

2-Boyutlu Dalgacık Moment Yönteminin ve Uyarlamalı Sinir-Bulanık Sınıflayıcının Parmakizi Tanımda Kullanılması

Levent ORAL¹

Bayram CETİŞLİ²

¹Göhlisar Meslek Yüksekokulu
Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
loral@mehmetakif.edu.tr

²Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
Süleyman Demirel Üniversitesi
bcetisli@mmf.sdu.edu.tr

Özet

Öznitelik çıkarımı, otomatik parmakizi tanıma ve sınıflandırma sistemleri için en önemli adımlardan birisidir. Parmak izi tanımda kullanılan ve daha çok yapısal özellikler taşıyan çatal ve bitiş noktalarının yerine dalgacık tabanlı ve 2-boyutlu momentlerin kullanılması hem bölgesel hem de genel özniteliklerin elde edilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle bu çalışmada, polar koordinatlarda gösterimi daha anlamlı olan parmakizi örüntülerinin yine polar koordinatlarda tanımlı 2-boyutlu dalgacık momentleriyle çıkarılan özniteliklerinin yapısal özniteliklerle de desteklenerek sınıflandırılması amaçlanmaktadır. Bu amaçla FVC2004 parmakizi veritabanının bir kısmı çalışmada kullanılmış ve Uyarlamalı Sinir-Bulanık Sınıflayıcı ile başarılı bir şekilde sınıflanmış ve elde edilen sonuçlar diğer sınıflandırma yöntemleriyle karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Parmakizi tanıma, dalgacık momentleri (DM), Uyarlamalı Sinir-Bulanık Sınıflayıcı (USBS).

1. Giriş

Parmakizi, parmak ucu derisindeki göz ile görülebilen tepe adı verilen çıkıntılar tarafından meydana gelen şekillere verilen addır. Bir insana ait her parmakizi birbirinden farklı olduğu gibi her insanın parmakizi de birbirinden farklıdır [1]. Parmak izlerinin yaşlanmayla değişmeyen ve herkes için farklı olan özellikleri nedeniyle, özellikle güvenlik amaçlı birçok alanda otomatik kimlik saptama amacıyla en çok kullanılan biyometrik tekniklerden biri olmuştur [2].

Otomatik parmakizi analiz sistemleri temel olarak, doğrulama ve tanıma sistemleri olmak üzere iki şekilde çalışmaktadır. Parmakizi doğrulama sistemi, verilen iki parmakizinin aynı olup olmadığının belirlemeye yönelik olarak çalışan sistemlerdir [3]. Parmakizi tanıma sistemi, sisteme girilen bir parmakizinin, sistemin tüm veri tabanı araştırılarak, kayıtlı parmak izleriyle karşılaştırılması, benzer parmak izlerini bulmaya çalışmak olarak özetlenebilir. Parmakizi tanıma sistemlerinde, öznitelik tabanlı ve işlenmemiş görüntü tabanlı

yaklaşım olmak üzere iki tür yaklaşım kullanılmaktadır [4].

İşlenmemiş görüntü tabanlı yaklaşımda, ön işlem aşamaları olmaksızın doğrudan parmakizi görüntüsünün özyapısından elde edilen veriler üzerinde çalışılmaktadır [4]. Bu çalışmanın da konusu olan öznitelik tabanlı yaklaşımda ise parmakizi görüntülerinden çıkarılan tepe, uç, çatal noktaları ve moment vb. öznitelikler kullanılmaktadır. Bu yaklaşımda, parmakizi tanıma temel olarak parmakizi ön işleme, öznitelik çıkartma ve eşleme olmak üzere üç ana aşamada gerçekleştirilmektedir.

2. Öznitelik Çıkarma

Öznitelik tabanlı parmakizi tanıma sistemleri hâlâ geçerliliğini koruyan ve yaygın olarak kullanılan sistemlerdir [5]. Öznitelik çıkarımından önce yapılmakta olan bir dizi işlem mevcuttur. Sırası ile bunlar; normalizasyon, yönsel görüntünün elde edilmesi, iyileştirme, bölütleme, referans noktanın belirlenmesi, ikilileştirme, inceltme, temizlemedir. Verilen sırada, her bir işlem sonucu, diğerine girdi oluşturduğu için her bir adımdaki işlem başarısı tüm sistemin performansı üzerinde etkili olmaktadır. Bu yüzden, sözü edilen işlem basamaklarının her biri üzerinde çok sayıda çalışmanın yapıldığı görülmektedir [1-3].

2.1. Parmakizinin Normalizasyonu

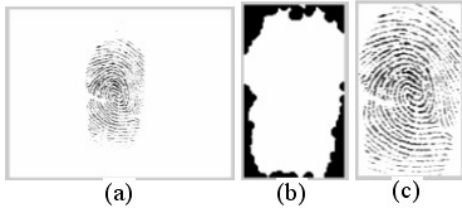
Algılayıcı gürültüsü ve görüntü üzerindeki baskı farkının etkisini azaltmak için kullanılan, tepe ve vadi çizgilerinin yapısını değiştirmeyen, piksel tabanlı bir işlemdir. Normalizasyon, parmakizi görüntüsündeki gri seviye renk dağılımını düzleştirilmekte ve her bir pikselin renk değerini belirli bir aralığa getirmektedir. Bu işlem parmakizini iyileştirmeden çok, sonraki algoritmalarının uygulanmasında kolaylıklar sağlamaktadır [6].

2.2. Yönel Görüntünün Elde Edilmesi

Yönel görüntü ile bölgesel olarak parmakizi yönlerinin tespit edilmesi ifade edilmektedir [5]. İz yönleri parmakizi tanıma sistemlerinde, parmakizinin yöne bağımlı iyileştirilmesi, referans nokta tespiti, bölütleme, çekirdek ve delta noktalarının bulunmasında kullanılmaktadır [7].

2.3. Bölütleme

Bölütleme, parmakizi görüntüsünün tepe ve vadi çizgilerini bulunduğu bölgeler ile geçerli parmakizi bilgisinin bulunmadığı bölgeleri birbirinden ayırma işlemidir. Parmakizi bölütleme aşamasında giriş resmindeki istenmeyen kısımların atılması ve gürültülerden arındırılması, hem işlem zamanının kısaltılması ve hem de referans noktasının doğru olarak tespit edilmesi için önem arz eder [8]. Şekil 1'de bir parmakizi görüntüsünün bölütleme basamakları gösterilmektedir.



Şekil 1: a) Parmakizi özgün görüntüsü, b) Maskeleyen işlemi c) Elde edilen son görüntü.

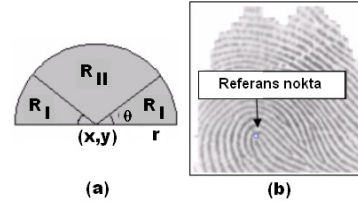
2.4. Referans Nokta Belirleme

İki parmakizini birbirine göre hizalamak için parmakizi üzerinde bir referans nokta seçmek gerekmektedir. En sıklıkla kullanılan referans nokta çekirdek noktasıdır [7]. Bunun yanında bütün parmakizlerinin bir çekirdek noktasına sahip olmadığı da bilinmektedir. Buna kemerli parmakizleri örnek olarak gösterilebilir. Jain ve arkadaşlarının, kullandığı algoritma kemerli parmakizleri de dahil olmak üzere referans nokta belirlemesini yapabilmektedir [6]. Bu algoritma ile bir içbükey iz üzerindeki en büyük yön değişikliklerin olduğu nokta referans nokta olarak tespit edilmektedir. Tanımlanan algoritmada

öncelikle, yönel değerler $\theta(x, y)$ belirlenir sonra Şekil 2.a'da verilen R_I ve R_{II} bölgelerindeki sinüs bileşenlerinin farkı Eş. 2'ye göre hesaplanır. Elde edilen D değerinin maksimum olduğu (i, j) koordinat değerleri referans nokta olarak alınır.

$$\varepsilon(x, y) = \sin(\theta(x, y)) \quad (1)$$

$$D = \sum_{R_I} \varepsilon(x, y) - \sum_{R_{II}} \varepsilon(x, y) \quad (2)$$



Şekil 2: Referans noktanın bulunması a) Sinüs bileşenlerinin toplandığı bölgeler (b,c) Bulunan referans noktaları.

2.5. Parmakizi Görüntüsünün İkileştirilmesi

Parmakizi okuyucudan alınan parmakizi görüntüsünde her bir piksel 8 bit gri seviye renk değerine sahiptir. Her bir pikselin sahip olduğu renk değeri 0-255 arasında değişmektedir. Bu aşamada yapılan çalışmalarda çoğunlukla yerel blok ortalaması olarak bilinen ortalama eşik değeri ile ikileştirme yöntemi uygulanmaktadır. Bu yöntemde parmakizi görüntüsü $M \times M$ boyutunda bloklara ayrılır. (i, j) merkezli bloğun ortalama gri seviye renk değeri Eş. 3'e göre hesaplanır ve bu değer Eş. 4'te pikselin beyaz (1) ya da siyah (0) olarak belirlenmesini sağlar [8].

$$I_{yer_ort}(i, j) = \frac{1}{M^2} \sum_{u=-M/2}^{M/2} \sum_{v=-M/2}^{M/2} I(u, v) \quad (3)$$

$$C = \begin{cases} 1, & I(i, j) > I_{yer_ort}(i, j) \\ 0, & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (4)$$

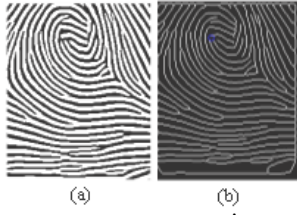
2.6. Parmakizinin iyileştirilmesi

Parmakizi resminin birçok yerinde tepe ve vadi çizgilerinin net olarak görülemediği gürültülü bölgeler, tepe çizgilerinde boşluklar ve kopukluklar bulunmaktadır. Ayrıca ikileştirmeden kaynaklanan birleşme ve kopukluklarda giderilmelidir. Tanıma sistemlerinin çoğunda kullanılan iyileştirme algoritmalarında çoğunlukla yerel iz frekansına ve yerel iz yönlerine bağlı olarak filtreleme yaparak parmakizinin iyileştirilmesini sağlayan yöntemler kullanılmaktadır. [5,6] Şekil 3.a'da iyileştirilen parmakizi görüntüsü verilmektedir.

2.7. Parmakizinin İnceltmesi

İnceltme, ikileştirilmiş parmakizinin tepe çizgilerinin bir piksel kalınlığında ifade edilmesidir. Şekil 3.b'deki gibi, başarılı bir inceltme algoritması,

uç noktaları silmemeli, komşu pikseller arasındaki bağılılığı bozmamalı ve görüntüyü indirgememelidir [8]



Şekil 3: a) İyileştirilmiş görüntü, b) İnceltilmiş görüntü.

2.8. Temizleme Algoritması

İnceltilmiş parmakizi görüntüsü dikkatlice incelendiğinde iz üzerinde kopukluklar, küçük çatal noktaları, birkaç piksel uzunluğunda küçük çizgiler görülmektedir. Bunların temizleme algoritması ile giderilmektedir.

2.9. Öznitelik Çıkartma

Öznitelik çıkarma genel olarak, inceltilmiş parmakizi üzerindeki tepe-uç ve tepe-çatal noktalarının bulunması, açılarının ve konumlarının tespit edilmesi, bölgesel ve genel özelliklerinin çıkarılması işlemleridir.

Bu çalışmada öznitelik çıkarma aşamasında ise parmakizinde çok fazla kullanılmayan polar koordinatta tanımlı dalgacık momentleri kullanılmıştır. Momentler bir görüntüden değişmeyen özniteliklerin çıkarılmasında oldukça önemlidir. Momentler örüntülerin gösterimini seriler açılımı şeklinde ifade eden ve örüntülerin istatistiksel bilgilerini veren matematiksel bir beklenen değer modelidir. Genellikle momentler bir noktanın referans ya da eksene olan uzaklığının nümerik ölçümlerini tanımlar. Aynı örüntüye ait farklı derecelerdeki momentler farklı bilgi içermektedir [9].

Momentlerin kullanılma nedeni, parmak izlerinin, her durumda aynı açıyla ve aynı yerden alınmaması nedeniyle çıkarılan özniteliklerin değişkenlik göstermesindedir. Ayrıca parmakizlerinde referans noktanın genellikle çekirdek olarak alınması ve bütün hesaplamaların bu noktaya göre yapılması, bu noktanın merkezi momentlerinin alınmasının daha uygun olacağı sonucunu doğurmaktadır. Bunun yanında parmak izi hatlarının bu merkez etrafında dairesel hareketler göstermesi polar koordinat sistemindeki momentleri daha uygun kılmaktadır. Böylece momentlerdeki tutarlılık sağlanabilmektedir. Yapısal sorunların yanı sıra, 2-boyutlu örüntülerin imge içindeki yerleşimleri, ölçekleri ve yönleri de sorun olmaktadır. Eğer parmak izleri görüntünün merkezinden farklı bir yerde bulunuyorsa, belli bir açıyla dönmüşse veya kapladığı alan bakımından küçük ya da büyükse tanınması zorlaşmaktadır. Çünkü örüntünün beklenen yerde ve şekilde bulunmaması, çıkarılan bölgesel öznitelikleri

oldukça etkilemektedir. Bu üç istenmeyen fiziksel durum için parmakizlerinin sabitlenmesi gerekmektedir. Eğer parmakizleri sabitlenmemişse üretilen öznitelikler de sabit değildir. Dönmüş, yer değiştirmiş ve küçültülmüş bir parmak izinin herhangi bir yöntemdeki öznitelikleri, özgün parmak izi özniteliklerinden farklı çıkmaktadır

Moment özniteliklerinin kendi aralarında doğrusal bağımsız olması yani momenti hesaplanan bölgelerin üst üste çakışmaması için momentlerde dikgenlik şartı da aranmalıdır. Moment yöntemlerinde dikgenliği sağlamak için, parmak izleri birim çember içine indirgenerek radyal boyutunun sabitlenmesi gerekir. Böylece parmak izi büyük ya da küçük olsun; birim çember içine sığdırıldığından, merkezden en uzak noktasının yarıçapı her durumda 1 olur. Birim çember içindeki parmak izi döndürüldüğünde; açılal öznitelikleri değişirken, radyal öznitelikleri değişmemektedir. Çünkü örüntünün aynı yarıçap dairesindeki toplam piksel sayısı dönmeyle değişmez [9].

Zernike, Fourier-Mellin ve dalgacık gibi momentlerin değerleri yer değiştirme, ölçekleme ve dönme gibi durumlarda değişmezler [9]. Bu momentler, sadece radyal eksende tanımlıdır ve açı momentleri ise dönmeye karşı sabitliği sağlamak için ihmal edilir. Açı momenti önemli bir ayırt edici özniteliktir ve ihmal edilmesi parmakizi tanıma oranlarını düşürebilir. Bu nedenle yaklaşım momentleri, dalgacık analizindeki ölçekleme fonksiyonları kullanılarak radyal ve açılal eksende tanımlanmıştır. Her bölgeye uygulanan dalgacık dönüşümlerden, bölgenin yerel ve bütünsel öznitelikleri çıkarılmaktadır.

Şekil 4.a'da örnek bir parmakizi üzerinde yarıçap için $a_r=4$ ve açı için $a_\theta=16$ genişletme katsayıları seçilerek yapılan örnek bir ölçekleme görülmektedir. Bu ölçeklemeye göre sadece çizgilerle ayrılan bölgelerin yaklaşım momentleri hesaplanmaktadır. Eğer genişletme sayıları arttırılırsa ayrıntı, azaltılırsa bütünsel öznitelikler ortaya çıkmaktadır.

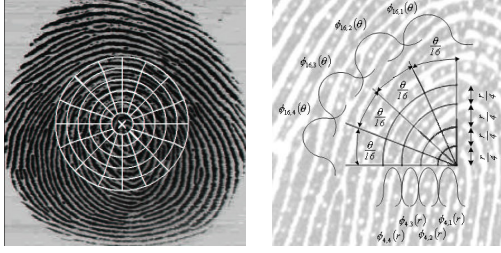
Bu çalışmada da FVC2004 veri tabanı için öznitelik çıkartmada kullanılan yaklaşım momentleri, ölçekleme radyal çok terimlilerinden oluşmaktadır.

Bu momentler hem radyal bilgisi hem de açı bilgisi için ayrı ayrı hesaplanmaktadır. Buna göre 2-boyutlu ve yarı-değişmez yaklaşım momentleri;

$$\|Y_{m,n_1,n_2,q}\| = \left\| \sum_r \sum_\theta f_k(r,\theta) \phi_{m,n_1}(r) \phi_{m,n_2}(\theta) \exp(jq\theta) r^\Delta r^\Delta \theta \right\| \quad (2.5)$$

ile hesaplanır. Buradaki $m=n_1=n_2=\{0,1,2,3\}$ ölçekleme değerleridir [9].

Çıkarılan moment özniteliklerinin yanı sıra geliştirilen algoritmalar ile parmak izinde var olan yapısal öznitelikler olarak değerlendirilen bazı öznitelikler de çıkarılmıştır. Örneğin, görüntüde çizilen dikey bir çizginin kestiği parmak hatları sayısı.



Şekil 4: a) Parmakizinin $a_r=4$ ve $a_0=16$ seçilerek yapılan örnek bir ölçeklemesi., b) Parmakizinin ölçeklenmiş bölgelerine yaklaşım dönüşümlerinin uygulanması.

2.10. USBS ile Sınıflandırma

Parmakizlerinin sınıflandırılması önemli bir problemdir. Çünkü genellikle bir kişiden bir parmak izi alınmakta ve sadece bir örnekle sınıflandırılmaya çalışılmaktadır. Bu nedenle şablon eşleştirme yöntemi ve mesafe ölçütlerine bağlı sınıflayıcılar, parmakizi tanımada en uygun yöntemlerdir. Örneklerin azlığı, istatistikî yöntemlere dayalı Bayes, KNN, USBS gibi sınıflayıcılar için sorun teşkil etmektedir. Bu olumsuzluklar bu çalışmada da görülmektedir. Bu çalışmada her kişiden sekizer örneğin alındığı FVC2004 veritabanındaki örnekler kullanılmıştır. Bu örnekler istatistikî açıdan yetersiz olmasına rağmen yine de kullanılmaya çalışılmıştır.

USBS sinir ağlarının öğrenme özelliği ile bulanık mantığın insan düşüncesine en yakın eğer-ise çıkarsama mantığını bir araya getiren bir yöntemdir [9]. Bu sınıflayıcının en büyük özelliği bulanık kümelere uygulanan ve matematiksel olarak üstel kuvvetlere karşılık gelen dilsel kuvvetlerdir. Dilsel kuvvetler, önemli özniteliklerin vurgulanmasını, önemsiz özniteliklerin ise sistemden zayıflatılarak uzaklaştırılmasını sağlamaktadırlar [10].

3. Deneysel Çalışma

Bu çalışmada dünyada yaygın olarak kullanılan FVC2004 veri tabanındaki veriler kullanılmaktadır [11]. Bu veritabanı içindeki veriler farklı yapıdaki görüntü algılama cihazlarından, farklı çözünürlükte ve kalitede alınan parmak izi görüntü örnekleri DB1, DB2, DB3, DB4 olarak sınıflandırılmış olarak sunulmuştur. Bu verilerde her bir kişiye ait 8 adet parmak izi bulunmaktadır. Bu parmak izlerinin bir kısmında bütünsel bir kısmında da bölgesel eksiklikler mevcut, bir kısmı az veya çok mürekkeple elde edilmiş, bir kısmında parmak izi dönmüş vaziyettedir. Bu çalışmada sadece DB1 ve DB3 veritabanı kullanılmıştır.

Kullanılan veritabanı içindeki görüntülerde sayısı azda olsa sağa ya da sola dönmüş örnekler mevcuttur. Dönme etkisini azaltmak için öznitelik çıkarımından önce görüntünün çekirdek noktasına göre dönme açısı hesap edilip eğer herhangi bir

dönme var ise ters yönde döndürme işlemi yapan algoritma üzerinde de çalışılmıştır.

Yine bu çalışmada, elde edilen öznitelikler (yaklaşık 260 adet) sınıflandırmada kullanılmıştır. Sınıflandırmada YSA, Bayes, Şablon Eşleştirme ve USBS kullanılmış ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Sınıflandırma aşamasında her parmak izine ait 8 örnekten ilk 7 tanesinin içinde uygun olanları (çoğunlukla en az 1 tanesi uygunsuz olarak değerlendirilmiştir) eğitim için, son 1 tanesi ise test için kullanılmıştır. Bunun yanında test için kullanılan parmak izi görüntülerinde tanıma aşamasında değerler ne çıkarsa çıksın herhangi bir ret etme işlemi yapılmamış bir sınıfa mutlaka sokulmaya zorlanılmıştır. İlk önce 5, daha sonra 20 kişi arasında ve her kişiye ait 8 parmak izleri ile ilgili sınıflandırmalar yapılmış ve aşağıdaki Tablo 1'de verilen ortalama sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 1. Parmak izi sınıflandırma sonuçları.

Sınıflayıcı	Tanıma Oranı (5 kişi)	Tanıma Oranı (20 kişi)
Bayes	%90	%83
YSA	%92	%86
ŞE	%95	%92
USBS	%95	%87

4. Sonuçlar

Bu çalışma ile parmak izi tanımada kullanılan ve daha çok yapısal özellikler taşıyan çatal ve bitiş noktalarının yerine dalgacık tabanlı ve 2-boyutlu momentlerin kullanılması hem bölgesel hem de genel özniteliklerin elde edilmesini sağlamıştır. Bu öznitelikler yapısal özniteliklerle de desteklenmiştir. Sınıflandırmada ise büyük başarılar sağlayan USBS, diğer ağ tabanlı ya da istatistiksel sınıflayıcılardan daha iyi sonuç vermesine rağmen, eğitim setindeki örnek azlığı ve sınıf sayısının fazlalığı nedenleriyle beklenen başarıyı gösterememiştir.

5. Kaynaklar

- [1] Maltoni, D. Maio, D.A. Jain, K. and Prabhakar, S., "Handbook of Fingerprint Recognition", Springer, Berlin, 2003.
- [2] Jain, A.K. Hong, L. Pankanti, S. Bolle, R., "An Identity-Authentication System Using Fingerprints", Proceedings of IEEE, vol. 85(9), pp. 1341-1516, 1997.
- [3] Jain, A.K. Ross, A. Prabhakar, S., "An Introduction to Biometric Recognition", IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 14(1): pp. 4-20, 2004.
- [4] Seow, B.C. Yeoh, S.K. Lai, S. L. Abu, N.A., "Image Based Fingerprint Verification", Student Conference on Research and Development, Malaysia, pp. 58-61, 2002.
- [5] L.Hong, Y.Wan and A.K.Jain, "Fingerprint Image Enhancement Algorithms and Performance Evaluation", IEEE Transactions on PAMI, Vol.20(8), pp. 777-789, 1998.

- [6] Jain, A.K. Prabhakar, S. Hong, L. Pankanti, S., “Filterbank-Based Fingerprint Matching”, IEEE Transactions on Image Processing, 9(5), pp. 846 – 859, 2000.
- [7] Halıcı, U. Ogun, G., “Fingerprint Classification Through Self-organizing Feature Maps Modified to Treat Uncertainties”, Proceedings of the IEEE, 84(10), pp.1497–1512, 1996.
- [8] Görgünoğlu, S., “Parmak İzi Analizinde Performans Optimizasyonu”, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Ankara, 2006.
- [9] Cetişli, B., “El Yazısı Karakter Tanıma: Dalgacık Moment Özniteliklerinin Yenilenen ANFIS İle Sınıflandırılması”, E. Osmangazi Ü. Fen bilimleri En. Doktora Tezi, 2005.
- [10] Cetişli, B., “Öznitelik Seçiminde Dilsel Kuvvetli Sınır Bulanık Sınıflayıcı Kullanımı”, E. Osmangazi Üniv. Müh-Mim. Fak. Dergisi, Cilt XIX, Sayı:2,109–129, 2006.
- [11] <http://bias.csr.unibo.it/fvc2004/>