استعمال خوارزمية سرب الطيور لحل نماذج صفوف الانتظار مع تطبيق عملي

أ.م.د. صباح منفي رضا / كلية الإدارة والاقتصاد / جامعة بغداد
الباحث / أنسام علاوي إبراهيم

المستخلص

يتضمن هذا البحث تطبيق نظرية صفوف الانتظار مع خوارزمية سرب الطيور أو ما يسمى ب(ذكاء السرب) لحل مشكلة صفوف الانتظار وتطويرها للهيئة العامة للضرائب / فرع كرخ المركز في مرحلة الخدمة لقسم الحاسبة المتآلف من ستة موظفين، وتم أختيار نموذج صف الانتظار ذو قناة الخدمة الواحدة M/M/1 بحسب طبيعة عمل الدائرة المذكورة أنفاً ويكون مقسم حسب نظام الأحرف لكل موظف، وتم جمع البيانات المتآلفة من الأوقات (وقت الوصول، وقت الخدمة، وقت المغادرة) بالدقائق، حيث تم اختبار البيانات المستحصل عليها ووجد أنها تتوزع التوزيع الأحصائي الذي يتناسب مع طبيعة البيانات وعند أختبارها وجد أنها تتوزع توزيع الوصول (التوزيع المنتظم المتقطع Discrete Uniform distribution) وتوزيع الخدمة (التوزيع الآسي Exponential distribution)، وإيجاد مقاييس ألاداء (الخدمة المقدمة) في النظام (Ls , Lq , Ws , Wq)، و تم حل مشكلة البحث بأستخدام برنامج MATLAB R2013a Version : 8.1 والحصول على النتائج المطلوبة، ويهدف البحث لحل مشكلة صفوف الانتظار لهيئة العامة للضرائب / فرع كرخ المركز وتقليل من أوقات الانتظار الزبائن وتحسين كفاءة الخدمة المقدمة.

المصطلحات الرئيسة للبحث / نظرية صفوف الانتظار، خوارزمية سرب الطيور، التوزيع المنتظم المتقطع، التوزيع الاسي.

*البحث مستل من رسالة ماجستير.

أولاً : المقدمة

نظراً للأختناقات الحاصلة في مؤسسات ودوائر الدولة، ظهرت الكثير من المشاكل التي تعيق النمو والتطور في جميع جوانب الحياة، ولكن يمكن لهذه المشاكل أن تؤثر في عمل المؤسسات بشكل كبير ومن ثم يؤثر في قرار المؤسسة مما دفع المؤسسات لأيجاد الحلول التي تعتمد على تحليل البيانات والمعلومات المتوفرة لغرض مساعدة المؤسسات لأتخاذ القرارات المثلى ذات الكفاءة والدقة عالية ومرضية للأداء المؤسسي لخدمة المجتمع.

إن مشكلة الزخم الموجود في المؤسسات الخدمية، مما دفع المؤسسات لتقديم الخدمة المطلوبة للزبائن في الأوقات المناسبة وتجنب الأثار السلبية للتأخير التي تؤثر في جودة الخدمة ولغرض تقديم خدمة تتميز بسرعة الأنجاز ودقة العمل بأقل التكاليف، فقد تم التوجه نحو نظرية صفوف الانتظار (Queuing theory) التي تعد من أهم الأساليب في بحوث العمليات التي تستعمل لحل المشاكل الخدمية المتعلقة بجودة العمل لتقديم أفضل خدمة لهم.

ولغرض الحصول على الحل المقارب للأمثل لمشكلة ألانتظار تم أستخدام خوارزمية سرب الطيور (Particle Swarm Algorithm) التي تعد من الخوارزميات الحديثة المتطورة والمستوحاة من الطبيعة والسلوك الحيواني كما في أسراب الطيور ومجاميع ألاسماك، وتعد خوارزمية سرب الطيور من ألاساليب التي تعطي الحل المقارب للأمثل للمشكلة وتتميز بالكفاءة العالية وسرعة بألاداء.

ثانياً : هدف البحث

يهدف هذا البحث لحل مشكلة صفوف الانتظار التي يعاني منها الزبائن في الهيئة العامة للضرائب / فرع كرخ المركز وأيجاد الحل للمشكلة وتقليل أوقات انتظار الزبائن وأوقات الخدمة وتحسين كفاءة الخدمة المقدمة للزبائن.

ثالثاً : الجانب النظري

أن صفوف الانتظار (Queuing theory) تعد ظاهرة مألوفة وكثيرة ألانتشار في كثير من جوانب الحياة التي تعتمد على أنظمة الخدمات و تلبية الخدمة للمستهلكين، وتحدث ظاهرة صفوف الانتظار نتيجة أزدياد نسبة الطلب على الخدمة التي تفوق نسبة تلبية الخدمة وهذا يؤدي الى ظهور صف الانتظار، وأن هذه الظاهرة لا تقتصر على البشر فحسب أنما على الوحدات أخرى منها (السيارات، الطائرات، خطوط الهاتف، ... الخ).

رابعاً : التوزيع المستخدم في البحث:

إن توزيع الوصول هو توزيع المنتظم المتقطع ولتوزيع الخدمة هوالتوزيع الآسي وسيتم توضيح التوزيعات المستخدمة بشكل مبسط موضح كما يأتي :

1-**التوزيع المنتظم المتقطع** (**Discrete Uniform distribution**)

يعد التوزيع المنتظم المتقطع من أبسط أنواع التوزيعات المتقطعة وأذ أن المتغير العشوائي X يأخذ القيم ذات ألإعداد الصحيحة الموجبة ويتوزع $X \sim \text{Uniform}\ (N)$ ، ويعد حالة خاصة من توزيع برنولي عندما $P = \frac{1}{2}$، حيث الدالة الاحتمالية PMF لتوزيع المنتظم موضح كما يأتي [8] :

$$f\ (x) = \frac{1}{N} \qquad \text{for} \qquad x = 1,2,\ \dots\ ,N \qquad \dots \qquad (1)$$

ولإيجاد متوسط **Mean** موضح كما يلي [8] :

$$E\ [X] = \sum_{x=1}^{N} x\ f\ (x) = \sum_{x=1}^{N} x\ .\ \frac{1}{N} = \frac{1}{N}\ (1 + 2 + \cdots + N)$$

$$E\ [X] = \frac{N+1}{2} \qquad \dots \qquad (2)$$

ولإيجاد التباين Variance موضح كما يلي [8] :

$$\sigma^2 = E[X]^2 - (E[X])^2$$

$$\sigma^2 = \frac{N^2-1}{12} \quad \ldots \quad (3)$$

2-**التوزيع الآسي** (Exponential distribution)

يعد التوزيع الآسي من التوزيعات المستمرة وأذ أن المتغير العشوائي X يتوزع بحسب التوزيع الآسي $X \sim \exp(\lambda)$ وأن دالة التوزيع الأحتمالية PDF موضح كما يأتي [8] :

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \quad for \quad x \geq 0 \quad \ldots \quad (4)$$

ولإيجاد Mean موضع كما يلي [8] :

$$E[X] = \int_0^\infty x f_{(x)} = \frac{1}{\lambda} \quad \ldots \quad (5)$$

ولإيجاد Variance موضع كما يلي [8] :

$$\sigma^2 = E[X]^2 - (E[X])^2 = \frac{1}{\lambda^2} \quad \ldots \quad (6)$$

خامساً : مقاييس الأداء نظرية صفوف ألانتظار

أن مقاييس ألاداء المستخدمة لتمثيل النماذج الرياضية لنظرية صفوف الانتظار [1] موضح في الجدول كما يأتي:

جدول (1) يبين (رموز مقاييس الأداء لأنظمة صفوف ألانتظار)

مقاييس ألاداء	الرموز
متوسط عدد الوحدات الواصلة خلال فترة الزمنية.	λ
متوسط عدد ألاداء خدمة الوحدات الواصلة خلال فترة الزمنية.	μ
معامل ألاستخدام أو معدل نسبة فعالية النظام.	$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$
أحتمال وجود n من الوحدات في النظام.	Pn
أحتمال عدم وجود n من الوحدات في النظام.	P_0
متوسط عدد الوحدات في النظام.	Ls
متوسط عدد الوحدات في صف ألانتظار.	Lq
متوسط زمن ألانتظار الوحدات في النظام.	Ws
متوسط زمن ألانتظار الوحدات في صف ألانتظار.	Wq
ددد الوحدات في النظام.	n
متغير يمثل الفترة الزمنية (أيام، أسابيع، ...).	Δt
يمثل وقت الوصول من الفترة الزمن 0 الى t.	A(t)
يمثل وقت المغادرة من النظام من الفترة الزمن 0 الى t.	Ds(t)
يمثل وقت المغادرة من صف الأنتظار من الفترة الزمن 0 الى t.	Dq(t)
يمثل وقت الوصول n من الزبائن.	A(n)
يمثل وقت المغادرة n من الزبائن للنظام.	Ds(n)
يمثل وقت المغادرة n من الزبائن لصف الأنتظار.	Dq(n)

وهناك بعض التعاريف لمقاييس الأداء المستخدمة موضح كما يأتي [2] :

- زمن الوصول Arrival time : يمثل وقت وصول الزبون الى صف الانتظار.
- زمن المغادرة Departure time : يمثل وقت مغادرة الزبون عند أنتهاء خدمتهُ.

- زمن المغادرة من صف الانتظار Departure time from queue : يمثل وقت الذي يغادر بـهُ الزبون صف الأنتظار للحصول على الخدمة.
- الزمن في صف الأنتظار Time in queue : يمثل زمن المغادرة من صف الأنتظار – زمن الوصول.
- زمن الخدمة Service time : يمثل زمن المغادرة – زمن المغادرة من صف الأنتظار.
- زمن في النظام Time in system : يمثل زمن المغادرة – زمن الوصول = الزمن في صف الأنتظار + زمن الخدمة.
- $Lq(t)$: يمثل عدد الزبائن في صف الأنتظار عند الزمن t .

$$Lq(t) = A(t) - Dq(t) \quad \dots \quad (7)$$

- $Ls(t)$: يمثل عدد الزبائن في النظام عند الزمن t.

$$Ls(t) = A(t) - Ds(t) \quad \dots \quad (8)$$

- $Ws(n)$: يمثل وقت المستغرق في النظام لعدد n من الزبائن.

$$Ws(n) = Ds(n) - A(n) \quad \dots \quad (9)$$

- $Wq(n)$: يمثل وقت المستغرق في صف الأنتظار لعدد n من الزبائن.

$$Wq(n) = Dq(n) - A(n) \quad \dots \quad (10)$$

$$Wq = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} Wq(n) \quad \dots \quad (11)$$

$$Ws = \frac{1}{N}\sum_{n=1}^{N} Ws(n) \quad \dots \quad (12)$$

- t_s : يمثل بداية أول مدة زمنية محسوبة عند وصول الزبائن [2].
- t_e : يمثل نهاية أخر مدة زمنية محسوبة عند مغادرة الزبائن [2].

عليه فأن [2] :

$$Lq = \frac{1}{t_e - t_s}\int_{t_s}^{t_e} Lq(t)dt \quad \dots \quad (13)$$

$$Ls = \frac{1}{t_e - t_s}\int_{t_s}^{t_e} Ls(t)dt \quad \dots \quad (14)$$

$$\lambda = \frac{N}{t_e - t_s} \quad \dots \quad (15)$$

فضلاً عن أن هذه المقاييس هناك صيغة تسمى صيغة ليتل (Littele' s Formulas) وتستخدم مع جميع أنواع النماذج الرياضية لنظرية صفوف ألانتظار، موضح كما يأتي :

$$L = \lambda W \quad \dots \quad (16)$$

حيث أن :

L تمثل متوسط عدد الوحدات في النظام.

λ تمثل متوسط معدل الوصول الوحدات الى النظام.

W تمثل متوسط الوقت المستغرق للوحدات في النظام، وصيغ قانون ليتل موضح [4]،كما يلي:

$$Ls = Lq + \rho = \lambda Ws \quad \dots \quad (17)$$

$$Lq = \lambda Wq \quad \dots \quad (18)$$

$$Ws = Wq + \frac{1}{\mu} = \frac{Ls}{\lambda} \quad \dots \quad (19)$$

$$Wq = Ws - \frac{1}{\mu} = \frac{Lq}{\lambda} \qquad \dots \qquad (20)$$

سادساً : نموذج النظام عندما يكون مركز الخدمة واحد (M/M/1)(FCFS/∞/∞)

أن هذا النموذج من أبسط انواع النماذج صفوف الانتظار ويكون فيه مركز الخدمة واحداً والقاعدة المستخدمة فيه لتقديم الخدمة FCFS و يكون حجم المجتمع غير محدود وحجم صف الانتظار غير محدود [3]، ويكـــون فيه عدد وحــــدات النظام n+1 خــــلال المدة الزمنية t، وأن أحتمال وصول وحدة واحدة خلال المدة الزمــــنية Δt ويكون عدد الوحدات في نهاية المدة الزمـــنية هو(($t + \Delta t$) ، n)، وأحتمال عدم وصول وحدة واحدة خلال المدة الزمنية Δt الى النظام يمكن التعبير عنهُ $\lambda\, \Delta t$ -1، وأحــــتمال عدم مــغادرة أي وحدة واحدة خلال المدة الزمنية Δt الى النظام يمكن التعــبير عنهُ $\mu\, \Delta t$، فأن للمعادلة تكون:

$$(1 - \mu\,\Delta t)(1 - \lambda\,\Delta t) Pn\,(t) \qquad \dots \qquad (21)$$

$$\mu\,\Delta t\,(1 - \lambda\,\Delta t)\, P_{n+1}(t) \qquad \dots \qquad (22)$$

$$P_n(t + \Delta t) = (1 - \mu\,\Delta t)(1 - \lambda\Delta t) P_n(t) + \lambda\Delta t * \mu\,\Delta t\, P_n(t) + \lambda\Delta t(1 - \mu\,\Delta t) P_{n-1}(t) + (1 - \lambda\Delta t)(\mu\,\Delta t) P_{n+1}(t) + 0\Delta t \qquad \dots \qquad (23)$$

وبعد فتح الحدود وتصفيتها وكل الحدود التي تحتوي على المقدار $(\Delta t)^2$ تهمل لان قيمتهُ قليلة جداً تكون هذه المعادلة كما يأتي :

$$P_n(t + \Delta t) = (1 - \lambda\Delta t - \mu\Delta t) P_n(t) + \lambda\Delta t\, P_{n-1}(t) + \mu\Delta t\, P_{n+1}(t) + o(\Delta t)$$

و تكون :

$$\frac{P_n(t+\Delta t) - P_n(t)}{\Delta t} = -(\lambda + \mu)\, P_n(t) + \lambda\, P_{n-1}(t) + \mu\, P_{n+1}(t) + \frac{0(\Delta t)}{\Delta t}$$

وبأخذ الغاية الى طرفي المعادلة عندما $(\Delta t \to 0)$ و حيث $\lim_{\infty \to 0} \frac{0(\Delta t)}{\Delta t} = 0$: و تكون كما يأتي

$$\text{Lim}\, \frac{P_n(t+\Delta t) - P_n(t)}{\Delta t} = -(\lambda + \mu) P_n(t) + \lambda P_{n-1}(t) + \mu P_{n+1}(t)$$

$$\frac{dP_n(t)}{dt} = \text{Lim}\, \frac{P_n(t+\Delta t) - P_n(t)}{\Delta t} = P_n^{/}(t)$$

$$\frac{dP_n(t)}{dt} = P_n^{/}(t) = -(\lambda + \mu) P_n(t) + \lambda P_{n-1}(t) + \mu P_{n+1}(t) \qquad \dots \qquad (24)$$

سنقوم بتطبيق حالة ألاستقرار لهذا النموذج وأن هذه الحالة توضح لنا حالة نظام صف الانتظار وتكون فيها المدة الزمنية t تقترب الى رقم كبير جداً وأن $t \to \infty$ كما يأتي :

$$P_n(t) = P_n$$

$$P_n^{/}(t) = \frac{d\,P_n(t)}{d\,t} = 0$$

$$0 = -(\lambda + \mu)P_n + \lambda P_{n-1} + \mu P_{n+1} \quad , \; n \geq 1 \qquad \ldots \quad (25)$$

وعندما تكون **n=0** فأن المعادلة 25 تكون كما يأتي :

$$0 = -(\lambda + \mu)P_0 + \mu P_1$$
$$0 = -\lambda P_0 + \mu P_1$$

$$\lambda P_0 = \mu P_1$$
$$\therefore \quad P_1 = \frac{\lambda}{\mu} P_0$$

وعندما تكون **n=1** فأن المعادلة 25 تكون كما يأتي :

$$0 = -(\lambda + \mu)P_1 + \lambda P_0 + \mu P_2$$

وعند تعويض P_1 تصبح المعادلة كما يأتي :

$$0 = -(\lambda + \mu)\frac{\lambda}{\mu} P_0 + \lambda P_0 + \mu P_2$$
$$P_2 = \frac{(\lambda+\mu)\frac{\lambda}{\mu} P_0 - \lambda P_0}{\mu}$$
$$P_2 = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^2 P_0$$

وعندما **n=2** تكون المعادلة 25 كما يأتي :

$$0 = -(\lambda + \mu)P_2 + \lambda P_1 + \mu P_3$$
$$P_3 = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^3 P_0$$

ونستمر بالتعويض بالمعادلة 25 عندما تكون $n \geq 3$ نحصل على :

$$P_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 \qquad \ldots \quad (26)$$

ولإيجاد قيمة P_0 والتي تمثل أحتمال عدم وجود أي وحدة في النظام وتسمى معامل عدم ألاستخدام، وبما أن مجموع ألاحتمالات تساوي واحد فأن :

$$\sum_{n=0}^{\infty} P_n = 1$$
$$\sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0 = 1$$
$$\therefore \; \rho = \frac{\lambda}{\mu}$$
$$\sum_{n=0}^{\infty} P^n P_0 = 1$$
$$P_0 = \frac{1}{\sum_{n=0}^{\infty} P_n} = \frac{1}{(1+\rho+\rho^2+\rho^3 \ldots)}$$

وبما أن المقام متوالية هندسية و أساسها ρ فتكون كما يأتي :

$$P_0 = \frac{1}{\frac{1}{1-\rho}} = P_0 = (1-\rho)$$

لذلك يكون أحتمال عدم ألاستخدام كما يأتي :

$$P_0 = (1-\rho) \qquad \dots \qquad (27)$$

بشرط أن تكون $\rho < 1$ وتكون $n = 1,2,\dots$

$$P_n = \rho^n (1-\rho) \qquad \dots \qquad (28)$$

ومعادلة (28) الذي يمثل التوزيع الهندسي وأن مقاييس ألاداء لصف ألانتظار في حالة ألاستقرار النظام لهذا النموذج تكون موضح كما يأتي [3]:

- Ls متوسط عدد الوحدات الواصلة الطالبة للخدمة في النظام

$$Ls = \sum_{n=0}^{\infty} n\, P_n$$
$$Ls = \sum_{n=0}^{\infty} n\, \rho^n (1-\rho)$$
$$Ls = \sum_{n=0}^{\infty} n\, \rho^n - \sum_{n=0}^{\infty} n\, \rho^{n+1}$$
$$Ls = \sum_{n=0}^{\infty} n\, \rho^n - \sum_{n=1}^{\infty} (n-1)\, \rho^n$$
$$Ls = \sum_{n=0}^{\infty} n\, \rho^n - \sum_{n=1}^{\infty} n\, \rho^n + \sum_{n=1}^{\infty} \rho^n$$
$$Ls = \sum_{n=1}^{\infty} \rho^n = \rho + \rho^2 + \rho^3 + \rho^4 + \dots$$
$$Ls = \frac{\rho}{1-\rho} \qquad \dots \qquad (29)$$

- Ws توقع الوقت المستغرق للوحدات الواصلة الطالبة للخدمة في النظام

$$Ws = \frac{Ls}{\lambda} = \frac{\frac{\rho}{1-\rho}}{\lambda} = \frac{\rho}{\lambda\,(1-\rho)} \qquad \dots \qquad (30)$$

- Lq متوسط عدد الوحدات الواصلة الطالبة للخدمة في صف الانتظار

$$Lq = \sum_{n=1}^{\infty} (n-1)\, P_n$$
$$Lq = \sum_{n=1}^{\infty} n\, P_n - \sum_{n=1}^{\infty} P_n$$
$$Lq = Ls - (1 - P_0)$$
$$Lq = Ls - [1 - (1-\rho)]$$
$$Lq = Ls - \rho = \frac{\rho}{1-\rho} - \rho = \frac{\rho^2}{1-\rho} \qquad \dots \qquad (31)$$

- Wq توقع الوقت المستغرق للوحدات الواصلة الطالبة للخدمة في صف الانتظار

$$Wq = \frac{Lq}{\lambda} = \frac{\frac{\rho^2}{1-\rho}}{\lambda} = \frac{\rho^2}{\lambda\,(1-\rho)} \qquad \dots \qquad (32)$$

سابعاً: خوارزمية سرب الطيور Particle Swarm Optimization Algorithm (PSO)

هي تقنية علمية وضعت لتحسين الحلول المشاكل والحصول على الحلول المقاربة للحل الأمثل لتلك المشاكل وتعد واحدة من أحدث المجالات التطورية في مجال الذكاء الصناعي، وضعت من قبل العالم Kennedy and Eberhart عام 199 ، وتستند فكرة PSO من سلوك الحركي والأجتماعي للأسراب الطيور أو مجاميع الأسماك من خلال فكرة البحث عن الغذاء، حيث أن سرب الطيور يبحثون عن الغذاء من مكان الى أخر وأن بعض الطيور في السرب لديها القدرة على تمييز رائحة الغذاء بشكل قوي وفعال مع وجود معلومات حول أفضل مكان فيه مورد للغذاء لأن بعض الطيور في السرب ترسل معلومات فيما بينها في أثناء مرحلة البحث والتفتيش عن أفضل مكان للغذاء وعند أستكشاف سرب الطيور عن مكان جيد لنوعية الغذاء تقوم بأستغلال هذا المكان للحصول على الغذاء الافضل وهكذا يكون عمل الخوارزمية بعمليتين هما عملية البحث وعملية التكرار عن أفضل الحلول الموجودة ضمن مساحة البحث المحددة، ويمكن أستخدام الخوارزمية PSO لحل المشاكل المتعلقة بالأمثلية والمشاكل التي تتغير مع مرور الوقت ... الخ، بسبب الخصائص التي تحملها الخوارزمية التي تساعد لحل هذه المشاكل (5).

ثامناً : المكونات الأساسية خوارزمية سرب الطيور (PSO)

تتكون خوارزمية سرب الطيور من عدد سكان السرب تسمى الجسيمات Particles ويرمز لها n والتي تتألف من $n = (n1, n2, \dots, ni)$ التي تتحرك في داخل السرب لمساحة البحث المحددة حسب نوع المشكلة والمتعددة ألابعاد والبحث عن الحلول الأولية الجيدة وتعتمد الجسيمات على خبراتها الخاصة وتعتمد أيضاً على الخبرات والتجارب الجسيمات المجاورة لها في داخل السرب، ويتم تهيئة الخوارزمية PSO من عدد الجسيمات السرب بشكل عشوائي في مساحة البحث وتعتمد الجسيمات السرب عند تهيئة الخوارزمية على سرعة الجسيم Particle Velocity التي تتألف من $V_i^t = (V_1^t, V_2^t, \dots, V_i^t)$ وموقف الجسيم Particle Position الذي يتألف من $X_i^t = (X_1^t, X_2^t, \dots, X_i^t)$ ، حيث أنهُ يتم تحديثها بالاعتماد على الحالات السابقة لأفضل موقف للجسيم نفسهُ يرمز لهُ $P_{best,i}^t$ وعلى أفضل موقف للجسيمات في السرب بأكملهُ ويرمز لهُ $G_{best,i}^t$ وحسب أبعاد المشكلة d التي تتألف من $d = (d1, d2, \dots, dj)$ ، ويتم ضبط السرعة والموقف كل جسيم حسب المعادلات التحديث موضح كما يأتي (6) :

$$V_i^{t+1} = V_i^t + c_1\, r_1^t \left(P_{best,i}^t - X_i^t\right) + c_2\, r_2^t \left(G_{best,i}^t - X_i^t\right) \quad \dots \quad (33)$$

$$X_i^{t+1} = X_i^t + V_i^{t+1} \quad \dots \quad (34)$$

حيث أن :

V_i^t تمثل سرعة الجسيم Particle i في السرب بالبعد j و عند التكرار t.

X_i^t يمثل موقف الجسيم Particle i في السرب بالبعد j و عند التكرار t.

c_1 , c_2 تمثل ثابت المعاملات التسارع (c_1 المكون المعرفي و c_2 المكون ألاجتماعي).

r_1^t, r_2^t تمثل الأرقام العشوائية التي تتوزع حسب التوزيع المنتظم ضمن الفترة (0 , 1).

t يمثل عدد التكرار المحدد بحسب نوع المشكلة.

$P_{best,i}^t$ يمثل أفضل موقف لجسيم i لنفسهُ ويسمى أفضل موقف محلي.

$G_{best,i}^t$ تمثل أفضل موقف لجسيمات i في السرب بأكملهُ ويسمى أفضل موقف عالمي.

وقد قدم كينـدي وابرهـارت خوارزميـة ثنـائي سـرب الطيـور BPSO التـي تعمـل علـى ثنـائي مسـاحة المشكلة وأنها تقوم بتحويل سرعة الجسيم Velocity Particle الى أحتمال، وأيضاً تحويل موقـف الجسـيم Position Particle الى أحتمال يأخذ قيمة صفر او واحد [6] ، حيث يمكن أحتسابها من المعادلة موضح كما يأتي :

$$X_{ij}^{t} = \begin{cases} 1 & \text{if} \quad u_{ij}^{t} < S_{ij}^{t} \\ 0 & \text{if} \quad u_{ij}^{t} \geq S_{ij}^{t} \end{cases} \quad \ldots \quad (35)$$

حيث أن u_{ij}^{t} هو متغير عشوائي يتوزع حسب التوزيع المنتظم ضمن الفترة (0 , 1) و S_{ij}^{t} هي دالـة السيني التي تستخدم لتحويل سرعة الجسيم الى أحتمال حيث يمكن أحتسابها من المعادلة موضح كما يأتي :

$$S_{ij}^{t} = \frac{1}{1+e^{-v_{ij}^{t+1}}} \quad \ldots \quad (36)$$

تاسعاً : معلمات خوارزمية سرب الطيور (PSO)

هنـاك معلمـات أساسـية لخوارزميـة سـرب الطيـور تـؤثر فـي عملهـا ولهـا تـأثير قـوي علـى كفـاءة الأداء الخوارزميـة PSO [7]، وتسـاعد هـذه المعلمـات مـن تحسـين عمليـة البحـث فـي مسـاحة المشـكلة، والمعلمـات موضح كما يأتي:

1-حجم السرب : يمثل عدد الجسيمات سرب الطيور ويجب أن يكون عدد الجسيمات مناسباً لحل المشكلة ويغطي مساحة البحث ويتناسب مع عدد التكرارات [7].

2- عدد التكرارات : يمثل عدد التكرارات الخوارزمية والذي يحدد بحسب نوع المشكلة وبعد الأنتهاء عدد التكرارات المحدد يؤدي هذا للحصول على النتائج المطلوبة لحل المشكلة [7].

3-معاملات التسارع : تمثل ثوابت التسارع ألايجابية التي تساعد للحفاظ على المكونات المعرفية وألاجتماعية للسرعة الجسيمات حيث $C1$ يمثل المكون المعرفي لدى الجسيم نفسه، و $C2$ يمثل المكون ألاجتماعي لدى الجسيمات مع جوارها [6].

4- وزن الجمود : يمثل معلمـة الجديـدة المضافـة للخوارزميـة PSO لتحسين من أدائها وكفاءتها وقد تـم أضـــافته مـن قبل (شي وابرهـارت عـام 1998) لمعادلـة تحديث سرعة الجسيم (33) ويرمز لـهُ W [9]، موضح كما يأتي :

$$V_{i}^{t+1} = W\, V_{i}^{t} + c_{1}\, r_{1}^{t}\left(P_{best,i}^{t} - X_{i}^{t}\right) + c_{2}\, r_{2}^{t}\left(G_{best}^{t} - X_{i}^{t}\right) \quad \ldots \quad (37)$$

حيث يتم احتساب قيمة وزن الجمود وفق المعادلة موضح كما يأتي :

$$W^{t+1} = Wmax - \left(\frac{Wmax - Wmin}{Tmax}\right)t \quad , \quad Wmax > Wmin \quad \ldots \quad (38)$$

حيث أن :

$Wmax$ تمثل الحد الاعلى لقيمة وزن الجمود.

$Wmin$ تمثل الحد الادنى لقيمة وزن الجمود.

t يمثل عدد التكرارات المحددة للمشكلة.

$Tmax$ يمثل الحد الاعلى لعدد التكرارات المحددة.

5-معامل الانقباض : يمثل المعلمة الجديدة التي تمت أضافتهُ الى معادلـة تحديث سرعة الجسيم (33) من قبل العالم كليرك عام 1999 ويرمز لهُ K ، ولهُ فائدة مهمة جدا للسيطرة على عملية ألاستكشاف وعملية ألاستغلال للجسيمات في داخل السرب لضمان التقارب بين الجسيمات [7]، موضح كما يأتي :

$$V_i^{t+1} = K\left[V_i^t + c_1 r_1^t \left(P_{best,i}^t - X_i^t\right) + c_2 r_2^t \left(G_{best}^t - X_i^t\right) \right] \quad \ldots \quad (39)$$

ويتم أحتساب قيمة K حسب المعادلة موضح كما يأتي [5] :

$$K = \frac{2}{\left|2-\varphi-\sqrt{\varphi^2-4\varphi}\right|} \quad , \quad \varphi > 4 \quad \ldots \quad (40)$$

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 \quad \ldots \quad (41)$$

$$\varphi_1 = c_1 r_1 \quad \ldots \quad (42)$$

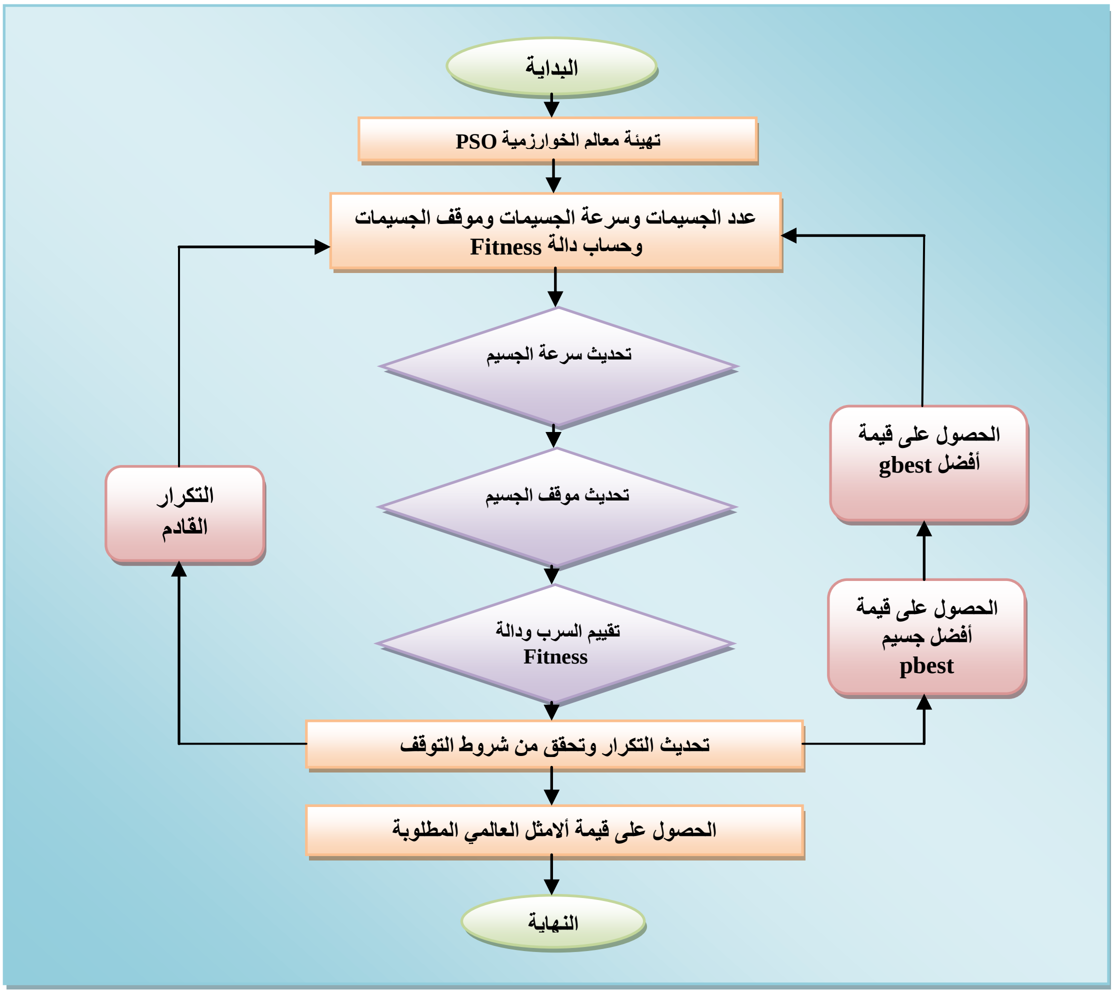
$$\varphi_2 = c_2 r_2 \quad \ldots \quad (43)$$

6-طوبولوجيا (الجوار الجسيمات) : يمثل مكوناً مهماً جداً وقد وضعهُ كينيدي عام (1999) لأنـهُ يحدد كيفية انتشار الجسيمات في مساحة البحث ويجب تحديد طوبولوجيا جوار صحيحة لتمكين خوارزمية سرب الجسيمات للحصول على أفضل انتشار وللحصول على عملية البحث بدقة عالية، وهناك ثلاث طوبولوجيا جوار الرئيسة المستخدمة في PSO هي أشكال (العجلة، الدائرة أو الحلقة، النجوم)[9].

عاشراً : ألاجراءات ألاساسية خوارزمية سرب الطيور (PSO)

أن ألإجراءات ألأساسية لخوارزمية سرب الطيور يمكن تلخيصها بعدة خطوات موضح بالشكل (1) كما يأتي [9,7] :

الشكل (1) يبين (ألإجراءات ألأساسية خوارزمية سرب الطيور)



الحادي عشر:الجانب التطبيقي

أن الهدف الرئيسي من هذا البحث دراسة مشكلة الانتظار في الهيئة العامة للضرائب / فرع الكرخ المركز وتم دراسة مشكلة الانتظار لقسم الحاسبة الالكترونية وهو القسم الرئيسي لعمل الدائرة والذي يتكون من ستة موظفين لأكمال معاملات العملاء وتقديم الخدمة لهم وتكون أنواع المعاملات التي تأتي لهذا القسم هي (معاملات البيع والشراء العقارات، معاملات المهنة، معاملات تصديق الوكالات) لذا تم أخذ ثلاث موظفين كعينة لأكمال هذا البحث، وأن طريقة العمل في هذا القسم يكون مقسم بحسب نظام الاحرف أي لكل موظف لديه أحرف معينة لأكمال العمل حيث أن الموظف (1) لديه الاحرف (ح، ك، و، ق، ص، ض، ط، ظ) والموظف (2) لديه الاحرف (أ، ب، ت، ع) والموظف (3) لديه الاحرف (ع المركبة، ر، ج، خ، د، ذ، ز، ث)، وتم تخصيص معاملات المهنة وأحتساب أوقاتها لهذا البحث.

الثاني عشر:جمع البيانات

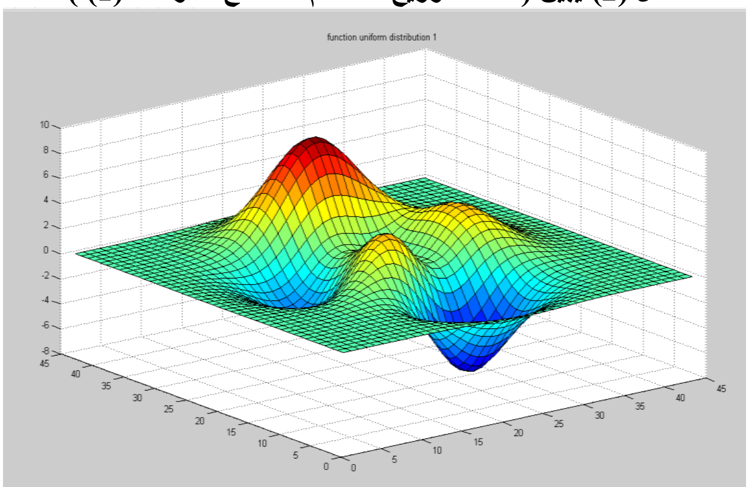
لعدم توافر المعلومات والبيانات عن عدد الزبائن المراجعين وأوقات وصولهم وأوقات خدمتهم وأوقات مغادرتهم لذا أستوجب وجود الباحثة بشكل يومي وخلال أوقات الدوام الرسمي ألذي يبدأ من الساعة (8:30) ولغاية الساعة (2:30) لغرض جمع البيانات الدقيقة للأوقات (الوصول، الخدمة، المغادرة) للزبائن بالدقائق، ولذا تم جمع البيانات لكل موظف لمدة خمسة أيام.

الثالث عشر : البيانات وتحليلها

تم جمع البيانات المتمثلة بالاوقات فتم حساب زمن الوصول على أساس الفرق بين وقت الخدمة ووقت الوصول وتم أخذ زمن الخدمة على أساس الفرق بين وقت المغادرة ووقت الوصول، وبعد الحصول على أوقات الوصول وأوقات الخدمة تم توزيع البيانات بحسب أختبار كاي-سكوير χ^2 وهو أختبار الفرضيات ألاحصائية الذي يعمل على توزيع العينات عندما تكون فرضية العدم صحيحة، وجد أن بيانات الوصول تتوزع التوزيع المنتظم المتقطع عند درجة الحرية (n-2) ومستوى الدلالة (0.05) موضح كما يلي :

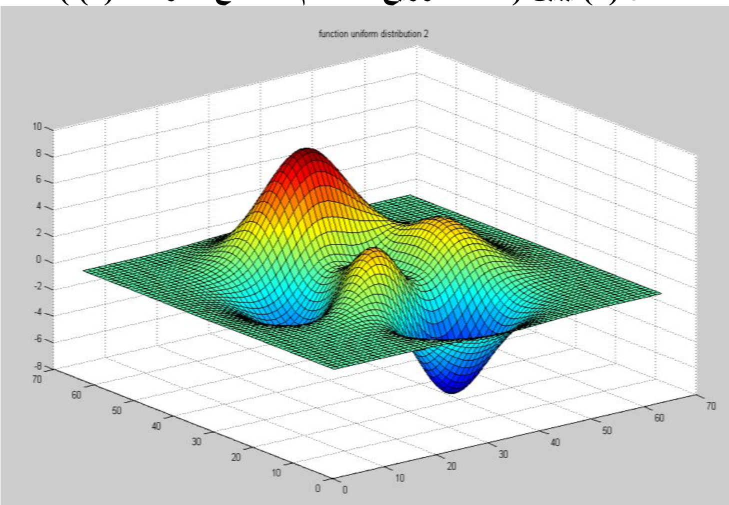
1-الموظف رقم (1) بياناتهُ تتوزع التوزيع المنتظم المتقطع وتساوي قيمة χ^2 المحسوبة (4.2346e+04) موضح كما في الشكل (2) :

شكل (2) يبين (دالة التوزيع المنتظم المتقطع للموظف (1))



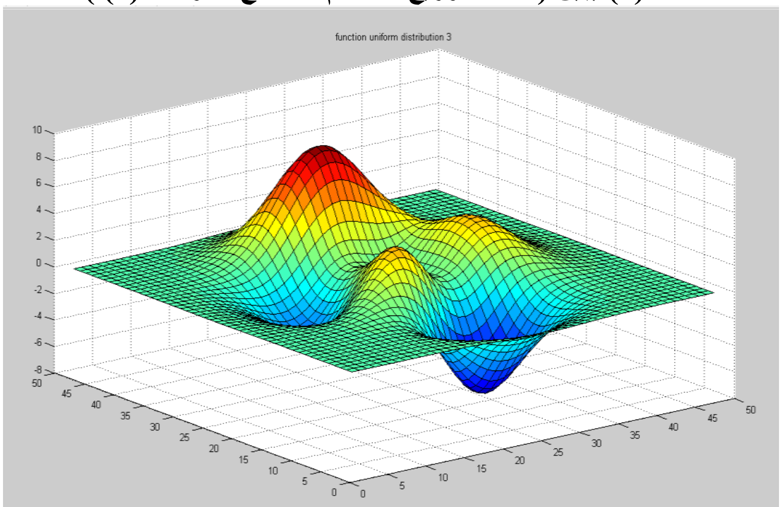
2-الموظف رقم (2) بياناتهُ تتوزع التوزيع المنتظم المتقطع وتساوي قيمة χ^2 المحسوبة (6.1622e+03) موضح كما في الشكل (3) :

شكل (3) يبين (دالة التوزيع المنتظم المتقطع للموظف (2))



3-الموظف رقم (3) بياناتهُ تتوزع التوزيع المنتظم المتقطع وتساوي قيمة χ^2 المحسوبة (5.1460e+03) موضح كما في الشكل (4) :

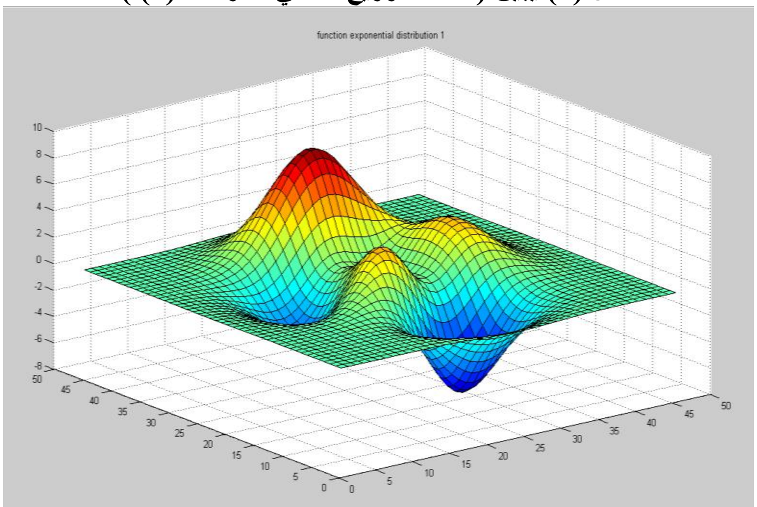
شكل (4) يبين (دالة التوزيع المنتظم المتقطع للموظف (3))



وجد أن بيانات الخدمة تتوزع التوزيع الآسي عند درجة الحرية (n-2) و مستوى الدلالة (0.01) موضح كما يأتي :

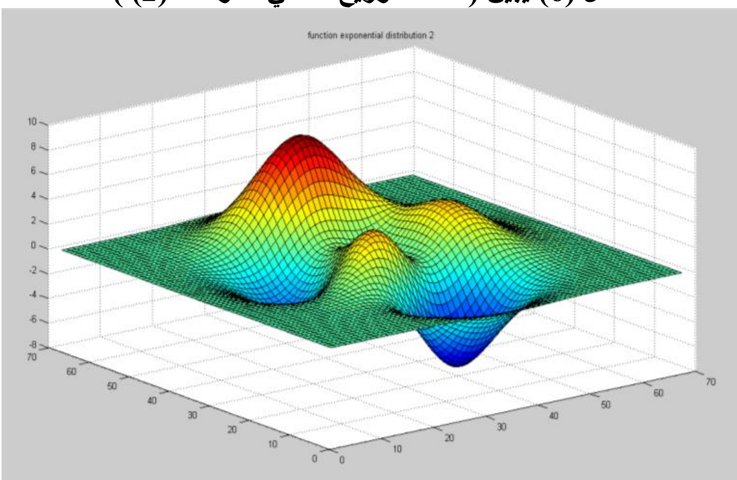
1-الموظف رقم (1) بياناتهُ تتوزع التوزيع الآسي وتساوي قيمة χ^2 المحسوبة (4.3182e+30) موضح كما في الشكل (5) :

شكل (5) يبين (دالة التوزيع الآسي للموظف (1))



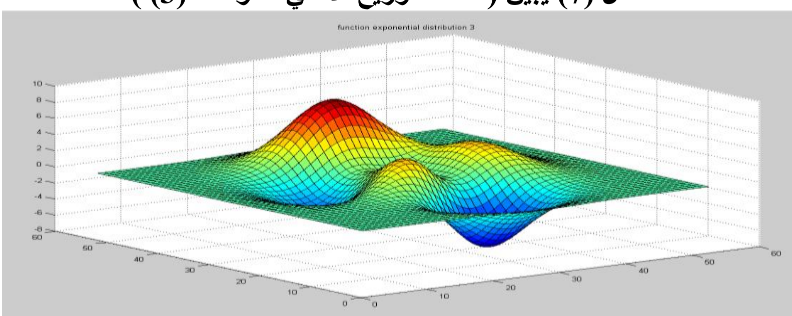
2-الموظف رقم (2) بياناتهُ تتوزع التوزيع الآسي وتساوي قيمة χ^2 المحسوبة (8.8628e+14) موضح كما في الشكل (6) :

شكل (6) يبين (دالة التوزيع الآسي للموظف (2))



3-الموظف رقم (3) بياناتهُ تتوزع التوزيع الآسي وتساوي قيمة χ^2 المحسوبة (2.4563e+17) موضح كما في الشكل (7) :

شكل (7) يبين (دالة التوزيع الآسي للموظف (3))



الرابع عشر : الحل بأستخدام خوارزمية سرب الطيور (PSO)

تـم أستخدام خوارزميـة سـرب الطيـور لحـل مشـكلة صـف الانتظـار بواسـطة برنـامج MATLAB R2013a والحصول على الحل المقارب للأمثل للمشكلة وقد ظهرت النتائج موضح كما يأتي:

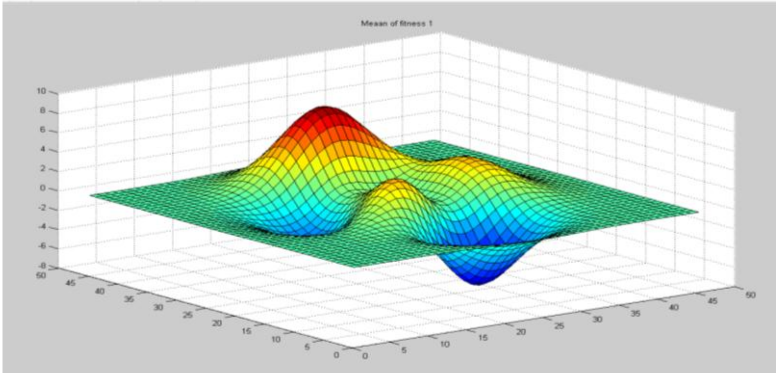
1-الموظف (1):

جدول (2) يبين ((نتائج الموظف (1)))

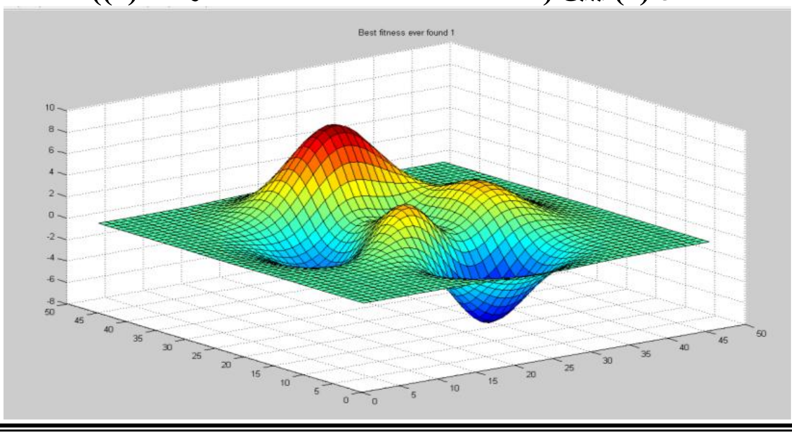
مقاييس الاداء	نتائج الخوارزمية PSO
Ls متوسط عدد الزبائن في النظام	4.8991
Lq متوسط عدد الزبائن في صف الانتظار	1.2983
Ws متوسط زمن الانتظار في النظام	17.8929
Wq متوسط زمن الانتظار في صف الانتظار	4.7417

من الجدول المذكور انفاً نلاحظ أن قيمـة Ls عنـد تطبيـق خوارزميـة سـرب الطيـور تسـاوي (4.8991) زبونـاً وهـذا يـدل أن الخوارزميـة تعطـي المعدل الحقيقـي لعدد الزبـائن فـي النظـام، وأن قيمـة Lq عنـد تطبيـق خوارزمية سرب الطيور تساوي (1.2983) زبون وهذا يدل على أن الخوارزمية تعطي المعدل الحقيقي لعدد الزبـائن فـي صف الانتظـار، وأن قيمـة Ws عنـد تطبيـق الخوارزميـة سـرب الطيـور تسـاوي(17.8929) دقيقـة وهـذا يدل على أن الخوارزمية تعطي المعدل الحقيقي لوقت الذي يقضيةُ الزبائن في النظام، وأن قيمـة Wq عنـد تطبيق خوارزمية سرب الطيور تساوي (4.7417) دقيقة وهذا يدل على أن الخوارزمية تعطي المعدل الحقيقي لوقت الذي يقضيةُ الزبائن في صف الانتظار.

شكل (8) يبين (mean of fitness الموظف (1))



شكل (9) يبين (best fitness ever found الموظف (1))



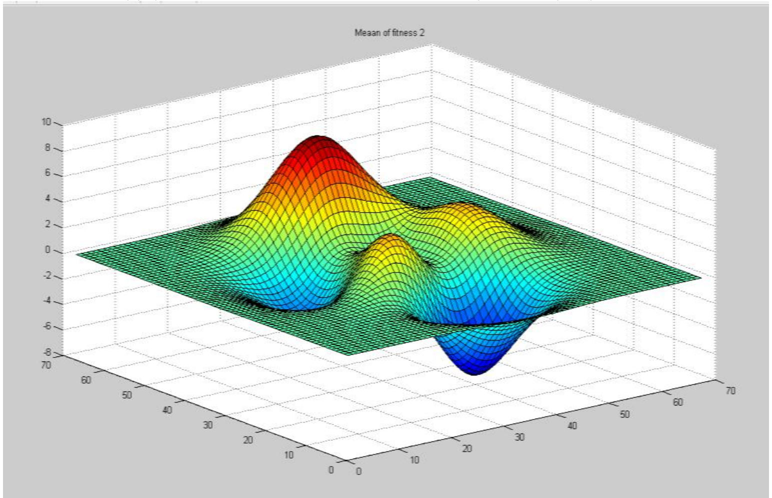
2-الموظف (2):

جدول (3) يبين ((نتائج الموظف (2)))

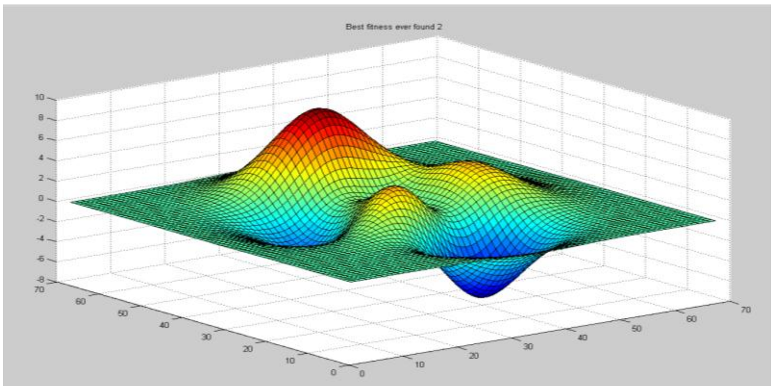
مقاييس ألاداء	نتائج الخوارزمية PSO
Ls متوسط عدد الزبائن في النظام	**4.9128**
Lq متوسط عدد الزبائن في صف ألانتظار	**3.3082**
Ws متوسط زمن ألانتظار في النظام	**7.2966**
Wq متوسط زمن ألانتظار في صف ألانتظار	**4.9134**

من الجدول المذكور انفاً نلاحظ أن قيمة Ls عند تطبيق خوارزمية سرب الطيور تساوي (4.9128) زبوناً وهذا يدل على أن الخوارزمية تعطي المعدل الحقيقي لعدد الزبائن في النظام، وأن قيمة Lq عند تطبيق خوارزمية سرب الطيور تساوي (3.3082) زبون وهذا يدل على أن الخوارزمية تعطي المعدل الحقيقي لعدد الزبائن في صف الانتظار، وأن قيمة Ws عند تطبيق الخوارزمية سرب الطيور تساوي (7.2966) دقيقة وهذا يدل على أن الخوارزمية تعطي المعدل الحقيقي لوقت الذي يقضيهُ الزبائن في النظام، وأن قيمة Wq عند تطبيق خوارزمية سرب الطيور تساوي (4.9134) دقيقة وهذا يدل على أن الخوارزمية تعطي المعدل الحقيقي لوقت الذي يقضيهُ الزبائن في صف الانتظار.

شكل (10) يبين (mean of fitness الموظف (2))



شكل (11) يبين (best fitness ever found الموظف (2))



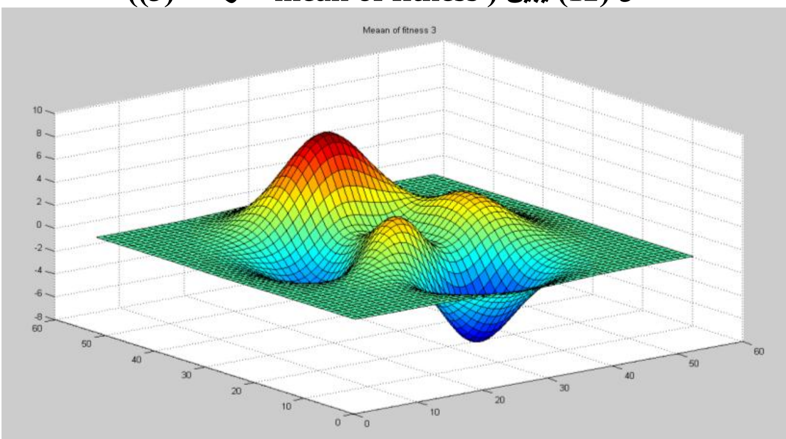
3-الموظف (3):

جدول (4) يبين ((نتائج الموظف (3)))

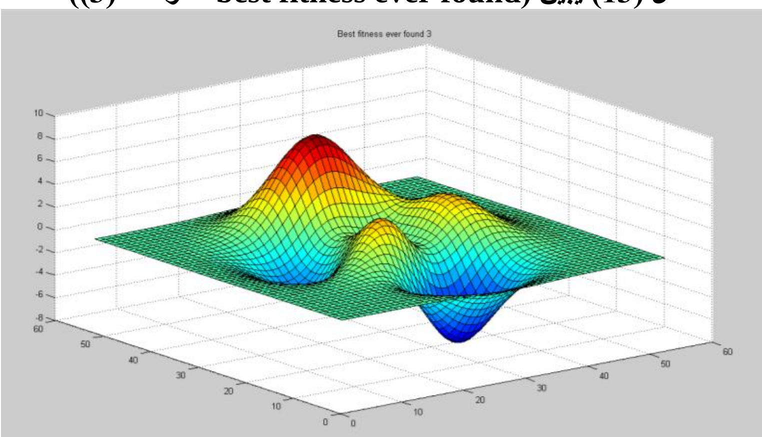
نتائج الخوارزمية PSO	مقاييس الأداء
4.9454	Ls متوسط عدد الزبائن في النظام
2.0185	Lq متوسط عدد الزبائن في صف ألانتظار
12.0355	Ws متوسط زمن ألانتظار في النظام
4.9125	Wq متوسط زمن ألانتظار في صف ألانتظار

من الجدول المذكور انفاً نلاحظ أن قيمة Ls عند تطبيق خوارزمية سرب الطيور تساوي (4.9454) زبوناً وهذا يدل على أن الخوارزمية تعطي المعدل الحقيقي لعدد الزبائن في النظام، وأن قيمة Lq عند تطبيق خوارزمية سرب الطيور تساوي (2.0185) زبوناً وهذا يدل على أن الخوارزمية تعطي المعدل الحقيقي لعدد الزبائن في صف الانتظار، وأن قيمة Ws عند تطبيق الخوارزمية سرب الطيور تساوي (12.0355) دقيقة وهذا يدل على أن الخوارزمية تعطي المعدل الحقيقي لوقت الذي يقضيهُ الزبائن في النظام، وأن قيمة Wq عند تطبيق خوارزمية سرب الطيور تساوي (4.9125) دقيقة وهذا يدل على أن الخوارزمية تعطي المعدل الحقيقي لوقت الذي يقضيهُ الزبائن في صف الانتظار.

شكل (12) يبين (mean of fitness الموظف (3))



شكل (13) يبين (best fitness ever found الموظف (3))



الخامس عشر: الاستنتاجات

من خلال تطبيق خوارزمية سرب الطيور نلاحظ أنها أظهرت النتائج الحقيقية لأوقات الانتظار سواء في صف الانتظار أو في النظام، أذ أظهر الواقع بأن هناك زخم في صفوف الانتظار ومن ثم يتعين علينا تعيين موظفين أكثر لتقليل الزخم الحاصل، ولكن في حين النتائج المستخرجة من خوارزمية سرب الطيور أعطت لنا التصور الحقيقي لأوقات الانتظار الزبائن والتي تبين بأنهُ لا يوجد انتظار أو كان هناك انتظار قليل وهذا بدورهُ يؤدي الى عدم تعيين موظفين جدد وبهذا نكون قد وفرنا بتكلفة تقديم الخدمة للزبائن.

وبهذا نوصي: تطبيق الخوارزميات المتطورة والحديثة لحل المشاكل التي تتعلق بألامثلية والحصول على الحل المقارب للأمثل للمشكلة.

المصادر:

1- عدي عبدالرحمن العبيدي وعزة حازم زكي، (2009) ، ((جدولة الحدث في محاكاة أنظمة الحوادث المتقطعة مع التجريب على نظم صفوف ألانتظار))، قسم ألاحصاء والمعلوماتية، كلية علوم الحاسبات والرياضيات، جامعة الموصل، المؤتمر العلمي الثاني للرياضيات – الاحصاء و المعلوماتية، 6-7 / ديسمبر.

2- د .عدنان ماجد بري ، ((نظرية الطوابير))، أستاذ الأحصاء و بحوث العمليات / علم الأدارة المشارك، جامعة الملك سعود / المملكة العربية السعودية، ص. ص 26-61.

3- الدكتور حامد سعد نور الشمرتي، (2010)، ((بحوث العمليات : مفهوماً وتطبيقاً))، الطبعة الاولى، مكتبة الذاكرة - بيروت ، ص.ص 232-300.

4- U. Narayan Bhat , (2008) , ((An Introduction to Queueing Theory : Modeling and Analysis in Applications)) , Professor Emeritus , Statistical Science and Operations Research , Southern Methodist University , USA , Library of Congress Control Number : 2007941114 , www.birkhauser.com .

5- Dian Palupi Rini , Siti Mariyam Shamsuddin and Siti Sophiyati Yuhaniz ,(2011), ((Particle Swarm Optimization : Technique , System and Challenges)) , University Teknologi Malaysia , International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 14– No.1 , January.

6 - Sangwook Lee , Sangmoon Soak , Sanghoun Oh , Witold Pedrycz and Moongu Jeon , (2008), ((Modified binary particle swarm optimization)) , National Natural Science Foundation of China and Chinese Academy of Sciences , Received 4 March 2008 ; accepted 28 March 2008 , www.elsevier.com/locate/pnsc.

7- Satyobroto Talukder , (2011) , ((Mathematical Modeling and Applications of Particle Swarm Optimization)) , Submitted to the School of Engineering at Blekinge Institute of Technology In partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science , February, Sweden .

8- Prof. D. Joyce , (2016) , ((Common probability distributions)) , CLARK University , Math 217/218 Probability and Statistics , Math 217 Home Page at http://math.clarku.edu/~djoyce/ma217 .

9- Jun Sun ,Choi-Hong Lai and Xiao-Jun Wu , (2011) , ((Particle Swarm Optimization : Classical and Quantum Perspectives)) , Chapman and Hall/CRC : Numerical analysis and scientific computing , No claim to original U.S. Government works Version Date: 20111003 International Standard Book Number – 13 : 978-1-4398-3577-7 , http://www.crcpress.com.

The Use of Particle Swarm Algorithm to Solve Queuing Models with Practical Application

Abstract

This paper includes the application of Queuing theory with of Particle swarm algorithm or is called (Intelligence swarm) to solve the problem of The queues and developed for General commission for taxes /branch Karkh center in the service stage of the Department of calculators composed of six employees , and it was chosen queuing model is a single-service channel M / M / 1 according to the nature of the circuit work mentioned above and it will be divided according to the letters system for each employee, and it was composed of data collection times (arrival time , service time, departure time) In minutes , Where it was data Test the obtained them found it distributed statistical distribution commensurate with the nature of the data and when tested were found to be distributed the distribution of arrival (Discrete Uniform distribution) and the distribution service (Exponential distribution) , and it was finding performance measures (the service provided) in the system (Ls , Lq , Ws , Wq), and the problem is resolved to the research using software MATLAB R2013a Version : 8.1 and it get the required results, and This paper aims Solve the problem of The queues in General commission for taxes / branch Karkh center and reduce the customer waiting times and improving the efficiency of the service provided.

Keywords: Queuing Theory, Particle Swarm Optimization Algorithm, Discrete Uniform distribution, Exponential distribution.