



## Beyin MR Görüntülerinin İyileştirilmesi için Kuadratik Görüntü Filtre Tasarımı

Süleyman UZUN <sup>1\*</sup>, Emre DANDIL<sup>1</sup>, Esin KARAGÖZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Bilecik, Türkiye

<sup>2</sup> Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği, Bilecik, Türkiye

### Özet

Doğrusal olmayan filtreler sınıfına ait Volterra filtrelerinin bir alt sınıfı olan Kuadratik görüntü filtreleri, doğrusal olmayan karakteristiklere sahip görüntülerin işlenmesinde doğrusal filtrelere göre daha iyi sonuç üretirler. Bu çalışmada, Kuadratik görüntü filtreleri kullanılarak beyin MR görüntülerin iyileştirilmesi için bir filtre tasarlanmıştır. Çalışmada kullanılan Kuadratik görüntü filtrelerinin maske ağırlıkları farklı eğitim görüntüleri üzerinde Genetik Algoritmalar ile eğitilerek belirlenmiştir. Hesaplanan ağırlıklar kullanılarak beyin MR görüntüleri filtrelenerek iyileştirilen görüntüler elde edilmiştir. Tasarlanan filtrenin başarısını ölçmek için aynı görüntüler medyan filtre ile filtrelenerek görüntü kaliteleri bir birleri ile karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışmalarda elde edilen sonuçlara göre, önerilen filtrenin görüntülerdeki tümörlü bölgelerin tespiti ve bu bölgelerinin kenarlarının daha iyi korunduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Kuadratik görüntü filtreleri, MR görüntüleri, beyin tümörleri, genetik algoritmalar, görüntü iyileştirme

### Makale Bilgisi

Başvuru:  
30/10/2019  
Kabul:  
13/12/2019

## Quadratic Image Filter Design for Improving Brain MRI Images

### Abstract

Quadratic image filters, a subclass of Volterra filters belonging to the class of non-linear filters, produce better results than linear filters in the processing of images with non-linear characteristics. In this study, a filter was designed to improve brain MR images using quadratic image filters. The mask weights of the quadratic image filters used in the study were determined by training with Genetic Algorithms on different training images. The brain MR images were filtered using the computed weights to obtain improved images. In order to measure the success of the designed filter, the same images were filtered with a median filter and the image quality was compared with each other. According to the results obtained in the experimental studies, it was seen that the suggested filter was detected and the edges of these regions were better protected.

**Keywords:** Quadratic image filter, MR images, remove noise, brain tumors, genetic algorithms, image improvement

\* İletişim e-posta: [suleyman.uzun@bilecik.edu.tr](mailto:suleyman.uzun@bilecik.edu.tr)

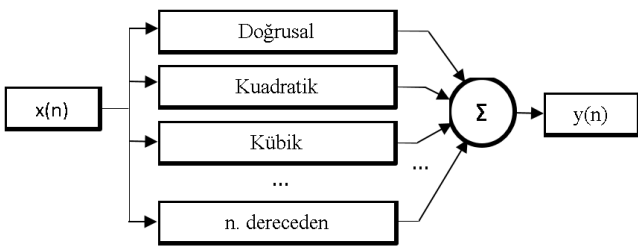
\*\* Bu çalışmanın bir kısmı ICONDATA 2019 konferansında sözlü olarak sunulmuştur.

## 1 Giriş

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) insan vücudundaki doku ve organlar için detaylı görüntüler sağlayabilmektedir. MRG taramalarının görsel kalitesi kazanım esnasında, oluşan gürültü nedeniyle büyük ölçüde azalabilmektedir [1]. Bu nedenle, MR görüntülerinde oluşan giderilmesi ve azaltılması beyin gibi önemli organlardaki tümör gibi kitlelerin sınırlarının tam olarak belirlenmesi için önemli bir ön-işleme prosedürü olarak karşımıza çıkmaktadır.

MR görüntüleri üzerindeki gürültüleri gidermek için literatürde özellikle, filtreleme, dönüşüm tabanlı metotlar ve istatistiksel yöntemler bulunmaktadır [2]. MR görüntülerindeki gürültüleri gidermek için kullanılan filtreleme yöntemleri doğrusal ve doğrusal olmayan filtreleme yöntemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğrusal olmayan filtrelerde ise yaygın olarak kullanılan ve gürültüleri azaltmada oldukça başarılı olan filtrelerden birisi de Kuadratik filtrelerdir.

Doğrusal sistem teorisi oldukça iyi sonuçlar vermesi ve kullanım kolaylığı sağlamasına rağmen uygulamada birçok alanda kullanılan sistemler doğrusal değildir [3], [4]. Kuadratik görüntü filtreleri, Volterra tip doğrusal olmayan filtreler sınıfının en bilineni ve matematiksel yönü çok güçlü olan filtreler olarak bilinir [5], [6]. Volterra serileri Şekil 1'de gösterilen sistem modelindeki gibi açıldıkça farklı isimler almaktadır. Birinci dereceden açılmış hallerine doğrusal filtreler, ikinci dereceden açılmış hallerine Kuadratik, üçüncü dereceden açılmış hallerine ise Kübik, vb.



Şekil 1. Volterra sistem modeli[7]

Kuadratik görüntü filtrelerin en önemli kullanım alanlarından biri gürültü temizleme işlemleridir. Bu işlemleri gerçekleştirirken görüntüdeki kenarları ve detayları koruyarak gürültü yumuşatma işlemlerinde kullanılmaktadır [8], [9]. Doğrusal görüntü filtreler ise gürültüyü azaltırken bulanıklık

etkisi oluşturdukları için alternatif olarak doğrusal olmayan görüntü filtreleri tercih edilmektedir.

## 2 Filtreleme Yöntemleri

Bu çalışmada, katsayıları Genetik Algoritmalar (GA -Genetic Algorithm) ile en uygun katsayıları belirlenmiş Kuadratik görüntü filtreleri kullanılarak beyin MR görüntülerin iyileştirilmesi için bir gürültü azaltıcı filtre tasarlanmıştır. Tasarlanan filtrenin performansını ölçmek için medyan filtre kullanılmıştır.

### 2.1 Kuadratik Görüntü Filtreleri

Volterra filtreleri ayrık doğrusal olmayan sistemlerdir [7]. Volterra filtrelerinin en genel formu Denklem (1)'de gösterilmiştir[4], [10].

$$y(k) = w_0 + \sum_{n=1}^{\infty} w_n [x(k)] \quad (1)$$

Denklem (1)'de gösterilen  $y(k)$  çıkışı,  $w_0$  ofset değerini  $w_n$  Volterra filtrelerinin  $n^{th}$  denklemin açılacağı dereceyi ve  $x(k)$  ise girişi temsil etmektedir. Kuadratik görüntü filtreleri Denklem (1)'in ikinci dereceye kadar açılmış hallerinden oluşan filtrelerdir [6]. Denklem (1)'in ikinci dereceye kadar açılmış hali ise Denklem (2)'de gösterilmektedir [4], [10].

$$y(k, l) = \sum_{i=0}^{N \times N} W_1(i) X_{k,l}(i) + \sum_{i=0}^{N \times N} \sum_{j=i}^{N \times N} W_2(i, j) X_{k,l}^1(i) X_{k,l}^1(j) \quad (2)$$

Kuadratik görüntü filtrelerinin matematiksel denklemleri Denklem (2)'de gösterilmiştir. Bu tip bir görüntü filtresi çok güçlü matematiksel denkleme sahiptir [5], [6], [11], [12]. Denklem (2)'de görüldüğü gibi  $3 \times 3$ 'lük filtre boyutu için Kuadratik görüntü filtrelerinde kullanılan filtre ağırlığı toplam 54 adet olmaktadır. Yapılan bu çalışmada filtre ağırlıkları GA ile eğitilerek belirlenmiştir.

### 2.2 Medyan filtreler

Medyan filtreler genel olarak görüntü üzerindeki gürültüyü azaltmak amacıyla kullanılır [13]. Komşu piksellerin değerleri bir vektör içerisinde sıralanıp

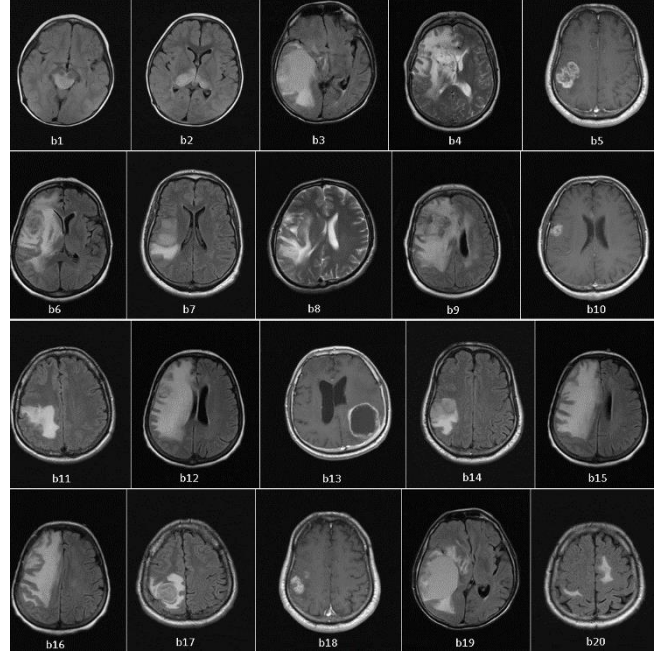
ortadaki piksel değerinin kullanıldığı tip filtrelerdir [14]. Yapılan çalışmada medyan filtre sonucunda elde edilmiş görüntüler Şekil 3’de gösterilmektedir. Medyan filtrenin genel gösterimi Denklem (3)’de gösterilmektedir [15].

$$MF(X_1 \cdots X_N) = \text{median}(\Pi_{X_1} \Pi_2 \cdots \Pi_{X_N} \Pi_2) \quad (3)$$

### 3 Deneysel Sonuçlar ve Tartışmalar

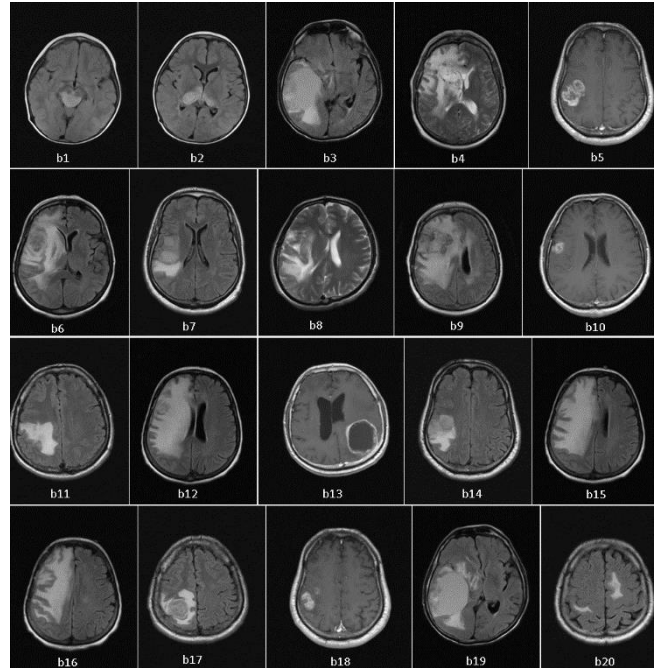
Deneysel çalışmalar, intel® Coer™ i7-3770 CPU, 3.40 GHz çift çekirdek, 16GB Ram, hesaplama kapasitesi 5.2 olan 2048 CUDA çekirdekli NVidia GeForce™ GTX980 ekran kartı ve Windows 10 pro 64-bit işletim sistemine sahip masaüstü bilgisayar üzerinde çalıştırılarak elde edilmiştir. Deneysel çalışmalarda, Şekil 2’de gösterilen ve Sincan Nafiz Körez Devlet Hastanesindeki MR tarayıcılarından alınmış olan referans görüntüler kullanılmıştır. Elde edilen tüm sonuçlar, her bir referans MR görüntüsü 30 kez çalıştırılmış ve ortalaması alınarak elde edilmiştir.

Çalışmada, Ortalama Mutlak Hata (MAE -Mean Absolute Error ) ve Ortalama Karesel Hata (MSE - Mean Squared Error ) görüntü ölçüm metrikleri kullanılmıştır. MSE, görüntü değerlerinin merkezine göre görüntü piksel değerlerinin ortalaması ve iki görüntü arasındaki hatanın karelerinin toplamının ortalaması alınarak hatayı ölçer [16]. Düşük MAE ve MSE değerleri yüksek görüntü kalitesini göstermektedir [16]. Kuadratik görüntü filtrelerinin filtre ağırlıkları GA kullanılarak belirlenmiştir. GA parametreleri, mutasyon 0.05 ve çaprazlama oranı 0.3, popülasyon adedi 1000, tekrarlama (iteration) sayısı 200 olarak belirlenmiş olup durdurma kriteri olarak maksimum tekrarlama sayısı kullanılmıştır. Görüntü metrikleri filtrelenmiş görüntü ile referans görüntülerin gri seviyeleri ile karşılaştırılarak elde edilmiştir [17]. Filtrenin başarımını karşılaştırmak için aynı görüntüler medyan filtre ile filtrelenmiştir.



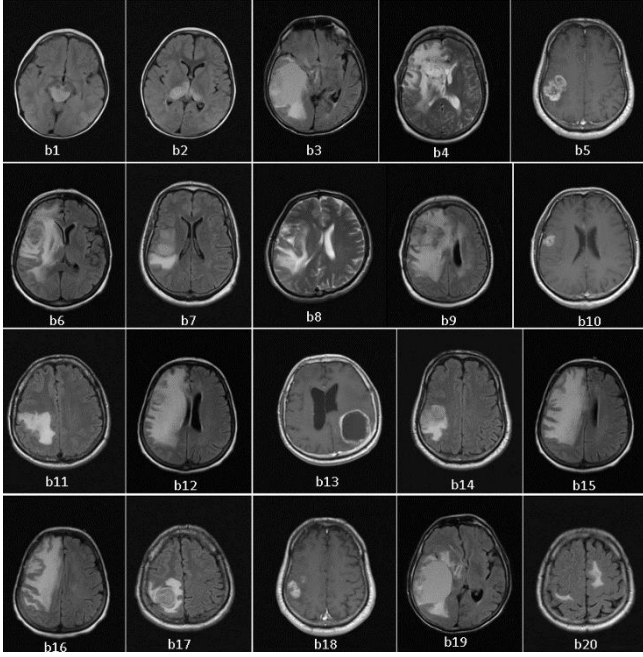
Şekil 2. Çalışmada kullanılan referans beyin MR görüntüleri

Şekil 2’de gösterilen referans görüntüler Medya filtre ile filtrelenerek elde edilen filtrelenmiş görüntüler ise Şekil 3’de gösterilmektedir.



Şekil 3. Medyan filtre ile filtrelenmiş beyin MR görüntüleri

Kuadratik görüntü filtreleri ile filtrelenerek elde edilen filtrelenmiş görüntüler Şekil 4’de gösterilmektedir.



Şekil 4. Kuadratik görüntü filtresi ile filtrelenmiş beyin MR görüntüleri

Kuadratik görüntü filtreleri ile elde edilen MAE ve MSE değerleri Tablo 1'de gösterilmektedir. Tablo değerlerinde hem MAE hem de MSE değerlerinin düşük olması görüntünün daha iyi filtrelendiğini göstermektedir.

Tablo 1. Deneysel sonuçlarda elde edilen MAE ve MSE değerleri

Görüntüler	Medyan Filtre		Kuadratik Filtre	
	MAE	MSE	MAE	MSE
b1	0.65	2.99	0.78	0.82
b2	0.79	3.92	0.69	0.76
b3	0.80	3.19	0.42	0.51
b4	1.17	7.98	0.78	0.86
b5	0.91	3.32	0.44	0.48
b6	0.74	2.60	0.37	0.41
b7	0.97	4.09	0.43	0.49
b8	1.27	11.84	0.33	0.40
b9	0.60	1.85	0.34	0.36
b10	0.55	2.05	0.27	0.31
b11	0.74	2.65	0.35	0.38
b12	0.57	1.73	0.75	0.81
b13	0.51	1.93	0.80	0.89
b14	0.55	1.77	0.76	0.79
b15	0.52	1.45	0.74	0.78
b16	0.57	1.52	0.34	0.36
b17	0.79	2.83	0.37	0.40
b18	0.52	1.58	0.70	0.73
b19	0.76	3.11	0.71	0.80

b20	0.81	2.62	0.40	0.43
-----	------	------	------	------

Hem medyan hem de Kuadratik görüntü filtresi ile filtrelenmiş görüntülerin MAE değerlerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. MSE değerleri karşılaştırıldığında ise Kuadratik görüntü filtrelerin daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Tablo genel olarak değerlendirildiğinde Kuadratik görüntü filtrelerin medyan filtre göre MSE değeri olarak %25 daha fazla iyileştirildiği görülmektedir. Bunun sebebi ise içerisinde hem alçak geçiren hem yüksek geçiren filtreyi bir arada bulunduran Kuadratik görüntü filtreleri görüntü üzerindeki kenarları korumadaki başarısındanadır.

#### 4 Sonuçlar

Sunulan çalışmada, beyin MR görüntülerinin iyileştirilmesi için yeni Kuadratik bir filtre tasarımı gerçekleştirilmiştir. Kuadratik görüntü filtrelerinin filtre ağırlıkları GA ile eğitilerek elde edilmiştir. Elde edilen sonuçları karşılaştırmak amacıyla literatürde sıklıkla kullanılan medyan filtre ile referans görüntüler filtrelenmiştir. Elde edilen sonuçlarda MAE değerlerinin her iki filtre için de birbirlerine oldukça yakın oldukları gözlemlenmiştir. MSE değerleri karşılaştırıldığında ise Kuadratik görüntü filtreleri ile filtrelenen görüntülerin medyan filtreye göre daha iyi olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışma ile Kuadratik görüntü filtrelerin filtreleme işlemini gerçekleştirirken MR görüntülerinin kenarlarını da koruduğu gözlemlenmiştir.

#### Teşekkür

Yapılan bu çalışma Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAPK) tarafından Proje Numarası: 2019-01.BŞEÜ.03-06 ile desteklenmiştir. Çalışmanın yazarları BŞEÜ BAPK'ya desteklerinden ötürü teşekkür etmektedir.

#### Kaynaklar

- [1] C. Anand, J. S.-M. R. Imaging, and undefined 2010, "Wavelet domain non-linear filtering for MRI denoising," *Elsevier*.
- [2] J. Mohan, V. Krishnaveni, Y. G.-B. signal processing and control, and undefined 2014, "A survey on the magnetic resonance image denoising methods," *Elsevier*.
- [3] V. S. Hari, R. V. P. P. Jagathy, and R. Gopikakumari, "Enhancement of calcifications in mammograms using Volterra series based quadratic filter," in *Proceedings - 2012 International Conference on Data Science and Engineering, ICDSE 2012, 2012*, pp. 85-89.

- [4] S. Uzun and D. Akgun, "A Literature Review on Quadratic Image Filters," in *2018 2nd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)*, 2018, pp. 1-5.
- [5] R. J. P. deFigueiredo and S. Matz, "Exponential nonlinear Volterra filters for contrast sharpening in noisy images," in *1996 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing Conference Proceedings*, vol. 4, pp. 2263-2266, 1996.
- [6] T. Jinshan, E. Peli, and S. Acton, "Image enhancement using a contrast measure in the compressed domain," *Signal Process. Lett. IEEE*, vol. 10, no. 10, pp. 289-292, 2003.
- [7] M. B. Meenavathi and K. Rajesh, "Volterra Filtering Techniques for Removal of Gaussian and Mixed Gaussian-Impulse Noise," *Int. J. Electr. Robot.*, vol. 1, no. 2, pp. 1-7, 2007.
- [8] G. Ramponi, "Edge extraction by a class of second-order nonlinear filters," *Electron. Lett.*, vol. 9, no. 22, pp. 482-484, 1986.
- [9] G. F. Ramponi, G. L. Sicuranza, and W. Ukovich, "A computational method for the design of 2-D nonlinear Volterra filters," *IEEE Trans. Circuits Syst.*, vol. 35, no. 9, pp. 1095-1102, 1988.
- [10] S. Uzun and D. Akgün, "An Accelerated Method for Determining the Weights of Quadratic Image Filters," *IEEE Access*, vol. 6, 2018.
- [11] M. Kanamadi, V. Waghmode, and S. Bandekar, "Alpha Weighted Quadratic Filter Based Enhancement for Mammogram," in *Proceedings of International conference on "Emerging Research in Computing, Information, Communication and Applications" (ERCICA)*, pp. 68-74, 2013.
- [12] S. Uzun and D. Akgün, "Accelerated method for the optimization of quadratic image filter," *J. Electron. Imaging*, vol. 28, no. 03, p. 1, Jun. 2019.
- [13] F. Ritter *et al.*, "Medical Image Analysis: A Visual Approach," in *IEEE Pulse*, vol. 2, no. 6, Cambridge: Cambridge University Press, 2009, pp. 60-70.
- [14] V. Göreke, E. Uzunhisarcıklı, A. G.-T. T. Ulusal, and undefined 2014, "Gri Seviyeli Eşoluşum Matrisleri Kullanılarak Sayısal Mamogram Görüntüsünden Doku Özniteliklerinin Çıkarılması ve Yapay Sinir Ağı ile Kitle Tespiti," *biyoklinikder.org*.
- [15] S. Kannan, N. S.- Image, and undefined 2016, "Performance comparison of noise reduction in mammogram images," *pdfs.semanticscholar.org*.
- [16] S. Kavitha and K. K. Thyagarajan, "A Survey on Quantitative Metrics for Assessing the Quality of Fused Medical Images," *Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol.*, vol. 12, no. 3, pp. 282-293, Feb. 2016.
- [17] V. Bhateja, M. Misra, S. U.-F. G. C. Systems, and undefined 2018, "Unsharp masking approaches for HVS based enhancement of mammographic masses: A comparative evaluation," *Elsevier*.