



المملكة العربية السعودية  
جامعة الملك سعود  
كلية العلوم  
عمادة الدراسات العليا

تقويم الخطر الزلزالي في الجنوب الغربي لشبه الجزيرة العربية  
ومنطقة جنوب البحر الأحمر

**Seismic Hazard Assessment of Southwestern  
Arabian Peninsula and Southern Red Sea  
Region**

( )

جمادى الأولى- 1427هـ - إبريل- 2006م

تقويم الخطر الزلزالي في الجنوب الغربي لشبه الجزيرة العربية  
ومنطقة جنوب البحر الأحمر

Seismic Hazard Assessment of Southwestern  
Arabian Peninsula and Southern Red Sea Region

ماجد بن احمد بن هاشم المالكي

توقفت هذه الرسالة بتاريخ ١٤٢٧/٥/٧ هـ وتم إجازتها.

لجنة المناقشة



المشرف	أ.د. عبد الله بن محمد العمري
المشرف المساعد	د.ناصر بن سعد العريقي
عضو	أ.د. هشام محمد عباس العربي
عضو	أ.د. طارق بن علي الخليفة
عضو	د.محمد بن عيسى الدباغ

دلّت دراسة النشاط الزلزالي التاريخي والحديث لمنطقة الجنوب الغربي لشبه الجزيرة العربية وجنوب البحر الأحمر على أن المنطقة تعرضت إلى العديد من الحركات الأرضية وأن هذه المنطقة لا تزال ذات نشاط زلزالي إلى يومنا هذا، ففي خلال الفترة ما بين 200م -2005م تم توثيق 441 زلزال ما بين خطي عرض 14°- 19° شمالاً وخطي طول 39°-45° شرقاً وتراوح قدرها الزلزالي لموجات الجسم ما بين 2.49 إلى 8 درجات، منها 354 زلزال حدث خلال الفترة الحديثة (1964م-2005م) بقدر زلزالي لموجات الجسم يتراوح ما بين 2.4 - 6.9 .

يعزى النشاط الزلزالي العالي في شمال اليمن إلى وجود نشاط الصحارة لبراكين العصر الرباعي، أما في جنوب البحر الأحمر فإن الصدوع التحويلية من العصر الثلاثي لعبت دوراً أساسياً في النشاط الزلزالي الملحوظ.

تم إعادة تحديد مواقع 218 زلزال، مما أدى إلى زيادة الموثوقية في البيانات وتحسين مواقعها ومعرفة مناطق الصدوع ذات العلاقة بالخطر الزلزالي، وباستخدام نماذج سرعة حديثة فإن النتائج تشير إلى تحسين نسبة الخطأ لتصل كما متوسط إلى 0.25 درجة لخط الطول و 0.25 درجة لخط العرض.

تم تحليل ومعالجة البيانات بإزالة التكرارية وتوحيد القدر الزلزالي المستخدم إلى  $M_b$ ، ومن ثم تم إزالة السوابق والتتابع الزلزالية، كما تم تحليل اكتمالية البيانات ووجد أن مع زيادة القدر الزلزالي تزداد فترة اكتمالية البيانات .

دلّت الحلول الميكانيكية لعدد 33 زلزالاً وقعت في الجزء الجنوبي من البحر الأحمر على أن النشاط الزلزالي لجنوب البحر الأحمر يمكن تقسيمه إلى جزئين: جزء (14 زلزال) يأخذ الحل الميكانيكي للصدع الانزلاقي ويقع على طول الصدوع التحويلية للبحر، والجزء الآخر (15 زلزال) يأخذ الحل الميكانيكي للصدع العادي ويقع على طول أتساع البحر . كما يبين الحل الميكانيكي لعدد 20 زلزال وقعت جنوب الدرع العربي، أن نسبة 25% منها ناتجة عن صدوع انزلاق مضربي والبقية (16 زلزالاً) هي لصدوع عادية.

دلّت دراسة مستوى النشاط الزلزالي أن قيمة  $b$  لمنطقة جنوب الدرع العربي تساوي 1.061 والتي تكون مرتفعة نسبياً نتيجة لطبيعة المنطقة البركانية وأن الزلازل الصغيرة أكثر شيوعاً. أما في المنطقة المقابل لجنوب البحر الأحمر فإن القيمة تقل إلى 0.887 والتي تعتبر مؤشر جيد للتغير القشري، كما تميزت منطقة جنوب المملكة والجزء المقابل من البحر بقيمة منخفضة تساوي 0.591 وذلك يشير إلى طبيعة المنطقة ذات الشد قاري والى أن الزلازل الكبيرة أكثر شيوعاً، وأخيراً تميزت منطقة وسط البحر بقيمة تساوي 0.572.

ومن دراسة الاحتمالية لأكبر قدر زلزالي متوقع لكل مدينة وجد أن اكبر زلزال محتمل حدوثه يقع في محافظة أبها وبقدر زلزالي معتمد على العزم  $M_w$  يصل إلى 7.13 ، ثم يليه في محافظة صعده بقدر زلزالي يساوي 7.11، ثم الحديدية وذمار بقدر زلزالي يساوي 6.87، أما في محافظة جازان فقد يصل إلى 6.86، وفي جزر فرسان يساوي 6.7، وأخيرا في نجران وصنعاء وزبيد فقد يصل القدر الزلزالي فيها إلى 5.97، 5.83، 5.14 على التوالي.

تم رسم منحنيات التوهين للجزء الجنوبي للبحر الأحمر و المناطق الساحلية اعتماداً على توزيع قيم Q والتدفق الحراري للمنطقة، حيث أشارت إلى وجود قيم عالية للتوهين لمنطقة جنوب البحر و قيم منخفضة نسبيا لمنطقة جنوب الدرع العربي .

واستنادا على المعلومات الجيولوجية والتكتونية والجيوفيزيائية بالإضافة إلى المعلومات الزلزالية الأخرى وخرائط توزيع العمق البؤري تم تعريف أربع نطاقات زلزالية مرتبطة بالمصدر الزلزالي من نوع مساحي Area Source.

تم استخدام طريقة المحاكاة العشوائية لتقييم الخطر الزلزالي المحتمل باستخدام برنامج SMSIM والذي يأخذ في الاعتبار كل من معاملات المصدر ومعاملات توهين الموجات ومعاملات تأثير الموقع، حيث تم الحصول على قيم التسارع الأفقي الأرضي الأقصى الناتج من 4 مصادر زلزالية من نوع مساحي عند كل من صخور القاعدة والصخور السطحية على شكل خرائط كنتورية .

ومن الخرائط الكنتورية يمكن استنتاج أن مستوى الخطر الزلزالي في المنطقة عالي ويقل باتجاه الشمال الشرقي حيث كانت قيم التسارع الأرضي على السطح في محافظة زبيد باليمن تساوي 32سم/ث<sup>2</sup>، وفي محافظة الحديدية تساوي 29سم/ث<sup>2</sup>، وفي جزر فرسان تساوي 14سم/ث<sup>2</sup>، ومحافظة جازان تساوي 11.07سم/ث<sup>2</sup>. كما يمكن أن تتأثر محافظة أبها بالمنطقة الواقعة شمال غرب بمسافة 116.7كلم على ساحل البحر الأحمر والتي تصل قيمة التسارع لها إلى 39سم/ث<sup>2</sup>.

تم التعرف على علاقة تخميد التسارع الأرضي من خلال دراسة طيف الاستجابة لكل وحدة صخرية وإيجاد محتوى تردد الحركة الأرضية من العلاقة، والتي تعكس استجابة المباني للهزة الأرضية. حيث وجد أن أعلى قيمة للتسارع الطيفي كان لمدينة صنعاء والحديدة ويساوي 120سم/ث<sup>2</sup> عند قيم تخميد 1% وفترة زمنية سائد تساوي 0.1 ثانية (10 هرتز)، والتي تعكس بدورها تكبير الموجات الناتج في صخور العصر الرباعي لتلك المناطق والذي يجب أن يأخذ في الاعتبار عن إقامة المباني والمنشآت.

## ABSTRACT

There are a great number of historical and recent earthquakes have occurred in the southern Red Sea and southwestern Saudi Arabia between Latitudes 14°-19°N and Longitudes 39°-45°E in the period of 200-2005 A.D. with magnitudes ranges from  $2 \leq M \leq 8.0$ . The area of interest has a complicated geological structures and tectonics. The epicentral distribution of both historical and instrumental earthquakes shows a general correlation with the regional geology and tectonics. Concentration of activity are seen where the spreading zone is intersected by NE transform faults. Most of the seismicity of this area is of swarm type and volcanic-related. Based on the seismic activity, focal mechanism solutions, geological structures and tectonics, four seismic source zones were defined; Southern Arabian Shield, Southern Red Sea, Northern Yemen and Middle of the Red Sea. The maximum expected magnitude for each seismic source zone was estimated. The b values correlate well with the tectonic environment and seem to increase gradually southwards with the opening of the Red Sea where it has 0.57 for the middle Red Sea and attains 1.06 for the southern Arabian Shield. This may reflects the heterogeneity of the crust and regional stress field. The stochastic method is applied for the seismic hazard assessment using more recent and advanced FORTRAN program for Strong Motion Simulation (SMSIM). The area was divided into small grid of point each 0.5 degree for both of latitude and longitude. The source parameters and the maximum expected magnitude for each seismic source were implemented into the method as input data also the path and site effect taken into consideration for the assessment of seismic hazard potentialities within the area in terms of Peak Ground Acceleration (PGA) and the response spectra for different rock units at the populated cities. The results of this method show that the maximum simulated time history of PGA on the bed-rock is  $41.1 \text{ cm/sec}^2$  resulted from the southern Red Sea source, while the maximum PGA on the ground surface is  $72.15 \text{ cm/sec}^2$  resulted also from the southern Red Sea source. The response spectra were calculated for different rock units at selected sites for 1%, 3%, 5% and 10% from the critical damping.