

تطبيق الطرائق التقليدية المستخدمة في رفع الضوضاء لتكبير الصور الملونة

حنان حامد علي

كلية علوم الحاسبات والرياضيات

جامعة الموصل

تاريخ استلام البحث: ٢٠١٠/٢/٢٤

تاريخ قبول البحث: ٢٠١٠/١٠/٢٥

ABSTRACT

In this paper many algorithms were applied to "zoom-in" the images, like traditional algorithms which is used (Linear Averaging) algorithm, (Convolution) algorithm and the proposed algorithms to be the new algorithms in this paper. These algorithms are obtained from another application which involves in Enhancement Smoothing Algorithms and will be used as a (zooming-in) color images algorithms which are include (Median) Algorithm and (Max & Min) Algorithm and sometimes called (Conservative Smoothing Algorithm). The obtained results of these algorithms were compared together. The MATLAB language is used to apply the algorithms.

Keyword: zoom-in, median algorithm, max & min algorithm, convolution algorithm.

الملخص

تم في هذا البحث تطبيق عدة خوارزميات تعرض تكبير الصور منها التقليدية والتي تتضمن استخدام خوارزمية المعدل الخطي (Linear Averaging) وخوارزمية اللافوف الرياضي (Convolution) ومنها الخوارزميات المقترحة والمطبقة في رفع الضوضاء (خوارزميات تحسين أو تنعيم الصور Enhancement Smoothing Algorithms) لتكبير الصور الملونة والتي تتضمن خوارزمية التوسيط (Median) وخوارزمية القيمة الكبرى والصغرى (Max & Min) والتي تسمى في بعض الأحيان بخوارزمية التنعيم المحافظ (Conservative Smoothing)، تم استخدام هذه الطرائق لتكون خوارزميات تكبير الصور (Zoom-in)، ومقارنة نتائجها مع نتائج الطرائق التقليدية. كُتبت برامج هذا البحث بلغة (Matlab).

المقدمة

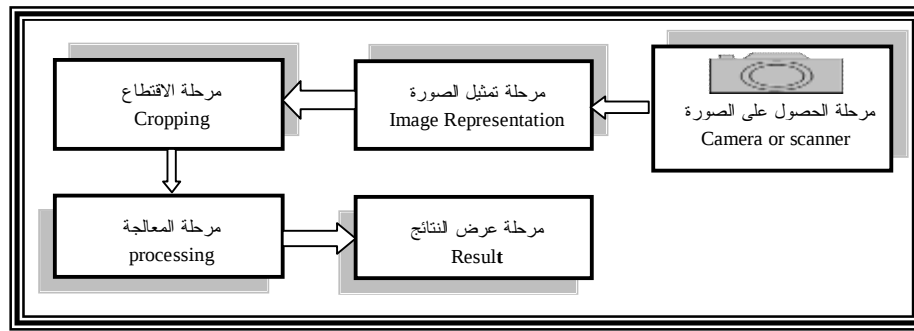
في السنوات الماضية من عمر التكنولوجيا تم الاهتمام بالصور ومجال تطبيقاتها حتى شملت مختلف أنشطة الحياة ولذلك أصبح الإلمام بمبادئ معالجة الصور من الأمور الضرورية في كثير من التطبيقات. ان مواكبة التطور العلمي في مجال استخدام الصور وضعت الباحثين أمام تحديات كبيرة للتعامل مع الصور من ناحية اقتطاع جزء من الصورة والقيام بتكبير هذا الجزء لتوضيح مسألة ما كأن تكون وجه احد الأشخاص أو تكبير رقم حساب أو رقم سيارة مخالفة، لذلك تم اختيار مجال هذا البحث لعمل تكبير للصور (Zoom-in) وعرضها وذلك بالتوصل إلى خوارزميات مطورة يمكن أن تخدم الغرض من البحث [8] [4].

1. هدف البحث

يهدف البحث إلى التوصل إلى أسلوب أو طريقة تساعد في الوصول إلى مزيد من الجودة في عرض جزء من صورة بعد تكبيرها (Zoom-in) بطرائق مبسطة مستخدمة في مجالات أخرى هي الـ (Image Enhancement) وهذه الطرائق هي (Median) و (Max&Min) ثم دراسة تأثير هذه الطرق من خلال مقارنة الأداء لكل منها مع الطرق التقليدية.

2. مراحل عمل نظام الـ Zooming للصورة

1- الحصول على الصورة (Capture of Image): تمثل عملية قراءة صورة للحصول على معلوماتها إما بواسطة كاميرا رقمية (Digital Camera) أو بواسطة الماسح الضوئي (Scanner).
2- مرحلة تمثيل الصورة (Image Representation): وهي مرحلة تحويل بيانات الصورة إلى شكل ملائم للمعالجة حاسوبياً كأن تكون صورة من نوع (BMP) ذات القيمة الثنائية، أو صورة التدرج الرمادي (Gray Scale) ذات اللون الواحد والتي يمثل عدد التدرج فيها (256) تدرجاً، أو صورة ملونة (Color Image) والتي تتكون من ثلاث حزم لونية (RGB) إذ تمثل كل حزمة بلون واحد من بيانات الصورة والتي تخزن كأرقام تمثل شدة الألوان الأساسية وهي اللون الأحمر (Red) والأخضر (Green) والأزرق (Blue)، انظر شكل (1) [5].



الشكل (1) مراحل عمل نظام الـ Zooming للصورة

3- مرحلة الاقتطاع (Cropping): وهي تمثل مرحلة التحديد واقتطاع ما يعرف بـ ROI (Region Of Interest) إذ يتم اقتطاع جزء من الصورة الأصلية ليتم تكبيره (Zoom-in) [10].

4- مرحلة المعالجة (Processing): وهي مرحلة تطبيق المعالجة على الصورة المكتسبة في الخطوات السابقة وهي عملية التكبير (Zoom-in) إذ تتم المعالجة بالمرور على كل قيمة من قيم الصورة المقطعة وحسب الخوارزمية المتبعة يتم استنتاج قيم النقاط الجديدة المضافة لمقطع الصورة وبذلك يتم تكبيرها [2].

5- مرحلة عرض الصورة (Image Display): يتم في هذه المرحلة عرض الصورة المكبرة والنتيجة من تطبيق خوارزمية التكبير ومن ثم مقارنتها مع الصور المكبرة والنتيجة من الخوارزميات الأخرى وملاحظة الفروقات من ناحية الوضوح والدقة.

3. طرائق تكبير الصور

هنالك عدة أساليب متبعة لتكبير الصور تعتمد في أغلبها على تقنية اعتماد النقاط المجاورة (neighbours) في استنتاج قيمة النقطة الجديدة ومن هذه الطرائق طرق تقليدية وهي الطرق المتعارف عليها والمتبعة علمياً ومنها طريقة المعدل الخطي (Liner Averaging) وطريقة اللافوف الرياضي

(Convolution). اما الطرق الجديدة المقترحة فهي طريقة التوسيط (Median) وطريقة القيمة الكبرى والصغرى (Max & Min) [10][6], وفيما يلي شرح لجميع تلك الطرائق التقليدية منها والحديثة :

3.1 طريقة المعدل الخطي (Linear Averaging)

وهي من الطرائق التقليدية إذ تتلخص هذه الطريقة بأن يتم اقتطاع الجزء المراد تكبيره ثم إضافة أعمدة واسطر فارغة بين كل عمودين و سطرين من أعمدة واسطر الصورة المقطعة ثم إيجاد قيمة كل نقطة فارغة وذلك بالاعتماد على النقاط المجاورة المعلومة لها إذ يتم اخذ معدل النقطتين اليمنى واليسرى لاستنتاج النقطة الفارغة في العمود ومعدل النقطتين العليا والسفلى لاستنتاج النقطة الفارغة في السطر وهكذا لجميع النقاط علماً انه يتم العمل من السطر الثاني الى السطر ما قبل الأخير والعمود الثاني الى العمود ما قبل الأخير [10] .

خطوات الطريقة :

1. قراءة الصورة المراد تكبير جزء منها .
 2. اقتطاع الجزء المراد تكبيره (ROI) .
 3. إيجاد حجم الجزء المقطع .
 4. تهيئة الصورة الموسعة التي ستمثل تكبيراً للجزء المقطع .
 5. تحديد حجم الصورة الموسعة بحيث يكون:
- عدد الصفوف في الصورة الموسعة = عددتها في الجزء المقطع 2×1
- عدد الأعمدة في الصورة الموسعة = عددتها في الجزء المقطع 2×1
6. نقل قيم نقاط الجزء المقطع إلى الصورة الموسعة مع ترك نقطة فارغة بين كل نقطتين من نقاط الصورة الموسعة بالاتجاهين الأفقي والعمودي .
 7. ملء كل نقطة من النقاط الفارغة في الصورة الموسعة بمعدل النقطتين المحيبتين بها بالاتجاهين ,
- $$EXIM(R,C) = (EXIM(R,C-1) + EXIM(R,C+1)) / 2 \quad \text{أفقياً :}$$
- $$EXIM(R,C) = (EXIM(R-1,C) + EXIM(R+1,C)) / 2 \quad \text{عمودياً :}$$
8. عرض الصورة الموسعة كناتج لتكبير الجزء المقطع .

3.2 طريقة اللافوف الرياضي (Convolution)

وهي من الطرق التقليدية إذ تتلخص هذه الطريقة بأن يتم اقتطاع الجزء المراد تكبيره ثم إضافة أعمدة واسطر فارغة بين كل عمودين و سطرين من أعمدة واسطر الصورة المقطعة ثم إيجاد قيمة كل نقطة فارغة أي أن العملية تتم على الأسطر والأعمدة الفارغة فقط أما باقي النقاط الأصلية فيتم نقلها إلى الصورة الجديدة بدون تغيير وذلك بإمرار مرشح اللافوف الرياضي (Mask) وهو عبارة عن مصفوفة مربعة (3x3) كما في الشكل (2) على الصورة الموسعة [10] .

1/4	1/2	1/4
1/2	1	1/2
1/4	1/2	1/4

شكل رقم (2) مرشح اللافوف الرياضي

خطوات الطريقة :

1. قراءة الصورة المراد تكبير جزء منها .
2. اقتطاع الجزء المراد تكبيره (ROI) .
3. إيجاد حجم الجزء المقتطع .
4. تهيئة الصورة الموسعة الوسطية وتحديد حجمها بحيث يكون:
عدد الصفوف في الصورة الموسعة الوسطية=عددتها في الجزء المقتطع $\times 1+2$
عدد الأعمدة في الصورة الموسعة الوسطية=عددتها في الجزء المقتطع $\times 1+2$
5. تهيئة الصورة الموسعة النهائية وتحديد حجمها بحيث يكون:
عدد الصفوف في الصورة الموسعة النهائية=عددتها في الجزء المقتطع $\times 1-2$
عدد الأعمدة في الصورة الموسعة النهائية=عددتها في الجزء المقتطع $\times 1-2$
6. تصفير أطر الصورة الموسعة الوسطية الأفقية والعمودية.
7. نقل قيم نقاط الجزء المقتطع إلى الصورة الموسعة الوسطية مع ترك نقطة فارغة بين كل نقطتين من نقاط الصورة الموسعة الوسطية بالاتجاهين الأفقي والعمودي
8. إمرار لافوف رياضي وهو عبارة عن مصفوفة مربعة (3×3) كما مبين في الشكل (1-2) على الصورة الموسعة الوسطية وخرن ناتج كل تمرير في الصورة النهائية في الموقع الذي يطابق مركز تمرير اللافوف على الصورة الموسعة الوسطية.
9. عرض الصورة الموسعة النهائية كناتج لتكبير الجزء المقتطع .

3.3 الطرق المقترحة

وهي استخدام أساليب وطرق مستخدمة لنوع آخر من التطبيقات مثل خوارزميات تحسين أو تنعيم الصور (Enhancement Smoothing Algorithms) إذ يتم تحويل الفكرة المتبعة لإزالة الضوضاء من الصور لتكوين خوارزميات ومن ثم تطبيقها لتكبير الصور (Zoom-in)

3.3.1 طريقة التوسيط (Median)

تتلخص هذه الطريقة بأن يتم اقتطاع الجزء المراد تكبيره ثم إضافة أعمدة فارغة بين كل عمودين من أعمدة الصورة المقتطعة ثم إيجاد قيمة كل نقطة فارغة وذلك بأن يتم تحديد النقاط المجاورة للنقطة الفارغة وفصلها بمصفوفة جانبية ثم يتم عمل ترتيب لهذه القيم (sorting) ثم اخذ القيمة ذات الموقع الوسطي وإعطائها للنقطة الفارغة ويتم عمل ذات الشيء للأسطر .

والمخطط الانسيابي رقم (3) يوضح هذه الطريقة [1] [3] [9] [11] .

خطوات الطريقة :

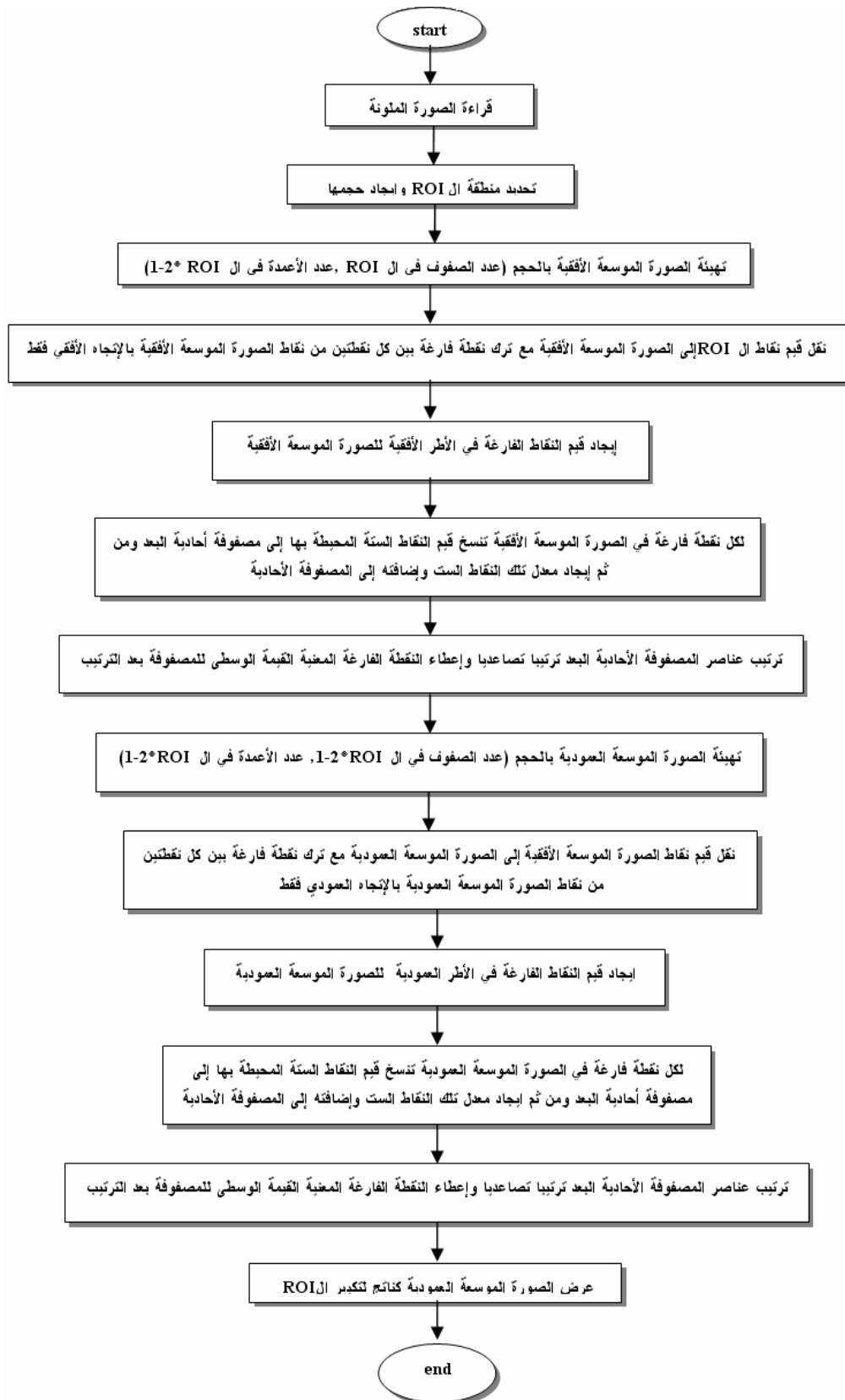
1. قراءة الصورة المراد تكبير جزء منها .
2. اقتطاع الجزء المراد تكبيره (ROI) .
3. إيجاد حجم الجزء المقتطع .

4. التكبير أفقيا :

- تهيئة الصورة الموسعة الأفقية وتحديد حجمها بحيث يكون :
عدد الصفوف في الصورة الموسعة الأفقية = عددها في الجزء المقتطع
عدد الأعمدة في الصورة الموسعة الأفقية = عددها في الجزء المقتطع $2-1 \times$
- نقل قيم نقاط الجزء المقتطع إلى الصورة الموسعة الأفقية مع ترك نقطة فارغة بين كل نقطتين من نقاط الصورة الموسعة الأفقية بالاتجاه الأفقي فقط.
- إيجاد قيم النقاط الفارغة في الأطر الأفقية للصورة الموسعة الأفقية . لكل نقطة فارغة في الصورة الموسعة الأفقية يتم ما يلي:
 - ✓ نسخ قيم النقاط الستة المحيطة بالنقطة الفارغة إلى مصفوفة أحادية البعد
 - ✓ إيجاد معدل هذه النقاط الست وأضافته إلى المصفوفة المكونة
 - ✓ ترتيب عناصر هذه المصفوفة ترتيبا تصاعديا
 - ✓ إعطاء النقطة الفارغة القيمة الوسطى للمصفوفة المرتبة (ذات التسلسل الرابع).

5. التكبير عموديا :

- تهيئة الصورة الموسعة العمودية وتحديد حجمها بحيث يكون :
عدد الصفوف في الصورة الموسعة العمودية = عددها في الصورة الموسعة الأفقية $1 - 2 \times$
عدد الأعمدة في الصورة الموسعة العمودية = عددها في الصورة الموسعة الأفقية
 - نقل قيم نقاط الصورة الموسعة الأفقية إلى الصورة الموسعة العمودية مع ترك نقطة فارغة بين كل نقطتين من نقاط الصورة الموسعة العمودية بالاتجاه العمودي فقط.
 - إيجاد قيم النقاط الفارغة في الأطر العمودية للصورة الموسعة العمودية. لكل نقطة فارغة في الصورة الموسعة العمودية يتم ما يلي:
 - ✓ نسخ قيم النقاط الستة المحيطة بالنقطة الفارغة إلى مصفوفة أحادية البعد
 - ✓ إيجاد معدل هذه النقاط الست وأضافته إلى المصفوفة المكونة
 - ✓ ترتيب عناصر هذه المصفوفة ترتيبا تصاعديا
 - ✓ إعطاء النقطة الفارغة القيمة الوسطى للمصفوفة المرتبة (ذات التسلسل الرابع)
6. عرض الصورة الموسعة العمودية كناتج لتكبير الجزء المقتطع



المخطط الانسيابي رقم (3) طريقة التوسيط (Median)

3.3.2. طريقة القيمة الكبرى والصغرى (Max & Min)

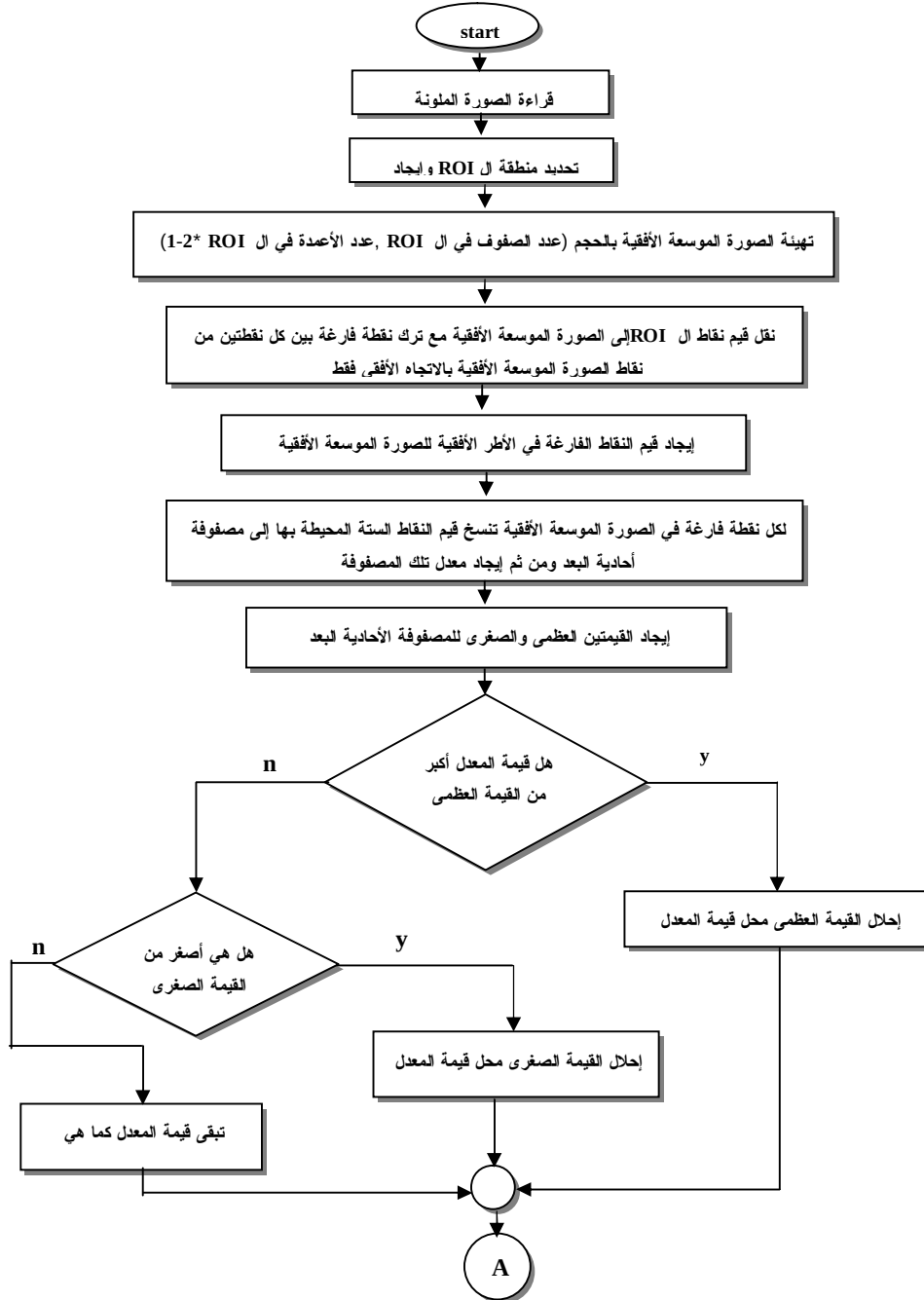
تتلخص هذه الطريقة بأن يتم اقتطاع الجزء المراد تكبيره ثم إضافة أعمدة فارغة بين كل عمودين من أعمدة الصورة المقتطعة ثم إيجاد قيمة كل نقطة فارغة وذلك بأن يتم تحديد النقاط المجاورة للنقطة الفارغة وحساب المعدل لهذه النقاط وكذلك فصل نقاط التجاور بمصفوفة جانبية ثم عمل ترتيب لهذه القيم (sorting) وبعدها يتم اخذ القيمة الكبرى والصغرى ومقارنتهم مع المعدل المحسوب فإذا كانت اكبر من القيمة العظمى يتم إعطاء الأخيرة للنقطة الفارغة وإذا كانت اصغر من القيمة الصغرى يتم إعطاء الأخيرة للنقطة الفارغة وإلا فان النقطة الفارغة تأخذ قيمة المعدل المحسوب سابقاً [1][7].

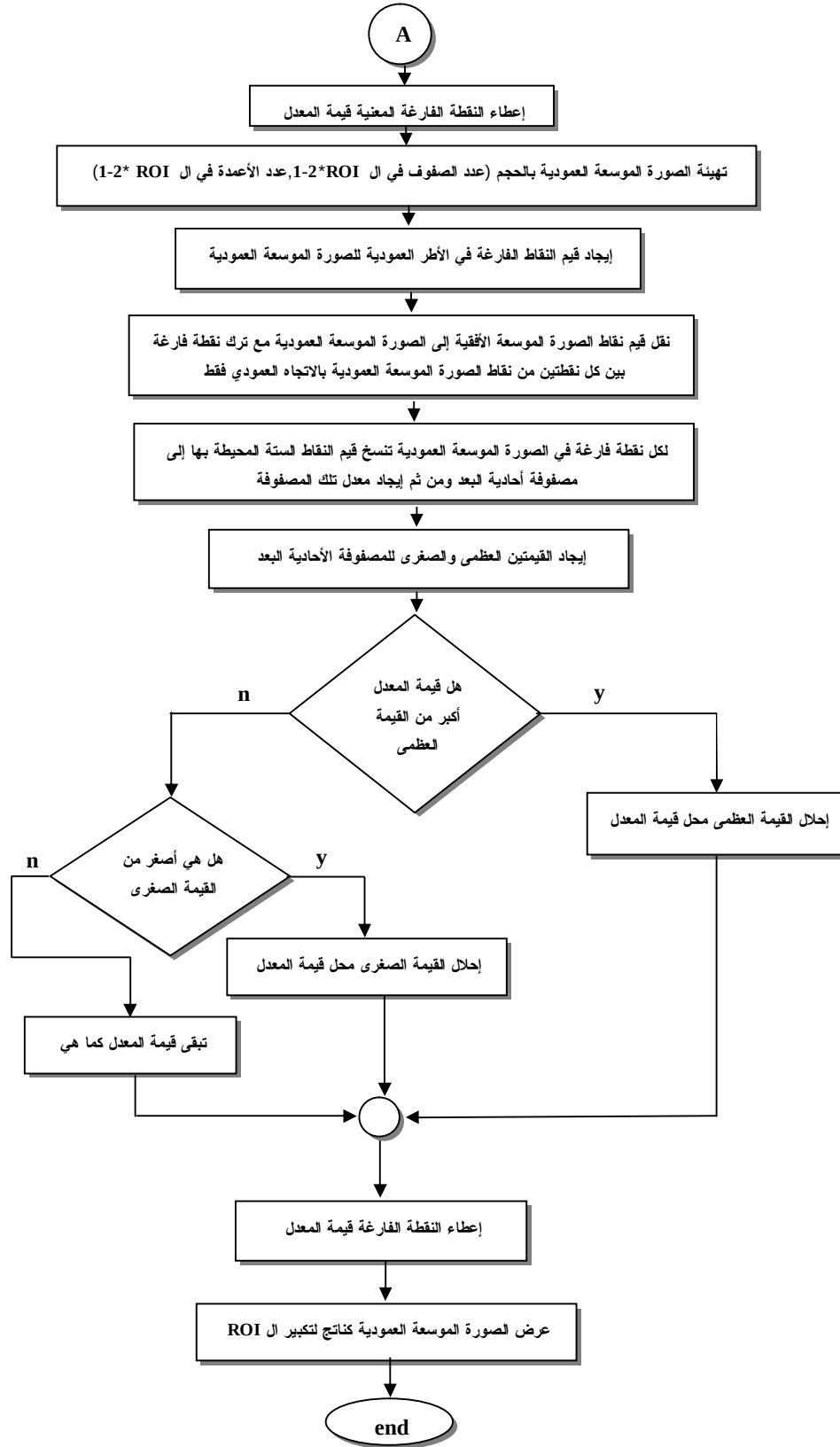
والمخطط الانسيابي رقم (4) يوضح هذه الطريقة.

خطوات الطريقة :

1. قراءة الصورة المراد تكبير جزء منها .
 2. اقتطاع الجزء المراد تكبيره (ROI) .
 3. إيجاد حجم الجزء المقتطع .
 4. لتكبير أفقياً :
- تهيئة الصورة الموسعة الأفقية وتحديد حجمها بحيث يكون :
 - عدد الصفوف في الصورة الموسعة الأفقية = عددها في الجزء المقتطع
 - عدد الأعمدة في الصورة الموسعة الأفقية = عددها في الجزء المقتطع $\times 2 - 1$
 - نقل قيم نقاط الجزء المقتطع إلى الصورة الموسعة الأفقية مع ترك نقطة فارغة بين كل نقطتين من نقاط الصورة الموسعة الأفقية بالاتجاه الأفقي فقط.
 - إيجاد قيم النقاط الفارغة في الأطر الأفقية للصورة الموسعة الأفقية. لكل نقطة فارغة في الصورة الموسعة الأفقية يتم ما يلي:
- ✓ نسخ قيم النقاط الستة المحيطة بالنقطة الفارغة إلى مصفوفة أحادية البعد
 - ✓ إيجاد معدل هذه النقاط الست وأضافته إلى المصفوفة المكونة
 - ✓ إيجاد القيمتين العظمى والصغرى في هذه المصفوفة
 - ✓ إعطاء النقطة الفارغة القيمة العظمى إذا كان معدل النقاط الست أكبر منها
- وإذا كان المعدل أصغر من القيمة الصغرى فإن النقطة الفارغة تعطى القيمة الصغرى
5. التكبير عمودياً
- تهيئة الصورة الموسعة العمودية وتحديد حجمها بحيث يكون :
 - عدد الصفوف في الصورة الموسعة العمودية = عددها في الصورة الموسعة الأفقية $\times 2 - 1$
 - عدد الأعمدة في الصورة الموسعة الأفقية = عددها في الصورة الموسعة العمودية
 - نقل قيم نقاط الصورة الموسعة الأفقية إلى الصورة الموسعة العمودية مع ترك نقطة فارغة بين كل نقطتين من نقاط الصورة الموسعة العمودية بالاتجاه العمودي فقط.
 - إيجاد قيم النقاط الفارغة في الأطر العمودية للصورة الموسعة العمودية. لكل نقطة فارغة في الصورة الموسعة العمودية يتم ما يلي:

- ✓ نسخ قيم النقاط الستة المحيطة بالنقطة الفارغة إلى مصفوفة أحادية البعد
 - ✓ إيجاد معدل هذه النقاط الست وأضافته إلى المصفوفة المكونة
 - ✓ إيجاد القيمتين العظمى والصغرى في هذه المصفوفة
- إعطاء النقطة الفارغة القيمة العظمى إذا كان معدل النقاط الست أكبر منها وإذا كان المعدل أصغر من القيمة الصغرى فإن النقطة الفارغة تعطى القيمة الصغرى أما في حال عدم تحقق أي من الشرطين فتعطى النقطة الفارغة قيمة المعدل نفسه
6. عرض الصورة الموسعة العمودية كناتج لتكبير الجزء المقطع .





المخطط الانسيابي رقم (4) طريقة القيمة الكبرى والصغرى (Max & Min)

4. النتائج

إن الشكل رقم (5) يمثل الصورة الأصلية التي سيتم اقتطاع جزء منها ثم يتم تطبيق الخوارزميات عليها والشكل رقم (6) يمثل الجزء المقتطع وبعد التكبير سيتم المقارنة ما بين النتائج. أما الشكل رقم (7) فيمثل نتائج تطبيق مختلف خوارزميات التكبير التقليدية منها والمقترحة .



شكل رقم (6) الصورة المقتطعة



شكل رقم (5) الصورة الأصلية



A



B



C



D

شكل رقم (7) نتائج تطبيق خوارزميات التكبير

A نتيجة طريقة المعدل الخطي B نتيجة طريقة اللافوف الرياضي

C نتيجة طريقة التوسيط D نتيجة طريقة القيمة الكبرى والصغرى

لبيان مدى جودة الصور المحصلة بعد تطبيق خوارزميات التكبير (Zoom-in) على الجزء المقتطع يتم استخدام مقياس RMS_e (root mean square error) والذي يمثل عملية مقارنة ما بين النتائج المحصلة كل على حدا مع الصورة الأصلية والتي تكون مطابقة بالحجم مع الصور المحصلة بعد التكبير إذ تم البحث عن مجموعة من الصور ذات حجمين إحداها كبيرة والأخرى صغيرة إذ يتم تكبيرها كلها دون اقتطاع لتصل بحجمها الى حجم الصورة الكبيرة لغرض تطبيق المقياس عليها ومن ثم المقارنة بين النتائج، لاحظ الملحق (A) الذي يحتوي على مجموعة من هذه الصور [10].

ان معادلة RMS_e تمثل رياضياً المسافة الاقليدية والتي تجد التباين بين نقاط صورتين قبل المعالجة وبعدها والمعادلة هي [10]:

$$RMS_e = \sqrt{\frac{1}{m \cdot n} \sum_{r=0}^{m-1} \sum_{c=0}^{n-1} [I'(r, c) - I(r, c)]^2}$$

اذ تمثل I' الصورة الناتجة بعد التطبيق، و I تمثل الصورة الأصلية، و $m \cdot n$ حجم الصورة الكلي.

وفيما يلي نتائج تطبيق الخوارزميات على الصورة في شكل رقم (5) فضلا عن مجموعة أخرى من الصور (انظر الملحق A) اذ تم تطبيق الخوارزميات الأربعة على هذه الصور وكما في الجدول (1).

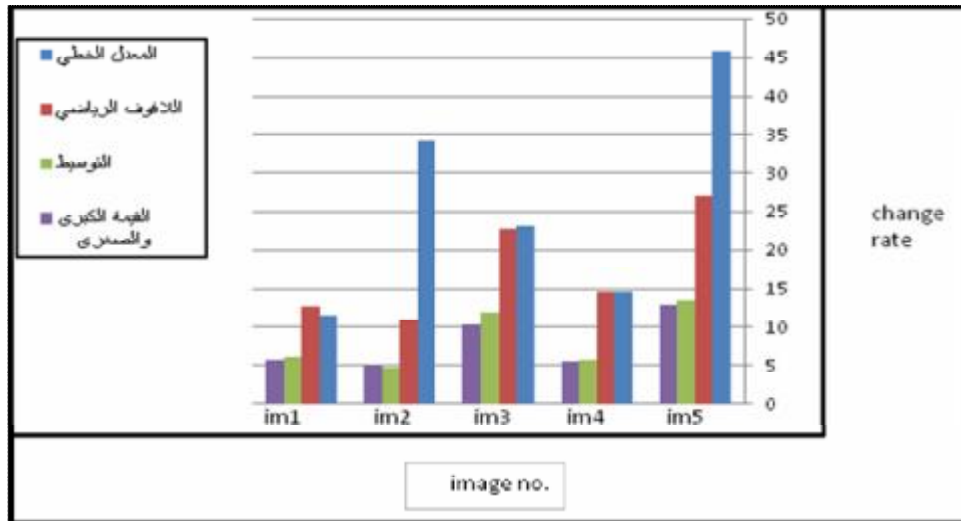
الجدول (1) يمثل قيمة فروقات الصور لمقياس RMS_e عند تطبيق الخوارزميات الأربعة على خمسة صور من Im1 إلى Im5.

قيمة مقياس RMS_e بين الصورة الأصلية والصورة المكبرة					الخوارزمية
Im1	Im2	Im3	Im4	Im5	
11.6722	34.2129	23.1934	14.7190	45.7649	خوارزمية المعدل الخطي
12.8339	10.9950	22.6911	14.6577	26.9758	خوارزمية اللافوف الرياضي
6.1712	4.8217	11.8975	5.8779	13.5146	خوارزمية التوسيط
5.8216	4.9659	10.3752	5.6631	12.8934	خوارزمية القيمة الكبرى والصغرى

5 الخاتمة والاستنتاجات

إن ظهور واستخدام الصور أغنى الكثير من العلوم ولكن استخدام صور مكبرة أو تكبير جزء من الصورة بالتأكد سيغني بعض فروع العلوم بشكل أوسع.

نتيجة لتطبيق البحث تم التوصل إلى أن باستخدام خوارزميات التكبير (Zoom-in) تم تكبير الصور بشكل جيد لكن بتفاوت كبير من ناحية الجودة للصورة الناتجة إذ أن جودة الصورة الناتجة من الطرق المقترحة الجديدة كانت أفضل بكثير من نتائج الطرق التقليدية وذلك من خلال ملاحظة قيم نتائج الفروقات لمقياس (RMS_e) والمبينة في الجدول رقم (1) إذ أن وحسب هذا المقياس كلما كانت القيمة المحصلة قريبة من الصفر كلما كان ذلك أفضل أي أن جودة الصورة المحصلة جيدة وقليلة التشويه. أيضا يلاحظ التقارب في نتائج الطريقتين المقترحتين طريقة التوسيط (Median) وطريقة القيمة الكبرى والصغرى (Max & Min) ولكن الأخيرة هي الأفضل بشكل عام لاحظ الشكل (8).



الشكل (8) رسم بياني يوضح مقدار الاختلاف في جودة الصور المكبرة للخوارزميات الأربعة

المصادر

- [1] حامد علي, حنان, (2008), "خوارزمية هجينة للتخلص من ضوضاء الصور", مجلة علوم الرافدين لعلوم الحاسبات والرياضيات, المجلد الخامس, العدد الأول, جامعة الموصل.
- [2] Battiato, S.; Gallo, G., and Stanco F. , (2002). "A Locally Adaptive Zooming Algorithm for Digital Images", <http://www.elsevier.com/locate/imavis>.
- [3] Gomes, J. , and Velho L. , (1997) , "Image Processing for Computer Graphics" Translated by Silvio L., springer, inc.
- [4] Gonzalez, Rafael E. , (2002) , "Digital Image Processing", 2nd edition, publisher : prentice.
- [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) , "Digital Filters" <http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/HIPR2/filtops.htm>.
- [8] RAN, G. ; JIN, P., and XUE, C. , (2009), "Image Zooming Algorithm Based on Partial Differential Equations", <http://www.math.ualberta.ca/ijnam/volume-6-2009/no-2-09/2009-02-07.pdf>.
- [9] Tinku, A. , and Ajoy, K. , (2005) , "Image Processing Principles and Application" , WILEY – Interscience USA.
- [10] Umbaugh, Scott E. , (1998) , "Computer Vision and Image Processing a Practical Approach using CVIP Tools", Prentice Hall PTR.
- [11] William, K. , (2007) , "Digital Image Processing", Fourth Edition , Wiley & Sons. Inc. Publication.

(A) الملحق

نتائج مجموعة من الصور المطبق عليها الخوارزميات مع نسبة الفروقات الناتجة من تطبيق مقياس RMS_e اذ تمثل A الصور الناتجة من تطبيق خوارزمية المعدل الخطي, B الصور الناتجة من تطبيق خوارزمية اللافوف الرياضي, C الصور الناتجة من تطبيق خوارزمية التوسيط, D الصور الناتجة من تطبيق خوارزمية القيمة الكبرى والصغرى.

