

## Seismic Risk Assessment By GIS Case Study (Kafar Souseh region - Damascus)

Dr.Jamal Omran<sup>\*</sup>  
Dr.Hala Hasan<sup>\*\*</sup>  
Dr.Hussain Saleh<sup>\*\*\*</sup>  
Kinda Malki<sup>\*\*\*\*</sup>

(Received 27 / 3 / 2019. Accepted 2 / 9 / 2019)

### □ ABSTRACT □

The literatures of disaster management in the 21<sup>st</sup> century denote to the lack of informatics supplies, research ways, and developed techniques which can be used in perfect treatment for disaster risk management and limit its impact on local region. This study states the importance of adapting the developed techniques that based on the methods and computational programs that take in to the account the scientific research and the technical development in insuring the practical processing of disaster risk. These techniques help the decision makers to understand the relationship between the causes and results thoroughly, also measure and analysis the performance gap between the perfect model and the local performance according to disaster. These techniques support the analytical scientific and practical study which related to disaster before and through its incidence to understand its effects, dimensions, and the way of dealing with its huge effects well.

Using these new techniques and scientific approach is one of analytical tool to evaluate and present alternative solutions which increase the performance and decrease the cost after disaster. The huge collected data is in progress to treat the disasters, and that is necessary to find out the developed ways of research and the mechanism of modeling the data effectively, properly, economically, and at the same time quickly.

**Keywords:** Disaster Risk Management, GIS, Geoinformatic Technique, Modeling.

---

\* Associate Professor, Faculty of Civil Engineering ,Tishreen University, Lattakia, Syria

\*\*Associate Professor, Higher Institute of Earthquake Studies and Research, Damascus University, Damascus, Syria

\*\*\*Research Director, Damascus University, Damascus, Syria.

\*\*\*\* Postgraduate Student (PhD), Faculty of Civil Engineering ,Tishreen University, Lattakia, Syria, E-mail:kindamalki@hotmail.com

## تقييم مخاطر الكوارث الزلزالية بواسطة نظم المعلومات الجغرافية دراسة حالة (منطقة كفر سوسة - دمشق)

د. جمال عمران \*

د. هالة حسن \*\*

د. حسين صالح \*\*\*

كندة ملكي \*\*\*\*

(تاريخ الإيداع 27 / 3 / 2019. قُبِلَ للنشر في 2 / 9 / 2019)

### □ ملخص □

تشير دراسات إدارة الكوارث في القرن الواحد والعشرون إلى قلة المخزون المعرفي والطرق البحثية والتقنيات المتطورة التي يمكن استخدامها في المعالجة المثالية لإدارة خطر الكوارث والحد من تأثيراتها على المستوى المحلي. يبين هذا البحث ضرورة تبني التقنيات المتطورة المبنية على الطرق والبرامج الحاسوبية التي تأخذ في الحسبان البحث العلمي والتطوير التقني في تأمين المعالجة العملية لخطر الكوارث. تساعد هذه التقنيات أصحاب القرار على الفهم الدقيق للعلاقات بين الأسباب والنتائج، وقياس وتحليل الفجوة في الأداء بين النموذج المثالي والأداء المحلي لمعالجة تأثيرات الكارثة. تؤمن هذه التقنيات الدارسة التحليلية العلمية والعملية لهذه الكوارث قبل وخلال وقوعها لكي يتم فهم تأثيرها وأبعادها وكيفية التجاوب بشكل أفضل مع آثارها الجسيمة.

إن استخدام التقنيات الحديثة والمنهج العلمي يعتبر احد الأساليب التحليلية لتقييم وطرح الحلول البديلة والكفيلة برفع الأداء وتقليل التكلفة الناجمة عن الكوارث. يتزايد الكم الهائل من البيانات المجمعدة لمعالجة هذه الكوارث باطراد وهذا ما يستلزم البحث عن طرق البحث المتقدمة والآلية لنمذجة هذه البيانات بأسلوب فعال ومتناسب واقتصادي وسريع بالوقت ذاته.

الكلمات المفتاحية: إدارة خطر الكوارث، GIS، التقنيات الجيومعلوماتية، النمذجة.

\* أستاذ مساعد ، كلية الهندسة المدنية ، جامعة تشرين ، اللاذقية ، سورية.

\*\* أستاذ مساعد في قسم الهندسة الإنشائية الزلزالية في المعهد العالي للبحوث والدراسات الزلزالية ، جامعة دمشق ، دمشق ، سورية.

\*\*\* مدير بحوث، الهيئة العامة للبحث العلمي، جامعة دمشق، دمشق، سورية.

\*\*\*\* طالبة دكتوراه، قسم هندسة وإدارة التشييد، كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، اللاذقية، سورية.

kindamalki@hotmail.com

**مقدمة:**

تُمثل الأخطار وما ينتج عنها من كوارث بيئية وطبيعية أحياناً مفاجئة تصيب مناطق مختلفة من العالم وأن عدم الإلمام بخصائص الكوارث وأسبابها من الأمور التي تتسبب في تقادم أثارها واتساع رقعتها وأبعادها التدميرية. فللكوارث آثار سلبية اجتماعية واقتصادية ونفسية وديموغرافية على الأفراد والمجتمعات حيث ارتفعت في السنوات الأخيرة الكلفة الناجمة عن الكوارث (Saleh, rtfgvb) إن معظم الدراسات والأبحاث الحالية تتعامل مع تأثيرات هذه الكوارث دون البحث عن الحلول المثالية التي تؤمن الدراسة التحليلية العلمية والعملية لهذه الكوارث قبل وخلال وبعد وقوعها لكي يتم فهم تأثيرها وأبعادها وكيفية التجاوب بشكل أفضل مع أثارها الجسيمة. لقد أثبتت التجارب والدراسات أن معظم التدمير والتخريب الناتج عن الكوارث قد يحدث بسبب الجهل بالتعامل مع هذه الكوارث أو لعدم التهيؤ لمواجهتها في أية لحظة، ولهذا يجب التعرف على أنواع المخاطر المختلفة وتصنيفها وكيف يمكن أن تتحول المخاطرة إلى أزمة أو كارثة. لذا فمن الضروري جداً البحث عن طرق متطورة وأساليب عملية وسريعة لسد الفجوات الكثيرة والكبيرة في عدم معرفة وفهم الطبيعة المتغيرة لهذه الكوارث التي يتم معالجتها حالياً بالطرق التقليدية غير المتناسبة مع التقدم العلمي والتكنولوجي وتتطلب وقتاً طويلاً لمعالجة وتحليل البيانات الخاصة بهذه الكوارث. يتطرق هذا البحث إلى التعرف بأهمية استخدام هذه التقنيات المتطورة في إدارة خطر الكوارث، وكيف يمكن لتقنية GIS تسريع عمليات البحث عن البيانات المختلفة والضرورية ومعالجتها للحصول الآني على الحلول الناجحة لإدارة خطر الكوارث. ثم يتم عرض التطبيق المفصل لهذه التقنية في دراسة مراحل حدوث الكارثة الزلزالية، وكيفية تطبيقها في تسريع الحصول على المعلومات وتصغير الوقت الحسابي لمعالجة البيانات والتجاوب مع خطر هذه الكارثة ومن ثم تعميمها على حالات دراسية أخرى.

**المخاطر والكوارث وضرورة تبني التقنيات المتطورة في معالجتها :**

تتنوع مصادر المخاطر (hazards) وفقاً لشدها ونوعيتها وحجمها كما تختلف طبقاً لتأثير قطاعات البلاد بها، ولذا يمكن تعريف المخاطر (hazard) بأنها حادثة أو حالة من الممكن أن تتسبب بأضرار للأشخاص والممتلكات العامة والخاصة إلى درجة التسبب في كارثة (disaster) (UNDP, 2012). وفقاً لذلك يمكن تعريف الكارثة بانها اضطراب فعلي لوظائف المجتمع يتسبب بخسائر كبيرة وأثار سلبية على الأرواح والنواحي المادية والاقتصادية والبيئية وهي تفوق قدرة تحمل المجتمع والأشخاص على مكافحتها باستخدام مواردهم الذاتية. أما درجة التعرض للخطر أو الهشاشة أو قابلية الإصابة والتضرر (vulnerability) فهو مصطلح يستخدم كمؤشر للتعبير عن الاختلافات في سلوك وطريقة تصرف المباني في مواجهة الهزات الأرضية. وتتأثر قابلية الإصابة بعدد من العوامل نذكر منها: نوع البناء (إسمنتي، حجري، خشبي، طيني)، الجودة والإتقان في تنفيذ البناء، حالة المحافظة على البناء والصيانة العامة، انتظام البناء وتناسقه وتجانسه وتناظره، لدونه البناء ومدى قابلية البناء لامتصاص التشوّهات، موقع البناء وعلاقته بالأبنية المحيطة به، التصميم المقاوم للزلازل، الشروط المحلية في موقع البناء، الخ.

أما الخطر (Risk) فيمكن اعتباره من أهم المشكلات التي تؤثر على المشاريع تأثيراً فعالاً لذلك من المهم بمكان معرفة وفهم الخطر علمياً ونظرياً لأن ازدياد الخطر يحول الحادثة إلى مخاطرة ومن ثم إلى كارثة. ضمن هذا السياق لتعريف الخطر، فإن معظم المشاريع تتعرض عملياً إلى أنواع مختلفة من الخطر (ISDR, 2004):

1. بسيطة تتلاشى ولا تؤثر على سير عمل المشروع
2. مؤثرة بحيث تتطور لتتحول إلى مخاطرة لها أبعادها وهنا يجب وضع خطة لمعالجتها

## 3. مدمرة تتحول الى كارثة قد تعصف بالمشروع.

فالهدف من إدارة خطر الكوارث هو العمل على النوع الثالث من الخطر بحيث يمكن التحكم به بشكل فعال عند اجراء التخطيط الجيد له. فعلى سبيل المثال، يمكن اعتبار الزلازل ظاهرة طبيعية (أو عملية جيولوجية) مرتبطة بطبيعية الأرض وتكوينها الداخلي، وتقاس شدة هذه الكارثة على أساسين:

الأول فيزيائي كقياس قوة الطاقة الناتجة عن الحدث مثل مقياس الانزلاقات الأرضية وقياس ريوفورد لقياس قوة الرياح ومقياس ريختر لقياس قوة الزلازل، والثاني على أساس موضوعي لقياس آثار الكارثة على الإنسان وممتلكاته وبيئته كمقياس شيهان وهويت ومقياس برادفورد (MEDHRY,2008) يجب استخدام كلا المقياسين في إدارة خطر الكوارث لأنهما يكملان بعضهما البعض وهذا لا يمكن تحقيقه إلا في منظومة متكاملة للبحث العلمي والتطوير التقاني. تتزايد آثار الكوارث وتعاقبها باستمرار في شتى أنحاء العالم، و تتحمل البلدان أعباء مفرطة من حيث الخسارة في الاستثمار وتكاليف الأعمار وفقدان الدخل واضطراب النشاط الاقتصادي، ناهيك عن ذكر الخسائر في الأرواح. بيد انه من الممكن الحد من الخسائر المقترنة بالكوارث المقبلة، وذلك بتضمين التقنيات المتطورة في صلب التخطيط الإنمائي الشامل وأي تدبير من تدابير الحد من الكوارث سيكون قاصرا ما لم يقترن بهذه التقنيات. فمثلا يجب إجراء الدراسات العميقة والتحليلية لمعرفة الدول الزلزالية في منطقتنا بسبب إحاطة العديد من الأحزمة الزلزالية بالصحيفة العربية والناتجة عن تحرك الصفائح. لا تتوفر في معظم دول المنطقة معلومات أو دراسات زلزالية كافية، وعلى الرغم من قلة النشاط الزلزالي فيها إلا أن قربها من المناطق النشطة زلزاليا في إيران وتركيا والبحر الأحمر يتطلب إجراء دراسات زلزالية مستفيضة لتحديد مكامن الخطورة الزلزالية بدقة متناهية وهذا ما تحققه المنظومة.(Saleh and Allaert, 2012)

كما هو معلوم فإن بعض الزلازل التي حدثت في عرض البحار والمحيطات قد ألحقت المناطق البعيدة بمئات الكيلومترات بأضرار كبيرة ففي حوض البحر الأبيض المتوسط سجل 10 % من هذا الخطر الذي يمس العالم (مصر 1350، لبنان و سوريا 551، الجزائر 2003 حيث وصلت أضرار الزلازل إلى إسبانيا و المغرب 2007، الخ). فالوضع الطبيعية لمعظم دول العالم العربي الموازي لخط الزلازل المتجه من أغادير (المغرب) غربا إلى خليج العقبة شرقا وحتى الأقطار العربية الأخرى الخارجة عن تأثير هذا الخط، تقع في محيط تأثيرات خطوط زلازل أخرى كما هو الحال بالنسبة لبعض دول الخليج التي تتأثر بالهزات التي تقع بشرق القارة الآسيوية أو بجنوبها (MOKTAR,2008). أثبتت الوقائع والتجارب أن الدول التي عملت على وضع استراتيجيات وخطط الاستعداد لمواجهة خطر الكارثة، قد تصرف في أوقات الكوارث بهدوء وثقة عالية كما هو في حالة تشيلي، وبالتالي كان نصيبها من الخسائر والفوضى أقل بكثير مقارنة مع هايتي التي لم تعمل بمنهجية التهيئة والاستعداد المسبق كما هو موضح بالجدول رقم (1)

الجدول 1. مقارنة الخسائر حسب المنهجية المتبعة لإدارة الكوارث (UNDP,2012)

مكان الزلزال	هايتي	تشيلي
التاريخ	كانون الثاني 2010	شباط 2010
الشدة	7-magnitude	8.8-magnitude
الخسائر البشرية	220.000	521

## الدراسة النظرية والمرجعية

تتناول الدراسة النظرية كافة مراحل حدوث الكارثة ( قبل وأثناء وبعد ) و متطلبات إدارة خطر الكارثة كالتعريف بإدارة الكوارث وكيفية تحقيق متطلبات التخطيط الاستراتيجي لهذه للكوارث ومن ثم الاستعداد لها. ولوضع خطة لإدارة خطر

الكارثة هناك عدة مراحل يجب الالتزام بها وتنفيذها بدقة للوصول الى خطة ناجحة. في الحالة العامة، هناك ثلاث خطوات رئيسية لإعداد خارطة للمخاطر لدى أي مجتمع محلي (Saleh and Allaert, 2012)، وهي كالتالي:

- 1- تقييم المناطق المعرضة للإصابة بالكارثة الزلزالية، وترتيبها حسب الأولوية.
- 2- تحديد المناطق والمواقع التي تشكل مصدر خطر على المجتمع.
- 3- إعداد خرائط مفصلة تظهر المخاطر المحتملة، المناطق المعرضة للخطر (مثل السكن العشوائي، المنحدرات، فئات المجتمع الضعيفة، والموارد المتاحة في حالة الطوارئ، الخ).

في هذا المجال، تم استعراض ما تشمله المراجع المتوفرة من أبحاث مرتبطة بموضوع هذا البحث الذي يتضمن تطوير استراتيجية لإدارة خطر الكوارث الزلزالية في سورية والحد من تأثيرها، وقد تم البحث عن هذه المواضيع في المجالات العلمية ومن منشورات المؤتمرات العلمية، ومن شبكة المعلومات الدولية التي تعتبر من المصادر الهامة المعتمد عليها من ناحية المنهجية دون التطرق لنقد الدراسة على اعتبار ان الموضوع يعتمد على خصوصية كل بلد ومنطقة. ومن هذه الدراسات:

أ- دراسة المخاطر في المناطق العربية وخاصة دراسة حالة مدينة نابلس في فلسطين (Dabbeek, 2009)، حيث تم الاعتماد في هذه الدراسة على الخطوات الرئيسية الثلاثة:

(1) إطار عمل هيوغو (Hyogo Framework for Action 2005). تتضمن متطلبات إطار عمل هيوغو 2005 في بناء قدرة الأمم و المجتمعات على مواجهة الكوارث على خمس أولويات للعمل (UN-ISDR, 2005) وهي كما يلي :

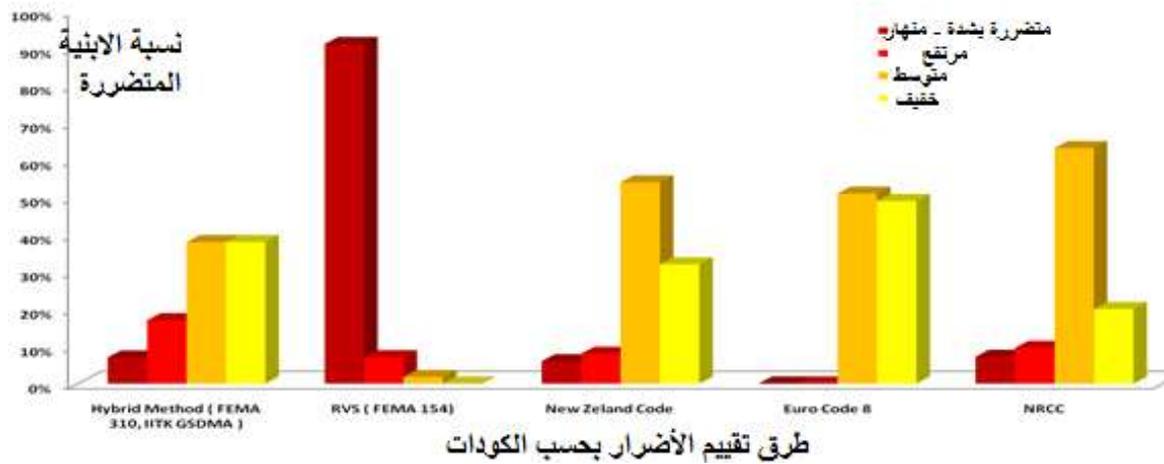
- الحكومي: ضمان الحد من خطر الكوارث هو أولوية وطنية ومحلية ذات أساس مؤسسي للتنفيذ.
- تحديد المخاطر: تحديد وتقييم ورصد خطر الكوارث وتعزيز الإنذار المبكر.
- المعرفة: استخدام المعرفة والابتكار والتعليم لبناء ثقافة للسلامة والتأقلم على جميع المستويات.
- الحد من عوامل الخطر الكامنة في مختلف القطاعات (البيئة، الصحة، البناء، إلخ).
- تعزيز الاستعداد للكوارث من أجل الاستجابة الفعالة.

(2) تم تحديد درجة قابلية الإصابة الزلزالية حسب مقياس (EMS-98)، [European Macro Seismic Scale] وتم استخدام عدة معايير لذلك المقياس الأوروبي للزلازل (EMS) الذي يقدم تقيماً مباشراً لتحديد درجة الضعف الزلزالي الخاصة بالمنشأة تبعاً لنوع الجملة الإنشائية ومادة الإنشاء وذلك وفق خمسة مستويات من الضرر وهي وفقاً للمقياس الأوروبي للزلازل: المستوى الأول (أضرار طفيفة)، المستوى الثاني (أضرار متوسطة)، المستوى الثالث (أضرار من حساسة إلى هامة)، المستوى الرابع (أضرار هامة كثيراً)، والمستوى الخامس (الدمار الشامل). كما تم الاعتماد على بعض العوامل لتحديد درجة قابلية الإصابة (مثل نوع البناء، التصميم المقاوم للزلازل ERD، اثر الموقع، المخطط، الارتفاع، نسبة النحافة، نوع التربة، الأعمدة القصيرة، الخ) حيث حددت وفق ستة مستويات هي (A-B-C-D-E-F) أعلاها A وأدناها F وفقاً لمقياس EMS (EMS 98, 2001)

(3) وضع خارطة مخاطر تظهر الأماكن التي تصلح للسكن المؤقت، المستشفيات، أماكن العمل الميداني..  
ب- وفي دراسة أخرى عن قابلية الإصابة الزلزالية في بنغلادش بهدف اختيار الطريقة المناسبة لتقييم قابلية الإصابة الزلزالية للأبنية باستخدام أدوات صنع القرار بمعايير متعددة، (NurulAlam, 2011). ومن المعايير التي استخدمها:

- الطابق اللين (Soft story) (الابنية ذات الطابق الارضي المفتوح التي تحتوي على أعمدة فقط تهتز كنواس مقلوب خلال الزلزال)
- الأظفار الكبيرة (Heavy Overhangs)
- تأثير الأعمدة القصيرة (Short Column Effects) (بما أن الأعمدة القصيرة أفسى مقارنة مع الطويلة فانها تتعرض لقوى زلزالية أكبر)
- البناء على منحدر (Building In Slope Land) (ستجذب الأعمدة القصيرة قوة زلزالية اكبر باضعاف من الأعمدة الطويلة)
- حادثه الطرق (Pounding Effects) (حدوث تصادم بين كتلتين متجاورتين وخاصة عندما يكون منسوب السقف مخلف بالكتلتين)

وتم استخدام عدة كودات (مثلاً، FEMA - NZ CODE - NRCC - IITK GSDMA - EURO CODE 8 - FEMA 310 - FEMA 154) في هذه الدراسة المرجعية لتقييم قابلية الإصابة، و توصل البحث إلى استخدام أدوات صنع القرار بمعايير متعددة حسب طريقة MCDM [ Multiple Criteria Decision Methods ]. كما وجد أن النموذج الهجين الذي وضع بين Fema 310 و IITK-GSDMA هو الأفضل من بين جميع الأساليب الأخرى. أما النموذج NRCC التوجيهي (الموجه) مناسب لبعض الحالات كما هو موضح في (الشكل 1)، حيث يوضح (الشكل 2) مخطط النموذج الذي تم اعتماده للحصول على المخطط البياني في (الشكل 1)



الشكل 1: اختلاف قابلية الإصابة حسب الكود المستخدم



الشكل 2: مخطط النموذج المستخدم في الدراسة المرجعية

ج- قام الباحث (khasawneh,2011) مع آخرين بدراسة مخاطر الزلازل في منطقة العقبة في الأردن وتوصلوا إلى النتائج والتوصيات التالية :

- 1- تقدير المخاطر الزلزالية استناداً إلى حالات البنية التكتونية الزلزالية والأسطح الجيولوجية
  - 2- حساب قيم المخاطر في المنطقة الناتجة عن تحليل المخاطر المحددة سابقاً
  - 3- تقييم الأبنية والبنى التحتية للمناطق الأكثر خطورة
  - 4- تصنيف هذه الأبنية حسب قابلية تعرضها للأضرار الزلزالية
  - 5- تحديد الأضرار المتوقعة ( مادية - بشرية )
  - 6- تطوير خطة رئيسية لإدارة مخاطر الكارثة لمدينة العقبة
  - 7- النشر العام لنتائج المشروع لصانعي القرار لوضع الخطط المناسبة للحد من الكوارث
- د- قام الباحثان (Ghafory,2011) مع آخرين بدراسة عن مخاطر الزلازل في مدينة مشهد الإيرانية وكانت أهم نتائج البحث كالتالي:

- 1- تخفيف مخاطر الزلازل
- 2- إعادة التطوير والتعديل والتحديث للبنى القابلة للتعرض للمخاطر (البنى التحتية للمناطق المأهولة)
- 3- تطوير استراتيجيات التأهب والتخفيف من مخاطر الزلازل
- 4- تقدير الخسائر والأضرار الناتجة عن الزلازل

### المنهجية العملية للبحث باعتماد نظم المعلومات الجغرافية :

يهدف هذا البحث الى اختيار الطريقة المناسبة لتقييم قابلية الإصابة الزلزالية للأبنية ووضع خرائط تبين درجة قابلية الإصابة والاضرار في منطقة الدراسة باستخدام منهجية مبنية على تقنية GIS. تعتمد هذه المنهجية والمكونة من خوارزميات النمذجة (modelling) والمحاكاة (simulation) بمعالجة البيانات وتحليلها بغية استخدامها في صنع القرار ومساندة متخذي القرار.

يجب أن تتوفر لهذه التقنية العناصر الضرورية والمتكاملة وأهمها نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، (Geographic Information Systems) الذي يعتبر من أفضل الأساليب المتبعة لتنظيم المعلومات المكانية والوصفية ضمن قواعد بيانات علائقية وربطها بمواقعها الجغرافية اعتماداً على إحداثياتها وارجاعها المكاني الصحيح. تتميز هذه النظم بما يلي:

- سهولة العمل وتوفير الوقت والجهد، الدقة والسرعة
- إمكانية التحديث والتجديد والإضافة أو الحذف
- الموضوعية والتحديد التامة والوضوح الكامل

إمكانية التحليل والقياس من الخرائط وإجراء العمليات الإحصائية

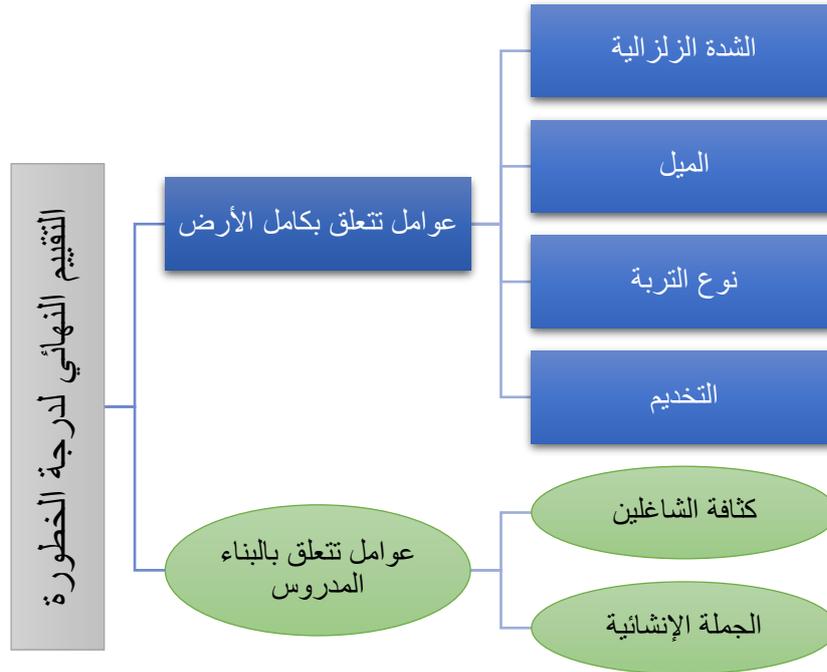
تشير المراجع (Sbeinati, 2005) لحدوث عدد من الزلازل المدمرة أدت إلى خراب ودمار عدة مدن لذلك من الواجب إعطاء موضوع البحث ما يستحقه من الاهتمام والجدية، حيث من المتوقع أن تكون الأضرار والخسائر الزلزالية في سورية كبيرة نتيجة مباشرة لارتفاع نسبة المباني والبنى التحتية الضعيفة التي لا تتوافق مع متطلبات مقاومة الزلازل وخصوصاً مع اتساع ظاهرة السكن العشوائي في سوريا لذلك لابد من التقييم الزلزالي للمنشآت القائمة للتخفيف من الخطر الزلزالي والذي عادة ما ينفذ قبل حصول الزلازل في المدن أو أجزاء منها ويسمح بإعطاء تقديرات أولية للخسائر المتوقعة وبالتالي يساهم في وضع الخطط الوطنية لتطوير الجاهزية على المدى الزمني القصير والمتوسط والبعيد .

يجب أن تستخدم المهجية المقترحة بفعالية كل التقنيات والبيانات المتاحة مجتمعة ضمن اطار عملي . تعتمد المقاربة المقترحة إلى تصنيف مستوى الخطر إلى مستويين:

الأول متعلق بأرض البناء ومجموعة عوامل الخطر الآتية منها بشكل أساسي.

والثاني متعلق بالبناء نفسه وجملته الإنشائية وجودة تنفيذها.

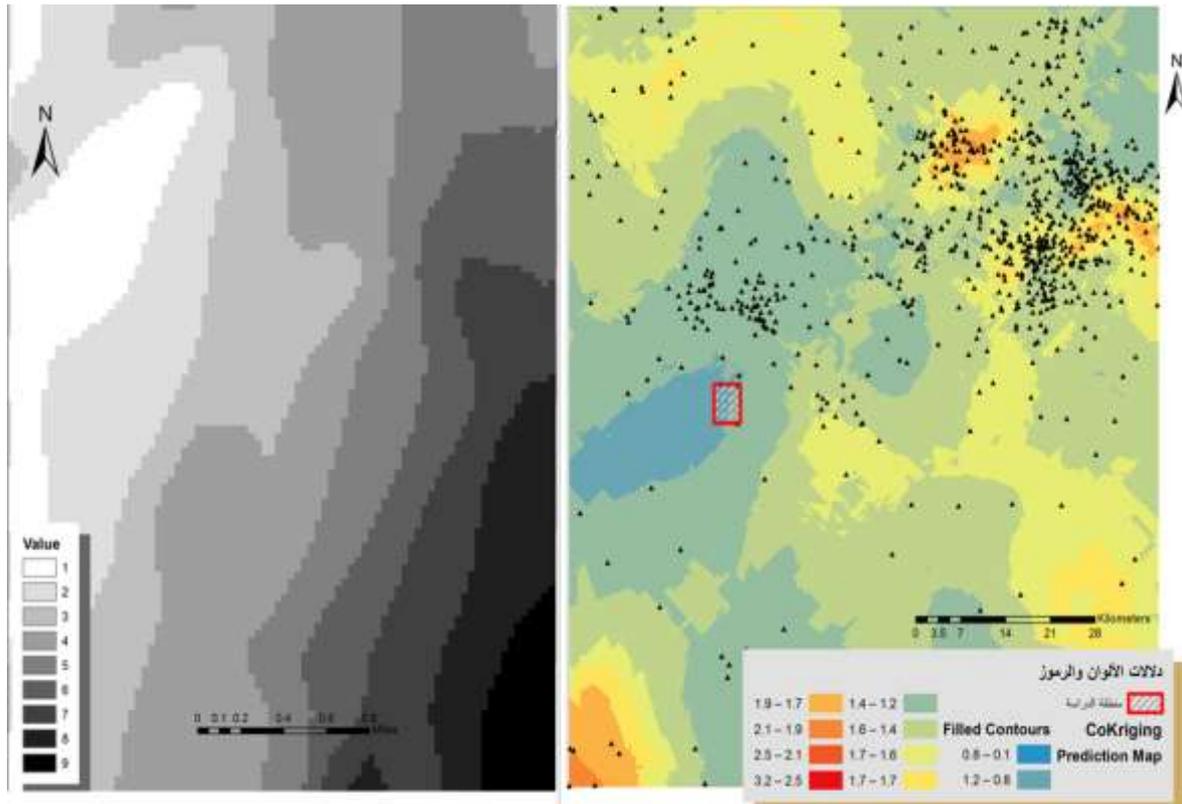
من وجهة نظر GIS فإن المستوى الأول يمكن أن يترجم بخارطة رقمية لكامل المنطقة المدروسة بصيغة (خلايا مصفوية Raster) تجمع العوامل المختلفة التي تساهم في تكوين الخطر الزلزالي كل بحسب وزنه ومدى تأثيره. أما المستوى الثاني فهو مخطط رقمي للأبنية المعرضة للخطر الزلزالي بصيغة (شعاعية Vector) تُحمل ضمن قواعد بياناته الوصفية كامل البيانات الخاصة بردة الفعل اتجاه الزلازل. يتفاعل المستوى الأول (العام) والمستوى الثاني (الخاص) لإنتاج خارطة الأضرار وذلك باستخدام وظائف المطابقة المكانية في أنظمة المعلومات الجغرافية GIS. ندعو المستوى الأول من المعالجة بخارطة الأضرار أما المستوى الثاني فسندعوه بمخطط الاستجابة حيث تُخصص الفقرتين القادمتين لكيفية إنجازهما. يبين (الشكل 3) مخططاً لسير العمل في الدراسة العملية المقدمّة. يتم تطوير هذا المخطط في الخطوات اللاحقة من هذه الدراسة ليصبح مخططاً تدقيقياً مبسطاً بلغة ArcGIS-ModelBuilder تتوصل من خلاله للنتائج النهائية لهذا البحث.



الشكل 3 . تحليل العوامل المحددة لدرجة الخطورة الزلزالية

### انتاج خارطة الأضرار:

بعد تحديد النطاق الجغرافي للمنطقة المدروسة نعد إلى التعبير عن كل من العوامل المؤثرة في دراسة الخطر الزلزالي كطبقة من الخلايا (Raster). يتم دمج كافة المعاملات المعبر عنها بطبقات كمتوسط موزون وذلك بالاستفادة من إرجاعها المكاني الموحد. وهو أحد العمليات المتعارف عليها بجبر الخرائط . تشكل الشدة الزلزالية الأثر الأكبر الواجب التوقف عنده لدى دراسة خطر الزلازل. تم الحصول على البيانات من مركز الرصد الزلزالي عن منطقة دمشق وريفها. يُقاس في كل سلسلة زمنية مقدار الشدة الزلزالية وعمق مركز الزلزال تحت سطح الأرض. تتجه معظم الدراسات إلى تعميم الشدات الزلزالية في كافة المناطق المدروسة بطرق الاستقراء الرياضي. تقدم الورقة الحالية مقارنة معتمدة على الاستقراء المشترك للشدة الزلزالية وعمق مركز الزلزال وفق طريقة Cokriging (Carr and McCallister, 1985) . تمثل الشدات الزلزالية عينة البيانات الأساسية بينما يمثل العمق عينة البيانات الثانوية وتستفيد الطريقة من التباين المشترك Covariance بينهما. تدرس الطريقة مدى التوزع المكاني لنقاط الرصد وتقوم بتصنيف القيم الشاذة المشوبة بأغلاط أجهزة القياس. يبين الشكل 4 توزيع مراكز القياس في دمشق وريفها والشدة الزلزالية المستقراة على كامل النطاق بواسطة طريقة Cokriging. لا يمكن استثمار بيانات الشدة الزلزالية لعدم تجانس واحداثها مع أي من البيانات اللاحقة لذا يتوجب علينا إعادة تصنيفها وإعطائها درجات خطورة زلزالية كما هو موضح في الشكل 4 أيضاً.

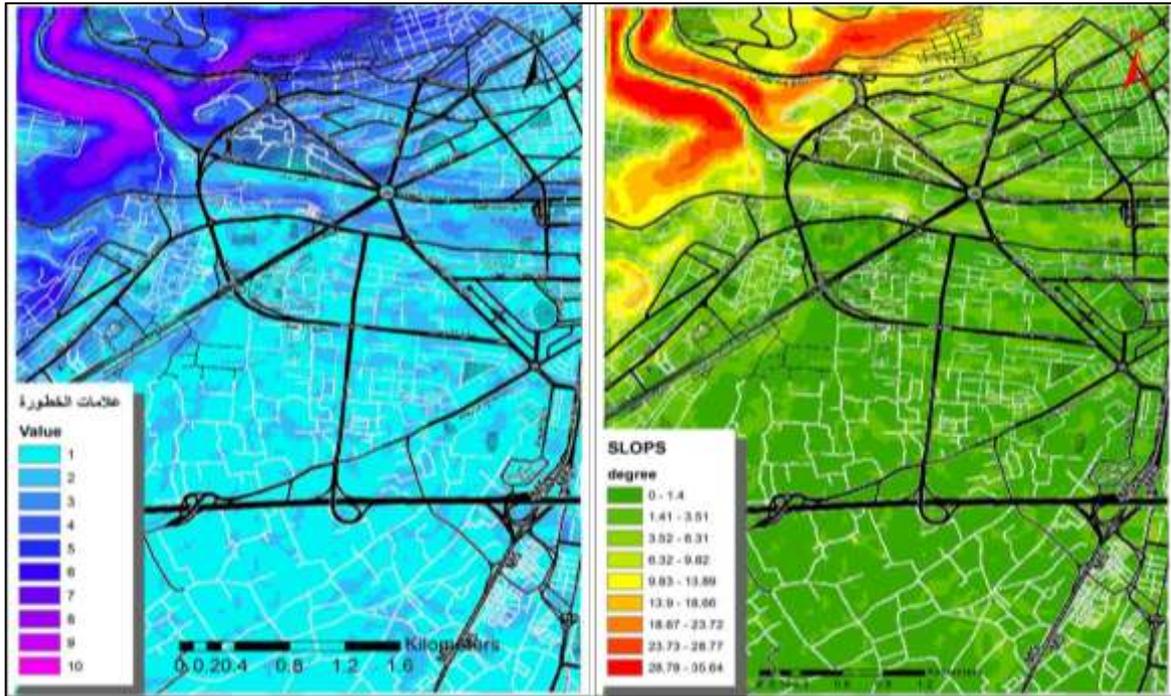


الشكل 4: استقراء الشدة الزلزالية المرصودة لدمشق وريفها (يمين) واقتطاع المنطقة المدروسة وتصنيفها كدرجات خطورة

#### على سلم من 0-9 (يسار)

يُعبّر عن التضاريس في العمل المقدم من خلال نموذج ارتفاعي رقمي  $AW3D^1$  متوفر بشكل مجاني للعموم وبدقة تمييزية 30 م (خلايا مربعة طول ضلعها 30 م)، بعد توحيد الارجاع المكاني لهذه الطبقة مع بقية الطبقات المتوفرة لدينا نوّلد منها طبقة تعبر عن الميول. لا يمكن اغفال معامل الميول في معالجة أثر الهزات الزلزالية لارتباطها الوثيق بالخطر الزلزالي فالميول الحادة والتضاريس المعقدة تساهم بانهايار التربة وسقوط الحصىيات بشكل مباشر. يعبر عن الميول بالدرجات ولكن هذه القيم غير قابلة للاستثمار لعدم تجانس واحدها مع البيانات الأخرى. تُصنف الميول إذن كدرجات ضمن سلم من 0-9 درجات. يُعبر الشكل 5 عن خارطة الميول المشتقة من النموذج الارتفاعي الرقمي وتصنيف اثرها لدرجات خطورة زلزالية.

<sup>1</sup> <http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/aw3d30/index.htm>



الشكل 5 . طبقة الميول غير المصنفة (يمين) و المصنفة كدرجات (يسار)

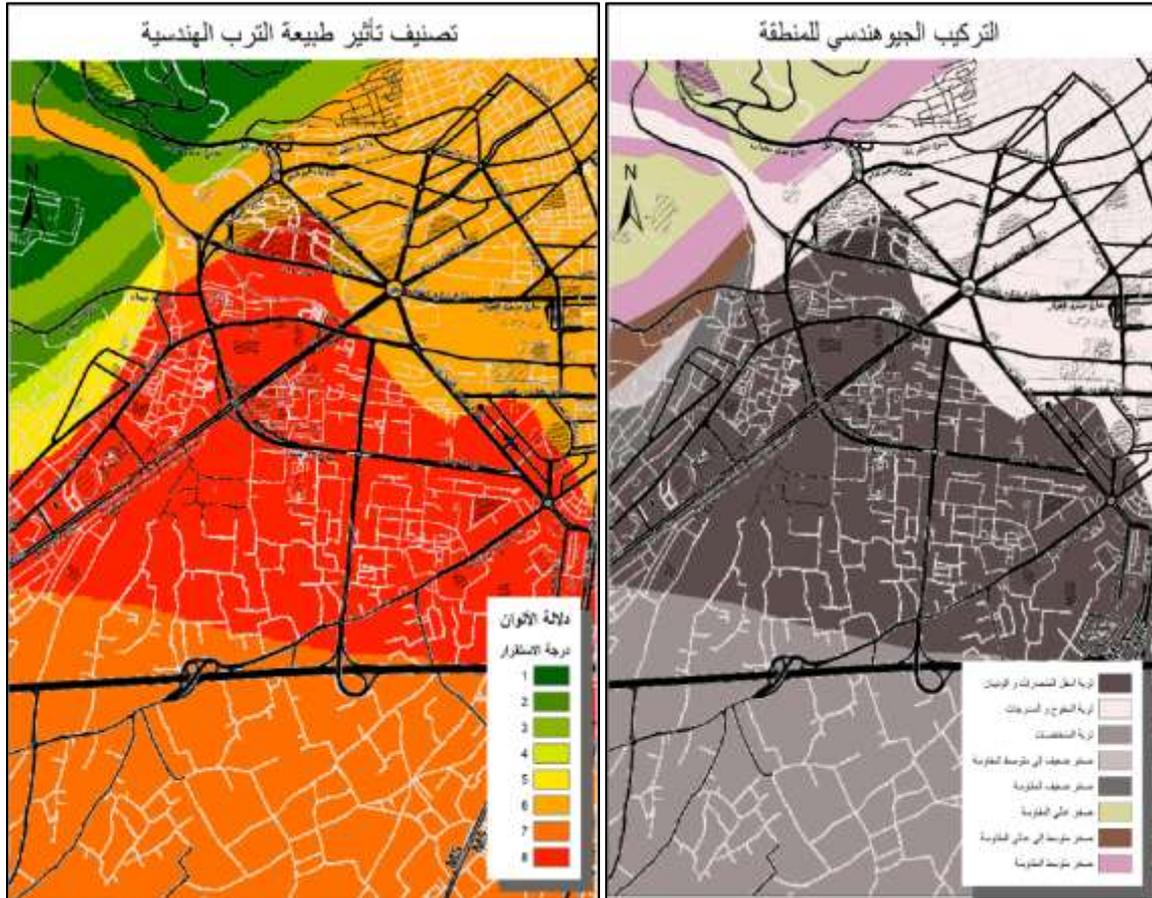
من الطبقات العرضية الهامة أيضاً بالنسبة لتحليل خطر الزلازل طبيعة الترب وتكوينها الجيولوجي والجيوهندسي. تم استحصا هاتين الطبقتين (شكل 6) من بيانات المؤسسة العامة للجيولوجيا كمضلعات وقد تم تحويلهما للصيغة المصفوفية Raster . من أجل دمج هذه البيانات مع البيانات الأخرى، نعيد تصنيفها ضمن سلم من 0-9 درجات أيضاً وبحسب الخبرة والتجربة المكتسبة في تقييم مقاومة كل تربة للهزات الأرضية. يبين الجدول 2، جدول إعادة تصنيف الترب الجيولوجية والجيوهندسية المقترح ضمن هذا العمل ، تم تقرير هذا الجدول بتصرف عن البرنامج الوطني للتقليل من خطر الزلازل (NEHRP<sup>2</sup>) الذي يصنف الترب الجيوهندسية والجيولوجية ضمن سلم من ستة مستويات A-F.

الجدول 2. إعادة تصنيف الخارطة الجيولوجية والخارطة الجيوهندسية (برمز الرقم 1 إلى الأكثر مقاومة في الجدولين)

الخريطة الجيولوجية		الخريطة الجيوهندسية	
الترتيب حسب المقاومة	الحقبة	الترتيب حسب المقاومة	نوع التربة
1	الكريتاسي بكل عصوره	8	تربة أسفل المنحدرات والوديان
3	الباليوجين - الأيوسين	6	تربة السفوح والمدرجات
5	النيوجين - الميوسين	7	تربة المنخفضات
7	الرباعي	4	صخر ضعيف إلى متوسط المقاومة
		5	صخر ضعيف المقاومة

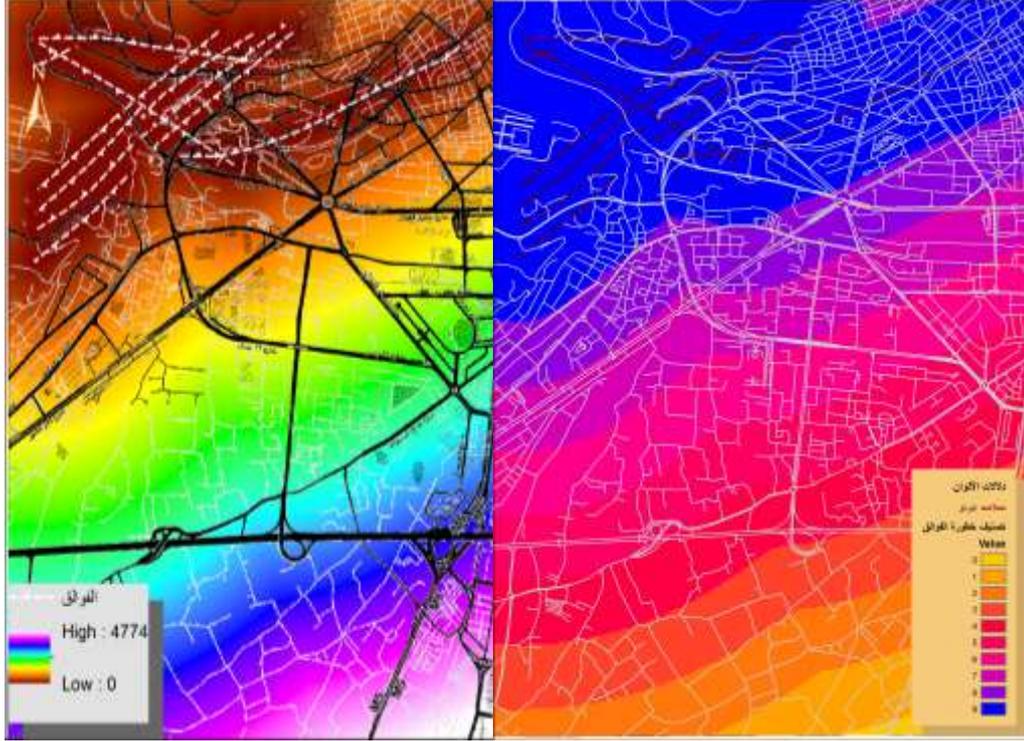
<sup>2</sup> NEHRP: National Earthquake Hazards Reduction Program - Soil-Structure Interaction for Building Structures

	3	صخر متوسط المقاومة
	2	صخر متوسط إلى عالي المقاومة
	1	صخر عالي المقاومة



الشكل 6: التركيب الجيو هندسي للمنطقة المدروسة

تعتبر الفوالق مواقعاً هشة وعرضةً للانهييارات والانزلاقات لحظة حدوث زلزال ما، وكلما اقترب البناء المدروس لموقع الى الفالق كلما كان أكثر عرضةً للخطر. لذا فقد تمّ تجهيز مواقع الفوالق كطبقة شعاعية وحُسب بُعد كل خلية من المنطقة المدروسة إلى الفالق الأقرب كمسافة إقليدية وخُزّن في الخلية ذاتها ضمن طبقة جديدة ناتجة عن معالجة الفوالق. يظهر الشكل 7 بعد الفالق عن المنطقة المدروسة. هنالك عوامل ثانوية في دراسة الخطر الزلزالي كالمسيلات المائية الموجودة في المنطقة؛ عوملت هذه المسيلات معاملة الفوالق إلا أن تأثيرها سيكون أقل ضمن دراسة الخطر الزلزالي.

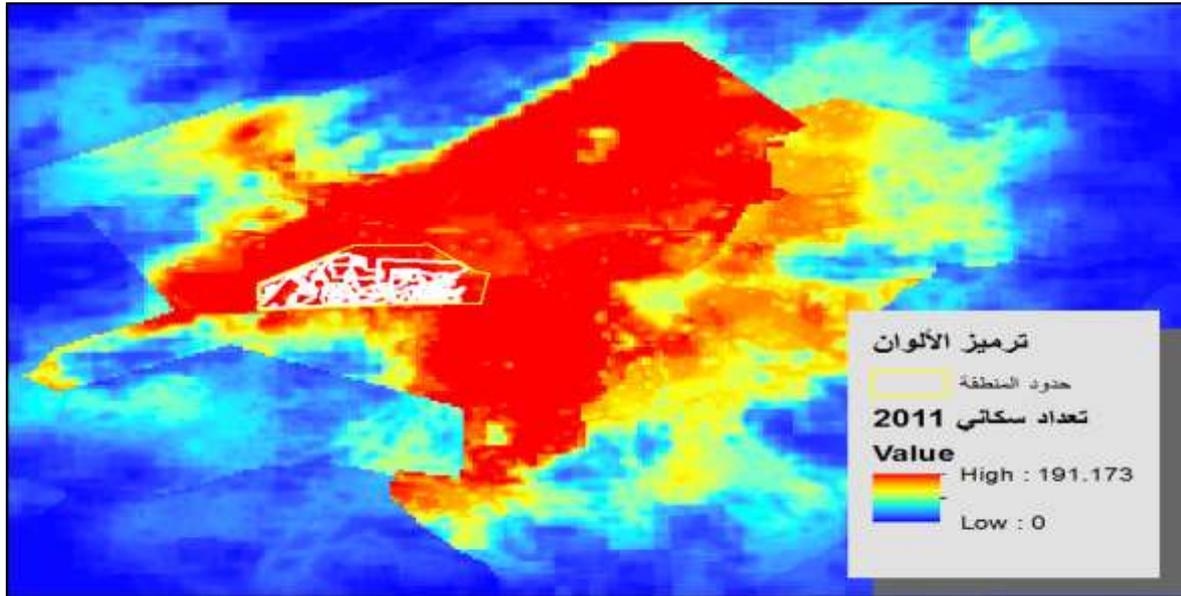


الشكل 7 : طبقة تظهر بعد الفالق عن المنطقة المدروسة (يمين) و المصنفة كدرجات (يسار)

تتعلق الطبقات السابقة بالكارثة بحد ذاتها و لا يتطرق أي منها للبناء أو لشاغليه، لذا فهناك مجموعة طبقات أخرى تأخذ الجسم المتعرض للخطر بعين الاعتبار. نذكر من هذه الطبقات طبقة التعداد السكاني أهم الطبقات المتعلقة بالتعرض للخطر الزلزالي. كلما ازدادت الكثافة السكانية في المناطق المعرضة للخطر كان تأثير الزلزال أشد و ازدادت صعوبة عمليات الاخلاء. لا تتوفر إحصائيات سكانية دقيقة للمنطقة المدروسة محدثة، لذا فقد تم اللجوء لقواعد البيانات العالمية والمحدثة من قبل المنظمات الإنسانية العاملة في سوريا. استُحصِل على طبقة مصفوية (Raster) للتعداد السكاني منجزة من قبل مكتب تنسيق الجهود الإنسانية التابع للأمم المتحدة OCHA والمنشورة ضمن مشروع تعداد آسيا (AsiaPop<sup>3</sup>).

تبلغ الدقة التمييزية لهذه الطبقة 100 م ويُقاس التعداد السكاني فيها بوحدة النسمة في البيكسل ( people per pixel ) والذي تبلغ مساحته هكتاراً على الأرض بطبيعة الحال. يبين (الشكل 8) منطقة الدراسة متوضعة على طبقة التعداد السكاني سابقة الذكر.

<sup>3</sup> [http://www.worldpop.org.uk/data/WorldPop\\_data/AllContinents/319\\_metadata.html](http://www.worldpop.org.uk/data/WorldPop_data/AllContinents/319_metadata.html)



الشكل 8 المنطقة المدروسة متوضعة فوق طبقة التعداد السكاني لدمشق المستحصلة من مجموعة WorldPop Asia dataset

تؤدي الدقة التمييزية المنخفضة لطبقة التعداد السكاني إلى نتائج غير دقيقة، لذا فقد تم التدخل عبر رقمنة المناطق الأساسية في المنطقة وفرزها إلى كثافات سكانية مختلفة (الشكل 9) وتصنيفها ثم الدمج مع الطبقة السابقة كوسطي عن طريق ما يدعى بجبر الخرائط .



الشكل 9 . تصنيف الكثافات السكانية في المنطقة المدروسة (الشكل من إعداد الباحثين)

إن الطبقة الأهم على الإطلاق والتي ستحتل الوزن الأكبر في تحليلاتنا المكانية هي طبقة الحالة الإنشائية للأبنية؛ تشترك الأبنية المتجاورة عادة بعدة صفات إنشائية كونها قد أنشئت في زمن واحد ولها خدمات مشتركة. يمكننا ذلك من تحديد مناطق تكون فيها جميع الأبنية ذات قيم مقاربة لرد الفعل على أي زلزال محتمل. تفترض الدراسة ان تشابه نمط السكن في كل منطقة من المناطق المدروسة وأن المناطق قد رسمت وفقاً لهذا التشابه الوظيفي. تستدعي هذه

العملية الزيارات الحقلية المتتالية والملاحظة والاختبار لكل بناء وتدوين النتائج وتفرغها مكانياً على الخارطة. اعتمد تصنيف ذو عشر درجات بالأحرف والارقام وقد بُني على عدة عوامل جزئية تُجمع تراكمياً موضحة بالجدول 3 المرتبط بالطبقة الرسومية المبينة بالشكل 10. من الضروري تحويل هذه الطبقة للصيغة المصفوية Raster من أجل دمجها بالطبقات السابقة.



الشكل 10: نطاقات درجة قابلية الإصابة في المنطقة المدروسة (الشكل من إعداد الباحثين)

تمّ لخط تسعة عوامل ذات تأثير متساو في (الجدول 3) ، كلّ من هذه العوامل هو متحول منطقي ذو قيمتين (0،1). عند تجميع اثر هذه العوامل التسعة تحصل المنطقة على درجة خطورة زلزالية آتية من قابليتها للإصابة وفق الحالة الإنشائية.

الجدول رقم 3 : طريقة حساب وترميز درجة قابلية الإصابة في المنطقة المدروسة

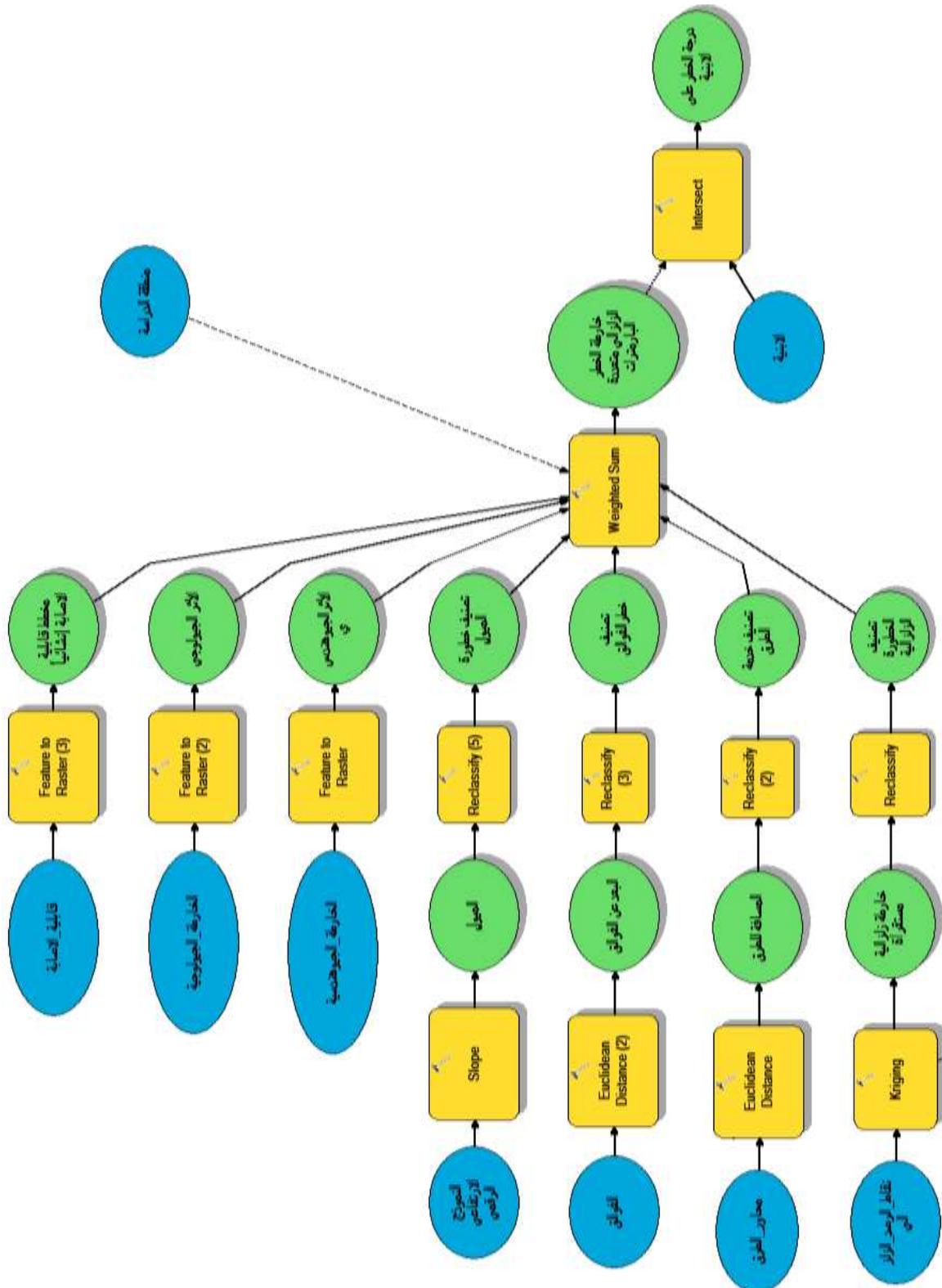
درجة قابلية الإصابة	العوامل المؤثرة في قابلية الإصابة									اسم القطاع
	الشروط المحلية في موقع البناء	التصميم المقاوم للزلازل	التقوية والتدعيم	ظاهرة الطرق	لدونة البناء	انتظام البناء وتناسقه	حالة المحافظة على البناء	الجودة والإتقان في تنفيذ البناء	نوع البناء	
4	1	1	1	0	0	1	0	0	0	L
4	1	1	1	0	0	1	0	0	0	K
4	1	1	1	0	0	1	0	0	0	S
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	M
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	N
5	1	1	1	0	1	0	1	0	0	V
6	1	1	1	0	1	1	1	0	0	Q
6	1	1	1	0	1	1	1	0	0	O
7	1	1	1	0	1	1	1	1	0	R
6	1	1	1	0	1	1	1	0	0	P
6	1	1	1	0	1	1	1	0	0	C
6	1	1	1	0	1	1	1	0	0	D
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	J
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	X
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Y
3	1	1	0	0	0	1	0	0	0	F

يتم دمج كامل الطبقات السابقة كلّ بحسب وزنه حيث تعطى أعلى الأوزان للحالة الإنشائية للأبنية ثم لدرجة الخطورة الزلزالية المرصودة ثم لتماسك التربة وميل الأرض وهكذا.... تنتج الطبقة النهائية الممثلة لدرجة الخطورة من العلاقة التالية حيث تمّ اقتراح العوامل الوزنية التصعيدية وفقاً لخبرة ورؤية الباحثين؛ فعلى سبيل إعطيت أعلى الأوزان للحالة الإنشائية للأبنية ولم تصعدّ شدة الزلزال بحد ذاته بنسبة كبيرة كون المنطقة المدروسة متجانسة نسبياً بالنسبة للتأثير الزلزالي. كما أن تأثير ميول الترب قد صُعدّ بعامل محدود لندرة الأبنية المقامة على ميول شديدة في المنطقة المعتمدة.

الخطورة النهائية =  $0.5 \times \text{درجة الخطورة الإنشائية} + 0.25 \times \text{درجة الخطورة الزلزالية} + 0.1 \times \text{الكثافات السكانية} + 0.1 \times (\text{درجة الخطورة الجيوهندسية} + \text{درجة الخطورة الجيولوجية}) + 0.05 \times (\text{تأثير الميل} + \text{تأثير الفوالق})$ .

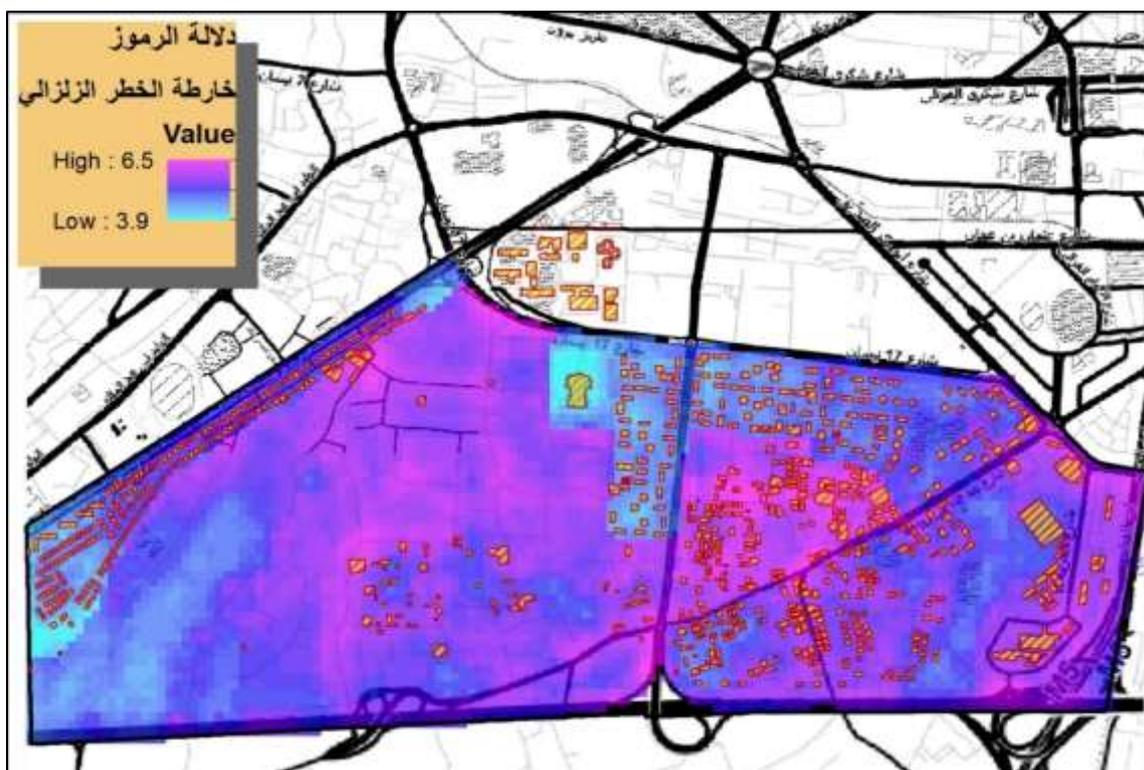
يبين الشكل 11 مخططاً تدقيقياً تنفيذياً لكامل سلسلة المعالجة المقترحة ، حيث تدمج جميع الطبقات آنفة الذكر في حدود منطقة الدراسة لتكوين ما ندعوه بخارطة الخطر الزلزالي ومن ثم تتقاطع طبقة الأبنية مع تلك الخارطة كي تكتسب درجة الخطورة الكامنة والمتوقعة لها من الخارطة.

تمثل القطوع الناقصة اسماء الطبقات المدخلة والنااتجة مرحلياً والنااتجة (باللغة العربية) بينما تمثل المستطيلات أسماء عمليات إجرائية كمفردات مخصصة لبرنامج model builder (باللغة الاجنبية).



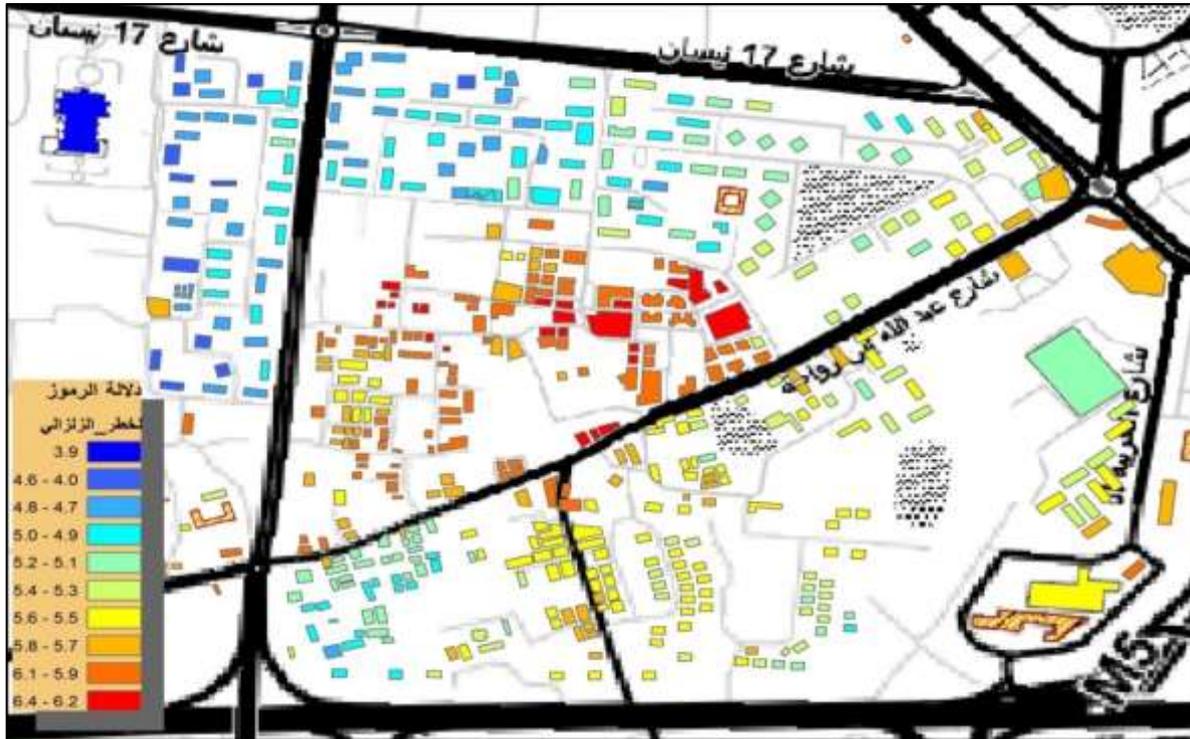
الشكل 11 مخطط تدفقي مؤتمت لتحليل البيانات تم بناؤه باستخدام ArcGIS- Model builder

وأخيرا يبين الشكل 12 النتائج النهائية للعمل ككل حيث تبدو الخارطة السعيرية بتدرج لوني من الأحمر (الأكثر عرضة للخطر الزلزالي) إلى الأزرق (الأقل عرضة). تتوزع درجات الخطورة على سلمٍ من 0-9 درجات ولا يحقق أيّ من أماكن المنطقة المدروسة الدرجة الحدية العليا أو الدنيا بل تتراوح النتائج بين (3.9-6.5) . من الممكن ملاحظة تجميع أثريين ذي اتجاهين متعاكسين مع بعضهما البعض كعدم تصميم ارتفاعات طابقية كبيرة على الأراضي الرخوة مما يقلل من ظهور قيم حدية.



الشكل 12 خارطة الخطورة الزلزالية النهائية وفق العوامل المقترحة

من الممكن إعادة تمثيل الخارطة ذاتها بتحميل درجة الخطورة الزلزالية على الأبنية الموجودة حالياً وهذا ما نلاحظه في الشكل 13 الآتي :



الشكل 13. جانب من أبنية المنطقة المدروسة وقد تمّ ترميزها بتدرج لوني معبر عن مدى تعرضها للكارثة الزلزالية.

### الاستنتاجات والتوصيات:

تمّ في هذا البحث إجراء دراسة ميدانية استقصائية تحليلية أخذت بعين الاعتبار معظم العوامل الطبيعية المكانية والسكانية والبشرية المتداخلة بعمق في الكارثة الزلزالية . وقد تغيرت أساليب معالجة كلّ من عوامل الخطورة وفقاً لطبيعته وطريقة تمثيله في بيئة GIS.

تمّ استقراء الشدة الزلزالية لكل خلية وفق طريقة Cokriging والتي تأخذ بعين الاعتبار سلسلتين من البيانات (الشدة، العمق) وتم تحضير خارطة تحدد الكثافة السكانية في منطقة الدراسة .

تمّ التوصل الى خارطة تبين قابلية الاصابة في منطقة الدراسة بالاضافة الى خارطة تظهر الاضرار على الابنية في تلك المنطقة وذلك من خلال دمج العوامل المختلفة وصولاً لخرائط ضرر والتي من المحتمل أن تكون أساساً لتخطيط عمليات الإغاثة والاستجابات السريعة في حال حصول هذه الكارثة.

بالنسبة للعمل المستقبلي، يقتضي الاعتماد على هذا النوع من خرائط الاضرار المحتملة لصياغة استراتيجيات العمل لمواجهة الكارثة واقتراح الفعاليات الفورية المناسبة من نقاط اخلاء ومراكز طبية وفعاليات الاسبوع الأول من حصول الكارثة كالمخيمات ومراكز الإيواء والاسبوع الثاني كإصلاح الأبنية المتضررة اصلاحات أولية وما شابه...

نوصي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية كمنصة داعمة لاتخاذ القرار لما توفره من خيارات رسومية ووصيفة ومكانية توجّهه باتجاه القرار الأمثل ولأن هذه النظم تمثل البيئة المناسبة لدمج كافة الاحصاءات المستحصل عليها حقيقياً وفق أسس علمية صحيحة.

## المراجع:

- 1- Saleh, H., 2016. *Artificial Intelligence and Geoinformation Technologies for Disaster Risk Reduction and Management*, Rabban Publishing LTD, UK. ISBN 978-0-9935464-1-9.
- 2- UNDP, NURC, *National Urban Risk Reduction Center*, 2012, 30.
- 3- ISDR, 2004. *National platforms and Country Profiles for "Disaster Risk Reduction" 1994/2004*: <http://www.unisdr.org/eng/country-inform/introduction.htm>.
- 4- MEDHRY, F. *Distributing of Disaster Probability and Prediction It's Occurrence Time*, Conference of Disaster Management, 2008, 571-583.
- 5- Saleh, H., and Allaert, G., 2012. *Disaster Management and Risk Reduction: Impacts of Sea Level Rise and other Hazards related to Tsunamis on Syrian Coastal Zone (A Case Study on the Lattakia City)*. In: Typhoon Impacts and Crisis Management, (Eds. Tang & Sui), p. 481-536, ISBN: 978-3-642-40694-2 Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- 6- MOKTAR, H. *Assessment Of Western And South Western Seismic Zones In The Arabian Peninsula*, Conference Of Disaster Management, 2008, 417-429.
- 7- Dabbeek, J. *Urban Risks in the Arab Region (case study: Urban Risks in Palestine*, An-Najah National University, Palestine (Earth Sciences & Seismic Engineering Center) Damascus, Syria, November 2009, 125.
- 8- UN-ISDR, 2005. *Hyogo Framework for Action 2005-15; Building the Resilience of Nations and Communities to Disasters*, 2005.
- 9- EMS 98 – *Echelle macrosismique européenne*, 2001, sous la direction de G.Grünthal, édition française A. Levret, Conseil de l'Europe : Cahier du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie .
- 10- Nurul Alam, Md. *Application of MCDM Tools to Identify the Suitable Building Vulnerability Assessment Technique for Seismic Loss Modeling*, 2011, 26
- 11- Al - Khasawneh, A. Shamel, H., Al Saryrah R.(1), Jaradat, R. , Awadeh, M. (2), Fahjan Y. (3), Al Qariuty, M. (4), "Seismic Risk Assessment for Aqaba city – Jordan", research, (1) Royal Scientific Society (RSS), (2) Yarmouk University, (3) Gebze Institute of Technology Turkey, (4) Natural resources Authority, 2011
- 12- Ghafory-Ashtiany, M.(1), Tabaroie, H. (2), "Development of Mashhad Earthquake Risk Model" , research, (1) SP Insurance Risk Management Institute and Iranian Earthquake Engineering Association, (2) Deputy Mayor of Mashhad Municipality in Planning and Development Holy City of Mashhad Iran, 2011
- 13- Sbeinati ,M; Darawcheh ,R; and Mouty, M. *The historical earthquakes of Syria: an analysis of large and moderate earthquakes from 1365 B.C. to 1900 A.D*, Department of Geology, Atomic Energy Commission of Syria, 2005, 250.
- 14- Carr, J.R. & McCallister, P.G , *Mathematical Geology*, An application of cokriging for estimation of tripartite earthquake response spectra (1985) 527-545 .