طريقة فعالة في مطابقة الصور باستخدام الخوارزميات الجينية

د. طلال محمود حمود *

الملخص

نقدم في هذا المقال طريقة فعالة في مطابقة الصور الجزئية مع الصور الأصلية باستخدام خوارزمية جينية Geneticn Algorithm. اعتمدت هذه الخوارزمية على موسط يسمى الصبغي chromosome يمثل في هذه الطريقة إحداثيات موقع (X,Y) تحوّل هذه الإحداثيات إلى سلسلة من الأرقام الاثنانية Bits بطول متغير يعتمد على درجة وثوقية النظام المطلوب تصميمه، وأهمية التطبيق من هذا النظام، ولكنه يبقى ثابتاً طول زمن الخوارزمية، للحصول على النتائج بأسرع وقت ممكن وتوفير الزمن. وهو يعتمد في حسابه على أبعاد الصورة الأصلية.

تقوم هذه الطريقة على نقل الصورة الجزئية إلى الصورة الأصلية، والبحث للحصول على أفضل تطابق، وبأقصر زمن. وعرضت بعض الأمثلة لإظهار فعالية هذه الطريقة.

الكلمات المفتاحية: الخوارزميات الجينية، تطابق الأنماط، الصبغي، التهجين، حجم الجيل، الطفرة.

* مدرس، قسم هندسة الإلكترونيات والاتصالات، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.

An Efficient Method in Image Matching Using Cenetic Algorithm

Dr. Talal Mahmoud Hammoud*

Abstract

This paper presents an efficient method to match an unknown pattern which represents a partial image with original image, using Genetic Algorithm (GA). This method uses a parameter , namely, chromosome. It represents a position coordinates (X,Y) transformed into a sequence of bits of small length depending on the dimension of the original image, whereby the matching will be obtained in short time. The form of the chromosome is a sequence of binary bits. To demonstrate the efficiency of this method, example is shown.

Keywords: genetic algorithm, image matching, chromosome, crossover, Mutation

*Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus university, Damascus, Syria.

المقدمة:

تعدّ الخوارزميات الجينية Genetic Algorithm من الطرائق الأوسع انتشاراً في البحث العشوائي عن الحلول النموذجية أو الأمثلية، وهي تحاكي نظرية تطور داروين بتَطبيق إستراتيجية "البقاء للأصلح".

فالخوارزميات الجينية هي خوارزمياتَ بحثٍ عشوائية قائمة على الاحتمالية تتصف بأنها ذات كفاءة عالية لمحاكاة الظواهرَ الطبيعيةَ. وقد استخدمت بنجاح لحَلّ مدى واسع من المشكلات تحقيقِ الأمثلية، خصوصاً المشكلات المعقدة [1-6]:

- التعرف على الأنماط pattern recognition
- تقطيع الصورة Image segmentation
- تسجيل الصورة image registration
- مطابقة الحواف Contour matching
- العلامات المائية Water marking

توصّف المشكلة المطروحة بتمثيل الصبغيات Chromosomes الممثلة للحلول بطريقة معينة من طرائق الترميز، بشكل يسهل التعامل معها في الحاسوب. فهناك عدة طرائق لترميز الصبغيات Chromosomes أو الجيل Population وفقاً لنوعية المسألة. فهناك الترميز التبديلي، والترميز الشجري، والترميز الاثناني [8]. ويستخدم هذا الأخير بكثرة لسهولة التعامل معه، اذ يكون كل صبغي عبارة عن سلسلة محدودة الطول من الأصفار والواحدات المتعاقبة (Bits)، بمراتب معينة، بحيث تمثل مرتبة كل منها بقيمة، وتدعى مورثة(gene) ومن ثمّ فانّ كل صبغي يتألف من مجموعة من المورثات، ولقد اعتمد هذا التمثيل في هذا المقال.

ففي مسائل مطابقة الأنماط، يمكن تحديد أبعاد الصبغي تبعاً لمتطلبات الدقة والوثوقية من الحل، على أن يبقى طوله ثابتاً في أثناء تنفيذ الخوارزمية الجينية. وإذا كان المطلوب وثوقية أعلى، هذا يعني طول أكبر للصبغي، ومن ثمّ زمن أكبر في تنفيذ الخوارزمية.

نقدم في هذه المقالة بتصميم خوارزمية جينية فعالة بمطابقة صورة جزئية أبعادها (N1 × N2) مع صورة أصلية بأبعاد (M1 × M2)، اذ تمثّل كل من الصورتين بشكل اثناني عناصرها أصفار وواحدات [1,0] BW Image، بتحويلها من صيغة ما كالملونة Colored image أو تدرج الرمادي Gray [10]

قسّمت الصورة الأصلية إلى عدد من الصور الجزئية بأبعاد تساوي حجم الصورة الجزئية المراد مطابقتها ذات الأبعاد (N1×N2) باستخدام الخوارزمية المقترحة، التي تتميز باستخدام الصبغي بطول صغير وذلك للحد من قيود مفروضة على الخوارزميات الجينية.

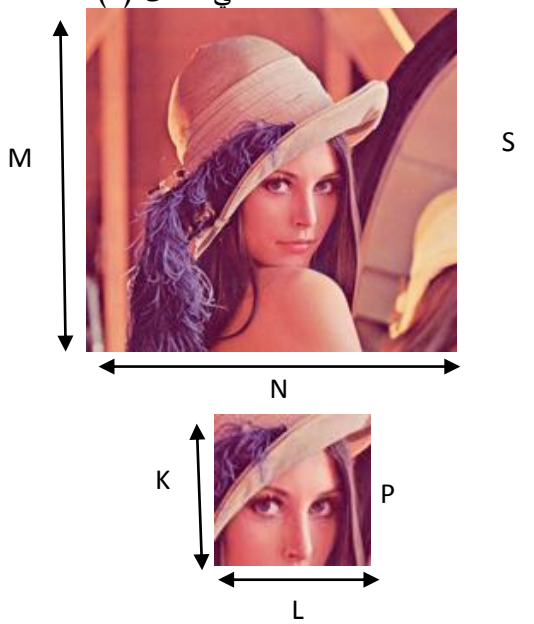
نظّمت هذه المقالة بالشكل الآتي: وصّفت مسألة المطابقة بين الأنماط في المقطع الثاني، في حين عرض عمل الخوارزمية المقترحة في المقطع الثالث. وأخيراً في المقطع الرابع، عرضت نتائج هذه الخوارزمية.

1- وصف المسألة

وصّفت عملية مطابقة الأنماط ثنائية الأبعاد 2D كما يأتي:

تجري مطابقة نمط مجهول مع أنماط معروفة مسبقاً، ويجري البحث عن أفضل مطابقة. والأنماط المعروفة حقيقة هي في الصورة الأصلية.

لنفترض أن الصورة الأصلية ذات أبعاد M × N في الفضاء S والصورة الجزئية بأبعاد K × L في الفضاء P اذ K < M & L < N كما في الشكل (1)



الشكل (1)

تجري مطابقة الصورة المراد مطابقتها مع صور جزئية من الصورة الأصلية S، عددها يعتمد على حجم الصورة المراد مطابقتها P وفق ما يأتي:

تنقل الصورة P إلى فضاء الصورة الأصلية S [11] واختيار موقع (X,Y) سيمثل كما سنرى لاحقاً بالصبغي، وسيعدّ العنصر الأول من الجيل الأول، وذو الموقع (0,0) من كتلة التطابق، التي ستكون أبعادها مساوية لأبعاد الصورة P ويجري البحث عن أفضل تطابق، ويمكن أن يتم مطابقة الصور بطرائق كثيرة [12] منها بتعداد عناصر الصورة المتساوية بالقيمة بين الصورة المراد مطابقتها، وكتلة التطابق.

الخوارزمية المقترحة

ويقسّم فضاء الصورة الأصلية S إلى صور جزئية، كل منها له أبعاد P، نشير الى كل صورة جزئية بموقع ذو إحداثيات(X, Y). يجري تبديل كل موقع (X, Y) لكل صورة جزئية في الفضاء S إلى سلسلة اثنانية Binary string التي ستشكل أو ستمثل الصبغي، وبذلك تكون عناصر الصبغي عبارة عن بتات (0,1) بأقل طول ممكن.

3-1 تمثيل الصبغي

يختار طول الصبغيChromosome Length، وفقاً لأبعاد فضاء الصورة الأصلية، بالعلاقة:

$$LC = D_1 + D_2$$

D_1: يعبر عن عدد البتات الاثنانية اللازمة لتمثيل البعد M

D_2: يعبر عن عدد البتات الاثنانية اللازمة لتمثيل البعد N

وتكون صيغة الصبغي بالشكل الآتي:

$$C = x_1x_2x_3..x_{D1}\ y_1y_2y_3 \dots y_{D2}$$

تمثل المجموعة الأولى من عناصر الصبغي $x_1x_2x_3 \dots .. x_{D1}$ الإحداثي X، في حين تشكل المجموعة الثانية منها $y_1y_2y_3 \dots \dots y_{D2}$ الإحداثي Y. أي انّ العناصر عبارة عن بتات (0,1) كما ذكرنا، الصبغي من أجل D1=8, D2=8

$$C = 10001011\ \ 11010010$$

3-3 تابع تحقيق الأمثلية Fitness Function

هو عملية ترجمة المعلومات الوراثية التي يحملها الصبغي على شكل قيمة عددية لكي يسهل التعامل معها ومقارنتها عددياً بالصبغيات الأخرى.

ففي مسألتنا، فبعد نقل الصورة الجزئية إلى الفضاء S، يقوم هذا التابع بالتحقق هل كان الموقع الذي عبر عنه بالصبغي، يقع في هذا الفضاء أم لا؟ وفقاً لآلية التحقق الآتية:

$$0 \le X' + K \le M \quad 0 \le Y' + L \le N \dots (1)$$

يختار صبغي من بين مجموعة الصبغيات اعتماداً على قيمة دالة تحقيق الأمثلية له، ومدى قرب هذه القيمة من القيمة المثلى.

3-3 توليد التجمع الصبغي المبدئي

تكون نقطة البداية بإعداد التجمع المبدئي، وذلك بتوليد عدد كبير من الصبغيات Chromosomes بطريقة عشوائية، كأن نولد مثلاً 100 صبغي، وتعطى الصبغيات التي تملك لياقة أكبر، فرصة للتزاوج والتوالد والبقاء، وبهذا يمكن الحصول على 100 صبغي جديد، والاستغناء عن الصبغيات القديمة. وبذلك نكون قد ولدنا جيلاً جديداً Generation أكثر لياقة من الجيل الذي سبقه. ومع مرور الأجيال تصل لياقة الصبغيات إلى مستوى مرتفع.

وتمر عملية توالد الصبغيات بثلاث مراحل مهمة وهي:

- انتقاء الوالدين parent selection
- العبور أو الانتقال أو التهجين crossover
- الطفرة Mutation

ففي مسألتنا تولّد الصبغيات كما يأتي:

توليد صبغي Chromosome عشوائياً بطول LC إذا لم تتحقق المعادلة "1" لهذا الصبغي، يهمل ونعيد الخطوة السابقة

تتوقف العملية عندما يصل عدد الصبغيات إلى العدد المحدد مسبقاً وليكن 100

3-4 عملية التهجين Crossover Operation

تجري عملية التهجين بين الصبغيات لإنتاج الجيل الجديد، وتتلخص هذه العملية بتحديد نقطة التبادل الذي تحدّد عشوائياً ضمن المجال [0-LC] وفقاً لنسبة التهجين Pc.

واستناداً إلى نقطة التبادل يقوم الصبغيان اللذان يعدّان بمنزلة الوالدين بتبادل جزء من سلسلة أرقامهما الثنائية التي تفصلها نقطة التبادل. مثلاً:

$$\begin{cases} \text{parent A}: & 1101 \uparrow 0001 \\ \text{parent B}: & 0011 \uparrow 0110 \end{cases}$$

» crossover operation

$$\gg \begin{cases} \text{child AB} & 1101\ 0110 \\ \text{child BA} & 0011\ 0001 \end{cases}$$

3-4 استحداث الطفرة Mutation operation

تتلخص عملية الطفرة في الخوارزميات الجينية باختيار مجموعة من البتات العشوائية في مجموعة من الصبغيات التي تختار عشوائياً وتغيير قيمة البت (إذا كانت واحداً تصبح صفراً، أو بالعكس). ويختار بت الطفرة عشوائياً ضمن المجال [0 - (D1 + D2)]

children » 110100 1 1001101

mutation » 110100 0 1001101

3-5 موسطات الخوارزمية:

NP: عدد عناصر الصورة في الصورة الجزئية

NPM: عدد عناصر الصورة في المطابقة الجزئية

RP: عناصر الصورة المطلوبة

Pop_N: عدد الصبغيات بكل تجمع population

NG: عداد الأجيال generation counter

Pc: نسبة التهجين Crossover rate

Pm نسبة الطفرة الوراثية Mutation rate

NRUN عدد مرات تنفيذ النظام

يمكننا فهم الخوارزمية من خلال المخطط الانسيابي المبيّن في الشكل (3).

- **التأهيل الابتدائي:**

تحدد بعض المعايير والثوابت وقيم المتغيرات حسب طبيعة المسألة المطروحة

حجم الجيل: Pop-N: ويقصد به عدد الأفراد ضمن الجيل، وهو من العوامل المهمة لأداء الخوارزمية.

توليد الجيل الابتدائي كل مجتمع يبدأ من جيل K وهذا الجيل تجمعه صفات عامة مشتركة. وهذا ما نطبقه في خوارزميتنا بتوليد جيل عشوائي من الأفراد للانطلاق منه والحصول على بقية الأجيال.

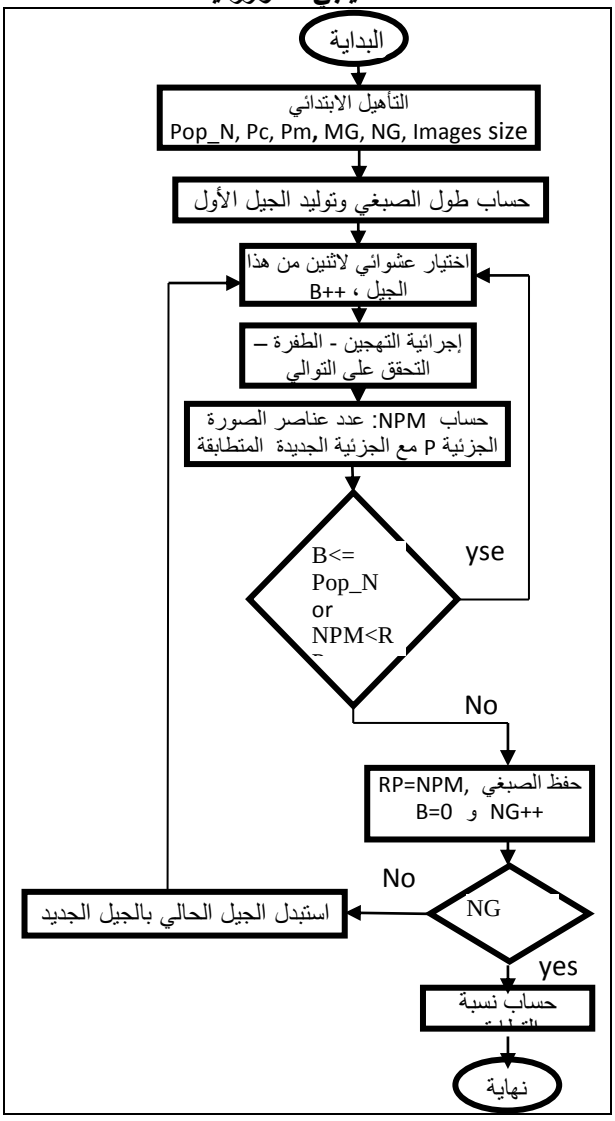
نسبة التهجين Pc: وفيه يجري تزاوج عنصرين عشوائيين من الجيل لإنتاج جيل جديد بنسبة محددة.

نسبة الطفرة Pm: كما نعلم تحدث الطفرة البيولوجية بشكل متكرر بين مدة وأخرى، ولكنها تبقى ضمن حدود احتمالية متدنية. وفي الخوارزميات الجينية أيضًا، يختار احتمال الطفرة بقيمة متدنية عموماً.

عدد مرات التكرار: يجري تكرار الخوارزمية عددًا محددًا من المرات حتى الوصول إلى مستوى جيل محدد.

حجم الصورة الأصلية والجزئية.

3-6 المخطط الانسيابي للخوارزمية:



3-6-1عمل المخطط:

3-1-6 حدد كلاً مما يأتي:

- حجم التجمع Pop_size
- نسبة التهجين Pc
- نسبة الطفرة Pm
- عدد الأجيال MG
- ضع عداد الأجيال صفراً NG=0

3-1-6-2 يجري توليد التجمع الصبغي

3-1-6-3 اختيار عشوائي لصبغيين من التجمع الصبغي

3-1-6-4 تنفيذ عملية التهجين حسب Pc، ثم استحداث الطفرة حسب Pm

3-1-6-5 تحقق من أن الصبغي الجديد يحقق المعادلة 3 وفقاً لدالة التحقق

وقم بعد عدد العناصر المتطابقة NDM.

- قم بزيادة NG
- قارن بين NG و MG

إذا كان NG<MG :

استبدل بالجيل القديم من الصبغيات التي تمثل الآباء في الجيل الحالي الأبناء التي نتجت، ثم عد إلى الخطوة 3-1-6-3

3-1-6-6 إذا كان MG=NG: توقف

النتائج:

طبّقت الخوارزمية على صورة أصلية بأبعاد 220 Lenna Photo x220.

أمّا الصورة الجزئية فهي تمثل العين من هذه الصورة بأبعاد 15 x 30

حجم التجمع الصبغي: Pop= 20

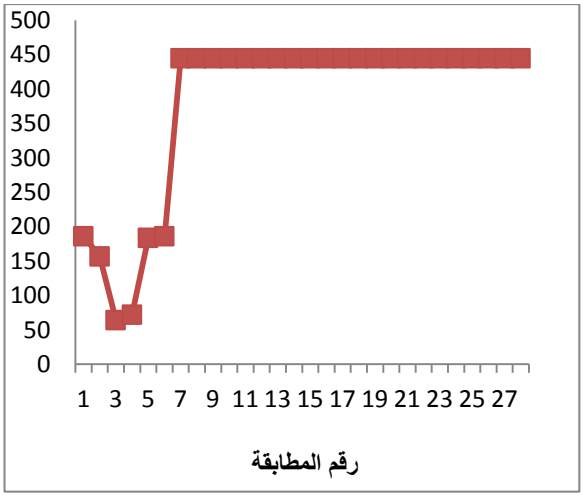
نسبة التهجين: Pa = 0.95

احتمال حدوث الطفرة: Pc=0.05

Maximum Generation: MG=1000

عدد مرات تنفيذ الخوارزمية NRUN=10

وبعد تطبيق الخوارزمية تم الحصول على تطابق نسبته 97% وفقاً لما يأتي:



حجم الصورة الأصلية	حجم الصورة الجزئية	عدد عناصر الصورة الجزئية	عدد عناصر الصورة المتطابقة	نسبة التطابق
220 x 220	30 x 15	450 عنصراً	445 عنصراً	97%

نلاحظ من الشكل والجدول السابق أن في بداية المطابقة كان عدد عناصر الصورة المتطابقة منخفضة 186، ومتغيرة إلى 157-64 – 72 184، ثم بدأت الخوارزمية تبحث عن أفضل تطابق من خلال عملية التهجين، حتى تم الحصول على أعلى نسبة 445، ومن ثم ثبتت القيمة.

الاستنتاجات

اقترحت طريقة لمطابقة صورة جزئية مقتطعة عشوائياً من صورة أصلية، باستخدام الخوارزميات الجينية. فقد قسّمت الصورة الأصلية إلى عدد من الصور الجزئية بحجم يساوي إلى حجم الصورة المراد مطابقتها. مثّلت أولاً الصورة المراد مطابقتها إلى فضاء الصورة الأصلية، وبحث عن أفضل تطابق، باستخدام الخوارزميات الجينية التي تعتمد في عملها على الصبغيات الوراثية بطول صغير جداً، وذلك لإنقاص زمن البحث. فالصبغي يتمثل بإحداثي (X, Y) تحوّل إلى قيم اثنانية، ومن ثمّ يمثّل الصبغي بسلسلة من البتات عبارة عن الأصفار والواحدات، الذي يمثل الحلول التي يبحث عنها لتعطي أفضل تطابق.

وتنفذ خوارزمية التحقق التأكد هل كان هذا الصبغي المتمثل بإحداثيات موقع (X,Y) ينتمي إلى فضاء الصورة الأصلية. ومن ثم تجري عملية التهجين بين الصبغيات، في الجيل الحالي، لكي تنتج أجيالاً جديدةً مع احتمال حدوث طفرة واختيار الموقع الأفضل الذي يحقق أفضل تطابق بين الصورة الجزئية والأصلية.

وقد اختيرت هذه الطريقة المقترحة على صورة جزئية من صورة أصلية، أشارت النتائج الى فعاليتها.

الآفاق المستقبلية

يمكننا تطوير هذه الطريقة بحيث نأخذ بالحسبان انحراف الصورة بزاوية ما، وتحقيق التطابق، وكذلك اقتراح أن تكون نسبة التهجين متغيرة بالاعتماد على نسبة التطابق التي يمكن الوصول إليها عند كل اختبار، بحيث تتحرك الصورة الجزئية بشكل بطيئ عندما نسبة التطابق قيمة ما.

REFERENCES المراجع

1- Miss. Komal R. Hole, Vijay S. Gulhane, Prof. Nitin D. Shellokar "Application of Genetic Algorithm for Image Enhancement and Segmentation. (IJARCET) Volume 2, Issue 4, April 2013

2-G. Roth, M. D. Levien, "Geometric primitives extraction using a genetic algorithm", IEEE Transaction of pattern analysis and machine intelligence, 1994, 901- 905

3-A. Toel, W. P. Hajema, "Genetic contour matching", Ppattern Recognition Letters, 1995

4-M. Mirmehdi, P. L Plamer, J. Kittler,"Genetic optimization of image feature extraction process", pattern Recognition Letters, 1997.

5-Bhanu, B, Lin, Y. Genetic algorithm based feature selection for target detection in SAR images. Image and Vision Computing. 2003, 21: 591–608.

6-Sanghamitra Bandyopadhyay, Sankar K. Pal "Pattern classification with genetic algorithms: Incorporation of chromosome Differentiation" Pattern Recognition Letters 18 (1997) 119-131

7-Cong Jin and Shi-Huiwang "Robust Watermark Algorithm using Genetic Algorithm" Jornal of information science and engineering 23, 661-670 (2007)

8- أ. بحبوح و أ. د. حسان ريشة " تأثير متغيرات الخوارزميات الجينية في مسائل إيجاد الحل الأمثل" مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، المجلد 23 – العدد الثاني – 2007

9- Pereira, M B, Veiga, A C P. Application of Genetic Algorithms to Improve the Reliability of an Iris Recognition System. IEEE Workshop on Machine Learning for Signal Processing. 2005, 159-164

10-Altuwaijri. M, and Bayoumi,"Recognition of Arabic Character Using Neural Networks", ICECS' 1994, Dec. 19-22, 1994, Cairo, Egypt.

11-James D. Foley "introduction to computer graphics" 1994

12- Rafael C Conzalez "Digital Image Processing" third edition.

Received	2016/06/07	إيداع البحث
Accepted for Publ.	2016/10/05	قبول البحث للنشر