

İmge Dürtü Gürültü Süzgecinin Performansını İyileştirmek İçin Bulanık Sistem Uygulaması

Application of Fuzzy System to Enhance the Performance of Image Impulse Noise Filters

Yakup Yüksel¹, Mustafa Alçı¹, Mehmet Emin Yüksel¹

¹Elektrik – Elektronik Mühendisliği Bölümü

Erciyes Üniversitesi

yakupyyuksel@hotmail.com, malci@erciyes.edu.tr, yuksel@erciyes.edu.tr

Özet

Yinelemeli dürtü gürültüsü süzgecinin performansını artırmak için bir bulanık sistem uygulaması sunulmuştur. Bilindiği gibi bir yinelemeli imge süzgecinin çıkışı, giriş imgesinin yönüne bağlı olarak değişir. Önerilen metod ilk olarak dört giriş imgesi üretmek için gürültülü giriş imgesini 90 derecenin katlarında döndürür, ardından yenilenmiş imgeleri elde etmek için bu imgeleri gürültü süzgeci ile işler ve son olarak bulanık sistem kullanarak iyileştirilmiş çıkış imgesini hesaplar. Metod bulanık sistemin dahili parametrelerini belirlemek için bilgisayarla kolaylıkla üretilebilen basit yapay eğitim imgeleri kullanır. Dört değişik dürtü gürültü süzgeci, dört değişik test imgesi ve üç değişik gürültü yoğunluğu için yapılan gürültü süzme deneylerinin sonuçları, sunulan metodun oldukça iyileştirilmiş çıkış imgeleri elde etmek için herhangi bir yinelemeli dürtü gürültü süzgecinin performansını artırmak için etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir.

Abstract

An application of Fuzzy System for improving the performance of recursive impulse noise filters is presented. As it is wellknown, the output of a recursive image filter varies depending on the orientation of input image. Proposed method, first, rotate the noisy input image at integer multiples of 90 degrees to generate four input images, then process these images by the noise filter to obtain four restored images, finally compute the enhanced output image from these filtered images by using a fuzzy system. Method uses simple artificial training images that can be easily generated by computer to determine the internal parameters of fuzzy sistem. The results of the noise filtering experiments that conducted for four different impulse noise filters, four different test images and three different noise densities demonstrate that proposed method can effectively be used for improving the performance of any recursive impulse noise filter to obtain significantly enhanced output images.

1. Giriş

İmge ediniminde ve iletiminde sıkça karşılaşılan problemlerden bir tanesi, imge algılayıcılar ve haberleşme ortamındaki çeşitli hatalardan kaynaklanan dürtü gürültüsünün

sebebi olduğu bozulmalardır. İmge bilgisindeki gürültü, elde edilen imge bilgisinde uygulanacak kenar sezme, imge parçalama, nesne tanıma gibi ileri imge işleme işlemlerinin performanslarını önemli ölçüde azaltmaktadır. Bu yüzden imge bilgisi üzerinde daha sonra yapılacak imge işleme işlemlerinden önce imge bilgisinde gürültüden kaynaklanan bozulmaların giderilmesi büyük önem arz etmektedir.

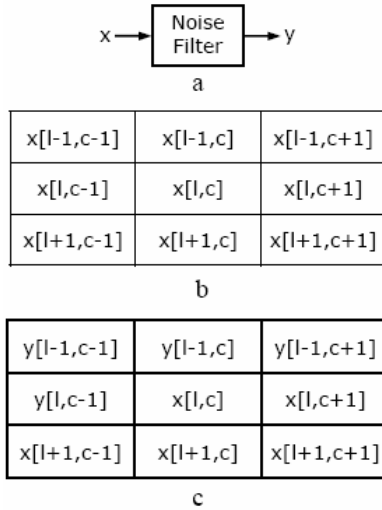
Son on yılda sayısal imgelerden dürtü gürültüsünün yok edilmesine yönelik çok sayıda metod sunulmuştur. *Standart ortalama süzgeç* [1] verilen penceredeki merkez pikseli penceredeki piksellerin ortalaması ile değiştirerek bu pikselden dürtü gürültüsünü kaldırmaya çalışır. Bu basit yaklaşım işlemsel olarak çok etkili olması ve iyi bir gürültü yok etme performansına sahip olmasına karşılık düşük gürültü yoğunluklarında bile ince çizgileri yok etme ve imge detaylarını bulanıklaştırma gibi dezavantajlara sahiptir. Bu süzgeç geliştirilerek *ağırlıklı ortalama süzgeç* [2] ve *merkez-ağırlıklı ortalama süzgeç* [3] sunulmuştur. Bu filtreler genellikle ortalama süzgeçten daha iyi detay koruma performansı gösterirler ancak gürültü yok etme performansları düşüktür. Standart, ağırlıklı ve merkez ağırlıklı ortalama süzgeçler giriş imgesindeki piksellerin gürültülü olup olmadıklarına bakmadan merkez pikseli yenisi ile değiştirirler. Bu çıkış imgesinde arzu edilmeyen bozulmalara ve bulanıklaşmalara, aynı zamanda imgeden değerli bilgilerin kaybolmasına neden olur.

Bu problemten kaçınmak için dürtü dedektörü ve gürültü süzgecinin birlikte kullanıldığı çok sayıda metod geliştirilmiştir[4]-[16]. Bu metodlarla verilen süzme penceresindeki merkez pikselin gürültülü olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Merkez piksel dürtü dedektörü tarafından gürültülü olarak belirlenirse bu piksel değiştirilecek, gürültüsüz pikseller değiştirilmeden bırakılacaktır. Bu yaklaşım bozulma etkisini azaltarak gürültü süzgecinin performansını önemli ölçüde iyileştirmesine rağmen performans dedektörün performansına bağlıdır

Doğal olarak, yukarıda bahsedilen dürtü gürültüsü yok etme metodlarının hiçbirisi %100 etkili değildir. Hepsisi de gürültülü giriş piksellerinin bazılarını süzülmeden bırakarak çıkış imgesinde ani renk sıçramalarına, aynı zamanda gürültüsüz pikselleri süzerek çıkış imgesinde arzu edilmeyen bozulmalara sebep olacaklardır. Bu büyük oranda giriş imgesini bozan gürültünün belirsizliğinden kaynaklanmaktadır.

Son birkaç on yılda, bulanık sistemler bilim ve teknolojinin çeşitli alanlarında karşılaşılan birçok farklı problemdeki belirsizlik ve duyarsızlık çözümünde oldukça başarı sergilemişlerdir. Bu yüzden bulanık sistemler sayısal imgelerden dürtü gürültüsü yok etmede karşılaşılan belirsizlik çözümüne uygulanabilir ve uygun ağ topolojilerini ve işleme stratejilerini seçmek için dürtü gürültü süzgeçlerinin performansını artırmak için kullanılabilir.

Bu makalede, imge dürtü gürültü süzgeçlerinin performansını artırmak için yeni bir süzme yaklaşımı önerilmiştir. Metot bir yinelemeli imge süzgecinin çıkış imgesinin giriş imgesinin yönlendirilmesine göre değiştiği gerçeğine dayanmaktadır. Böylece, önerilen metot gürültülü giriş imgesini 90 derece ve katlarında döndürerek dört giriş imgesi üretir, bu imgeleri gürültü süzgeci ile işleyerek dört yenilenmiş imge elde eder ve ardından bulanık sistem kullanarak bu süzölmüş imgelerden iyileştirilmiş çıkış imgesini hesaplar. Metodun geçerliliği dört farklı dürtü gürültü süzgeci, dört farklı test imgesi ve üç farklı gürültü yoğunluğunda yapılan etkili benzetim deneyleri ile gösterilmiştir.



Şekil 1 (a) Gürültü süzgeci, (b) 3x3 piksel yinelemesiz süzme penceresi, (l, c) merkezli (c) 3x3 piksel yinelemesiz süzme penceresi (l, c) merkezli

Makalenin kalan kısmı şu şekildedir: Bölüm 2’de önerilen metodun arkasındaki motivasyon ve metodun uygulanması için kullanılan yapı blokları açıklanmıştır. Bölüm 3’de önerilen metodun literatürden seçilen dürtü gürültü süzgeci ile uygulaması tartışılmıştır. Önerilen metot kullanılarak elde edilen performans iyileştirmelerini gösteren deney sonuçları ve karşılaştırmalar da yine bu bölümde ele alınmıştır. Son bölüm olan Bölüm 4’de sonuçlar sunulmuştur.

2. Önerilen Metot

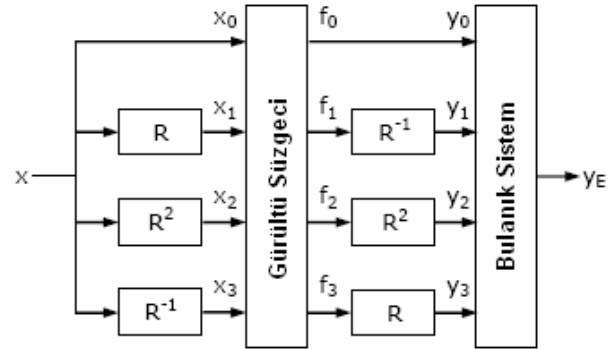
Şekil 1’de bilinen gürültü süzgeci ve iki tipik süzme penceresi görülmektedir. Birçok süzme uygulamasında gürültülü giriş imgesi, bu iki süzme penceresinden birinin imge üzerinde kaydırılmasıyla işlenir. Pencere genellikle imgenin sol üst köşesinden başlatılır, yana doğru hareket ettirilir, aşağı doğru raster tarama şeklinde devam eder. Her bir süzme penceresi için süzme penceresinin merkezindeki giriş pikselinin süzölen (yenilenen) değeri penceredeki piksellerin uygun şekilde işlenmesiyle hesaplanır. Merkez pikselin yenilenen değerini

hesaplamak için penceredeki piksellere uygulana işlem gürültü süzgecinin gürültülü giriş imgesine nasıl uygulandığına bağlıdır.

Yinelemesiz durum için, Şekil 1b’deki süzme penceresi kullanılır. Bu yolda, süzme penceresinin merkezindeki giriş pikselinin yenilenen değeri sadece süzme penceresindeki gürültülü giriş imgesinin piksellerine bağlıdır.

Eğer süzgeç yinelemeli olarak uygulanırsa, Şekil 1c’deki süzme penceresi kullanılır. Bu durumda süzme penceresinin merkezindeki giriş pikselinin yenilenen değeri gürültülü giriş imgesi ve süzölmüş çıkış imgesinin piksellerine bağlıdır. Şekil 1c’deki yinelemeli süzme penceresindeki yenilenmiş çıkış imgesinin piksellerinin gürültü süzgecinin eski çıkışları olduğu fark edilmelidir. Böylece, bir imge süzgecinin çıkışı, yinelemeli olarak uygulandığında, genellikle yinelemesiz uygulandığı durumdan daha iyidir. Yinelemeli imge süzgecinin çıkışı gürültülü giriş imgesinin piksellerinin işleme sırasına bağlıdır. Yinelemeli imge süzgeçlerinin bu özelliği bu makalede önerilen metodun arkasındaki temel fikri oluşturmaktadır. Son olarak şunu da vurgulamak gerekir ki; herhangi bir dürtü gürültü süzgeci gürültülü bir giriş imgesine yinelemeli veya yinelemesiz olarak uygulanabilir. Bu yüzden, bu makalede önerilen süzme yaklaşımı, yinelemeli uygulandığı sürece bütün dürtü gürültü süzgeçleri için geçerlidir.

Şekil 2’de çıkış imgesini iyileştirmek için yinelemeli gürültü süzgecinin performansını geliştirmek için önerilen metodun şematik gösterimi görülmektedir.



Şekil 2 Önerilen metodun şematik gösterimi

Şekil üç temel bloktan oluşmaktadır: gürültü süzgeci, döndürme operatörü ve bulanık sistem.

A. Gürültü Süzgeci

Çıkış imgesini iyileştiren gürültü süzgeci mutlaka yinelemeli olmalıdır. İşlem süzgecin türünden bağımsız olduğundan önerilen metot herhangi bir yinelemeli gürültü süzgeci ile uygulanabilir.

B. İmge Döndürme Operatörü

İmge döndürme operatörü çıkış imgesinin, giriş imgesinin saat yönünde 90 derece döndürülerek elde edildiği bir gürültü süzgecidir.

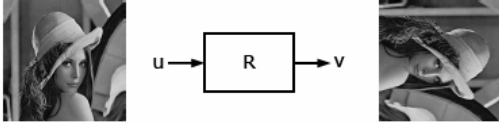
$R(.)$ imge döndürme operatörü olsun. u döndürme operatörünün girişine uygulanan sayısal imge ve $u[l, c]$ bu imgenin (l, c) koordinatındaki pikseli olsun. Burada l ve c satır ve sütun indislerini göstermektedir ve $L \times C$ piksel ebadındaki u giriş imgesi için $1 \leq l \leq L$ ve $1 \leq c \leq C$ dir. Benzer şekilde v

döndürme operatörünün çıkışında elde edilen imgeyi gösterir ve $v = R(u)$ dur. Bu tanımlar çerçevesinde v , u 'nın *saat yönünde* 90 derece döndürülmüş halidir ve v 'nin pikselleri u 'nın piksellerinden şu şekilde elde edilir:

$$v[c,l] = u[L-l+1, c] \quad (1)$$

$l = 1, 2, \dots, L$ ve $c = 1, 2, \dots, C$ dir.

Giriş imgesi u 'nın 2 kere döndüğünü göstermek için $R^2(u)$ kullanacağız. Aslında $R^2(u) = R(R(u))$ dur. $R^{-1}(\cdot)$ operatörü ise giriş imgesinin saatin ters yönünde döndürüldüğünü göstermektedir. Şekil 3'de imge döndürme operatörünün işlemi görülmektedir.



Şekil 3 İmge Döndürme Operatörünün İşlem. Operatör giriş imgesini saat yönünde 90 derece döndürmektedir.

C. Bulanık Sistem

Önerilen metodun yapısında kullanılan bulanık sistem dört girişi ve bir çıkışlı birinci sıralı Sugeno tipi bulanık sistemdir [17]. Her bir giriş iki üyelik fonksiyonuna sahiptir. Bulanık sistemin giriş-çıkış ilişkisi şu şekilde tanımlanabilir: $X_0 \dots X_3$ bulanık sistemin girişlerini ve Y çıkışı gösterebilir. $y_0 \dots y_3$ imgeleri $X_0 \dots X_3$ girişlerine uygulanır ve işlem boyunca Y çıkışında iyileştirilmiş y_E imgesi elde edilir. Girişlerin mümkün olan her bir kombinasyonu ve üyelik fonksiyonları bulanık sistemin kural tabanında bir kural ile temsil edilir. Bulanık sistemin dört girişi ve her girişin iki üyelik fonksiyonu olduğundan kural tabanı 16 (2^4) kural içerir. Bunlar:

1. Eğer ($X_0 I_{01}$) ve ($X_1 I_{11}$) ve ($X_2 I_{21}$) ve ($X_3 I_{31}$), ise $R_1 = O_1 (X_0, X_1, X_2, X_3)$.
2. Eğer ($X_0 I_{01}$) ve ($X_1 I_{11}$) ve ($X_2 I_{21}$) ve ($X_3 I_{32}$), ise $R_2 = O_2 (X_0, X_1, X_2, X_3)$.
3. Eğer ($X_0 I_{01}$) ve ($X_1 I_{11}$) ve ($X_2 I_{22}$) ve ($X_3 I_{31}$), ise $R_3 = O_3 (X_0, X_1, X_2, X_3)$.
4. Eğer ($X_0 I_{01}$) ve ($X_1 I_{11}$) ve ($X_2 I_{22}$) ve ($X_3 I_{32}$), ise $R_4 = O_4 (X_0, X_1, X_2, X_3)$.
5. Eğer ($X_0 I_{01}$) ve ($X_1 I_{12}$) ve ($X_2 I_{21}$) ve ($X_3 I_{31}$), ise $R_5 = O_5 (X_0, X_1, X_2, X_3)$.
- ...
16. Eğer ($X_0 I_{02}$) ve ($X_1 I_{12}$) ve ($X_2 I_{22}$) ve ($X_3 I_{32}$), ise $R_{16} = O_{16} (X_0, X_1, X_2, X_3)$.

Burada I_{ij} , i nci girişin j nci üyelik fonksiyonunu, R_k , k ıncı kuralın çıkışını ve O_k çıkış üyelik fonksiyonunu göstermektedir. Giriş üyelik fonksiyonları çan tipi olarak genelleştirilmiştir ve çıkış üyelik fonksiyonları doğrusaldır.

$$I_{ij}(X_i) = \frac{1}{1 + \left| \frac{X_i - a_{ij}}{b_{ij}} \right|^{2c_{ij}}} \quad (2)$$

$$O_k(X_1, X_2, X_3, X_4) = d_{k0}X_0 + d_{k1}X_1 + d_{k2}X_2 + d_{k3}X_3 + d_{k4} \quad (3)$$

$$i = 0, 1, 2, 3 ; j = 1, 2 \text{ ve } k = 1, 2, \dots, 16$$

Burada a, b, c ve d parametreleri üyelik fonksiyonunun şeklini tanımlayan sabitlerdir. Bunların uygun değerleri ileride bahsedilecek eğitimlerle belirlenir.

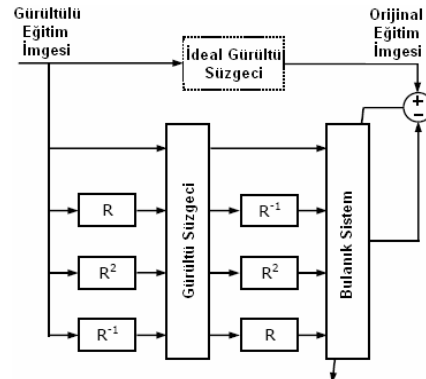
Bulanık sistemin çıkışı kural çıkışlarının ağırlıklı ortalamasıdır. Her bir kuralın ağırlık faktörü, w_k , bir önceki kuraldaki üyelik ifadesinin değerlendirilmesi ile hesaplanır. Bu ilk olarak giriş değerlerinin giriş üyelik fonksiyonları kullanılarak bulanık üyelik değerlerine dönüştürülmesi, ardından bu üyelik değerlerine Ve operatörünün uygulanması ile yapılır. Ve operatörü giriş üyelik değerlerinin çarpımına karşılık gelir. Böylece, kuralların ağırlık faktörleri şu şekilde hesaplanır:

$$\begin{aligned} w_1 &= I_{01}(X_0) \cdot I_{11}(X_1) \cdot I_{21}(X_2) \cdot I_{31}(X_3) \\ w_2 &= I_{01}(X_0) \cdot I_{11}(X_1) \cdot I_{21}(X_2) \cdot I_{32}(X_3) \\ w_3 &= I_{01}(X_0) \cdot I_{11}(X_1) \cdot I_{22}(X_2) \cdot I_{31}(X_3) \\ w_4 &= I_{01}(X_0) \cdot I_{11}(X_1) \cdot I_{22}(X_2) \cdot I_{32}(X_3) \\ w_5 &= I_{01}(X_0) \cdot I_{12}(X_1) \cdot I_{21}(X_2) \cdot I_{31}(X_3) \\ &\dots \\ w_{16} &= I_{02}(X_0) \cdot I_{12}(X_1) \cdot I_{22}(X_2) \cdot I_{32}(X_3) \end{aligned} \quad (4)$$

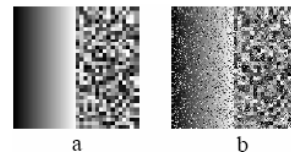
Ağırlık faktörü bir kere elde edildiğinde bulanık sistemin çıkışı, bağımsız kural çıkışlarının ağırlıklı ortalaması hesaplanarak bulunabilir:

$$Y = \frac{\sum_{k=1}^{16} w_k R_k}{\sum_{k=1}^{16} w_k} \quad (5)$$

Bulanık sistemin dahili parametreleri eğitimlerle iyileştirilir. Şekil 4'de eğitim için kullanılan düzenek görülmektedir. Burada bulanık sistemin parametreleri, süzgeç çıkışının, tanımı gereği imgeden gürültüyü tamamen yok eden *ideal gürültü süzgecinin* çıkışı ile birleşmesi için iteratif olarak iyileştirilmiştir. İdeal gürültü süzgeci kavramsaldır ve gerçekte var olması gerekmez. Sadece ideal gürültü süzgecinin çıkışı gereklidir ve bu orijinal (gürültüsüz) eğitim imgesi ile gösterilmiştir.



Şekil 4 Bulanık sistemin eğitilmesi



Şekil 5 Eğitim İmgeleri: (a) Orijinal (b) Gürültülü

Şekil 5'de bilgisayarla üretilen basit yapay eğitim imgeleri görülmektedir. Şekil 5a da görülen *orijinal (gürültüsüz) eğitim imgesi* 128x128 piksel yapay imgedir. İmgedeki her bir kare kutu 4x4 piksel boyutundadır ve kutulardaki 16 piksel, 0-255 arası rast gele üretilen aynı aydınlık değerine sahiptir. Şekil 5b'deki *gürültülü eğitim imgesi* orijinal eğitim imgesinin %30 yoğunlukla bozulmasıyla elde edilmiştir. Bozulma gürültüsünün yoğunluğu eğitimin performansı açısından çok kritik olmamasına rağmen, giriş eğitim imgesinin gürültü yoğunluğu, iyileştirilecek gürültülü giriş imgesinin gürültü yoğunluğuna eşit olduğunda operatörün en iyi performansı sergilediği deneysel olarak gözlenmiştir. İki gürültü yoğunluğu arasındaki fark arttığında operatörün performansının bir parça azaldığı da gözlenmiştir. Bu yüzden gerçek pratik uygulamalarda bozulmuş imgenin gerçek gürültü yoğunluğunu bilmek genellikle mümkün olmadığından geniş gürültü yoğunluğu alanı için iyi performans elde etmek için eğitim gürültü yoğunluğunun çok düşük ve çok yüksek değerlerinden kaçınılmalıdır.

Şekil 5a ve 5b'deki imgeler eğitim boyunca *hedef* ve *giriş* imgeleri olarak anılır. Öğrenme hatalarını en aza indirmek için bulanık sistem parametreleri Levenberg-Marquardt optimizasyon algoritmaları [17]-[19] kullanılarak iteratif olarak ayarlanır. Bulanık sistemin eğitimi tamamlandığında sistemin dahili parametreleri sabitlenir ve bu parametreler Şekil 2'deki düzeneğin yapısında kullanılır.

D. Gürültülü İmgenin İşlenmesi

Şekil 2'de verilen önerilen metodun şematik gösterimi ve şimdiye kadarki tanımlar doğrultusunda önerilen metodun uygulanması şu şekilde özetlenebilir:

$F(.)$ iyileştirilmiş çıkış imgesi elde etmek için performansı artırılacak yinelemeli süzme operatörü olsun. x $L \times C$ piksel ebadındaki gürültülü sayısal imge ve $x(l,c)$ bu imgenin (l,c) konumundaki pikselini gösterebilir. Benzer şekilde y gürültülü giriş imgesi x' in F süzgeci kullanılarak süzölmüş şeklini gösterebilir. Bu durumda $y = F(x)$ dir.

Önerilen metod y' den daha iyi olması beklenen iyileştirilmiş imge y_E yi üretmeyi amaçlamaktadır. Metod şu adımlardan oluşmaktadır:

1. Gürültülü giriş imgesi x' i uygun şekilde döndürerek 4 tane kaynak imgesi x_k ($k = 0,1,2,3$) oluşturur.
 $x_0 = x$ $x_1 = R(x)$ $x_2 = R^2(x)$ $x_3 = R^3(x)$
2. $F(.)$ gürültü süzgeci kullanarak dört x_k kaynak imgeleri süzer ve dört süzölmüş f_k imgesi elde eder.
 $F_k = F(x_k)$ $k = 0,1,2,3$.
3. Dört y_k çıkış imgesi elde etmek için süzölmüş dört f_k imgelerini uygun şekilde döndürür.
 $y_0 = f_0$ $y_1 = R^{-1}(f_1)$ $y_2 = R^2(f_2)$ $y_3 = R(f_3)$
4. Bulanık sistem kullanarak çıkış imgesi y_k dan ($k=0,1,2,3$) iyileştirilmiş çıkış imgesi y_E yi hesaplar.

3. Sonuçlar ve Tartışma

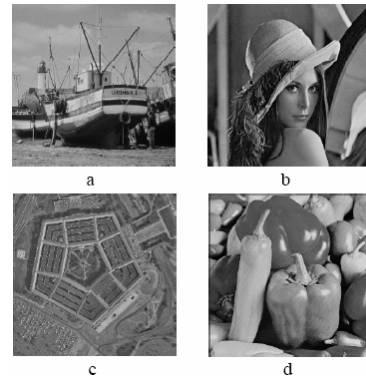
Önerilen metod literatürdeki dört dürtü gürültü süzgecine uygulanmış ve test edilmiştir. Bu süzgeçler *çok durumlu ortalama süzgeç* (MSMF) [10], *Jarque-Berra test tabanlı süzgeç* (JBF) [15], *işaret bağımlı derece sıralı ortalama süzgeç* (SDROMF) [20] ve *iki çıkışlı doğrusal olmayan süzgeç* (TONF) [21] dir.

Benzetim deneyleri Şekil 6'da görülen *Boats*, *Lena*, *Pentagon* ve *Peppers* imgeleri ile gerçekleştirilmiştir. İmgelerin hepsi 8-bit gri seviye imgelerdir.

Gürültülü deney imgeleri, gürültü yoğunluğu %25, %50 ve %75 olan dürtü gürültüsüyle dört test imgesinin her biri ayrı ayrı bozularak elde edilmiştir. Böylece 12 adet test imgesi elde edilmiştir. Daha sonra gürültülü imgelerin her biri, dört dürtü gürültü süzgecinin her biri ile önerilen metotla ve metot kullanılmadan işlenmiştir. Önerilen metot kullanılarak kaydedilen iyileşme tanımı aşağıda verilen Ortalama Karesel Hata (MSE) kriteri kullanılarak değerlendirilmiştir.

$$MSE = \frac{1}{RC} \sum_{r=1}^R \sum_{c=1}^C (s[r,c] - y[r,c])^2 \quad (6)$$

Burada $s[r,c]$ ve $y[r,c]$ test imgesinin orijinal (gürültüsüz) ve yenilenmiş şeklini ifade etmektedir.



Şekil 6 Süzme deneyinde kullanılan test imgeleri. (a) Boats, (b) Lena, (c) Pentagon, (d) Peppers

Gürültü gelişigüzel bir işlem olduğundan deney şartları aynı olsa bile deneyin her uygulaması farklı sonuçlar verebilmektedir. Bu yüzden verilen kombinasyon için {gürültü süzgeci / test imgesi / gürültü yoğunluğu} her bir bağımsız süzme deneyi 10 kez tekrarlanmıştır ve sonuçta elde edilen MSE değerlerinin ortalamaları alınarak o kombinasyonun MSE değeri bulunmuştur.

Objektif bir değerlendirme için, önerilen metotla ve metot kullanılmadan elde edilen, süzgeçlerin çıkış imgeleri için hesaplanan karşılaştırmalı MSE değerleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Tabloda her bir hücrede üç rakam bulunmaktadır. "Direk" olarak adlandırılan ilk rakam Önerilen metot *kullanılmadan* elde edilen süzgecin direk çıkış imgesinin MSE değerini göstermektedir. "Önerilen" olarak adlandırılan ikinci rakam, önerilen metot *kullanılarak* süzgecin iyileştirilmiş çıkış imgesinin MSE değerini göstermektedir. "Azalma (%)" olarak adlandırılan üçüncü rakam ise MSE değerindeki önerilen metot kullanılarak başarılan azalmayı göstermektedir. Azalma değeri şu şekilde hesaplanır:

$$Azalma = \frac{MSE^{(direk)} - MSE^{(Önerilen)}}{MSE^{(direk)}} \times 100 \quad (7)$$

Tabloda sunulan sonuçlar aynı zamanda önerilen metodun tüm test imgeleri için süzgeçlerin performanslarını önemli ölçüde artırdığını teyit etmektedir.

Tablo 1 Gürültü süzgeçlerinin önerilen metotla ve direk kullanıldığında elde edilen MSE değerlerinin karşılaştırılması

		Boats			Lena			Pentagon			Peppers			ORTALAMA		
		25%	50%	75%	25%	50%	75%	25%	50%	75%	25%	50%	75%	25%	50%	75%
MSMF	Direk	283	1979	9107	260	1932	9103	314	1925	8574	185	1933	8749	260	1942	8883
	Önerilen	144	753	2789	129	822	3332	179	902	3470	92	810	3391	136	822	3241
	Azalma (%)	49	62	69	50	57	63	43	53	60	50	58	61	48	58	63
JBF	Direk	148	375	1259	108	297	1068	188	365	1038	80	256	1061	131	324	1106
	Önerilen	81	168	519	60	139	422	97	163	405	46	119	386	71	147	433
	Azalma (%)	45	55	59	44	53	60	48	55	61	43	54	64	45	54	61
SDROMF	Direk	269	809	4127	182	665	3628	240	592	3537	131	623	4251	206	672	3886
	Önerilen	140	375	1773	99	302	1533	145	311	1721	76	333	2133	115	330	1790
	Azalma (%)	48	54	57	46	55	58	40	47	51	42	47	50	44	51	54
TONF	Direk	84	286	1203	75	258	1406	96	298	1119	66	236	1387	80	269	1279
	Önerilen	53	164	641	45	131	607	61	177	622	43	128	664	51	150	634
	Azalma (%)	37	43	47	40	49	57	37	41	44	35	46	52	37	45	50

4. Çıkarım

Yinelemeli dürtü gürültü süzgeçlerinin performansını artıran yeni bir metot sunulmuştur. Metot oldukça kullanışlıdır ve süzgeçlerin performanslarında önemli artışlar sağlamıştır. Metodun işlemi filtrenin işleminden bağımsız olduğu için herhangi bir yinelemeli dürtü gürültü süzgeci ile kullanılabilir. Önceki bölümde sunulan araştırmalar ve deneylerden sunulan metodun her türlü yinelemeli dürtü gürültü süzgecinin performansını önemli ölçüde artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

5. Kaynaklar

- [1] Umbaugh, S. E. "Computer Vision and Image Processing", Upper Saddle River, NJ, Prentice-Hall International Inc., 1998
- [2] Yli-Harja, O., Astola, J., Neuvo, Y. "Analysis of the properties of median and weighted median filters using threshold logic and stack filter representation", IEEE Trans. On Signal Processing, cilt. 39, no. 2, say. 395
- [3] Ko, S. J., Lee Y. H. "Center weighed median filters and their applications to image enhancement" IEEE Trans Circuits and Systems cilt. 38, no 9 say. 984-993, 1991
- [4] Sun, T. Neuvo, Y "Detail preserving median based filters in image processing" Pattern recognition Letters, cilt 15, no. 4, say. 341-347, 1994
- [5] Wang, Z. Zhang, D. "Progressive switching median filter for the removal of impulse noise from highly corrupted images", IEEE Trans Circuits and Systems cilt. 46, no 1 say. 78-80, 1999
- [6] Crnojevic, V. Senk, V. Tropovski, Z., "Advanced impulse detection based on pixel-wise MAD" IEEE Signal Processing Letters, cilt 11 no. 7 say. 589-592, 2004
- [7] Khryashchev, V.V., Apalkov, I. V., Priorov, A.L., Zovanarev, P.S., "Image denoising using adaptive switching median filter", Proc. IEEE. International Conference on Image Processing (ICIP'2005), cilt 1 say. 117-120, 2005
- [8] Chen, T., Ma, K.K., Chen, L.H., "Tri-state median filter for image denoising", IEEE Trans. Image Processing cilt 8 no. 12, say. 1834-1838, 1999
- [9] Chen, T. Wu, H.R., "Adaptive impulse detection using center weighted median filter", IEEE Signal Proc. Letters, cilt 8 no. 1, say. 1-3, 2001
- [10] Chen, T. Wu, H.R., "Space variant median filters for the restoration of impulse noise corrupted images", IEEE Trans. Circuits and Systems-II, cilt 48, no. 8, say. 784-789, 2001
- [11] Chan, R.H., Hu, C., Nikolova, M., "An iterative procedure for removing random-valued impulse noise", IEEE Signal Proc Letters, cilt 11, no. 12, say. 921-924, 2004.
- [12] Aizenberg, I., Butakoff, C., Paliy, D., "Impulsive noise removal using threshold boolean filtering based on the impulse detecting functions", IEEE Signal Proc. Letters, cilt 12, no. 1 say. 63-66, 2005
- [13] Zhang, S., Karim, M.A., "A new impulse detector for switching median filters", IEEE Signal Proc. Letters. Cilt. 9 no. 11 say. 360-363, 2002
- [14] Pok, G., Liu, Y., Nair, A.S., "Selective removal of impulse noise based on homogeneity level information", IEEE Trans on Image Processing vol. 12, no. 1, say. 85-92, 2003
- [15] Besdok, E., Yuksel, M.E., "Impulsive Noise Rejection from images with Jarque Berra test based median filter" Int. J. Electron. Commun cilt. 59 no. 2 say. 105-109, 2005
- [16] Garnett, R., Huegerich, T., Chui, C., He, W "A Universal Noise Removal Algorithm with an impulse detector" IEEE Trans on Image processing cilt. 12, no. 11 say. 1747-1754, 2005
- [17] Jang, J.-S. R., Sun, C.-T. Mizutani, E. Neuro fuzzy and soft computing, Prentice Hall, International Inc. , 1997
- [18] Levenberg, K., "A method for the solution of certain problems in least squares" Quan. Appl. Math. Cilt 2 say. 164-168, 1944
- [19] Marquardt, D. W. "An algorithm for least squares estimation of nonlinear parameters" J. Soc. Industrial and Applied Mathematics, cilt 31 say. 431-441, 1963
- [20] Abreu, E., Lightstone, M., Mitra, S.K., Arakawa, K. "A new efficient approach for the removal of impulse noise from highly corrupted images", IEEE Trans on Image processing cilt. 5, no. 6 say. 1012-1025, 1996
- [21] Russo, F. "Impulse noise cancellation in image data using a two-output nonlinear filter." Measurement, cilt. 36 no. 3 say. 205-213, 2004