

إزالة الضوضاء غير النظامية من معطيات التحسس النائي باستخدام مرشحات مركبة

عبيد عادل العلاف ريان غازي البناء

مركز التحسس النائي

جامعة الموصل

(تاريخ الاستلام 2006/٨/٣١ ، تاريخ القبول ٢٠٠٧/١/٢١)

الملخص

تحتوي معطيات التحسس النائي في بعض الحالات و خصوصاً مرئيات الأقمار الصناعية على ضوضاء بنوعيتها النظامية وغير النظامية والتي تظهر بأشكال وهيئات معينة تعمل على إضفاء صعوبة في عملية تحليل و تفسير معطيات التحسس النائي بصريا ورقميا. تعد الضوضاء غير النظامية من ابرز هذه المشاكل كونها تظهر بشكل نقاط عشوائية التوزيع في جميع أجزاء المرئية وبانعكاسات طيفية تختلف عما يحيط بها، لذلك فهي تحتاج الى طرائق معالجة كفوءة لإزالتها دون التأثير على باقي نقاط المرئية الأصلية. على العكس من ذلك فان الضوضاء النظامية تظهر على شكل خطوط متكررة بشكل نظامي، لذلك يتم تمييزها بسهولة ولا تحتاج الى طرق معقدة لإزالتها.

تناولت الدراسة الحالية طريقة معالجة كفوءة لإزالة الضوضاء غير النظامية دون التأثير على باقي نقاط المرئية الأصلية وذلك بتصميم واقتراح دالة قرار معتمدة على المرشحات المركبة والمكونة من دمج المرشح الوسيط (Median Filter) ومرشح المعدل (Average Filter) وبالاعتماد على عتبة معينة (Threshold Value) بغية استخدامها للمقارنة. أعطت الطريقة المقترحة نتيجة جيدة مقارنة بالطرق التقليدية من خلال إزالة الضوضاء دون تغيير القيم الأصلية لنقاط المرئية

Removal of Non-Systematic Noise From Remotely Sensed Data by Using Composed Filters

Abeer A. Al-Alaaf Rayan Gh. Al-Banaa
Remote Sensing Center
Mosul University

ABSTRACT

Remotely sensed data especially satellite images contain noise in some cases for both types systematic and non-systematic. These noise represent by forms working to

create problems in interpretation and analysis of remote sensing data. The non-systematic noise considered one of these problems because it appears by an random points in all parts of images and with different intensity of it surrounding areas. Therefore, the Non-systematic noise must be use active processing software to remove it, in order to avoid the effect on the other pixels which are not contain noise in the image. Oppositely, the systematic noise is shown by systematic frequently lines patterns, therefore it can be recognize and processing.

The present study shows an active method for removing the non-systematic noise without change the other pixels. The suggested method is represented by a design of decision function depending on mixed filter, which is formed by merging the median filter and average filter depending on the thresholds value which used in comparism.

The suggested method provided a good accuracy comparing with the classical methods, by removing the non-systematic noise without any pixel distortions of the original image.

المقدمة

تحتوي معطيات التحسس النائي في بعض الحالات وخصوصا مرئيات الأقمار الصناعية على ضوضاء ناجمة عن أسباب متعددة كحدوث عطل في احد مستكشفات المتحسس (Sensor Detectors) او لعدم تصفير هذه المستكشفات خلال قراءة كل نقطة اوحدة صورية (Pixel) او كل خط مسح (Line)، او ان يكون السبب ناتج ايضا عن خلل في قناة الحزمة الطيفية نفسها، (William, 1978)، كما ان حدوث إشارات غير صحيحة أثناء عملية إرسال البيانات يؤدي الى حدوث الضوضاء غير النظامية أيضا (جليمران، ٢٠٠٢).

تظهر هذه الضوضاء أما بشكل غير نظامي موزعة على مناطق المرئية وتسمى بالضوضاء غير النظامية، او تظهر بشكل نظامي تتكرر عند كل عدد معين من الأسطر في المرئية وتسمى بالضوضاء النظامية.

تشكل الضوضاء غير النظامية إحدى العناصر السلبية التي تعيق تحليل وتفسير معطيات التحسس النائي سواء على شكل بصري او بهيئة رقمية كونها تتمثل بشكل نقاط عشوائية ذات شدة إضاءة او انعكاسية مختلفة عن النقاط المجاورة لها في المرئية مما يستوجب إزالتها بطرق معالجة معينة دون التأثير على باقي أجزاء المرئية. إن الدراسات التي تتضمن إزالة الضوضاء غير النظامية لمعطيات التحسس النائي قليلة جدا وان معظم الطرق الشائعة والمنفذة من قبل الباحثين في إزالة الضوضاء تتضمن إزالة الضوضاء ضمنيا كخطوات او معالجات اولية (Pre processing) من أمثلة هذه الدراسات ما قام به (جليمران، ٢٠٠٢؛ الصفار، ٢٠٠٤؛ ابراهيم، ٢٠٠٥؛ Rafael and Richard, 2002)، ان هذه الدراسات تستخدم مرشحات واطئة التردد (Low pass filter) في ازالة الضوضاء مما ينتج عنها تعميم (Smoothing) في المعطيات

الأصلية مما يقود الى تغيير في القيم الأصلية للوحدات الصورية (Pixels) وفقدان في المعلومات للصورة او المرئية الأصلية، او تؤدي الى إزاحة بعض التراكيب المهمة في الصورة.

ان هذا التغيير قد لا يعتبر ذو أهمية كبيرة في تطبيقات معالجة الصور بشكل عام ولكنه غير مرغوب به في معظم تطبيقات التحسس (التطبيقات الجيولوجية والزراعية والهندسية وتطبيقات الموارد المائية...الخ) كونه يسبب العديد من الأخطاء (Mather, 1987)، اذ ان قيمة كل نقطة تمثل انعكاسية طيفية لمادة من مواد الغطاء الأرضي ومع تغيير هذه القيمة سوف يؤدي الى عدم الدقة في تقدير أصناف أغطية الأرض.

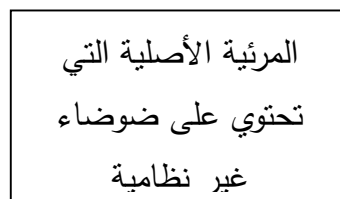
تهدف الدراسة الحالية الى إزالة الضوضاء غير النظامية من معطيات التحسس النائي دون التأثير على قيمة النقاط الأخرى في الصورة، مما يقود الى خروج هذه المعطيات بعد تطبيق الطريقة المقترحة بحلة جديدة يمكن الاعتماد عليها في عمليات التفسير البصري والرقمي لاحقا.

ان إحدى المفاهيم الأساسية في علوم التحسس النائي تقتضي بان النقاط المتجاورة في المرئيات غالبا ما تكون ذات قيم متقاربة، لذلك فان النقطة التي تختلف بقيمة كبيرة عن النقاط المجاورة لها (سواء كانت اكبر او اقل من النقاط المجاورة) تعد ضوضاء او منطقة شذوذ (Lillesand and Kiefer, 1987)، واعتمادا على هذه القاعدة تم تصميم دالة قرار والتي تعتبر أساس هذه الدراسة.

لذلك تم اقتراح طريقة جديدة في ازالة الضوضاء غير النظامية من المرئيات وتغيير قيمة النقطة التي هي فعلا ضوضاء مقارنة بالنقاط المجاورة مع احتفاظ باقي نقاط المرئية بقيمتها دون اي تغيير. اذ تم تصميم خوارزمية لاختبار وتحديد فيما اذا كانت أي نقطة من نقاط المرئية هي ضوضاء او قيمة اصلية من خلال استخدام دالة قرار مكونة من دمج المرشح الوسيط (Median filter) ومرشح المعدل (Average filter) حيث ان حجم النافذة المعتمدة لكلا المرشحين في هذه الدراسة (3×3) بالإضافة الى استخدام قيم عتبة (Threshold value) للمقارنة النهائية وتحديد النقاط التي تعد ضوضاء.

طريقة البحث

في هذه الدراسة، ولكي يتم ازالة الضوضاء غير النظامية من المرئية بشكل كامل ودون التأثير على قيم المرئية الأصلية، تم اقتراح المخطط التالي الشكل (١):



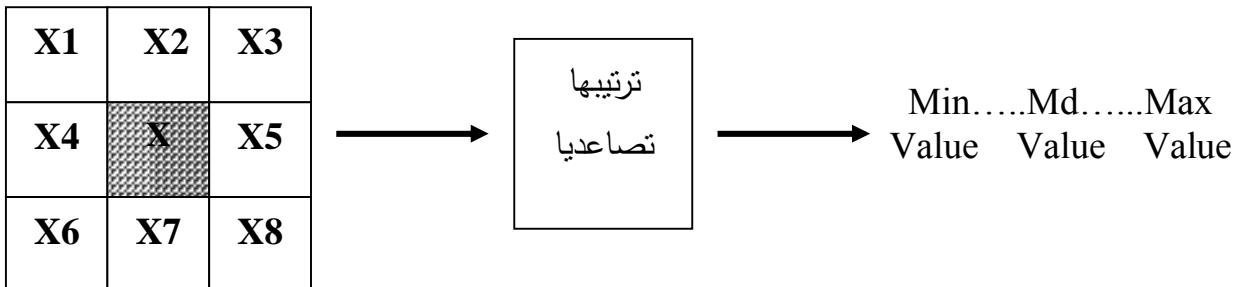
من خلال عرض المخطط يلاحظ ان عملية اختبار نقاط المرئية من الأجزاء الرئيسية في الطريقة المقترحة لان من خلالها يتم تغيير قيمة النقطة في المرئية الناتجة اذا كانت ضوضاء، وابقاء قيمتها الاصلية دون تغيير في حالة ظهر انها لا تعد ضوضاء، وبالاتماد على دالة تم تصميمها خصيصا لهذا الغرض اطلق عليها " دالة القرار ". وكما تم ذكره سابقا فان نافذة المرشحات المستخدمة بحجم (3×3)، حيث تعد النقطة الوسطية في هذه النافذة هي النقطة المراد اختبارها وكما موضح ادناه، والنقاط التالية توضح الخطوات الاساسية المتبعة في عملية اختبار نقاط المرئية والتي يوضحها (الشكل ١):

- ١- تحديد النقطة المراد اختبارها في مرئية الادخال التي تحتوي على ضوضاء، ولتكن (x).
- ٢- تحديد النقاط الثمان المجاورة لهذه النقطة في مرئية الادخال (x1,x2,x3,x4,x5,x6,x7,x8) وكما موضح ادناه:

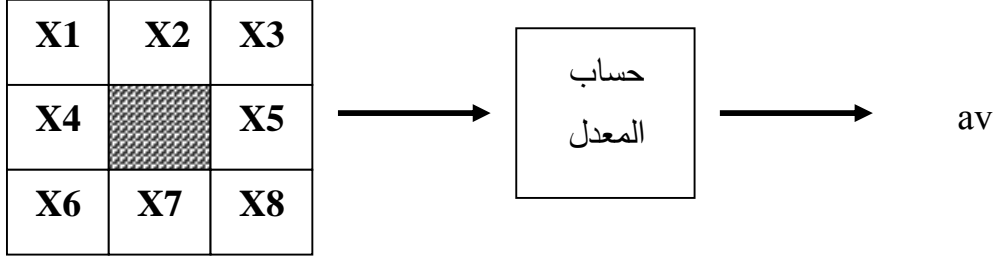
X1	X2	X3
X4	X	X5
X6	X7	X8

Filter (3×3)

- ٣- ترتيب النقطة (x) مع النقاط الثمان المجاورة لها ترتيبا تصاعديا. ثم يتم تحديد اعلى قيمة لهذه النقاط ولتكن (max)، وكذلك تحديد اقل قيمة لها ولتكن (min) بالاضافة الى تحديد متوسط هذه القيم ولتكن (mid) وكما موضح ادناه (جليمران، ٢٠٠٢؛ Mather, 1987)
- (Max)العنصر رقم (تسلسل) ٩، (Min)العنصر رقم (تسلسل) ١، (Mid)العنصر رقم (تسلسل) ٥



٤- حساب معدل النقاط الثمان (فقط) المجاورة للنقطة (x) وبدون قيمة النقطة (x) وليكن (av) ، حيث يتم حساب المعدل للنقاط المجاورة للنقطة المراد اختبارها (x) فقط دون دخول هذه النقطة في عملية حساب المعدل لتجنب تناسق القيم الشاذة وكما مبين ادناه:



اذ ان قانون المعدل هو:

$$av = (x1+x2+x3+x4+x5+x6+x7+x8) / 8$$

٥- في هذه الخطوة يتم تحديد فيما اذا كانت النقطة (x) هي ضوضاء ام لا بالاعتماد على دالة القرار المصممة والمقترحة في الدراسة الحالية والموضحة ادناه، وباستخدام كل القيم التي تم حسابها في الخطوتين السابقتين (٣) و (٤) .

$$\text{Output_image} = \begin{cases} \text{mid} & ((\text{mid} - \text{min}) > T_1 \text{ or } (\text{max} - \text{mid}) > T_1) \text{ and } |x - av| > T_2 \\ x & \text{Otherwise} \end{cases}$$

حيث ان :

T_1, T_2 : قيم عتبتان تستخدمان للمقارنة في دالة القرار وقيمتها (٥٠) و (٢٠) على التوالي.

i, j : قيم الاحداثي السيني والصادي للنقطة x .

تم تصميم دالة القرار بالاعتماد على القاعدة الاساسية في مفاهيم التحسس النائي والتي تنص على ان النقاط المتجاورة يجب ان تكون ذات قيم متقاربة. وكما هو معلوم فان الضوضاء غير النظامية في المرئية هي عبارة عن نقاط ذات تنقلات حادة في شدة الاضاءة او الانعكاسية موزعة بشكل غير منتظم في الصورة (Morain and Zanoni, 2003)، أي ان هذه الضوضاء لها انعكاسية تختلف عن النقاط المجاورة لها. لذلك، فإما سوف تكون النقطة التي تمثل ضوضاء ذات انعكاسية اعلى من النقاط المجاورة لها بكثير، او تكون ذات انعكاسية اقل من النقاط المجاورة لها بكثير ايضا، لكي يمكن تمييزها واعتبارها ضوضاء غير نظامية (اللوحة 1A و 1B). ولهذا تم استخدام هذه القاعدة كقاعدة اساسية لتصميم اجزاء دالة القرار.

فاذا كان الفرق بين القيمة المتوسطة (mid) للنقاط التسع واكبر قيمة (max) اكبر من (٥٠) ، او اذا كان الفرق بين القيمة المتوسطة (mid) واقل قيمة (min) ايضا اكبر من (٥٠)، بالاضافة الى ان القيمة المطلقة للفرق بين قيمة نقطة الاختبار (x) ومعدل النقاط المجاورة لها (av) اكبر من (٢٠)، سوف تعتبر هذه النقطة ضوضاء فيتم ابدالها بقيمة (mid) لانها ابعد مايمكن عن تأثير الضوضاء واقرب ماتكون للنقاط المجاورة.

في دالة القرار المستخدمة في هذا البحث، تم استخدام قيمتين لعنبتين (Threshold) وهما T1 و T2 اعتمدت عليهما عملية المقارنة، والمقصود بالعتبة هو البحث عن نقطة التغيير او التحول اما اذا لم يتحقق هذا الشرط فلا تعتبر هذه النقطة ضوضاء بالنسبة للمرئية، لذلك فان قيمة هذه النقطة في مرئية او صورة الاخراج تاخذ نفس القيمة الاصلية (x) وبدون تغيير وهذا هو الاساس الذي تستند عليه الطريقة المتبعة في هذه الدراسة.

باتجاه ظاهرة ما، حيث يتم اتخاذ تلك النقطة حدا (او عتبة) للفصل بين المظاهر المتغيرة (ابراهيم، ٢٠٠٥) لذلك فان نقاط المرئية الناتجة سوف تتجزأ الى فئتين احدهما القيم الواقعة فوق مستوى العتبة والاخرى للقيم الواقعة تحت مستوى العتبة (Fisher et al., 2000). هنالك العديد من الخوارزميات المستخدمة لاختيار قيمة عتبة ملائمة لكن الملاحظ ان معظمها تكون مفيدة في التطبيق لمرئية معينة، ويكون من الصعب تمثيلها لعدد من المرئيات المختلفة.

وكذلك فان بعض القيم تختار اختبارا حدسيا بالاعتماد على قيم نقاط الصورة وعلى المكونات المطلوب إظهارها في المرئية وتبعاً لاهداف الدراسة (Hui, 1997). في الدراسة الحالية تم الاعتماد كلياً على المفاهيم والخصائص الاساسية للتمثيل الرقمي لمعطيات التحسس النائي لغرض اختبار قيمة هاتين العنبتين والمتمثلتين بـ T1، T2 (Lillesand and Kiefer, 1987). اذ تم اختيار القيمة (٥٠) للعتبة الاولى T1 كونها تعد اعلى قيمة للزيادة الطبيعية في قيم النقاط المجاورة في المرئية. وكذلك تم

اختيار القيمة (٢٠) للعتبة الثانية والمتمثلة بـ T2 كونها تعد القيمة الاعلى من الفرق الطبيعي بين قيمة أي نقطة ومعدل النقاط المجاورة لها.

٦- تعاد مجموعة الخطوات من الفقرة رقم (٢) الى رقم (٥) على جميع نقاط المرئية لكي يتم بعدها الحصول على مرئية خالية من الضوضاء غير النظامية.

النتائج والمناقشة

لتوضيح دقة وفائدة الطريقة المقترحة في الدراسة الحالية لإزالة الضوضاء غير النظامية تم الاستعانة بمرئيتين فضائيتين للقمر الصناعي لاندسات للحزمتين الطيفيتين (TM3, TM4).

اذ تم اضافة ضوضاء غير نظامية لكلتا المرئيتين عن طريق برامج معالجة الصور سوف يتم ذكرها لاحقا، علما ان الضوضاء المضافة لا تختلف عن تلك التي تنتج عن عمليات الاعطال الفنية في المستشعرات المحمولة على متن الاقمار الصناعية، وقد تم اضافة الضوضاء على المرئيات المستخدمة في الدراسة الحالية لقلّة المرئيات الفضائية الموجودة في مركز التحسس النائي وكذلك عدم توفر مرئيات لاي متحسس تحتوي على ضوضاء غير نظامية في المركز ذاته، فضلا عن ان عملية اضافة الضوضاء بهذه الطريقة تقود الى انتاج ضوضاء بتاثير وتشويه كبيرين على اجزاء المرئية مقارنة بالضوضاء الناجمة عن الاعطال التقنية للمتחסسات وبالتالي عند ازالة هذه الضوضاء بتاثيرها الكبير هذا من خلال الدراسة الحالية سوف يصبح من السهولة تطبيق الطريقة المقترحة على أي مرئية حاوية على ضوضاء غير نظامية وازالتها بالكامل دون التاثير على باقي نقاط المرئية. ان طريقة اضافة الضوضاء هذه الى المرئية والمتبعة في الدراسة الحالية هي طريقة مستخدمة من قبل العديد من الباحثين عند عدم توفر صورة او مرئية تحتوي على ضوضاء (ابراهيم، ٢٠٠١)

تم اضافة الضوضاء غير النظامية الى المرئية باستخدام طريقتين: الاولى هي استخدام الدالة الجاهزة المسماة (imnoise) المتوفرة في مكتبة الدوال الجاهزة للغة البرمجية (Matlab) والمتمثلة باللوحة (1A). والطريقة الثانية هي باستخدام برنامج معالجة الصور المعروف (Adobe Photoshop CS) والمتمثلة باللوحة (1B)، وقد تم تصميم حزمة برمجية متكاملة باستخدام اللغة البرمجية (Visual C++) لتنفيذ الطريقة المقترحة في الدراسة الحالية لازالة الضوضاء غير النظامية بحيث يمكن تطبيقها على أي مرئية من مرئيات الاقمار الصناعية الحاوية على ضوضاء غير نظامية.

وتوضح كلتا اللوحتين (1C) و (1D) مرئيات الاخراج المصححة من الضوضاء التي تم اضافتها،

اذ يمكن من خلالهما ملاحظة ماياتي:

١. ازالة كافة الضوضاء غير النظامية بلونها الابيض والاسود من جميع اجزاء المرئية (النقاط البيضاء في المناطق الغامقة والنقاط السوداء في المناطق الفاتحة) والتي يمكن تمييزها بالعين المجردة في اللوحتين (1A) و (1B) كونها تحتوي على مناطق فاتحة وغامقة.
٢. الاحتفاظ بالتدرجات الرمادية للمرئية دون حدوث تشويه فيها (أي من دون حدوث تغيير في قيمها الرقمية) والتي غالبا ماتحصل في الطرق المتبعة في ازالة الضوضاء غير النظامية.
٣. تغيير قيم النقاط ذات الضوضاء غير النظامية في المرئية الى قيم مشابهة لقيم النقاط المجاورة لها. أي ان قيمة الانعكاسية الطيفية اصبحت موحدة للصف الواحد دون أي تشويه ولاجل توضيح هذا، تم اخذ مثال رقمي لبقعة من مرئية الادخال (المرئية الحاوية على ضوضاء) وذلك بطبع قيم الانعكاسية الطيفية للوحدات الصورية داخل هذه البقعة (الشكل 2A)، ومقارنتها مع القيم للبقعة ذاتها في مرئية الاخراج (المرئية المصححة او المحسنة) (الشكل 2B). اذ يلاحظ ان النقاط التي تمثل الضوضاء غير النظامية وذات التنقلات الحادة والتي تحمل احدى القيمتين (٠) أو (٢٥٥) قد تغيرت قيمتها الى قيم مقارنة للنقاط المجاورة لها مع المحافظة على قيم النقاط الاخرى لهذه البقعة دون تغيير.

67	94	66	66	95	66	95	94	95
95	95	95	95	94	66	66	66	66
66	94	95	94	255	95	95	66	66
94	94	95	95	95	94	94	95	66
94	95	94	95	66	66	94	94	0
95	66	66	66	66	66	0	95	95
66	67	66	95	95	94	95	66	95
66	94	95	94	94	94	95	95	95
66	66	94	95	66	94	66	66	94

67	94	66	66	95	66	95	94	95
95	95	95	95	94	66	66	66	66
66	94	95	94	95	95	95	66	66
94	94	95	95	95	94	94	94	66
94	95	94	95	66	66	94	94	94
95	66	66	66	66	66	94	94	95
66	67	66	95	95	94	95	66	95
66	94	95	94	94	94	95	95	95
66	66	94	95	66	94	66	66	94

الشكل ٢: بقعة رقمية مستقطعة من المرئية.

A مرئية الادخال (المرئية الحاوية على ضوضاء).

B مرئية الاخراج (المرئية المصححة من الضوضاء).

٤. ان معالم سطح الارض تبدو بشكل اوضح وخصوصا في القناة والتي تظهر فيها الصخور بانعكاسية عالية.

٥. مرئيات الاخراج اصبحت جاهزة لعمليات معالجة اخرى كعمليات تحسين المرئيات او تصنيفها دون حدوث اية اخطاء كانت ستنتج بوجود الضوضاء غير النظامية.

الاستنتاجات

اظهرت هذه الطريقة نتيجة فعالة في ازالة الضوضاء غير النظامية من معطيات التحسس النائي وبشكل كفوء جدا. حيث اثبتت هذه الطريقة كفاءتها في ازالة الضوضاء غير النظامية من الصور دون أي تغيير أو تأثير في قيم النقاط الاصلية للصورة خلافا للطرق السابقة الشائعة الاستخدام في هذا المجال والتي تقوم على اساس ازالة الضوضاء غير النظامية من الصورة باستخدام احد مرشحات التردد الواطئ وتطبيق هذه المرشحات على كل نقطة من نقاط الصورة دون استثناء ودون فحص النقطة سواء كانت تمثل ضوضاء ام لا (Corner, et al., 2003)، أي استخدام هذه المرشحات بشكل عام على جميع نقاط الصورة، مما يؤدي الى تغيير كل قيم الصورة باكملها. وقد تم تجاوز السلبيات الموجودة في الطرق الشائعة في هذا المجال والتغلب عليها باستخدام دالة القرار. المصممة والمقترحة في هذه الدراسة.

المصادر العربية

ابراهيم، سندس خليل. ٢٠٠١. خوارزمية تحديد الخط المستقيم من الصور الثنائية. اطروحة ماجستير غير منشورة، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، العراق، ٥٢ صفحة.

ابراهيم، سوزان خالد. ٢٠٠٥. تحديد الحافات للصور الرقمية باستخدام خوارزميات متطورة. اطروحة ماجستير غير منشورة، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، العراق، ٧٩ صفحة.

الصفار، الحان انور. ٢٠٠٤. التمييز الالي للخطيات وانظمة التصريف في الصور الفضائية. اطروحة ماجستير غير منشورة، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، العراق، ٦٣ صفحة.

جليمران، افضال علي حسين. ٢٠٠٢. مقارنة طرائق تحديد الحافات في الصور الرمادية. اطروحة ماجستير غير منشورة، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، العراق، ٨٤ صفحة.

المصادر الاجنبية

Corner B. R., Narayanan R.M. and reichenbach S. E., 2003. Noise estimation in remote sensing imagery using data making, INT. J. Remote sensing Vol. 24, No. 4, pp. 689-702.

Fisher R.; Perkin S. and Wolfort E. 2000. Image processing learning resources, HIPR2, Explore with JAVA.

Hui W. 1997. A survey of thresholding techniques, Available at: <http://www.hui.com>

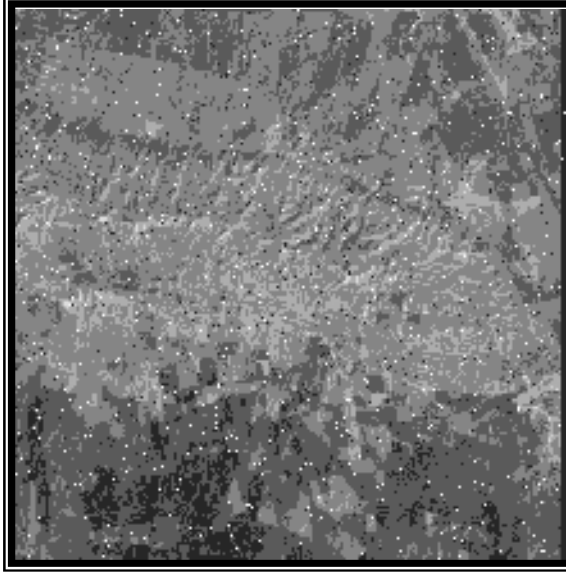
Lillesand , T.M. and Kiefer , R.W., 1987. Remote sensing and image interpretation, 2 nd Ed. John Willey and Sons incop. , New York , 721 p.

Mather, P.M., 1987. Computer processing of remotely sensed images, an international, John Wiley and Sons. 212p.

Morain S. A. and Zanon V. M. Joint isprs/ceos-wgcv task force On radiometric and geometric calibration. Available at: <http://www.isprs.org/istanbul2004/comm1/papers/65.pdf>

Rafael C. Gonzalez and Richard E., 2002. Digital image processing. 2nd ed, prentice-Hall INC, upper Saddle River, New Jercey, U.S A, pp 119-124.

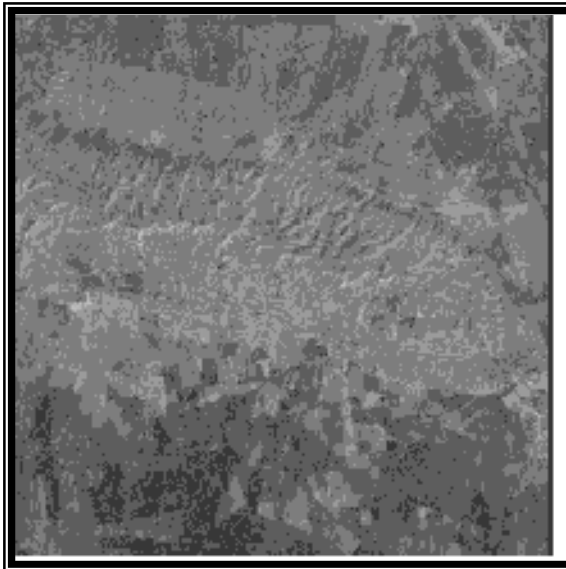
William K. P., 1978, Digital image processing, John Wiley&Sons, INC. U.S.A, pp 319-321.



A



B



C



D

اللوحة ١

- A: مرئية الادخال (للحزمة الطيفية 2) بعد اضافة الضوضاء باستخدام لغة Matlab
B: مرئية الادخال (للحزمة الطيفية ٣) بعد اضافة الضوضاء باستخدام برنامج معالجة الصور (Adobe Photoshop)
C: مرئية الاخراج (للحزمة الطيفية ٢) بعد تطبيق الطريقة المقترحة في الدراسة الحالية
D: مرئية الاخراج (للحزمة الطيفية ٣) بعد تطبيق الطريقة المقترحة في الدراسة الحالية