

Reducing the Cost of Tunnel Form RC Frames by Using the Genetic Algorithms

Dr. Jamal Omran*
Neamah Obaido**

(Received 4 / 9 / 2019. Accepted 1 / 12 / 2019)

□ ABSTRACT □

Eight years of war have damaged too many residential buildings in Syria; following to the UN report in 2017; 69% of the total damage was in residential buildings. In addition, it is very important to construct new residential buildings to solve the problem of increased number of inhabitants in many regions due to war. Therefore, it is important to search of modern methods of construction, which ensure the reducing of the cost and the time of construction. One of these possible methods is tunnel form. Tunnel form was very effective in many places were damaged by earthquakes. In addition, tunnel form is very effective in RC frames cost in cellular buildings; it reduces the time, and ensures the good quality of final surfaces which will have a positive effect on the finishing costs.

This paper will discuss the using of genetic algorithms to improve the feasibility of using tunnel form to reconstruct damaged buildings or construct new suburbs. We will search of reducing the cost of tunnel forms RC frame materials (concrete and reinforcement bars).

Keywords: Tunnel form, Genetic algorithms, RC frame materials.

* Associate Professor, Department of Management and Construction Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** Postgraduate Student (Master), Department of Management and Construction Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

تخفيض كلف الهياكل البيتونية المسلحة لأبنية القالب النفقي باستخدام الخوارزميات الجينية

د. جمال عمران *

نعمه عبيدو **

(تاريخ الإيداع 4 / 9 / 2019. قُبِلَ للنشر في 1 / 12 / 2019)

□ ملخص □

ثمانى سنوات من الحرب كان لها أثرها السلبي على القطاع السكنى فى سورىة، فوفقا لتقرير الأمم المتحدة عام 2017، كانت نسبة الأبنىة السكنىة المدمرة 69% من مجموع الدمار الكلى. وأىضا ظهرت الحاجة الملحة لتشييد أبنىة سكنىة جديدة فى عدة مناطق نظرا للازدحام السكانى فىها بسبب ظروف الحرب والنزوح. لذا كان لابد من البحث عن طرق تشييد حديثة تضمن خفض كلفة وزمن التشييد. إحدى الطرق المطروحة لإعادة التشييد هى القالب النفقى والذى أثبتت فعاليته فى إعادة تشييد عدة مناطق تعرضت للتدمير بفعل الزلازل فى بلدان مختلفة. ووفقا للدراسات السابقة يعتبر القالب النفقى فعال جدا من حيث الناحىة الإقتصادىة فى حال استخدامه فى المشاريع الخلوىة المتكررة، أىضا فهو هو يخفض زمن التشييد إضافة إلى عامل جودة الأسطح الناتجة مما يعكس إجابا على كلفة الأكساءات. سىناقش هذا البحث استخدام الخوارزمىات الجينىة فى زيادة جدوى استخدام القالب النفقى سواء أكان الاستخدام لإعادة الإعمار فى المناطق المدمرة أو كان لتشييد ضواحي سكنىة جديدة. سىتم البحث فى تخفيض كلف مواد تشييد الهيكل البيتونى (بىتون وتسليح) لأبنىة القالب النفقى وذلك بالاعتماد على خواص هذا القالب واستخدام الخوارزمىات الجينىة فى تصميم عناصره.

الكلمات المفتاحىة: القالب النفقى، الخوارزمىات الجينىة، مواد الهيكل البيتونى المسلح.

*أستاذ مساعد - قسم هندسة الإدارة والتشييد - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقىة - سورىة.
** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم هندسة الإدارة والتشييد - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقىة - سورىة.

مقدمة:

أوضحت القوالب النفقية واحدة من أكثر الطرق الشائعة للأبنية الخلوية Cellular buildings، أو ما يعرف بالأبنية الصندوقية وذلك نظرا أن هذه الأبنية تشبه الصناديق الموضوعة أعلى بعضها واحدا تلو الآخر حيث يمكن اعتبار كل صندوق خلية مؤلفة من جدران وأرضية وسقف. ويعود سبب انتشار القوالب النفقية في التشييد نظرا لفعاليتها في الكلفة، الإنتاجية والجودة والأمان في موقع العمل. تتناسب هذه الطريقة مع المباني ذات الطبيعة التكرارية مثل شقق، فنادق، سكن طلابي، سكن عمالي، سجون وثكنات عسكرية[2].

تُستخدم القوالب النفقية في العديد من الدول مثل بريطانيا، تركيا، الهند، تشيلي، إيران، تركيا والجزائر، وأيضا كان لهذا القالب استخداماته في سورية، إذ استخدم في تشييد بعض الضواحي السكنية والتي نفذت بين 1970-1980 ومنها ضاحية تشرين-اللاذقية والتي نفذت باستخدام قوالب اوتينور الفرنسية.

يعرّف القالب النفقي بأنه هيكل فولاذي فراغي مكون من عدد من الأقسام (الإطارات) ذات الشكل U معكوسة ويمكن بواسطته تنفيذ الجدران والأسقف. يستخدم هذا النمط من القوالب فقط من أجل الأبنية التي جملتها الانشائية عبارة عن جدران حاملة وواجهاتها مفتوحة من أجل نزع القالب[1]. ويمكن أيضا وفقا ل Outinord tunnel formwork أن يتألف القالب النفقي من نصفي قالب كل منها على شكل L معكوسة ويتكون كل نصف من لوح أفقي ولوح شاقولي مثبتة سويا باستخدام نظام تقوية مثلثي الشكل من أجل ضمان ثبات القالب. حيث يركز كل نصف من نصفي القالب على عجلات تسهل تحرك القالب ضمن الورشة وذلك باستخدام نظام دفع. أيضا يوجد مرفاعات قابلة للسحب تسهل من توضع القالب في موقعه. وأيضا يتميز القالب بتزويده بنظام BAAM وهو عبارة عن نظام قفل تدفقي مخترع من قبل اوتينور وهو يضمن الوصل الممتاز بين نصفي القالب.

يحول القالب النفقي عملية التشييد إلى عملية سلسلة وسريعة تنتج انخفاض في كلف الهيكل حتى 15% وزمن تشييد أقل حتى 25%[2]. غير أنه عند مقارنته بالقوالب الأخرى فإنه يملك شكلا أكثر تعقيدا وكلفة كبيرة في حالة المشاريع الصغيرة ولذلك فإن استخدامه يعتبر ذا جدوى عند انشاء عدد كبير من الأبنية في منطقة واحدة كمثل على ذلك تشييد الضواحي السكنية. ومن أجل زيادة عدد دورانات القالب يمكن اتباع بعض السبل التي تساعد في اختصار زمن تصلب البيتون كاستخدام ماركات أعلى للبيتون أو ادخال إضافات كيميائية أو معدنية أو تسخين البيتون بالمصادر المتوفرة[1]. يمكن استخدام هذا النمط من القوالب لتشييد غرف بعرض من 2.4م وحتى 6.6م (كما يمكن استخدام قطع خاصة للأماكن بعرض أقل من 2م)، ويكون طول عناصر القالب النفقي بين 2.5م وحتى 12.5م، أما ارتفاعات الطابق فمن الممكن أن تتراوح بين 2.46م وحتى 3.5م وفي حالات خاصة يمكن استخدام وصلات لزيادة هذا الارتفاع حتى 4.5م. تصب بلاطات حتى سماكة 350مم[3].

ووفقا ل[4] أصبح استخدام القالب النفقي شكلا رئيسيا للتشييد في المناطق النشطة زلزاليا وذلك نظرا إلى أن الأبنية المصبوبة بهذه التقنية تكون ذات أداء أعلى في مقاومة الزلازل بالمقارنة مع أبنية القوالب التقليدية. ومن مميزات القالب النفقي إضافة إلى توفير الزمن والكلفة: انخفاض اليد العاملة، انخفاض تكاليف الصيانة، تخفيض متطلبات الجهد في العمل، الحد الأدنى من النفايات وزيادة الأمان في الورشة، عازلية صوت استثنائية وتحسين الأمان ضد الحرائق[12]. ولا بد من الإشارة إلى أن للقالب النفقي بعض المساوئ ومنها: الكلفة العالية للمتر المربع الواحد في حالة المشاريع الصغيرة وذلك بسبب كلفة استثمار القالب، ضرورة توفر تدفق مالي سريع ومستمر يتوافق مع سرعة التشييد، قوى عاملة خبيرة مقارنة بالنظام التقليدي، كلفة عالية للتجهيزات، غير ملائم لبعض الأبنية الخاصة مثل المسارح[6].

اتجهت الدراسات السابقة إلى دراسة كلفة القوالب النفقية، عناصرها وما يؤثر في هذه الكلفة، إضافة إلى مقارنة القوالب النفقية مع الأنواع الأخرى من القوالب ودراسة مدى تأثير كلفة وزمن المشاريع عند استخدام القالب النفقي. بعض الدراسات السابقة بحثت في موضوع الأداء الزلزالي لأبنية القالب النفقي وفي التصميم الإنشائي لهذه المباني. هذا البحث سيضيف توجه جديد وهو استخدام الخوارزميات الجينية في تخفيض كلفة أبنية القالب النفقي وذلك من خلال استخدام هذه الخوارزميات في التصميم الإنشائي لمباني القالب النفقي بالاعتماد على بعض الخواص المميزة لأبنية هذا القالب.

أهمية البحث وأهدافه:

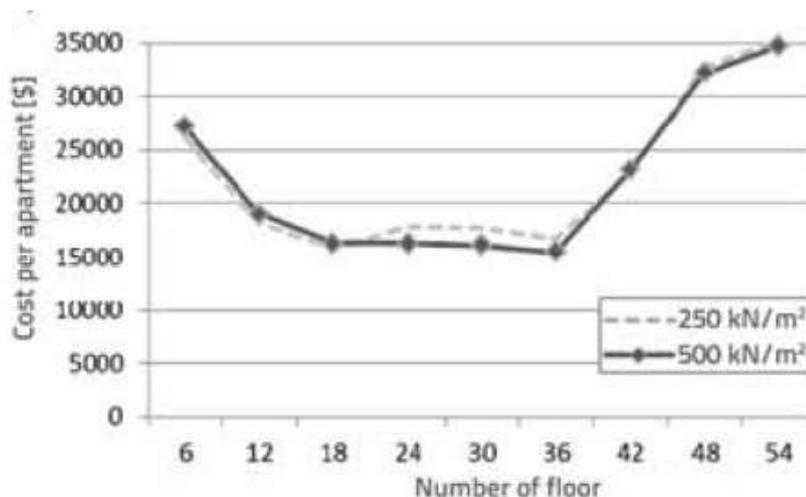
تأتي أهمية هذا البحث من الحاجة الماسة إلى إعادة تشييد المناطق المتضررة بسبب الحرب أو تشييد ضواحي سكنية جديدة لتغطية التزايد السكاني الكثيف في بعض المناطق. حيث أنه يجب تحقق الثلاثية كلفة أقل، زمن أقل، وجودة أعلى. وهذا ما يمكن تحقيقه من خلال استخدام القالب النفقي. إضافة لذلك فإن نقص العمالة بسبب ظروف الحرب والهجرة تشجع هذا النمط من التشييد كونه يحتاج لعمالة أقل (عمالة مدربة). أما هدف البحث فهو البحث عن إمكانية تخفيض كلفة الهيكل المصوب باستخدام القالب النفقي وذلك من خلال تطبيق الخوارزميات الجينية في مرحلة تصميم الهيكل البيتوني، وتخفيض كميات البيتون والتسليح.

طرائق البحث ومواده:

سيتم تنفيذ هذه الدراسة وفق المراحل التالية:
أولاً: البحث في كلفة مكونات الهيكل عند استخدام القالب النفقي، والبحث في مميزات ومواصفات هذا النوع من التشييد.
ثانياً: تحديد متغيرات التصميم وعلاقتها بكلفة المبنى، وتحديد شروط استقرار هذا المبنى تبعاً لهذه المتغيرات، وتحويل المسألة إلى نمط الخوارزميات الجينية.
ثالثاً: تطبيق وحل الخوارزمية الجينية باستخدام الماتلاب ومناقشة النتائج.

كلفة الهيكل في أبنية القالب النفقي:

أوضحت الدراسات السابقة أنه من الممكن استخدام القالب النفقي حتى ارتفاع يصل إلى 40 طابقاً، ويوضح الشكل التالي كلفة الشقة الواحدة تبعاً لعدد الطوابق في حالة استخدام القالب النفقي:



الشكل رقم (1): اختلاف الكلفة تبعاً لعدد الطوابق: كلفة الشقة الواحدة [8]

بملاحظة المخطط السابق نرى أن التغير بالكلفة طفيف ضمن المجال من 12 وحتى 36 طابق، ولكن من الأمثل استخدامه للأبنية التي يتراوح عدد طوابقها بين 12 وحتى 16 طابقاً وذلك نظراً للحاجة للتغير في نمط الاساسات في حال تجاوز عدد الطوابق 18 طابقاً، ولا يفضل هذا الخيار [18].

الجدول رقم (1): كلفة مكونات المبنى في أبنية القالب النفقي نسبة للكلفة الكلية [8]

المكونات عدد الطوابق	ال قالب %	التسليح %	البيتون %
12	40.7	23.99	20
18	36.59	27.17	24.78
24	33.08	28.41	27.94

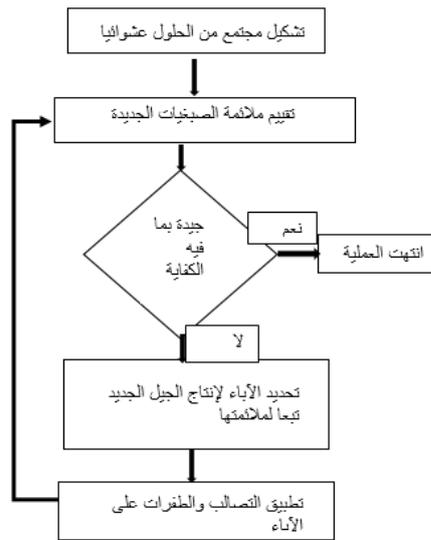
من الجدول أعلاه نلاحظ أن كلفة مواد الهيكل كنسبة من الكلفة الكلية للهيكل تتراوح بين 44% و 56%، بالتالي فإن توفير هذه الكلفة بأي نسبة كانت سينعكس إيجاباً على الكلفة الكلية للمبنى. سنقوم بمحاولة خفض هذه الكلفة من خلال الخوارزميات الجينية والتي يمكن تعريفها تبعاً ل [10]: بأنها طرائق بحث تعتمد على النظرية التطورية وتستخدم لإيجاد الحل الأمثل لتابع هدف محدد. حيث أنها في كل مرحلة من مراحل الخوارزمية الجينية تنتقي هذه الخوارزمية أفراداً عشوائيين من المجتمع الحالي، لتشكل هذه الأفراد الآباء التي تستخدمهم لإنتاج الأبناء في الجيل التالي. ويمكن القول أن الخوارزميات الجينية تستخدم 3 أنماط رئيسية من الأدوار في كل مرحلة من أجل إنتاج الجيل التالي من المجتمع الحالي، وهذه الأدوار هي [5]:

الانتقاء (selection): اختيار الأفراد / الآباء التي تساهم في مجتمع الجيل الجديد.

التصالب (crossover): يجمع أبوين لتشكيل ابن للجيل التالي.

الطفرة (mutation): يطبق تغيرات عشوائية على الآباء الفرديين لتشكيل الأبناء.

يلخص الشكل رقم (2) مراحل عمل الخوارزمية الجينية:



الشكل رقم (2): مراحل عمل الخوارزمية الجينية [13]

التفاصيل الإنشائية لمباني القالب النفقي:

تتألف أبنية القالب النفقي من Flat plate slab وهي عبارة عن بلاطة من البيتون المسلح مستوية غير جائزية دون تيجان أو سقوط، إضافة إلى جدران حاملة من البيتون المسلح والتي مهمتها مقاومة الحمولات الشاقولية والجانبية. لا يحوي هذا النظام أي أعمدة أو جوائز. تصمم البلاطات والجدران بنفس السماكة غالباً وتنفذ بعملية واحدة مما يقلل الأعصاب Joists ويزيد المقاومة الزلزالية بسبب الهيكل المتجانس. إضافة إلى ذلك فإن التسليح يجب أن يكون شبكة واحدة سواء أكان في البلاطات أو الجدران.[9]

تتراوح سماكة البلاطات بين 150-250 مم والجدران 150مم وقد تختلف تبعاً لطريقة الحل المستخدمة. ونظراً للأداء الزلزالي المتميز للقالب النفقي، يعد هذا القالب تقنية تشييد رئيسية في المناطق النشطة زلزالياً[3]. إلا أنه حتى الآن لا تتضمن أكواد التصميم الزلزالية الحالية إرشادات محددة لتصميم القالب النفقي لمقاومة الزلازل[4].

تحديد وصياغة المشكلة:

من أجل الحل سيتم الاعتماد على نموذجي تصميم للبلاطة والجدار حيث سيتم اشتقاق المشكلة من النموذجين والاحتفاظ بنتائج النماذج الأصلية واعتبارها حالة مرجعية لمقارنة النتائج.

من أجل صياغة المشكلة نحتاج إلى تحديد تابع ملائمة (هدف) ومتغيرات ومقيدات (خطية أو لاخطية) تابع الهدف:

سيتم حساب كلفة المواد من بيتون وتسليح من أجل تشييد خلية من البيتون المسلح بأبعاد h ارتفاع الجدار، l مجاز الجدران، w طول الجدار أو القالب (سيفرض أن قطعة القالب ذات الطول 1m) بالتالي فإن تابع الهدف من الشكل:

$$\text{Min } F(x) = V_c * C_c + V_s * \rho_s * C_s$$

حيث أن: V_c هي حجم البيتون الموجود في الخلية (m^3)

C_c هي كلفة المتر المكعب من البيتون (sp/m^3)

V_s هي حجم التسليح المطلوب ضمن الخلية (m^3)

ρ_s الوزن الحجمي للتسليح (t/m^3)

C_s كلفة الطن الواحد من التسليح (sp/t)

وحيث أن V_c و V_s سيتم إدخالها بدلالة متغيرات المسألة. بحيث يصبح تابع الهدف النهائي:

$$\text{Min } F = (w * t_1 * l + 2 * t_2 * w * h) * C_c * 10^{-5} + (A_s * l * 10^{-7} + 2(A_v/S_v + A_h/S_h) * h * 10^{-5}) * \rho_s * C_s \quad (\text{s.p})$$

حيث:

- $w = 1\text{m}$ طول الجدار أو (القالب)
- l (mm) مجاز القالب
- h (mm) ارتفاع القالب
- $(A_v/S_v + A_h/S_h) * h$ وهي حجم التسليح الأفقي والشاقولي في الجدار الواحد محسوب بالعلاقة مساحة التسليح للقضيب الواحد مضروب بعدد قضبان التسليح مضروب بطول التسليح بعد الاختزال والإصلاح تصبح بهذا الشكل أعلاه (على اعتبار أن ارتفاع الجدار هو h وطول الجدار 1m).
- الوحدات المذكورة هي الوحدات المستخدمة للإدخال في الخوارزمية وذلك لتتناسب مع شروط التصميم.
- بيتون وتسليح الجدار ضرب ب 2 لأن كل خلية من القالب تتضمن بلاطة وجدارين.

متغيرات المسألة:

- t_1 (cm) سماكة البلاطة
- t_2 (cm) سماكة الجدار وبفرض لدينا $t_1 = t_2 = t$ (وذلك على افتراض أن السماكة متساوية للعنصرين ولكن غير ثابتة)

- A_s (cm²) تسليح البلاطة
- A_v (cm²) مساحة قضيب التسليح الشاقولي الواحد في الجدار.
- A_h (cm²) مساحة قضيب التسليح الأفقي الواحد في الجدار.
- S_v (cm) التباعد بين قضبان التسليح الشاقولية في الجدار.
- S_h (cm) التباعد بين قضبان التسليح الأفقية في الجدار

مع الانتباه أن بعض هذه المتغيرات ذات قيم صحيحة.

شروط المسألة: تم اعتماد نموذجي تصميم للجدار والبلاطة بالاعتماد على المرجعين [3] [11]

- $z \leq 0.95d$
- هو أحد معاملات التصميم للبلاطة ويعطى بالعلاقة:
- $z = \frac{d}{2} * \left[1 + \sqrt{(1 - 3.53 * k)} \right] ; k = \frac{M_{ed}}{b * d * f_{ck}}$
- $d = t - 2.5$
- d هو العمق الفعال على اعتبار أن الغطاء البيتوني (2.5 cm)
- شرط مساحة التسليح $A_{s, \text{prov}} \geq A_{s, \text{min}}$
- شرط السهم $\frac{l}{d_{act}} \leq \frac{l}{d_{bas}}$

- $V_{ed} \leq V_{rd,c}$ القص في البلاطة
- $\varphi * 0.85 * f'_c * A_I / 1000 > p_u$ القوى الشاقولية في الجدار
- $\varphi p_n = 0.55 * \varphi * f'_c * w * h * \frac{1 - \left(\frac{K * L * 12}{32 * h}\right)^2}{1000} > p_u$
- p_u هي القوة المحورية المطبقة على الجدار ويجب ان تحقق العلاقتين السابقتين.
- $\varphi V_n = \varphi * 10 * \sqrt{f'_c} * h * d * \frac{12}{1000} \geq V_u$ القص في الجدار
- If $V_U > \varphi * \frac{V_C}{2}$ then
- $S_h \leq S_{hi}$ المسافة بين قضبان التسليح الأفقية
- S_{hi} هو التباعد الأقصى المسموح بين قضبي التسليح وفقا للكود
- $P_{hi} = \frac{A_h}{h * S_h}$ نسبة التسليح الأفقية
- $P_h = \max (P_{hi} ; 0.0025)$
- $S_v \leq S_{vi}$ المسافة بين قضبان التسليح الشاقولية
- $P_{vi} = 0.0025 + 0.5 * \left(2.5 - \frac{h_w}{L_w}\right) * (P_h - 0.0025)$ نسبة التسليح الشاقولية
- $\frac{h_w}{L_w}$ هي نسبة ارتفاع الجدار إلى طول الجدار
- $P_v = \max (P_{vi} ; 0.0025)$

لدينا 4 حالات لهذه المسألة هذه الحالات هي:

- الحالة الأولى: وهي الحالة المرجعية سيتم فيها الاعتماد على القيم الناتجة في التصميم الأساسي (النماذج التي تم الاعتماد عليها لتشكيل المسألة).
- الحالة الثانية: يوجد 6 متغيرات وهي المتغيرات المذكورة أعلاه وجميع هذه المتغيرات قيم مستمرة Continues Values وتتميز المتغيرات t, SV, Sh بأنها ذات قيم صحيحة Integer Values.
- الحالة الثالثة: سيتم فيها إضافة إلى فرضيات المتغيرات الصحيحة للحالة الثانية، اعتبار المتغيرين AV, Ah قيم متقطعة discrete values أي سيتم تحديد قيم هذه المتغيرات بمجموعة من القيم هي مساحات الأقطار التي يمكن استخدامها.
- الحالة الرابعة: إضافة إلى ما سبق سيتم تحويل المتغير مساحة التسليح في البلاطة AS إلى متغيرين هما A مساحة قضيب التسليح المستخدم (متغير متقطع مشابه للمتغيرين AV, Ah) و n (يمثل متغير صحيح) عدد القضبان في المتر الواحد.
- ونظرا لان الحالات الثلاثة تحتوي متغيرات صحيحة، سنستخدم البرمجة الصحيحة.
- بعد تحديد الحالات الموجودة سيتم العمل على الماتلاب وحل الخوارزمية للحالات الثانية والثالثة والرابعة. ويتم العمل وفقا للتسلسل الآتي:
- كتابة المتغيرات جميعا بدلالة $x(i)$ حيث $i = 1 - m$ و m هو عدد متغيرات المشكلة في بحثنا هي 6 للحالتين الثانية والثالثة و 7 للحالة الرابعة.
- يتم صياغة الشروط بما يناسب الادخال على الماتلاب لتصبح من الشكل:

الشروط الخطية:

$$A * x \leq B$$

$$A_{eq} * x = B_{eq}$$

الشروط اللاخطية:

$$C(x) \leq 0$$

$$C_{eq}(x) = 0$$

الشروط الحدية:

$$Lb \leq x \leq Ub$$

شرط المتغيرات الصحيحة:

$$IntCon = [i], x_i$$

للتوضيح سنستعرض المثال أدناه:

ليكن لدينا الشروط

$$-9 x_1 + 12 x_2 - 9 \leq 0$$

$$5x_1 - 3x_2 \leq 0$$

$$3x_1 - 4x_2 - 2 = 0$$

$$9x_1 * x_2 \leq 45$$

$$x_1^2 + \sqrt{x_2} \leq 22$$

بالتالي يكون لدينا:

$$B = \begin{bmatrix} 9 \\ 0 \end{bmatrix} \text{ و } A = \begin{bmatrix} -9 & 12 \\ 5 & -3 \end{bmatrix}$$

$$B_{eq} = [2] \text{ و } A_{eq} = [3 \quad -4]$$

$$C = \begin{bmatrix} 9 * x_1 * x_2 - 45 \\ x_1^2 + \sqrt{x_2} - 22 \end{bmatrix}$$

$$C_{eq} = []$$

Lb و Ub هي الحدود العليا والدنيا للمتغير وتدخل كشعاع توضع فيه القيم بالترتيب، وتكون هذه القيم وفقا للكود.

بالنسبة للمتغيرات الصحيحة ليكن x_2 متغير صحيح عندئذ يكون $IntCon = [2]$ أي يوضع ضمن هذا الشعاع دليل المتغير.

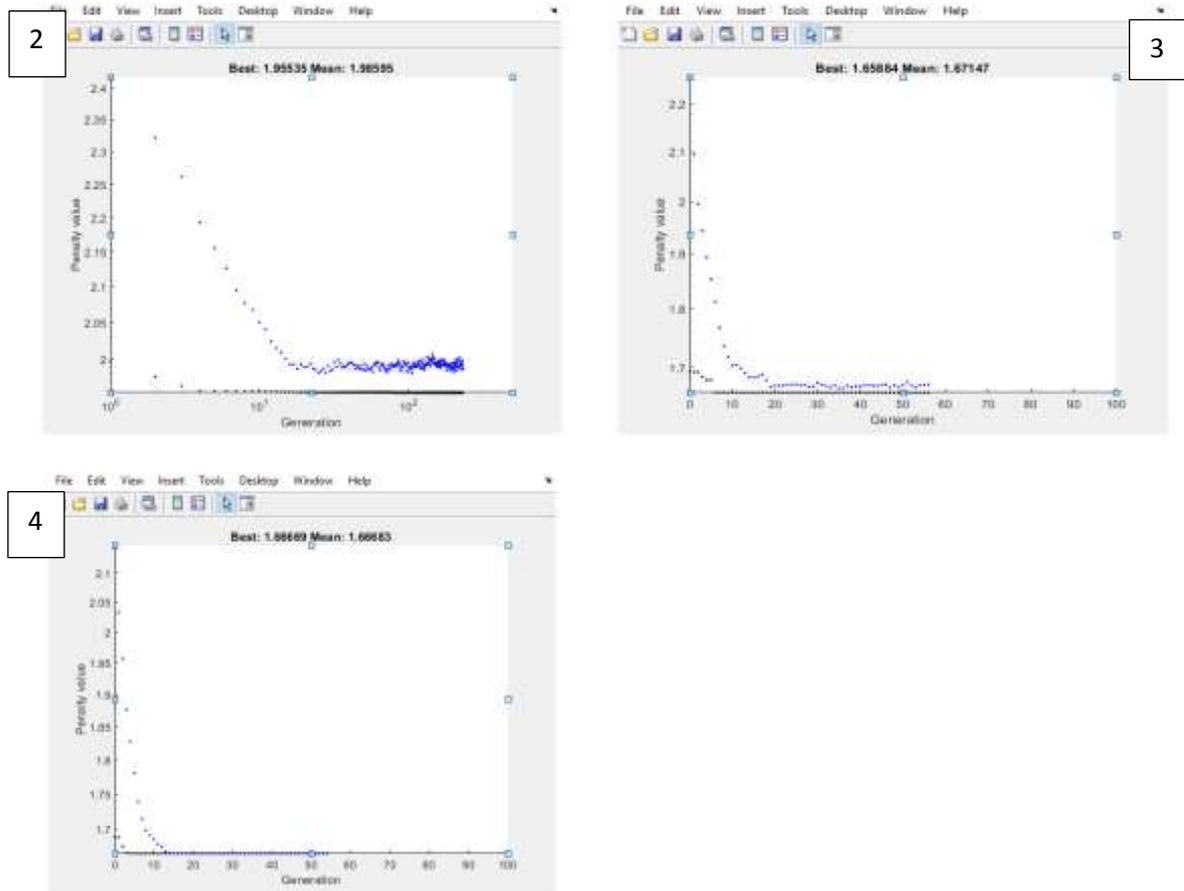
وكوننا سنستخدم البرمجة الصحيحة في الحالات الثلاث فيجب الانتباه إلى عدة شروط:

- شروط المساواة الخطية واللاخطية يجب أن تكون فارغة أي A_{eq}, B_{eq}, C_{eq}
- تحديد قيم حدية دنيا وعليا لكل متغير تفيد بحل المسألة بشكل أفضل أي Lb, Ub
- قيم الانتقاء للمتغيرات المنقطعة تدخل كقيم في تابع مستقل ضمن شعاع، وعند استدعائها ضمن الخوارزمية تعتبر كقيم صحيحة (حيث تتعامل الخوارزمية مع ترتيب القيم ضمن الشعاع).
- يتم ادخال تابع الملائمة والشروط اللاخطية كتابع مستقلة
- بقية الشروط تدخل أثناء الكتابة في `command window`
- بعد ادخال جميع الشروط والخيارات المتعلقة بالخوارزمية الجينية. يتم ادخال الأمر التالي من أجل حل الخوارزمية:

[x, fval, exitflag, output, population, scores] = ga (fitnessfunction, A_{ineq}, B_{ineq}, Lb, Ub, nonlcon, IntCon, options)

النتائج والمناقشة:

تم ادخال الحالات الثلاث إلى برنامج الماتلاب كل حالة بشكل مستقل عن الأخرى وحصلنا على النتائج الموضحة أدناه، مع ملاحظة أن هذه القيم والنسب من الممكن أن تتغير تبعا لتغير سعر المواد الأولية في السوق (الحديد والبيتون الجاهز).
تبيين الأشكال والمخططات التالية نتائج العمل على ماتلاب:



الشكل رقم (3): قيمة تابع الجزاء penalty تبعا للجيل وللحالات الثلاث 2,3,4

هنا ويسبب احتواء المشكلة على متغيرات صحيحة يعيد التابع ga تشكيل المشكلة داخليا، وبشكل خاص تابع الملائمة حيث يستبدل بتابع الجزاء penalty function والذي يحتوي الشروط. ولهذا التابع حالتين:

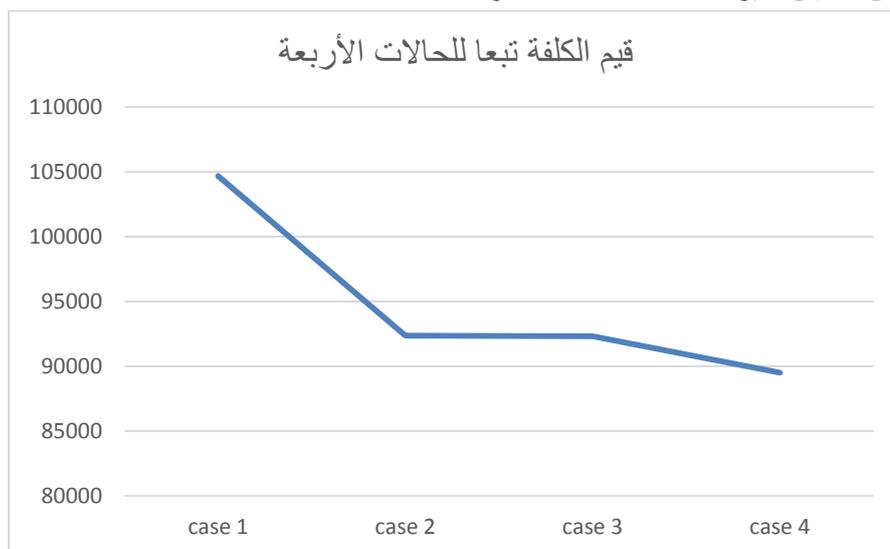
- إذا كانت عناصر المجتمع مرتبة فيكون تابع الجزاء هو تابع الملائمة نفسه.
- إذا كانت عناصر المجتمع غير مرتبة فان تابع الجزاء هو أعظم قيمة لتابع الملائمة بين العناصر المرتبة مضافا لها مخالفات الشروط للعناصر غير المرتبة.

الجدول التالي يوضح قيم المتغيرات للحالات الأربع السابقة:

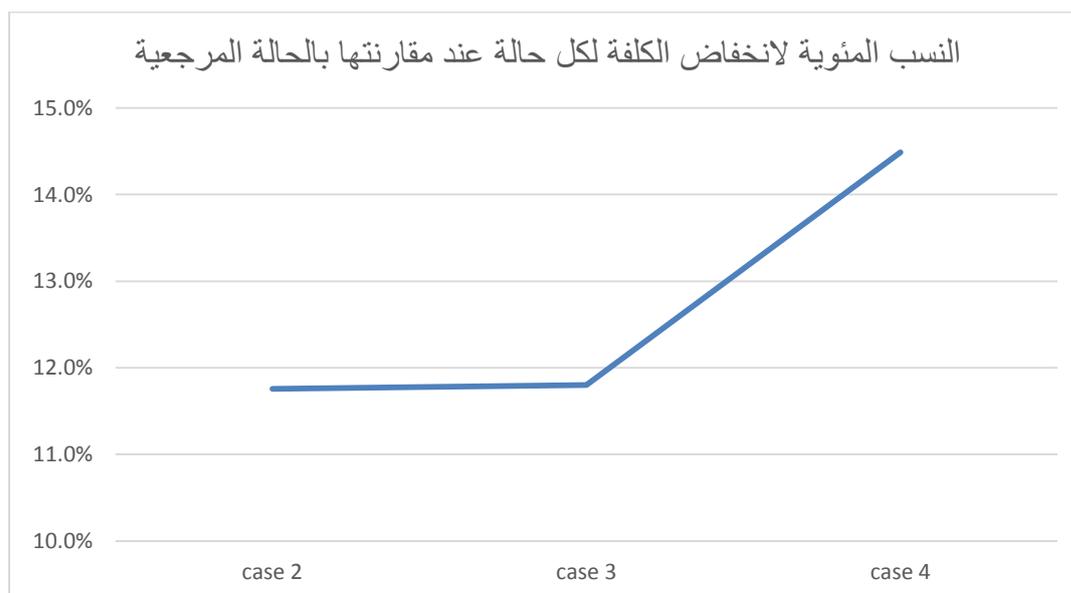
الجدول رقم (2): قيم المتغيرات للحالات الأربع

الحالة	t (cm)	A_s (cm ²)	A_v (cm ²)	S_v (cm)	A_h (cm ²)	S_h (cm)	
1	17.5	4.38	1.8	33	1.8	25	
2	16	5	1.5394	25	1.5394	25	
3	16	4.947	1.5394	25	1.5394	25	
4	15	D=1.5394	n= 7	1.5394	25	1.5394	25

يوضح المخططان التاليان تغير الكلفة تبعاً للحالات الأربعة:



الشكل رقم (4): تغير الكلفة تبعاً للحالات الأربعة السابقة



الشكل رقم (5): النسب المئوية لانخفاض الكلفة للحالات الثلاث عند مقارنتها بالحالة المرجعية

الاستنتاجات والتوصيات:

الاستنتاجات:

تشير نتائج الدراسة التطبيقية إلى مايلي:

- أن الكلفة تتغير بشكل إيجابي بالنسبة للحالات الثلاث المعالجة باستخدام الخوارزمية الجينية وذلك عند مقارنة هذه الحالات بالحالة المرجعية. ونلاحظ أن أعلى نسبة انخفاض كانت للحالة الرابعة (حالة استبدال مساحة تسليح البلاطة بعدد القضبان ومساحة القضيب الواحد) وبلغت نسبة هذا الانخفاض 11%.
- في الحالة الثلاث التي تم استخدام الخوارزميات الجينية فيها تم توحيد قطر التسليح مما يسهل ويسرع العمل، ومما قد ينتج تخفيضاً للهدر خلال عملية قص القضبان الحديدية.
- تبعاً ل [8] فإن كلفة البيتون والتسليح لأبنية القالب النفقي تبلغ 44% من الكلفة الكلية وفي حالة اعتبار أن هذه النسبة للحالة المرجعية قبل تطبيق الخوارزميات فإننا نستنتج ان استخدام الخوارزميات الجينية ساهم في خفض هذه القيمة فتصبح كالتالي: 38.83% للحالة الثانية، 38.8% للثالثة و 37.6% للحالة الرابعة. بالتالي فإن استخدام الخوارزميات الجينية ساهم في خفض الكلفة الكلية بين 6.4% - 5.17%.

التوصيات:

- يمكن العمل على تخفيض الكلفة أكثر من خلال تخفيض كلفة القالب النفقي بنفسه. وذلك من خلال دراسة جميع كلف القالب النفقي من استثمار أولي وصيانة وعمالة.
- من الممكن ادخال متغيرات وشروط أخرى عند تطبيق هذه الخوارزمية تتعلق بالمواد مثل استخدام أنواع مختلفة للبيتون أو التسليح أو اختيار طريقة المعالجة الأنسب للبيتون. أيضاً من الممكن ادخال مسألة قص حديد التسليح ضمن التابع الكلي للكلفة من خلال خفض الهدر الناتج.
- أخيراً فإن من العوامل المؤثرة بشكل كبير على كلف القالب النفقي هي الروافع لذا يجب دراسة هذا الموضوع بشكل معمق.

References:

- 1) HASSAN, B. *Construction Technology*. 1st. ed., Tishreen University, 1999,439.
- 2) DUNNE GROUP, *cellular construction using tunnel form*. 2009. <https://www.scribd.com/document/237077278/Tunnel-Form-Document>
- 3) BROOKER, O. HENNESSY, R. *Residential cellular concrete buildings, A guide for the design and specification of concrete buildings, using tunnel form, crosswall or twin wall system*. CCIP-032. Published September 2008. ISBN 978-1-904482-46-8. Price Group P. © The Concrete Centre.
- 4) KALKAN, E. YUKSEL, S. B. *Pros and Cons of Multistory RC Tunnel-Form (Box-Type) Buildings, the Structural Design of Tall and Special Buildings, Struct. Design Tall Spec. Build.* (2007), Published online in Wiley Interscience (www.interscience.wiley.com). DOI: 10.1002/tal.368.
- 5) Global Optimization Toolbox User's Guide. © COPYRIGHT 2004–2019 by The MathWorks, Inc, www.mathworks.com.

- 6) SHAGLAR, M. N. ARADHE, T, D. *Introduction to Advanced Tunnel Formwork System: Case Study of 'Rohan - Abhilasha'*. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) , Volume: 04 Issue: 03, Mar -2017, www.irjet.net.
- 7) SALIM, T. YOUSEF, N. *Optimum Cost Design of Reinforced Concrete Beams Using Genetic Algorithms*. The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering, Vol. 12, No. 4. 2012.
- 8) ILERISOY, Z.Y. TUNA, M.E. *Construction Cost of Tunnel Form Building*. GRAĐEVINAR **65** (2013) 2, 135-141.
- 9) TAVAFOGHI, A. ESHGHI, S. *Seismic Behavior of Tunnel Form Concrete Building Structures*. The 14th World Conference on Earthquake Engineering, October 12-17, 2008, Beijing, China.
- 10) YACUT, A .GULKAN, P. 2003 *housing report – tunnel form building*, <http://www.world-housing.net/whereport1view.php?id=100104>.
- 11) Structure Point (SP). *Reinforced Concrete Shear Wall Analysis and Design (ACI 318-14)*.2018 . <https://www.structurepoint.org/publication/pdf/Reinforced-Concrete-Shear-Wall-Analysis-Design-ACI318-14.pdf>
- 12) BESHARA, M. HASSAN, B. *Evaluate the Syrian building construction experience in approach with the concepts of industrialized building system and identify aspects and factors of development*. Degree of master RESEARCH. Civil engineering faculty, Tishreen University, Syria,2015.
- 13) GOODMAN, E. *Introduction to Genetic Algorithms*. 2009 World Summit on Genetic and Evolutionary Computation Shanghai, China.
- 14) <https://www.outinord.fr/siteanglais/produits/tunstandard/tunstandardang.html>