

## تقييم المخاطر الزلزالية في مدينة جرمانا باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

م. نشأت السمعان\* د. خالد عمر\*\*

م. عبد المطلب الشلبي\*\*\*

### الملخص

تهدف هذه الدراسة الى تقييم المخاطر الزلزالية على مدينة جرمانا باستخدام نظم المعلومات الجغرافية للوصول إلى عملية إعادة إعمار مستدامة بعد أخذ جميع المعايير بعين الاعتبار كمعايير الحركة الأرضية، ومعايير الدور المسيطر، وتضخيم التربة، ومعايير انهيار التربة كالتميع والتفلق والانزلاق والتكهف، إضافة إلى معايير المباني والكثافة السكانية. أظهرت النتائج أن قيم الدور المسيطر للتربة تراوحت بين 0.62 و 0.64، كما تراوحت قيمة معامل التضخيم الأعظمي بين 1.7 و 3.5، كما أظهرت النتائج درجات خطر مرتفعة على أجزاء واسعة من المدينة، وخصوصاً في المناطق العشوائية والمناطق الحاوية على المباني ذات الارتفاع الطابقي 6 و 7 و 8، وأوصت هذه الدراسة بضرورة تنظيم المناطق العشوائية، وأن يؤخذ بعين الاعتبار

\* رئيس قسم - المركز الوطني للزلازل - دمشق.

\*\* باحث - المركز الوطني للزلازل - دمشق

\*\*\* باحث مساعد - المركز الوطني للزلازل - دمشق

الدور المسيطر وعامل التضخيم الأعظمي للتربة عند منح تراخيص البناء، وعند إعداد المخططات التنظيمية لمناطق تنظيم جديدة، بالإضافة إلى التقيد بنظام ضابطة البناء واشتراطات الكود العربي السوري.

**الكلمات المفتاحية:** تقييم المخاطر الزلزالية، نظم المعلومات الجغرافية، جرمانا، سوريا.

## Seismic risk assessment in Jaramana city using GIS

Eng. Nashaat Alsemaan\*      Dr. Khaled Omar\*\*

Eng. Abdolmutalib Alchalabi\*\*\*

### Abstract

This study aims to assess the seismic risks of Jaramana city using geographic information systems to reach a sustainable reconstruction process after taking all the criteria into account such as the criteria of ground motion and the criteria of the fundamental period and amplification factor of the soil and the criteria of the ground failure such as liquefaction, landsliding, surface fault rupture and cavitations as well as the criteria of buildings and population density.

The results showed that the values of the fundamental period of soil ranged between 0.62 and 0.64, and the value of the amplification factor ranged between 1.7 and 3.5, and they showed high risk for large parts of the city, especially in slums and areas with buildings with 6-7-8 roofs. This study recommended the necessity of reconstruction the slums and taking into consideration the fundamental period of the soil in granting building permits and adjusting the construction processes in accordance with the Syrian Arab code.

**Keywords:** Seismic Risk Assessment, GIS, Jaramana, Syria.

---

\* A department head - national earthquake center

\*\* Researcher - national earthquake center

\*\*\* Researcher assistant - national earthquake center

## 1- المقدمة:

تعد الزلازل من أشد الكوارث الطبيعية خطراً على الإنسان وتؤدي إلى خسائر بشرية ومادية كبيرة، وما يزيد من خطورتها فجائية حدوثها مما لا يترك مجالاً لنجاة الإنسان من الدمار الذي يلحق بالمباني والمنشآت التي يشغلها، ونتيجة لصعوبة التنبؤ بحدوث الزلازل فكان لا بد من التركيز على دراسات تقييم المخاطر الزلزالية للتخفيف منها.

تقع مدينة جرمانا على حوض دمشق الرسوبي المكون من رسوبيات الرباعي (Q3) على السطح والتي تمثل أحد العوامل المهمة لتضخيم الإشارة الزلزالية، وتمتاز هذه المدينة بأهمية اجتماعية واقتصادية، فهي منطقة توسع سكاني لمدينة دمشق وذات كثافة سكانية عالية، حيث يتجاوز عدد سكانها 300 ألف نسمة ويتجاوز عدد مبانيها 5750 بناءً بجملة إنشائية إطارية بيتونية وارتفاعات طباقية تتراوح بين 2-8 طابق، وجزء من هذه المباني بني بشكل عشوائي ولم تخضع لضابطة البناء أو اشتراطات الكود العربي السوري، علاوة على قرب المدينة من مصدر زلزالي مهم وهو نظام البحر الميت الصدعي وفروعه النشطة تكتونيا والتي ولدت وفقاً للسجلات التاريخية العديد من الزلازل المدمرة كزلزال عام 1759م الذي حدث على صدع سرغايا وكان قدره 7.4 والذي أوقع آلاف الضحايا وتسبب بخسائر مادية فادحة، كما تقع المدينة ضمن المنطقة الزلزالية ( $200-250 \text{ cm/s}^2$ ) 2C من خارطة التسارعات الأرضية الأعظمية حسب ملحق الكود العربي السوري [SES., 2013]، وتم تقدير التسارع الأرضي الأعظمي على الصخر الأساس الواصل للمدينة  $148 \text{ cm/s}^2$  حسب مشروع تخفيف المخاطر الزلزالية العالمي GSHAP، وتم دراسة مقطع التربة في المدينة وكان صنف مقطع التربة هو C [Zaineh et al., 2012]، وعامل التضخيم العام للموقع A=1.2 [IBC., 2009].

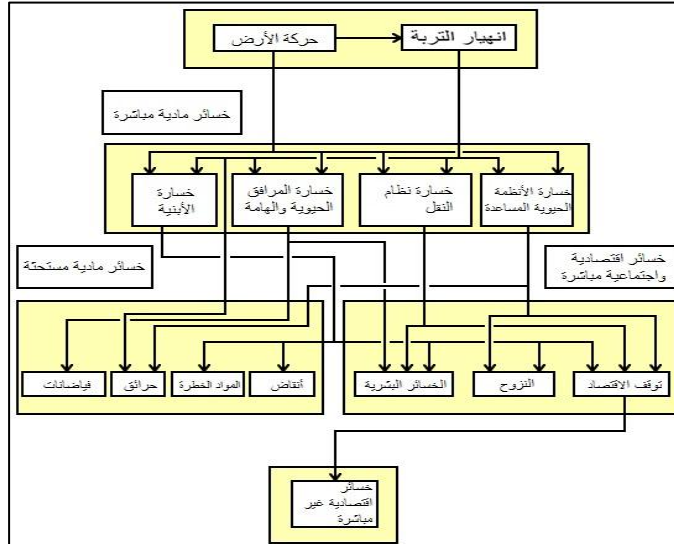
يوجد العديد من الدراسات المرجعية في سوريا لتقييم الخطر الزلزالي حيث قامت [Mohamad, 2004] بدراسة الأوضاع الهيدرولوجية في سهل دمشق وأثرها على

التمنطق الزلزالي لمدينة دمشق باستخدام تقانة نمذجة المحاكاة الرقمية، وتوصلت لتحديد المعاملات الأرضية كالسرعة والتسارع والتضخيم للزلازل على عدة مسارات ثنائية البعد في الجزء المركزي من حوض دمشق، وأجرى [Ahmad, 2005] دراسة خصائص التربة الزلزالية والمواصفات الديناميكية للأبنية في مدينة طرطوس، وتوصل إلى وضع خارطة التمنطق الزلزالي لمدينة طرطوس، كما أجرى [Mohamad and Semaan., 2009] دراسة المخاطر الزلزالية في مدينة دمشق باستخدام نظم المعلومات الجغرافية حيث توصلوا لإثشاء نموذج شبكي للحصول على الخطر الزلزالي على بعض الأبنية المشادة في مدينة دمشق، وقام [Zaineh et al., 2010] بدراسة للتمنطق الزلزالي لمدينة دمشق باستخدام قياسات الاهتزازات الدقيقة، كما درست [Khalil et al., 2012] تأثير الجيولوجيا السطحية في التجاوب الأرضي بالاعتماد على تقنية نكامورا في منطقة الغوطة الشرقية، وقامت [Nakshbandy et al., 2013] بدراسة الخواص الديناميكية لبعض الأبنية قليلة الارتفاع باستخدام قياسات الضجيج الأرضي في الغوطة الشرقية، حيث قامت بإيجاد الدور الأساسي ونسبة التخامد لعدد من نماذج الأبنية ومقارنتها مع الدور المسيطر للتربة لدراسة ظاهرة الطنين، وقام [Alchalabi et al., 2013] بنمذجة تسارعات الحركة الأرضية في مدينة دمشق ودراسة تأثيرها في الاستجابة الزلزالية للأبنية البيتونية المسلحة، حيث قام ببناء خرائط التسارع الأرضي الأعظمي على الصخر الأساس في حوض دمشق باعتماد ثلاثة مصادر زلزالية رئيسة مؤثرة، وهي: فالق سرغايا، وفالق بسيمة، وفالق دمشق.

## 2- هدف البحث والطرائق المستخدمة:

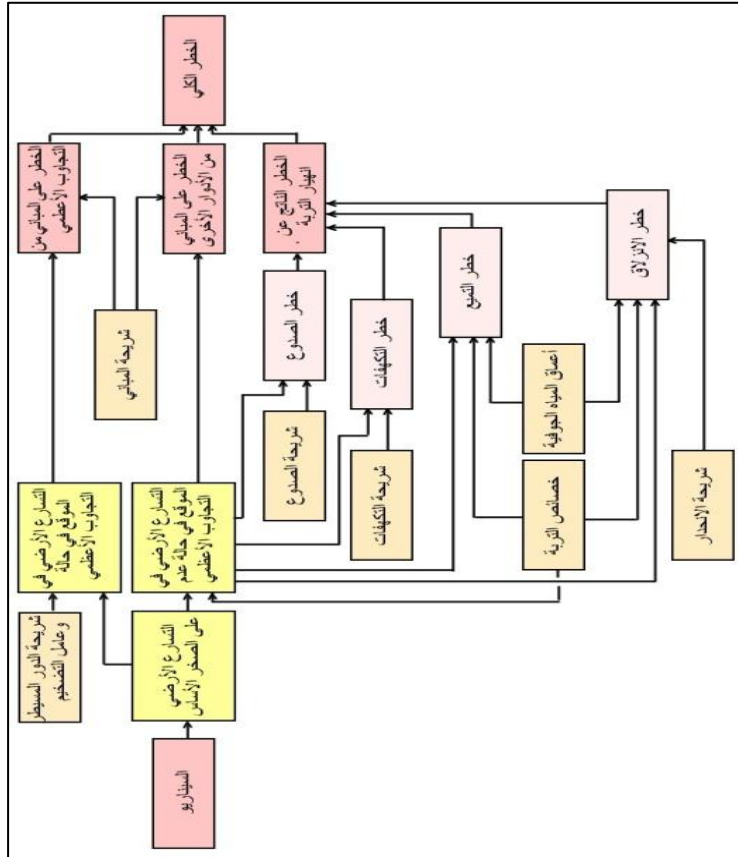
يهدف هذا البحث إلى تقييم المخاطر الزلزالية في مدينة جرمانا وذلك من خلال:  
1- تحديد الدور المسيطر T0 للتربة وعامل التضخيم الأعظمي A0 باستخدام قياسات الضجيج الزلزالي المسجلة من قبل المركز الوطني للزلازل.

- 2- استنتاج معادلة الانحدار بين الدور الأساسي للبناء والارتفاع الطباقي بعد الحصول على الأدوار الأساسية لعدد من نماذج المباني في المدينة.
- 3- استنتاج خارطة الطنين الزلزالي والتي تحدد نماذج الأبنية التي ستقع في حالة الطنين الزلزالي، ومعامل التضخيم للإشارة الزلزالية الناتج عن تأثير الموقع.
- 4- إنشاء الخارطة الرقمية للأبنية في المدينة متضمنة الارتفاع الطباقي والدور الأساسي للمبنى والمساحة وتكاليف البناء والإكساء بما فيها المحتويات وعدد القاطنين في البناء.
- 5- الحصول على خارطة التسارع الأرضي الأعظمي على الصخر الأساس الواصلة إلى المدينة والناتجة عن المصادر الزلزالية الرئيسة المؤثرة فيها، كفالق سرغايا وفالق بسيمة وفالق دمشق.
- 6- استنتاج خارطة درجات الخطر وخارطة تأثر المباني بعد إنشاء النماذج الشبكية الخاصة بذلك.



الشكل(1): منهجية تقدير خسائر الزلازل حسب FEMA

يبين الشكل(1) المنهجية المتبعة في تقدير خسائر الزلازل من قبل هيئة إدارة الطوارئ الأمريكية FEMA كما يبين الشكل(2) المنهجية المتبعة في هذه الدراسة والتي هي جزء من منهجية FEMA بعد أن تم تعديلها بحيث تأخذ بعين الاعتبار حالة الطنين الزلزالي.



الشكل(2):

منهجية تقدير الخسائر في المباني المعتمدة في الدراسة

تم إجراء قياسات الضجيج الزلزالي باستخدام جهاز رصد الحركات الخفيفة Weak Motion من صناعة شركة [Camina, 2009] GeoSIG في ثمانى نقاط في المدينة، وتم تحليل القياسات باستخدام تحويل فورييه السريع FFT في برنامج Geopsy [Mirzaogl et al., 2003] وذلك بعد أن تم تحويل إشارة الضجيج إلى ملف Text باستخدام برنامج [Razinkov, 2004] GeoDAS، وتم الحصول على معادلة الانحدار الخطي بين دور الأبنية والارتفاع الطائقي، كما تم استخدام برنامج [UMD, 2013] UMD للحصول على صورة فضائية لمنطقة الدراسة واستخدام برنامج نظم المعلومات الجغرافية [Glennon et al., 2006] ArcGIS للحصول على شرائح الأبنية والطين الزلزالي والتسارع الأرضي الأعظمي على الصخر الأساس، وشريحة درجات الخطر، وشريحة تأثير المباني.

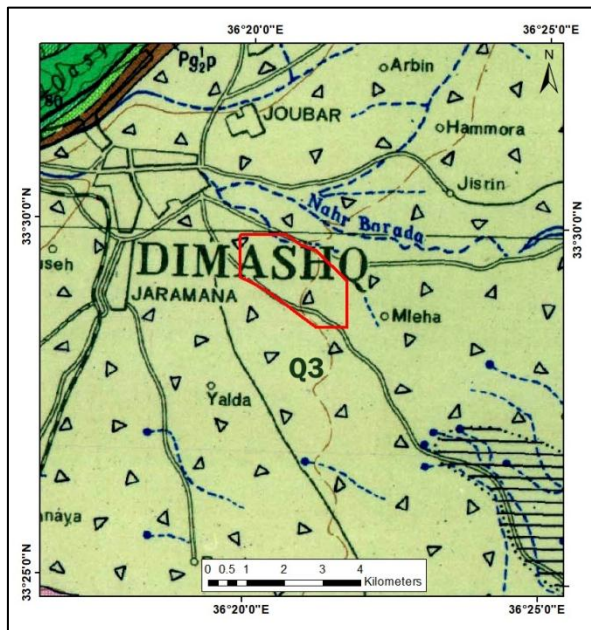
### 3- الوضع الجيولوجي والتكتوني لمنطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة ضمن حوض دمشق الرسوبي الممتد من جبل قاسيون شمالاً وغرباً، وبحيرتي العتيبة والهيجانة شرقاً، وجبل أبو عزيز وثل سلطان بيازيد البركانيين جنوباً، وتتكشف في الحوض صخور تعود أعمارها إلى كل من عصور الكريتاسي والباليوجين والنيوجين والرباعي، أما في منطقة الدراسة فيتكشف البليستوسين الأعلى (Q3) بتوضعات قارية Proluvial، ويبين الشكل (3) الخارطة الجيولوجية مقياس 1:200000 موقع عليها منطقة الدراسة [TECHNOEXPORT, 1963].

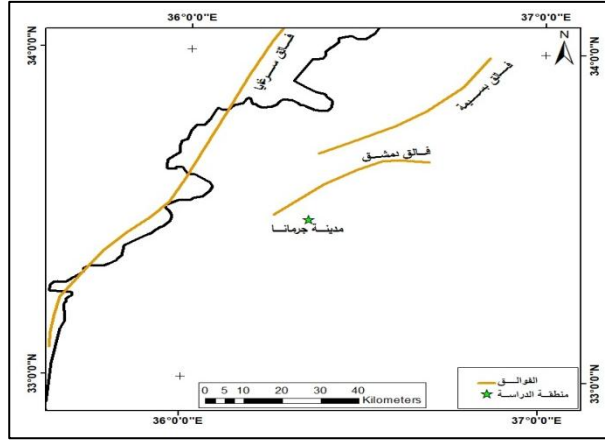
ومن الناحية التكتونية فإن حوض دمشق يقع في الجزء الشمالي الغربي من الصفيحة العربية المحاطة بمجموعة من البنيات التكتونية الرئيسية النشطة، حيث يحد الحوض من الغرب منظومة صدوع البحر الميت Dead Sea fault system، ويبلغ طوله حوالي 1000 كم منها حوالي 500 كم ضمن الأراضي السورية [Gomez et al., 2003]، وقدّر معدل الإزاحة على هذا الجزء من الصدع بحدود 0.6 مم/سنة، [Alchalabi et al., 2010]، ويتفرع عن الصدع الرئيس صدع سرغايا الذي يعدّ واحداً من أهم الصدوع



النشطة المشكلة لنظام البحر الميت الصدعي [Mohamad, 2000]، والقادر على توليد زلزلا بقدر 7.4 ريختر وقدر معدل الانزلاق على سطحه بحوالي 1.4 مم/سنة مع إزاحة وسطية مقدارها حوالي 2 مم من أجل كل حدث زلزالي [Alchalabi et al., 2013]، كما ويعدُّ صدع بسيمة الأقرب إلى مدينة دمشق من الصدوع النشطة والقادر على توليد زلزلاً بقدر 7 ريختر، أما صدع دمشق فهو قادر على توليد زلزالي بقدر 5 ريختر، أما شمالاً فيحد حوض دمشق نطاق الطي التدمري الذي يمتد عبر وسط سوريا وفق اتجاه عام شمال شرق - جنوب غرب بطول حوالي 400 كم وعرض حوالي 100، ويبين الشكل(4) موقع منطقة الدراسة وأهم الفوالق الرئيسية المؤثرة والأقرب إلى المنطقة.

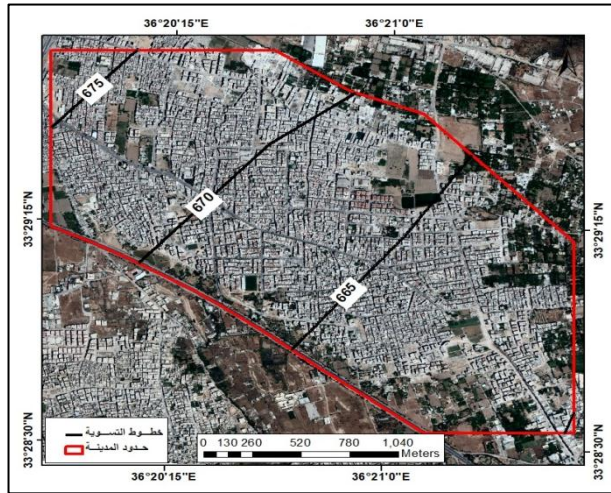


الشكل(3): موقع منطقة الدراسة على خارطة دمشق الجيولوجية مقياس 1:200000

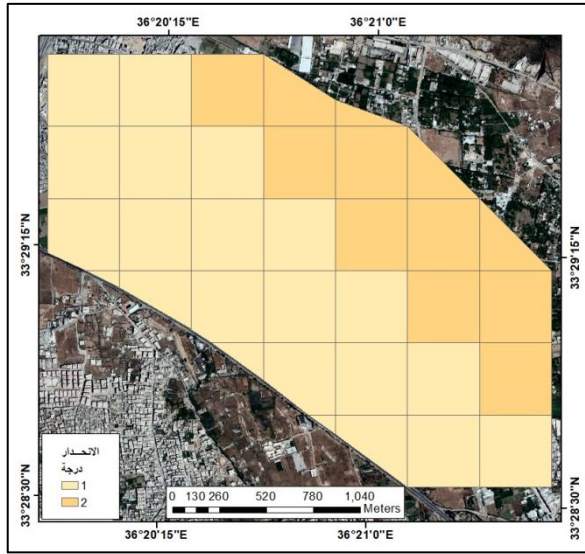


الشكل (4): يبين منطقة الدراسة وأهم الفوالق الرئيسية المؤثرة

تقع مدينة جرمانا على ارتفاع 660 - 675 م عن سطح البحر، ويبين الشكل (5) خطوط تساوي الارتفاع في المدينة، ويبين الشكل (6) نسبة الانحدار والتي تتراوح بين 1 - 2 درجة ومن ثم لا يمكن حدوث انزلاق للتربة حتى في حالة التربة الرطبة [FEMA, 2003].



الشكل (5): يبين خطوط التسوية الطبوغرافية وحدود المدينة موقعة على صورة فضائية



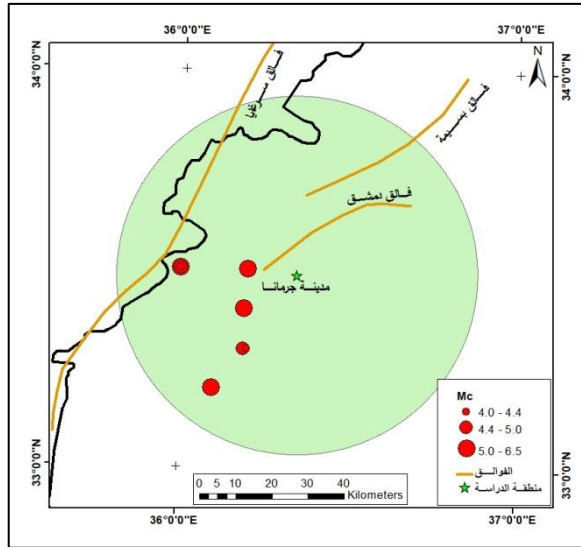
الشكل(6): يبين نسبة الانحدار الطبوغرافي مقدره بالدرجة

#### 4- الدراسات الزلزالية لمنطقة الدراسة:

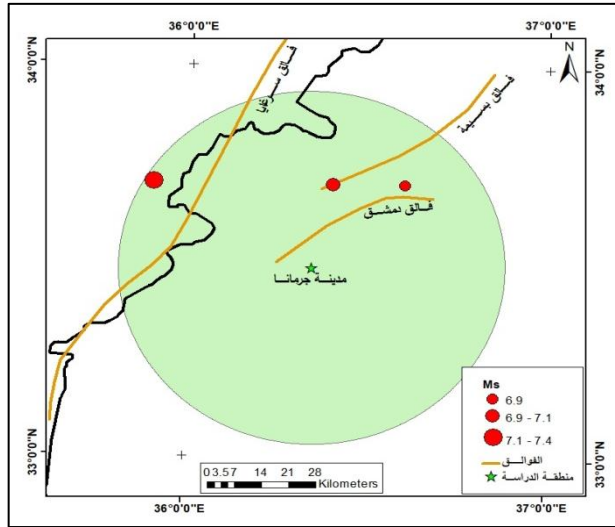
تشير الدراسات التاريخية إلى وجود العديد من الزلازل القوية في منطقة الشرق الأوسط [Ambraseys et al., 1998]، ويظهر الشكل (7) الزلزالية التاريخية لمنطقة الدراسة، وذلك وفقاً لما ورد في دراسة الحريري [Elhariri, 1991]، وتمثل الدوائر مواقع البؤر السطحية للزلازل التاريخية القوية التي حصلت ضمن نطاق 50 كم من منطقة الدراسة، ويبلغ عددها 9 زلزال ويتراوح قدرها  $M_c$  من 4 حتى 6.5، كما يبين الشكل (8) الزلزالية التاريخية لمنطقة الدراسة حسب دراسات سبيناتي [Sbeinati et al., 2005]، وتمثل الدوائر مواقع البؤر السطحية للزلازل التاريخية القوية التي حصلت ضمن نطاق 50 كم من منطقة الدراسة ويبلغ عددها 3 زلزال ويتراوح قدرها  $M_s$  من 6.9 حتى 7.4.

يبين الشكل (9) الزلازل الآلية المسجلة من العام 1900 حتى 1994 والواقعة ضمن نطاق 50 كم من منطقة الدراسة، ويبلغ عددها 38 زلزالاً، ويتراوح قدرها  $M_c$  من 2 حتى 4.9، وعمقها من 0 حتى 10 كم.

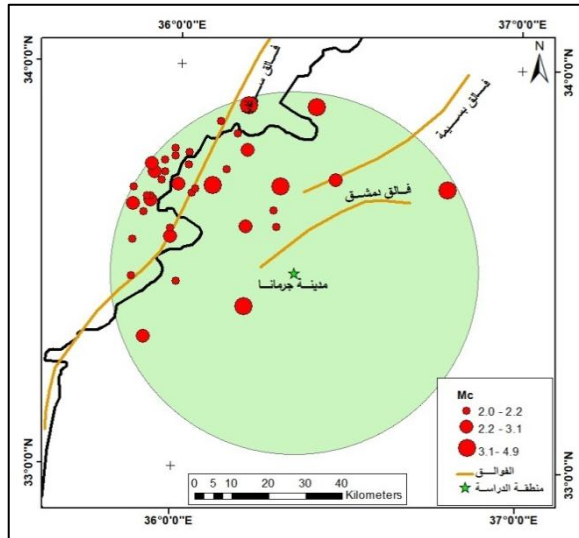
يوضح الشكل (10) خارطة توزع مواقع البؤر السطحية للزلازل الحديثة المسجلة في الشبكة الوطنية للرصد الزلزالي منذ بدء عمل الشبكة في عام 1995 وحتى عام 2019 والواقعة ضمن نطاق 50 كم من منطقة الدراسة، ويبلغ عددها 163 زلزالاً، وكان أقوى قدر زلزالي مسجل على الشبكة التماثلية  $M_c=4$ ، أما أقوى قدر زلزالي مسجل على الشبكة الرقمية فهو  $M_I=3.1$ .



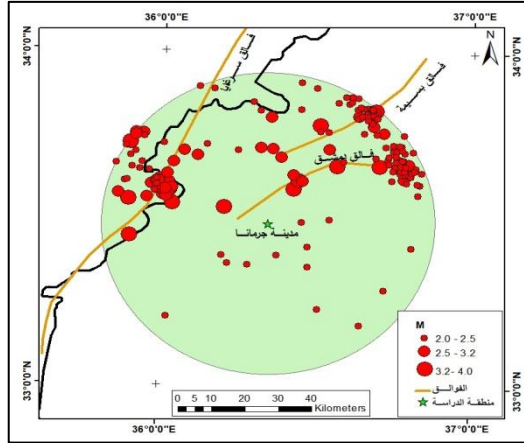
الشكل (7): خارطة الزلازل التاريخية حسب الحبري والواقعة ضمن نطاق 50 كم



الشكل (8): خارطة الزلازل التاريخية حسب سبباني الواقعة ضمن نطاق 50 كم



الشكل (9): خارطة الزلازل الآلية بين عامي 1900-1994 الواقعة ضمن نطاق 50 كم



الشكل (10): خارطة الزلازل الحديثة المسجلة بواسطة الشبكة الوطنية بين عامي 1995-2019 الواقعة ضمن نطاق 50 كم

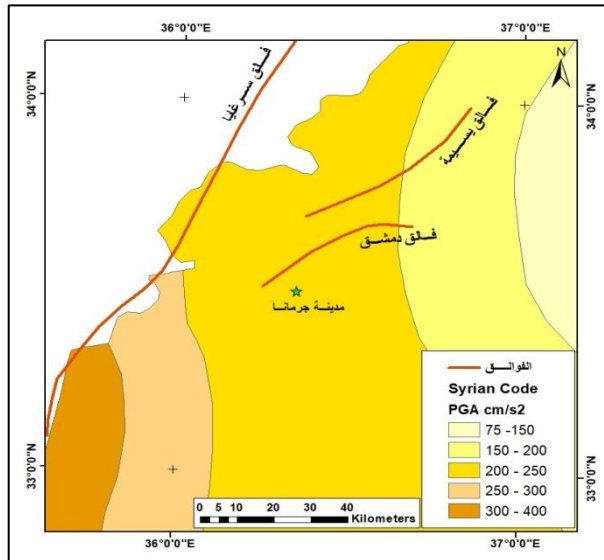
#### 5- التسارعات الأرضية في منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة ضمن المنطقة الزلزالية 2C من خارطة التسارعات الأرضية الأعظمية المعتمدة في الكود العربي السوري [SES, 2013]، من أجل الطريقة الستاتيكية المكافئة والتي تقع ضمن مجال التسارعات 200 - 250 سم/ثانية مربع، والتي تعتمد التسارع الأرضي الأعظمي المحتمل على الصخر الأساس باحتمالية حدوث 10% خلال فترة تعرض 50 عاماً، أي فترة تكرار زمنية 475 سنة، ويوضح الشكل (11) موقع منطقة الدراسة على هذه الخارطة.

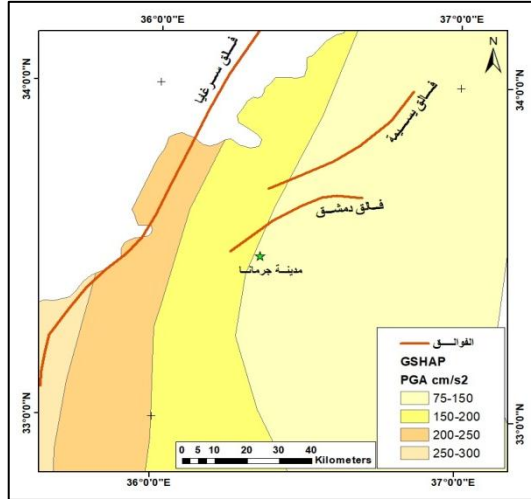
وحسب خارطة مشروع تخفيف المخاطر الزلزالية العالمي GSHAP فإن قيمة التسارع الأرضي الأعظمي على الصخر الأساس الواصل للمدينة هو  $148\text{cm/s}^2$ ، ويبين الشكل (12) موقع منطقة الدراسة على الخارطة [Giardini, 1999].

ولكن حسب أحدث الدراسات [Alchalabi et al., 2013] فإن قيمة التسارع الأرضي الأعظمي على الصخر الأساس الواصل لمنطقة الدراسة تتراوح بين 98 - 131 سم/ثانية مربع، وذلك من أجل زلزال قدره 7 ريختر على فائق بسيمة، حيث إنه في

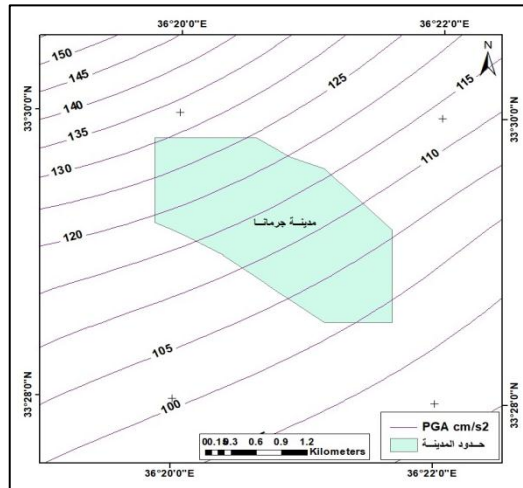
هذه الحالة سيكون التسارع أكبر من حال حدوث زلزال قدره 7.4 ريختر على فالق سرغايا أو 5 ريختر على فالق دمشق، ويبين الشكل(13) خطوط تساوي التسارعات الأرضية على الصخر الأساس الواصلة للمدينة.



الشكل(11): موقع منطقة الدراسة على خارطة التسارعات الأرضية الأعظمية المعتمدة في الكود العربي السوري



الشكل(12): موقع منطقة الدراسة على خارطة التسارعات الأرضية الأعظمية حسب مشروع (GSHAP)



الشكل(13): خطوط تساوي التسارعات الأرضية على الصخر الأساس الواصلة للمدينة.

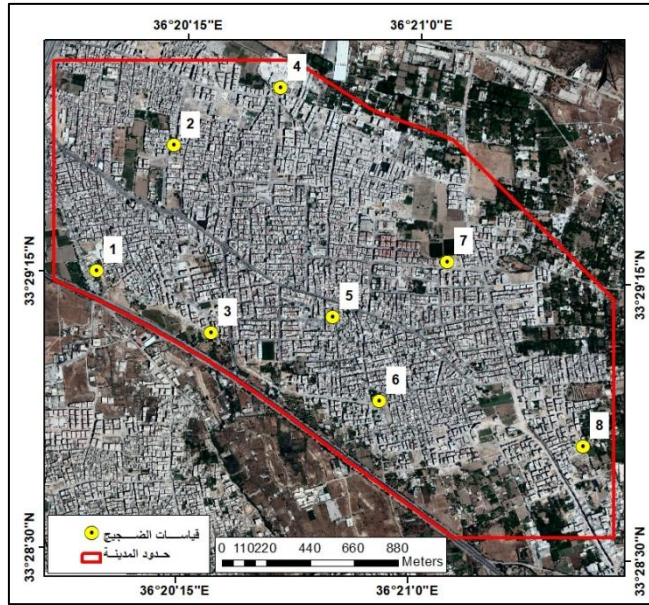


#### 6- بيانات التربة والمباني في منطقة الدراسة:

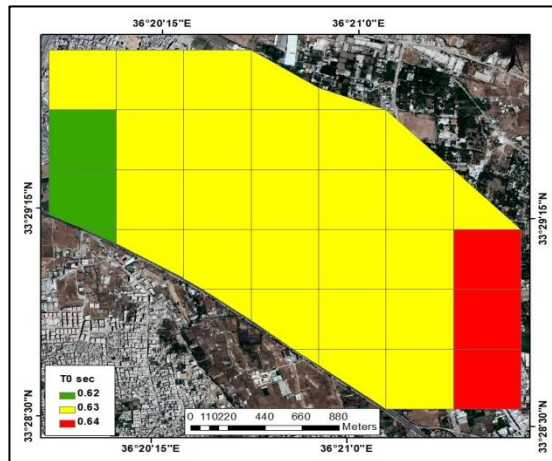
تم إجراء قياسات الضجيج الزلزالي في 8 نقاط ضمن المدينة، ويبين الشكل(14) مواقع القياسات في المدينة موقعة على صورة فضائية، كما يبين الشكل(15) قيم الدور المسيطر للتربة T0، وقد تراوحت بين 0.62 - 0.64 ثانية، ويبين الشكل(16) قيم عامل التضخيم A0 وقد تراوحت بين 1.7 - 3.5.

إن صنف مقطع التربة في المدينة هو الصنف C، ومن ثم فإن عامل التضخيم العام للموقع A=1.2 [IBC, 2009]، ويبين الشكل(17) التسارع الأرضي الواصل للأبنية غير الواقعة في حالة الطنين الزلزالي وذلك بعد أخذ التضخيم العام بعين الاعتبار، كما يبين الشكل(18) التسارع الأرضي الواصل للأبنية الواقعة في حالة الطنين الزلزالي.

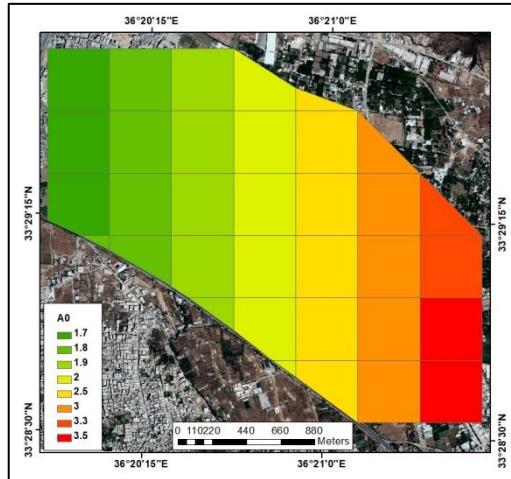
إن التربة المتكشفة في المدينة تعود لعصر البليستوسين الأعلى Q3 ويتوضعات قارية Proluvial، ومن ثم فإن قابلية التميع لهذه التربة قليلة Low [FEMA, 2003] أي أن قيمة التسارع الأرضي الحدية لحدوث حالة تميع التربة هي 0.21g ومن ثم لن تحدث حالة التميع لتربة المدينة.



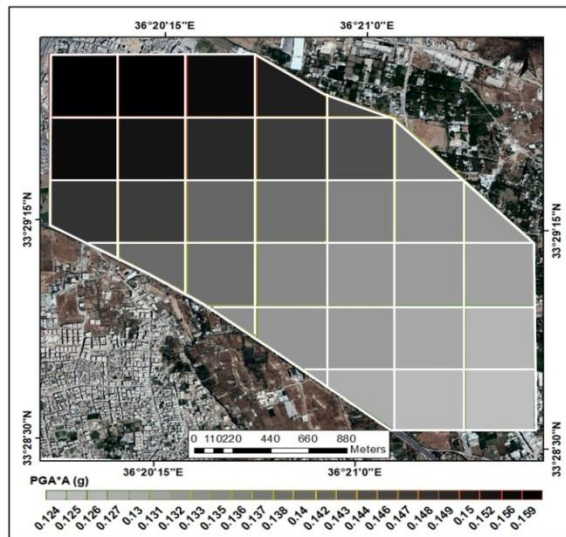
الشكل(14): مواقع قياسات الضجيج الزلزالي في المدينة موقعة على صورة فضائية



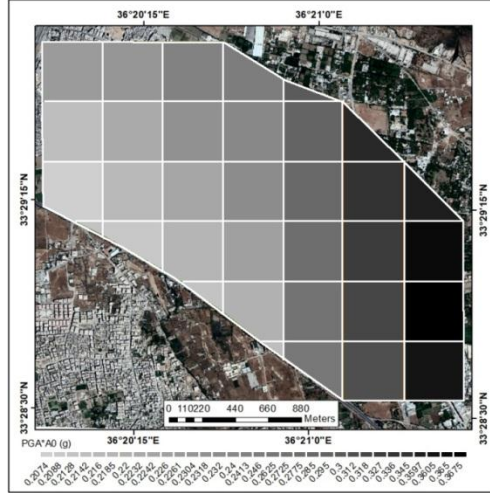
الشكل(15): يبين قيم الدور المسيطر للتربة T0



الشكل(16): يبين قيم عامل التضخيم في حالة الطنين الزلزالي A0



الشكل(17): يبين التسارع الأرضي الواصل للأبنية غير الواقعة في حالة الطنين الزلزالي

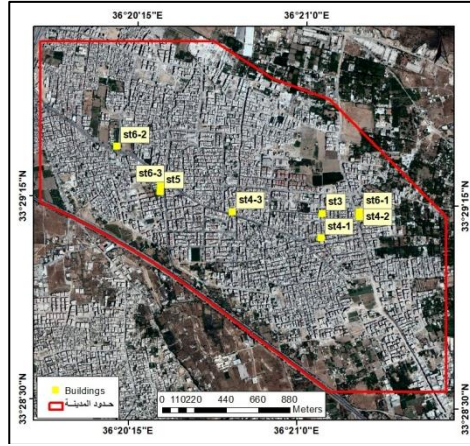


الشكل(18): يبين التسارع الأرضي الواصل للأبنية الواقعة في حالة الطنين الزلزالي

تم إنشاء شريحة المباني في منطقة الدراسة متضمنة الارتفاع الطابقي والدور الأساسي للمبنى والمساحة وتكاليف البناء والإكساء بما فيها المحتويات وعدد القاطنين في البناء، ومن دراسة الدور المسيطر لثماني نماذج من المباني [Nakshbandy et al., 2013] تم إيجاد معادلة الانحدار الخطي التي تربط قيمة الدور الأساسي للبناء T مع الارتفاع الطابقي N، وجاءت معادلة الانحدار على الشكل الآتي:

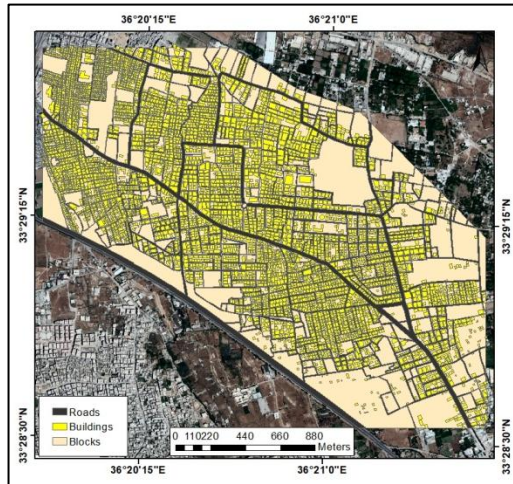
$$T = -0.0825 + 0.0938 * N$$

حيث كان معامل الارتباط الخطي  $r=0.89$ ، والخطأ المعياري Standard Error=0.071، ويبين الشكل (19) مواقع نماذج المباني المدروسة موقعة على صورة فضائية



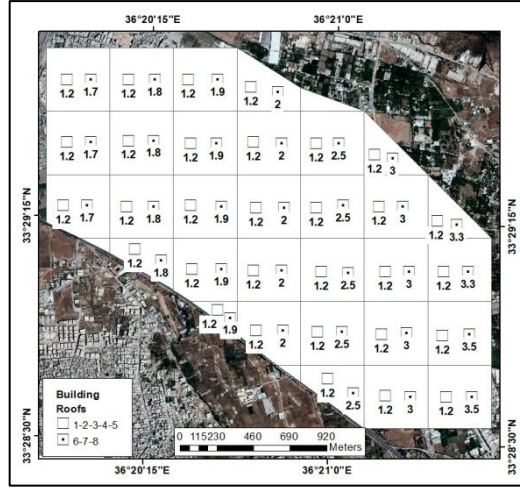
الشكل(19): مواقع نماذج المباني المدروسة

كما يبين الشكل (20) شريحة المباني في المدينة حيث يبلغ عدد المباني في المدينة بحدود 5750 تتراوح ارتفاعاتها الطابقية 2-8 طابقاً، علماً أن عدد الطوابق المسموح به في المدينة حسب نظام ضابطة البناء 2-4 طابقاً وبارتفاع لا يتجاوز 14م.



الشكل(20): شريحة المباني في المدينة

ويبين الشكل (21) خارطة الطنين الزلزالي حيث إن المباني ذات الارتفاع الطباقي 8-7-6 طباقاً ستقع في حالة الطنين الزلزالي، حيث إن أدوارها الأساسية ستكون ضمن المجال 0.4-0.8 ثانية، حيث يمثل رمز المربع المباني ذات الارتفاع الطباقي 1-2-3-4-5 طباقاً، أما رمز المربع ويداخله النقطة فيمثل المباني ذات الارتفاع الطباقي 6-7-8، والرقم أسفل المربعات يمثل عامل التضخيم.



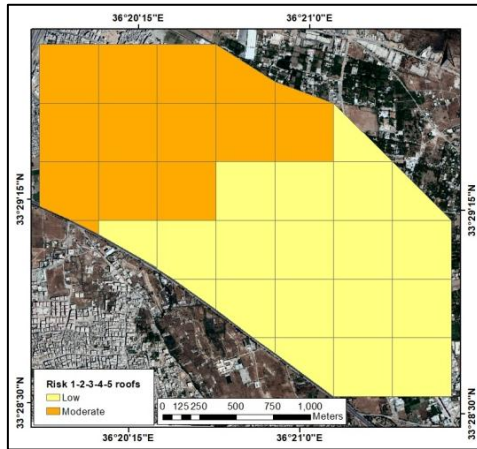
الشكل (21): خارطة الطنين الزلزالي

#### 7- خارطة درجات الخطر ومدى تأثر المباني في منطقة الدراسة:

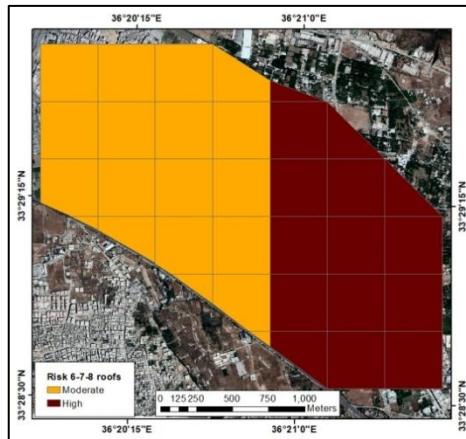
يبين الشكل (22) خارطة درجات الخطر على المباني ذات الارتفاع الطباقي 1-2-3-4-5-6-7-8 طباقاً، ويبين الشكل (23) خارطة درجات الخطر على المباني ذات الارتفاع الطباقي 6-7-8 طباقاً، كما يبين الشكل (24) خارطة درجات تأثر المباني حيث بلغ عدد المباني المتأثرة بشكل قليل 1561، وعدد المباني المتأثرة بشكل متوسط 3692، وعدد المباني المتأثرة بشكل كبير 497، منها 70 بناء يمكن أن تنهار بشكل كامل في حال عدم الأخذ بعين الاعتبار معامل تضخيم التربة واشتراطات الكود الهندسي



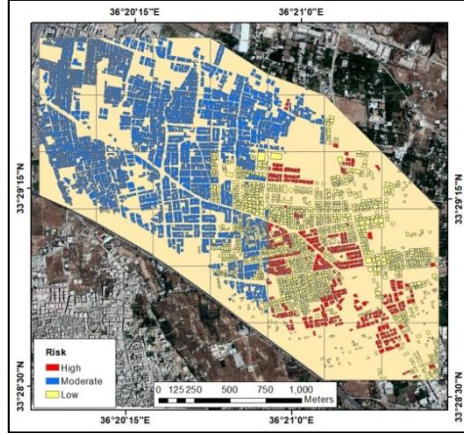
عند تشييدها، وقد تركزت هذه المباني في الجزء الشرقي من المدينة ،وهي مباني ذات ارتفاع طابقي 6-7-8.



الشكل(22): خارطة درجات الخطر على المباني ذات الارتفاع الطابقي 2-3-4-5



الشكل(23): خارطة درجات الخطر على المباني ذات الارتفاع الطابقي 6-7-8



الشكل(24): خارطة درجات تأثر المباني

#### 8- النتائج والتوصيات:

- تراوحت قيمة الدور المسيطر للتربة 0.62 - 0.64 ثانية، وتتراوح قيمة عامل التضخيم الأعظمي A0 من 1.7 في غرب المدينة إلى 3.5 شرق المدينة.
- تم استنتاج معادلة الانحدار بين الدور الأساسي للبناء والارتفاع الطابقي بعد معرفة الأدوار الأساسية لعدد من نماذج المباني في المدينة.
- الحصول على خارطة الطنين الزلزالي لمنطقة الدراسة حيث إن المباني ذات الارتفاع الطابقي 6-7-8 طابقاً ستقع في حالة الطنين الزلزالي، لأن أدوارها الأساسية ستكون ضمن المجال 0.4-0.8 ثانية
- إن قيمة التسارع الأرضي الأعظمي الواصل للمدينة 98-131 سم/ثانية مربع على الصخر الأساس وكان التضخيم العام للتربة  $A=1.2$ .
- بناء على السيناريو الزلزالي المعتمد تم الحصول على خارطة درجات تأثر المباني، حيث بلغ عدد المباني التي ستتضرر بشكل قليل 1561، وعدد المباني التي ستتضرر بشكل متوسط 3692، وعدد المباني التي ستتضرر بشكل كبير 497 منها 70 بناء يمكن أن تنهار بشكل كامل في حال عدم الأخذ بعين



الاعتبار معامل تضخيم التربة واشتراطات الكود الهندسي عند تشييدها، وقد تركزت هذه المباني في الجزء الشرقي من المدينة وهي مباني ذات ارتفاع طابقي 6-7-8.

- توصي الدراسة بضرورة تنظيم المناطق العشوائية في المدينة ، وضرورة الالتزام بنظام ضابطة البناء واشتراطات الكود العربي السوري ، وأن يتم دراسة التربة بشكل دقيق لتحديد الدور المسيطر وعامل التضخيم الأعظمي قبل إعطاء التراخيص لأي مبنى.

## 9- المراجع:

- 1- Ahmad R., 2005. Seismic conditions of soil and building's dynamic properties in Tartous city, Syria. Yerevan State University of Architecture and Construction, Armenia, 235p.
- 2- Alchalabi A., Daoud M., Gomez F., MC-Clusky S., et al., 2010. Crustal deformation in northwestern Arabia from GPS measurements in Syria: Slow slip rate along the northern Dead Sea Fault Geophysical Journal International, Vol. 180. 125-132.
- 3- Alchalabi A., AL-Sadek H., and Bagh S., 2013. Accelerations Ground Motion Simulation in Damascus City and Studying Its effect on Seismic Response of Reinforced Concrete Buildings. Damascus University, Syria, 112p. (In Arabic)
- 4- Ambraseys N., and Jackson J., 1998. Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region Geophysical Journal International, Vol. 133. 390-406.
- 5- Camina P., 2009. GeoSIG GSR/GSD-24 Operation Manual. GeoSIG Ltd, Switzerland, 32p.
- 6- Elhariri A., 1991., Seismotectonic Study, Seismic Hazard Assessment and Zonation of the Arab Republic of Syria. Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology, Skopje, Macdonia, 244p.
- 7- FEMA and NIBS., 2003. Multi-hazard Loss Estimation Methodology - Earthquake Model (Technical Manual). Federal Emergency Management Agency, Washington D.C., 712p.
- 8- Giardini D., 1999. The Global Seismic Hazard Assessment Program (GSHAP) 1992-1999 Annali Di Geofisica, Vol. 42. 957-974.
- 9- Glennon R., Harlow M., Minami M., Hatakeyama A., Michell A., Booth B., Payne B., Elcher C., Blades E., Sims I., Bailey J., Brennan P., Stephens S., and WOO S., 2006. ArcGIS9 Tutorial. ESRI, USA, 552p.
- 10- Gomez F., Meghraoui M., Darkal .A, Hijazi F., et al., 2003. Holocene faulting and earthquake recurrence along of the Dead Sea fault system in Syria and Lebanon Geophysical Journal International, Vol. 153. 658-674.

- 11- IBC 2009. International Buildings Code. International Code Council, USA, 752P.
- 12- Khalil A., and Daoud M., 2012. Estimation of Surface Geology Effect on the Site Response Based on Nakamura's Technique. Damascus University, Syria, 128p. (In Arabic)
- 13- Mohamad R., 2000 Remote earthquake triggering along the Dead Sea fault in Syria following the 1995 Gulf of Aqaba earthquake ( $M_s = 7.3$ ) Seismological Research Letter, Vol. 71. 47-52.
- 14- Mohamad R., 2004. Hydrological conditions in Damascus plain and their impact on the seismic micro-zoning of Damascus City. Damascus University, Syria, 152p. (In Arabic)
- 15- Mohamad R., and Semaan N., 2009. Study of seismic risk of Damascus city using GIS techniques GIS Applications Workshop Paper, Syria, 9p. (In Arabic)
- 16- Mirzaogl M., and DÝKMEN Ü., 2003 Application of microtremors to seismic microzoning procedure Journal of the Balkan geophysical society, Vol. 6. 143 – 156.
- 17- Nakshbandy D., AL-Sadeq H., and Daoud M., 2013. Studying The Dynamic Characteristics of Low-Rise Buildings Using Ambient Vibration Tests. Damascus University, Syria, 91p. (In Arabic)
- 18- Razinkov O., 2004. GeoDAS Software Manual. GeoSIG Ltd, Switzerland, 149p.
- 19- Sbeinati M, R., Darawcheh R., and Mouty M., 2005. The historical earthquakes of Syria: an analysis of large and moderate earthquakes from 1365 BC to 1900 AD Annals of Geophysics, Vol. 48. 347-435.
- 20- SES 2013. Annex 2 to the Syrian Arab Code for Designing and evaluation earthquake resistant, buildings and structures. Engineers Syndicate, Damascus, Syria, 271p. (In Arabic)
- 21- TECHNOEXPORT V O., 1963. Geological map of Syria, Damascus Sheet with scale 1:200000, GEGMR, Syria.
- 22- UMD 2013. Universal Map Downloader User Manual. All map soft, 6p.
- 23- Zaineh H., Khalil A., Nakshbandy D., Daoud M., Semaan N., Dakkak M., Yasmeneh R., Deeb R., Elsafady D., and Mahmoud F.,

2010. Preliminary Seismic Micro-Zoning Study for Damascus City  
ECEE Conference Paper, Ohrid, Macedonia, 8p.
- 24- Zaineh H., Yamanaka H., Dakkak R., Khalil A., and Daoud M.,  
2012 Estimation of Shallow S-Wave Velocity Structure in  
Damascus City, Syria, Using Microtremor Exploration Soil  
Dynamics and Earthquake Engineering, Vol. 39. 88-99.