

Enhance Fingerprint Image by Using Genetic Algorithms

Ban Ahmed Mitras

Daliya Abdullah

dr.banah.mitras@gmail.com

College of Computer Sciences and Mathematics

College of Education

University of Mosul

University of Salah-Addin

Received on: 20/04/2008

Accepted on: 03/09/2008

ABSTRACT

In this paper, an algorithm is proposed to enhance fingerprint image which includes in one of its steps a smoothing process in which the suggested genetic algorithms by Mitras and Anwar in 2007 which used image smooth filters in both spatial and frequency domain will be employed to know their efficiency in enhancing and regaining the damaged sides of the fingerprint image to remove two types of noise, first one deals with noise added to the image, and the second one the noise already found in the image. Then histogram technique is used to enhance the fingerprint image.

Keyword: Genetic algorithm, image processing.

تحسين صورة بصمة الإصبع باستخدام خوارزميات جينية

داليا عبد الله أنور

بان أحمد متراس

كلية التربية، جامعة صلاح الدين

كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل

تاريخ قبول البحث: 2008/9/3

تاريخ استلام البحث: 2008/4/20

المخلص

في هذا البحث تم اقتراح خوارزمية لتحسين صور بصمات الأصابع واستعادة حافات متضررة فيها، إحدى مراحل هذه الخوارزمية تم فيها تطبيق الخوارزميات الجينية المقترحة من قبل متراس وأنور في 2007 والتي تستخدم مرشحات تنعيم الصور المعروفة بأساليب مختلفة في المجالين الحيزي والترددى لاختبار مدى كفاءة هذه الخوارزميات والأساليب لإزالة نوعين من الضوضاء في بصمات الأصابع النوع الأول يتمثل بضوضاء تمت إضافتها بصورة متمدة إلى الصورة، أما النوع الثاني فهو يمثل ضوضاء موجودة بصورة مكتسبة، بالإضافة إلى تقنية تسوية المدرج التكراري.

الكلمة المفتاحية: الخوارزمية الجينية ، معالجة الصور .

1. مقدمة Introduction:

استعمل البشر خصائص الجسم مثل الوجه والأذن والصوت للتعرف على بعضهم البعض على مر السنين، إذ أن كل شخص يمتلك خصائص فسلجية وسلوكية معينة خاصة به، وتعد بصمة الأصبع واحدة من أكثر أنواع المعايير الحيوية Biometric المستعملة بشكل واسع [3].

ويعتبر علم بصمة الأصبع كأحد العلوم الأكثر أهمية التي تحدد الأشخاص لأنه ليس هناك بصمات أصبعين متماثلتين لشخصين مختلفين في العالم وأصبحت بصمة الأصبع منذ ذلك الوقت تستخدم على نطاق واسع للتحقيق في الجرائم [4].

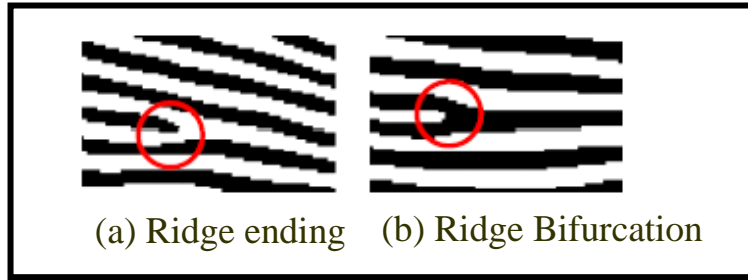
قدم الباحث Henry Fauld في عام 1880 أول مقترح بخصوص وحدانية بصمة الأصبع . ثم أجرى Francis Galton (1822-1912) دراسة شاملة لبصمة الأصبع وقام بتعريف أشكال التفاصيل Minutiae Features لتصنيف بصمة الأصبع عام 1888 وصنف هذه التفاصيل إلى ثلاثة أصناف رئيسية (قوس Arch، دورة Loop، مستدير Whorl).

هناك عدة ميزات لنمط بصمة الأصبع تجعلها أكثر استخداماً لأغراض الأمن والتحقيق من غيرها من المعايير الحيوية الأخرى مثل الـ DNA والوجه... وغيرها وهي:

- **عدم التغير Unchangability:** إن تفاصيل نمط بصمة الأصبع لا تتغير مدى الحياة.
- **الوحدانية Uniqueness:** إن درجة الاختلاف للحافات التي تتألف منها بصمة الأصبع تكون عالية وبذلك فإنه ليس هناك بصمات أصبعين متشابهتين [10].

تتألف بصمة الأصبع من الحافات Ridges والوديان Valleys. الحافات تكون غامقة والوديان تكون مضيئة وتمثل المنطقة المحصورة بين حافتين، وتستعمل الوديان والحافات لوصف المناظر الطبيعية التي تكونها البصمة والتي تكون أحادية.

كل بصمة تحتوي على مجموعة من المميزات الخاصة وباندماجها تولد طبعة خاصة ووحيدة للبصمة. ومن هذه المميزات مثلاً النمط Pattern، التفاصيل Minutiae وهما نهاية الحافة Ridge Ending وتشعب الحافة Ridge Bifurcation وكما موضح بالشكل الآتي:



الشكل (1) يوضح نهاية الحافة وتشعبها

ومن المميزات الأخرى التي تساعد على التعرف على البصمة ما يدعى بالمركز Core وهي النقطة التي تمثل مركز البصمة، والدلتا Delta وتسمى هاتان الميزتان بنقاط التفرد Singularity Points [16]. وكما موضح بالشكل الآتي:



الشكل (2) يوضح نقطتي المركز Core والـ Delta

إن التقدم المهم في اكتشاف خصوصية بصمة الأصبع تعود لـ Edward Henry (1850-1931) والذي أسس "Henry System" لتصنيف بصمة الأصبع. وقام بتوسيع التصنيف السابق ليستخدم من قبل الخبراء في الجرائم وقد عرف فيما بعد بتصنيف هنري "Henry's Classification". وهو كما يأتي:

1. **حلقات Loops:** الحلقة من أكثر أنماط البصمة شيوعاً. وهذا النوع يتم تقسيمه دائماً إلى قسمين حلقات يمينى وحلقات يسرى. والاختلاف بينهما في الاتجاه فقط.
2. **القوس Arch:** وهو النمط الذي تكون فيه الخطوط التي تتألف منها الحافات تدخل من جانب الطبعة Impression وترتفع في الوسط ثم تتدفق إلى خارج الجانب الأخر.
3. **دوائر Whorls:** في هذا النمط تنتشر الحافات بشكل دوائر متحدة المركز حول المركز.
4. **مجموعات Combination:** ممكن تجميع الأنواع المذكورة لتكوين نمط جديد، مثلاً يوجد دمج بين القوس والحلقات أو توجد حلقتان أو مزيج من عدد من الميزات المتوفرة [9] [16].

2. البحوث والدراسات السابقة Literature Review:

تعد خطوات تحسين صورة بصمة الأصبع من الخطوات الأساسية والمهمة في مجال مطابقة بصمة الأصبع وتمييزها ، إذ أن الهدف الأساسي من خطوات التحسين هذه هي تحسين شكل الحافات التي تعرضت للضرر في بعض صور بصمات الأصابع. وهناك العديد من البحوث في مجال تحسين صورة بصمة الأصبع أهمها:

- قدم [Bamberger et al., 1990] طريقة مجاميع مرشحات متجهة Directional Filter Bank DFB لتحليل صورة بصمة الأصبع وطبقها لتحسين صورة بصمة الأصبع [5].
- وقدم [Sherlock et al., 1994] طريقة لتحسين بصمة الأصبع معتمداً على تحويل فوريير ذي الوقت القصير Short Time Fourier Transform STFT [13].

كما قدم [Hong, 1998] خوارزمية تحسين تعتمد على إجراء عملية اللف الرياضي Convolution لمرشح كابور Gabor Filter بالاعتماد على توجيه الحافة المحليه Ridge Orientation وتردد الحافة Local Ridge Frequency كمدخلات لمرشح كابور [8].

قدم [Greenberg et al., 2000] خوارزمتين لتحسين بصمة الأصبع الأولى والتي تعتمد على تعديل المدرج التكراري للصورة ثم استخدام مرشح وينر Wiener Filtering وبعدها يتم تحويل الصورة إلى صورة ثنائية. أما الخوارزمية الثانية فتعتمد على مرشحات الـ Anisotropic و Local Intensity Orientation لتكوين مرشح [7].

كما قدم [Raymon, 2003] خوارزمية تعتمد على خوارزمية هونك ولكن بعد إضافة ثلاث خطوات وهي التجزئة Segmentation وتحويل الصورة إلى صورة ثنائية Binarization والتحفيف Thinning [14].

وقدم [Sang, 2003] طريقة لتحسين بصمة الأصبع بالاعتماد على مجاميع المرشحات الموجهه Directional Filter Bank (DFB) تعمل على تقليل تأثير الضوضاء على الحافات والوديان إذ تعمل على تصميم مرشح موجه ضد الضوضاء ينتشر في كل اتجاهات المجال الترددي [11].

كما قدم [Wang et al., 2004] خوارزمية لتحسين صورة بصمة الأصبع تتكون من الخطوات الآتية: أولاً إجراء عملية تعيير Normalization لقيم الانحراف القياسي والمعدل للصورة التي يتم معالجتها ثم تليها خطوة تطبيق مرشح كاوس لإزالة الضوضاء منها وأخيراً يتم تعديل المخطط البياني لها [15].

أما [Qin, 2005] فقد اقترح خوارزمية تحسين تعتمد على خوارزمية هونك ولكنه أضاف خطوتين وهما استخدام مرشح كاوس Gaussian والتعيير Normalization [12].

وأقترح [Cho et al., 2006] طريقة لتحسين صورة بصمة الأصبع باستخدام الخوارزمية الجينية مع مرشح كابور [6].

هناك العديد من خوارزميات التحسين لصورة بصمة الأصبع والتي تعتمد في إحدى مراحلها على تعيير الصورة لذلك كان لابد من إجراء مقارنة بين طرق التعيير لاختيار أفضلها. أن الضوضاء في صورة بصمة الأصبع التي يتم إدخالها عن طريق الماسح الضوئي Scanner قد تكون ناتجة عن:

* نوعية الحبر The Ink Type: أحياناً لا يكون الحبر ذا لون أسود بما فيه الكفاية أو يكون ذا كثافة Intensity غير جيدة وهذا يؤدي إلى ظهور الصورة غير واضحة كأن تظهر فجوات أو بقع إضافية.

* قوة الضغط للطبع The Impression Force: إذا كانت البصمة قد تم الضغط عليها بعنف على الورقة فإن العديد من البقع سوف تظهر على الصورة المأخوذة ضوئياً Scanned Image.
* سطح البصمة Print Surfaces: إذا كان سطح الجلد يحتوي على جروح فإن هذا يؤدي إلى كون الصورة الناتجة تحتوي على بيانات ناقصة [4][9].

اقترح الباحثان متراس وأنور في 2007 أربع خوارزميات جينية لتنعيم الصور ثلاثة منها تعمل في المجال الحيزي والرابعة تعمل في المجال الترددي فالخوارزمية الجينية الأولى تستخدم مرشحات التنعيم المعروفة (الوسيط والمعدل والتصغير) كدوال هدف لها في كل مرة. أما الثانية، فإنها تستخدم عمليات علم الاشكال Morphology لإجراء عملية التنعيم. أما الثالثة والرابعة فتستخدمان مرشح كاوس كدالة هدف ولكنهما تختلفان في كون الخوارزمية الجينية الثالثة تعمل في المجال الحيزي فيما تعمل الرابعة في المجال الترددي [2].

لذا قمنا باقتراح خوارزمية لتحسين صورة بصمة الأصبع، تحتوي في احد مراحلها طرق التنعيم المذكورة أعلاه بالإضافة إلى تقنيات تحسين الصور الأخرى سوف تذكر في حينها ويهدف هذا البحث إلى مقارنة خوارزميات التنعيم المذكورة لمعرفة مدى كفاءتها في تقليل الضوضاء لصورة بصمة أصبع واستعادة أجزاء من الحافات المتضررة.

3. الخوارزمية الجينية Genetic Algorithm

قدم العالم جون هولاند John Holland وزملاؤه الخوارزمية الجينية عام 1975 في جامعة ميشكان الأمريكية، والتي تعتمد على المفهوم الطبيعي للتطور وتقتصر أن التنوع يساعد في ضمان بقاء السكان أحياء على الرغم من تغير الظروف البيئية. وكانت خطوات عمل الخوارزمية الجينية كالآتي:

- 1- [البداية Start]: توليد جيل عشوائي يتكون من n من الكروموسومات.
- 2- [اللياقة Fitness]: حساب درجة اللياقة f(x) لكل كروموسوم x في الجيل الحالي.
- 3- [مجتمع جديد New Population]: توليد جيل جديد بتكرار الخطوات الآتية إلى أن يكتمل الجيل وتتضمن:

- الاختيار Selection: يتم اختيار اثنين من الكروموسومات Parent Chromosome من الجيل حسب درجة اللياقة (أفضل القيم التي لها فرص أكبر للاختيار).

- التداخل الإبدالي Crossover: مع وجود احتمالية العبور أو التداخل الإبدالي بين الآباء المختارين لتوليد سلف جديد Children.
- الطفرة Mutation: مع وجود احتمالية الطفرة، يتم عمل طفرة للسلف الجديد بموقع معين في الكروموسوم.
- الاستبدال Accepting: عملية وضع السلف الجديد المتكون في الجيل الجديد.
- الاختبار Test: عند تحقق شرط التوقف، فإن الخوارزمية الجينية تتوقف، وتعيد الحل الجيد من آخر جيل متكون.
- الدورة Loop: يتم الرجوع إلى الخطوة 2.
- إن كل تكرار لهذه العملية يسمى بالجيل Generation، وبعد نهاية التنفيذ يقوم الباحث بتقديم تقرير عن الحقائق التي تم التوصل إليها [1][17].

4. هيكلية عمل خوارزمية التحسين المقترحة:

نستعرض خطوات عمل خوارزمية التحسين المقترحة والتي تكون فيها الخطوة الثانية هي الخطوة الرئيسية وتتغير في كل طريقة تنعيم مستخدمة والخطوات هي:

الخطوة الأولى: قراءة الصورة Image Read:

يتم في البداية قراءة الصورة التي تتم معالجتها عن طريق الأمر (imread) و تخزينها في مصفوفة معينة ولتكن I.

الخطوة الثانية: تنعيم الصورة Image Smoothing:

في هذه الخطوة يتم تطبيق الخوارزميات المقترحة في المصدر [2] وتخزن الصورة الناتجة عن المعالجة في مصفوفة معينة ولتكن I^* .

الخطوة الثالثة: في هذه الخطوة يتم طرح الصورة الأصلية التي تتم معالجتها I من الصورة الناتجة من الخطوة الثانية I^* وتخزنها في مصفوفة معينة ولتكن S.

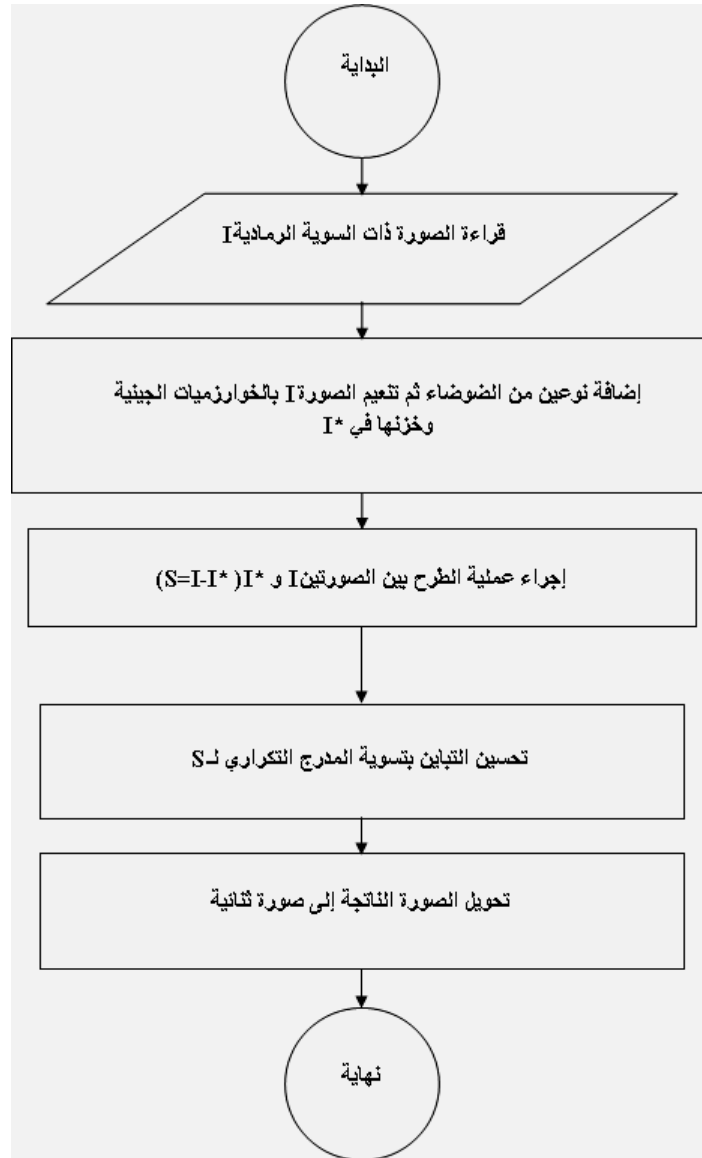
الخطوة الرابعة: مساواة المخطط البياني Histogram Equalizer:

يتم في هذه الخطوة تحسين التباين في الصورة باستخدام تقنية مساواة المخطط البياني للصورة الناتجة عن عملية الطرح، وقد تم استخدام الدالة (histeq) لتنفيذ هذه الخطوة برمجياً.

الخطوة الخامسة: التحويل إلى صورة ثنائية Binarization:

يتم تحويل الصورة التي تمت معالجتها في الخطوة (4) إلى صورة ثنائية وعرضها، وقد تم استخدام الدالة () graythresh لتنفيذ هذه الخطوة برمجياً. والشكل (3) يبين خوارزمية التحسين المقترحة

المخطط الانسيابي للخوارزمية الجينية المقترحة



5. تطبيق خوارزمية التحسين المقترحة على صورة ذات نوعية غير جيدة:

سوف نقوم بتطبيق الخوارزمية المقترحة على صورة بصمة اصبع ذات نوعية غير جيدة تحتوي حافات متضررة. وفي الخطوة الثانية سنقوم بتطبيق الخوارزميات الجينية المقترحة في [2]. وسوف نقوم بعرض الصور في كل طريقة. والشكل (4) يوضح صورة البصمة التي تتم معالجتها والصورة بعد تحويلها إلى صورة ثنائية.



الشكل (4) الصورة I تمثل صورة البصمة التي سوف تتم معالجتها، الصورة f تمثل الصورة I بعد تحويلها الى صورة ثنائية

5.1 تطبيق خوارزمية التحسين المقترحة مع مرشح الوسيط :

بعد تطبيق خوارزمية التعيم الجينية الأولى عندما كانت دالة الهدف من نوع الوسيط مع خوارزمية التحسين المقترحة كانت الصور الناتجة بالشكل الآتي:

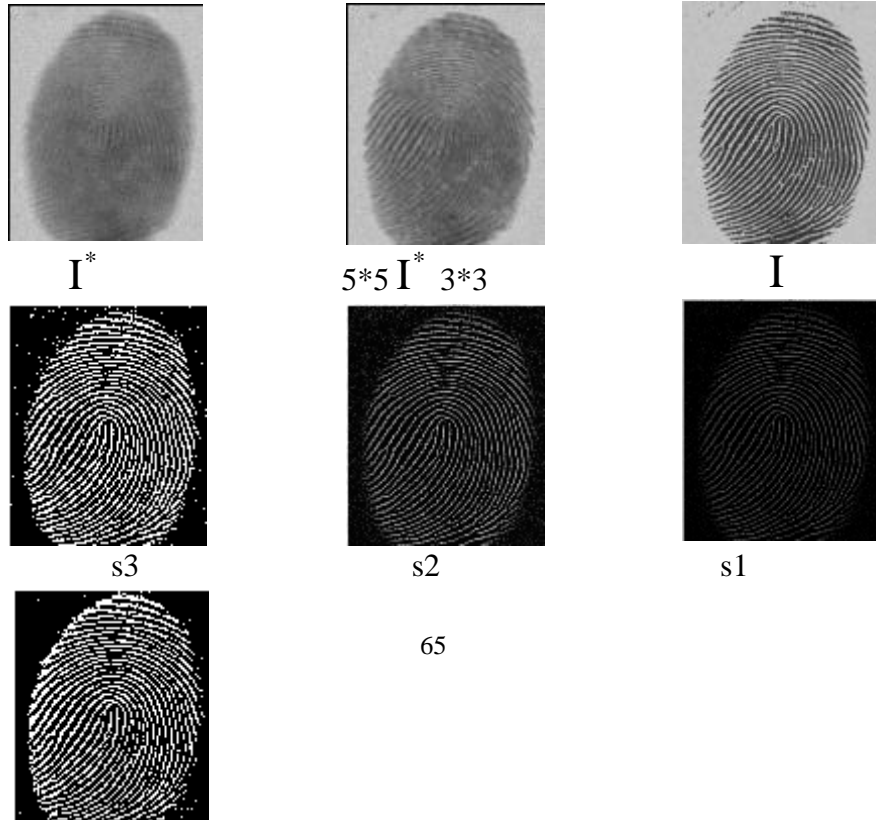




الشكل (5) الصور: I الصورة الأصلية، $I^* 3 \times 3$ تنعيم الصورة I بنافاذة 3×3 ،
 $I^* 5 \times 5$ تنعيم الصورة I بنافاذة 5×5 ، s1 طرح I من $I^* 3 \times 3$ ، s2 مساواة المخطط البياني لـ s1،
 s3 تطبيق العتبة على s2 بقيمة 0.08، f1 طرح I من $I^* 5 \times 5$ ، f2 مساواة المخطط البياني
 لـ f1، f3 تطبيق العتبة على f2 بقيمة 0.08 .

5.2 تطبيق خوارزمية التحسين المقترحة مع مرشح المعدل:

بعد تطبيق خوارزمية التنعيم الجينية الأولى عندما كانت دالة الهدف من نوع المعدل مع
 خوارزمية التحسين المقترحة كانت الصور الناتجة بالشكل الآتي:

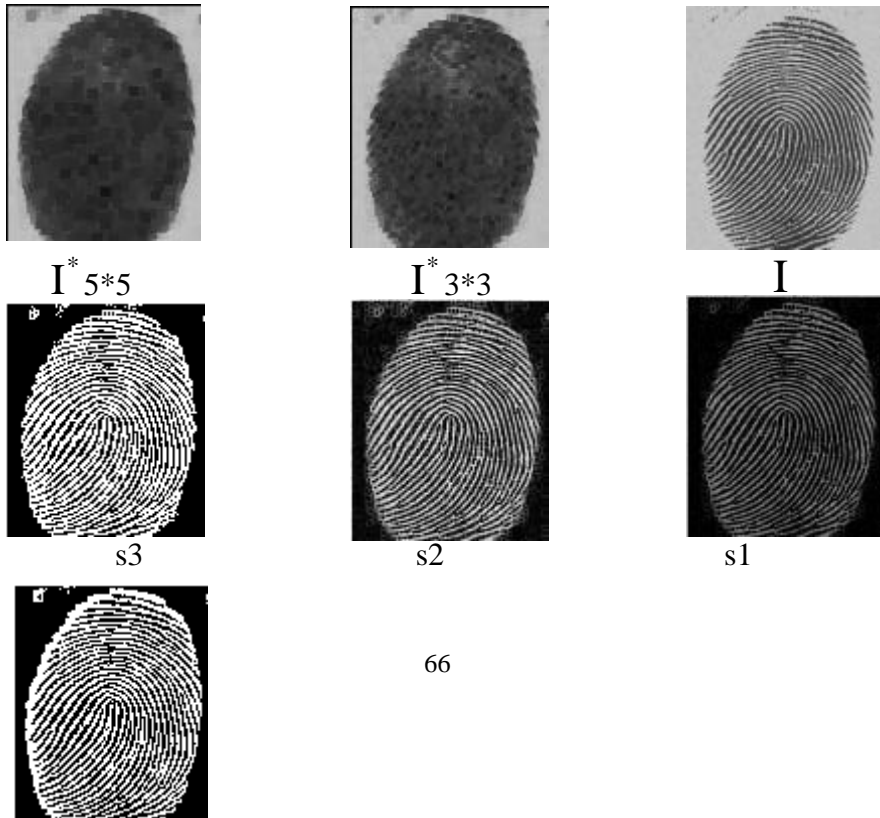




الشكل (6) الصور: I الصورة الأصلية، $I^*_{3 \times 3}$ تنعيم الصورة I بنافاذة 3×3 ، $I^*_{5 \times 5}$ تنعيم الصورة I بنافاذة 5×5 ، s_1 طرح I من $I^*_{3 \times 3}$ ، s_2 مساواة المخطط البياني لـ s_1 ، s_3 تطبيق العتبة على s_2 بقيمة 0.17 ، f_1 طرح I من $I^*_{5 \times 5}$ ، f_2 مساواة المخطط البياني لـ f_1 ، f_3 تطبيق العتبة على f_2 بقيمة 0.24 .

5.3 تطبيق خوارزمية التحسين المقترحة مع مرشح التصغير:

بعد تطبيق خوارزمية التنعيم الجينية الأولى عندما كانت دالة الهدف من نوع مرشح التصغير مع خوارزمية التحسين المقترحة كانت الصور الناتجة بالشكل الآتي:





f3

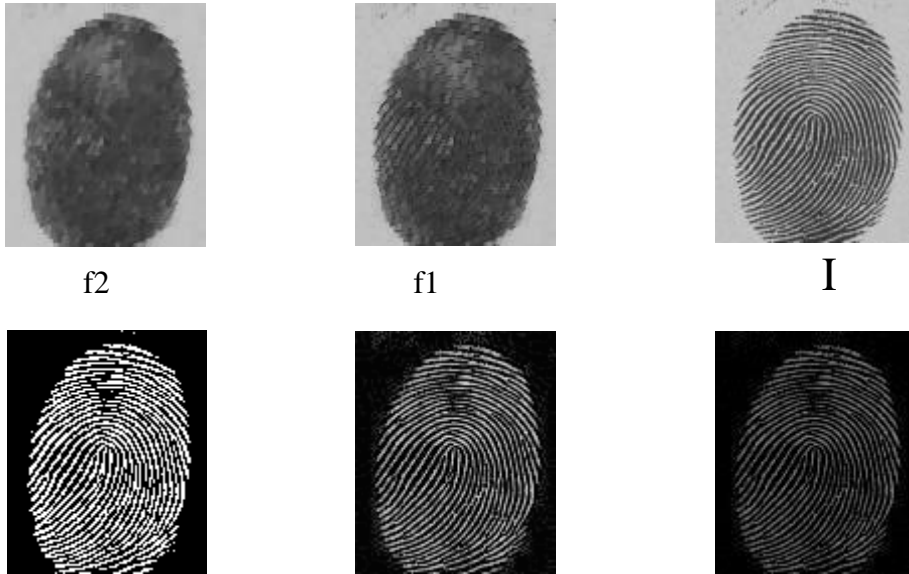
f2

f1

الشكل (7) الصور: I الصورة الأصلية، $I^* 3 \times 3$ تنعيم الصورة I بنافاذة 3×3 ، $I^* 5 \times 5$ تنعيم الصورة I بنافاذة 5×5 ، s1 طرح I من $I^* 3 \times 3$ ، s2 مساواة المخطط البياني لـ s1، s3 تطبيق العتبة على s2 بقيمة 0.3 . f1 طرح I من $I^* 5 \times 5$ ، f2 مساواة المخطط البياني لـ f1، f3 تطبيق العتبة على f2 بقيمة 0.42 .

5.4 تطبيق خوارزمية التحسين المقترحة مع مرشح علم الأشكال:

بعد تطبيق خوارزمية التنعيم الجينية الثانية مع خوارزمية التحسين المقترحة كانت الصور الناتجة بالشكل الآتي:



f2

f1

I

s3

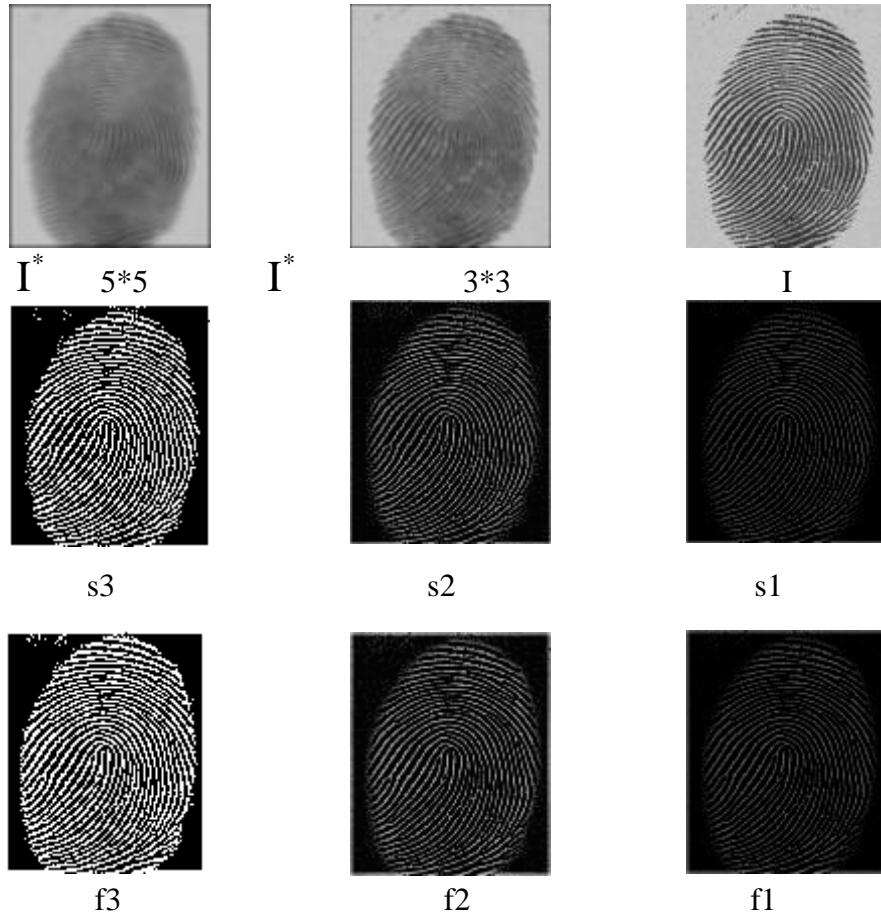
s2

s1

الشكل (8) الصور: I الصورة الأصلية، f1 عملية الـ open لـ I، عملية الـ close لـ f1، s1 طرح I من f2، s2 مساواة المخطط البياني لـ s1، s4 تطبيق العتبة على s2 بقيمة 0.3. واختيار الـ Structure Element مساوياً لـ [0 1 1; 0 1 1; 1 1 1].

5.5 تطبيق خوارزمية التحسين المقترحة مع مرشح دالة كاوس في المجال الحيزي:

بعد تطبيق نتائج خوارزمية التتبع الجينية الثالثة مع خوارزمية التحسين المقترحة كانت الصور الناتجة بالشكل الآتي:



الشكل (9) الصور: I الصورة الأصلية، 3×3 I* تنعيم الصورة I بنافاذة 3×3 ، وبقيمة $\sigma = 4$ ، 5×5 I* تنعيم الصورة I بنافاذة 5×5 وبقيمة $\sigma = 9$ ، s1 طرح I من 3×3 I*، s2 مساواة المخطط البياني لـ s1، s3 تطبيق العتبة على s2 بقيمة 0.15. f1 طرح I من 5×5 I*، f2 مساواة المخطط البياني لـ f1، f3 تطبيق العتبة على f2 بقيمة 0.12.

5.6 تطبيق خوارزمية التحسين المقترحة مع مرشح دالة كاوس في المجال الترددي:

بعد تطبيق خوارزمية التنعيم الجينية الرابعة مع خوارزمية التحسين المقترحة كانت الصور

الناجمة بالشكل الآتي:



الشكل (10) الصور: I الصورة الأصلية، s تنعيم الصورة I بقيمة $\sigma = 227$ ، f الصورة I بعد تطبيق خوارزمية التحسين المقترحة وبقيمة عتبة تساوي 0.035.

ولمعرفة تأثير خوارزميات التنعيم المقترحة في [2] على صورة البصمة التي تتم معالجتها فقد قمنا بحساب قيم الانحراف القياسي والمعدل لصورة البصمة بعد المعالجة بخطوة التنعيم، والجدول (1) يبين هذه القيم، وإن قيمة الانحراف القياسي لصورة البصمة قبل المعالجة تساوي (51.7798) والمعدل يساوي (140.1959).

جدول (1) يمثل قيم الانحراف القياسي والمعدل لصورة البصمة بعد تطبيق خوارزميات التنعيم

الطرق	حجم النافذة	الانحراف القياسي Std.	المعدل Mean
Median	3*3	46.9338	135.0158
	5*5	45.7234	133.7873
Mean	3*3	43.3568	136.0156
	5*5	41.8660	134.3248
Min	3*3	60.4306	96.2066
	5*5	48.0362	84.1573

Gaussian 1	3*3	38.7855	137.9859
	5*5	37.0566	136.3107
Gaussian 2	48.3514	140.1941
Morphology	3*3	56.4695	116.0828

وبملاحظة النتائج الموضحة في الجدول السابق نجد أن الخوارزمية الجينية الأولى عندما كانت دالة الهدف طريقة المعدل المحسنة نجحت في تقليل قيم الانحراف القياسي والمعدل لصورة البصمة وتلتها الخوارزمية الجينية الثالثة ثم الخوارزمية الجينية الأولى عندما كانت دالة الهدف مرشح المعدل ثم الخوارزمية الجينية الأولى عندما كانت دالة الهدف مرشح الوسيط ثم الخوارزمية الجينية الرابعة ثم الخوارزمية الجينية الأولى عندما كانت دالة الهدف مرشح التصغير وأخيراً الخوارزمية الجينية الثانية.

وعند تطبيق الخطوة الأخيرة في خوارزمية التحسين المقترحة التي تتضمن تحويل الصورة إلى صورة ثنائية فقد تم استخدام طريقة العتبة لتحويل الصورة وان أفضل قيم العتبة لخوارزمية التحسين المقترحة موضحة في الجدول الآتي:

جدول (2) أفضل العتبات المستخدمة

الطرق	حجم النافذة	قيمة العتبة
Median	3*3	0.08
	5*5	0.08
Mean	3*3	0.17
	5*5	0.24
Min	3*3	0.3
	5*5	0.42
Gaussian 1	3*3	0.15
	5*5	0.12
Gaussian 2	0.035
Morphology	3*3	0.3

من هذا الجدول يتبين أن أفضل قيم للعتبة كانت محصورة بين (0.03-0.45). بعد تطبيق خوارزمية التحسين المقترحة على صورة بصمة الأصبع المختارة توصلنا إلى: (1) إن تطبيق خوارزمية التحسين في المجال الحيزي أعطى نتائج أفضل من تطبيق هذه الخوارزمية في المجال الترددي.

- (2) إن تطبيق خوارزمية التحسين مع خوارزميات التنعيم المقترحة في المجال الحيزي نجحت معظمها في تخمين الحافات المتضررة واستعادتها.
- (3) إن قيمة العتبة المستخدمة لتحويل الصورة إلى صورة ثنائية كان لها تأثير كبير في إبراز الكثير من التفاصيل في الصورة وإخفائها.
- (4) إن أفضل نتيجة تم الحصول عليها كانت بتطبيق خوارزمية التحسين مع الخوارزمية الجينية الثالثة والذي تمثل باستخدام مرشح كاوس وبنافذة بأبعاد $3*3$ و $5*5$ من ناحية وضوحية الصورة بعد المعالجة.

المصادر

- [1] بشير، غصون سالم. (2003)، " استخدام الخوارزمية الجينية في مطابقة الصور"، بحث ماجستير، جامعة الموصل، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، علوم الحاسبات.
- [2] متراس، بان احمد و أنور، داليا عبد الله. (2007)، " خوارزميات جينية كفوءة لتتعيم الصور" ، المجلة العراقية للعلوم الإحصائية. العدد 1802.
- [3] **Agarwal, M. (2006)**, "Multi-Impression Enhancement of Fingerprint Images", **M.Sc., Thesis, West Virginia University, College of Engineering and Mineral Resources.**
- [4] **AL-Wattar, T.Y.H (2000)**, "Fingerprints Recognition Using Neural Networks", **M.sc. Thesis, University of Mosul.**
- [5] **Bamberger, R. H. (1990)**, "The Directional Filter Bank: A Multirate Filter Bank for the Directional Decomposition of Images", **ph.D. Theses, Georgia Institute of Technology.**
- [6] **Cho, U.; Hong, J. and Cho, S. (2006)**, "Evolutionary singularity Filter Bank Optimization for Fingerprint Image Enhancement", **LNCS 3907, pp.380-390.**
- [7] **Greenberg, S.; Aladjem, M.; Kogan, D. and Dimitrov, I. (2000)**, "Fingerprint Image Enhancement Using Filtering Techniques", **In: Proc. 15th Internat. Conf. on Pattern Recognition III, Barcelona, Spain, pp. 326–329.**
- [8] **Hong, L.; Wan, Y. and Jain, A. (1998)**, "Fingerprint Image Enhancement Algorithm and Performance Evaluation", **IEEE Trans. Anal. Machine Intell, Vol. 20, No. 8, pp. 777–789.**
- [9] **Jain, A. K.; Hong, L. and Prabahakar, S. (1999)**, "A Multichannel Approach to Fingerprint Classification", **IEEE Trans. On Pattren Analysis and Machine. Intelligence, Vol. 21, No. 4, pp. 348-359.**
- [10] **Lee, H. C. and Gaensslen, R. E. (1991)**, "Advances in Fingerprint Technology", **Elsevier, New York.**
- [11] **Oh, S. K.; Lee, J. J.; Park, C. H.; Kim, B. S. and Park, K. (2003)**, "New Fingerprint Image Enhancement Using Directional Filter Bank", **Journal of WSCG, Vol.11, No.1., ISSN 1213-6972.**

- [12] **Qin, M. (2005)**, “A Fast and Low Cost SIMD Architecture for Fingerprint Image Enhancement”, **M.Sc., Thesis, Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science, Department of Electrical Engineering.**
- [13] **Sherlock, B.G.; Monro, D.M. and Millard, K. (1994)**, “Fingerprint Enhancement by Directional Fourier Filtering”, **IEE Proc. Vision Image Signal Process, Vol. 141, No. 2, pp 87–94.**
- [14] **Thai, R. (2003)**, “Fingerprint Image Enhancement and Minutiae Extraction”, **The University of Western Australia.**
- [15] **Wang, S., and Yangsheng W. (2004)**, “Fingerprint Enhancement in the Singular Point Area”, **IEEE Signalprocessing Letters, Vol. 11, No. 1, January.**
- [16] **Ganapathi, S.k., (2002)**, “Fingerprint Authentication:Shifting The Electronic Security Paradigm”, **SC Magazine,January 29.**
<http://www.scmagazine.com/sconline.htm>.
- [17] **Marczyk, A. (2004)**, “Genetic Algorithms and Evolutionary Computation”,**April,Vol.23.**
<http://www.talkor:gins.org/Faqs/genalg/genalg.html/#introductin>