



Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Araştırma Makalesi

Gradyan Anahtarlama Gauss Görüntü Filtresi

Ali DEĞİRMENCİ ^{a,*}, İlyas ÇANKAYA ^a, Recep DEMİRCİ ^b

^a *Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE*

^b *Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE*

* Sorumlu yazarın e-posta adresi: adegirmenci@ybu.edu.tr

ÖZET

Gürültü görüntü işleme tekniklerinin başarısını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Görüntü işleme tekniklerinin başarısını artırabilmek için gürültünün azaltılması gerekmektedir. Gürültüyü azaltabilmek için görüntülere filtreleme işlemi uygulanmaktadır. Sunulan bu çalışmada, görüntülerdeki karışık gürültüyü giderebilmek için filtre tasarımı yapılmıştır. Görüntüye ilk olarak uyarlamalı medyan filtresi uygulanmış ve görüntüde tespit edilen tuz ve biber gürültüsünün giderilmesi amaçlanmıştır. Tuz ve biber gürültüsü bulunmayan piksellere ise anahtarlama Gauss filtresi uygulanmıştır. Tasarlanan anahtarlama filtrede Gauss filtresine ait parametre kullanıcı müdahalesi olmadan otomatik olarak belirlenmiştir. Parametrenin belirlenmesinde görüntünün gradyan bilgisi ve eşik değeri bilgisinden yararlanılmıştır. Bu amaca yönelik olarak da MATLAB Grafik Kullanıcı Arayüzü (GKA) tasarlanmıştır. GKA yardımıyla tasarlanan filtrenin uygulama sonuçları Kameraman ve Lena görüntüleri üzerinde sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Gürültü, Gauss filtresi, Uyarlamalı medyan filtre, Görüntü işleme, MATLAB GKA*

Gradient Switched Gaussian Image Filter

ABSTRACT

Noise is one of the most important factor that affects the success of image processing techniques. Reduction of the noise is needed to improve the success of image processing techniques. Filters are applied to the images to reduce the noise. In this study, a filter was designed to reduce the mixed noise on the image. Initially, adaptive median filter was applied to the image and reduction of the detected salt and pepper noise was aimed. Switching Gaussian filter was applied to the pixels which did not have salt and pepper noise. In the designed switching filter, parameter of the Gauss filter is determined automatically without user intervention. The gradient information and the threshold value information were used for determining the parameter. For this purpose, a Graphical User Interface (GUI) was designed with MATLAB. The application results of the designed filter were presented on the Kameraman and Lena images with the help of GUI.

I. GİRİŞ

Gürültü genellikle görüntünün elde edilmesi ve transferi sırasında meydana gelmektedir ve birçok türü bulunmaktadır. Ayrıca, gürültü elde edilen görüntünün kalitesinin düşmesine ve görüntü sinyalinde bozulmalara sebep olmaktadır. Dolayısıyla daha sonra yapılacak olan görüntü işleme ve analizi uygulamalarında metotların başarısının düşmesine yol açmaktadır. Bu sebeple gürültünün azaltılması büyük önem taşımaktadır. Gürültü giderimini yapabilmek için görüntülere filtreleme işlemi uygulanmaktadır. Filtreleme işlemi gürültünün azaltılmasının yanı sıra görüntüdeki kenar algılama, görüntü yumuşatma, keskinleştirme ve iyileştirme işlemlerinde de kullanılmaktadır. Kullanılan filtrelerin birçok farklı türleri bulunmaktadır. Filtreleme işlemleri frekans düzleminde ve uzaysal düzlemde yapılabilmektedir. Uzaysal düzlemde bulunan görüntü filtreleme metotları frekans düzlemindeki filtreleme metotlarıyla karşılaştırıldığında uygulanması daha kolay ve daha hızlı çalışma kapasitesine sahiptir. Piksellerin yoğunluk değerleri ve komşu piksellerle olan ilişkisi uzaysal düzlem filtrelerinde hesaba katılmaktadır. Uzaysal düzlem filtreleme işlemi yapılırken görüntüdeki bütün piksellere belirlenen filtre maskesi ayrı ayrı uygulanmaktadır. Bu süreç, gürültülü olan piksellerdeki gürültünün azaltılmasını sağlamakla birlikte, gürültülü olmayan piksellerin yoğunluk değerlerinin değişmesine yani bilgi kaybına neden olmaktadır. Dolayısıyla aynı filtre maskesinin tüm görüntüye uygulanması seçilen filtre türüne ve filtre maskesinin boyutlarına bağlı olarak kenar piksellerinde bulanıklaşmaya veya gürültünün etkin bir şekilde azaltılamamasına neden olmaktadır. Örneğin ortalama filtre kullanıldığında gürültü etkin bir şekilde azaltılırken, görüntüdeki kenar piksellerinin bulanıklaşmasına yol açmaktadır. Ayrıca filtre maskesinin boyutu arttırıldığında daha fazla sayıda pikselin yoğunluk değeri hesaba katıldığından görüntüdeki kenarların bulanıklaşma miktarının da artmasına sebep olmaktadır. Kenarların bulanıklaşması görüntüdeki kenar piksellerinde bulunan önemli bilgilerin elde edilememesine yol açmaktadır. Böylece görüntüdeki bulanıklaşma özellikle kenar algılama, görüntü keskinleştirme ve görüntüden özellik çıkarma metotlarının başarısını düşürmektedir. Buna karşılık uyarlamalı filtreler kullanıldığında sabit bir filtre maskesinin tüm görüntüye uygulanmasının yerine, farklı filtre metotlarının görüntüye uygulanmasına olanak sağladığı için gürültü azaltımını daha iyi yapabilmektedirler [1,2].

Uyarlamalı filtreler görüntü ve gürültü karakteristiklerine bağlı olarak değişebilen bir yapıya sahip oldukları için standart filtrelere göre daha iyi sonuç vermektedirler. Bu konu ile alakalı literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin Yan ve arkadaşları [3] görüntülerdeki Gauss gürültüsünü azaltmada özdeğer bilgisi ve bu değerden elde edilen histogramdaki bilgiyi kullanarak kendinden uyarlamalı görüntü yumuşatma filtresi tasarlamışlardır. Özdeğer büyüklüğünü hesaplamak için belirli kriterler dahilinde elde edilen gürültüsüz ve gürültülü görüntülerdeki bilgiler kullanılmıştır. Özdeğeri büyük olan pikseller için varyansı küçük olan, özdeğeri küçük olan pikseller için ise varyansı büyük olan Gauss maskesi kullanılmıştır. Bir başka çalışmada ise, Nguyen ve arkadaşları [4] Gauss gürültüsü ile bozulmuş görüntüler için gürültü tahmini ve gürültü giderimi olmak üzere iki aşamadan oluşan algoritma tasarlamışlardır. Yerel ağırlıklı ortalama, ağırlıklı varyans ve maksimum gibi yerel istatistiksel bilgilere

dayanarak gürültünün varlığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Gürültü tespit edilen piksellere yerel istatistikler kullanılarak modifiye edilen uyarlamalı Gauss filtresi ile gürültü azaltılmıştır. Aynı gürültü türündeki farklı bir çalışma ise Çelik ve arkadaşları [5] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada görüntünün yerel özelliklerine bağlı olarak varyans değerini kullanıcıdan bağımsız olarak hesaplayan uyarlamalı Gauss görüntü filtresi tasarlanmıştır. Görüntünün homojenlik haritası, gradyan büyüklüğü hesaplanan görüntünün tümleyeni alındıktan sonra gri seviyeye dönüştürülmesiyle elde edilmiştir. Homojen bölgeler yani beyaz renkle gösterilen bölgelerde daha az gürültü olduğu için varyans değeri maksimuma yakın, homojen olmayan bölgelerde ise varyans değeri minimuma yakın olan değerler seçilmiştir.

Görüntüdeki impuls gürültünün giderimi için farklı filtreler geliştirilmiştir. Manyetik rezonans görüntülerindeki tuz ve biber gürültüsünün giderimi için Toprak ve Güler [6] anahtar modlu bulanık mantık uyarlamalı medyan filtresi tasarlamışlardır. Gürültünün bir bölümü uyarlamalı medyan filtresi ile bastırılmış ve kalan kısmı ise bulanık mantık modeli kullanılarak giderilmiştir. Farklı bir çalışmada, Zhang ve Xiong [7] işlenen pikselin komşu piksellerle dört yöndeki farkların mutlak değerlerinin ortalamasını almışlar ve önceden belirlenen eşik değeri yardımıyla gürültülü ve gürültüsüz pikselleri belirlemişlerdir. Farkların gürültülü olan piksellerde yüksek değere, düz bölgelerde ise düşük değere sahip olması beklenilmiştir. Ayrıca, kenar bölgelerinde farkların en az bir tanesi küçük değere sahip olacağından kenar pikselleri ile gürültülü pikseller ayırt edilmiştir. Filtre penceresinde kalan gürültüsüz piksellerin ağırlıklı ortalamasının alınmasıyla, filtrelenmiş değer hesaplanılmıştır. İmpuls gürültü ile bozulmuş görüntüye Akkoul ve arkadaşları [8] gürültüyü gidermek için uyarlamalı anahtarlamalı medyan filtresi tasarlamışlardır. Ağırlıklı istatistikler kullanılarak yerel eşik değeri hesaplanılmıştır. Yerel eşik değerinden büyük olan piksellere medyan filtre uygulanmış, diğer pikseller olduğu gibi kullanılarak filtrelenmiş görüntü elde edilmiştir. Kinect ile elde edilen derinlik görüntülerindeki tuz ve biber gürültüsünün giderimi için Ha ve arkadaşları [9] filtre tasarımı yapmışlardır. Filtrelemede maksimum filtre boyutunda bulunan geçerli pikseller belirlenilmiş ve bu piksellerin koordinatları kaydedilmiştir. Geçerli piksellerle merkezdeki pikselin arasındaki mesafe yardımıyla en iyi filtre boyutu belirlenilmiştir. Belirlenen filtre penceresindeki geçerli pikseller sıralandıktan sonra medyan değeri bulunarak filtrelenmiş pikselin değeri elde edilmiştir.

Görüntülerde tek tipte gürültü bulunduğu gibi gürültüler karışık olarak da bulunmaktadır. Gauss, tuz ve biber gürültüsünü gidermek için Li ve arkadaşları [10] görüntüdeki karışık gürültüyü filtrelemede işlenecek pikseldeki gürültü karakteristiğine göre ortalama filtre veya medyan filtre olarak davranan uyarlamalı filtre tasarımı yapmışlardır. İlk olarak, işlenen piksel ve komşu pikseller kullanılarak gürültü tipi belirlenmiştir. Gürültü tipi tuz ve biber gürültüsü ise medyan filtre kullanılarak temizlenmiştir. Eğer tuz ve biber gürültüsü yoksa işlenecek piksel, uygun şartlara sahip komşu piksellerin değerleri ile yumuşatılmıştır. Karışık gürültü giderimi için yapılan bir diğer çalışmada ise Ji ve arkadaşları [11] gürültü türünü tahmin edebilmek için farklı boyutlardaki filtre maskelerini kullanmışlardır. Küçük boyuttaki maske yardımı ile merkez pikselin etrafında gürültülü piksel olup olmadığı belirlenirken, büyük maske merkez pikselin komşuluğundaki ortalama yoğunluğu hesaplamak için kullanılmıştır. İşlenen pikselde bozulma yoksa işlem yapılmamıştır. Gürültü tespit edildiğinde öz uyarlamalı olarak eşik değerleri belirlenmiş ve eşik değerlerinden büyük ve küçük olan büyük maskedeki pikseller silinmiştir. Eşik değerleri silinen her pikselden sonra tekrardan hesaplanmıştır. Kalan piksellerin ortalaması alınarak pikselin filtrelenmiş değeri hesaplanmıştır.

Yukarıdaki çalışmalarda tasarlanan filtrelerin performanslarını değerlendirmek amacıyla ortalama karekök hatası (Mean Square Error - MSE), ortalama mutlak hata (Mean Absolute Error - MAE), sinyal gürültü oranı (Signal to Noise Ratio - SNR), tepe sinyal gürültü oranı (Peak Signal to Noise Ratio -

PSNR), evrensel görüntü kalitesi indeksi (Universal Image Quality Index - UIQI), yapısal benzerlik indeksi (Structural Similarity Index - SSIM) gibi performans değerlendirme kriterleri kullanılmıştır.

Bu çalışmada uyarlamalı medyan ve anahtarlama Gauss filtreleri kullanılarak gürültü giderimi gerçekleştirilmiştir. Öncelikle görüntüdeki tuz ve biber gürültüsünün giderilmesi amacıyla görüntüye uyarlamalı medyan filtresi uygulanmıştır. Daha sonra tuz ve biber gürültüsü tespit edilmeyen bölgelere bir başka deyişle uyarlamalı medyan filtre sonucunda işlem uygulanmayan piksellere anahtarlama Gauss filtresi uygulanmıştır. Anahtarlama filtredeki Gauss filtresine ait katsayılar işlenen piksele bağlı olarak değişmiştir. Böylece, tasarlanan filtrenin sadece bir gürültü türünde değil, aynı zamanda farklı gürültü türlerinde de başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Takip eden ikinci bölümde medyan ve Gauss filtreleri hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümde, görüntüde gradyan bilgisinin elde edilmesi ve homojenlik haritası üzerinde durulmuş ve görüntüler üzerindeki uygulamaları gösterilmiştir. Dördüncü bölümde, Otsu'nun eşik değer belirleme metodu ve çoklu eşik değer yöntemi hakkında bilgi verilmiştir. Beşinci bölümde, tasarlanan uyarlamalı ve anahtarlama filtre yapısı tanıtılmıştır. Altıncı bölümde, tasarlanan filtrenin yanı sıra diğer filtrelerin kullanımına olanak sağlayan grafiksel kullanıcı arayüzü tanıtılmış ve tasarlanan filtrenin gri seviyeli görüntüler üzerindeki sonuçları sunulmuştur. Son bölümde ise sonuç ve değerlendirmeler yapılmıştır.

II. GÖRÜNTÜ FİLTRELERİ

Görüntü filtreleme işleminin uygulanmasındaki amaç gürültüyü azaltmakla beraber görüntüdeki önemli bilgileri de korumaktır. Gürültü oluşumuna farklı etmenler sebep olduğundan çeşitli türlerde gürültüler bulunmaktadır. İyi bir görüntü filtreleme algoritmasının farklı türlerdeki gürültülere uygulandığında da başarılı sonuçlar vermesi beklenmektedir. Gürültülü bir görüntü,

$$f(i, j) = g(i, j) + n(i, j) \quad (1)$$

şeklinde tanımlanır. Burada $f(i, j)$ gürültülü görüntüye ait yoğunluk değerini, $n(i, j)$ gürültünün gri seviye değerini ve $g(i, j)$ ise gürültüsüz görüntüdeki pikselin yoğunluk değerini göstermektedir.

Görüntülerdeki gürültüyü azaltmak için birçok filtre metodu bulunmaktadır. Uzaysal düzlem görüntü filtreleri, doğrusal ve doğrusal olmayan olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Genellikle doğrusal olmayan metotlarda filtrelenmiş görüntü, filtre maskesinde bulunan piksellerin yoğunluk değerlerinin belirlenmesi sıra istatistiği metotları yardımıyla yapılmaktadır. Doğrusal metotlarda ise filtrelenme işlemi filtre maskesinin bütün piksellere ayrı ayrı uygulanmasıyla yapılmaktadır.

Analogdan dijitale çevirmedeki hatalar, kamera sensöründeki elemanların arızaları ve hatalı bellek yerleri gibi etmenlerden kaynaklanan tuz ve biber gürültüsüne, yani resimlerde siyah ve beyaz noktaların oluşmasına yol açmaktadır. Tuz ve biber gürültüsüne sahip olan pikseller komşuluklardaki piksellerle oldukça farklı yoğunluk değerlerine sahip olmaktadır. Bu gürültü türüne sahip pikseller, görüntüdeki maksimum veya minimum gri seviyeye yakın değerler almaktadırlar. Tuz gürültüsü beyaz renge yakın olup 8-bit ile gösterilen gri seviyeli görüntülerde maksimum yoğunluk değeri olan 255'e yakın değerlerde bulunmaktadır. Biber gürültüsü ise siyaha yakın olup 0'a yakın yoğunluk değerindedir.

Tuz ve biber gürültü türünde lineer filtre çeşitlerinden ortalama veya gauss filtresinin kullanılması gürültünün işlenen pikseldeki etkisini azaltmakla birlikte, gürültüsüz olan piksellere de dağılmasına sebep olacağından gürültüsüz piksellerdeki bilginin bozulmasına yol açmaktadır. Bu sebeple tuz ve biber gürültüsünü kaldırmada doğrusal filtreler tercih edilmeyip doğrusal olmayan filtreler kullanılmaktadır. Çünkü doğrusal olmayan filtrelerde uç değerler kolaylıkla giderilebilmektedir. Sadece tuz gürültüsü olan görüntülere minimum filtre, yani filtre penceresi içinde kalan bölgedeki piksellerin en küçük yoğunluk değerini işlenen piksele atayan filtre, iyi sonuç vermektedir. Maksimum filtre ise filtre maskesinde bulunan yoğunluk değerlerinden en büyük değeri işlenen piksele atadığı için biber gürültüsünü yok etmede başarılı sonuçlar vermektedir. Fakat maksimum filtre tuz gürültüsünde, minimum filtre ise biber gürültüsünde iyi sonuç vermemektedir. Buna karşılık medyan filtre tuz ve biber gürültüsünü azaltmada sıklıkla kullanılan doğrusal olmayan filtrelerden bir tanesidir. Medyan filtre,

$$y(i, j) = \text{median}\{x(m, n), (m, n) \in w\} \quad (2)$$

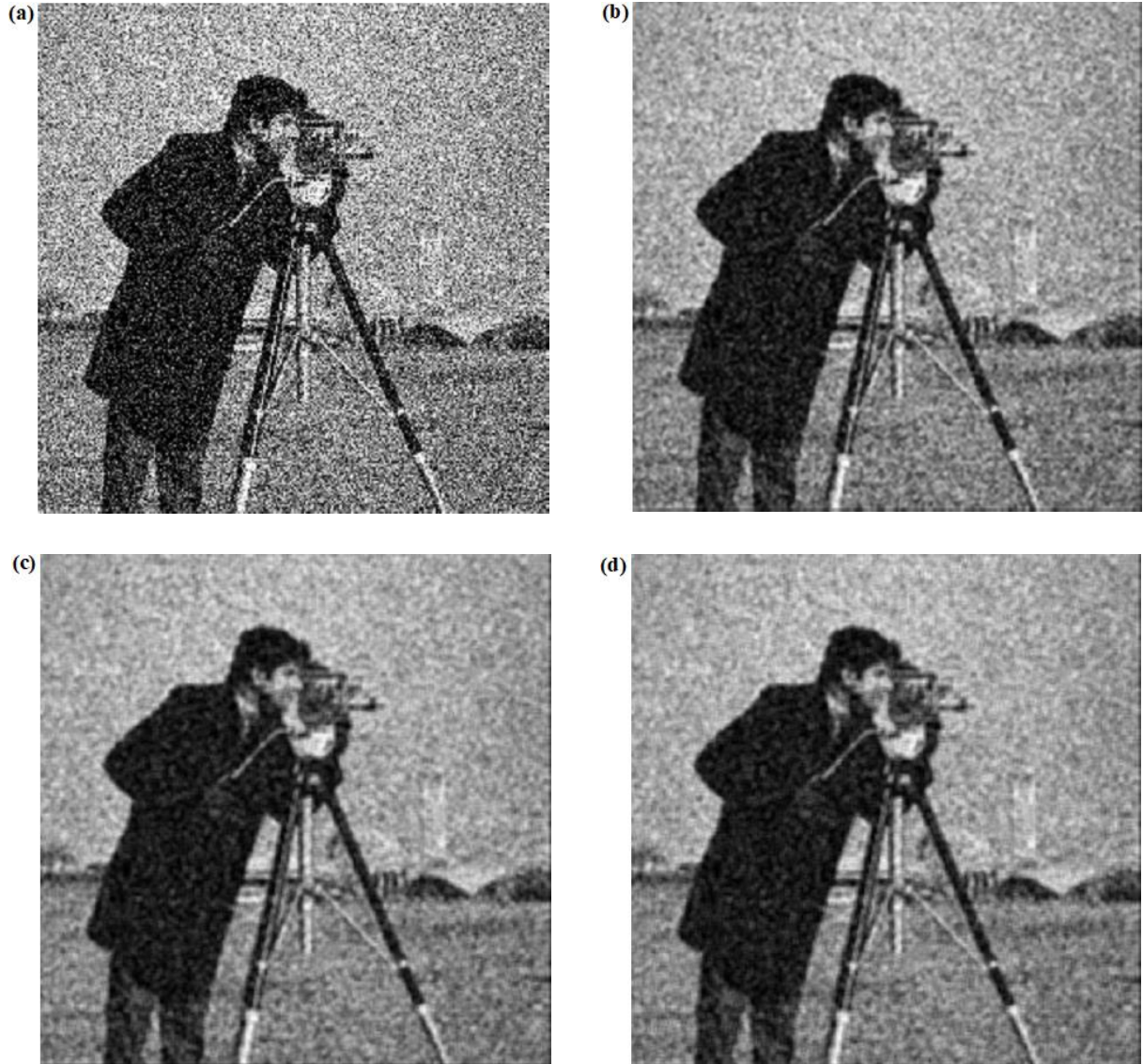
eşitliği kullanılarak ifade edilir. Burada w maske boyutuna bağlı olarak komşuluk piksellerini belirtmektedir ve maske boyutu kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir. Medyan filtrede işlenen pikselin komşuluğundaki piksellerin yoğunluk değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanıp ortanca değer işlenen pikselin yoğunluk değerini oluşturduğundan maksimum ve minimum değere yakın değerler başarılı bir şekilde giderilmektedir. Sıralamada maksimum ve minimuma yakın değerler yani gürültülü pikseller sıranın başında veya sonunda bulunacağından ve ortanca değer filtreleme sonucunu oluşturacağından, uç değerlere sahip yoğunluk değerleri yok edilmektedir. Böylece medyan filtre tuz ve biber gürültüsünü veya impuls gürültüyü ortadan kaldırmakta oldukça etkin olmaktadır. Medyan filtrenin bir diğer faydası ise filtreleme sonucunda gürültüyü azaltırken görüntüdeki detayların korunmasına olanak sağlamaktadır.

Genellikle görüntü yumuşatma işlemlerinde sıklıkla tercih edilen Gauss filtresi doğrusal filtre türlerinden bir tanesidir. Gauss filtre maskesi ayrılabilir olduğundan filtreleme uygulaması daha hızlı yapılabilmektedir. Gauss filtresinin çıktısı komşu piksellerin ağırlıklı ortalamaları alınarak elde edilmektedir. Gauss filtresindeki ağırlıkların dağılımı iki boyutlu Gauss fonksiyonu ile belirlenmektedir. İki boyutlu Gauss fonksiyonu,

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (3)$$

eşitliği ile ifade edilmektedir. Gauss filtre maskesindeki katsayılar merkez piksele olan uzaklığa ve standart sapma değerine bağlı olarak değişmektedir. Maske merkezine olan uzaklık arttıkça katsayılar Gauss fonksiyonuna bağlı olarak azalmaktadırlar. Bu nedenle merkez piksel ve merkez piksele yakın olan piksellerin filtrelenen pikselin yoğunluk değerinin belirlenmesindeki katkısı daha büyük olmaktadır. Gauss filtredeki katsayıları belirleyen bir diğer parametre olan standart sapma değeri kullanıcı tarafından belirlenmektedir. Seçilen standart sapma değeri küçük olduğunda Gauss eğrisi dik olmakta ve maskedeki merkez pikselin katsayısı diğerleriyle karşılaştırıldığında aradaki fark oldukça fazla çıkmaktadır. Komşu piksellerin filtrelenen pikselin değerini belirlemekteki etkisi az olacağından görüntüdeki bulanıklaşma miktarı azalmakta fakat gürültü giderimindeki başarısı da buna bağlı olarak azalmaktadır. Standart sapma değeri büyük seçildiğinde ise Gauss eğrisi basık bir dağılım göstermektedir ve Gauss filtre maskesine ait katsayıların birbirine oldukça yakın çıkmasına yol açmaktadır. Bu durumda gürültü azaltmadaki başarısı artsa da görüntüdeki bulanıklaşma miktarı ortalama filtrede olduğu gibi artmaktadır. Şekil 1 (a)'da kameraman görüntüsüne $\sigma^2 = 0.04$ Gauss

gürültüsü eklenmiş hali görülmektedir. Şekil 1 (b), (c) ve (d)'de artan σ değerlerindeki 3x3 boyutunda Gauss filtresinin sonuçları sunulmaktadır. Gauss filtresindeki σ değeri arttığında görüntüdeki bulanıklaşma miktarı artmaktadır.



Şekil 1. (a) $\sigma^2 = 0.04$ Gauss gürültüsü eklenmiş Kameraman görüntüsü, a'nın farklı σ değerlerinde Gauss filtresi uygulaması (b) $\sigma = 0.833$ (c) $\sigma = 1.666$ (d) $\sigma = 2.5$

Gauss filtre maskesinin görüntü ile konvolüsyonu yapılarak filtreleme işlemi gerçekleştirilmektedir. Konvolüsyon işlemi,

$$g = h \otimes f \quad (4)$$

eşitliği ile gösterilmektedir ve iki boyutlu görüntülerdeki uygulaması,

$$g[i, j] = \sum_{u=-k}^k \sum_{v=-k}^k h[u, v] \cdot f[i-u, j-v] \quad (5)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Burada h Gauss filtre maskesini, f filtrelenecek görüntüyü ve g filtrelenmiş görüntüyü göstermektedir.

III. GÖRÜNTÜ GRADYANI VE HOMOJENLİK HARİTASI

Görüntülerin yoğunluk değerindeki ani değişimler genellikle iki bölge arasındaki sınır bölgelerinde, gölgelerde ve gürültü olan piksellerde bulunmaktadır. Bölgeler arasındaki geçişler çoğunlukla nesnelerin kenarlarını belirtmektedir. Kenarlar önemli bilgiler içerdiğinden görüntü analizinde büyük önem taşımaktadır. Görüntüdeki kenarlar birinci ve ikinci türev yardımıyla bulunabilmektedir.

Görüntülerin gradyan bilgisi hesaplanılarak görüntüdeki yoğunluğun değişim miktarını ve değişimin yönü elde edilebilmektedir. Gradyan bilgisi pikseller arasındaki yoğunluk farklılıkları hesaplanılarak bulunmaktadır. Gradyan vektörü X ve Y yönlerindeki kısmi türevlerin birleşimiyle iki boyutlu vektör olarak,

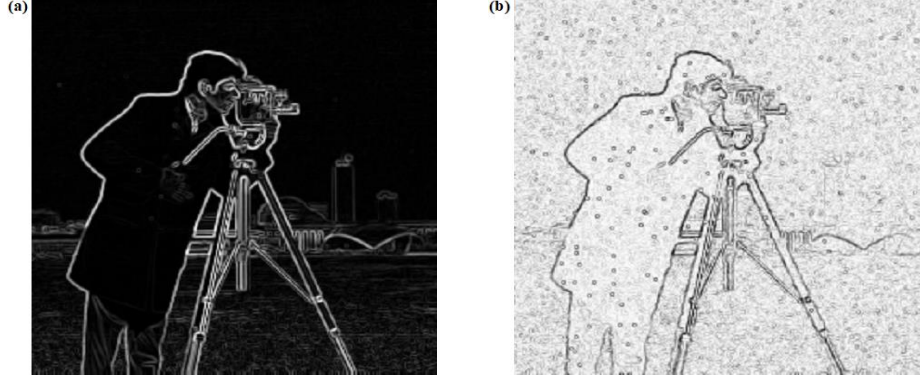
$$G[f(x, y)] = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \partial f / \partial x \\ \partial f / \partial y \end{bmatrix} \quad (6)$$

biçiminde tanımlanmaktadır. Burada X yönündeki kısmi türev yatay eksenindeki yoğunluk değişimlerini bulmaya ve Y yönündeki kısmi türev ise dikey eksenindeki yoğunluk değişimlerini bulmaya olanak sağlamaktadır. Gradyanın büyüklüğü,

$$G[f(x, y)] = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (7)$$

eşitliği ile hesaplanmakta ve değişimin miktarını vermektedir. Yoğunluğu değişmeyen bölgelerde gradyan büyüklüğü sıfıra yakın değerler almakta ve siyaha yakın renklerle gösterilmektedir. Yoğunluk değerindeki değişim miktarı arttıkça gradyan büyüklüğü daha büyük değerler almakta ve gri seviyeye çevrildiğinde beyaz renge yakın piksellerle temsil edilmektedir. Şekil 2 (a)'da Kameraman görüntüsünün Sobel operatörü kullanılarak elde edilen sonucu görülmektedir.

Homojenlik haritası, gradyanı bulunan görüntünün tümleyeninin alınıp gri seviyeli görüntüye dönüştürülmesiyle elde edilmektedir. Homojenlik haritasında homojen bölgeler beyaz renge yakın renklerde gösterilirken, homojenitenin düşük olduğu bölgeler yani kenarlar ve gürültülü bölgeler ise siyaha yakın renklerle gösterilmektedir [5]. Gauss ve tuz-biber gürültü eklenmiş Kameraman görüntüsünün homojenlik haritası Şekil 2 (b)'de gösterilmektedir.



Şekil 2. (a) Kameraman görüntüsünün gradyan büyüklüğü, (b) karışık gürültü eklenmiş Kameraman görüntüsünün homojenlik haritası

IV. ÇOK SEVİYELİ EŞİKLEME

Görüntüleri bölgelere ayırmak için kullanılan bölütleme metotlarından bir tanesi eşik değer yöntemidir. Eşik değer metodunda piksellerin yoğunluk değerlerine bakılarak piksellerin arka plana veya ön plana ait olduğuna karar verilmektedir; çünkü görüntülerdeki nesne ve arka plan piksellerinin yoğunluk değerleri birbirinden farklı olmaktadır. Bu nedenle uygun eşik değerinin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Seçilen eşik değeri nesne pikselinin arka plan pikseli olarak veya arka plana ait olan pikselin nesne pikseli olarak belirlenmesine yol açmaktadır.

Eşik değer metotlarındaki temel amaç nesne ve arka plan piksellerini en uygun biçimde ayırabilen eşik değerini bulmaktır. Eşik değeri manuel olarak deneme yanılma yöntemiyle bulunabilmektedir ve uygun eşik değerinin belirlenmesi zaman almaktadır. Eşik değerini otomatik olarak belirleyebilen metotlar da bulunmaktadır. Otomatik eşik değeri belirleyen metotlarda kümeleme, entropi, histogram ve nesne özneliği (object attribute) gibi bilgiler kullanılarak eşik değeri belirlenmektedir. Otsu'nun eşik değeri belirleme yöntemi kümeleme temelli eşik değeri belirleme metotlarından ve oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır [12,13]. Otsu'nun eşik değeri yönteminde sınıf içindeki varyans değerini minimum yapan yoğunluk değeri eşik değeri olarak belirlenmektedir. Ağırlıklı sınıf içi varyans değeri,

$$\sigma_w^2(t) = q_1(t)\sigma_1^2(t) + q_2(t)\sigma_2^2(t) \quad (8)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Burada σ_1^2 eşik değerinden küçük olan piksellerin varyans değerini, σ_2^2 eşik değerinden büyük olan sınıfa ait varyans değerini göstermektedir. Sınıflara ait olasılıklar,

$$q_1(t) = \sum_{i=1}^t P(i) \quad (9)$$

$$q_2(t) = \sum_{i=t+1}^I P(i) \quad (10)$$

ifadeleri ile hesaplanmaktadır. $P(i)$, i . yoğunluk seviyesinin görüntüdeki oluşma ihtimalini vermektedir. İki sınıfa ayrılan görüntüdeki sınıflara ait varyans değerleri,

$$\sigma_1^2(t) = \sum_{i=1}^t [i - \mu_1(t)]^2 \frac{P(i)}{q_1(t)} \quad (11)$$

$$\sigma_2^2(t) = \sum_{i=t+1}^I [i - \mu_2(t)]^2 \frac{P(i)}{q_2(t)} \quad (12)$$

ile hesaplanmaktadır. Burada, $\mu_1(t)$ ve $\mu_2(t)$ sınıflara ait ortalama yoğunluk değerlerini göstermektedir. Sınıfların ortalama yoğunluk değerleri,

$$\mu_1(t) = \sum_{i=1}^t \frac{iP(i)}{q_1(t)} \quad (13)$$

$$\mu_2(t) = \sum_{i=t+1}^I \frac{iP(i)}{q_2(t)} \quad (14)$$

eşitlikleri kullanılarak hesaplanmaktadır. Otsu'nun metodunda eşik değerini bulmak için bütün yoğunluk değerlerine ait sınıf içi varyans değeri hesaplanmaktadır. Sınıf içi varyans değeri minimum yapılarak aynı sınıfta bulunan pikseller arasındaki farklılıkların en aza indirgenmesi amaçlanmaktadır. Toplam varyans ağırlıklı sınıf içi varyans değeri ile sınıflar arası varyans değerlerinin toplamına eşit olmaktadır. Sınıf içi varyans değerini en küçük yapan eşik değeri seçilerek, sınıflar arası varyans değerinin maksimum olması sağlanmaktadır.

Uygulamalarda görüntülerin ikiden fazla kısma bölütlenmesi gerekebilmektedir. Bu amaçla Otsu'nun tekli eşik metodu da çoklu eşik bulmak için geliştirilebilmektedir [14]. Görüntüyü n sayıda kısma bölütlemek için,

$$\begin{aligned} q_1(t) &= \sum_{i=1}^{t_1} P(i), & \mu_1(t) &= \sum_{i=1}^{t_1} \frac{iP(i)}{q_1(t)} \\ q_2(t) &= \sum_{i=t_1+1}^{t_2} P(i), & \mu_2(t) &= \sum_{i=t_1+1}^{t_2} \frac{iP(i)}{q_2(t)} \end{aligned} \quad (15)$$

M

$$q_n(t) = \sum_{i=t_{n-1}+1}^I P(i), \quad \mu_n(t) = \sum_{i=t_{n-1}+1}^I \frac{iP(i)}{q_n(t)}$$

ifadeleri kullanılmaktadır. Sınıflara ait varyans değerleri ise,

$$\sigma_1^2(t) = \sum_{i=1}^{t_1} [i - \mu_1(t)]^2 \frac{P(i)}{q_1(t)}$$

$$\sigma_2^2(t) = \sum_{i=t_1+1}^{t_2} [i - \mu_2(t)]^2 \frac{P(i)}{q_2(t)}$$
(16)

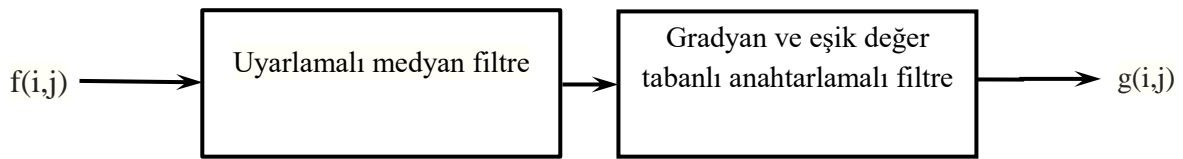
M

$$\sigma_n^2(t) = \sum_{i=t_{n-1}+1}^I [i - \mu_n(t)]^2 \frac{P(i)}{q_n(t)}$$

kullanılarak hesaplanmaktadır [14].

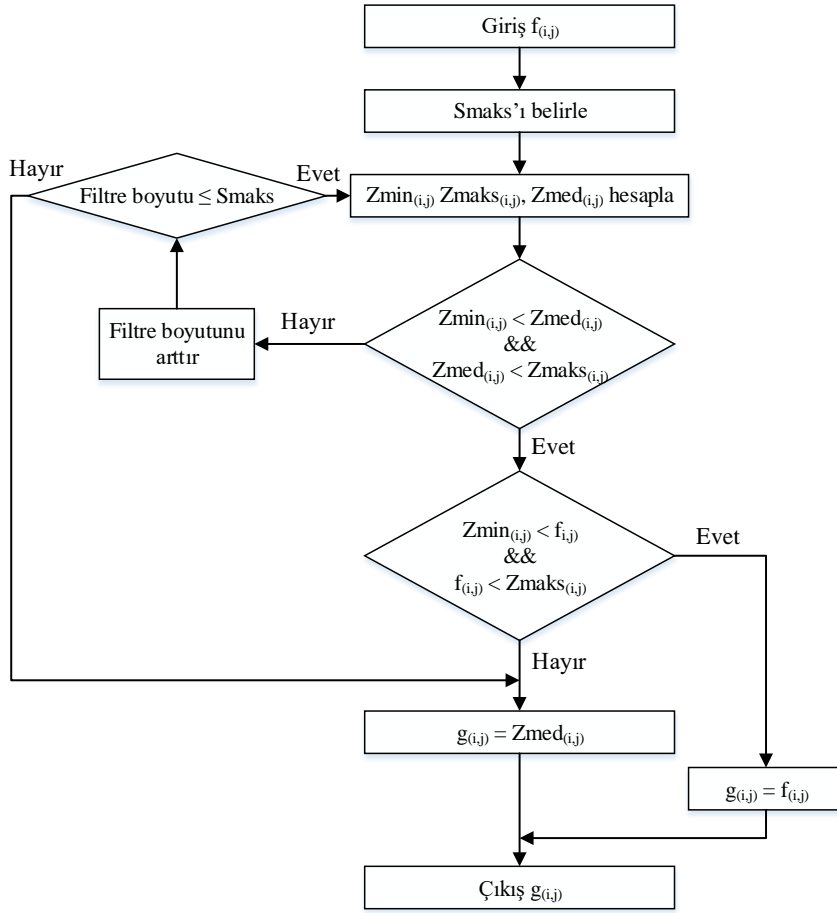
V. GRADYAN ANAHTARLAMALI GAUSS FİLTRESİ

Standart filtrelerin uyarlamalı veya anahtarlamalı filtrelerle karşılaştırıldığında gürültü giderimindeki başarısını düşüren etmenler bulunmaktadır. Standart filtrelerde bir filtre maskesi belirlendikten sonra tüm görüntüye uygulandığından standart filtrelerin başarı oranları gürültü türüne ve uygulanacak filtre tipine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Örneğin impuls gürültü türünde medyan filtresi iyi sonuç verirken gürültü türü Gauss gürültüsü olduğunda başarı oranı düşmektedir. Başarı oranını arttırabilmek için gürültü türüne ve yoğunluğuna bağlı olarak filtre türünün ve parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir ve bu işlem kullanıcının sisteme müdahalesini gerektirmektedir. Hem gürültü türünün tespiti hem de uygulanacak filtre metodu ve parametrelerinin kullanıcı tarafından belirlenmesi filtreleme uygulamasının başarı oranını etkilemektedir. Ayrıca, standart filtrelerde filtre maskesinin boyutu sabit kalmaktadır. Filtre maskesinin boyutu küçük seçildiğinde gürültü azaltmadaki verimliliği düşebilmektedir. Ancak, filtre maskesinin boyutu büyüdüğünde kenarların bulanıklaşmasına dolayısıyla görüntüdeki önemli bilgilerin kaybolmasına yol açabilmektedir. Bu sebeplerden dolayı görüntünün karakteristiklerine bağlı olarak değişebilen uyarlamalı ve anahtarlamalı olarak çalışan filtreler, standart filtrelere göre daha iyi sonuç vermektedirler.



Şekil 3. Tasarlanan filtre

Görüntülerde tek türde gürültü bulunacağı gibi farklı türlerde olan gürültüler aynı görüntüde karışık olarak bulunabilmektedir. Yapılan çalışmada görüntülerde karışık olarak bulunan gürültülerin giderimi amacıyla uyarlamalı ve anahtarlamalı olarak çalışan filtre tasarımı gerçekleştirilmiştir. Şekil 3'te tasarlanan filtrenin blok şeması gösterilmiştir. Tasarlanan filtre iki aşamada gerçekleşmiştir. Birinci aşamada, uyarlamalı medyan filtre görüntünün tamamına uygulanmıştır ve uygulama sonucunda değerinde değişiklik olan pikseller belirlenmiştir. Burada uyarlamalı medyan filtresi kullanılarak görüntüde tespit edilen tuz ve biber gürültüsünün giderilmesi amaçlanmıştır. Böylece sonraki aşamada uygulanacak olan anahtarlamalı filtrede tuz ve biber gürültüsünün filtrelenecek olan piksellerdeki etkisinin en aza indirgenmesi sağlanmıştır. İkinci aşamada, değeri değişmeyen piksellere gradyan ve eşik değer temelli anahtarlamalı Gauss filtresi uygulanmıştır.

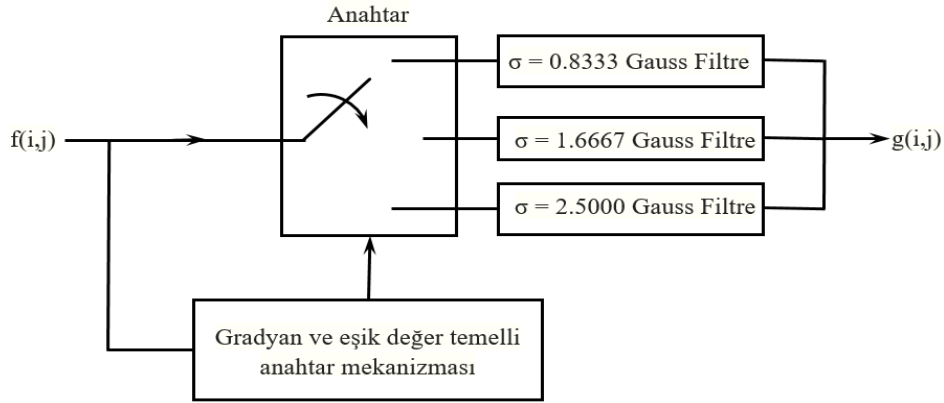


Şekil 4. Uyarlamalı medyan filtresine ait akış şeması

Uyarlamalı filtre metotlarından biri olan uyarlamalı medyan filtresinde, filtre maskesinin boyutu filtre maskesinin içinde kalan piksellerin özelliklerine bağlı olarak değişebilmektedir. Uyarlamalı medyan filtresinin görüntüye uygulanması iki aşamada gerçekleşmektedir. Birinci aşamada en küçük filtre penceresinden başlanılarak medyan filtre sonucunun impuls gürültü olup olmadığı test edilmektedir. Yerel medyan değeri, yerel minimumdan büyük ve yerel maksimumdan küçükse medyan filtre sonucunun impuls olmadığı anlaşılmaktadır ve ikinci aşamaya geçilmektedir. Birinci aşamada elde edilen medyan değeri kriterleri sağlamıyorsa, yani yerel medyan değeri yerel minimumdan büyük ve yerel maksimumdan küçük değilse filtre maskesinin boyutu artırılır ve ardından artan filtre maske boyutundaki yerel minimum, maksimum ve medyan değerleri hesaplanır ve maksimum filtre boyutuna ulaşıncaya kadar devam edilir. İkinci aşamada ise işlenen pikselin impuls olup olmadığı test edilmektedir. Bunun için işlenen pikselin yoğunluk değeri yerel maksimum ve yerel minimum değerleriyle karşılaştırılmaktadır. Eğer işlenen pikselin yoğunluk değeri yerel minimumdan büyük ve yerel maksimumdan küçükse impuls gürültü olmadığı sonucuna varılmaktadır ve işlenen pikselin değeri hiçbir değişikliğe uğramadan filtrelenmiş görüntüye atanmaktadır. Belirtilen kriterleri sağlamıyorsa yani işlenen piksel impuls gürültü ise filtre penceresindeki medyan değeri filtrelenmiş görüntüye atanmaktadır. Uyarlamalı medyan filtresinde, maksimum filtre maske boyutu kullanıcı tarafından belirlenmektedir. Maksimum filtre boyutuna ulaşıldığında hala filtrelenme sonucu belirlenememiş ise en büyük maskedeki medyan değer işlenen piksele atanarak diğer piksellerin filtrelenmesine devam edilmektedir. Şekil 4'te tasarlanan filtrenin birinci aşamasında görüntüye uygulanan uyarlamalı medyan filtresinin akış şeması görülmektedir. Burada, Smaks kullanıcı tarafından belirlenen maksimum filtre

boyutunu, $Z_{min(i,j)}$, $Z_{maks(i,j)}$ ve $Z_{med(i,j)}$ sırasıyla yerel minimum, maksimum ve medyan değerlerini belirtmektedir.

Standart medyan filtre ile uyarlamalı medyan filtre karşılaştırıldığında, uyarlamalı medyan filtrenin impuls gürültülerin giderilmesinde ve detayların korunmasında daha başarılı olduğu görülmektedir. Medyan filtrede görüntüdeki piksellerin tamamı medyan değeri ile değiştirildiğinden gürültüsüz piksellerin de değerinin değişmesine yol açmakta ve görüntüdeki detayların (bilgilerin) kaybolmasına neden olmaktadır. Uyarlamalı medyan filtresinde filtre maskesinin boyutu görüntünün yerel özelliklerine göre değişen bir yapıya sahip olduğundan gürültü yoğunluğu 0.2'den fazla olan tuz ve biber gürültüsü eklenmiş görüntülerde standart medyan filtresine göre daha iyi sonuç vermektedir [15].



Şekil 5. Anahtarlamalı filtre

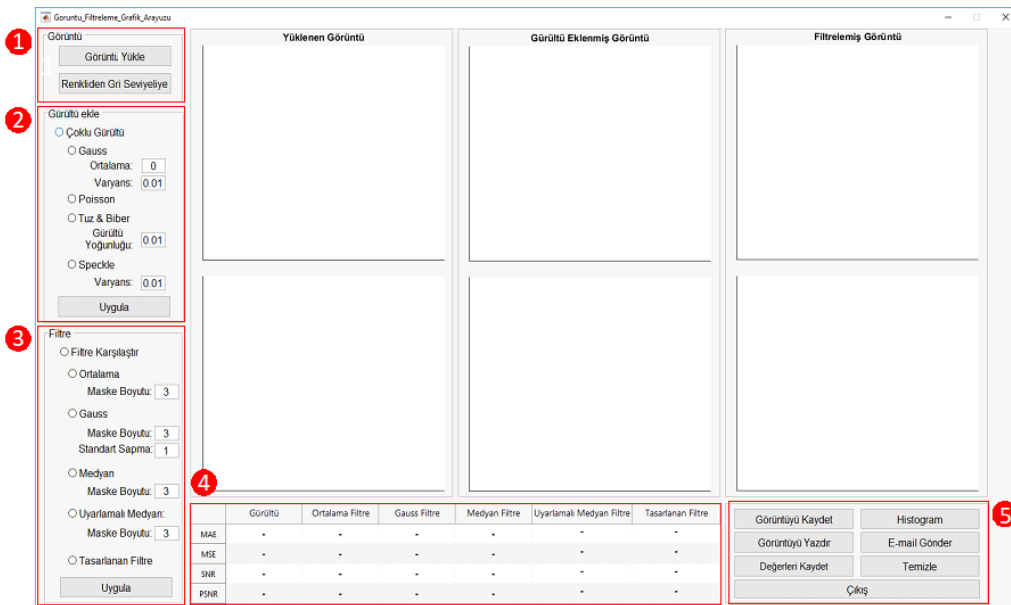
Tasarlanan filtrenin ikinci aşamasında uyarlamalı medyan filtresi uygulanmış görüntünün gradyan bilgisi hesaplanmıştır ve sonrasında homojenlik haritası çıkartılmıştır. Ardından, elde edilen homojenlik haritasına Otsu'nun çoklu eşik metodu uygulanarak, görüntü kenar pikselleri, gürültülü pikseller ve homojen bölgelerdeki pikseller olmak üzere üç kısma bölünmüştür. Homojenlik haritası incelendiğinde siyaha yakın renkteki pikseller görüntünün kenarlarına, beyaza yakın renkteki pikseller ise homojen bölgelere ve ikisinin arasındaki değerlerin ise genellikle gürültülü olan piksellere karşılık geldiği görülmüştür. Hesaplanan iki eşik değerinin birincisinden küçük piksellere $\sigma = 0.8333$ olan Gauss filtresi, iki eşik değerinin arasında kalan piksellere $\sigma = 1.6667$ olan Gauss filtresi ve yüksek eşik değerinden daha büyük yoğunluk seviyesine sahip piksellere ise $\sigma = 2.5$ olan Gauss filtresi uygulanmıştır. Böylece görüntü kenarlarındaki bulanıklık miktarı azaltılmış, homojen bölgelerdeki homojenite artırılmış ve gürültülü olan piksellerdeki gürültü ise $\sigma = 1.6667$ seçilen Gauss filtresi ile giderilmiştir.

Uyarlamalı medyan filtre sonucunda filtreleme işlemi uygulanmamış piksellere uygulanacak olan anahtarlamalı filtrenin blok şeması Şekil 5'te görülmektedir. $f(i,j)$ filtrelenecek görüntüyü, $g(i,j)$ filtreleme işleminin sonucunu göstermektedir. Anahtarlama kısmı incelendiğinde homojenlik haritasından hesaplanan eşik değerlerine bağlı olarak Gauss filtresindeki σ değerinin değiştiği görülmektedir.

VI. TASARLANAN GRAFİK KULLANICI ARAYÜZÜ VE DENEYSEL SONUÇLAR

MATLAB programlama dili matrislerle yapılan işlemlerin hızlı ve kolayca yapılmasına olanak sağladığı için mühendisler ve bilim adamları tarafından tercih edilmektedir. Diğer programlama dilleri ile karşılaştırıldığında öğrenilmesinin kolay olması da avantajlarından biridir. MATLAB programlama dilindeki dahili fonksiyonların hem merkezi işlemci biriminde hem de grafik işleme biriminde paralel hesaplama kullanımına olanak sağlanmasından uzun sürebilecek işlemler daha hızlı yapılabilmektedir. Bilimsel ve mühendislik uygulamaları için geliştirilmiş araç kutuları MATLAB'ın birçok farklı alanda kullanılmasına olanak sağlamaktadır. MATLAB'da bulunan araç kutularından bir tanesi de Graphical User Interface Design Environment (GUIDE) olan ve kullanıcılara MATLAB ile grafik kullanıcı arayüzü (GKA) tasarımını kolaylaştıran araç kutusudur. GUIDE yardımıyla GKA'lar kolaylıkla tasarlanabilmektedir. GKA'lar yazılan programların programlama bilgisi olmadan da kullanımına olanak sağladığı için tasarlanan programların kullanımını kolaylaştırmaktadırlar [16-18].

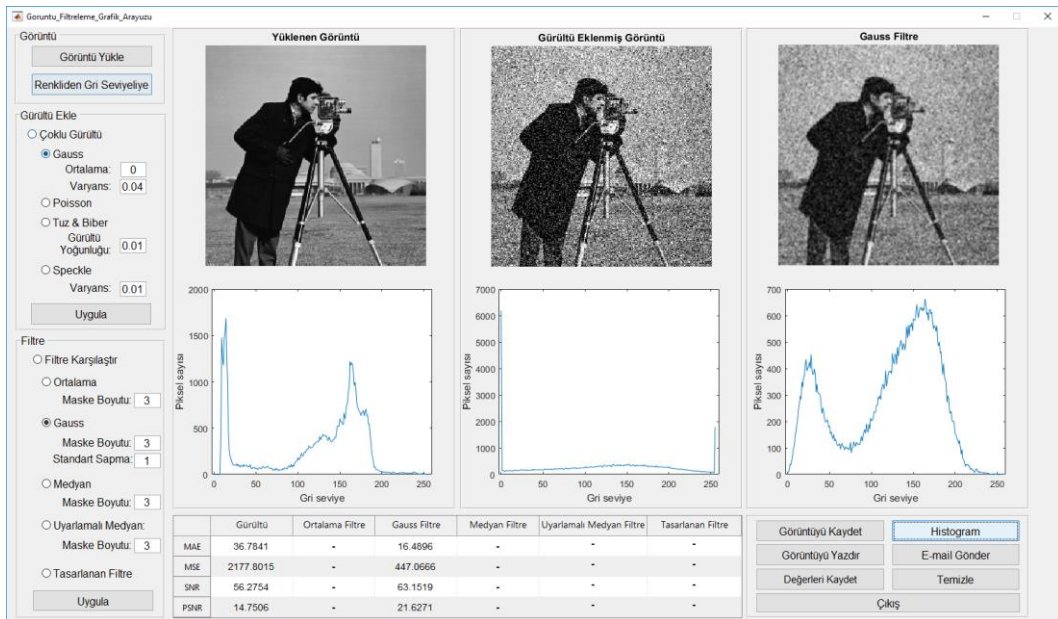
Yapılan çalışma kapsamında tasarlanan filtre ve diğer filtrelerin kullanımına yönelik olarak GKA tasarlanmıştır. Tasarlanan GKA açıldığında, ilk olarak yetkisiz kullanıcıların programa erişimini önlemek amacıyla kullanıcı girişi paneli açılmaktadır. Kullanıcı girişi paneli logodan, kullanıcıların sisteme girişini sağlamak amacıyla kullanıcı adı, şifresinin girilmesine olanak sağlayan düzenleme kutuları ve 'Giriş' butonundan oluşmaktadır. Kullanıcılar 'Kullanıcı adı' ve 'Şifre' kısımlarını doğru olarak girdikten sonra 'Giriş' butonuna bastıklarında tasarlanan görüntü filtreleme GKA açılmaktadır. Tasarlanan görüntü filtresine ait GKA Şekil 6'da görüldüğü üzere 5 kısımdan oluşmaktadır. Tasarımdaki 'Görüntü' kısmında bilgisayardan görüntüyü seçebilmek için 'Görüntü Yükle' butonu kullanılmaktadır. 'Görüntü Yükle' butonuna basıldığında yeni bir pencere açılmakta ve açılan pencere aracılığıyla bilgisayar hafızasının herhangi bir konumundaki görüntünün seçilmesini sağlamaktadır. Seçilen görüntü sisteme yüklendiğinde 'Yüklenen Görüntü' yazısının altında gösterilmektedir. Bunun yanı sıra istenildiğinde 'Renkliden Gri Seviyeliye' butonu kullanılarak renkli görüntülerin gri seviye görüntülere dönüştürülmesi yapılabilmektedir. Eğer görüntü renkliden gri seviyeli görüntüye çevrilmişse 'Yüklenen Görüntü' kısmındaki renkli görüntü gri seviyeli görüntü ile değiştirilmektedir.



Şekil 6. Tasarlanan grafik kullanıcı arayüzü

Tasarımın ‘Gürültü Ekle’ kısmında yüklenen görüntüye Gauss, Poisson, tuz ve biber veya benek (speckle) gürültü türlerinden biri veya belirlenen gürültü türlerinden birkaçının görüntüye eklenmesi yapılabilmektedir. Görüntüye sadece bir çeşit gürültü eklenmek isteniyorsa, gürültüye ait radyo butonu seçilmelidir. Ardından seçilen gürültü türüne ait parametrelerin belirlenmesi için gürültü türünün altında bulunan düzenleme kutularına istenilen parametrelerin girilmesi gerekir. Gauss gürültü türü eklenmek istendiğinde ortalama ve varyans, tuz ve biber gürültü türü seçildiğinde gürültü yoğunluğu, benek gürültü türü için varyans değerinin belirlenmesi gerekmektedir. Eğer herhangi bir tanımlama yapılmazsa GKA’da önceden belirlenen değerler kullanılmaktadır. Poisson gürültü türü için herhangi bir parametre girişi yapılmamaktadır. Birden fazla gürültü türü eklenmek istendiğinde ise ‘Çoklu Gürültü’ radyo butonu aktif edildikten sonra istenilen gürültü türleri seçilmeli ve seçilen gürültülere ait parametreler belirlenmelidir. Filtreler belirlendikten sonra ‘Uygula’ butonuna basıldığında, gürültü eklenmiş görüntü ‘Gürültü Eklenmiş Görüntü’ yazısının altında görülmektedir.

Tasarımdaki ‘Filtre’ kısmında ortalama, Gauss, medyan, uyarlamalı medyan ve tasarlanan filtre olmak üzere beş farklı filtre türü bulunmaktadır. Ortalama ve medyan filtrede maske boyutu, Gauss filtresinde maske boyutu ve standart sapma değeri, uyarlamalı medyan filtrede maksimum filtre boyutu değeri kullanıcı tarafından belirlenebilmektedir. Tasarlanan filtre kullanıcıdan bağımsız olarak çalıştığından herhangi bir parametre girişi olmamaktadır. Filtreleme türü ve parametre değerleri belirlendikten sonra ‘Uygula’ butonuna basıldığında işlemin sonucu ‘Filtrelenmiş Görüntü’ yazısının altında görülmektedir. Seçilen filtre türüne ait performans değerleri dördüncü kısımdaki tabloda ilgili filtreye ait sütunda görülmektedir. Tabloda ayrıca gürültülü görüntüye ait değerler birinci sütunda gösterilmektedir. Tasarlanan GKA’nın Kameraman görüntüsüne $\sigma^2 = 0.04$ olan Gauss gürültüsü eklenmiş ve 3×3 maske boyutunda $\sigma = 1$ olan Gauss filtresi uygulanmış sonuçları Şekil 7’de görülmektedir. Filtre kısmında istenilen filtrelerin karşılaştırması da yapılabilmektedir. ‘Filtre Karşılaştır’ radyo butonu aktif edildiğinde birden fazla filtre seçimine olanak tanımaktadır. Belirlenen filtreler seçilip ‘Uygula’ butonuna basıldığında seçilen filtrelerin sonuçları eksenlerde gösterilmekte ve filtrelerin performans değerleri tablodaki filtrelere ait sütunlarda görülmektedir. Seçilmeyen filtrelere ait eksenler boş bırakılmakta ve tabloda performans değerleri kısmı ‘-’ ile gösterilmektedir.



Şekil 7. Kameraman görüntüsüne ait uygulanma sonuçları

‘Opsiyonlar’ kısmında çeşitli işlemleri gerçekleştirebilmek için butonlar bulunmaktadır. ‘Histogram’ butonuna basıldığında, yüklenen, gürültü eklenmiş ve filtrelenmiş görüntülerin gri seviye dağılımlarını veren histogramları altlarındaki eksenlerde gösterilmektedir. Böylece yüklenen, gürültülü ve filtrelenmiş görüntülerin histogramları karşılaştırılabilmektedir. ‘Histogram’ butonu sadece görüntü yüklendiğinde veya yüklenen görüntüye gürültü eklendiğinde de çalışabilmektedir. ‘Görüntüyü Kaydet’ butonuna basıldığında açılan pencere aracılığı ile hafızadaki istenilen yere, belirtilen isim ve türde filtrelenmiş görüntünün kaydedilmesi yapılabilmektedir. ‘Görüntüyü Yazdır’ butonu filtrelenmiş görüntünün sistemdeki önceden tanımlanmış olan yazıcıdan çıktı alınmasına olanak sağlamaktadır. ‘E-mail Gönder’ butonu kullanıldığında yeni bir pencere açılmaktadır ve kullanıcıya istediği mail adresine e-mail göndermesine olanak sağlamaktadır [19]. Araçlar kısmında bulunan bir diğer buton ‘Sonuçları Kaydet’ tir. Bu buton kullanılarak sisteme yüklenen görüntünün konumu, türü, kullanılan gürültü türü, filtre metodu, gürültülü ve filtrelenmiş görüntüye ait MAE, MSE, SNR, PSNR bilgileri bilgisayarda istenilen bir konuma, belirlenen bir isimle ‘xlsx’ dosya türünde kaydedilmektedir. ‘Sıfırla’ butonu ile GKA da yapılan işlemler sıfırlanmakta ve kullanıcıya yeni bir görüntü üzerinde işlem yapabileme imkânı tanınmaktadır. ‘Çıkış’ butonu kullanılarak GKA’ dan çıkış yapılmaktadır.

Tasarlanan filtrenin performansının değerlendirilmesinde genellikle kullanılan Kameraman ve Lena görüntüleri kullanılmıştır. Kameraman (256x256) 8 bitlik gri seviyeli görüntüdür. Lena görüntüsü (512x512) renkli görüntü olduğundan gri seviyeye dönüştürülmüştür. Filtrenin başarımlı oranını ölçebilmek için öncelikle görüntülere değişen gürültü seviyelerinde Gauss, tuz ve biber gürültüsü eklenmiştir. Filtrelenmiş görüntü ile orijinal görüntünün karşılaştırılması yapılarak filtrenin performansları hesaplanmıştır.

Filtrelerin sonuçlarının değerlendirmesinde ve diğer filtre sonuçlarıyla karşılaştırılmasında literatürde farklı metrikler bulunmaktadır. Yaygın olarak kullanılan metrikler MSE ve PSNR’ dir. MSE ve PSNR sırasıyla,

$$MSE = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (g(i, j) - f(i, j))^2 \quad (17)$$

$$PSNR = 10 \log \frac{I_{maks}^2}{MSE} \quad (18)$$

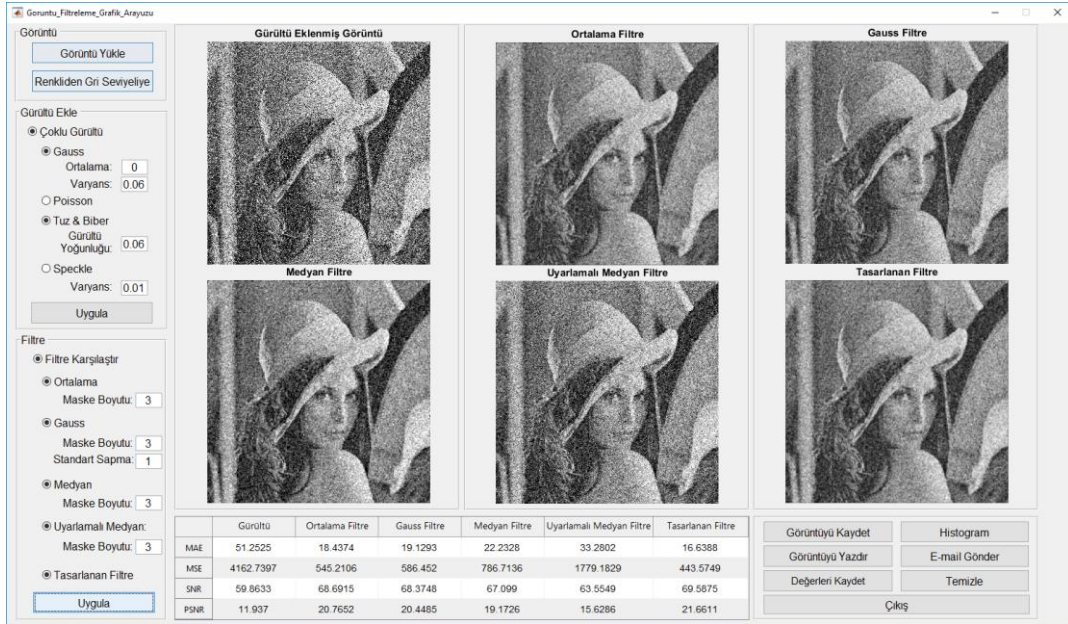
eşitlikleri ile tanımlanmaktadır. Burada $g(i, j)$ orijinal görüntüdeki yoğunluk değerini ve $f(i, j)$ gürültü eklenmiş görüntüyü temsil etmektedir. M, N görüntüdeki satır ve sütun sayısını tanımlamaktadır. PSNR metriğini hesaplamada kullanılan I_{maks} değeri maksimum yoğunluk değerini belirtmektedir. Çalışmada kullanılan görüntüler 8 bitlik olduğundan I_{maks} değeri 255’ e eşit olmaktadır.

Filtrenin performansına ait sonuçlar Tablo 1-4’ te sunulmuştur. Görüntülere σ^2 değeri 0.01-0.14 aralığında değişen Gauss gürültüsü ve Gauss gürültüsü eklenmiş görüntüye gürültü yoğunluğu 0.01’ den 0.14’ e kadar (aynı aralıkta) değişen miktarda tuz ve biber gürültüsü de eklenmiştir. Kameraman ve Lena görüntülerine ait MSE değerleri Tablo 1-2’ de, PSNR değerleri Tablo 3-4’ te hem tasarlanan filtreye hem de ortalama, $\sigma=1$ Gauss, medyan ve uyarlamalı medyan filtrelerine ait sonuçlar verilmiştir. Tablolarda gösterilen deney sonuçları incelendiğinde tasarlanan filtrenin karşılaştırılan filtrelere göre MSE değerinin daha düşük; PSNR değerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Elde edilen sonuçlar tasarlanan filtrenin karışık gürültü gideriminde daha başarılı olduğunu göstermektedir. Şekil 8-9’ da gürültü yoğunluğu 0.06 olan tuz ve biber gürültüsü ve $\sigma^2 = 0.06$ olan Gauss gürültüsü eklenmiş

Kameraman ve Lena görüntülerine ait standart filtreler, uyarlamalı median filtre ve tasarlanan filtreye ait sonuçlar görülmektedir.



Şekil 8. Tuz ve biber gürültü yoğunluğu 0.06 ve Gauss $\sigma^2 = 0.06$ eklenmiş Kameraman görüntüsüne ait filtre sonuçları



Şekil 9. Tuz ve biber gürültü yoğunluğu 0.06 ve Gauss $\sigma^2 = 0.06$ eklenmiş Lena görüntüsüne ait filtre sonuçları

Tablo 1. Kameraman görüntüsüne ait deney sonuçları (MSE)

MSE						
Gürültü yoğunluğu	Gürültü Değeri	Ortalama	Gauss $\sigma=1$	Medyan	Uyarlamalı Medyan	Tasarlanan Filtre
0.02	1526,54	404,41	370,66	375,03	675,78	337,41
0.04	2925,16	610,78	597,08	606,70	1252,37	489,63
0.06	4091,20	802,37	806,10	866,89	1791,74	653,55
0.08	5141,71	987,77	1008,68	1152,70	2242,20	808,76
0.10	6150,40	1197,01	1230,36	1474,57	2696,86	981,63
0.12	7005,44	1362,27	1409,58	1765,31	3050,13	1111,94
0.14	7773,22	1530,58	1587,43	2103,29	3333,93	1249,12

Tablo 2. Gri seviye Lena görüntüsüne ait deney sonuçları (MSE)

MSE						
Gürültü Yoğunluğu	Gürültü Değeri	Ortalama	Gauss $\sigma=1$	Medyan	Uyarlamalı Medyan	Tasarlanan Filtre
0.02	1593,01	217,95	229,38	254,45	644,48	171,20
0.04	2975,20	389,92	421,18	508,12	1241,86	308,59
0.06	4179,62	548,14	596,34	771,64	1768,17	441,87
0.08	5228,54	709,23	771,70	1064,18	2241,14	587,12
0.10	6152,46	854,42	929,58	1373,63	2626,76	709,68
0.12	6980,32	996,76	1083,86	1709,50	2964,64	842,14
0.14	7704,15	1127,37	1224,05	2055,10	3266,39	970,61

Tablo 3. Kameraman görüntüsüne ait deney sonuçları (PSNR)

PSNR						
Gürültü yoğunluğu	Gürültü Değeri (dB)	Ortalama	Gauss $\sigma=1$	Medyan	Uyarlamalı Medyan	Tasarlanan Filtre
0.02	16,29	22,06	22,44	22,39	19,83	22,85
0.04	13,47	20,27	20,37	20,30	17,15	21,23
0.06	12,01	19,09	19,07	18,75	15,60	19,98
0.08	11,02	18,18	18,09	17,51	14,62	19,05
0.10	10,24	17,35	17,23	16,44	13,82	18,21
0.12	9,68	16,79	16,64	15,66	13,29	17,67
0.14	9,22	16,28	16,12	14,90	12,90	17,16

Tablo 4. Gri seviye Lena görüntüsüne ait deney sonuçları (PSNR)

Gürültü yoğunluğu	Gürültü Değeri (dB)	Ortalama	PSNR			
			Gauss $\sigma=1$	Medyan	Uyarlamalı Medyan	Tasarlanan Filtre
0.02	16,11	24,75	24,53	24,07	20,04	25,80
0.04	13,40	22,22	21,89	21,07	17,19	23,24
0.06	11,92	20,74	20,38	19,26	15,66	21,68
0.08	10,95	19,62	19,26	17,86	14,63	20,44
0.10	10,24	18,81	18,45	16,75	13,94	19,62
0.12	9,69	18,14	17,78	15,80	13,41	18,88
0.14	9,26	17,61	17,25	15,00	12,99	18,26

Tuz ve biber gürültüsü olan piksellerin yoğunluk değerleri komşuluklarındaki piksellerin yoğunluk değerlerinden oldukça farklı olmaktadır ve doğrusal filtreler uygulandığında gürültünün dağılmasına ve gürültüsüz olan piksellerdeki bilginin bozulmasına yol açmaktadır. Uyarlamalı medyan filtresi kullanılarak görüntüde var olan tuz ve biber gürültüsü giderilmeye çalışılmıştır. Diğer piksellere ise Gauss filtresindeki σ değeri otomatik olarak değişen anahtarlamalı Gauss filtresi uygulanmıştır. Anahtarlama yapısı homojenlik haritası ve çoklu eşik değeri kullanılarak belirlenmiştir. Homojen bölgelerde σ değeri 2,5 seçilerek Gauss filtre maskesi ortalama filtre gibi davranmış ve bu filtre homojen bölgelere uygulanarak homojenite artırılmıştır. Diğer piksellere ise σ değeri 1/3'ü ve 2/3'ü oranında değişen Gauss maskeleri kullanılmıştır. Gürültülü olan piksellerdeki gürültüyü yumuşatmak amacıyla σ değeri 1.6667 seçilmiştir. Kenar piksellerinde ise kenar bilgisini korumak ve görüntünün bulanıklaşmasını önlemek amacıyla σ değeri 0,8333 olan Gauss filtresi kullanılmıştır. Gauss filtre maskesinde $\sigma = 0.8333$ seçildiğinde merkez piksele ait katsayı ile filtredeki diğer katsayılar karşılaştırıldığında işlenen pikselin değerini belirlemedeki katkısı diğerlerinden fazla olmuştur. Böylece kenar piksellerin bulanıklaşma miktarı azaltılmıştır. Tasarlanan filtredeki bütün parametrelerin kullanıcıdan bağımsız olarak belirlenmesi ve gürültü giderimi konusunda farklı gürültü türlerinde standart filtrelere ve uyarlamalı medyan filtrelerine göre daha iyi sonuçlar vermesi tasarlanan filtrenin avantajlarını oluşturmuştur.

IV. SONUÇ

Filtreleme işlemlerinde karşılaşılan en temel sorunlardan biri görüntünün bulanıklaşmasıdır. Bir diğer sorun ise filtre performansının gürültü türü ve yoğunluğuna bağlı olarak değişmesidir. Filtrelerin başarı oranlarını arttırabilmek için filtre türünün ve parametrelerinin belirlenmesi gerekir. Buna ek olarak görüntülerde birden fazla gürültü türü bulunduğu filtrelerin performanslarının düştüğü gözlemlenir. Sunulan bu çalışmada farklı gürültü türlerine göre farklı filtre seçimlerinin yapıldığı bir filtre tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan filtredeki anahtarlama yapısı sayesinde Gauss filtresinin sahip olduğu σ parametre değeri otomatik olarak değiştirilerek görüntüdeki kenarların bulanıklaşmasının önüne geçilmiştir. Deneysel sonuçlar incelendiğinde tasarlanan filtrenin, standart filtrelere ve uyarlamalı medyan filtresine göre gürültünün azaltılmasında ve kenar piksellerinin korunmasında daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Dolayısıyla, tasarlanan filtre kullanıcı müdahalesi olmadan otomatik olarak çalışabildiği için gerçek zamanlı uygulamalarda da kullanılabilir yapıya sahiptir. Bu çalışmanın

devamında, tasarlanan filtrenin anahtarlamalı kısmındaki karar verme mekanizması ve kullanılan filtrelerin değiştirilmesiyle gürültü azaltımındaki başarıyı arttırmaya yönelik çalışmalar yapılabilir.

V. KAYNAKLAR

- [1] R.C. Gonzales, R. E. Woods, “Digital Image Processing,” 3rd Edition, Addison Wesley, MA, 2002.
- [2] R. Szeliski, “Computer Vision: Algorithms and Applications,” Springer, 2010.
- [3] G. Yan, Q. Pan, and Y. Kang, “Research on a New Gaussian Self-adaptive Smoothing Algorithm in Image Processing,” Proceedings of 2005 IEEE International Workshop on VLSI Design and Video Technology, 2005, pp. 348-352.
- [4] T. A. Nguyen, W. S.Song, and M. C.Hong, “Spatially Adaptive Denoising Algorithm for a Single Image Corrupted by Gaussian Noise,” IEEE Transactions on Consumer Electronics, vol. 56, no. 3, pp. 1610-1615, 2010.
- [5] K. Celik, H. H. Sayan ve R. Demirci, “Gradyan Uyarlamalı Gauss Görüntü Filtresi,” 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), Malatya, Turkey, 2015, ss. 879-882.
- [6] A. Toprak and İ. Güler, “Impulse Noise Reduction in Medical Images with The Use of Switch Mode Fuzzy Adaptive Median Filter,” Digital Signal Processing, vol. 17, no. 4, pp. 711-723, 2007.
- [7] X. Zhang and Y. Xiong, “Impulse Noise Removal Using Directional Difference Based Noise Detector and Adaptive Weighted Mean Filter,” IEEE Signal Processing Letters, vol. 16, no. 4, pp. 295-298, 2009.
- [8] S. Akkoul, R. Ledee, R. Leconge, and R. Harba, “A New Adaptive Switching Median Filter,” IEEE Signal Processing Letters, vol. 17, no. 6, pp. 587-590, 2010.
- [9] R. Ha, P. Liu, and K. Jia, “An Improved Adaptive Median Filter Algorithm and Its Application,” Advances in Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, pp. 179-186, doi: 10.1007/978-3-319-50212-0_22
- [10] T. Li, X. Zhang, and C. Li, “An Improved Adaptive Image Filter for Edge and Detail Information Preservation,” International Conference on Systems and Informatics (ICSAI2012), Yantai, 2012, pp. 1870-1873.
- [11] X. Ji, P. Yuan, Z. Shi, J. Li, T. Wang, S. Cao, and L. Gao, “An Effective Self-Adaptive Mean Filter for Mixed Noise,” International Conference on Advanced Robotics and Mechatronics (ICARM), Macau, 2016, pp. 484-489.
- [12] N. Otsu, “A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms,” IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol. 9, no. 1, pp. 62-66, 1979.

- [13] M. Sezgin and B. Sankur, "Survey over Image Thresholding Techniques and Quantitative Performance Evaluation," *Journal of Electronic Imaging*, vol. 13, no. 1, pp.146-168, 2004.
- [14] P. D. Sathya and R. Kayalvizhi, "Amended Bacterial Foraging Algorithm for Multilevel Thresholding of Magnetic Resonance Brain Images," *Measurement*, vol. 44, no. 10, pp. 1828-1848, 2011.
- [15] 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 Transactions on Image Processing*, Vol. 5, No. 6, pp. 1012-1025, 1996.
- [16] O. T. Holland, and P. Marchand, "Graphics and GUIs with MATLAB," 3 edition, Chapman and Hall/CRC, 2002
- [17] MATLAB, "Creating Graphical User Interfaces," The Matworks, Inc., R2014a
- [18] İ. Çankaya, D. Akgün ve S. Kaçar, "Mühendislik Uygulamaları için MATLAB", Seçkin Yayıncılık, Turkey, 2016.
- [19] Ş. Şahan, A. Değirmenci, and İ. Çankaya, "A Study on Clustering Based Image Thresholding Techniques with MATLAB GUI," *International Journal of Engineering Science and Computing*, vol. 13, no. 1, pp. 146-168, 2016.