تأثير متغيرات الخوارزميات الجينية في مسائل إيجاد الحل الأمثل[1]

المهندس أسامة أسعد بحبوح[2] الأستاذ الدكتور المهندس حسان ريشة[3]

الملخص

نظراً للتطور السريع الذي يشهده عالمنا المعاصر والذي زاد من تعقيد النظم تلبيـة لحاجـة المجتمع الملحة في الوصول إلى نظم ذات أداء وموثوقية عاليتين فقـد زاد الاهتمـام فـي الآونة الأخيرة بعلم الذكاء الاصطناعي لما أثبته من جدارة وفعالية في معالجـة كثيـر مـن القضايا والمسائل العالقة.

نقدم في هذه المقالة تعريفاً بأحد فروع الذكاء الاصطناعي وهي الخوارزميات الجينية نظـراً لقدرتها على حل كثير من المسائل المعقدة، وفي مجالات علمية متعددة، سـواء فـي علـم الحاسبات[8]، أو بحوث العمليات ومعالجة الصور[7]، أو حتى في علم الاجتماع [9].

قمنا في هذا البحث باستخدام الخوارزميات الجينية لإيجاد النهاية الدنيـة العظمـى لتـابع مستمر ضمن مجال محدود، وذلك بهدف دراسة تأثير بعض أهـم متغيـرات الخوارزميـات الجينية في الأداء ودقة النتائج. إذْ لوحظ تأثير احتمال الطفرة وحجم الجيـل وعـدد مـرات التكرار في دقة النتيجة وزمن التنفيذ باختيار إجرائية العجلة المتدحرجة في عملية الانتخاب. بعد ذلك قمنا بمقارنة أداء العجلة المتدحرجة مع أداء إجرائية انتخـاب أخـرى هـي حكـم النخبة.

الكلمات المفتاحية: الخوارزميات الجينية، الانتخاب، العبور، حجم الجيل، الطفرة.

[1] أعد البحث في سياق رسالة الدكتوراه للطالب أسامة أسعد بحبوح بإشراف الأستاذ الدكتور المهنـدس حسان ريشة.

[2] قسم هندسة الحواسيب والأتمتة - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية- جامعة دمشق.

[3] قسم هندسة الحواسيب والأتمتة - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية- جامعة دمشق.

1) المقدمة Introduction:

تعد الخوارزميات الجينية Genetic Algorithms (GA) من التقنيات المهمة في البحث العشوائي عن الحل الأمثل، وهي تمثيل للاعتقاد السائد بأن الذكاء البشري يخلق مع الإنسان ويتم اكتسابه عن طريق الوراثة بشكل كبير. فهي محاكاة لعملية التزاوج بين الكائنات الحية من النوع نفسه. وقد اِستُعِرتْ عدة مصطلحات وصفات من علم الوراثة كالجيل والوالدين والعبور والطفرة. وتحاول الوصول بهذه الطريقة إلى الحل الأنسب للمشكلة المطروحة معتمدة على مبدأ العالم داروين في الاصطفاء الطبيعي القائم على الاحتفاظ بالميزات والصفات الجيدة الموجودة في جيل الآباء لنقلها إلى جيل الأبناء بهدف الحصول على ذرية قوية تتمتع بأفضل صفات جيل السلف على أقل تقدير.

يتم في أثناء تطبيق الخوارزميات الجينية توصيف المشكلة المطروحة لتمثيل الصبغيات Chromosomes الممثلة للحلول بواحدة من طرائق الترميز. بعد ذلك تطبق مجموعة من العمليات الرياضية المستنبطة من العمليات البيولوجية كالعبور والانتخاب والطفرة للحصول في نهاية المطاف على مجموعة من الصبغيات التي تمثل الجيل النهائي وكل صبغي ما هو إلا فرد من أفراد الجيل، وأفضل صبغي هو الحل الأمثل الذي نبحث عنه للمسألة المطروحة. إذاً، تبدأ عملية البحث انطلاقاً من مجموعة حلول وليس من حل واحد أو نقطة واحدة [1].

بالطبع هناك عدة تقنيات للبحث عن الحل كالطرائق الحسابية المباشرة وغير المباشرة وطرائق التعداد الكامل وطرائق البحث العشوائي التي تندرج منها الخوارزميات الجينية[1].

2) ترميز الصبغيات Chromosomes Encoding:

لما كنا نحل المسألة بشكل برمجي، فعلينا ترميز كل صبغي بشكل يسهل التعامل معه من قبل الحاسوب وذلك حسب المسألة المطروحة. عموماً تعتمد طريقة الترميز على نوعية المتحولات فإذا كانت متقطعة Discrete Variable فهي ذات عدد محدود ومن

ثم يمكننا استخدام التمثيل الثنائي لترميز جميع الحالات. أما إذا كانت المتحولات مستمرة Continuous Variable فهي ذات عدد غير منتهٍ وهذا يتطلب القيام بحل ما. من الحلول المقترحة أن يتم تحديد درجة السماحية للقيمة Precision، أما الحل الآخر فهو بالعكس أي نحدد بداية عدد الخانات الثنائية ومن ثم نوجد حجم الخطوة.

3) طرائق الترميز Encoding Type:

هناك عدة طرائق لترميز الصبغيات أو الجيل Population حيث تفرض نوعية المسألة الطريقة الملائمة لها. فمن طرائق الترميز الشائعة الترميز التبديلي والترميز الشجري والترميز الثنائي الذي قمنا باستخدامه.

1-3) الترميز الثنائي Binary Encoding [1] :

يستخدم هذا الترميز بكثرة لسهولة التعامل معه حيث يكون كل صبغي عبارة عن مجموعة من الأصفار والواحدات المتعاقبة.

يبين الشكل (1) مثالاً على الترميز الثنائي:

Chromosome 1	**1 1 0 0 0 1 0 1 1 1**
Chromosome 2	**1 1 1 0 1 1 1 0 0 0**

الشكل (1) ترميز الصبغيات ثنائياً

4) إجرائيات الانتخاب Selection Procedures:

تعد مرحلة الانتخاب المرحلة الأولى في الخوارزمية الجينية إذ يتم اختيار الجيل الجديد من الجيل القديم بوضع جميع الأفراد في مجموعة واختيار المناسب منها حسب طريقة الملاءمة المستخدمة وبطريقة موضوعية وغير متحيزة. ونظراً لوجود العديد من إجرائيات الانتخاب يجب أن يتم اختيار الإجرائية المناسبة لما لذلك من أثر في سير الخوارزمية الجينية والحصول على الحل الأمثل بالسرعة الممكنة.

نوضح فيما يأتي إجرائيات الانتخاب المستخدمة في بحثنا:

1-4) الانتخاب وفق مبدأ العجلة المتدحرجة Roulette Wheel Selection:

لمحاكاة هذه الطريقة نعتبر وجود عجلة تم تقسيمها إلى 100 قطاع. يُوزعُ أفراد الجيل على هذه القطاعات وفقاً لمتوسط احتمالية الانتخاب لكل فرد من أفراد الجيل الحـالي والذي يعطى رياضياً بالعلاقة:

$$P_{select}(i) = \frac{F_i}{\sum_{j=1}^{n} F_j}$$

حيث:

Pselect(i) احتمالية انتخاب الفرد i.

Fi درجة ملاءمة الفرد i.

n عدد أفراد الجيل.

تتم طريقة الانتخاب بإدارة العجلة بشكل عشوائي وانتظار وقوف العجلة عند مؤشـر ما، وعندها نأخذ الفرد الذي أشار إليه المؤشر. إذاً، كلما زادت درجة ملاءمة الفـرد زاد عدد قطاعاته، ومن ثَم زاد احتمال انتخاب هذا الفرد وهذا يعني دخول الفرد فـي الجيل الخلف أو تأثيره الإيجابي في هذا الجيل على أقل تقدير.

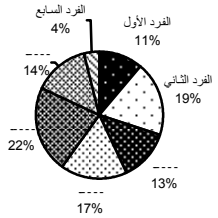
لمحاكاة عملية العجلة المتدحرجة حاسوبياً، فإن كل فرد يعطى قيمة تعبر عن الاحتمال التراكمي له C وفق العلاقة:

$$C(i) = \sum_{j=1}^{i} F_j$$

وتُوزعُ قطاعات العجلة على الأفراد حسب الاحتمال التراكمي السابق. يتم بعـد ذلـك توليد رقم عشوائي ضمن المجال [1,100]، وعندها يتم انتخاب الفرد التـابع للقطـاع الذي وقع رقمه على الرقم العشوائي المولد.

يبين الشكل (2) مثالاً على عملية العجلة المتدحرجة:

	مقياس الملاءمة F	لحتمالية الانتخاب	الاحتمال التراكمي
الفرد الأول	13	0.11	11%
الفرد الثاني	22	0.19	30%
الفرد الثالث	15	0.13	43%
الفرد الرابع	19	0.17	60%
الفرد الخامس	25	0.22	82%
الفرد السادس	16	0.14	96%
الفرد السابع	5	0.04	100%
المجموع	115	1.00	



الشكل (2) الانتخاب حسب طريقة العجلة المتدحرجة

4-2) الانتخاب وفق مبدأ حكم النخبة Elitism :

في أثناء عملية إنتاج جيل جديد لا يمكننا تجاهل احتمال فقد الحل الأمثل الموجود في الجيل الحالي. من هذا المنطلق وللاحتفاظ بالحلول الجيدة في الجيل الخلف من الجيـل السلف فقد وجدت طريقة الانتخاب Elitism التي تعتمد على نـسخ الحلـول الجيـدة للاستفادة منها في الأجيال اللاحقة وإجراء عملية الانتخاب لإكمال الجيـل بـالطرائق العادية.

5) العبور Crossover [10]:

تعد عملية العبور من العمليات المهمة في الخوارزميات الجينية والتي تحاكي عمليـة التزاوج البيولوجي بين الأحياء، فالمعتقد السائد هو أن التزاوج بين أفـراد يتمتعـون بمواصفات جيدة سوف ينتج عنه غالباً أفراد يتمتعون بمواصفات جيدة على أقل تقدير.

ومن ثَم يتم في الخوارزميات الجينية انتخاب الأفراد ذوي مقياس الملاءمة الجيد بعـد ذلك تنفذ عملية مزج عشوائي Shuffling للـتخاص قدر الإمكان من إجراء العبور بين الفرد ونفسه والناتج عن احتمال تكرار الفرد أكثر من مرة بشكل متتالٍ نتيجة عمليـة الانتخاب التي تسبق العبور.

إن عملية العبور تتم أيضاً باحتمال هو احتمال العبور لكل فرد ضمن الجيل.

بعد تحقيق المزج العشوائي لأفراد الجيل نقوم بعملية العبور بين الفرد والـذي يليـه باستخدام إحدى طرائق العبور كالعبور المنسق أو عبور n- نقطة البسيط الـذي قمنـا باستخدامه.

1-5) عبور n- نقطة البسيط Simple n-point Crossover:

يتم اختيار صبغيين متتاليين من الجيل، كما يتم اختيار n نقطة عبور بشـكل عـشوائية على طول الصبغيين. بعد ذلك تُبادل الصبغيات الوراثيـة أي المورثـات (الجينـات Genes) الواقعة بين نقطة العبور (xi) و(xi+1) فيما بين الصبغيين. تمثـل i جميـع نقاط العبور ذات الدليل الفردي، مما يستدعي التبديل بين نقطة العبور الأخيرة وحتـى نهاية الصبغي عند كون عدد نقاط العبور فردياً، و ليس من الضرورة اختيار قيم نقاط العبور في جميع الصبغيات نفسها، بل يتم اختيارها لكل صبغيين متتاليين ضمن الجيل بشكل عشوائي وبحيث لا تتعدى قيمها طول الصبغي.

يبين الشكل (3) كيفية تطبيق العبور من نوع 2-point البسيط على صبغيين متتاليين من جيل الآباء وفق القيم العشوائية الآتية:

قيمة نقطة العبور الأولى = 2.

قيمة نقطة العبور الثانية = 6.

قيمة نقطة العبور		1	2	3	4	5	6	7	8
جيل الآباء	Chromosome 1	1	1	0	1	1	1	1	0
	Chromosome 2	0	0	0	0	1	0	0	1
		↓	↓↑	↓↑	↓↑	↓↑	↓↑	↓	↓
جيل الأبناء	Chromosome 1	1	0	0	0	1	0	1	0
	Chromosome 2	0	1	0	1	1	1	0	1

الشكل (3) عبور 2- نقطة البسيط

6) الطفرة Mutation :

هي المرحلة الأخيرة من سلسلة العمليات التكرارية التي تسهم بشكل جيد في الوصول إلى الحل الأمثل بسرعة. وهي مستمدة من كون الخوارزميات الجينية فرعاً من تقنيات البحث العشوائي عن الحل الأمثل ومن ثَم فإن حدوث تغير مفاجئ وغير متوقع في الجيل (عشوائي) ولو كان باحتمال حدوث طفيف سوف يكون له الأثر الإيجابي في الاقتراب من الحل الأمثل. عند استخدام طريقة الترميز الثنائي تكون الطفرة عبارة عن عكس إحدى المورثات ضمن الصبغي أي من الصفر إلى الواحد أو العكس، واحتمال حدوث هذا التغير يعرف باحتمال الطفرة (Pm) probability of Mutation حيث يتم اختياره بقيمة متدنية نسبياً كما سنبين لاحقاً.

يبين الشكل (4) كيفية حدوث طفرة في صبغي تم ترميزه ثنائياً:

قبل الطفرة	Chromosome 1	1	0	1	1	1	1	1	0
		↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
بعد الطفرة	Chromosome 1	1	0	0	1	1	1	1	0

الشكل (4) حدوث طفرة على صبغي ثنائي

7) استخدام الخوارزميات الجينية في إيجاد النهاية الحدية العظمى لتابع مستمر ضمن مجال محدود:

لاقت الخوارزميات الجينية انتشاراً لا بأس به، وطبقت في مجالات مختلفة (هندسية ورياضية وطبية..)[1]، فمن حل المسائل الرياضية كمسألة البائع المتجول[2] إلى مسألة تحديد أوزان الشبكة العصبونية إلى تطبيقات أخرى كثيرة. ونظراً للفضاء الواسع في اختيار متغيراتها فقد تضمنت البحوث المنشورة في هذا المجال توجيهاً لقيم المتغيرات الأفضل. فمثلاً للحصول على نتائج جيدة في مسألة إيجاد النهاية الحدية العظمى لتابع يمكننا اختيار حجم الجيل عدة مئات [3]. في حين نجد دراسة أخرى [4]

تبين أن حجم الجيل المناسب لمسألة النهاية الحدية هـو (Po_s=100) مـع اختيـار احتمال حدوث الطفرة صغيراً جداً (Pm=0.008). في حين ينصح في دراسة أخـرى باختيار حجم الجيل (Po_s=30)[5]. أما بالنسبة لعدد الأجيال أو بعبارة أخرى لعـدد مرات تكرار الخوارزمية فهو مرتبط بحجم الجيل حيث تؤدي زيادة حجم الجيل إلـى تقليص عدد مرات تكرار الخوارزمية للوصول إلى الحـل[3] دون توضـيح الكلفـة الزمنية لذلك. بالطبع زمن الوصول للحل له علاقة بنوع الخوارزمية المختـارة فقـد يزداد بشكل أسي مع زيادة حجم المشكلة ومن الممكن تقليص الزيادة الأسية بـشروط أخرى للمسألة[6]. من ناحية أخرى فإن شكل التابع يؤدي دوراً مهماً في اختيار قيمـة احتمال الطفرة[3] وذلك لأن كون التابع ذي تغيرات حادة عديـدة أي يتـضمن عـدة نهايات حدية ومن ثَم ذي طيف ترددي واسع [11] لا يتطلب احتمـال طفـرة كبيـر مقارنة مع التابع ذي التغيرات الأنعم ومن ثَم ذي الطيف التـرددي الأضـيق والـذي يتطلب احتمال طفرة أكبر لتجنب تركز الحلول ضمن فضاء حل بعيد عن فضاء الحل الحاوي على الحل الأمثل [3].

على كلٍ، وبهدف دراسة تأثير كل متغير في أداء الخوارزمية الجينيـة بثبـات بقيـة المتغيرات مع حساب الكلفة الزمنية ومقارنة أداء عدة خوارزميات انتخاب مـع هـذه المتغيرات وإيجاد الخطأ النسبي لكل حالة مع دراسة أثر زيادة عدد مـرات التكـرار طبقنا دراستنا على مسألة إيجاد النهاية الحدية العظمى لتابع مـستمر ضـمن مجـال محدود.

7-1) خوارزمية العمل:

يبين الشكل (5) المخطط التدفقي المبسط المستخدم في دراستنا والذي قمنا بتحويله إلى برنامج سهل التعديل باستخدام بيئة Matlab ذات الإمكانيات الكبيرة:

الشكل (5) المخطط التدفقي للخوارزمية المستخدمة

لنوضح كل مرحلة من مراحل المخطط التدفقي :

1- **التأهيل الابتدائي:** تُحددُ بعض المعايير والثوابت وقيم المتغيرات حسب رغبة المستخدم مثل :

1- حجم الجيل Population Size : يقصد به عدد الأفراد ضمن الجيل وهو من العوامل المهمة والتي يتوقف عليها أداء الخوارزمية. بشكل عام يمكن القول: إن زيادة عدد الأفراد إلى درجة كبيرة سوف يجعل زمن الحصول على النتائج كبيراً مما يقلل من فائدة هذه النتائج. فعلى سبيل المثال ما الفائدة من حصولنا على احتمال عالٍ في حدوث كارثة طبيعية أو صناعية بعد فوات الأوان !؟. بالمقابل فإن زيادة حجم الجيل سوف يقلل من الخطأ المرتكب في النتيجة. أيضاً هناك مشكلة عند كون حجم الجيل

صغيراً إذ تنخفض دقة النتائج بشكل ملحوظ، لأنه لن يشمل كامل المجال المـدروس بشكل جيد.

2- **احتمال الطفرة :** بالطبع نسمع عن الطفرة البيولوجية بشكل متكرر بـين الآونـة والأخرى ولكنها تبقى ضمن حدود احتمالية متدنية. أيضاً يتم اختيار احتمال الطفـرة في الخوارزميات الجينية بقيمة متدنية عموماً.

3- **عدد مرات التكرار:** يتم تكرار الخوارزمية عدداً محدداً من المرات أي يتم التكرار حتى الوصول إلى مستوى جيل محدد.

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

3 - شرط التوقف : إن شرط توقف الخوارزمية يؤدي دوراً مهماً في النتيجة النهائية وفي كلفة العملية عموماً. فمن الممكن أن يكون الشرط هو الوصول بالنتيجة إلى قيمة خطأ محددة مسبقاً نسبة للقيمة المرغوب فيها. وقد يضاف إليه شرط عدم تجاوز زمن التنفيذ لقيمة محددة. وهذا ما يحدث إذا ما أدخلنا مفهوم الزمن الحقيقي إلـى دراسـتنا وذلك بأن يُشترط في النظام الحصول على النتيجة قبل وصول المهمـة إلـى زمنهـا الحرج المعرف بأنه آخر لحظة زمنية يمكن قبول انتهاء تنفيذ المهمـة عنـدها[12]. وحتى يتسنى لنا إجراء المقارنات المختلفة عند تغير بقية المتغيرات قمنا باختيار شرط التوقف حسب عدد مرات التكرار.

4 - إجرائية الانتخاب : تحدثنا عن مفهوم الانتخاب وبعض الإجرائيات المـستخدمة، وقد ضمنا خوارزميتنا نوعين من الإجرائيات للمقارنة بينهما هما إجرائية الانتخـاب على مبدأ العجلة المتدحرجة وإجرائية الانتخاب حسب حكم النخبة.

تتعلق عملية الانتخاب بطريقة الملاءمة المستخدمة ويعد تشكيل تابع الملاءمة Fitness من أهم النقاط في الخوارزميات الجينية لما له من أثر كبير في صحة النتـائج فهـو

المؤشر الحقيقي على الاقتراب من الحل أو الابتعاد عنه. ويتم اختيار هذا التابع بحيث يزداد كلما اقتربنا من الحل.

عند إيجاد النهاية الحدية الصغرى لتابع فإن تابع الملاءمة يكون متناسباً بشكل عكسي مع قيمة التابع المدروس، وهذا يعني أن ارتفاع قيمة الملاءمة لفرد بالنسبة لغيره من أفراد الجيل يدل على اقتراب هذا الفرد من النهاية الحدية الدنيا ومن ثَم من حل المسألة.

يمكن اختيار تابع الملاءمة بالشكل الآتي:

$$F = V_{max} + V_{min} - V$$

حيث إن :

V_{max}: أكبر قيمة يعطيها أفراد الجيل الحالي للتابع.

V_{min}: أصغر قيمة يعطيها أفراد الجيل الحالي للتابع.

وبذلك نضمن أن تابع الملاءمة يزداد طرداً مع الاقتراب من الحل وبقيم يمكن التعامل معها بسهولة لعدم تقاربها بشكل كبير كما أن قيمة التابع موجبة وهو الأفضل.

أما لإيجاد النهاية الحدية العظمى فقد اعتبرنا مقياس الملاءمة هو قيمة التابع المدروس ضمن المجال المحدود لكل فرد.

5- الخلط والعبور: تتم عملية الخلط بتغيير ترتيب الأفراد ضمن الجيل بشكل عشوائي وذلك لزيادة العشوائية في ترتيب الأفراد الذين تم انتخابهم في المرحلة السابقة والتي ينتج عنها تكرار لبعض الأفراد مما يؤثر سلباً في الأجيال اللاحقة بسبب القيام بعملية العبور بين الفرد ونفسه مما يقلل من حدة الانسياب نحو الحل الأمثل.

قمنا ضمن خوارزميتنا باختيار عبور n- نقطة البسيط وباختيار عشوائي لنقطة البدء لكل فرد من الجيل على حدة.

بعد عملية الانتخاب والانتقاء تتم عملية خلط الجيل ومحاكاة عملية التزاوج بين الكائنات للحصول على جيل جديد يتمتع بمواصفات الجيل القديم الجيدة.

6 - إجرائية الطفرة : تحدث الطفرة بشكل عشوائي وباحتمال ضئيل وقد قمنا بدراسة مدى تأثير قيمة هذا الاحتمال على الخوارزمية الجينية في مثالنا بين القيمتين [0,1] وبخطوة صغيرة. إن إحداث طفرة في الجيل قد يؤدي للوصول إلى الحل الأمثل بشكل سريع في بعض الحالات.

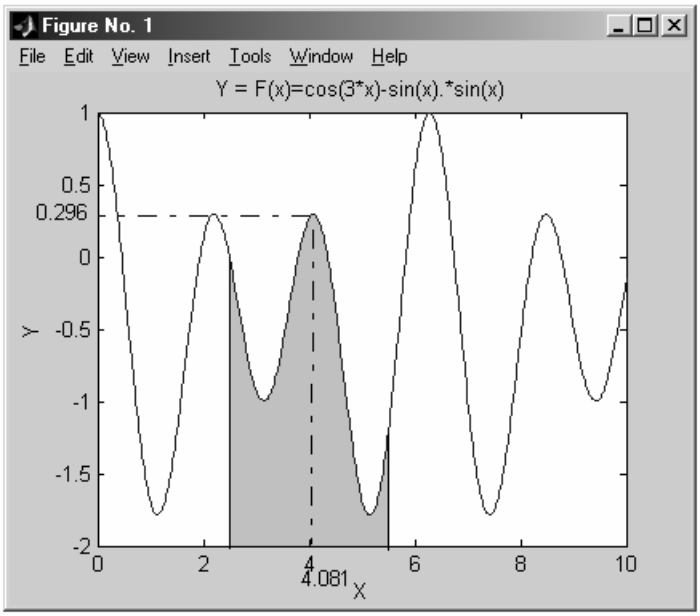
2-7) الدراسة العملية:

لدراسة تأثير بعض المتغيرات في سلوك الخوارزمية الجينية قمنا بإيجاد النهاية الحدية العظمى لتابع رياضي يتمتع بوجود عدة نهايات حدية عظمى وصغرى بقيم مختلفة ضمن مجال صغير نسبياً [10 , 0]، وذلك بناء على ما ذكرناه من أهمية شكل التابع على احتمال الطفرة وهذا ما تؤكده النتائج اللاحقة.

يبين الشكل (6) المنحنى البياني للتابع المدروس المعطى بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$y = f(x) = \cos(3 * x) - \sin(x)^2$$

الآن، بهدف مقارنة النتائج عند تغيير قيم المتغيرات المدروسة، فإنه من المستحسن اختيار مجال محدود يحوي على حل وحيد (نهاية حدية عظمى واحدة)، مع وجود حلول قريبة من الحل الوحيد لزيادة إبراز فاعلية الخوارزمية، لذلك تم اختيار المنطقة المبينة في الشكل (6) ذات المجال [5.5 , 2.5] مع الانتباه إلى إمكانية اختيار مناطق أخرى مشابهة لها.



الشكل (6) المنحنى البياني للتابع المدروس

يمكن باستخدام الطرائق الرياضية التحليلية إيجاد النهاية الحدية العظمى للتـابع. كمـا يمكننا استخدام بيئة Matlab للغرض نفسه وفق التعليمات الآتية[10]:

```
x=2.5:0.0001:5.5;
func='cos(3*x)-sin(x).^2';
Y=eval(func);
X=find(max(Y)==Y)*0.0001+2.5;
max(Y)
```

حيث نحصل على إحداثيات نقطة النهاية الحدية العظمى:

(4.0811, 0.2966)

كما ذكرنا، توجد عدة طرائق للترميز، لكن يفضل في هكذا نوع من المسائل الترميـز الثنائي لسهولة التعامل معه. أما التابع العشوائي المستخدم في جميع مراحل خوارزمية العمل كمرحلة توليد الجيل الابتدائي وإجرائية الطفرة فهو التابع rand الموجـود فـي بيئة Matlab وذو توزع كثافة الاحتمال المنتظم.

7-2-1) تأثير احتمال الطفرة:

ندرس حالة تغير احتمال الطفرة على كامل المجال الاحتمالي وبخطوة صغيرة :

$$Pm = [\ 0 : 0.01 : 1\ ]$$

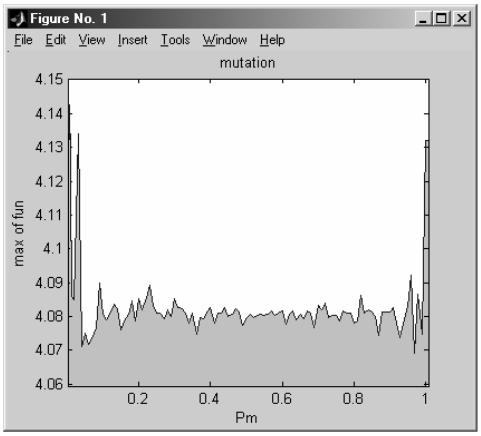
كما نختار حجم الجيل بقيمة (30) وعدد مرات التكرار (50).

نختار الانتخاب على مبدأ العجلة المتدحرجة.

إجرائية العبور هي العبور البسيط بنقطة واحدة.

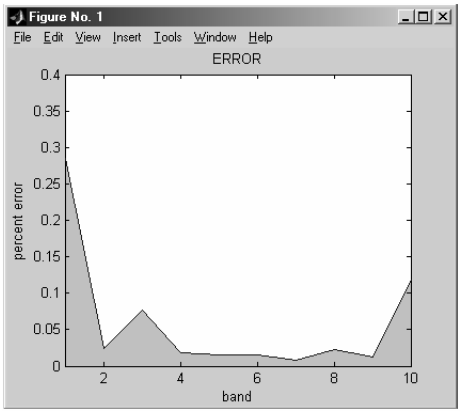
يمثل المحور الشاقولي في الشكل (7) قيمة تراتيب النهاية الحدية العظمى في التابع المدروس ضمن المجال المحدد في حين يمثل المحور الأفقي احتمال حدوث الطفرة.

نلاحظ أن النتيجة تتأرجح ضمن المجال [4.14 ,4.07] تقريباً وحول القيمة الحقيقية التي حصلنا عليها بشكل رياضي (4.081) أي أن الخطأ المطلق الأعظمي لا يتجاوز (0.06) وهذه نتيجة جيدة. وقد لاحظنا نتيجة التكرار المستمر للبرنامج حصولنا على نتائج متشابهة بشكل كبير وخاصة فيما يتعلق بكون الخطأ ضئيلاً عند كون احتمال الطفرة ضمن المجال [0.9 , 0.1] تقريباً وبشكل شبه دائم فقد لاحظنا أن أكبر خطأ هو عندما يكون احتمال الطفرة صفراً.



الشكل (7) تأثير احتمال الطفرة في نتيجة الحل

وقد قمنا بتقسيم قيم احتمال الطفرة إلى عشرة مجالات متساوية ومتدرجـة، وأوجـدنا المتوسط الحسابي للنتائج التي حصلنا عليها في الشكل (7) ضمن كل مجـال، وقمنـا بإيجاد الخطأ النسبي لكل مجال، فلاحظنا ما يؤكد قولنا من أن الاستغناء عن الطفـرة يسيء للنتائج التي نحصل عليها بزيادة الخطأ وهذا ما يوضحه الشكل (8):



الشكل (8) الخطأ النسبي مع تغير مجال احتمال الطفرة

7-2-2) تأثير حجم الجيل :

قلنا: إن حجم الجيل يؤدي دوراً مهماً في سير الخوارزمية الجينية ويتم اختياره لكـل مسألة بشكل مختلف وقد قمنا بدراسة تأثير تغيير حجم الجيل ضمن المجال الآتي:

$$Po\_s = [\ 8 : 8 : 400\ ]$$

قمنا بتحديد احتمال الطفرة بالقيمة (0.30).

واخترنا عدد مرات التكرار (50) مع الإبقاء على المجال المدروس نفسه.

أما الانتخاب فهو أيضاً على مبدأ العجلة المتدحرجة.

كما أبقينا على إجرائية العبور وهي العبور البسيط بنقطة واحدة.

يمثل المحور الشاقولي في الجزء الأول (الأعلى) من الشكل (9) قيمة تراتيب النهايـة الحدية العظمى في التابع المدروس ضمن المجال المحدد في حين يمثل المحور الأفقي حجم الجيل.

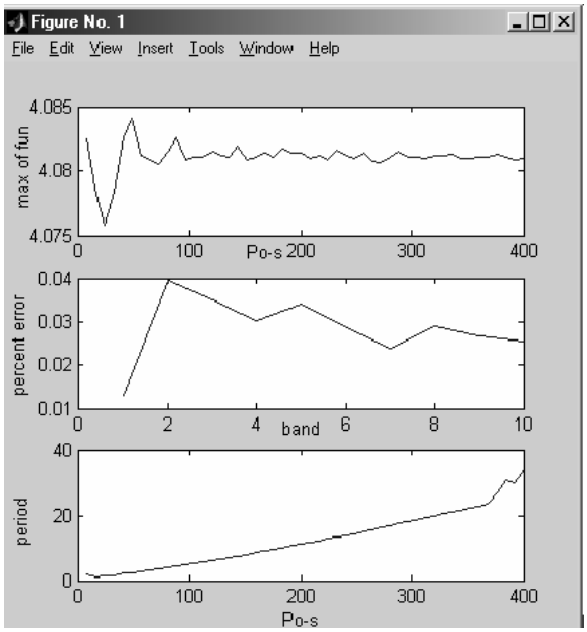
نلاحظ أن النتيجة تتأرجح ضمن المجال [4.076, 4.084] وحول القيمة الحقيقية التـي حصلنا عليها بشكل رياضي (4.081) أي أن الخطأ المطلـق الأعظمـي لا يتجـاوز (0.005) وهذه نتيجة تدل بالمقارنة مع تأثير احتمال الطفرة أن حجم الجيل أقل حرجاً في الاختيار من احتمال الطفرة.

بالطبع أكد لنا التكرار المستمر للبرنامج النتيجة نفسها. كما أننا لا بـد أن نلاحـظ أن زيادة حجم الجيل تقلل من الخطأ ولكن ليس بالشكل الكبير، وهذا ما نراه بوضوح من الجزء الأول والثاني في الشكل (9) حيث تم تقسيم حجم الجيل إلى عـشرة مجـالات أيضاً.

من الجدير ملاحظة قيمة الخطأ المتدني في المجال الأول وهذا لا يناقض ما حـصلنا عليه إذا لاحظنا التأرجحات الكبيرة في المجال الأول إلى أعلى القيمة الحقيقية وإلـى أسفلها في الجزء الأول من الشكل (9)، ومن ثَم إيجاد المتوسط الحسابي سوف يعـتم على هذه التغيرات الكبيرة نسبياً.

يبين الجزء الثالث من الشكل (9) كيف تزداد الكلفة الزمنية لتنفيذ الخوارزمية الجينية مع ازدياد حجم الجيل، وهذا هو الثمن الذي ندفعه مقابل الحصول على خطأ أقل، في حين لم نلحظ زيادة معتبرة في زمن التنفيذ عند زيادة احتمال الطفرة.

وبناء عليه فمن المفضل التقليل من حجم الجيل ومن احتمال الطفرة إلى الحدود الممكنة لزيادة سرعة التنفيذ.



الشكل (9) تأثير حجم الجيل في نتيجة الحل

3-2-7) تأثير عدد مرات تكرار الخوارزمية :

كل تكرار للخوارزمية يعني الحصول على جيل جديد من الأبناء ومن ثم فعدد مرات التكرار يمثل عدد أجيال الأبناء. ووفقاً لمبدأ داروين في الوراثة الذي ينص على أن البقاء للأنسب وأن جيل الأبناء عموماً يكون أكثر تكيفاً مع الظروف البيئية الجديدة بسبب فناء الأفراد الأقل تكيفا وتأقلماً. وبشكل مشابه فإنه كلما زدنا عدد الأجيال في

الخوارزمية الجينية فإن الحلول الأقرب للحل الأمثل سوف تحافظ على نفسها على أقل تقدير في الأجيال اللاحقة.

قمنا بدراسة أثر عدد مرات التكرار في نتائج الخوارزمية الجينية وذلك ابتداء من قيمة صغيرة حتى الوصول إلى قيمة كبيرة نسبياً:

Max_gen = [1 : 1 : 100]

أيضاً حافظنا على احتمال الطفرة بالقيمة (0.30).

واخترنا حجم الجيل بقيمة (30) مع الإبقاء على المجال المدروس نفسه.

أما الانتخاب فهو أيضاً وفق مبدأ العجلة المتدحرجة.

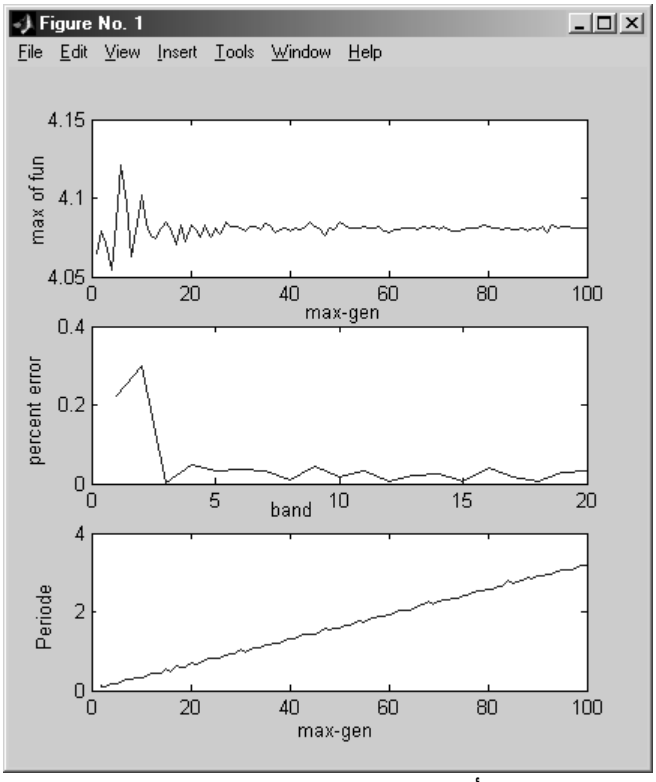
كما أبقينا على إجرائية العبور وهي العبور البسيط بنقطة واحدة.

يمثل الجزء الأول من الشكل (10) علاقة قيمة تراتيب النهاية الحدية العظمى للتـابع المدروس ضمن المجال المحدد مع عدد مرات التكرار.

نلاحظ أن النتيجة تتأرجح ضمن المجال [4.120 , 4.050] وحول القيمة الحقيقية التي حصلنا عليها بشكل رياضي (4.081) أي أن الخطأ المطلـق الأعظمـي لا يتجـاوز (0.04). بالطبع أكد لنا تكرار تنفيذ البرنامج النتيجة نفسها. كم أننا لا بد أن نلاحظ أن زيادة عدد مرات التكرار تقلل من الخطأ عموماً وخاصة بعد زيادة عدد مرات التكرار عن حد معين إذْ إن كون عدد مرات التكرار صغيراً يزيد من الخطأ بـشكل ملحـوظ وهذا ما نراه بوضوح من الجزء الأول والثاني في الشكل (10) حيث تم تقسيم حجـم الجيل إلى عشرين مجالاً.

يبين الجزء الثالث من الشكل (10) كيف تزداد الكلفة الزمنية لتنفيذ الخوارزمية الجينية مع ازدياد عدد مرات التكرار، وهذا هو الثمن الذي ندفعه مقابل الحصول على خطـأ أقل.

ومن ثَم فمن المفضل التقليل من حجم الجيل ومن احتمال الطفرة وعدد مرات التكرار إلى الحدود الممكنة لزيادة سرعة التنفيذ.



الشكل (10) تأثير عدد مرات تكرار الخوارزمية في نتيجة الحل

4-2-7) تأثير إجرائية الانتخاب:

قمنا بدراسة ومقارنة إجرائيتي الانتخاب : العجلة المتدحرجة وحكم النخبة، في حالات ثلاث هي تغير احتمال الطفرة ومن ثم تغير حجم الجيل ومن ثم تغير عدد مرات التكرار، ولزيادة دقة المقارنة حددنا جيلاً ابتدائياً لكلتا الإجرائيتين بالشكل الآتي:

Pop_init = [3, 3, 3, 3, 3, 3 ,
5, 5, 5, 5, 5, 5 ,
2.7, 2.7, 2.7, 2.7, 2.7, 2.7, 2.7]

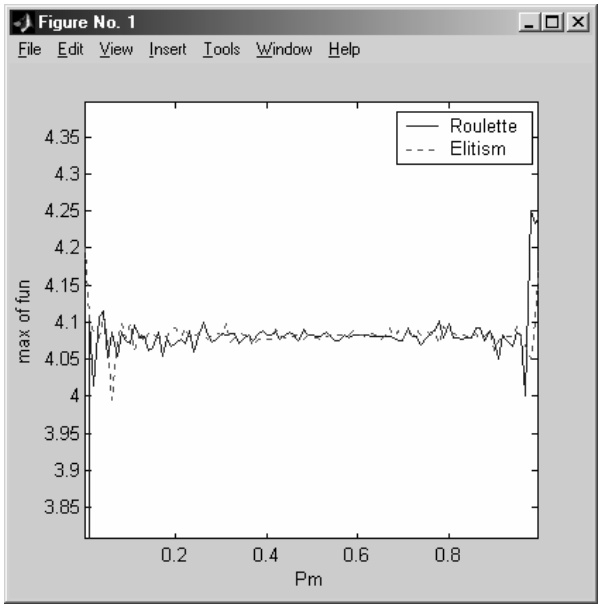
باختيار مناسب لبقية المتغيرات وجدنا ما يأتي:

يبين الشكل (11) أن التغير في احتمال الطفرة لا يعطي نتائج جيدة عند الاحتمالات الصغيرة والكبيرة في حالة استخدام مبدأ العجلة المتدحرجة. أما عندما نستخدم مبدأ حكم النخبة فالأخطاء تقل بشكل واضح. كما أن النتائج التي نحصل عليها من حكم النخبة تكون أدق وأفضل وأكثر ثباتاً.

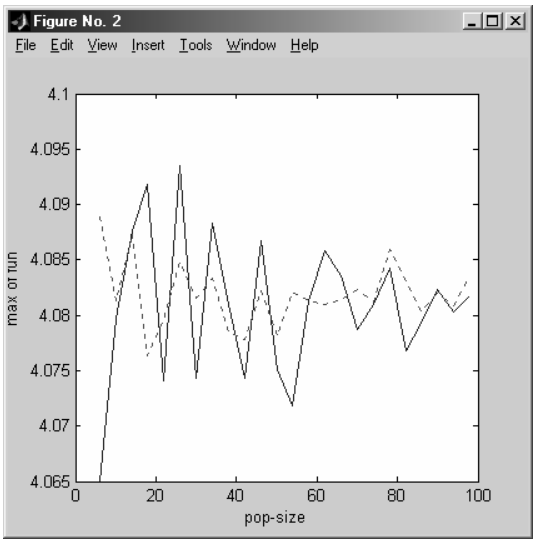
أيضا يبين الشكل (12) أن دراسة التغير في حجم الجيل بكلتا الإجرائيتين أدى إلى استنتاجنا أن إجرائية حكم النخبة أكثر استقراراً في النتائج.

أما الشكل (13) فقد بين تقارباً كبيراً في النتائج بين كلتا الإجرائيتين عند تغير عدد مرات التكرار.

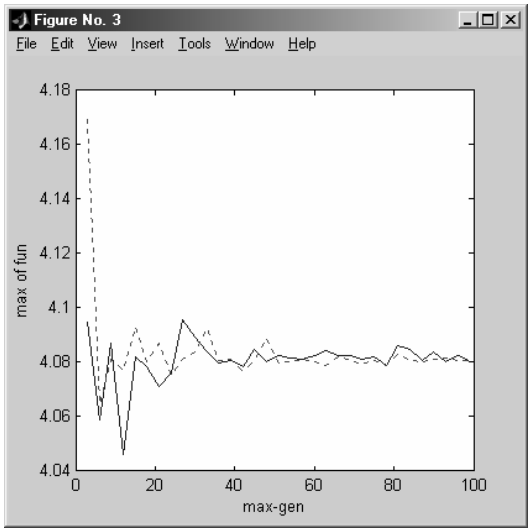
قمنا بتكرار البرنامج العام عشر مرات وتأكدنا من تقارب هذه النتائج بشكل عام.



الشكل (11) مقارنة خوارزميتي الانتخاب مع تغير احتمال الطفرة



الشكل (12) مقارنة خوارزميتي الانتخاب مع تغير حجم الجيل



الشكل (13) مقارنة خوارزميتي الانتخاب مع تغير عدد مرات التكرار

8) الخاتمة:

الخوارزميات الجينية هي طريقة لمحاكاة ما تفعله الطبيعة في تكاثر الكائنـات الحيـة واستخدام تلك الطريقة لحل مشكلات معقدة للوصول إلى الحل الأفضل أو أقرب حـل ممكن للحل الأمثل. بالواقع هناك عدة متغيرات تؤدي دوراً بارزاً في الوصـول إلـى الحل الأمثل بسرعة وكفاءة عاليتين.

بينت نتائج دراستنا أن وجود طفرة ضمن خوارزمية التطور له أثر إيجـابي، فـأكبر قيمة خطأ هي عند كون احتمال الطفرة صفراً. إلا أن أفضل قيم لاحتمال الطفرة هـي ضمن المجال [0.9 , 0.1]، وهذا ناتج بالدرجة الأولى عن اختيار شكل التابع الانسيابي ذي النهايات العديدة ضمن المجال المدروس. كما أن لحجم الجيل أهمية بالغـة فـي إنقاص زمن التنفيذ مع المحافظة على خطأ مقبول إذا ما تم اختياره بشكل جيد، فزيادة حجم الجيل عن حد معين (قرابة 80) لن يؤدي إلى زيادة الدقة في نتيجة الحل بـشكل ملموس ولكنه مقابل ذلك سوف يزيد من زمن التنفيذ طردياً مع حجم الجيل. وأيـضاً بينت الدراسة أن لزيادة عدد مرات تكرار الخوارزمية أثره الإيجابي فـي الحـصول على نتيجة مستقرة على حساب وقت التنفيذ الذي يتزايد طردياً مع زيادة عدد مـرات التكرار.

من ناحية أخرى، قمنا بمقارنة النتائج السابقة التي استخدمت فيهـا إجرائيـة العجلـة المتدحرجة للانتخاب مع إجرائية حكم النخبة، فلاحظنا أنه يفضل وبشكل عام استخدام إجرائية حكم النخبة لما أبدته من ثبات واستقرار أعلى في النتائج التي نحصل عليهـا من إجرائية العجلة المتدحرجة.

جدول بأهم المصطلحات الإنكليزية	
Artificial intelligence	**الذكاء الاصطناعي**
Binary Encoding	**الترميز الثنائي**
Chromosome	**الصبغيات**
Crossover	**العبور**
Elitism	**حكم النخبة**
Fuzzy logic	**المنطق العائم**
Gene	**المورثة**
Genetic algorithm	**الخوارزميات الجينية**
Interpolation	**الاستيفاء**
Mutation	**الطفرة**
Neural network	**الشبكات العصبونية**
Population	**الجيل**
Population size	**حجم الجيل**
Probability of mutation	**احتمال الطفرة**
Probability of Uniform Crossover (Pu)	**احتمال العبور المنسق**
Roulette wheel	**العجلة المتدحرجة**
selection	**الانتخاب**
Shuffling	**المزج أو الخلط**
Truncation	**البتر**

References

1 – E. Goldberg, David, "Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning ", Addison-Wesley Publishing Company, Inc, 1989.
2 – Goldberg, D. E., & Lingle, R. (1985). "Alleles, loci, and the traveling salesman problem". Proceedings of an International Conference on Genetic Algorithms and Their Applications, 154-159.
3 – Meyer, D, C. "An evolutionary Algorithm with Applications to statistics". Journal of computational and graphical ststistics, volume 12, number 2, pages 1-17, DOI:10.1198/106186003169.
4 – Davis, L. (1991). "Handbook of Genetic Algorithms", Van Nostrand Reinhold, New York.
5 – Grefenstette, J.J. (1986). "Optimization of control parameters for genetic algorithms". IEEE-SMC, SMC-16, 122-128.
6 – Smith, T. (2005). "Artificial Intelligence". Computer Science 165A.
7 – Fitzpatrick, J. M., Grefenstette, J. J., & Van Gucht, D. (1984). "Image registration by genetic search", Proceedings of IEEE Soutbeast Conference, 460-464.
8 – Raghavan, V. V., & Agarwal, B. (1987). "Optimal determination of user-oriented clusters: At application for the reproductive plan". Genetic algorithms and their applications: proceedings of the second International Conference on Genetic Algorithms, 241-246.
9 – Axelrod, R. (1985, November). "The simulation of genetics and evoluation". Paper presented at A conference on Evolutionary Theory in Biology and Economics, University of Bielefeld, Federal Republic of Germany.
10 – الحجار، م. عبيد، م. (2003). "الخوارزميات الجينية". إشراف العرفي، هادي. مشروع دبلوم، جامعة دمشق، كلية الهندسة الميكانيكية و الكهربائية.
11 – بحبوح، أسامة، أ. (2005). "Matlab لغة المهندسين". دار الأنـس للنـشر و التوزيع، دمشق، سورية.
12 – مزهر، و.، داود، ع.، بحبوح، أ. (2003). "محاكاة عمل قواعـد المعطيـات الموزعة في بيئة زمن حقيقي مع تشارك الحمولة". مجلـة جامعـة دمـشق للعلـوم الهندسية، المجلد 19 – العدد 2.

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق 2006/3/5.