

زلزالية شبه الجزيرة العربية وسبل تخفيف مخاطرها

أ.د عبدالله بن محمد العمري
المشرف على مركز الدراسات الزلزالية
جامعة الملك سعود

مقدمة :

الزلازل عبارة عن إهتزازات في القشرة الأرضية تحدث بمشيئة الله ثم بسبب إنطلاق وتحرر الطاقة الناتجة عن إحتكاك الصخور وتحرك الطبقات الأرضية حول الصدوع الكبيرة . كما تحدث نتيجة لعدة أسباب أخرى منها : الثورات البركانية والإختراق المفاجئ للمواد المنصهرة في باطن الأرض للأجزاء الهشة من القشرة الأرضية ، والتفجيرات النووية تحت السطحية وسقوط النيازك كبيرة الحجم على سطح الأرض وانهيارات الكهوف الكبيرة تحت سطح الأرض وانتشاء السدود والبحيرات الصناعية وضخ المياه والمخلفات داخل الآبار .

الزلازل ظاهرة طبيعية فتاكة وتعتبر جزء من حياة الأرض وجزء مأساوي من تاريخ البشرية. ولا يكاد يمر عام إلا ونسمع بعشرات الزلازل العنيفة وكان آخرها زلزال كشمير في باكستان الذي وقع في أكتوبر 2005م والذي إستمر 50 ثانية وخلف أضرار بشرية ومادية جسيمة وكذلك سونامي سومطره الذي وقع في ديسمبر 2004م وأودى بحياة 280000 شخص .

النشاط الزلزالي في شبه الجزيرة العربية :

لقد كان الإعتقاد سائداً بأن شبه الجزيرة العربية خالية من أي نشاط زلزالي على مر العصور ، ولكن الواقع هو العكس ، حيث دلت الدراسات التاريخية والحديثة على أن المنطقة سبق وان تعرضت لبعض الهزات الأرضية والبراكين إن هذا الإعتقاد السائد كان مصدره أولاً عدم وجود أجهزة رصد زلزالية في المنطقة علاوة على أن مراكز الهزات في مواقع ذات كثافة سكانية قليلة - والله الحمد - وفي مناطق متباعدة ، وهذا بدوره أدى إلى عدم الإحساس بأثرها.

وعموماً يتركز النشاط الزلزالي في شبه الجزيرة العربية على إمتداد حدود الصفيحة العربية في منطقتين رئيسيتين كما في الشكل المرفق وهما :

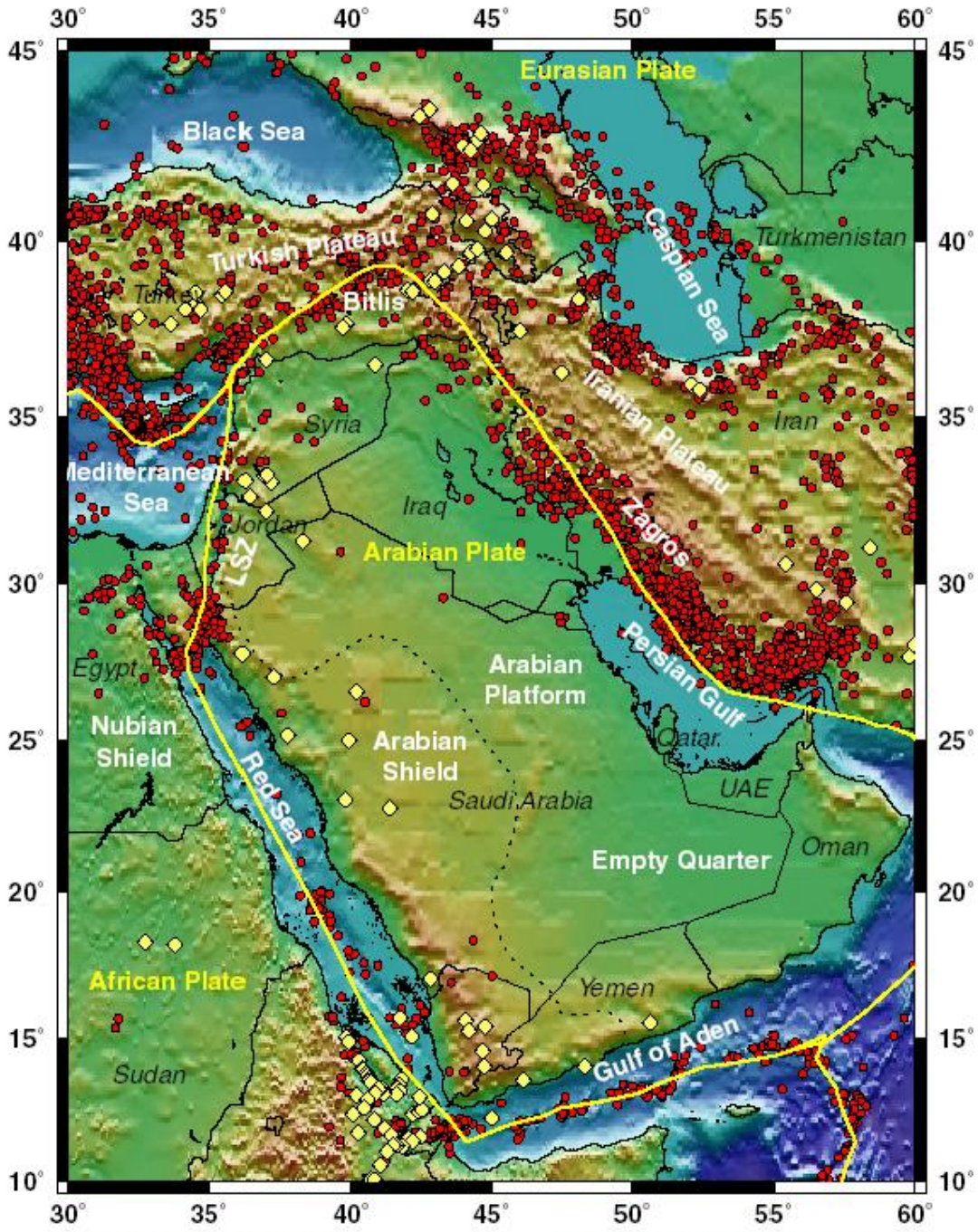
(أ) منطقة خليج العقبة :

يتركز النشاط الزلزالي في أهدود البحر الميت وخليج العقبة الذي يمتد من جبال زاجروس إلى البحر الأحمر مكوناً حزاماً زلزالياً نشطاً يصل طوله إلى 1000 كيلومتر تقريباً. وتكمن أهمية

هذا الأخدود في أنه يربط حركة الإتساع في البحر الأحمر بحركة تصادم الصفائح في جنوب تركيا وإيران.

وبالرجوع إلى السجلات التاريخية أمكن تدوين أكثر من 31 زلزالاً في المنطقة تراوح قدرها ما بين 4-6.5 خلال الفترة ما بين 747-1964م ، أي بمعدل زلزال قوي كل 25 سنة تقريباً ، 70% من تلك النشاطات تركزت في منطقة البحر الميت و 30% في منطقة خليج العقبة. تعرضت المنطقة في الأعوام 1588،1293،1212،1068،641م إلى هزات عنيفة نتج عنها أضرار جسيمة . فزلزال 1068 مدمر مدينة أيلة تماماً والتي تقع شمال خليج العقبة مباشرة ونشأت ينباع مياه في تبوك وهي المعروفة بـ الكور ، وسبب أضرار بسيطة في تيماء وخيبر والمدينة المنورة . أما زلزال المدينة المنورة عام 1256م الذي يعتقد أنه من أصل بركاني ، فقد غطت حممه المدينة المنورة لمساحات شاسعة أمكن رؤيتها من مكة المكرمة و ينبع و تيماء ، ولقد غطت الحمم البركانية منطقة طولها 19كم وعرضها 6كم وعمق يصل إلى 2.5م وإستمرت تلك التتابعات لمدة ثلاثة أشهر . وفي عام 1927 حصل زلزال مدمر في وادي الأردن بلغ قدره 6.2 درجة ، وحصلت أضرار مادية وبشرية ونتج عنها وفاة 342 شخص.

وقد أمكن حديثاً خلال الفترة 1983 - 2002م رصد 3186 زلزال بقدر يتراوح ما بين 3-6 في خليج العقبة فقط ، ومن أهم التتابعات الزلزالية تلك التي حدثت في يناير 1983م واستمرت لمدة أربعة أشهر ، وبلغ قدر أعلاها 5.2 درجة ، ودلت هذه التتابعات على تركيز النشاط في الجزء الشمالي من الخليج. وفي ديسمبر 1985م سُجلت عاصفة زلزالية في وسط الخليج بلغ قدر أكبرها 4.9 ، ودلت موجة الهزات اللاحقة التي بلغ عددها أكثر من 500 هزة على أن زلزالية صدع البحر الميت تتميز بأنها من نوعية نشاط الهزة الرئيسية والموجة اللاحقة (Mainshock - Aftershock) أما في أبريل 1990 ومايو 1991م ، فقد تم تسجيل أعلى زلزال بلغ 4.3 درجات إلى الجنوب تقريباً من موقع العاصفة الزلزالية **Earthquake Swarm** التي حدثت في عام 1983م . ويدل هذا على أن زلازل 1983 ، 1990 ، 1991م تمثل حدث تكتوني ذو أصل واحد ، والزلزالين الأخيرين أخرجوا الطاقة الكامنة المتبقية في زلزال عام 1983م ، وتم رصد أكثر من 650 من التتابع لزلزال 1990م . وفي 1416/6/29هـ بدأ نشاط زلزالي محسوس بزلزال قدره 5.8 درجة بدون سوابق وقد أمكن تسجيل ما ينوف على 5000 هزة لاحقة منها أكثر من 90 هزة محسوسة تتراوح في قدرها ما بين 3.8 – 5.5 إستمرت لمدة ثلاثة أشهر.



● مراكز النشاطات الزلزالية ◆ مراكز النشاطات البركانية

خارطة زلزالية وحركية لشبه الجزيرة العربية والدول المجاورة خلال الفترة من ١٩٩٠-٢٠٠٢م

(ب) منطقة جنوب المملكة

إن دراسة مستوى النشاط والخطر الزلزالي في المنطقة الجنوبية من المملكة وجنوب البحر الأحمر لا يقل أهمية ونشاطا عن منطقة خليج العقبة وتقع في نفس النطاق الزلزالي .
وخلال الفترة من 1900م - 1994م أمكن تسجيل 170 زلزالا في المنطقة تراوح مقدارها ما بين 3 - 6 درجة . أما تاريخيا فقد وقعت عدة زلازل عنيفة في الأعوام 859 م ، 1121م ، 1191م ، 1269م ، 1481م ، 1630م ، 1710م ومن أعنف الزلازل التي وقعت في هذا القرن وسببت خسائر بشرية ومادية كانت في الأعوام 1941م ، 1955م ، 1982م .
لقد دلت نتائج الدراسة التي أجريتها حول زلزالية وحركية المنطقة أنها تعرضت خلال الفترة من 1913 - 1996م إلى ما يقرب من 400 زلزالا تراوحت درجاتها ما بين 2ر8 إلى 6ر7 درجة حسب مقياس ريختر ومعظم مراكز تلك الزلازل وقع داخل البحر والبقية على اليابسة .وقد تركزت معظم هذه الزلازل حول الصدوع المستعرضة (التحويلية) للمنخفض المحوري العميق جنوب البحر الأحمر والتي نشأت متزامنة مع مرحلة إنفصال الصفيحة العربية عن الأفريقية .

لقد دلت الحلول المركبة لميكانيكية البؤرة الزلزالية التي سجلت حديثا على أن معظم زلازل جنوب البحر الأحمر تمثل حركة إنزلاقية تأخذ إتجاه شمال شرق - جنوب غرب . أما الزلازل التي تركزت على اليابسة في الدرع العربي فقد نتجت عنها حركة رأسية بإتجاه الشمال الغربي . وتعزى الحركة على اليابسة إلى الإجهادات الناتجة عن نشاطات الصحارة . أما في البحر الأحمر فإن النشاط الزلزالي يعزى إلى مراكز التمدد المشتركة مع الصدوع المستعرضة والتي تؤيد تمدد قاع البحر الأحمر بإزدياد كلما إتجهنا جنوبا بمعدل 1.2 سم/السنة .

وبالرجوع إلى السجلات التاريخية القديمة في هذا القرن فإن المنطقة سبق وأن تعرضت إلى زلازل عنيفة في الأعوام 1941 ، 1955 ، 1962م وزلازل شمال اليمن الأخيرة في الأعوام 1982 ، 1991 ، 1993م والتي نتج عنها خسائر بشرية ومادية جسيمة وخاصة زلزال دمار عام 1982م ، ومن الملاحظ أن معظم الخسائر نتجت عن سقوط المنازل الحجرية من أعالي رؤوس الجبال وكذلك تبعها إنزلاقات صخرية وإنهيارات .

المهم في الموضوع أنه مع الأخذ في الإعتبار نتائج الدراسات الجيولوجية والمغناطيسية بالإضافة إلى مواقع الزلازل الحديثة في البحر الأحمر ومقارنتها مع مواقع الزلازل في تهامة والدرع العربي فإن هذه الدراسة تؤيد إحتمالية إمتداد بعض الصدوع المستعرضة في البحر الأحمر وخاصة ما بين خطى عرض 16.3 إلى 17.4 شمالا بإتجاه الشمال الشرقي عبر الدرب إلى قرب مدينة أبها وحركة هذه الصدوع هي المسؤولة عن الزلزال الذى وقع جنوب غرب أبها عام 1408هـ وبلغ مقداره 5.2

وفى عام 1993م تم رصد زلزال مقداره 4.5 إلى الشرق من جيزان وتم الإحساس به على نطاق واسع نظرا لأن منطقة جازان تقع على رواسب من القرب الملحية السمكية والتي بدورها تساعد على إنتشار الموجات الزلزالية بسرعة عالية مما يؤدي إلى الإحساس بالهزات بسهولة كما حدث أيضا فى عام 1995م رصد زلزال بمقدار 4.7 بالقرب من سد ملاكى .

وإذا أخذنا في الإعتبار نتائج الدراسات الزلزالية التاريخية والحديثة فإن أكبر زلزال متوقع في المنطقة لا يتعدى مقداره 6.8 في البحر أو 6 على اليابسة . أما تكرارية الزلازل القوية فتدل على أن المنطقة قد تتعرض إلى زلزال قدره 6 درجة على مقياس ريختر كل 40 سنة والله أعلم .

النطاقات الزلزالية في شبه الجزيرة العربية

هناك ثلاثة شروط يجب توفرها لتحديد إمكانية حدوث الكارثة الزلزالية. الشرط الأول هو كمية القدر الزلزالي حيث أن الأحداث الزلزالية الصغيرة لا ينتج عنها هزات أرضية عنيفة بصورة كاملة وحادة لكي تتسبب في الدمار الشامل. الشرط الثاني هو قرب المصدر الزلزالي. الشرط الثالث هو أن الحدث الزلزالي يعتمد على درجة الإستعداد للكارثة. لا تعتمد خطورة الزلزال على مدى زلزالية المنطقة أو الإقليم فحسب ولكن أيضاً على الكثافة السكانية والنمو الإقتصادي. فبالرغم من أن الزلزالية تظل ثابتة، فإن الكثافة السكانية والنمو الإقتصادي يزداد بشكل سريع. ومن أهم العناصر الضرورية للتهيؤ للكوارث هو قابلية التأثير **vulnerability** أي تخفيف عواقب الزلازل المدمرة. لكي نقوم بتقليل المخاطر الزلزالية بطريقة منطقية فإنه من الضروري الفهم الواضح والإدراك الكامل والتام بالظاهرة الطبيعية المرتبطة بحدوث الزلزال وأثارها الضارة والمدمرة، فالعنصر الأساسي لدرء مخاطر الزلازل هو القدرة على تقييم وتقدير المخاطر الزلزالية بإستخدام حلول منطقية ولكي يتم التعامل مع المخاطر الزلزالية فإنه من الضرورة معرفة ما يلي:

- مصادر الزلازل المدمرة.
- مواقع الأحداث الزلزالية.
- تردد الأحداث الزلزالية المختلفة في الحجم.
- طبيعة الحركة الأرضية بالقرب من مصدر الزلزال أو التوهين مع المسافة.
- تأثير جيولوجية الموقع على شدة الهزة الأرضية.
- أنواع المخاطر الزلزالية.
- الخصائص الرئيسية التي من الممكن أن تعرف مقدار التدمير الناتج عن الهزة الأرضية.

لنمذجة خواص المصادر الزلزالية تم إستخدام طريقتين هما الطريقة الزلزالية وطريقة الكسور. بالنسبة للطريقة الزلزالية تم إستخدام مجموعة من البيانات الزلزالية في كل نطاق وذلك لتحديد وتعيين علاقة القدر الزلزالي – التردد وكذلك لتقدير الإزاحة الخطية السيزمية ومقادير العزم الزلزالي. تم تحديد المعاملات الزلزالية لإيجاد العلاقة بين التراكيب والمصدر الميكانيكي للزلزال. أما بالنسبة للطريقة الثانية فقد تم فحص وإختيار التراكيب التي يشملها كل نطاق على أساس الخرائط الجيولوجية التكتونية المتوفرة وذلك لمعرفة العلاقة بين أنواع المصدر الميكانيكي للزلزال وزلزالية مصدر المساحة **Area source**.

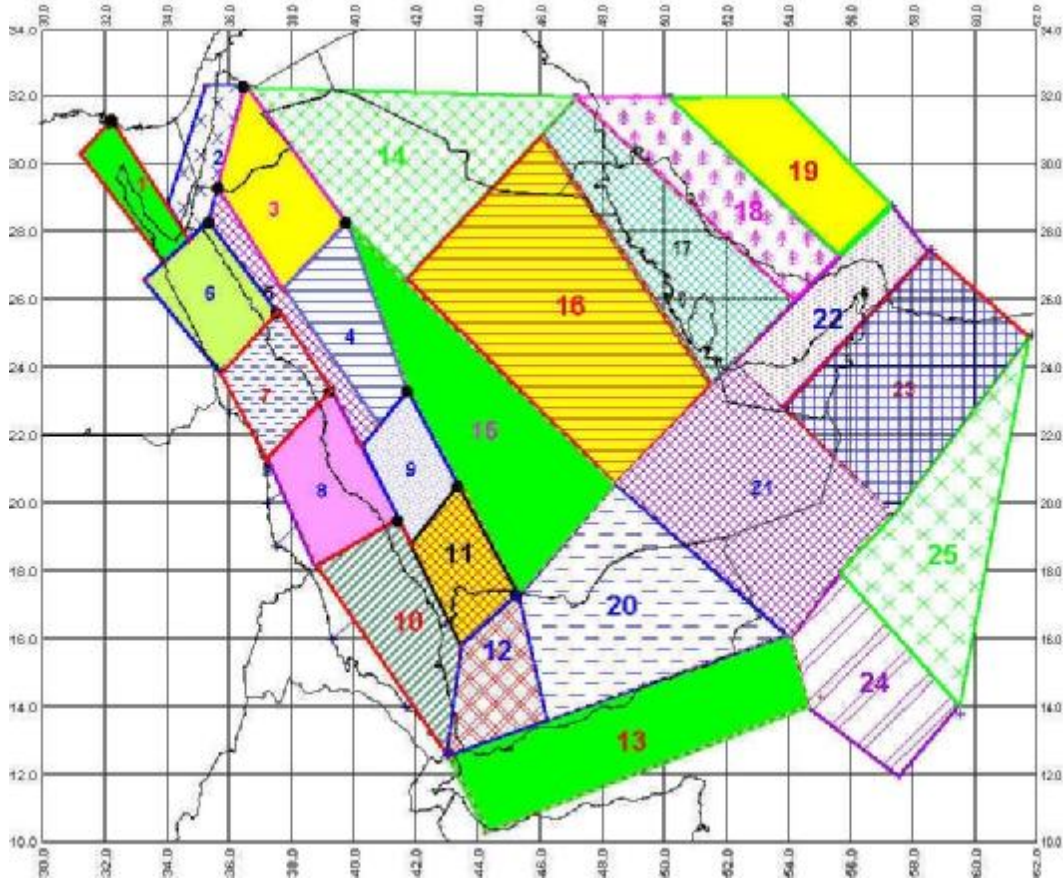
دلت النتائج على أن هناك نوعين من المصادر بالنسبة للنموذج التكتوني وهذان النوعان هما المصدر الخطي **Line source** ومصدر المساحة **Area source**. بالنسبة للمصدر الخطي يشمل الصدع العرضي **Transcurrent** والصدوع العادية. أما بالنسبة لمصدر المساحة **Area source** فهي تشمل الأحداث الزلزالية التي لها علاقة بالفوالق والكسور الصخرية والتي حدث لها إزاحة مما أدى إلى تغير موقعها داخل النطاقات السيزمية.

وبأخذ الاعتبارات الجيولوجية والسيزمية وتطبيق النماذج الرياضية المختلفة تم تحديد 25 نطاق زلزالي وتم تعريفها وتخطيطها في شبه الجزيرة العربية والمناطق المجاورة على النحو التالي :

رقم النطاق	إسم النطاق
1	<u>خليج السويس</u>
2	خليج العقبة – البحر الميت
3	تبوك
4	النطاق البركاني في الشمال الغربي
5	وسط الحجاز
6	ضبا والوجه
7	ينبع
8	جنوب البحر الأحمر – جدة
9	مكة المكرمة
10	جنوب البحر الأحمر – الدرب
11	أبها – جيزان
12	جنوب غرب الدرع العربي
13	<u>خليج عدن</u>
14	طريف – وادي السرحان
15	<u>صدع نجد</u>
16	منخفض وسط المسطح العربي
17	<u>الخيخ العربي</u>
18	جبال زاغروس
19	سلسلة سننداج إيران
20	<u>جنوب اليمن</u>
21	حوض الربع الخالي

ديبا – بندر عباس	22
مكران – حواسنة	23
مرتفعات شرق شيبه	24
صدع المسيره	25

إعتبرت نطاقات المصادر الزلزالية 1 و2 و6 و8 و10 و13 و18 و19 و22 و24 مناطق نشطة زلزالياً خلال الفترات التاريخية والحديثة . تتميز نطاقات المصادر الزلزالية هذه بوجود واحد أو اثنين من ميكانيكيات المصادر المحتملة مثل نظم الصدع (rift) وصدوع عمودية وإنزلاقية ونطاقات تصادمية . التوزيع الفراغي والزمني للأحداث الزلزالية في نظام الصدع تبدو كثيفة ولكن يوجد تشوه قشري عبر محور الصدع (rift) بينما مواقع البؤر الزلزالية في مناطق التصادم تعتبر تقريباً منتظمة التوزيع . وتتراوح قيمة الـ **b** لهذه المناطق الزلزالية بين 0.7 و 1.2 . ويلاحظ أن باقي مناطق المصدر الزلزالي تعتبر غير نشطة زلزالياً من حيث وقوع أحداث زلزالية ضعيفه إلى متوسطة خلال الفترات التاريخية والحديثة بالرغم من أن بعض نطاقات المصدر الزلزالي هذه (16 و15 و12 و9 و7 و5 و4) تحتوي على نظام صدع معروف وتقع في منطقة بركانية . وتتراوح قيمة الـ **b** في مناطق المصدر الزلزالي هذه تقريبا من 0.35 – 0.6 ماعدا المناطق البركانية التي يبدو أنها تتبع نظام الصدع rift.



النطاقات الزلزالية لشبه الجزيرة العربية والمناطق المجاورة

تقييم المخاطر الزلزالية على المنشآت في المملكة

يعتمد مقدار الخطر الزلزالي الذي يتمثل بصفة أساسية في الدمار والهلاك المصاحبين للهزة الأرضية على عاملين هما:

1- الشدة الزلزالية Seismic Intensity

وتستخدم نظرية الإحصاء والاحتمالات لتحديد مستوى الشدة الزلزالية في منطقة ما خلال فترات زمنية مستقبلية مع توقع زيادة في هذا المستوى باحتمال قدره 10% وبعد رسم الخريطة الكنتورية للقيمة القصوى لعجلة (تسارع) الحركة الأرضية المتوقع حدوثها أفضل أسلوب لتوضيح قيم الشدة الزلزالية بهذه المناطق. تمثل قيمة هذه العجلة كنسبة عشرية أو مئوية من قيمة عجلة الجاذبية الأرضية (g).

وتصنف المناطق من حيث خطورتها الزلزالية طبقاً لقيمة عجلة الحركة الأرضية إلى

أربعة مناطق هي:

- (أ) خالية من الخطر (أقل من 0.5 g).
- (ب) منخفضة الخطر (تتراوح من 0.05 g إلى 0.1 g).
- (ج) متوسطة الخطر (تتراوح من 0.1 g إلى 0.2 g).
- (د) عالية الخطر (أكبر من 0.2 g).

ومن خلال الخرائط الكنتورية لقيم عجلة الحركة الأرضية المتوقع حدوثها خلال 50 عام و باحتمال زيادة قدره 10% بمناطق المملكة العربية السعودية يتضح أن المملكة عموماً تعد من المناطق منخفضة الخطر في وسطها وشرقها. ويصل الخطر إلى 0.2 g في شمال غرب المملكة (منطقة خليج العقبة) وجنوب غرب المملكة (منطقتي عسير ونجران) وتقع المناطق متوسطة الخطر على إمتداد ساحل البحر الأحمر حيث تتراوح قيمة عجلة الحركة الأرضية ما بين 0.1 إلى 0.2 g.

2- كفاءة المباني

تستخدم خريطة العجلة الأرضية في تقويم كفاءة المباني المقاومة ومعرفة مدى مقاومتها لمستوى الشدة الزلزالية المتوقعة. كما تستخدم في أغراض التصميم الزلزالي للمباني إما مباشرة أو من خلال تحديد المعامل الزلزالي للمنطقة.

وطبقاً لنتائج الشدة الزلزالية فإنه على ضوءها يمكن تقدير مدى التلف المتوقع مستقبلاً للمنشآت. حيث تصل نسبة التلف في المباني الخرسانية المسلحة التي لم يراعي في تصميمها مقاومة الزلازل (حوالي 33%) عند زلزال شدته VIII على مقياس ميركالي المعدل، بينما تبلغ نسبة التلف في المباني الخرسانية المسلحة التي تم تصميمها بطريقة مقاومة للزلازل (13%) تقريباً عند نفس الشدة الزلزالية.

إن إضافة تكلفة أحمال الزلازل إلى تصميم المباني السكنية غير مكلف مادياً. أثبتت دراسة الجمعية التقنية التطبيقية الأمريكية أن الزيادة في تكلفة المباني في حدود 0.7% من التكلفة الكلية للمباني السكنية التي تبلغ عدد طوابقها تقريباً خمسة أدوار. وتتمثل هذه الزيادة في وضع وتفريد وتشبيك حديد التسليح بطريقة خاصة تضمن تلاحم أجزاء المبنى بصورة جيدة وزيادة بساطة في أبعاد ومقاطع بعض العناصر الإنشائية والتلاحم الجيد بين العناصر الغير إنشائية (الحوائط) والعناصر الإنشائية للمبنى.