بحوث مستقبلية (١٦) ٢٠٠٦
ص ص [٢١١-٢٣٣]

تحسين المعلومات الطيفية للمستويات الرمادية في الصور الرقمية

محمد جاجان يونس الزبيدي[١]

الملخص

تم في هذا البحث التعرف على أهم تقنيات تحسين المعلومات الطيفية للصور الرقمية، والتي تهدف جميعها إلى إمكانية التوصل للعرض والإظهار الأفضل لمحتوى الصورة من المعلومات بحيث تكون النتيجة أكثر ملاءمة من الصورة الأصلية لتطبيق محدد. ومن أشهر آليات التحسين هي عملية مط التباين بين نقاط للصورة، خاصةً تلك التي تملك شدّات لونية متقاربة، وذلك عن طريق نشر شدّات الإضاءة للمشهد بحيث تغطي كامل المجال اللوني(255-0) ابتداءً من اللون الأسود إلى الأبيض، إذ يتم تحسين الصور بالاعتماد على أنظمة الإبصار البشري. وقد تم عرض أربعة تقنيات لأجل تحسين المعلومات الطيفية للصورة: خوارزمية التحسين الخطي، اللوغاريتمي، الأسي وتسوية النسيج البياني. تناول البحث هذه التقنيات من حيث: الإدخال، طريقة المعالجة، الإخراج والأهمية من تطبيق تلك الخوارزميات. ومن ثم تطبيقها على نماذج من الصور التي تم إدخالها إلى الحاسبة عن طريق جهاز الماسح الضوئي أو من خلال استخدام أجهزة التصوير الرقمية. وقد لوحظ من التطبيق العملي كفاءة هذه الخوارزميات من خلال مقارنة الصور المحسنة مع الصور المدخلة(الخام) وعرض المدرج التكراري لتلك الصور قبل عمليات التحسين وبعدها.

Abstract

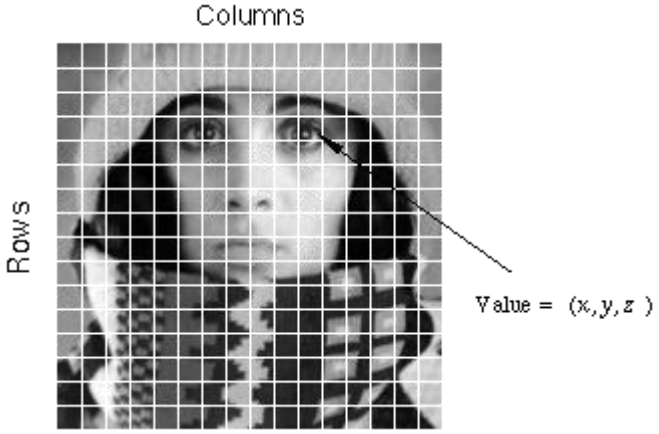
This research has demonstrated the most important techniques of spectral information enhancement in digital images. It aims at achieving better display for the contents of the image in order to have more appropriate results for specific application. One of the most well known techniques of enhancement is the stretch of contrast between image pixels, especially those which have close gray levels. This is done by spreading the levels of brightness of the scene in order to cover all the levels of gray (0-255) from black to white. The research has demonstrated four algorithms for image enhancement of spectral information: the algorithm of linear enhancement, logarithmic, exponential and histogram equalization. The research has dealt with these techniques concentrating on: the input, the processing, the output and the significance of applying these algorithms. The algorithms hade been applied on tested images that are fed to the computer through the scanner or through digital cameras. The comparison between the enhanced and tested images was proves that the practical application of these algorithms is fruitful with showing the histograms of the images before and after the enhancement.

(١) مدرس مساعد، قسم علم الحاسوب، كلية الحدباء الجامعة.

تاريخ الاستـــلام: ٢٠٠٥/٤/٢٦
تاريخ قبول النشر: ٢٠٠٦/٦/٢٨

المقدمة(Introduction):

تتضمن معالجة الصور الرقمية تحويل الصور وتفسيرها التي يتم إدخالها إلى الحاسبة الإلكترونية باستخدام أجهزة التصوير الرقمية(Digital Cameras) أو عن طريق صور فوتوغرافية يتم قراءتها من خلال أجهزة المواسح الضوئية(Scanners) وتحويلها إلى مصفوفة نقاط صورية(Pixels) تكون مرتبة في خطوط وأعمدة منتظمة[الحبش، ١٩٩٤]. إذ تُمثَّل الصورة في الحاسبة بمصفوفة ثنائية البعد(2D Matrix) تحوي كل نقطة من نقاطها على قيمة الشِدّة اللونية(Intensity Level) للمستوى الرمادي لتلك النقطة، وهذا المستوى هو في الأصل عبارة عن خليط(Palette) من ثلاثة ألوان رئيسة هي: الأحمر، الأخضر والأزرق، لثلاثة أنواع أساسية من الصور وحسب عدد الألوان الممكنة في كل منها وهي: الصور الثنائية(Binary Images)، الصور الرمادية(Gray Scale Images) والصور الملونة(Color Images)، [Umbaugh, 1998] . ومن الممكن وصف نقاط الصورة من خلال نظام ثلاثي الأبعاد، الشكل(١) إذ يمثل البعدان(x,y) موضع النقطة الصورية بينما يمثل البعد(z) شِدّة المقياس الرمادي لهذه النقطة في الصورة.



الشكل(١) تمثيل مصفوفة صورية لصورة رقمية[Young et al, 2002].

تقنيات تحسين الصور الرقمية(Techniques of Digital Images Enhancement):

إن الغاية من تقنية التحسين هو توضيح الصور أو إبراز معلومات معينة في الصورة تُمكّن المستفيد(مفسر الصور) من تحديدها وفصلها عن بقية المعلومات بسهولة أكثر من الصورة الخام(الصورة الأصلية دون إجراء أيّة معالجة عليها) وذلك بزيادة التمييز بين معالم المشهد

وصولاً إلى أفضل تكامل للصور يقوم بين قابلية التفسير البصري للعقل البشري والحاسوب الذي يهدف إلى التضخيم البصري للاختلافات الضئيلة بين المعالم الغامضة أو غير المتميزة في الصورة ليسهل إمكان ملاحظتها[ليلساند وكيفر، ١٩٩٤]. إذ تهدف تقنيات تحسين الصور إلى إمكانية العرض والإظهار لمحتوى الصورة من المعلومات بحيث تكون النتيجة أكثر ملاءمة من الصورة الأصلية لتطبيق محدد[الحبش، ١٩٩٤]. ويتم تحسين الصور بالاعتماد على أنظمة الإبصار البشري، إذ إن حقل معالجة الصور ما هو إلا امتداد لحقل معالجة الصور بصرياً، إذ يتضمن تحسين الصور عادةً تقنيات تهدف إلى زيادة الفوارق البصرية بين المعالم في مشهدٍ ما للحصول على عرضٍ أكثر جدوى لمعطيات الصورة المختبرة تمهيداً للتفسير البصري اللاحق[ليلساند وكيفر، ١٩٩٤]. وأما إمكانيات التحسين المختلفة للصور الرقمية فهي[الحبش، ١٩٩٤]:

- التصحيح الهندسي(Geometric Correction).
- التصحيح الشعاعي(Atmospheric Correction).
- تحسين التباين(Contrast Enhancement).
- تقطيع الكثافة(Density Slicing).
- الترشيح (Filtering).
- موزاييك الصورة(Image Mosaic).
- تناسب قنوات الصور(Band Ratio Images).
- الصور الملونة(Color Images).

تختلف طرائق تحسين الصور تبعاً للخوارزميات المستخدمة، إذ إن كل خوارزمية تكون خاصة بإظهار أو تحسين خصائص معينة في الصورة. ومن أشهر تقنيات التحسين المستخدمة في الصور الرقمية هي عملية مط التباين(Contrast Stretch) للصورة وذلك من خلال بسط المستويات الرمادية بحيث تغطي كامل المجال اللوني(المدى الديناميكي للصورة) من اللون الأسود(0) إلى اللون الأبيض(255)، [Mather, 1987]. وفي الواقع لا يمكن حصر طرائق تحسين الصور وخيارات العرض المتيسرة لتحليل الصور، ولكن يمكن جمع معظم تقنيات التحسين إما في عمليات النقطة المحددة(Point Operations) أو في عمليات الجوار(Area Operations) والتي تسمى كذلك بالعمليات المحلية(Local Operations)، فعمليات النقطة المحددة تعدّل قيمة لمعان أو سطوع(Brightness) كل

نقطة صورية لمجموعة معطيات الصورة كل على حدة، أما عمليات الجوار فتعدّل كل نقطة صورية اعتماداً على قيم لمعان ما يجاورها[ليلساند وكيفر، ١٩٩٤].

خوارزميات تحسين الصور الرقمية(Algorithms of Digital Images Enhancement):

يمكن تصنيف خوارزميات تحسين الصور الرقمية إلى نوعين رئيسين[Gonzalez and Paul, 1987]:

أولاً: خوارزميات تحسين المعلومات الطيفية للصورة(Image Enh. of Spectral Information's):

يتم تطبيق هذه الخوارزميات على كل نقاط الصورة(عمليات النقطة) بحيث إن النقاط الصورية المجاورة(Neighbor Pixels) لا تدخل في المعالجة أثناء عملية المسح (Scanning)، وتشمل هذه الخوارزميات[الحبش، ١٩٩٤]:

- ✓ **خوارزميات التحسين الخطّي(Algorithms of Linear Contrast Stretch):** يتم التحسين في هذه الخوارزميات باستخدام تابع تحويل خطي(بشكل خطي) بحيث تتوزع الشِدّات اللونية بشكل منتظم على كامل المجال اللوني(255-0).
- ✓ **خوارزميات التحسين اللاّخطّي(Algorithms of Non-Linear Contrast Stretch):** يتم التحسين في هذه الخوارزميات من خلال توسيع الفرق بين جزء من المستويات الرمادية على حساب الجزء الآخر. ومن أمثلة هذا النوع من الخوارزميات:
  - **التحسين اللوغاريتمي(Logarithmic Stretch):** يسمح بتحسين الشِدّات اللونية للنقاط الأقرب للمجال اللوني القاتم(0) على حساب النقاط الأقرب للمجال اللوني الفاتح(255).
  - **التحسين الأسي(Exponential Stretch):** يحسن الشِدّات اللونية بشكل معاكس للتحسين اللوغاريتمي.
  - **تحسين تسوية النسيج البياني(Histogram Equalization Stretch):** يتم تحسين الشِدّات اللونية المسيطرة في الجزء الأوسط للنسيج البياني(Histogram) أو ما يسمى بالمنحني(المدرج) التكراري على حساب الشِدّات اللونية على جانبيه.
  - **تحسين غاوص(Gaussian Stretch):** هنا يتم تحسين الشِدّات اللونية المسيطرة على جانبي النسيج البياني على حساب الشِدّات اللونية في الجزء الأوسط منه.

ثانياً: خوارزميات تحسين المعلومات المكانية للصورة(Image Enh. of Spatial Information's):

يتم تطبيق هذه الخوارزميات على كل نقطة من نقاط الصورة بحيث أن نقاط الجوار في الصورة تدخل في عملية المعالجة(عمليات الجوار). أي إن المعلومات المكانية لا يمكن التحسس بها مباشرةً إلا بمقارنتها بما يجاورها.

فيما يتعلق بهذا البحث وعلى وفق الأساليب المتبعة فيه سوف يتم تناول النوع الرئيس الأول لخوارزميات تحسين الصور:(الخطي، اللوغاريتمي، الأسي وتسوية النسيج البياني). مع التأكيد على صعوبة تحديد طريقة مثالية ممكن استخدامها لكل الحالات، فمثلاً الطريقة المستخدمة لتحسين صور(مرئيات) الأقمار الصناعية يمكن أن تكون غير ملائمة لتحسين الصور الطبية والعكس صحيح، أي إنه يتم إدخال المعرفة(Knowledge) لاستجابة نظم الإبصار البشري لتحسين الصور بصرياً.

هدف البحث(The Aim of the Study):

الهدف الرئيس من هذه الدراسة هو تصميم برنامج لتمثيل خوارزميات التحسين الطيفي للصور الرقمية لأجل زيادة(مط) التباين اللوني بين نقاط الصورة خاصةً تلك التي تملك شدّات لونية متقاربة، وذلك عن طريق نشر شدّات الإضاءة للمشهد بحيث تغطي كامل المجال اللوني من اللون الأسود إلى اللون الأبيض(255-0). وحسب أنواع الصور المستخدمة في المعالجة يمكن تطبيق إمكانات تحسين مختلفة على مجموعة من الصور ذوات الأطوال الموجية(الأقنية) المختلفة، إذ يعد تحسين الصور النقطة الأساسية من أجل التفسير البصري اللاحق وكذلك التصنيف الرقمي للصور المحسنة، فضلاً عن إمكانية الاستفادة من هذه الدراسة في توثيق الصور وتحليلها والتي تعدّ ضرورية للعديد من التطبيقات خاصةً في المراكز البحثية ومحطات استلام بيانات(مرئيات) الأقمار الصناعية وتوزيعها وتحليلها.

خطة البحث(The Scope of the Study):

تمثل خطة البحث الإطار العام لهذه الدراسة والذي تضمن عرض مقدمة عامة عن معالجة الصور الرقمية بالإضافة إلى إشارة لأهم خوارزميات تحسين الصور من حيث المعلومات الطيفية والمكانية ومن ثم توضيح الهدف من هذه الدراسة وخطة البحث المتبعة. وكذلك تناول البحث عرض لخوارزميات تحسين المعلومات الطيفية للمستويات الرمادية في الصور الرقمية والمتمثلة بأربعة تقنيات عرضها البحث كل على حدة من ناحية: الإدخال، طريقة المعالجة، الإخراج والفائدة من تطبيق الخوارزمية المتبعة. وأخيراً تضمن البحث الجانب

التطبيقي في هذه الدراسة من حيث عرض النتائج والاستنتاجات التي تم التوصل إليها ومناقشتها بعد تطبيق الخوارزميات المقترحة على صور الإدخال التي تم إدخالها إلى الحاسبة عن طريق جهاز الماسح الضوئي أو من خلال استخدام أجهزة التصوير الرقمية.

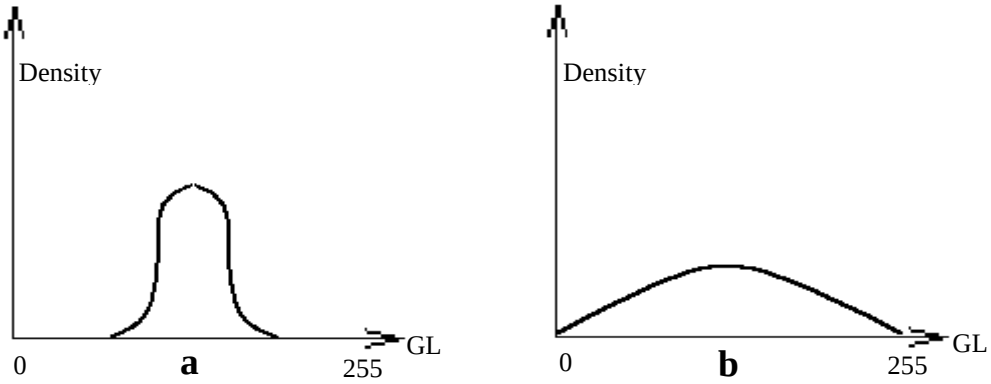
تحسين المعلومات الطيفية للصورة(Image Enhancement of Spectral Information's):

يفترض أن تكون قيم شِدّة الإضاءة(Gray Level Intensity) لكل نقطة في الصورة تتراوح بين(0-255) أي(256) مستوى رمادياً وهو أكبر عدد يمكن تمثيله في عمليات ترميز حاسوبية ذات(8-bits)، ولكن في الواقع قلّما توجد صور تستغل هذا المدى كله للشِدّات اللونية، عليه يتم تطبيق عملية مط التباين لإظهار المعلومات التي تحتويها الصورة بشكل أوضح من الصورة الأصلية وذلك من خلال تمديد المدى الضيّق لقيم اللّمعان الموجودة في الصورة(بسط المستويات الرمادية) على مدى أوسع من القيم الرمادية بحيث تغطي كامل المجال اللوني(المدى الديناميكي للصورة) من اللون الأسود(0) إلى اللون الأبيض(255)، [ليلساند وكيفر، ١٩٩٤]. ويتم التوصل لهذا المدى الفعلي للصورة بحساب أعلى قيمة وأقلها للمستويات الرمادية بحيث كلما كان المدى الفعلي لهذه المستويات أكبر كلما كانت الصورة أكثر وضوحاً. وبمعنى آخر: كلما كانت نسبة التباين (Contrast Ratio) كبيرة كلما كان عرض الصورة أكثر وضوحاً، وكما موضح من خلال المعادلة الآتية[Jensen, 1986]:

$$Contrast\ \text{Ratio} = (\max + 1) / (\min + 1) \quad \text{.....(1)}$$

حيث: max, min يمثلان أعلى قيمة وأقلها للمستويات الرمادية في الصورة على التوالي.

وأفضل طريقة لمعرفة فيما إذا كانت الصورة تحتاج إلى تحسين معلوماتها، هي عرض المنحني(المدرج) التكراري للصورة، فعندما يكون المنحني ضيّق فإن الصورة تحتاج إلى عملية تحسين لأن معلومات الصورة تكون متجانسة ولا يمكن التمييز بين الأصناف في الصورة الواحدة بشكل واضح، الشكل(٢-a). أما إذا كان المنحني واسعاً فإن الصورة قد لا تحتاج إلى عملية تحسين لأنها قد استغلت المدى الديناميكي كافةً للمستويات الرمادية الفعلية لها لتملأ مدى قيم العرض كلها(0-255)، الشكل(٢-b).



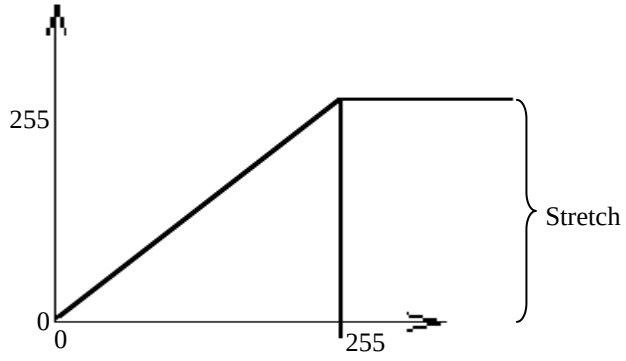
الشكل(٢) المدرج التكراري لدالة احتمالية: (a) مدرج تكراري ضيّق. (b) مدرج تكراري واسع.

خوارزميات مط التباين(Contrast Stretch Algorithms):

تهدف تقنية مط التباين إلى تحويل الصورة المختبرة إلى صيغة أكثر ملاءمة للمراحل اللاحقة، أي يتم زيادة(مط) توضيح معالم الصورة لأجل تحويلها إلى صيغة مناسبة لمرحلة استخلاص خواص الصورة من اجل تسهيل الوصول إلى التمييز أو التصنيف الصحيح لها.

خوارزمية التحسين الخطّي(Algorithm of Linear Stretch):

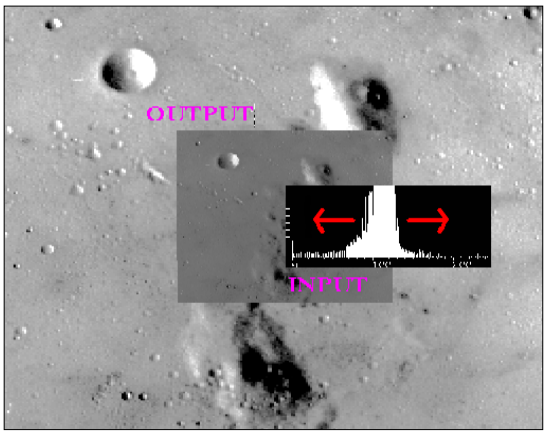
يتضمن هذا النوع من التحسين عملية المط الخطي على الصورة المدخلة بحيث قيم الإدخال تسقط على خط مستقيم لاستخراج قيم الإخراج، الشكل(٣). أي إن أقل نقطة في الإدخال تسقط على المدى(0) في الإخراج، في حين أعلى قيمة في الإدخال تسقط على المدى(255) في الإخراج، وأما القيم الواقعة بين أقل قيمة وأعلاها فسوف توزع من(1-254) في الإخراج، وهكذا تبدو المساحات ذات الشِدّة اللونية الفاتحة(Brightness Pixels) أفتح وتبدو المناطق ذات الشِدّة اللونية القاتمة(Dimmer Pixels) أشد قتومةً.



الشكل(٣) دالة التحسين الخطي.

الإدخال(Input): صورة رمادية غير واضحة المعالم وغير مستغلة لكل المدى الديناميكي فيها، الشكل(٤) إذ لا يمكن تمييز الأصناف المختلفة التي تحتويها الصورة لأن الانحراف المعياري(Standard Deviation) لهذه الصورة يكون قليلاً جداً وبالتالي فإن العشوائية (Entropy) تكون قليلة جداً أيضاً، والذي يؤدي بدوره إلى قلّة المعلومات المستحصلة من هذه الصورة. مع ملاحظة أن منحني الصورة التكراري له مواصفات دالة توزيع غاوص (Gaussian Distribution) أي إن المعدل(Mean) يكون في الوسط، وكما موضح من خلال المعادلة الآتية[Umbaugh, 1998]:

$$Mean = (\max + min)/2 \quad .....(2)$$



الشكل(٤) آلية عمل الدالة الخطية[Fisher et al, 2002].

طريقة المعالجة(Processing Method):

١. قراءة الصورة المدخلة من ملف الخزن.

٢. إيجاد أقل قيمة(Minimum) وأعلى قيمة(Maximum) للشدّات اللونية في الصورة.

٣. حساب قيم جديدة للشدّات اللونية الرمادية لكل نقاط الصورة وتسقيطها(Mapping) بالنسبة للنقاط المقابلة لها في الصورة المخرجة بحيث تقع قيم الإخراج بين(0-255) بدلاً من القيم(minimum-maximum) لنقاط الإدخال، وهذا يتم باستخدام المعادلة الآتية:

$$Output(x,y) = ((input(x,y) - \min imum)/(\max imum - \min imum)) * 255 \quad .....(3)$$

حيث: $Output(x,y)$ قيم الشدّة اللونية لنقاط الصورة المخرجة بعد المعالجة.

$input(x,y)$ قيم الشدّة اللونية لنقاط الصورة المدخلة قبل المعالجة.

الإخراج(Output): صورة رمادية لها تباين عالي(High Contrast) لاستغلالها كل المدى الديناميكي لمستويات الشدّات الرمادية في الصورة المخرجة.

الفائدة من تطبيق هذه التقنية(Advantage of Linear Stretch): تحويل الصورة المدخلة من صورة رمادية لا تستطيع العين البشرية تمييز الأنماط المختلفة فيها إلى صورة واضحة المعالم بحيث يمكن تمييز الفروقات القليلة بين النقاط المتقاربة والذي يؤدي إلى إمكانية عرض الاختلافات الضئيلة لمعطيات الصورة المدخلة في شدّات لونية يسهل تمييزها.

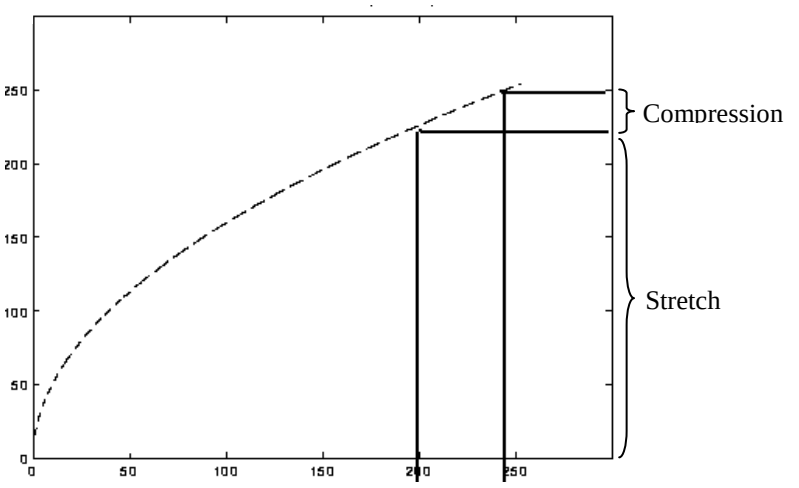
مساوئ هذه التقنية(Disadvantage of Linear Stretch): على الرغم من أن التحسين الخطي أفضل من العرض المباشر للصورة إلا أنه لا يزودنا بالعرض الأكثر تعبيراً عن المعطيات، إذ إن السمات المتشابهة البريق(اللّمعان) لا يمكن تمييزها فعلياً، إذ يتم تعيين أو تخصيص عدداً من مستويات العرض(شدّات لونية) كثيرة بالنسبة للقيم النادرة الحدوث في الصورة بالعدد نفسه للقيم المتكررة الحدوث[ليلساند وكيفر، ١٩٩٤].

خوارزميات التحسين اللاخطّي(Algorithms of Non-Linear Stretch):

لتحسين عيوب البسط الخطي يتم تخصيص قيم الصورة إلى مستويات العرض استناداً إلى تكرار وجودها، أي إنه يتم تخصيص قيم عرض أكثر للجزء الأكثر تكراراً من المدرج التكراري، وهذا يعتمد على قيم الشدّات اللونية في الصورة، إذ تُسقّط قيم الإدخال لكل نقاط الصورة على منحني لأجل الحصول على قيم الإخراج[ليلساند وكيفر، ١٩٩٤]. أما اختيار طريقة التحسين المناسبة لأي تطبيق فيمثل في الغالب أمراً يرتبط بطبيعة المنطقة المصورة وعلى الغاية من عملية التحسين هذه. وفيما يلي استعراض عام لخوارزميات التحسين اللاّخطي والتي تهدف جميعها إلى تحسين معالم الصورة وتوضيحها لتطبيق محدد:

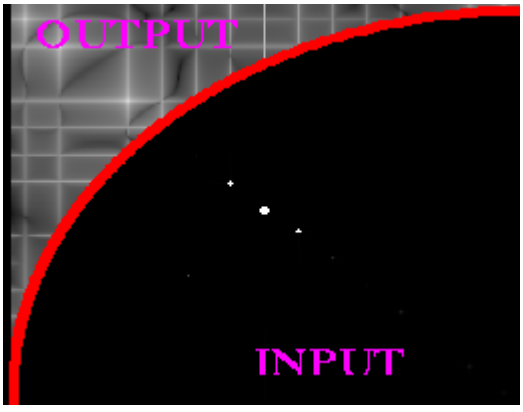
خوارزمية التحسين اللوغاريتمي(Algorithm of Logarithmic Stretch):

من خلال هذه الدالة يتم توسيع القيم الواطئة(القيم الأقرب للمجال اللوني القاتم) على حساب القيم العالية(القيم الأقرب للمجال اللوني الفاتح) مع عدم إلغاء القيم العالية بشكل كلّي من الصورة، وهذا يتم من خلال تطبيق دالة اللوغاريتم(Log) على كل نقاط الصورة المدخلة[Ernest, 1979]. إذ إن من خواص هذه الدالة هو زيادة(Stretch) التباين لقيم الشدّات اللونية الواطئة(المظلمة) القريبة من الـ(0) وتقليل(Compression) التباين لقيم الشدّات اللونية العالية(النيّرة) القريبة من الـ(255)، الشكل(٥).



الشكل(٥) دالة التحسين اللوغاريتمي.

الإدخال(Input): صورة رمادية غير واضحة المعالم ذات مدى ديناميكي غير مستغَل بشكل فعلي. والغاية تحسين الشدّات اللونية في جزء القيم الواطئة من المدرج التكراري على حساب الشدّات اللونية في جزء القيم العالية من المدرج، الشكل(٦).



الشكل(٦) آلية عمل الدالة اللوغاريتمية[Fisher et al, 2002].

طريقة المعالجة(Processing Method):

١. قراءة الصورة المدخلة من ملف الخزن.

٢. إيجاد أقل قيمة وأعلاها للشدّات اللونية في الصورة.

٣. حساب قيم جديدة للشِدّات اللونية لكل نقاط الصورة المدخلة وتسقيطها بالنسبة للنقاط المقابلة لها في الصورة المخرجة بحيث تقع قيم الإخراج بين(0-255) بدلاً من أقل قيمة وأعلاها لنقاط الإدخال، وهذا يتم باستخدام المعادلة الآتية:

$$\left.\begin{array}{l} Output(x,y) = ((input(x,y) - \log(\min imum + 1)) / \\ (\log(\max imum + 1) - \log(\min imum + 1))) * 255 \end{array}\right\} \quad .....(4)$$

٤. تطبيق دالة التحسين الخطي على الصورة المخرجة من الخطوة(٣) أعلاه والحصول على صورة جديدة محسنة خطياً.

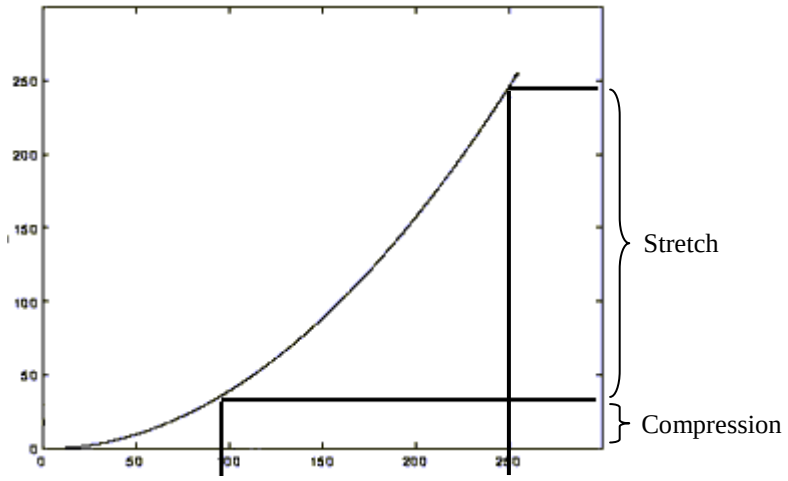
تنويه(Mention): إن السبب الرئيس من استدعاء دالة التحسين الخطي وتطبيقها على الصورة المخرجة من دالة التحسين اللوغاريتمي هو حصر قيم الإخراج بين(0-255). علماً أن التناسب بين فروقات نقاط الصورة لا يتغير بعد استدعاء الدالة الخطية.

الإخراج(Output): الصورة المخرجة تكون مائلة إلى اللون الفاتح(الأبيض) نتيجةً لزيادة التباين بين الشِدّات اللونية الواطئة وتقليل التباين(رفع شِدّة الإضاءة) بين الشِدّات اللونية العالية.

الفائدة من تطبيق هذه التقنية(Advantage of Logarithmic Stretch): بعد تطبيق هذه الخوارزمية يتم توضيح تفاصيل جزء القيم المظلمة أو الواطئة(كالمياه) مع الإبقاء على جزء القيم النيّرة أو العالية(كاليابسة) دون إلغائه بشكل كلي من الصورة. أي إن هذه التقنية تفيد في تطبيقات أنواع المياه(Hydrology) أو ما يسمى بالأجسام المائية، إذ إنّ للمياه انعكاسية واطئة والتي تقع ضمن النصف الأول من المدرج التكراري.

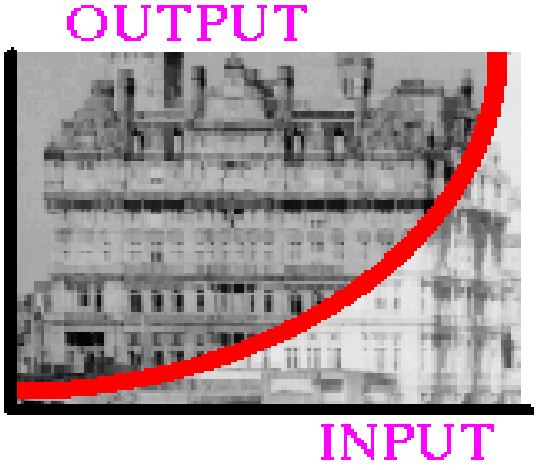
خوارزمية التحسين الأسي(Algorithm of Exponential Stretch):

من خلال هذه الدالة يتم توسيع القيم العالية(القيم الأقرب للمجال اللوني الفاتح) على حساب القيم الواطئة(القيم الأقرب للمجال اللوني القاتم) مع عدم إلغاء القيم الواطئة بشكل كلي من الصورة[Ernest, 1979]. إذ إن خواص هذه الدالة هو زيادة تباين القيم العالية القريبة من الـ(255) وتقليل تباين القيم الواطئة القريبة من الـ(0)، الشكل(٧).



الشكل(٧) دالة التحسين الأسي.

الإدخال(Input): صورة رمادية غير واضحة المعالم ذات مدى ديناميكي غير مستغَل بشكل فعلي. والغاية تحسين الشدّات اللونية في جزء القيم العالية من المدرج التكراري على حساب الشدّات اللونية في جزء القيم الواطئة من المدرج، الشكل(٨).



الشكل(٨) آلية عمل الدالة الأسية[Fisher et al, 2002].

طريقة المعالجة(Processing Method):

١. قراءة الصورة المدخلة من ملف الخزن.

٢. إيجاد معكوس الصورة المدخلة(Negative Image).

٣. تطبيق خوارزمية التحسين اللوغاريتمي على الصورة المعكوسة.

٤. إعادة الصورة الناتجة(Re-Negative Image) من الخطوة(٣) أعلاه.

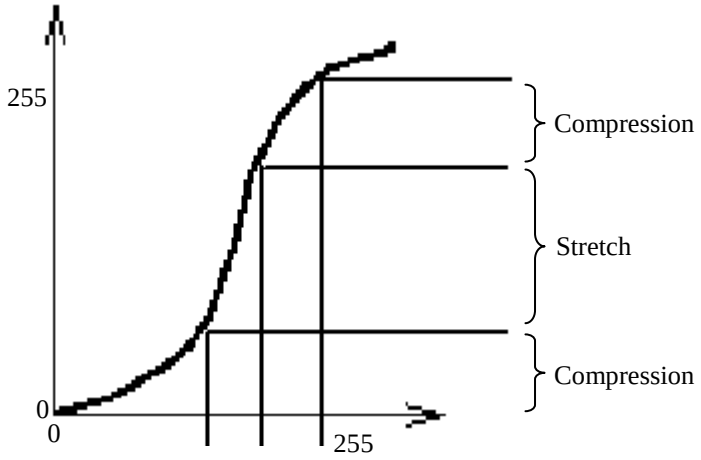
تنويه(Mention): نتيجةً لاستخدام الدالة الأسية على كل نقطة من نقاط الصورة المدخلة فإن القيم الناتجة تكون كبيرة جداً ولا يمكن تمثيلها بالحاسبة(Overflow Error)، ولأجل معالجة هذه المشكلة يتم تطبيق الدالة الأسية بصورة غير مباشرة إذ يتم عكس الصورة المدخلة ومن ثم استدعاء وتطبيق الدالة اللوغاريتمية على الصورة المعكوسة وأخيراً عكس الصورة الناتجة مرةً أخرى والحصول على صورة مخرجة محسنة.

الإخراج(Output): الصورة المخرجة تكون مائلة إلى اللون القاتم(الأسود) نتيجةً لزيادة الفرق بين الشدّات اللونية العالية وتقليل الفرق بين الشدّات اللونية الواطئة.

الفائدة من تطبيق هذه التقنية(Advantage of Exponential Stretch): بعد تطبيق هذه الخوارزمية يتم توضيح تفاصيل جزء القيم العالية(كاليابسة) مع الإبقاء على جزء القيم الواطئة(كالمياه) دون إلغائه بشكل كلي من الصورة. أي إن هذه التقنية تفيد في توضيح(إظهار) وتحسين معلومات الصورة للمناطق الفاتحة وخصوصاً أنواع الترب والصخور.

خوارزمية تحسين تسوية النسيج البياني(Algorithm of Histogram Equalization Stretch):

تؤكد هذه النظرية أن أي متغير عشوائي مستمر بشكل مطلق بالإمكان تحويله إلى متغير عشوائي موزع توزيعاً منسجماً، أي أن كل الشدّات اللونية يكون لها العدد نفسه من نقاط الصورة لأجل إبراز الاختلافات القليلة في المعالم المتجانسة، الشكل(٩)، إذ يعتمد هذا النوع من المط غير الخطي على توزيع نقاط الصورة لكل شدّة لونية ثم يتم جمع كل الشدّات اللونية التي تم إيجادها في الصورة المدخلة، لذلك يطلق على هذه الدالة بدالة التوزيع التجميعي(Cumulative Distributed Function(CDF)، [Gonzalez and Paul, 1987].



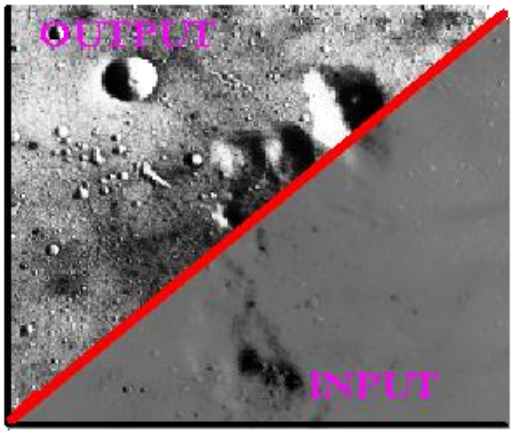
الشكل(٩) دالة تسوية النسيج البياني.

من خلال هذه الدالة يتم زيادة العشوائية(Entropy) في الصورة، أي زيادة عدد الأصناف أو الأغطية التي تمثل الصورة كلها. إذ تعدّ العشوائية معياراً لقياس كمية المعلومات الموجودة في الصورة، وتشير إلى كثافة توزيع وتمركز المعلومات ضمن مجال الصورة، فعندما تتغير الشِدّات الرمادية بشكل كبير أثناء الانتقال من نقطة إلى أخرى فهذا يعني أن العشوائية على خط الانتقال تكون عالية، وإذا تكرر هذا التغير في الشِدّات الرمادية ضمن جميع أجزاء الصورة بشكل متجانس فإن عشوائية الصورة تكون عالية، وتحسب عادةً من المدرج التكراري لانعكاسية نقاط الصورة[العزو، ٢٠٠٢] وكما يلي:

$$Entropy = -\sum_{x=0}^{255} p(x)\log\ p(\mathrm{x}) \qquad \text{.....(5)}$$

إذ تمثل(x) الشِدّات الرمادية للصورة، وتمثل الـ(255) عدد الشِدّات الرمادية المتوقعة للصورة، أما(p) فتمثل التكرار المُعَيّر(Normalized Histogram) والذي يساوي عدد النقاط الصورية عند كل مستوى من الشِدّات الرمادية المتوفرة في الصورة مقسوماً على حجم الصورة، والإشارة السالبة تُعزى إلى كون قيم(p) ذات طبيعة كسرية لأنها تمثل المدرج التكراري المعدل والتي تعطي قيماً لوغاريتمية سالبة لكي تصبح النتيجة النهائية موجبة، فكلما كانت قيمة العشوائية كبيرة كانت كمية المعلومات(الأصناف) الموجودة في الصورة كبيرة ولكل صنف مساحة متساوية من النقاط.

الإدخال(Input): صورة رمادية غير واضحة المعالم ذات مدى ديناميكي غير مستغَل بشكل فعلي. والغاية تحسين الشِدّات اللونية في الجزء الأوسط من المدرج التكراري على حساب الشِدّات اللونية المسيطرة على جانبي المدرج، الشكل(١٠).



الشكل(١٠) آلية عمل دالة تسوية النسيج البياني[Fisher et al, 2002].

طريقة المعالجة(Processing Method):

١. قراءة الصورة المدخلة من ملف الخزن.

٢. حساب دالة التوزيع الاحتمالي(Probability Distributed Function(PDF)) وذلك بتحديد عدد النقاط الصورية لكل شِدّة لونية في الصورة.

٣. حساب دالة التوزيع التجميعي(CDF) وذلك بضرب عدد الأسطر مع عدد الأعمدة للصورة ثم تقسيم ناتج الضرب على عدد قيم الشِدّات اللونية من الخطوة(٢) أعلاه، وكما هو موضح من خلال المعادلة الآتية:

$$Output(x,y) = CDF(input(x,y)) \quad \text{.....(6)}$$

$$Where: CDF = (\text{no. of rows} * \text{no. of colomns}) / \text{no.of } GL_S$$

٤. حساب دالة توزيع احتمالي جديدة(New PDF) للصورة من دالة التوزيع التجميعي وذلك بمضاعفة قيم التوزيع التجميعي بصورة متتالية.

٥. الحصول على الصورة المخرجة من خلال تسقيط قيم جديدة لكل شِدّة لونية في الصورة، هذا يتم بمقارنة كل قيمة من الخطوة(٣) مع قيم الخطوة(٤) أعلاه، فإذا كانت قيمة التوزيع الاحتمالي أقل من قيمة التوزيع التجميعي فإن قيمة الشِدّة اللونية الجديدة تأخذ

قيمة الشِدّة اللونية في الصورة المدخلة المقابلة للتوزيع التجميعي وإلا فإن القيمة التالية للتوزيع الاحتمالي هي التي يتم مقارنتها مع قيم التوزيع التجميعي.

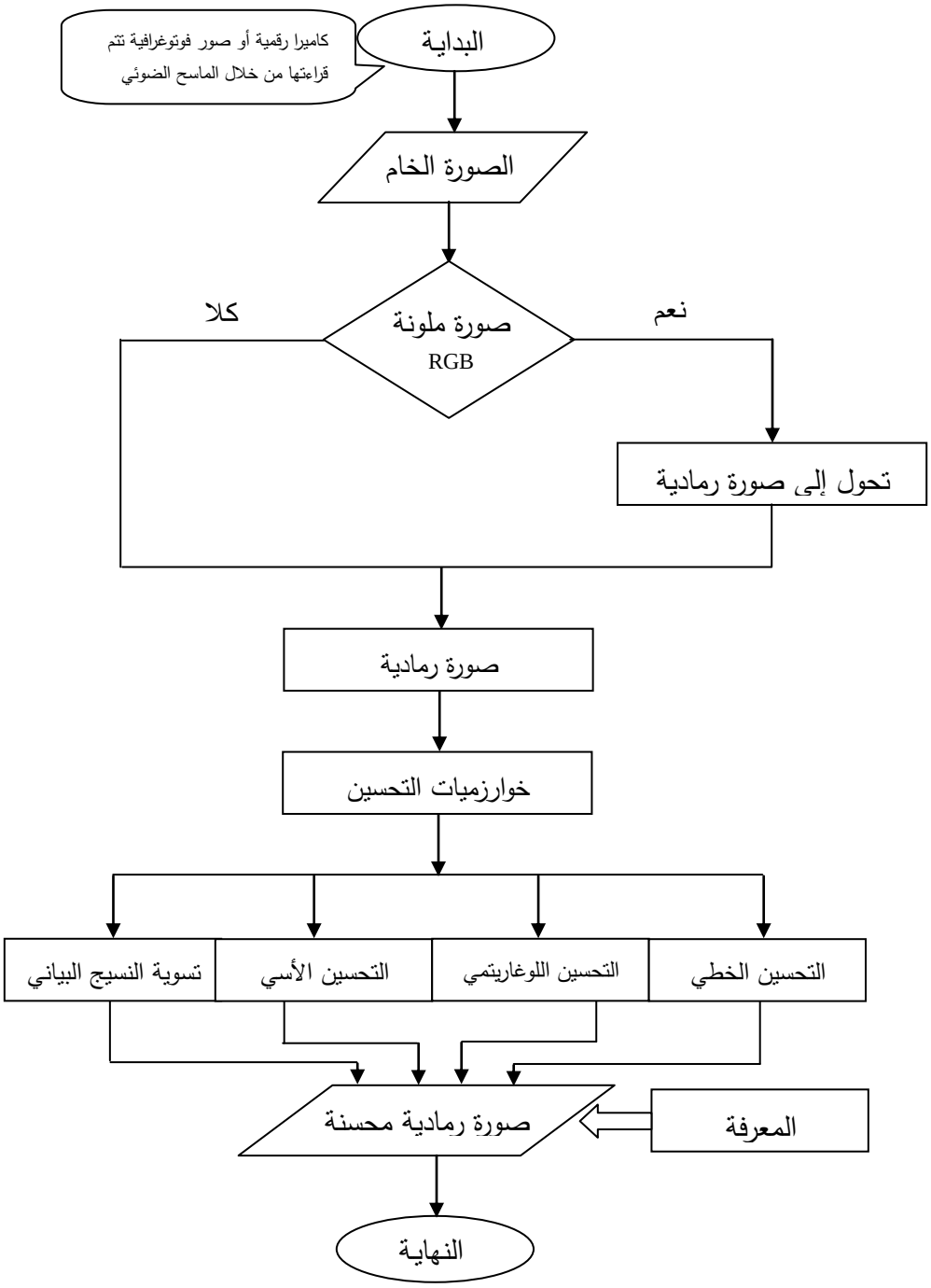
الإخراج(Output): صورة مخرجة ذات أغطية(أصناف) متعددة والتي تدعى بالأغطية الكاذبة(False Foregrounds). لأن هذه التقنية تعمل على دمج بعض الأصناف نتيجة دمج الشِدّات اللونية أو قد تنتج أصنافاً جديدة غير موجودة في الصورة المختبرة. وعليه فإن النتائج التي يتم الحصول عليها من خلال تطبيق هذه التقنية لا يمكن الاعتماد عليها في عمليات تحليل الصور وتفسيرها بسبب تغير نسبة الفروقات بين الشِدّات اللونية للصورة. كما أنه لا يمكن التمييز عند تطبيق هذه الخوارزمية بين تفاصيل التباين المنخفض والضجيج أو الضوضاء(Noise) الذي تحتويه الصورة[Gonzalez and Paul, 1987].

الفائدة من تطبيق هذه التقنية(Advantage of Histogram Equalization Stretch):

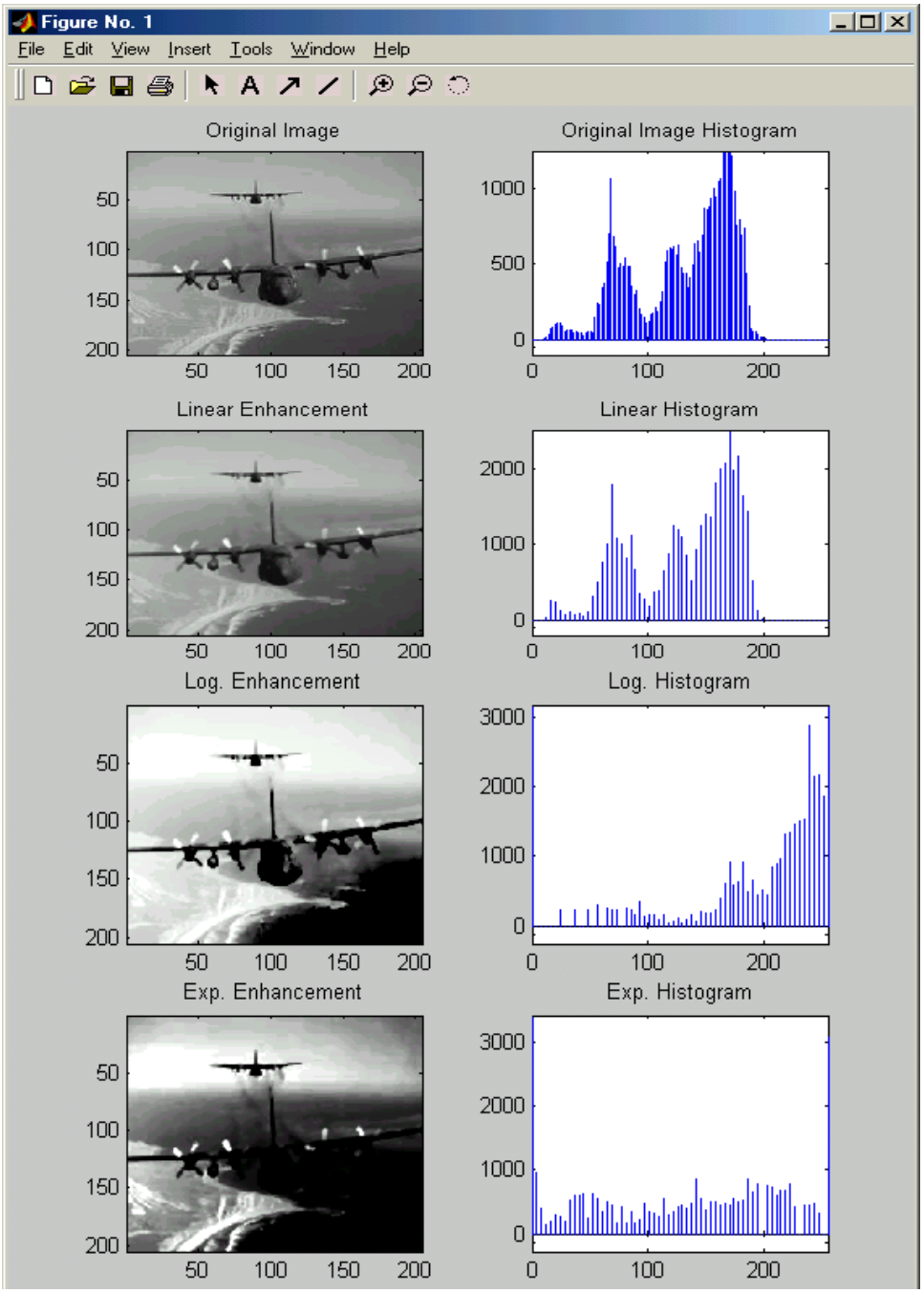
بعد تطبيق هذه الخوارزمية نلاحظ زيادة شِدّة التباين في الصورة نتيجة دمج الشِدّات اللونية مع بعضها والذي أدّى إلى زيادة الفرق بين الشِدّات اللونية الناتجة. أي إن هذه التقنية تفيد في توضيح القوام(Texture) للصورة سَواء كان خشناً(Coarse) أم ناعماً(Fine).

الجانب التطبيقي في البحث والنتائج(Practice Experimental Research & Results):

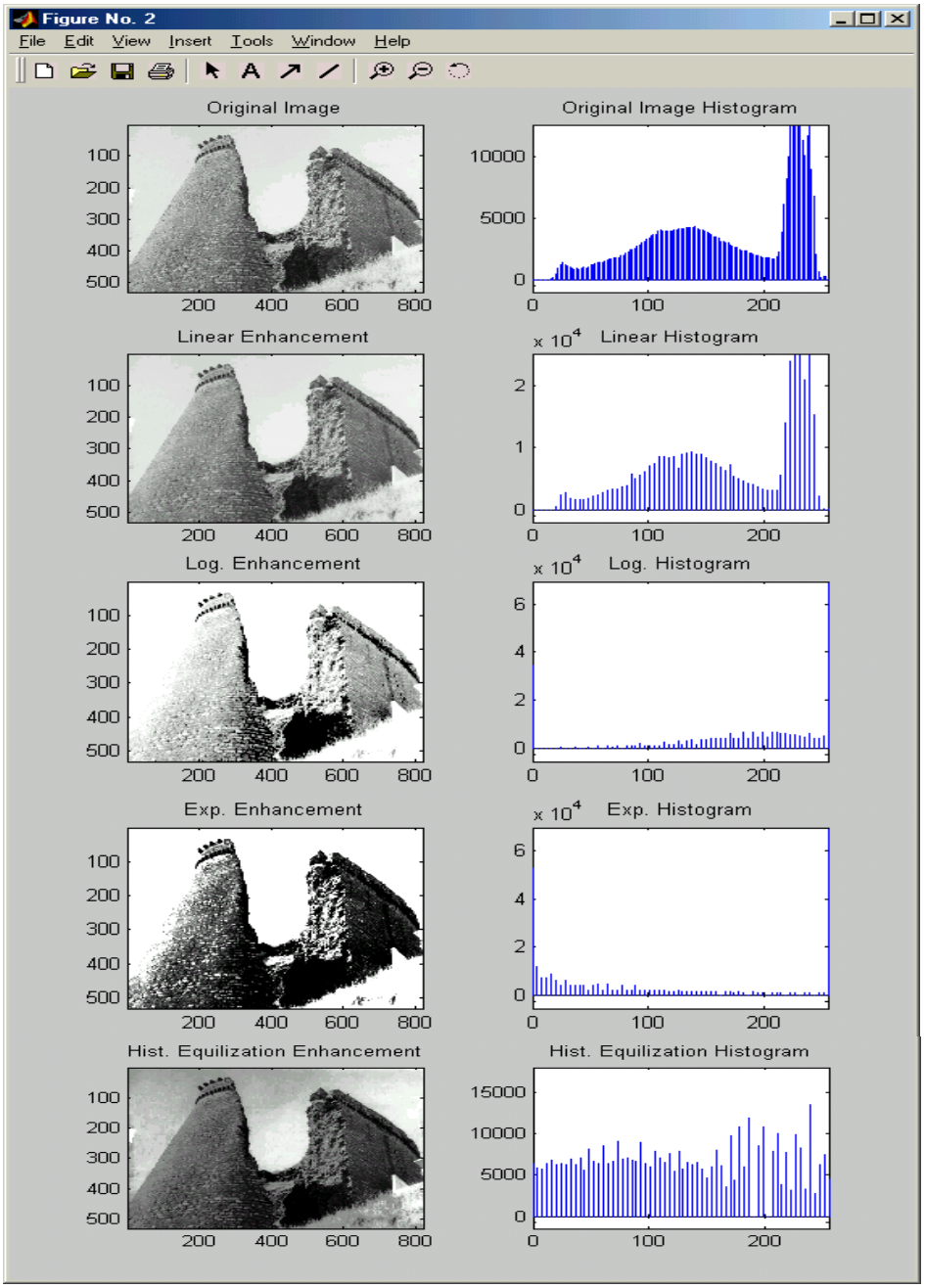
تم في هذا البحث عرض بعض الأمثلة التطبيقية لأجل التأكد من كفاءة عمل الخوارزميات المقترحة لمراحل عمل الشكل(١١)، وقد لوحظ من خلال تلك الأمثلة كفاءة عمل الخوارزميات كتقنيات لتحسين المعلومات الطيفية للصور، إذ أظهر التطبيق العملي نتائج تُعَد إيجابية، ويؤمل أن تؤدي البحوث الجارية إلى تحسين فاعلية هذه النتائج بهدف إمكانية التوصل إلى عرض أفضل لمحتوى الصورة من المعلومات كنتيجة أكثر ملاءمة من الصور المختبرة. وتوضح الأشكال(١٢)، (١٣)، (١٤)، (١٥) نماذج لصور مختلفة تم تطبيق تقنيات التحسين عليها بالمقارنة مع الصور الأصلية مع توضيح المدرج التكراري للصور المدخلة والمخرجة إذ يمثل المحور الأفقي للمدرج قيم الشِدّات اللونية لنقاط الصورة في حين يمثل المحور العمودي القيم العظمى والصغرى لتكرارات نقاط الصورة.



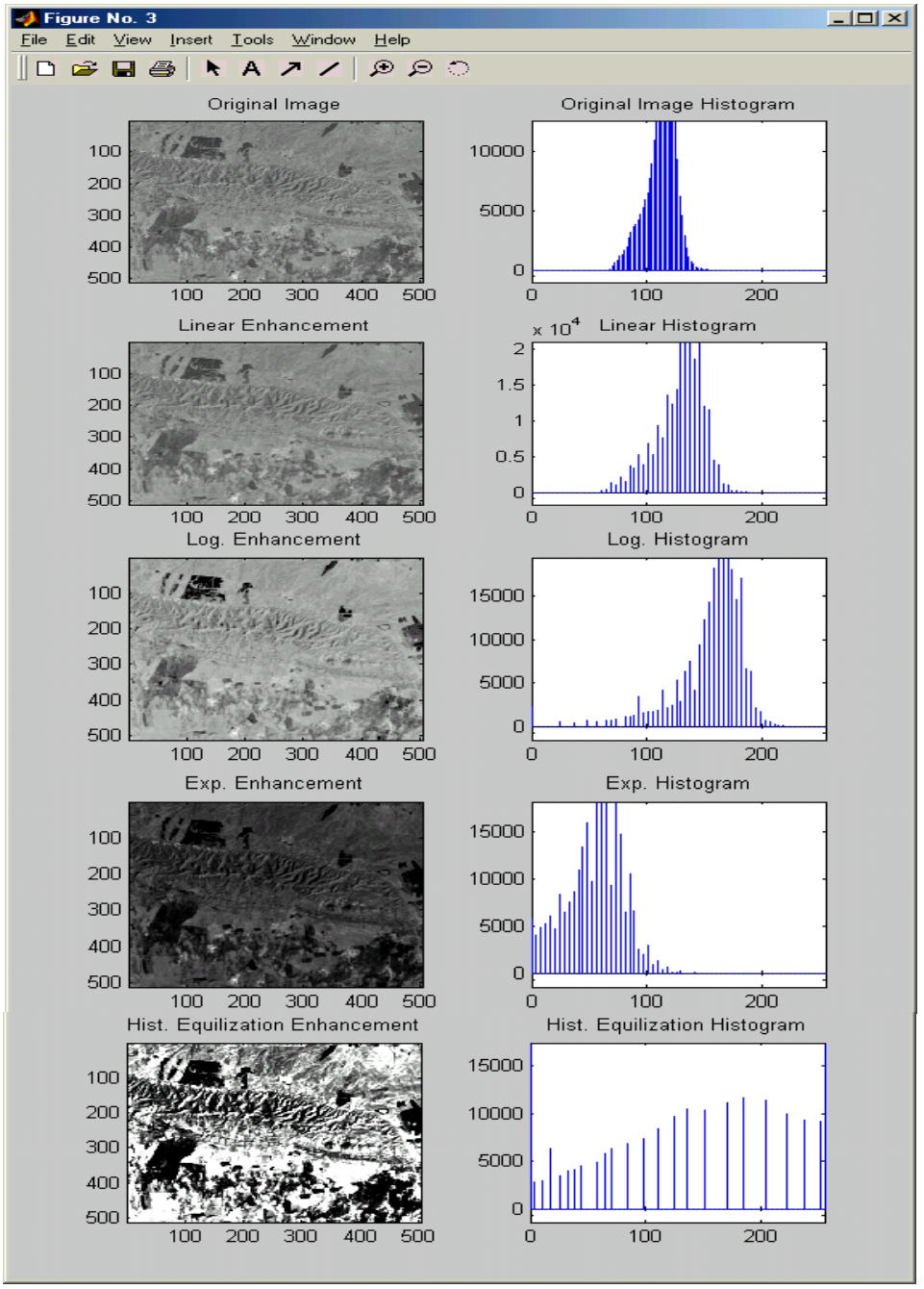
الشكل(١١) المخطط التنفيذي العام للخوارزميات المقترحة.



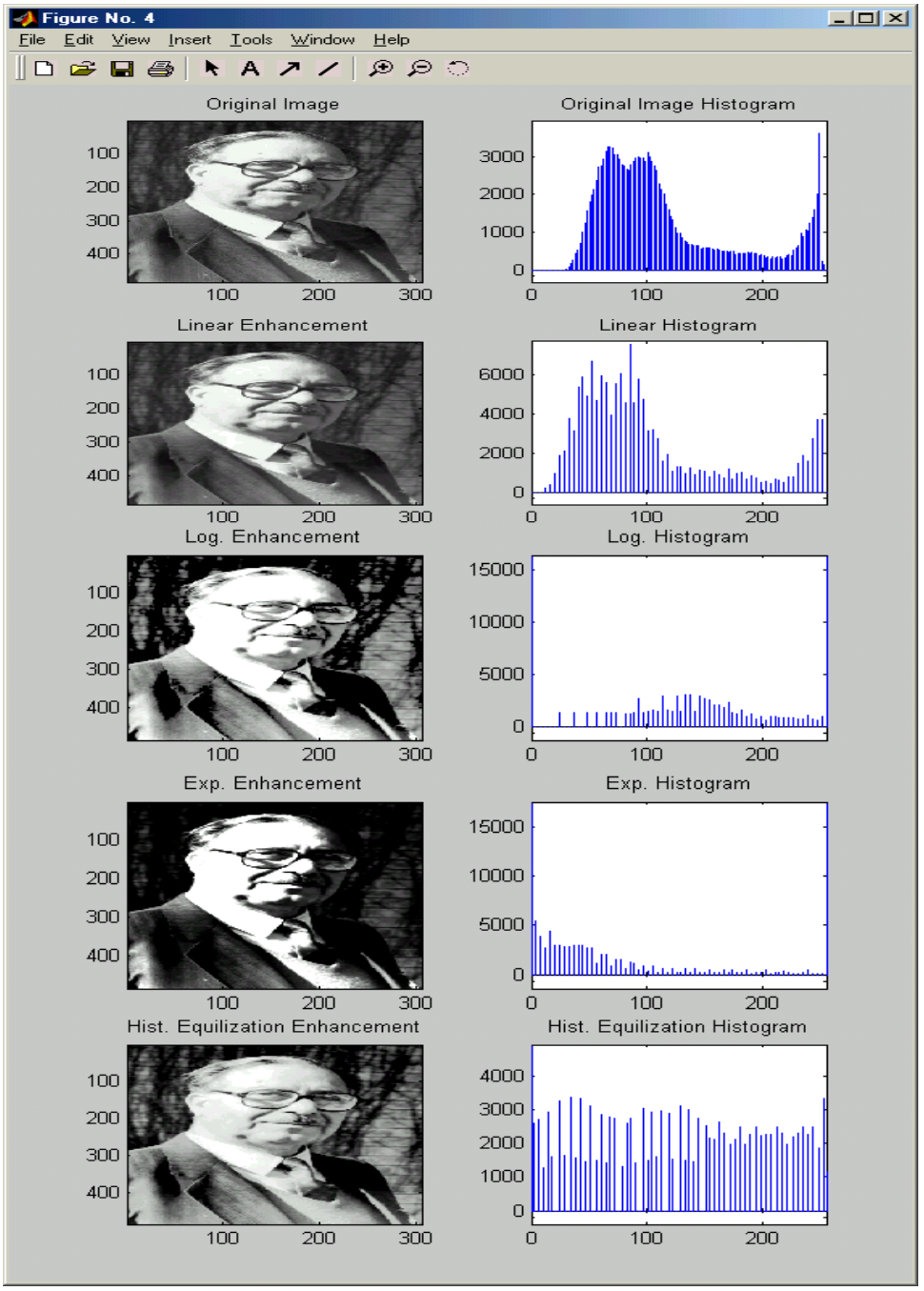
الشكل(١٢) تطبيق الخوارزميات على صورة حقيقية تم إدخالها إلى الحاسبة عن طريق كاميرا رقمية بصيغة خزن(.BMP) للمدى(minimum=5, maximum=246).



الشكل(١٣) تطبيق الخوارزميات على صورة فوتوغرافية تم إدخالها إلى الحاسبة عن طريق جهاز الماسح الضوئي بصيغة خزن(JPG .) للمدى(minimum=1, maximum=254).



الشكل(١٤) تطبيق الخوارزميات على مرئية فضائية تم إدخالها إلى الحاسبة عن طريق جهاز الماسح الضوئي بصيغة خزن(TIF.) للمدى(minimum=33, maximum=189).



الشكل(١٥) تطبيق الخوارزميات على صورة فوتوغرافية تم إدخالها إلى الحاسبة عن طريق جهاز الماسح الضوئي بصيغة خزن(GIF.) للمدى(minimum=22,maximum=253).

الاستنتاجات(Conclusions):

عند تطبيق الخوارزميات المقترحة التي اعتمدها البحث على عدد من نماذج الصور كإدخال لأمثلة مختارة، تمت ملاحظة الاستنتاجات الآتية التي ظهرت من خلال النتائج التطبيقية والتي يمكن أن تؤدي إلى تكامل نسبي للعاملين في هذا المجال:

بسبب التأثيرات المكانية والطيفية والزمنية فإن النتائج التي يتم الحصول عليها في معالجة الصور الرقمية(بشكل عام) ما زالت بحاجة إلى المزيد من التطور التقني للوصول إلى حالة التأكد التام.

إن تقنيات التحسين تختلف من صورة إلى أخرى ولا تُعَد أدوات عامة يمكن استخدامها لتحسين كل أنواع الصور الرقمية، إذ إن كل تقنية من تقنيات التحسين تكون خاصة بإظهار خصائص معينة من الصورة أو تحسينها.

إن اختيار تقنية التحسين يعتمد على الغاية من عملية التحسين وعلى البيانات المتوافرة فضلاً عن خبرة مفسر الصور وكفاءته في تحسين الصور ذوات الأطوال الموجية المختلفة.

إن طريقة التحسين المستخدمة يجب أن تتمتع بمستوى عالٍ من الكفاءة والوثوقية، لأن صِحة مراحل المعالجة العملية اللاحقة وكفاءتها وإمكانية إتمامها تعتمد على طريقة التحسين المتبعة، إذ يُعَد تحسين الصور الرقمية النقطة الأساسية أو النواة الأولى من أجل التفسير البصري اللاحق وكذلك التمييز والتصنيف الرقمي للصور المحسنة.

إن المزايا الأساسية لطرائق تحسين الصور الرقمية هي في تنوعها وإمكان تكرارها ومحافظتها على دِقة المعطيات الأصلية في الصورة الخام.

إن الغاية من عملية تحسين الصور هو جعل الصورة قابلة للتفسير بصورة أفضل مما كانت عليه بالنسبة لمفسر الصور وذلك من خلال توضيح أو إبراز معلومات معينة في الصورة بحيث يتمكن المستفيد من تحديدها وفصلها بسهولة عن بقية محتويات الصورة مقارنةً بالصورة الخام.

المصادر(References):

١. الحبش، محمد فوزي، (١٩٩٤): المعالجة الرقمية للصور، المجلة العربية للعلوم، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، العدد(٢٤)–السنة الثانية عشرة، تونس.

٢. العزو، فدوى صبحي مصطفى، (٢٠٠٢): تمييز المرئيات باستخدام المتجهات النمطية العشوائية والعزوم الثابتة، رسالة ماجستير، كلية العلوم، جامعة الموصل، الموصل، العراق.

٣. ليلساند، توماس م. وكيفر، رالف و.، (١٩٩٤): الإستشعار عن بعد وتفسير المرئيات، المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر، المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم، ترجمة الدكتور حسن حلمي خاروف، تدقيق الدكتور فؤاد العجل، الجمهورية العربية السورية.

4. Ernest L.H., (1979): Computer Image Processing and Recognition, Academic Press, New York, USA.
5. Fisher R., Perkins S., Walker A. and Wolfart E., (2002): Image Processing Learning Resource, HIPR2, Explore with JAVA, USA.
6. Gonzalez R.C. and Paul W., (1987): Digital Image Processing, Addison –Wesley Publishing Company, Inc., USA.
7. Jenson J.R., (1986): Introductory Digital Image Processing, A remote Sensing Perspective, Prentice-Hall, USA.
8. Mather P.M., (1987): Computer Processing of Remotely Sensed Images, an introduction, John Wiley and Sow, USA.
9. Sabins F.F., (1987): Remote Sensing Principle and Interpolation, 2nd edition, Remote Sensing Enterprises, New York, USA.
10. Umbaugh S.E., (1998): Computer Vision and Image Processing: Practical Approach Using CVIP tools, Prentice-Hall, PTR, USA.
11. Young I.T., Gerbrands J.J. and vanVliet L.J., (2002): Morphology-based Operations, Fundamentals of Digital Image Processing, Delft University of Technology, 1-110, Delft, Netherlands.