



**Kingdom of Saudi Arabia
King Abdulaziz City For Science and Technology
General Directorate of Research Grants Programs**

AR – 20 – 68

REVISED FINAL REPORT

**IMPROVING THE LEVEL OF SEISMIC HAZARD PARAMETERS IN
SAUDI ARABIA USING EARTHQUAKE LOCATION AND MAGNITUDE
CALIBRATION**

**Dr. Abdullah M. Al-Amri, KSU (P-I)
Dr. Tariq A. Alkhalifah, KACST (CO-I)**

KING SAUD UNIVERSITY

RABI' I 1425 H – MAY 2004 A.D



المملكة العربية السعودية
مدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية
الإدارة العامة لبرامج المنح

المشروع البحثي 20 - 68

التقرير النهائي المنقح

تحسين معاملات مستوى الخطر الزلزالي في المملكة
العربية السعودية باستخدام موقع الزلزال ومعايرة قدره

د. عبدالله بن محمد العمري (الباحث الرئيس)

د. طارق بن علي الخليفة (الباحث المشارك)

جامعة الملك سعود

ربيع الاول 1425هـ - مايو 2004م

جميع حقوق الطبع محفوظة لمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية. غير مسموح بطبع أي جزء من أجزاء هذا التقرير أو تخزينه في أي نظام لخزن المعلومات وإسترجاعها أو نقله على أي هيئة أو بأي وسيلة سواء كانت إلكترونية أو ممغنطة أو ميكانيكية، أو إستنساخاً، أو تسجيلاً، أو غيرها إلا بإذن من صاحب الطبع. إن كافة الآراء والنتائج والإستنتاجات والتوصيات المذكورة في هذا التقرير هي خاصة بالباحثين ولا تعكس وجهة نظر المدينة.

All Rights Are Reserved to King Abdulaziz City for Science and Technology. No Part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means-electronic, electrostatic magnetic tape, mechanical, photocopying, recording or otherwise - without the permission of the copyright holders in writing. All views, results, conclusions, and recommendations in this report represent the opinions of the authors and do not reflect opinions of KACST.

ACKNOWLEDGMENTS

This is the final progress report of the research project **AR-20-68** . The authors would like to express their thanks and gratitude to King Abdulaziz City for Science and Technology for funding this project. This work would not have been possible without the generous assistance of **KACST** and **KSU**.

Dr. Arthur Rodgers, the project consultant, whose expert guidance and continuing advice made this work possible. His willingness to devote his time greatly facilitated the completion of the project We owe him a deep debt of gratitude and a great deal of thanks. Grateful acknowledgment is also extended to the anonymous referees for their helpful suggestions and criticism.

Finally and most importantly, we would like to extend our sincerest thanks to Engineers Moustafa Hamed from KACST and Ahmed R. Khalil from KSU for providing this project with the earthquake data and to Dr. Michael Pasyanos and Ms. Maggie Benoit who performed the surface wave group velocity measurements and tomography.

الخلاصة

يشتمل التقرير النهائي المنقح من المشروع البحثي التطبيقي أت-20-68 على نتائج التقارير الدورية الثلاثة السابقة بالإضافة إلى نتائج المرحلة النهائية من هذه الدراسة ومرئيات المحكمين على التقرير النهائي وذلك لغرض تحسين معاملات الخطر الزلزالي في مختلف مناطق المملكة من خلال تحديد موقع الزلزال ومعايرة قدره .

على الرغم من قلة النشاط الزلزالي في معظم مناطق المملكة وخاصة الدرع العربي والمسطح العربي إلا أن قربها من المناطق النشطة زلزالياً في إيران وتركيا من ناحية الشمال الشرقي والبحر الأحمر والدرع العربي من جهة الغرب والجنوب الغربي وصدع البحر الميت التحولي شمالاً يتطلب دراسة مواقع الزلازل بدقة عالية للاستفادة منها في تحديد مناطق الخطر الزلزالي المحتمل .

يشتمل التقرير النهائي المنقح على تحليل المعلومات الزلزالية وأزمة المسار ونمذجة الشكل الموجي للمعلومات الرقمية التي سجلتها الشبكة الوطنية للزلازل التابعة لمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية. وتقوم الشبكة حالياً بتشغيل 27 محطة رقمية واسعة المدى و 11 محطة قصيرة المدى. وتتميز محطات هذه الشبكة بقدرتها العاليه

على إتقاط الإشارات الزلزالية المحلية والاقليميه وهذا يعود إلى هدوء مواقع المحطات الحقلية.

تم في هذا المشروع دراسة خواص الضوضاء السيزميه في محطات الشبكة و مقارنة مواقع الزلازل الإقليميه التي سجلتها شبكة المدينه مع المواقع التي سجلتها الشبكات الدوليه. يعود سبب الإختلاف الكبير بين هذه المواقع إلى أن نموذج تحليل المواقع المستخدم حالياً في المدينه **Iasp91** غير مناسب.

وعلى ضوء ذلك قامت هذه الدراسه بتحليل دقيق لعدة زلازل إقليميه ودراسة تفجيرات البحر الميت وتم حساب الأخطاء في تحديد المواقع ومعايرة الاقدار الزلزاليه. كما تم إستنتاج ثلاثة نماذج للسرع الزلزاليه لشبه الجزيرة العربيه لكل من :

1. منطقة خليج العقبه والبحر الميت

2. الدرع العربي

3. المسطح العربي

هذه النماذج تم تطبيقها حالياً في شبكة المدينه والتي سوف تؤدي إلى تحسين مواقع الزلازل المحليه والإقليميه وتحديد أقدارها بدقة متناهيه.

ABSTRACT

This revised final report of the research project AR-20-68 culminates the study reported earlier in the three progress reports as well as reviewer's comments and suggestions on the final report. The objective of the proposed research is to improve assessment of seismic hazard parameters by improving earthquake location and magnitude estimates with the Saudi Arabian National Digital Seismic Network (**SANDSN**).

While for the most parts of Saudi Arabia, particularly, Arabian Shield and Arabian Platform a aseismic, the area is ringed with regional seismic sources in the tectonically active areas of Iran and Turkey to the northeast, the Red Sea Rift bordering the Shield to the southwest, and the Dead Sea Transform fault zone to the north.

This report describes research performed to analyze earthquake data, travel times and seismic waveform data from the **SANDSN**. **KACST** operates the 38 station **SANDSN**, consisting of 27 broadband and 11 short-period stations. The **SANDSN** has good signal detection capabilities because the sites are relatively quiet. Research was performed to characterize seismic background noise at various stations in the network.

Locations of regional earthquakes estimated by **KACST** were compared with locations from global bulletins. Large differences between **KACST** and global catalog locations are likely the result of inadequacies of the global average earth model (**iasp91**) used by the **KACST** system.

We present detailed analysis of some events and Dead Sea explosions where we found gross errors in estimated locations. Velocity models are presented that should improve estimated locations of regional events in three specific regions: 1. **Gulf of Aqabah - Dead Sea region**
2. **Arabian Shield** and 3. **Arabian Platform**.

Recently, these models were applied to the **SANDSN** to improve local and teleseismic event locations and to develop an accurate magnitude scale for Saudi Arabia.

CONCLUSIONS & RECOMMENDATIONS

- 1) The Saudi Arabian National Digital Seismic Network (SANDSN) is an excellent, state-of-the-art seismic network. The sites are quiet and noise surveys at a few stations indicate that seismic noise levels at SANDSN stations are quite low for frequencies between 0.1 and 1.0 Hz, however cultural noise appears to affect some stations at frequencies above 1.0 Hz. Broadband waveform data is generally comparable with data from the Global Seismic Network operated by the Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS-GSN).
- 2) We found no evidence of timing problems with the data. The sample rate (currently set at 100 samples/second) can be lowered to 50 samples/second without any loss of information. The current high sample rate has several unwanted consequences. Firstly, the high sample rates taxes network communications and computational facilities. Secondly the high sample rate requires additional memory requirements when the data are archived. Reducing the sample rate to 50 would immediately reduce the load on tape and disk memory by 50%.
- 3) The ANTELOPE system appears to be operating as expected, routinely detecting and locating events. However, the location errors described above are the result of using an inappropriate velocity model. The system uses the *iasp91* model (Kennett and Engdahl, 1991). While this model is probably adequate for locating distant (teleseismic) events in continental regions, it leads to large location errors, as much as 50-100 km, for regional events.
- 4) Variability of lithospheric structure is revealed by the need for different models for the regions of the northwest of Saudi Arabia (the Gulf of Aqabah/Dead Sea), the

Arabian Shield and the Arabian Platform. Travel time analysis and surface wave group velocities confirm the variability in structure and the need for path-dependent models.

5) We measured surface wave group velocities for a number of earthquakes with paths sampling the Arabian Platform. Inclusion of these measurements in a tomography study shows a rich pattern of structure. This type of analysis, if continued, promises to reveal detailed structure of the seismic structure of Arabian Plate.

6) Detailed analysis of the March 11, 2002 Masafi, UAE earthquake shows that much can be learned about earthquakes and earth structure from the SANDSN waveform data, especially when combined with other data assets. The focal mechanism, depth and seismic moment of this event are well-constrained by the SANDSN data.