

تطبيق الخوارزمية الجينية على آلة ستيفنسون (I) د. وليد حمدان

ملخص البحث

نظراً للتطور السريع الذي يشهده عالمنا المعاصر ظهرت أهمية الوصول لنظم ذات أداء وموثوقية عاليين مما أدى لزيادة الاهتمام بعلم الذكاء الصناعي لما أثبتته من جدارة وفعالية في معالجة الكثير من القضايا العالقة والمسائل المعقدة في مجالات علمية متعددة سواء في علوم الحاسبات أو بحوث العمليات ومعالجة الصور أو حتى في علم الميكانيك، حيث يقدم مهندسو التصميم مخططات لآلة ستيفنسون تتضمن دراسة نظرية عن الآلة ومهمتها [1] ولكن عند تنفيذ هذه المخططات لوحظ أن المسار الفعلي للنقطة الخاصة في الآلة يحدث فيه انزياح عن المسار المحدد نتيجة الصعوبة في إجراء حسابات دقيقة لأطوال أجسام الآلة من قبل مصممي الآلة وسنعمل في بحثنا على تحديد الأبعاد المثلى لأجسام الآلة بهدف تقليص الانزياحات بين المسار الفعلي والمسار المطلوب للنقطة الخاصة في آلة ستيفنسون من النوع الأول بمفاصل دورانية باستخدام الخوارزميات الجينية.

الكلمات المفتاحية: آلة ستيفنسون (I)، الخوارزميات الجينية، الجين، الصبغيات، الطفرة العشوائية.

Application of Genetic Algorithms to Stephenson Machine (I)

Abstract

Due to the rapid development witnessed by our contemporary world, the importance of achieving systems with high performance and reliability has emerged, which has led to an increase in interest in the science of artificial intelligence, as it has proven its worth and effectiveness in addressing many pending issues and complex matters in various scientific fields, whether in computer science, operations research, image processing, or even in mechanics, as design engineers provide plans for the Stevenson machine that include a theoretical study of the machine and its mission [1]. However, when implementing these plans, it was observed that the actual path of the special point in the machine is deviated from the specified path due to the difficulty in making accurate calculations of the lengths of the machine bodies by the machine designers. In our research, we will work on determining the optimal dimensions of the machine bodies with the aim of reducing the displacements between the actual path and the required path of the special point in the Stevenson machine of the first type with rotational joints using genetic algorithms.

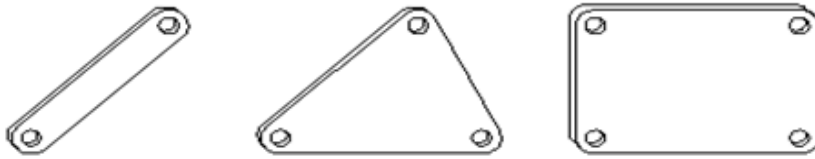
Key words: Stephenson Mechanism (I), genetic algorithms, Gin Chromosomes, Random Mutation.

مقدمة:

لقد بدأ الإنسان في استعمال الآلات (المكننة) لأداء مهماتٍ متنوعة في حياته منذ القدم. وقد ذكرت الآلة في أحد النصوص الهندسية القديمة كالآتي: -يتم تركيب كل آلة بهدف أداء مهمة معينة، بينما تشترك جميعها في احتوائها على عنصرين يتمثل أحدهما في القوة المُحرَّكة، والآخر في الجسم الذي يخضع للعملية والذي يؤدي المهمة التي بنيت لأجلها الآلة-قد يتضمّن لفظ المكننة في بعض المجالات استخدام الأدوات اليدوية. أما في المجالات الحديثة كالهندسة والاقتصاد فيُطلق لفظ مكننة على استخدام الماكينات الأكثر تعقيداً وليس الأدوات اليدوية ولا الأجهزة البسيطة كالطاحونة التي يجزّها الحصان أو الحمار. عادةً ما تتمثل الماكينات في الأجهزة التي تُحدث تغيرات في السرعة أو تحوّل الحركة الترددية إلى دائرية والتي تحتوي على بعض الأدوات كالآتي: التروس أو البكرات أو البكرات المحززة والأحزمة، والمقابض، وأذرع التدوير. وعندما تم اختراع الكهرباء لم تُعد معظم الماكينات الصغيرة تُشغّل باليد، أصبح لفظ المكننة يُطلق على استخدام الماكينات التي تعمل بالمحركات [2].

وبشكل عام تتألف الآلة الميكانيكية من مجموعة من الأجسام التي ترتبط فيما بينها بمفاصل تسمح لها بإنجاز حركة معينة تؤدي الهدف الذي من أجله صممت هذه الآلة، وللأجسام التي تتألف منها الآلات المستوية ثلاثة أنواع (ثنائية وثلثية ورباعية) كما في الشكل (1)،

ترتبط هذه الأجسام فيما بينها بواسطة مفاصل ويعرف المفصل بأنه طريقة لربط جسمين صلبين والسماح بزاوية دوران محدودة بينهما، هناك عدة أنواع من المفاصل منها المفاصل الدورانية والمفاصل المشورية والمفاصل الجامعة والمفاصل الكروية والمفاصل المرنة [2].

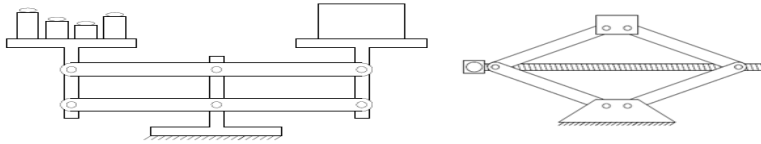


الشكل (1)

تطبيق الخوارزمية الجينية على آلة ستيفنسون (I)

تسمى الآلة بحسب عدد أجسامها (رباعية خماسية ...) ويوجد في كل آلة أجسام متحركة وأجسام ثابتة (أرضية) حيث نعدّ الأجسام الثابتة في الآلة بمنزلة جسم واحد نعطيه عادة الرقم صفر عند ترقيم أجسام الآلة، أما أجسام الآلة المتحركة فأحدها هو الذي ينجز العمل الذي صممت من أجله الآلة هذا الجسم ندعوه بالجسم الخاص. أحد هذه الاجسام المتحركة يرتبط بمنبع حركي يزود الآلة بالطاقة اللازمة لإنجاز العمل نسمي هذا الجسم بالجسم القائد في الآلة، يمكن للمنبع الحركي أن يكون محرك بخاري أو كهربائي أو يعمل على مشتقات النفط.

تعتبر الآلات المرنة على الأغلب آلات ذات مجال ضيق للحركة، يمكن استخدامها في كثير من التطبيقات وخاصة في الآلات ذات الأجسام الدقيقة بشرط اختيار مادة تصنيعها من مواد تتحمل تشوهات كبيرة وطبعاً لا يشترط أن تكون جميع أجسام الآلة مصنوعة من هذه المواد، بل من الممكن أن تحوي الآلة على أجسام صلبة ومفاصل مرنة. ولهذه الآلات استخدامات متعددة في حياتنا اليومية بدءاً من الميزان التقليدي للبائع إلى رافعة السيارة وماسحات الزجاج فيها كما هو ظاهر في الشكل (2).



الشكل (2)

إن أول ظهور للآلة السداسية كان على يد العالم الإنكليزي جورج ستيفنسون (1781-1848) والذي قام بإنشاء أول خط سكة حديدية في العالم يستخدم القاطرات البخارية، كما أنه مصمم مقياس السكة الحديدية المستخدم عالمياً وهو $1435mm$ ويعرف باسم مقياس ستيفنسون، صمم ستيفنسون أول قاطرة في عام 1814 وكانت عبارة عن محرك متنقل لنقل الفحم عن طريق عربات في مدينة كيلينغورث البريطانية.

كذلك صمم ستيفنسون نموذجاً للآلة السداسية والذي سُمي لاحقاً بالآلة ستيفنسون وهي آلة مستوية أي إن جميع أجزائها تتحرك ضمن مستوي واحد، وتتألف من ستة أجسام أربعة منها ثنائية وجسمين ثلاثيين. وتعد الآلات المستوية وسيلة لنقل الحركة -من منبع الحركة- والتي تكون على الغالب دورانية إلى شكل حركة آخر (مسار) حسب الغرض الذي صُممت من أجله الآلة [4].

هدف البحث:

تقديم دراسة عن تصميم الآلة اعتماداً على الخوارزميات الجينية مع تقديم وصف تحليلي رياضي لحركة الآلة بالاعتماد على برنامج (MatLab) ومن ثم تقديم خوارزمية لحساب سرعة وتسارع أي جسم من أجسام الآلة في أي لحظة من لحظات حركتها مع رسم مسار النقطة الكولرية (الخاصة) وحساب سرعتها وتسارعها ونصف قطر انحناء مسار هذه النقطة في أي لحظة من لحظات حركة الجسم القائد.

مواد وطرق البحث:

إن الخوارزميات الجينية (الوراثية) هي إحدى طرق البحث العشوائي التي تستخدم الحوسبة بهدف معرفة الحلول الصحيحة أو الأقرب للحل الأمثل من بين مجموعة من الحلول الممكنة، ويتم ذلك عن طريق مجموعة من الخطوات الرياضية والمنطقية المتسلسلة اللازمة لحل مشكلة ما، وسميت الخوارزمية بهذا الاسم نسبة إلى العالم الكبير أبو جعفر محمد بن موسى الخوارزمي [5].

إن جوهر الذكاء الصناعي هو الخبرة والمعرفة والذاكرة، فكل تطبيقاته تدور حول مفهوم الأمثلة (Optimization) ومعرفة الحل الأمثل للمشاكل المطروحة بطرق فعالة.

حيث تعرّف الأمثلة بأنها عملية معالجة مسألة ما بطريقة مضبوطة بهدف التوصل إلى أفضل النتائج الممكنة، وانطلاقاً من أهميتها في حل المشاكل، تعد الأمثلة من أهم فروع علم الحاسوب والهندسة والعديد من الأنظمة الأخرى والتي تعددت وسائل تطبيقها وتطورت مع الزمن وصولاً إلى تقنيات التطور والخوارزميات الجينية اللتان أصبحتا تشكلان معاً ما يسمى بالحوسبة التطورية.

إن أول من استخدم الخوارزميات الجينية العالم الأمريكي جو هولاند (1929-2015) وذلك في عام 1960 وكانت فكرتها مبنية على نظرية التطور لداروين وما فيها من الاصطفاء الطبيعي حسب مبدأ البقاء للأقوى، أي أن كل جيل من الأبناء ينقل الميزات والصفات الجيدة التي يتمتع بها إلى الأبناء بهدف الحصول على ذرية قوية تتمتع بأفضل صفات الجيل السابق لها على أقل تقدير [6].

تعد الخوارزميات الجينية تمثيلاً للمعتقد السائد بأن الذكاء البشري يُخلق مع الإنسان ويتم اكتسابه عبر الوراثة بشكل كبير، فهي محاكاة لعملية التزاوج بين الكائنات الحية من النوع نفسه وقد استخدمت العديد من مصطلحات علم الوراثة في الخوارزميات الجينية كالجيل والوالدين والطفرة..... إلخ.

تطبيق الخوارزمية الجينية على آلة ستيفنسون (I)

جميع الكائنات الحية تتألف من خلايا وكل خلية تحوي العدد نفسه من سلاسل ال DNA تسمى الكروموسومات مما يضفي طابعاً شخصياً للكائن، كل واحد من هذه الكروموسومات يتألف من عدد من الجينات والتي تعطي الكائن صفات وراثية محددة كلون الشعر والعينين وعندما يختلف ترتيب هذه الجينات تختلف السمة التي تعطيها.

ومبدأ عمل الخوارزميات الجينية هو نفس مبدأ انقسام وتكاثر الخلايا الحية، حيث تشير الكروموسومات إلى الحل المحتمل للمسألة وهذا الحل يتألف من عدد من الجينات المتتالية التي ترمز إلى عنصر محدد من الحل المحتمل للمسألة بحيث تكون مجموعة احتمالات كل جيني هي واحد أو صفر وبناءً عليه يتم اتخاذ القرار فيما يتعلق بجينات الجيل الثاني وصولاً للحل الأمثل.

يتم أثناء تطبيق الخوارزميات الجينية توصيف المشكلة المطروحة لتمثيل الصبغيات الممثلة للحلول بوحدة من طرق 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، فخوارزمية البحث تبدأ من مجموعة من الحلول العشوائية وتنتهي باختيار حل واحد من مجموعة الحلول.

ونلخص عناصر الخوارزمية الجينية بالتالي [7]:

تعداد سكاني من الصبغيات (Population) والتي تمثل مجموعة (فضاء) البحث، وهي مجموعة الحلول الممكنة للمسألة وبما أننا نحل المسألة بشكل برمجي، فعلياً ترميز كل صبغي بشكل يسهل التعامل معه من قبل الحاسوب وذلك حسب المسألة المطروحة، عموماً تعتمد طريقة الترميز على نوعية المتحولات فإذا كانت متقاطعة فهي ذات عدد محدود وبالتالي يمكننا استخدام التمثيل الثنائي لترميز جميع الحالات.

الانتقاء أو الاصطفاء (Selection): يتمثل باختيار الصبغيات المناسبة كوالدين من أجل القيام بعمليات التزاوج بينهما، وهذا الاختيار لا يتم بطريقة عشوائية بل يعتمد على كفاءة الصبغي أي هي عملية اصطفاء الكروموسومات أو الأفراد (بعض الحلول المتاحة للمسألة) التي ستشارك في عملية

التكاثر أي التي سيتم لاحقاً عليها لاحقاً عملية مزج أجزاء حلول أخرى أو تغيير جزء من أجزاء هذا الحل.

الكفاءة (Fitness): وهي معامل يعطي لكل صبغي قيمة معينة تدل على مدى اقتراب قيمة الصبغي من الحل الأمثل المطلوب.

دالة الكفاءة (Fitness Function): هي الدالة التي تعطي نتيجتها احتمال دخول فرد ما في الاصطفاء وتوريث خاصياته، حيث أن الحلول الأمثل تُعطى حظاً أكبر للدخول في عملية التكاثر وتوريث الخاصيات.

العبور أو التزاوج (Crossover): بعد اختيار الصبغيات الملائمة من الجيل الأول يحصل العبور الذي يتم من خلاله تكوين صبغيات (نسل) جديدة اعتماداً على الصبغيات الأم، وبعبارة أخرى هو عملية يتم من خلالها تبادل أجزاء من الحلول بين الأفراد أو الصبغيات التي تم اصطفائها سابقاً للدخول في هذه العملية.

الطفرة العشوائية (Random Mutation): بعد تشكيل النسل الجديد يتم إحداث طفرات (تغييرات في صبغها الصبغية) هذا الأمر يساعد في الوصول للحل بشكل أسرع.

إن كل كائن حي (*Organism*) يتكون من مجموعة خلايا (*Cells*) وكل خلية تتكون من مجموعة كروموسومات (*Chromosoms*) ويتألف كل كروموسوم من مجموعة من الجينات (*Genes*) وهي المسؤولة عن صفات الكائن الحي فمثلاً لدى الإنسان تقوم الجينات بحمل صفات الإنسان كلون العينين والطول ومن خلال تبادل الجينات من جيل إلى جيل يتم التطور في صفات الكائنات الحية حتى الوصول للشكل الأمثل ونفس العملية تتم على جينات الخوارزميات الجينية حيث تتكون الخوارزمية من مجموعة من الحلول للمشكلة المطروحة وكل حل يتكون من عدد من الجينات التي بدورها تحمل صفات المشكلة، وبالتالي أي تغيير يحصل على هذه الجينات سيؤدي إلى تغيير حلول المسألة.

إن أهم مميزات الخوارزميات الجينية أن العشوائية هي عامل أساسي في كل إجراءاتها كالانتقاء والتكاثر والطفرة، كذلك تتميز الخوارزمية الجينية أنها تعطينا مجتمع من الحلول حيث تحتفظ بأكثر من حل وفي كل تكرار يمكن الحصول على تحسينات في الحل مما يعطي فرصة للشمول وتجنب التحيز في إيجاد

تطبيق الخوارزمية الجينية على آلة ستيفنسون (I)

الحلول الأمثل للمسألة المطروحة ونظراً لعدم استخدام الخوارزميات الجينية لمفهوم الاشتقاق فإن الخوارزميات الجينية قابلة للتطبيق على أي دالة رياضية.

وتعد الخوارزميات الجينية كغيرها من الطرق الاستدلالية العشوائية تشوبها بعض العيوب فهي لا تضمن دوماً الحصول على الحل الأمثل للمسألة بل ترجح الحصول على حل تقريبي جيد، كما أن مبدأ عملها عام جداً حيث يختلف أداؤها من حيث السرعة والدقة تبعاً للمسألة المدروسة ومع ذلك فهي طريقة جديدة بالاستخدام في حال فشل جميع الوسائل المعتادة لحل المسألة [8].

وسنعرض آلية عمل الخوارزمية على التنا المدراسة حيث تتألف آلة ستيفنسون من النوع الأول من جسمين ثلاثيين وأربعة أجسام ثنائية ترتبط فيما بينها بواسطة سبع مفاصل دورانية [7]، اثنان من هذه المفاصل يدوران حول محور ثابت في النقطتين O, F .

الجسم الأول هو جسم ثنائي مثبت في النقطتين O, F .

الجسم الثاني هو جسم ثلاثي مربوط بموتور يولد الحركة ويدور حول محور ثابت في النقطة O يرتبط بالجسمين الثالث والخامس بمفاصل دورانية في النقطتين A, B على الترتيب.

الجسم الثالث هو جسم ثنائي يرتبط مع الجسم الثاني بمفصل دوراني في النقطة B وطرفه الآخر يرتبط بالجسم الرابع بالنقطة C .

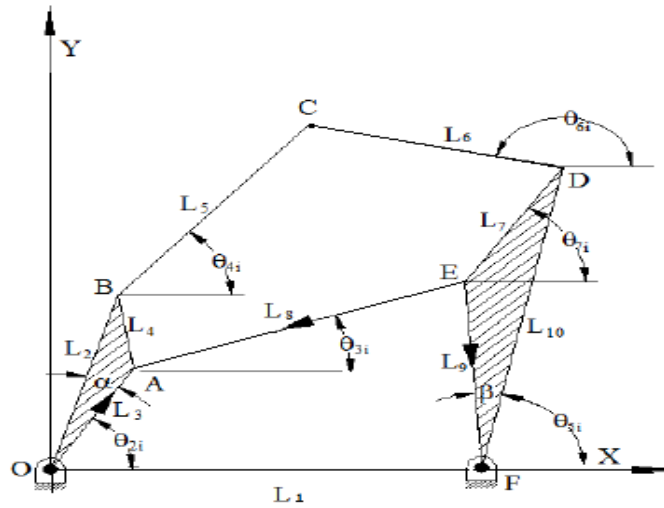
الجسم الرابع هو جسم ثنائي يرتبط بالجسمين الثالث والسادس بالنقطتين D, E .

الجسم الخامس هو جسم ثنائي يربط الجسمين الثلاثين اللذان هما الجسمين الثاني والسادس بمفصلين دورانيين في النقطتين A, E .

الجسم السادس هو جسم ثلاثي يرتبط مع الجسم الأول بمفصل دوراني يدور حول محور ثابت في النقطة F ويرتبط بالجسم الخامس بالنقطة E وبالجسم الرابع بالنقطة D .

وطبعاً جميع المفاصل دورانية لا تدور حول محور ثابت باستثناء المفصلين O, F . حيث يتم الدوران فيهما حول محور ثابت.

في كل آلة هناك جسمان مميزان الجسم الثابت (في مثالنا هو الجسم الثاني الأول الواصل بين النقطتين O, F). وجسم آخر يلعب دوراً هاماً في الآلة وهو يؤدي المهمة التي صممت الآلة من أجلها نسميه الجسم الخاص وتوجد نقطة منه ترسم مساراً مختلفاً حيث لا يتم الدوران هنا حول محاور ثابتة نسمي هذه النقطة بالنقطة الخاصة وسنفرض أن النقطة الخاصة في بحثنا هذا هي النقطة C .



الشكل (3)

سنرمز لوسطاء حركة الآلة (الجينات) بالرموز التالية:

- L_1 البعد بين النقطتين $F - O$ (ويمثل البعد بين المفصلين الثابتين).
- L_2, L_3, L_4 أطوال أضلاع المثلث الذي يمثل الجسم الأول في الآلة.
- L_5 طول الجسم الثاني في الآلة.
- L_6 طول الجسم الرابع في الآلة.
- L_8 طول الجسم الخامس في الآلة.

L_7, L_9, L_{10} أطوال أضلاع المثلث الذي يمثل الجسم الثالث في الآلة.

$$\theta_1 = 0 \quad \theta_1$$

لأن المفصلين الثابتين يقعان على المحور OX.

$$\theta_2(t) \quad \text{الزاوية بين OA والاتجاه الموجب لمحور الفواصل.}$$

$$\theta_3(t) \quad \text{الزاوية بين } L_8 \text{ والاتجاه الموجب لمحور الفواصل.}$$

$$\theta_4(t) \quad \text{الزاوية بين } L_5 \text{ والاتجاه الموجب لمحور الفواصل.}$$

$$\theta_5(t) \quad \text{الزاوية بين FD والاتجاه الموجب لمحور الفواصل.}$$

$$\theta_6(t) \quad \text{الزاوية بين } L_6 \text{ والاتجاه الموجب لمحور الفواصل.}$$

$$\theta_7(t) \quad \text{الزاوية بين } L_7 \text{ والاتجاه الموجب لمحور الفواصل.}$$

$$\alpha \quad \text{الزاوية الثابتة بين } L_2, L_3$$

$$\beta \quad \text{الزاوية الثابتة بين } L_9, L_{10}$$

إن المتغيرات التي تمثل أطوالاً تأخذ قيماً موجبة.

أما بالنسبة لبقية وسطاء الحركة (الزوايا)، فالزاوية $\theta_2(t)$ يحدد مجال تغيرها من قبل مصمم الآلة، أما بالنسبة لباقي الزوايا فمن الممكن أن تأخذ قيماً موجبة أو سالبة [5].

إذا طبقنا علاقة الكاشي على المثلث OAB نجد:

$$L_4^2 = L_2^2 + L_3^2 - 2L_2L_3 \cos \alpha \quad (1)$$

$$\alpha = \cos^{-1} \left| \frac{L_2^2 + L_3^2 - L_4^2}{2L_2L_3} \right| \quad (2)$$

$$\beta = \cos^{-1} \left| \frac{L_9^2 + L_{10}^2 - L_7^2}{2L_9L_{10}} \right| \quad (3)$$

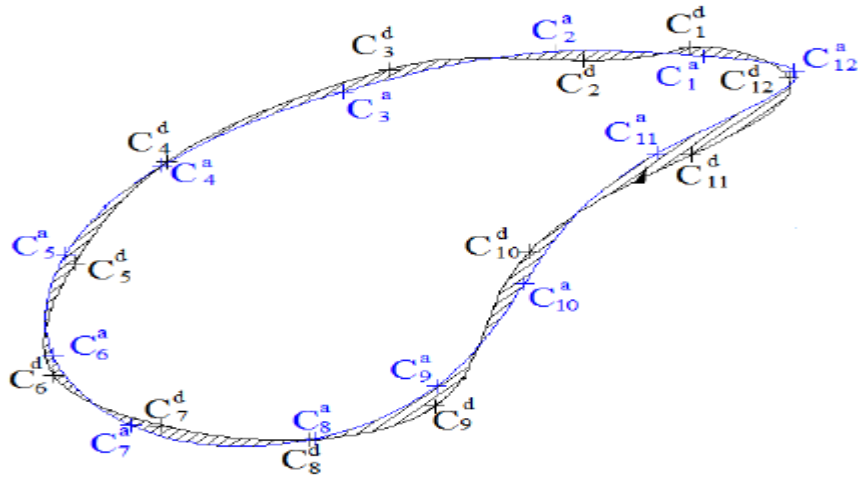
كما نحسب احداثيات النقاط:

$$A_i(L_3 \cos \theta_2, L_3 \sin \theta_2) \quad (4)$$

$$X_{C_i}^a = L_2 \cos(\theta_2 + \alpha) + L_5 \cos(\theta_4) \quad (5)$$

$$Y_{C_i}^a = L_9 \sin(\theta_5 + \beta) + L_7 \sin(\theta_7) + L_6 \sin(\theta_6) \quad (6)$$

عندما نصل الآلة مع منبع حركي ترسم النقطة الخاصة C المسار C_i^a والذي أسميناه المسار الفعلي للآلة بينما رمزنا C_i^d للمسار المرغوب أو المطلوب أن ترسمه النقطة الخاصة C وهنا المنطقة المظلمة تمثل الانحراف في مسار النقطة C.



الشكل (4)

وهنا اخترنا اثنتي عشر نقطة تجريبية (نقاط إجرائية العبور) للمقارنة بين المسارين الفعلي والمطلوب من الآلة ولنصنع تابع المسافة بين النقاط:

تطبيق الخوارزمية الجينية على آلة ستيفنسون (I)

حيث تمثل المجموعة $\{P_{C_i}^a\} = [X_{C_i}^a, Y_{C_i}^a]$ المسار الفعلي لنقطة الخاصة C وتمثل المجموعة $\{P_{C_i}^d\} = [X_{C_i}^d, Y_{C_i}^d]$ المسار المطلوب للنقطة الخاصة C.

$$f(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^D \left[(X_{C_i}^a - X_{C_i}^d)^2 + (Y_{C_i}^a - Y_{C_i}^d)^2 \right]} \quad (7)$$

وباستبدال قيم $X_{C_i}^a$ و $Y_{C_i}^a$ في المساواة (7) من كلٍ من العلاقتين (5) و (6) نجد:

$$f(x) = \sqrt{\sum_{i=1}^D \left[(L_2 \cos(\theta_2 + \alpha) + L_5 \cos(\theta_4) - X_{C_i}^d)^2 + (L_9 \sin(\theta_5 + \beta) + L_7 \sin(\theta_7) + L_6 \sin(\theta_6) - Y_{C_i}^d)^2 \right]} \quad (8)$$

هذه الدالة تسمى دالة الكفاءة وهي دالة تحدد كفاءة الصبغي وهنا نحصل على الحل (الصبغي) الأفضل عندما تكون قيمة دالة الكفاءة أصغريه.

إن هذه الدالة تعبر عن البعد بين المسار الفعلي والمسار المثالي للنقطة الخاصة وبالتالي كلما كانت قيمة هذه الدالة أصغر استطعنا الوصول إلى الحالة المثالية للآلة.

بما أن الآلة تحوي جسمين مثلثي الشكل فهناك شروط يجب أن تحققها أطوال أضلاع كلٍ من هذين المثلثين وهي أن طول كل ضلع من المثلث أصغر من مجموع طولي الضلعين الباقيتين وأكبر من فرقهما والتالي:

$$L_3 + L_4 > L_2 > |L_3 - L_4|$$

$$L_2 + L_4 > L_3 > |L_2 - L_4|$$

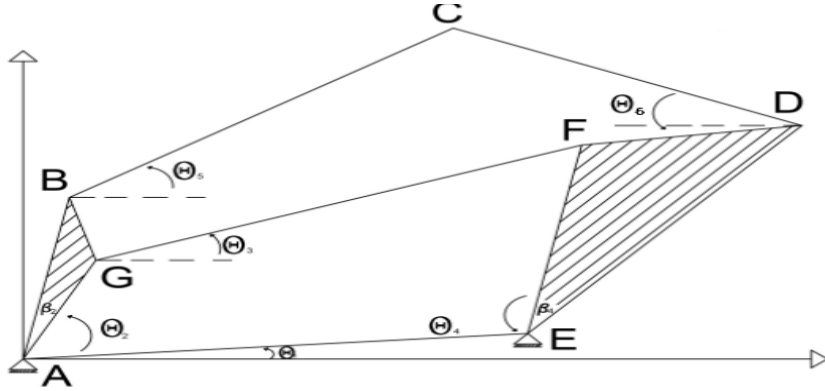
$$L_2 + L_3 > L_4 > |L_2 - L_3|$$

$$L_9 + L_{10} > L_7 > |L_9 - L_{10}|$$

$$L_7 + L_{10} > L_9 > |L_7 - L_{10}|$$

$$L_7 + L_9 > L_{10} > |L_7 - L_9|$$

ونقدم في نهاية هذا الفصل مثال عددي سندرسه بهدف الوصول للأبعاد المناسبة لوسطاء حركة الآلة حين تأخذ الانزياحات بين المسارين الفعلي والمطلوب للنقطة الخاصة C قيمها الأصغرية. بفرض لدينا آلة ستيفنسون المبينة بالشكل (5):



الشكل (5)

والمطلوب تحديد أطوال أجسام الآلة على اعتبار أن النقطة الخاصة C تمر من النقاط ذات الاحداثيات:

x_d	13	10	10	111	118	76	32	11	50	22	171	13
	5	1	2			2	6	3				8
y_d	26	13	36	196	393	23	61	66	62	69	100	21
	4	7	4	-	-	1	6	3	3	0	-	3

وبما أن حساب القيم الأصغرية للتابع $f(x)$ عند النقاط التجريبية المختارة والتي عددها اثني عشر نقطة يدوياً هو أمر صعب نلجأ للخوارزمية الجينية وبرنامج MATLAB لنحسبها بشكل أسرع وأكثر دقة.

$$\beta_2 = 15^\circ$$

$$\beta_4 = 30^\circ$$

كما نحسب احداثيات النقطة الخاصة C بالإسقاط على المحاور:

تطبيق الخوارزمية الجينية على آلة ستيفنسون (I)

$$X_{C_i}^a = 6 \cos(\theta_2 + 15) + R_5 \cos(\theta_5)$$

$$Y_{C_i}^a = 10 \sin(\pi - \theta_5 - 30) + R_6 \sin(\theta_6)$$

وسنعرض خوارزمية حساب هذه القيم حيث تتحدد مجالات تغير وسطاء حركة الآلة بناءً على معطيات مهندس التصميم، وسنرمز للمتغيرات كما في الجدولين:

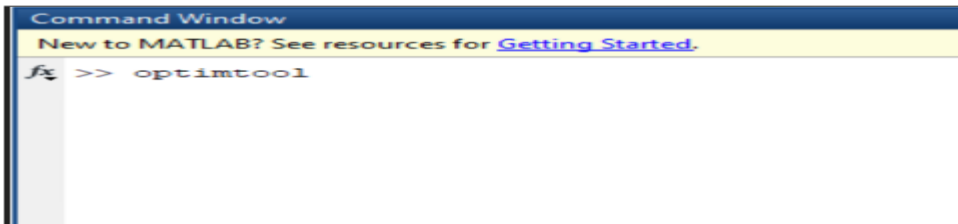
x(1)	x(3)	X(5)	x(7)	x(9)
L_2	L_5	L_6	L_7	L_9
[0,15]	[0,15]	[0,15]	[0,15]	[0,15]

x(2)	x(4)	x(6)	x(8)	x(10)
θ_2	θ_4	θ_5	θ_7	θ_6
$[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$	$[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$	$[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$	$[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$	$[-\frac{\pi}{2}, \frac{\pi}{2}]$

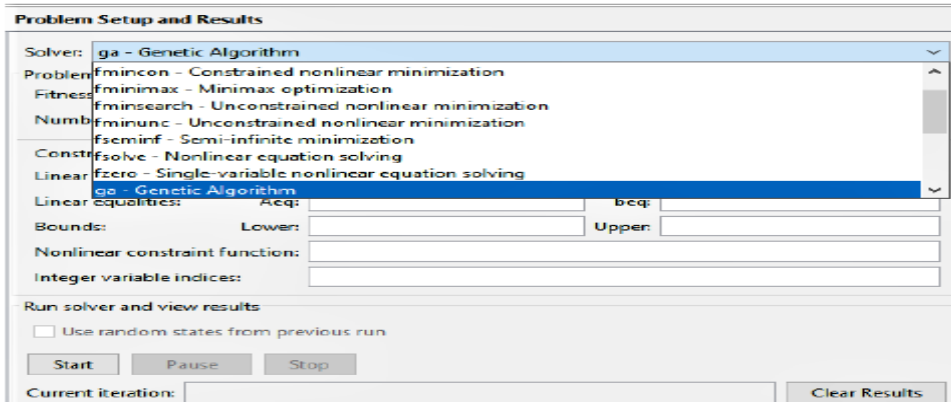
ومن الجدولين السابقين يتضح أننا بحاجة إلى تعيين قيم تقريبية لعشرة وسطاء بهدف مقارنة المسار المطلوب للآلة بأصغر خطأ ممكن.

طرق استخدام الخوارزمية الجينية في الماتلاب [9]:

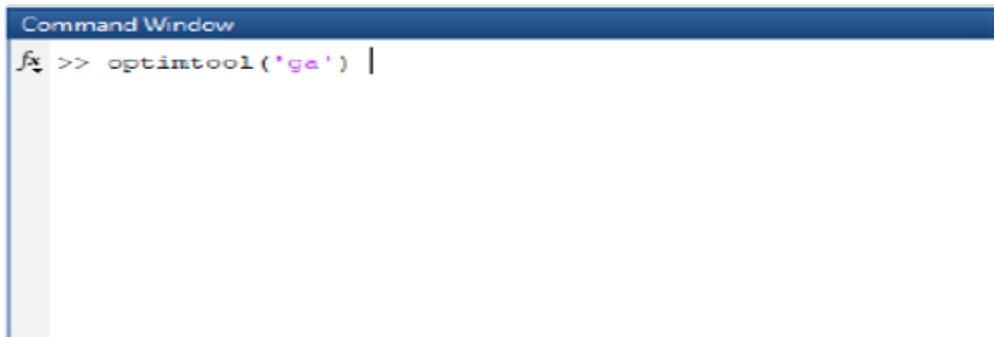
الطريقة الأولى: من النافذة (Command Window) نكتب في سطر الأوامر (OptimTool)



تظهر نافذة (Optimization Tool) من الحقل (Solver) نختار (GA-Genetic Algorithm)

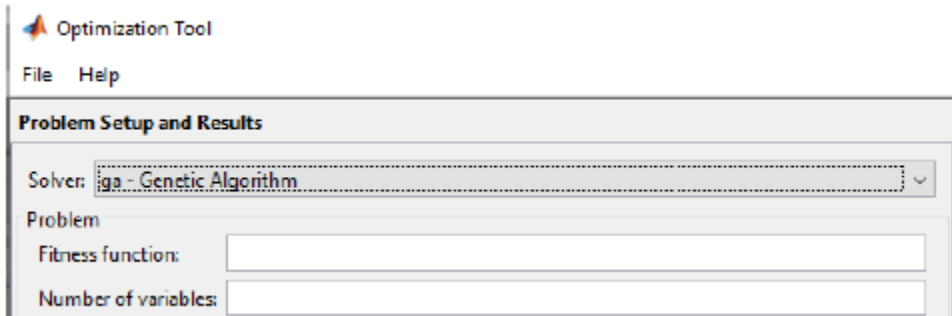


الطريقة الثانية: من النافذة (Command Window) نكتب في سطر الأوامر
(OptimTool(ga))
ثم نضغط زر Enter

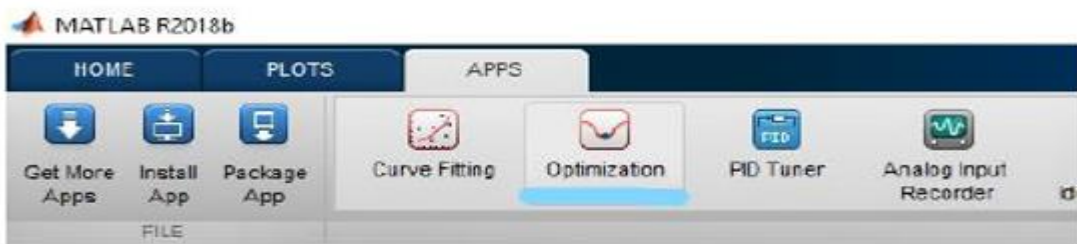


تظهر نفس النافذة ويقوم البرنامج تلقائياً بأخذ خيار الخوارزمية الجينية GA-Genetic
(Algorithm)

تطبيق الخوارزمية الجينية على آلة ستيفنسون (I)



الطريقة الثالثة: من شريط الأدوات (Apps) نختار (Optimization)



نافذة (Optimization)

Optimization Tool

File Help

Problem Setup and Results

Solver: **ga - Genetic Algorithm** 1

Problem

Fitness function: 2

Number of variables: 3

Constraints:

Linear inequalities: A: b:

Linear equalities: Aeq: beq:

Bounds: Lower: Upper: 4

Nonlinear constraint function:

Integer variable indices:

Run solver and view results

☐ Use random states from previous run

Start 5 Pause Stop

Current iteration: Clear Results

في مربع النص (1) نختار الخوارزمية التي نريدها لحل المشكلة المدروسة.

في مربع النص (2) نكتب الرمز الذي اخترناه لدالة الكفاءة (Fitness Function) مسبقاً برمز @ وطبعاً الرمز المختار لدالة الكفاءة يجب أن يتطابق مع رمز ملف ($M - File$) الخاص بالخوارزمية الجينية للآلة المدروسة ليتمكن البرنامج من الربط بين دالة الكفاءة مع ملف ($M - File$)

في مربع النص (3) نحدد عدد المتحولات المراد تحسينها ضمن الخوارزمية.

في مربع النص (4) نحدد مجال تغير قيم كل متحول الكبرى والصغرى (Lower; Upper)

تطبيق الخوارزمية الجينية على آلة ستيفنسون (I)

على أن نضع هذه القيم بين قوسين من الشكل [] مع مراعاة ترتيب المتحولات حسب أولوية وردها في دالة الكفاءة.

ثم بالضغط على زر (Start) تبدأ الخوارزمية بالعمل.

ومن النافذة التالية يتم اختيار الرسوم البيانية المراد إظهارها (أفضل جين، أفضل مسافة، أفضل فرد).

نعرض ملف ($M - File$) الخاص بالخوارزمية الجينية للآلة المدروسة:

$$L = \sqrt{\sum((x(1) \cdot \cos(x(2) + 15) + x(3) \cdot \cos(x(4) - a(i,1)))^2 + (x(5) \cdot \sin(x(6) + 30) + x(7) \cdot \sin(x(8)) + x(9) \cdot \sin(x(10)) - a(i,2)))^2);}$$

ونعرض القيم الدنيا والقيم العليا للوسطاء (Lower Upper Bounds) والتي نملأ بها المربعين

(4) في نافذة (Optimization):

$$\begin{aligned} &[\pi/2 \ 0 \ -\pi/2 \ 0 \ -\pi/2 \ 0 \ -\pi/2 \ 0 \ -\pi/2 \ -0] \\ &[\pi/2 \ 15 \ \pi/2 \ 15 \ \pi/2 \ 15 \ \pi/2 \ 15 \ \pi/2 \ 15] \end{aligned}$$

ونعرض النتائج التي حصلنا عليها بعد تطبيق خطوات الخوارزمية الجينية التي ذكرناها سابقاً:

x(1)	x(2)	x(3)	x(4)	x(5)	x(6)	x(7)	x(8)	x(9)	x(10)
L_2	θ_2	L_5	θ_4	L_9	θ_5	L_7	θ_7	L_6	θ_6
13.79	0.84	5.05	1.45	2.36	1.37	3.22	1.35	7.61	1.39
7	9	7	3	7	4	3	3	9	8

المراجع:

- [1] وليد حمدان، دراسة آلة ستيفنسون المضاعفة. (رسالة ماجستير-جامعة البعث-2015)
- [2] د. مصطفى حسن، وليد حمدان، دراسة حول آلة ستيفنسون (I) اعتماداً على نظرية الآلات (بحث منشور في مجلة جامعة البعث -المجلد 42 -عام 2020)
- [3] م. أحمد هادي حسين الطائي، البرمجة بلغة MATLAB، كلية الهندسة-جامعة بابل 2014.
- [4] S.N.Sivanandam S.N.Deepa. Introduction to Genetic Algorithms (College of Technology-India), 2008.

[5] A.M. Connor S.S.Dogulas. The Kinematic synthesis of path generating mechanisms using Genetic Algorithms

(John Moores University, Byrom Street, Liverpool, UK), 1995.

[6] Jenna Carr. An Introduction to Genetic Algorithms (Semantic Scholar), 2014.

[7] David Goldberg. Genetic Algorithms (The University of Alabama), 1989.

[8] Gilbert Gutierrez. Mathematics for THE HIDDEN LANGUAGE OF MACHINES, 2025.

[9] J. Michael McCarthy. Gim Song Soh, Geometric Design of Linkages, 2010.