skorların sınıflar arası kümesi içerisine sızmasının temel nedeni, her iki veri tabanında da mevcut olan fazla bulanık, irisin tamamına yakınının göz kapağı tarafından kapalı olduğu imgelerdir.



Şekil 9: CasiaV3 ve KULİS veritabanları için sınıf içi (kırmızı)-sınıflar arası (mavi) BLPC yoğunlukları.

2.3. Yazılım

Sunucu tarafında yazılan iris tanıma yazılımında PC için FFTW (Fastest Fourier Transform in the West) kütüphanesi kullanılmıştır. DSP tarafındaki yazılım ise VisualDSP++ üzerinde yazılmıştır. DSP tarafındaki yazılım görüntü almadan iris normalize etmeye kadarki aşamaları 1s altında tamamlamaktadır. Sunucu tarafında 1000 adet BLPC işlemi şu an için 2.15s civarında sürmektedir. Sürenin fazla olmasının nedeni, bölgesel imgelerin harddiskte BMP formatında ham halde tutulmasıdır. Ham haldeki bölgesel imgelerin AFD’sinin alınarak saklanması ve bu verilerin RAM gibi daha hızlı bir bellek ortamında tutularak işlemlerin yapılması ile sistemin hızlandırılması mümkündür. Şekil 10’da bir deney için sunucu tarafındaki arayüze ait görsel verilmektedir.



Şekil 10: Sunucu tarafındaki arayüz görseli.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada, üzerinde özgün ve hızlı iris bulma ve normalizasyon algoritmalarının koştugu bir DSP kiti ile CMOS algılayıcıdan alınan göz imgelerinden normalize edilmiş iris imgesi oluşturulmakta ve Ethernet arayüzü üzerinden bağlı bulunduğu sunucuya aktararak tanıma işlemi gerçekleştirilmektedir. Sistemdeki algoritmalar CasiaV3 ve KULİS’de oluşturulan veritabanları üzerinde koşturulmuş ve başarılı tanıma sonuçları elde edildiği görülmüştür. İleriki çalışmalarda tanıma kısmındaki yazılımın hızlandırılması ve kırpık, gözbebeği gibi bölgelerin DSP üzerinde tespiti üzerinde çalışmaların sürdürülmesi planlanmaktadır.

4. KAYNAKÇA

- [1] A.K. Jain, A. Ross, and S. Prabhakar, "An Introduction to Biometric Recognition," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, 14(1):4-20, 2004.
- [2] F.W. Wheeler, A.G.A. Perera, G. Abramovich, B. Yu, and P.H. Tu, "Stand-Off Iris Recognition System," *Proc. of IEEE Second Int. Conf. on Biometrics: Theory, Applications and Systems*, pp. 1-7, 2008.
- [3] J. Daugman, "High-Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 15(11):1148-1161, 1993.
- [4] R.P. Wildes, J.C. Asmuth, G.L. Green, S.C. Hsu, R.J. Kolczynski, J.R. Matey, and S.C. McBride, "A Machine-Vision System for Iris Recognition," *Machine Vision and Applications*, 9(9):1-8, 1996.
- [5] N. Bhatia, M. Chhabra, "Improved Hough Transform for Fast Iris Detection," *2nd Int. Conf. on Signal Processing Systems (ICSPS)*, Vol. 1, pp:172-176, 2010.
- [6] X. Liu, K.W. Bowyer, and P.J. Flynn, "Experiments with an Improved Iris Segmentation Algorithm," *Fourth IEEE Workshop on Automatic Identification Advanced Technologies*, pp. 118-123, 2005.
- [7] P. Lili and X. Mei, "The Algorithm of Iris Image Processing," *Fourth IEEE Workshop on Automatic Identification Technologies*, pp. 134-138, 2005.
- [8] S. Ziauddin, and M.N. Dailey, "A Robust Hybrid Iris Localization Technique," *6th Int. Conf. Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2009)*, pp. 1058-1061, 2009.
- [9] W. Boles, and W. Boashes, "A Human Identification Technique Using Images of the Iris and Wavelet Transform," *IEEE Transactions on Signal Processing*, 46(4):1185-1188, 1998.
- [10] K. Miyazawa, K. Ito, T. Aoki, K. Kobayashi, H. Nakajima, "An Effective Approach for Iris Recognition Using Phase-Based Iris Matching," *IEEE Trans. Patt. Anal. Mach. Int.*, 30(10):1741-1756, 2008.
- [11] S.Ö. Durmuş, A.T. Çelebi, M.K. Güllü, "Bant-Sınırlı Faz Korelasyonu Uyumlaması Temelli Iris Tanıma," *IEEE 18. Sinyal İşleme ve İletişim Uyg. Kurultayı (SIU2010)*, pp. 878-881, 2010.
- [12] O. Urhan, M.K. Güllü, S. Ertürk, "Modified Phase-Correlation based Robust Hard-Cut Detection with Application to Archive Film," *IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Technology*, 16(6):753-770, 2006.