

## الحل الأمثل لنظم توزيع مياه الشرب باستخدام تقنية الخوارزميات الجينية

الدكتور عباس عبد الرحمن\*

حسين محمد خليفه\*\*

(تاريخ الإيداع 5 / 4 / 2012. قُبل للنشر في 21 / 6 / 2012)

### □ ملخص □

تُعدُّ تقنية الخوارزميات الجينية (GAs) Genetic Algorithm إحدى طرق البحث عن الحل الأمثل، التي تحاكي عملية التطور والاصطفاء الطبيعي (البقاء للأفضل). وتُعدُّ إحدى الطرق المهمة لحلّ مسائل الأمثلة اللاخطية. وهي تعمل من خلال مجتمع من الأفراد (الكروموسومات)، والذي يمثل كلُّ منها حلاً للمسألة المطروحة. تبدأ هذه الكروموسومات بالتغير والتبدل عن طريق مجموعة من العمليات (توليد المجتمع الأولي - الاختيار - التصلب - الطفرة - النخبة). يزداد نجاح الأفراد ضمن هذا المجتمع بوصفهم نتيجة لهذه العمليات بشكل مضطرد، حتى الوصول لأفضل الحلول. وهي تقنية مناسبة للتطبيق، بشكل كبير، على نظم توزيع المياه، وخاصة في الشبكات الكبيرة والمعقدة. إن الهدف الأساس من هذه الدراسة هو إيجاد الحل الأمثل لنظام توزيع مياه الشرب باستخدام تقنية ال (GAS). وذلك باستخدام تقنية مصمم داروين (Darwin Designer)، والتي تعمل من خلال برنامج WATERGEMS. V8 .XM

تمَّ اعتماد شبكة مياه حي المشروع العاشر الواقعة شمال مدينة اللاذقية بوصفها حالة دراسة، من خلال تحويل هذه الشبكة إلى شبكة حلقيّة، والقيام بالحساب الهيدروليكي لها. ومن ثم محاولة إيجاد الكلفة الدنيا لعملية التحويل، تبعاً لأسعار الأنابيب المتوافرة في السوق المحليّة، مع مراعاة تحقيق الشروط الطرفية المطلوبة (الضغوط في العقد والسرعة في الأنابيب).

**الكلمات المفتاحية:** الخوارزميات الجينية - أنظمة توزيع المياه - أمثلة الشبكات.

\*مدرس - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

\*\*طالب دراسات عليا (ماجستير) - قسم الهندسة المائية والري - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

## Optimization Of Drinking Water Distribution Systems using Genetic Algorithm

Dr. A. Abdelrahmaan\*  
Hussein Khalifa\*\*

(Received 5 / 4 / 2012. Accepted 21 / 6 / 2012)

### □ ABSTRACT □

GA Methodology is an evolutionary process, basically imitating evolution process of nature. GA is essentially an efficient search method basically for nonlinear optimization cases. The genetic operations take place within the population of chromosomes. By means of various operators, (generation, selection, elitism, crossover and mutation). The genetic knowledge in chromosomes changes continuously and the success of the population progressively increases as a result of these operations till reaching the optimal solution. GA optimization is also well suited for optimization of drinking water distribution systems, especially large and complex systems.

The primary objective of this study is the optimization of a water distribution systems by GA. GA operations are realized on a special program called Darwin Designer by Water Gems.V8 XM.

As a case study, we took 10<sup>th</sup> project neighborhood network, which is located in the northern side of Lattakia. After converting the network to a looped network, and hydraulically calculations are doing for, Then We tried to find minimum cost for this converting, as an optimal solution. Available Pipes size is the design variables. Pressure and velocity are considered as the boundary constraints.

**Keywords:** Genetic Algorithm, Water Distribution Systems, Network Optimization.

---

\*. Assistant professor; Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

\*\* Postgraduate Student, Department of Water Engineering and Irrigation, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

## مقدمة

على الرغم من المحاولات الكبيرة التي تبذل من أجل تأمين مصادر مائية نظيفة وصالحة للشرب، ليمت بها ردف الطلب المتزايد على المياه، سواءً لأغراض الزراعة أو الصناعة أم للأغراض التجارية أو المعيشية، والجهود المبذولة للحفاظ على هذه المياه من التلوث. إلا أن تأمين المياه اللازمة للاحتياجات السابقة وحده غير كافٍ ما لم يتم تأمين منظومة نقل لهذه المياه سليمةً وفعالةً، سواءً من المصدر الرئيس إلى خزانات التوزيع، أو من خزانات التوزيع إلى المستهلك عبر شبكة مياه المدينة، وتقليل الفواقد في هذه الشبكات، التي تزداد بشكلٍ كبيرٍ في ساعات عدم الاستهلاك، وذلك عن طريق إجراء الصيانات اللازمة، وإجراء المراقبات الدورية والصارمة لهذه المنظومة، واتخاذ التدابير اللازمة لمنع التعديلات عليها. ومن ثم الاستفادة من هذه المراقبات لتحسين مردودية الشبكة، عن طريق إضافة خزانات توازن لتجميع المياه الفائضة عن الاستهلاك، لاستخدامها في ساعات الذروة، وتحديد المواقع التي يتطلب فيها تركيب مضخات، لتأمين المياه بالضغط الكافي، ومواقع سكرة القطع اللازمة للتحكم الأمثل بالشبكة، واستبدال الأنابيب القديمة والتالفة بأنابيب جديدة، واستبدال الأقطار الصغيرة بأقطار أكبر، أو دعم الشبكة الحالية بشبكات موازية، لتأمين الطلب المتزايد، وتنفيذ الشبكات الإضافية للتجمعات الجديدة التي يتم إنشاؤها حول التجمعات الموجودة.

إن القيام بالأعمال الآتية الذكر للاستفادة القصوى من منظومة شبكات المياه بأفضل توزيع، وبأقل التكاليف الممكنة، وبالمواد والقطع المتوفرة، يسمى (إيجاد الحل الأمثل لتوزيع المياه). من هنا تأتي أهمية هذه الدراسة.

وضعت دراسات كثيرة في مجال البحث عن الحل الأمثل، منها البحث باستخدام الطرق التحليلية، واستخدام البرمجة الخطية، والبرمجة اللاخطية، إلى البرمجة الحركية، إلى مجالات كثيرة للبحث [1]. إن أكثر طرق البحث تطوراً هي تلك التي تحاكي التطور الطبيعي في مقارنتها ومنهجها لإيجاد الحل الأمثل. وهذه الطرق تسمى بطرق البحث التكييفية (Adaptive Search Methods). [1] ومن أهمها تقنية الخوارزميات الجينية Genetic Algorithms، وتقنية مستعمرة النمل Ant Colony، وطريقة الشبكة العصبية الصناعية [2]. Artificial Neural Network. وقد استخدمت هذه الطرق - وخاصة تلك التي تعتمد نظرية التطور لداروين - والتي أصبحت تعرف بطرق الحساب التطوري Evolutionary Computation على نطاق واسع في حل المسائل المعقدة في مختلف الحقول الرياضية والهندسية، وخاصة في قطاعات البرمجة والاتصالات والمياه والإدارة، وأعطت نتائج ممتازة.

يتم من خلال تطبيقات ال (GA) محاكاة عملية التطور، من خلال إنشاء عالم افتراضي، ثم يتم خلق سكان افتراضيين (Pseudo organisms)، يستوطنون هذا العالم. ثم تزويد سكان هذا العالم بهدف معين (Objective Function) يراد تحقيقه (الحل الأمثل للمشكلة موضوع الدراسة)، في هذا العالم، بعد إنتاج عدة أجيال، يتم تقييم الأفراد اعتماداً على قواعد وضعت بشكل واضح من قبل تشارلز داروين، وتعتمد على مبدأ الاصطفاء الطبيعي (البقاء للأفضل)، لتكوين مجتمعات جديدة، وإعادة إنتاج أجيال جديدة من الأفراد ذوي التقييم الأفضل، لتكوين مجتمعات جديدة. كما اعتمدت قواعد إضافية من خلال التوسع بهذا المفهوم، لإصلاح مجتمعات موجودة بإدخال عناصر جديدة، ووراثة معلومات جينية من العائلة، والطفرات التي يمكن أن تحدث على هذه الجينات، وتساهم في إغناء التنوع من أجل تحسين الحلول الناتجة. إذ يتم تقييم جودة الحلول الناتجة بمدى تحقيقها للتابع الهدف. وقيمة هذه الكروموسومات تسهم بشكل كبير في اختيارها لتشكيل الأجيال التالية. [3]

في العام 1975، و في كتابه: "Adaptation in natural and artificial systems" طور Jon Holland هذه الفكرة لبناء أول خوارزمية جينية له. ثم طوّرت هذه النظرية بشكل كبير فيما بعد من قبل علماء آخرين،

لتصبح GAS الآن أداة قوية لحل مختلف مسائل الأمثلة. إذ تعتمد بشكل أساسي على التمثيل الجيني والتقييم وإعادة الإنتاج. وأصبحت تستخدم على نطاق واسع لحل المسائل الحسابية المعقدة. [7]

وقد تم خلال السنوات الأخيرة تزويد مسائل البحث عن الحل الأمثل لتوزيع شبكات المياه بهذه التقنية، من أجل المعايير والتصميم واختيار المضخات، وحل المشاكل المتعلقة بوجود خلل في استثمار هذه الشبكات بنجاح كبير. (شبكة مياه نيويورك، وشبكة مياه سيدني، وطوكيو، وأنقره، وهانوي،...) وخاصة مع اعتماد هذه التقنية ضمن برامج مائية عملاقة، حتى أصبحت متاحة بشكل كبير للمهندسين الاحترافيين.

### أهمية البحث وأهدافه

تصنف الخوارزميات الجينية على أنها إحدى طرق البحث العشوائي لإيجاد الحل الأمثل لمسألة ما، مستخدمةً الجينات (الممثلة على الحاسب) بصفاتها مودياً لها أثناء رحلة البحث للوصول إلى الحل الأمثل، مستلهمةً مراحل عملها من نظرية تطور الجنس البشري لداروين. [2]

في بحثنا سنتبع تقنية الخوارزميات الجينية في إيجاد الحل الأمثل لنظام توزيع مياه الشرب في حي المشروع العاشر في اللاذقية، باستخدام تقنية مصمم داروين، التي تعمل من خلال برنامج WaterGems V8XM. لبيان قدرة هذه التقنية على إيجاد الحل الأمثل لتحويل شبكة مياه الشرب في الحي المذكور إلى شبكة حلقة، بأقل كلفة ممكنة، تبعاً لأسعار الأنابيب المتوفرة في السوق المحلية، وذلك بعد تحديد الشروط الطرفية المطلوب تحقيقها (الحدود الدنيا والعظمى للضغوط في العقد، والسرعة في الأنابيب)، والشروط الضمنية (شروط توازن الشبكة)، وبيان قدرة الشبكة المستثمرة حالياً على تأمين الغزرات المستقبلية لمنطقة التوسع.

### طرائق البحث ومواده:

#### الخلفية البيولوجية لتقنية الخوارزميات الجينية:

كل كائن حي مكون من عددٍ لانهائيٍّ من الخلايا. وكل خلية بدورها مكونة من عدد من الكروموسومات (chromosomes). يتكون الكروموسوم من سلسلةٍ من الجينات (genes)، وهي مجموعة من الحموض الأمينية. إذ يمثل كل جين سمة (trait)، مثل: (لون العينين أو لون الشعر...). وله درجة تقييم (alleles)، و له موقع محدد (locus)، ضمن السلسلة المكونة للكروموسوم. كل تركيب كامل من الكروموسومات (مع ما يحتوي من سمات للجينات وإعداداتها كاللون الأحمر أو الأسود للشعر) يسمى بالنمط الجيني (genotype). صفات هذا التركيب تظهر بعد ولادة هذا الكائن أو مايسمى النمط الظاهري (phenotype). ويعطى درجة تقييم (fitness). كل تغيير في ترتيب هذه الجينات ضمن الكروموسوم عند التزاوج عن طريق التصلاب (crossover)، أو الطفرة (Mutation)، أو إعادة التبدل (Replacement)، يعطي كائناً جديداً، له أيضاً درجة تقييم. قد يكون أفضل من الجيل السابق أو أسوأ. [3][4][8]. حسب نظرية داروين سيبقى الكائن (الفرد) ذو التقييم الأفضل.

#### مراحل تقنية الخوارزميات الجينية:

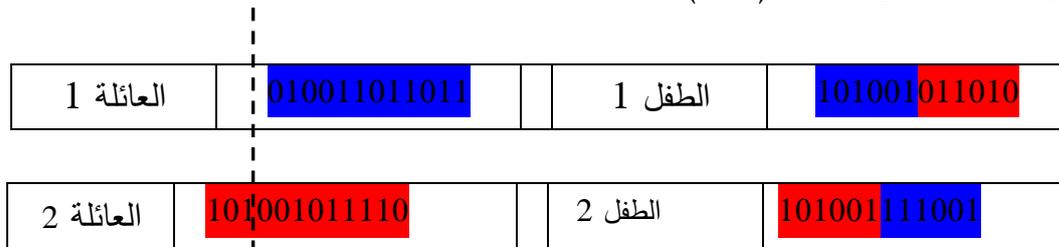
تتبع تقنية الخوارزميات الجينية المنهجية التالية للوصول إلى الحل الأمثل. [2][5] شكل (2):

1. تشكيل مجتمع افتراضي من الكائنات (أو الأفراد)، وهذا المجتمع يدعى pool. أي حل هندسي محتمل للمشكلة المدروسة (سواء كان قابلاً أو غير قابل عملياً للتطبيق) يمثل كائناً من كائنات هذا المجتمع. كل هذه

الكائنات "الحلول" و التي تدعى أيضا chromosomes في هذا المجتمع الصناعي تبني من الجينات، التي تمثل بعدة طرق رقمية تمثل قيم هذه الجينات. بشكل عام تم استخدام نظام العدّ الثنائي Binary Encoding (0,1) بوصفه قيمة للجين، والتي دعيت الكروموسومات المشكّلة بطريقة الترميز الثنائي. ويوجد عدة طرق أخرى للترميز لتشكيل الكروموسومات، منها: الترميز بالأعداد الصحيحة Integer Encoding. والترميز بالأعداد الحقيقية Real Encoding. والترميز بالقيم الحقيقية Value Encoding. بعد ذلك يتم تقييم هذه الكروموسومات وبيان مدى تحقيقها للتابع الهدف. [5] يؤخذ حجم المجتمع (Pool Size) عادة (60~100). [5][6][8]

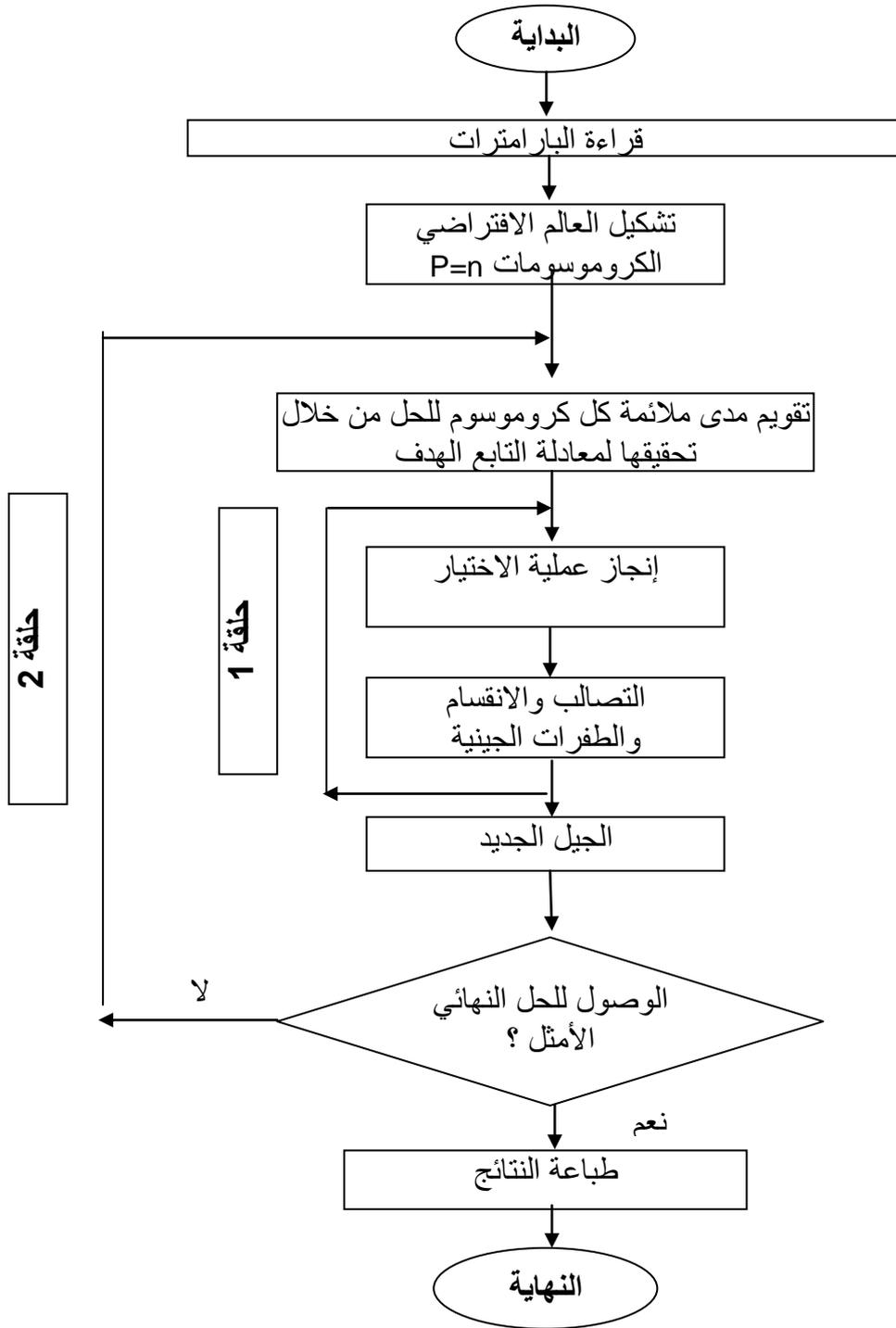
2. اختيار الكروموسومات للمشاركة في عملية التصلب (Selection) لتشكيل الجيل الجديد. ويتم ذلك بإحدى طرق الاختيار مثل دولاب الروليت، ويتم تمثيل الكروموسومات على الدولاب بقطاعات تناسب قيمة كل منها. [1]

3. التصلب: تستخدم هذه العملية للبدء بعملية التزاوج بين كروموسومين لإنتاج عائلة جديدة، ويتم تقطيع الكروموسومين من نقطة عشوائية، الشكل (1)، ويتم التبادل بينهما فينتج كروموسومين جديدين، يتم حساب التقييم لهما. وهناك عدة طرق للتصلب منها: التصلب بنقطة واحدة، والتصلب بنقطتين، والتصلب بعدة نقاط. تحدّد نسبة التصلب Percent of Crossover: عدد الكروموسومات الداخلة في عملية إنتاج أجيال جديدة. ويعبر عنها بنسبة مئوية، وتؤخذ عادة (0.95).



الشكل (1): التصلب من نقطة واحدة

4. الطفرة: للحصول على تمثيل حقيقي لعملية التطور، فإنّ عملية الطفرة يجب أن تساهم في خلق الأجيال الجديدة عن طريق الخطأ العشوائي في تغير موقع الجين في الكروموسوم، أو تبديل بين جينين في كروموسومين. إنّ عملية الطفرة تمنع عملية ال GA من الوصول للحل الأمثل بسرعة، مما يعطي الفرصة لأفراد أكثر جدد للمشاركة في الجيل الجديد. تحدد نسبة الطفرة (Percent of Mutation) نسبة الكروموسومات التي تخضع لعملية الطفرة، ويعبر عنها أيضاً بنسبة مئوية، وتؤخذ عادة (0,1~0,001). [6]



الشكل (2): المخطط المنطقي لتسلسل عملية الـ GAS

5. النخبة (Elitism): وتستخدم هذه التقنية لحماية الكروموسومات ذات التقييم الأفضل من الخضوع لعمليات التقطيع والطفرة، وبالتالي احتمال الاستبعاد. أي يتم الاحتفاظ بهذه الكروموسومات كما هي، وتنتقل إلى الجيل التالي لتساهم في إنتاج جيل جديد. وعملية الانتخاب تسرع إنجاز عملية الـ GA في الحصول على الحل الأمثل.

#### تطبيق تقنية الخوارزميات الجينية على منظومة توزيع للمياه:

لفهم الدقيق لآلية تطبيق تقنية الخوارزميات الجينية على شبكة توزيع مياه، اتبعنا المنهجية التالية:

1. توليد (خلق) المجتمع الأولي: نقوم بتكوين مجتمع أولي (POOL). بشكل عشوائي، عبر تكوين مجموعة من السلاسل، تمثل كل سلسلة حلاً مفترضاً للشبكة. من خلال ترميز الشبكة بإحدى أنظمة الترميز، أو التشفير (Encoding). ويكون عدد الحلول  $N$  ( $N=10 \sim 100$ ). كل موقع بت (bit) في السلسلة يأخذ القيمة (0 أو 1) عند اتباع طريقة الترميز الثنائي، ويمثل عنصراً معيناً من الشبكة. كل سلسلة من  $N$  من المجتمع الأولي تمثل مجموعة من الأنابيب، تمثل بدورها تشكيلاً مختلفاً من أقطار الأنابيب المكونة للشبكة. الجدول [10](1) يمثل القطر لأربعة أنابيب متوفرة في السوق المحلية ومستخدمة في الدراسة، وهي من أنابيب الفولاذ Cast Iron فإن كل قطر يمثل جيناً. وكل سلسلة من الجينات تشكل شبكة، يكون عدد الجينات فيها مساوياً لعدد خطوط هذه الشبكة.

جدول(1): استخدام نظام الترميز الثنائي لأقطار الأنابيب المستخدمة.

سعر المتر الطولي S.p	الترميز الثنائي	قطر الأنبوب مم
1770	00	80
2020	01	100
2890	10	125
3250	11	150

فيكون أحد الحلول الممثل لشبكة مؤلفة من ثمانية خطوط على الشكل التالي:

10	01	01	00	10	11	10	10	الكروموسوم
----	----	----	----	----	----	----	----	------------

بالطريقة نفسها نقوم بتشكيل كروموسوم ممثل لأحد الحلول لشبكة مياه الشرب في المشروع العاشر، والمؤلفة من

84 عنصراً (خطاً). (بعد تحويل الشبكة إلى الوضع الحلقي).

2. حساب كلفة الشبكة: يفترض GA أن كل فرد (حل أو سلسلة) من المجتمع الأولي  $N$  لها قيمة ويمكن أن تدخل في المجتمع الجديد. يقوم GA بعملية إرجاع للسلسلة الجديدة، أي فك التشفير (Decoding) إلى ما يقابلها من أنابيب حسب الأقطار، جدول (1). ومن ثم نقوم بحساب كلفة الشبكة حسب كلفة كل أنبوب داخل في التركيبة الجديدة للشبكة. أي نقوم بحساب كلفة كل حل (قيمة الفرد في المجتمع  $N$ ). وبالتالي فإن كلفة الكروموسوم السابق هي:

$$2890 + 2020 + 2020 + 1770 + 2890 + 3250 + 2890 + 2890 = 20620 \text{ S.P}$$

3. الحساب الهيدروليكي لكل حل (كل سلسلة) من المجتمع  $N$  أي حساب الضاغط والغزارة في عقد الشبكة، حسب شروط ونماذج الاحتياج المطلوبة في العقد، لكل شبكة (سلسلة) من المجتمع  $N$ . ويتم ذلك بإحدى الطرق

- المعروفة مثل طريقة هاردي كروس، إذ يتم التأكد من تحقيق معادلتى الطاقة والاستمرارية. ثم نعد إلى مقارنة الضغط الحقيقي في العقد مع الضغط الأصغر المسموح، ونقوم بملاحظة وتسجيل كل قيمة للضغط لا تحقق القيم المسموحة، ليتم أخذ ذلك بالحسبان عند حساب الكلفة الإضافية الناجمة عن مخالفة الشروط الطرفية.
4. حساب كلفة الشروط (المخالفة) غرامة المخالفة: يتم فرض كلفة إضافية على كل حل لا يحقق الشروط المطلوبة (بخالف الحدود المسموحة) للضاغط في العقد. والعقد التي تعاني من النقص الأكبر في الضاغط، تؤخذ بوصفها أساساً في حساب الفرق، وتضرب بعامل (K) يسمى عامل مضاعفة الكلفة مثلاً ( $K=5000000$ ) ليرة/1 م) أي أنّ خسارة كل (1m) ضاغط أقل من الحد المسموح، يزيد من كلفة الشبكة 5 مليون ليرة سورية، ويؤخذ هذا النقص من أجل أكثر عقدة في الشبكة تتعرض لنقص الضاغط (كأن جميع عقد الشبكة تفقد أكبر ضاغط). كما يتم إعادة الخطوات نفسها بالنسبة لمخالفة حدود السرعة المسموحة. مما سيؤثر سلباً بشكل كبير على قيم الملاءمة للحلول المخالفة، ويقلل من فرص انتقالها إلى الأجيال التالية.
5. حساب الكلفة الإجمالية للشبكة: والتي تساوي إلى قيمة مكونات الشبكة، مضافاً إليها قيمة الفرق الناجم عن مخالفة الحدود المسموحة للضاغط في العقد، والسرعة في الأنابيب (كل شبكة هي عنصر من N).
6. حساب درجة التقييم: تؤخذ درجة تقييم السلسلة (الحل) بوصفها تابعاً للكلفة الإجمالية لهذه الشبكة، بحسب درجة التقييم (الملائمة)، لكل حل (سلسلة) كمقبول لكلفتها الإجمالية، وبالتالي كلما نقصت الكلفة فإن درجة الملاءمة، أو قيمة هذا الحل (هذه السلسلة) ستكون كبيرة.
7. توليد مجتمع جديد باستخدام عملية الاختيار (selection operator): تقوم GA بإنتاج أفراد جدد للجيل الثاني. ولكن بعد أن تجري عملية الاختيار للأفراد للمشاركة في هذا الجيل، وبطريقة عشوائية، بإحدى طرق الاختيار المعروفة مثل دولاب الروليت.
8. عملية التصلب: عملية التصلب هي عملية تغيير جزئي من السلسلة من البنات، (تزاوج) بين عائلتين (سلسلتين)، لإنتاج طفلين جديدين. يحدث التصلب (باحتمالية تقطيع  $P_c$ ) لكل زوج من السلاسل للقيام بعملية تصلب في نقطة واحدة. يتم ذلك بشكل عشوائي على طول السلسلة، ويتم تبادل الجزئين الناتجين عن القطع في نقطة معينة بين السلسلتين، لإنتاج سلسلتين جديدتين.
9. عملية الطفرة: تحدث عملية الطفرة باحتمال معين  $P_m$  لكل بيت (bit) من السلسلة التي شاركت في عملية التصلب (التقاطع أو التزاوج). وعملية الطفرة هذه تغير قيمة البيت من 0 إلى 1 في السلسلة، أو العكس. ولا تحدث عملية الطفرة بمعزل عن عملية التقاطع، ولكن عملية التصلب يمكن أن تتم بمعزل عن عملية الطفرة، وذلك عندما يكون عدد الحلول صغيراً، واحتمالية الطفرة صغيرة جداً. (تأخذ احتمالية حدوث الطفرة قيمة تتراوح بين 0.01 و 0.001). [6]
10. إنتاج جيل ناجح: إن استخدام العمليات السابقة (الاختيار-التقاطع-الطفرة)، سوف يؤدي لإنتاج أجيال جديدة. نقوم بحساب درجة التقييم لهذه الحلول الجديدة، وتصنيفها، ومن ثم اختيار الأفضل بينها بحسب إحدى الطرق المعروفة للمشاركة بالمجتمع الجديد، بوصفها خيارات لإعادة إنتاج أفراد جديدة. وهكذا يتم تكرار عملية إنتاج أجيال جديدة، حتى الحصول على الحل الأمثل. وعادةً تتم إعادة التوليد (من الخطوة 2-9) من 1000-1000 مرة. [6]

11. تتوقف عملية البحث عن الحل الأمثل عند بلوغ العدد النهائي المطلوب من المحاولات التي حددناها في بداية عملية GA. أو عند عدم ظهور تحسينات جديدة على الحل، خلال عدد معين من المحاولات المتتالية، والتي يتم أيضاً تحديدها في بداية العمل مع التقنية، أو عند انتهاء الوقت المخصص للحساب.[6]

#### البرنامج المستخدم في الحساب :

لتطبيق تقنية الخوارزميات الجينية على شبكة مياه، لابد من استخدام أحد برامج الحساب الهيدروليكي للشبكات، لنتمكن من رسم مخطط الشبكة وحسابها هيدروليكاً، وإدخال البيانات المطلوبة وتعديلها. تم استخدام برنامج WATERGEMS. وهو برنامج نمذجة من إصدار شركة Bentley. يسمح هذا البرنامج من خلال واجهته الرسومية، من رسم شبكة المياه المدروسة مع كافة ملحقاتها. وإدخال البيانات لكل عنصر من الشبكة، من خلال جدول الخصائص. ومن ثم يقوم هذا البرنامج بالحساب الهيدروليكي للشبكة، للتأكد من تحقيق الشبكة لمعادلتى الطاقة والاستمرارية، (مجموع الغزارات الداخلة والخارجة والمستهلكة في كل عقدة تساوي إلى الصفر. ومجموع الضياعات في كل حلقة يساوي إلى الصفر). معتمداً معادلة هازان وليامز. كما يسمح البرنامج بإنشاء سيناريوهات مختلفة للحل بالطريقة التي نرغب بها. والنقطة الأهم في برنامج WATERGEMS، أنه يدعم تقنية الخوارزميات الجينية لإيجاد الحل الأمثل، عن طريق نافذة Darwin Designer. بعد تحديد السيناريو الذي سوف يتم العمل عليه، والمحسوب هيدروليكياً. وبعد إدخال جدول الأنابيب المتوفرة في السوق المحلية، ونوعها، وخصائصها وسعر المتر الطولي تبعاً للقطر. ثم يتم من خلال GA Parameters إدخال بارامترات الـ GA، مثل حجم المجتمع الأولي، ونسبة التصالب، ونسبة الطفرة، عدد المحاولات، وعدد الحلول المثلى التي سيقوم بتسجيلها، وبعد تأكد البرنامج من سلامة المدخلات، يقوم بعملية إيجاد الحل الأمثل للمسألة المدروسة. ويقوم بتسجيل أفضل الحلول التي تم الحصول عليها.

#### منطقة الدراسة:

تم اختيار شبكة (جادة المشروع العاشر)، في المنطقة الشمالية الغربية من محافظة اللاذقية، شكل (3)، لتطبيق تقنية الـ GAS. وهي عبارة عن مشروع سكني حديث، يمتد على مساحة (2.8) كم<sup>2</sup>[11]. وتتألف من أبنية مختلفة الارتفاعات، يتراوح ارتفاعها بين 10م و30م، ويتراوح ارتفاع المنطقة عن سطح البحر بين 4م و10م. وتتغذى بواسطة أنبوب رئيس قطر 300 مم من مادة الفونت، من الخزّان الرئيس في موقع بسنادا، على ارتفاع 72م عن سطح البحر، يخترق هذا الخط منطقة المشروع من الجنوب الشرقي باتجاه الشمال الغربي. ويتفرع عنه 13 خط فرعي، بأقطار تتراوح بين 80 و150 مم. وبطول إجمالي أكثر من 8000 م. ط. أكثر من نصف مساحة المشروع غير منفذة. وأكثر من نصف المساحة المنفذة غير مشغولة بالسكان حتى تاريخه[9]. لذلك من خلال المراقبة والاستقصاء للوضع المائي في منطقة المشروع، يبدو للوهلة الأولى عدم وجود أية مشاكل في توزيع المياه. ولكن يبقى هذا الوضع وهمياً للأسباب آنفة الذكر. وهذا بدوره يطرح التساؤلات التالية:

1. ما الذي سيؤول إليه هذا الرخاء المائي الوهمي بعد استكمال بناء منطقة المشروع (أبنية سكنية، شوارع، حدائق...)?
2. ما هو وضع الشبكة المنفذة حالياً وقد مضى على تنفيذها أكثر من 25 عاماً ولم تستثمر بأكثر من 25% من طاقتها الفعلية؟
3. كيف يمكن ضمان استمرارية وصول المياه إلى المستهلك دون انقطاع، حتى بحال حدوث أعطال أو إجراء الصيانات لفترات طويلة؟



شكل (3): مخطط الموقع العام لمنطقة المشروع العاشر

### النتائج والمناقشة:

للإجابة على التساؤلات السابقة قمنا بإجراء الخطوات الآتية:

- 1- إعادة حساب الاحتياج المائي لكامل منطقة المشروع المنفذة حالياً، إذ قسمت منطقة المشروع إلى ثلاث شرائح (I-II-III)، واعتبر الاحتياج المائي اليومي للفرد من كل شريحة كما هو وارد في الجدول (2)[12]. كما تم اعتبار عدد الأفراد القاطنين في كل شقة خمسة أفراد. وتم حساب عدد الشقق في كل بناء، وعدد الأبنية المغذاة من كل خط، ومن ثم حسبنا الاحتياج المائي المطلوب تأمينه من كل خط، ثم قمنا بتوزيع هذا الاحتياج على عقد الشبكة، والمساوي إلى مجموع نصف غزارات الخطوط المرتبطة بكل عقدة[11][12]. وتم حساب الاحتياج المائي الكلي بوصفه مجموعاً للاحتياجات المائية المطلوبة في كافة العقد ولكافة أنواع الاحتياج (سكني - تجاري)، ثم قمنا بحساب الاحتياج المائي لمنطقة التوسع بما يناسب مساحة المنطقة غير المنفذة إلى مساحة المنطقة المنفذة. وذلك لبيان قدرة الخط الرئيس المنفذ حالياً على تأمين هذا الاحتياج

لكامل منطقة المشروع. من خلال ملاحظة توزيع منطقة التوسع بالنسبة للمنطقة الحالية، اعتدنا الاحتياج المائي اللازم لتغذية هذه المنطقة بوصفه غزارة مركزة في العقدتين: 9- J و 10- J المجاورتين لمنطقة التوسع. شكل(4)

2- قمنابحساب قيمة الضاغط الأصغري اللازم توفره في العقد، الذي يؤمن وصول المياه إلى الطوابق العليا في أعلى بناء، في أعلى نقطة عن سطح البحر، وبشكلٍ يؤمن عمل جميع الأجهزة المنزلية بالضغط اللازم. وكان:  $P_{min} = 4.7 \text{ Bar}$ .

جدول(2): يبين الاحتياج المائي المعاشي وري الحدائق في اليوم (ل/فرد/يوم).

الاستهلاك لري الحدائق وغسل الشوارع ل/فرد	معدل الاستهلاك اليومي الواسطي ل/فرد	درجة وسائل الراحة في أبنية المناطق السكنية
30 ~ 90	125 ~ 160	I
	160 ~ 230	II
	230 ~ 350	III

1. رسمنا مخطط الشبكة بوضعه الحالي (المتفرع أو الشجري) بشكلٍ دقيق، من خلال واجهة برنامج WATERGEMS الرسومية. كما تم إدخال البيانات الخاصة بعناصر الشبكة المتفرعة، من خلال جدول الخصائص لكل عنصر. الجدول(3) والجدول(4)، الضاغط الأصغري المطلوب تحقيقه في العقد 4,7 بار. حدود السرعة المسموحة في الأنابيب 0,5 ~ 1,2 م/ثا. [11]. المورد المائي هو خزان مياه بسنادا على ارتفاع 72م عن سطح البحر عند المستوى الأدنى للمياه في الخزان. [9]
2. تم البحث في أنواع الأنابيب المتوفرة في السوق المحلية وأقطارها، وقمنا بتنظيم جدول يبين أسعار المتر الطولي من هذه المواد، حسب القطر منفذاً وجاهزاً للاستثمار [10]. جميع الخطوط منفذة من مادة الفونت المرن. معامل هازان وليامز لهذه الأنابيب (C= 130). كما هو موضح في الجدول (4).
3. قمنا بحساب الشبكة هيدروليكيًا، فكانت النتائج على الشكل الآتي:
  - عند حساب الشبكة على الوضع المتفرع الحالي، تبين أن كلفة الشبكة حسب الجدول (4) لأسعار المواد المتوفرة في السوق المحلية، والمستخدم لجميع حالات الدراسة هي (26642000 ل.س).
  - عند حساب الشبكة بواسطة البرنامج المستخدم، مع تأمين المياه لمنطقة التوسع لاحقاً بواقع 3700 ل/د، على الوضع المتفرع باستخدام تقنية الـ GAS، كانت كلفة الحل الأمثل للشبكة هي (26151000 ل.س). يشير التقارب في النتائج بين الحساب اليدوي والحساب باستخدام تقنية الـ GAS، إلى أن احتياجات منطقة التوسع قد أخذت بعين الاعتبار عند دراسة الشبكة قبل التنفيذ. (مع الإشارة إلى الاختلاف في توزيع الأنابيب في الشبكة المحسوبة بواسطة تقنية الـ GAS عنه في الوضع الراهن). لم يتم تجاوز الحدود العليا المسموحة للسرعة في جميع الأنابيب، ولكن السرعة في بعض الأنابيب قد انخفضت دون السرعة الدنيا المسموحة (0.5 m/sec)، نظراً لكون الأنابيب موجودة ولم يتم تعديل أقطارها، بغية الاستفادة القصوى من الشبكة المنفذة. بينما كان الضاغط المطلوب توفره في جميع العقد ضمن الحدود المسموحة.

الجدول (3): جدول يبين خصائص العقد في الشبكة

Junction N°	Elevation (m)	Demand (L/min)	Junction N°	Elevation (m)	Demand (L/min)	Junction N°	Elevation (m)	Demand (L/min)
J-2	8	90.5	J-25	8	58	J-47	7	74.5
J-3	8	24.3	J-26	6	93	J-48	7	21
J-4	7	15	J-27	6	87	J-49	8	107
J-5	7	9.7	J-28	5	47	J-50	8	24.7
J-6	7	72	J-29	6	22	J-51	8	19.4
J-7	7	71	J-30	8	120	J-52	8	30
J-8	7	84.5	J-31	8	211	J-53	8	72
J-9	7	77	J-32	8	115	J-54	8	24.5
J-10	7	93.3	J-33	5	94	J-55	7	80.5
J-11	7	119	J-34	8	73	J-56	6	40.5
J-12	6	93	J-35	6	56	J-57	5	55.5
J-13	5	385	J-36	5	65	J-58	5	36
J-14	7	21	J-37	5	50	J-59	5	19
J-15	6	60.7	J-38	5	21	J-60	5	17.5
J-16	5	257	J-39	4	20	J-61	7	24
J-17	6	24	J-40	4	21	J-62	7	60.5
J-18	5	42	J-41	5	20	J-63	6	26
J-19	5	42	J-42	5	73	J-64	7	29
J-20	6	73	J-43	6	101.5	J-65	7	10
J-21	5	42	J-44	6	110	J-66	0	0
J-22	6	42	J-45	8	95	J-67	0	0
J-23	6	91	J-46	9	62	J-68	0	0
J-24	7	111						

جدول رقم (4): خصائص الأنابيب المكونة للشبكة

Label	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Length (m)	Label	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Length (m)
P-1	R-1	J-2	300	1	P-39	J-13	J-37	125	200
P-2	J-2	J-3	300	94.7	P-40	J-37	J-38	125	176
P-3	J-3	J-4	300	77.8	P-41	J-38	J-39	80	63.5
P-4	J-4	J-5	300	104.1	P-42	J-39	J-40	80	159
P-5	J-5	J-6	300	20	P-43	J-38	J-41	125	93.6
P-6	J-6	J-7	300	106	P-45	J-11	J-43	100	145.6
P-7	J-7	J-8	300	38.6	P-46	J-43	J-44	100	78
P-8	J-8	J-9	300	223.5	P-47	J-10	J-45	80	21
P-9	J-9	J-10	300	269.1	P-48	J-45	J-46	80	161.5
P-10	J-10	J-11	300	74.3	P-49	J-7	J-47	100	120.4
P-11	J-11	J-12	300	82.6	P-50	J-47	J-48	100	37.4
P-12	J-12	J-13	300	113.5	P-51	J-8	J-49	150	161.1

P-13	J-3	J-14	300	181.1	P-52	J-49	J-50	80	137.1
P-16	J-17	J-15	125	25.5	P-53	J-5	J-51	80	77.2
P-17	J-13	J-18	125	77.8	P-54	J-4	J-52	80	71
P-18	J-18	J-19	125	277.3	P-55	J-6	J-53	100	142.2
P-19	J-19	J-20	125	166.5	P-56	J-53	J-54	100	46.9
P-20	J-20	J-21	125	232.8	P-58	J-2	J-55	150	243.9
P-21	J-21	J-22	125	220.8	P-59	J-17	J-56	150	29.4
P-22	J-12	J-23	150	55.5	P-60	J-56	J-57	150	112.6
P-23	J-23	J-24	150	126	P-61	J-57	J-58	150	25.5
P-24	J-24	J-25	150	177	P-62	J-57	J-59	80	59.3
P-25	J-25	J-26	150	103.5	P-63	J-56	J-60	100	98.2
P-26	J-26	J-27	150	118	P-64	J-17	J-61	150	162
P-27	J-27	J-28	150	173.8	P-65	J-61	J-62	150	70
P-28	J-28	J-29	150	133.6	P-66	J-62	J-63	150	64.8
P-30	J-30	J-31	80	148.4	P-67	J-62	J-64	100	71
P-31	J-24	J-31	80	99.2	P-68	J-64	J-65	100	130.1
P-33	J-32	J-33	80	158.4	P-71	J-15	J-66	300	67.26
P-34	J-33	J-34	80	164.7	P-72	J-66	J-16	300	107.14
P-35	J-34	J-35	100	173.8	P-74	J-14	J-67	300	123.42
P-36	J-35	J-36	100	141.2	P-75	J-67	J-15	300	20.88
P-37	J-28	J-35	100	88	P-82	J-12	J-68	100	139.75
P-38	J-27	J-34	80	84	P-83	J-68	J-42	100	48.25

جدول (5): يبين أسعار الأنابيب من مادة الفونت المرن حسب القطر

القطر مم	80	100	125	150	200	250	300
السعر ل.س	1770	2020	2890	3250	4370	5370	6600

جدول (6): الأنابيب الجديدة المضافة إلى الشبكة

Label	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Length (m)	Label	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Length (m)
P-29	J-11	J-30	80	26.5	P-77	J-14	J-61	100	25
P-32	J-31	J-32	80	33.3	P-78	J-49	J-55	100	250
P-57	J-54	J-14	100	202	P-79	J-53	J-34	100	160
P-69	J-16	J-22	100	25	P-80	J-47	J-33	100	160
P-70	J-16	J-58	100	28	P-81	J-42	J-37	100	130
P-73	J-29	J-66	100	15	P-84	J-44	J-68	100	15
P-76	J-36	J-67	100	12	P-85	J-20	J-25	100	140

4. تم تحويل الشبكة الحالية إلى الوضع الحلقي، بعد وصل نهايات الخطوط السائبة، وذلك من خلال إضافة 14 خطاً جديداً بقطر 100م، على السيناريو السابق، الجدول (6) وبأطوال مختلفة فرضها توضع الشبكة، ووضع الشوارع والأزقة والممرات والحدائق، وعدم التعدي على الأملاك الخاصة، إذ تصبح كل عقدة موصولة بخطين على الأقل، ما عدا بعض العقد الطرفية. فأصبح عدد الحلقات المفترضة (15) حلقة. وعدد الخطوط (82) خط. عدد العقد (67) عقدة.

5. قمنابرسم مخطّط توضع الشبكة الجديد بشكلٍ دقيقٍ - شكل رقم (4) - من خلال واجهة البرنامج الرسومية. ثمّ تمّ إدخال البيانات الخاصة بالأنابيب والعقد حسب الجداول (3) و(4) و(6)، من خلال جدول الخصائص لكلّ عنصرٍ. بعد ذلك تمّ التحقق من النموذج المقترح هيدروليكيًا، أي بيان مدى تحقّق الشروط الطرفية (الضاغط المطلوب في العقد، والسرعة المسموحة في الأنابيب). والشروط الضمنية (معادلتى الطاقة والاستمرارية).

ثمّ قمنا بعد ذلك بتطبيق تقنية الخوارزميات الجينية Genetic Algorithms على المشروع المعدّل، من خلال نافذة Darwin Designer بعد تحديد الشروط الطرفية المطلوبة:

الجدول (6) ومجموعة الأنابيب المتوفرة في السوق المحلية، الجدول (5). وتحديد بارامترات الـ GAS. جدول (7).

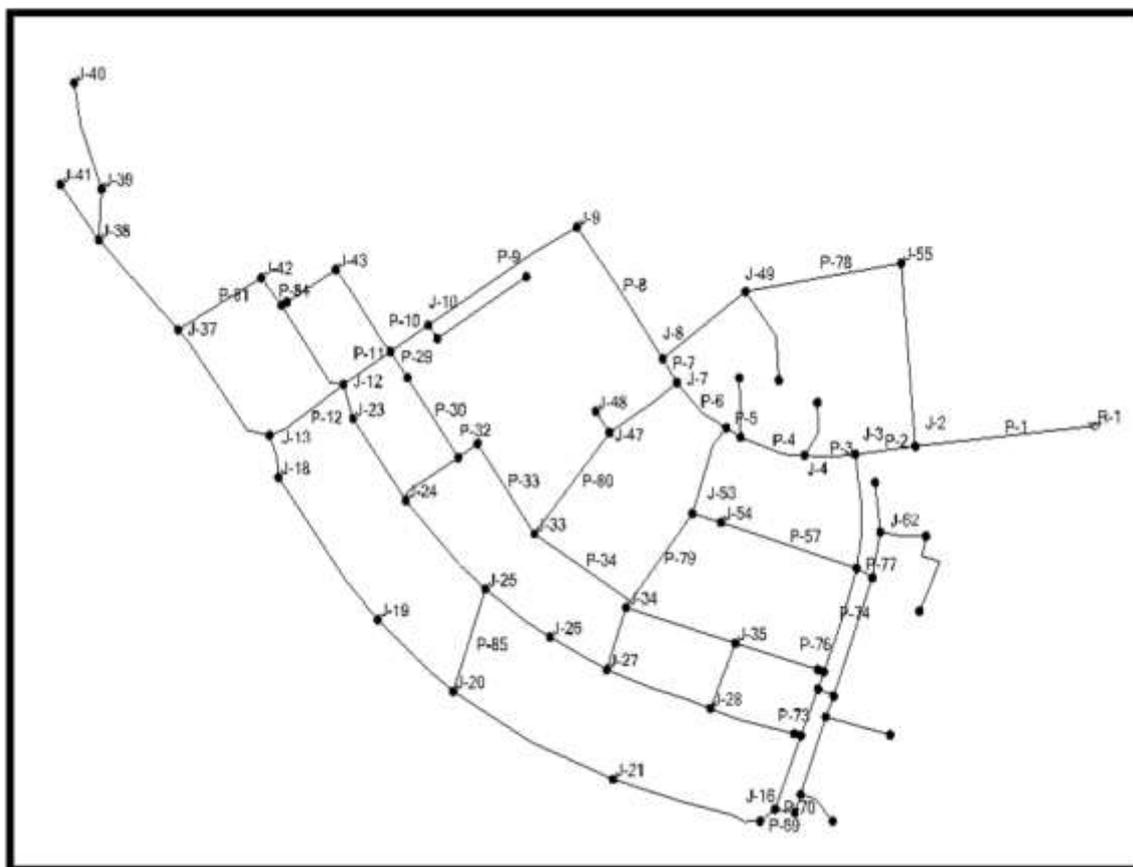
جدول (7): بارامترات الـ GAS

Maximum Era Number	6
Era Generation Number	150
Population Size	50
Cut Probability	1.7%
lice Probability SP	60%
Mutation Probability	1.5%
Penalty Factor	100000 S.P
Max. Trial	50000

يتم اختيار بارامترات الـ GAS بشكل عشوائي. ولكن كما أوضحنا سابقاً، فإن عدد الحلول للمسألة المطروحة (حجم المجتمع الأولي) يجب أن يتراوح بين 50 إلى 100 حل (كروموسوم) إذ إن حجم المجتمع الكبير سوف يؤدي لبطء وضياح عملية الأمثلة، كما أنّ الحجم الصغير سوف يؤدي لتقارب كبير باتجاه الحل الأمثل ويسرعة كبيرة (يقلل فرص الاختيار). كما وجد أنّ أفضل نسبة للتصالب هي بين 60% و70%. علماً أنه يمكن من خلال دراساتٍ لاحقةٍ تحديد أفضل القيم لبارامترات الـ GAS للمسألة المطروحة نفسها - وتحت الشروط نفسها - من خلال التغيير في قيم هذه البارامترات، وملاحظة مدى تأثير ذلك على جودة الحل الناتج.

#### فكانت النتائج على الشكل التالي:

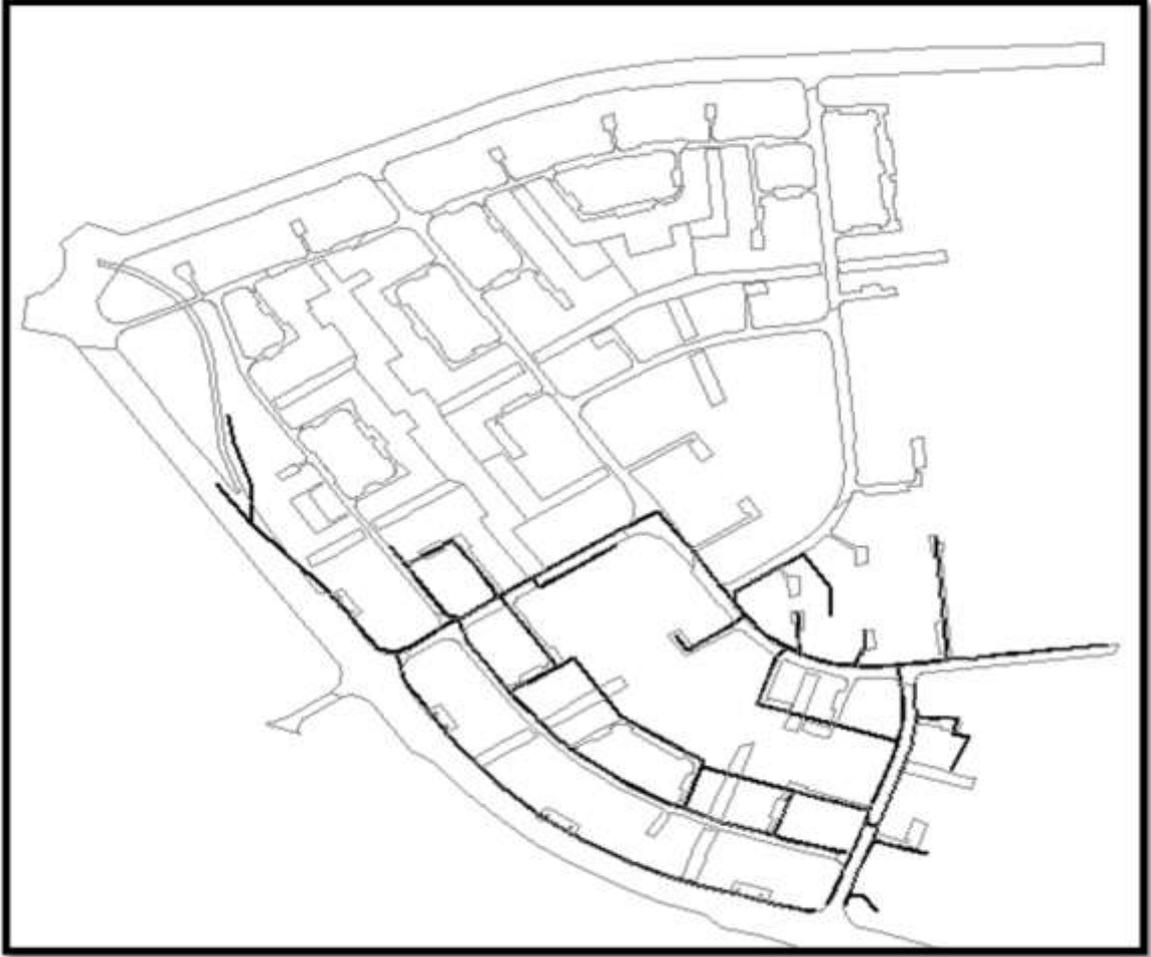
1. كلفة الحل (36085200) ل.س.
2. تحقّق الضاغط والغزارة المطلوبين في العقد.
3. تذبذب بسيط في السرعة عن الحد الأدنى بلغ 0.12 م/ثا.



الشكل (4): مخطط شبكة مياه المشروع العاشر

ولكن بوجود الشبكة الحالية، والمحاولة القصوى للاستفادة منها، تم الحفاظ على توضع الشبكة القديم بكافة خصائصه، وتم القيام بعملية الأمثلة على الخطوط المضافة فقط، بعد افتراض تأمين المياه اللازمة لمنطقة التوسع الشكل (5)، من العقدتين: J-10 و J-9 المجاورتين لها والموجودتين على الخط الرئيس قطر 300 مم بواقع (3700 ل/د). ويتحدد بارامترات ال GAS المطلوبة، وجدول أسعار الأنابيب المتوفرة. كانت النتائج كمايلي:

1. الكلفة المثلى للتعديل مساوية ل: (2,175,000) ليرة سورية.
2. الضاغط والغزارة في العقد ضمن الحدود المسموحة.
3. السرعة في الأنابيب أقل من الحدود العليا المسموحة.
4. انخفاض السرعة في بعض الأنابيب عن الحدود الدنيا المسموحة، لعدم إجراء أي تعديل على الأنابيب المنفذة والمستثمرة حالياً. وهي ذات أقطار كبيرة بالنسبة للاحتياج المائي المطلوب في العقد التي تغذيها هذه الأنابيب. ولكون بعض هذه العقد طرفية، وغير موصولة بشكلٍ حلقي، وذات احتياج مائي صغير بالنسبة لقطر الأنبوب المغذي.



الشكل (5): مخطط شبكة مياه المشروع العاشر مع بيان منطقة التوسع.

نتيجة للسيناريوهات السابقة، وعمليات الأمثلة التي تمت عليها، والنتائج التي تم الحصول عليها، قاد ذلك للتفكير بسيناريو يتضمّن تغذية شبكة مياه القسم المستثمر حالياً من المشروع العاشر، بخطّ جديدٍ يمتدّ من العقدة J-2 ، حتى العقدة J-12، بقطر 200 مم. ووصل خطوط الشبكة الموجودة والمستثمرة إليه. مع إجراء التعديلات السابقة لتحويل الشبكة إلى الوضع الحلقي، لنحافظ على الخط الرئيس قطر 300 مم، المنفذ سابقاً بين العقدتين J-3 و J-12 لتغذية منطقة التوسع بشكل مستقل عن الشبكة الحالية. ويكون في الوقت نفسه جاهزاً لتأمين الاحتياج المائي اللازم لإطفاء الحرائق. وبعد ذلك قمنا بإجراء عملية الأمثلة، فكانت النتائج التي تم الحصول عليها ذات فعالية كبيرة من حيث تحقيقها للشروط الطرفية (الضاغط والغزارة في العقد، والسرعة المسموحة في الأنابيب). وهي موضحة في الجداول التالية:

جدول (8): نتائج إجراء عملية الأمثلة وفق تابع الهدف Minimum Cost

Design Group	Pipe	Material	Hazen-Williams C	Diameter (mm)	Cost (\$)
Design Group - P-69	P-69	Cast iron	130	100	50.5
Design Group - P-70	P-70	Cast iron	130	80	49.6
Design Group - P-3	P-3	Cast iron	130	150	252.8
Design Group - P-4	P-4	Cast iron	130	150	338.3
Design Group - P-5	P-5	Cast iron	130	150	65
Design Group - P-6	P-6	Cast iron	130	80	187.6
Design Group - P-7	P-7	Cast iron	130	80	68.3
Design Group - P-8	P-8	Cast iron	130	80	395.6
Design Group - P-9	P-9	Cast iron	130	80	476.3
Design Group - P-10	P-10	Cast iron	130	80	131.5
Design Group - P-11	P-11	Cast iron	130	80	146.2
Design Group - P-12	P-12	Cast iron	130	80	200.9
Design Group - P-81	P-81	Cast iron	130	80	230.1
Design Group - P-29	P-29	Cast iron	130	80	46.9
Design Group - P-32	P-32	Cast iron	130	80	58.9
Design Group - P-85	P-85	Cast iron	130	80	247.8
Design Group - P-80	P-80	Cast iron	130	80	283.2
Design Group - P-79	P-79	Cast iron	130	100	323.2
Design Group - P-57	P-57	Cast iron	130	80	357.5
Design Group - P-78	P-78	Cast iron	130	100	505
Design Group - P-77	P-77	Cast iron	130	80	44.3
Design Group - P-84	P-84	Cast iron	130	80	26.5
Design Group - P-73	P-73	Cast iron	130	125	43.3
Design Group - P-76	P-76	Cast iron	130	100	24.2

إنَّ الكلفة الإجمالية لعملية تحويل شبكة المشروع العاشر إلى شبكة حلقيّة، تساوي (4553800) ليرة سورية. وهي عملياً تفصل المنطقة المستثمرة حالياً عن منطقة التوسّع المستقبلي. وتحقق الضاغظ والغزارة المطلوبين في العقد. كما تبقى السرعة في الأنابيب أقلّ من السرعة العظمى المسموحة. وأقطار الأنابيب الناتجة عن عملية الأمثلة صغيرة وسهلة التنفيذ. كما أنّ الخطّ الرئيس قطر 300 مم يؤمّن في الوقت الحاضر كميات المياه اللازمة لإطفاء الحريق للمشروع العاشر وجواره.

### الاستنتاجات والتوصيات:

1. عند دراسة شبكة مياه الشرب للمشروع العاشر في مدينة اللاذقية تبين أنّ أصغر قطرٍ للأنابيب تمّ استخدامه في الشبكة هو 80 مم، وبما أنّ الاحتياج المائي في العقد صغير نوعاً ما، فقد كانت السرعة في بعض هذه الأنابيب أصغر من الحدود الدنيا المسموحة.

2. ظهور تحسّن على هيدروليكية الشبكة (تأمين الغزارة المطلوبة في كل عقدة بالضاغط الكافي) جراء استخدام

النظام الحلقي، على الرغم من حساب الاحتياج المائي، وكأن المشروع مستثمر ومشغول بالكامل.

3. من خلال استخدام تقنية الخوارزميات الجينية Genetic Algorithms في هذه الدراسة، تبين لدينا قدرتها على

حل مسألة تحويل الشبكة المتفرعة إلى شبكة حلقيّة، دون الحاجة إلى تشكيل معادلةٍ للحل، أو إلى معرفةٍ

بقياساتٍ وبياناتٍ مسبقةٍ عن المسألة المدروسة. إذ لم يكن لدينا، كما لاحظنا، أي بيانات أو قياسات مطلوبة.

بل بمعرفتنا لخصائص الشبكة المدروسة (مخطط الشبكة- خصائص العناصر)، والشروط الطرفية المطلوب

تحقيقها، (الضاغط الأصغري في العقد، والسرعة المسموحة للجريان ضمن الأنابيب)، ومعادلة التابع الهدف

التي نرغب بالوصول إليها والتي سوف يحققها الحلّ الأمثل (أقل كلفة- أعلى موثوقية- أقل كلفة وأعلى

موثوقية معاً...)، وهي كما رأينا الكلفة الدنيا لعملية التحويل إلى الوضع الحلقي. والخبرة في التعامل مع هذه

التقنية استطعنا إيجاد الحل الأمثل لعملية التحويل. كما تبين إمكانية إجراء عملية الأمثلة على سيناريوهات

مختلفة. ومقارنة النتائج التي حصلنا عليها لكل سيناريو، واختيار السيناريو الذي يفي بجميع الاشتراطات

المطلوبة. وبناء عليه فإننا نوصي بالمقترحات الآتية:

- إعادة تقييم شبكات مياه الشرب في مدينة اللاذقية ككل، واستكمال قاعدة البيانات بدقة لهذه الشبكات. وبيان الشبكات التي تحتاج لتبديل كليّ أو جزئيّ في ضوء هذا التقييم.
- دراسة إمكانية تحويل هذه الشبكات إلى الشكل الحلقي، لما لهذه الشبكات من دورٍ كبيرٍ في تحقيق مستوى عالٍ من الموثوقية المتمثلة بتأمين استمرارية تزويد المستهلكين بالمياه في حال حدوث أعطال طارئةٍ على الشبكة. ولقدرة هذه الشبكات على التقليل من الأثر السلبي للمطرقة المائية على مكونات الشبكة.
- الاستفادة من تقنية الخوارزميات الجينية في إيجاد الحل الأمثل لنظام توزيع المياه الذي يضمن أعلى موثوقيةٍ للشبكة، من حيث تأمين الضاغط والغزارة المطلوبين في العقد بأقل كلفةٍ ممكنةٍ، إذ يمكن للحلول المقترحة أن تتضمن رقد الشبكة بمكوناتٍ إضافية، كالحزانات العالية والمضخات ونقاط التزود بالمياه لإطفاء الحرائق. بعد محاكاة تغير الاستهلاك خلال اليوم. مما يقلل الهدر وكلفة الطاقة إلى الحدود الدنيا.
- الاستفادة من تقنية الخوارزميات الجينية في المجالات التي تعنى بالقطاع المائي وفي الحقول الهندسية الأخرى.

## المراجع

1. Walski. M, Chase. D. V, Savic.D. A, Walter. G, Stephen. B,Koelle. E, Advanced Water Distribution Modeling And Management. Bentley Institute Pres.USA.(648-687).
2. ASSAD. N. F. Developing a new analytical model for predicting pore pressure changes in deep fractured rocks –Hybrid Model Combining FEM, GA, and ANN. Saitama University. JAPAN.(2006).(107).
3. HOLLAND.J. Adaptation in Natural and Artificial Systems (2<sup>nd</sup>edition.) Univ. of Michigan Press.(1992).annArbor,MI pp.183.
4. NARVAEZ, P.C and GALEANO,H: Genetic Algorithms for the optimization of pipe lines systems for liquid distribution. Ciencia technologies future- (2004).(117-130).
5. REEVES.C.R, JONATHAN, E.Genetic Algorithms: Principles and Perspectives- A Guide to GA Theory. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.(2002).(318)
6. VUUREN.VAN. SJ, Application of genetic algorithms - Determination of the optimal pipe diameters. South Africa. (January 2002).(217-226).
7. KENNETH. A. De, JONG.L,Schmitt.M, (Eds.) Foundations of Genetic Algorithms. 8th International Workshop, FOGA. ( 2005).(315).
8. GÜC. G. Optimization Of Water Distribution Systems using Genetic Algorithms. Middle East Technical university- Ankara.(2006).(76).
9. المؤسسة العامة لمياه الشرب والصرف الصحي في اللاذقية. مديرية المعلوماتية-مخطط شبكة مياه المشروع العاشر، 2007.
10. المؤسسة العامة لمياه الشرب والصرف الصحي في اللاذقية. مشروع إرواء منطقة جبلة وريفها-الكشف التقديري للأعمال المطلوب تنفيذها، 2011.
11. حسن، كاسب. الهندسة الصحية. منشورات جامعة تشرين، 1981.(194)
12. قصير، أحمد حبيب. الإمداد بمياه الشرب (1). جامعة تشرين، 1994.(278)
13. بلدية اللاذقية. المخطط التنظيمي لمنطقة المشروع العاشر، 1990.