Hybrid Algorithm for Image Denoising

Hanan Hamid Ali

hanan_hamidali@uomosul.edu.iq

College of Computer Sciences and Mathematic

University of Mosul, Iraq

Received on: 17/06/2007

Accepted on: 04/11/2007

ABSTRACT

The development in life has made the need for using images very important in many fields like space, engineering and medicine. Due to the fact that such images are affected by various noises from different resources they require some kind of filtering. The new algorithm applied in this research is obtained from merging two available methods. The first method adopts the conservative smoothing filter while the second one uses the median filter. The result of each method is compared with the new result outcome from the application of the new hybrid algorithm.

Keywords: smoothing, noise, conservative filter, median filter

خوارزمية هجينة للتخلص من ضوضاء الصور

حنان حامد علي

كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل

تاريخ قبول البحث: 2007/ 11/04

تاريخ استلام البحث: 2007/06/17

الملخص

مع تطور الحياة وتعقدها ظهرت الحاجة إلى استخدام الصور في كثير من المجالات الفضائية والهندسية والطبية، ولكون هذه الصور تتعرض لكثير من التشويش والضوضاء ومن عدة مصادر لذلك ظهرت الحاجة إلى استخدام أساليب متنوعة لتحسين إظهار هذه الصور ومن هذه الأساليب التنعيم (Smoothing) بواسطة المرشحات.

وقد استخدمت خوارزمية جديدة مقترحة في هذا البحث هي (خوارزمية التنعيم المحافظ الأوسطي) وهي خوارزمية هجينة نتجت من دمج خوارزمية التنعيم المحافظ (Conservative Smoothing) وخوارزمية المرشح الأوسطي (Median Filter). نتائج كل طريقة تمت مقارنتها مع النتائج المحصلة من الخوارزمية الهجينة الجديدة.

الكلمات المفتاحية: تنعيم، ضوضاء، المرشح المحافظ، المرشح الأوسطي.

1. المقدمة

في السنوات الماضية من عمر التكنولوجيا تم الاهتمام بالصور ومجال تطبيقاتها حتى شمل مختلف أنشطة الحياة كالطب والفضاء وبحوث التعليم والاتصالات ولذلك أصبح الإلمام بمبادئ معالجة وتحسين الصور من الأمور الضرورية في كثير من التطبيقات.

إن مواكبة التطور العلمي في مجال استخدام الصور وضعت الباحثين أمام تحديات كبيرة للتعامل مع الصور من ناحية تحسين المتضررة منها أو توضيح الصور التي تعرضت إلى نوع من الضوضاء (noise) لذلك تم اختيار مجال هذا البحث لتحسين استخدام الصور وعرضها وذلك بالتوصل إلى خوارزمية متطورة يمكن أن تخدم الغرض من البحث [2] .

2. نبذة تعريفية عن تحسين الصور واستخدامها

إن تحسين الصور (Image Enhancement) هو مصطلح يراد به الحصول على صور رقمية بشكل أفضل أي أدق وأصفى [9]، وهناك أسلوبان رئيسان لتحسين الصور هما:
أولاً : عمل تنعيم للصورة (Smoothing) وذلك من خلال إزالة أي تشويه أو ضوضاء أصابت الصورة نتيجة النقل من جهاز إلى آخر أو من خلال النقل عبر الأقمار الصناعية ويوجد عدة خوارزميات تقوم بهذا العمل لكن لم تصل بالتحسين إلى أعلى ما يمكن وتعمل هذه الخوارزميات على تعزيز أو تمرير الترددات الواطئة (Low pass Filter).
ثانياً : عمل تحديد لمعالم الصورة (Sharpening) وذلك من خلال توضيح الحافات الموجودة داخل الصورة والتي تفيد في توضيح معالم الصورة الأساسية وإهمال المواضع غير المهمة داخل الصورة ويوجد عدة خوارزميات تقوم بهذا الغرض إذ تعمل على تعزيز أو تمرير الترددات العالية (High pass Filter) [7] .

3 هدف البحث

يهدف البحث إلى التوصل إلى أسلوب أو طريقة تساعد على مزيد من تحسين عرض الصور الملونة وتنعيمها (Smoothing) بطريقة مبسطة من خلال الدمج ما بين خوارزمية التنعيم المحافظ (Conservative Smoothing Filter) وخوارزمية المرشح الأوسطي (Median Filter) ودراسة تأثير ذلك من خلال مقارنة الأداء لكل منها .

4 مراحل عمل نظام تنعيم الصورة

- 1- الحصول على الصورة (Capture of image): يمثل عملية قراءة صورة للحصول على معلوماتها وعملية الحصول على هذه الصورة تتم بعدة طرق إما بواسطة الماسح الضوئي (Scanner) أو فيديو (Video) أو بواسطة كاميرا رقمية (Digital Camera) انظر لشكل (1).
- 2- مرحلة تمثيل الصورة (Image Representation): وهي تمثل مرحلة تحويل بيانات الصورة إلى شكل ملائم للمعالجة داخل الحاسوب كأن تكون نوعية الصورة (BMP) إذ تمثل كل نقطة صورية (Pixel) في هذا النوع بقيمة ثنائية (Binary) أي (Black & White)، أو الصورة ذات

التدرج الرمادي (Gray scale) أي الصور ذات اللون الواحد والتي يمكن ان يمثل عدد التدرج فيها بـ (256) تدرجا، او صورة ملونة (color image) وهي الصورة المتكونة من ثلاث حزم من الألوان (RGB) إذ تمثل كل حزمة بلون واحد من بيانات الصورة والمعلومات الحقيقية تخزن كبيانات للصورة بشكل أرقام، هذه الأرقام تمثل شدة الألوان الأساسية وهي اللون الأحمر (Red) والأخضر (Green) والأزرق (Blue) وبذلك يمكن تمثيل الصورة بـ (16777216) لونا [5] .

3- مرحلة المعالجة (Processing): وهي مرحلة تطبيق المعالجة على الصورة المكتسبة في الخطوات السابقة ثم تنفيذ العمليات عليها والتي تؤدي إلى إزالة الضوضاء (Noise) من هذه الصورة اذ تتم المعالجة على كل قيمة (Pixel Value) لنقطة صورية بالاعتماد على قيم النقاط المجاورة لها، كما في الشكل (2). وتسمى هذه العملية (Filtering) أي الترشيح لإزالة الضوضاء إذ تقوم الخوارزمية بعملية تنعيم للصورة وهي عملية إزالة للحدود الحادة الواضحة والمؤثرة في الصورة [1] .

الشكل (1) مراحل تحسين الصورة

4- مرحلة عرض الصورة (Image Display): في هذه المرحلة يتم عرض الصورة المحصلة بعد تطبيق خوارزمية التحسين عليها ومقارنتها مع الصورة الأولى ما قبل التحسين وملاحظة الفروقات بالعرض من ناحية الوضوح والدقة .

5 الضوضاء

الضوضاء عبارة عن معلومات غير مفيدة وغير مرغوب فيها تظهر في الصورة مما تسبب تشويها لهذه الصورة، وتأتي الضوضاء عادةً من عدة مصادر تظهر عند نقل الصور من أماكن بعيدة إذ تضاف قيم عشوائية لقيمة نقطة صورية معينة (Pixel). يمكن تصنيف الضوضاء إلى عدة هيئات مثل (Additive) وتعني "إضافي" أي إضافة قيم للصورة ومن أنواعه (Gaussian Noise) ويسمى هذا النوع "Normal" والذي يحدث نتيجة ضوضاء الكترونية والنوع الآخر هو "Impulse" مثل ضوضاء نوع (Salt&Pepper Noise) والذي يحدث نتيجة قصور في عمل محسسات كاميرات التصوير وهو النوع الذي تم استخدامه في هذا البحث وذلك لأن خوارزمية المرشح الأوسطي وخوارزمية التنعيم المحافظ تتعامل بشكل جيد مع هذا النوع من الضوضاء. أما الهيئة الأخرى فهي (Multiplicative) وتعني "المضاعفة" ومن أنواعه (Speckle Noise) [9].

6 طرائق تحسين الصور

هنالك عدة أساليب متبعة لتحسين عرض الصور تعتمد في أغلبها على تقنية اعتماد النقاط المجاورة (neighbors) التي تقع حول النقطة المراد عمل تحسين لها، تحدد مجموعة هذه النقاط بـ (Window)، الشكل (2) وعددها في الغالب إما (3*3) أو (5*5) ومن هذه الطرائق طريقة التنعيم المحافظ (Conservative Smoothing) والمرشح الأوسطي (Median Filter) ومرشح المعدل (Mean Filter) [6].

الشكل (2) نقاط التجاور

6.1 طريقة التنعيم المحافظ Conservative Smoothing

تعمل طريقة التنعيم المحافظ كمرشح لإزالة الضوضاء عن صورة معينة اذ تقوم هذه الفكرة على أساس إيجاد اكبر قيمة (Max) واقل قيمة (Min) من بين مجموعة نقاط التجاور المحيطة بالنقطة الحالية [أي النقطة المراد عمل تحسين لها ($P(I, j)$) ثم فحص هذه النقطة P، اذا كانت قيمتها ضمن الحدود ام لا ($Max < P < Min$) فاذا كانت ضمن الحدود أي اقل من اكبر قيمة واكبر من اصغر قيمة تبقى قيمتها دون تغيير اما اذا كانت قيمة النقطة P اكبر من القيمة Max فيتم تغيير قيمة P الى القيمة Max واذا كانت قيمة النقطة P اقل من القيمة Min فيتم تغيير قيمة P الى القيمة Min [8].

تبقى قيمة P على حالها ; if $Max > P > Min$;
تحول قيمة P الى Max ; if $P \geq Max$;
تحول قيمة P الى Min ; if $P \leq Min$;

6.2 طريقة المرشح الاوسطي Median Filter

تعمل طريقة المرشح الاوسطي كمرشح لإزالة الضوضاء التي تعرضت لها صورة معينة اذ تعتمد كما في الطريقة السابقة أيضا على مجموعة نقاط التجاور التي تقع حول النقطة الحالية المراد عمل تحسين لها، اذ تعمل فكرة هذا المرشح على أساس فصل نقاط التجاور ومن ضمنها النقطة الحالية أيضا أي تصبح (9 نقاط) ثم عمل ترتيب تصاعدي لهذه القيم التسعة وبعدها يتم اخذ النقطة الوسطية من هذه النقاط التسعة المرتبة ووضعها محل النقطة الحالية المراد عمل تحسين عليها . في حالة نقاط التجاور كانت (3*3) فإن النقطة الوسطية ستكون بالموقع الخامس أي العدد الخامس من بين الأعداد التسعة المرتبة، اما اذا كانت نقاط التجاور عددا زوجيا مثلاً (2*2) أي أربعة أعداد فيمكن حساب معدل النقطتين الوسطيتين لتكون قيمة النقطة الحالية [3].

7 التطبيق العملي

أ- خوارزمية التنعيم المحافظ: وتشمل الخطوات الاتية:

1- في البداية يتم الحصول على الصورة من عدة مصادر اما من الانترنت والتي تكون متحتوية على ضوضاء مباشرة او تكون صورة صافية لذلك نقوم بإضافة ضوضاء معينة لها، او يتم الحصول على الصورة بواسطة الماسح الضوئي (Scanner) بعدها نقرأ الصورة x وبذلك تصبح معلومات الصورة بشكل مصفوفة رياضية قابلة للتعامل معها وإجراء الحسابات عليها.

- 2 - نحدد النقطة الحالية (current pixel) المراد عمل تحسين عليها كما نحدد نقاط التجاور لها (Neighbors) والتي تكون بشكل حقل او نافذة (window region) حول النقطة الحالية وهي تمثل النقاط ذات المواقع التالية بالنسبة الى النقطة الحالية ذات الأبعاد $x(I,J)$:
 $x(I,J-1), x(I,J+1), x(I+1,J), x(I-1,J), x(I+1,J+1), x(I-1,J-1), x(I-1,J+1), x(I+1,J-1)$
 - 3- نحدد اكبر قيمة شدة إضاءة من بين نقاط التجاور (Maximum intensity value) ونضعها بالمتغير Max ونجد اصغر قيمة شدة إضاءة (Minimum intensity value) من بين نقاط التجاور ونضعها بالمتغير Min.
 - 4- نقارن بين قيمة النقطة الحالية P مع قيمة النقطة Max والنقطة Min فاذا كانت قيمة P محصورة بين Max و Min تبقى كما هي واذا كانت P اكبر من Max تحول قيمتها الى قيمة Max واذا كانت P اقل من Min تحول قيمتها الى Min.
 - 5- نعيد الخطوات من (2 الى 4) لكل نقاط الصورة المقروءة X.
 - 6- بعد اكمال العملية يتم عرض الصورة الناتجة مع الصورة الاولى قبل التحسين والمقارنة بينهما. والمخطط الانسيابي (1) يوضح خوارزمية التنعيم المحافظ.
- ب - خوارزمية المرشح الاوسطى وتشمل الخطوات الاتية:**
- 1- تكرر الخطوات (1,2) كما في خوارزمية التنعيم المحافظ
 - 2- بعد فصل نقاط التجاور ومن ضمنهما النقطة الحالية المراد عمل تحسين لها، نعمل عملية ترتيب تصاعدي للقيم التسعة ثم نأخذ القيمة التي تقع بالموقع الوسطى لتكون قيمتها هي قيمة النقطة الحالية.
 - 3- تتم إعادة الخطوات (2,3) لجميع نقاط الصورة المقروءة X.
 - 4- بعد إكمال العملية يتم عرض الصورة الناتجة مع الصورة الأولى قبل التحسين والمقارنة بينها. والمخطط الانسيابي (2) يوضح خوارزمية المرشح الأوسطى.

المخطط الأنسيابي (1) خوارزمية التنعيم المحافظ

المخطط الانسيابي (2) خوارزمية المرشح الأوسطي

ج- الخوارزمية المقترحة الهجينة (خوارزمية التنعيم المحافظ الأوسطي):

- 1- تكرر الخطوات (1,2,3) كما في خوارزمية التنعيم المحافظ.
 - 4- بعد فصل نقاط التجاور وتحديد القيمة Max والقيمة Min من نقاط التجاور للنقطة الحالية P تتم المقارنة إذا كانت قيمة P اكبر من Max تحول قيمة P إلى Max وإذا كانت قيمة P اقل من Min تحول قيمة P إلى Min اما إذا كانت قيمة P ما بين القيمة Max والقيمة Min عندها نستخدم الدمج مع خوارزمية المرشح الأوسطي أي عمل ترتيب تصاعدي لقيم المتجاورات واخذ القيمة الأوسطية من بينها لتكون قيمتها هي قيمة النقطة الحالية P .
 - 5- تكرر الخطوات (4,5) كما في خوارزمية التنعيم المحافظ.
- والمخطط الانسيابي (3) يوضح الخوارزمية المقترحة.

المخطط الانسيابي (3) الخوارزمية المقترحة (خوارزمية التنعيم المحافظ الأوسطي)

8 النتائج

تم إدخال صورة إلى خوارزمية التنعيم المحافظ وكانت النتائج كما في الشكل (4).

الشكل (4) نتائج تطبيق خوارزمية التنعيم المحافظ

A: الصورة الأصلية

B: الصورة تحتوي على ضوضاء نوع (salt&pepper) بقيمة 0.05

C: الصورة الناتجة بعد التحسين

إما عند تطبيق الخوارزمية الثانية أي خوارزمية المرشح الأوسطي فكانت النتائج كما في الشكل (5)

الشكل (5) نتائج تطبيق خوارزمية المرشح الأوسطي

A: الصورة الأصلية B: الصورة تحتوي على ضوضاء نوع (salt&pepper) بقيمة 0.05 C: الصورة الناتجة بعد التحسين

أما عند تطبيق الخوارزمية الثالثة المقترحة والتي تمثل دمج للأسلوبين السابقين أي دمج خوارزمية التنعيم المحافظ وخوارزمية المرشح الأوسطي فكانت النتائج كما في الشكل (6).

الشكل (6) نتائج تطبيق الخوارزمية المقترحة

A: الصورة الأصلية B: الصورة تحتوي على ضوضاء نوع (salt&pepper) بقيمة 0.05

C: الصورة الناتجة بعد التحسين

لبيان مدى التحسين الحاصل بالصور المطبق عليها الخوارزميات يتم حساب قيمة الفروقات بين الصورة الناتجة بعد التحسين والصورة الأصلية لكشف عدد النقاط التي حدث بها تغيير وكلما كانت القيمة قليلة أي كانت الفروقات قليلة بمعنى ان التحسين جيد وبغية الحصول على قيمة واحدة تبين نسبة الفروقات يتم جمع قيم الفروقات للصورة كلها ثم يتم تقسيم هذا المجموع على حجم الصورة الكلي وكما في المعادلة الآتية: [4]

$$\text{Change rate} = \sqrt{\frac{\sum (P_{\text{new}} - P_{\text{old}})^2}{N * M}}$$

وهذه المعادلة تمثل رياضياً المسافة الاقليدية والتي تجد التباين بين نقاط صورتين قبل التحسين وبعده وهي متوافقة أي تعطي ذات النتائج مع المعادلة التي تسمى (root-mean-square error) ومعادلتها: [9] .

$$\text{RMSe} = \sqrt{\frac{1}{N * N} \sum_{R=0}^{N-1} \sum_{C=0}^{N-1} [I'(r,c) - I(r,c)]^2}$$

اذ تمثل I' الصورة الناتجة بعد التحسين، I الصورة الأصلية، N*N حجم الصورة الكلي.

وفيما يأتي نتائج الفروقات للصورة السابقة المستخدمة في شكل (4,5,6) فضلا عن المجموعة أخرى من الصور (انظر الملحق A) اذ تم تطبيق الخوارزميات الثلاثة على هذه الصور وكما في الجداول (1,2,3).

الجدول (1) يمثل قيمة الفروقات للصور عند تطبيق الخوارزميات الثلاثة لقيمة ضوضاء (0.05)

قيمة الفروقات بين الصورة بعد التحسين والصورة الاصلية لقيمة ضوضاء قليلة = 0.05								الخوارزمية
Im1	Im2	im3	im4	im5	im6	Im7	im8	
14.931	14.922	14.715	13.816	14.854	12.708	14.404	14.715	خوارزمية التنعيم المحافظ
7.769	3.160	4.640	8.545	11.185	4.516	6.436	6.888	خوارزمية المرشح الأوسطي
5.123	2.756	3.106	6.252	9.185	3.4000	5.307	6.138	الخوارزمية الهجينة

الجدول (2) يمثل قيمة الفروقات للصور عند تطبيق الخوارزميات الثلاثة لقيمة ضوضاء (0.08)

قيمة الفروقات بين الصورة بعد التحسين والصورة الاصلية لقيمة ضوضاء متوسطة = 0.08								الخوارزمية
im1	Im2	im3	im4	im5	im6	Im7	im8	
23.363	22.236	22.399	21.212	21.535	19.010	19.186	22.325	خوارزمية التنعيم المحافظ
7.363	3.554	4.881	10.947	14.491	4.586	6.488	7.02	خوارزمية المرشح الأوسطي
6.22	3.153	3.645	10.017	12.363	3.207	6.143	6.844	الخوارزمية الهجينة

الجدول (3) يمثل قيمة الفروقات للصور عند تطبيق الخوارزميات الثلاثة لقيمة ضوضاء (0.1)

قيمة الفروقات بين الصورة بعد التحسين والصورة الاصلية لقيمة ضوضاء عالية =0.1								الخوارزمية
Im1	im2	im3	im4	im5	im6	im7	im8	
28.573	28.153	27.370	26.295	25.302	23.165	24.816	26.990	خوارزمية التنعيم المحافظ
7.950	3.858	5.154	10.968	14.701	4.849	6.930	7.377	خوارزمية المرشح الأوسطي
6.860	3.495	4.040	10.021	13.619	3.807	6.719	7.097	الخوارزمية الهجينة

9 الخاتمة والاستنتاجات

إن الصور التي تعاني من التشويه بسبب الضوضاء القادمة من عدة مصادر والتي تكون دائمة الحدوث، يمكن التقليل من تأثير الضوضاء فيها وتحسين عرض هذه الصور .

نتيجة لتطبيق البحث تم التوصل إلى أن استخدام الخوارزميات قلل من نسبة الضوضاء وكانت نتائج خوارزمية المرشح الأوسطي أفضل من نتائج التحسين الناتجة من تطبيق خوارزمية التنعيم المحافظ والتي قلت نتائجها مع زيادة كمية الضوضاء ولكن عند استخدام الخوارزمية الهجينة خوارزمية التنعيم المحافظ الأوسطي كانت نتائج التحسين أفضل من الخوارزميتين السابقتين وذلك من خلال ملاحظة قيم نتائج الفروقات المبينة في الجداول (1,2,3). أيضا يلاحظ ان الصور المحصلة بعد التحسين تكون أفضل عندما تكون الضوضاء قليلة كما يمكن ملاحظة وجود نسبة اختلاف في مقدار التحسين الحاصل ضمن الصور المطبق عليها ذات الخوارزمية والتي تعود أسبابها إلى وضعية كل صورة لوحدها، انظر الاشكال (7,8,9).

الشكل (7) رسم بياني يوضح مقدار الاختلاف للتحسين للخوارزميات عندما تكون الضوضاء (0.05)

الشكل (8) رسم بياني يوضح مقدار الاختلاف للتحسين للخوارزميات عندما تكون الضوضاء (0.08)

الشكل (9) رسم بياني يوضح مقدار الاختلاف للتحسين للخوارزميات عندما تكون الضوضاء (0.1)

(A) الملحق

نتائج مجموعة من الصور المطبقة عليها خوارزمية التنعيم المحافظ مع نسبة الفارق بين الصورة المحسنة عن الأصلية لقيمة ضوضاء (0.05).

نتائج مجموعة من الصور المطبقة عليها خوارزمية المرشح الأوسط مع نسبة الفارق بين الصورة المحسنة عن الأصلية لقيمة ضوضاء (0.05).

نتائج مجموعة من الصور المطبقة عليها الخوارزمية المقترحة (خوارزمية التنعيم المحافظ الأوسطي) مع نسبة الفارق بين الصورة المحسنة عن الأصلية لقيمة ضوضاء (0.05).

نتائج مجموعة من الصور المطبقة عليها الخوارزمية المقترحة (خوارزمية التنعيم المحافظ الأوسطي) مع نسبة الفارق بين الصورة المحسنة عن الأصلية لقيمة ضوضاء عالية (0.1).

المصادر

- [1] Dmitrij, Csetverikor "Basic Algorithms for Digital Image Analysis"
<http://Visual.ipan.sztaki.hu>
- [2] Conzalez, R. E. , (2002) ,"Digital Image Processing" ,2nd edition ,
publisher: prentic.
- [3] Gomes, J. ,and Velho L. ,(1997) ,"Image Processing for Computer
Graphics" Translated by Silvio L., springer, inc.
- [4] Tou ,J. T. , and Gonzalez, R. ,(1974) ,"Pattern Recognition
Principles" ,Addison-wesley publishing company, inc.
- [5] Jensen, R. J. ,(1982) ,"Introductory Digital Image Processing ; A
remote Sensing Perspective" ,Prentice-Hall .
- [6] Mather, Paul, M. ,(1987) ,"Computer Processing of Remotely
Sensed Image" ,Johnand Sons, England.
- [7] Robert, F.; Simon, P.,and Walker, A. ,(2003) ,"Frequency Filter"
<http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/freqfilt.htm> .
- [8] Robert, F.; Simon P., and Walker A. ,(2003) ."Digital Filters"
<http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/filtops.htm> .
- [9] Umbaugh, Scott E. ,(1998) ,"Computer Vision and Image
Processing a Practical Approach using CVIP Tools", Prentice Hall
PTR.