استخدام طريقة الظل المتوازي لتحسين عمل خوارزمية الخفافيش[١]

رضوان باسم ذنون

جامعة الموصل / كلية علوم الحاسوب والرياضيات /قسم الرياضيات

(قدم للنشر في ٢٠١٩/٤/١٤ ، قبل للنشر في ٢٠١٩/٥/٢١)

ملخص البحث:

خوارزمية الخفافيش تمثل إحدى خوارزميات مابعد الحدسية Meta–Heuristic والتي اقترحت لأول مرة عام ٢٠١٠ من قبل الباحث يانغ(Yang) وهي خوارزمية تعتمد على ذكاء السراب (swarm Intelligent) إذ أنها مستوحاة من سلوك الخفافيش ولها خصائص ممتازة تفوق خصائص ذكاء السراب الأخرى لأنها تمتاز بالبساطة والمرونة وسهولة الاستخدام وقابلية التطوير وتعتمد على مبدا الاستكشاف أثناء البحث. تم في هذا البحث اقتراح خوارزمية مهجنة من خوارزمية الخفافيش مع خوارزمية من الخوارزميات الكلاسيكية هي خوارزمية الظل المتوازي (Parallel Tangent Algorithm).

الكلمات المفتاحية : خوارزمية الخفافيش , خوارزمية الظل المتوازي, الامثلية غير المقيدة

Using Parallel Tangen Method Modified the Work of the Bat Algorithm

Abstract:

The Bat optimization algorithm represents one of post- intuition algorithms, which was proposed first in 2010 by Yang_ an algorithm based on swarms intelligence which is inspired from the behavior of Bat. It has excellent properties that exceed the characteristics of the other swarms intelligence because it is simple, flexible, easy to use and capable and depends on the principle of exploration during research. In this research, a hybrid algorithm of the bat example algorithm was proposed with an algorithm of classical algorithms, the Parallel Tangent Algorithm.

Keywords :Bat ailgorithm, Parallel Tangent method, unconstrained Optimization

---

(١) مستل من رسالة الماجستير.

١-المقدمة :Introduction

ان التحسين بجد ذاته امرا بالغ الاهمية في العلوم التي تستخدم في مجالات مختلفة من الحياة مثل الهندسة، والانشطة التجارية، والصناعية لذا فان الغاية من التحسين هي التقليل من الاستهلاك في الطاقة والتكاليف وزيادة الانتاج والارباح والكفاءة. ويمكن القول ان التحسين مطلوب في كل مكان يبدا من التصميم الهندسي الى تنفيذ العمل والسبب لان الموارد والوقت والاموال محدودة الاستخدام دائما في العالم الحقيقي. لذلك ينبغي علينا ايجاد حلول في استخدام هذه الموارد القيمة على النحو الامثل (تحت قيود مختلفة) . لقد اصبحت المحاكاه الحاسوبية وسيلة لا يمكن الاستغناء عنها . مثل اساليب التحسين مع العديد من خوارزميات البحث وإن وراء اي محاكاة حاسوبية واساليب الحساب يوجد بعض خوارزميات في العمل. تحدد المكونات الاساسية والطرق المتبعة بها حول كيفية عمل خوارزمية وكيفية ادائها .

يمكن تعريف الخوارزمية بانها اجراء خطوة تلو الاخرى من تخزين الحسابات او التعليمات في اي تكرار مطلوب[1] .

وهذا يتطلب من الباحثين استخدام اساليب وتقنيات حديثة واكثر فعالية من حيث التكلفة والانتاج والجودة. في الاعوام السابقة بدأ التوجه في العمل على الذكاء الاصطناعي (Artificial Intelligence) وذكاء الاسراب (Swarm Intelligence) وهما من اكثر الادوات المفيدة في الصناعات، وهندسة التصنيع، بمعنى انهم ساهموا في تطوير وتصميم وتصنيع منتجات بشكل افضل واكثر ذكاء مثل الروبوتات وانتاج السيارات وغيرها ، وفي السنين السابقة تم العمل على تحسين طرائق الامثلية وقد يتراوح الى 100 خوارزمية مختلفة المستوحاة من الطبيعة. في الحقيقة اصبحت الخوارزميات المستوحاة من الطبيعة اكثر فعالية لحل مشاكل العالم الحقيقي والعمل على تحسينها[9] .

٢-مستعمرة الخفافيش في الطبيعة : The colony of bats in nature

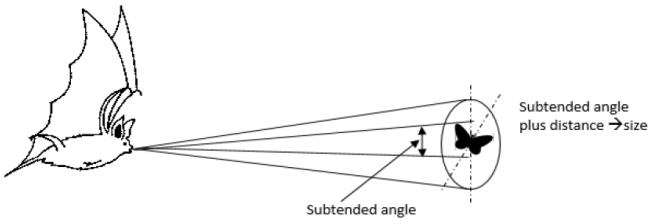
على مر السنين، زاد اهتمام الانسان في استقطاب سبل عيش الخفافيش لانها تعتبر واحدة من انظمة متنوعة والاكثر استثنائية من الثديات, ويمكن ان تصنف ضمن نظام الثديات المتنوع, والخفافيش لديها اكثر من ٩٠٠ نوع منتشرة حول العالم وبشكل تقريبا من ٢٠%الى ٢٥% من صنف الثديات، وتتماز الخفافيش بالتفاصيل المميزة وتفضيلها الخاص من بين جميع الكائنات الحية، وتصنف الخفافيش الى صنفين على اساس الحجم وهما:

١- (micro bat):الخفافيش الصغيرة او الاصغر حجما مثل (الخفافيش الطنانة) .

٢- (bumblebee bat): الخفافيش كبيرة الحجم التي تزن 1.5 غرام وطول جناحيها الى حوالى 13 سم. مثل (الثعلب الطائر الهندي) (Fox Flying Indian) التي تزن2 كيلو غرام وطول جناحيها حوالي 1.7م [8].

٣-سلوك تحديد الموقع بالصدى الحقيقي للخفافيش : Real echolocation behaviour of bats

واحدة من ابداعات الحياة الحيوانية الكبيرة درسها العديد من علماء الحيوان هو تحديد الموقع بالصدى (Echolocation) او (السونار) (Sonar) في الخفافيش .هناك عدد قليل من مجموعات الحيوانات الاخرى التي تمتلك قدرات تحديد الموقع بالصدى(Echolocation) كالطيور (الطيور الزيتية في امريكا الجنوبية وجنوب غرب اسيا) والحيتان(Whales) والدلافين(Dolphen). لقد بدأت دراسة هذا السلوك من الخفافيش من قبل الباحث ليزارو (Lazzaro Spallanzani) في عام 1794. ثم تم ادخال مصطلح "تحديد الموقع البيئي او بالصدى" (Echolocation) من قبل الباحث دونالد جريفين في عام 1944 لتحديد قدرة الخفافيش على انتاج صوت مع صدى خارج نطاق التردد لسمع الانسان واستخدامه في التوجيه العام في الظلام وايجاد فريسه, مع تحديد الموقع بالصدى يصدر الخفافيش نبضات فوق الصوتية ذات ترددات مختلفة (Frequency Modulated) (FM) او ترددات ثابتة(Constant Frequency) (CF) واحيانا الجمع بين الاثنين. الاشارة النغمية التي تنتج من الحنجرة (بعض الخفافيش تستخدم اللسان) ترسل اشارات قصيرة من خلال الفم او فتحتي الانف كما في الشكل الاتي [8]



الشكل رقم (١) :سلوك تحديد الموقع بالصدى في الطبيعة

ان الذي يتم تحديد الموقع بالصدى(Echolocation) الذي يمكن تعريفه بالنظام السونار (Sonar)اي نمط الاستكشاف, فإن هذه التقنية تساعد الخفافيش للتنقل, واستكشاف الفرائس, وكشف عن مواقع الشقوق في الظلام, ان عملية تحديد الموقع بالصدى (Echolocation) من خلال استخدام الخفافيش نبضات تختلف باختلاف استراتيجيات الصيد, حيث يتم ارسال نبضات ضمن نطاق عالي التردد من ٢٥ الى ١٠٠ كيلو هرتز قد تستغرق في فترة من الزمن ما بين ٥– ٢٠ مللي ثانية, وفي كل ثانية تقوم الخفافيش بأرسال نبضات تتراوح من ١٠ الى ٢٠ نبضة, ويزيد معدل النبضات بالاعتماد على مدى قرب الخفافيش من موقع فريسة وقد تصل الى ٢٠٠ نبضة في الثانية[٤]. وهذه تدل على ان الموجات الصوتية القدرة لها معالجة الإشارات للخفافيش. وبما أن سرعة الصوت في الهواء عادة ما تكون $v = 340\ m/s$ ، فإن الطول الموجيλ للرشقات الصوتية بالموجات فوق الصوتية بتردد ثابت f هو معطى بواسطة المعادلة $\lambda = \frac{v}{f}$ [6].

ومن المثير ان النبضة المنبعثة يمكن ان تكون عالية بمقدار ١١٠ ديسبل(وحدة قياس للصوت) فهي في منطقة فوق الصوت, ويتخلف تردد الصوت ايضا من الاعلى عند البحث عن الفريسة او عند توجه الى الفريسة, ويمكن للخفافيش الصغير ان يتجنب العوائق الصغيرة مثل شعر جسم الانسان, من الواضح ان بعض الخفافيش لها ميزة البصر الجيد, كما ان لمعظم الخفافيش حاسة الشم, في الواقع يستخدمون جميع الحواس مجتمعه لتحقيق اقصى قدر من الاستكشاف الفريسة والتنقل بسلاسة, مع ذلك هنا مهتمون فقط في تحديد الموقع بالصدى (Echolocation) والسلوك المرتبط به يمكن صياغة سلوك تحديد الموقع بالصدى للخفافيش الصغيرة بطريقة يمكن ربطها بالوظيفة الموضوعية المراد تحسينها [١].

ان عملية تحديد الموقع بالصدى من خلال الخفافيش التي تؤدي الى اصطياد الفريسة تتم من خلال ثلاث مراحل هي:

١– مرحلة بحث (search phase)

٢– مرحلة الاقتراب (approach phase)

٣–مرحلة النهائية للصيد الفريسة. (prey phase)

١–في مرحلة بحث (search phase) تبدا الخفافيش بالبحث عن الفريسة تقوم بإصدار أشاراه نبضيه منخفضة ذات تردد 10 هرتز.

٢–وخلال مرحلة الاقتراب (approach phase) حيث تكتشف الخفافيش موقع الفريسة والاقتراب منها .والنبض هنا

ينبغي ان يكون اقصر لمنع تداخلها مع النبضات الاقصر والعمل على تقليل النبض والصدى وفي هذه اللحظة ايضا يتزايد معدل النبضات قد تصل الى 200 نبضة في الثانية لكي تساعد الخفاش من المحافظة على تحديث موقع الفريسة ان معدل انبعاث النبضات التي تحتاجها الخفافيش تبعث المزيد من الاشارات لملاحقة الفريسة من جميع الزاويا بشكل اسرع وبسبب اقتراب الخفافيش من الكائن المطلوب .

٣-مرحلة صيد: (Prey phase) هنا تزداد وتيرة الانبعاث مع ارتفاع النبضات اكثر من200 هرتز يصبح معدل انبعاث اسرع عند جزء الصغير من الالف من الثانية قبل ان يتم القبض على الفريسة.

في الواقع تمتاز مستعمرة الخفافيش لها بنهجين خاصين بها لتجنب الاصطدام مع بعضها البعض خلال تحديد الموقع بالصدى تختلف خصائص النبض المنبعثة من كل خفاش من حيث التردد, دورة الزمن, نوع الصوت في الثانية، كل خفاش من خفافيش المستعمرة لها نبضه منبعثة مع فترة زمنية فريدة حيث تسترد فقط الصدى الناتج من بنضاته[8].

٤-حركة الخفافيش الافتراضية: Movement Of Virtual Bats

في المحاكاة ، يفترض ان نستخدم حركة الخفافيش افتراضية ينبغي علينا ان نحدد قواعد كيفية العمل من حيث تحديث موقع وسرعه هذه الخفافيش في n من الابعاد في مساحات البحث اذ يتم اعطاء الحل الجديد عن الفترة الزمنية (t) من خلال[١]

$$f_i = f_{min} + (f_{max} - f_{min})\beta \qquad (1)$$

$$v_i^{t+1} = x_i^t + (x_i^t - x_*)f_i \qquad (2)$$

$$x_i^{t+1} = x_i^t + v_i^{t+1} \qquad (3)$$

حيث ان

β تمثل متجهة عشوائي من التوزيع المنتظم القياس $[0,1]$.

في حين ان x_* تمثل افضل موقع حل الذي تم اختياره من بين جميع الخفافيش في تطبيقاتنا,

وان f_{min} وf_{max} يمثلان اعلى قيمة وادني قيمة في الترددات وانبعاث النبضات .

بالاعتماد على حجم الابعاد في المسائل المطلوبة. في بداية تهيئة المجتمع يتم تعين ترددات عشوائية ويتم تثبيته بشكل رسمي $[f_{min}, f_{max}]$.[5]

عندما تقترب الخفافيش من الفريسة تنخفض ترددات التي تمثل بـــ A_i ويتزايد معدل النبضات r_i, في الخوارزمية تكون $A_0 = 1$ في بداية المجتمع العشوائي عندها نفرض $A_{min} =$ 0 في لحظة حركة الخفافيش نحو الفريسة اما معدل النبضات في

هذه اللحظة سوف تكون $r_0 = 0$ وعندها نفترض $r_{max} = 1$ لذلك تم اشتقاق المعادلات الاتية

$$A_i^{t+1} \rightarrow \alpha A_i^t \qquad (4)$$

$$r_i^{t+1} \rightarrow (1 - \exp(-\gamma t)) \qquad (5)$$

اما في جزء البحث المحلي فيتم تحديد حل واحد بين افضل الحلول الحالية، والعمل على انتاج قيم جديدة لكل الخفافيش محليا .

$$x_{new} = x_{old} + \epsilon A^t \qquad (6)$$

حيث ان ϵ يمثل رقم عشوائي ما بين $[-1,1]$

و A^t تمثل معدل الاشارة لكل خفاش في فترة زمنية معينة . من الافضل توفير معلمة القياس للسيطرة في حجم الخطوة، ويمكن كتابة المعادلة على الصيغة الاتية:

$$x_{new} = x_{old} + \sigma \epsilon_t A^t \qquad (7)$$

حيث ϵ_t يمثل من التوزيع الطبيعي القياسي $N(0,1)$.

اما σ تمثل قيمة ثابتة وقد تكون (0.01) .

اما التحديث بالنسبة للخفافيش من حيث السرعة والمواقع قد يكون مشابة الى حد ما من امثلية اسراب الطيور (PSO). حيث ان f_i تكمن السيطرة بشكل كامل على السرعة ونطاق الطيران في اسراب الطيور. ومع ذلك يمكن ان تكون خوارزمية الخفافيش (BA). اكثر تاثيرا لانها تستعمل الترددات (Frequency) والاستحواذ على المعلمات (Parameter) للتحكم على الاستكشاف (Exploration) والاستغلال (Exploitation)[1] .

٥-أهمية البحث:

Importance Research

تكمن أهمية البحث في تحسين أداء خوارزمية الخفافيش وذلك بتهجينها مع طريقة من الطرائق الكلاسيكية وهي طريقة الظل المتوازي (Parallel Tangent Method). وهو أسلوب أو طريقة مقترحة لحل مسائل الامثلية غير المقيدة ذات القياس العالي والتي تعد من المسائل الصعبة (NP−hard) وذلك لمساعدة الباحثين وذوي الاختصاص للاستفادة من الخوارزمية الهجينة المقترحة في حل مثل هذا النوع من المسائل وكذلك جميع المسائل التي تدخل في إطارها .

٦-أهداف البحث Research objective

إن الهدف من البحث هو اقتراح الخوارزمية المهجنة أساسها خوارزمية الخفافيش وكالاتي: اقتراح خوارزمية مهجنة جديدة مؤلفة من خوارزمية الخفافيش مع خوارزمية الظل المتوازي

(Parallel Tangent) وسميت بخوارزمية (BAT–PARTAN) . تعمل لحل مسائل ذات القياس العالي .

٧–خوارزمية الخفافيش : Bat Algorithm

ان خوارزمية الخفافيش مستوحاه من الطبيعة وهي من ضمن طرائق ما بعد الحدس في حل المسائل الصعبة (NP–hard) , تم تقديم الخوارزمية من قبل الباحث يانغ (yang) في عام (2010)، تعتمد خوارزمية الخفافيش على عدد السكان من الخفافيش وبواسطة الطيران يتم البحث عن مساحة استكشافية محاولة للحصول على مواقف جيدة[4]. كما انه تستخدم ميزة انبعاث النبضات (Pulse Emission) وضبط التردد (Frequency Tuning) ويعتبر موقع الخفاش متجها لحل في مساحة البحث, في حين ان ضبط التردد يستخدم للاستكشاف عن الفريسة في مساحة البحث , اما الانبعاث النابضة تركز على الحلول المحلية (Local Solution) ومن بين الحلول المحلية يوجد فقط حل امثل واحد (Global Soulation) , وبالتالي يكون التقارب سريعا نسبيا ويتم التحكم في الخوارزمية عن طريق ضبط التردد وانبعاث النبض ويتم تقييم الحلول من خلال افضل موقع[3].

مثلا: يمكن اخذ بالحسبان مساحة n من الابعاد التي يكون التحسين مطلوبا فيها، وتقييم الحل الافضل بالاعتماد على عنصرين اساسين في الخوارزمية واللذان يمثلان متجهات حقيقية في n من الابعاد المرتبطة في كل خفاش من خفافيش عدد السكان في المجتمع الابتدائي اذ ان المتجه الاول: يمثل متجه الموقع (Position Vector) للخفافيش في مساحة البحث من حل. اما المتجه الثاني: فانه يمثل متجه السرعة (Velocity Vector) في اي اتجاه من الاتجاهات n من الابعاد في مساحة البحث . وعادة ما يستخدم متجه الموقع ومتجه السرعة وقيم عشوائية في بداية الخوارزمية.

ان الغاية الرئيسية من الخوارزمية هي العمل على تحسين تكراري في ايجاد الحل المناسب وتجنب الوقوع في فخ الحلول المحلية عند كل تكرار يتم حساب موقع كل خفاش من المجتمع الابتدائي بواسطة دالة مناسبة معينة . ويتم حساب متجه السرعة الجديد على اساس المسافة النسبية من افضل الحلول وعلى ذلك يتم تحديث الموقف للخفاش وقفا للنتائج الجديدة. ويستمر الاستكشاف في المساحة البحث المطلوبة حتى يتم تطبيق شروط التوقف في الخوارزمية وقد يكون الشرط هو الحد الاقصى لعدد التكرارت [4] .

اما خطوات خوارزمية الخفافيش فتكون كالاتي :

١- بصورة عشوائي يتم تهيئة متجه الموقع x_i ومتجه السرعة v_i لكل خفافيش المجتمع الابتدائي.

٢- بصورة عشوائية تهيئة نبضات تكرارية $f_i \in [f_{min}, f_{max}]$ حيث ان النبضات تمثل r_i ، والاشارة تمثل A_i في المجتمع الابتدائي من الخفافيش.

٣- عندما لا يتحقق شرط التوقف نذهب الى الخطوة (4) .

٤- لكل الخفافيش في المجتمع

$$v_i(t) = v_i(t-1) + Q_i(x_i(t-1) - x^*)$$
$$x_i(t) = x_i(t-1) + v_i(t)$$

٥- اذ المتغير $(0,1)$ اكبر من v_i^t ، اذن نعمل حل جديد حول الحل الحالي .او الا نذهب الى الخطوة ٢

٦- توليد حل جديد عن طريق الطيران بشكل عشوائي .

٧- اذ كان المتغير $(0,1)$ اصغر من او يساوي A_i^t و $f(x_i) < f(x^*)$ نقبل الحل الجديد ونعمل على تحديث النبضات والاشارات التي تمثلان r_i^t و A_i^t من المعادلة الاتية: $A_i^{t+1} \to \alpha A_i^t$; $r_i^{t+1} \to (1 - \exp(-\gamma t))$, او الا نذهب الى الخطوة ٢

٨- تقييم سكان الخفافيش باستخدام الدالة f.

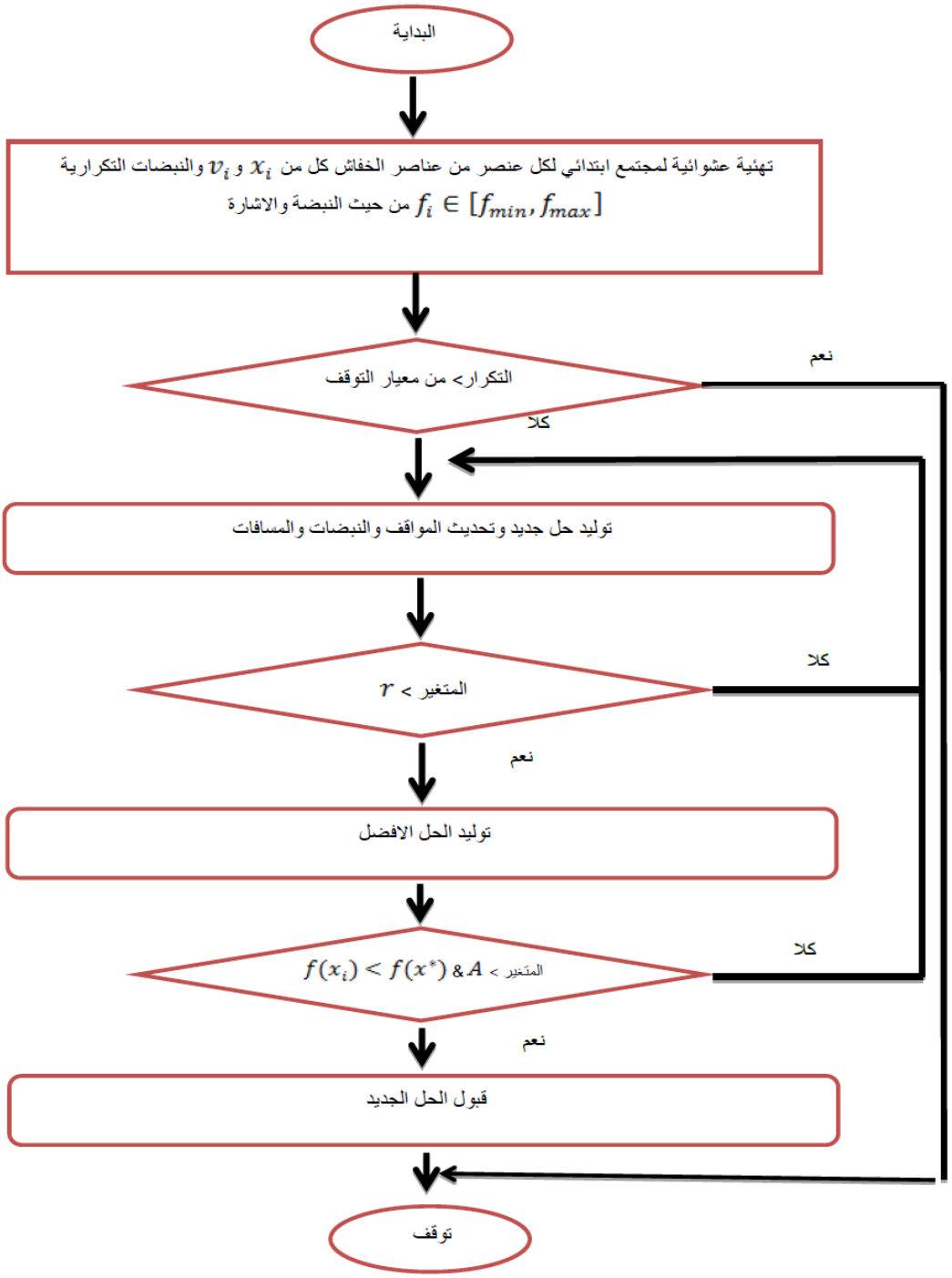
٩- العثور على افضل الخفافيش واعتبارها x المثلى .

حيث ان :

$v_i(t)$: تشير الى متجهة السرعة

$x_i(t)$: تشير الى متجهة الموقع

اما f_{min} , f_{max} , γ , α تمثل ثوابت .

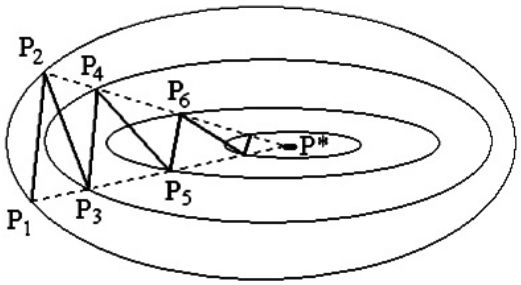


الشكل (٢): المخطط السهمي للخوارزمية BAT

٨-تدرج الظل المتوازي :

Parallel Tangent Gradient

ان الظل المتوازي تقنية تجمع ما بين العديد من الخصائص البسيطة من طرائق التدرج فهي تستخدم الخاصية الهندسية في تكوين الدوال التربيعية وتعمل على شكل الخطوط الاهليلجية. ويكون له صيغ متعددة ومنها صيغة التدرج للظل المتوازي والتي تكون متعددة الابعاد في طرائق التدرج المترافق لذا فان هذه التقنية ترتكز على تحسين طريقة شديدة الانحدار .في الشكل (٣) يمكن ان نرى مستقيمان متعرجان يقتربان من النقطة المثلى P^*. وهذه تشير الى ان البحث يكون من النقطة P_3 ولا يؤدي الى اتجاه للنقطة P_4 . ولكن على طول الخط المستقيم الواصل بين P_1 و P_3[2].

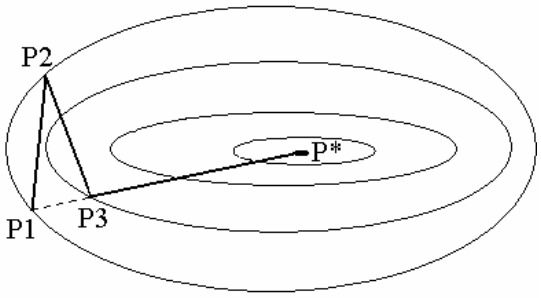


الشكل (٣) : ظاهرة تعرج في هذه الشكل

إن الإجراء المطلوب في تحقيقه في دالة الهدف إلى الحد الادنى على خطوط المستقيمة المتعاقبة يتم تحديد الاتجاه بالتناوب بالموقف من خلال النقطة السابقة او بالاتجاهات التدرج . هذه الطريقة لا تتضمن بناء صريح متبادل مع متجه المترافق يمكن انشاءه من خلال اثنين من متجه الاتجاه مع المترافق المتبادل .الخاصية ترتكز على التقارب وتسمى طريقة الظل المتوازي[١١].

في الشكل(٤) بهذه الطريقة يمكن تحديد موقع النقطة المثلى P^* بعد ثلاث خطوات هما

١. من P_1 الى P_2 على طول التدرج الى P_1 .
٢. من P_2 الى P_3 على طول التدرج الى P_2 .
٣. واخيرا من P_3 الى P_1 على طول التدرج الى P_3. [2]

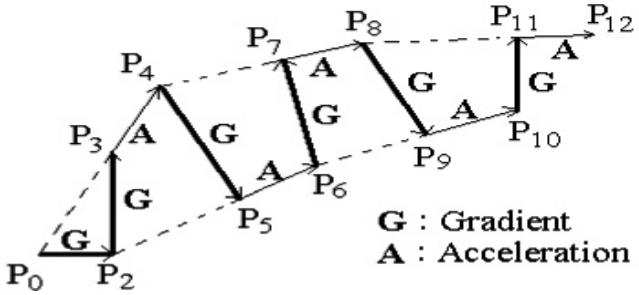


شكل (٤): يمثل قاعدة التدرج الظل المتوازي في ايجاد النقطة المثلى P^*

في الشكل (٥) يبين رسم تخطيطي لخوارزمية التدرج الظل المتوازي نلاحظ انه تم ترقيم النقط عندما تكون النقاط الفردية مثلا ما بعد النقطة P_3 يعني $(P_5, P_7, P_9, \ldots)$ وهي نتيجة التدرج في البحث، في حين إن ما بعد النقاط الزوجية P_2 يعني $(P_4, P_6, P_{8,\ldots})$ يمكن الحصول على التسارع، او بعبارة اخرى باستخدام نظام فرق النقاط اما تكون فردية او تكون زوجية ويمكن تحديد النقطة P_{2k} من النقط الزوجية بواسطة التسارع من P_{2k-4} الى P_{2k-1} عندما K =2,3,…, N يعني $P_{2k} = \Omega(P_{2k-1}, P_{2k-4}), K \geq 2$.

فان Ω هي دالة تسارع ، وهكذا التسارع يحتاج الى عملية اخذ الحد الادنى للنقطة على الخط الذي يقع ما بين النقط الفردية والنقط الزوجية .

اعتبر ان التدرج للظل المتوازي الموضح في الشكل (٥) يعمل على تقليل دوال مختلفة في عدد متغيرات .فان P_0 هي نقطة البداية ثم P_2 و P_3 بخطوات متدرجة قياسية ثم يتم متابعة امثل للتكرارات الذي يضمن حساب الخطوتين . في الخطوة الأولى فهي التسارع اما في الخطوة الثانية فهي التدرج القياسي[١١].



الشكل (٥) : طريقة الذي يسلكة التدرج الظل المتوازي

٩- خوارزمية الظل المتوازي : Parallel Tangent Algorithm

١. اختر نقطة ابتدائية ونفرض $d_0 = -g_0$.

اذا $x_1 = x_0 + \lambda_1 d_0$

وبالتالي نختار $d_2 = -g_2$

ثم ، يتم انشاء النقطة الرابعة عن طريق التحرك في الاتجاه واحد مع $(x_3 - x_1)$

اذا $d_3 = -(x_3 - x_1)$.

يشار الى هذه النقطة كخطوة تسارع بعد تحديد x_4يتم متابعة العملية على التوالي بالتناوب المتدرج والتسارع بالخطوات . وهكذا

٢. $d_i = -g_i \quad for\ i = 0,2, \dots, 2n-2$
$d_i = -(x_i - x_{i-2}) \quad for\ i = 3,5, \dots, 2n-1$

وبهذه الطريقة سوف نصل الى الحد الادنى (Mininum) في n من الابعاد السطوح التربيعية لا تزيد عن $2n$ من الخطوات .

وبصورة عامة التدرج مترابط وليس متبادل ويتبع الخصائص التالية

١. اتجاه البحث هو الانسب اي $d_i^T g_i < 0$.

٢. المتجهات $(x_2 - x_0), (x_2 - x_0), \dots, (x_{2n} - x_{2n-2})$ مترافق مترابط

٣. النقط $x_4, x_6, \dots, x_{2n}$ هي الحد الادني في مساحة البحث امتداد على التوالي بواسطة $d_1 \& d_2 \, , g_2 \& g_4, \dots (d_1, d_2, \dots, d_{2n})$

٤. المتجهات المتدرجة $g_2, g_2, \dots, g_{2n}$تكون متعامدة.

تتوقف خوارزمية الظل المتوازي عندما يكون $\|g_{k+1}\|$صغيرا كفاية. والحساب المثالي يجب ان ينتهي في n من التكرارات. نختار نقطة ابتدائية x_0 وخاصة عندما الخوارزمية تقترب من قيمة $k < n$ من التكرارات اذا كانت مصفوفة هيسن (Hassian Matrix) والدالة fلديها فقط k قيم خاصة. وتتبع هذه الخصائص بسبب علاقات تكرارية في d_i التي تم تصميمها لضمان اتجاه البحث مترافق مع مصفوفة هسين (Hassian Matrix) . سلوك خوارزمية الظل المتوازي يعتمد بالدقة المتناهية في الحساب على مدى دقة هذه النتائج العددية[١٠].

١٠-الخوارزمية المهجنة المقترحة : Proposed Algorithmتم

اقتراح خوارزمية مهجنة جديدة وذلك بربط خوارزمية من خوارزميات ذكاء الاسراب مع خوارزمية كلاسيكية

(Classical Algorithm) متمثلة في خوارزمية الظل المتوازي (Parallel Tangent Algorithm) التي تدعى اختصار Bat–Partan، في هذه الخوارزمية تنقسم العملية في كل تكرار المرحلتين، في المرحلة الأولى يتم استخدام العشوائية والسرعة لخوارزمية Bat ،وفي المرحلة الثانية يتم استخدام خوارزمية Partan والتي تنقسم لثلاثة اقسام وهي تكون من الاتجاه المترافق (Conjugate gradient) والتي استخدمت قيمة البيتا FR ، وفرق المشتقة في حالة اذا كانت النقطة زوجي، وفرق النقاط $(x_i - x_{i-1})$ اذا كانت النقطة فردية .ان الخاصية المهمة في الخوارزميات التطورية هو ايجاد الحل الامثل من دون الحاجة الى حساب المشتقات، بينما في طرائق التقليدية وخاصة طريقة التدرج المترافق او طريقة الظل المتوازي هناك الحاجةالى حساب المشتقة وذلك لان الحل يتحرك بالاتجاه السالب $(d_k = -g_k)$.

ان الهدف الرئيس من هذا العمل يتمثل بتحسين خوارزمية أمثلة الخفافيش Bat .

اما خطوات خوارزمية المهجنة فتكون كالاتي :

١- بصورة عشوائي يتم تهيئة الموقع x_i ومتجهة السرعةv_i لكل خفافيش المجتمع الابتدائي.

٢- تهيئة نبضات تكرارية $f_i \in [f_{min}, f_{max}]$ حيث ان النبضات تمثل r_i ، والاشارة تمثل A_iفي المجتمع الابتدائي من الخفافيش.

٣- ادخال القيم العشوائية بالاعتماد على Partan .

٤- عندما لا تحقق شرط التوقف نذهب الى الخطوة (4) .

٥- لكل الخفافيش في المجتمع

$$v_i(t) = v_i(t-1) + Q_i(x_i(t-1) - x^*)$$
$$x_i(t) = x_i(t-1) + v_i(\mathrm{t})$$

٦- اذ المتغير $(0,1)$ اكبر من v_i^t ، اذن نعمل حل جديد حول الحل الحالي نذهب الى الخطوة٧ .او الا نذهب الى الخطوة ٢

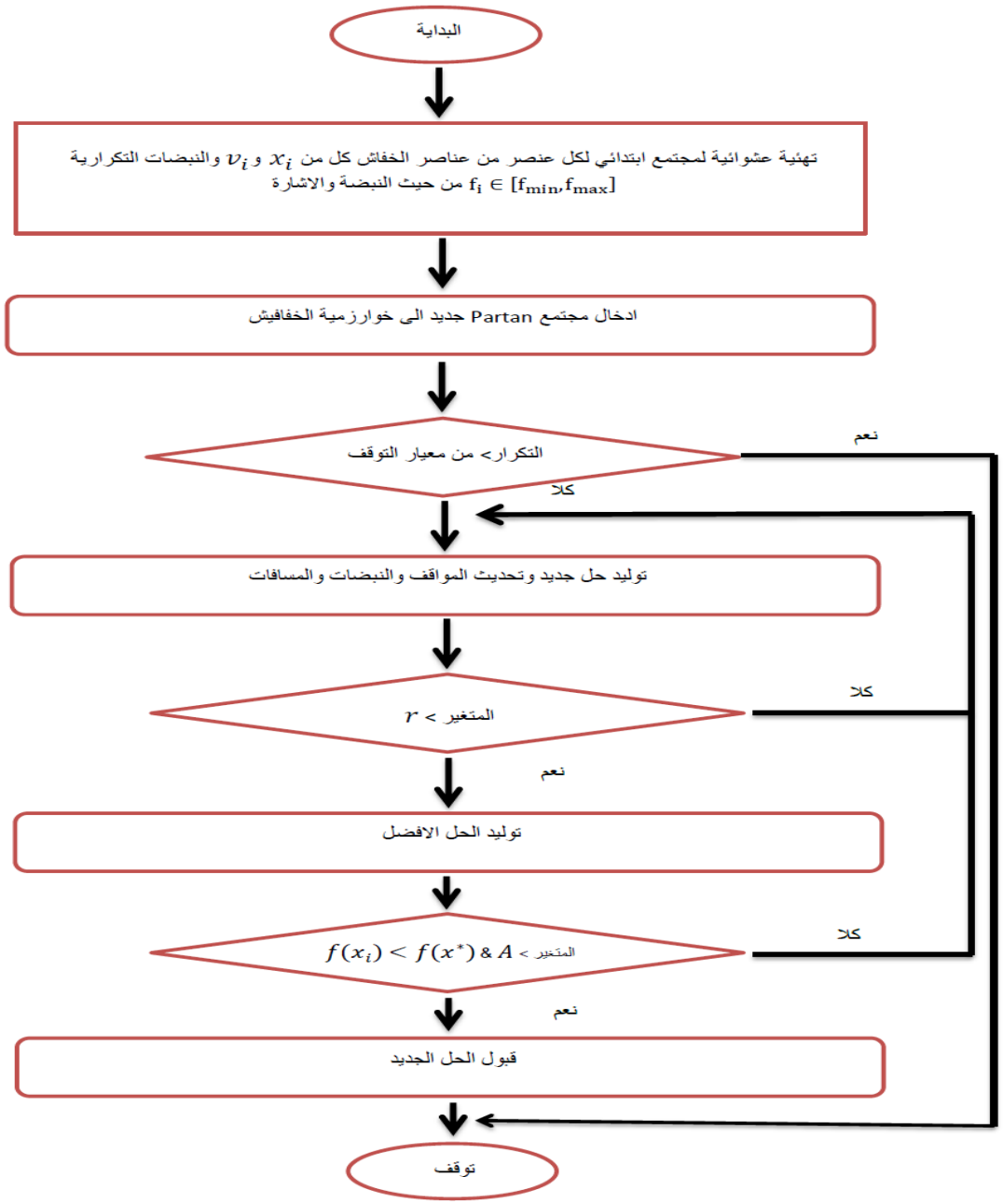
٧- توليد حل جديد عن طريق الطيران بشكل عشوائي .

٨- اذ كان المتغير (١،٠) اصغر من او يساوي A_i^t و $f(x_i) < f(x^*)$ نقبل الحل الجديد ونعمل على تحديث النبضات والاشارات التي تمثلان r_i^t و A_i^t من المعادلة الاتية: $A_i^{t+1} \to \alpha A_i^t$; $r_i^{t+1} \to (1 - \exp(-\gamma t))$

نذهب الى الخطوة٩ . او الا نذهب الخطوة ٢

٩- تقييم سكان الخفافيش باستخدام الدالة f.

١٠-العثور على افضل الخفافيش واعتبارها x المثلى.



الشكل (٦): المخطط السمهي للتهجين خوارزمية الخفافيش مع خوارزمية الظل المتوازي

١١-الجانب العملي : Practical side لغرض تقييم اداء الخوارزميات المقترحة في حل مسائل الامثلية ، تم اختبار الخوارزمية المقترحة Bat –Partan ، باستخدام (10) دوال قياسية من اجل مقارنة مع الخوارزمية الخفافيش نفسها ،ويوضح الجدول (١) تفاصيل دوال الاختبار وكذلك المدى الخاص والقيمة الاصغرية (f_{min})والحدود الدنيا والحدود العليا لكل دالة وعدد التكرارت تم استخدام (500) تكرارا والابعاد التي تشير الى عدد المتغيرات في التصميم اما عدد عناصر البحث لقد كان في الجدول (٢) يتكون السرب من (٥) عناصر, وفي الجدول (٣) يتكون السرب من (١٠) عناصر وفي الجدول (٤) يتكون السرب من (١٥) عناصر, وفي الجدول (٥) يتكون السرب من (٢٠) عناصر.

الجدول رقم (١) :تفاصيل دوال الاختبار

Function	Dim	Range	$Fmin$
$F_1(x) = \sum_{i=1}^{n} x_i^2$	30	[−100,100]	0
$F_2(x) = \sum_{i=1}^{n} \lvert x_i \rvert + \prod_{i=1}^{n} \lvert x_i \rvert$	30	[−10,10]	0
$F_3(x) = \sum_{i=1}^{n} (\sum_{j-1}^{i} x_i)^2$	30	[−100,100]	0
$F_4(x) = \max_i \{ \lvert x_i \rvert, 1 \le i \le n \}$	30	[−100,100]	0
$F_5(x) = \sum_{i=1}^{n} -x_i \sin(\sqrt{\lvert x_i \rvert})$	30	[−500,500]	-418.98
$F_6(x) = \sum_{i=1}^{n} \lvert x_i^2 - 10\cos(2\pi x_i) + 10 \rvert$	30	[−512,512]	0
$F_7(x) = -20\exp\left(-0.2\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i^2}\right) - \exp\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\cos(2\pi x_i)\right) + 20 + e$	30	[−30,30]	0
$F_8(x) = \frac{1}{4000}\sum_{i=1}^{n} x_i^2 - \prod_{i=1}^{n} \cos(\frac{x_i}{\sqrt{i}}) - 1$	30	[−50,50]	0
$F_9(x) = \sum_{i=1}^{n} i x_i^4 + random[0,1)$	30	[−1.28,1.28]	•
$F_{10}(x) = 4x_i^2 - 2.1x_1^4 + \frac{1}{3}x_1^6 + x_1x_2 - 4x_2^2 + 4x_2^4$	2	[−5,5]	-1.0316

طبق الاختبار باستخدام حاسوب محمول يحمل المواصفات التالية: سرعة المعالج CPU هي 2.4GHZ وحجم الذاكرة RAM هو 4 GB وبرنامج ماتلاب R٢٠١٧ a يعمل بنظام وندوز٧.

جدول رقم (٢) : مقارنة النتائج ما بين Bat وBat– Partan لايجاد (f_{min}) باستخدام عدد العناصر المتكونة من ٥عناصر من السرب وعدد التكرارت ٥٠٠

		Bat-Partan		
رمز الدالة	Bat	Bat-CG	Bat-$(x_i - x_{i-1})$	Bat-$(g_k - g_{k-1})$
F1	8.7247e+04	8.4336e-14	7.8996e-14	8.0191e-14
F2	1.3225e+11	1.3690e-07	1.2928e-07	1.2206e-07
F3	1.9838e+05	5.3054e-13	5.0477e-13	3.2096e-13
F4	81.9488	9.2989e-08	6.3118e-08	9.4654e-08
F5	-1.7273e+03	-647.2409	-7.4153e+03	8.8453e-08
F6	446.2561	0	0	0
F7	19.4960	6.8040e-08	6.8379e-08	6.6462e-08
F8	474.4626	1.7656e-13	1.5702e-13	1.7208e-13
F9	0.0877	0.0017	0.0017	0.0017
F10	-0.1027	-6.8433e-16	-3.9402e-16	-1.7658e-13

جدول رقم (٣): مقارنة النتائج ما بين Bat وBat– Partan لايجاد (f_{min}) باستخدام عدد العناصر المتكونة من ١٠عناصر من السرب وعدد التكرارت ٥٠٠

		Bat-Partan		
رمز الدالة	Bat	Bat-CG	Bat-$(x_i - x_{i-1})$	Bat-$(g_k - g_{k-1})$
F1	5.6525e+04	7.7665e-14	7.8104e-14	9.9643e-14
F2	6.5527e+08	1.2102e-07	1.2353e-07	1.1966e-07
F3	1.3173e+05	2.0023e-13	1.8996e-13	1.8146e-13
F4	64.5629	9.3110e-08	9.3080e-08	8.2772e-08
F5	-4.5152e+03	-4.6715e+03	-6.5290e+03	-7.6799e+03
F6	374.6491	0	0	0
F7	19.9668	6.8465e-08	5.9664e-08	6.5596e-08
F8	382.7160	1.3715e-13	1.7209e-13	1.6076e-13
F9	0.1007	0.0016744	0.0016744	0.0016744
F10	-0.6829	-1.1025e-11	-4.6100e-11	-1.2004e-12

جدول رقم (٤): مقارنة النتائج ما بين Bat وBat– Partan لايجاد (f_{min}) باستخدام عدد العناصر المتكونة من ١٥عناصر من السرب وعدد التكرارت ٥٠٠

		Bat-Partan		
رمز الدالة	Bat	Bat-CG	Bat-$(x_i - x_{i-1})$	Bat-$(g_k - g_{k-1})$
F1	4.6227e+04	7.5350e-14	7.6306e-14	7.1787e-14
F2	1.9983e+06	1.2272e-07	1.0959e-07	1.2258e-07
F3	1.0605e+05	1.6824e-13	1.9857e-13	2.2242e-13
F4	71.0463	8.9250e-08	8.7561e-08	9.2937e-08
F5	-5.7362e+03	-8.8760e+03	-1.0970e+04	-7.9641e+03
F6	422.2748	0	0	0
F7	19.5419	6.1864e-08	6.5995e-08	6.1627e-08
F8	508.0171	1.3741e-13	1.2649e-13	1.3852e-13
F9	0.0771	0.0016744	0.0016744	0.0016744
F10	-0.8002	-3.5636e-11	-1.0844e-12	-1.5553e-13

جدول رقم (٥) :مقارنة النتائج ما بين Bat وBat– Partan لايجاد (f_{min}) باستخدام عدد العناصر المتكونة من ٢٠عناصر من السرب وعدد التكرارت ٥٠٠

		Bat-Partan		
رمز الدالة	Bat	Bat-CG	Bat-$(x_i - x_{i-1})$	Bat-$(g_k - g_{k-1})$
F1	5.0231e+04	6.8458e-14	7.5239e-14	7.0181e-14
F2	5.1398e+04	1.1320e-07	1.2651e-07	1.1478e-07
F3	1.4267e+05	2.1955e-13	1.4336e-13	1.1184e-13
F4	71.3751	8.8109e-08	8.6334e-08	9.0768e-08
F5	-1.0168e+04	-1.1402e+04	-1.1744e+04	-1.1483e+04
F6	382.5333	0	0	0
F7	19.9667	1.4252e-13	6.2747e-08	5.8822e-08
F8	379.2675	1.2105e-13	1.2049e-13	1.2553e-13
F9	0.0297	0.0016744	0.0016744	0.0016744
F10	-0.4977	-2.3115e-09	-4.1015e-11	-0.0015

١٢-مناقشة النتائج العددية : Discussion of Numerical Results

توضح النتائج في الجداول السابقه نجاح الخوارزمية المهجنة Bat-PARTAN في ايجاد الحل الامثل لـ 10 دوال من دوال الاختبار القياسية ذات القياس العالي بالمقارنة مع الخوارزمية الخفافيش وهذا ما يؤكد نجاح عملية التهجين .ان الخوارزمية المقترحة Bat- Partan اعطت نتائج افضل من الخوارزمية Bat نلاحظ ان الدوال (F10,F9,F4,F3,F2,F1) قد اعطت حل مثالي افضل الخوارزمية نفسها اي يوجد تقارب واضح اما الدالة (F5) نلاحظ فيهما عدم تحسين وقد تكون سئية مع ثبات في القيمة التقارب عند التهجين ذات فرق واضح مع الظل المتوازي واما الدالتين (F8, F6) نلاحظ تحسين جيد جدا والتي تعتبر هما نقطتين مثاليتين لانهما اعطت النتيجة المثلى وهي الصفر اما الدالة (F5) فهي دالة لقد ساءت عند التهجين.

١٣-الاستنتاجات : Conclusious

ان تهجين الخوارزمية التطورية مع خوارزمية كلاسيكية، أسهم في تحسين اداء الخوارزمية ما بعد الحدسية المفردة عبر زيادة سرعة التقارب، كما أدى الى تحسين في نوعية الحلول الناتجة وذلك من خلال زيادة قدراتها النبضات والترددات في الاستكشاف ، اذ اظهرت النتائج العددية قدرة الخوارزمية المهجنة على حل مسائل الامثلية المختلفة. وقد تمت مقارنة نتائج وخوارزمية Bat-Partan مع خوارزمية الخفافيش نفسها مما ادى الى الحصول على نتائج ممتازة اذ تم الحصول على الحل الامثل الشامل لمعظم دوال الاختبار وهذا ما اوضحته النتائج.

١٤-المصادر :

[1] Yang, X. S. (2014)." *Nature-inspired optimization algorithms*". Elsevier.

[2] Moallem, P., Monadjemi, S. A., Mirzaeian, B., & Ashourian, M. (2006, July)." A novel fast backpropagation learning algorithm using parallel tangent and heuristic line search'. In *Proceedings of the 10th WSEAS international conference on Computers* (pp. 634-639). World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS).

[3] Yang, X. S., Deb, S., Fong, S., He, X., & Zhao, Y. X. (2016)". From swarm intelligence to metaheuristics: nature-inspired optimization algorithms". *Computer*, *49*(9), 52-59.

[4] Kiełkowicz, K., & Grela, D. (2016)." Modified Bat algorithm for nonlinear optimization". International Journal of Computer Science and Network Security. (IJCSNS).

[5] Liang, H., Liu, Y., Shen, Y., Li, F., & Man, Y. (2018). "A hybrid bat algorithm for economic dispatch with random wind power". *IEEE Transactions on Power Systems*, *33*(5), 5052-5061.

[6] Yang, X. S. (2010)." A new metaheuristic bat-inspired algorithm. In *Nature inspired cooperative strategies for optimization ".(NICSO 2010)* (pp. 65-74). Springer, Berlin, Heidelberg.

[7] Seyedmahmoudian, M., Kok Soon, T., Jamei, E., Thirunavukkarasu, G., Horan, B., Mekhilef, S., & Stojcevski, A. (2018)." Maximum power point tracking for photovoltaic systems under partial shading conditions using bat algorithm". *Sustainability*, *10*(5) , 1347.

[8] Mat Yahya, N. (2016). *Bats echolocation-inspired algorithms for global optimisation problems* (Doctoral dissertation, University of Sheffield).

[9] Fister, I., Mlakar, U., & Yang, X. S. (2016)." Parameterless bat algorithm and its performance study". In *Nature-Inspired Computation in Engineering* (pp. 267-276). Springer, Cham

[10] Metras, B. A., & Rasheed, K. B. (2006)." Two New Approaches for PARTAN Method". *Iraqi Journal of Statistical Science*, *9*, 40-56.

[11] Moallem, P. A. Y. M. A. N., Monadjemi, S. A., & Mirzaeian, B. E. H. Z. A. D. (2008). "PTGMVS: Parallel tangent gradient with modified variable steps for a reliable and fast MLP neural networks learning". *KUWAIT JOURNAL OF SCIENCE AND ENGINEERING*, *35*(1B), 65.