

تقدير معالم عملية بواسون غير المتجانسة باستخدام خوارزمية PSO مقارنة مع الطرائق التقليدية

Estimation of heterogeneous Poisson process parameters using the PSO algorithm compared with conventional methods

أ.م.د. مثنى صبحي سليمان

الباحث. محمد زيد حسين

[muthanna.sulaiman@uomosul.edu.iq](mailto:muthanna.sulaiman@uomosul.edu.iq)

[mohammed777zaid@gmail.com](mailto:mohammed777zaid@gmail.com)

كلية علوم الحاسوب والرياضيات/ جامعة الموصل

تاريخ استلام البحث 2019/ 5 / 9 تاريخ قبول النشر 2019/7 /3 تاريخ النشر 2019/10 / 28

### المستخلص

تم في هذا البحث اقتراح استخدام خوارزمية PSO لتقدير المعدل الزمني لحدوث الحوادث لعملية بواسون غير المتجانسة ذات المعدل الزمني الموصوف بدالة قانون القوة، وتم مقارنة نتائج الطريقة الذكائية للتقدير مع الطرائق التقليدية المتمثلة بطريقتي الإمكان الأعظم والمربعات الصغرى. وتضمن البحث تطبيقاً واقعياً تناول فيه فترات التشغيل بين توقفين بالايام لمحطة كهرباء الموصل الغازية، وتم تقدير المعدل الزمني لتوقف المحطة باستخدام طرائق التقدير المقترحة في البحث. ومن النتائج التطبيقية تم ملاحظة تفوق خوارزمية PSO في تقدير المعدل الزمني للحدوث على الطرائق التقليدية.

**الكلمات المفتاحية:** عملية بواسون غير المتجانسة، خوارزمية PSO، دالة قانون القوة، الإمكان الأعظم، المربعات الصغرى.

### Abstract

In this paper, it was proposed to use the PSO algorithm to estimate the rate of occurrence of the Non-homogeneous Poisson process with rate described as a power law function. The results of the estimation method were compared with classical methods of maximum likelihood and least squares. The research included a realistic application in which the operating periods between the two stops per days of the Mosul Gas Station, and estimated the time of the station stop using the estimation methods proposed in the research. Among the applied results, it was observed that the PSO algorithm was better in estimating the rate of occurrence.

**Keywords:** Non-homogeneous Poisson process, PSO algorithm, power law function, maximum likelihood, least squares

### 1. المقدمة Introduction:

تعد العمليات النقطية (Point Processes) أحد أهم فروع العمليات التصادفية التي تلعب دوراً متميزاً وفعالاً في شتى المجالات الطبيعية والصناعية، وتمثل عملية بواسون غير المتجانسة (Non-Homogeneous Poisson Process) النموذج الأبسط في نمذجة العملية النقطية والتي تعد من الموضوعات الاحصائية المهمة لكثرة تطبيقاتها في المجالات العلمية ومنها انظمة الاتصالات والتطبيقات الهندسية ونظرية صفوف

الانتظار ونظرية المعولية والانظمة القابلة للإصلاح، فضلاً عن الظواهر الطبيعية التي تحدث في اوقات غير منتظمة وبشكل فجائي والتي يكون فيها المعدل الزمني لحدوث الحوادث دالة بدلالة الزمن  $t$  [10].

يمكن تعريف العملية النقطية بأنها تكون على شكل حوادث (Events) متباعدة تحدث فجأة وبفترات زمنية طويلة بحيث تبدو وكأنها نقاط مؤشرة على المحور الزمني، وبهذا تمثل عملية تصادفية يكون فيها فضاء المعلمة  $T$  (Parameter Space) مستمر وفضاء الحالة  $S$  (State Space) متقطع. اذ تتميز هذه العملية بإمكانية إيجاد مقدر للمعدل الزمني لحدوث الحوادث او نسبة الحدوث، ومن النماذج المهمة التي تستخدم في نمذجة سلوك العملية النقطية هي عمليات بواسون (Poisson Processes)، والتي يكون فيها المعدل الزمني لحدوث الحوادث كمية ثابتة لجميع قيم  $t$ ، أي ان سلوكها لا يتأثر بتغير الزمن  $t$ ، عندئذ تسمى عملية بواسون المتجانسة (Homogeneous Poisson Process)، أما إذا كان المعدل الزمني للحدوث دالة بدلالة الزمن  $t$ ، أي ان سلوكها يتأثر بتغير الزمن  $t$ ، فإنها تسمى عملية بواسون غير المتجانسة [2][13].

## 2. هدف البحث :Research Target

ان الهدف الرئيس لهذا لبحث هو تقييم اداء الطريقة المقترحة والمتمثلة بالطريقة الذكائية التي تعرف بطريقة سرب الطيور (PSO) في تقدير معلمات عملية بواسون غير المتجانسة (NHPP) ذات المعدل الزمني للحدوث موصوف بدالة قانون القوة مقارنة مع الطرائق التقليدية والمتمثلة بطريقتي الامكان الاعظم (MLE) وطريقة المربعات الصغرى (LSD)، وتم استخدام معيار خطأ النسبة الاعظم (MPE) للمقارنة بين طرائق التقدير المقترحة للمعدل الزمني للحدوث لعملية بواسون غير المتجانسة.

## 3. عملية بواسون غير المتجانسة Non Homogeneous Poisson Process

يقال للعملية النقطية  $\{N(t), t \geq 0\}$  انها عملية بواسون غير متجانسة (NHPP) بدالة شدة (Intensity Function) او بمعدل زمني للحدوث  $\lambda(t)$  عندما  $t \geq 0$ ، فاذا كان التوزيع الاحتمالي لعدد الحوادث  $N(t)$  يتبع توزيع بواسون بدالة كثافة احتمالية [12]:

$$P \{N(t) = n\} = e^{-m(t)} \frac{[m(t)]^n}{n!}, \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

اذ ان  $m(t)$  تمثل معلمة توزيع بواسون وهي العدد المتوقع لعدد الحوادث التي تحدث في الفترة الزمنية  $t$ ، وتمثل المعدل الزمني المتراكم للحدوث (Cumulative Rate of Occurrence)، اذ ان [9][3]:

$$m(t) = E [N(t)] = \int_0^t \lambda(u) \partial u, \quad t \geq 0 \quad (2)$$

أي ان:

$$\lambda(t) = \frac{\partial m(t)}{\partial t} \quad (3)$$

## 4. عملية وايبيل Weibull Process

من اهم الدوال الشائعة في دراسة نماذج نمو المعولية (Reliability Growth Models) هي دالة وايبيل (Weibull Function)، وتعود الافكار الاولى لهذه المعالجة للباحث Duane عام 1964 الذي نشر بحثاً قدم فيها

بيانات فشل الانظمة المختلفة في اثناء برامج تنميتها، وبين ان هذه المعالجة مكافئة لعملية بواسون غير المتجانسة والتي يكون فيها المعدل الزمني للحدوث يتبع توزيع وايبل (Weibull Distribution) [6]، والتي اطلق عليها اسم عملية وايبل (Weibull Process). وقد استخدمت عملية وايبل من قبل العديد من الباحثين منهم الباحث Crow عام 1997 [5]، وكذلك الباحث Erkanli واخرون عام 2002 [7]، والباحث Soyer واخرون عام 2005 [15].

فاذا كانت العملية التصادفية  $\{N(t), t \geq 0\}$  تمثل عملية بواسون غير متجانسة بمعدل زمني للحدوث موصوف بالصيغة الاتية [15]:

$$\lambda(t) = \alpha \beta t^{\beta-1}, t \geq 0; \alpha, \beta > 0 \quad \dots (4)$$

فإن العملية  $\{N(t), t \geq 0\}$  تسمى عملية وايبل، وتتوزع توزيع بواسون بمعدل زمني للحدوث  $\lambda(t)$  في الفترة الزمنية  $(0, t]$ . ومن صفات هذه العملية ان توزيع الفترات الزمنية بين حدوث الحوادث يتبع توزيع وايبل بدالة كثافة احتمالية:

$$f(t|\alpha, \beta) = \alpha \beta t^{\beta-1} e^{-\alpha t^\beta}, t \geq 0; \alpha, \beta > 0 \quad \dots (5)$$

اذ ان  $\alpha$  تمثل معلمة القياس (Scale parameter)،  $\beta$  تمثل معلمة الشكل (Shape parameter). فاذا كانت قيمة المعلمة  $\beta$  اكبر من الواحد ( $\beta > 1$ ) عندئذ يكون المعدل الزمني للحدوث في عملية بواسون غير المتجانسة متزايداً مع الزمن، اما اذا كانت قيمتها اقل من الواحد ( $\beta < 1$ ) عندئذ يكون المعدل الزمني للحدوث للعملية متناقصاً مع الزمن، وفي حالة ان المعلمة  $\beta$  لها قيمة تساوي الواحد ( $\beta = 1$ ) فإن المعدل الزمني للحدوث للعملية يكون كمية ثابتة مع الزمن ومساوياً لـ  $\alpha$ ، وسيكون المعدل الزمني للحدوث يتوزع توزيعاً اسياً [7].

#### 5. دالة قانون القوة Power Law Function:

في عام 1964 اقترح الباحث Duane [6] استخدام دالة قانون القوة (Function Law Power) في تقدير معدل نسبة الفشل وبمعلمتين  $\alpha$  و  $\beta$  حسب الصيغة  $(\alpha t^\beta)$ . فاذا كان المعدل الزمني للحدوث لعملية بواسون غير المتجانسة موصوف حسب الصيغة (4)، فان الدالة التراكمية للمعدل الزمني للحدوث في الفترة الزمنية  $(0, t_0]$  ستكون بالشكل الاتي:

$$\begin{aligned} m(t) &= \int_0^t \lambda(u) \partial u \\ &= \int_0^t \alpha \beta u^{\beta-1} \partial u \\ &= \alpha t^\beta \quad ; 0 \leq t \leq t_0 \end{aligned} \quad \dots (6)$$

اذ ان  $m(t)$  تمثل المعدل الزمني المتراكم للحوادث التي تحدث في الفترة الزمنية  $(0, t_0]$ ، وتمثل معلمة توزيع بواسون، أي ان احتمال ان يكون هنالك  $n$  من الحوادث التي تحدث في الفترة الزمنية  $(0, t_0]$  هو:

$$P\{N(t) = n\} = \frac{[m(t)]^n e^{-m(t)}}{n!} \quad ; n = 0, 1, 2, \dots \quad \dots (7)$$

وتبقى الفرضية القائلة ان حدوث الحوادث في فترة زمنية معينة مستقلة إحصائياً عن حدوث الحوادث في فترات زمنية اخرى غير متداخلة مع بعضها.

#### 6. خوارزمية تحسين سرب الجسيمات Particle Swarm Optimization Algorithm:

تُعد خوارزمية (PSO) من الطرائق الذكائية المهمة ويطلق عليها ايضا اسم خوارزمية (امثلية سرب الطيور)، ان هذه الطريقة تم استخدامها في الآونة الاخيرة بشكل واسع في التطبيقات لما لها فائدة كبيرة جدا في التطبيقات العلمية

والعملية والتي تكون اهدافها الحصول على افضل مقدّر للمعاملات باقل وقت ودقة عالية، فضلا عن تقدير معاملات النموذج قيد الدراسة [14].

في السنوات الاخيرة كان هنالك أساليب كثيرة لتحسين الخوارزمية والتي تختلف من ناحية المفهوم عن الطرائق التقليدية، هذه الأساليب يتم وصفها بأنها طرائق حديثة وغير تقليدية للتحسين. ومعظم هذه الأساليب تستند على خصائص وسلوك معينه من الحالات كالبيولوجية الجزيئية وسرب من الحشرات والنظم العصبية. كما يستند تحسين سرب الجسيمات (PSO) على سلوك مستعمرة من الكائنات الحية، مثل سرب من الحشرات كالنمل الاسود والنمل الأبيض والنحل والزنابير، أو طير من الطيور أو مجموعة اسماك، فضلا عن المجاميع التي تتشكل بهيئة سرب (كالطيور). والسبب الذي يعود لتسمية طريقة سرب الجسيمات (PSO) بهذا الاسم لأنها تعتمد في عملها على سلوك هذه المستعمرات، اما الجسيم فيشير على سبيل المثال إلى نحلة في مستعمرة أو طير في سرب الطيور. كل فرد أو جسيم في السرب يتصرف بطريقة موزعة باستخدام ذكائه الخاص أو الذكاء الجماعي للسرب. فعلى سبيل المثال إذا اكتشف أحد الجسيمات مساراً جيداً للغذاء، عندئذٍ ستكون بقية جسيمات السرب أيضاً قادرة على اتباع المسار الجيد على الفور حتى لو كان موقعهم بعيداً عن السرب او المجموعة. ان أساليب التحسين المستندة إلى ذكاء السرب والمستوحاة من السلوكية تعرف بمجموعة خوارزميات بدلاً من الخوارزميات الجينية، والتي تسمى بالتطور المعتمد على الإجراءات [8].

ويفترض أن كل جسيم في السرب له الخاصيتان: الموقع (position)، والسرعة (velocity)، ويتجول في مساحة او فضاء التصميم الذي ينضم اليه ويحاول ان يصل الى أفضل موقع (من حيث مصدر الغذاء بالنسبة لسرب الطيور او قيمة دالة الهدف بالنسبة لمسألة رياضية معينة) تم اكتشافه. وتقوم الجسيمات بتوصيل المعلومات بالنسبة للمواقع الجيدة لبعضها البعض وتعديل او تحديث مواقعها الفردية وسرعاتها (التي تم اعتبارها سابقة) بناءً على المعلومات الواردة حول المواقع الجيدة ( التي تم اعتبارها جديدة). وكمثال على ذلك، يعتبر سلوك الطيور في منطقة معينة، على الرغم من ان كل طائر لديه ذكاء محدود في حد ذاته، فإنه يتبع القواعد البسيطة الآتية:

- يحاول عدم الاقتراب أكثر من الطيور الأخرى.
  - يرسم هدفه او يشق طريق باتجاه متوسط (Average) الطيور الأخرى.
  - يحاول ان يكون (متوسط الموقع) بين الطيور الأخرى دون ان يحدث فجوات كبيرة في المجموعة.
- وهكذا يقوم سلوك المجموعة او السرب معتمد على مزيج من ثلاثة عوامل:
- تتماسك الجسيمات فيما بينها بحيث يحدث نوعا ما من التآزر.
  - انقسام او انفصال للسرب بحيث لا يحصل تقارب جداً للجسيمات.
  - اصطفاف او تشكيل المجموعة بحيث يحاذي كل جسيم مع اخر فيما بينه بحيث يقوم الجسيم بتتبع العنوان العام (المصدر) للمجموعة.

ويمكن تطوير طريقة خوارزمية ( PSO ) بالخطوات الآتية:

- 1) عندما يُحدد أحد الجسيمات او الطيور هدفاً أو طعاماً أو أعظم (اكبر دالة هدف)، عندئذٍ ينقل المعلومات على الفور إلى كل الجسيمات او الطيور الأخرى.

(2) جميع الجسيمات او الطيور الأخرى تتجذب إلى الهدف أو الطعام (أو الحد الأقصى لدالة الهدف) ولكن ليس مباشرة.

(3) هناك مَكُون من التفكير المستقل الخاص لكل طائر فضلا عن اعتماده على الذاكرة السابقة له.

وبالتالي فأن النموذج يحاكي البحث العشوائي في مساحة التصميم للحصول على أقصى قيمة من دالة الهدف. على هذا النحو ويشكل تدريجي تستخدم العديد من التكرارات في هذه المحاولة، وعندها الجسيمات او الطيور تذهب إلى الهدف (أو الحد الأكبر من دالة الهدف).

#### 7. تقدير معلمات عملية بواسون غير المتجانسة **Estimation of NHPP parameters**

هنالك عدة طرائق لتقدير معلمات عملية بواسون غير المتجانسة، منها طرائق معلمية وطرائق لا معلمية، وفي هذا البحث تم اقتراح استخدام طريقة ذكائية لتقدير المعدل الزمني للحدوث للعملية التصادفية قيد الدراسة ومقارنتها مع الطرائق التقليدية (المعلمية واللامعلمية) للتقدير، وفيما يلي عرض لهذه الطرائق:

#### 1-7 طريقة الامكان الاعظم **Maximum Likelihood Method (MLE)** [4][11]:

تُعدّ طريقة الإمكان الأعظم من الطرائق الشائعة في تقدير المعلمات، إذ تمثل إحدى الطرائق المعلمية المهمة في التقدير لما تتميز به من خصائص وصفات كثيرة منها الثبات والاتساق غالباً وليس دائماً، وتتميز بان مقدراتها تجعل من دالة الامكان الأعظم في نهايتها العظمى. لتكن  $\{N(t), t \geq 0\}$  تمثل عملية بواسون غير المتجانسة وبمعدل زمني للحدوث موصوف بدالة قانون القوة ذي المعلمتين  $(\alpha, \beta)$ ، فان دالة الشدة المشتركة لأزمنة الحدث  $(t_1, t_2, \dots, t_n)$  هي كالآتي:

$$f(t_1, t_2, \dots, t_n) = \prod_{i=1}^n \lambda(t_i) \exp\left[-\int_0^{t_0} \lambda(t_u) \partial u\right] \quad (8)$$

اما دالة الامكان لأزمنة الحدث  $(t_1, t_2, \dots, t_n)$  فهي:

$$L = \prod_{i=1}^n \alpha \beta t_i^{\beta-1} e^{-\alpha t_0^\beta} \\ = \alpha^n \beta^n e^{-\alpha t_0^\beta} \prod_{i=1}^n t_i^{\beta-1}, \quad 0 \leq t_i \leq t_0 \quad (9)$$

ولغرض تقدير كل من معلمتي الشكل والقياس، يتم ذلك من خلال تعظيم دالة الإمكان في المعادلة (9) بحيث يتم تحويلها الى الشكل الخطي عن طريق اخذ اللوغاريتم الطبيعي لطرفي المعادلة للحصول على الصيغة الآتية:

$$\ln L = n \ln \alpha + n \ln \beta + \sum_{i=1}^n \ln t_i^{\beta-1} - \alpha t_0^\beta \\ \ln L = n \ln \alpha + n \ln \beta + (\beta - 1) \sum_{i=1}^n \ln t_i - \alpha t_0^\beta \quad (10)$$

ومن خلال ايجاد المشتقات الجزئية بالنسبة لكل من  $\alpha, \beta$  للوغاريتم دالة الامكان الاعظم للمعادلة (10) ومن ثم مساواة المشتقة بالصفر يتم الحصول على مقدرات للمعلمات أعلاه، وكما يلي:

$$\frac{\partial \ln L}{\partial \alpha} = \frac{n}{\alpha} - t_0^\beta$$

وعند مساواة المشتقة الاولى بالصفر يتم الحصول على المقدار الآتي:

$$\frac{n}{\alpha} = t_0^\beta$$

وعليه فان مقدر الإمكان الأعظم لمعلمة القياس  $\alpha$  هو:

$$\dots (11) \hat{\alpha} = \frac{n}{t_0^\beta}$$

$$\frac{\partial \ln}{\partial \beta} = \frac{n}{\beta} + \sum_{i=1}^n \ln t_i - \alpha t_0^\beta \ln t_0$$

وعند مساواة المشتقة الاولى بالصفر يتم الحصول على المقدار الاتي:

$$n + \beta \sum_{i=0}^n \ln t_i - \alpha \beta t_0^\beta \ln t_0 = 0$$

وعليه فان مقدر الإمكان الأعظم لمعلمة الشكل  $\beta$  هو:

$$\hat{\beta} = \frac{n}{\alpha t_0^\beta \ln t_0 - \sum_{i=1}^n \ln t_i}$$

ويما ان:

$$\alpha t_0^\beta = n$$

وعليه فان مقدر الإمكان الاعظم لمعلمة الشكل  $\beta$  هو:

$$\dots (12) \quad \hat{\beta} = \frac{n}{n \ln t_0 - \sum_{i=1}^n \ln t_i}$$

#### 2-7 طريقة المربعات الصغرى (LSD) Least Square Method [4][2]:

ان العلاقة الخطية بين متغيرين او ظاهرتين وكما هو معروف يمكن التعبير عنها بنموذج الانحدار الخطي البسيط

الاتي:

$$\dots (13) Y_i = a + b X_i + u_i \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, n$$

اذ ان:

$Y_i$ : يمثل المتغير المعتمد

$a, b$ : تمثل معاملات معادلة الانحدار

$X_i$ : يمثل المتغير المستقل

$u_i$ : يمثل الخطأ العشوائي.

تعد طريقة المربعات الصغرى من الطرائق المعروفة في تقدير معاملات عملية بواسون غير المتجانسة، وعند

اخذ اللوغاريتم الطبيعي للمعدل الزمني المتراكم لدالة قانون القوة في الصيغة (6)، تم الحصول على الصيغة الاتي:

$$\dots (14) \ln [m(t_i)] = \ln \alpha + \beta \ln t_i$$

وعليه لو فرضنا المقادير الاتية: [5]

$$y_i = \ln [m(t_i)],$$

$$a = \ln \alpha,$$

$$b = \beta,$$

$$\dots (15) x_i = \ln t_i$$

وفرضنا ان مجموعة البيانات هي عبارة عن ازواج من القيم  $(x_i, y_i)$  وطبقاً لمبدأ المربعات الصغرى الذي يقلل من المسافة العمودية بين نقاط البيانات والخط المستقيم الملائم لهذه البيانات، فإن افضل خط مستقيم ملائم لهذه البيانات هو المستقيم الذي تمثله المعادلة الاتية:

$$y_i = a + b x_i \quad (16) \dots$$

وعليه فان:

$$\sum_{i=1}^n (\hat{a} + \hat{b}x_i - y_i)^2 = \min_{a,b} \sum_{i=1}^n (a + b x_i - y_i)^2$$

والمقدران  $\hat{a}, \hat{b}$  هما مقدري المربعات الصغرى للمعلمتين  $a, b$ ، وكما هو معروف فان هذين المقدرين يمكن ايجادهما من خلال المعادلتين الاتيتين:

$$\hat{a} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} - \hat{b} \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$$\hat{b} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)(\sum_{i=1}^n y_i)}{n}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n x_i)^2}{n}}$$

وبالتعويض عن قيم  $x_i, y_i, b, a$  بما يقابلها من الصيغ (15) نحصل على ماياتي :

$$\ln \hat{a} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln m(t_i)}{n} - \hat{\beta} \frac{\sum_{i=1}^n \ln t_i}{n}$$

... (17)

$$\hat{\alpha} = e^{\frac{1}{n}(\sum_{i=1}^n \ln m(t_i)) - (\hat{\beta} \sum_{i=1}^n \ln t_i)}$$

$$\dots (18) \hat{\beta} = \frac{\sum_{i=1}^n (\ln t_i)(\ln m(t_i)) - \frac{(\sum_{i=1}^n \ln t_i)(\sum_{i=1}^n \ln m(t_i))}{n}}{\sum_{i=1}^n (\ln t_i)^2 - \frac{(\sum_{i=1}^n \ln t_i)^2}{n}}$$

اذ ان  $\hat{\beta}, \hat{\alpha}$  يمثلان مقدري المربعات الصغرى للمعلمتين  $\beta, \alpha$  على التوالي.

### 3-7 طريقة تحسين سرب الجسيمات (Particle Swarm Optimization Method (PSO):

لتكن لدينا مسألة لأعظم قيمة لـ (دالة الهدف) وبقيود غير مشروطة، اذ ان الحد الاعظم Maximize لدالة الهدف  $f(X)$  بمدى  $X^{(l)} \leq X \leq X^{(u)}$  عندما يشير  $X^{(l)}$  و  $X^{(u)}$  الى الحد الادنى والحد الاعلى على التوالي بالنسبة للمتغير  $X$ ، عندئذ يمكن تنفيذ هذه الخوارزمية من خلال الخطوات الاتية [14]:

(1) نفترض أن حجم السرب (عدد الجسيمات) يتمثل بالرمز  $N$ ، ولتقليل العدد الكلي لتقديرات الدالة اللازمة لإيجاد حل يتوجب علينا أن نفترض حجم أصغر من حجم السرب بحيث يكون صغير جداً. أن من المحتمل الوصول إلى أطول حل او في بعض الحالات قد لا نستطيع التوصل إلى حل على الإطلاق، وعادةً ما يفترض ان يكون حجم الجزيئة من 20 إلى 30 جزيئة للسرب كحل وسطي في حالة جعل السرب مرناً.

(2) توليد مجتمع ابتدائي لقيم  $X$  في المدى  $X^{(l)}$  و  $X^{(u)}$  عشوائياً أي  $X_1, X_2, \dots, X_N$ ، ولسهولة الحساب نعتبر الجسيمات هي الموقع  $j$  والمقدرة في التكرار  $i$  تشير الى سرعتها في التكرار  $X^{(i)}$  و  $V^{(j)}$  على التوالي، لذلك يتم اعتبار الجزيئات المتولدة ابتدائياً والتي تشير لقيم  $X_1(0), X_2(0), \dots, X_N(0)$  وان المتجهات التي تمثل  $X_j(0); (j = 1, 2, \dots, N)$  تعرف بمحاور الجسيمات وهي تكون مشابهة لعمل الكروموسومات في الخوارزميات الجينية. ان عملية تقدير دالة الهدف للقيم المقابلة للجسيمات يكون بالشكل الاتي:

$$f [X_1(0)], f [X_2(0)], \dots, f [X_N(0)]$$

3) ايجاد سرع الجسيمات، اذ تتحرك جميع الجسيمات الى النقطة المثلى بسرعة معينة وفي البداية تكون جميع سرع

الجسم افتراضية وتعطى لها قيمة صفرية، اذ نضع رقم تكراري عندما  $i = 1$ .

4) في  $i$  من التكرارات، يتم تقدير المعلمات والبالغ عددها 2 والتي تستخدم بواسطة جسيم نموذجي (تجريبي) والمتمثل بـ  $j$ :

a. اختيار افضل قيمة بصورة عامة لـ  $X_j^{(i)}$  أي ان (المحاور لـ  $j$  من الجسيم في التكرار  $i$  المقابل له) تعرف

بـ  $P_{best,j}$  وهي تمثل قيمة عظمى لدالة الهدف  $f [X_j^{(i)}]$ ، اذ يتم توجيهها بواسطة الجسيم  $j$  في جميع

التكرارات السابقة، وان افضل قيمة لـ  $X_j^{(i)}$  الجديدة ستمثل المحاور لجميع الجسيمات الجديدة ويتكرر جديد. كذلك

اختيار  $G_{best}$  والتي تعتبر قيمة عظمى لدالة الهدف  $f [X_j^{(i)}]$  والتي تمثل جميع التكرارات السابقة بواسطة أي

جسيم من  $N$  من الجسيمات.

b. ايجاد سرعة الجسيم  $j$  في  $i$  من التكرار وبالصيغة الآتية:

$$V_j^{(i)} = V_j^{(i-1)} + C_1 r_1 [P_{best,j} - X_j^{(i-1)}] + C_2 r_2 [G_{best,j} - X_j^{(i-1)}] ; \quad j = 1, 2, \dots, N \quad \dots (19)$$

$C_2, C_1$  : تقومان بتكوين افراد مقربين ويعملان عمل الكروب الجماعي او يعتبران من التدريب على التوالي:

هذه المقادير تتوزع توزيعاً منتظماً بأرقام عشوائية في المدى 0، 1.

ان المعلمات  $C_2, C_1$  تشير الى العلاقة المهمة لذاكرة (الموقع) للجسيم نفسه الى ذاكرة (الموقع) للسرب، اذ ان

القيم  $C_2, C_1$  تكون عادة قيم مفترضة وقيمتها تتمثل بالرقمين 1 و 2، لذا فان  $C_1 r_1$  و  $C_2 r_2$  تعتبر غير مؤكدة

للجسيمات التي سوف تكون اكبر هدف والتي تستغرق نصف الوقت.

c. ايجاد موقع او محور الجسيم  $j$  في التكرار  $i$ :

$$X_j^{(i)} = X_j^{(i-1)} + V_j^{(i)} ; \quad j = 1, 2, \dots, N \quad \dots (20)$$

اذ يتم افتراض خطوة زمنية للوحدة في مدى السرعة في المعادلة (20) أعلاه لتقييم دالة الهدف المقابلة للجسيمات

$$f [X_1(0)], f [X_2(0)], \dots, f [X_N(0)]$$

d. يتم فحص التجمع او النقاء الجسيمات للحساب الحالي، اذا كانت مواقع الجسيمات متقاربة لنفس قيم المجموعة

عندئذ فأن الطريقة المفترضة لها تكون متقاربة. اما اذا ظهر معيار التقارب ليس متحققاً عندئذ تُعاد الخطوة الرابعة

لكن بعملية تحديث لعدد التكرارات عندما  $i = i + 1$ ، ونحسب القيم الجديدة لأفضل  $P$  بمعنى  $(P_{best,j})$

وأفضل  $G$  بمعنى  $(G_{best,j})$ . وتستمر هذه العملية التكرارية حتى تتجمع كل الجسيمات مع بعضها البعض

وصولاً الى افضل حل والذي يمثل الحل الامثل.

## 8. خطأ النسبة الاعظم (MPE): Maximum Percentage Error

يعد خطأ النسبة الاعظم (MPE) احد المعايير المهمة من معايير جودة التوفيق

(Goodness of fit) اذ تم استخدام هذا المعيار للمقارنة بين طرائق التقدير المختلفة لمعاملات عملية بواسون غير



المتجانسة الموصوفة بدالة قانون القوة، وقد تم استخدام هذا المعيار كدالة الهدف (Objective function) في خوارزمية (PSO) التي على اساسها تتم المقارنة [8].  
 فاذا كانت قيمة كل من  $s_i$  و  $\hat{s}_i$  تحسب بالصيغ الآتية:

$$s_i = \sum_{j=1}^i x_j , \hat{s}_i = \sum_{j=1}^i \hat{x}_j \quad \dots (21)$$

وعليه فان خطأ النسبة الاعظم يمكن حسابه بالصيغة الآتية:

$$\dots (22) MPE = \max_{1 \leq i \leq n} [|s_i - \hat{s}_i| / s_i]$$

9. الجانب التطبيقي:

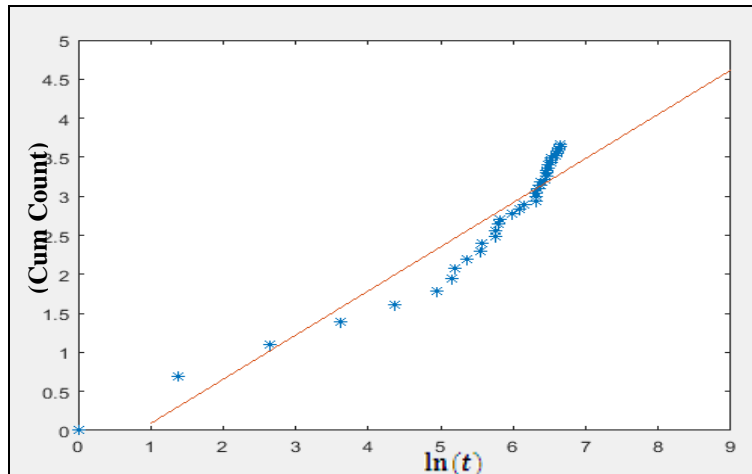
تعد محطة الكهرباء الغازية في محافظة نينوى من المحطات الكهربائية الرئيسية التي تمثل مصدر مهم وضروري لتوليد وانتاج الطاقة الكهربائية لمدينة الموصل، اذ تم اعتماد بيانات وحدة من وحدات هذه المحطة للفترة من 2010/1/1 ولغاية 2013 /12 /31 والتي تمثل فترات التشغيل بين توقفين بالايام [1]، وكما موضحة في الملحق. ولغرض تقييم اداء طريقة PSO في تقدير معلمات عملية بواسون غير المتجانسة، تم تقدير معلمات العملية قيد الدراسة باستخدام الطريقة المقترحة PSO للتقدير ومقارنتها مع الطرائق التقليدية والمتمثلة بطريقتي الامكان الاعظم والمربعات الصغرى.

### 9-1 اختبار ملائمة البيانات لعملية بواسون غير المتجانسة:

يتم في هذه الفقرة فحص طبيعة البيانات قيد الدراسة والتحري عن مدى ملائمتها لدالة قانون القوة في عملية واييل. ان ذلك يتم من خلال رسم الشكل الانتشاري للنقاط بين عدد الايام المتراكمة لفترات التشغيل بين توقفين مع اوقات حدوثها بالمقياس اللوغاريتمي للعملية قيد الدراسة، فاذا كانت تلك النقاط تأخذ شكل خط مستقيم تقريباً، عندئذ ستكون البيانات قيد الدراسة ملائمة لدالة قانون القوة للمعدل الزمني للحدوث لعملية بواسون غير المتجانسة. وهذا ما تم توضيحه بالطريقة البيانية التي تعد احدى الطرائق المستخدمة للكشف عن مدى ملائمة البيانات قيد الدراسة، وبأخذ اللوغاريم الطبيعي للدالة التراكمية للمعدل الزمني للحدوث لعملية واييل يتم الحصول على المعادلة الآتية:

$$\dots (23) \ln[m(t)] = \ln \alpha + \beta \ln t$$

وباستخدام اللغة البرمجية MATLAB\R2017b تم الحصول على الشكل الآتي:



الشكل (1): الشكل الانتشاري للوغاريم العدد المتراكم لفترات التشغيل بين توقفين بالايام لمحطة كهرباء الموصل الغازية.

من الشكل (1) تم ملاحظة انتشار النقاط بيانياً بين عدد الايام المتراكم لفترات التشغيل بين توقفين بالايام مع اوقات حدوثها بالمقياس اللوغاريتمي للبيانات قيد الدراسة. كما تم ملاحظة ان الرسم قد اخذ شكلاً مستقيماً تقريباً، مما يدل على ملائمة البيانات قيد الدراسة لدالة قانون القوة والتي تمثل معلمة عملية واييل. ووفقاً لذلك يمكن نمذجة الفترات البيئية لفترات التشغيل بين توقفين بالايام لمحطة الكهرباء بدالة واييل كمعدل زمني للحدوث.

### 9-2 تقدير معلمات عملية بواسون غير المتجانسة:

تم تقدير معلمات عملية بواسون غير المتجانسة باستخدام طرائق التقدير المختلفة، وتم اعداد برامج باستخدام اللغة البرمجية MATLAB\R2017b لكتابة الخوارزميات الخاصة بكل طريقة وكما في الجدول التالي:

الجدول (1): مقدرات معلمات عملية بواسون غير المتجانسة لتوقفات محطة كهرباء الموصل الغازية.

Methods	Parameters Estimation	
	$\hat{\alpha}$	$\hat{\beta}$
MLE	0.0408	1.0337
LSD	0.6209	0.5660
PSO	0.0235	1

الجدول (1) يوضح مقدرات معلمات عملية بواسون غير المتجانسة لتوقفات محطة كهرباء الموصل الغازية بالايام باستخدام طرائق التقدير المقترحة للاستخدام في البحث، علماً انه تم اجراء عدة تجارب في تقدير معلمات العملية قيد الدراسة باستخدام طريقة PSO من خلال اعطاء قيم اولية (ابتدائية)، وتم الاستنتاج ان افضل قيم مقدره للمعلمتين  $\hat{\alpha}$  و  $\hat{\beta}$  تم الحصول عليهما بالاعتماد على القيم الاتية:

- الاوزان الابتدائية  $C1, C2$  تم مساواتها بالواحد:

$$C1 = C2 = 1$$

- سرعة الجسيم الذي ينطلق نحو الهدف هي:

$$V = 0.6$$

- عدد التكرارات لتنفيذ خطوات البرنامج هي:

$$Iteration = 100$$

- تم الحصول على النتائج النهائية عند التكرار:

$$Iteration = 56$$

- توقفات محطة كهرباء الموصل الغازية والتي تمثل 39 توقف / اليوم هي:

$$t = [DATA]$$

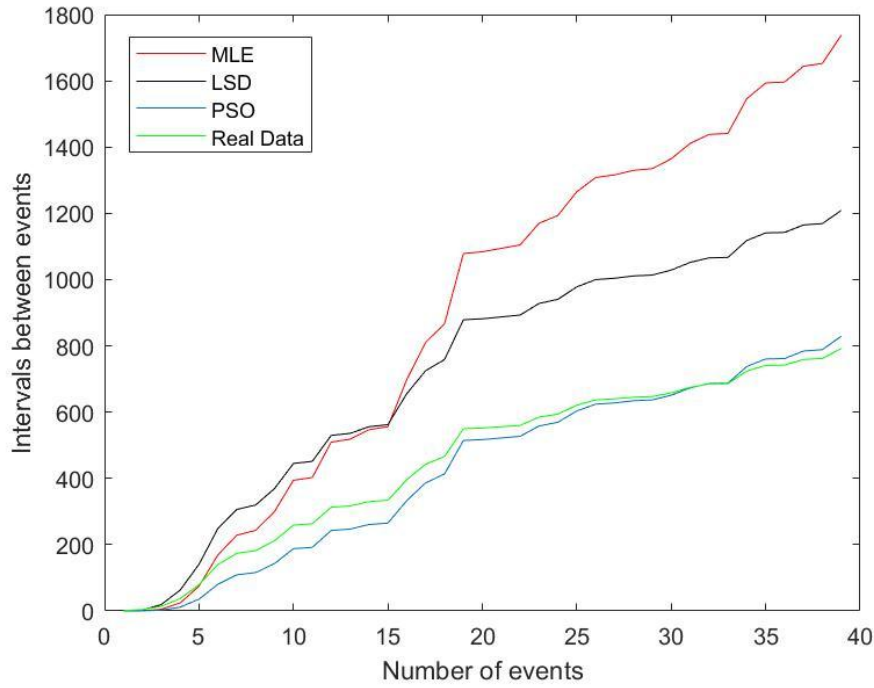
**10. مناقشة النتائج Discussion of Results:**

لغرض المقارنة بين الطرائق المستخدمة لتقدير معلمات عملية بواسون غير المتجانسة، تم استخدام معيار خطأ النسبة الأعظم MPE حسب الصيغة (22)، وباستخدام البرنامج المعد لهذا الغرض باللغة البرمجية MATLAB\R2017b تم الحصول على العدد المتوقع لتوقفات محطة كهرباء الموصل الغازية بالايام خلال الفترة الزمنية قيد الدراسة، وتم حساب معيار MPE بين القيم الحقيقية والقيم المقدرة للمعدل الزمني لتوقف المحطة، وكما في الجدول التالي:

الجدول (2): قيم MPE للطرائق المستخدمة لتقدير المعدل الزمني لتوقفات محطة كهرباء الموصل الغازية.

Methods	MPE
MLE	1.2476
LSD	1
PSO	0.9765*

يلاحظ من الجدول (2) أن قيمة خطأ النسبة الأعظم MPE لمقدرات طريقة PSO أقل من قيمة خطأ النسبة الأعظم للطرائق التقليدية في التقدير، مما يدل على كفاءة الطريقة الذكائية في تقدير المعدل الزمني للحدوث لعملية بواسون غير المتجانسة الموصوفة بدالة قانون القوة، يليها طريقة المربعات الصغرى في تقدير المعلمات. والشكل التالي يمثل دالة عملية بواسون غير المتجانسة ذات المعدل الزمني الموصوف بدالة قانون القوة المقدرة باستخدام طرائق التقدير التقليدية والذكائية المستخدمة في البحث مقارنةً مع القيم التراكمية الحقيقية التي تمثل فترات التشغيل بين توقفين بالايام لمحطة كهرباء الموصل الغازية للفترة من 2010/1/1 الى 2013 /12 /31 :



الشكل(2): الدوال المقدره للعدد المتراكم لفترات التشغيل بين توقفين بالايام لمحطة كهرباء الموصل الغازية باستخدام الطرائق الثلاث.

من الدوال المقدره لفترات التشغيل بين توقفين بالايام لبيانات البحث في الشكل (2) باستخدام طرائق التقدير يلاحظ انها متقاربة مع بعضها، ولكن طريقة PSO كانت الاقرب الى البيانات الحقيقية، مما يدل على كفاءة هذه الطريقة في التقدير عن باقي الطرق لبيانات البحث.

## الاستنتاجات والتوصيات :Conclusions and Recommendations

- تم في هذا البحث التوصل الى بعض الاستنتاجات والتوصيات يمكن ادراجها بالنقاط التالية:
- (1) من خلال رسم الفترات بين توقفات محطة كهرباء الموصل الغازية بالايام مع الزمن بالمقياس اللوغاريتمي، ظهرت انها تأخذ شكلاً مستقيماً تقريباً، مما يدل على ملائمة البيانات قيد الدراسة لدالة قانون القوة والتي تمثل معلمة عملية واييل. وعليه يمكن نمذجة الفترات البيئية بالايام لفترات التشغيل بين توقفات محطة الكهرباء بدالة واييل كمعدل زمني للحدوث.
  - (2) تم الاستنتاج بأن تقدير معلمات عملية بواسون غير المتجانسة الموصوفة بدالة قانون القوة بالطريقة الذكائية والمتمثلة بطريقة (PSO) هي افضل من الطرائق التقليدية والمتمثلة بطريقتي الإمكان الأعظم والمربعات الصغرى للتقدير، وذلك لأنها اعطت اقل قيمة لمعيار خطأ النسبة الاعظم (MPE) وبأقل وقت وجهد، يليها طريقة المربعات الصغرى في التقدير.
  - (3) من تقدير الفترات التراكمية للتشغيل بين توقفين لمحطة كهرباء الموصل الغازية للفترة قيد الدراسة وكما هو موضح في الشكل (2)، تم ملاحظة وجود تقارب بين رسم دالة العملية باستخدام طريقة PSO والبيانات الحقيقية، مما يؤكد كفاءة الطريقة الذكائية في التقدير، يليها بالقرب من البيانات الحقيقية طريقة المربعات الصغرى للتقدير ثم طريقة الامكان الاعظم المتمثلة بالخط البعيد من البيانات الحقيقية.
  - (4) تم ملاحظة ان قيم المعلمات  $\hat{\alpha}$  و  $\hat{\beta}$  المقدرة في طريقة PSO قد تم الحصول عليهما في البرنامج المعد لهذا الغرض بسرعة كبيرة وذلك عند التكرار (56).
- مما تقدم يمكن إعطاء التوصيات التالية:
- (1) نوصي باعتماد خوارزمية PSO في تقدير المعدل الزمني للحدوث لعملية بواسون غير المتجانسة الموصوفة بدالة قانون القوة وذلك لكفاءتها وسرعتها في التقدير.
  - (2) نوصي باستخدام خوارزميات أخرى كطريقة ذكائية لتقدير معلمات عملية بواسون غير المتجانسة الموصوفة بدالة قانون القوة.
  - (3) للدراسات المستقبلية نوصي بإجراء مقارنة بين المقدرات الذكائية لعملية بواسون غير المتجانسة مع مقدرات ذكائية لعمليات تصادفية أخرى .

## المصادر :References

- 1- الحمداني، منى احمد رمضان، (2015)، "التحليل الاحصائي لعملية التجديد وتطبيقاتها على محطة كهرباء الموصل الغازية"، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية علوم الحاسوب والرياضيات، جامعة الموصل
- 2- لازم، جاسم حسن، (2007)، "مقارنة طرائق تقدير دالة الشدة لعمليات بواسون غير المتجانسة"، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الادارة والاقتصاد، جامعة بغداد.
- 3- نعمة، علي بندر، (2009)، "مقارنة تقديرات طريقتي ML&WLS لبعض نماذج عمليات بواسون غير المتجانسة"، كلية الإدارة والاقتصاد، جامعة بغداد.
- 4- Ait-Sahalia, Yacine and Kimmel, Robert, (2004), "Maximum Likelihood Estimation of Stochastic Volatility Models", National Bureau of Economic Research, Cambridge University, NBER Working Paper No.10579, MA 02138, British. <http://www.nber.org/papers/w10579>
- 5- Crow, L. H., (1997), "Reliability Growth Reference", The HTML version of the printed textbook; <http://www.weibll.com>.
- 6- Daly, Edoardo and Porporato, Amilcare, (2007), " Intertime jump statistics of state-dependent Poisson processes", Department of Civil and Environmental Engineering and Nicholas School of the Environment and Earth Sciences, Physical Review E 75, 011119, North Carolina, USA.
- 7- Duane, J. T., (1964), "Learning curve approach to reliability monitoring"; IEEE Transaction on Aerospace, (2), 563-566.
- 8- Erkanli, A., Merrick, J. R. and Soyer, R., (2002), "Parametric and semi-parametric Bayesian models for accelerated life tests". Journal of Computational and Graphical Statistics, Institute of Mathematical Statistics, Vol. 11, No. 2, PP. 289-305. USA. <http://www.people.vcu.edu/~jrmerrick/tenure/preparation>
- 9- J. Kennedy and R. C. Eberhart, (1995), "Particle swarm optimization", Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks, IEEE Service Center, Piscataway, NJ.
- 10- K. Muralidharan, Dilip Kumar, Shanoja R.Naik, (2014), "A non-homogeneous Poisson process through pathway model", journal of Indian statistical Association, Vol 52(2), 247-266, India.
- 11- Liao, Haitao and Guo, Huairui, R. (2007),"A New Stochastic Model for Systems under General Repairs", Industrial & Information Engineering Publications and Other Works, IEEE TRANSACTIONS ON RELIABILITY, VOL. 56, NO. 1, University of Tennessee, Knoxville. [http://trace.tennessee.edu/utk\\_indupubs/1](http://trace.tennessee.edu/utk_indupubs/1)
- 12- Miegheem, P. V., (2006), "Performance Analysis of Communications Networks and Systems", Published by Cambridge University Press, British.
- 13- Rao, Singiresu S., (2009), " Engineering Optimization: Theory and Practice", Fourth Edition, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New jersey, USA.
- 14- Soyer, R. and Tarimcilar, M.M.,(2005)," Modeling and Analysis of Call Center Arrival Data: A Bayesian Approach", Department of Management Science, The George Washington University, Washington, DOI: 10.1287/ mns.1070.0776 . Source: DBLP, Monroe Hall 403, Vol. 40, pp. 1-25, USA.

الملحق: بيانات البحث

فترات التشغيل بين توقيين بالايام لمحطة كهرياء الموصل الغازية

للفترة من 2010/1/1 – 2013 /12 /31 [1].

17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	التسلسل
47	62	4	13	4	50	4	47	30	8	34	61	42	23	10	3	1	الفترة/يوم

32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	التسلسل
10	17	11	2	5	3	16	27	9	25	4	4	2	84	23	الفترة/يوم

39	38	37	36	35	34	33	التسلسل
3	3	17	1	17	38	1	الفترة/يوم