

# Sayısal İmgelerden Dürtü Gürültüsünün Etkin Bir Şekilde Giderilmesi İçin Yeni Bir Bulanık Operatör

M. Emin Yüksel<sup>1</sup>, M. Tülin Yıldırım<sup>2</sup>, Alper Baştürk<sup>1</sup>

1 Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektronik Bölümü, 38039, Kayseri.

2 Erciyes Üniversitesi, Sivil Havacılık Yüksek Okulu, 38039, Kayseri.

E-posta : yuksel@erciyes.edu.tr

**Özet** - Bu çalışmada aşırı bozulmuş sayısal imgelerden dürtü gürültüsünün etkin bir şekilde giderilmesine yönelik yeni bir bulanık sinir ağı operatörü sunulmaktadır. Operatörün yapısı oldukça basit olup iç yapısı birbirinin aynı dört adet bulanık süzgeçten oluşmaktadır. Bulanık süzgeçlerin her biri üç giriş ve bir çıkışlı birinci dereceden Sugeno tipi bulanık sistemlerdir. Bulanık süzgeçlerin iç yapıları eğitimle uyarlanır olarak ayarlanmaktadır. Eğitim için en küçük kareler ve geri yayılım algoritmalarının hibrid bir karışımı kullanılmıştır. Yapılan benzetimlerde sunulan operatörün aşırı şekilde bozulmuş sayısal imgelerin onarımında çok başarılı olduğu gözlenmiştir. Operatörün literatürdeki diğer operatörlere göre en önemli üstünlüğü, özellikle yüksek gürültü seviyelerinde gürültüyü giderirken giriş imgesindeki ayrıntıları çok iyi bir şekilde koruyabilmesidir.

**Anahtar kelimeler** – Bulanık sinir ağları, sayısal görüntü işleme, gürültü süzme.

## 1. GİRİŞ

İmgelerin elde edilmesi esnasında ortamın ve görüntüleme dizgesinin ideal olmamasından dolayı sayısal imgelere gürültü karışır. İmge işleme dizgelerinde imge verisindeki gürültülerin en etkili bir şekilde giderilmesine çalışılır. Çünkü orijinal imgedeki gürültüler giderilirken, imgenin önemli ayrıntılarının onarım süzgeci tarafından bozulmaması son derece önemlidir. Alışlagelmiş gürültü giderme tekniklerinin sahip olduğu en büyük dezavantaj gürültü süzme işlemini gerçekleştirirken orijinal imgedeki ayrıntıları bulanıklaştırmalarıdır.

Son birkaç yıl içinde imge onarımı konusunda yapay sinir ağları ve bulanık dizgeler gibi doğrusal olmayan teknikler gittikçe artan bir önem kazanmaktadır [1]-[3]. Gerçekten de bulanık sinir ağları (neuro-fuzzy networks) yapay sinir ağlarının örneklerden öğrenme yeteneği ile bulanık çıkarım dizgelerinin belirsizliği modelleyebilme özelliğini bir arada sunmaktadır. Bulanık sinir ağları imgedeki gürültünün giderilmesi ve imge ayrıntılarının korunmasında çok etkili olabilmektedir. Bu nedenle uygun işleme stratejileri ve uygun ağ topolojileri kullanılması şartıyla, imge

onarımında bulanık sinir ağlarından son derece güçlü araçlar olarak yararlanılması mümkündür.

Bu çalışmada bulanık sinir ağı tabanlı yeni bir gürültü giderme operatörü sunulmaktadır. Operatör aşırı derecede bozulmuş sayısal imgelerdeki dürtü gürültüsünü etkin bir şekilde giderebilmektedir. Operatörün yapısı çok basittir ve birbirinin aynı dört adet bulanık süzgeç ve bir son işlemciden oluşmaktadır. Operatörün iç yapısına ait parametreler eğitim yoluyla uyarlanır (adaptif) bir şekilde ayarlanmaktadır. Operatörün başarımı farklı gürültü yoğunluklarında test edilmiş ve aynı zamanda literatürdeki diğer gürültü süzme operatörleri ile kıyaslanmıştır.

## 2. YÖNTEM

Şekil-1 de önerilen BSA tabanlı gürültü giderme operatörü görülmektedir. Operatörü oluşturan temel eleman üç girişli, bir çıkışlı bir uyarlanır bulanık süzgeçtir. Operatör dört adet uyarlanır bulanık süzgecin bir son işlemci ile birleştirilmesinden oluşmaktadır.

Operatörün giriş verisi,  $x(m,n)$ , gürültülü imgedeki piksellerin parlaklık değerleridir ve bu değerler 0-255 arasında değişen 8-bitlik tamsayı değerlerdir. Gürültülü giriş imgesi, 3x3 piksel boyutlarında bir analiz penceresinin imge üzerinde kaydırılması ve her pencere içine giren piksellerin operatör tarafından işlenmesi yoluyla onarılmaktadır. Pencerenin kaydırılması işlemi raster tarama şeklinde yapılmaktadır.

İmge gürültü tarafından aşırı derecede bozulduğu zaman bulanık sinir ağına ait üyelik işlevlerinin ve bulanık kural kümesinin belirlenmesi oldukça zor bir problemdir. Bundan dolayı bulanık süzgecin iç parametrelerini ayarlamak için sezgisel bir yöntemden ziyade uyarlanırlı bir yöntem tercih edilmiştir. Şekil-2 sunulan operatörün eğitilmesi için kullanılan düzeneği göstermektedir.  $t(m,n)$  ve  $t'(m,n)$  sırasıyla orijinal ve bozulmuş eğitim imgesinin piksellerinin parlaklık değerini göstermektedir. Bozulmuş ve orijinal eğitim imgeleri bulanık süzgeçlere sırasıyla giriş ve hedef imgesi olarak sunulmaktadır. Bulanık süzgeçlerin parametreleri öğrenme hatasını en küçük yapacak şekilde uyarlanırlı olarak ayarlanmaktadır. Eğitim tamamlandığında eğitilmiş bulanık süzgeçlerin iç yapıları sabitlenmekte ve bu süzgeçler Şekil-1' de gösterildiği gibi bir son işlemci ile birleştirilerek bulanık sinir ağı tabanlı gürültü giderme operatörü elde edilmektedir. Son işlemci dört adet bulanık süzgecin çıkışlarının medyan değerlerini hesaplamakta ve uygun bir şekilde bu değerleri 8-bitlik tamsayıya yuvarlamaktadır. Bu sayede onarılan çıkış imgesinin piksellerinin parlaklık değerlerinin,  $y(m,n)$ , 0 ile 255 aralığında değişmesi sağlanmaktadır.

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bir önceki bölümde ele alınan önerilen operatör gerçekleştirilmiştir. Operatörün temel elemanı olan bulanık süzgeç üç girişli ve bir çıkışlı birinci dereceden Sugeno tipi bulanık dizge olarak seçilmiştir. Çıkış doğrusal üyelik işlevine sahip iken, her giriş üç adet genelleştirilmiş çan (generalized bell) tipi üyelik işlevine sahiptir. Üyelik işlevlerinin parametreleri ve bulanık kurallar eğitimle uyarlanırlı olarak belirlenmektedir. Dizgenin parametrelerini optimize etmede en küçük kareler (least squares) ve geri yayılım (back propagation) algoritmalarının hibrid bir karışımı kullanılmıştır. Operatörün eğitilmesi ve test edilmesinde farklı imgeler kullanılmıştır.

Önerilen operatörün başarımı popüler *Baboon* imgesi üzerinde değerlendirilmiştir. İmge boyutu 256x256 pikseldir ve her piksel 0 ile 255 arasında değer almaktadır. Bu imge bol miktarda desen ve ayrıntı içerdiği için özellikle seçilmiştir. Deneylerde kullanılan test imgeleri orijinal *Baboon* imgesinin

farklı oranlardaki dürtü gürültüleri ile bozulması yoluyla elde edilmiştir.

Kıyaslama yapabilmek amacıyla, test imgeleri aynı zamanda geleneksel ve gelişmiş gürültü giderme operatörleri kullanılarak da onarılmıştır. Bu operatörler; *standart medyan süzgeç (standard median filter-SMF)*, *uyarlanırlı merkezi ağırlıklandırılmış medyan süzgeç (adaptive center weighted median filter-ACWMF)* [4], *işarete bağımlı derece sıralı ortalama süzgeç (signal dependent rank ordered mean filter-SDROMF)* [5] ve diğer bir *bulanık süzgeçtir (fuzzy filter-FF)* [1]. Tüm operatörlerin başarımı ortalama karesel hata (MSE) ölçütü kullanılarak değerlendirilmiştir.

Şekil-3 tüm operatörlerin çıkış imgelerine ait MSE değerlerinin gürültü olasılığına göre değişimini göstermektedir. Bu şekilden de görüldüğü gibi SMF'nin başarımı çok düşüktür. ACWMF ve FF'nin başarımları hemen hemen birbirinin aynıdır ve her ikisi de çok az bir farkla SDROMF'e göre daha iyidir. Ancak, önerilen operatör özellikle yüksek gürültü yoğunluklarında diğer operatörlere önemli ölçüde üstünlük sağlamaktadır ve başarımı daha yüksektir. Bundan başka, önerilen operatörün MSE değeri gürültü olasılığı ile hemen hemen doğrusal olarak artarken diğer operatörlerin MSE değerleri artan gürültü yoğunluklarında üstel olarak artmaktadır.

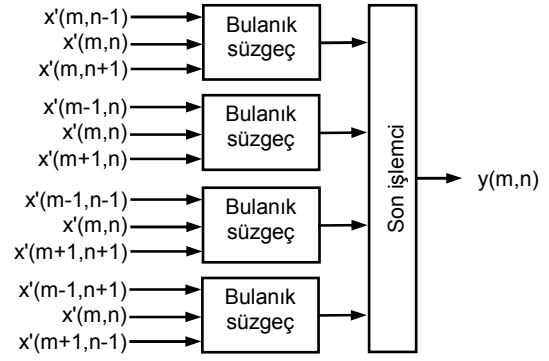
Görsel olarak kıyaslama yapabilmek için, dürtü gürültüsü ile %70 oranında bozulmuş olan *Baboon* imgesinin SDROMF, ACWMF, FF ve önerilen operatör ile süzülmesi sonucu elde edilen çıkış imgeleri Şekil 4' de gösterilmektedir. SDROMF, ACWMF ve FF' in gürültüyü giderirken imgeyi önemli ölçüde bozdukları gözlenmektedir. Fakat sunulan bulanık sinir ağı tabanlı operatör gürültüyü giderme ve ayrıntıları korumada diğer operatörlere kıyasla çok daha başarılıdır. Tüm operatörlerin çıkış imgesinde hayvanın gözlerine ve ağzının etrafındaki tüylü bölgeye dikkatle bakıldığında sunulan operatör ile diğer operatörlerin ayrıntıları korumadaki farklılıkları açıkça görülebilmektedir.

### 4. ÇIKARIM

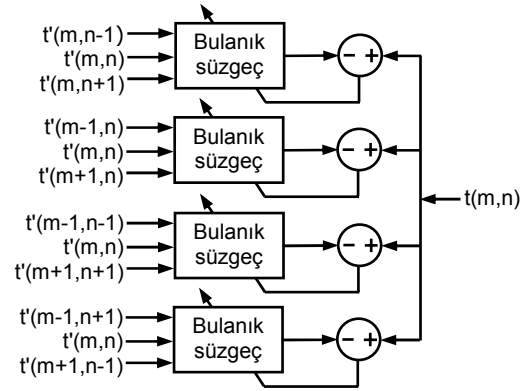
Sayısal imgelerden dürtü gürültüsünün etkili bir şekilde giderilmesi için bulanık sinir ağı tabanlı yeni bir operatör sunulmuştur. Yeni operatörün diğer yöntemlere göre asıl üstünlüğü dürtü gürültüsünü daha etkin bir şekilde süzerken orijinal imgedeki ayrıntıları ve detayları başarılı bir şekilde koruyabilmesidir. Ayrıca operatörün iç parametreleri eğitim yoluyla kolaylıkla belirlenebilmektedir. Yapılan benzetimler ve elde edilen sonuçlar sunulan operatörün sayısal imgelerde dürtü gürültüsünü imgeyi bozmadan gideren basit ama etkin bir araç olduğunu göstermiştir.

## KAYNAKLAR

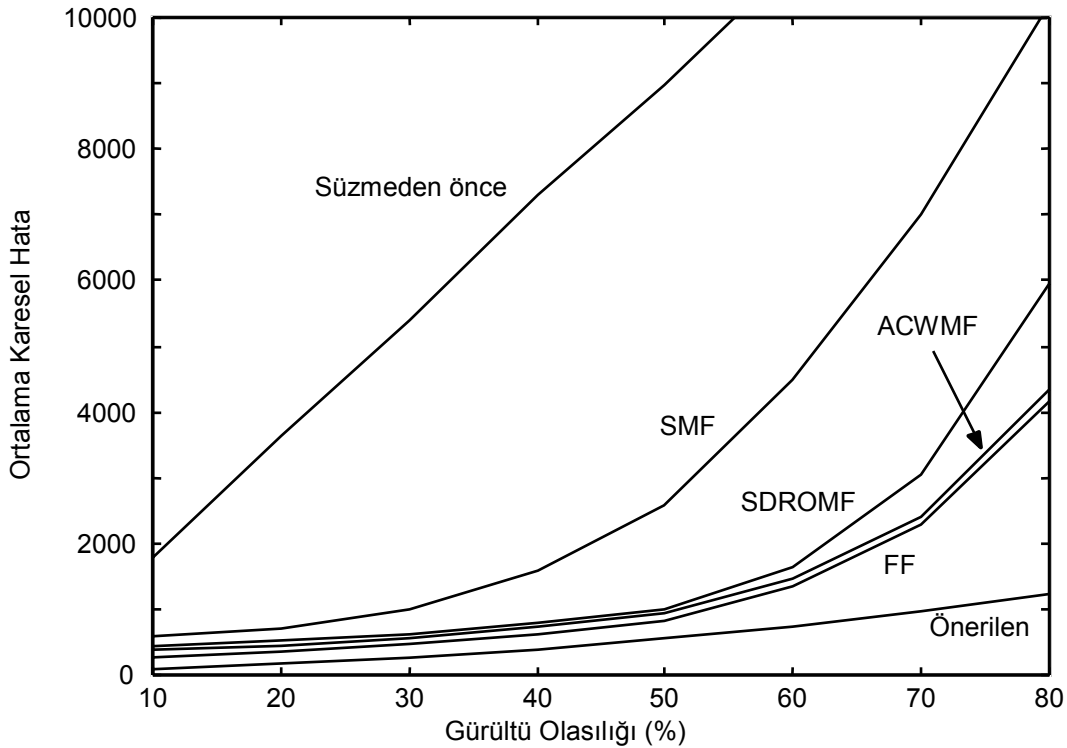
- [1] F. Russo and G. Ramponi, "A fuzzy filter for images corrupted by impulse noise", *IEEE Signal Proc. Letters*, vol. 3, no. 6, pp. 168-170, 1996.
- [2] Y. Choi and R. Krishnapuram, "A robust approach to image enhancement based on fuzzy logic", *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 6, no. 6, pp. 808-825, 1997.
- [3] V. Boskowitz and H. Guterman "An adaptive neuro-fuzzy system for automatic image segmentation and edge detection", *IEEE Trans. on Fuzzy Systems*, vol. 10, no. 2, pp. 247-262, 2002.
- [4] T. Chen and H. R. Wu, "Adaptive impulse detection using center-weighted median filters", *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 8, no. 1, pp. 1-3, 2001.
- [5] E. Abreu, M. Lightstone, S. K. Mitra and K. Arakawa, "A new efficient approach for the removal of impulse noise from highly corrupted images", *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 5, no. 6, pp. 1012-1025, 1996.



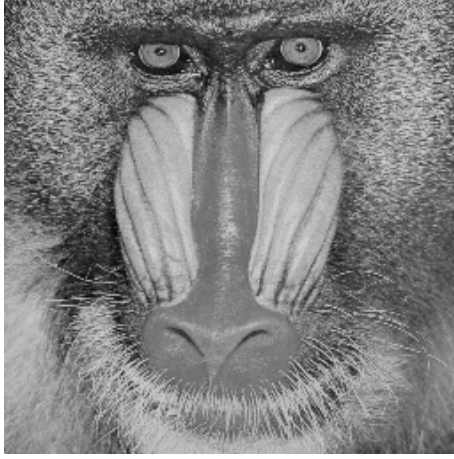
Şekil-1. Önerilen operatör.



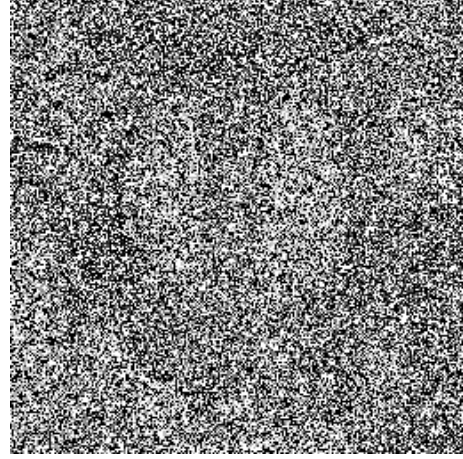
Şekil-2 Operatörün eğitilmesi.



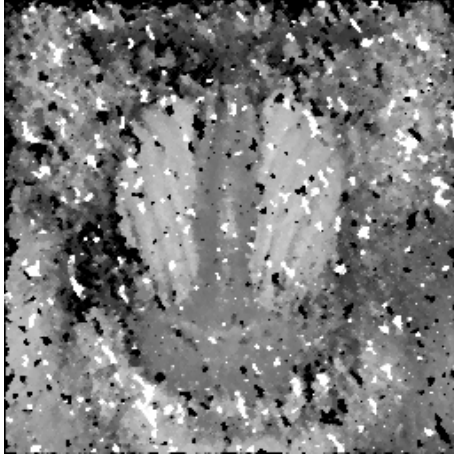
Şekil-3 Tümü operatörlerin çıkış imgelerine ait MSE değerlerinin gürültü olasılığına göre değişimi.



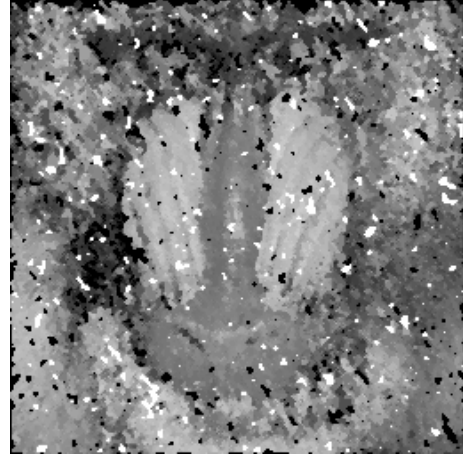
a



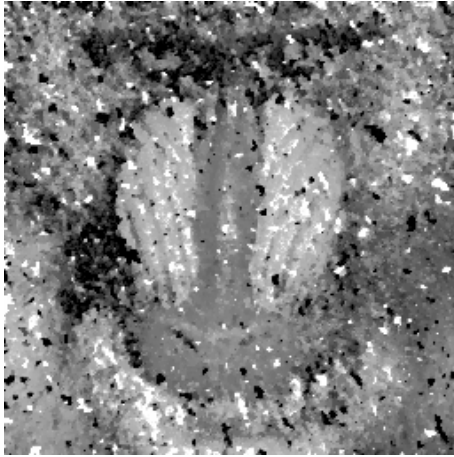
b



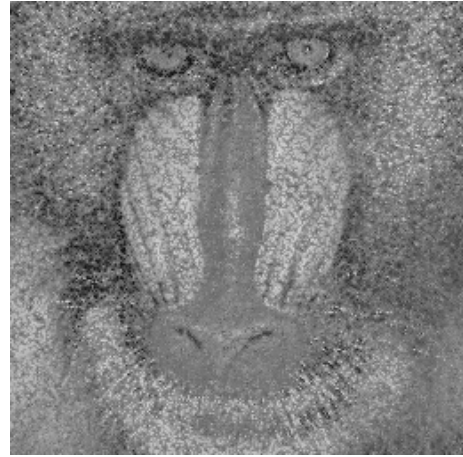
c



d



e



f

**Şekil-4** %70 Gürültü değeri için operatörlerin çıkış imgelerinin kıyaslanması. (a) Orijinal *Baboon* imgesi, (b) Gürültülü *Baboon* imgesi, (c) SDRMF, (d) ACWMMF, (e) FF, (f) Önerilen operatör.