مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٤) العدد (٢) 2020
Tartous University Journal for Research and Scientific Studies- Engineering Sciences Series Vol. (4) No. (2) 2020

# استخدام الأساليب البرمجية وخصوصاً الخوارزميات الجينية في تحسين الموثوقية في شبكات الإنترنت الخلوي

رشا شباني *

(تاريخ الإيداع ٥ / ٢ / ٢٠٢٠ . قُبل للنشر ١٨ / ٣ / ٢٠٢٠)

**الملخّص**

يتطلب نقل المعطيات عبر قناة الاتصال في شبكات الإنترنت الخلوي موثوقية عالية، من أجل ضمان التسليم الآمن والسليم لرزم البيانات.

تتعرض المكالمات أو النداءات في مكونات نظام الإنترنت الخلوي وهي: المضيف المتنقل والمحطة القاعدية والوصلات إلى الفشل في بناء الاتصال لعدة أسباب. تلعب المحطة القاعدية في شبكات الإنترنت الخلوي دور الموجه في هذا النوع من الشبكات. إذاً من المطلوب دائماً تصميم شبكة موثوقة تقوم بتوجيه البيانات ومعالجتها بطريقة جيدة في الشبكة.

جرى في هذا العمل اقتراح نموذج موثوقية مناسب، معتمد على زمن معالجة البيانات ضمن الموجه (المحطة القاعدية)؛ بحيث تزيد موثوقية معالجة المعطيات التي تعبر خلال الموجهات المتعددة في شبكات الإنترنت الخلوي. تعدّ الخوارزميات الجينية مناسبة للتعامل مع هذه المسألة وحلها. ومن هذا النموذج المقترح في هذا البحث أجريت دراسة تأثير العديد من البارامترات المتعلقة بموثوقية النظام، وجرى تنفيذ تجارب المحاكاة للنموذج المقترح؛ حيث أظهرت نتائج التجارب فعالية هذا النموذج.

**الكلمات المفتاحية:** الخوارزميات الجينية، معالج الموجه، زمن المعالجة، معدل وصول الرزم، معدل معالجة الرزم.

* قائم بالأعمال في قسم هندسة الحاسبات والتحكم الآلي – كليّة الهندسة الميكانيكية والكهربائية – جامعة تشرين– سورية.

مجلة جامعة طرطوس للبحوث والدراسات العلمية_ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (٤) العدد (٢) 2020

Tartous University Journal for Research and Scientific Studies- Engineering Sciences Series Vol. (4) No. (2) 2020

# Using the soft computing methods especially Genetic Algorithms in improving reliability in Cellular IP networks

**Rasha Shbani ***

**(Received 5 / 2 / 2020 . Accepted 18 / 3 / 2020 )**

**ABSTRACT**

High reliability in Cellular IP networks is a big demand for data transmission. This issue guarantees safe delivery of data packets.

Calls or communications at the entities in Cellular IP networks such mobile hosts, base stations, links, etc. are often vulnerable to failure in establishing connections. Base station, which works as router for the transmitted packets, may fail to perform in the expected manner due to various reasons during the routing operation in the network. Designing a reliable network for the reliable routing and processing of the data, in terms of services of the base stations in the network, is always highly desired.

This paper proposes an appropriate reliability model for Router (base station) CPU time that increases the reliability for the processing of a flow passing through various routers in Cellular IP network. Genetic Algorithm is suited to solve a class of complex optimization problems. The proposed model observes the effects of various related parameters on the reliability of the system. Simulation experiment, to evaluate the performance of the proposed algorithm, is performed and results reveal the effectiveness of this model.

**Key Words:** Genetic Algorithms, Router CPU, Processing time, Packet Arrival Rate, Packet Processing Rate

*Teacheing Assistant, Computer and automatic control engineering department, Tishreen University

## مقدمـــة

تعدّ إدارة الحركية في الشبكات اللاسلكية على المستوى الصغير(micro level) من المسائل المهمة في هذا النوع من الشبكات. حيث إن إدارة الحركية للمستخدمين المتنقلين باستخدام بروتوكول إدارة الحركية: Mobile IP يعدّ صعباً على هذا المستوى نتيجة للحركية المستمرة للمستخدمين[4]. لذلك فقد جرى وضع بروتوكول Cellular IP؛ لهذا الغرض؛ وتسمى الشبكات التي تستخدم هذا البروتوكول بشبكات الإنترنت الخلوي[4]. للشبكات العاملة على هذا البروتوكول خصائص النظام الخلوي العادي ووظائفه نفسها، حيث تقوم شبكات الإنترنت الخلوي بتقسيم المنطقة الجغرافية إلى خلايا تتوسطها محطة قاعدية(BS) لتخديمها. تعدّ المحطة القاعدية هي المتحكم المسؤول عن إدارة الخلية وأية عملية ضمن الخلية تتم عبر المحطة القاعدية. تعمل المحطة القاعدية أيضاً موجهاً في شبكات الإنترنت الخلوي خلال عملية التوجيه في هذه الشبكات[4]. إن الموارد في شبكات الاتصالات محدودة ويجب إدارتها بالشكل الأمثل بحيث نحصل على الأداء الأفضل لها. يأخذ معالج الموجه في مثل هذه الشبكات قيمة معينة من الزمن من أجل معالجة المعطيات المؤلفة من الرزم. النظام الموثوق هو النظام الذي يجب ألا يفشل خلال زمن معالجة البيانات. أي موجه في شبكات الإنترنت الخلوي له قدرة معالجة معينة؛ حيث بإمكانه أن يعالج عدداً محدداً من الرزم خلال ثانية واحدة[22].

يعدّ زمن المعالج من المصادر المهمة والنادرة التوفر، وبالتالي فإن موثوقية هذا البارامتر يجب أن تكون عالية خلال معالجة تدفق المعطيات في شبكات الإنترنت الخلوي تجنباً للفشل [22].

لقد حفز موضوع النقل والمعالجة الموثوقين عبر الشبكات اللاسلكية العديد من الباحثين بسبب أهمية هذا الموضوع. وهذا يعني إيجاد طريقة من أجل انقاص زمن معالجة الرزم في أثناء نقلها عبر مسار معين في الشبكة بوجود معوقات قد تؤدي إلى فشل الإرسال مثل عدم الموثوقية. يقترح البحث المقدم في هذه المقالة نموذجاً لزيادة الموثوقية اعتماداً على زمن معالجة تدفق الرزم في النظام.

## الدراسات المرجعية

إن قدرة أي نظام اتصالات على تنفيذ وظائفه بنجاح وفي الظروف الصعبة وغير المتوقعة هي المعنى الحقيقي للموثوقية. من وجهة نظر الشبكات فإن الموثوقية هي احتمالية أن تنفذ الشبكة المؤلفة من مكونات متعددة مهامها المطلوبة في مدَّة زمنية محددة عندما تعمل في الظروف البيئية الطبيعية. عدم موثوقية اتصال تعني فشل أن تكون احتمالية إكمال هذا الاتصال أقل من قيمة مسموحة مُعرَّفة مسبقاً.

تتعلق موثوقية الاتصال ببارامترات حركة المعطيات كما يعرفها [25]. إن تصميم خوارزميات إدارة موارد في شبكات الإنترنت الخلوي هو من الأمور المهمة. هناك العديد من الدراسات التي تبحث في مجال الموثوقية في بيئة الحوسبة المتنقلة، إحدى الأبحاث في هذا المجال أُجريت من قبل [12]؛ إذ قام الباحثون [16] و[8],[23] , [5] بتصميم أنظمة إدارة عرض حزمة موثوقة وذات سماحية للأخطاء في شبكات الإنترنت الخلوي.

أظهر [17] أن محطات الإرسال في بيئة الأنظمة الخلوية معرضة للفشل؛ حيث إن المحطة القاعدية يمكن أن تفشل في الإرسال أو الاستقبال أو معالجة تدفق من رزم البيانات. وبسبب فشل المحطة القاعدية فإن كل الاتصالات في الخلية الموافقة يتم انهاؤها، وجميع الخدمات المقدمة من المحطة تفشل حتى تجري استعادة المحطة. يؤدي هذا إلى إضعاف أداء الأنظمة الخلوية وإضعاف عملية استغلال عرض الحزمة بالشكل المناسب.

يمكن القول إن الخدمات في الزمن الحقيقي يتم إفشالها بسبب ذلك، وهذا غير مقبول. قدم 13] نموذجاً ذا ثلاث وظائف يعتمد على إعادة الإرسال ، وقد اعتبر أنه موثوق جزئياً. جرى تصميم خوارزمية من أجل استعادة الوصلة بشكل موثوق [25]. قُدِّم نموذج أمثل لتوجيه الرزم في [24]. جرى اقتراح نموذج موثوق للتنقل وتوزيع الطاقة في الشبكات الخلوية CDMA ودراسة تأثيره في وثوقية الاتصال من قبل [21].

خوارزمية توجيه للإرسال المتعدد معتمدة على الشبكات العصبونية من أجل انشاء شجرة توجيه موثوقة تقوم بوصل الأطراف المشاركة في مجموعة إرسال متعدد تم اقتراحها من قبل[11].

اقترح[12] بروتوكول يسمى RMMP يزود خدمات إرسال متعدد موثوقة في شبكات الجوال التي تعمل على بروتوكول الإنترنت.

قام الباحثون في [٢٦] بنمذجة تأثيرات الفشل المحتملة في شبكات الحساسات اللاسلكية، واقترحوا مخططاً متعدد القيم؛ وذلك من أجل تحليل الموثوقية في أنظمة الحساسات اللاسلكية غير الموثوقة، وهذا النموذج يمكن تطبيقه على أنواع عشوائية من أنظمة الحساسات اللاسلكية. جرى اختبار النموذج المقترح عملياً.

في البحث [٢٧]أُجريت دراسة عن الطرق التي يتم فيها تأسيس مسار موثوق وآمن للمعطيات بين عقد الحساسات اللاسلكية من جهة وبين تطبيقات إنترنت الأشياء المعتمدة على الغيمة من جهة أخرى. أُجريت دراسة جميع الطرق بطريقة تحليلية، مع دراسة احتمالات زيادة الموثوقية في جميع الطرق.

جرى في [٢٨] نمذجة نظام موثوقية معتمد على تحليل ماركوف من أجل استنتاج سياسة مثلى لقبول ورفض تدفق المعطيات، وبالتالي تحسين نوعية الخدمة للمشتركين؛ وذلك عن طريق دراسة سيناريوهات مختلفة في شبكات الجيل الخامس.

جذبت تطبيقات الخوارزميات الجينية، والتي تعدّ خوارزميات بحث جيدة للمسائل التي تتطلب إيجاد الحل الأمثل الكثير من الباحثين للقيام بالعديد من الأبحاث حول مسائل تتعلق بالموثوقية. جرى في هذا البحث اقتراح نموذج موثوقية يعتمد على إدارة زمن معالج الموجه من أجل تسهيل عمل الشبكات الخلوية المعتمدة على بروتوكول الإنترنت (الإنترنت الخلوي) في تقديم خدمات موثوقة. يناقض العمل المقترح هنا تأثيرات فشل المحطة القاعدية التي تعمل كموجه في شبكات الإنترنت الخلوي، مع التركيز على تحسين الموثوقية التي تتأثر بالبيئة اللاسلكية.

## هدف البحث

يهدف البحث المقدم في هذه المقالة إلى ما يأتي:

١. زيادة موثوقية تدفق البيانات في شبكات الإنترنت الخلوي التي تعنى بإدارة حركية المستخدمين على المستوى الصغير.

٢. استغلال زمن المعالجة في الموجهات(المحطات القاعدية) بالشكل الأمثل.

٣. دراسة تغيرات عدة قيم لمعدل وصول البيانات ومعدل معالجتها للوصول إلى نتائج أفضل.

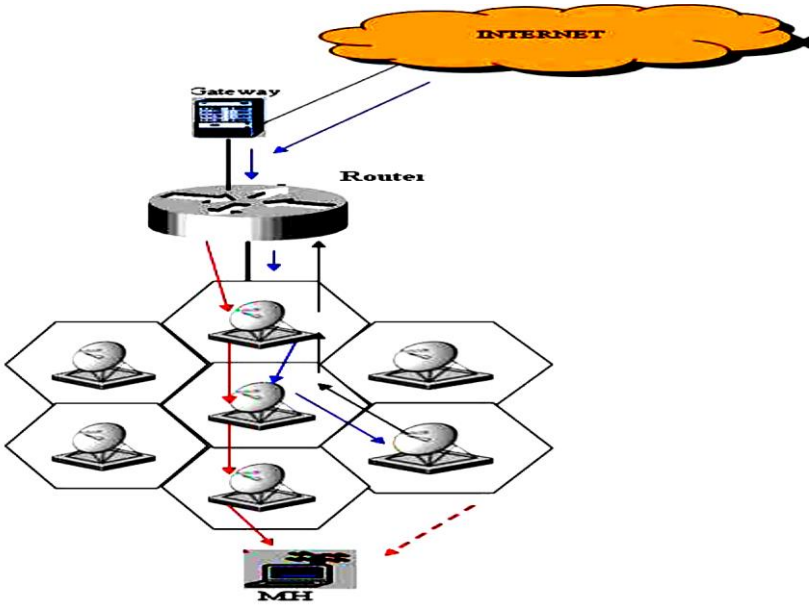
٣. استخدام الخوارزميات الجينية كأداة في البحث كونها أداة فعالة.

## طرائـق البحـث ومـواده

### 1 –عملية التوجيه في الشبكات الخلوية المعتمدة على بروتوكول الإنترنت

إن شبكات الإنترنت الخلوي مقسمة الى خلايا. يتم التحكم بهذه الخلايا من قبل المحطات القاعدية التي تعدّ موجهات لاسلكية في هذه الشبكات. تربط البوابة الشبكة بالإنترنت. يتم في شبكات الإنترنت الخلوي إدارة حركية المستخدمين في المستوى الميكروي (أي ضمن مساحات جغرافية صغيرة).

هناك عدة عمليات تجري في شبكات الإنترنت الخلوي مثل التنقل وإدارة المستخدمين الخاملين (الذين لا يرسلون أو يستقبلون مدَّة زمنية معينة) والتوجيه. يظهر الشكل(١) بنية شبكات الإنترنت الخلوي. يظهر في الشكل عقدة (مستخدم) تقوم بإرسال معطيات أو رزم عبر الإنترنت إلى مستخدم ضمن شبكة الإنترنت الخلوي. يتم توجيه هذه الرزم إلى المستخدم ضمن شبكة الإنترنت الخلوي عبر البوابة والموجه حتى الوصول إلى الهدف.




**الشكل (١) شبكات الإنترنت الخلوي**

عندما ينتقل المستخدم إلى خلية أخرى، فإن معلومات المسار يتم تحديثها، وتجري إعادة توجيه الرزم من المحطة القاعدية القديمة إلى المحطة القاعدية الجديدة عبر الموجه.

تعدّ عملية التوجيه إحدى العمليات المهمة في شبكات الإنترنت الخلوي، التي يتم فيها توجيه الرزم التي تنتمي إلى جريان من المعطيات من المصدر إلى الهدف. يوجد نوعان من التوجيه في أنظمة الاتصالات؛ وهما: عملية التوجيه نهاية–لنهاية، والتوجيه قفزة–قفزة.

يُستخدم التوجيه قفزة–قفزة في شبكات الإنترنت الخلوي كما هو موضح في [4]. يساعد التوجيه باستخدام قفزة–قفزة في تخفيف استهلاك الطاقة وزمن معالجة الرزم، كما هو مثبت في [20] المبدأ الأساسي في التوجه قفزة–قفزة هو أن الرزم يتم توجيهها تبعاً لقرار مستقل يُتخذ من قبل الموجه (المحطة القاعدية في حالة شبكات الإنترنت الخلوي) بالاعتماد على عنوان الوجهة للرزم القادمة. تحتفظ كل محطة قاعدية في شبكات الإنترنت الخلوي بذاكرة توجيه

(routing cache). تخزن هذه الذاكرة نوعين من المعلومات وهما: عنوان الIP للمرسل والقفزة السابقة (الجار السابق) الذي قدمت منه الرزمة إلى المحطة القاعدية. تختلف عملية التوجيه قفزة–قفزة عن أنواع التوجيه الأخرى بالطريقة التي يتم فيها تنظيم جداول التوجيه. في التوجيه قفزة–قفزة، تحمل رزمة واحدة معلومات عن المسار إلى الهدف كافية كمدخل في جدول التوجيه. ليس هناك حاجة لأن تكون الرزم التالية حاملة معلومات عن الهدف وهذا ما ذُكِر في .[7] يجب تحديث معلومات المسار من خلال رزم البيانات التي يتم إرسالها. طالما أن المستخدم المتنقل يقوم بإرسال رزم عبر هذا المسار بانتظام فإن ذاكرة التوجيه سوف تحتفظ بمعلومات توجيه صالحة. يجب الملاحظة أن المسار في شبكات الإنترنت الخلوي يبقى صالحاً (ساري المفعول) لمدة زمنية محددة تعرف ب route–time–out.

تحدد مقدرة الموجه على معالجة الرزم في شبكات الإنترنت الخلوي السياسة التي يتم بها قبول جريان المعطيات أو رفضها، إذا كان الحمل يتجاوز مقدرة الموجه على الاستيعاب. لا يستطيع أي موجه قبول تدفق المعطيات أو معالجتها، إذا كان هذا التدفق يتجاوز الحدود العظمى المسموحة لهذا الموجه (السعة)، وهذا ما ذُكِر في [8]. من أجل تجنب التأخير الحاصل في أرتال الدور، يجب على تدفق المعطيات أن يحجز عدداً معيناً من دورات معالج الموجه بما يتوافق مع نظرية الدور. يجب أن يتم إعطاء الأولوية لتدفق المعطيات ذات الزمن الحقيقي التي تعدّ حساسة للتأخير؛ حيث يجب أن تعطى هذه الأنواع من التدفقات زمن معالج الموجه من أجل ضمان أن هذه التدفقات تُعالج بأصغر زمن ممكن في المعالج. وبالتالي فإن عملية التحكم بتدفق الجريان تُخفِّض زمن معالجة رزم الزمن الحقيقي في موجهات شبكة الإنترنت الخلوي. بحيث يمكن أن تضمن نوعية خدمة أفضل في الشبكة. هذا الموضوع من شأنه أن يؤدي إلى اتصالات موثوقة في شبكات الإنترنت الخلوي.

### 2 –المبادئ العامة في الموثوقية

أهم ما يميز أي نظام هو خاصية الموثوقية، وتعني الموثوقية: مقدرة النظام على أداء مهامه ووظائفه بشكل سليم. وبالتالي فإن الموثوقية هي مفهوم عام، ويتضح عندما يكون المبدأ الذي يترافق معه واضحاً. في بعض الأنظمة تكون الموثوقية مترافقة مع نوعية الإنتاج، وفي بعض الأنظمة الأخرى يمكن أن تكون مترافقة مع صلاحية النظام.

في الاتصالات اللاسلكية، يترافق مفهوم الموثوقية مع العديد من المصطلحات؛ مثل نوعية الخدمة، إكمال الاتصال، فقدان الرزم، الخ. على سبيل المثال، يمكن أن يكون النظام اللاسلكي موثوقاً من ناحية إكمال الاتصال؛ حيث إن هذا الاتصال يعدّ مهماً جداً. يجب أن يكون أي نموذج مصمماً لتحسين أداء أي نظام اتصالات، يجب أن يكون موثوقاً اعتماداً على الهدف الذي من أجله صُمِّم النموذج. على سبيل المثال النموذج المصمم في [1] من أجل إدارة عرض الحزمة يعدّ موثوقاً من ناحية احتمال اسقاط الاتصال CDP؛ حيث يقوم هذا النموذج بتخفيض ( Call CDP(Dropping Probability. في نموذج آخر,[3] يتم فيه تخفيض زمن معالجة الموجه، فإن موضوع الموثوقية هنا مترافق مع زمن المعالجة. في الحقيقة إن مفهوم الموثوقية هو مفهوم نسبي؛ أي لا توجد قيمة محددة يمكن الوصول إليها في نموذج مصمم من أجل تحديد إن كان هذا النموذج موثوقاً. الشيء الأهم هو أن الموثوقية يجب أن يتم تحسينها في أي نظام. تعتمد موثوقية النظام على مكونات النظام المدروس من حيث معدلات النجاح والفشل لهذه المكونات.

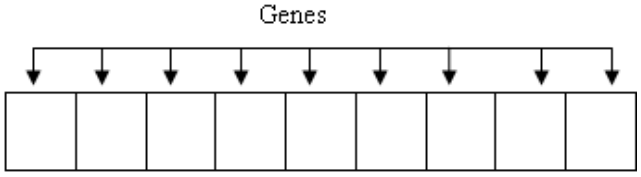
إن البارامتر الذي أخذ بعين الاعتبار في شبكات الإنترنت الخلوي ضمن هذا العمل هو زمن معالج الموجه. تعتمد موثوقية النظام وفقاً للنموذج المقترح على موثوقية المحطات القاعدية في شبكة الإنترنت الخلوي. بما أن كل

محطة قاعدية موجودة على المسار من المصدر إلى الهدف مختلفة عن الأخرى، فإن كل محطة قاعدية لها معدل فشل مختلف، وبالتالي لها مساهمة مختلفة في موثوقية النظام. وبالتالي موثوقية نظام شبكة الإنترنت الخلوي تحدد بناءً على احتماليات فشل محطاتها القاعدية الموجودة في المسار خلال عملية الإرسال.

## 3 –الخوارزميات الجينية GA(Genetic Algorithms)

إن الخوارزميات الجينية هي تقنية بحث وتقنية حل مسائل وإيجاد الحل الأمثل. تعتمد على فكرة الجينات الطبيعية وعملية الاختيار الطبيعي. بشكل عام لا تعدّ هذه الخوارزميات جيدة في حال وجود فضاء بحث ضخم جداً من أجل إيجاد الحل الأمثل؛ وذلك لأنها تتطلب زمناً كبيراً في البحث عندئذٍ.

إن الخوارزميات الجينية هي تقنية تُطبّق في هذه الحالات من أجل إيجاد نتائج قريبة من الحل الأمثل في زمن مقبول. للخوارزميات الجينية العديد من الصفات الجيدة مثل سهولة الاستخدام، وقد طُبِّقت على العديد من مسائل البحث وإيجاد الحل الأمثل. بسبب الخيار المتبع في الخوارزميات الجينية والمعتمد على مبدأ تعدد الحلول فقد طُبِّقت على المسائل متعددة الأهداف ومسائل الجدولة [9]. يتكون تعداد الحلول في GA من عدد من الحلول الفردية، والتي تعدّ حلولاً محتملة للمسألة المطروحة. يسمى الحل المفرد في تعداد الحلول بالكروموزوم بحسب كل من [6] و [10] و [14]و [15] .يتألف الكروموزوم من عدة جينات، كما هو واضح من الشكل (٢). وذلك اعتماداً على المسألة المطروحة.




**الشكل (٢) بنية الكروموزوم**

يمكن تمثيل المعطيات في الكروموزوم بشكل ثنائي أو حقيقي أو أي شكل آخر اعتماداً على المسألة المطروحة. حيث إن كل جين يمثل صفة أو بارامتر للمسألة المدروسة.

حيث إن التوابع المستخدمة في الخوارزميات الجينية هي على الشكل الآتي:

الاختيار ()Selection: من خلال هذه العملية يتم إنتاج جيل جيد من خلال عملية الانتقاء، وذلك اعتماداً على قيمة صلاحية أو ملاءمة هؤلاء الأفراد، باستخدام تابع الصلاحية أو الملاءمة(Fitness Function).

عملية التصالب Crossover: في هذه العملية يتم تبادل جزأين من كروموزومين مختلفين من أجل إنتاج جيل جديد من الحلول. يمكن أن تحدث عملية التصالب(Crossover) في موقع واحد أو في عدة مواقع. تحدث عملية تصالب الحلول تبعاً لقيمة احتمال معينة.

Mutation: عملية الطفرة يتم فيها تغيير جينات أحد الآباء أو أكثر من جين وبالتالي هذا يساهم في إنتاج جيل جديد. تحدث عملية الطفرة تبعاً لاحتمال معين محدد[6].

## 4 –إدارة زمن المعالج باستخدام الخوارزميات الجينية

يأخذ نموذج إدارة زمن المعالج بعين الاعتبار دفقاً من البيانات، يتضمن عدداً من الرزم تمر عبر مسار يتألف من مجموعة من الموجهات. تحدث عملية معالجة الرزم في الموجه عندما تصل الرزمة إلى هذا الموجه. الزمن

المستهلك من قبل الموجه رقم i لمعالجة رزمة هو Ti وبالتالي الزمن اللازم لمعالجة N رزمة هو N*Ti. الزمن الكلي اللازم لمعالجة التدفق الكامل الذي يعبر مساراً يتألف من M موجه هو:

$$T = \sum_{i=1}^{M} N.T_i \qquad (1)$$

أُخِذ بعض الفرضيات بعين الاعتبار في هذا النموذج وهي كما يأتي.

أجريت دراسة تدفق من رزم البيانات، في هذا النموذج يحتوي N رزمة. أيضاً تم اعتبار أن الرزم هي رزم زمن حقيقي، وبالتالي فإن آلية التحكم بقبول الرزم أو التدفق لم تجري مناقشتها هنا؛ بمعنى أن الرزم في التدفق سوف تُقبل من قبل الموجهات. كل موجه لاسلكي (محطة قاعدية) في شبكة الإنترنت الخلوي له سعة معينة (معدل معالجة الرزم μi). معدل وصول الرزم إلى كل موجه λi مختلف. تُشكَّل أرتال دور عند كل موجه، حيث إن الرزم من تدفقات مختلفة تمر عبر الموجهات. الزمن اللازم لمعالجة رزمة في الموجه مشتق من نظرية الدور (queuing theory)، بحسب [22] و[18]هو على الشكل الآتي:

$$T_i = \frac{N_i}{\mu_i} \times \frac{1}{1 - \frac{\lambda_i}{\mu_i}} \qquad (2)$$

يأخذ النموذج المقترح في هذا البحث عملية التوجيه في شبكات الإنترنت الخلوي. يوجد في الشكل (١) مثال عن عملية التوجيه؛ حيث إن التدفق (مجموعة الرزم) يمر عبر مسار من اللحظة التي يدخل فيه التدفق إلى الشبكة من البوابة التي تربط الشبكة بالإنترنت حتى تصل إلى الوجهة النهائية. تقوم كل محطة قاعدية بتوجيه التدفق اعتماداً على قرار مستقل، وهو مبدأ التوجيه قفزة–قفزة، الذي نُوقِشَ سابقاً. في كل موجه (محطة قاعدية) يأخذ المعالج زمناً لمعالجة الرزم قبل توجيهها إلى القفزة التالية. يعمل هذا النموذج على رفع موثوقية النظام إلى قيمة عظمى عن طريق إنقاص زمن المعالجة الكلي في موجه محدد وفي مسار محدد للتدفق. من أجل تحقيق هذا الهدف، يقوم النموذج بتطبيق الخوارزميات الجينية. كل موجه يتم تمثيله بزمن معالجة. وبالتالي فإن قيم المعطيات اللازمة لتمثيل الجينات في الكروموزوم هي قيم حقيقية، وهي كما في الشكل(٣).

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_1$ | $T_2$ | $T_3$ | ..... | ..... | ..... | $T_M$ |

**الشكل(٣) بنية الكروموزوم المستخدمة في إدارة زمن معالج الموجه**

حيث إن Ti كما ذكر سابقاً هي زمن معالج الموجه لتدفق معطيات في كل موجه. تابع اللياقة المستخدم لتقييم الحلول في هذا النموذج هو T كما هو موضح في المعادلة (١) ومشروح في [3].

## 5 –النموذج المقترح

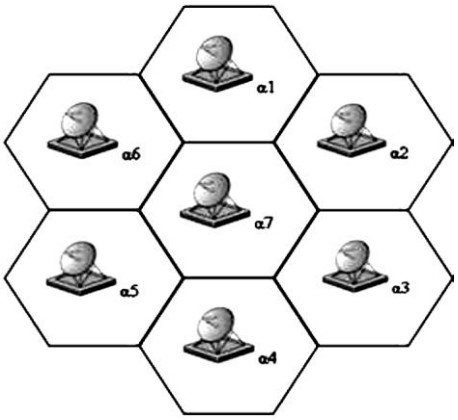
يأخذ النموذج المقترح بعين الاعتبار إدارة زمن معالج الموجه اعتماداً على فشل المحطات القاعدية. فشل المحطة القاعدية يعني فشل معالجها في معالجة الرزم التي تمر عبرها. يعتمد حساب الموثوقية على معدلات فشل المحطات القاعدية (الموجهات) وزمن معالجة التدفق.

### 5-1 شرح النموذج المقترح

تعتمد موثوقية تدفق الجريان على خدمات المحطات القاعدية التي توجد على المسار. توفر هذه الخدمات يعتمد على معدلات فشل المحطات القاعدية. يُحدَّد فشل محطة قاعدية من خلال عوامل متعددة مثل استطاعة الإرسال، الحرارة، نسبة الإشارة إلى الضجيج بين العقدة الطرفية والمحطة القاعدية، الخ. جرى في هذا النموذج اختيار تمثيل بارامتر الموثوقية عن طريق توزع أسي خلال عملية معالجة تدفق رزم البيانات. السبب في هذا الاختيار هو أن المحطة القاعدية التي تعمل مدَّةً زمنية (عدداً من الساعات) تعدّ جيدة كما لو أنها جديدة؛ وذلك مع أخذ المدة الزمنية المتبقية بعين الاعتبار حتى تفشل هذه المحطات القاعدية، وذلك كما شرح [19]. وبالتالي فإن موثوقية المحطة القاعدية (الموجه)، كما استُخدمت من قبل [10] مدَّةً زمنية محددة هي بالعلاقة:

$$R_i = e^{-\alpha_i T_i} \qquad (3)$$

حيث إن $\alpha$ هو معدل فشل المحطة القاعدية كما هو موضح في الشكل (٤)، الذي يتم فيه تمثيل المحطة القاعدية بمعدل الفشل لها وTi هي الزمن الذي تأخذه المحطة القاعدية (الموجه) من أجل معالجة تدفق من الرزم في الموجه. استُخدمت الخوارزميات الجينية GA كأداة من أجل زيادة موثوقية النظام، الذي يتضمن المحطات القاعدية في النموذج المقترح. تبعاً للنموذج المقترح فإن تعداد الحلول ذو قيم الموثوقية الأفضل في كل جيل سوف يشارك في واحد أو أكثر من الأجيال التالية من أجل إعادة الإنتاج. احتمالية تطبيق عملية الطفرة منخفضة.




**الشكل (٤) المحطات القاعدية ذات معدلات فشل مختلفة $\alpha$**

إذاً، فإن النموذج المقترح صُمِّمَ بحيث إن الموثوقية سوف يتم زيادتها إلى قيمة عظمى. حدثت عملية المحاكاة اعتماداً على استراتيجية إدارة زمن المعالج التي طُوِّرت في [3]، من أجل مراقبة تأثير عدد الموجهات وعدد الرزم في كل جريان على الموثوقية في نظام الشبكة المقترح، فإنه قد أُجريت تجارب من أجل عدد مختلف من الموجهات وعدد مختلف من الرزم في التدفق.

### 5-2 تابع الصلاحية(الملاءمة) المستخدم

بما أن رزم البيانات لتدفق ما تمر في مسار يتألف من M موجه، فإن الموثوقية الكلية للنظام يجري حسابها كما يأتي:

$$R = \prod_{i=1}^{M} e^{-\alpha_i T_i} \qquad (4)$$

من أجل الحصول على أفضل موثوقية في النظام، بحسب النموذج المقترح فإن قيمة الموثوقية في المعادلة ٤ يجب أن تكون أعظمية.

### 5-3الخوارزمية المقترحة

الخوارزمية المقترحة والمستخدمة في هذا النموذج هي على الشكل الآتي:

Algorithm MaxReliability (Input: Hops, Packets_per_Flow, Popsize, Generations)

1. Generate Randomly packet_processin_ rate, packet_arrival_ rate
2. Generate Randomly BS_ failure_ rates
3. Compute flow_ processing _times // in each router using Equations. (1) and (2)
4. Ccompute Rel_BS //initial reliability forBSs using Equation. (4)
5. Generate initial_ population
6. Score initial_ population //Using fitness function
7. Sort the chromosomes // according to fitness value in descending order
8. Repeat
9. Perform crossover //on the sorted chromosomes
10. Perform mutation
11. Score population
12. Sort population //in descending order
13. Select half the population
14. Store max reliability // of each generation
15. Until (Solution Converges)

## النتائج والمناقشة

في هذا القسم جرى تقييم الخوارزمية المقترحة، تمت الملاحظة من خلال التجربة أن الحل يتقارب بعد ٢٠ جيلاً. صُمِّمت التجارب عن طريق كتابة البرامج باستخدام لغة C++.

### 1- بارامترات المحاكاة

بارامترات المحاكاة المستخدمة في التجارب على الشكل الآتي:

عدد الموجهات متغير (٨,١٢، ١٦، ٢٠) في كل تجربة

عدد الرزم في كل تدفق متغير (٢٠٠,٤٠٠,٦٠٠,٨٠٠) من أجل كل عدد من الموجهات.

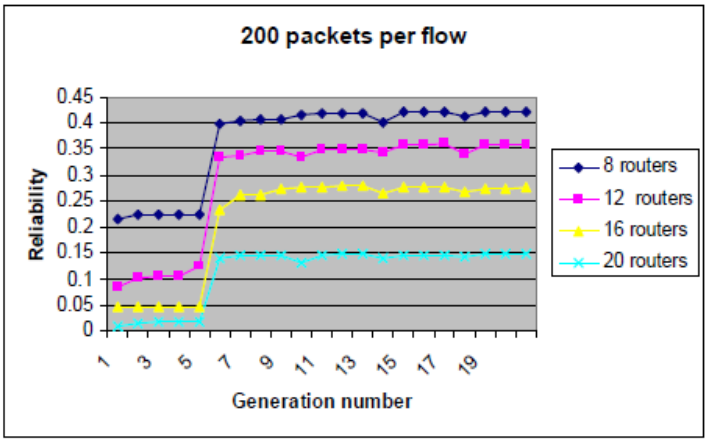
معدل معالجة الرزم $\mu$ ومعدل وصول الرزم $\lambda$ تم اختيارها في ٤ مجالات للقيم ولكنها ثابتة من أجل كل موجه في التجربة المعتبرة. بما أن معدل الفشل هي خاصية لكل جهاز، فإن معدلات الفشل تم توليدها بشكل عشوائي بين ٠ و١ وثابتة من أجل نفس التجربة.

## 2- التجربة الأولى

جرى فيها توليد قيم معدلات المعالجة μ والوصول λ في المجال الأول λ = 500 – 1000 packets/sec, وبالتالي: μ = 1000 – 1500 packets/sec.

١. **بارامترات الدخل** : λ = 500 – 1000 packets/sec, μ = 1000 – 1500 packets/sec.

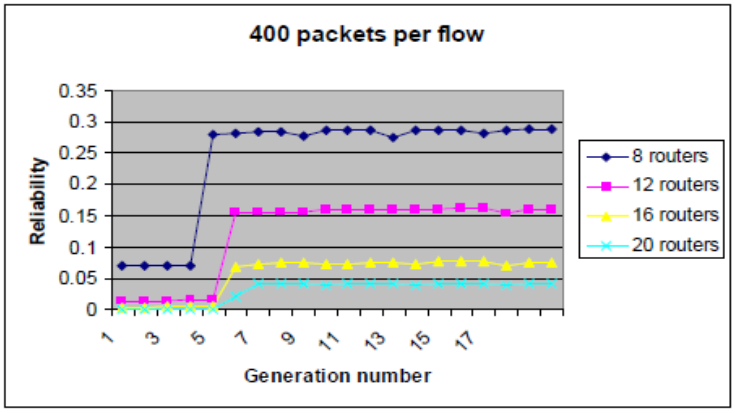
عدد الرزم في التدفق = ٢٠٠ رزمة، عدد الموجهات ٨،١٢، ١٦، ٢٠، ١ ≤ α ≤ ٠




**الشكل (٥) التجربة من أجل ٢٠٠ رزمة في التدفق**

٢. **بارامترات الدخل** : λ = 500 – 1000 packets/sec, μ = 1000 – 1500 packets/sec.

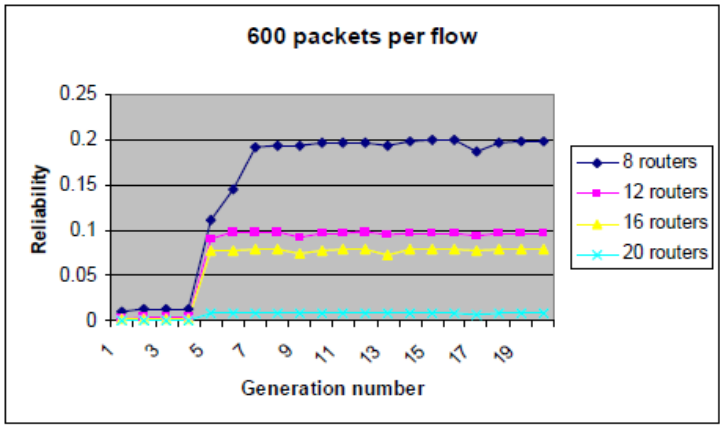
عدد الرزم في التدفق = ٤٠٠ رزمة، عدد الموجهات ٨،١٢، ١٦، ٢٠، ١ ≤ α ≤ ٠




**الشكل (٦) التجربة من أجل ٤٠٠ رزمة في التدفق**

٣. **بارامترات الدخل** : λ = 500 – 1000 packets/sec, μ = 1000 – 1500 packets/sec.

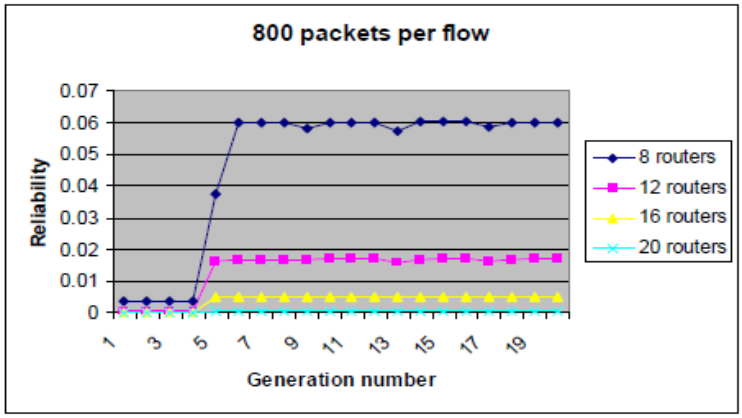
عدد الرزم في التدفق = ٦٠٠ رزمة، عدد الموجهات ٨،١٢، ١٦، ٢٠، ١ ≤ α ≤ ٠




**الشكل (٧) التجربة من أجل ٦٠٠ رزمة في التدفق**

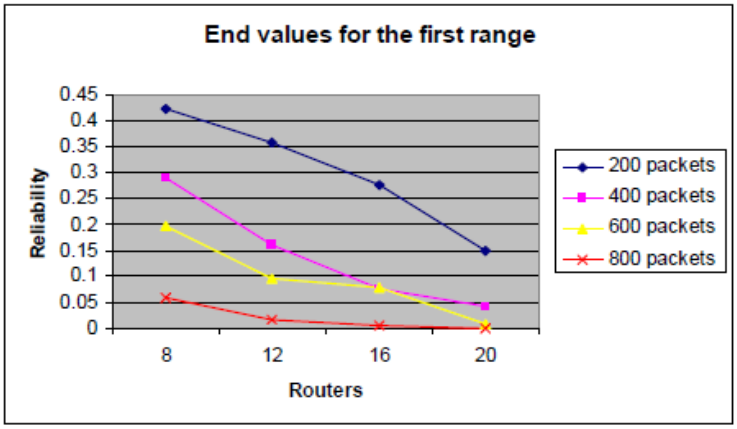
**٤. بارامترات الدخل :** $\lambda = 500 - 1000$ packets/sec, $\mu = 1000 - 1500$ packets/sec.

عدد الرزم في التدفق = ٨٠٠ رزمة، عدد الموجهات ٨,١٢، ١٦، ٢٠، $0 \le \alpha \le 1$




**الشكل (٨) التجربة من أجل ٨٠٠ رزمة في التدفق**

يبين الشكل(٩) نتائج التجربة الأولى النهائية مجمعة:



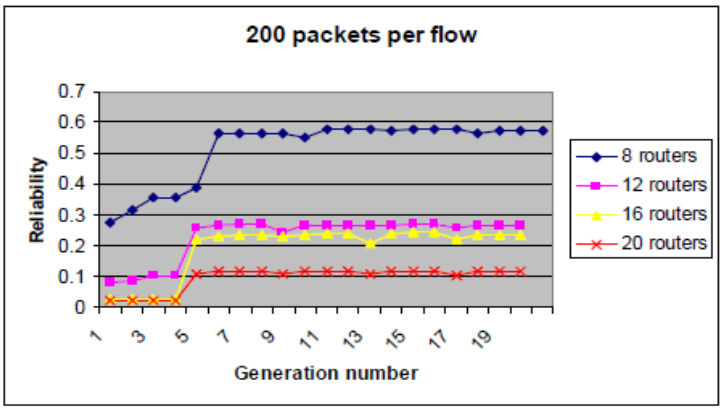

**الشكل (٩) النتائج النهائية للتجربة الأولى (المجال الأول من القيم)**

## 2- التجربة الثانية

تم فيها توليد قيم معدلات المعالجة μ والوصول λ في المجال الثاني λ = 1000 – 1500 packets/sec, وبالتالي: μ = 1500 – 2000 packets/sec.

١. **بارامترات الدخل** : λ = 1000 – 1500 packets/sec, μ = 1500 – 2000 packets/sec.

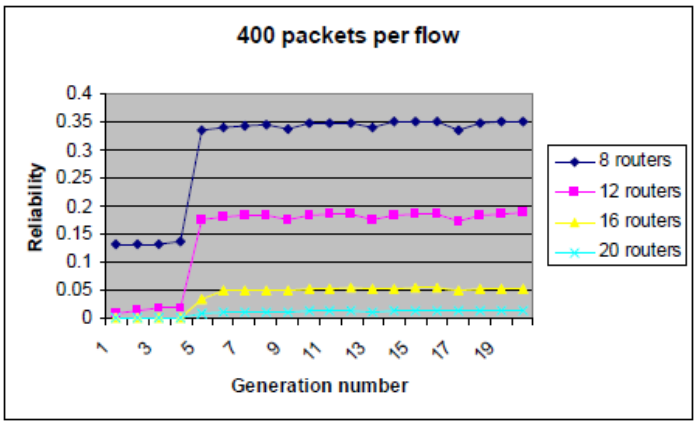
عدد الرزم في التدفق = ٢٠٠ رزمة، عدد الموجهات ٨،١٢، ١٦، ٢٠، ١ ≤ α ≤ ٠




**الشكل (١٠) التجربة الثانية من أجل ٢٠٠ رزمة في التدفق**

٢. **بارامترات الدخل** : λ = 1000 – 1500 packets/sec, μ = 1500 – 2000 packets/sec.

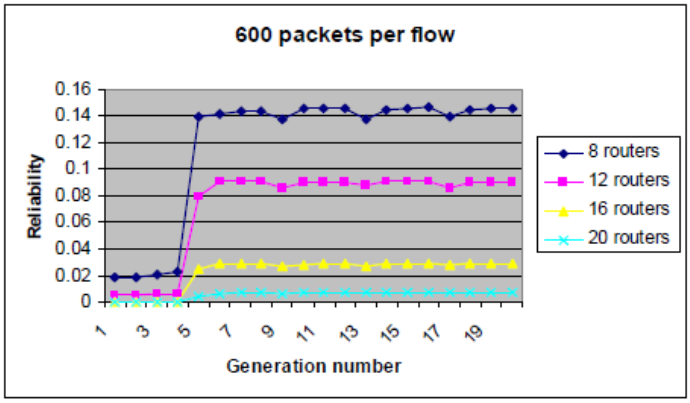
عدد الرزم في التدفق = ٤٠٠ رزمة، عدد الموجهات ٨،١٢، ١٦، ٢٠، ١ ≤ α ≤ ٠




**الشكل (١١) التجربة الثانية من أجل ٤٠٠ رزمة في التدفق**

٣. **بارامترات الدخل** : λ = 1000 – 1500 packets/sec, μ = 1500 – 2000 packets/sec.

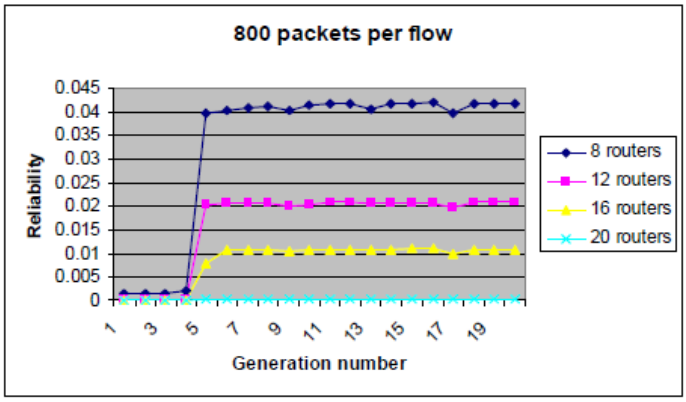
عدد الرزم في التدفق = ٦٠٠ رزمة، عدد الموجهات ٨،١٢، ١٦، ٢٠، ١ ≤ α ≤ ٠




**الشكل (١٢) التجربة الثانية من أجل ٦٠٠ رزمة في التدفق**

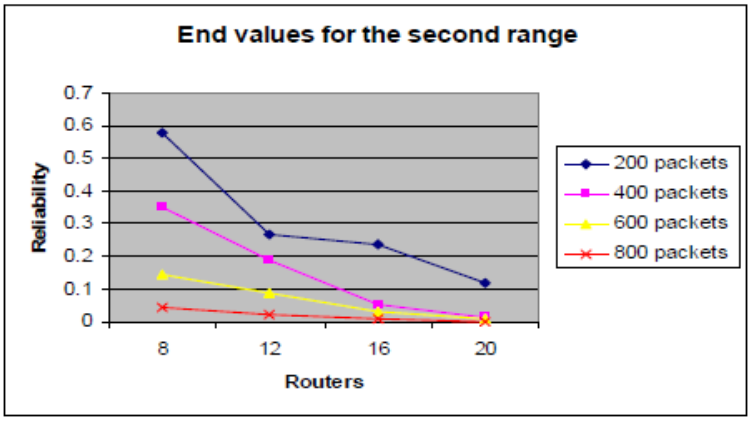
**٤. بارامترات الدخل :** $\lambda = 1000 - 1500$ packets/sec, $\mu = 1500 - 2000$ packets/sec.

عدد الرزم في التدفق = ٨٠٠ رزمة، عدد الموجهات ٨،١٢، ١٦، ٢٠. $0 \le \alpha \le 1$




**الشكل (١٣) التجربة الثانية من أجل ٨٠٠ رزمة في التدفق**

يبين الشكل(١٤) النتائج النهائية للتجربة الثانية مجتمعة:

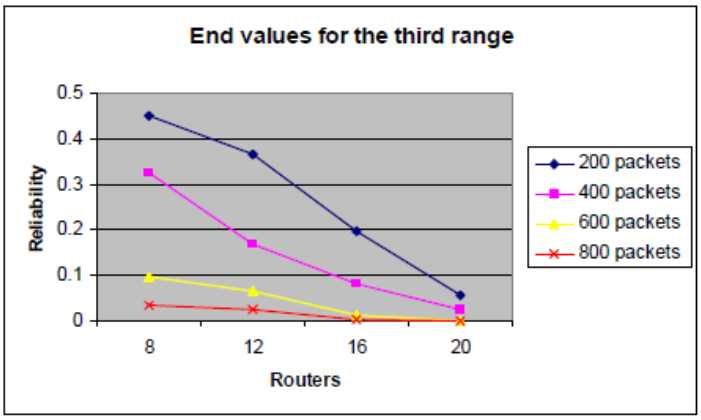



**الشكل (١٤) النتائج النهائية للتجربة الثانية (المجال الثاني من القيم)**

**3- التجربة الثالثة**

جرى فيها توليد قيم معدلات المعالجة $\mu$ والوصول $\lambda$ في المجال الثالث $\lambda = 1500 - 2000$ packets/sec, $\mu = 2000 - 2500$ packets/sec.

أُجريت التجارب السابقة نفسها مع اختلاف القيم، وبالتالي تم الحصول على النتائج النهائية كما هي موضحة في الشكل (١٥).

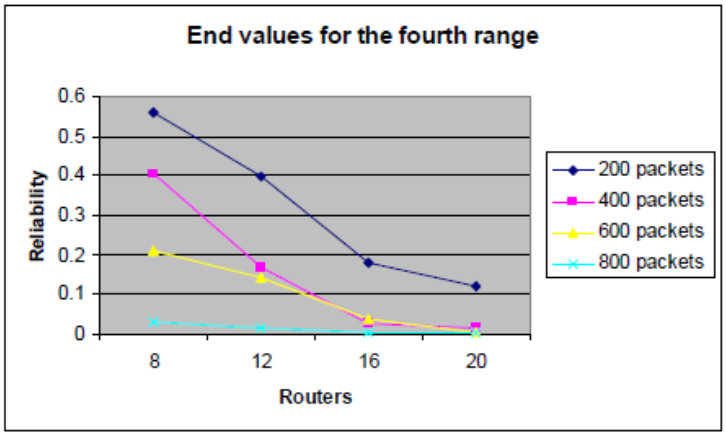



**الشكل (١٥) النتائج النهائية للتجربة الثالثة (المجال الثالث من القيم)**

### 4- التجربة الرابعة

جرى فيها توليد قيم معدلات المعالجة $\mu$ والوصول $\lambda$ في المجال الرابع $\lambda = 2000 - 2500$ packets/sec, $\mu = 2500 - 3000$ packets/sec

النتائج النهائية للتجربة الرابعة مع اختلاف القيم جرى إظهارها في الشكل (١٦).




**الشكل (١٦) النتائج النهائية للتجربة الرابعة (المجال الرابع من القيم)**

## الاســـتنتاجات والتوصيـــات

من الواضح في الشكل (٣) أنه عندما يزداد زمن المعالجة، فإن الموثوقية تزداد. هذا الكلام منطقي وذلك لأنه عندما يكون زمن المعالجة أقل فإن الموجه يحتاج أن يكون متاحاً مدة زمنية أقل وبالتالي موثوقية الموجه سوف تكون أفضل. عندما يزداد عدد الرزم في التدفق فإن الموثوقية تتناقص كما هو واضح من الأشكال (٥) و(٦) و(٧) و(٨).

إن معدل معالجة الرزم ومعدل وصول الرزم بارامترين مهمين من أجل التحكم في زمن المعالجة في الموجه كما هو واضح من المعادلة (٢). عندما يزداد مجال القيم لهذين البارامترين فإن زمن المعالجة المطلوب يصبح أقل وبالتالي تكون الموثوقية أفضل. تم استنتاج ذلك من النتائج النهائية في الأشكال (٩) و(١٤) و(١٥) و(١٦).

من الواضح أنه عندما يكون عدد الموجهات في المسار كبيراً، فإن التدفق يحتاج زمناً أكبر للمعالجة ؛ مما يؤدي إلى انقاص الموثوقية وهذا ما توضحه الأشكال (١١) و(١٢) و(١٣).

تظهر النتائج النهائية لكل تجربة، ومن أجل جميع مجالات القيم العلاقة بين عدد الرزم في كل تدفق وعدد الموجهات في المسار.

جرى توليد قيم معدلات الوصول والمعالجة لكل موجه بشكل عشوائي، من أجل الحصول على نتائج واقعية. إن استخدام الخوارزميات الجينية قد أسهم إسهاماً ملحوظاً من خلال التجارب في زيادة موثوقية النظام، من خلال زيادة موثوقية المحطات القاعدية(الموجهات). وبالتالي فإن النموذج المقترح هو محاولة لزيادة موثوقية معالجة البيانات في مسار مكون من عدد من الموجهات.

يمكن أن يتم في المستقبل تنفيذ التجربة باستخدام الخوارزميات الجينية المعدلة؛ وذلك عن طريق تغيير طريقة اختيار الأفراد(الحلول) التي تتابع طريقها إلى الأجيال اللاحقة، ودراسة تأثير ذلك في النتائج الحاصلة. يمكن استخدام خوارزميات ذكاء صنعي أخرى كخوارزمية الأسراب (Particle Swarm Optimization :PSO) في عملية إيجاد حل أمثل لهذه المسألة ومقارنة النتائج مع الحل المقترح باستخدام الخوارزميات الجينية. يمكن أيضاً تطبيق هذا النموذج المقترح على أنواع أخرى من الشبكات من أجل تحقيق أهداف مختلفة مثل اكتشاف المسار الأفضل أو استخدام أفضل لعرض الحزمة ،الخ.

## المراجـــــع


[1] ANBAR, M., AND VIDYARTHI, D.P. 2009. *On Demand Bandwidth Reservation for Real-Time Traffic in Cellular IP Network using Particle Swarm Optimization.* International Journal of Business Data communications and Networking. (IJBDCN) 5, 53-66.

[2] ANBAR, M., AND VIDYARTHI, D.P. 2009. *Buffer Management in Cellular IP Network using GA. In Proceedings of the 2nd International Conference of Advanced Computing Theory and Engineering*, Sept. 2009, Cairo, Egypt, ASME Press, 1163-1173.

[3] ANBAR, M., AND VIDYARTHI, D. P. 2010. *Router CPU Time Management using Particle Swarm Optimization in Cellular IP Networks*. International Journal of Advancements in Computing Technology 1, 48-55.

[4] Campbell, A.T., Gomez, J., Kim, S., Valko, A.G., Wan, C.-Y., and Turanyi, Z.R. 2000. *Design, implementation, and evaluation of cellular IP*. IEEE personal communications 7, 42-49.

[5] Dahlberg, T., and Jung, J. 2001. *Survivable Load Sharing Protocols: A Simulation Study*. ACM Wireless Networks Journal 7, 283-296.

[6] GOLDBERG, D.E. 2005. *Genetic Algorithms in search, optimization, and Machine Learning*. Upper Saddle River, NJ.

[7] HEIMLICHER, S., AND KARALIOPOULOS, M. 2007. *End-to-end vs. hop-by-hop transport under intermittent connectivity*. In Proceedings of the first International Conference on Autonomic Computing and Communication Systems, Oct. 2007, Rome, Italy, Article No. 20.

[8] JAYARAM, R., SEN, S. K., KAKANI, N. K., AND DAS, S. K. 2000. *Call Admission and Control for Quality-of- Service (QoS) Provisioning in Next Generation Wireless Networks*", ACM Wireless Networks Journal 6, 17-30.

[9] KHANBARY, L.M.O., AND VIDYARTHI, D.P. 2008. A GA-based effective fault-tolerant model for channel allocation in mobile computing. IEEE Transactions on Vehicular Technology 57, 1823-1833.

[10] KHANBARY, L.M.O., AND VIDYARTHI, D.P. 2009. *Reliability Based Channel Allocation using Genetic Algorithm in Mobile Computing*. IEEE transactions on Vehicular Technology 58, 4248- 4256.

[11] KUMAR, B. P. V., AND VENKATARAM, P. 2003. *Reliable multicast routing in mobile networks*: a neural network approach. In Proceedings of IEE in Communications, Dec. 2003, UK, 377-384.

[12] LIAO, W., KE, C-A., AND LAI, J-R. 2000. *Reliable Multicast with Host Mobility*. In Proceedings of IEEE Global Telecommunications Conference, Nov. 2000, CA, USA, 1692 –1696.

[13] MARASLI, R., AMER, P. D. AND CONRAD, P. T. 1996. *Retransmission-Based Partially Reliable Transport Service: An Analytic Model*. In Proceedings of the 15th Annual Joint Conference of the IEEE Computer Societies: Networking the next generation, March 1996, CA, USA,pp.24-28.

[14] MICHALEWICZ, Z. 1996. *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*, Heidelberg: Springer-Verlag, Germany.

[15] MITCHELL, M. 1998. *An Introduction to Genetic Algorithms*. London, U.K.

[16] OLIVENA, C., KIM, J. B. AND SUDA, T.1998. *An Adaptive Bandwidth Reservation Scheme for High-Speed Multimedia Wireless Networks*. IEEE Journal on Selected Areas in Communications 16, 858-874.

[17] PRAKASH, R., SHIVARATRI, N. G., AND SINGHAL, M. *Distributed Dynamic Fault-Tolerant Channel Allocation for Cellular Networks*. IEEE Transactions on Vehicular Technology 48, 1874-1888.

[18] ROBERTAZZI, T.G. 2000. *Computer Networks and Systems, Queuing theory and performance evaluation*. Heidelberg: Springer-Verlag, Germany.

[19] ROSS, S. M. 2006. *Introduction to Probability Models*, Elsevier, UK.

[20] SOBRINHO, J.L. 2002. *Algebra and algorithms for QoS path computation and hop-by-hop routing in the internet*. IEEE/ACM Transactions on Networking 10, 541-550.

[21] SUN, S., KRZYMIEN, W. A., AND JALAI, A. *Optimal forward link power allocation for data transmission in CDMA systems*. In Proceedings of Ninth IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, Sept. 1998, Boston, MA, 848-852.

[22] TANENBAUM, A.S. 2004. *Computer Networks*, Pearson Education, India.

[23] TIPPER, D., AND DAHLBERG, T. 2002. *Providing fault tolerance in wireless access networks*. IEEE Communications Magazine 40,17-30.

[24] ZHANG, D., RAY, S., KANNAN, R., AND IYENGAR, S. S. 2003. *A Recovery Algorithm for Reliable Multicasting in Reliable Networks*. In Proceedings of IEEE 32nd International Conference on Parallel Processing, Oct.. 2003, Taiwan, 493-500.

[25] ZHAO, D., SHEN, X., AND MARK, J. W. 2006. *Soft Handoff and Connection Reliability in Cellular CDMA Downlinks*. IEEE Transactions on Wireless Communications 5, 354-365.

[26] Yujie Wang ; Liudong Xing, 2017. *Reliability of wireless sensor networks subject to phase-dependent probabilistic competing failures*, 2017 Second International Conference on Reliability Systems Engineering (ICRSE), DOI: 10.1109/ICRSE.2017.8030753

[27] Milan Lukić ; Živorad Mihajlović ; Ivan Mezei, 2018, *Data Flow in Low-Power Wide-Area IoT Applications*, 2018 26th Telecommunications Forum (TELFOR), DOI: 10.1109/TELFOR.2018.8611848.

[28] Adlen Ksentini ; Tarik Taleb ; Khaled B. Letaif, 2016, *QoE-Based Flow Admission Control in Small Cell Networks*, IEEE Transactions on Wireless Communications, Page(s): 2474 – 2483.