ÇOK AŞAMALI ORTANCA SÜZGEÇ YÖNTEMİNE DAYALI BİR YAKLAŞIM

Pelin ALTINIŞIK¹, Erhan ERGÜN²

¹Dr. Öğretim Üyesi, Samsun Üniversitesi, Havacılık ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uçak Bakım ve Onarım Bölümü, 55420, Balıca, Samsun, pelintoy@omu.edu.tr

²Dr. Öğretim Üyesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 55130, Kurupelit, Samsun, erhan.ergun@bil.omu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, görüntülerdeki tuz ve biber gürültüsünü gidermek için yeni bir yaklaşım önerilmektedir. Bu yaklaşım, literatürdeki çok aşamalı ortanca süzgeç (ÇOS) yöntemine dayalıdır. Önerilen süzgeç, tuz ve biber gürültüsüyle bozulmuş Lena görüntülerine uygulanmaktadır. Süzgecin başarımı, literatürde yer alan ortanca süzgeç (OS) ve ÇOS ile karşılaştırılmaktadır. Görsel ve nicel olarak elde edilen sonuçlara göre önerilen süzgecin, karşılaştırma süzgeçlerinden daha başarılı olduğu görülmektedir.

Anahtar Sözcükler: görüntü işleme, tuz ve biber gürültüsü, ortanca süzgeç, çok aşamalı ortanca süzgeç

ABSTRACT

AN APPROACH BASED ON MULTILEVEL MEDIAN FILTER METHOD

In this study, a new approach is proposed in order to remove the salt and pepper noise in images. This approach is based on the multilevel median filter (MMF) method in the literature. The proposed filter is applied to Lena images corrupted by salt and pepper noise. The success of the filter is compared with the median filter (MF) and MMF in the literature. According to the results obtained visually and quantitatively, it is determined that the proposed filter is more successful than the comparison filters.

Keywords: image processing, salt and pepper noise, median filter, multi-level median filter

1. GİRİŞ

Gürültü, görüntüleme sistemi tarafından üretilmektedir. Ayrıca; kopyalama, tarama, iletim ve depolama sırasında da oluşmaktadır. Görüntüye eklenen gürültü; makine görme, uzaktan algılama, X ışını ile görüntüleme vb. alanlarda sorun oluşturmaktadır. Çünkü; azalan görüntü kalitesi sebebiyle kenar algılama, görüntü bölütleme, öznetelik çıkarma, örüntü tanıma gibi işlemler olumsuz etkilenmektedir. Dolayısıyla; bir görüntü süzgeci kullanarak görüntünün gürültüsünü gidermek gerekmektedir.

Görüntü işlemede amaç, gürültü içeren görüntünün ayrıntılarını bulanıklaştırmadan gürültüyü gidermektir. Görüntü ayrıntısıyla yüksek derecede ortak ilişkiye sahip alanlardaki pikseller kastedilmektedir. Keskin kenarlar ve ince çizgiler, ayrıntı olarak adlandırılmaktadır (Nieminen vd., 1987).

Gürültü türü olan tuz ve biber gürültüsü; görüntü algılayıcısındaki piksel elemanları normal çalışmadığında, algılayıcı gürültüsü, ölçüm hatası, kuvvetli elektromanyetik alan, atmosferik olaylar nedeniyle oluşan dalgalanmalar veya veri iletiminde hatalar oluştuğunda meydana gelmektedir (Çivicioğlu ve Alçı, 2009). Gürültülü görüntüdeki siyah ve beyaz piksellerin varlığından dolayı "tuz ve biber gürültüsü" olarak adlandırılmaktadır. Pikselin kaç bitle ifade edildiğine göre; biber gürültüsü en küçük, tuz gürültüsü en büyük gri seviye değerine sahiptir. Pikselleri 8 bitle temsil edilen bir görüntüde biber gürültüsünün gri seviye değeri 0, tuz gürültüsünün gri seviye değeri 255'tir.

Tuz ve biber gürültüsü, önemli gürültü türlerinden birisidir (Gonzalez ve Woods, 2002). Görüntü verisinin elde edilmesi, iletimi ve işlenmesi sırasında tuz ve biber gürültüsüyle bozulması, görüntü işlemede sık karşılaşılan bir sorundur (Beşdok vd., 2003).

J. W. Tukey tarafından 70' lerin başında önerilen OS, hesaplanması basit ve gerçekleştirilmesi kolay olduğu için görüntüden tuz ve biber gürültüsünü süzgeçlemede yaygın olarak kullanılmaktadır. OS' in en büyük dezavantajı, görüntüdeki ayrıntıları koruma yeteneğinin yeterli olmamasıdır. Ana sebep; sıralama sürecinin, yapısal ve mekansal komşuluk bilgisini yok etmesidir (Hamza vd., 1999). Gürültü giderme ve görüntü ayrıntılarının korunması arasındaki çelişki nedeniyle son yıllarda pek çok OS yöntemi geliştirilmiştir. Bunlardan biri, A. Nieminen ve arkadaşları tarafından sunulan ÇOS' tir. Geliştirilmiş diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında basit ve etkili olduğu söylenebilmektedir (Yang ve Toh, 1995). Bu süzgeç, gürültüyü ortadan kaldırırken aynı zamanda görüntü ayrıntılarını etkili bir şekilde koruyabilmektedir (Kuang ve Sun, 2010). ÇOS, OS' e kıyasla daha kabul edilebilir bir yumuşatma sağlamaktadır (Kundu ve Zhou, 1992). ÇOS, gürültüyü zayıflatırken aynı zamanda bir piksel genişliğindeki çizgilerden oluşan ayrıntıyı koruyabilmektedir (Wichman ve Neuvo, 1991).

ÇOS, kaskat bir süzgeçleme yapısına sahiptir. ÇOS, ortanca süzgeçleme operasyonlarının birleşimidir (Kayıkçıoğlu ve Dizdaroğlu, 2004). Bu yapı, ilk katta yer alan temel alt süzgeçlerin çıkışı birleştirilmektedir. Alt süzgeçler, bir yondeki benzer gri tonların oluşturduğu özelliği korumak için tasarlanmışlardır (Brailean vd., 1995).

OS ve ÇOS, görüntü matrisinin her pikseline uygulanmaktadır. Bu genelleme, önerilen süzgeç ile yeniden yapılandırılmaktadır. Şöyle ki; gürültülü görüntüdeki sağlam piksellere süzgeç uygulanmamaktadır. Böylece; sağlam pikseller, değerlerini koruyarak çıkışa aktarılmaktadır. Ayrıca; işlem yükünün azaltılması ile sonuca daha çabuk varılması sağlanmaktadır.

Gürültü miktarı arttıkça; OS ve ÇOS' te, merkez pikselin komşuluklarında yoğun olarak yer alan gürültü pikselleri, süzgeç çıkışının hatalı olarak belirlenmesine sebep olmaktadır. Çünkü, 0 ve 255 gibi uç değerlere sahip bu pikseller, çıkışı istenmeyen değere ötelemektedir. Bu nedenle; önerilen yöntemde, komşu gürültü pikselleri süzgeç algoritmasının dışında tutulmaktadır.

1.1 Ortanca Süzgeç

OS' te süzgeç maskesi tarafından belirlenen komşuluktaki piksel değerleri sınıflandırılmaktadır. Sınıflandırılmış grubun ortanca değeriyle maskenin merkez değeri yer değiştirilmektedir.

OS ile gürültü bastırılmakta ancak işaret bozulması ortaya çıkmaktadır. İnce çizgi, keskin kenar ve sivri köşe gibi görüntü ayrıntıları bozulmakta veya kaybolmaktadır. Bu istenmeyen etkiler, yapının korunmasının önemli olduğu birçok uygulamada kabul edilememektedir.

1.2 Çok Aşamalı Ortanca Süzgeç

Çok aşamalı ortanca operatörü kavramı, OS' in ayrıntı koruma özelliğini geliştirmek için sunulmuştur.

$f(i,j)$, görüntünün (i,j) konumundaki piksel değeri olarak tanımlanmaktadır. W , merkezi (i,j) ' de olan $(2N+1) \times (2N+1)$ boyutlu kare süzgeçleme penceresi olarak belirlenmektedir. W penceresindeki dört alt pencere Denklem 1 ile tanımlanmaktadır (Forero ve Delgado, 2003).

$$W_1(i,j)=f(i+m,j) \quad (1a)$$

$$W_2(i,j)=f(i+m,j+m) \quad (1b)$$

$$W_3(i,j)=f(i,j+m) \quad (1c)$$

$$W_4(i,j)=f(i+m,j-m) \quad (1d)$$

Denklem 2 ile verilen eşitliklerde; $\text{ortanca}[\]$, $\min[\]$ ve $\text{maks}[\]$, sırasıyla, köşeli parantez içindeki öğelerin ortancasını, en küçüğünü ve en büyüğünü bulma işlemlerini belirtmektedir.

$$Z_k(i,j)=[\text{ortanca}[f(*,*) \in W_k(i,j)]] \quad (2a)$$

$$T_1(i,j)=\min[Z_k(i,j)] \quad 1 \leq k \leq 4 \quad (2b)$$

$$T_2(i,j)=\text{maks}[Z_k(i,j)] \quad 1 \leq k \leq 4 \quad (2c)$$

$Z_k(i,j)$ ile her bir $W_k(i,j)$ alt penceresindeki öğelerin ortancası hesaplanmaktadır. $k=1, 2, 3, 4$ olmak üzere $Z_k(i,j)$ alt yapıları, görüntüdeki farklı yönlerdeki özellikleri ortaya çıkarabilmek için kullanılmaktadırlar. Her bir yönde belirlenebilecek görüntü özelliklerini bir araya getirmek için kullanılan minimizasyon işlemi $T_1(i,j)$ alt yapısı, geometrik bilgilerin daha yüksek değerli bir arka plan üzerinde bulunduğu görüntüler için kullanılabilir. Benzer şekilde, $T_2(i,j)$ alt yapısı, geometrik bilgilerin daha düşük değerli bir arka plan üzerinde bulunduğu görüntüler için kullanılabilir.

Çok aşamalı ortanca süzgecin çıkışı, Denklem 3 ile verilmektedir.

$$y(i,j) = \text{ortanca}[T_1(i,j), T_2(i,j), f(i,j)] \quad (3)$$

Denklem 3' teki $y(i,j)$, son ortanca alma işlemi olup alt yapıların gürültü azaltımını geliştirmektedir. ÇOS, hem yüksek hem de düşük değerli arka plan üzerindeki geometrik bilgileri hesaba kattığı için bir görüntünün kenar özelliklerini OS' ten çok daha etkili bir şekilde koruyabilmektedir (Hu ve Ji, 2009).

1.3 Önerilen Süzgeç

ÇOS uygulanırken süzgeç penceresinin komşuluğunda yer alan 0 ve 255 değerli gürültü piksellerinin, süzgeç verimini düşürdüğü izlenmektedir. ÇOS temeline dayalı önerilen süzgeçte, komşu 0 ve 255 değerli pikseller, süzgeçleme işlemine dahil edilmemektedir. Komşuluktaki sağlam pikseller yardımıyla bozuk pikselin süzgeçlenmiş değeri bulunmaktadır.

Önerilen süzgeç, sadece gürültü piksellerine uygulanmaktadır. Böylelikle sağlam piksellerin süzgeçlenerek farklı değerler alması önlenmektedir.

Gürültülü görüntüde gürültüyü belirlemek için gürültü sezici kullanılmaktadır. Gürültü sezici $\Delta(\cdot)$, Denklem 4 ile verilen ikili mantık ifadesidir (Çivicioğlu ve Alçı, 2004).

$$\Delta(NI(x,y))_i = \begin{cases} 1, & \text{eğer } NI(x,y)_i \in \{0,255\} \\ 0, & \text{diğer durum} \end{cases} \quad (4)$$

NI, gürültülü görüntü olmak üzere $NI(x,y)_i$, gürültülü görüntü üzerindeki (x,y) noktasındaki i pikselini göstermektedir. Piksel, gürültü değilse $\Delta(\cdot)=0$ değerini almakta ve piksel u kümesine ait olmaktadır (u kümesindeki piksellerin değerleri korunmaktadır). Piksel, 0 veya 255 değerine sahipse $\Delta(\cdot)=1$ değerini almakta ve piksel c kümesine ait olmaktadır.

Karşılaştırılan süzgeçleme yöntemleri için kullanılan objektif kriter, ortalama karesel hata (OKH) olup Denklem 5 ile verilmektedir (Cui ve Gan, 2014).

$$OKH = \frac{1}{IJ} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (y[i,j] - \hat{y}[i,j])^2 \quad (5)$$

I ve J , görüntüdeki satır ve sütun sayılarıdır. $i=1,2,\dots,I$; $j=1,2,\dots,J$ olmak üzere $y[i,j]$ ve $\hat{y}[i,j]$, sırasıyla asıl görüntü matrisi ve süzgeçleme sonucu oluşan görüntü matrisindeki piksel değerleridir.

Bu çalışmada, Lena görüntüsü %3 (düşük yoğunluk), %10, %15 (orta yoğunluk), %20, %30 (yüksek yoğunluk), ..., %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültüsüyle bozulmuştur. Düşük, orta ve yüksek yoğunluk için kullanılan değerler literatürde yer almaktadır (Kwan 2003). OS, ÇOS ve önerilen süzgeç, gürültülü Lena görüntülerine uygulanmaktadır. Süzgeçlemede en küçük kare biçimli maske boyutu (3x3) kullanılmaktadır.

Şekil 1'de; Lena test görüntüsü, %3 tuz ve biber gürültülü Lena görüntüsü ayrıca OS, ÇOS ve önerilen süzgece ilişkin süzgeçleme sonuçları yer almaktadır.

a) Lena görüntüsü

b) %3 tuz ve biber gürültülü Lena görüntüsü

c) OS sonucu

d) ÇOS sonucu

e) Önerilen süzgeç sonucu

Şekil 1. Orijinal, gürültülü ve süzgeç uygulanmış görüntüler.

Şekil 2'de; %15 tuz ve biber gürültülü Lena görüntüsü ile OS, ÇOS ve önerilen süzgeç ilişkili süzgeçleme sonuçları görülmektedir.

a) Lena görüntüsü

b) %15 tuz ve biber gürültülü Lena görüntüsü

c) OS sonucu

d) ÇOS sonucu

e) Önerilen süzgeç sonucu

Şekil 2. Orijinal, gürültülü ve süzgeç uygulanmış görüntüler.

Şekil 3'te; %30 tuz ve biber gürültülü Lena görüntüsü ile OS, ÇOS ve önerilen süzgeç ilişkili süzgeçleme sonuçları görülmektedir.

a) Lena görüntüsü

b) %30 tuz ve biber gürültülü Lena görüntüsü

c) OS sonucu

d) ÇOS sonucu

e) Önerilen süzgeç sonucu

Şekil 3. Orijinal, gürültülü ve süzgeç uygulanmış görüntüler.

%3 düşük, %15 orta ve %30 yüksek yoğunlukta tuz ve biber gürültüsü içeren Lena görüntülerine uygulanan; önerilen ve karşılaştırma süzgeçlerinin sonuçları, görsel olarak Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3 yardımıyla değerlendirilmektedir. Önerilen süzgeç uygulandığında görüntü, diğer süzgeçlerin sonuçlarından daha belirgin olarak görülebilmektedir. En çok gürültü giderimi, önerilen süzgeçle sağlanmaktadır. Şekil 3' te %30' u bozuk piksel olan bir görüntü matrisinden elde edilen önerilen süzgeç sonucu, bu yöntem için iyimser olunması gerektiğini düşündürmektedir. Lena görüntüsüne ilişkin diğer gürültü yoğunlukları için yapılan deneyler, benzer olumlu durumu göstermektedir.

%3, %10, %15, %20, %30, ..., %90 yoğunluğunda tuz ve biber gürültülü Lena görüntülerine uygulanan literatürdeki süzgeçler (OS, ÇOS) ve öne sürülen süzgeç için nicel karşılaştırma yapılmaktadır. Bu karşılaştırmaya ilişkin OKH değerleri Çizelge 1' de gösterilmektedir.

Çizelge 1. Tuz ve biber gürültülü Lena görüntülerine uygulanmakta olan süzgeçlere ilişkin OKH değerleri.

GÜRÜLTÜ YOĞUNLUĞU	OKH		
	OS	ÇOS	ÖNERİLEN
% 3 (düşük)	73.84	90.23	5.29
% 10	92.29	737.89	21.66
% 15 (orta)	125.54	1358.19	33.59
% 20	169.51	2221.03	59.09
% 30 (yüksek)	397.41	4012.33	93.83
% 40	951.21	6279.67	133.19
% 50	2061.78	8346.65	201.29
% 60	3996.92	10561.95	368.67
% 70	6653.86	12651.38	934.46
% 80	9755.02	14543.89	2595.31
% 90	14087.75	16630.55	6877.93

Çizelge 1, belirli oranlarda tuz ve biber gürültüsü eklenmiş Lena görüntülerine uygulanan süzgeçlerin performansı ile ilgili bilgi vermektedir. Önerilen süzgeç ile ilgili hata değerlerinin diğer iki süzgeçinkinden küçük olması, Şekil 1, Şekil 2 ve Şekil 3' ten elde edilen sonucu desteklemektedir. Bu tablo, temelinde OS olan bu yaklaşımın başarılı olabileceğini göstermektedir. Çünkü OS, tuz ve biber gürültüsünün giderilmesinde ana unsur niteliğindedir. OS' in eksiklikleri göz önünde tutularak kurulan algoritmaları içeren süzgeç yaklaşımları, araştırmacıların bu konuda ilerlemesini sağlamaktadır.

2. SONUÇLAR

ÇOS, görüntüdeki her piksele uygulanmaktadır. Önerilen süzgeç ise gürültü seziciyle belirlenen gürültü piksellerine uygulanmaktadır. Böylece; sağlam pikseller, süzgeçlenmeden çıkışa aktarılarak gerçek değerlerinin korunması sağlanmaktadır. Bu durum, işlem yükü ve hız açısından büyük önem taşımaktadır.

Aynı zamanda, önerilen süzgeçte gürültülü merkez pikselin süzgeçlenmiş değeri bulunurken; 3x3 komşulukta yer alan gürültü pikselleri, süzgeç algoritmasına dahil edilmemektedir. Böylece; süzgeçleme sonucunun, uç değerler kullanılarak istenmeyen değerde elde edilmesine engel olunmaktadır. Komşulukta yer alan sağlam piksellerin yardımıyla hesaplanan süzgeç çıkışı, daha az hatalı olarak bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Beşdok, E., Alçı, M. ve Çivicioğlu, P.,** 2003. Using fast backpropagation algorithms for impulsive noise reduction from highly distorted images. *IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems*, Mısır, syf: 940-944.
- Brailean, J. C., Kleihorst, R. P., Efstratiadis, S., Katsaggelos, A. K. ve Lagendijk, R. L.,** 1995. Noise reduction filters for dynamic image sequences: a review. *Proceedings of the IEEE*, 83: 1272-1292.
- Cui, Z. ve Gan, Z.,** 2014. Simple and Effective Image Quality Assessment Based on Edge Enhanced Mean Square Error. *Sixth International Conference on Wireless Communications and Signal Processing*, Taiwan, syf: 1-5.
- Çivicioğlu, P. ve Alçı, M.,** 2004. Impulsive noise suppression from highly distorted images with triangular interpolants. *Science Direct, International Journal of Electronics Communications*, 58: 311-318.
- Çivicioğlu, P. ve Alçı, M.,** 2009. Removal of random-valued impulsive noise from corrupted image. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 5: 2097-2104.
- Forero, M. G. ve Delgado, L. J.,** 2003. Fuzzy filters for noise removal. Nachtegael, M. ve Kerre, E. (Ed.), *Fuzzy Filters for Image Processing*, Physica Verlag, Heidelberg, syf: 3-24.
- Gonzalez, R. C. ve Woods, R. E.,** 2002. *Digital Image Processing*. 2. basım, Prentice Hall, New Jersey. 792 sayfa.
- Hamza, A. B., Escamilla, P. L. ve Aroza, J. M.,** 1999. Removing noise and preserving details with relaxed median filters. *Journal of Mathematical Imaging and Vision*, 11: 161-177.
- Hu, Y. ve Ji, H.,** 2009. Research on image median filtering algorithm and its FPGA implementation. *WRI Global Congress on Intelligent Systems*, China, syf: 226-230.
- Kayıkçıoğlu, T. ve Dizdaroğlu, B.,** 2004. An improved motion-compensated restoration method for damaged color motion picture films. *Signal Processing: Image Communication*, 19: 353-368.
- Kundu, A. ve Zhou, J.,** 1992. Combination median filter. *IEEE Transactions on Image Processing*, 1: 422-429.
- Kwan, H. K.,** 2003. Fuzzy filters for noise reduction in images. Nachtegael, M., Weken, D., Ville, D. ve Kerre, E. (Ed.), *Fuzzy Filters for Image Processing*, Physica Verlag, Heidelberg, syf: 25-53.
- Kuang, P. ve Sun, L.,** 2010. An improved two-dimensional multi-level median filtering algorithm, *The 2010 International Conference on Apperceiving Computing and Intelligence Analysis*, Çin, syf: 359-363.
- Nieminen, A., Heinonen, P. ve Neuvo, Y.,** 1987. A new class of detail-preserving filters for image processing. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 9:74-90.
- Wichman, R. ve Neuvo, Y.,** 1991. Multilevel median filters for image processing. *IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, Singapore, syf: 412-417.
- Yang, X. ve Toh, P.S.,** 1995. Adaptive fuzzy multilevel median filter. *IEEE Transactions on Image Processing*, 4: 680-682.