

شرعة مجموعات من السجلات الزلزالية الحقيقية لاستخدامها في التحليل الديناميكي لمنشآت واقعة في مدينة اللاذقية-سورية

الدكتور نايل حسن*

سراج جديد**

(تاريخ الإيداع 11 / 5 / 2016. قُبل للنشر في 3 / 8 / 2016)

□ ملخص □

لم تعد الطريقة الستاتيكية المكافئة أو طيف الاستجابة؛ التي تستخدم عادة للتصميم الإنشائي لمعظم أنواع المنشآت التقليدية؛ من المنهجيات المفضلة في تصميم المنشآت الحديثة المعقدة التركيب والأداء خصوصا عند تعرضها لحمولات شديدة. ومن الناحية الأخرى أصبح التحليل الخطي و اللاخطي باستخدام السجل الزمني أداة عملية ومستخدمة على نطاق واسع، يعود ذلك للمتطلبات الزلزالية الجديدة إضافة للتطور والأداء العالي للحواسيب، وأيضا بسبب الازدياد المستمر في قاعدة البيانات الخاصة بالحركات الأرضية القوية. لذلك أصبح استخدام وتقييم (معايرة) السجلات الحقيقية أحد أهم الأغراض الأساسية للأبحاث المعاصرة في هذا المجال.

تأخذ معايير اختيار السجلات الزمنية بعين الاعتبار السمات الزلزالية لتلك السجلات كقوة الزلزال والمسافة عن البؤرة السطحية ومواصفات الموقع لأنها تؤثر على شكل طيف الاستجابة ومحتوى الطاقة ومدة الحركات الأرضية القوية، وبالتالي الطلب المتوقع على المنشأ. ويعد عملية اختيار السجلات الزلزالية الحقيقية يجب تقييمها لمطابقة شدة الزلزال المحتملة في الموقع. حيث تجري عملية التقييم عادة باستخدام التقييم الموحد في مجال الزمن، وذلك ببساطة عن طريق تقييم 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 التقييم لتأمين المطابقة الأفضل مع الطيف الهدف هي من مهام المهندس وهي عملية صعبة ومعقدة، لذلك قمنا باستخدام الخوارزمية الجينية في إيجاد تلك المعاملات بهدف الحصول على أفضل النتائج.

يعتبر إجراء تحليل لاخطي باستخدام السجل الزمني للحركات الأرضية المختارة و المعايير نهجا تقليديا بهدف شرعة النتائج من خلال تقييم انحراف وتغير الاستجابة الإنشائية. فهذا يثبت كفاية وفعالية الطرائق المستخدمة.

قمنا في هذا البحث بتلخيص المنهجيات الخاصة بعمليات الاختيار والتقييم، وناقشنا معايير اختيار وتقييم السجلات الزمنية الحقيقية لإرضاء متطلبات الكود السوري. وتم توظيف إجراءات التقييم باستخدام الخوارزمية الجينية لتقييم عشرة مجموعات من السجلات، تتكون كل مجموعة من سبعة سجلات من السجلات الزمنية الحقيقية المتوفرة لهدف مطابقة الطيف التصميمي السوري. ثم قمنا بفحص السجلات الزمنية الناتجة ومقارنتها لتبيان مدى ملائمتها للاستخدام كتوابح تحريض في التحليل بالسجل الزمني لمنشآت الهندسة المدنية، من خلال التحليل باستخدام السجل الزمني لمنشآت وحيدة درجة الحرية بهدف فحص فعالية طريقة المعايرة المستخدمة في خفض التبعر في الاستجابة الإنشائية. حيث تم تمثيل المنشآت وحيدة درجة الحرية باستخدام نماذج ثنائية الخطية الهستيرية (الإرجاعي)، من خلال افتراض خمسة أدوار ومعامل مطاوعة $R=4.5$ ونسبة صلابة ما بعد الخضوع $\alpha=3\%$ وإجراء 700 عملية تحليل. وأخيرا تم عرض النتائج بدلالة الانتقالات اللدنة D.

الكلمات المفتاحية: تقييم السجلات، اختيار السجلات، مجال الزمن، الطابع الزلزالي، الأمثلة، الخوارزمية الجينية.

* أستاذ مساعد في قسم الهندسة الإنشائية، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية

** دكتوراه في الهندسة الإنشائية، الشركة العامة للدراسات والاستشارات الفنية، فرع اللاذقية، سورية

Validation of Real Seismic Records Sets for Nonlinear Dynamic Analysis of Structures Located in Lattakia City-Syria

Dr. Naiel Hasan*
Seraj Jdyd**

(Received 11 / 5 / 2016. Accepted 3 / 8 / 2016)

□ ABSTRACT □

Structural design for seismic loading, which is traditionally done for most types of common structures by the means of equivalent lateral static loading or modal spectrum analysis, is no longer a preferred methodology for design of modern structures with complex topology and functionality under extreme loading scenarios. Nonlinear response history evaluation, on the other hand, is becoming a practical tool due to availability of high performance computing and recommendations of the new seismic guidelines, and due to the increase of available strong ground motion database. Therefore using and scaling real recorded accelerograms is becoming one of the most contemporary research issues in this field.

Seismological characteristics of the records, such as earthquake magnitude, epicentral distance and site classification are usually considered in the selection of real records, as they influence the shape of the response spectrum, the energy content and duration of strong ground shaking, and therefore the expected demand on structures. After real seismic records selection 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 them to achieve the best results.

When testing the selected and scaled ground motions, it's a standard procedure to use the nonlinear time history analysis to validate the results in terms of structural responses and their variation. This proves the efficiency of the presented procedure.

In this study, basic methodologies for selecting and scaling strong ground motion time histories are summarized, the selection and scaling criteria of real time history records to satisfy the Syrian design code are discussed. The GA scaling procedures are utilized to scale 10 set of records, every set consists of seven records of available real records to match the Syrian design spectra. The resulting time histories are investigated and compared in terms of suitability as input to time history analysis of civil engineering structures, by means of time history analyses of SDOF systems which are conducted to examine the efficiency of the scaling method in reducing the scatter in structural response. The nonlinear response of SDOF systems is represented by bilinear hysteretic model. Assuming 5 different Periods, yield strength reduction factor, $R=4.5$, $\alpha = 3\%$ post-yield stiffness, a number of 700 runs of analysis are conducted. The results are described for elastic displacement D .

Keywords: Record Scaling, Record Selecting, Time domain, Seismological Signature, Optimization, Genetic Algorithm.

* Associate Professor in Department Of Structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria.

** PHD in Structural Engineering, GCEC, Lattakia. Syria.

مقدمة :

تقتصر توصيات الكودات في اختيار وتقييم سجلات الحركات الأرضية على مطابقة أطياف تلك السجلات مع طيف الاستجابة التصميمي ضمن مجال محدد للدور، وعلى أن تملك السجلات خصائص زلزالية وتكتونية مشابهة للحدث المتوقع. ويعد تقييم 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.

طرح الباحثون عدداً من المقاربات في اختيار وتقييم السجلات الزلزالية لاستخدامها في عملية التحليل بالسجل الزمني. أورد الباحث (Graizer, 2009) [7] أن الشكل الطيفي Spectral shape لطيف الاستجابة التصميمي يحدد خصائص الزلزال المطلوب، ويرتبط هذا الشكل بعدد من المقادير (القوة - المسافة - مواصفات الموقع). كما أورد الباحث (Oyarzo, 2008) [20] مقارنة للكود النيوزلندي مع الكودين الأوربي والأمريكي من حيث معاملات التقييم والاستجابة لنظام بدرجة حرية واحدة SDOF واحد فقط، وذلك على مجموعة واحدة مكونة من سبعة سجلات. ومن أهم النتائج التي توصل إليها أن الكود النيوزلندي قدم الطريقة الأكثر تفصيلاً ولكن أكثرها تشدداً، كما أن هذه الطريقة تملك المدى الأقصر للمطابقة بين الكودات الثلاث، ولكن وبما أن هذا الكود يطالب بالقيمة العظمى دائماً في نتائج التحليل فإن النتائج النهائية متقاربة مع باقي الكودات. كما توصل الباحث (Iervolino, 2005) [13] إلى نتيجة أساسية أن هناك دليل ضعيف على ضرورة التقييد بشرط المسافة والقوة الوارد في جميع الكودات من خلال دراسة تأثير مجموعتين من السجلات إحداها مختارة بعناية وفق متطلبات الكود الأوربي والأخرى اختيرت عشوائياً قام باستخدامها على مجموعة من النظم وحيدة درجة الحرية وعدد من المنشآت المعدنية متعددة الطوابق. كما قدم الباحث (Iervolino, 2005) [15] شرحاً مفصلاً عن متطلبات الكود الأوربي الخاص بالأبنية وقام بالتحقيق من إمكانية تطبيق اشتراطات الكود للحصول على سجلات حقيقية من قاعدة البيانات الأوربية (European Strong-motion Database (ESD)). وتم الحصول على مجموعتين من السجلات إحداها سجلات تمت عليها عملية تقييم وهي المجموعة التي طبقت طيف التصميم بشكل أفضل كما استنتج الباحث. واستناداً للأبحاث المستمرة في هذا المجال وضعت بعض الاشتراطات في كودات التصميم العالمية لاختيار وتقييم السجلات الزمنية المناسبة 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.

في العموم معامل التقييم المفضل هو القريب من الواحد، والعديد من خبراء الحركات الأرضية يفرضون حدوداً على معاملات التقييم، وتتراوح هذه الحدود من 2 إلى 4 (Boomer, 2004) [2]. وتعتمد هذه الحدود على مستوى الارتياح للمهندسين أكثر منه على القياسات الكمية لتلك المعاملات. وبحسب الباحث (Watson, 2006) [27] فإن تطبيق حدود على معاملات التقييم 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 تقييم كبيرة كالقيمة (12.59).

يمكن الحصول على أفضل معامل تقييم باستخدام طريقة الباحث (Y. M. Fahjan, 2007) [28]. تعمل هذه الطريقة ببساطة على تقليص الفارق بين طيف الاستجابة الهدف Target Spectrum وطيف الاستجابة للسجل المقيس Scaled Motion's Response Spectrum. تعرف هذه المنهجية (الفارق) Difference بتكامل الجذر

التربيعي لمربع الفرق بين الطرفين في مجال محدد للدور. 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.

استخدمت الخوارزمية الجينية Genetic Algorithm خلال العقود الماضية في مجال الهندسة الإنشائية والزلزالية فعلى سبيل المثال نذكر: التصميم الأمثل للمنشآت ذات السلوك اللاخطي Design Optimization Of Nonlinear Structures. التحكم الفعال بالمنشأ Active Structural Control. التصميم بناء على الأداء Performance-Based Design. البحث عن بؤرة الزلزال باستخدام الخوارزمية الجينية حيث استخدم الباحث تقنية البحث التطوري في إيجاد بؤرة الزلزال بالاعتماد على تقنية تصغير الأخطاء في إيجاد المركز (Malcolm, 1993). وفي مجال التقييس عمل الباحث (Naeim, 2004) [19] على اختيار وتقييس السجلات الزمنية باستخدام الخوارزمية الجينية، حيث اعتمد في الاختيار على الشكل الطيفي لطيف الاستجابة تماما، ولكنه أهمل المعلومات التي يجب أخذها بعين الاعتبار كما هو معروف في الأدبيات والكودات العالمية، والمتمثلة بأنه يجب أن تكون السجلات الزمنية لها قوة زلزالية للهزات والمسافات الصدمية كما نيزمات مصادر زلزالية تتسجم مع تلك التي تتحكم الهزة الأساسية التصميمية. اعتمد الباحث على كروموسوم chromosome يتألف من 14 جين، 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 يلاحظ أبدا أيا من مواصفات الزلزال المطلوبة كالقوة والمسافة والموقع والاشتراطات الأخرى مثلا كالنتسارع الأرضي الأعظمي على سبيل المثال.

سعى الباحث (Hwajja, Jdyd, 2015) [12] للاستفادة من عمل الباحثين (Fahjan, 2007) [28] و (Naeim, 2004) [19] سويا حيث قام بتطوير تابع الهدف الخاص به انطلاقا من المفهوم المعتمد عند الباحث (Fahjan, 2007) [28] وذلك باستبدال طيف الاستجابة للسجل بالمتوسط لأطياف الاستجابة لمجموعة السجلات المختارة وجعل تابع الملائمة هو السعي لتصغير هذا التابع. وتمكن من إدخال إمكانية استخدام مجموعة سجلات زمنية متغيرة العدد من 3 سجلات إلى 7 سجلات كما تسمح الكودات. حيث ينص الكود الأمريكي ASCE/SEI 41-06 ومثله الكود السوري على أنه يجب استخدام ثلاث 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، والتي يجب اختيارها وتقييسها من ثلاثة أحداث مسجلة على الأقل. كما نص على أنه يتم التحليل للمنشآت بالسجلات الزمنية، حساب كل مكون (بارامتر) لها أهمية. وإذا تم تحليل المنشآت لثلاثة سجلات زمنية فإننا لاستجابة العظمى لكل بارامتر موضوع الاهتمام يجب استعمالها في التصميم. وإذا تم تحليل المنشآت باستعمالها لا يقل عن سبعة تواريزمنية فيمكن أن يؤخذ في التصميم القيمة الوسطية لمكون (بارامتر) الاستجابة موضوع الاهتمام.

أهمية البحث وأهدافه:

يعتمد الكود السوري (Syrian Arab Code, 2012) [26] كغيره من الكودات قواعد ومبادئ توجيهية بسيطة وغير كاملة في عملية اختيار وتقييس السجلات الزمنية، 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) ، (1872, M= 7.2) والذين حدثا في الشمال الغربي السوري وهذا تم تأكيده من قبل الباحث (Graham, 2001)[8] والباحث (Hatem, 2012)[9].

يهدف البحث إلى شرعنة السجلات الزلزالية الحقيقية التي تم اختيارها وفق متطلبات الكود السوري وتم تقييمها باستخدام الخوارزمية الجينية من خلال تقييم انحراف وتغير الاستجابة الإنشائية. لإثبات كفاية وفعالية السجلات المستخدمة. وذلك بعد الاستفادة من الخوارزمية الجينية؛ التي تعد من أفضل طرائق الأمثلة لإيجاد معاملات التقييم المثلى لمجموعات مختارة من السجلات الزمنية بهدف تأمين التوافق الأفضل مع الطيف الهدف.

طرائق البحث ومواده:

اعتمد النهج التحليلي في إنجاز البحث، بعد أن أجريت دراسة مرجعية معمقة ودقيقة لعدد كبير من الأبحاث والمراجع الحديثة المتعلقة بموضوع اختيار وتقييم السجلات الزلزالية لتبيان الأسس العلمية المعتمدة حتى تاريخه في عملية الاختيار والتقييم وتوثيقها. ونوقشت معايير اختيار وتقييم السجلات الزمنية الحقيقية لإرضاء متطلبات الكود السوري. وتم توظيف إجراءات التقييم باستخدام الخوارزمية الجينية لتقييم عشرة مجموعات من السجلات الزمنية، تتكون كل مجموعة من سبعة سجلات من السجلات الزمنية الحقيقية المتوفرة (مركبتين أفقيتين لكل سجل) لهدف مطابقة الطيف التصميمي السوري.

أجريت عملية الاختيار باستخدام برنامج REXEL الذي يمكن بواسطته البحث ضمن قاعدة البيانات عن مجموعات تتكون كل مجموعة من سبعة سجلات، بحيث يكون الطيف المتوسط لها محققاً لاشتراطات الكود المستخدم. اعتمدت قاعدة البيانات الأوروبية (European Strong-motion Database (ESD) والتي تحتوي على 1383 سجل زلزالي (السجل مكون من مركبتين أفقيتين ومركبة شاقولية) ليتم اختيار السجلات منها، وهي متوفرة على الموقع الإلكتروني: (http://www.isesd.hi.is/ESD_Local/frameset.htm).

وتمت عملية التقييم باستخدام برنامج Solve XL الذي يعتمد على الخوارزمية الجينية ويعد من أهم برامج الإضافة لبرنامج الإكسيل Add-In Programs والأكثر استخداماً بين برامج الأمثلة Optimization Program. (Morley, 2008)[18]. بعد أن تم اقتراح تابع هدف للخوارزمية الجينية يعمل على أمثلة معاملات التقييم (Hwaija, Jdyd, 2015)[12]

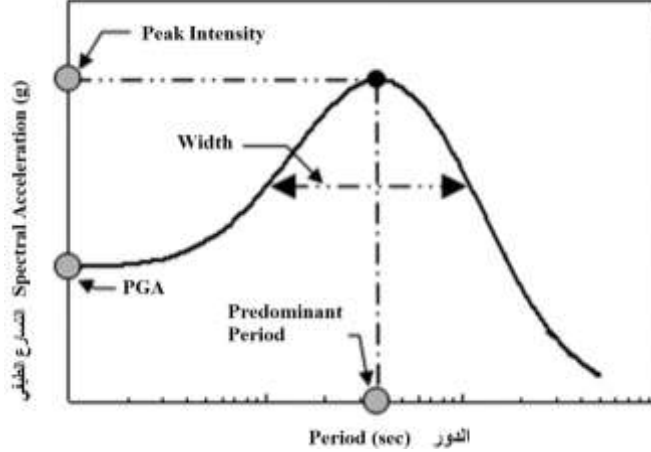
ثم قمنا بفحص السجلات الزمنية الناتجة ومقارنتها لتبيان مدى ملائمتها للاستخدام كتتابع تحريض في التحليل بالسجل الزمني لمنشآت الهندسة المدنية، من خلال التحليل اللاخطي باستخدام السجل الزمني لمنشآت وحدة درجة الحرية باستخدام برنامج Prism بهدف إيجاد الاستجابات للنظم ووحدة درجة الحرية المستخدمة. ذلك للتحقق من فعالية طريقة المعايرة المستخدمة في خفض التبعر في الاستجابة الإنشائية. حيث تم تمثيل المنشآت ووحدة درجة الحرية باستخدام نماذج ثنائية الخطية الهستيرية (الإرجاعي) ذات صلابة ما بعد الخضوع نسبتها 3%.

4- اختيار السجلات الحقيقية Real Accelerograms Selection:

يهدف اختيار السجلات الزلزالية الحقيقية لمطابقة أشكال محددة من الحركات الأرضية، ويعتمد هذا الاختيار على شكل طيف الاستجابة التصميمي المرن بمراعاة عدد من البارامترات ممثلة بالقوة والمسافة ومواصفات الموقع كما

تطالب كودات التصميم، حيث يحدد شكل طيف الاستجابة خصائص الزلازل المطلوبة. ولذلك عندما يراد إجراء تحليل بالسجل الزمني يجب اختيار سجلات تملك شكل طيفي متقارب.

يمكن وصف طيف الاستجابة بواسطة ثلاثة بارامترات مميزة موضحة في الشكل (1) هي الشدة العظمى Peak Intensity، الدور المسيطر Predominant Period والعرض Width (العرض الطيفي وهو المساحة المحصورة تحت طيف الاستجابة) أو ما يعرف بعرض النطاق الترددي Band width (Graizer, 2009). [7]



الشكل (1): بارامترات الشكل ShapeParameters المميزة لطيف الاستجابة.

تركز توصيات الكودات العالمية في الوقت الراهن على مطابقة طيف الاستجابة التصميمي المراد في عملية اختيار السجلات، وعملت على تحديد متطلبات عامة تنص على أن تكون السجلات الزمنية لها قوة زلزالية لهاقات M ومسافات عن الصدع الجيولوجي R وميكانيزمات مصادر زلزالية Sources Mechanisms، تتسجم بشكل معقول مع تلك التي تحكم الهزة الأساسية التصميمية. وعلى أن تملك السجلات خصائص سيمولوجية و تكتونية مشابهة للحدث المتوقع في المكان المدروس.

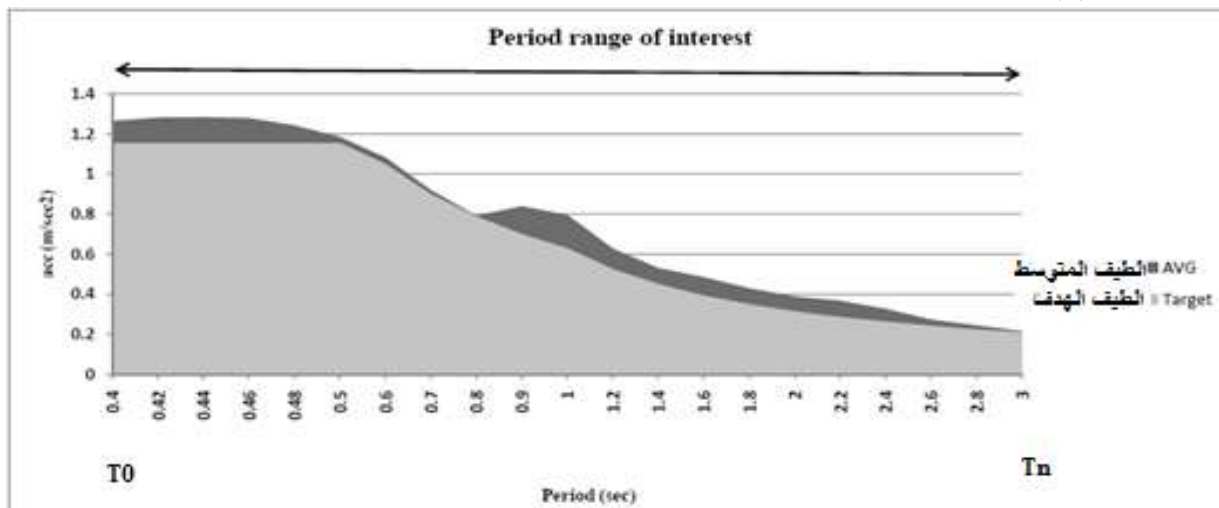
ينص الكود الأمريكي [1][ASCE 7-05] ومثله الكود السوري (Syrian Arab Code, 2012)[26] على أنه يجب استخدام ثلاثة مجموعات Data Sets من السجلات الزمنية للحركات الأرضية على الأقل (تتكون المجموعة من مركبتين أفقيتين، أو مركبتين أفقيتين ومركبة شاقولية في حال وجوب اعتبار الحركة الشاقولية) عند إجراء التحليل باستخدام السجل الزمني، والتي يجب اختيارها و تقييسها من ثلاثة أحداث مسجلة على الأقل. يجب أن تكون السجلات الزمنية لها قوة زلزالية لهاقات والمسافات عن الصدع وميكانيزمات مصادر زلزالية تتسجم مع تلك التي تحكم الهزة الأساسية التصميمية (أو الزلازل الأعظمي التصميمي).

5- تقييس السجلات الزلزالية باستخدام الخوارزمية الجينية

:Ground Motions Scaling Using GA

تقوم الخوارزمية الجينية على الخطوات التالية: أولاً، اختيار مجموعة من الأعضاء organisms لتشكيل الجماعة population (السكان). ثانياً، العمل على مزجهم recombining وفق أحد طرائق المزج لانتاج عدد من السلالات offspring. ثالثاً، إدخال بعض الطفرات mutation factor بشكل عشوائي على بعض الأفراد. رابعاً، تقييم تلك السلالات الناتجة بالنسبة لكفاءتها fitness كحل للمشكلة المطروحة، وفي النهاية استبدالها أو إضافتها إلى الأعضاء الموجودة في الجماعة الأساسية (Morley, 2008) [18].

إنالهدف من استخدام الخوارزمية (Hwajja, Jdyd, 2015)[12]هو السعي لتصغير المساحة المحصورة بين طيف الاستجابة الهدف وبين متوسط أطياف الاستجابة للسجلات الزلزالية المقيسة ضمن مجال الدور قيد الاهتمام، وذلك كما يبين الشكل (2).



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

1-5- تابع الهدف والقيود Objective Function & Restraints:

من المعلوم أنه يجب تقييس المجموعة بحيث أن المتوسط Average لكل أطياف SRSS للأزواج الأفقية المقيسة يجب أن لا يقل عن 1.4 مرة من القيم المقابلة على طيف الاستجابة التصميمي (وهو ما يعرف بالطيف الهدف)، وذلك في مجال معين للدور بين $0.2 T_1$ و $1.5 T_1$ ، حيث أن T_1 هو الدور الأساسي للمنشأ- (ASCE [1] 07). وبالتالي سيكون تابع الهدف Objective للخوارزمية هو تصغير مجموع مربع الفرق بين طيف الاستجابة الهدف والمتوسط، على الشكل التالي:

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

T : دور الاهتزاز للمنشأ.

SF_i: عامل التقييس الخاص بالسجل رقم i.

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

m: عدد السجلات المختارة (بين 3 إلى 7 سجلات).

SA_T(T) : قيمة طيف الاستجابة التصميمي عند الدور T.

T₀T_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 الخوارزمية للاشتراطات Constraints (القيود) التالية:

1- SF max ≥ SF ≥ SF min : أي أن معامل التقييس محصور بين قيمتين محددتين.

2- SF max & SF min > 0 : الحد العلوي والسفلي لمعامل التقييس أكبر من الصفر.

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

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

[12](Hwaija, Jdyd, 2015)

6- الأنظمة وحيدة درجة الحرية المكافئة The equivalent SDOF systems:

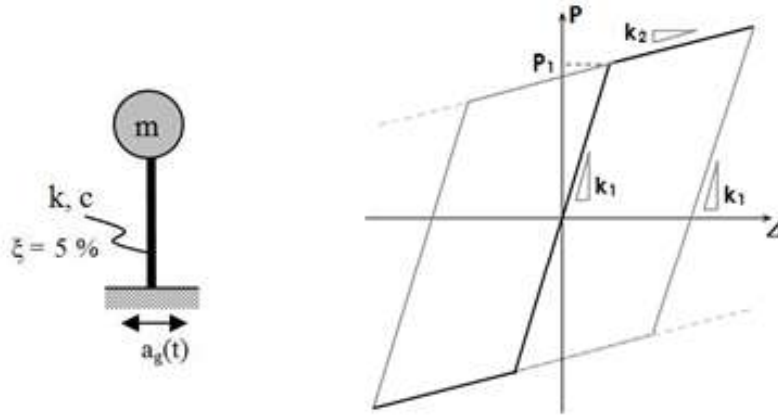
يتم التعبير عن السلوك اللاخطي الإنشائي باستخدام نظم وحيدة درجة الحرية تملك سلوك ثنائي الخطية لها دور T ؛ حيث $T=2\pi/W$ ؛ ولها كتلة m وصلابة $k=k_1$ وصلابة ما بعد الخضوع $k=k_2$ حيث α نسبة الصلابة و ξ نسبة تخامد، ولها نسبة قص قاعدي SR ، حيث $SR = P_1/W$ ، P_1 قوة القص القاعدي وفق الطريقة الستاتيكية المكافئة في الكود السوري كما هو موضح في الشكل (3).

تعتمد في العادة النظم وحيدة درجة الحرية من أجل عملية الشرعة، ذلك لاستبعاد التتبع والتقلب

Structural Modeling Variability في النتائج الذي يمكن أن ينشأ نتيجة مبدأ الشك في النمذجة للمنشآت والأبنية Uncertainties، إضافة إلى بساطة النموذج وسرعة النمذجة والحسابات.

استخدم العديد من الباحثين (Song and Pincheria, 2000; [23]Ruiz-,Miranda, 2002; [25])النظم

وحيدة درجة الحرية في أبحاثهم. ومؤخراً قام (Chopra, 2003) [4] بتوسيع بحثه باستخدام 260 حركة أرضية قوية على مثل هذه الأنظمة، حيث توصل إلى أن هناك حدود للقيم العددية لنسبة التشوه المرنة وذلك عند الأدوار القصيرة جداً والطويلة جداً. ويمكن التعبير عنها كتتابع بدلالة α ، R ، حيث R معامل المطاوعة. وتوصل إلى معادلة يمكن من خلالها التنبؤ باستجابة المنشآت ثنائية الخطية بالاعتماد على معامل مطاوعة معروف من خلال معرفة استجابة النظام SDOF الموافق.



Parameters	Description	Equation
T	Period (sec)	$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k_1}}$
SR	Shear ratio on P_1	$SR = \frac{P_1}{mg}$
α	Post-to-pre yield stiffness ratio	$\alpha = \frac{k_2}{k_1}$

الشكل (3): نظم وحيدة درجة الحرية تملك سلوك ثنائي الخطية

7- العرض التجريبي للانتقالات اللدنة

:Empirical Expression For Inelastic Displacement

1-7- الحالة المدروسة :Case Study

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 والمعروفة باسم (Dubertret, 1970)[6](Maras Triple Junction). ولتحديد آليات المصادر الزلزالية تم الرجوع إلى عدة دراسات مرجعية أهمها الدراسة المقدمة من قبل الباحث (Graham, 2001)[8] التي أفادت أن مدينة اللاذقية تتأثر بعدد من الصدعات والتي يمكن تصنيفها بين تصدعات مقلوبة وتصدعات انزياح جانبي وتصدعات عمودية كما يبين الشكل (4). كما أورد الباحث (Hatem, 2012)[9] عند إعادة تقييم الخطر الزلزالي في سوريا المصادر الزلزالية التي تؤثر على الساحل السوري بالتالي:

1- (Mediterranean Fault): تصدع تداخل Thrust بين صفيحتين قاريتين.

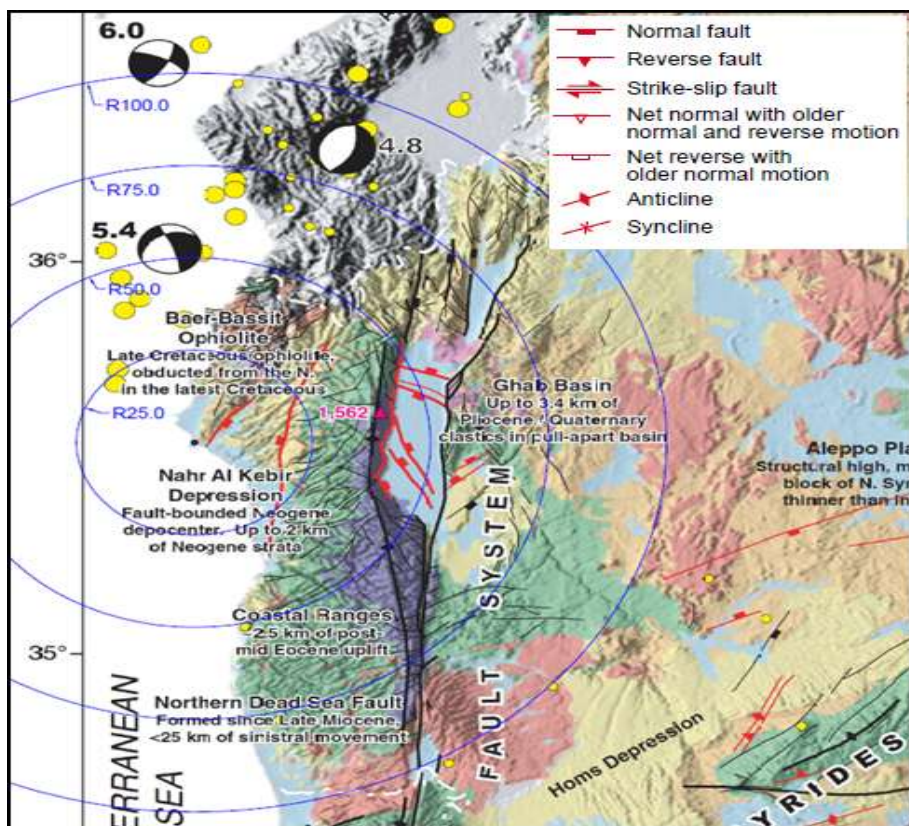
2- (Yamona Fault) عبارة عن تصدعين: تصدع انزياح جانبي و تصدع عمودي.

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 نفس الدراسة (Hatem, 2012)[9] وفق

ما يلي: M [4.5, 7.5] and D [10 km, 100 km].

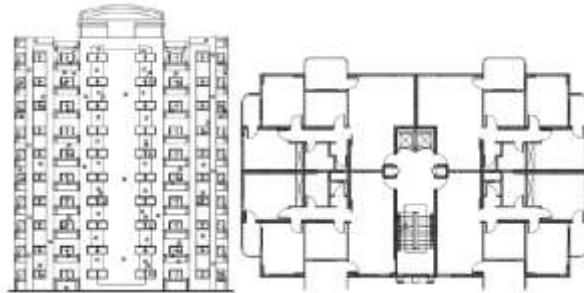


الشكل (4): الخارطة التكتونية لسوريا [8](Graham, 2001) تحديدا الصدوع القريبة من مدينة اللاذقية.

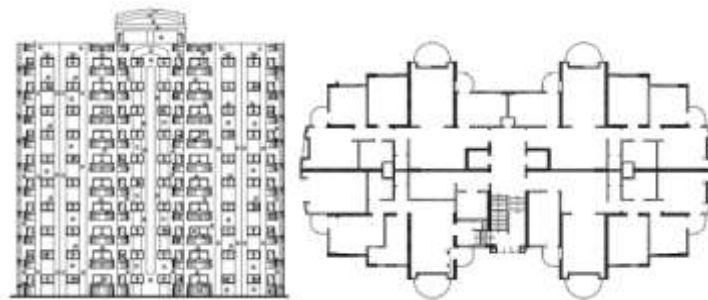
اختيرت نماذج من الأبنية لمشروع الادخار السكني (120-130-140-150-160) ومبان أخرى (الطابيات-العقار 1908) كما تبين الأشكال (5-6-7-8-9) في مدينة اللاذقية. وتم حساب قيمة الدور للنماذج بإجراء التحليل النمطي Modal Analyses كما يوضح الجدول (1). لوحظ أن الأدوار التي يجب أخذها بعين الاعتبار من أجل تغطية كل المدى الزمني في الطيف التصميمي هي (2 sec- 1.5- 1- 0.5- 0.1). أي أن أدورا الأبنية السكنية التقليدية في اللاذقية - سوريا تنحصر أدوارها في هذا المجال تقريبا.

الجدول (1): مواصفات الأبنية المدروسة.

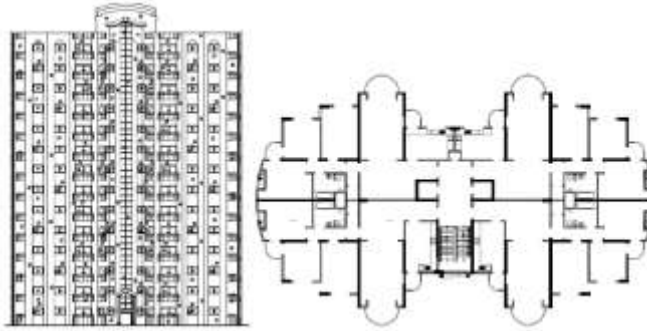
البناء	مساحة الطابق(م)	عدد الطوابق	$T_x(sec)$	$T_y(sec)$
ادخار 120	480	10	1.04	1.1
ادخار 130	520	10	0.99	1.08
ادخار 140	560	10	1.02	0.96
ادخار 150	600	14	1.72	1.46
ادخار 160	640	14	1.2	1.24
طابيات	350	12	1.26	1.14
عقار 1908	130	9	0.61	1.07



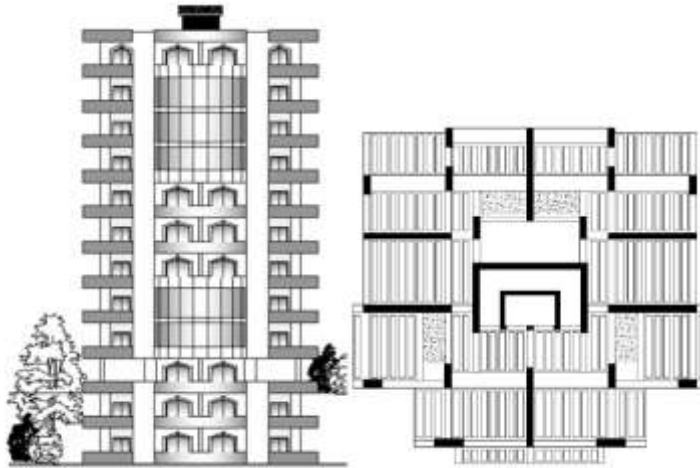
الشكل (5): الادخار السكني 120-130.



الشكل (6): الادخار السكني 140.



الشكل (7): الادخار السكني 150.

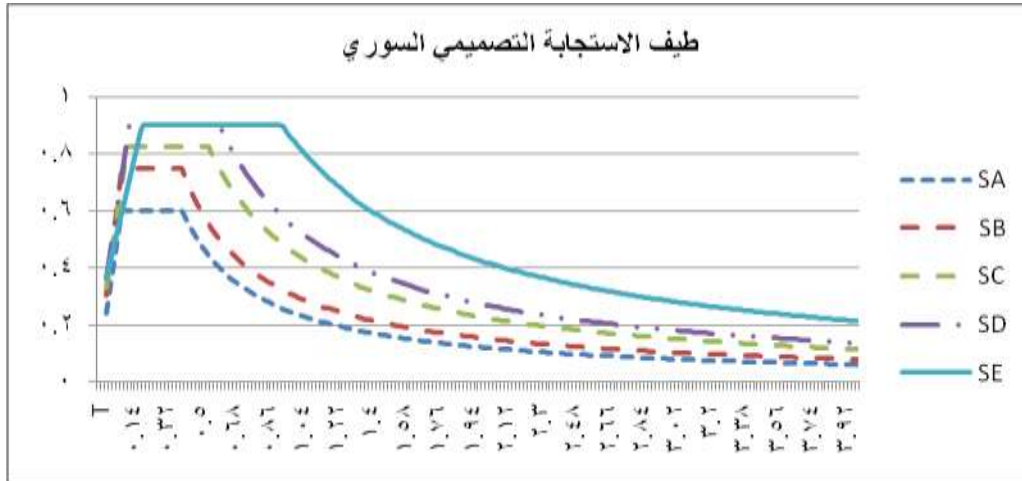


الشكل (8): بناء سكني برجى في حي الطابيات.



الشكل (9): العقار 1908 في ساحة الشيخ ضاهر.

- 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 اجل نوع التربة: .SA, SB, SC, SD, SE



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

2-7- اختيار السجلات الزمنية:

تم اختيار 10 مجموعات من السجلات الزلزالية تعود لأحداث زلزالية مختلفة بما يحقق اشتراطات الكود السوري منقاعدة البيانات الأوروبية (ESD)، وهي معرفة في الجدول (2) الذي يبين رقم المجموعة واسمها المكون من سبعة رموز (nx, ny). وأدرجت المجموعة الأولى في الشكل (11) من هذه السجلات، ويبين الجدول (3) اسم الحدث الزلزالي ورقم السجل بالإضافة لمعلومات مفصلة عن كل سجل في تلك المجموعة. بعد أن حددنا مجال القوة والمسافة للزلازل التي سيتم اختيارها انطلاقاً من نفس الدراسة (Hatem, 2012) [9] وفق ما يلي:

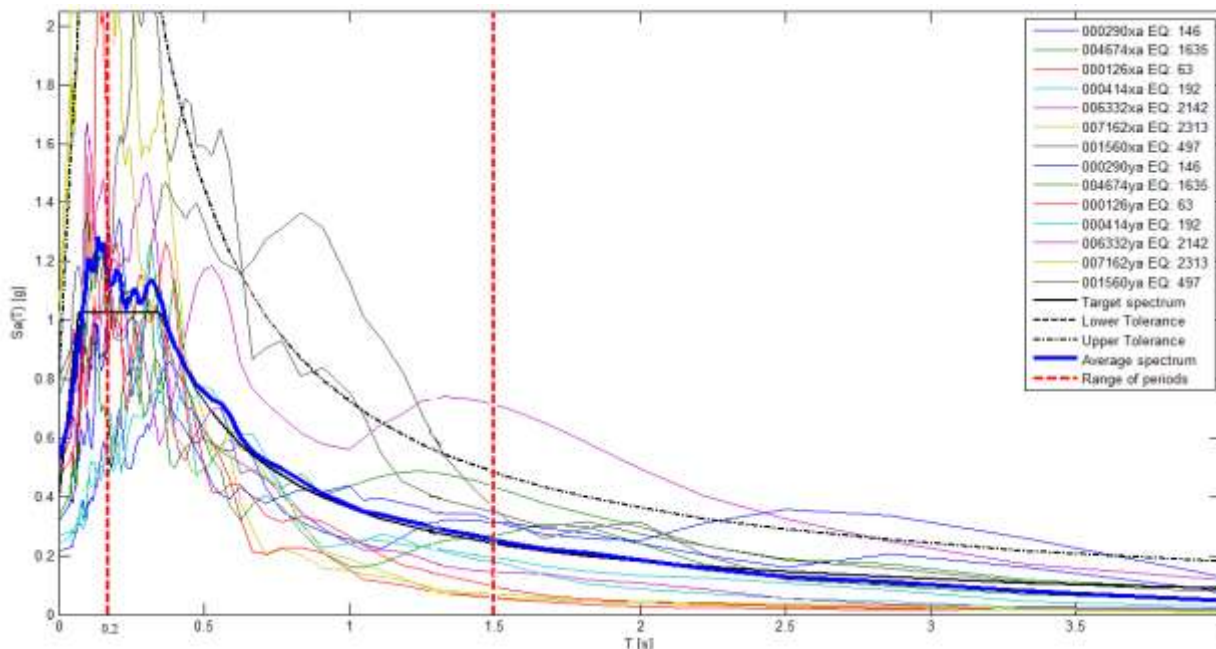
.M [4.5, 7.5] and D [10 km, 100 km]

علماً أن نوع التربة SC في عملية الاختيار كعينة إحصائية تمثل القيمة الوسطية للأطياف التصميمية في اللاذقية.

جدول (2): مجموعات السجلات الزلزالية المختارة.

Earthquake ID														
7162y	<u>716</u> <u>2x</u>	<u>633</u> <u>2y</u>	<u>633</u> <u>2x</u>	<u>467</u> <u>4y</u>	<u>467</u> <u>4x</u>	<u>156</u> <u>0y</u>	<u>156</u> <u>0x</u>	<u>414</u> <u>y</u>	<u>414</u> <u>x</u>	<u>290</u> <u>y</u>	<u>290</u> <u>x</u>	<u>126</u> <u>y</u>	<u>126</u> <u>x</u>	Set(1)
6349y	634 9x	467 4y	467 4x	156 0y	156 0x	594 y	594 x	414 y	414 x	290 y	290 x	126 y	126 x	Set(2)
7162y	716 2x	634 9y	634 9x	467 4y	467 4x	156 0y	156 0x	414 y	414 x	290 y	290 x	126 y	126 x	Set(3)
7162y	716 2x	467 4y	467 4x	156 0y	156 0x	414 y	414 x	290 y	290 x	126 y	126 x	74y	74x	Set(4)
7162y	716 2x	467 4y	467 4x	170 3y	170 3x	156 0y	156 0x	414 y	414 x	290 y	290 x	126 y	126 x	Set(5)
7162y	716 2x	633 2y	633 2x	467 4y	467 4x	156 0y	156 0x	290 y	290 x	126 y	126 x	55y	55x	Set(6)
4674y	467 4x	156 0y	156 0x	879 y	879 x	594 y	594 x	290 y	290 x	126 y	126 x	74y	74x	Set(7)
6263y	626 3x	467 4y	467 4x	156 0y	156 0x	879 y	879 x	594 y	594 x	290 y	290 x	126 y	126 x	Set(8)

7162y	716 2x	467 4y	467 4x	156 0y	156 0x	879 y	879 x	290 y	290 x	126 y	126 x	42y	42x	Set(9)
6349y	634 9x	467 4y	467 4x	156 0y	156 0x	879 y	879 x	501 y	501 x	290 y	290 x	126 y	126 x	Set(10)



الشكل (11): متوسط أطياف المجموعة الأولى (14 مركبة لسبعة زلازل) في مجال الدور قيد الاهتمام للدور $T = 1 \text{ sec}$.

جدول (3): المجموعة الأولى من السجلات الزلزالية المختارة.

Waveform ID	Earthquake ID	Station ID	Earthquake Name	Date	Mw	Fault Mechanism	Ep D [km]	PgaX m/s ²	PgaY m/s ²
290	146	ST96	CampanoLuca no	11/23 /1980	6.9	normal	32	2.1206	3.1662
4674	1635	ST2486	South Iceland	6/17 /2000	6.5	strike slip	5	3.1176	3.3109
126	63	ST35	Friuli (aftershock)	9/15/ 1976	6	thrust	21	4.6466	4.9562
414	192	ST163	Kalamata	9/13 /1986	5.9	normal	11	2.3537	2.6703
6332	2142	ST2483	South Iceland (aftershock)	6/21 /2000	6.4	strike slip	6	5.1881	5.5698
7162	2313	ST3297	Firuzabad	6/20 /1994	5.9	strike slip	7	9.8239	10.444
1560	497	ST541	Duzce 1	11/12 /1999	7.2	oblique	39	7.3108	7.8496

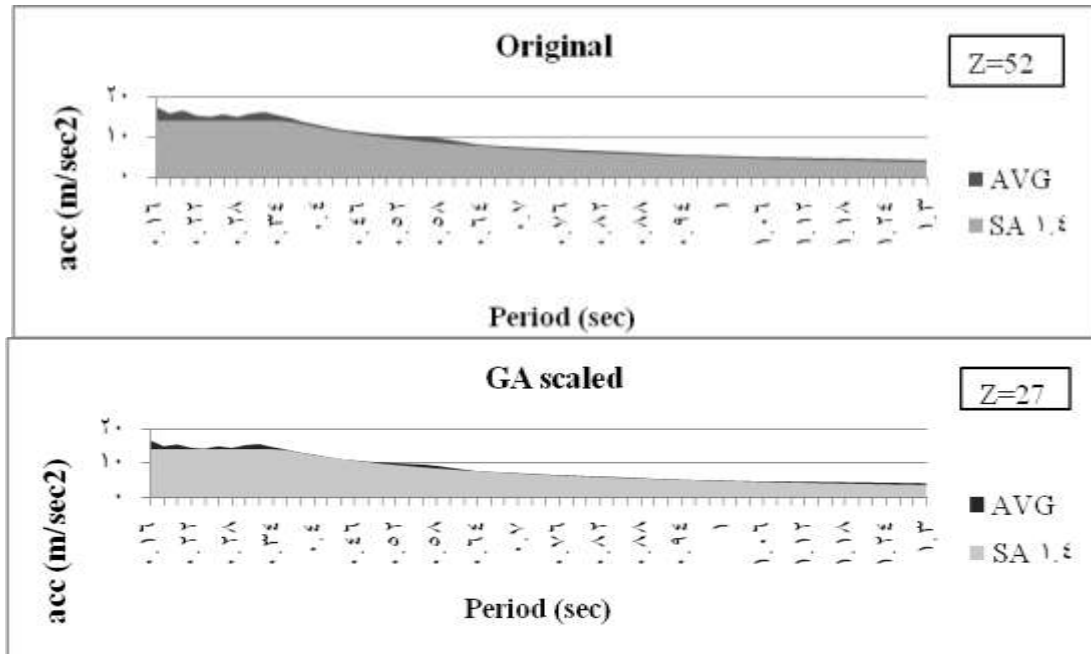
3-7- نتائج التقييم باستخدام الخوارزمية الجينية لمجموعات السجلات المختارة بالنسبة لكل الأدوار

المعتبرة:

فمنابتقيس المجموعات العشرة من السجلات الزمنية باستخدام طريقتين مختلفتين للتقييم، الطريقة الأولى ASCE وفق الكود السوري والطريقة الثانية (الخوارزمية الجينية) وفق تابع الهدف المفروض. وذلك لكل مجال دور قيد الاهتمام للأدوار الخمس السابقة حسب متطلبات الكود السوري

(0.02-0.15), (0.1-0.75), (0.2-1.5), (0.3-2.25), (0.4-3)

حيث تم حساب طيف SRSS(SRSS Response Spectrum) لكل زوج من المركبات الأفقية ثم المتوسط الحسابي لكل تلك الأطياف (AVG)، وحساب الطيف الهدف (1.4 SA) الذي يمثل 1.4 مرة من الطيف التصميمي المحسوب الخاص بالمنطقة المدروسة من أجل عمليات التقييم. ويبين الشكل (12) النتائج لكل من السجلات الأصلية والمقيسة بطريقة الخوارزمية الجينية، مع قيمة Z وذلك للمجموعة الأولى فقط وللدور T=1sec.

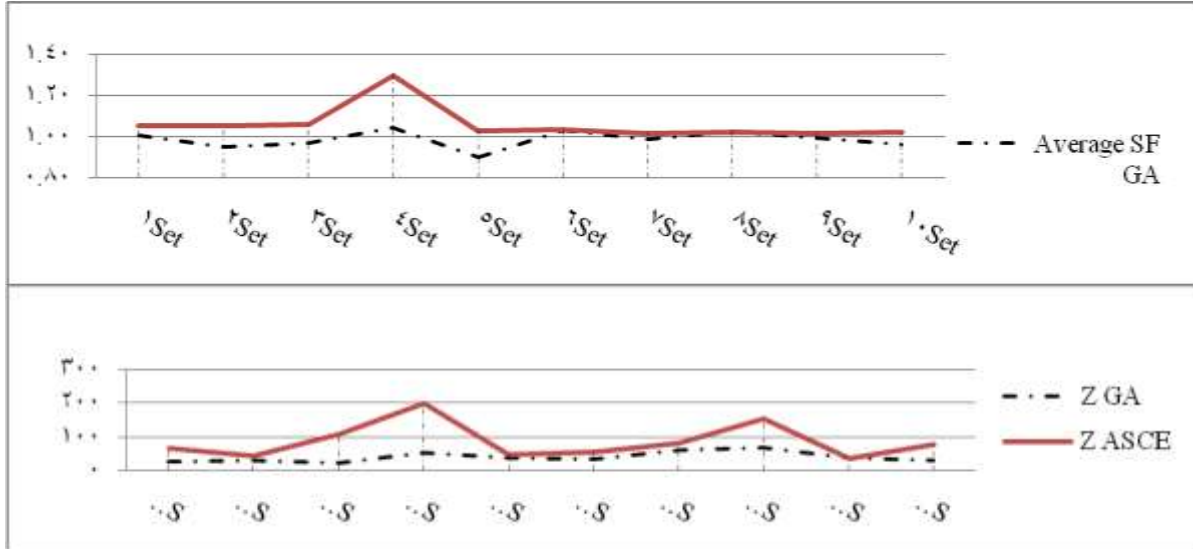


الشكل (12): متوسط أطياف الاستجابة AVG والطيف الهدف SA 1.4 في مجال الدور قيد الاهتمام لكل من السجلات الأصلية والمقيسة بطريقة الخوارزمية الجينية للمجموعة الأولى فقط على مجال الدور (0.2-1.5).

ثم تم حساب المتوسط الحسابي Average SF لمعاملات التقييم السبع لكل مجموعة، وأيضاً حساب مربع المساحة المحصورة (Z) بين الطيف الهدف والطيف المتوسط لكل مجموعة (الذي اعتبر تابع الهدف للخوارزمية). وأدرجت معاملات التقييم الناتجة للمجموعات العشرية الجدول (4) وذلك لمجال الدور قيد الاهتمام (0.2-1.5) الموافق للدور T = 1 sec فقط. كما تم توضيح فروقات المتوسط وقيم التابع الهدف في الشكل (13).

جدول (4): معاملات التقييس الخاصة بكل سجل من السجلات الزمنية.

Z GA	Average SF GA	SRSS(7)	SRSS(6)	SRSS(5)	SRSS(4)	SRSS(3)	SRSS(2)	SRSS(1)	SF GA
27	1.01	0.74	1.18	1.24	0.78	1.12	0.82	1.18	Set 1
31	0.95	0.90	1.31	0.83	1.40	0.51	0.73	1.00	Set 2
23	0.97	0.96	0.56	0.66	0.92	0.97	1.63	1.07	Set 3
52	1.05	0.90	1.30	0.59	1.28	1.50	0.96	0.81	Set 4
38	0.90	1.06	0.75	0.68	1.40	0.63	0.82	0.97	Set 5
34	1.03	0.59	0.96	1.40	0.73	0.83	1.63	1.07	Set 6
60	0.99	1.99	0.82	0.66	1.40	0.60	0.82	0.63	Set 7
68	1.02	0.63	1.79	0.69	1.21	0.61	0.83	1.41	Set 8
38	1.00	1.15	1.57	0.69	0.59	1.09	0.57	1.32	Set 9
32	0.96	1.50	1.20	0.72	0.68	0.57	0.83	1.24	Set 10
Z ASCE	Average SF ASCE	SRSS(7)	SRSS(6)	SRSS(5)	SRSS(4)	SRSS(3)	SRSS(2)	SRSS(1)	SF ASCE
65	1.05	1.17	1.03	1.20	0.52	1.09	1.23	1.13	Set 1
41	1.05	0.72	1.05	0.73	0.71	1.47	1.38	1.31	Set 2
108	1.06	1.24	0.69	1.26	0.52	0.92	1.13	1.68	Set 3
200	1.40	3.24	0.72	0.55	1.24	0.83	2.44	0.74	Set 4
47	1.03	0.72	1.31	0.96	0.66	1.29	1.35	0.94	Set 5
55	1.03	1.01	1.19	1.11	0.56	1.23	1.03	1.11	Set 6
79	1.02	1.05	0.73	0.98	0.71	1.38	1.31	0.99	Set 7
152	1.02	0.89	1.20	0.93	1.47	0.62	1.10	0.93	Set 8
34	1.02	0.72	1.31	0.66	1.03	1.35	0.94	1.12	Set 9
77	1.02	0.65	1.20	0.93	1.47	0.87	1.10	0.93	Set 10



الشكل (13): تغير المتوسط الحسابي لمعاملات التقييس لكل مجموعة والنتيجة عن التقييس باستخدام الطريقتين GA ، ASCE، وتغير مربع المساحة المحصورة بين الطيف المتوسط والطيف الهدف لكل مجموعة والنتائج عن التقييس باستخدام الطريقتين.

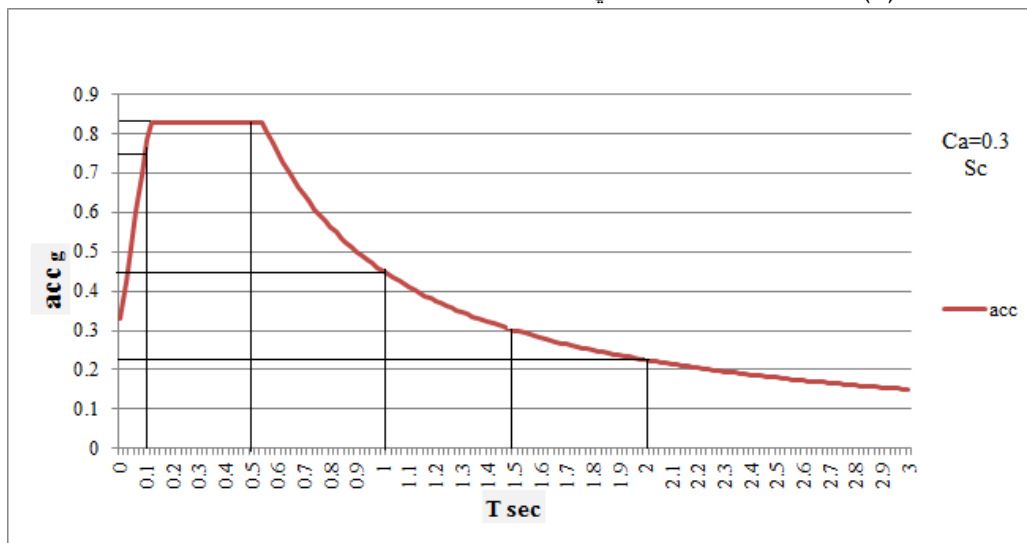
يلاحظ انخفاض القيم الناتجة عن التقييس باستخدام الخوارزمية الجينية عن مثيلاتها الناتجة عن التقييس باستخدام التقييس الموحد في مجال الزمن، كما يلاحظ انخفاض قيم التابع Z عند التقييس باستخدام الخوارزمية الجينية كما يبين الشكل (13). وهي نتائج موافقة لنتائج الباحث (Hwaija, Jdyd, 2015) [12]. حيث عملت طريقة التقييس باستخدام الخوارزمية الجينية GA على تأمين تطابق شبه تام بين متوسط 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. إضافة إلى ضبط المغالاة الناتجة عن عدم وجود حد علوي لمتوسط أطراف الاستجابة في اشتراطات الكود، حيث يسمح باختيار سجلات ذات أطراف استجابة مرتفعة المطال بدون حدود علوية لها مما ينعكس زيادة في الاستجابة.

4-7- التحليل اللاخطي للنماذج وحيدة درجة الحرية ثنائية الخطية

:Nonlinear Dynamic Analysis of Bilinear SDOF Systems

معظم الأبنية السكنية في الساحل السوري وجميع الأبنية المذكورة في البحث تعتمد على جملة جدران قص في مقاومة القوى الزلزالية، لذلك سوف نعتمد في هذه الدراسة معامل مطاوعة $R = 4.5$ حسب الكود السوري لكل النظم المفروضة. وبما أن الأدوار التي يجب أخذها بعين الاعتبار من أجل تغطية كل المدى الزمني في الطيف التصميمي هي (0.1 sec - 0.5 sec - 1 sec - 1.5 sec - 2 sec) تم اعتماد خمسة نماذج وحيدة درجة الحرية لكل تلك الأدوار. ويهدف المقارنة تم حساب الاستجابة الطيفية $D_{res} = Sa/w^2$ لكل نظام اعتمادا على قيمة الدور الخاص به T ؛ حيث $T = 2\pi/w$ ؛ كما يوضح الجدول (5) في السطر الثالث، وهي قيمة الاستجابة الطيفية المحسوبة من قيمة التسارع الطيفي Sa المقابل لدور كل نظام والمأخوذ من طيف الاستجابة التصميمي المعني الموضح في الشكل (14). وذلك ضمن المجال المسموح به للتخامد (Hudson, 1956) [10] حيث يسمح بالتعبير عن الاستجابة بدلالة التسارع الطيفي الوهمي عند هذه القيم الصغيرة للتخامد. كما تم حساب نسبة القص القاعدي SR Shear Ratio لكل

نظام، حيث $SR = P_1/W$: وزن النظام و P_1 قوة القص القاعدي وفق الطريقة الستاتيكية المكافئة في الكود السوري كما يبين الجدول (5). حيث Ca المعامل الزلزالي.



الشكل (14): قيم التسارع الطيفي المقابلة لدور كل نظام على طيف الاستجابة التصميمي المعني.

الجدول (5): الاستجابة الطيفية ونسبة القص القاعدي للنظم المختارة.

$D_{res} = Sa/w^2 = Sa(T)^2/4(\pi)^2$, $SR = P_1/W = Ca / (R.T)$					
(Soil Condition) SC, R = 4.5, $\alpha = 0.03$, Ca=0.3					
T (sec)	0.10	0.50	1.00	1.50	2.00
Sa (g)	0.78	0.83	0.45	0.30	0.23
D_{res} (mm)	1.95	51.30	111.93	167.90	223.87
$SR = P_1/W$	0.73	0.15	0.07	0.05	0.04

بعد ذلك تم حساب الاستجابة للاختبار لكل نظام على المركبتين الأفقيتين لكل سجل زلزالي من السجلات الزمنية المقيسة باستخدام برنامج Prism، وذلك بإجراء 700 عملية تحليل بهدف إيجاد الاستجابات للنظم وحيدة درجة الحرية المستخدمة لكل مجموعة من المجموعات العشر ونظمت في جداول. نعرض منها الاستجابات D الخاصة بالنظام ذو الدور $T = 0.1$ sec على المركبتين X و Y في الجدول (6). والتي هي نتيجة القيام بإجراء 140 عملية تحليل لهذا النظام باستخدام المركبات الأفقية للسجلات الزمنية المختارة بعد ضربها بمعاملات التقييس الناتجة عن تقييس تلك السجلات في المجال الزمني (0.02-0.15).

الجدول (6): الاستجابات الخاصة بالنظام ذو الدور $T = 0.1$ sec على المركبتين X و Y.

(Soil Condition) SC, R = 4.5, $\alpha = 0.03$, T = 0.1 sec							
D (mm)	X(1)	X(2)	X(3)	X(4)	X(5)	X(6)	X(7)
Set 1	2.80	0.76	1.25	1.55	3.60	4.49	6.98
Set 2	2.07	0.68	0.57	4.70	1.66	4.14	4.00

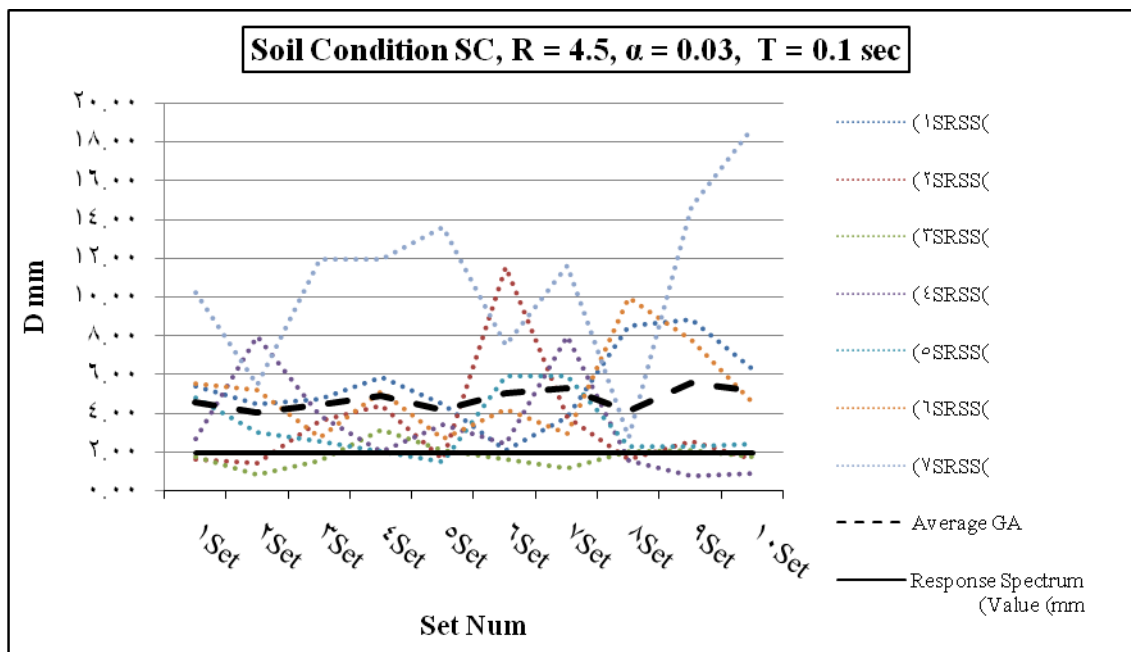
Set 3	2.34	1.54	1.08	1.84	1.28	1.97	7.19
Set 4	3.57	1.98	1.40	1.42	1.18	4.06	7.19
Set 5	2.00	0.77	1.26	1.91	0.92	1.45	6.99
Set 6	1.73	6.82	0.78	1.46	4.84	3.77	5.79
Set 7	2.23	1.68	0.56	4.70	0.63	1.63	9.08
Set 8	4.30	0.77	1.39	1.16	1.37	8.31	2.20
Set 9	2.39	1.16	1.02	0.56	1.37	6.54	7.55
Set 10	3.11	0.77	0.73	0.65	1.43	3.29	8.23
D (mm)	y(1)	y(2)	y(3)	y(4)	y(5)	y(6)	y(7)
Set 1	4.61	1.36	1.24	2.18	3.14	3.25	7.39
Set 2	3.94	1.21	0.57	6.43	2.49	3.14	3.67
Set 3	4.07	3.26	1.08	3.39	2.20	1.88	9.47
Set 4	4.60	3.92	2.80	1.42	1.56	3.12	9.48
Set 5	3.93	1.36	1.67	2.85	1.12	2.24	11.65
Set 6	1.08	9.28	1.38	1.94	3.40	1.91	4.74
Set 7	3.04	3.35	0.99	6.43	5.90	2.40	7.15
Set 8	7.32	1.37	1.47	1.08	1.82	5.50	1.60
Set 9	8.50	2.21	1.80	0.53	1.82	4.16	12.51
Set 10	5.40	1.37	1.56	0.61	1.91	3.15	16.83

بالإضافة لمحصلة الاستجابة SRSS والمتوسط Average لتلك الاستجابات الخاصة بكل مجموعة من المجموعات العشر في الجدول (7) وفي الشكل (15).

الجدول (7): محصلة الاستجابات SRSS الخاصة بالنظام ذو الدور $T = 0.1 \text{ sec}$ لكل المجموعات والمتوسط Average لكل مجموعة لوحدها.

D (mm)	$\sqrt{X_1^2 + Y_1^2}$	$\sqrt{X_2^2 + Y_2^2}$	$\sqrt{X_3^2 + Y_3^2}$	$\sqrt{X_4^2 + Y_4^2}$	$\sqrt{X_5^2 + Y_5^2}$	$\sqrt{X_6^2 + Y_6^2}$	$\sqrt{X_7^2 + Y_7^2}$	Average
Set 1	5.39	1.56	1.76	2.67	4.78	5.54	10.17	4.55
Set 2	4.45	1.39	0.81	7.96	2.99	5.20	5.43	4.03
Set 3	4.69	3.61	1.53	3.86	2.55	2.72	11.89	4.41
Set 4	5.82	4.39	3.13	2.01	1.96	5.12	11.90	4.90
Set 5	4.41	1.56	2.09	3.43	1.45	2.67	13.59	4.17

Set 6	2.04	11.52	1.59	2.43	5.91	4.23	7.48	5.03
Set 7	3.77	3.75	1.14	7.96	5.93	2.90	11.56	5.29
Set 8	8.49	1.57	2.02	1.58	2.28	9.97	2.72	4.09
Set 9	8.83	2.50	2.07	0.77	2.28	7.75	14.61	5.54
Set 10	6.23	1.57	1.72	0.89	2.39	4.55	18.73	5.16



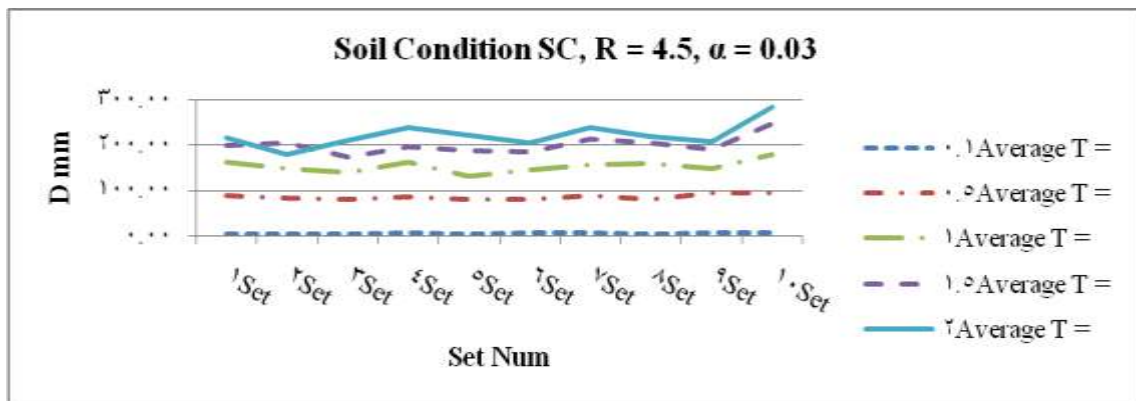
الشكل (15): محصلة الاستجابات الخاصة بالنظام ذو الدور $T = 0.1 \text{ sec}$ لكل المجموعات والمتوسط Average لكل مجموعة لوحدها.

ثم قمنا بجمع المتوسط Average لكل من الاستجابات الخاصة بكل نظام في الجدول (8)، وتم عرض النتائج في الشكل (16). بالإضافة لحساب القيم الأعظمية والأصغرية لتلك القيم وحساب المتوسط الكلي لكل نظام لوحده Total Average والانحراف المعياري والنسبة بين المتوسط الكلي وبين الانحراف المعياري، وتم عرض النتائج في الأشكال (17) و(18).

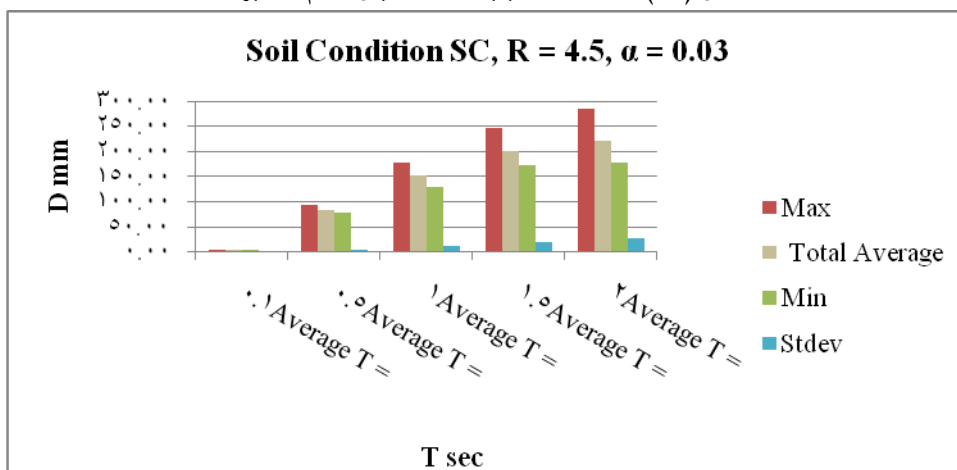
الجدول (8): محصلة الاستجابات الخاصة بكل النظم المعتبرة للمركبتين X و Y.

D (mm)	Average T = 0.1	Average T = 0.5	Average T = 1	Average T = 1.5	Average T = 2
Set 1	4.55	87.11	160.79	198.03	217.26
Set 2	4.03	81.42	147.09	203.75	179.00
Set 3	4.41	80.35	138.70	174.00	210.38
Set 4	4.90	86.58	161.25	197.29	239.98
Set 5	4.17	79.24	130.23	188.45	222.46

Set 6	5.03	79.20	143.16	186.55	204.37
Set 7	5.29	87.87	155.64	214.16	238.56
Set 8	4.09	80.46	158.99	205.40	219.18
Set 9	5.54	94.08	147.04	190.17	207.50
Set 10	5.16	94.34	178.45	247.20	284.94
Max	5.54	94.34	178.45	247.20	284.94
Min	4.03	79.20	130.23	174.00	179.00
Total Average	4.72	85.06	152.13	200.50	222.36
Standard Deviation	0.54	5.84	13.75	19.91	28.07
Stdev/Aver	0.11	0.07	0.09	0.10	0.13



الشكل (16): محصلة الاستجابات الخاصة بكل النظم المعتبرة.

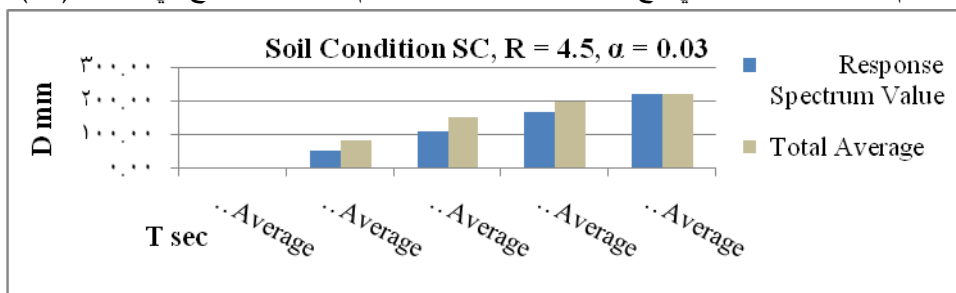


الشكل (17): متوسط محصلة الاستجابات الخاصة بكل النظم المعتبرة مع القيم الأعظمية والأصغرية والانحراف المعياري.



الشكل (18): نسبة الانحراف المعياري لكل نظام إلى المتوسط الكلي لاستجابات الخاصة به.

وفي النهاية تم مقارنة المتوسط الكلي مع الاستجابة الطيفية لكل نظام وعرضت النتائج في الشكل (19).



الشكل (19): مقارنة متوسط محصلة الاستجابات الخاصة بكل النظم المعترق مع الاستجابة الطيفية لكل نظام.

- ملاحظة 1-** ثبات القيم الناتجة عن حساب المتوسط لكل مجموعة مكونة من سبع سجلات كما يظهر في الشكل (9) للنظام الأول $T = 0.1 \text{ sec}$ بالرغم من الاختلاف الشديد في الاستجابات لكل سجل لوحده. مع تسجيل زيادة ملحوظة في قيمة الاستجابة لكل مجموعة عن الاستجابة الطيفية لها والمحسوبة من أجل النظام نفسه.
- 2 ثبات قيم المتوسط لكل مجموعة مكونة من سبع سجلات كما يظهر في الشكل (10) لكل الأنظمة، كما يدل على ذلك الثبات صغر قيم الانحراف المعياري لكل نظام والذي يظهر في الشكل (11)، بالإضافة لثبات وصغر قيمة النسبة بين المتوسط الكلي و الانحراف المعياري كما يظهر في الشكل (12).
- 3 ازدياد ملحوظ في قيمة المتوسط الكلي لاستجابة السجلات الزمنية عن تلك المحسوبة كاستجابة طيفية.

الاستنتاجات والتوصيات:

- بعد إجراء 700 عملية تحليل لإيجاد الاستجابات للنظم المستخدمة ومقارنتها توصلنا إلى النتائج التالية:
1. ثبات نتائج التحليل للمجموعات المختارة بشكل جيد وانخفاض التبعثر في الاستجابة الإنشائية، مما يدل على مشروعية استخدامها في التحليل باستخدام السجل الزمني.
 2. يعطي التحليل باستخدام السجل الزمني استجابات أعلى من الاستجابات الطيفية بشكل عام، كون الأخيرة هي طريقة تقريبية لحساب الاستجابات.
 3. يمكن للمهندس السوري المصمم الاستفادة من مجموعات السجلات الزلزالية التي اختيرت وقبضت لاستخدامها في التحليل وفق متطلبات الكود، وذلك بعد أن قمنابالتحقق وشرعنة استخدامها حسب الأدبيات والكودات المختصة. بناء على ما تم التوصل له من نتائج نوصي باستخدام الخوارزمية الجينية في إيجاد معاملات التقييم الأمثل، وأيضا نوصي بإجراء دراسة الاستجابة على نماذج حقيقية لاختبار النتائج التي تم التوصل لها.

المراجع:

- [1]. American Society of Civil Engineers. (2007). ASCE/SEI 41-06. Seismic rehabilitation of existing buildings, American Society of Civil Engineers, Reston, Va.2007.
- [2]. Bommer JJ, Acevedo AB. The use of real earthquake accelerograms as input to dynamic analysis. J Earthquake Eng 2004;8(4):1–50
- [3]. CSI Software | Computers and Structures, Inc. available at: <http://www.csiamerica.com/products/etabs/>. [Quoted, 2014].
- [4]. Chopra, A.K., Chintanapakdee, C., (2003). Inelastic Deformation Ratios for Design and Evaluation of Structures: Single-Degree-of-Freedom Bilinear Systems, EERC Report, EERC-2003-09, University of California, Berkeley- USA, pp: 87.
- [5]. DEB, K. 2001. Multi-objective optimization using evolutionary algorithms, Wiley Interscience, Hoboken, U.S.A.
- [6]. Dubertret, L., Review of the structural geology of the Red Sea and Surrounding areas, Royal Society of London philosophical transactions, Series A 267,1970, 9-20.
- [7]. Graizer V. Kalkan E. Prediction of Response Spectral Acceleration Ordinates based on PGA Attenuation, Earthquake Spectra, Vol. 25, No. 1,2009, pp. 36 – 69.
- [8]. Graham Brew and MuawiaBarazangi, Tectonic and Geologic Evolution of Syria GeoArabia, Vol. 6, No. 4, 2001 Gulf PetroLink, Bahrain 573.
- [9]. Hatem M. El Ssayed¹, Hussam E. Zaineh², Draji Dojcinovski³, Vladimir Mihailov³. Re-Evaluations of Seismic Hazard of Syria. International Journal of Geosciences, 2012, 3, 847-855 doi:10.4236/ijg.2012.324085 Published Online September 2012. <http://www.SciRP.org/journal/ijg/>
- [10]. Hudson, D.E. (1956), Response Spectrum Techniques in Engineering Seismology, World Conference on Earthquake Engineering, Berkeley, California.
- [11]. HOLLAND, J.H. 1975. Adaptation in natural and artificial systems. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, U.S.A.
- [12]. HWAJIA, B. JDYD, S. “*Selecting Real Seismic Records and Scaling it to Fit the Syrian Design Spectra using Genetic Algorithm*” Journal of Al Baath University, Syria, Vol. 37, 2015.
- [13]. Iervolino I., Maddaloni G., Cosenza E. (2008). Eurocode 8 compliant real record sets for seismic analysis of structures. Journal of Earthquake Engineering, 12(1):54-90.
- [14]. Iervolino I., Cornell C.A. . Record selection for nonlinear seismic analysis of structures. Earthquake Spectra, 21(3):2005,685-713.
- [15]. Iervolino I, Galasso C . REXEL 2.31 beta—tutorial, 2009,available at:<http://www.reluis.it/doc/software/>.
- [16]. Kalyan R. Piratla, Investigation of sustainable and resilient design alternatives for water distribution networks, Urban Water Journal, 2015, 1<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/1573062X.2014.994001>
- [17]. Malcolm Sambridge and Kerry Gallagher ,Earthquake hypocenter location using genetic algorithms, 1993, by the Seismological Society of America M <http://bssa.geoscienceworld.org/content/83/5/1467.abstract>
- [18]. Morley 2008. “A Framework for Evolutionary Optimization Applications in Water Distribution Systems”. Submitted by Mark Stephen Morley, to the University of Exeter as a thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Engineering, March 2008. <https://ore.exeter.ac.uk/repository/handle/10036/42400>.

- [19]. Naeim F, Alimoradi A, Pezeshk S. Selection and scaling of ground motion time histories for structural design using genetic algorithms. *Earthquake Spectra* 2004;20(2):413–26.
- [20]. Oyarzo-Vera. “comparison of record scaling methods proposed by standards currently applied in different countries”. 2008.10/2011 <http://www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/14_08-02-0033.pdf>
- [21]. <http://www.solvexl.com/>.
- [22]. <http://sem.inha.ac.kr/prism/>.
- [23]. Ruiz-Garcia, J.E. and Miranda, E., (2002). Influence of stiffness degradation on strength demands of structures built on soft soil sites, *Engineering Structures*, 24, 1271-1281, 2002.
- [24]. 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): 551-561
- [25]. Song, J.K. and Pincheria, J.A., (2000). Spectral displacement demands of stiffness-and strength-degrading systems, *Earthquake Spectra*, 16(4), 817-853, 2000.
- [26]. Syrian Arab Code – Appendix 2. Design And Check Of Seismic Resistant Buildings And Constructions. 2en Edition, Damascus, Syria, 2012, 254p.
- [27]. Watson-Lamprey J, Abrahamson N. Selection of ground motion time series and limits on scaling. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 2006;26:477–482
- [28]. Y. M. Fahjan “procedures for real earthquake time histories scaling and application to fit Iranian design spectra” international institute of earthquake engineering and seismology (IIEES), 2007.