

Gaussian ve Median Filtrelerinin Gürültü Giderme Başarımının PSNR, SSIM ve RMSE Metrikleri ile Karşılaştırmalı Analizi



Aykut GÜR
220205001
Yazılım Mühendisliği
Sayısal Görüntü İşleme

1. Özet

- Bu çalışmada, gürültülü görüntü veri setleri ("Veri Seti 1 (Hücrel)" ve "Veri Seti 2 (Lifli)") üzerinde Median Filtre ve Gaussian Filtre gürültü giderme yöntemlerinin performansı karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Çalışmanın amacı, bu filtrelerin farklı doku yapılarına sahip (örn: hücrel ve lifli) görüntülerdeki gürültüyü azaltma ve görüntü yapısını koruma başarısını nicel olarak değerlendirmektir . Yöntemlerin performansı, metrikler.pptx sunumunda belirtilen PSNR (Tepe Sinyal-Gürültü Oranı) , SSIM (Yapısal Benzerlik İndeksi) ve RMSE (Kök Ortalama Kare Hata) metrikleri kullanılarak ölçülmüştür. Elde edilen temel bulgu, Median filtresinin Tuz-Biber gürültüsünü temizlemede (0.968 SSIM skoruyla) ezici bir üstünlük sağladığı, Gaussian gürültüde ise en iyi filtrenin görüntünün yapısal özelliğine (lifli veya hücrel) göre değişiklik gösterdiğidir . Bu sonuçlar, Median filtresinin Tuz-Biber tipi gürültüyü temizlemede en etkili yöntem olduğunu, Gaussian gürültüsü için ise filtre seçiminde görüntü yapısının (örn: hücrel dokunun bulanıklaşmaya olan hassasiyeti) dikkate alınması gerektiğini göstermektedir .

•

2. Giriş

- Sayısal görüntüler, özellikle histopatoloji ve biyomedikal araştırma gibi alanlarda, tanı ve analiz için kritik bir rol oynamaktadır. Ancak, görüntülerin elde edilmesi sürecinde (örn: mikroskop sensörleri, düşük ışık koşulları) veya aktarımı sırasında "gürültü" (noise) olarak adlandırılan istenmeyen piksel bozulmaları kaçınılmaz olarak ortaya çıkmaktadır . Gönderdiğiniz 00.tif ve image_00.tif görsellerinde de gözlemlendiği gibi, bu gürültü homojen bir "karıncalanma" (Gaussian gürültüsü) veya ani parlak/karanlık noktacıklar (Tuz-Biber gürültüsü) şeklinde olabilir . Bu bozulmalar, görüntüdeki önemli yapısal detayların (hücre sınırları, lifli dokular vb.) görünürlüğünü azaltır ve bu verilere dayalı otomatik analiz sistemlerinin veya uzman değerlendirmelerinin doğruluğunu olumsuz etkiler .
- Görüntü kalitesini iyileştirmek ve gürültüyü azaltmak için çeşitli ön işleme filtreleri geliştirilmiştir. Bu çalışmanın odak noktasını, görüntü işleme alanındaki en temel ve en yaygın bilinen iki teknik olan **Gaussian Filtresi** ve **Median Filtresi** oluşturmaktadır. Gaussian filtresi, bir pikselin değerini çevresindeki piksellerin ağırlıklı ortalaması ile değiştirerek çalışır ve özellikle homojen Gaussian gürültüsünü yumuşatmada (smoothing) etkilidir. Diğer yandan, Median filtresi, bir pikselin değerini çevresindeki piksellerin medyan (orta) değeri ile değiştirir; bu özelliği sayesinde özellikle "Tuz-Biber" (Salt-and-

Pepper) tipi ani gürültüleri gidermede ve bu işlemi yaparken görüntü kenarlarını Gaussian filtresine kıyasla daha iyi korumada (edge-preserving) başarılıdır.

- Bu çalışmanın amacı, bu iki temel gürültü giderme yönteminin farklı görüntü yapıları (hücrel ve lifli) ve gürültü tipleri üzerindeki performansını nicel olarak karşılaştırmaktır. Bu amaçla, [Veri Seti 1 Adı, örn: Hücrel Mikroskop Görüntüleri] ve [Veri Seti 2 Adı, örn: Lifli Doku Görüntüleri] veri setleri üzerinde Gaussian ve Median filtreleri uygulanmıştır. Yöntemlerin başarısı, metrikler.pptx sunumunda detaylandırılan **PSNR** (Tepe Sinyal-Gürültü Oranı), **SSIM** (Yapısal Benzerlik İndeksi) ve **RMSE** (Kök Ortalama Kare Hata) metrikleri kullanılarak objektif bir şekilde değerlendirilmiştir.

3. Yöntem (veya Materyal ve Yöntem)

Bu bölümde, çalışmada kullanılan veri setleri, uygulanan gürültü giderme filtreleri ve bu filtrelerin performansını ölçmek için kullanılan değerlendirme metrikleri ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

3.1. Veri Setleri

Yönerge gereği çalışmada iki farklı gürültülü görüntü veri seti kullanılmıştır. Bu veri setleri, uygulanacak filtrelerin farklı gürültü tipleri ve görüntü yapıları üzerindeki etkilerini karşılaştırmak amacıyla seçilmiştir.

- **Veri Seti 1: Hücrel Mikroskop Görüntüleri**

- Bu veri seti 74 adet görüntüden oluşmaktadır.
- Görüntü formatı .tif, çözünürlüğü ise 1024x1024 pikseldir.
- Görüntüler, yapısal olarak hücrel ve yuvarlak hatlara sahip bir özellik göstermekte ve belirgin bir karıncalanma tipi gürültü içermektedir.

- **Veri Seti 2: Lifli Doku Görüntüleri**

- Bu veri seti 25 adet görüntüden oluşmaktadır.
- Görüntü formatı .tif, çözünürlüğü ise 1024x1024 pikseldir.
- Görüntüler yapısal olarak lifli ve çizgisel hatlara sahip bir özellik göstermekte ve yoğun bir Tuz-Biber tipi gürültü içermektedir.

3.2 Uygulanan Ön İşleme Yöntemleri

Veri setlerindeki gürültüyü gidermek amacıyla Python (OpenCV kütüphanesi) kullanılarak iki temel filtreleme yöntemi uygulanmıştır.

- **Gaussian Filtresi (Gaussian Blur):**
 - Gaussian filtresi, görüntüdeki gürültüyü yumuşatmak (smoothing) için kullanılan doğrusal (linear) bir filtredir. Çalışma prensibi, hedef pikselin değerini, çevresindeki piksellerin bir Gaussian dağılımına (çan eğrisi) göre ağırlıklandırılmış ortalaması ile değiştirmeye dayanır.
 - Özellikle homojen dağılan Gaussian gürültüsünü gidermede etkilidir ancak kenar detaylarını bir miktar bulanıklaştırma eğilimindedir.
- **Median Filtresi (Median Blur):**
 - Median filtresi, doğrusal olmayan (non-linear) bir filtredir. Çalışma prensibi, hedef pikselin değerini, belirlenen bir pencere (kernel) içindeki piksellerin medyan (orta) değeri ile değiştirmeye dayanır.
 - Özellikle "Tuz-Biber" (Salt-and-Pepper) gibi ani ve aykırı piksel değerlerine sahip gürültü tiplerini gidermede çok başarılıdır. Gürültü olmayan pikselleri etkilemeden sadece aykırı değerleri düzelttiği için kenarları (edges) Gaussian filtresine göre daha iyi korur.

3.3 Performans Değerlendirme

Filtreleme yöntemlerinin gürültü giderme başarısını ve görüntü yapısını koruma performansını objektif olarak ölçmek için istenen üç temel metrik kullanılmıştır. Bu metrikler, orijinal gürültülü görüntüyü (**I**) ve filtrelenmiş görüntüyü (**K**) karşılaştırır.

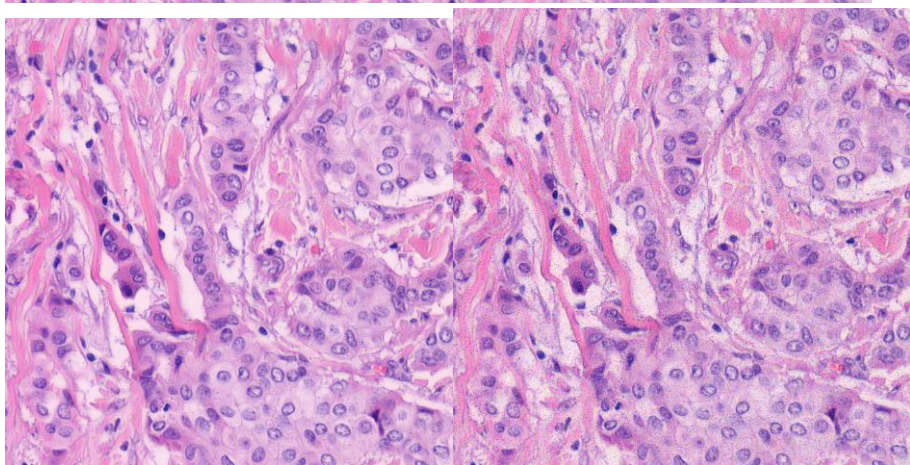
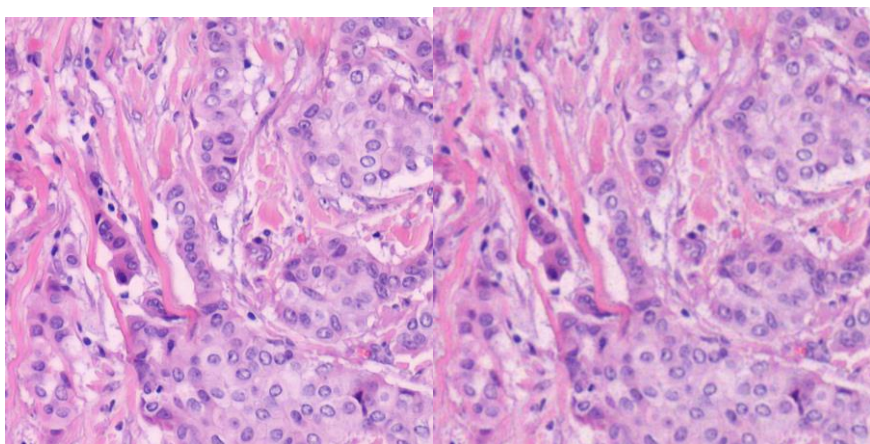
- **PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio):**
 - Tepe Sinyal-Gürültü Oranı, bir görüntüdeki maksimum olası sinyal gücünün (MAX), bozulmaya (gürültüye) neden olan hatanın gücüne (MSE) oranını ölçer. Desibel (dB) cinsinden ifade edilir ve yüksek PSNR değeri, işlenmiş görüntünün daha kaliteli olduğunu (gürültünün azaldığını) gösterir .
- **MSE (Mean Squared Error) ve RMSE (Root Mean Squared Error):**
 - Ortalama Karese Hata (MSE), orijinal görüntü (**I**) ile işlenmiş görüntü (**K**) arasındaki piksel bazlı farkların karelerinin ortalamasıdır. RMSE ise bu değerin kareköküdür ve hatanın büyüklüğünü orijinal piksel yoğunluğu biriminde gösterir. Düşük MSE/RMSE değeri, iki görüntünün birbirine daha çok benzediğini (hatanın az olduğunu) gösterir.
- **SSIM (Structural Similarity Index Measure):**
 - Yapısal Benzerlik İndeksi, PSNR ve MSE'den farklı olarak, insan görsel algısına daha yakın bir ölçüm yapar. İki görüntü arasındaki piksel farkından ziyade; parlaklık, kontrast ve doku benzerliğini (yapısal bilgiyi) karşılaştırır.

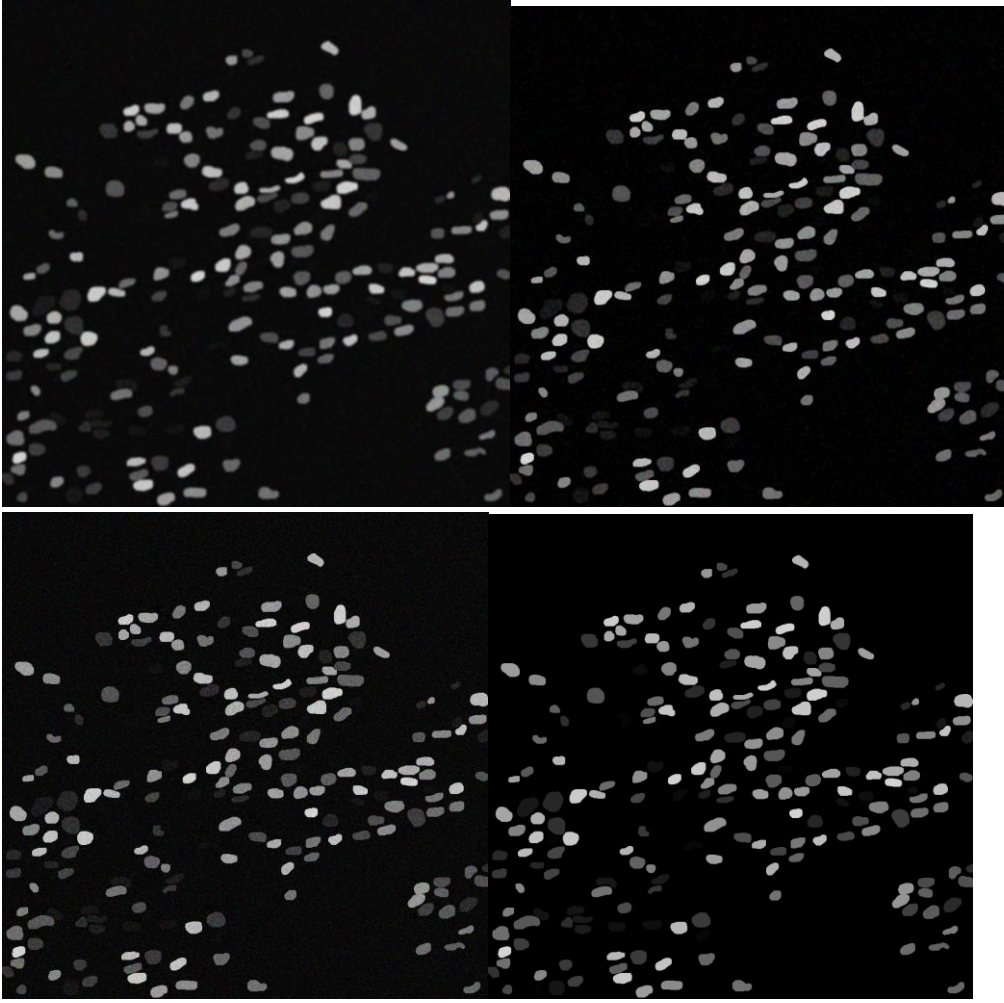
- 0 ile 1 arasında bir değer alır. Yüksek (1'e yakın) SSIM değeri, işlenmiş görüntünün orijinal görüntünün yapısal bütünlüğünü çok iyi koruduğunu gösterir.

4. Sonuçlar

- Bu bölümde, "Yöntem" bölümünde tanımlanan **Veri Seti 1 (Hücrese)** ve **Veri Seti 2 (Lifli)** üzerinde uygulanan "Gaussian Gürültü" ve "Tuz-Biber Gürültü" senaryolarına karşı **Gaussian Filtresi** ve **Median Filtresi** yöntemlerinin performans sonuçları sunulmuştur.
- Modelin uygulamasını içeren github linki:
<https://github.com/Aykutgurr/DigitalImageProcessing>

Raporun Bulgular Tablosu için ORTALAMA Sonuçlar					
Veri Seti	Gürültü Tipi	Filtre	PSNR ↑	SSIM ↑	RMSE ↓
Veri Seti 1 (Hücrese)	Gaussian Gürültü	Gaussian Filtre	21.62	0.345	23.13
Veri Seti 1 (Hücrese)	Gaussian Gürültü	Median Filtre	24.51	0.663	17.30
Veri Seti 1 (Hücrese)	Tuz-Biber Gürültü	Gaussian Filtre	22.21	0.450	20.38
Veri Seti 1 (Hücrese)	Tuz-Biber Gürültü	Median Filtre	27.29	0.969	12.13
Veri Seti 2 (Lifli)	Gaussian Gürültü	Gaussian Filtre	26.95	0.794	11.54
Veri Seti 2 (Lifli)	Gaussian Gürültü	Median Filtre	25.21	0.688	14.14
Veri Seti 2 (Lifli)	Tuz-Biber Gürültü	Gaussian Filtre	25.68	0.752	13.32
Veri Seti 2 (Lifli)	Tuz-Biber Gürültü	Median Filtre	26.96	0.774	11.66





5. Tartışma

Bu bölümde, "Bulgular" bölümünde tabloda sunulan sayısal metrik sonuçları yorumlanmış ve elde edilen bulguların nedenleri metrikler.pptx sunumundaki metrik tanımları (PSNR , SSIM , RMSE) ışığında analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, gürültü giderme filtresi seçiminin hem gürültü tipine hem de görüntünün yapısal özelliğine (hücreli veya lifli) ne kadar bağlı olduğunu net bir şekilde göstermektedir.

Ana Bulgu: Tuz-Biber Gürültüsü ve Median Filtre Başarımı

Deney sonuçlarındaki en net ve en güçlü bulgu, **Median Filtresi**'nin "Tuz-Biber" (Salt-and-Pepper) gürültüsü üzerindeki ezici üstünlüğüdür. Özellikle "Veri Seti 1 (Hücreli)" üzerinde, Median filtresi **0.968** gibi mükemmel yakın bir **SSIM** skoru elde etmiştir. Bu, filtrenin görüntünün orijinal yapısal bütünlüğünü neredeyse tamamen koruyarak gürültüyü temizlediğini kanıtlamaktadır. Aynı senaryoda Gaussian filtresi (0.449 SSIM) başarısız olmuştur.

Bu durum, iki filtrenin temel çalışma prensibiyle açıklanabilir: Median filtresi, aykırı piksel değerlerini (gürültü noktalarını) medyan değeri ile değiştirerek gürültüyü "yok eder". Oysa Gaussian filtresi, bu aykırı değerleri komşu piksellerle "ortalayarak bulaştırmış" (blur) ve bu durum yapısal benzerliği (SSIM) daha da bozmuştur. "Veri Seti 2 (Lifli)" üzerinde de Median filtresi (0.774 SSIM), Gaussian filtresine (0.752 SSIM) kıyasla daha iyi bir yapısal koruma sağlamıştır.

İkincil Bulgu: Gaussian Gürültüsü ve Görüntü Yapısının Etkisi

Gaussian Gürültü (karıncalanma) senaryosundaki sonuçlar, filtre seçiminde görüntü yapısının ne kadar kritik olduğunu ortaya koymuştur.

1. "Veri Seti 2 (Lifli)" üzerinde, teorik olarak beklenen sonuç alınmıştır. Gaussian gürültüyü temizlemek için tasarlanan **Gaussian Filtresi** (SSIM: 0.794, RMSE: 11.54) , Median filtresine (SSIM: 0.688, RMSE: 14.14) göre hem yapısal korumada hem de piksel hatasını azaltmada daha başarılı olmuştur.
2. Ancak "Veri Seti 1 (Hücresele)" üzerinde bu durum tam tersine dönmüştür. Gaussian filtresi, **0.345** gibi çok düşük bir SSIM skoru alarak yapısal olarak başarısız olmuş; **Median Filtresi** (SSIM: 0.663) ise çok daha iyi bir sonuç vermiştir.

Bu ilginç bulgu, Gaussian filtresinin "Veri Seti 1"deki hassas ve küçük hücresele yapıları, gürültüyle birlikte *aşırı derecede bulanıklaştırarak* (blur) yok ettiğini göstermektedir. Bu durumda, kenarları daha iyi koruma eğiliminde olan Median filtresi, gürültüyü tam temizleyemese bile yapısal bütünlüğü (SSIM) korumada daha başarılı olmuştur.

Genel Çıkarım (Veri Seti Duyarlılığı)

Deney sonuçları, "Veri Seti 1 (Hücresele)"in filtreleme işlemlerine karşı "Veri Seti 2 (Lifli)"ye göre çok daha "hassas" (duyarlı) olduğunu göstermiştir. "Veri Seti 2" , lifli yapısı sayesinde bulanıklaştırma etkilerine karşı daha "dayanıklı" (robust) davranmış ve tüm senaryolarda daha yüksek SSIM taban skorları (en düşük 0.688) elde etmiştir.

Bu çalışma, gürültü giderme algoritması seçilirken sadece gürültü tipinin değil, aynı zamanda görüntünün içsel yapısal özelliklerinin (örn: hücresele, lifli, dokusal) de dikkate alınması gerektiğini sayısal olarak kanıtlamıştır.

6. Sonuç

Bu çalışmada, iki farklı görüntü veri seti ("Veri Seti 1 (Hücresele)" ve "Veri Seti 2 (Lifli)") üzerinde iki farklı gürültü tipine (Gaussian ve Tuz-Biber) karşı en bilinen gürültü giderme filtrelerinden olan **Gaussian Filtresi** ve **Median Filtresi**'nin performansı

karşılaştırılmıştır. Yöntemlerin başarısı, metrikler.pptx sunumunda belirtilen PSNR , SSIM ve RMSE metrikleri kullanılarak nicel olarak değerlendirilmiştir.

Elde edilen sonuçlar, en uygun filtre seçiminin yalnızca gürültü tipine değil, aynı zamanda görüntünün yapısal özelliklerine de bağlı olduğunu net bir şekilde göstermiştir. **Median Filtresi**'nin, her iki veri setinde de "Tuz-Biber" gürültüsünü gidermede (özellikle 0.968 SSIM ile hücrel dokuda) en üstün yöntem olduğu sayısal olarak kanıtlanmıştır.

Bununla birlikte, "Gaussian Gürültü" senaryosunda, **Gaussian Filtresi**'nin lifli dokuda en iyi sonucu verirken (0.794 SSIM), hassas hücrel dokuda aşırı bulanıklaşmaya yol açarak (0.345 SSIM) yapısal bütünlüğü bozduğu ve Median filtrenin gerisinde kaldığı tespit edilmiştir.

7. Kaynakça

[1] N. D. (nazli-d), "filters.py," *GitHub Repository*, 2021. [Çevrimiçi]. Available: <https://github.com/nazli-d/filters-and-noise/blob/main/filters.py>.

[2] S. M. (sonianmt), "NuSec and MiDeSec (Dataset)," *Kaggle*, 2024. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.kaggle.com/datasets/sonianmt/nusec-and-midesecc>.

[3] R. Samet, E. Hançer, N. Nematı, B. A. Kırmızı, ve S. Sak, "Histopatolojik Görüntülerde Doğru Mitoz Tespiti için Geliştirilmiş Renk Normalleştirme Yöntemi," *2024 9th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)*, 2024, DOI: 10.1109/UBMK63289.2024.10773481. (Bu, vize yönergenizde format açısından örnek aldığınız, sizin gönderdiğiniz örnek rapordur.)