استعادة الخدمة في نظم توزيع القدرة الكهربائية لزيادة موثوقيتها باستخدام الخوارزميات الجينية

م. أنس منصور [*] **أ.د. نديم مخول** [**]

الملخص

مع تزايد استخدام التكنولوجيا والأتمتة في مختلف مناحي الحياة الحديثة، أصبح انقطاع التغذية الكهربائية ذا تأثير كبير يؤدي إلى اضطراب، وربما إلى شلل تام في مسار الحياة اليومية لمعظم القطاعات سواء الصناعية أو الاقتصادية أو حتى الترفيهية. لذلك أصبح من الضروري الوصول إلى نظام كهربائي ذي موثوقية عالية لتأمين استمرارية التغذية الكهربائية للمستهلك.

بناءً على ما تقدم نقوم في هذا البحث بدراسة طريقة جديدة لاستعادة الخدمة في شبكات التوزيع الكهربائية باستخدام الخوارزميات الجينية من أجل رفع موثوقية أنظمة التوزيع الكهربائية وتحسين أدائها، ويتضمن البحث لمحة عن موثوقية النظم الكهربائية فضلاً عن المبادئ الأساسية للخوارزميات الجينية وكيفية استخدام هذه التقنيات في استعادة الخدمة في مراكز التنسيق. فضلاً عن ذلك صُمِّمَ برنامج حاسوبي ضمن بيئة (MATLAB) لتطبيق تقنية استعادة الخدمة باستخدام الخوارزمية الجينية، كما اختُبِرَ هذا البرنامج على مثال تطبيقي مع توضيح النتائج الموافقة .

الكلمات المفتاحية: الشبكات الشعاعية، الموثوقية، استعادة الخدمة، جريان الحمولة للشبكات الشعاعية الخوارزميات الجينية، زمن الانقطاع.

[*] أعد هذا البحث في سياق رسالة الماجستير للمهندس أنس منصور بإشراف الأستاذ الدكتور المهندس نديم مخول – قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهمك - جامعة دمشق

[**] قسم هندسة الطاقة الكهربائية - كلية الهمك - جامعة دمشق

1- مقدمة:

يؤثر انقطاع التغذية الكهربائية تأثيراً سلبياً من الناحية الاقتصادية والاجتماعية في كل من المستهلك النهائي للطاقة الكهربائية وشركات التوليد والنقل.

حيث أن انقطاع التغذية الكهربائية عن منطقة ما يحدث بفعل عدة أسباب منها:

- ü أخطاء في التحكم
- ü فشل في الحمايات
- ü فشل في نظام النقل
- ü خطأ المشغل البشري

أياً كان سبب الانقطاع فإنه يؤدي إلى تأثيرات كبيرة من الناحية الاقتصادية وخصوصاً بالنسبة إلى شركات التوليد والنقل ، لذلك أصبح إيجاد نظام قدرة ذي موثوقية عالية من الموضوعات المهمة في كل من تصميم نظم القدرة وتشغيلها.

لذلك فإن العديد من الموضوعات المطروحة تتناول إيجاد طرائق جديدة لرفع موثوقية نظام القدرة سواء من خلال البنية التصميمية للنظام أو من خلال تحسين طرائق التشغيل والتحكم به .

إن الجوانب التي يمكن من خلالها رفع موثوقية النظام في التشغيل والتحكم كثيرة ومنها (تقنيات استعادة الخدمة للنظام)، وهو الموضوع الذي يتناوله هذا المقال.

2- موثوقية نظم القدرة الكهربائية

يقصد بتعبير الموثوقية (Reliability) في الهندسة الكهربائية مقدرة أية آلة أو دارة كهربائية على ضمان العمل المستمر، أي تنفيذ الغاية المطلوبة منها مع المحافظة على المؤشرات الاستثمارية ضمن الشروط المحددة، ومع أن الموثوقية مفهوم حديث إلا أنه دخل مؤخراً في المقررات والدراسات الهندسية جميعها. **[1]**

إن خفض احتمال انقطاع التغذية الكهربائية عن المستهلك ومن ثمَّ رفع موثوقية نظام القدرة يمكن أن يجري من خلال اتجاهين أساسيين:

- رفع سوية البنية التصميمية للنظام، ومن ثمَّ زيادة التكاليف ورأس المال الموظف خلال مرحلة بناء النظام.

فمثلاً تستعمل عند تصميم الشبكات الكهربائية خرائط خاصة تبيّن انتشار العواصف الرعدية، وشدة الرياح، وكثافة تشكل الجليد، ومدى تغيّر درجات الحرارة، ويمكن إنشاء الخطوط الهوائية على درجة عالية من الموثوقية بحيث لا تتهدم حتى عند الشروط الجوية القاسية. إلا أن مثل هذه الخطوط تعمل بشكل موثوق به ضمن شروط جوية معينة وبحسب التوتر الأعظمي للخط، وتُختَارُ مثل هذه الشروط التي لا تتكرر أكثر من مرة خلال ((5 – 15)) سنة.

- أمَّا الاتجاه الآخر المتبع لرفع الموثوقية فيتمثل في تحسين طرائق التشغيل والتحكم بالنظام، أو من خلال الاتجاهين معاً.

فيمكن رفع موثوقية عمل الشبكات في أثناء الاستثمار من خلال عدة جوانب منها [1]:

المراقبة:

تعتمد موثوقية عمل الشبكات الكهربائية -إلى حد بعيد- على تشغيلها بشكل صحيح في أثناء الاستثمار، وتقوم دوائر الاستثمار بإجراء عمليات مراقبة منظمة للتأكد من حالة تشغيل الخطوط والمعدات في محطات التحويل، كما أنه من المهم جداً إجراء المراقبة والفحص أو تجارب العازلية، فخلال هذه التجارب تُحدَّدُ العيوب في بنية العوازل التي تنتج عن الأعطال الميكانيكية لعناصر العزل نتيجة تغيّر شروط الجو الحرارية، وتنحصر مهمة عمال الاستثمار باكتشاف عيوب العوازل في الوقت المناسب وإزالتها.

فضلاً عن مراقبة العازلية تُرَاقَبُ حالة أبراج الخطوط الهوائية بشكل دوري بغية تحديد الأعطال المحلية

المحتملة، وكذلك تُرَاقَبُ الأعمال الإنشائية التي تجري بجوار مسار الخطوط وغيرها.

الصيانة:

تجب صيانة كل عنصر من عناصر الشبكة بشكل دوري، وهنا نميّز بين صيانة مبرمجة وقائية وصيانة رئيسية.

توضع برامج خاصة لإجراء الصيانة وتُحدَّدُ مواعيدها بحسب الاستثمار، وتجري بشكل متكرر وعند إجراء مثل هذه الصيانة يجب إجراء فحص دقيق للتجهيزات وتغيّر زيت المحولات والقواطع، أمَّا الصيانة الرئيسية فهي تجري بشكل نادر، وعند إجرائها تُبَدَّلُ الأجزاء المعطوبة أو القديمة من التجهيزات وأبراج الخطوط الهوائية.

يمكن إجراء كثير من أعمال الصيانة على الخطوط الهوائية تحت التوتر، ومنها تغيير النواقل والعوازل المعطوبة، وتغيير الأجزاء المختلفة من الأعمدة واستبدالها .

القيادة المركزية وإزالة الأعطال:

فضلاً عن عمال الاستثمار الذين يقومون بالمراقبة هناك هيئة أخرى لتشغيل الشبكة تقوم بتحقيق نظام التشغيل للجملة ككل، وكذلك تلافي حالات الأعطال التي يمكن أن تنشأ عند تعطل الخطوط أو تجهيزات محطات التحويل والتوليد.

لا يمكن فصل أي عنصر من عناصر الشبكة دون موافقة مراكز التنسيق المسؤولة، كما يجب قبل صيانة أي عنصر الحصول على موافقة هذه المراكز. هذا فضلاً عن أنه يتم في مراكز التنسيق رسم منحنيات الحمل لمحطات التوليد من أجل اليوم التالي، وعند تغيير حمولة الجملة في ذلك اليوم يعلم مركز التنسيق عناصر محطات التوليد عن التغيير الحاصل في الحمولة، كما يجري أيضاً التحقق من نظام التوترات في مختلف نقاط الشبكة والتيارات المارة في الخطوط، وعند تجاوز قيم التوترات والتيارات القيم المسموح بها يقوم مركز التنسيق باتخاذ الإجراءات اللازمة لإزالة هذا الوضع.

إن تجميع صلاحيات تنظيم تشغيل محطات التوليد والشبكات والنظم الكهربائية عند مركز التنسيق تزيد بشكل ملحوظ من موثوقية التغذية الكهربائية. إذْ يجري في مركز التنسيق مراقبة النظام بشكل عام واتخاذ الإجراءات الضرورية في حال حدوث أي عطل أو حالة طارئة في النظام لتقليل زمن انقطاع التغذية عن المستهلكين - قدر الإمكان- باستخدام تقنيات استعادة الخدمة وغيرها من التقنيات المساعدة في اتخاذ القرار، ومن ثمَّ رفع موثوقية النظام .

ومن ثمَّ فالهدف الأساسي من هذا البحث هو رفع موثوقية نظام القدرة الكهربائية من خلال تحسين تقنيات استعادة الخدمة في شبكات التوزيع الكهربائية .

في هذه الدراسة نعمل على زيادة موثوقية نظام التوزيع من خلال تخفيض زمن الانقطاع (interruption time) T_a. إذْ إنَّ زمن الانقطاع T_a هو الزمن اللازم لإعادة العنصر إلى حالة العمل **[6]**، وعادة يكون زمن انقطاع التغذية (بالنسبة إلى عنصر ما) هو الزمن اللازم لإعادة الإصلاح وهو يختلف بحسب العطل، فمثلاً يكون زمن إصلاح العطل لخط هوائي 0.4 KV بحدود أربع ساعات. ونظراً إلى أن شبكات التوزيع تصمم على أساس حلقي وتُشغَّلُ بشكل شعاعي وبسبب وجود قواطع الربط(tie breaks) التي تعطي مرونة كبيرة في تغيير شكل الشبكة فيصبح زمن الانقطاع هو زمن تغيير شكل الشبكة، ومن ثمَّ تغيير مسار التغذية، وبذلك يكون زمن الانقطاع أصغر بكثير من زمن إصلاح العطل، وبالتالي تصبح المسألة مسألة إيجاد طرائق برمجية لتغيير هيكلية الشبكة (reconfiguration) وتحديد المسار الجديد للتغذية بحيث تكون هذه الطرائق ذات موثوقية عالية و سرعة في الوصول إلى الحل النهائي، وهذا هو الغرض من

استخدام الخوارزميات الجينية في عملية استعادة الخدمة (service restoration) .

ومن ناحية أخرى ونظراً إلى أن أخطاء المشغل البشري هي أحد أسباب انتقال النظام من حالة ناجح إلى حالة فاشل، فإن وجود برامج مساعدة في اتخاذ القرار يخفض من احتمال الخطأ البشري، ومن ثمَّ يخفض مؤشر الاحتمال (probability index) (أحد مؤشرات الموثوقية)؛ مما يؤدي إلى رفع موثوقية الشبكة . إذْ تعدُّ هذه الخوارزمية من البرامج المساعدة في اتخاذ القرار في مراكز التنسيق والتحكم .

3- أبحاث سابقة في استعادة الخدمة

تعتمد الطرائق التقليدية التي كانت متبعة لاستعادة الخدمة على فحص حالة القواطع والمسارات جميعها الممكنة للتشكيلة الجديدة للشبكة حتى الوصول إلى الحل الأمثل الذي يؤمن استعادة الخدمة، وهذا يتطلب عمليات حسابية كثيرة ووقتاً لمعالجة هذا الكم الهائل من البيانات لذلك تم العمل على إيجاد طرائق تؤمن الوصول إلى تشكيلة جديدة للشبكة بوقت حسابي أقل وتزيد من فعالية عملية استعادة الخدمة .

ففي بعض الدراسات اعتُمِدَتْ طريقة البحث الاستكشافي(Heuristic search approach)**[2]** المبنية على أساس الخبرة والمعرفة لدى مشغل النظام من أجل استعادة الخدمة بأقل زمن ممكن.

تُعادُ التغذية إلى المنطقة التي هي خارج الخدمة عن طريق إغلاق القاطع المفتوح بين هذا الجزء والمغذي الاحتياط له، بشرط أن لا يسبب هذا زيادة في التحميل على المغذي الاحتياطي .أما في حال كانت استطاعة المغذي الاحتياط لا تكفي لإعادة التغذية لكامل المنطقة التي هي خارج الخدمة، عندها يجري اللجوء إلى تغذية بعض الفروع في هذه المنطقة من فروع احتياطية أخرى، ويستفاد من كامل الاستطاعة المتوافرة في المغذي الاحتياط قبل وصل أي فرع احتياطي، ويُراعَى عدم تغذية أي منطقة من مصدرين للحفاظ على الشكل الشعاعي للشبكة . أمَّا في حال عدم القدرة على تغطية كامل الاستطاعة المطلوبة للمنطقة خارج الخدمة فيجري اللجوء إلى إجراءات إضافية كنقل الأحمال أو تُستعادُ الخدمة جزئياً، ويجب أن تجري هذه العملية بتغيير حالة أقل عدد ممكن من القواطع و بأقل زمن ممكن.

وفي دراسة أخرى تُعالَجُ مسألة استعادة الخدمة من خلال استخدام الخوارزميات التطورية والمنطق العائم (evolutionary Algorithms and fuzzy Logic)**[3]**. تعتمد الطريقة المقترحة على توليد مجموعة من الحلول بشكل عشوائي للبدء بعملية البحث عن الحل الأمثل، إذْ يجري التعبير عن كل حل من هذه الحلول بسلسلة من الأرقام الثنائية (binary) تمثل حالة كل من قواطع الربط، بعدها يُحسَبُ تابع الهدف لكل حل من الحلول، كما تُستَخدَمُ المجموعات العائمة للتعبير عن هذه الأهداف وتحديد درجة تحققها. بعدها تُنتَقى الحلول التي تملك أصغر قيمة لتابع الهدف العام وعدّها آباء للجيل الثاني الذي سَيَتَولَّدُ باستخدام آلية الطفرة (mutation) فقط دون استخدام آلية العبور (crossover)؛ وهذا ما يميّز الخوارزميات التطورية عن غيرها من الخوارزميات الأخرى، ثم تُكرَّرُ العملية عدداً من المرات للحصول على الحل النهائي الأمثل.

أمَّا في دراسات أخرى فيُستخدَمُ نظام خبير(expert system) لاستعادة الخدمة في شبكات التوزيع **[4]** آخذين بالحسبان أهمية الحمل وشروط تشغيل العناصر، إذْ يمثل خرج هذا النظام مجموعة من أوامر التحكم التي تُعطى للقواطع الآلية ووسائل الحماية لتحديد التشكيلة الجديدة للنظام فضلاً عن قائمة بالأحمال المغذاة وغير المغذاة وخطوات استعادة الخدمة، أمَّا دخله فهو عبارة عن مجموعة من المعلومات التي يستقبلها من ثلاث قواعد

بيانات مختلفة. الأولى هي قاعدة البيانات التاريخية (historical database) تُخزَّنُ فيها القيم التي تُقاسُ في الزمن الحقيقي وتتضمن تيارات الخطوط، وتوترات العقد، وتردد المولدات، وحالات القواطع الآلية ووسائل الحماية.

أمَّا قاعدة البيانات الثانية فهي قاعدة بيانات نظام المعلومات الجغرافية (geographical information system) GIS وتتضمن ثلاث معلومات عن عناصر وجداول الارتباط التي توضح العناصر المربوطة مع بعضها فضلاً عن بيانات الزمن الحقيقي والمحددات الكهربائية للكابلات، والمولدات، والمحولات والأحمال.

والقاعدة الأخيرة هي قاعدة المحددات (constraint database) تُخزَّنُ فيها محددات تشغيل عناصر النظام كالكابلات، والعقد والمولدات كحدود التشغيل المسموح بها للتيارات والتوترات الخ...

4- استعادة الخدمة باستخدام الخوارزميات الجينية:

4-1 تمثيل الشبكة الكهربائية:

لمّا كان موضوع الدراسة هو شبكات التوزيع فأمكن اعتماد تمثيل الخط القصير لتمثيل خطوط الشبكة إذْ نكتفي هنا بتمثيل الخط بممانعته التسلسلية.

تُدخَلُ معطيات الشبكة كدخل للخوارزمية على شكل قواعد بيانات تخزن كمصفوفات في ذاكرة الحاسب على الشكل الآتي:

مصفوفة العقد :

رقم العقدة	نوع العقدة	الاستطاعة الفعلية للعقدة	الاستطاعة الردية للعقدة

إذْ تعدُّ قضيب التجميع لمحطة التحويل هو المرجع أي من نوع (V,δ) يكون توتره (V=1Pu) والزاوية (δ=0)، وتعدُّ قضبان التجميع للأحمال من النوع (PQ) ويكون التوتر البدائي لها (V=1 Pu) وتدخل قيمة الحمل فيها بحسب الحمل في كل عقدة.

أمَّا إذا كانت العقدة تحتوي على توليد لاستطاعة فعلية أو ردية فتعامل كمعاملة الحمل ولكن بإشارة سالبة .

مصفوفة الفروع:

رقم الفرع	رقم قاطع البداية	رقم قاطع النهاية	رقم عقدة البداية	رقم عقدة النهاية	ممانعة الخط

إذْ نفترض وجود قاطع في كل من بداية الخط ونهايته ، وفي حال عدم وجود القاطع يعدُّ قاطعاً افتراضياً حالته (مغلق) دوماً على اعتبار أن الغرض من الخوارزمية هو دراسة الشبكة في كل حالة من حالات تشكيل القواطع، ومن ثمَّ فإن دخل الخوارزمية يجب أن يكون حالة قواطع الشبكة .

تُدخَلُ حالة القواطع للشبكة على شكل مصفوفة أحادية البعد ذات متحولات منطقية [0,1] بحيث الحالة (1) تعبر عن أنَّ القاطع مغلق والحالة (0) تعبر عن أنَّه مفتوح .

اعتماداً على حالة القواطع التي هي دخل الخوارزمية نستطيع تعديل مصفوفة الفروع في كل حالة من الحالات، بحيث إذا وجد قاطع مفتوح في بداية الخط أو نهايته فإن الخط يعدُّ مفتوحاً وممانعته لا نهائية؛ وبذلك ومن خلال تعديل حالة القواطع تُعدَّلُ شكل الشبكة عن طريق المصفوفات التي تقوم بوصفها .

4-2 جريان الاستطاعة power flow

لمّا كانت شبكات التوزيع تعمل دائماً بشكل شعاعي فإن طريقة الجريان المستخدمة هي طريقة "المسح الأمامي الخلفي"(backward/forward sweep) **[5]** التي تتلخص بالخطوات الآتية:

1- إعادة ترقيم عقد الشبكة (الترقيم الثانوي)
Secondary numeration

لتنفيذ خوارزمية جريان الاستطاعة باستخدام الطريقة

المذكورة يشترط أن ترتب عقد الشبكة بحيث يكون ترقيم أية عقدة أكبر من العقد التي تتغذى منها جميعها. ونظراً إلى أن شكل الشبكة واتجاه التغذية سيختلف في كل حالة من حالات تشكيل القواطع، فيجب إيجاد ترقيم ثانوي للعقد بحيث يعاد ترتيب العقد عند كل تشكيلة جديدة للشبكة .

2- التوتر الابتدائي للعقد

nodes initial voltage

نفترض في البداية توتر قضبان التجميع جميعها مساوياً (1 Pu)، فيما عدا قضبان التجميع التي لا تصلها التغذية فيكون توترها مساوياً الصفر.

3- تيارات العقد nodes currents

اعتماداً على التوترات وعلى اعتبار أن استطاعات الأحمال على قضبان التجميع معروفة نستطيع إيجاد تيارات الأحمال لكل عقدة عند توتر (1 Pu)

$$I = \frac{S^*}{V^*} \quad \text{...(1)}$$

إذْ:

S : الاستطاعة الظاهرية للحمل على العقدة .

V : توتر العقدة .

4- تيارات الفروع branches currents

ونظراً إلى أن الشبكة شعاعية البنية فإن كل عقدة تُغذى من قبل فرع واحد فقط، ومن ثمَّ فالتيار المغذي لكل عقدة هو التيار المار بالفرع المغذي لها ويحسب كما يأتي :

$$I_{in}(x) = I(x) + \sum_{j \in B} I(j) \quad \text{... (2)}$$

إذْ:

$I_{in}(x)$: هو التيار المغذي للعقدة x .

$I(x)$: تيار حمل العقدة x .

B: مجموعة العقد المرتبطة بـــ(x) التي ترقيمها الثانوي أكبر منها .

5- حساب التوترات النهائية final voltages

اعتماداً على تيارات الفروع يمكن حساب توترات العقد الجديدة كما يأتي:

$$V(x)=V(y)- I_{in}(X)*Z(y,x) \quad \text{... (3)}$$

إذْ:

V(y): توتر العقدة المغذية للعقدة X

Z(y,x) : ممانعة الخط بين العقدتين (x,y)

6- التحقق من تقارب نتائج الجريان

Power flow convergence

إذا كان الفرق في قيم التوتر بين تكرارين متتاليين أكبر من (10^{-4}) نعود للخطوة الثالثة.

تكرر الخطوات السابقة حتى الوصول إلى درجة الدقة المطلوبة، وتكون هي التوترات المطلوبة.

4-3 الخوارزميات الجينية

Genetic Algorithms

الخوارزميات الجينية هي طريقة بحث عشوائية تقوم على مبدأ محاكاة التطور البيولوجي الطبيعي للأحياء **[6]**.

تبدأ الخوارزمية الجينية اعتماداً على جيل أول مكون من مجموعة حلول أولية محتملة للمسألة المطروحة، وتتطور على مبدأ البقاء للأفضل بحيث ينتقل إلى الجيل التالي الأفراد الأنسب غالباً.

في كل جيل يجري اختيار عدد من الأفراد اعتماداً على مستوى اللياقة (fitness) لكل منها بالنسبة إلى المسألة المطروحة، ومن ثم تُقاطَعُ مع بعضها بعضاً باستخدام عمليات مستوحاة من العمليات الجينية الطبيعية. هذه العمليات تؤدي إلى تطوير جيل جديد بحيث يمكن أن يكون كل فرد من هذا الجيل أفضل من أفراد الجيل السابق بما فيهم الأفراد الذين جرى إيجاده منهم أصلاً.

يُمثَّلُ هؤلاء الأفراد بسلسلة من الأرقام تسمى عادة صبغيات (chromosomes).

في معظم الحالات يُستخدَمُ الترميز الثنائي [0,1] للتعبير عن الأرقام التي تمثل الصبغيات في الخوارزميات الجينية، إذْ يمكن أن يعبر عن كل متحول للمسألة المعطاة

بسلسلة من الأرقام الثنائية ، يؤدي جمع هذه السلاسل مع بعضها إلى تشكيل الصبغي، ومن ثمَّ الجيل الأول الذي يكون عبارة عن دخل الخوارزمية الجينية ، إلا أن هنالك دراسات عديدة تستخدم طرائق أخرى لتمثيل الصبغيات كاستخدام الترقيم العشري أو الست عشري أو المحارف وما إلى ذلك .

يمكن تلخيص الخوارزميات الجينية بالخطوات الآتية.

1- إيجاد الجيل الأول وتمثيله:

population representation

يتكون الجيل الأول من عدد من الصبغيات التي يجري إيجادها عشوائياً. يُحدَّدُ عدد هذه الصبغيات في الجيل من قبل الباحث بحسب طبيعة المسألة المطروحة وفضاء البحث لهذه المسألة، إذْ يؤدي حجم الجيل دوراً كبيراً في مسألة الوصول إلى الحل الأمثل .

فمثلاً يمكن أن تؤدي زيادة عدد الصبغيات في الجيل الواحد إلى زيادة الزمن الحسابي للمسألة أي الزمن اللازم للوصول إلى الحل، ومن ثمَّ نخسر الميزة الأساسية لاستخدام الخوارزميات الجينية .

من جهة أخرى يؤدي إنقاص عدد صبغيات الجيل إلى تصغير فضاء البحث للخوارزمية؛ مما يمكن أن يؤدي إلى فشل الخوارزمية في التقارب والوصول إلى الحل النهائي .

في دراستنا هنا نستخدم التمثيل الثنائي بحيث يتم إيجاد الجيل الأول عن طريق مولد عشوائي للأرقام الثنائية بحسب البيئة البرمجية التي يجري العمل فيها.

يمكن أن يتضمن الجيل الأول عدداً من الحلول المقترحة من قبل الباحث التي تكون عادة قريبة من الحل المتوقع لهذه المسألة [6] .

2- تابع الهدف وتابع اللياقة :

The objective and fitness functions

الغرض الأساسي من إيجاد تابع الهدف يتمثل في إعطاء مقياس لأداء كل صبغي في فضاء المسألة المطروحة ، فمثلاً في دراستنا، الحالة هي حالة (minimization) أي يكون الصبغي ذو تابع الهدف الأصغر هو الحل الأفضل من بين مجموعة الصبغيات في الجيل الواحد. يمكن أن يكون تابع الهدف مكوناً من عدة توابع جزئية، ويدعى حينها تابع هدف متعدداً (multi objective function) ويكون على الشكل الآتي:

$$f(x_i) = w_1 f_1(x_i) + w_2 f_2(x_i) + \dots w_3 f_3(x_i).....$$ (4)

إذْ:

f_1, f_2, f_3.... توابع هدف جزئية تعبّر عن المحددات التي تؤثر في المسألة المطروحة .

w_1, w_2, w_3 ..... أوزان تؤخذ قيمتها بحسب أهمية تابع الهدف الجزئي لها.

إلا أنه في معظم الحالات يعدُّ إيجاد تابع الهدف مرحلة أولى من أجل تقييم أداء الصبغييات في الجيل . حيث يتم اعتماداً على قيمة تابع الهدف إيجاد تابع آخر يدعى تابع الملاءمة (fitness function) يكون هو المقياس النهائي لتقييم الأداء.

تابع الملائمة ذو قيمة موجبة دوماً وعادة يجري إيجاد قيمته بالعلاقة الآتية:

$$F(x_i) = \frac{f(x_i)}{\sum_{i=1}^{N} f(x_i)} \quad \dots$$ (5)

إذْ :

$F(x_i)$: تابع اللياقة للصبغي (x_i)

$F(x_i)$: تابع الهدف للصبغي (x_i)

N : حجم الجيل الأول (عدد الصبغيات)

كما يمكن إيجاد تابع الهدف بعلاقات أخرى توضع من قبل الباحث بحسب طبيعة المسألة [6].

3- الانتقاء (selection) :

يقصد بالانتقاء (selection) عملية تحديد عدد المرات أو

المحاولات (trails) التي سيجري فيها اختيار صبغي معين من أجل عملية إعادة الإنتاج (reproduction)، أي تحديد عدد الأبناء (صبغيات في الجيل التالي) التي سوف ينتجها هذا الصبغي.

تجري مرحلة الانتقاء على مرحلتين منفصلتين:

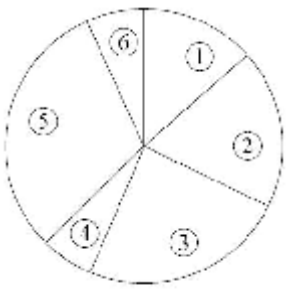
1- تحديد عدد المحاولات أو المرات التي يمكن أن يتم اختيار صبغي معين فيها، أي بعبارة أخرى تحديد احتمال اختيار هذا الصبغي لعملية إعادة الإنتاج.

2- تحويل القيمة الاحتمالية لكل صبغي في الجيل إلى رقم يعبّر عن عدد مرات دخول هذا الصبغي في عملية إعادة الإنتاج. أي إنَّها عملية اختيار عشوائي للصبغيات بحسب القيمة الاحتمالية لكل منها.

هناك عدة طرائق شائعة لعملية الاختيار من أهمها:

دولاب الروليت: roulette wheel selection

[6] يقوم المبدأ الأساسي للاختيار على تمثيل الفضاء الاحتمالي للمسألة بدولاب روليت، بحيث يكون هذا الدولاب مقسماً إلى قطاعات يمثل كل منها صبغياً معيناً في الجيل الحالي، كما في الشكل(1) .



الشكل(1) دولاب الروليت

كما هو واضح من الشكل فإن حجم القطاعات غير ثابت إنَّما يتناسب وتابع اللياقة لكل صبغي بحيث يعبر عن احتمالية اختيار هذا الصبغي، أمَّا المساحة الكلية لهذا الدولاب فتعبر عن مجموع توابع اللياقة للصبغيات كلّها في الجيل.

لتطبيق طريقة دولاب الروليت يؤخَذُ رقم عشوائي ضمن المجال [0,Sum]، حيث (sum) هو مجموع توابع اللياقة لهذا الجيل. ومن ثمَّ يجرين اختيار الصبغي الذي يقع الرقم العشوائي ضمن قطاعه في دولاب الروليت .

بهذه الطريقة يكون الصبغي ذو تابع اللياقة الأفضل هو صاحب الاحتمال الأكبر للانتقال إلى الجيل التالي . بذلك يمكن الوصول إلى جيل أفضل عند كل عملية إعادة إنتاج حتى الوصول إلى الجيل النهائي الذي يحتوي على الصبغي ذي تابع اللياقة الأمثل .

فضلاً عن طريقة دولاب الروليت هناك طرائق عديدة أخرى يمكن استخدامها لن نتطرق لها في دراستنا .

4- إعادة الإنتاج reproduction

يقصد بإعادة الإنتاج تشكيل الجيل الجديد اعتماداً على الجيل الأول باستخدام أدوات الخوارزميات الجينية الأساسية [6] وهي :

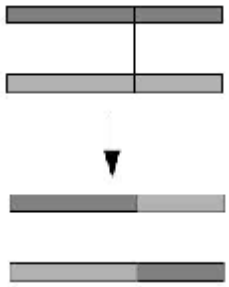
- العبور Crossover

- الطفرة Mutation

العبور: كما هو الحال في الطبيعة فإن الابن يمتلك بعض المورثات الجينية من كلا الأبوين في الوقت نفسه. لذلك فالعبور هو عملية تقوم على إنتاج أفراد جدد بأخذ جزء من كلا الأبوين وجمعهما معا لتكوين الفرد الجديد .

هناك عدة أنواع للعبور أشهرها العبور وحيد النقطة (single-point crossover)

كما هو واضح في الشكل (2)



الشكل (2) العبور وحيد النقطة

يُقطَعُ كلا الصبغيين في نقطة واحدة ويُبدَّلُ الجزء الأول بين الصبغيين لإنتاج صبغيين جديدين من الجيل الجديد، وتُكرَّرُ هذه العملية حتى يصبح حجم الجيل الجديد مساوي لحجم الجيل الأول.

كما توجد عدة أنواع أخرى للعبور منها العبور متعدد النقاط (multi-point crossover)، والعبور المنتظم (uniform crossover)، والعبور الاستكشافي (heuristic crossover) وغيرها.

الطفرة: كما هو الحال في العبور فإن الطفرة هي عملية مستوحاة من الطبيعة إذْ يمكن أن يمتلك الابن بعض المورثات الجينية التي لا يمتلكها أي من الأبوين .

في عملية الطفرة تُغيَّرُ قيمة عنصر واحد أو أكثر في كل صبغي، وتُختارُ هذه العناصر بشكل عشوائي وبحسب نسبة الطفرة (mutation rate) المحددة من قبل الباحث .

في الخوارزميات التي تعتمد الترقيم الثنائي كما في حالتنا تُستَبدَلُ قيمة العنصر الذي اختيرَ من [0] إلى [1] أو العكس.

تؤدي عملية الطفرة إلى توسيع نطاق البحث للخوارزمية والوصول إلى أفراد جدد مما قد يسهم في الوصول إلى الحل النهائي .

5- إعادة الإدخال (reinsertion)

عادة يكون حجم الجيل الجديد الناتج عن العمليات السابقة أصغر من حجم الجيل الأول بعدد معين من الصبغيات (صبغي أو اثنين)، فتُدخَلُ صبغيات جديدة إلى هذا الجيل لجعل حجم الجيلين متساوياً.

يمكن ملء هذا الفراغ بإحدى الطريقتين:

- يجري توليد أفراد عشوائية تضاف إلى الجيل الجديد لتحقيق هذا الهدف.

- يُنقَلُ الأفراد ذوو توابع اللياقة الفُضلى من الجيل الأول لإكمال الجيل الجديد، وتسمى هذه الإستراتيجية بإستراتيجية النخبة (elitist strategy) [6]. باستخدام هذه الإستراتيجية نضمن -على الأقل- أن لا يكون الجيل الجديد أسوأ من سابقه.

تُكرَّرُ الخطوات السابقة حتى تحقق معيار التوقف الذي يكون عبارة عن عدد أجيال معين يحدد من قبل الباحث، أو عبارة عن معيار معين للوصول إلى الحل الأمثل.

الصبغي ذو تابع اللياقة الفُضلى في الجيل النهائي يمثل نتيجة هذه الخوارزمية، أي يكون هو الحل النهائي الناتج عن الخوارزمية

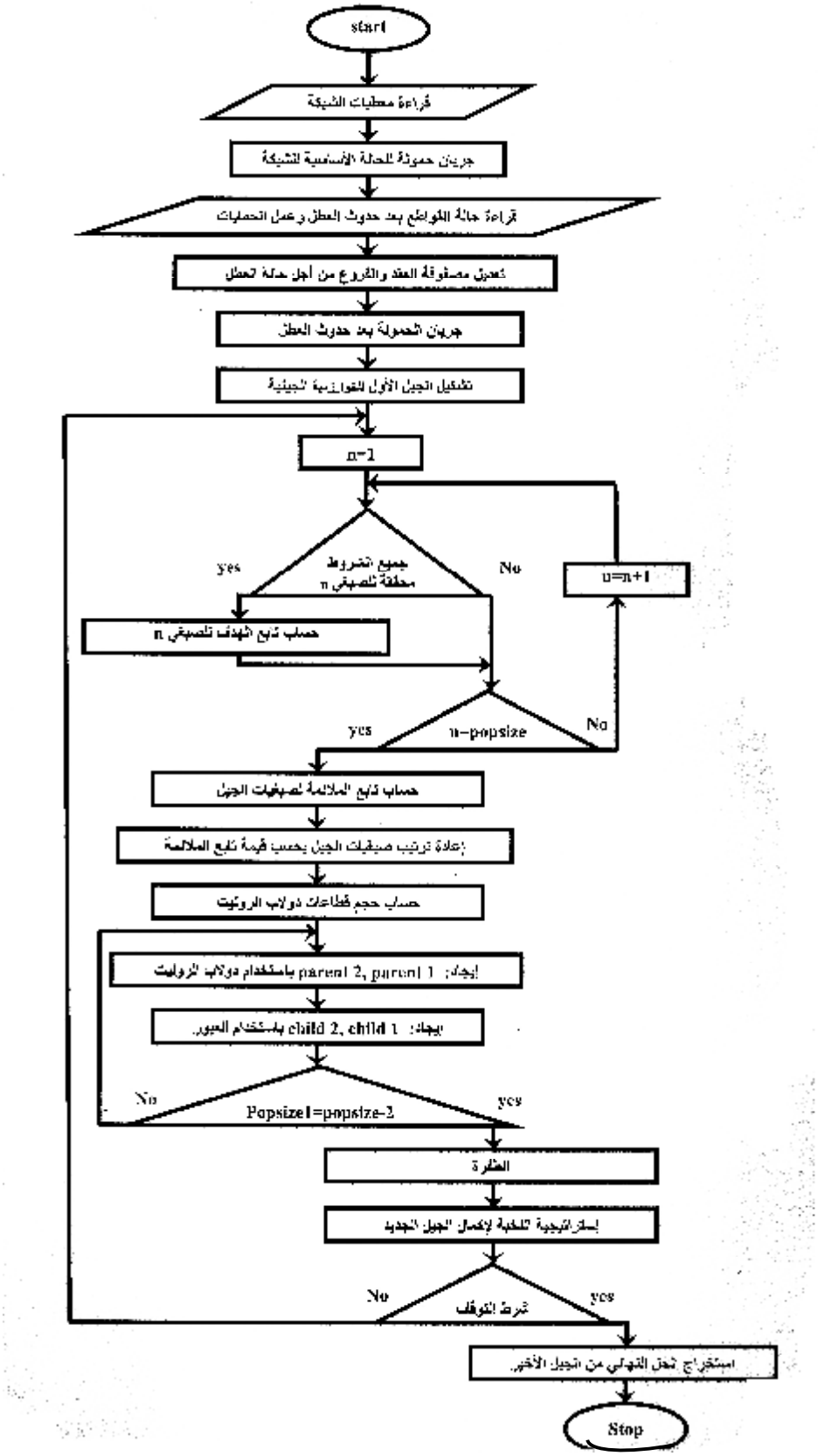
5- خوارزمية العمل المقترحة

Proposed Algorithm

يمثل الشكل (3) خوارزمية العمل المقترحة التي يمكن تلخيصها بالخطوات الآتية:

1- إدخال معطيات الشبكة .

تُدخَلُ معطيات الشبكة على شكل قواعد بيانات إلى ذاكرة الحاسب على شكل مصفوفة للعقد



الشكل (3) خوارزمية العمل

ومصفوفة للفروع، كما تُدخَلُ مصفوفة تعبر عن حالة القواطع في الحالة الأساسية للشبكة.

اعتماداً على هذه المعطيات يُجرى جريان حمولة للحالة الأساسية للشبكة قبل حدوث العطل.

2- إدخال حالة العطل:

أي إدخال نوع العطل (عطل قضيب تجميع أو عطل خط) وإدخال رقم الخط أو قضيب التجميع المعطل. بعد ذلك تُستنتَجُ حالة القواطع الجديدة وتُعدَّلُ مصفوفة العقد والفروع على هذا الأساس.

3- مرحلة الخوارزمية الجينية:

أ - يجري إيجاد الجيل الأول للخوارزمية بشكل عشوائي إذْ يكون طول كل صبغي مساوياً لـــ (2×b) حيث b هو عدد الفروع في الشبكة .

أي يكون طول الصبغي مساوياً لعدد القواطع في الشبكة بحيث نفترض وجود قاطع في بداية كل خط ونهايته.

أمَّا حجم الجيل الأول (عدد الصبغيات في الجيل) فهو (4×b) أي ضعف عدد القواطع في الشبكة.

وقد اختيرت هذه القيمة تجريبياً للوصول إلى أفضل نتائج ممكنة.

ب - التحقق من الشروط بالنسبة للجيل الأول:

يجري التحقق من مطابقة كل صبغي في الجيل للشروط الواجب تحقيقها في الشبكة الجديدة بعد إجراء جريان حمولة لكل حالة من الحالات.

يمكن تلخيص الشروط الواجب التحقق منها كما يأتي:

- شعاعية الشبكة :

يجب أن تحقق أي تشكيلة مقترحة المحافظة على البنية الشعاعية للشبكة والتأكد من عدم وجود حلقات مغلقة. ويجري ذلك باستخدام خوارزمية تسمى خوارزمية المناطق المزارة وغير المزارة (visited & unvisited zones)، واعتماداً على مصفوفة الفروع المشكلة سابقاً وبدءاً من عقدة الجذر يُفحَصُ كل فرع من فروع الشبكة بحيث توضع عقدة الجذر أولاً (visited) ثم بالانتقال ضمن مصفوفة الفروع تحدد العقد المزارة جميعها، أمَّا باقي العقد فتوضع غير مزارة (unvisited).

إذا كانت عقد الشبكة مزارة جميعها (visited) مرة واحدة أو غير مزارة (unvisited) تكون الشبكة شعاعية البنية، فيما عدا ذلك تكون غير شعاعية وتُرفَضُ الحل.

- شرط التوتر:

إن تغيّر مسار التغذية عبر فروع الشبكة يؤدي إلى تغيّر في قيمة توتر العقد للشبكة وقد يؤدي أيضاً إلى خروجه عن الحدود المسموح بها . وللتحقق من هذا الشرط يستخدم التشكيل المقترح لقواطع الشبكة في الخطوة (3) كدخل لخوارزمية جريان الاستطاعة، ويجري التحقق من حدود التوتر بحيث يكون:

$$V_{min} < V < V_{max} \quad (6)$$

إذْ V_{min} , V_{max} هي على الترتيب التوتر الأعظمي والتوتر الأصغري المسموح في الشبكة.

مجال التوتر المسموح هو $[\pm 5\%]$ من توتر عقدة المرجع (قضيب التجميع لمحطة التحويل)

- شرط التيار:

يجب التأكد من أن قيمة التيار المار في كل فرع من فروع الشبكة ضمن الحد المسموح به للتحمل الحراري للخطوط أي :

$$I<I_{max} \quad (7)$$

إذْ I_{max} يؤخذ من المواصفات الفنية للخطوط المستخدمة في الشبكة المدروسة.

- الاستطاعة الاسمية لمحطة التحويل:

قد تتضمن الهيكلية الجديدة للشبكة نقل بعض الأحمال من مغذٍّ إلى آخر، أي تغيير مسار التغذية لهذه الأحمال.

من الضروري التأكد من أنَّ الاستطاعة المستجرة من كل محطة تحويل لا تتجاوز الاستطاعة الاسمية لهذه المحطة، أي يجب أن يتحقق الشرط:

$$S<S_{max} \quad (8)$$

إذْ S_{max} يؤخذ من المواصفات الفنية لمحطة التحويل .

جـــ - إيجاد تابع الهدف:

في المسألة موضوع الدراسة الغاية من الخوارزمية هي إيجاد أصغر قيمة لتابع الهدف (minimization).

$$Min\ \mathrm{f}(\mathrm{x})$$

تابع الهدف للمسألة ذو محددات متعددة (multi-objective function) أي نسعى لإيجاد أصغر قيمة بالنسبة إلى محددات تابع الهدف جميعها، ويمكن تلخيص محددات المسألة كما يلي:

- المنطقة خارج الخدمة:

$$Min\ \mathrm{f}_1(\mathrm{x})$$

الهدف هو إيجاد أصغر قيمة ممكنة للمنطقة خارج الخدمة (out of service area) ويعبّر عن ذلك كما يأتي:

$$f_1(x) = T_L - \sum_{j=1}^{b} L_j \qquad (9)$$

إذْ :

T_L : الحمل الكلي الذي تغذيه الشبكة قبل حدوث العطل.

(X): حالة قواطع الشبكة للحالة المعتبرة وتكون على شكل مصفوفة أحادية البعد

$$X = [sw_1, sw_2, \ldots\ldots, sw_{Ns}] \qquad (10)$$

SW_j: حالة القاطع j حيث تكون:

1: إذا كان القاطع مغلقاً.

0: إذا كان القاطع مفتوحاً.

N_s: العدد الكلي للقواطع في الشبكة.

b: عدد قضبان التجميع المغذاة بعد استعادة الخدمة .

L_j: الحمل على قضيب التجميع j .

- عدد القواطع اليدوية المشغلة (التي تغيّرت حالتها) :

عادة تكون معظم القواطع المستخدمة في شبكات التوزيع قواطع يدوية التشغيل تغيّر حالتها من قبل عامل التشغيل. الغرض من هذه الخطوة هو تصغير عدد القواطع التي يلزم تغيير حالتها -قدر الإمكان- وذلك بغرض تقليل الزمن اللازم لاستعادة الخدمة، كما أنه من الناحية الاقتصادية يقلل من كلفة تشغيل هذه القواطع من قبل عمال التشغيل. لذلك فالحل الأمثل يسعى لكون عدد القواطع اليدوية المشغلة أقل ما يمكن ويعبر عن ذلك :

$$Min\ \mathrm{f}_2(\mathrm{x})$$

$$f_2(x) = \sum_{j=1}^{Nm} \left| SWm_j - SWmr_j \right| \qquad (11)$$

N_m: عدد القواطع اليدوية.

SWm_j : حالة القاطع اليدوي j بعد فصل العطل.

$SWmr_j$: حالة القاطع اليدويj بعد استعادة الخدمة.

- عدد القواطع الآلية المشغلة :

توجد في بعض الحالات قواطع آلية يجري التحكم بها عن بعد، قد تستخدم في حالة وجود أحمال من الدرجة الأولى من أجل استعادة الخدمة بأسرع وقت ممكن، كما يمكن أن تركّب مثل هذه القواطع في المناطق التي يصعب الوصول إليها أو في المواقع ذات الأهمية الكبيرة من حيث سرعة التشغيل. يعبّر عن ذلك:

$$Min\ \mathrm{f}_3(\mathrm{x})$$

$$f_3(\overline{X}) = \sum_{j=1}^{Na} \left| SWa_j - SWar_j \right| \qquad (12)$$

N_a: عدد القواطع الآلية.

SWa_j : حالة القاطع الآلي j بعد فصل العطل.

$SWar_j$: حالة القاطع الآلي j بعد استعادة الخدمة

- الضياعات:

يجب أن تكون ضياعات الاستطاعة في الشبكة أصغر ما يمكن عند استعادة الخدمة:

$$Min\ \mathrm{f}_4(\mathrm{x})$$

نوجد قيمة الضياعات من حسابات جريان الحمولة للشبكة.

تُرتَّبُ هذه المحددات بحسب الأهمية بحيث يكون المحدد الأول هو الأكثر أهمية وهو محدد (المنطقة خارج الخدمة)

من أجل إيجاد الحل الأمثل تُقارَنُ الحلول المقترحة من وجهة نظر المعيار الأول (المنطقة خارج الخدمة)، فإذا وجد أكثر من حل له القيمة نفسها للمعيار الأول نقارن اعتماداً على المعيار الثاني (عدد القواطع اليدوية المشغلة) وهكذا بالنسبة إلى بقية المعايير. إذا وجد أكثر

من حل له القيمة نفسها بالنسبة إلى المعايير الأربعة فإن أيَّ هذه الحلول يصلح ليكون هو الحل الأمثل.

للتعبير عن هذه العملية رياضياً نوجد ما يسمى تابع الهدف، ويكون على الشكل الآتي:

$$f = w_1 f_1 + w_2 f_2 + w_3 f_3 + w_4 f_4 \quad (13)$$

إذْ :

w_4, w_3, w_2, w_1 : هي معاملات تشغيل تُختار بحيث:

- يكون للمعيار ذي الأهمية الكبرى معامل التشغيل الأكبر.
- فشل المعيار الأكبر يلغي أهمية المعايير الأقل أهمية.

وهنا تُرتَّبُ معاملات التشغيل تنازلياً من w_1 حتى w_4 لأن المعيار الأهم هو إيجاد أصغر قيمة للمنطقة خارج الخدمة.

الحل الأمثل هو الحل ذو القيمة الأصغر لتابع الهدف.

بذلك يكون هذا الحل هو الخرج للخوارزمية الذي هو عبارة عن تشكيلة القواطع التي تحدد الشكل الأمثل للشبكة من أجل استعادة الخدمة.

6- مثال تطبيقي:

يبيّن الشكل(4) شبكة توزيع افتراضية مؤلفة من (16) عقدة و(18) فرعاً وتتغذى بشكل أساسي من مصدرين للتغذية (محطات تحويل).

بيانات الخطوط والعقد مبيّنة في الجدولين (1) و(2) .

الجدول (1) محددات العقد

رقم العقدة	نوع العقدة	استطاعة العقدة (PU)
1	1	0
2	2	0.0020 + 0.0001i
3	2	0
4	2	0.0044 + 0.0027i
5	2	0.0034 + 0.0017i
6	2	0.0034 + 0.0017i
7	1	0
8	2	0.0017 + 0.0011i
9	2	0.0034 + 0.0017i
10	2	0.0031 + 0.0019i
11	2	0.0015 + 0.0009i
12	2	0.0044 + 0.0027i
13	2	0.0016 + 0.0012i
14	2	0.0023 + 0.0012i
15	2	0.0010 + 0.0007i
16	2	0.0014 + 0.0017i

الجدول (2) محددات الخطوط

رقم قاطع البداية	رقم قاطع النهاية	رقم عقدة البداية	رقم عقدة النهاية	ممانعة الخط (PU)
1	2	1	2	0.0466 + 0.0149i
3	4	2	3	0.0433 + 0.0074i
5	6	3	4	0.1483 + 0.0212i
7	8	4	5	0.1159 + 0.0177i
9	10	5	6	0.1718 + 0.0191i
11	12	6	7	0.1262 + 0.0255i
13	14	3	8	0.1262 + 0.0255i
15	16	8	9	0.1165 + 0.0372i
17	18	9	10	0.1165 + 0.0372i
19	20	5	10	0.2198 + 0.0246i
21	22	10	11	0.1732 + 0.0198i
23	24	11	12	0.1083 + 0.0186i
25	26	12	13	0.0866 + 0.0149i
27	28	7	14	0.1299 + 0.0223i
29	30	14	15	0.1299 + 0.0223i
31	32	15	16	0.1299 + 0.0223i
33	34	16	13	0.1359 + 0.0277i
35	36	11	15	0.1718 + 0.0391i

أمَّا بيانات القواطع فتكون في الحالة الأساسية على الشكل الآتي:

الجدول (3) حالة قواطع الشبكة

رقم القاطع	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
حالة القاطع	C	C	C	C	C	C	O	O	C	C

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
C	C	C	C	C	C	O	O	C	C	C	C	C

24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
C	C	C	C	C	C	C	C	C	O	O	O	O

إذْ :

C : قاطع مغلق .

O : قاطع مفتوح .

بإجراء جريان حمولة للشبكة في هذه الحالة تكون النتائج كما هو مبيّن في الجدولين (4) (5).

الجدول (4) تيارات الشبكة

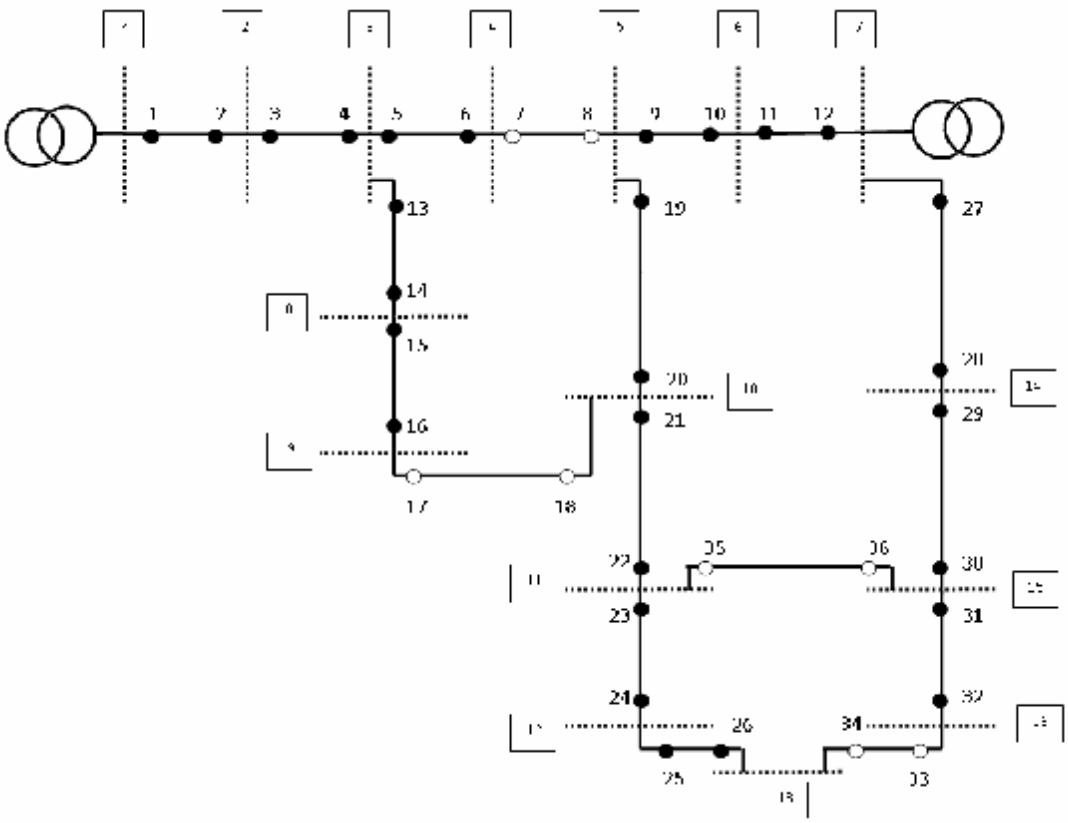
رقم عقدة البداية	رقم عقدة النهاية	تيار الخط (pu)
1	2	0.0128
2	3	0.011
3	4	0.0052
4	5	0
5	6	0.0165
6	7	0.0203
3	8	0.0058
8	9	0.0038
9	10	0
5	10	0.0127
10	11	0.009
11	12	0.0072
12	13	0.002
7	14	0.0059
14	15	0.0034
15	16	0.0022
16	13	0
11	15	0

الجدول (5) توترات الشبكة

رقم العقدة	توتر العقدة
1	1.0000
2	0.9994
3	0.9989
4	0.9982
5	0.9949
6	0.9975
7	1.0000
8	0.9982
9	0.9977
10	0.9924
11	0.9910
12	0.9903
13	0.9901
14	0.9993
15	0.9989
16	0.9987

بفرض حدوث عطل على الخط بين العقدتين (5) و(10) كما هو مبيّن في الشكل (5) .

لعزل منطقة العطل يُفتَحُ القاطعان (19) و(20)



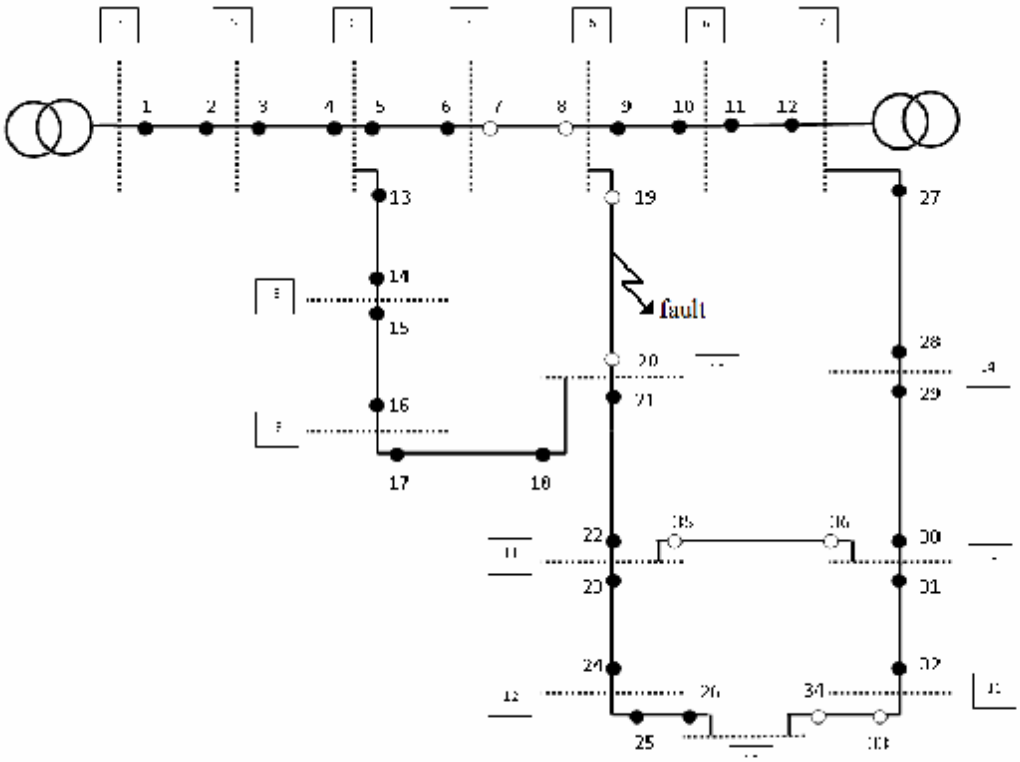
الشكل (4) المخطط الرمزي لشبكة التوزيع

بعد فصل العطل تصبح قضبان التجميع [11,12,13] خارج الخدمة.

لإعادة التغذية لهذه المنطقة يجب دراسة جميع الحالات الممكنة لقواطع الشبكة من أجل استعادة الخدمة.

يمكن الاستنتاج من شكل الشبكة بشكل مبدأي أنه يمكن إعادة التغذية لهذه المنطقة بإغلاق قواطع أحد الخطوط الآتية: [17,18]،[33,34] [35,36].

بفرض أن القواطع [33,34] [35,36] قواطع يدوية أما القواطع [17,18] فهي قواطع آلية ، فيكون الحل من خلال إغلاق هذين القاطعين وذلك بعد التأكد من أن استطاعة محطة التحويل (2) كافية لتغذية هذه الأحمال ودون حدوث تحميل زائد على أي من الخطوط أو هبوط في التوتر دون الحد المسموح به.



الشكل (5) شكل الشبكة بعد استعادة الخدمة

بإدخال معطيات الشبكة إلى البرنامج المبني على أساس الخوارزمية السابقة نصل إلى الحل النهائي المبيّن في الشكل (5)، وتكون حالة القواطع على الشكل الآتي:

حالة قواطع الشبكة من أجل استعادة الخدمة

الجدول (6) حالة القواطع بعد استعادة الخدمة

رقم القاطع	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
حالة القاطع	C	C	C	C	C	C	O	O	C	C

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
C	C	C	C	C	C	C	C	O	O	C	C	C

24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
C	C	C	C	C	C	C	C	C	O	O	O	O

وهو الحل الأمثل لاستعادة الخدمة للشبكة المقترحة .

بإعادة جريان الحمولة للحالة الجديدة للشبكة تكون النتائج كما هو موضح في الجدولين (7) و(8).

الجدول (7) تيارات الشبكة

رقم عقدة البداية	رقم عقدة النهاية	تيار الخط (pu)
1	2	0.0255
2	3	0.0237
3	4	0.0052
4	5	0
5	6	0.0038
6	7	0.0076
3	8	0.0185
8	9	0.0165
9	10	0.0127
5	10	0
10	11	0.009
11	12	0.0072
12	13	0.002
7	14	0.0059
14	15	0.0034
15	16	0.0022
16	13	0
11	15	0

الجدول (8) توترات الشبكة

رقم العقدة	توتر العقدة
1	1.0000
2	0.9988
3	0.9978
4	0.9971
5	0.9984
6	0.9991
7	1.0000
8	0.9956
9	0.9936
10	0.9921
11	0.9907
12	0.9900
13	0.9898
14	0.9993
15	0.9989
16	0.9987

ويعطي البرنامج النتيجة النهائية بزمن لا يتجاوز (30 sec). وهو الزمن الحسابي لعملية استعادة الخدمة وليس الزمن الحقيقي اللازم لإعادة التغذية.

7- الخلاصة conclusion

في هذا البحث استعرضنا أهمية موضوع موثوقية شبكات التوزيع الكهربائية في وقتنا هذا ودور تقنيات استعادة الخدمة في رفع الموثوقية فيها بشكل فعال وكبير.

كما يبيّن هذا البحث فعالية استخدام الخوارزميات الجينية في تحسين التقنيات المستخدمة لاستعادة الخدمة، إذْ يمكّن استخدام هذه الخوارزمية من توفير كم هائل من الوقت والجهد اللازمين للوصول إلى الحل النهائي لاستعادة الخدمة، ويمكن الوصول إلى هذا الحل بزمن صغير جداً قد لا يتجاوز بضع ثوانٍ في بعض الحالات، مما يسهم بشكل فعال في تقليل الزمن الحقيقي اللازم لاستعادة الخدمة، ومن ثمَّ يسهم في تصغير زمن الانقطاع بشكل ملحوظ، ويمكن اعتباره من البرامج المساعدة في اتخاذ القرار بالنسبة إلى المشغل في مراكز التنسيق والتحكم مما يسهم في رفع موثوقية شبكات التوزيع الكهربائية.

المراجع:

[1] Roy Billinton , Ronald N. Allan " Reliability Evaluationof Power Systems " Second Edition . Plenum Press . New York and London .

[2] Yuan-Yih Hsu, S.K. Peng, H.S.Yu k"Distribution system service restoration using a heuristic search approach " 0-7803- 1991 IEEE

[3] A. Augugliaro , L. Dusonchet, E. Riva Sanseverino " Multiobjective service restoration in distribution networks using an evolutionary approach and fuzzy sets" Electrical Power and Energy Systems 22 (2000) .

[4] S. Srivastava and K.L. Butler-Burry " Expert-systemmethod for automatic reconfiguration for restoration of shipboard power systems" IEEE Vol. 153, No. 3, May 2006 .

[5] Manuel A. Matos , " A new power flow method for radial networks " 2003 IEEE bologna power Tech conference , June 23rd-26th bologna ,Italy.

[6] Randy L. Haupt ,Sue Ellen Haupt " Practical genetic algorithms " second edition . A John Wiley & sons ,INC , Publication .

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق 2011/12/12