

أمثلة معاملات تقييس السجلات الزلزالية الحقيقية لملاءمة طيف الاستجابة التصميمي

السوري باستخدام الخوارزميات الجينية

سراج جديد¹، وبسام حويجة²، ونايل حسن³¹ طالب دكتوراه في قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين، اللاذقية، سورية²، ³ قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة المدنية بجامعة تشرين، اللاذقية، سوريةserajdyd@yahoo.com¹

الملخص

بعد اختيار السجلات الزلزالية الحقيقية يجب تقييسها لمطابقة شدة الزلزال المحتملة في الموقع. تجرى عملية التقييس عادة باستخدام التقييس الموحد في مجال الزمن عن طريق تقييس السجلات الزمنية بتكبيرها أو تصغيرها بشكل موحد لتتم مطابقتها (بشكل متوسط) مع طيف الاستجابة الهدف ضمن المجال المحدد للدور بأفضل ما يمكن. إن عملية إيجاد معاملات التقييس لتأمين المطابقة الأفضل مع الطيف الهدف هي من مهام المهندس، وهي عملية صعبة ومعقدة، لذلك تم استخدام الخوارزميات الجينية إحدى أهم طرائق البحث التطورية الاصطناعية، التي تركز على الاختيار الطبيعي وآليات الوراثة. تطبق الخوارزميات لإيجاد حلول للمسائل الكبيرة والمعقدة التي تتصف باللاخطية ويتعدد الحلول الموضوعية المثلى. تكمن قوة الخوارزميات في قدرتها على التكيف. حيث تخضع الأصناف (الأجناس) في الأنظمة الطبيعية إلى البيئة المحيطة وتتفاعل معها، فتنتج هذه الأصناف أجيالاً جديدة أكثر ملاءمة للبيئة، التي تخضع للبيئة بدورها لتنتج عناصر جديدة من جديد لتتابع عملية التطور. وحدها الأفراد التي تكيفت مع البيئة جيداً تبقى أما الباقي فتختفي. وفي التعبير الرياضي تمثل الأفراد بمتغيرات المسألة وتعتبر البيئة هي المسألة المطروحة. ويعتبر الجيل الأخير للمتغيرات الذي تكيف مع المسألة هو الحل النهائي.

تم في هذا البحث تلخيص المنهجيات الخاصة بالخوارزميات الجينية وعمليات التقييس، ومناقشة معايير تقييس السجلات الزمنية الحقيقية. ثم تم تطبيق إجراءات التقييس التقليدية في مجال الزمن وإجراءات التقييس باستخدام الخوارزميات الجينية على عدد من السجلات الحقيقية المتوفرة لمطابقة الطيف التصميمي السوري. وأخيراً تم فحص السجلات الزمنية الناتجة ومقارنتها لتبيان مدى مطابقتها لمتطلبات الكود.

الكلمات الدالة: تقييس واختيار السجلات، مجال الزمن، الطابع الزلزالي، الأمثلة باستخدام الخوارزميات الجينية.

مقدمة

نظراً لزيادة قاعدة البيانات الخاصة بالحركات الأرضية القوية أصبح استخدام السجلات الحقيقية وتقييسها (معايرتها) أحد أهم الأغراض الأساسية للأبحاث المعاصرة في هذا المجال، وبقيت عملية اختيار السجلات المناسبة للحدث الزلزالي المتوقع في مكان ما وتقييسه أمراً قيد البحث والجدل بين الباحثين. إن معايير اختيار السجلات الزمنية المناسبة لمطابقة طيف استجابة تصميمي تأخذ بعين الاعتبار السمات الجيولوجية والزلزالية للموقع المحدد. وتتصح الكودات بمنهج معين لتقييس السجلات الزمنية الحقيقية لتطابق طيف استجابة تصميمي، وهو استخدام التقييس الموحد في مجال الزمن. طرح الباحثون عدداً من المقاربات في اختيار السجلات الزلزالية وتقييسها لاستخدامها في عملية التحليل بالسجل الزمني، أهمها ما أورده الباحث (Graizer, 2009) بأن الشكل الطيفي Spectral Shape لطيف الاستجابة التصميمي يحدد خصائص الزلزال المطلوب، ويرتبط هذا الشكل بعدد من المقادير (القوة - المسافة - مواصفات الموقع). واستناداً للأبحاث المستمرة في هذا المجال وضعت بعض الاشتراطات في كودات التصميم العالمية لاختيار السجلات الزمنية المناسبة وتقييسها، ولكنها تعد قواعد ومبادئ توجيهية بسيطة وغير كاملة Poor Guidelines، ويعود هذا لأن الأبحاث في هذا المجال مازالت تتطور بسرعة وتحتاج لعدة سنوات أخرى لاعتمادها كما هو متوقع.

يعد تقييس السجل الزمني بتكبيره أو تصغيره بشكل موحد باستخدام معامل ضرب لتتم مطابقتها مع طيف الاستجابة الهدف من دون حصول أي تغيير في المحتوى الترددي أمراً مرغوباً وهو الخيار الأفضل، أي لا يتسبب بالمساس بالشكل الطيفي. يمكن الحصول على أفضل معامل تقييس باستخدام طريقة الباحث (Fahjan, 2007). تعمل هذه الطريقة ببساطة على تقليص الفارق بين طيف الاستجابة الهدف Target Spectrum وطيف الاستجابة للسجل المقييس Scaled Motion's Response Spectrum. تعرف هذه المنهجية (الفارق) Difference بتكامل مربع الفرق بين الطيفين في مجال محدد للدور:

$$|\text{Difference}| = \int_{T_A}^{T_B} [\alpha S_a^{\text{actual}}(T) - S_a^{\text{target}}(T)]^2 dt \quad (1)$$

حيث أن S_a^{actual} و S_a^{target} يمثلان طيف الاستجابة الهدف وطيف الاستجابة للسجل الحقيقي المراد تقييسه وأن α , T , T_A , & T_B الحد الأدنى والحد الأعلى للدور (مجال الدور) والدور الأساسي للمنشأ ومعامل التقييس على الترتيب. وللحصول على أقل قيمة لمعامل التقييس تم اشتقاق المعادلة (1) ومساواتها بالصفر:

$$\min|\text{Difference}| \Rightarrow \frac{d|\text{Difference}|}{d\alpha} = 0 \Rightarrow \alpha = \frac{\sum_{T_A}^{T_B} (s_a^{\text{actual}}(T) s_a^{\text{target}}(T))}{\sum_{T_A}^{T_B} (s_a^{\text{actual}}(T))^2} \quad (2)$$

ولكن هذه الطريقة تستخدم لإيجاد معامل التقييس لسجل واحد فقط وليس لمجموعة السجلات كما تطالب الكودات. لذلك فإن هذه العملية - أي تقييس كل سجل على حدة - يمكن أن تؤدي إلى مجموعة سجلات تقع جميعها فوق الطيف الهدف، وليس المتوسط كما تطالب الكودات، وبالتالي تؤدي إلى مغالاة في توابع التحريض المستخدمة. في العموم معامل التقييس المفضل هو القريب من الواحد، والعديد من خبراء الحركات الأرضية يفرضون حدوداً على معاملات التقييس، وتتراوح هذه الحدود من 2 إلى 4 (Boomer, 2004). وتعتمد هذه الحدود على مستوى الارتياح للمهندسين أكثر منه على القياسات الكمية لتلك المعاملات. وبحسب الباحث (Watson, 2006) فإن تطبيق حدود على معاملات التقييس مناسب عندما يكون الاختيار معتمداً على القوة والمسافة ومواصفات الموقع فقط. ولكن عندما يتم الأخذ بعين الاعتبار لمواصفات السجلات الزمنية المختارة يمكن تجاوز تلك الحدود واستخدام معاملات تقييس كبيرة كالقيمة (12.59).

أهمية البحث وأهدافه

يعتمد الكود السوري (Syrian Arab Code, 2012) كغيره من الكودات قواعد ومبادئ توجيهية بسيطة وغير كاملة في عملية اختيار السجلات الزمنية وتقييسها، إضافة إلى قلة السجلات الزمنية المتوفرة للزلازل السورية؛ بسبب التأخر في إنشاء الشبكة الوطنية للرصد الزلزالي حتى عام 1995، علماً أن المنطقة معرضة لأحداث زلزالية ضخمة وشهدت عدداً كبيراً من الزلازل المدمرة كالزلازلين (1822, M=7.4)، و(1872, M= 7.2) واللذين حدثا في الشمال الغربي السوري، وهذا ما أكده الباحثان (Graham, 2001) و(Hatem, 2012).

يهدف البحث لدراسة إمكانية الاستفادة من الخوارزميات الجينية؛ التي تعد من أفضل طرائق الأمثلة لإيجاد معاملات التقييس المثلى بهدف التطابق الأفضل مع الطيف الهدف، بعد مقارنة نتائجها مع نتائج المنهج التقليدي المتبع في الخطوط العريضة الموجودة في الكود السوري.

طرائق البحث ومواده

تم الاعتماد على المنهج التحليلي في إنجاز البحث، من خلال دراسة مرجعية معمقة ودقيقة لعدد كبير من الأبحاث والمراجع الحديثة المتعلقة بموضوع تقييس السجلات الزلزالية؛ لتبيان الأسس العلمية المعتمدة حتى تاريخه في عملية التقييس وتقييمها. وأيضاً تم اختيار مجموعة من السجلات الزمنية لأحد المواقع في الجغرافيا السورية بما يتناسب مع اشتراطات الكود السوري، بعد أن تم تحديد الدور الأساسي لمجموعة من المنشآت المختارة بإجراء التحليل النمطي Modal Analysis بواسطة برنامج ETABS. ثم تم تقييس هذه السجلات باستخدام طريقتين هما التقييس الموحد في مجال الزمن والتقييس باستخدام الخوارزميات الجينية باستخدام برنامج Solve XL. وأجري مقارنة بين السجلات المقيسة باستخدام الطريقتين من حيث مطابقة المتوسط الحسابي لأطياف السجلات الزلزالية المقيسة مع الطيف الهدف.

الخوارزميات الجينية Genetic Algorithm

تعد الخوارزمية الجينية إحدى أهم البرامج التي تعتمد مفهوم التطور، وهي طرائق بحث تطويرية صناعية تركز على الاختيار الطبيعي وآليات الوراثة. تطبق هذه الخوارزميات في العادة لإيجاد حلول المسائل الكبيرة والمعقدة التي تتصف باللاخطية وبتعدد الحلول الموضوعية المثلى. فهي محاكاة لعملية التطور الطبيعي باستخدام الحاسب من أجل إجراء عمليات البحث والتحسين. تعود المحاولات الأولى لاستخدام الحاسب في محاكاة التطور إلى مراحل لم تكن قد نضجت فيها البرمجيات والحاسب بعد (Levy, 1992). وقد أثبتت هذه الخوارزمية أنها قادرة على إجراء عمليات البحث والتحسين المعقدة وعلى عدد ضخم من المتغيرات. وتكمن قوة الخوارزمية في قدرتها على التكيف مهما صعبت العمليات.

تخضع الأصناف (الأجناس) في الأنظمة الطبيعية إلى البيئة المحيطة وتتفاعل معها، فتنتج هذه الأصناف أجيالاً جديدة أكثر ملاءمة للبيئة، التي تخضع للبيئة بدورها لنتج عناصر جديدة من جديد لتتابع عملية التطور. وحدها الأفراد التي تكيفت مع البيئة جيداً فبقيت، أما الباقي فأختقت، حيث يمتلك الفرد الأقوى والأكثر جاذبية الحق الأكبر في عملية التزاوج وبالتالي إنتاج الذريات الجديدة. تعمل الخوارزمية بشكل مناظر لفعل الطبيعة والتي تعتبر الجماعة من الأفراد كمجموعة حلول ممكنة لمشكلة مطروحة تتمثل بتابع الهدف Objective Function ويتم تقييم الأفراد من خلال تابع الملاءمة Fitness Function وهو التعبير الرياضي عن عملية تقييم التتابع مع الهدف التي تجري على المتغيرات. والذي يعطي

أهمية أكبر للمتغيرات الأكثر قريباً من الهدف، وبالتالي تعطي الخوارزمية هذه المتغيرات الفرصة الأكبر للإختيار من قبل لتكون آباء للأجيال اللاحقة. كما تخضع عملية التقييم لمجموعة من القيود Restrains تعمل على فرض شروط معينة على عملية التقييم وعلى مواصفات الأفراد التي يتم انتقاؤها.

ترتكز الخوارزمية على مبدئين هما: العشوائية Randomization والبقاء للأفضل Survival for Fittest وتقوم على الخطوات التالية:

أولاً: اختيار مجموعة من الكائنات Organisms لتشكيل الجماعة (السكان).

ثانياً: العمل على مزجهم Recombining وفقاً لإحدى طرائق المزج لإنتاج السلالات Offspring.

ثالثاً: إدخال بعض الطفرات Mutation Factor بشكل عشوائي على بعض الأفراد.

رابعاً: تقييم تلك السلالات الناتجة بالنسبة لكفاءتها Fitness كحلول للمشكلة المطروحة.

وفي النهاية استبدالها أو إضافتها إلى الأعضاء الموجودة في الجماعة الأساسية (Morley, 2008).

ومن الضروري جداً أخذ المرحلة التي يجب إيقاف الخوارزمية فيها بعين الاعتبار، حيث يمكن إيقافها عند عدد معين من التكرارات، أو بعد مضي فترة زمنية محددة. ومن المفيد أكثر إجراء مجموعة من القياسات على تشتت جماعة الحلول، والتي تجرى عادة بواسطة تحليل إحصائي للتغير في قيمة تابع التطابق، فعندما تصبح الأفراد قريبة من التوائم المتطابقة يصبح احتمال إنتاج أفراد جديدة ضعيفاً جداً.

استخدمت خلال العقود الماضية في مجال الهندسة الإنشائية والزلزالية فعلى سبيل المثال نذكر: التصميم الأمثل للمنشآت ذات السلوك اللاخطي Design Optimization of Nonlinear Structures، والتحكم الفعال بالمنشأ Active Structural Control، والتصميم بناء على الأداء Performance-Based Design. البحث عن بؤرة الزلزال باستخدام الخوارزميات الجينية حيث استخدم الباحث تقنية البحث التطوري في إيجاد بؤرة الزلزال بالاعتماد على تقنية تصغير الأخطاء في إيجاد المركز (Malcolm, 1993). عمل الباحث (Naeim, 2004) على اختيار السجلات الزمنية وتقييسها باستخدام الخوارزميات، حيث اعتمد في الاختيار على الشكل الطيفي لطيف الاستجابة تماماً، وأهم المعلومات التي يجب أخذها بعين الاعتبار، كما هو معروف في الأدبيات والكودات العالمية، المتمثلة بأنه يجب أن تكون السجلات الزمنية لها قوة زلزالية للهزات والمسافات عن الصدع وميكانيزمات مصادر زلزالية تتسجم مع تلك التي تحكم الهزّة الأساسية التصميمية. اعتمد الباحث على كروموسوم يتألف من 14 جيناً، سبعة منها للسجلات الزمنية والسبعة الباقية لمعاملات التقييس

كمتغيرات لعملية الاختيار، واعتمد تابع الهدف لديه في الاختيار والتقييس على الشكل الطيفي لطيف الاستجابة فقط. ولم يلحظ أبداً أيّاً من مواصفات الزلازل المطلوبة كالقوة والمسافة والموقع والاشتراطات الأخرى مثلاً كالتسارع الأرضي الأعظمي على سبيل المثال.

أولاً- أنواع الخوارزميات

هناك ثلاثة أنواع تقليدية للخوارزمية ذات الهدف الوحيد SOGA Single Objective

1. الحالة المنتظمة (Steady State (Holland, 1975).
2. البرنامج التوليدي (Generational Scheme (Goldberg, 1989).
3. إضافة النخبة (Adding Elitism (Goldberg, 1991). كما قدم الباحثان (Fonseca & Fleming, 1993) الخوارزميات الجينية متعددة الأهداف MOGA Multi Objectives، كذلك الباحث (Deb, 2001) الذي قدم NSGA-II والتي تتمتع بخاصية التوليف الذاتي Self-Tuning.

ثانياً: مكونات الخوارزميات:

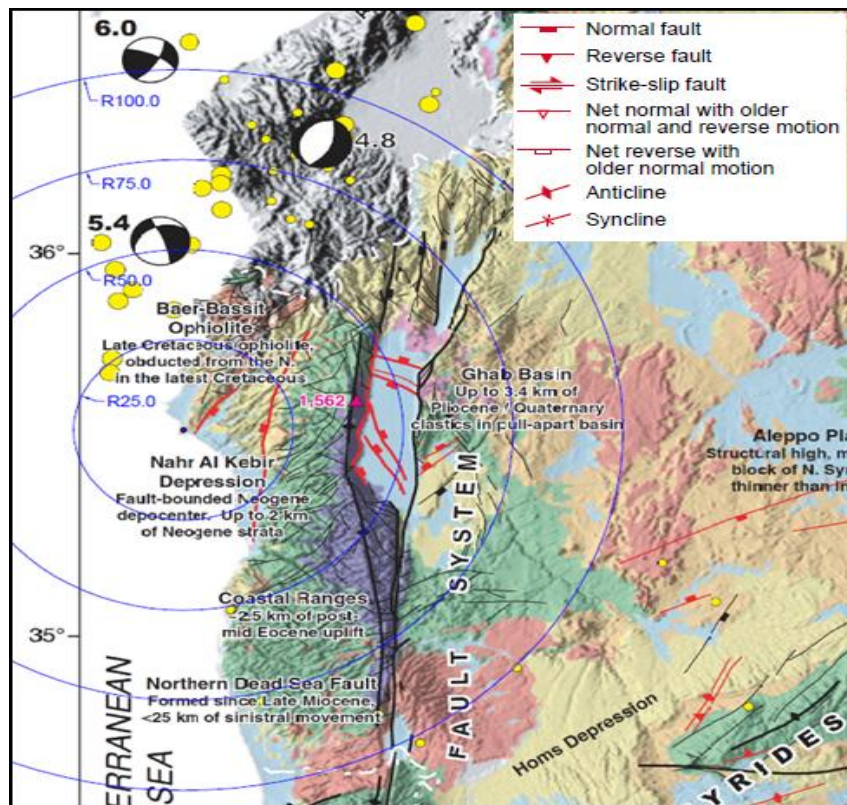
1. الاختيار Selection: 1- دولاب الروليت Roulette Wheel، 2- المباراة Tournament.
2. التزاوج Recombination (العبور Crossover): عبور النقطة الوحيدة (Single Point) وعبور النقطتين (Two Point)، كما قدم الباحث (Syswerda, 1989) ما يعرف بالعبور الموحد Uniform Crossover.
3. الطفرة Mutation: تغيير أجزاء من الجينات في الصبغي بقلب قيمتها من 0 إلى 1 عند استخدام الترميز الثنائي Binary Strings أو العكس، أو ببعثرة المتغيرات في النطاق الخاص بها.
4. الاستبدال Replacement: استبدال الآباء Replacement of Parents، واستبدال الأضعف Replace Weakest، واستبدال أول الضعفاء Replace First Weaker، واستبدال حسب الرتبة Replace by Rank.

الحالة المدروسة

تقع منطقة الدراسة في مدينة اللاذقية (Long: 35.78; Lat: 35.54) شمال غرب سورية ضمن الجزء الشمالي الغربي للصفحة العربية، جنوب شرق منطقة الالتقاء للصفائح التكتونية الثلاث الإفريقية والعربية والأناضولية المعروفة باسم

(Maras Triple Junction) (Dubertret, 1970). ولتحديد آليات المصادر الزلزالية تم الرجوع إلى عدة دراسات مرجعية أهمها دراسة الباحث (Graham, 2001) التي أفادت أن مدينة اللاذقية تتأثر بعدد من الصدعات التي يمكن تصنيفها بين صدعات مقلوبة وصدعات انزياح جانبي وصدعات عمودية كما يبين الشكل (1). كما أورد الباحث (Hattem, 2012) عند إعادة تقويم الخطر الزلزالي في سوريا والمصادر الزلزالية التي تؤثر على الساحل السوري بالتالي:

1- (Mediterranean Fault): تصدع تداخل Thrust بين صفيحتين قاريتين. 2- (Yamona Fault) عبارة عن تصدعين: تصدع انزياح جانبي وصدع عمودي. 3- (Al-Ghab Fault) تصدع انزياح جانبي يساري. 4- (Alepo Fault System) : تصدع عمودي. كما حددنا مجال القوة والمسافة للزلازل التي سيتم اختيارها انطلاقاً من الدراسة نفسها (Hattem, 2012) وفقاً لما يلي: $M [4.5, 7.5]$ and $R [0 \text{ km}, 100 \text{ km}]$.

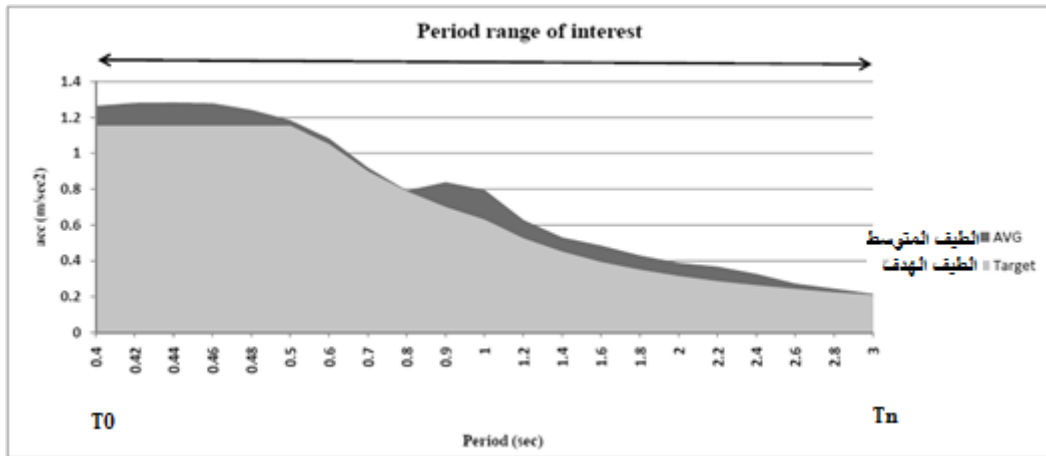


الشكل (1): الخارطة التكتونية لسوريا (Graham, 2001) تحديداً الصدوع القريبة من مدينة اللاذقية

تقييس السجلات الزلزالية باستخدام الخوارزميات الجينية

GA

إن الهدف من استخدام الخوارزميات في هذا البحث، هو السعي لتصغير المساحة المحصورة بين طيف الاستجابة الهدف وبين متوسط أطراف الاستجابة للسجلات الزلزالية المقيسة ضمن مجال الدور قيد الاهتمام، وذلك كما يبين الشكل (2).



الشكل (2): المساحة المحصورة بين طيف الهدف ومتوسط أطراف السجلات الزلزالية المقيسة

1- تابع الهدف والقيود Objective Function & Restraints:

من المعلوم أنه يجب تقييس المجموعة بحيث أن المتوسط Average لكل أطراف SRSS للأزواج الأفقية المقيسة يجب أن لا يقل عن 1.4 مرة من القيم المقابلة على طيف الاستجابة التصميمي، وذلك في مجال معين للدور بين $0.2 T_1$ و $1.5 T_1$ ، حيث أن T_1 هو الدور الأساسي للمنشأ (ASCE -07). وبالتالي سنجعل تابع الهدف Objective للخوارزمية هو تصغير مجموع مربع الفرق بين طيف الاستجابة الهدف والمتوسط، على الشكل التالي:

$$Z = \text{Min} \left[\sum_{T_0}^{T_n} \left(\frac{\sum_{i=1}^7 [SF_i * SRSS_i(T)]}{7} - 1.4 SA_T(T) \right)^2 \right] \quad (1)$$

T : دور الاهتزاز للمنشأ.

SF_i : عامل التقييس الخاص بالسجل رقم i.

SRSS_i(T) : قيمة التسارع الطيفي للسجل رقم i عند الدور T.

SA_T(T) : قيمة الطيف الاستجابة التميمي عند الدور T.

T₀ T_n : الدور الابتدائي والنهائي المعتبر في مجال الدور قيد الاهتمام.

علماً أن المتحولات (الكائنات) Organisms هي معاملات التقييس SF_i السبع العائدة للسجلات المختارة.

وتخضع الخوارزميات للاشتراطات Constrains (القيود) التالية:

$$1- SF \max \geq SF \geq SF \min \text{ أي أن معامل التقييس محصور بين قيمتين محددين.}$$

$$2- SF \max \ \& \ SF \min > 0 \text{ الحد العلوي والسفلي لمعامل التقييس أكبر من الصفر.}$$

3- أن لا يقل المتوسط للسجلات المقيسة عن 1.4 مرة من طيف الاستجابة الهدف:

$$\left(\frac{\sum_{i=1}^7 [SF_i * SRSS_i(T)]}{7} - 1.4 SA_T(T) \right) \geq 0 \text{ for } T_0 \leq T \leq T_n \quad (2)$$

2- البرمجيات المستخدمة Used Softwares: انتشر استخدام الإكسيل Microsoft Excel بين المهندسين المصممين،

ويعود هذا إلى تميزه بعدة أمور (Kalyan, 2015) هي: واجهة البرنامج السهلة الاستخدام User Interface، ونمذجة

قاعدة البيانات Database Modeling، وأدوات تحليل البيانات والبرمجة Data Analysis & Programming

Tools. كما أن وجود الفيچوال بيزك Visual Basic بالتوازي مع برامج الإضافة Add-In Programs جعله أكثر تميزاً

وفائدة (Savic, 2011). ويعد برنامج Solve XL من أهم برامج الإضافة Add-In Programs والأكثر استخداماً بين

برامج الأمثلة Optimization Program (Morley, 2008). ويستخدم Solve XL خوارزمية توليدية تدرجية

Generalized Gradient Algorithm التي تستطيع إيجاد الحلول لمسائل الأمثلة الخطية واللاخطية Linear and

Non-Linear Optimization Problems وهو مستعمل للمسائل الوحيدة الهدف والمتعددة الأهداف، ذلك بعد أن تم

تطويره في جامعة إكسيتير في بريطانيا (Morley, 2008) University of Exeter. ويملك البرنامج واجهة سهلة

التعامل Intuitive Interface تمكن المستخدم من الصياغة السهلة لمسائل الأمثلة المطلوبة، عبر سلسلة من خيارات

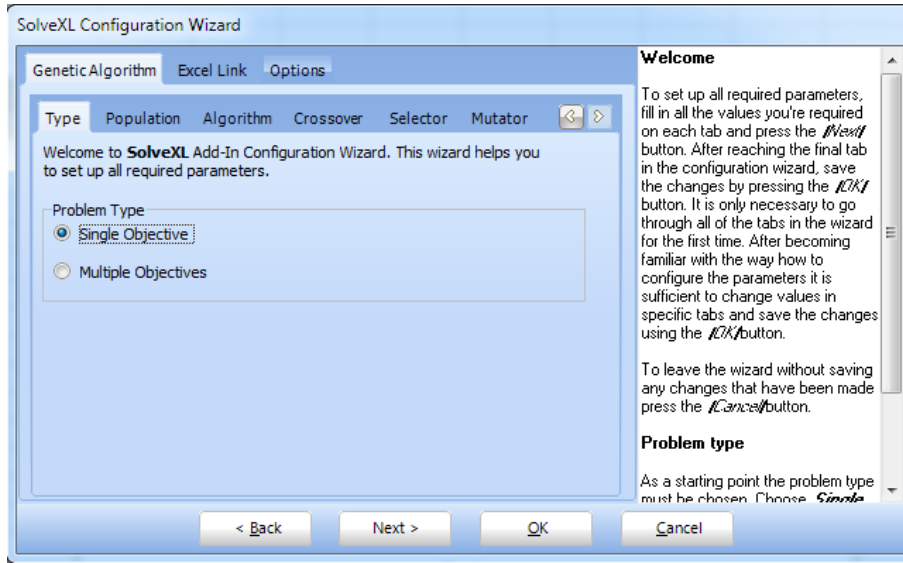
التحكم Control Buttons كما يظهر في الشكل (3) تقود المستخدم تدرجياً في عملية الصياغة، من خلال تحديد

المتحولات على صفحات البرنامج وعملية ربط Link توابع الهدف والقيود المنمذجة على تلك الصفحات باستخدام خيار

الصياغة Configuration كما يبين الشكل (4).



الشكل (3): خيارات التحكم للبرنامج Solve XL



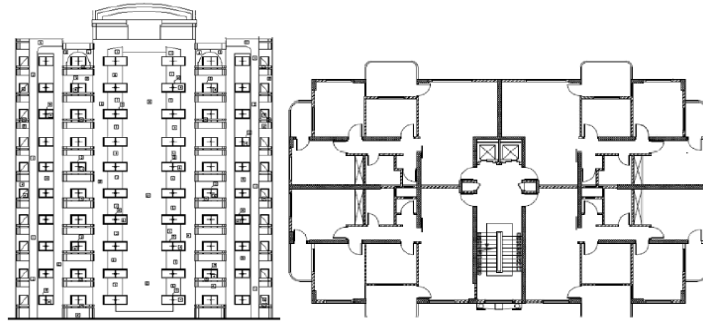
الشكل (4): Configuration Wizard للبرنامج Solve XL

التطبيق

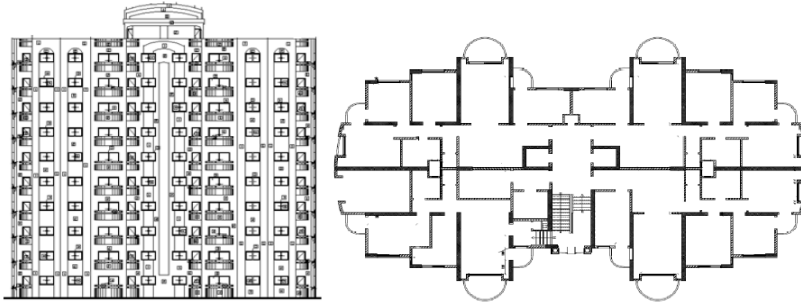
اعتمدنا مجموعة من نماذج الأبنية لمشروع الادخار السكني (120-130-140-150-160) ومبان أخرى (الطابيات- العقار 1908) كما يبين الجدول (1) والأشكال (5-6-7-8-9) في مدينة اللاذقية الموصوفة زلزالياً في الفقرة (3). وتم حساب قيمة الدور للنماذج بإجراء التحليل النمطي Modal Analyses. لاحظنا أن الأدوار التي يجب أخذها بعين الاعتبار من أجل تغطية كل المدى الزمني في الطيف التصميمي هي (0.5 sec – 1 sec – 1.5 sec – 2 sec). أي أن أدوار الأبنية السكنية التقليدية في سوريا تنحصر أدوارها في هذا المجال بشكل تقريبي إلا ما ندر.

الجدول (1): مواصفات الأبنية المدروسة

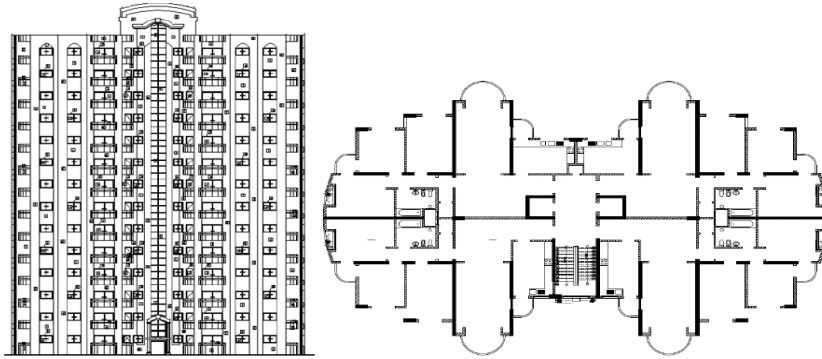
البناء	مساحة الطابق(م)	عدد الطوابق	$T_x(sec)$	$T_y(sec)$
ادخار 120	480	10	1.04	1.1
ادخار 130	520	10	0.99	1.08
ادخار 140	560	10	1.02	0.96
ادخار 150	600	14	1.72	1.46
ادخار 160	640	14	1.2	1.24
طابيات	350	12	1.26	1.14
عقار 1908	130	9	0.61	1.07



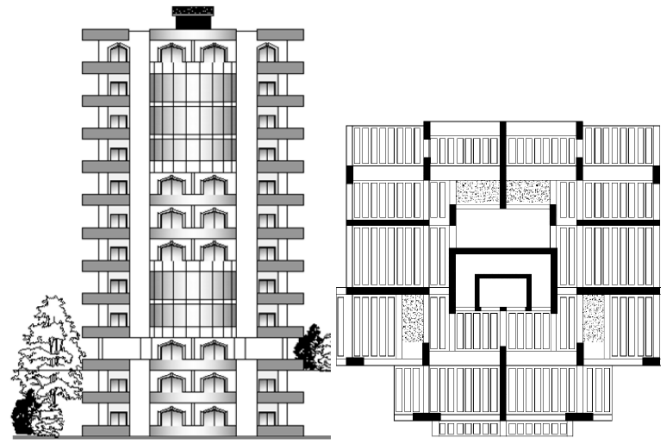
الشكل (5): الادخار السكني 120-130



الشكل (6): الادخار السكني 140



الشكل (7): الادخار السكني 150

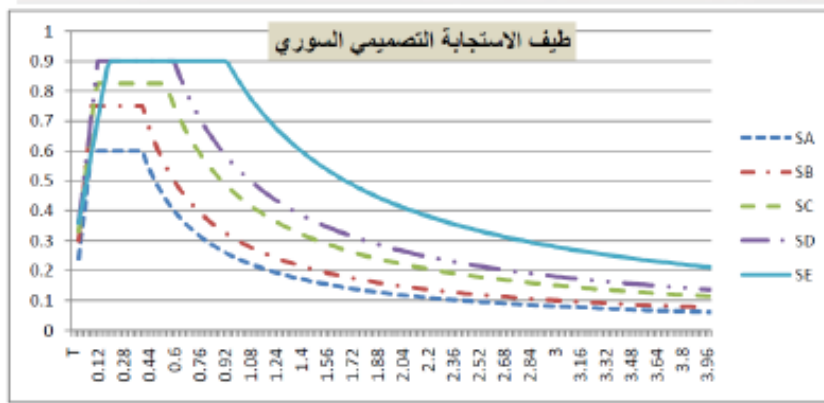


الشكل (8): بناء سكني برجى في حي الطابيات



الشكل (9): العقار 1908 في ساحة الشيخ ظاهر

تم حساب الطيف التصميمي لمدينة اللاذقية الموضح بالشكل (10) باحتمالية حدوث 10% خلال فترة تعرض 50 عام، أي فترة تكرار زمنية 475 سنة حسب ملحق الكود السوري للزلازل من أجل نوع التربة: SA, SB, SC, SD, SE.



الشكل (10): طيف الاستجابة التصميمي السوري وفق متطلبات الكود السوري

اعتمدت قاعدة البيانات الأمريكية NGA التي تحتوي على أكثر من 3000 سجل زلزالي (السجل مكون من مركبتين أفقيتين ومركبة شاقولية)؛ ليتم اختيار السجلات منها. حيث ينص الكود الأمريكي (ASCE 7-05) ومثله الكود السوري (Syrian Arab Code, 2012) على أنه يجب استخدام ثلاثة مجموعات Data Sets من السجلات الزمنية للحركات الأرضية على الأقل (تتكون المجموعة من مركبتين أفقيتين، أو مركبتين أفقيتين ومركبة شاقولية في حال وجوب اعتبار الحركة الشاقولية) عند إجراء التحليل باستخدام السجل الزمني، التي يجب اختيارها وتقييسها من ثلاثة أحداث مسجلة على الأقل. يجب أن تكون السجلات الزمنية لها قوة زلزالية للهزات والمسافات عن الصدع وميكانيزمات مصادر زلزالية تتسجم مع تلك التي تحكم الهزة الأساسية التصميمية (أو الزلزال الأعظمي التصميمي).

مكونات الخوارزميات Objective Function & Restraints

قمنا باختيار المكونات التالية في البرنامج المستخدم Solve XL لاستخدامها في الخوارزميات: يتكون الفرد (الكروموسوم) من سبعة جينات، يمثل كل جين معامل تقييس خاص بأحد السجلات السبع المختارة سابقاً، وهو ممثل بقيمته الحقيقية؛ أي تم استخدام التشفير بالعدد الحقيقي؛ وتم وضع حد علوي يبلغ (6) وحد سفلي (0.5). تتكون الجماعة من (50) فرداً. عدد الأجيال يبلغ (100) جيل. نوع الخوارزميات اخترنا خوارزمية الحالة الثابتة ذات الهدف الواحد في نوع الخوارزميات. نوع عملية الاختيار: هي المباراة من أجل الحالة الأولى والروليت بحسب الرتبة للحالة الثانية. عملية التصالب: هي النقطة الواحدة وباحتمال (0.95). وعملية الطفرة: باحتمال (0.7) والتي حددت بناء على عدد الجينات في الكروموسوم. عملية الاستبدال: بحسب الرتبة.

نتائج التقييس باستخدام الخوارزميات ووفق الكود الأمريكي في التطبيق

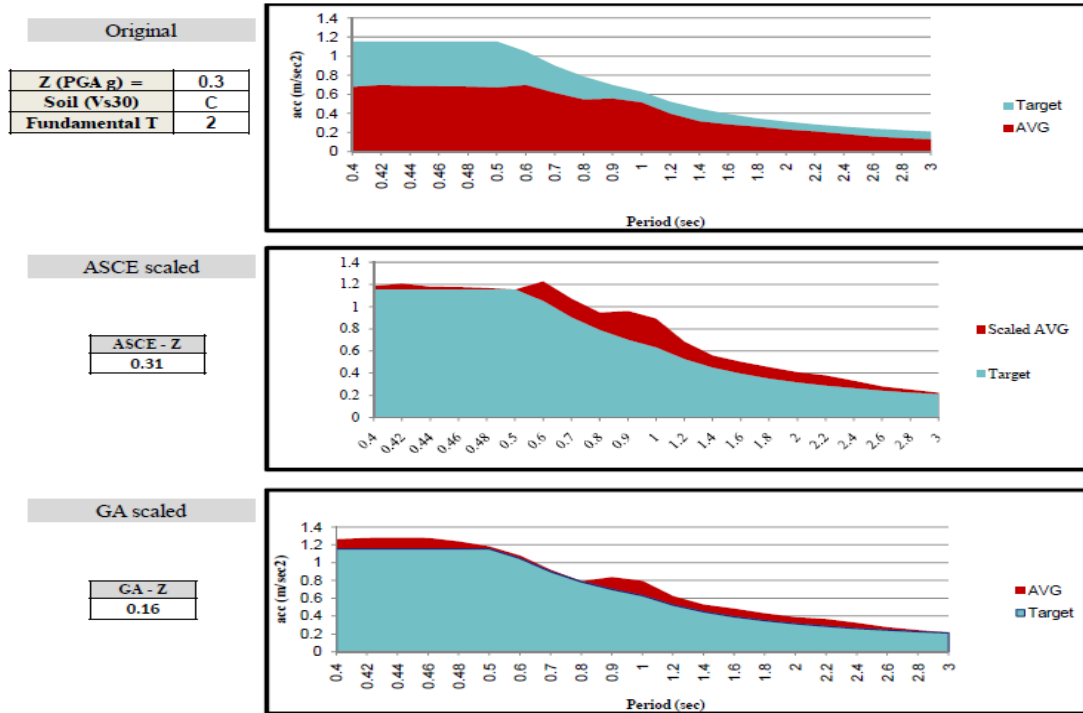
قمنا باختيار مجموعات من السجلات الزلزالية، تعود لأحداث زلزالية مختلفة بما يحقق اشتراطات الكود السوري، ونوضح في الجدول (2) المجموعة الخاصة لنوع التربة Sc وقيمة الدور الأساسي T=2 sec فقط.

الجدول (2): المجموعة الخاصة لنوع التربة Sc وقيمة الدور الأساسي T=2 sec

Record Sequence Number	EQID	Earthquake Name	YEAR	MODY	HRMN	Station Name	Station Sequence Number	Station ID No.	Earthquake Magnitude	EpiD (km)	Preferred NEHRP Based on Vs30	PGA (g)
755	0118	Loma Prieta	1989	1018	0005	Coyote Lake Dam (SW Abut)	449	57217	6.93	30.78	C	0.29
1007	0127	Northridge-01	1994	0117	1231	LA - Univ. Hospital	354	24605	6.69	36.47	C	0.35
1182	0137	Chi-Chi, Taiwan	1999	0920		CHY006	632	99999	7.62	40.47	C	0.36
1201	0137	Chi-Chi, Taiwan	1999	0920		CHY034	651	99999	7.62	46.13	C	0.30
1402	0137	Chi-Chi, Taiwan	1999	0920		NSI	916	9999917	7.62	88.84	C	0.39
1487	0137	Chi-Chi, Taiwan	1999	0920		TCU047	1020	99999	7.62	86.39	C	0.36
1492	0137	Chi-Chi, Taiwan	1999	0920		TCU052	1025	99999	7.62	39.58	C	0.35

قمنا في هذا التطبيق بتقييس 20 مجموعة مختارة (ناتجة عن خمسة أنواع للتربة مع أربعة أدوار أساسية) من السجلات الزمنية باستخدام طريقتين مختلفتين للتقييس، وأدرجنا معاملات التقييس الناتجة عن الطريقتين في جداول للطريقة الأولى ASCE وفق الكود الأمريكي وللطريقة الثانية (الخوارزميات الجينية)، وقمنا بحساب المتوسط الحسابي Average SF لمعاملات التقييس السبع لكل مجموعة، وأيضاً حساب مربع المساحة المحصورة (Z) بين الطيف الهدف والطيف المتوسط لكل مجموعة (الذي اعتبر تابع الهدف للخوارزمية) وأدرجناها في الجداول أيضاً.

ويبين الشكل (11) متوسط أطراف الاستجابة AVG والظيف الهدف SA 1.4 في مجال الدور قيد الاهتمام لكل من السجلات الأصلية والمقيسة وفق الكود الأمريكي والمقيسة بطريقة الخوارزميات الجينية، مع قيمة تابع الهدف Z لكل من الطريقتين وذلك لنوع التربة Sc وقيمة الدور الأساسي T=2 sec.



الشكل (11): متوسط أطراف الاستجابة AVG والظيف الهدف SA 1.4 في مجال الدور قيد الاهتمام لكل من السجلات الأصلية

والمقيسة وفق الكود الأمريكي والمقيسة بطريقة الخوارزميات الجينية لنوع التربة Sc وقيمة الدور الأساسي T=2 sec

وتبين الجداول (3)، و(4)، و(5)، و(6) معاملات التقييس نتيجة التقييس باستخدام طريقة الخوارزميات الجينية GA

والتقييس وفقاً للكود الأمريكي ASCE لكل مجموعات السجلات الزمنية الممثلة بواسطة أطراف SRSS الخاصة بها.

والمتوسط الحسابي لكل مجموعة، وقيمة التابع Z.

الجدول (3): معاملات التقييس الناتجة من أجل الدور $T=0.5$ sec لمختلف أنواع الترب وباستخدام الطريقتين،

والمتوسط الحسابي لكل مجموعه وقيمة التابع Z

	Fundamental T = 0.5 sec									
	SA		SB		SC		SD		SE	
	Sf GA	Sf ASCE	Sf GA	Sf ASCE	Sf GA	Sf ASCE	Sf GA	Sf ASCE	Sf GA	Sf ASCE
SRSS1	0.85	1.55	1.13	5.01	2.46	2.29	2.85	2.46	1.40	4.31
SRSS2	1.51	0.36	0.77	0.85	1.66	2.01	0.68	2.79	3.50	2.77
SRSS3	0.75	9.19	3.75	2.19	0.83	2.36	1.96	1.81	5.58	3.78
SRSS4	1.03	22.68	5.68	4.25	0.58	2.93	0.86	2.59	-	-
SRSS5	3.88	25.50	2.47	4.62	1.70	1.86	0.91	2.92	-	-
SRSS6	-	-	5.62	3.67	4.50	1.42	4.14	1.82	-	-
SRSS7	-	-	5.63	6.19	1.28	2.62	3.25	1.60	-	-
AVG	1.60	11.86	3.58	3.82	1.86	2.21	2.09	2.28	3.49	3.62
ASCE - Z	5.26		5.66		2.18		4.40		1.98	
GA - Z	0.57		5.48		0.33		1.00		0.76	

الجدول (4): نتائج التقييس من أجل الدور $T=1$ sec

	Fundamental T = 1 sec									
	SA		SB		SC		SD		SE	
	Sf GA	Sf ASCE	Sf GA	Sf ASCE	Sf GA	Sf ASCE	Sf GA	Sf ASCE	Sf GA	Sf ASCE
SRSS1	1.46	1.13	1.28	3.57	1.26	2.00	2.85	2.35	1.41	4.31
SRSS2	1.13	0.37	0.73	0.69	1.25	1.65	0.68	2.29	5.13	2.77
SRSS3	2.89	6.65	2.87	1.77	1.01	1.70	1.96	3.04	3.10	3.78
SRSS4	0.97	14.26	0.60	6.14	0.87	2.77	0.86	1.98	-	-
SRSS5	2.83	15.49	5.37	2.19	4.81	1.91	0.91	1.92	-	-
SRSS6	-	-	3.56	2.23	3.18	1.60	4.14	1.85	-	-
SRSS7	-	-	0.58	15.64	1.17	2.17	3.25	1.69	-	-
AVG	1.86	7.58	2.14	4.61	1.94	1.97	2.09	2.16	3.21	3.62
ASCE Z	1.07		3.60		1.19		2.27		2.46	
GA - Z	0.36		0.20		0.40		1.06		1.98	

الجدول (5): نتائج التقييس من أجل الدور T=1.5 sec

	Fundamental T = 1.5 sec									
	SA		SB		SC		SD		SE	
	Sf GA	Sf ASCE	Sf GA	Sf ASCE	Sf GA	Sf ASCE	Sf GA	Sf ASCE	Sf GA	Sf ASCE
SRSS1	2.55	0.81	1.35	3.57	1.27	1.97	2.78	2.35	0.55	5.37
SRSS2	0.90	0.42	0.72	0.69	3.37	1.73	0.64	2.29	6.78	2.74
SRSS3	2.97	5.33	3.13	1.77	0.65	1.53	1.34	3.04	4.68	9.34
SRSS4	2.76	15.83	1.52	6.14	1.27	2.39	1.04	1.98	-	-
SRSS5	2.71	17.09	3.77	2.19	5.03	2.18	0.73	1.92	-	-
SRSS6	-	-	3.59	2.23	0.68	1.58	4.57	1.85	-	-
SRSS7	-	-	3.70	15.64	1.70	2.30	2.92	1.69	-	-
AVG	2.38	7.90	2.54	4.61	1.99	1.95	2.00	2.16	4.01	5.82
ASCE - Z	0.88		0.17		1.03		2.05		13.71	
GA - Z)	0.94		0.05		0.17		0.75		7.07	

الجدول (6): نتائج التقييس من أجل الدور T=2 sec

	Fundamental T = 2 sec									
	SA		SB		SC		SD		SE	
	Sf GA	Sf ASCE	Sf GA	Sf ASCE	Sf GA	Sf ASCE	Sf GA	Sf ASCE	Sf GA	Sf ASCE
SRSS1	2.87	1.63	4.70	3.57	1.01	2.23	2.52	2.35	0.52	5.37
SRSS2	1.54	1.25	0.77	0.69	4.02	1.51	1.90	2.29	6.24	2.74
SRSS3	2.88	1.97	1.87	1.77	0.74	1.20	1.15	3.04	6.42	9.34
SRSS4	2.05	15.65	5.72	6.14	1.57	1.68	1.10	1.98	-	-
SRSS5	2.55	5.77	3.12	2.19	2.74	2.73	1.94	1.92	-	-
SRSS6	-	-	2.85	2.23	0.52	1.56	1.12	1.85	-	-
SRSS7	-	-	1.20	15.64	2.21	1.88	4.36	1.69	-	-
AVG	2.38	5.25	2.89	4.61	1.83	1.83	2.01	2.16	4.40	5.82
ASCE - Z	1.26		0.00		0.31		1.16		10.83	
GA - Z)	2.90		0.01		0.17		0.63		5.45	

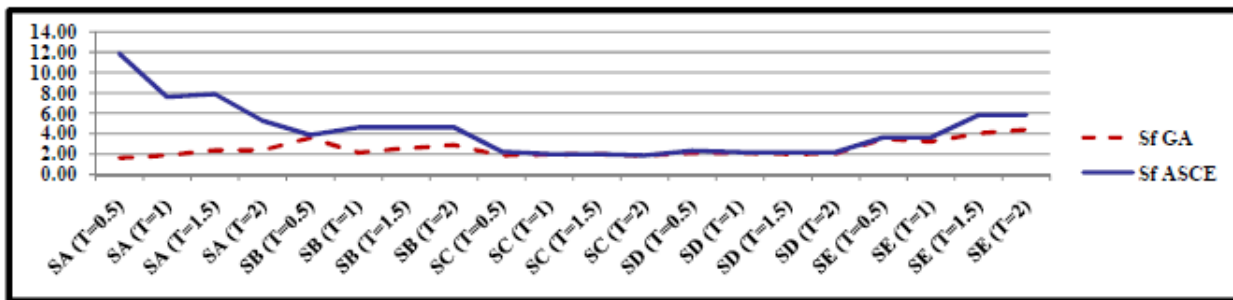
يعرض الجدول (7) القيم الخاصة بالمتوسط الحسابي لمعاملات التقييس لجميع أنواع التربة بهدف تمثيله بيانياً كما يظهر

في الشكل (12) بهدف المقارنة. وتم التوصل إلى ما يلي:

1. إن القيم الخاصة بالطريقة التي تستخدم الخوارزميات الجينية تملك القيم الأقل دائماً.
2. يزداد الفرق بين المتوسط الناتج عن الطريقتين بتناسب عكسي مع عدد السجلات المختارة كما هو واضح في نوع التربة SA حيث تم اختيار ثلاثة سجلات فقط وهو أمر مسموح في الكود.
3. ينطبق المتوسط تقريباً في نوعي التربة SD, SC من أجل مختلف الأدوار.

الجدول (7): المتوسط الحسابي لمعاملات التقييس من أجل جميع الأدوار

AVG	SA	SB	SC	SD	SE
Sf GA(T=0.5)	1.60	3.58	1.86	2.09	3.49
Sf ASCE(T=0.5)	11.86	3.82	2.21	2.28	3.62
Sf GA(T=1)	1.86	2.14	1.94	2.09	3.21
Sf ASCE(T=1)	7.58	4.61	1.97	2.16	3.62
Sf GA(T=1.5)	2.38	2.54	1.99	2.00	4.01
Sf ASCE(T=1.5)	7.90	4.61	1.95	2.16	5.82
Sf GA(T=2)	2.38	2.89	1.83	2.01	4.40
Sf ASCE(T=2)	5.25	4.61	1.83	2.16	5.82

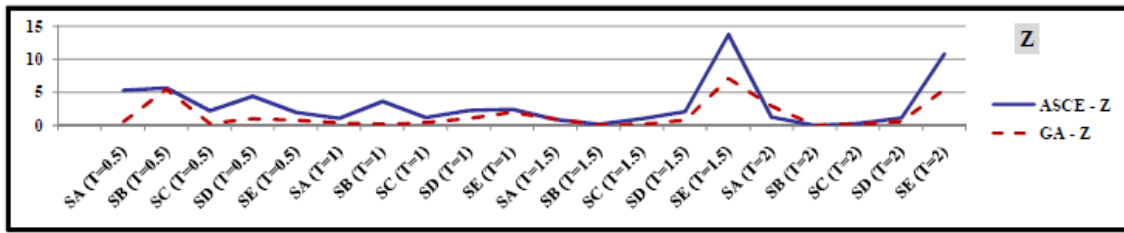


الشكل (12): المتوسط الحسابي لمعاملات التقييس من أجل جميع الأدوار

قمنا لاحقاً بوضع قيم تابع الهدف الناتج عن الطريقتين في الجدول (8) بهدف المقارنة بين الطريقتين من حيث المطابقة للهدف اللطيف الهدف. ومثلناها تخطيطياً في الشكل (13) مجتمعة بطريقة التسلسل بغية المقارنة.

الجدول (8): قيمة تابع الهدف

AVG	SA	SB	SC	SD	SE
ASCE - Z ,T=0.5	5.26	5.66	2.18	4.40	1.98
GA - Z ,T=0.5	0.57	5.48	0.33	1.00	0.76
ASCE - Z ,T=1	1.07	3.60	1.19	2.27	2.46
GA - Z ,T=1	0.36	0.20	0.40	1.06	1.98
ASCE - Z ,T=1.5	0.88	0.17	1.03	2.05	13.71
GA - Z ,T=1.5	0.94	0.05	0.17	0.75	7.07
ASCE - Z ,T=2	1.26	0.00	0.31	1.16	10.83
GA - Z ,T=2	2.90	0.01	0.17	0.63	5.45



الشكل (13): قيمة تابع الهدف على التسلسل

نلاحظ في الشكل (13) أن طريقة GA تعطي قيمة أصغر من الطريقة الثانية بشكل دائم، مع وجود حالات استثنائية وهي عند وجود معاملات تقييس ناتجة عن طريقة ASCE أكبر من الحد العلوي المحدد في طريقة GA وهو 6 في هذا التطبيق التي قد تصل إلى القيمة 15.65 كما هو موجود في الجدول (6) في نوع التربة SA والدور $T=2$ sec من أجل الطيف SRSS4.

الاستنتاجات والتوصيات

بعد اختبار طريقة التقييس باستخدام الخوارزميات على عدد كبير من السجلات الزمنية أي على جميع أنواع التربة ومختلف الأدوار الخاصة بالأبنية السكنية توصلنا إلى ما يلي:

1. عملت طريقة التقييس باستخدام الخوارزميات الجينية GA على تأمين تطابق شبه تام بين الأطياف الناتجة للسجلات الزمنية مع الطيف الهدف ضمن مجال الدور قيد الاهتمام، لذلك تعد أكثر فعالية في عملية مطابقة الطيف الهدف من الطريقة الأخرى ASCE (طريقة الكود الأمريكي)، وذلك كما تبين من صغر قيم المساحة المحصورة بين الطيف الهدف ومتوسط أطراف السجلات المقيسة في المثالين التطبيقيين.
2. يدل صغر قيم معاملات التقييس الناتجة عن استخدام الخوارزميات أنها تعمل على المحافظة على السجلات أكثر من الطريقة الأخرى، أي أن مقدار الضرر الحاصل على السجلات نتيجة ضربها بمعامل التقييس يكون صغيراً لصغر معامل التقييس نفسه.
3. أثبتت طريقة التقييس باستخدام الخوارزميات الجينية (بتابع الهدف المقترح) المستخدمة أنها ذات فعالية عالية في عملية الحصول على القيم الأمثل لمعاملات التقييس وبالتالي المطابقة الأفضل مع الطيف الهدف.

4. يمكن تزويد المهندس السوري المصمم بمجموعات من السجلات الزلزالية المقيسة المناسبة للاستخدام في التحليل بالسجل الزمني وفقاً لمتطلبات الكود السوري باستخدام التقييس بالخوارزميات الجينية، وذلك بعد اختيار السجلات الزمنية المناسبة بما يتلاءم مع تكتونية مدينة اللاذقية.

5. يمكن تعميم النتيجة السابقة لتتناسب أي منطقة في الجمهورية العربية السورية بالاعتماد على الخصائص التكتونية للمنطقة قيد الدراسة.

وبالتالي تنصح هذه الدراسة باستخدام طريقة GA في عملية التقييس بعد اختيار السجلات الزمنية المناسبة.

المراجع

1. American Society of Civil Engineers. (2007). ASCE/SEI 41-06. Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, American Society of Civil Engineers, Reston, Va.
2. Bommer J., and Acevedo B. (2004). The Use of Real Earthquake Accelerograms as Input to Dynamic Analysis. J Earthquake Eng. 8(4), pp 1–50
3. CSI Software Computers and Structures, Inc. (2014). Available at: www.csiamerica.com.
4. Deb, K. (2001). Multi-Objective Optimization Using Evolutionary Algorithms, Wiley Interscience, Hoboken, U.S.A.
5. Dubertret, L. (1970). Review of the Structural Geology of the Red Sea and Surrounding Areas, Royal Society of London Philosophical Transactions, Series A 267, 9-20.
6. Fahjan Y. M. (2007). Procedures for Real Earthquake Time Histories Scaling and Application to Fit Iranian Design Spectra. International Institute of Earthquake Engineering and Seismology (IIEES).
7. Fonseca, C.M. & Fleming, P.J. (1993). Genetic Algorithms for Multi Objective Optimization; Optimization, Formulation Discussion and Generalization. In: FORREST, S. Proceedings 5th International Conference on Genetic Algorithms, University of Illinois at Urbana- Champaign, U.S.A. PP 416-423.
8. Goldberg, D.E., Deb, K. & Korb, B. (1991). Do not Worry, Be Messy. In: Belew, R. & Booker, L. (eds.) Proceedings of the Fourth International Conference on Genetic Algorithms. Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, U.S.A. pp24-30.
9. Goldberg, D.E., Korb, B. & Deb, K. (1989). Messy Genetic Algorithms: Motivation, Analysis and First Results. Complex Systems, 3, pp 493-530.

10. Graham Brew and Muawia Barazangi. (2001). Tectonic and Geologic Evolution of Syria GeoArabia, Vol. 6, No. 4. Gulf PetroLink, Bahrain 573.
11. Graizer V. and Kalkan E. (2009). Prediction of Response Spectral Acceleration Ordinates Based on PGA Attenuation, Earthquake Spectra. Vol. 25, no. 1, pp 36 – 69.
12. Hatem M. El Ssayed, Hussam E. Zaineh, Draji Dojcinovski, and Vladimir Mihailov. (2012). Re-Evaluations of Seismic Hazard of Syria. International Journal of Geosciences, 3, 847-855 doi:10.4236/ijg.2012.324085. <http://www.SciRP.org/journal/ijg/>
13. Holland, J.H. (1975). Adaptation in Natural and Artificial Systems. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, U.S.A.
14. Kalyan R. Piratla. (2012). Investigation of Sustainable and Resilient Design Alternatives for Water Distribution Networks, A Dissertation Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree Doctor of Philosophy, Arizona State University.
15. Levy, S., (1992). Artificial Life, Vintage Books, New York.
16. Malcolm Sambridge and Kerry Gallagher. (1993). Earthquake Hypocenter Location using Genetic Algorithms. The Seismological Society of America <http://bssa.geoscienceworld.org/content/83/5/1467.abstract>.
17. Mark Stephen Morley. (2008). A Framework for Evolutionary Optimization Applications in Water Distribution Systems. The University of Exeter. PhD thesis in Engineering,. <https://ore.exeter.ac.uk/repository/handle/10036/42400>.
18. Naeim F, Alimoradi A, and Pezeshk S. (2004). Selection and Scaling of Ground Motion Time Histories for Structural Design using Genetic Algorithms. Earthquake Spectra; 20(2): 413–26.
19. Oyarzo-Vera. (2008). Comparison of Record Scaling Methods Proposed by Standards Currently Applied in Different Countries. www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14_08-02-0033.pdf.
20. Savić, D. A., Bicik, J., & Morley, M. S. (2011). A DSS Generator for Multi Objectives Optimization of Spreadsheet-Based Models. Environmental Modeling and Software, 26(5), pp 551-561.
21. Syrian Arab Code – Appendix 2. (2012). Design and Check of Seismic Resistant Buildings and Constructions. 2nd Edition, Damascus, Syria, 254p.
22. Syswerda, G. (1989). Uniform Crossover in Genetic Algorithms. In: Schaffer, J. (ed.) Proceedings of the Third International Conference on Genetic Algorithms. Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, U.S.A. 2-9.

23. Watson-Lamprey J, Abrahamson N. (2006). Selection of Ground Motion Time Series and Limits on Scaling. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. 26, pp 477–482.
24. www.solvexl.com.
25. www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1573062X.2014.994001.

Real Records Scaling Factors Optimization to Fit the Syrian Design Spectra using Genetic Algorithm

Seraj Jdyd¹, Bassam Hwaija², Naiel Hasan³

¹ PHD Candidate in Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria. serajjdyd@yahoo.com

^{2, 3} Department of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria

Abstract

After selecting real seismic records it is necessary to scale these records to match the intensity of the earthquake expected for the site. Generally, scaling can be made by ground motions uniform scaling in time domain which is simply scaled up or down the ground motions uniformly to best match (in average) the target spectrum within a period range of interest. It's an engineer's job to find the best scaling factors to best match the target spectrum, which is a complex task, so we employed the Genetic Algorithm (GA) in finding those scaling factors to achieve the best results.

Genetic Algorithms (GAs) are probably the best-known types of artificial evolution search methods based on natural selection and mechanisms of population genetics. These algorithms are often applied to large, complex problems that are non-linear with multiple local optima.

The power of the genetic algorithms is inherent in its capability to adapt. In natural systems, species adapt to the environment through successive interactions and generations subject to the environment. After several consecutive generations, only those species that can adapt well to the environment survive and the rest disappear. In mathematical terms, individuals are analogous to problem variables and environment is the stated problem. The final generation of the variable strings that can adapt to the problem is the solution.

In this study, basic methodologies of the GA and the scaling procedures are summarized and the scaling criteria of real time history records to satisfy the Syrian design code are discussed. The traditional time domain scaling procedures and the scaling procedures using GA are used to scale a number of the available real records to match the Syrian design spectra. The resulting time histories of the procedures are investigated and compared in terms of meeting criteria.

Keywords: Record scaling and selecting, time domain, seismological signature, optimization using genetic algorithms.