

# Grunwald-Letnikov Kesir Mertebeli Diferansiyel Maskesi Kullanarak Düşük Çözünürlüklü Avuççi Görüntülerinin İyileştirilmesi

## Enhancement of Low Resolution Palmprint Images Using Grunwald-Letnikov Fractional Differential Mask

Özkan Bingöl<sup>1</sup>, Murat Ekinci<sup>2</sup>, Ahmet Gökdoğan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Yazılım Mühendisliği, <sup>3</sup>Matematik Mühendisliği  
Gümüşhane Üniversitesi

bingolo@gumushane.edu.tr, gokdogan@gumushane.edu.tr

<sup>2</sup>Bilgisayar Mühendisliği  
Karadeniz Teknik Üniversitesi  
ekinci@ktu.edu.tr

### Özet

Günümüzde, biyometrik tanıma sistemlerin yaygınlaşması ve sistem maliyetlerin azaltılması için düşük çözünürlüklü görüntüleme cihazları tercih edilmeye başlanmıştır. Ancak bu cihazlardan elde edilen görüntülerin kalitesi tanıma sistemlerinin performansını olumsuz yönde etkilemektedir. Dolayısıyla bu görüntülerin iyileştirilerek kalitelerinin artırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada, geliştirmekte olduğumuz avuççi tanıma sistemindeki web kameralardan alınan görüntülerin iyileştirilmesine odaklanılmıştır. Bu amaçla, Grunwald-Letnikov kesir mertebeli diferansiyel yaklaşımı yardımıyla farklı kesir değerlerine ve boyutlara sahip maskeler oluşturulmuştur. Bu maskeler, görüntüler üzerinde gezdirilmiş ve en uygunu bulunmaya çalışılmıştır. Sonuçta; ayırt edici doku özelliklerinin daha iyi çıkartılabileceği yeni görüntüler elde edilmiştir. Ayrıca, kullanılan yöntemle elde edilen sonuçlar, çok bilinen yöntemlerden (global histogram eşitleme, adaptif histogram eşitleme, kontrast germe) elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Grunwald-Letnikov; kesir mertebeli diferansiyel; fractional differential; görüntü iyileştirme, avuççi tanıma, biyometri

### Abstract

Nowadays, low resolution imaging devices have begun to be preferred due to the widespread use of biometric recognition systems and the cost reduction. However, the quality of the images obtained from these devices adversely affects the performance of recognition systems. Therefore, improving the quality of these patterns is needed to increase.

In this study, we focused on improving images obtained from web cameras that are used in our palmprint recognition system. For this purpose, with the aid of Grunwald-Letnikov fractional differential approach, the masks with different fractional values and dimensions are formed. These masks are implemented on the images to get the most appropriate

results. As a result; new images are produced to extract better distinguishing texture characteristics. Moreover, the results obtained by the method used, are compared with the results of well known methods (global histogram equalization, adaptive histogram equalization, contrast stretching).

**Key Words:** Grunwald-Letnikov; fractional differential; image enhancement, palm recognition, biometrics.

### 1. Giriş

Biyometrik kimlik doğrulama sistemleri, günümüzde güvenlik ve izleme amaçlı kullanılan sistemlerdir. Bu sistemler, biyometrik özelliklerin kişiye özgü olması, değiştirilmemesi, kişiden kişiye aktarılamamasından dolayı yüksek güvenilirlik özelliğine sahiptir. Günümüzde özellikle parmak izi, yüz, retina, ses, damar, kulak, DNA, el geometrisi, avuç içi gibi fiziksel özellikleri kullanan biyometrik sistemler ön plana çıkmaktadır. Bunların yanında davranışsal özelliklere dayalı yürüyüş, konuşma şekli, beden dili, imza hareketleri gibi sistemler de geliştirilmektedir.

Avuççi Tanıma Sistemleri (ATS); avuç alanının geniş olması, kullanıcı kabul edilebilirliğinin yüksek olması ve düşük çözünürlüklü görüntülerde bile iyi performans göstermesi açısından diğer biyometrik özelliklere göre daha avantajlıdır. ATS, hem yüksek hem de düşük çözünürlüklü avuççi görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilebilir. Sivil ve ticari uygulamalar için düşük çözünürlüklü uygulamalar yeteriyken, adli uygulamalar için yüksek çözünürlüklü uygulamalar daha uygundur [1]. ATS ile ilgili güncel araştırmalar; sistem maliyetinin uygun olması, gerçek zamanlı çalışması ve daha geniş alanlarda kullanılabilmesi için düşük çözünürlüklü görüntülerin kullanılması eğilimindedirler.

ATS'nin yüksek doğruluğa ulaşabilmesi için kullanılan düşük çözünürlüklü avuççi görüntülerden ayırt edici özelliklerin (avuççi çizgileri, kırışıklıklar, doku, el geometrisi gibi) açık bir şekilde çıkartılabilmesi gereklidir. Bu amaçla, avuççi dokusunun yönlü özelliklerinin temsili için faz tabanlı

yöntemler [1]-[3], avuçiçinin çizgi özelliklerinin çıkartılması için de çizgi veya kenar tespit ediciler kullanılmıştır [4][5]. Bu yöntemler, genellikle CCD kameralar ile alınan görüntüler üzerinde geliştirilmiştir. Fakat bu yöntemler, daha uygun maliyetli olan web kameraları ile uygulandığında gerek görüntünün fazla olması gerekse pikseller arasındaki girişimlerden dolayı yeterli performansı göstermemektedirler.

Bu çalışmada, geliştirmekte olduğumuz ATS’inde kullanılan web kameralardan alından düşük çözünürlüklü görüntülerin iyileştirilmesi için Grunwald-Letnikov (G-L) kesir mertebeli diferansiyel tanımına [6] göre geliştirilmiş bir maske kullanılmıştır.

## 2. Kesir Mertebeli Diferansiyel Maskesi

Diferansiyel denklemler sinyal işleme alanında çok geniş olarak kullanılmaktadır. Son zamanlarda birçok araştırmacı kesirli analiz ve onun uygulamaları ile ilgili çalışmalarda bulunmuşlardır. Bu analiz yönteminin kullanımı temel bilimler ve mühendislik alanlarında her geçen gün artmaktadır [7].

### 2.1. G-L Kesir Mertebeli Diferansiyel

Kesir mertebeli diferansiyel klasik tamsayı dereceli diferansiyel tanımının sürekli fonksiyonlar için genelleştirilmiş halidir. G-L tanımına göre sürekli bir  $F(t)$  fonksiyonun  $\nu$  mertebeli ( $\nu \in R$ ) diferansiyeli şu şekilde tanımlanır [7]:

$$D_t^\nu F(t) = \lim_{h \rightarrow 0} h^{-\nu} \sum_{m=0}^{n-1} \frac{(-1)^m \Gamma(\nu + 1)}{\Gamma(m + 1) \Gamma(\nu - m + 1)} F(t - mh) \quad (1)$$

Burada  $\Gamma$ , gama fonksiyonu;  $a$  ve  $t$  sırasıyla alt ve üst limit ( $a \in R, t \in R$ ),  $a < t$ ,  $F(t) \in [a, t]$ ;  $m \in Z, n \in Z$  ( $Z$  tamsayı kümesi);  $nh = t - a$ ’dır.

Gama fonksiyonu  $\Gamma(\cdot)$ , faktöriyel fonksiyonunun karmaşık sayılar ve tam sayı olmayan reel sayılar için genelleştirilmiş halidir ve şu şekilde tanımlanmıştır:

$$\Gamma(x) = \int_0^\infty t^{x-1} e^{-t} dt \quad (2)$$

Gama fonksiyonu  $x$  tam sayısı için faktöriyel karşılığı da şöyledir:

$$\Gamma(x) = (x - 1)! \quad (3)$$

Sinyalin süresi  $h = 1$  alındığında tek boyutlu bir  $F(t)$  sinyalinin  $d^\nu F/dt^\nu$  açılımı şu şekilde olur:

$$\frac{d^\nu F}{dt^\nu} = F(t) + (-\nu)F(t - 1) + \frac{-\nu(1 - \nu)}{2}F(t - 2) + \dots + \frac{\Gamma(n - \nu)}{\Gamma(n + 1)\Gamma(-\nu)}F(t - n) + \dots \quad (4)$$

Benzer şekilde iki boyutlu  $F(x, y)$  sinyali için  $\nu$  mertebeden diferansiyel şu şekilde ifade edilebilir[7].

$$\frac{d^\nu F}{dx^\nu} = \lim_{h \rightarrow 0} h^{-\nu} \sum_{m=0}^{\lfloor \frac{t-a}{h} \rfloor} \frac{(-1)^m \Gamma(\nu + 1)}{\Gamma(m + 1) \Gamma(\nu - m + 1)} F(x - mh, y) \quad (5)$$

$$\frac{d^\nu F}{dy^\nu} = \lim_{h \rightarrow 0} h^{-\nu} \sum_{m=0}^{\lfloor \frac{t-a}{h} \rfloor} \frac{(-1)^m \Gamma(\nu + 1)}{\Gamma(m + 1) \Gamma(\nu - m + 1)} F(x, y - mh) \quad (6)$$

Yine  $h = 1$  alındığında iki boyutlu  $f(x, y)$  fonksiyonunun  $x$  ve  $y$  koordinatlarına göre kısmi diferansiyel açılımı şu şekilde olacaktır:

$$\frac{d^\nu F}{dx^\nu} = F(x, y) + (-\nu)F(x - 1, y) + \frac{-\nu(1 - \nu)}{2}F(x - 2, y) + \dots + \frac{\Gamma(n - \nu)}{\Gamma(n + 1)\Gamma(-\nu)}F(x - n, y) + \dots \quad (7)$$

$$\frac{d^\nu F}{dy^\nu} = F(x, y) + (-\nu)F(x, y - 1) + \frac{-\nu(1 - \nu)}{2}F(x, y - 2) + \dots + \frac{\Gamma(n - \nu)}{\Gamma(n + 1)\Gamma(-\nu)}F(x, y - n) + \dots \quad (8)$$

(7) ve (8)’e göre  $n$  adet sıfır olmayan katsayılar içerisinde, yalnızca ilk terim sabit 1’dir. Diğer  $n-1$  adet sıfır olmayan katsayı,  $\nu$  kesir mertebesi ile ilgili fonksiyonlardır.

### 2.2. G-L Kesir Mertebeli Diferansiyel Maskesi

$m \times m$  boyutlu bir filtre maskesi,  $M \times N$  boyutlu iki boyutlu sayısal bir  $f(x, y)$  görüntüsünde konvolüsyon uygulanarak kullanılır.

$$g(x, y) = \sum_{s=-a}^a \sum_{t=-b}^b w(s, t) f(x + s, y + t) \quad (9)$$

Burada  $w(s, t)$  filtre maskesinin  $s$ . ve  $t$ . değeri;  $a = \frac{(m-1)}{2}$ ,  $b = \frac{(m-1)}{2}$ ,  $m$  ise maskenin boyutunu belirten bir tek sayıdır. Bütün görüntünün filtrelenmesi için, görüntüdeki her bir piksel (9) kullanılarak işleme alınır. Kesir mertebeli diferansiyel maskenin (KMDM) oluşturulması için; maskenin boyutuna göre (7) ve (8)’deki ilk katsayılar kullanılır. Bu katsayılar 8 farklı açı için (0, 45, 90, ..., 315) tek bir matriste toplanır. Örneğin 5x5 boyutunda bir filtrenin oluşturulması için ilk 3 katsayı kullanılmalıdır (Şekil 1).

$\frac{-\nu(1-\nu)}{2}$	$\frac{-\nu(1-\nu)}{2}$	$\frac{-\nu(1-\nu)}{2}$	$\frac{-\nu(1-\nu)}{2}$	$\frac{-\nu(1-\nu)}{2}$
$\frac{-\nu(1-\nu)}{2}$	$-\nu$	$-\nu$	$-\nu$	$\frac{-\nu(1-\nu)}{2}$
$\frac{-\nu(1-\nu)}{2}$	$-\nu$	8	$-\nu$	$\frac{-\nu(1-\nu)}{2}$
$\frac{-\nu(1-\nu)}{2}$	$-\nu$	$-\nu$	$-\nu$	$\frac{-\nu(1-\nu)}{2}$
$\frac{-\nu(1-\nu)}{2}$	$\frac{-\nu(1-\nu)}{2}$	$\frac{-\nu(1-\nu)}{2}$	$\frac{-\nu(1-\nu)}{2}$	$\frac{-\nu(1-\nu)}{2}$

Şekil 1. 5x5 boyutunda KMDM

Bu maskede; bütün elemanların toplam değerinin 1 olması için maske elemanlarının herbiri, maskedeki toplam katsayıya bölünür (Örneğin Şekil 1.’deki maske için  $8\nu^2 - 16\nu + 8$ ). Böylece görüntüdeki herbir piksel değeri 0-255 aralığında sınırlandırılmış olacaktır.

## 3. Deneysel Çalışmalar

### 3.1. El Görüntüsü Veritabanı

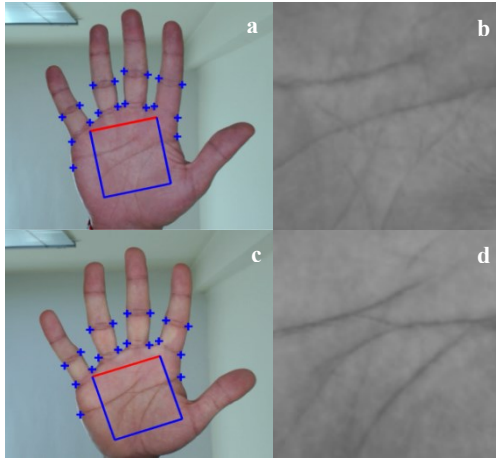
Geliştirmekte olduğumuz ATS için, iki adet web kamerasının ve kendi ışıklandırma sisteminin olduğu bir düzenek hazırlandı. Şimdilik, 82 farklı kişiden önceden belirlenmiş 20 adet senaryoya göre 640x480 boyutlarında görüntüler

toplandı. Şekil 2.'de bu veritabanında bulunan el görüntülerinden bazı örnekler gösterilmiştir.



Şekil 2. El Veritabanındaki görüntülerden örnekler.

ATS'de kişilere ait ayırtedici özelliklerin belirlenmesi için avuç içindeki merkezi alandan faydalanılmaktadır. İlgin bölgesi olarak adlandırılan merkezi alanın doğru bir şekilde tespit edilebilmesi için, elin şekil ve görünüm özelliklerinden yararlanan Aktif Görünüm Modeli (AGM) tabanlı bir bölütleme yöntemi geliştirilmiştir. AGM'nin uygulanması için el üzerinde 18 nokta belirlenmiş ve bu noktalara göre eğitim ve bölütleme işlemleri gerçekleştirilmiştir. Bu yöntem ile ilgili detaylı bilgilere [8]'deki çalışmamızdan ulaşılabilir. El veritabanındaki görüntülere AGM'nin uygulanması ve elde edilen avuç içi ilgin bölgesine ait örnekler Şekil 3.'te gösterilmiştir.



Şekil 3. AGM'nin uygulanması ve elde edilen ilgin bölgeler. Sağdakiler soldaki el görüntülerinden elde edilmiştir.

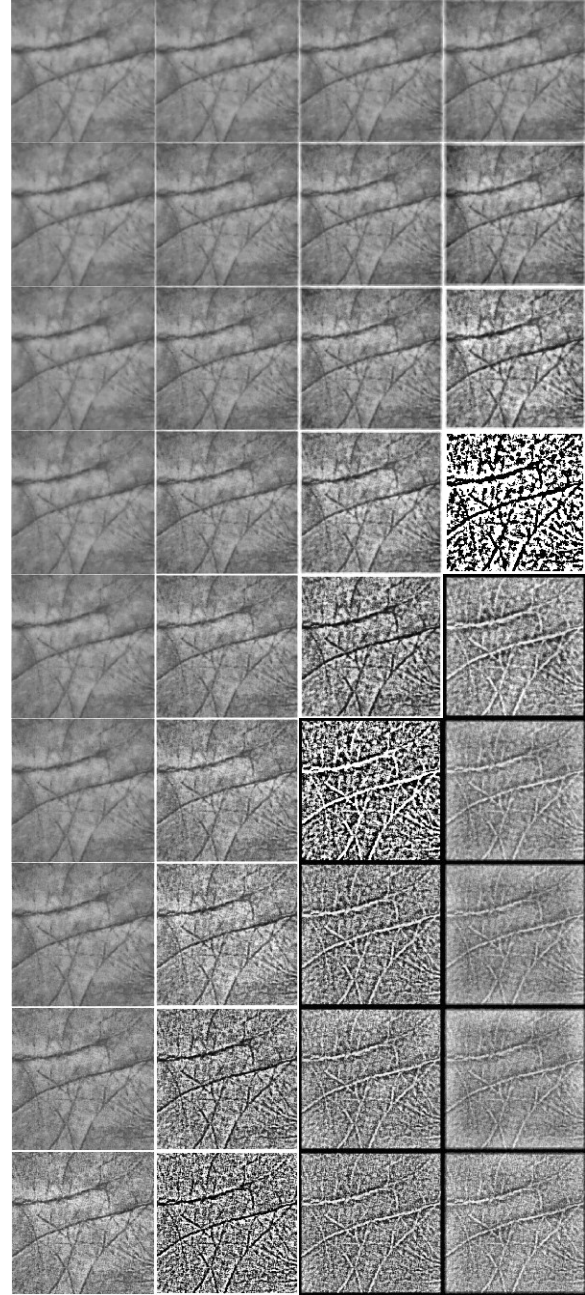
### 3.2. KMDM'nin Uygulanması

Üzerinde çalıştığımız ATS'inde kullanılan web kameralarının görüntü kalitelerinin düşük olmasından dolayı elde edilen avuç içi ilgin bölgelerinin iyileştirilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla bölüm 2.2.'de bahsedilen yöntemle farklı boyutlarda (3x3, 5x5, 7x7, 9x9) ve farklı  $\nu$  değerlerinde (0.1, 0.2, ..., 0.9) KMDM'ler üretilmiştir. Üretilen bu maskelerle ilgili örnekler Şekil 4.'te verilmiştir.

Bu maskeler, gri seviyeye dönüştürülmüş olan avuç içi ilgin bölgesi görüntülerine uygulanmıştır. Şekil 3b'te bulunan avuç içi ilgin bölgesi görüntüsü üzerinde KMDM'ler uygulandığında elde edilen sonuçlar Şekil 5'te gösterilmiştir.

			-0.0625	-0.0625	-0.0625	-0.0625	-0.0625
			-0.0625	-0.25	-0.25	-0.25	-0.0625
			-0.0625	-0.25	4	-0.25	-0.0625
			-0.0625	-0.25	-0.25	-0.25	-0.0625
			-0.0625	-0.0625	-0.0625	-0.0625	-0.0625
-0.125	-0.125	-0.125					
-0.125	2	-0.125					
-0.125	-0.125	-0.125					

Şekil 4.  $\nu = 0.5$  için üretilen örnek 3x3 ve 5x5 maskeler.



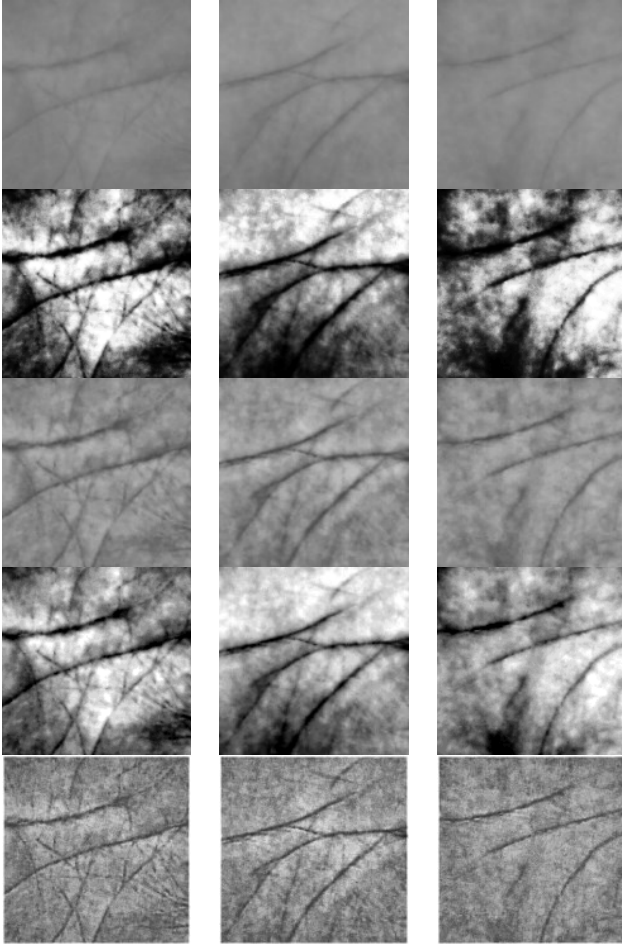
Şekil 5. Bir avuç içi ilgin bölgesine kesir mertebeli filtre uygulama sonuçları

Yukarıdaki şekilde; her bir satır, 9 farklı  $\nu$  kesir değerleriyle (yukarıdan aşağıya sırasıyla  $\nu = 0.1, 0.2, \dots, 0.9$ ), her bir sütun ise farklı boyutlarda (soldan sağa sırasıyla 3x3, 5x5, 7x7 ve 9x9) oluşturulmuş maskeler uygulandığında alınan sonuçlar gösterilmektedir.

#### 4. Sonuçlar

Uygun KMDM parametrelerini bulmak için yapılan çalışmalar sonucunda düşük  $\nu$  değerlerinde filtrelenmiş görüntü, aynı görüntünün gri seviyeli değerlerine yaklaşıırken, yüksek  $\nu$  değerlerinde ise gürültü oranı artmaktadır. Sonuç olarak görüntü iyileştirme için 5x5 veya 7x7 boyutlarında  $\nu = 0.5$  değerinde filtrelerin kullanılmasının daha uygun olduğu tespit edilmiştir.

Belirlenen filtrenin uygulanması sonucunda elde edilen görüntünün doku özellikleri açısından diğer bilinen iyileştirme yöntemleri (global histogram eşitleme, adaptif histogram eşitleme, kontrast germe) ile karşılaştırıldığında da daha iyi sonuçlar vermektedir. Bu yöntemler ile üç farklı kişiye (ID1, ID2 ve ID3) uygulanarak elde edilen görüntüler Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6'da sırasıyla her bir satır (yukarıdan aşağıya doğru); filtrelenmemiş gri seviyeli, global histogram eşitleme uygulanmış, adaptif histogram eşitleme uygulanmış, kontrast germe uygulanmış ve KMDM uygulanmış görüntüleri göstermektedir.



Şekil 6. Üç farklı kişiye ait avuçiçi görüntülerinin değişik yöntemlerle iyileştirilme sonuçları

Elde edilen bu görüntüler, doku analizi için önerilen istatistiksel ölçüm değerleri ile karşılaştırılmış, sonuçlar Şekil 7, 8 ve 9'da gösterilmiştir. Doku analizi için, dokunun entropi, homojenlik ve karşıtlık bilgileri kullanılmış ve bu bilgiler şu formüllerle göre hesaplanmıştır [9]:

$$\text{entropi bilgisi} = \sum_{i,j} p(i,j) \log p(i,j) \quad (10)$$

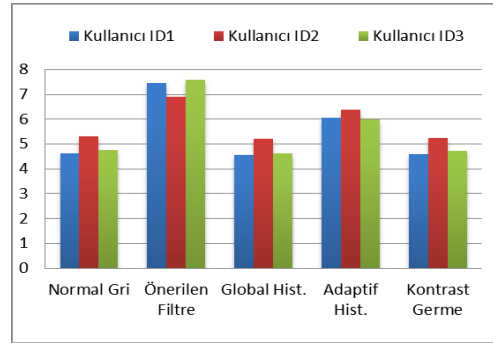
Bir görüntüdeki doku detayları fazla ise entorpi değeri de büyük olacaktır.

$$\text{homojenlik bilgisi} = \sum_{i,j} \frac{p(i,j)}{1 + |i - j|} \quad (11)$$

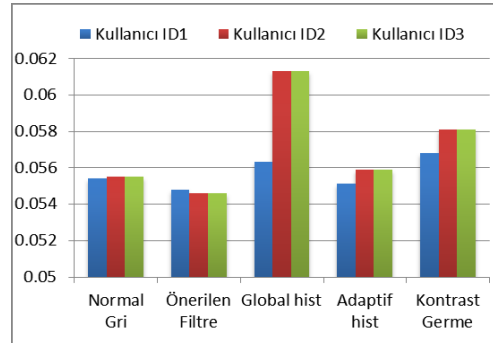
Bir görüntüdeki doku iyileştirmesinin artması homojenlik bilgisini azaltacaktır.

$$\text{karşıtlık bilgisi} = \sum_{i,j} p(i - j)^2 \quad (12)$$

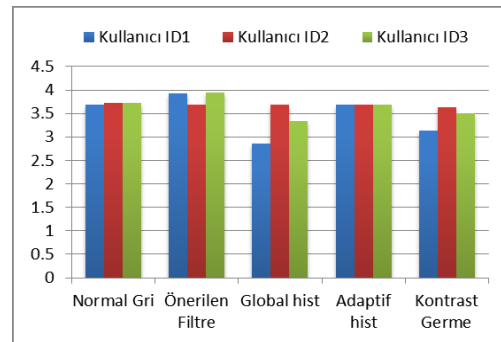
Bir görüntüde pikseller ve komşuları arasındaki kontrast değişimi fazla ise karşıtlık bilgisi de ona göre artacaktır.



Şekil 7: Üç farklı kişiden elde edilen görüntüler için entropi bilgisi değerleri



Şekil 8: Üç farklı kişiden elde edilen görüntüler için homojenlik bilgisi değerleri



Şekil 9: Üç farklı kişiden elde edilen görüntüler için karşıtlık bilgisi değerleri (Grafikteki değerler  $10^3$  ile çarpılmıştır)

Yukarıdaki şekillerden görüldüğü üzere bu çalışma kapsamında kullanılan filtreleme tekniği; yüksek entropi, düşük homojenlik ve yüksek karşıtlık bilgisi ile görüntü iyileştirme açısından çok olumlu sonuçlar üretmektedir.

Bu çalışmanın devamında KMDM kullanılarak elde edilen görüntülerden kişilere özgü ayırt edici öznitelikler tespit edilmeye çalışılacaktır. Bu öznitelikler sınıflandırılarak geliştirilen ATS'nin tanıma performansı değerlendirilecektir.

## 5. Teşekkür

Bu çalışma, Gümüşhane Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir. (GÜBAP 13.F5121.02.2, 2013)

## 6. Kaynaklar

- [1] Zhang D., Kong A.W., You J. ve Wong M., "Online Palmprint Identification". *IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell*, 25(9):1041–1050., 2003.
- [2] Kong, A.W. ve Zhang D., "Competitive Coding Scheme for Palmprint Verification". International Conference On Pattern Recognition, 2004, vol 1, pp 520–523.
- [3] Sun, Z.N., Tan, T.N., Wang, Y.H. ve Li, S.Z., "Ordinal Palmprint Representation For Personal Identification". IEEE International Conference On Computer Vision And Pattern Recognition, 2005, pp 279–284.
- [4] Wu, X.Q., Zhang, D. ve Wang, K.Q., "Palm Line Extraction And Matching For Personal Authentication". *IEEE Trans Syst Man Cyber, Part A* 36(5):978–987., 2006.
- [5] Huang, D.S., Jia, W. ve Zhang, D., "Palmprint Verification Based On Principal Lines". *Pattern Recognition* 41(4):1316–1328., 2008.
- [6] Keith, B. O., Spanier, J., "Fractional Calculus: Theory and Applications, Differentiation and Integration to Arbitrary Order", *Math. Sci. Eng. Academic Press*, 1974.
- [7] Gao, C., Zhou, J., Lang, F., ve Liu, C., "A New Fractional Differential Mask for Image Enhancement". *Journal of Convergence Information Technology*, 8(4)., 2013.
- [8] Aykut, M., ve Ekinci, M., "AAM-Based Palm Segmentation in Unrestricted Backgrounds and Various Postures for Palmprint Recognition". *Pattern Recognition Letters* 34.9: 955-962, 2013.
- [9] Selvarajah, S., ve S. R. Kodituwakku. "Analysis and comparison of texture features for content based image retrieval" *International Journal of Latest Trends in Computing* 2.1, 2011.