



# Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

*Araştırma Makalesi*

## Öklid Mesafe Tabanlı Uyarlamalı Filtre Kullanılarak Tuz Biber Gürültüsü Giderimi

Aydın SÜMER, Aysun TAŞYAPI ÇELEBİ \*

*Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, TÜRKİYE*

\* Sorumlu yazarın e-posta adresi: aysun.tasyapi@kocaeli.edu.tr

### ÖZET

Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle dış dünyadan görüntülerin alınması aşamasında bazı bozucu etkilerden dolayı görüntülerin bozulması söz konusudur. Bu bozucu etkilerden biri de tuz ve biber gürültüsüdür. Bu yazıda, tuz ve biber gürültülerinin giderilmesi için Öklid Mesafesi Tabanlı Uyarlamalı Filtre (Euclidean Distance Based Adaptive Filter-EDBAF) isimli yeni bir filtre önerilmektedir. Bu yaklaşımda işlem pencerelerindeki gürültüsüz piksellerin merkez piksele olan mesafelerine göre merkez piksele ne kadar etki edeceği hesaplanmaktadır. Bu sayede imgenin iyileştirilmesi gerçekleştirilmektedir. Bu yaklaşım farklı test imgeleri üzerinde farklı görüntü kalitesi parametreleri üzerinden test edilmiştir. Diğer mevcut filtrelere oranla düşük ve yüksek gürültü yoğunluğunda daha iyi sonuç verdiği doğrulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Görüntü işleme, Görüntü iyileştirme, Gürültü giderme, Uyarlamalı filtre, Tuz ve biber gürültüsü

## Salt Pepper Noise Reduction Using Euclidean Distance Based Adaptive Filter

### ABSTRACT

Nowadays, with the development of technology, there is a possibility of corruption of the image due to some disturbing effects during the image retrieval from the external world. One of these disruptive effects is salt and pepper noise. In this paper, a new filter which called Euclidean Distance Based Adaptive Filter (EDBAF) is proposed to remove salt and pepper noise. In this approach, it is calculated how much the noiseless pixels in the process pixel will affect the center pixel than the center pixel distances. In this way, it has been performed to image enhancement. This approach has been tested on different test images with different image quality parameters. It has been verified that it is better at low and high noise density than other existing filters.

**Keywords:** Görüntü işleme, Görüntü iyileştirme, Gürültü giderme, Uyarlamalı filtre, Tuz ve biber gürültüsü

## I. GİRİŞ

Günümüzde hızla gelişen teknoloji ile birlikte görüntü işlemeye olan ihtiyaçta artmaktadır. Görüntü işleme, dış dünyadan alınan görüntülerin dijital forma çevirmek ve bazı işlemleri gerçekleştirmek için geliştirilmiş bir yöntemdir. Bu yöntem vasıtasıyla dijital forma çevrilen görüntülerden bazı yararlı bilgilerin çıkarılması amaçlanmıştır. Fakat dış dünyadan görüntüleri alırken bazı bozucu etkenlerin etkisiyle görüntülerde bozulmalar olmaktadır. Görüntü üzerindeki bu istenmeyen değişimlere gürültü denir. Görüntü üzerinde farklı etkiler yaratan farklı türlerde gürültüler vardır. Bu gürültülerden bazıları: darbe gürültüsü (impulse noise), gauss gürültüsü (gaussian noise) ve benek gürültüsüdür (speckle noise). İki tür darbe gürültüsü bulunmaktadır. Bunlar tuz ve biber gürültüsü (salt and pepper noise) ve rastgele değer dürtü gürültüsüdür (random valued impulse noise)[1]. Tuz ve biber gürültüsü, bir imgedeki piksel değerlerini minimum ve maksimum gri seviyesinde yani 0 veya 255 olarak değiştirerek görüntünün bozulmasına neden olmaktadır. Tuz ve biber gürültüsünde 255 değeri tuz gürültüsü, 0 değeri ise biber gürültüsü anlamına gelmektedir. Gürültü yoğunluğu ile ifade edilen tuz ve biber gürültüsü, gürültü algılayıcılardaki piksel elemanları düzgün çalışmadığında ve atmosferik türbülans, kuvvetli manyetik alanda veri iletimi kısmında hatalar oluştuğu zaman meydana gelmektedir [2]. Rastgele değer dürtü gürültüsünde, imgedeki piksel değerleri 0-255 arasında rastgele değer almaktadır. Gürültü giderilmesi için görüntü işleme yöntemlerinden doğrusal ve doğrusal olmayan filtrelerden yararlanılır. Doğrusal filtre, bir kerneldeki her bir elemanın görüntüde karşılık geldiği değer ile çarpılıp toplanması işlemidir. Elde edilen bu toplam kernelin merkez noktasının görüntüde karşılık geldiği piksel değerinin yerine yazılır. Doğrusal filtre genellikle görüntü işlemede yumuşatma, keskinleştirme ve kenar bulma gibi uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Literatürde yumuşatma işlemi yapılarak gürültü giderimi için kullanılan en basit süzgeç ise doğrusal bir filtre olan ortalama süzgeçtir.

Gürültü giderilmesinde kullanılan doğrusal süzgeçlerden daha başarılı sonuçlar veren birçok doğrusal olmayan süzgeç bulunmaktadır. Doğrusal olmayan süzgeçlerden ise en bilineni Ortanca Filtredir (Median Filter, MF) ve gürültü gideriminde yaygın olarak kullanılmaktadır. MF düşük gürültü yoğunluğuna sahip görüntülerde etkili bir şekilde çalışmakta iken dezavantajı ise sadece gürültülü pikseller üzerinde işlem yapmak yerine bütün pikseller için işlem yapmaktadır ve bunun yanında gürültü giderimi sırasında sabit bir pencere boyutu kullanmaktadır. Literatürde tuz ve biber gürültüsü ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Chan vd. yaptıkları çalışmada Uyarlamalı Ortanca Filtre (Adaptive Median Filter, AMF) kullanılmasını önermişlerdir ve bu filtre ile ortanca filtredeki pencere boyutu arttıkça ortaya çıkan bulanıklık ve yetersiz gürültü giderilmesi problemine çözüm bulunmuştur [3]. MF'den en büyük farkı pencere boyutunun ayarlanabilir olmasıdır. Karar Tabanlı Ortanca Filtresi (Decision Based Median Filter, DMF) kullanılan çalışmalarda, MF'den farklı olarak sadece tuz ve biber gürültüsünün olduğu piksellerde işlem yapılmaktadır [4, 5]. Modifiye Karar Tabanlı Eşlenik Olmayan İşlenmiş Ortanca Filtresi (Modified Decision Based Unsymmetric Trimmed Median Filter, MDBUTMF) yöntemi kullanan çalışmalarda ise gürültülü piksel tespit edilmekte ve uygulanan pencere içerisindeki gürültülü piksellerin çıkarılmasıyla kalan piksellerin ortanca değeri hesaplanmaktadır [5, 8]. Bu filtre özellikle yüksek gürültü yoğunluğuna sahip görüntülerde iyi çalıştığı görülmektedir. İbrahim vd. tuz biber gürültüsünü kaldırmak için yeni bir uyarlamalı ortanca filtre önermektedir [9]. Bu filtrede de her bir piksele uygulanan ortanca filtrenin boyutu yerel gürültü oranı ile tespit edilip yüksek gürültü oranına sahip alanlarda büyük filtre boyutu kullanılırken gürültü oranının düşük olduğu yerlerde daha küçük filtre boyutu kullanılmaktadır. Teja vd., Mesafe Tabanlı Algoritma (Distance Based Algorithm, DBA) temelli bir filtre önermekte ve bu filtre öklid hesabına dayanmaktadır ve merkez piksele en yakın gürültüsüz piksellerin ortalamasını alarak tuz-biber

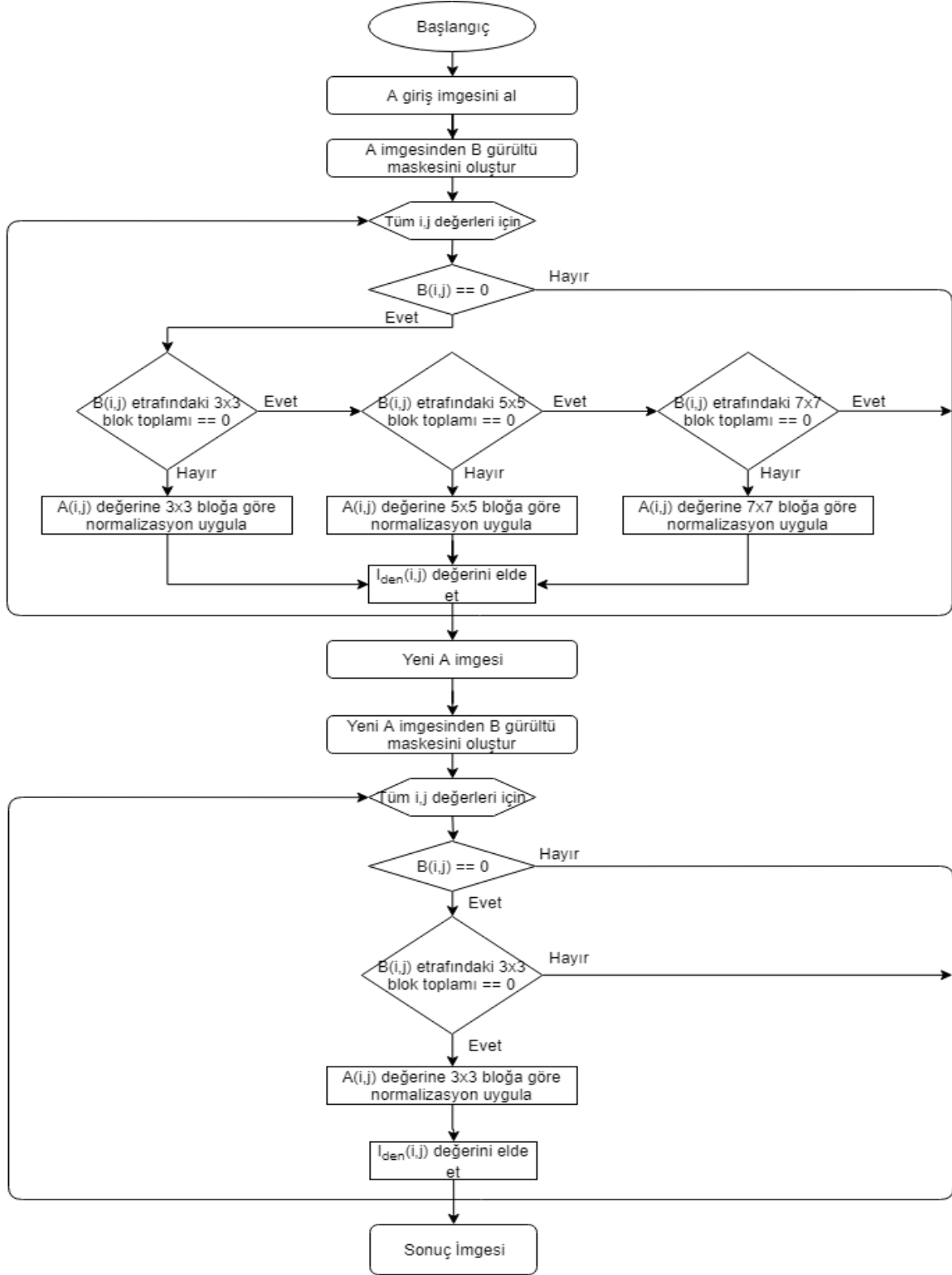
gürültüsünü kaldırmaktadır [10]. Karthikeyan ve Vasuki yaptıkları çalışmada hibrit bir yaklaşım ile gürültü giderimi gerçekleştirmektedir. Bu yaklaşımda karar tabanlı algoritma ile bulanık mantık yöntemini hibrit bir yapıya getirerek yüksek ve düşük gürültü yoğunluğunda tuz-biber gürültüsü kaldırılmaktadır [11]. Li vd. gürültü giderimi için yerel ve global görüntü bilgilerine dayanan bir filtre önermektedir [12]. Gürültülü piksellerden yanlış sınıflandırılmış gürültüsüz pikselleri düzeltmek için global görüntü bilgisi olarak elde edilen görüntü eşik değerlerini esas olarak kullanır. Bu sayede farklı gürültü yoğunluklarında iyi sonuç vermektedir. Cherrat vd. yaptıkları çalışmada tuz ve biber gürültüsünü giderebilmek için uyarlamalı çift eşikli karar tabanlı bir yöntem geliştirmişlerdir [13]. İlk adımda uyarlamalı çift eşik, bozulma olasılığı olan piksellerin tespiti için kullanılır. İkinci adımda ise sadece bozuk olan piksellerin karar tabanlı algoritma ile yeni değeri elde edilir. Böylelikle gürültü gideriminde özellikle yüksek yoğunlukta iyi sonuç vermektedir. Kal vd. yaptıkları çalışmada Gürültü Uyarlamalı Bulanık Anahtarlamalı Ortanca Filtresi (Noise Adaptive Fuzzy Switching Median Filter, NAFSMF) ile yüksek yoğunluktaki tuz ve biber gürültüsünün kaldırıldığı, aynı zamanda ince görüntü detaylarının, kenarların ve dokuların korunduğu göstermektedir [14]. Erkan ve Görkem yaptıkları çalışmada Piksel Yoğunluğuna Dayalı Filtre (Based on Pixel Density Filter, BPDF)'de ise gürültülü piksele uyarlamalı bir pencere uygulanarak en çok tekrarlanan gürültüsüz piksel değeri bu pikselin yeni değeri olacak şekilde elde edilmektedir [15]. Bu filtre düşük ve orta gürültü yoğunluğunda iyi çalışmaktadır. Erkan vd. yaptıkları başka bir çalışmada ise Farklı Uygulanan Ortanca Filtresi (Different Applied Median Filter, DAMF) çalışmasında ise iki aşama ile gürültü giderimi gerçekleştirilmektedir [16]. İlk aşamasında gürültülü piksele uyarlanabilir bir pencere yerleştirilerek gürültüsüz komşu piksellerinin ortanca değeri hesaplanmaktadır. Hesaplanan ortanca değer gürültülü pikselin yeni değeri olmaktadır. Bu şekilde bütün piksellerde çalışmasıyla ilk aşama tamamlanmaktadır. İlk aşamada oluşan görüntüde kalan gürültülü pikseller 3x3 pencere boyutunda yine gürültüsüz komşu piksellerin ortanca değeri hesaplanması ile ikinci aşama da tamamlanmaktadır. Önerilen yaklaşım düşük ve yüksek gürültü yoğunluklarında iyi sonuç vermektedir.

Bu çalışmada ise Öklid Mesafe Tabanlı Uyarlamalı Filtre (Euclid Distance Based Adaptive Filter, EDBAF) kullanılması önerilmektedir. Önerilen filtre Erkan vd.'nin [16]'da gösterdikleri filtrenin başarımını arttırmayı hedeflemektedir. Erkan vd.'nin [16]'daki filtrelerinde gürültülü piksele uyarlanabilir bir pencere yerleştirilerek gürültüsüz komşu piksellerinin ortanca değerini hesaplayarak pikselin yeni değeri hesaplanırken bu çalışmada önerilen filtrede, Öklid mesafesi referans alınarak pikselin yeni değeri hesaplanırken normalizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu şekilde de Erkan vd.'nin [16]'daki çalışmalarına göre düşük ve yüksek gürültü yoğunluklarında daha iyi sonuç alınması amaçlanmaktadır. Deneysel sonuçlar bölümünde önerilen filtrenin Erkan vd.'nin önerdiği filtreye ve literatürdeki diğer filtrelere göre yaklaşık 0.5 dB ile 2 dB arasında bir iyileştirme sağladığı gösterilmektedir.

## II. ÖNERİLEN YAKLAŞIM

Bu çalışma, Erkan vd. sunmuş oldukları DAMF ile gürültü giderilmesi çalışmasının geliştirilmiş halidir. DAMF filtresinde uygulanan yöntemden farklı olarak uyarlanabilir filtredeki gürültüsüz piksellerin ortanca değerini hesaplamak yerine uyarlanabilir filtre içerisindeki gürültüsüz piksellerin öklid mesafelerini dikkate alarak gürültülü bir piksel için gürültü giderimi yapılarak yeni değeri hesaplanılmaktadır. EDBAF filtresi temel olarak gürültülü pikseli çevreleyen bir pencere içerisindeki gürültüsüz piksellerin merkez piksele olan öklid mesafeleri dikkate alınarak merkez piksele etkisi

hesaplanılmaktadır. Bu sayede kullanılan pencere içerisindeki gürültüsüz pikseller merkez piksele ne kadar uzaksa ona göre merkez piksele yani işlem yapılan piksele etkisinin az olması sağlanmaktadır.



Şekil 1: Önerilen EDBAF yaklaşımının akış diyagramı

Bu yaklaşım ile gürültü olan piksellerin komşuluk ilişkilerine göre yeni değerleri hesaplanmaktadır. Önerilen EDBAF yaklaşımının akış diyagramı Şekil 1’de verilmiştir EDBAF yaklaşımının çalışması aşağıda adım adım detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

**Adım 1:** 8 bitlik bir giriş imgesinde  $(i, j)$  pozisyonundaki pikselin ışıklılık değeri  $A(i, j)$  ile gösterilmektedir. Eğer  $A(i, j) = 0$  veya  $A(i, j) = 255$  ise piksel tuz veya biber gürültüsüne sahiptir aksi taktirde pikselin ışıklılık değeri  $0 < A(i, j) < 255$  aralığında ise piksel gürültüsüz anlamına gelmektedir.

İlk aşama olarak giriş imgesine bağlı olarak gürültülü pikselleri işaret etmek için bir maske oluşturulmaktadır. Bu maske, giriş imgesindeki piksel gürültülü ise 0 değil ise 1 olacak şekilde ikili imge şeklinde elde edilmektedir.

$$B(i, j) = \begin{cases} 0 & , A(i, j) = 0 \text{ veya } A(i, j) = 255 \\ 1 & , \text{ diğ}er \end{cases} \quad (1)$$

$B(i, j)$  oluşturulan maskedir. Bu şekilde aslında imgede gürültü olan piksellerin gösterildiği ikili bir maske elde edilmiştir.

**Adım 2:** Oluşturulan maske üzerinden işlem yapılacak olan piksel değeri gürültü değil (yani 1) ise herhangi bir işlem yapılmaz. Eğer piksel gürültü (yani 0) ise giriş imgesi üzerinde ilgili piksel merkezde kalacak şekilde bir pencere kullanılarak gürültü giderimi işlemine başlanır.

**Adım 3:** İlk olarak pencere boyutu  $3 \times 3$  olacak şekilde seçilir ve ikili imge üzerinde merkez pikselin etrafında bu pencere kullanılarak işlem yapılmaya başlanılır. Pencere içerisindeki piksel değerlerinin toplamı 0 ise pencerenin boyutu artırılır ve pencerenin boyutu  $5 \times 5$  olacak şekilde ayarlanılır. Eğer bu pencere içerisindeki piksel değerlerinin toplamı da 0 ise pencere boyutu  $7 \times 7$  yapılarak işlem yapılır. Toplamın 0 olması demek merkez piksel etrafında pencere boyutunda alınan bloktaki tüm piksellerin gürültülü olması demektir. Kullanılan en büyük pencere boyutu  $7 \times 7$  ‘dir. Bu penceredeki tüm pikseller gürültü olsa bile daha büyük pencere boyutuna çıkılmamaktadır. Şekil 2’de ikili imgede bir piksel etrafında  $3 \times 3$  penceredeki tüm piksellerin gürültülü olması durumu gösterilmektedir. Bu durumda pencere boyutu, bir sonraki durum için  $5 \times 5$  boyutunda olacak şekilde seçilecektir. Bu şekilde  $3 \times 3$  pencere boyutundan  $5 \times 5$  pencere boyutuna geçiş gösterilmektedir.

0	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
0	0	0	0	1
0	1	1	0	0

Şekil 2. Maske üzerinde bir piksel etrafında  $5 \times 5$  pencere boyutunda alınan blok

**Adım 4:** Eğer merkez piksel etrafındaki pencerede piksel değerlerinin toplamı 0’dan farklı ise bu piksel için gürültü değeri yerine çevresindeki piksellerden faydalanılarak gürültüsüz ışıklılık değeri kestirilecektir. Bu işlem için giriş imgesinden faydalanılarak giriş imgesinde ilgili pikselin karşılık geldiği pikselin etrafından pencere boyutunda alınan blokta gürültülü pikseller çıkartılarak sadece gürültüsüz pikseller üzerinden işlem gerçekleştirilir. Pencere boyutu Adım 3’de belirlenilmiştir.

Şekil 3 'de, Şekil 1'de gösterilen penceredeki piksel değerlerinin toplamının 0'dan farklı olduğu pencere için yani  $5 \times 5$  pencere boyutu için giriş imgesinde karşılık gelen blok üzerindeki değerler gösterilmektedir.

0	255	255	103	0
105	255	255	255	106
0	0	255	255	255
0	255	255	255	102
0	99	98	255	255

Şekil 3. Orjinal imge üzerinde bir piksel etrafında  $5 \times 5$  pencere boyutunda alınan blok

**Adım 5:** Gürültü olan pikselin değerini kestirmek için merkez pikselin etrafındaki piksel değerlerini pencere boyutuna bağlı olarak direk kullanmak yerine öklid uzaklığı kullanılarak merkez piksele uzaklığı ile ilişkili olacak şekilde ağırlıklandırma yapılmaktadır. Bunun için pencere boyutuna göre merkez piksele uzaklıklarına göre öklid normalizasyon katsayıları hesaplanılmaktadır. Öklid normalizasyon katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanılmaktadır.

$$\text{ökl\_nor\_katsayı}(x - dx - y - dy) = \frac{1}{\sqrt{dx^2 + dy^2}} \quad (2)$$

$5 \times 5$  pencere boyutu için  $dx$  ve  $dy$   $(-2, 2)$  arasında değer almaktadır. Merkez pikselin etrafındaki öklid normalizasyon katsayıları  $dx$  ve  $dy$  değerine bağlı olarak hesaplanılmaktadır. Şekil 4'te  $5 \times 5$  pencere boyutunda öklid normalizasyon değerleri verilmiştir. Pikselin gürültüsüz değeri hesaplanırken en yakın komşu pikseller (ağırlık katsayısı 1 olan) en fazla katkıyı sağlayacakken daha uzak komşu piksellerin şekilden de görüldüğü gibi etkisi azalacaktır.

0.3536	0.4472	0.5000	0.4472	0.3536
0.4472	0.7071	1	0.7071	0.4472
0.5000	1	Inf	1	0.5000
0.4472	0.7071	1	0.7071	0.4472
0.3536	0.4472	0.5000	0.4472	0.3536
0.2774	0.3162	0.3333	0.3162	0.2774

Şekil 4.  $5 \times 5$  pencere boyutunun öklid normalizasyon katsayıları

**Adım 6:** Adım 4'te bulunan gürültüsüz pikseller ve gürültüsüz piksellerin konumu bu adımda kullanılmaktadır. Gürültüsüz piksellerin konumu adım 5'te bulunan öklid normalizasyon katsayılarından karşılık gelen değer ile gürültüsüz piksellerin ışıklılık değeri çarpılmaktadır. Elde edilen sonuç ise normalizasyon yapılmak amacıyla kullanılan öklid normalizasyon katsayılarının toplamına bölünmektedir. Bu şekilde gürültülü pikselin yeni değeri hesaplanılmış olmaktadır. Şekil 3'de verilen blok üzerinde merkez pikselin ışıklılık değerinin hesaplanmasının nasıl yapıldığı (3)'de gösterilmektedir. Bu şekilde gürültü giderimi yapılmış  $I\_den(i, j)$  imgesindeki ışıklılık değerleri elde edilmektedir.

$$I\_den(i, j) = ((105 * 0.4472 + 99 * 0.4472 + 98 * 0.5000 + 103 * 0.4472 + 106 * 0.4472 + 102 * 0.4472)) / ((0.4472 + 0.4472 + 0.5000 + 0.4472 + 0.4472 + 0.4472)) = 102,0862 \quad (3)$$

**Adım 7:** Merkez pikselin değeri yukarıdaki adımlar ile tespit edildikten sonra imgedeki diğer pikseller için bu işlemler Adım 2 ile Adım 6 arasındaki işlemler tekrarlanmaktadır.

**Adım 8:** Yüksek gürültü yoğunluğunda bazı piksellerin işlenmeme durumu için Adım 7 sonrasında oluşan imgede hala gürültülü piksel kalma ihtimali için bir kez daha gürültü giderimi işlemi gerçekleştirilmektedir.

**Adım 9:** Pencere boyutu  $3 \times 3$  olacak şekilde alınarak Adım 2 ile Adım 6 arasındaki işlemler tekrarlanarak elde edilen imge üzerinde bir kez daha gürültü giderimi işlemi gerçekleştirilmektedir.

### III. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu bölümde, MF, DMF, MDBUTMF, BPDF, DAMF ve önerilen yaklaşım olan EDBAF yaklaşımları için beş farklı imge üzerinden 2 farklı görüntü kalite parametresi kullanılarak karşılaştırılma yapılmıştır. İmge işlemede bir filtrenin kalitesi ölçmek için çeşitli başarı kriterleri vardır. Burada kullanılacak olan parametreler görüntü analizinde çokça kullanılan standart parametrelerdir. İlk olarak kullanılacak başarı kriterleri Tepe Sinyal Gürültü Oranı (Peak Signal to Noise Ratio - PSNR)'dır. PSNR, onarılmış imge ile orijinal imge arasındaki değişimin değerlendirmek için kullanılan bir yaklaşımdır. PSNR hesabının yapılabilmesi için Ortalama Karesel Hata (Mean Square Error)'nın hesaplanması gerekmektedir. MSE, onarılmış imgenin orijinal imgeden ne kadar farklı olduğunun bilgisini vermektedir.

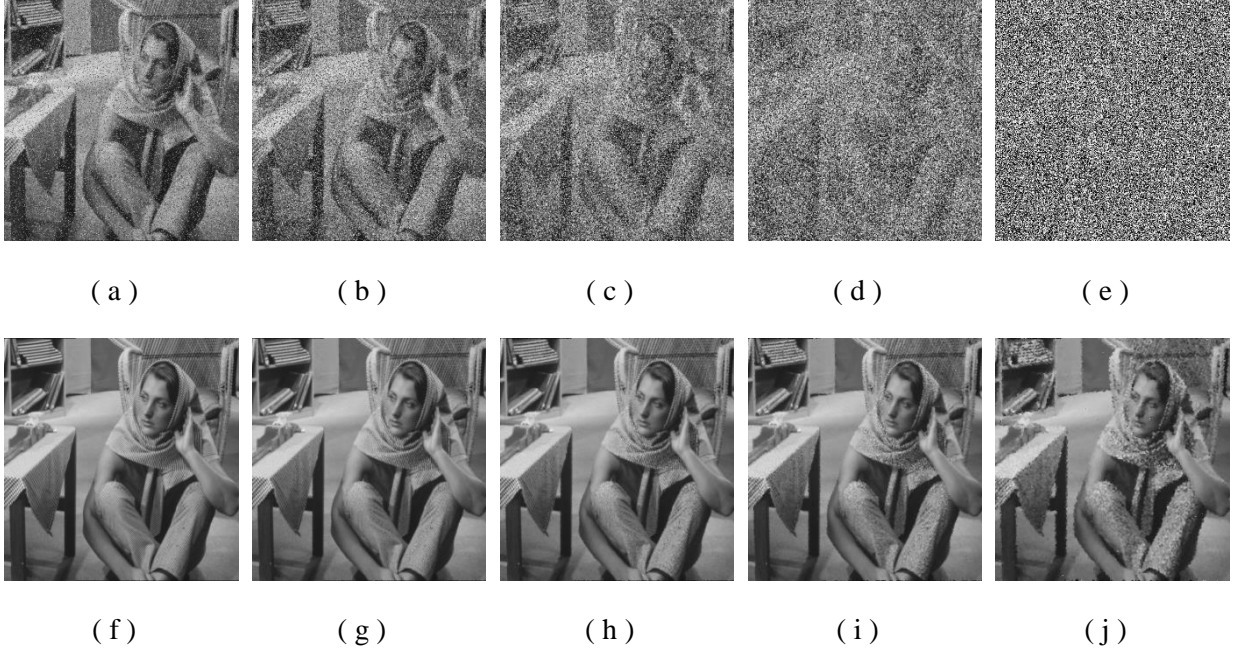
$$MSE = \frac{\sum_{i,j}(I(i,j) - I_{den}(i,j))^2}{w * h} \quad (4)$$

$$PSNR = 10 * \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (5)$$

$$IEF = \frac{\sum_{i,j}(A(i,j) - I(i,j))^2}{\sum_{i,j}(I_{den}(i,j) - I(i,j))^2} \quad (6)$$

Burada  $A(i,j)$  gürültülü giriş imgesini  $I(i,j)$  orijinal imgeyi,  $I_{den}(i,j)$  ise gürültü giderimi yapılmış imgeyi,  $(i, j)$  imgedeki pozisyon bilgisini göstermektedir.  $w$  ve  $h$  ise imgenin satır sütun bilgisini tutmaktadır. İkinci başarı kriteri ise İmge Geliştirme Faktörü (Image Enhancement Factor)'dür. IEF'de gürültülü imge ile onarılmış imge arasındaki değişimi göstermektedir

Barbara imgesinin %10, %30, %50, %70 ve %90 gürültü yoğunluklarında önerilen yaklaşım sonrası alınan sonuçları Şekil 5'de gösterilmektedir. Bu sonuçlardan görüldüğü gibi önerilen yaklaşım düşük gürültü yoğunluğunda görsel olarak iyi sonuçlar verdiği gibi gürültü yoğunluğu çok fazla olduğu durumda da görsel olarak gayet iyi sonuçlar vermektedir.



**Şekil 5:** Barbara imgesinin farklı gürültü yoğunlukları için önerilen yaklaşımın sonuçları (a)%10 Gürültülü İmge (b) %30 Gürültülü İmge (c) %50 Gürültülü İmge (d) %70 Gürültülü İmge (e)%90 Gürültülü imge, (f) önerilen yaklaşım sonrası a'daki imge (g) önerilen yaklaşım sonrası b'deki imge (h) önerilen yaklaşım sonrası c'deki imge (i) önerilen yaklaşım sonrası d'deki imge (j) önerilen yaklaşım sonrası e'deki imge



**Şekil 6:** Barbara imgesinin %50 tuz ve biber gürültü yoğunluğunda farklı filtreler ile deneysel sonuçları, (a) %50 Gürültülü İmge (b) MF (c) DMF[4], [5] (d) MDBUTMF[5]-[8] (e) BPDF[15] (f) DAMF [16], (g) EDBAF (önerilen yaklaşım)



Literatürdeki yaklaşımlar ile önerilen yaklaşımın performansını karşılaştırmak için Şekil 6'da %50 gürültü yoğunluğundaki Barbara imgesi için diğer yöntemler ile beraber görsel karşılaştırma sonuçları verilmiştir. Karşılaştırılan yaklaşımlar içinde DAMF ve önerilen yaklaşım olan EDBAF yaklaşımı görsel olarak diğer yaklaşımlara göre daha başarılı sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Görsel olarak karşılaştırma yeterli olmadığı için PSNR ve IEF kriterleri için sonuçlar çıkartılmıştır. Tablo 1 ve Tablo 2'de test imgelerine farklı gürültü yoğunlukları uygulanıldığında gürültü giderimi için literatürde önerilen filtreler kullanılarak elde edilen sonuçlar için PSNR ve IEF değerleri sırası ile verilmiştir. Tablolarda en iyi sonuçlar kalın bir şekilde yazılmıştır. Önerilen yaklaşımın özellikle yüksek gürültü yoğunluğunda tüm yaklaşımlardan daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Sadece %10 yoğunlukta gürültü olduğu durumda DAMF yaklaşımı bazı test imgeleri için önerilen yaklaşıma göre biraz daha iyi sonuçlar vermiştir. Onun haricinde önerilen yaklaşım hem görsel sonuçlarda hem de nesnel sonuçlarda daha iyi performans göstermiştir.

**Tablo 1.** Farklı gürültü yoğunluklarında farklı filtreler ile alınmış PSNR sonuçları

İmge	Filtreler	%10	%30	%50	%70	%90	Ortalama
Barbara	MF	25.2724	23.4673	20.7449	17.0591	13.6387	20.0360
	DMF[4],[5]	35.9378	30.5806	27.3034	23.7370	16.8793	26.8876
	MDBUTM[8]	36.0493	30.9087	27.7437	24.2402	15.9101	26.9704
	BPDF[15]	35.4907	29.6985	26.0776	21.6520	9.3930	24.4624
	DAMF[16]	37.0553	31.6823	28.6934	26.3588	23.2732	29.4126
	<b>EDBAF</b>	<b>37.6829</b>	<b>32.5514</b>	<b>29.5880</b>	<b>26.8531</b>	<b>23.4397</b>	<b>30.0230</b>
Baboon	MF	20.2219	19.4782	18.4888	17.2021	13.7408	17.8264
	DMF[4],[5]	30.6074	25.5742	22.8646	20.5107	16.6498	23.2413
	MDBUTM[8]	30.5227	25.6375	23.0383	20.7598	16.5257	23.2968
	BPDF[15]	30.7435	25.3621	22.1798	19.3019	8.9586	21.3092
	DAMF[16]	31.7492	26.7323	23.9246	21.6532	18.9848	24.6088
	<b>EDBAF</b>	<b>32.1522</b>	<b>27.3164</b>	<b>24.5143</b>	<b>22.0014</b>	<b>19.0915</b>	<b>25.0152</b>
Lena	MF	28.4257	26.1511	22.5635	18.4234	13.8285	21.8784
	DMF[4],[5]	40.1063	34.1775	30.0235	25.4642	17.6040	29.4751
	MDBUTM[8]	40.3812	34.6943	30.7225	26.1241	16.7528	29.7350
	BPDF[15]	39.9100	33.1035	28.1407	22.8956	10.9591	27.0018
	DAMF[16]	<b>42.9485</b>	36.8425	33.1479	30.2304	25.9701	33.8279
	<b>EDBAF</b>	42.8538	<b>37.4646</b>	<b>33.9793</b>	<b>30.7097</b>	<b>26.1525</b>	<b>34.2320</b>
Cameraman	MF	22.3818	20.3190	17.9204	14.6794	9.7632	17.0128
	DMF[4],[5]	33.2053	27.8514	24.3572	20.4186	13.8028	23.9271
	MDBUTM[8]	33.4833	27.8514	24.6136	20.7745	13.1691	23.9784
	BPDF[15]	33.1262	27.1338	23.5594	19.2654	11.7781	22.9726
	DAMF[16]	<b>35.5660</b>	29.7260	26.3316	23.8269	20.3668	27.1635
	<b>EDBAF</b>	35.2302	<b>30.0250</b>	<b>26.9182</b>	<b>24.2125</b>	<b>20.5380</b>	<b>27.3848</b>
Penguins	MF	23.2558	20.8818	17.0254	12.9429	8.9059	16.6024
	DMF[4],[5]	34.6718	28.8064	24.9224	19.8466	12.9091	24.2313
	MDBUTM[8]	35.0636	29.2971	25.5809	20.4531	11.5923	24.3974
	BPDF[15]	34.2742	27.5976	23.7258	18.9485	9.4602	22.8013
	DAMF[16]	<b>37.4082</b>	<b>31.1859</b>	27.3681	24.3157	20.1443	28.0844
	<b>EDBAF</b>	36.3926	31.0992	<b>28.0750</b>	<b>24.8136</b>	<b>20.3204</b>	<b>28.1402</b>

**Tablo 2.** Farklı gürültü yoğunluklarında farklı filtreler ile alınmış IEF sonuçları

İmge	Filtreler	%10	%30	%50	%70	%90	Ortalama
Barbara	MF	9.7276	19.1185	17.0088	10.2255	5.9547	12.4070
	DMF[4],[5]	113.3835	98.3519	77.0060	47.5862	12.5582	69.7772
	MDBUTM[8]	116.3321	106.069	85.2222	53.4314	10.0463	74.2203
	BPDF[15]	102.2905	80.2724	58.0688	29.4427	2.2402	54.4629
	DAMF[16]	146.6549	126.750	106.054	87.0267	54.7415	104.245
	<b>EDBAF</b>	<b>169.4556</b>	<b>154.831</b>	<b>130.313</b>	<b>97.5187</b>	<b>56.8804</b>	<b>121.800</b>
Baboon	MF	2.9135	7.3797	9.7973	10.1800	5.9049	7.2351
	DMF[4],[5]	31.8392	30.0357	26.8342	21.8074	11.5376	24.4108
	MDBUTM[8]	31.2246	30.4771	27.9294	23.0946	11.2126	24.7877
	BPDF[15]	32.8530	28.6044	22.9196	16.5089	1.9633	20.5698
	DAMF[16]	41.4137	39.2149	34.2523	28.3697	19.7523	32.6006
	<b>EDBAF</b>	<b>45.4412</b>	<b>44.8601</b>	<b>39.2334</b>	<b>30.7378</b>	<b>20.2436</b>	<b>36.1032</b>
Lena	MF	19.8985	35.2858	25.7984	13.8897	6.2172	20.2179
	DMF[4],[5]	293.0063	223.994	143.743	70.2710	14.8303	149.169
	MDBUTM[8]	312.1519	252.3035	168.8467	81.8024	12.1907	165.459
	BPDF[15]	280.0587	174.920	93.1777	38.8970	3.2111	118.052
	DAMF[16]	<b>563.7575</b>	413.754	295.140	210.569	101.802	317.004
	<b>EDBAF</b>	551.6034	<b>477.472</b>	<b>357.412</b>	<b>235.136</b>	<b>106.169</b>	<b>345.558</b>
Cameraman	MF	5.5189	9.9892	9.6176	6.3856	2.6554	6.8333
	DMF[4],[5]	66.7108	56.5939	42.3391	23.9400	6.7312	39.2630
	MDBUTM[8]	71.1205	61.1681	44.9141	25.9842	5.8173	41.8008
	BPDF[15]	65.5070	47.9743	35.2340	18.3570	4.2230	34.2591
	DAMF[16]	<b>114.8862</b>	87.1423	66.7090	52.4750	30.5136	70.3452
	<b>EDBAF</b>	106.3373	<b>93.3539</b>	<b>76.3552</b>	<b>57.3467</b>	<b>31.7407</b>	<b>73.0268</b>
Penguins	MF	7.1776	12.7715	8.5952	4.8096	2.4208	7.1549
	DMF[4],[5]	99.4453	79.1958	52.9614	23.5763	6.0854	52.2528
	MDBUTM[8]	108.8337	88.6695	61.6322	27.1099	4.4937	58.1478
	BPDF[15]	90.7455	59.9544	40.2065	19.1721	2.7504	42.5658
	DAMF[16]	<b>186.7353</b>	<b>136.977</b>	93.0102	65.9772	32.1965	<b>102.979</b>
	<b>EDBAF</b>	147.7954	134.271	<b>109.451</b>	<b>73.9905</b>	<b>33.5288</b>	99.8074

#### IV. SONUÇ

Bu yazıda, tuz biber gürültülerinin giderilmesi için yeni bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşımda ile gürültülü piksele uygun pencere boyutunun belirlenmesi ile gürültü olan pikselin değerini kestirmek için merkez pikselin etrafındaki gürültüsüz piksellerin değerlerini direk kullanmak yerine öklid uzaklığı kullanılarak merkez piksele uzaklığı ile ilişkili olacak şekilde ağırlıklandırma yapılmıştır. Önerilen yaklaşım farklı test imgelerinin üzerine %10, %30, %50, %70 ve %90 yoğunluğunda gürültü eklenmesi durumu için test edilmiştir. Bu sayede düşük ve yüksek gürültü yoğunlukları için önerilen filtrenin başarımı değerlendirilmiştir. Önerilen yaklaşım uyarlanabilir pencere ile gürültüsüz piksellerin merkez piksele olan Öklid normalizasyonuna bakılarak orijinal piksele en yakın piksel değeri hesaplanarak düşük ve yüksek gürültü yoğunluklarında diğer filtrelerle oranla daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Ayrıca önerilen yöntem ile literatürde son zamanlarda sunulmuş yöntemlerin performansı, farklı gürültü oranları için PSNR ve IEF gibi başarı kriterleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Deneysel sonuçlar bu çalışmada sunulan yaklaşımın daha başarılı olduğunu göstermiş ve aşağıdaki sonuçlar çıkartılmıştır.

- PSNR değerleri incelendiğinde önerilen filtre ile literatürdeki diğer filtrelerle göre yaklaşık olarak 0.5 dB ile 2 dB arasında bir kazanç sağlandığı anlaşılmaktadır.

- IEF değerlerine bakıldığında önerilen filtre gene literatürde önerilen diğer filtrelere göre daha iyi nesnel başarımları sağlamaktadır.
- IEF ve PSNR gibi nesnel başarımların yanı sıra önerilen yaklaşımın görsel sonuçları da diğer filtreler göre daha başarılı elde edilmiştir.

Ayrıca önerilen yöntem sadece gürültü olduğu tespit edilen pikseller için işlem yapıldığı için gürültüsüz pikseller aynen korunmuş ve görüntüde herhangi bir bilgi kaybı oluşmamıştır.

**TEŞEKKÜR:** Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknoloji Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 5150099 nolu araştırma projesi kapsamında desteklenmiştir.

## V. KAYNAKLAR

- [1] T.R. Farshi, "Image noise reduction method based on compatibility with adjacent pixels," *International Journal of Image and Graphics*, vol. 3, no. 17, pp. 1750014, 2017.
- [2] P. Altınışık, E. Ergün, "Özyinelemeli ortanca süzgeç için iki yeni yaklaşım," 2017 International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium, Malatya, Türkiye, 16-17 Eylül, 2017.
- [3] R.H. Chan, C.W. Ho, M. Nikolova, "Salt-and-pepper noise removal by median-type noise detectors and detail-preserving regularization," *IEEE Transaction on Image Processing*, vol. 10, no. 14, pp. 1479-1485, 2005.
- [4] K.S. Srinivasan, D. Ebenezer, "A new fast and efficient decision-based algorithm for removal of high density impulse noises," *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 3, no. 14, pp. 189-192, 2007.
- [5] A. Dash, S.K. Sathua, "High density noise removal by using cascading algorithms," 2015 Fifth International Conference on Advanced Computing and Communication Technologies, Haryana, Hindistan, 2015, pp. 96-101.
- [6] E.S. Chang, C. Hung, W. Liu, W. Yin, "A denoising algorithm for remote sensing images with impulse noise," *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Beijing, Çin, 2016, pp. 2905-2908.
- [7] S. Esakkirajan, T. Veerakumar, A.N. Subramanyam, C.H. PremChand, "Removal of high density salt and pepper noise through modified decision based unsymmetrical trimmed median filter," *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 5, no. 18, pp. 287-290, 2011.
- [8] N.K. Chaitanya, P. Sreenivasulu, "Removal of salt and pepper noise using advanced modified decision based unsymmetrical trimmed median filter," 2014 International Conference on Electronics and Communication System, Coimbatore, Hindistan, pp 13-14, 2014.
- [9] H. Ibrahim, N.S.P. Kong, T.F. Ng, "Simple Adaptive Median Filter for Removal of Impulse Noise from Highly Corrupted Images," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 4, no. 4, pp 1920-1927, 2008.

- [10] K.V.R. Teja, N.S. Rao, P.S. Kumar, "Distance based algorithm for removal of salt and pepper noise," 2017 International Conference on Circuits Power and Computing Technologies, Kollam, Hindistan, pp. 20-21, 2017.
- [11] P. Karthikeyan, S. Vasuki, "Hybrid approach of efficient decision-based algorithm and fuzzy logic for removal of high density salt and pepper noise in images," *Journal of Circuits, Systems, and Computers*, vol. 25, no. 10, 2016.
- [12] Z. Li, Y. Cheng, K. Tang, Y. Xu, D. Zhang, "A salt and pepper noise filter based on local and global image information" *Neurocomputing*, vol. 159, pp. 172-185, 2015.
- [13] E.M. Cherrat, R. Alaoui, H. Bouzahir, W. Jenkal, "High density salt and pepper noise suppression using adaptive dual threshold decision based algorithm in fingerprint images," 2017 Intelligent Systems and Computer Vision, Fez, Morocco, pp 17-19, 2017.
- [14] K. Kal, V. Toh, S. Member, N. Ashidi, M. Isa, "Noise adaptive fuzzy switching median filter for salt-and-pepper noise reduction," *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 3, no. 17, pp. 281-284, 2010.
- [15] U. Erkan, L. Görkem, "A new method based on pixel density in salt and pepper noise removal," *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, vol. 1, no. 26, pp.162-171, 2018.
- [16] U. Ekran, L. Görkem, S. Enginoğlu, "Different applied median filter in salt and pepper noise," *Computers and Electrical Engineering*, vol. 70, pp. 789-798, 2018.