إزالة الضوضاء من الصور الرقمية الرمادية باستخدام مرشحات تقليدية ومضببة

بيداء إبراهيم خليل

كلية علوم الحاسبات والرياضيات

جامعة الموصل

تاريخ استلام البحث:١٣/١٠/٢٠٠٨ تاريخ قبول البحث:١٥/١/٢٠٠٩

ABSTRACT

Image denoising and enhancement is an important field and it is used very much in image processing, where images are corrupted by many kinds of noise, therefore, methods and techniques must be used to remove these noises. In this research seven traditional filters are used to remove noise from digital images corrupted with salt&pepper noise and Gaussian noise. And also adopting principle of fuzzy logic to hybrid between traditional filters and fuzzy logic using double bell shaped membership function and also hybrid with double adjusted sigmoid membership function to create seven fuzzy sigmoidal filters. After applying seven traditional methods, seven fuzzy bell methods and seven fuzzy sigmoidal methods , by using measures of restored image PSNR, MSE, MAE , shows the final methods i.e. seven fuzzy sigmoidal methods are better than other filters i.e. methods that are used in this research after comparing the results.

الملخص

تعد معالجة الصور الرقمية وتحسينها من الحقول المهمة والمستخدمة بكثرة في العديد من الفروع الخاصة بمعالجة الصور، ولأهمية الصور في عدة مجالات في الحياة ، ولكونها تتعرض عند التعامل معها أو إرسالها عبر قناة معينة لكثير من الضوضاء أو التشويش لذا وجب استخدام طرائق وأساليب لتنقية هذه الصور من الضوضاء الداخلة إليها. تم في هذا البحث استخدام سبعة مرشحات أساسية تقليدية وذلك لإزالة الضوضاء من الصورة الرقمية أي تحسين صورة شوهت أو تعرضت للضوضاء من نوع حبات الملح والفلفل impulse noise salt & pepper ونوع Gaussian noise . كما قد تم في هذا البحث استخدام مفاهيم المنطق المضبب وإجراء تهجين ما بينه وبين مرشحات الطرائق التقليدية بإضافة دالة العضوية ذات الشكل الجرسي المزدوج فنتج سبعة مرشحات مضببة بالدالة الجرسية المزدوجة وكذلك تم التهجين باستخدام الدالة السجماوية المحورة المزدوجة لتكوين سبعة مرشحات مضببة سجماوية. وأجريت

مقارنة للنتائج التي تم الحصول عليها من جراء تطبيق طرائق المنطق المضبب الجرسي والسجماوي مع الطرائق الرياضية التقليدية وباستخدام مقاييس جودة الصورة المسترجعة من PSNR و MSE و MAE فقد تبين من التجارب التي أجريت إن طرائق المنطق المضبب السجماوي هي الفضلى.

1. المقدمة

إن الهدف من استخدام تقنيات التحسين هو معالجة صورة معينة بحيث تكون النتيجة أكثر ملائمة من الصورة الأصلية لتطبيق محدد فإذا وجدت طريقة مفيدة لتحسين صور الأشعة السينية على سبيل المثال فليس من الضرورة أن تكون أفضل أسلوب لتحسين صور المريخ المرسلة بواسطة مجس فضائي [1].

يمكن تقسيم أساليب تحسين الصور الرقمية إلى صنفين أساسيين هما طرائق المجال المكاني Spatial Domain وطرائق المجال الترددي Frequency Domain. إن الأساليب التي يتضمنها الصنف الأول تعود إلى مستوي الصورة نفسها وأساليب هذا الصنف تعتمد على معالجة مباشرة لعناصر الصورة. أما الأساليب التي يتضمنها الصنف الثاني فتكون مبنية على تعديل تحويل فورير للصورة المطلوب معالجتها [1].

يستخدم التنعيم لغرضين أساسيين الأول لأجل إعطاء تأثير خاص لمكونات الصورة والثاني لأجل التخلص من التشويش (الضوضاء) الموجود في الصورة، إذ تستعمل عمليات التنعيم في الأصل لأضعاف الآثار الزائفة التي يمكن أن تكون موجودة في الصور الرقمية نتيجة لنظام معاينة رديء أو قناة اتصال غير دقيقة [2] .

وبما أن احد أهداف التنعيم هو إزالة الضوضاء. فإذن لابد من معرفة أنواع الضوضاء وكيفية معالجتها. المقصود بالضوضاء Noise هي معلومات غير مرغوب فيها في الصورة، وتظهر في الصورة نتيجة مصادر مختلفة منها الضوضاء الناتجة عن عطل في أجهزة التصوير المستخدمة، والتي تكون على شكل أنماط مكررة وبشكل منتظم في الصورة وهذا ما يدعى بالضوضاء المنتظمة مثل الضوضاء التي تظهر في الصور الملتقطة بالأقمار الصناعية. والضوضاء العشوائية نتيجة لحصول خطأ في عملية نقل (إرسال) البيانات مما يؤدي إلى ظهور بقع أو نقاط متفرقة وبشكل عشوائي في الصورة وتكون غامقة أو فاتحة وهذا ما يدعى بضوضاء الملح والفلفل Salt and Pepper. والضوضاء الناتجة من نظام اكتساب الصورة الذي يدعى Gaussian . وبصورة عامة فان التشوهات تؤثر تأثيرا سلبيا في استخلاص المعلومات لذلك ينبغي التخلص منها قبل تشخيص المعلومات في الصورة [3] .

طور العالم الأذربيجاني لطفي زادة أسلوباً لغوياً للتعامل مع المعلومات اللغوية الغامضة المبنية على أساس المجموعات المضببة والمنطق المضبب. ومنذ ذلك الحين استخدم هذا الأسلوب في التطبيقات العملية لمختلف المجالات منها الطبية، الصناعية، الهندسية، علوم الأرصاد الجوية، معالجة الصور الرقمية، إدارة الأعمال، علوم الحاسبات، الأنظمة الخبيرة وغيرها[4].

ويعتبر المنطق المضبب من الأساليب الحديثة التي استخدمت في مجال معالجة الصور الرقمية وتحسينها، وقد تم في هذا البحث استخدام مفاهيم المنطق المضبب وذلك لإزالة الضوضاء من الصورة الرقمية أي تحسين صورة شوهت أو تعرضت للضوضاء من نوع حبات الملح والفلفلimpulse noise salt & pepper ونوع Gaussian noise وإجراء مقارنة للنتائج التي تم الحصول عليها من جراء تطبيق طرائق المنطق المضبب مع الطرائق الرياضية التقليدية.

2. الأعمال السابقة Previous Works

قدم Umbaugh وكذلك Gonzales طرائق ومرشحات لإزالة الضوضاء من الصور ومن ضمنها مرشح المعدل Mean ومرشحات الترتيب order filters التي تشمل مرشح median والـــ minimum والـــ maximum ومرشح midpoint ومرشح alpha trimmed mean التي جميعها مرشحات تقليدية أي دون استخدام إحدى التقنيات الذكائية معها [5][6].

قدم Tinku و Ajoy طريقة لإزالة الضوضاء من الصور بالاعتماد على المنطق المضبب وذلك بربط طريقة المعدل mean التقليدية بالمنطق المضبب، إذ تم اختيار دالة عضوية لإيجاد قيم دوال العضوية للنقاط المجاورة للنقطة الضوئية المراد إزالة الضوضاء منها [7].

وفي هذا البحث تم تطبيق جميع المرشحات التقليدية التي قدمها كل من Umbaugh و Gonzales، وبالاعتماد على طريقة المعدل المضببة التي قدمها Tinku و Ajoy. تم إجراء تغيرات وتحويرات في الخوارزميات التقليدية بربطها بالمنطق المضبب للحصول على مرشحات ذات كفاءة. إذ تم الاعتماد على دالة العضوية ذات الشكل الجرسي وربطها بالخوارزميات التقليدية الـــ median والـــ minimum والـــ maximum والـــ medpoint والـــ Alpha trimmed mean وكذلك مع طريقة الـــ minmax الناتجة من ربط طريقتي الـــ minimum والـــ maximum سويةً على الصورة نفسها. كذلك تم استخدام دالة العضوية السجماوية sigmoid membership function مع جميع الخوارزميات بعد إجراء التحويرات عليها وتمت المقارنة بين الطرائق السبعة التقليدية والطرائق المضببة السبعة التي استخدمت دالة العضوية ذات الشكل الجرسي فيها والطرائق المضببة السبعة المُستخدِمة دالة العضوية السجماوية

والموضحة والمذكورة في فقرة النتائج والمناقشة على شكل جداول وأشكال للصور الأصلية والمشوهة والمسترجعة بعد المعالجة بهذه المرشحات المستخدمة بالبحث.

قدم البحث الموسوم An Improved Enhancement Combining Smoothing and Sharpening طريقة لإزالة الضوضاء من الصور الرقمية بنوعية الملح والفلفل وكذلك إزالة الضوضاء من الصور بعد إجراء تحديد حواف sharpening وتم ذلك باستخدام خوارزمية Russo's واقترح طريقة ذات كفاءة للحصول على قيمة parameter أوتوماتيكي للدالة المستخدمة أي قيمة Alpha. وبالاعتماد على الصفات المحلية تم تعديل قيمة النقطة الضوئية pixel ضمن الصورة[2].

في البحث image denoising using adaptive neuro-fuzzy system تم اقتراح نظام عام للاستدلال المضبب generalized fuzzy inference system GFIS لمعالجة الصور المشوهة. الـــ GFIS هو تركيب متعدد الطبقات من neuro-fuzzy والذي ربط نموذج مامداني ونموذج سوجينو - تاكاجي لتكوين نظام مضبب هجين[3].

قدم البحث noise reduction by using fuzzy image filtering مرشحا مضببا جديدا لتقليل الضوضاء وإزالتها من الصور المشوهة بنوعية ضوضاء additive noise، هذا المرشح مكون من مرحلتين: المرحلة الأولى تحسب المشتقة المضببة لثمانية اتجاهات والمرحلة الثانية تستخدم المشتقة المضببة المكونة بالمرحلة الأولى لتكوين تنعيم مضبب بالاعتماد على قيم النقاط المتجاورة. كلا المرحلتين تعتمد على القوانين المضببة والتي تعتمد بدورها على دوال العضوية[4].

قدم البحث Impulsive noise suppression from images by using Anfis interpolant and lillietest مرشحا جديدا لإزالة الضوضاء inpulsive noise IN هذا المرشح Anfis-F هو مرشح لإزالة ضوضاء IN المعتمد على نظام الاستدلال المضبب والذي أعطى أداء عاليا في استرجاع الصور المشوهة بالـــ IN [9].

Mario Mastriani قدم ببحثه الموسوم Fuzzy thresholding in wavelet domain for speckle reduction in synthetic Aperture Radar Images طريقة لإزالة الضوضاء نوعية speckle من الصور باستخدام تحويل المويجة المتقطع bidimensional discrete wavelet transform(DWT-2D) مع حد العتبة فضلا عن ذلك فقد تم ربط المنطق المضبب بهذه الطريقة وذلك في تحديد مستوى حد العتبة لاستخدامه مع معاملات تحويل المويجة والنتائج برهنت حسن أداء هذه الطريقة[10].

قدم البحث Fuzzy Based Filtering of Multichannel Images طريقة لإزالة الضوضاء من الصور باستخدام المنطق المضبب حيث اعتمد على الوزن المحدث بتركيب المرشح وليس على المسافة حيث تم استخدام طرقه الجديدة على صور مشوهة بأنواع مختلفة من الضوضاء وهذه المرشحات المضببة أزالت الضوضاء وأجرت تنعيما لبيانات الصورة والحفاظ على حوافها[11].

3. الطرائق التقليدية Traditional Methods

تم استخدام عدد من الطرائق التقليدية لإزالة الضوضاء من الصور الرقمية وهي:

3.1 مرشح المعدل Mean Filter (M)

يطلق عليه أيضا اسم توسيط الجوار Neighborhood Averaging وهو من الطرائق البسيطة لإزالة الضوضاء من الصورة ومفهوم هذه الطريقة هو تغيير قيمة كل نقطة من نقاط الصورة بمعدل النقطة والنقاط المجاورة لها ضمن نافذة يحدد حجمها بـــ $N*N$ وتعالج الصورة بأكملها باستخدام مبدأ تزحيف النافذة والمعادلة الآتية تبين التمثيل الرياضي لهذه الطريقة :

$$Arithmetic\ Mean = \frac{1}{N^2} \sum_{(r,c)\in W} f(r,c) \qquad \ldots(1)$$

حيث $f(r,c)$ تمثل قيمة السوية الرمادية بالموقع r,c و N^2 تمثل عدد النقاط ضمن النافذة W ذات الأبعاد $N*N$ [5] .

3.2 مرشحات الترتيب Order Filters

هذه المرشحات تعتمد في مبدأ عملها على الترتيب، حيث يتم تحديد نافذة ذات حجم $N*N$ وترتيب قيم النقاط الموجودة ضمن النافذة ترتيباً تصاعدياً أي من أقل قيمة إلى أعلى قيمة وكما يأتي:

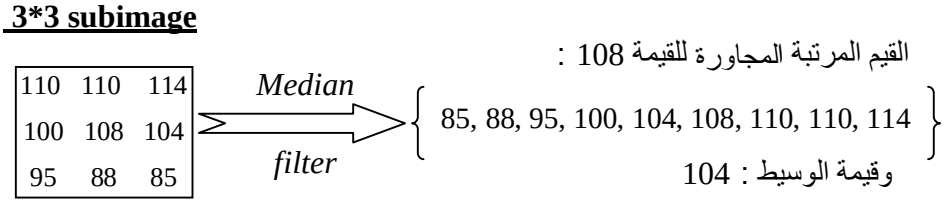
$$I_1 \le I_2 \le I_3 \le \cdots\cdots \le I_{N^2}$$

حيث $\{I_1, I_2, I_3, \cdots\cdots, I_{N^2}\}$ تمثل قيم النقاط (شدة الإضاءة أو السوية الرمادية) ضمن النافذة W ذات الحجم $N*N$ وحيث أن $(r,c)\in W$. وباستخدام هذا الترتيب يتم اختيار القيمة الصحيحة لمركز النافذة. توجد أنواع مختلفة من مرشحات الترتيب: [5]

3.2.1 مرشح الوسيط Median Filter (MED)

وهو أحد أنواع المرشحات التي تعتمد على الترتيب order filter وتكون المعالجة في هذه الطريقة لكل نقطة من نقاط الصورة بتحديد النقاط المجاورة للنقطة ويكون عددها معتمداً على حجم المرشح المحدد. وبعدها يتم ترتيب قيم النقاط المحددة ترتيباً تصاعدياً واختيار النقطة التي

تمثل النقطة الوسطية ووضعها في موقع النقطة المحددة (مركز النافذة). ويمكن توضيح هذه الطريقة بالشكل (1) : [5]



الشكل (1) : يوضح عمل مرشح الوسيط

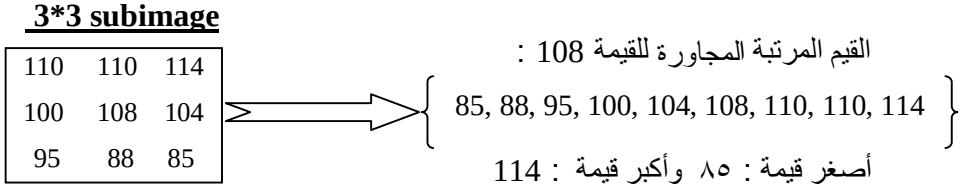
يختار مرشح الوسيط القيمة الوسطى ضمن المجموعة المرتبة وهنا تم اختيار القيمة 104 لتوضع بدل مركز النافذة لأنها ضمن الموقع الوسطي وقبلها أربع قيم وبعدها أربع قيم وتطبق هذه الطريقة على الصورة بأكملها باستخدام مبدأ تزحيف النافذة وهو مشابه لمبدأ اللف الرياضي convolution . ومن مميزات استخدام هذه الطريقة أنها لا تظهر لدينا أية قيم غير متوقعة لأن ناتج المعالجة هو قيمة إحدى نقاط الصورة [5] .

3.2.2 مرشح التصغير Minimum Filter (MIN)

إن مرشح التصغير من المرشحات التي تعتمد على الترتيب أيضاً، مثل مرشح الوسيط إذ يتم اختيار النقطة التي تمتلك اقل سوية رمادية نسبة إلى نقاط الجوار للنافذة المحددة كما موضح بالشكل (2) ، ومرشح التصغير يعمل بشكل مناسب مع نوعية الضوضاء ملح salt type "أعلى قيمة high value" [5] .

3.2.3 مرشح التكبير Maximum Filter (MAX)

هذا المرشح يعمل على حذف الضوضاء من نوع فلفل pepper type noise "أقل قيمة low value" وهو من المرشحات التي تعتمد على الترتيب مثل مرشح الوسيط ومرشح التصغير إذ يتم اختيار النقطة التي تمتلك أكبر سوية رمادية نسبة إلى نقاط الجوار للنافذة المحددة ذات الحجم $N * N$ وكما موضح بالشكل (2) [5] .



الشكل (2) : يوضح عمل مرشحي التصغير والتكبير

3.2.4 مرشح نقطة الوسط Midpoint Filter (MP)

هو أحد المرشحات التي تعتمد على الترتيب حالها حال المرشحات السابقة . ويحسب بإيجاد المعدل لحاصل جمع أقل وأعلى قيمة ضمن النافذة المحددة ذات الحجم $N*N$ كما يأتي:[5]

$$\text{Ordered set} \longrightarrow I_1 \le I_2 \le I_3 \le \cdots\cdots \le I_{N^2} \quad \ldots(2)$$

$$Midpoint = \frac{I_1 + I_{N^2}}{2}$$

3.2.5 مرشح التصغير والتكبير Minmax Filter (MINMAX)

هنا تم استخدام مرشح التكبير أولاً على بيانات الصورة حيث حذفت الضوضاء من نوعية salt ثم بعد ذلك مرر مرشح التصغير على الصورة الناتجة وحذفت الضوضاء من نوعية pepper وذلك بعد اختيار حجم نافذة $N*N$ وترتيب بيانات النافذة وتكرار هذه العملية على بيانات الصورة كاملةً باعتماد مبدأ تزحيف النافذة حسب الخوارزمية الآتية:

الإدخال : الصورة المشوهة، حجم النافذة الذي يساوي $N*N$

الخطوة الأولى: تحديد نافذة مربعة الشكل بحجم $N*N$ حول النقطة الضوئية بالموقع (x,y) يعني يتم تحديد النقاط الضوئية بالمواقع الآتية:(x-1,y-1)، (x-1,y)، (x-1,y+1)، (x,y-1)، (x,y+1)، (x+1,y-1)، (x+1,y)، (x+1,y+1).

الخطوة الثانية: اختيار أعلى قيمة من بين قيم النقاط الضوئية المرتبة بالنافذة حيث:

النافذة المرتبة Ordered window : $I_1 \le I_2 \le I_3 \le \cdots\cdots \le I_{N^2}$

أعلى قيمة The largest value : I_{N^2}

يتم وضع قيمة I_{N^2} في المصفوفة image_max(x,y) .

الخطوة الثالثة: تعالج الصورة المشوهة باستخدام مبدأ تزحيف النافذة يعني لتحديد مركز النافذة الجديد يتم استخدام تزحيف النافذة بمقدار نقطة ضوئية واحدة وهكذا، ومن ثم تكرر الخطوة الثانية والثالثة إلى أن تتم معالجة جميع نقاط الصورة المشوهة.

الخطوة الرابعة: تحديد نافذة مربعة بحجم $N*N$ حول النقطة الضوئية بالموقع (x,y) ضمن المصفوفة image_max.

الخطوة الخامسة: يتم اختيار أصغر قيمة ضمن قيم النقاط الضوئية بالنافذة المرتبة : النافذة المرتبة Ordered window : $I_1 \le I_2 \le I_3 \le \cdots\cdots \le I_{N^2}$

أصغر قيمة Smallest value : I_1

يتم وضع قيمة I_1 في المصفوفة image_minmax(x,y).

الخطوة السادسة: تكرر الخطوة الخامسة لجميع نقاط image_max باعتماد مبدأ التزحيف للنافذة ذات الحجم $N*N$ بنقطة ضوئية واحدة.

وبذلك تم الحصول على صورة خالية من الضوضاء واستخدمت هذه الخوارزمية لإزالة الضوضاء من نوعية Gaussian أيضاً.

3.2.6 مرشح معدل ألفا المرتب Alpha trimmed mean (ALPHA)

هي إحدى الطرائق المعتمدة على الترتيب ، حيث يتم تحديد نافذة ذات حجم $N*N$ ومن ثم ترتيب بيانات النافذة وحساب معدل قيم النقاط باستثناء بعض قيم نهاية المجموعة المرتبة بالاعتماد على قيمة المتغير وحسب المعادلة الآتية:

$$\text{Ordered set} \longrightarrow gr_1 \le gr_2 \le gr_3 \le \cdots\cdots \le gr_{N^2}$$

$$Alpha\,trimmed\ Mean = \frac{1}{N^2 - d} \sum_{(s,t)\in S_{xy}} gr(s,t) \qquad \ldots(3)$$

حيث أن قيمة d تتراوح مابين 0 و N^2-1 وعندما تختار قيمة d تساوي 0 فإن عمل هذا المرشح يصبح نفس عمل مرشح المعدل mean filter ، وعندما تختار قيمة d مساوية لـــ $(N^2-1)/2$ يصبح عمل المرشح عمل مرشح الوسيط median filter أما إذا اختيرت قيمة d ما بين الواحد و N^2-1 وماعدا $(N^2-1)/2$ فإن المرشح يعمل بشكل جيد كما يعمل عند وجود ضوضاء متعددة الأنواع في الصورة [6] .

4. طرائق المنطق المضبب لإزالة الضوضاء من الصور الرقمية

يعتبر المنطق المضبب من المفاهيم الحديثة التي استخدمت في مجالات وتطبيقات مختلفة في اتخاذ القرارات منها في مجال معالجة الصور الرقمية وتحسينها، وقد تم في هذا البحث استخدام مفاهيم المنطق المضبب بهدف التقليل من تأثير الضوضاء في الصورة الرقمية وتحسين صورة شوهت أو تعرضت للضوضاء من نوع حبات الملح والفلفل impulse noise salt & pepper ونوع Gaussian noise وإجراء مقارنة للنتائج التي تم الحصول عليها من جراء تطبيق المنطق المضبب مع الطرائق الرياضية التقليدية .

لإزالة الضوضاء من الصورة باستخدام المنطق المضبب يتم اختيار دالة عضوية مناسبة، وهنا قد تم الاعتماد على الأوزان المرافقة لقيم السويات الرمادية الخاصة بالصورة والمكونة عن طريق استخدام دالة عضوية مناسبة لتكوين قيمة دالة عضوية "وزن" لكل سوية

رمادية وهذه الأوزان ليست قيما ثابتة بل تحسب بالاعتماد على معلومات النقاط المجاورة لنقطة المركز [7] .

في هذا البحث تم استخدام المنطق المضبب في إزالة الضوضاء بالصور الرقمية وذلك بالاعتماد على دالة العضوية ذات الشكل الجرسي وربطها بالخوارزميات التقليدية مثل الـــ median والـــ minimum والـــ maximum والـــ medpoint والـــ Alpha trimmed mean الأساسية الموجودة وكذلك مع طريقة الـــ minmax الناتجة من ربط طريقتي الـــ minimum والـــ maximum سويةً على نفس الصورة، وإجراء تغيرات وتحويرات في الخوارزميات للحصول على نتائج مُرضية.وذلك بالاعتماد على طريقة المعدل المضببة الموجودة بالمصدر[7] . وكذلك تم استخدام دالة العضوية السجماوية sigmoid membership function مع جميع الخوارزميات بعد إجراء التحويرات عليها وتمت المقارنة بين الطرائق السبعة التقليدية والطرائق المضببة السبعة التي أستُخدمت دالة العضوية ذات الشكل الجرسي فيها والطرائق المضببة السبعة المُستخدِمة دالة العضوية السجماوية والموضحة والمذكورة بفقرة النتائج والمناقشة.

4.1 التمثيل المضبب للصور

إن احد مجالات استخدام المنطق المضبب هي معالجة الصور الرقمية وتحسينها ، وذلك لاحتواء الصورة على الغموض ambiguity عند معالجتها، ولحل الغموض في وصف الصورة يجب تعريف واستخدام دالة عضوية $m(g)$ التي تحقق ناتجا فيما إذا كانت النقطة الضوئية ذات التدرج g هل هي داكنة dark أم ساطعة bright. فالغموض بالتدرج الرمادي grayness ambiguity يحتوي على الضبابية في طبيعتها لذا تعد طرائق المنطق المضبب هي الأنسب في معالجة هذه الصور. تتكون المعالجة المضببة بشكل عام من مراحل أساسية أولها: تضبيب الصورة image fuzzification يتم في هذه المرحلة تحويل عناصر الصورة أي النقاط الضوئية "التدرجات الرمادية" التي تعتبر قيما هشة إلى قيم مضببة وذلك باستخدام دوال العضوية للمدخلات الهشة التي تأخذ أشكالا مختلفة منها المثلثة، شبه المنحرف . . . الخ والتي تكون قيم عضويتها محصورة بين الصفر والواحد. أما مرحلة زوال الضبابية image defuzzification وتسمى أيضاً انقشاع الضبابية فيتم فيها تحويل القيم المضببة إلى قيم هشة والتي تأخذ قيماً عددية حقيقية وبعد هذه المرحلة نلاحظ نتيجة المعالجة المطلوبة التي أجريت على الصورة [7].

في هذا البحث تم استخدام دالة العضوية ذات الشكل الجرسي المزدوج لإجراء عملية التضبيب أي تم تحويل عناصر الصور pixels إلى معلومات مضببة بالاعتماد على الدالة

الجرسية المزدوجة وكذلك الدالة السجماوية المزدوجة المحورة والحصول على قيم مضببة ومن ثم تم استخدام مرشحات مختلفة لإزالة الضوضاء من الصور وباعتماد مبدأ تزحيف النافذة المربعة ذات الحجم N*N ومن ثم إزالة الضبابية من القيم المضببة باستخدام معادلات المرشحات المستخدمة بالبحث للحصول على الصورة المعالجة الخالية من الضوضاء.

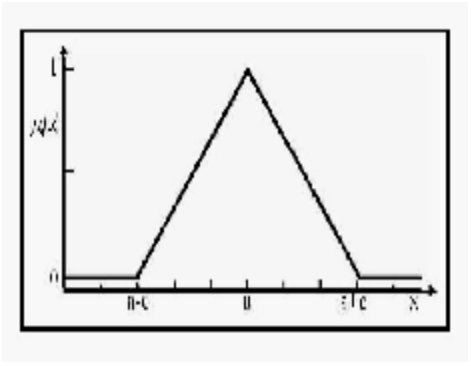
4.2 التمثيل التحليلي لدوال العضوية

إذا كانت المجموعة الشاملة غير منتهية فإنه من غير الممكن سرد جميع عناصرها معاً مع درجات عضويتها في جدول. لذا يُفضل في مثل هذه الحالات أن تمثل دالة العضوية بشكل صيغ رياضية معينة، ومن أشهر هذه الصيغ : [8]

4.2.1 دالة العضوية ذات الشكل المثلثي Triangular Shaped membership function

تكون صيغة الدالة هذه والشكل العام لها كما يأتي:

$$m_A(x)=\begin{Bmatrix} 1-\dfrac{|x-a|}{c} & ; & |x-a|\le c \\ 0 & ; & otherwise \end{Bmatrix}$$



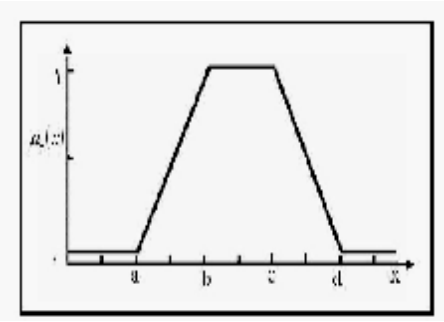
الشكل (3) يمثل دالة العضوية ذات الشكل المثلثي

4.2.2 دالة العضوية ذات الشكل شبه المنحرف

Trapezoidal Shaped membership function

يكون شكلها العام كما موضحا بالشكل الآتي:

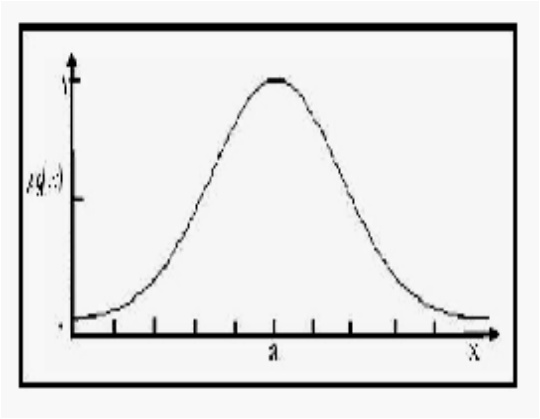
$$m_A(x)=\begin{Bmatrix} \dfrac{(a-x)}{(a-b)} & ; & a<x\le b \\ 1 & ; & b\le x\le c \\ \dfrac{(d-x)}{(d-c)} & ; & c\le x<d \\ 0 & ; & otherwise \end{Bmatrix}$$



الشكل (4) يمثل دالة العضوية ذات الشكل شبه المنحرف

4.2.3 دالة العضوية ذات الشكل الجرسي Bell Shaped membership function

تسمى أيضاً بالدالة الكاوزية Gaussian Function وشكلها العام كما موضح بالرسم الآتي:



$$m_A(x) = e^{-\frac{(x-a)^2}{b}}$$

الشكل (5) يمثل دالة العضوية ذات الشكل الجرسي

4.3 مرشح المعدل المضبب fuzzy mean filter (FM-BMF)

إن دالة العضوية هي التي تحدد نقطة المركز central pixel من بين النقاط المتجاورة لذلك فان قيمة دالة العضوية تقل للنقاط المبتعدة عن المركز وبنفس الوقت اذا كان الفرق بين قيمة السوية الرمادية ونقطة المركز كبيرا فان قيمة دالة العضوية للسوية الرمادية تكون قليلة. وبالاعتماد على ذلك تمت صياغة دالة العضوية المعتمدة على نوعية شكل الجرس bell shaped وتكونت دالة الـــ double bell shaped curve التي استخدمت في إزالة ضوضاء الصورة ودالة العضوية هذه اعتمدت على مبدأين هما الفرق بين قيم السوية الرمادية وعلى المسافة distance وقيمة دالة العضوية $m(x_{ij})$ لأية نقطة من النقاط المجاورة للمركز هي كالآتي: [7].

$$m(x_{ij}) = \exp\left[\frac{-(x_c - x_{ij})^2}{a}\right]\exp\left[\frac{-d^2}{b}\right] \quad \ldots(4)$$

حيث:

x_c : يمثل قيمة السوية الرمادية لنقطة المركز.

d : المسافة بين نقطة المركز x_c والنقطة المجاورة x_{ij} .

a و b : هما معاملات لدالة العضوية.

تعد قيم دالة العضوية في طريقة المعدل averaging أوزانا لقيم السويات الرمادية للنقاط المجاورة للمركز x_c . أما خطوات خوارزمية إزالة الضوضاء المعتمدة على المعدل فهي كما يأتي: [7]

الخطوة الأولى: تحديد مجاورات النقطة الضوئية x_c بنافذة W ذات حجم مناسب والنقطة الضوئية x_c تمثل مركز النافذة.

الخطوة الثانية: يتم تحديد وإيجاد قيم دالة العضوية m_{ij} لكل نقطة ضوئية x_{ij} من المجاورات ضمن النافذة W المحددة بالخطوة السابقة.

الخطوة الثالثة: تحسب قيمة التدرج الرمادي الجديدة للنقطة الضوئية لمركز النافذة كما يأتي:

$$x'_c = \frac{\lfloor \sum\sum m_{ij} x_{ij} \rfloor}{\lfloor \sum\sum m_{ij} \rfloor} \quad , (i,j) \in W \ , \ x_{ij} \neq x_c \qquad \ldots(5)$$

4.4 مرشح الوسيط المضبب fuzzy median filter (FMED-BMF)

باستخدام مفهوم تزحيف النافذة Sliding window يتم تقسيم الصورة إلى أجزاء متداخلة كل جزء هو نافذة بحجم $N * N$ وتتم معالجتها بالتسلسل وذلك بتزحيف كل نافذة بمقدار pixel واحد من اليسار إلى اليمين ومن الأعلى إلى الأسفل، يتم وضع ناتج المعالجة في الـــ pixel الوسطي الموجود في النافذة. وتتضمن خوارزمية مرشح الوسيط المضبب الخطوات الآتية:

الإدخال : الصورة المشوهة، حجم النافذة الذي يساوي $N * N$

الخطوة الأولى: إيجاد قيم دالة العضوية m_{st} لكل النقاط الضوئية المجاورات g_{st} لمركز النافذة W حسب المعادلة الآتية وهذه الخطوة تمثل عملية تضبيب للنقاط الضوئية للصورة المشوهة :

$$m(g_{st}) = \exp\left[\frac{-(g_c - g_{st})^2}{a}\right] \exp\left[\frac{-d^2}{b}\right] \qquad \ldots(6)$$

الخطوة الثانية: يتم حساب قيمة التدرج الرمادي الجديد لنقطة المركز ولكل النقاط المجاورة له ضمن النافذة W حسب المعادلة الآتية: $g'_{st} = m_{st} g_{st}$

الخطوة الثالثة: يتم ترتيب جميع قيم التدرجات الرمادية الجديدة g'_{st} ومن ثم أخذ الوسيط لهذه القيم ووضعه بدل قيمة نقطة المركز حسب المعادلة الآتية وبهذا تمت إزالة الضبابية للحصول على نقاط الصورة المعالجة أي المسترجعة :

$$\hat{f}_{ij} = \underset{(s,t)\in S_{ij}}{median}\{g'(s,t)\} \qquad \ldots(7)$$

حيث أن S_{ij} تمثل مجموعة مواقع النقاط الضوئية التابعة للنافذة ذات الحجم $N*N$ التي مركزها النقطة الضوئية ذات الموقع (i,j).

الخطوة الرابعة: يتم تزحيف النافذة W بنقطة ضوئية واحدة لتحديد مركز جديد، ومن ثم تكرار الخطوات من الخطوة الأولى إلى أن تتم معالجة جميع نقاط الصورة المشوهة أي إلى أن تنتهي جميع نقاط الصورة المشوهة.

4.5 مرشح التصغير المضبب fuzzy minimum filter (FMIN-BMF)

تتضمن خوارزميته نفس الخطوات السابقة لخوارزمية مرشح الوسيط المضبب لكن الاختلاف فقط في الخطوة الثالثة، إذ يتم فيها اختيار النقطة التي تمتلك أقل قيمة للسوية الرمادية المضروبة بقيمة دالة عضويتها نسبة إلى نقاط الجوار للنافذة المحدد حجمها بـــ $N*N$. كما موضح بالمعادلة الآتية.

$$\hat{f}_{ij} = \min_{(s,t)\in S_{ij}} \{g'(s,t)\} \qquad \ldots(8)$$

4.6 مرشح التكبير المضبب fuzzy maximum filter (FMAX-BMF)

يتم اختيار النقطة التي تمتلك أكبر سوية رمادية نسبة إلى نقاط الجوار للنافذة المحددة ذات الحجم $N*N$ مطروح منها مجموع قيم دالة العضوية للنقاط المجاورة لمركز النافذة. تتضمن خوارزمية هذا المرشح الخطوات الآتية:

الإدخال : الصورة المشوهة، حجم النافذة والذي يساوي $N*N$

الخطوة الأولى: إيجاد قيم دالة العضوية m_{st} لكل النقاط الضوئية المجاورات g_{st} لمركز النافذة W حسب المعادلة الآتية وهذه الخطوة تمثل عملية تضبيب للنقاط الضوئية للصورة المشوهة :

$$m(g_{st}) = \exp\left[\frac{-(g_c - g_{st})^2}{a}\right]\exp\left[\frac{-d^2}{b}\right]$$

الخطوة الثانية: حساب قيمة التدرج الرمادي الجديد لنقطة المركز ولكل النقاط المجاورة له ضمن النافذة W حسب المعادلة الآتية: $g'_{st} = m_{st} g_{st}$

الخطوة الثالثة: يتم ترتيب جميع قيم التدرجات الرمادية الجديدة g'_{st} ومن ثم اختيار أعلى قيمة من بين هذه القيم واستخدامها لإيجاد قيمة f'_{ij} الجديدة لنقطة المركز حسب المعادلات الآتية وبهذا تمت إزالة الضبابية للحصول على نقاط الصورة المعالجة أي المسترجعة :

$$m' = \sum_{(s,t)\in S_{ij}} m_{st} \qquad \ldots(9)$$

$$\hat{f}_{ij} = \max_{(s,t)\in S_{ij}} \{g'(s,t)\} - m' \qquad \ldots(10)$$

حيث S_{ij} تمثل مجموعة مواقع النقاط الضوئية لمقطع مربع من الصورة ممثل بالنافذة ذات الحجم $N*N$ التي مركزها النقطة الضوئية ذات الموقع (i,j).

الخطوة الرابعة: يستخدم مبدأ تزحيف النافذة W بنقطة ضوئية واحدة لتحديد مركز جديد، ومن ثم تكرار الخطوات من الخطوة الأولى إلى أن تتم معالجة جميع نقاط الصورة المشوهة أي إلى أن تنتهي جميع نقاط الصورة المشوهة.

4.7 مرشح نقطة الوسط المضبب fuzzy medpoint filter (FMP-BMF)

في هذا المرشح يتم إيجاد المعدل لحاصل مجموع أعلى وأصغر قيمة المضروبة ضمنياً بقيمة دالة عضويتها وحيث أن أعلى قيمة مضروبة بأصغر قيمة من قيم دالة العضوية ضمن النافذة وأصغر قيمة مضروبة بأعلى قيمة من قيم دوال العضوية.

الإدخال : الصورة المشوهة، حجم النافذة الذي يساوي $N*N$

الخطوة الأولى: إيجاد قيم دالة العضوية m_{st} لكل النقاط الضوئية المجاورات g_{st} لمركز النافذة W حسب المعادلة الآتية وهذه الخطوة تمثل خطوة تضبيب للنقاط الضوئية للصورة المشوهة :

$$m(g_{st}) = \exp\left[\frac{-(g_c - g_{st})^2}{a}\right]\exp\left[\frac{-d^2}{b}\right]$$

الخطوة الثانية: حساب قيمة التدرج الرمادي الجديد لنقطة المركز ولكل النقاط المجاورة له ضمن النافذة W حسب المعادلة الآتية:

$$g'_{st} = m_{st}\, g_{st}$$

الخطوة الثالثة: يتم ترتيب جميع قيم التدرجات الرمادية الجديدة g'_{st} ومن ثم اختيار أعلى وأقل قيمة من بين هذه القيم واستخدامهما لإيجاد قيمة f'_{ij} الجديدة لنقطة المركز حسب المعادلة الآتية وبهذا تمت إزالة الضبابية للحصول على نقاط الصورة المعالجة :

$$\hat{f}_{ij} = \frac{\left[\min_{(s,t)\in S_{ij}}\{m(s,t)\} * \max_{(s,t)\in S_{ij}}\{g'(s,t)\}\right] + \left[\max_{(s,t)\in S_{ij}}\{m(s,t)\} * \min_{(s,t)\in S_{ij}}\{g'(s,t)\}\right]}{2} \quad \ldots(11)$$

حيث S_{ij} تمثل مجموعة مواقع النقاط الضوئية لمقطع مربع من الصورة ممثل بالنافذة ذات الحجم $N*N$ التي مركزها النقطة الضوئية ذات الموقع (i,j).

الخطوة الرابعة: تزحيف النافذة W بنقطة ضوئية واحدة لتحديد مركز جديد، ومن ثم تكرار الخطوات من الخطوة الأولى إلى أن تتم معالجة جميع نقاط الصورة المشوهة أي إلى أن تنتهي جميع نقاط الصورة المشوهة.

4.8 مرشح التصغير والتكبير المضبب fuzzy minmax filter (FMINMAX-BMF)

في هذا المرشح بدايةً يتم اختيار النقطة التي تمتلك أكبر سوية رمادية نسبة إلى نقاط الجوار للنافذة المحددة ذات الحجم $N*N$ مطروح منها ناتج مجموع قيم دوال العضوية للمجاورات ضمن النافذة ومن ثم يتم تمرير الصورة الناتجة لمرشح التصغير حيث تُختار أصغر قيمة من قيم السويات الرمادية للمجاورات المضروبة بقيم دوال عضويتها . ويتلخص عمل هذا المرشح بالخطوات الآتية:

الإدخال : الصورة المشوهة، حجم النافذة الذي يساوي $N*N$

الخطوة الأولى: إيجاد قيم دالة العضوية m_{st} لكل النقاط الضوئية المجاورات g_{st} لمركز النافذة W حسب المعادلة الآتية وهذه الخطوة تمثل عملية تضبيب للنقاط الضوئية للصورة المشوهة :

$$m(g_{st}) = \exp\left[\frac{-(g_c - g_{st})^2}{a}\right]\exp\left[\frac{-d^2}{b}\right]$$

الخطوة الثانية: حساب قيمة التدرج الرمادي الجديد لنقطة المركز ولكل النقاط المجاورة له ضمن النافذة W حسب المعادلة الآتية:

$$g'_{st} = m_{st} g_{st}$$

الخطوة الثالثة: ترتيب جميع قيم التدرجات الرمادية الجديدة g'_{st} ومن ثم اختيار أعلى قيمة من بين هذه القيم واستخدامها لإيجاد قيمة f'_{ij} الجديدة لنقطة المركز حسب المعادلات الآتية وبهذا تمت إزالة الضبابية للحصول على نقاط الصورة المعالجة الوسطية وخزنها بالمصفوفة :image_max(i,j)

$$m' = \sum_{(s,t)\in S_{ij}} m_{st}$$

$$\hat{f}_{ij} = \max_{(s,t)\in S_{ij}} \{g'(s,t)\} - m'$$

حيث S_{ij} تمثل مجموعة مواقع النقاط الضوئية لمقطع مربع من الصورة ممثل بالنافذة ذات الحجم $N*N$ التي مركزها النقطة الضوئية ذات الموقع (i,j).

الخطوة الرابعة: يستخدم مبدأ تزحيف النافذة لمعالجة الصورة المشوهة ويعني ذلك لتحديد مركز جديد وهكذا، ومن ثم تكرار الخطوات من الخطوة الأولى إلى الخطوة الرابعة إلى أن تنتهي جميع نقاط الصورة المشوهة.

الخطوة الخامسة: تحديد نافذة ذات حجم $N*N$ حول النقطة بالموقع (i,j) ضمن المصفوفة الوسطية image_max.

الخطوة السادسة: إيجاد قيم دالة العضوية m_{st} لكل النقاط الضوئية المجاورات g_{st} لمركز النافذة W حسب المعادلة الآتية وهذه الخطوة تمثل عملية تضبيب للنقاط الضوئية للصورة الوسطية :

$$m(g_{st}) = \exp\left[\frac{-(g_c - g_{st})^2}{a}\right]\exp\left[\frac{-d^2}{b}\right]$$

ومن ثم حساب قيمة التدرج الرمادي الجديد لنقطة المركز ولكل النقاط المجاورة له ضمن النافذة W حسب المعادلة الآتية: $g'_{st} = m_{st} g_{st}$ ، وبعدها يتم ترتيب جميع قيم التدرجات الرمادية الجديدة g'_{st} ومن ثم اختيار أقل قيمة من بين هذه القيم واستخدامها لإيجاد قيمة f'_{ij} الجديدة لنقطة المركز حسب المعادلة الآتية وبهذا تمت إزالة الضبابية للحصول على نقاط الصورة المعالجة الخالية من الضوضاء وخزنها بالمصفوفة(image_ minmax (i,j):

$$\hat{f}_{ij} = \min_{(s,t)\in S_{ij}} \{g'(s,t)\}$$

حيث S_{ij} تمثل مجموعة مواقع النقاط الضوئية لمقطع مربع من الصورة ممثل بالنافذة ذات الحجم $N * N$ التي مركزها النقطة الضوئية ذات الموقع (i,j).

الخطوة السابعة: تكرر الخطوة السادسة إلى أن تنتهي جميع نقاط المصفوفة image_max، وذلك بعد تزحيف النافذة ذات الحجم $N * N$ بنقطة ضوئية واحدة.

4.9 مرشح معدل ألفا المرتب المضبب

fuzzy Alpha trimmed mean filter (FALPHA-BMF)

يتم هنا استخدام دالة العضوية ذات الشكل الجرسي والموضح معادلتها بخطوات عمل هذا المرشح كما يأتي:

الإدخال : الصورة المشوهة، حجم النافذة الذي يساوي $N * N$

الخطوة الأولى: إيجاد قيم دالة العضوية m_{st} لكل النقاط الضوئية المجاورات g_{st} لمركز النافذة W حسب المعادلة الآتية وهذه الخطوة تمثل عملية تضبيب للنقاط الضوئية للصورة المشوهة :

$$m(g_{st}) = \exp\left[\frac{-(g_c - g_{st})^2}{a}\right]\exp\left[\frac{-d^2}{b}\right]$$

الخطوة الثانية: حساب قيمة التدرج الرمادي الجديد f'_{ij} لنقطة المركز ولكل النقاط المجاورة له ضمن النافذة W حسب المعادلة الآتية:

$$g' = \sum_{(s,t)\in S_{ij}} \sum_{(s,t)\in S_{ij}} m_{st} g_{st} \qquad \ldots(12)$$

$$f'_{ij} = \frac{g' - \sum_{(s,t)\in S_{ij}} m_{st}}{[window\ size - d] + \left[\sum_{(s,t)\in S_{ij}} m_{st} \Big/ a \right]} \quad \ldots(13)$$

حيث S_{ij} تمثل مجموعة مواقع النقاط الضوئية التابعة للنافذة ذات الحجم $N * N$ التي مركزها النقطة الضوئية ذات الموقع (i,j).

الخطوة الثالثة: يتم تزحيف النافذة W بنقطة ضوئية واحدة لتحديد مركز جديد، ومن ثم تكرار الخطوات من الخطوة الأولى إلى أن تتم معالجة جميع نقاط الصورة المشوهة أي إلى أن تنتهي جميع نقاط الصورة المشوهة.

كما ذكرنا سابقاً أن قيم دالة العضوية تعتبر أوزانا لقيم السويات الرمادية للنقاط المجاورة للمركز وهي التي تحدد قيمة نقطة المركز من بين النقاط المتجاورة ، لذلك يتم اختيار الدالة أو تصميمها حسب الغرض المطلوب. وبالاعتماد على ذلك تمت صياغة أو تصميم دالة العضوية المعتمدة على دالة العضوية نوعية السجماوية sigmoid أي بعد إجراء تحديث لها وتم تكوين دالة الـــ double sigmoid shaped التي استخدمت في طرائق إزالة الضوضاء السبعة ولكل طريقة متغيراتها الخاصة بها parameters لدالة العضوية. وكذلك لمعادلات المرشحات وأعطت هذه الطرائق النتائج المطلوبة وكانت أفضل الطرائق والموضحة معادلاتها كما يأتي:

في مرشح المعدل المضبب المستخدم دالة العضوية السجماوية المزدوجة fuzzy mean- sigmoid membership function (FM-SMF) تم استخدام دالة العضوية الآتية في إيجاد قيم دالة عضوية كل نقطة من النقاط المجاورة لنقطة المركز ضمن النافذة المختارة لإيجاد القيمة الجديدة للمركز باعتماد طريقة المعدل كما يأتي:

$$m(g_{st}) = \left[\frac{1}{1 + e^{-a(g_c - g_{st})}} \right] \left[\frac{1}{1 + e^{-ad^2}} \right] \quad \ldots(14)$$

$$f'_{st} = \frac{\sum\sum_{(s,t)\in S_{ij}} m_{st} g_{st}}{\sum_{(s,t)\in S_{ij}} m_{st}} \quad \ldots(15)$$

أما في مرشح الوسيط المضبب السجماوي أي المُستخدم دالة السجماوية المُحدثة fuzzy median-sigmoid membership function (FMED-SMF) فقد تم إيجاد قيم دالة العضوية للنقاط المنتمية إلى لنافذة والمحيطة بالمركز باستخدام الدالة أعلاه وتم إيجاد قيمة الوسيط كما يأتي:

$$g'_{st} = m_{st} g_{st} + \sum_{(s,t)\in S_{ij}} m_{st} \quad \ldots(16)$$

$$f'_{ij} = \underset{(s,t)\in S_{ij}}{median}\{g'(s,t)\} * a \quad \ldots(17)$$

أما بالنسبة إلى مرشح التصغير المضبب السجماوي fuzzy minimum-sigmoid membership function (FMIN-SMF) ومرشح التكبير المضبب السجماوي fuzzy maximum-sigmoid membership function(FMAX-SMF) ومرشح نقطة الوسط المضبب السجماوي fuzzy medpoint-sigmoid membership function (FMP-SMF) فقد تم استخدام دالة العضوية الآتية لإيجاد قيم دوال العضوية للنقاط المجاورة للمركز ضمن النافذة المعينة.

$$m(g_{st}) = \left[\frac{1}{1+e^{-a(g_c - g_{st})}}\right]\left[\frac{1}{1+e^{-a\left[\frac{d^2}{b}\right]}}\right] \quad \ldots(18)$$

وفي مرشح التصغير والتكبير المضبب السجماوي fuzzy minmax-membership function (FMINMAX-SMF) يتم أولاً استخدام مرشح التكبير المضبب السجماوي المذكورة معادلة دالة عضويته أعلاه وبعد الحصول على الصورة الناتجة منه في المصفوفة image-MAX-SMF يتم إدخال هذه المصفوفة على مرشح التصغير الذي يستخدم دالة العضوية الآتية ومعادلته كما يأتي:

$$m(g_{st}) = \left[\frac{1}{1+e^{-a(g_c - g_{st})}}\right]\left[\frac{1}{1+e^{-ad}}\right]$$

$$g'_{st} = m_{st} g_{st} + \sum_{(s,t)\in S_{ij}} m_{st}$$

$$f'_{ij} = \min_{(s,t)\in S_{ij}} \{g'(s,t)\} * a \quad \ldots(19)$$

وأخيراً بالنسبة إلى مرشح معدل ألفا المرتب المضبب السجماوي fuzzy Alpha trimmed mean-sigmoid membership function (FALPHA-SMF) فقد أُستخدمت دالة العضوية المستخدمة في مرشح التصغير المضبب السجماوي ومرشح التكبير ومرشح نقطة الوسط المضببين السجماويين المذكورة أعلاه وأما قيمة المركز الجديدة فتحسب بالمعادلة الآتية:

$$f'_{ij} = \frac{\sum\sum_{(s,t)\in S_{ij}} m_{st} g_{st} \Big/ \sum_{(s,t)\in S_{ij}} m_{st}}{[window\ size - d] * a} \quad \ldots(20)$$

5. مقاييس تقييم أداء الاسترجاع

لقياس جودة الصورة المحسنة المسترجعة ولتقييم أداء كل طريقة ومعرفة أي الطرائق أعطت نتائج أفضل تم استخدام مقياس PSNR والذي هو مختصر Peak signal-to-noise ratio والمعادلة الخاصة بهذا المقياس هي كما يأتي: [4]

$$PSNR = 10\log_{10}\frac{255^2}{\frac{1}{MN}\sum_{i,j}(r_{ij}-x_{ij})^2} \quad \ldots(21)$$

حيث : r_{ij} : الصورة المحسنة المسترجعة.

x_{ij} : الصورة الأصلية.

M و N : بعدا الصورة ويمثلان عدد النقاط المُعالجة.

وكذلك تم استخدام مقياس mean absolute error (MAE) الذي يستخدم لقياس جودة الصورة المسترجعة ومعادلته كما يأتي: [4]

$$MAE = \frac{1}{MN}\sum_{i,j}\left|r_{ij}-x_{ij}\right| \quad \ldots(22)$$

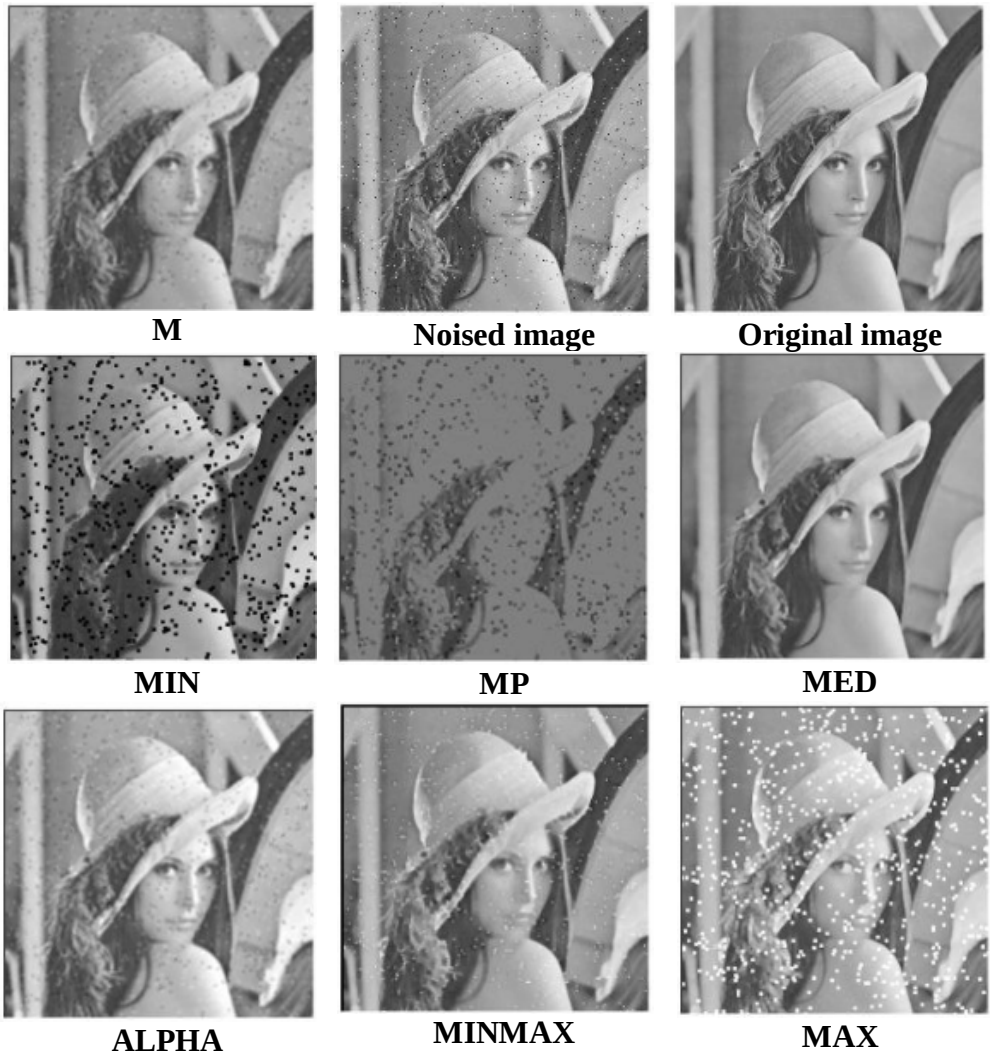
وأيضاً تم استخدام مقياس mean squared error (MSE) ومعادلته: [9]

$$MSE = \frac{1}{MN}\sum_{i,j}(r_{ij}-x_{ij})^2 \quad \ldots(23)$$

6. النتائج والمناقشة

تم تطبيق جميع الطرائق المستخدمة في هذا البحث على صور ذات تدرجات رمادية، 8bit لكل pixel أي 256 تدرجا رماديا وذات أبعاد مختلفة، حيث تم استخدام الصورة القياسية والتي هي Lena 256*256 و pepper 256*256 و cameraman 256*256 وكذلك تم استخدام صور متنوعة أخرى مثل balloon 160*120 و flower 160*120 و bird 160*120 بعد إضافة ضوضاء من نوعية salt and pepper وكذلك من نوعية Gaussian . وكان حجم النافذة لجميع المرشحات أي الطرائق المستخدمة هو 3*3. وفي حالة إضافة الضوضاء من نوعية salt and pepper فقد تم تشويه الصورة الأصلية بضوضاء salt بقيمة 255 وpepper بقيمة 0، حيث تمت إضافة الضوضاء من نوعية salt and pepper للصورة القياسية Lena ذات الأبعاد 256*256 وطبقت جميع الطرائق المذكورة بالبحث على هذه الصورة إذ بالرغم من أن طريقتي median و alpha trimmed mean هما اللتان تزيلان الضوضاء من نوعية salt and pepper وطريقة minimum تزيل salt وطريقة maximum

تزيل pepper إذ أنه بعد استخدام أو تهجين المنطق المضبب مع الطرائق التقليدية لوحظ أنه حصل تحسين في استرجاع الصورة بإضافة دالة العضوية ذات الشكل الجرسي المزدوجة وبعد استخدام دالة العضوية المحورة السجماوية المزدوجة لوحظ أنه جميع الطرائق تحسن أداؤها وتم استرجاع صورة خالية من الضوضاء وكما موضح بالشكل (6) وتم قياس مدى جودة الصورة المسترجعة باستخدام مقياس *PSNR* و *MAE* و *MSE* والجدول (1) يوضح أداء الطرائق جميعها حيث يلاحظ من الجدول أن *PSNR* تزداد قيمتها للطرائق المهجنة بالمنطق المضبب السجماوي وأن قيمة *MAE* و *MSE* تقل مقارنة بالطرائق التقليدية والطرائق المهجنة بالمنطق المضبب المستخدمة دالة العضوية الجرسية المزدوجة.



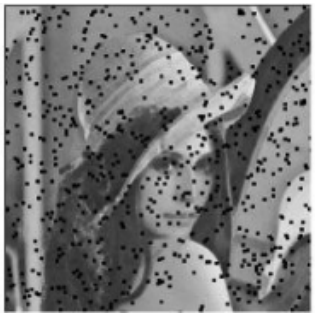
FMP-BMF

FMED-BMF

FM-BMF

FMINMAX-BMF

FMAX-BMF



FMIN-BMF

FMED-SMF

FM-SMF

FALPHA-BMF

FMAX-SMF

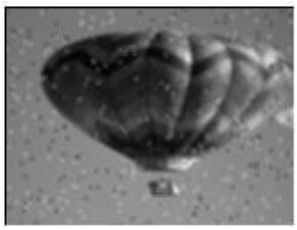
FMIN-SMF

FMP-SMF

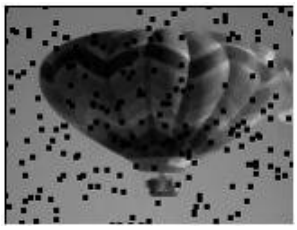
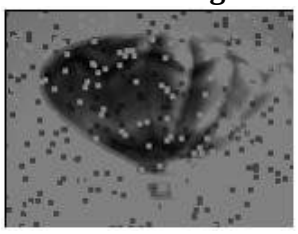
FALPHA-SMF **FMINMAX-SMF**

الشكل (6): صورة Lena الاصلية وبعد اضافة ضوضاء عليها من نوع Salt&pepper ونتائج جميع الطرائق التقليدية والمضببة بنوعيها

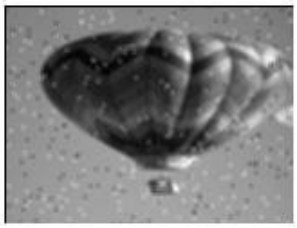
والشكلان (8،7) يوضحان نتائج الطرائق التقليدية السبعة والطرائق السبعة المهجنة مع دالة العضوية ذات الشكل الجرسي المزدوجة والطرائق السبعة المحورة مع دالة العضوية السجماوية المزدوجة لصورتي الـــ balloon و الـــ flower ذواتي الأبعاد 120*160 أما بالنسبة إلى لتطبيق الطرائق جميعها على الصور bird و cameraman و pepper ذوات الأبعاد 256*256 بعد إضافة ضوضاء من نوعية salt and pepper فموضحة نتائجها بالأشكال الموضحة بالملحق (A) والجداول (3،2،1) توضح قيم المقاييس *PSNR* و *MAE* و *MSE* لهذه الصور بجميع الطرائق ولوحظ أن الطرائق المضببة هي الأفضل وبالتحديد بعد التهجين مع دالة العضوية السجماوية المهجنة المزدوجة.



M **Noised image** **Original image**

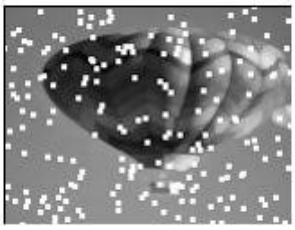



MIN **MP** **MED**

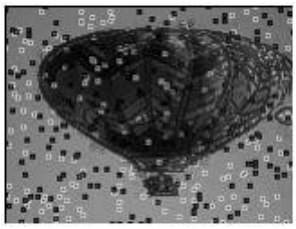


ALPHA

MINMAX

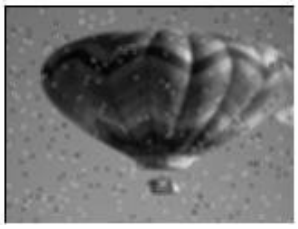


MAX

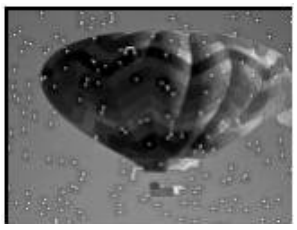


FMP-BMF

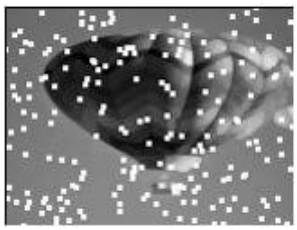
FMED-BMF



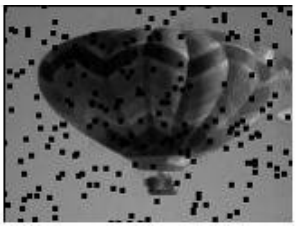
FM-BMF



FMINMAX-BMF

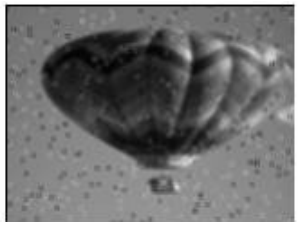


FMAX-BMF

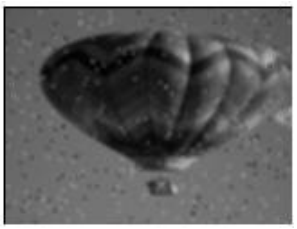


FMIN-BMF

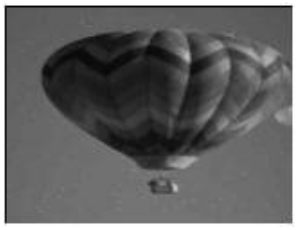
FMED-SMF



FM-SMF



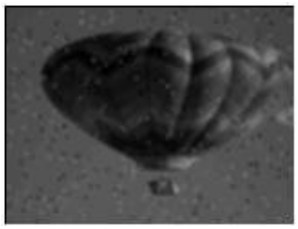
FALPHA-BMF



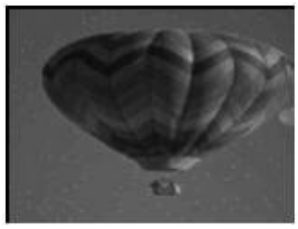
FMAX-SMF

FMIN-SMF

FMP-SMF

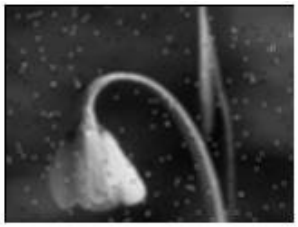


FALPHA-SMF



FMINMAX-SMF

الشكل (7): صورة Balloon الأصلية وبعد إضافة ضوضاء عليها من نوع Salt&pepper ونتائج جميع الطرائق التقليدية والمضببة بنوعيها

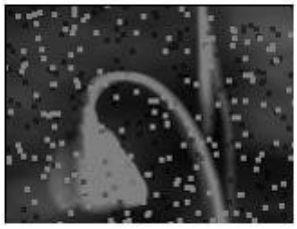


M

Noised image

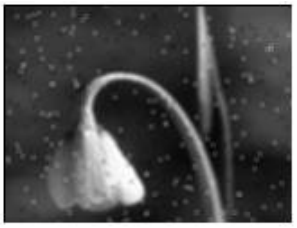
Original image

MIN

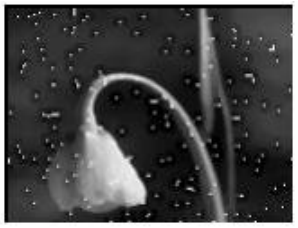


MP

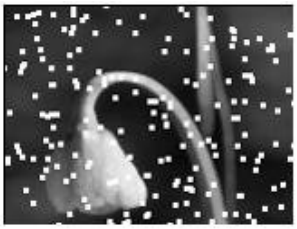
MED



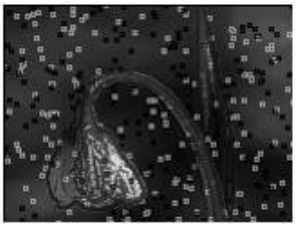
ALPHA



MINMAX

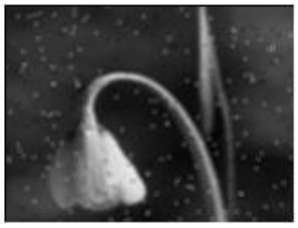


MAX

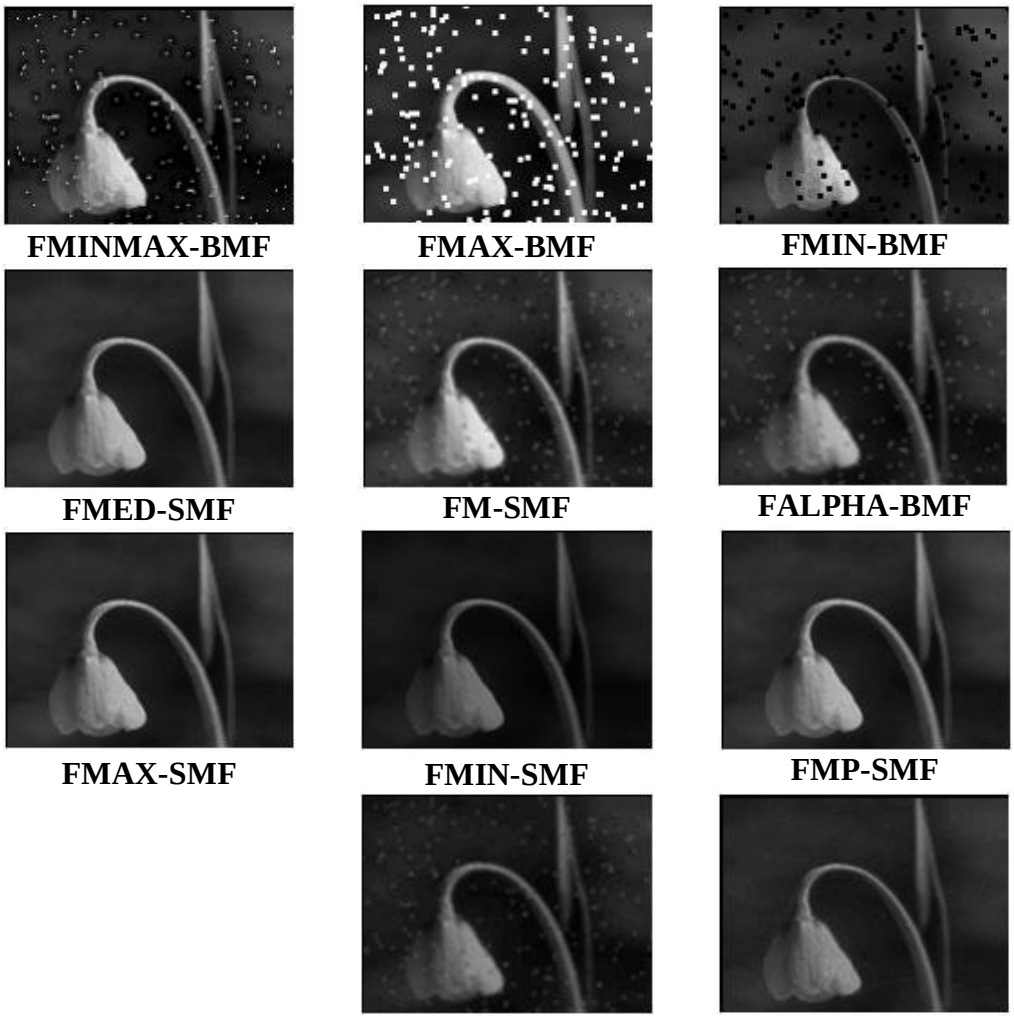


FMP-BMF

FMED-BMF



FM-BMF



الشكل (8): صورة Flower الأصلية وبعد إضافة ضوضاء عليها من نوع Salt&pepper ونتائج جميع الطرائق التقليدية والمضببة بنوعيها

الجدول (1) : نتائج مقاييس الجودة للطرائق التقليدية والمضببة بنوعيها على صورة Lena وصورة cameraman بعد إضافة ضوضاء من نوعية salt & pepper

	Lena graylevel 256*256			Cameraman graylevel 256*256		
Methods	**MAE**	**MSE**	**PSNR**	**MAE**	**MSE**	**PSNR**
M	3.789795	32.295395	33.039398	4.660049	37.628632	32.375619
MED	2.843201	20.925644	34.924015	3.035217	22.347198	34.638573
MP	3.242157	25.168213	34.122280	6.545166	35.214233	32.663621
MIN	0.196106	1.439468	46.548782	0.225723	1.746445	45.709255
MAX	21.359406	107.924728	27.799594	25.900558	100.325668	28.116683
MINMAX	8.002808	53.321060	30.861816	9.203156	54.053177	30.802591
ALPHA	18.269699	190.427780	25.333501	16.650757	165.549362	25.941528
FM-BMF	3.740372	31.940125	33.087438	4.598007	37.260956	32.418264
FMED-BMF	2.583572	18.915955	35.362521	2.695313	19.530365	35.223700
FMP-BMF	2.157043	15.213501	36.308512	4.966873	28.293015	33.614011
FMIN-BMF	0.139465	0.999710	48.132063	0.181747	1.378036	46.738196
FMAX-BMF	16.275543	74.264893	29.422968	21.555664	78.006027	29.209522
FMINMAX-BMF	3.472687	23.400803	34.438496	5.012451	29.900513	33.374017
FALPHA-BMF	0.492447	4.512695	41.586443	1.541977	13.734695	36.752613
FM-SMF	2.730789	23.273117	34.462258	3.446686	29.259964	33.468066
FMED-SMF	0.588898	4.804230	41.314566	2.008453	13.822525	36.724930
FMP-SMF	0.462128	3.824371	42.305203	1.676300	10.975479	37.726569
FMIN-SMF	0.022156	0.202194	55.073116	0.163345	1.557312	46.207047
FMAX-SMF	0.462265	3.831924	42.296634	1.525192	9.809052	38.214533
FMINMAX-SMF	0.409363	3.505386	42.683445	2.015701	16.143494	36.050828
FALPHA-SMF	0.062088	0.604019	50.320296	0.748993	7.507065	39.376102

الجدول (2) : نتائج مقاييس الجودة للطرائق التقليدية والمضببة بنوعيها على صورة Pepper وصورة Flower بعد إضافة ضوضاء من نوعية salt & pepper

	Pepper graylevel 256*256			Flower graylevel 160*120		
Methods	**MAE**	**MSE**	**PSNR**	**MAE**	**MSE**	**PSNR**
M	3.700729	30.290466	33.317744	3.528177	32.846406	32.965925
MED	2.823593	18.600433	35.435573	1.539740	12.657865	37.107199
MP	4.085129	28.201324	33.628109	8.448698	38.942031	32.226618
MIN	0.204132	1.459717	46.488118	0.052812	0.198177	55.160269
MAX	21.233780	95.504150	28.330581	23.753281	71.975625	29.558949
MINMAX	6.940338	43.020187	31.794081	5.496771	30.913125	33.229375
ALPHA	16.484970	169.835159	25.830528	9.366042	75.593333	29.345969

FM-BMF	3.646912	29.942337	33.367947	3.482292	32.619062	32.996089
FMED-BMF	2.638229	17.726364	35.644607	1.473750	12.106042	37.300782
FMP-BMF	2.915375	18.540817	35.449515	6.679844	27.370938	33.757907
FMIN-BMF	0.161667	1.130157	47.599414	0.044583	0.142344	56.597420
FMAX-BMF	16.633148	66.318970	29.914426	20.475990	55.828802	30.662221
FMINMAX-BMF	3.275421	19.355591	35.262739	3.110417	19.019583	35.338794
FALPHA-BMF	0.787613	7.418839	39.427444	1.217656	12.551667	37.143790
FM-SMF	2.613495	21.411102	34.824413	2.484062	25.152083	34.125064
FMED-SMF	1.075623	7.398712	39.439242	1.152604	7.506250	39.376573
FMP-SMF	0.915878	6.479721	40.015240	0.847604	5.485573	40.738584
FMIN-SMF	0.079178	0.744797	49.410426	0.020938	0.170573	55.811703
FMAX-SMF	0.876953	6.210876	40.199275	0.700313	4.699948	41.409873
FMINMAX-SMF	0.866028	7.163559	39.579515	1.348177	10.599948	37.877766
FALPHA-SMF	0.220459	2.032684	45.050104	0.339167	3.090156	43.230999

الجدول (3) : نتائج مقاييس الجودة للطرائق التقليدية والمضببة بنوعيها على صورة balloon وصورة bird بعد إضافة ضوضاء من نوعية salt & pepper

	balloon graylevel 160*120			**Bird graylevel 256*256**		
Methods	**MAE**	**MSE**	**PSNR**	**MAE**	**MSE**	**PSNR**
M	2.848177	26.994844	33.817995	3.284515	29.003204	33.506344
MED	1.552188	11.470104	37.535130	1.925720	13.190216	36.928285
MP	3.640260	22.523229	34.604497	5.099670	30.573746	33.277317
MIN	0.226250	1.445625	46.530247	0.193146	1.151657	47.517572
MAX	19.634323	77.462396	29.239894	21.031357	82.605026	28.960739
MINMAX	4.884323	30.328802	33.312251	5.998184	37.172867	32.428543
ALPHA	13.841510	162.608854	26.019362	13.367371	134.964813	26.828598
FM-BMF	2.810313	26.674323	33.869870	3.248138	28.756363	33.543464
FMED-BMF	1.433750	10.560313	37.894036	1.785599	12.099472	37.303139
FMP-BMF	4.170573	22.967135	34.519735	4.311050	21.114914	34.884910
FMIN-BMF	0.215156	1.359375	46.797411	0.162018	0.917801	48.503319
FMAX-BMF	16.104635	56.850781	30.583439	17.079498	58.254105	30.477538
FMINMAX-BMF	2.320260	15.528333	36.219555	2.782715	16.245850	36.023379
FALPHA-BMF	0.526042	5.258542	40.922150	0.600296	5.217072	40.956536
FM-SMF	2.057708	19.042604	35.333540	2.388565	21.350174	34.836789
FMED-SMF	0.718177	6.006250	40.344770	0.634399	5.012238	41.130487
FMP-SMF	0.575521	4.801406	41.317119	0.520111	4.150925	41.949355

FMIN-SMF	0.014948	0.129792	56.998336	0.050842	0.445297	51.644304
FMAX-SMF	0.527760	4.425104	41.671569	0.499786	3.979462	42.132560
FMINMAX-SMF	0.736094	6.811094	39.798635	0.495209	4.357254	41.738675
FALPHA-SMF	0.146823	1.424896	46.592972	0.134186	1.155716	47.502293

فضلا عن ذلك فقد تم اختبار جميع الطرائق بعد إضافة ضوضاء من نوعية Gaussian بقيمة 0 للـــ mean وقيمة 0.001 للـــ variance وكذلك بقيمة 0.02 للـــ variance لجميع الصور المستخدمة بالبحث وتم تحسينها أي إزالة الضوضاء منها بتطبيق جميع الطرائق عليها. ولوحظ أن الطرائق المضببة أفضل بكثير من الطرائق التقليدية والطرائق المضببة بالدالة السجماوية المزدوجة المحورة أفضل بكثير من الطرائق المضببة بالدالة الجرسية المزدوجة. والأشكال الموضحة بالملحق (A) توضح نتائج هذه الطرائق وكذلك الجداول (4،5،6) توضح نتائج الطرائق جميعها للصور المستخدمة بالبحث بعد إضافة ضوضاء من نوعية Gaussian بقيمة 0 للـــ mean و0.001 للـــ variance والجداول (7،8،9) توضح النتائج للصور جميعها بعد تطبيق الطرائق جميعها بعد إضافة ضوضاء من نوعية Gaussian بقيمة 0.02 للـــ variance . تم استخدام لغة MATLAB لبرمجة جميع هذه الطرائق والملحق (A) يوضح شاشات التنفيذ لهذه الطرائق على جميع الصور المستخدمة بالبحث لإزالة الضوضاء منها من نوعية salt and pepper و Gaussian .

الجدول (4): نتائج مقاييس الجودة للطرائق التقليدية والمضببة بنوعيها على صورة Lena وصورة cameraman بعد إضافة ضوضاء من نوعيةGaussian بـــ 0 mean و0.001 variance

	Lena graylevel 256*256			**cameraman graylevel 256*256**		
Methods	**MAE**	**MSE**	**PSNR**	**MAE**	**MSE**	**PSNR**
M	3.487976	27.609375	33.720238	4.031067	29.679260	33.406273
MED	3.389542	25.774399	34.018918	3.714645	27.207199	33.783965
MP	2.611679	22.130066	34.680977	3.922958	27.591782	33.723006
MIN	0.028442	0.147736	56.435952	0.039902	0.244553	54.247081
MAX	19.855804	175.061447	25.698898	21.897537	170.939514	25.802379
MINMAX	10.944427	93.844528	28.406714	12.270752	96.377396	28.291052
ALPHA	18.516785	198.917603	25.144071	16.369537	168.820663	25.856548
FM-BMF	3.417252	27.126297	33.796898	3.951767	29.211380	33.475283
FMED-BMF	2.810699	21.500534	34.806311	3.115601	22.775314	34.556160
FMP-BMF	0.398773	3.563980	42.611451	1.064240	8.905014	38.634458
FMIN-BMF	0.008530	0.039597	62.154229	0.011765	0.071777	59.570930
FMAX-BMF	12.769150	95.573593	28.327424	14.782349	90.472229	28.565651
FMINMAX-	3.770309	27.281799	33.772074	4.924057	31.439377	33.156064

BMF						
FALPHA-BMF	0.424408	3.824295	42.305290	1.129318	9.076004	38.551857
FM-SMF	2.376144	19.487579	35.233225	2.789429	22.135239	34.679962
FMED-SMF	0.637665	5.214569	40.958619	2.121918	15.964966	36.099124
FMP-SMF	0.089951	0.765015	49.294106	0.360809	3.111145	43.201601
FMIN-SMF	0.000015	0.000015	96.295603	0.000366	0.000763	79.305903
FMAX-SMF	0.491028	4.032623	42.074927	1.675949	11.861404	37.389442
FMINMAX-SMF	0.429474	3.628265	42.533813	2.291519	21.028015	34.902821
FALPHA-SMF	0.058609	0.588654	50.432206	0.508499	4.839203	41.283065

الجدول (5) : نتائج مقاييس الجودة للطرائق التقليدية والمضببة بنوعيها على صورة Pepper وصورة balloon بعد إضافة ضوضاء من نوعية Gaussian بـــ 0 mean و 0.001 variance

	Pepper graylevel 256*256			**Balloon graylevel 160*120**		
Methods	**MAE**	**MSE**	**PSNR**	**MAE**	**MSE**	**PSNR**
M	3.220398	23.304474	34.456411	2.252083	16.652396	35.916036
MED	3.348999	22.792389	34.552905	2.276302	15.951458	36.102800
MP	2.591919	20.393539	35.035878	1.931771	15.725156	36.164854
MIN	0.015900	0.066803	59.882845	0.010521	0.045729	61.528871
MAX	18.719574	168.600601	25.862212	16.143229	159.425729	26.105219
MINMAX	9.940369	83.135437	28.932942	8.488802	74.680000	29.398761
ALPHA	16.478317	176.622849	25.660335	13.406354	161.945677	26.037110
FM-BMF	3.148758	22.838821	34.544067	2.198229	16.288542	36.011982
FMED-BMF	2.850494	19.925171	35.136783	1.901146	13.725885	36.755400
FMP-BMF	0.380783	3.502655	42.686830	0.292552	2.385104	44.355730
FMIN-BMF	0.005051	0.020676	64.976210	0.003750	0.011250	67.619278
FMAX-BMF	11.581543	84.579712	28.858142	8.970260	69.315156	29.722522
FMINMAX-BMF	3.368179	21.453583	34.815805	2.206719	15.622656	36.193255
FALPHA-BMF	0.639252	5.926819	40.402587	0.333177	3.122187	43.186214
FM-SMF	2.145859	15.986801	36.093188	1.422656	11.042656	37.700068
FMED-SMF	1.145477	8.173676	39.006630	0.830000	7.073646	39.634370
FMP-SMF	0.274597	2.644745	43.906966	0.079062	0.678021	49.818373
FMIN-SMF	0.000397	0.001495	76.383342	0.000104	0.000208	84.943216
FMAX-SMF	0.943665	6.779388	39.818898	0.613958	5.230469	40.945397
FMINMAX-SMF	0.947083	7.986191	39.107407	0.828906	7.772760	39.225051
FALPHA-SMF	0.179214	1.648682	45.959436	0.076458	0.630313	50.135244

الجدول (6) : نتائج مقاييس الجودة للطرائق التقليدية والمضببة بنوعيها على صورة Flower وصورة bird بعد إضافة ضوضاء من نوعية Gaussian بقيمة 0 mean و 0.001 variance

Flower graylevel 160*120

Methods	MAE	MSE	PSNR	MAE	MSE	PSNR
M	2.325260	17.547969	35.688535	2.586700	17.844925	35.615656
MED	2.279115	16.765104	35.886741	2.677628	18.290634	35.508516
MP	2.856302	19.718281	35.182113	2.555649	18.392334	35.484435
MIN	0.008125	0.029687	63.405067	0.025665	0.155731	56.207047
MAX	16.794896	158.957604	26.117991	16.871964	167.606232	25.887902
MINMAX	8.624948	74.872917	29.387556	9.783096	88.310837	28.670664
ALPHA	7.716563	65.416146	29.973954	12.745102	137.744263	26.740068
FM-BMF	2.265677	17.149948	35.788176	2.530121	17.453140	35.712068
FMED-BMF	2.038750	15.061042	36.352254	2.247101	15.381485	36.260821
FMP-BMF	0.350885	2.720885	43.783701	0.327621	2.530151	44.099339
FMIN-BMF	0.002917	0.008021	69.088609	0.011459	0.068283	59.787673
FMAX-BMF	9.580990	68.150417	29.796118	9.592514	75.702362	29.339709
FMINMAX-BMF	2.333906	17.023698	35.820265	2.815308	18.632004	35.428208
FALPHA-BMF	0.426250	3.938802	42.177162	0.380310	3.247986	43.014662
FM-SMF	1.383750	10.841302	37.779989	1.682495	11.737900	37.434900
FMED-SMF	1.437292	9.922812	38.164456	0.712631	5.594147	40.653465
FMP-SMF	0.073177	0.525573	50.924474	0.129288	1.072754	47.825803
FMIN-SMF	0.000052	0.000052	90.963816	0.000977	0.004852	71.271332
FMAX-SMF	0.924583	6.255573	40.168133	0.548721	4.375000	41.721023
FMINMAX-SMF	1.670313	13.701354	36.763169	0.537369	4.694550	41.414864
FALPHA-SMF	0.107240	0.911146	48.534925	0.111725	0.983353	48.203711

الجدول (7) : نتائج مقاييس الجودة للطرائق التقليدية والمضببة بنوعيها على صورة Lena وصورة cameraman بعد إضافة ضوضاء من نوعية Gaussian بـــ 0 mean و0.02 variance

Lena gray level 256*256 **Cameraman gray level 256*256**

Methods	MAE	MSE	PSNR	MAE	MSE	PSNR
M	6.075195	59.182892	30.408842	7.506332	71.193039	29.606428
MED	6.974869	67.607513	29.830854	7.083298	65.947006	29.938853
MP	3.099304	28.142975	33.637104	7.476257	62.917206	30.143109
MIN	0.029312	0.281738	53.632345	0.022705	0.214584	54.814823
MAX	54.591339	248.935287	24.169939	57.670380	248.933853	24.169964

MINMAX	34.049286	221.189255	24.683163	35.192352	223.052002	24.646742
ALPHA	19.240601	170.990524	25.801083	18.574875	164.892471	25.958795
FM-BMF	5.839035	56.831192	30.584936	7.268433	68.948654	29.745546
FMED-BMF	4.800568	45.968613	31.506190	5.290344	48.656998	31.259351
FMP-BMF	0.294449	2.821411	43.626140	2.725662	26.021759	33.977437
FMIN-BMF	0.012787	0.126587	57.106915	0.009125	0.080170	59.090702
FMAX-BMF	47.961334	243.670883	24.262767	50.964371	243.713943	24.262000
FMINMAX-BMF	18.779541	151.791656	26.318325	20.484665	159.194351	26.111527
FALPHA-BMF	0.598404	5.388809	40.815876	2.252441	20.205246	35.076162
FM-SMF	3.446594	33.031662	32.941499	4.730026	44.488510	31.648325
FMED-SMF	1.486542	13.584763	36.800283	3.261826	30.640366	33.267864
FMP-SMF	0.144958	1.302582	46.982754	0.862198	7.866806	39.172819
FMIN-SMF	0.003799	0.037048	62.443116	0.003296	0.029236	63.471648
FMAX-SMF	1.180832	10.674042	37.847515	2.829575	26.502777	33.897890
FMINMAX-SMF	0.611603	5.124954	41.033904	2.487808	24.099106	34.310794
FALPHA-SMF	0.079758	0.784164	49.186732	1.031189	9.039978	38.569130

الجدول (8) : نتائج مقاييس الجودة للطرائق التقليدية والمضببة بنوعيها على صورة Pepper وصورة balloon بعد إضافة ضوضاء من نوعية Gaussian بقيمة mean 0 و variance 0.02

	Pepper gray level 256*256			**Balloon graylevel 160*120**		
Methods	**MAE**	**MSE**	**PSNR**	**MAE**	**MSE**	**PSNR**
M	6.077026	58.359436	30.469693	5.331146	53.941510	30.811573
MED	6.888199	65.799683	29.948566	5.789167	57.905469	30.503608
MP	4.689529	44.557510	31.641594	4.458385	42.121458	31.885770
MIN	0.020447	0.194504	55.241523	0.006302	0.047917	61.325938
MAX	55.302795	249.556320	24.159118	54.386667	247.683125	24.191839
MINMAX	33.972992	221.834869	24.670505	32.101823	218.863646	24.729067
ALPHA	17.773880	160.783707	26.068383	14.848646	144.293594	26.538333
FM-BMF	5.834747	55.904922	30.656303	5.105677	51.549271	31.008578
FMED-BMF	4.871307	46.000504	31.503178	4.175208	41.525417	31.947664
FMP-BMF	0.586166	5.593933	40.653631	0.735573	7.378490	39.451129
FMIN-BMF	0.008194	0.073959	59.440873	0.002396	0.014896	66.400156
FMAX-BMF	48.659195	244.712631	24.244240	47.694219	242.203021	24.289008
FMINMAX-BMF	19.100769	154.057663	26.253971	18.141615	152.522396	26.297467
FALPHA-BMF	0.940674	8.512970	38.829993	0.807865	7.930052	39.138043

FM-SMF	3.435791	32.273285	33.042372	2.891823	28.757656	33.543269
FMED-SMF	2.130280	19.199585	35.297885	2.064896	20.681458	34.974992
FMP-SMF	0.355576	3.225449	43.044902	0.270677	2.522187	44.113030
FMIN-SMF	0.002579	0.023743	64.375507	0.000260	0.001302	76.984416
FMAX-SMF	1.765320	15.811188	36.141159	1.694063	16.979063	35.831667
FMINMAX-SMF	1.191605	10.380417	37.968656	1.209948	12.177969	37.275055
FALPHA-SMF	0.254425	2.274612	44.561730	0.224635	1.983125	45.157303

الجدول (9) : نتائج مقاييس الجودة للطرائق التقليدية والمضببة بنوعيها على صورة Flower وصورة bird بعد إضافة ضوضاء من نوعية Gaussian بقيمة 0 للـ mean و0.02 للـ variance

	Flower graylevel 160*120			**Bird graylevel 256*256**		
Methods	**MAE**	**MSE**	**PSNR**	**MAE**	**MSE**	**PSNR**
M	6.288854	64.633906	30.026200	5.666016	56.813278	30.586305
MED	6.075833	61.473750	30.243907	6.310181	63.183411	30.124773
MP	10.236771	102.870000	28.007916	6.093689	60.198944	30.334915
MIN	0.008073	0.059635	60.375761	0.016235	0.144409	56.534856
MAX	54.696094	247.921354	24.187664	54.981171	249.883087	24.153435
MINMAX	32.575521	221.226458	24.682433	34.168335	229.064163	24.531232
ALPHA	11.659271	116.084531	27.483060	14.402161	138.900925	26.703752
FM-BMF	6.045521	62.055833	30.202977	5.427963	54.296707	30.783069
FMED-BMF	4.945938	49.954792	31.145032	4.613541	45.464676	31.554063
FMP-BMF	1.760365	17.957031	35.588458	0.564621	5.463150	40.756372
FMIN-BMF	0.002135	0.009010	68.583355	0.007919	0.067184	59.858116
FMAX-BMF	47.951406	242.565417	24.282515	48.273529	244.970688	24.239662
FMINMAX-BMF	21.307552	177.494740	25.638949	20.275299	170.969696	25.801612
FALPHA-BMF	1.656615	15.280052	36.289555	0.766418	6.666367	39.891912
FM-SMF	3.524635	35.117135	32.675613	3.087250	29.751678	33.395689
FMED-SMF	4.260104	43.893385	31.706813	2.379242	22.943573	34.524193
FMP-SMF	0.492552	4.210729	41.887231	0.236420	2.084259	44.941287
FMIN-SMF	0.000156	0.000156	86.192603	0.002472	0.020645	64.982625
FMAX-SMF	3.543125	36.172448	32.547025	1.893494	18.008987	35.575911
FMINMAX-SMF	2.654375	26.064167	33.970365	0.951706	8.880051	38.646649
FALPHA-SMF	0.350521	2.789635	43.675329	0.162567	1.440720	46.545009

7. الاستنتاجات

من خلال تطبيق الطرائق التقليدية لإزالة الضوضاء من الصور الرقمية والطرائق المهجنة أو التي تعتمد على المنطق المضبب على صور مختلفة لاحظنا أن الطرائق المعتمدة على المنطق المضبب أعطت أفضل النتائج وبالتحديد الطرائق المطورة أو المحورة التي استخدمت بها أو هجنت بدالة العضوية نوعية sigmoid المحورة المزدوجة أعطت أحسن نتائج من حيث تقييم الصورة عن طريق النظر أي من ناحية وضوح الصور بعد تطبيق الطرائق عليها أو من خلال حساب قيم مقاييس الجودة من *PSNR* و *MAE* و *MSE*. ونتائج التجارب التي أجريت على صور قياسية وصور متنوعة ذات أبعاد مختلفة وذات تدرجات رمادية أي صور غير ملونة برهنت أفضلية وجودة الطرائق المضببة السجماوية (FMP-، FMED-BMF، FM-SMF، FALPHA-SMF) مقارنة بالطرائق المضببة الجرسية (FMIN-، FMP-BMF، FMED-BMF، FM-BMF، BMF ، FMAX-BMF، FMINMAX-BMF ، FALPHA-BMF) والطرائق التقليدية (M ، MED، MP، MIN، MAX، MINMAX ، ALPHA) والموضحة بالأشكال والجداول المذكورة في متن البحث . حيث طبقت على نوعية ضوضاء مختلفة نوعية الـــ salt and pepper و نوعية Gaussian وبالنسبة إلى هذه النوعية بقيم مختلفة للـــ variance أي بمستويات أو نسب متعددة للضوضاء ولوحظ من النتائج جميعها أن أفضل الطرائق هي التي طُورت باستخدام الدالة السجماوية المحورة المزدوجة.

المصادر

[1] Gonzales, R. and Wintz P.,(1977)Digital Image Processing, Addison Wesley Publishing Company.

[2] Kam, H. S., Hanmandlu M. And Tan W.H.,(2003),An Improved Image Enhancement Combining Smoothing and Sharpening,IEEE.

[3] Thanh, N. M. And Chen M.,(2007),Image Denoising Using Adaptive Neuro-Fuzzy System,International Journal of Applied Mathematics.

[4] Ville, D., Nachtegael M. Ed.,(2003),Noise Reduction by Fuzzy Image Filtering, IEEE TRANSACTIONS ON FUZZY SYSTEMS, VOL. 11, NO. 4, pp. 429-436.

[5] Umbaugh, S.E.,(1998)Computer Vision and Image Processing, Prentice Hall PTR,USA.

[6] Gonzales, R. C. and Woods R. E.,(2002)Digital Image Processing, Second Edition, Prentice-Hall, Inc., New Jersey.

[7] Acharya, T. and Ray A.K.,(2005)Image Processing Principles and Applications, Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey.

[8] Klir, G. J., Clair U. S. And Yuan B.,(1997),Fuzzy Set Theory Foundations and Applications, Prentice Hall PTR,USA.

[9] Besdok, E.,(2004),Impulsive Noise Suppression from Images by Using Anfis Interpolant and Lillietest,EURASIP Journal on Applied Signal Processing,16,pp. 2423-2433.

[10] Mastriani, M.,(2006), Fuzzy Thresholding in Wavelet Domain for Speckle Reduction in Synthetic Aperture Radar Images, International Journal of Intelligent Technology, Vol. 1,no. 3, pp. 252-265.

[11] Khriji, L., Meribout M.,(2004), Fuzzy Based Filtering of Multichannel Images, International Journal of Computational Cognition,Vol. 2,no. 4, pp.115-139.

Appendix A

M

Noised image

Original image

MIN

MP

MED

ALPHA

MINMAX

MAX

FMP-BMF

FMED-BMF

FM-BMF

FMINMAX-BMF

FMAX-BMF

FMIN-BMF

FMED-SMF

FM-SMF

FALPHA-BMF

FMAX-SMF

FMIN-SMF

FMP-SMF

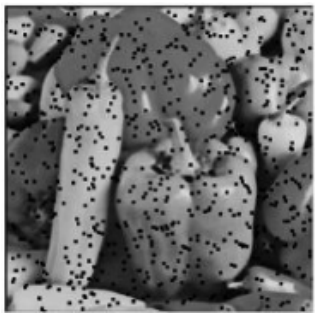
FALPHA-SMF

FMINMAX-SMF

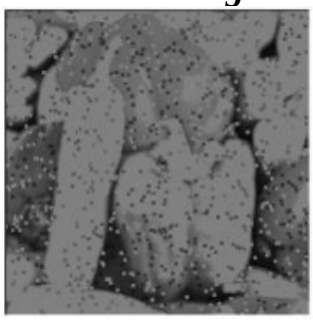
M

Noised image

Original image



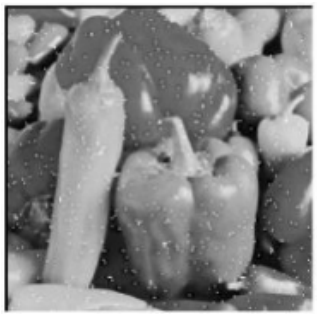
MIN



MP

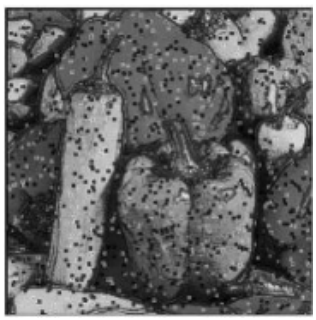
MED

ALPHA



MINMAX

MAX



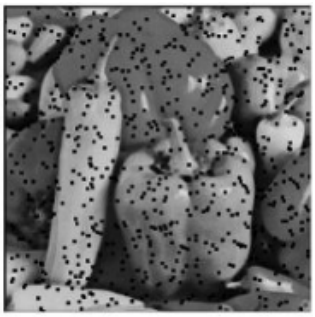
FMP-BMF

FMED-BMF

FM-BMF

FMINMAX-BMF

FMAX-BMF



FMIN-BMF

FMED-SMF

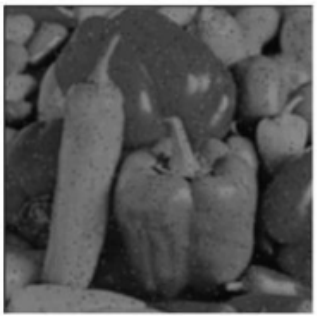
FM-SMF

FALPHA-BMF

FMAX-SMF

FMIN-SMF

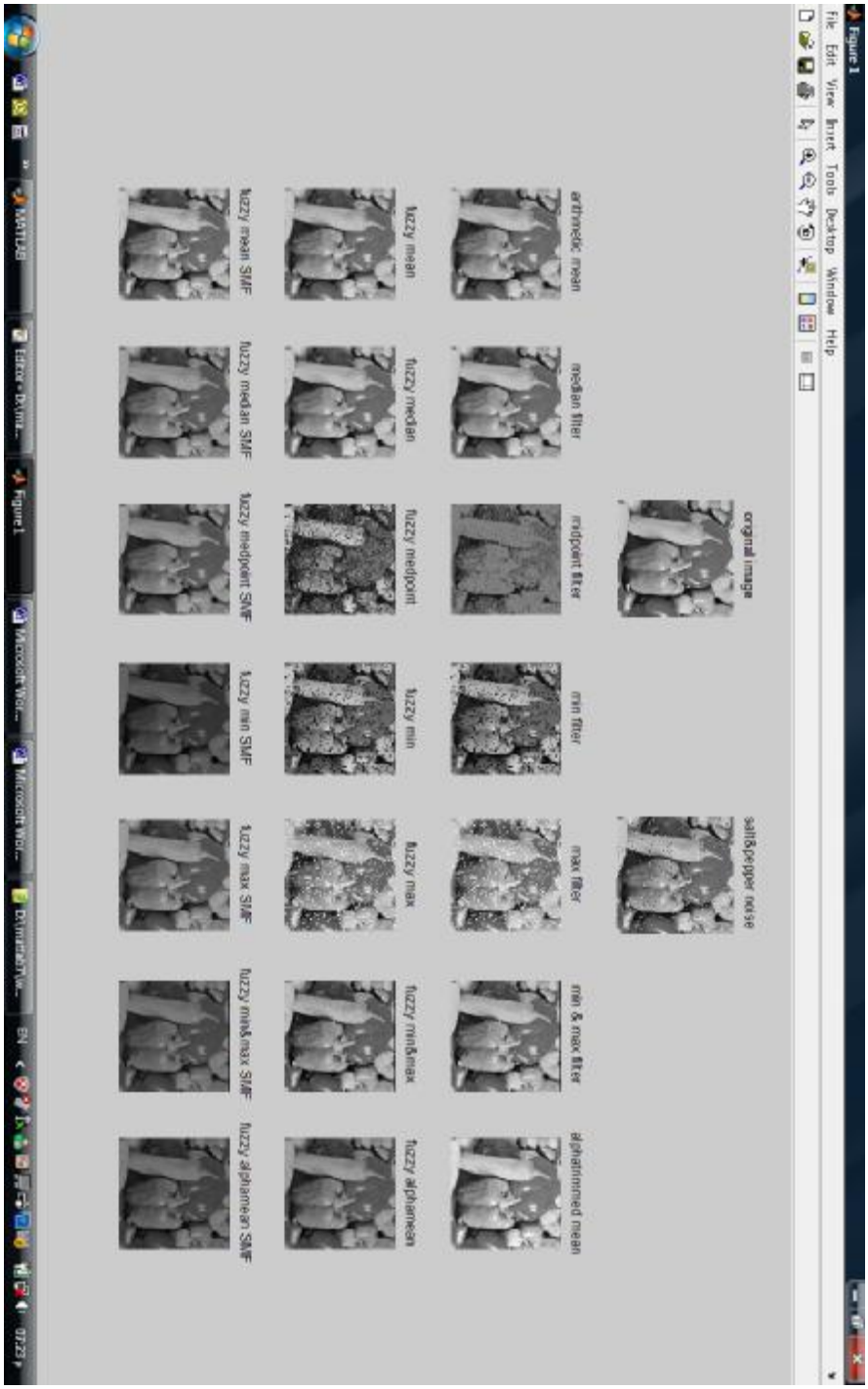
FMP-SMF



FALPHA-SMF

FMINMAX-SMF

results of Salt & Pepper noise



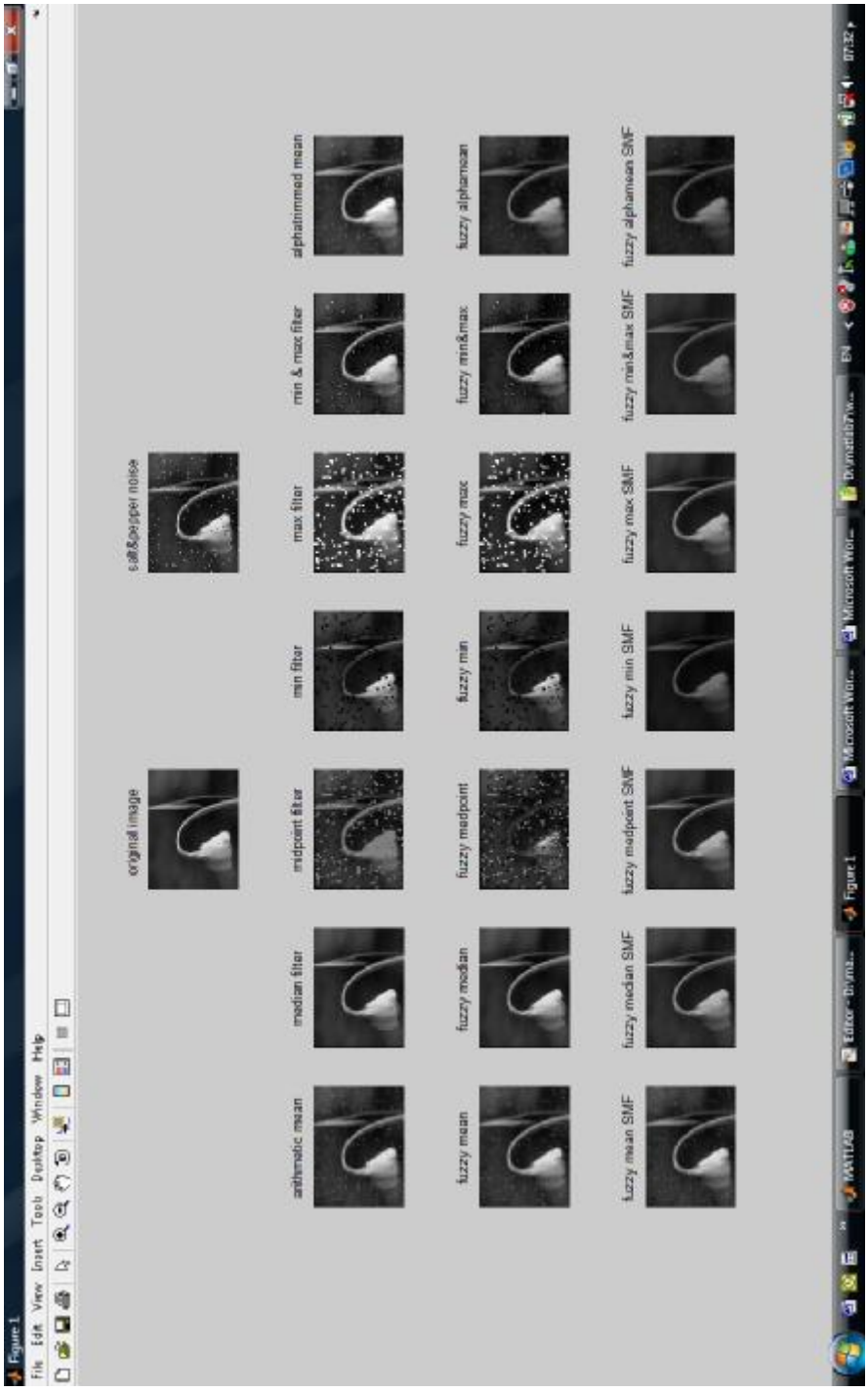


Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
original image
salt&pepper noise
arithmetic mean
median filter
midpoint filter
min filter
max filter
min & max filter
alphatrimmed mean
fuzzy mean
fuzzy median
fuzzy midpoint
fuzzy min
fuzzy max
fuzzy min&max
fuzzy alphamean
fuzzy mean SMF
fuzzy median SMF
fuzzy midpoint SMF
fuzzy min SMF
fuzzy max SMF
fuzzy min&max SMF
fuzzy alphamean SMF

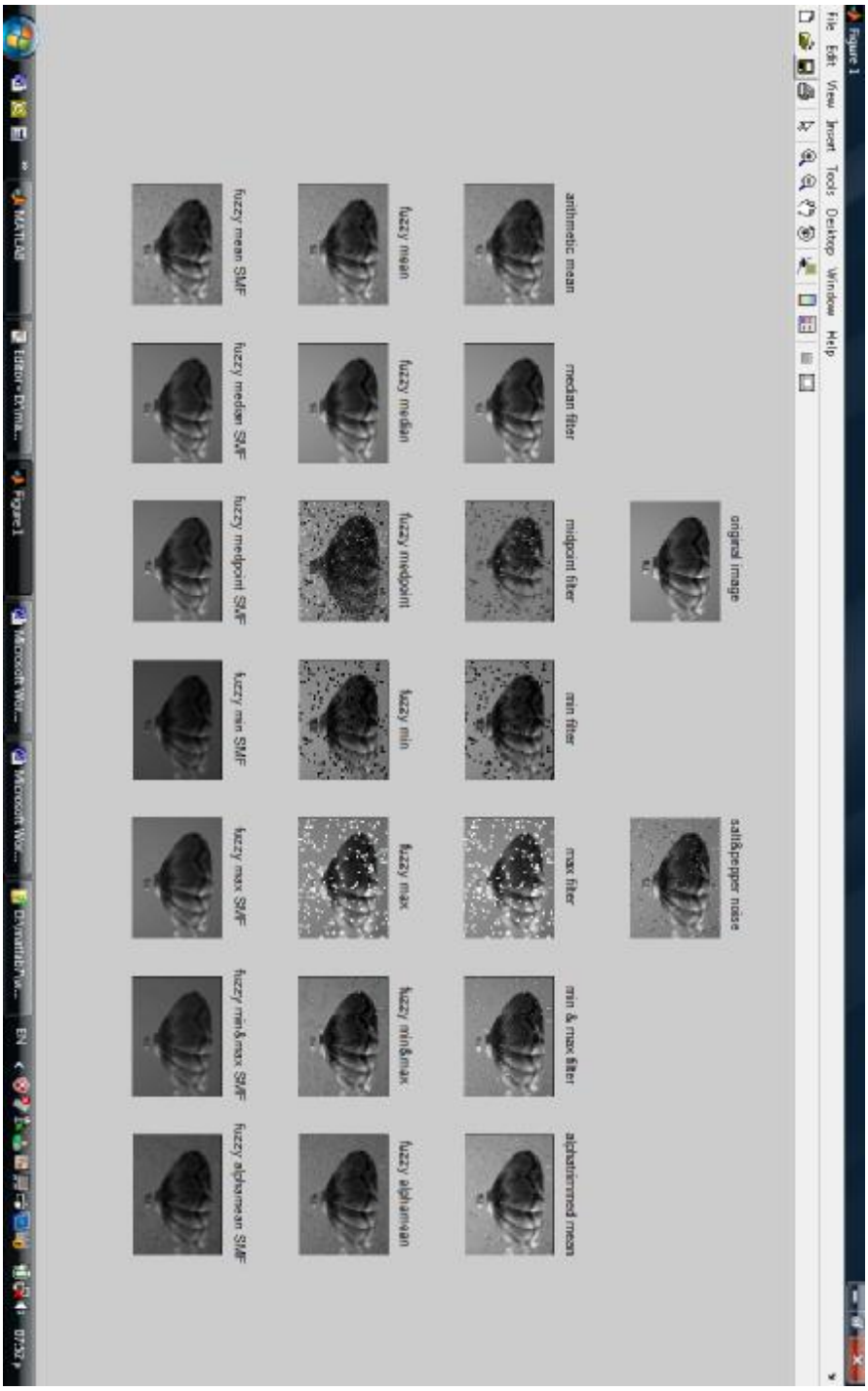


Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
original image
salt&pepper noise
arithmetic mean
median filter
midpoint filter
min filter
max filter
min & max filter
alphatrimmed mean
fuzzy mean
fuzzy median
fuzzy midpoint
fuzzy min
fuzzy max
fuzzy min&max
fuzzy alphamean
fuzzy mean SMF
fuzzy median SMF
fuzzy midpoint SMF
fuzzy min SMF
fuzzy max SMF
fuzzy min&max SMF
fuzzy alphamean SMF

Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
original image
salt&pepper noise
arithmetic mean
median filter
midpoint filter
min filter
max filter
min & max filter
alphatrimmed mean
fuzzy mean
fuzzy median
fuzzy midpoint
fuzzy min
fuzzy max
fuzzy min&max
fuzzy alphamean
fuzzy mean SMF
fuzzy median SMF
fuzzy midpoint SMF
fuzzy min SMF
fuzzy max SMF
fuzzy min&max SMF
fuzzy alphamean SMF

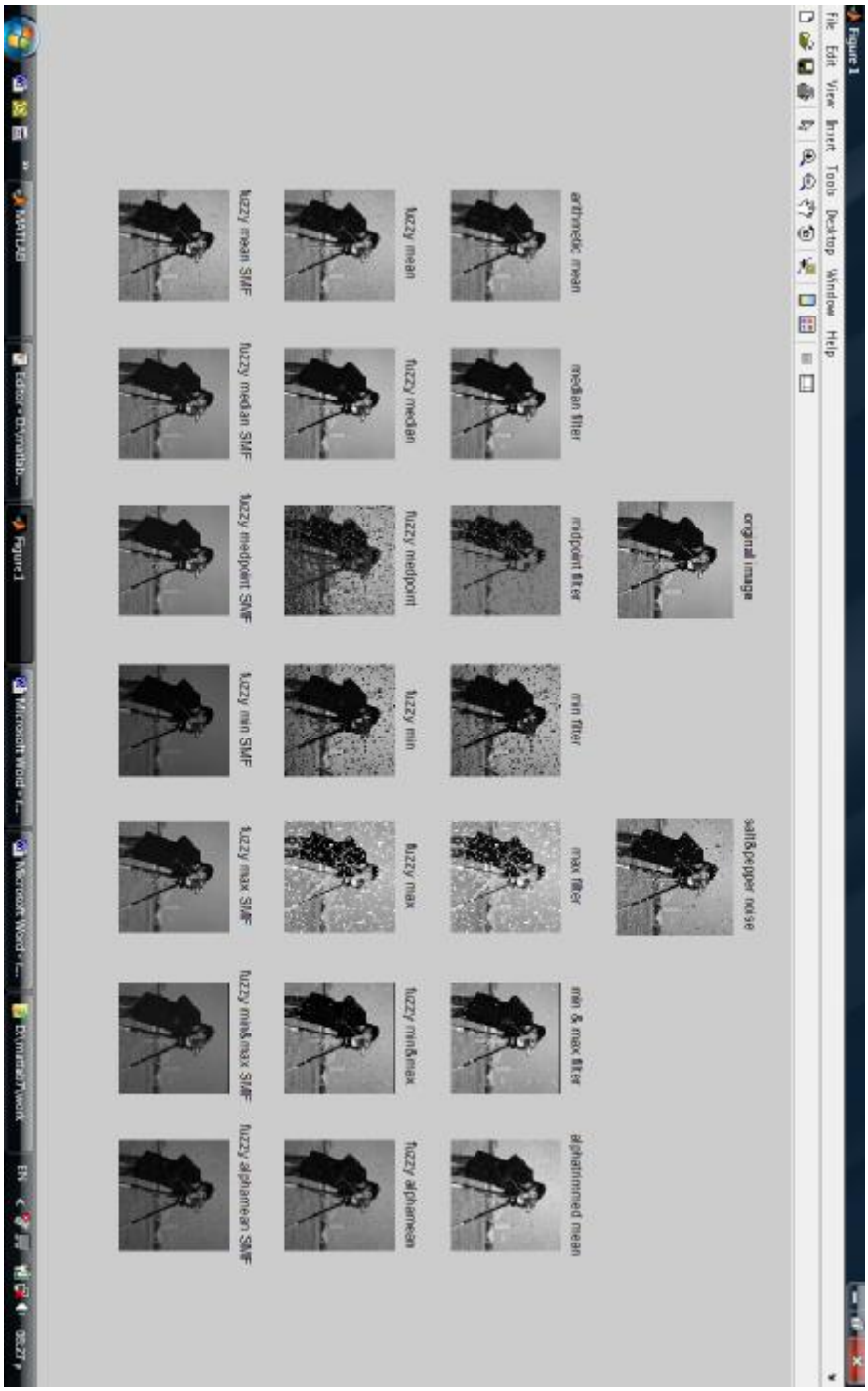


Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
original image
salt&pepper noise
arithmetic mean
median filter
midpoint filter
min filter
max filter
min & max filter
alphatrimmed mean
fuzzy mean
fuzzy median
fuzzy midpoint
fuzzy min
fuzzy max
fuzzy min&max
fuzzy alphamean
fuzzy mean SMF
fuzzy median SMF
fuzzy midpoint SMF
fuzzy min SMF
fuzzy max SMF
fuzzy min&max SMF
fuzzy alphamean SMF

Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
original image
salt&pepper noise
arithmetic mean
median filter
midpoint filter
min filter
max filter
min & max filter
alphatrimmed mean
fuzzy mean
fuzzy median
fuzzy midpoint
fuzzy min
fuzzy max
fuzzy min&max
fuzzy alphamean
fuzzy mean SMF
fuzzy median SMF
fuzzy midpoint SMF
fuzzy min SMF
fuzzy max SMF
fuzzy min&max SMF
fuzzy alphamean SMF

results of Gaussian noise with mean 0 & variance 0.001

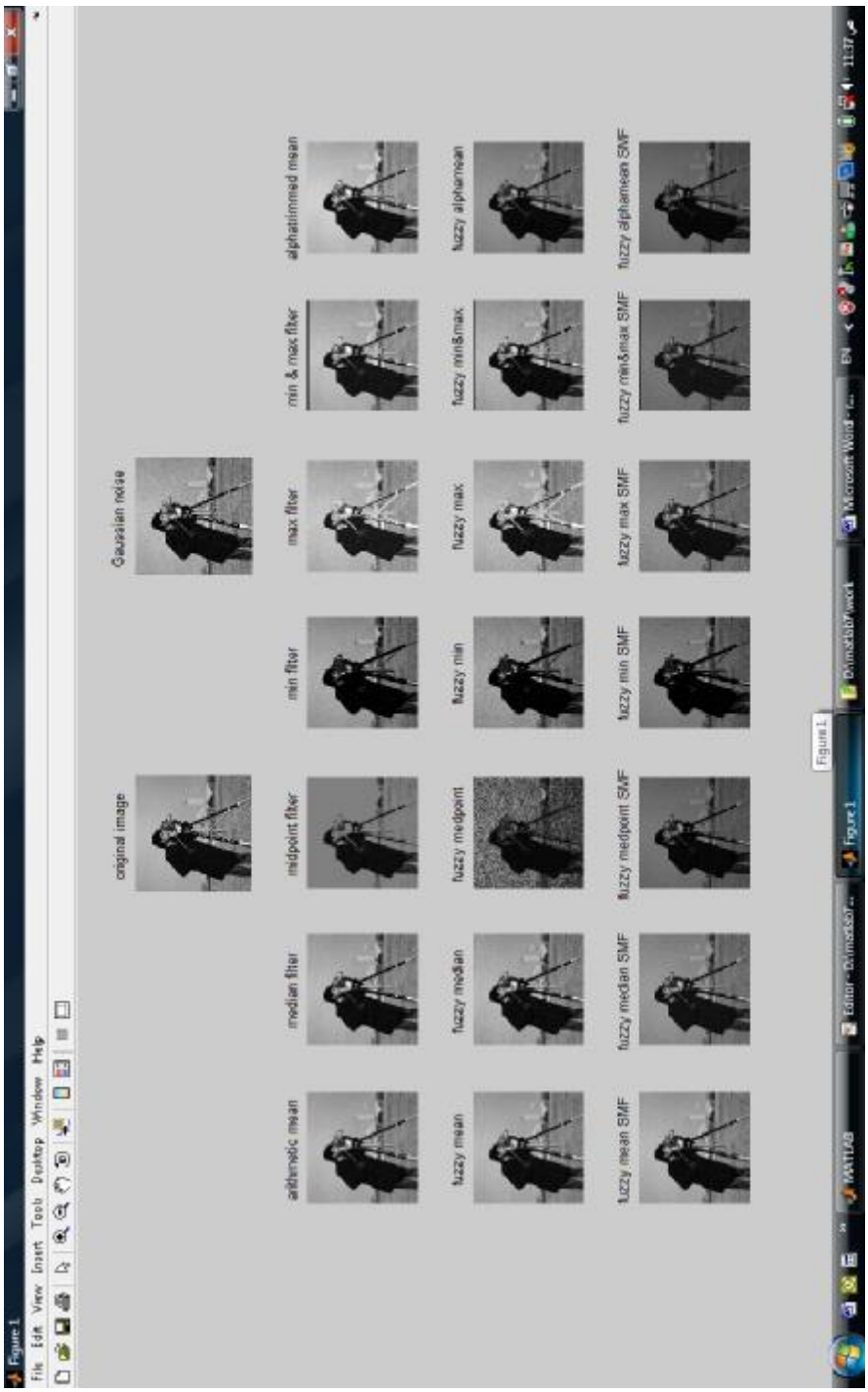


Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
original image
Gaussian noise
arithmetic mean
median filter
midpoint filter
min filter
max filter
min & max filter
alphatrimmed mean
fuzzy mean
fuzzy median
fuzzy midpoint
fuzzy min
fuzzy max
fuzzy min&max
fuzzy alphamean
fuzzy mean SMF
fuzzy median SMF
fuzzy midpoint SMF
fuzzy min SMF
fuzzy max SMF
fuzzy min&max SMF
fuzzy alphamean SMF
Figure 1

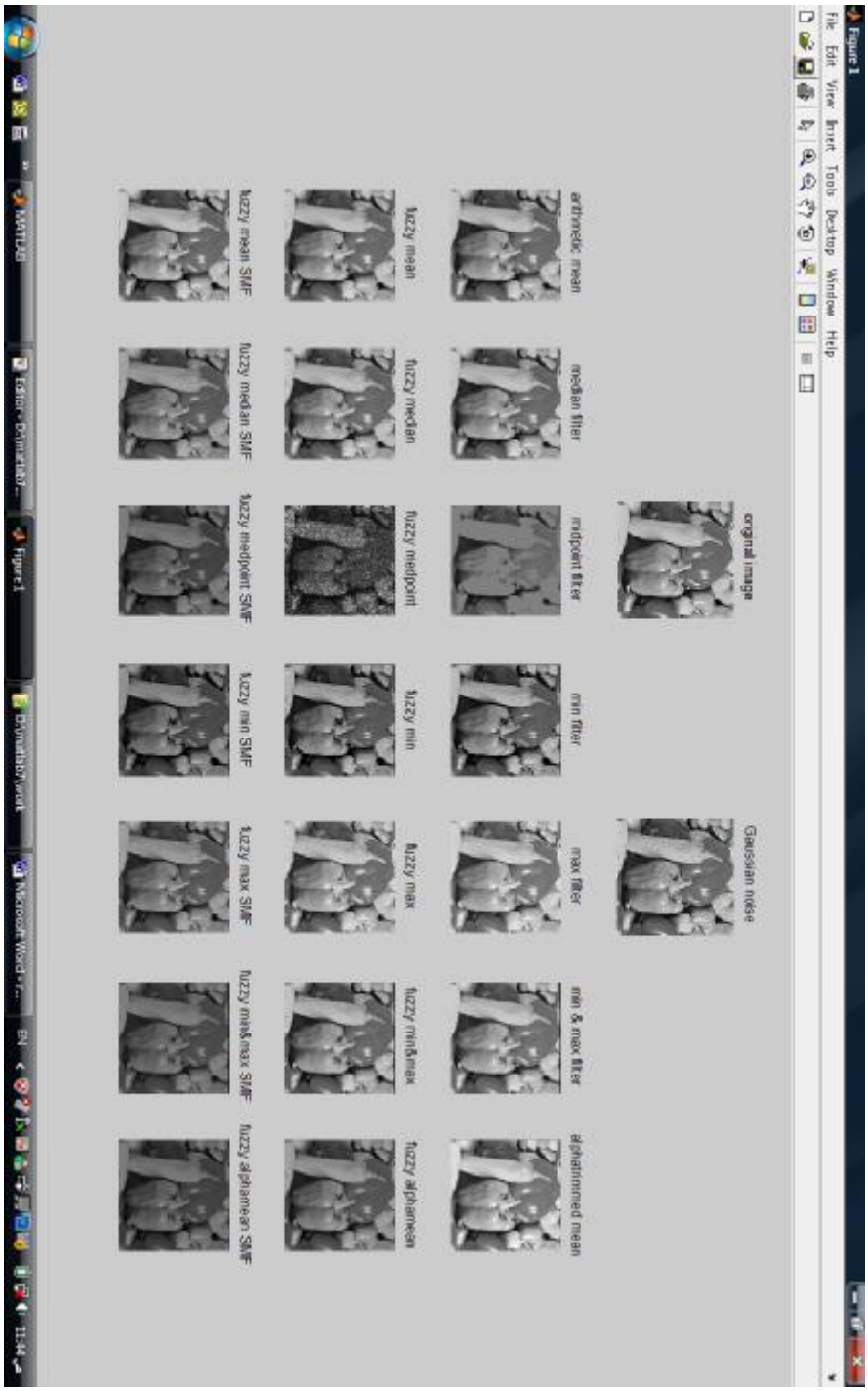


Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
original image
Gaussian noise
arithmetic mean
median filter
midpoint filter
min filter
max filter
min & max filter
alphatrimmed mean
fuzzy mean
fuzzy median
fuzzy midpoint
fuzzy min
fuzzy max
fuzzy min&max
fuzzy alphamean
fuzzy mean SMF
fuzzy median SMF
fuzzy midpoint SMF
fuzzy min SMF
fuzzy max SMF
fuzzy min&max SMF
fuzzy alphamean SMF

Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
original image
Gaussian noise
arithmetic mean
median filter
midpoint filter
min filter
max filter
min & max filter
alphatrimmed mean
fuzzy mean
fuzzy median
fuzzy midpoint
fuzzy min
fuzzy max
fuzzy min&max
fuzzy alphamean
fuzzy mean SMF
fuzzy median SMF
fuzzy midpoint SMF
fuzzy min SMF
fuzzy max SMF
fuzzy min&max SMF
fuzzy alphamean SMF

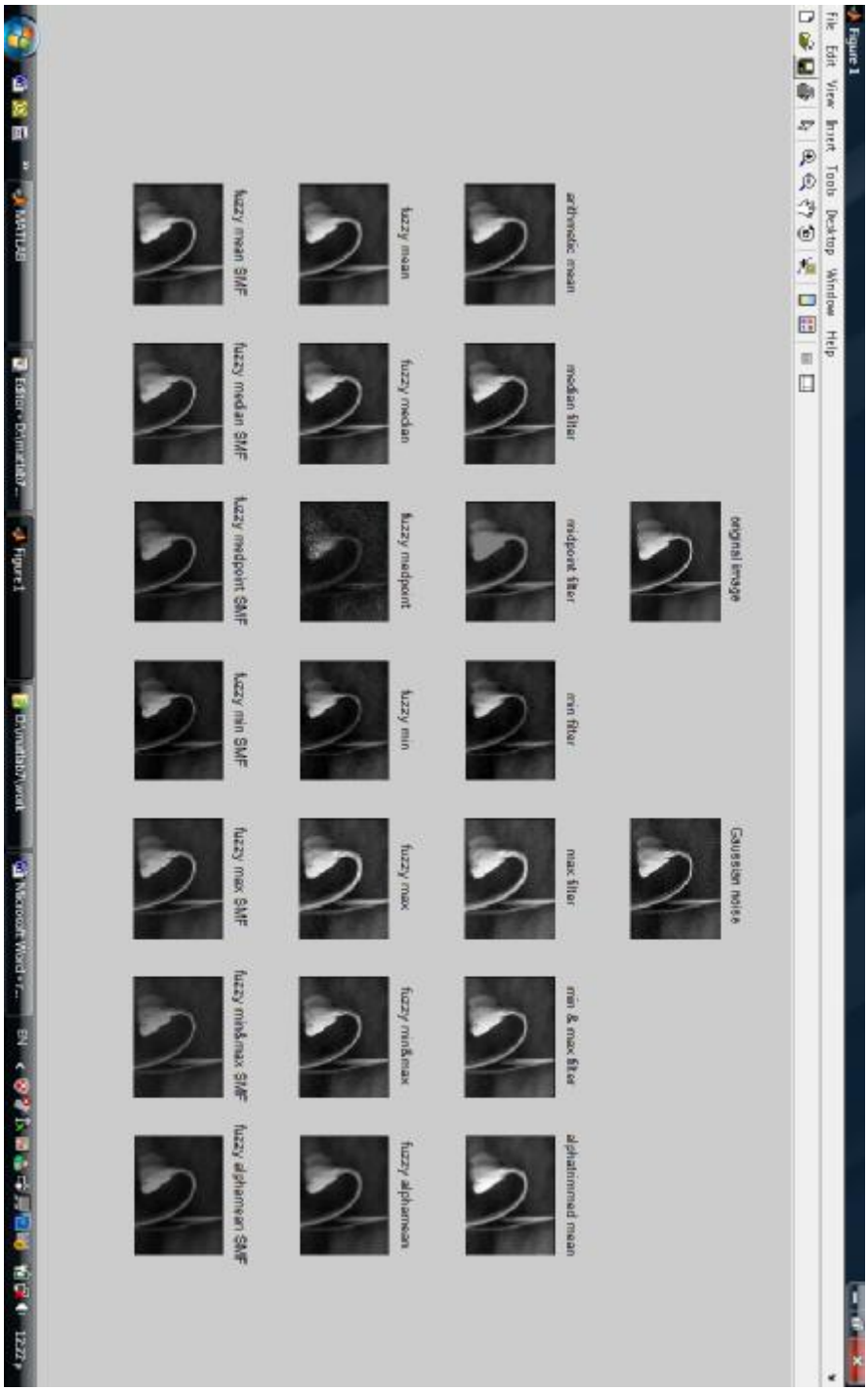


Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
original image
Gaussian noise
arithmetic mean
median filter
midpoint filter
min filter
max filter
min & max filter
alphatrimmed mean
fuzzy mean
fuzzy median
fuzzy midpoint
fuzzy min
fuzzy max
fuzzy min&max
fuzzy alphamean
fuzzy mean SMF
fuzzy median SMF
fuzzy midpoint SMF
fuzzy min SMF
fuzzy max SMF
fuzzy min&max SMF
fuzzy alphamean SMF

Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
original image
Gaussian noise
arithmetic mean
median filter
midpoint filter
min filter
max filter
min & max filter
alphatrimmed mean
fuzzy mean
fuzzy median
fuzzy midpoint
fuzzy min
fuzzy max
fuzzy min&max
fuzzy alphamean
fuzzy mean SMF
fuzzy median SMF
fuzzy midpoint SMF
fuzzy min SMF
fuzzy max SMF
fuzzy min&max SMF
fuzzy alphamean SMF

results of Gaussian noise with mean 0 & variance 0.02

Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
original image
Gaussian noise
arithmetic mean
median filter
midpoint filter
min filter
max filter
min & max filter
alphatrimmed mean
fuzzy mean
fuzzy median
fuzzy midpoint
fuzzy min
fuzzy max
fuzzy min&max
fuzzy alphamean
fuzzy mean SMF
fuzzy median SMF
fuzzy midpoint SMF
fuzzy min SMF
fuzzy max SMF
fuzzy min&max SMF
fuzzy alphamean SMF

Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
original image
Gaussian noise
arithmetic mean
median filter
midpoint filter
min filter
max filter
min & max filter
alphatrimmed mean
fuzzy mean
fuzzy median
fuzzy midpoint
fuzzy min
fuzzy max
fuzzy min&max
fuzzy alphamean
fuzzy mean SMF
fuzzy median SMF
fuzzy midpoint SMF
fuzzy min SMF
fuzzy max SMF
fuzzy min&max SMF
fuzzy alphamean SMF

Figure 1
File Edit View Insert Tools Desktop Window Help
original image
Gaussian noise
arithmetic mean
median filter
midpoint filter
min filter
max filter
min & max filter
alphatrimmed mean
fuzzy mean
fuzzy median
fuzzy midpoint
fuzzy min
fuzzy max
fuzzy min&max
fuzzy alphamean
fuzzy mean SMF
fuzzy median SMF
fuzzy midpoint SMF
fuzzy min SMF
fuzzy max SMF
fuzzy min&max SMF
fuzzy alphamean SMF