حكومة دبي
GOVERNMENT OF DUBAI

بلدية دبي
DUBAI MUNICIPALITY

الشبكة المحلية لرصد الزلازل بدبي

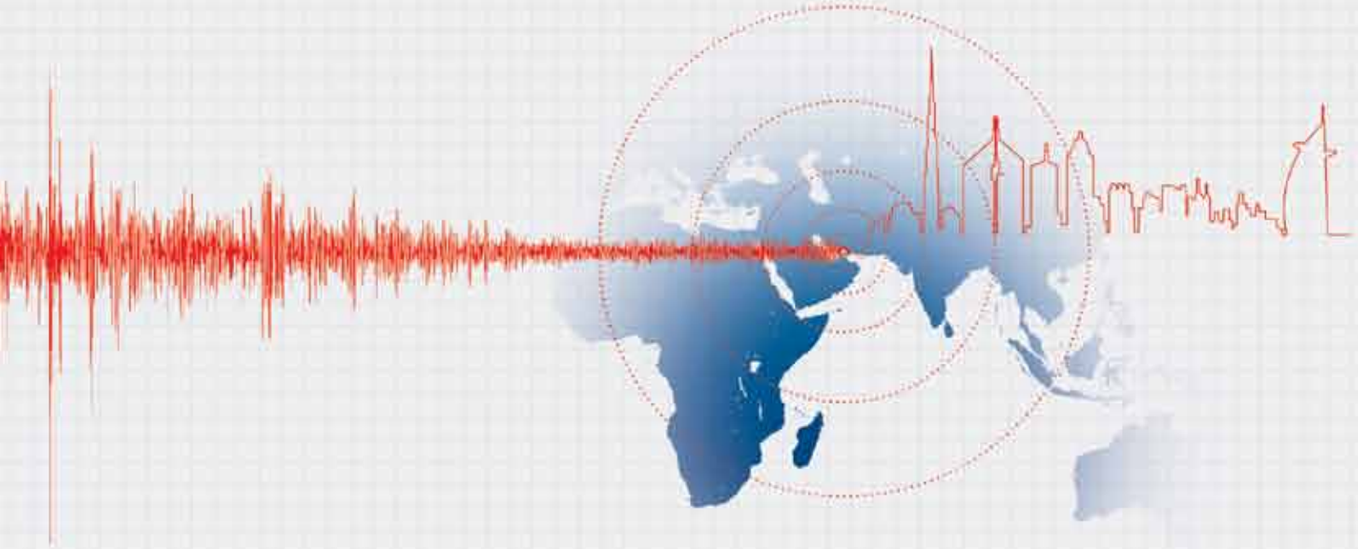
مصطلحات وتعريفات في علوم الزلزال

قسم المسح الجيوديسي والبحري

إدارة المساحة - بلدية دبي - الأمارات العربية المتحدة

2012

رؤيتنا: بناء مدينة متميزة تتوفر فيها استدامة رفاهية العيش ومقومات النجاح



الشبكة المحلية لرصد الزلازل بدبي

مصطلحات وتعريفات في علوم الزلزال

إعداد

ا.د. كمال محمد أبو العينين عطيه
أخصائي الزلازل

م. إيمان احمد الخطيبى الفلاسى
رئيس قسم المسح الجيوديسى والبحري

إشراف

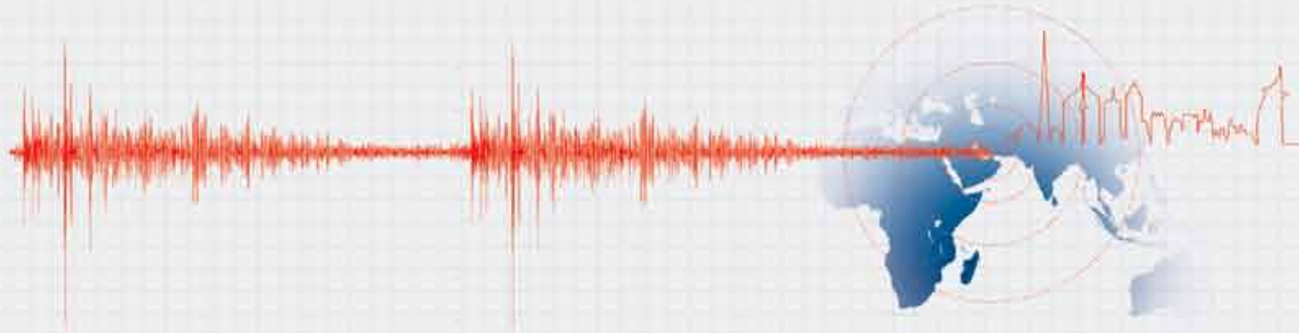
م. محمد محمود مشروم
مدير إدارة المساحة

تدقيق قانوني الملكية الفكرية

إبراهيم أحمد البدوي

المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
المحتويات	3
تقديم	5
مقدمة عن الزلازل	6
التاريخ الزلزالي لدولة الأمارات	7
أسباب إنشاء شبكة الرصد الزلزالي بإمارة دبي	7
شبكة رصد الزلازل بدبي	8
أهداف إنشاء شبكة رصد الزلازل بدبي	11
النشاط الزلزالي المسجل بشبكة رصد الزلازل بدبي	11
مصطلحات وتعريفات في علوم الزلازل:	12
أنواع الزلازل حسب أسباب حدوثها	12
المركز السطحي وبؤرة الزلزال	13
أعماق البؤر الزلزالية	13
قياس شدة وقوة الزلازل	14
الهزات الارتدادية	16
أنواع الموجات الزلزالية	16
أجهزة الرصد الزلزالي	17
التركيب الداخلي للأرض	18
الصفائح التكتونية المكونة للقشرة الأرضية	19
أنواع الحركة بين الصفائح التكتونية المتجاورة	21
أسباب حركة الصفائح التكتونية	21
الأحزمة الزلزالية	23
أنواع وطبيعة الخسائر الزلزالية	23
كيفية العمل على تقليل أخطار الزلازل	24
إجراءات السلامة عند حدوث الزلازل	24



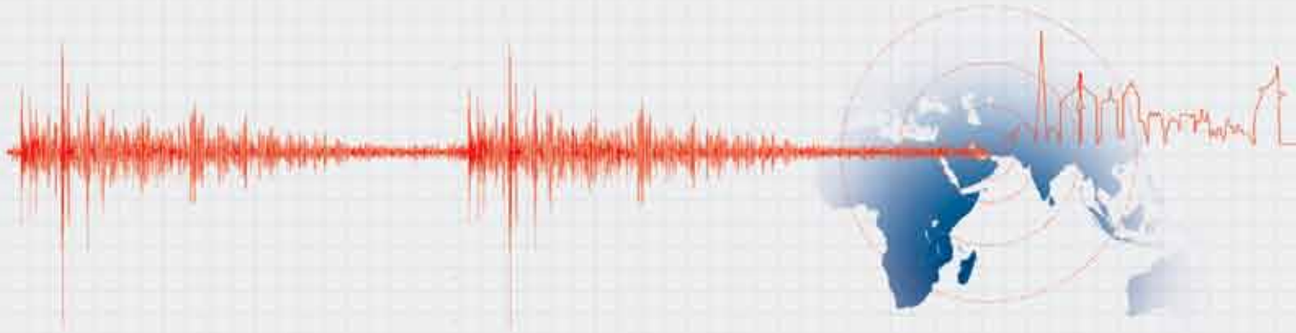
تقديـم

نتشرف بتقديم هذا الكتاب المبسط للعامة وطلاب المدارس والجامعات والهيئات الحكومية والخاصة والذي يشتمل على معلومات عن شبكة الرصد الزلزالي بدبي والنشاط الزلزالي التاريخي والحديث لدولة الأمارات العربية المتحدة ووصف مبسط عن المصطلحات والتعريفات في علوم الزلازل وإجراءات السلامة والخطوات الواجب إتباعها لتقليل المخاطر الزلزالية.

في إطار مساهمة بلدية دبي في المجالات التطبيقية والبيئية والحد من المخاطر الطبيعية قامت بلدية دبي بتطبيق احدث الأبحاث والدراسات العلمية في مجال رصد وتحليل الزلازل المحلية والإقليمية التي قد تؤثر على إمارة دبي. حيث تم تدشين اول شبكة محلية لرصد الزلازل بدولة الأمارات فى ابريل عام 2006 كما تم تدشين شبكة اخرى لرصد العجلة الزلزالية المؤثرة على المنشآت بدبى فى ابريل 2012 وجارى تطوير النظام وربطه بكل الجهات المسئولة. ونظرا لأن الزلازل من أشرس الكوارث الطبيعية التي تؤثر على الإنسان وممتلكاته والتي لا يمكن إيقافها فأنه لابد من التخطيط والتصميم الهندسي القوى للتقليل من أثارها التدميرية كما يجب بناء جسور من التعاون بين جميع مؤسسات إمارة دبي لإدارة الأزمات حال وقوعها. كما ينبغى نشر الوعي وإرشادات السلامة بين جميع فئات المجتمع لما له اثر بالغ في تقليل الخسائر عند حدوث أية هزات مؤثرة أو محسوسة .

م. محمد محمود مشروم

مدير إدارة المساحة



مقدمة عن الزلازل

تعتبر الزلازل من أخطر الظواهر الطبيعية آثارا ودمارا علي الإنسان. ولقد فقدت البشرية اكثر من مليون نسمه من جراء حدوث الزلازل ولذلك تركزت معظم الدراسات والأبحاث المتخصصة في هذا المجال عن البحث عن كيفيه الوقاية منها والتعايش معها والحد من خطورتها. وتركز الدراسات الأولية حول تحديد الموقع، القوه ومعاملات الهزة الأرضية المسجلة بالمحطات الزلزالية المختلفة. وتعتبر هذه البيانات المرجع الرئيسي لدراسة التاريخ الزلزالي لمنطقه ما حتى يتسنى تقييم درجات الخطورة الزلزالية التي يستخدمها المهندسون المتخصصون في تصميم المنشآت المقاومة للزلازل. من هنا يتضح مدي أهميه وجود السجل الزلزالي الكامل والذي يحتوي علي كافه المعلومات الممكنة عن معاملات الزلازل وقواها المختلفة. وإعداد مثل هذا السجل يعتمد أساسا علي توافر محطات الرصد الزلزالي المحلية وتنظيم عملها وضمان ذلك بصفة مستمرة.

وجدير بالذكر أنه قبل إنشاء الشبكة المحلية للزلازل بدبي كان إعداد السجل الزلزالي لدولة الأمارات يعتمد علي بيانات المراكز الدولية العاملة في هذا المجال مما كان له بالغ الأثر علي ضعف مصداقية هذا السجل وذلك نظرا لعدم إمكانية تسجيل الزلازل ذات القدور الصغيرة (أقل من 3). أما الآن وبعد بدء تشغيل محطات شبكه رصد الزلازل بدبي في ابريل 2006 أصبح من الممكن تسجيل الزلازل المتناهية في الصغر والتي أضافت الكثير نحو مصداقية السجل الزلزالي وبالتالي دقه تقييم النشاط الزلزالي والمخاطر الزلزالية الناجمة عن هذا النشاط.

تحدث الزلازل نتيجة تجميع الإجهادات من قوي الضغط والشد حول مناطق الصدوع والشروخ الكامنة في الطبقات العليا من القشرة الأرضية. وقد ينتظم النشاط الزلزالي من حيث المكان مكونا الأحزمة الزلزالية أو ينحصر في بؤر محدودة المساحة مكون مناطق نشطه زلزاليا. وتمتد الأحزمة الزلزالية عند إلتقاء الصفائح التكتونيه علي إختلاف أنواعها وعادة ما تكون في البحار والمحيطات.

ولما كانت الزلازل عبارة عن اهتزازات أرضيه سريعه وخاطفه تستغرق في العادة بضع ثواني ولا يستطيع أحد أن يمنعها فكان لزاما علينا أن نتعايش معها باتخاذ الحيطة الكاملة لحماية الإنسان وممتلكاته من أخطارها. وقد تطور هذا المفهوم تطورا ملموسا في السنوات الأخيرة مع الاهتمام بالدراسات والأبحاث العلمية المتخصصة والتي ظهرت أساسياتها مع بداية القرن الماضي. حيث أصبحت مناطق النشاط الزلزالي محدده وبدقه عاليه علي خريطة العالم كما أمكن التعرف الدقيق علي ميكانيكية الحركات الزلزالية وكميات الطاقات المنبعثة مما يتيح تصميم خرائط الخطورة الزلزالية في كل منطقه يتوفر فيها السجل الزلزالي وبمصداقية تزيد من دقه تقدير هذه المخاطر.

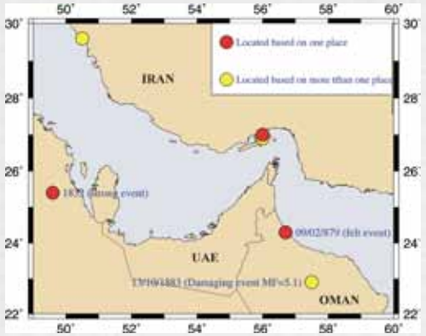
التاريخ الزلزالي لدولة الأمارات

لا توجد دلائل تاريخية على حدوث أية هزات مدمرة بدولة الأمارات طبقا للدراسات والأبحاث المنشورة (امبراسيس واخرين 1994، شكل 1). ومع بدأ تدشين بعض محطات رصد الزلازل مع بداية القرن العشرين وخلال الفترة من 1900 وحتى 1963 تم رصد هزة متوسطة القوة (5,1 درجة على مقياس ريختر) يوم 11 ديسمبر عام 1924 شرق دولة الأمارات (منطقة الفجيرة). ولم تسبب هذه الهزة أية خسائر لقلة الكثافة السكانية والمعمارية بهذه المنطقة خلال تلك الفترة (شكل 2).

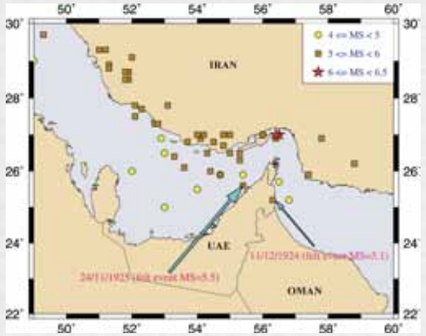
ومع زيادة المحطات الدولية لرصد الزلازل وبدأ إنشاء بعض المراكز الدولية لجمع البيانات وإعادة تحليلها لزيادة دقتها مثل المركز الدولي للزلازل بالمملكة المتحدة والمساحة الجيولوجية الأمريكية وخلال الفترة من 1964 وحتى مارس 2006 تم رصد ثلاثة هزات بشرق الدولة في 12 ابريل 1984 و 9 يناير 2002 و 11 مارس 2002 بقوى متوسطة تتراوح من 4,2 إلى 5,1 درجة على مقياس ريختر للزلازل. وتعد الهزة الأرضية يوم ١١ مارس 2002 (شكل 3) هي الأكبر والأكثر تأثيرا بشرق الدولة حتى الآن. حيث سببت هذه الهزة رعب كبير لسكان الفجيرة ومسافى وسببت بعض الكسور والتشققات للمباني القديمة والقريبة من موقعها بمدينة مسافى ولكنها لم تسبب أية خسائر بالأرواح وتم الإحساس بها بالشارقة ورأس الخيمة وأم القوين ودبي.

أسباب إنشاء شبكة الرصد الزلزالي بإمارة دبي

مع بداية القرن الحادي والعشرين بدأت إمارة دبي عهد جديد من التخطيط والإنشاءات لمشروعات عملاقة تتضمن إقامة مشاريع ذات أهمية اقتصادية هامة ونظرا لقرب إمارة دبي من بعض مكامن الزلازل بإيران فقد جاءت فكرة هذا المشروع كأحد السبل الوقائية لدرء الأخطار حيث إن حدوث الزلزال وآثارها التدميرية لاتتقيد بالحدود الجغرافية بين الدول كما ظهرا جليا خلال زلزال اندونيسيا



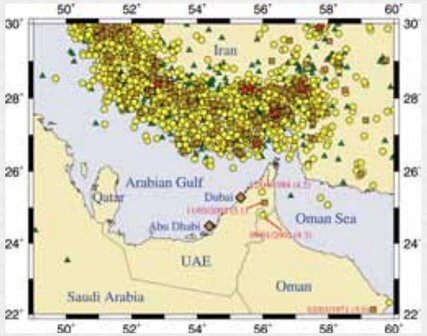
شكل (1): النشاط الزلزالي التاريخي لدولة الإمارات العربية المتحدة من عام 184 قبل الميلاد وحتى عام 1900 (أمبراسيس وآخرين 1994).



شكل (2): النشاط الزلزالي الحديث لدولة الإمارات العربية المتحدة من عام 1900 قبل الميلاد وحتى عام 1964 (أمبراسيس وآخرين 1994).

في ديسمبر 2004 والذي أحدث تسونامي (Tsunami) في المحيط الهندي تأثرت به عدة دول بعيدة عن اندونيسيا. وفى 27 نوفمبر 2005 حدثت هزة متوسطة القوة بجزيرة قشم (5,9 درجة على مقياس ريختر) ونظرا لقرب هذه الهزة من حدود دولة الأمارات فقد تم الإحساس بها بجميع إمارات الدولة وسببت رعب لقاطني الأبراج العليا وخاصة بدبي والشارقة مما اثر على السوق العقاري بدبي وتسبب في رفع قيم التامين على الممتلكات والمشاريع وخوف لبعض المستثمرين مما دفع المسئولين بإمارة دبي إلى إنشاء أول نظام لرصد الزلازل بدولة الأمارات في ابريل عام 2006 .

ومع بداية عام 2012 قامت بلدية دبي بتدشين خمس محطات لرصد الحركة القوية للزلازل بالقرب من المنطقة العمرانية والمنشآت الحساسة لرصد الحركة الفعلية المؤثرة عليها وإجراء تقييم فوري ومباشر لأية أضرار قد تصيبها عند حدوث هزات مؤثرة إذا قدر الله ذلك. وجدير بالذكر أن إنشاء هذه المحطات والتعاون العلمي المتبادل بين دول الخليج يعد من أهم المتطلبات لدراسة المخاطر الزلزالية والتقليل من آثارها التدميرية.

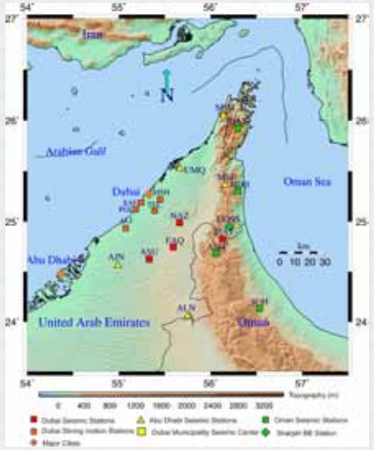


شكل (3): النشاط الزلزالي الحديث لدولة الإمارات العربية المتحدة من عام 1964 وحتى عام 2006 (المركز الدولي للزلازل بانجلترا).

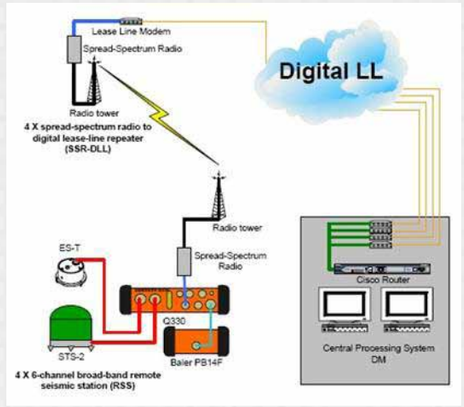
شبكة رصد الزلازل بدبي

تتكون شبكة دبي المحلية لرصد الزلازل من أربعة محطات تم أنشأها في ابريل عام 2006 بأماكن بعيدة عن المناطق العمرانية بالعشوش وحتا والفقع ونزوا حتى يتم تجنب الشوشرة التي تسببها الأنشطة السكانية (شكل 4). كما أن هذه الأماكن تم اختيارها بعناية بعد اختبارات كثيرة لقياس مستوى الشوشرة ومدى تكبير الموجات ونوعية التربة في كل مكان ومدى تغطيتها لأراضى إمارة دبي. حيث تعتبر الأماكن التي تحوى صخور صلبة الأكثر ملائمة لإنشاء محطات لتسجيل الحركة الضعيفة وتشمل كل محطة على جهازين مختلفين لتسجيل الحركة الأرضية الأول سيزمومتر واسع المدى (Very Broadband Sensor, STS2) والثاني سيزمومتر لرصد الحركة القوية للزلازل (Episensor). يتم تحويل الموجات الزلزالية لحظيا إلى أرقام عن طريق محول رقمي (Q330) ثم يتم إرسال هذه الأرقام عبر موجات راديو إلى اقرب أبراج للاتصالات حيث يتم نقل هذه البيانات عبر خطوط الانترنت إلى المركز الرئيسي بإدارة المساحة ببلدية دبي حيث يتم استقبال البيانات ومعالجتها لحظيا (شكل 5). كما يظهر شكل 6 إحدى محطات شبكة دبى بمنطقة العشوش.

ونظرا لصغر مساحة دبي وعدم تغطية محطاتها للنشاط الزلزالي بداخل الخليج العربى وإيران تم ربط محطات دبي مباشرة مع مركز الرصد الزلزالي بسلطنة عمان ومعهد الكويت للأبحاث العلمية مع دعم النظام كذلك ببعض المحطات الدولية بدول شرق أسيا ووسط وجنوب أوربا (شكل 7). ولاحقا تم ربط شبكة دبي بالمحطة الدولية بإمارة الشارقة والمملكة العربية السعودية ومحطات رصد الزلازل بالمركز الوطني للأرصاد الجوية والزلازل بأبوظبى والذي تم إنشاءه عام 2008. ويهدف ربط هذه المحطات مع شبكة دبي إلى زيادة دقة البيانات والمعاملات المحسوبة للهزات الأرضية.

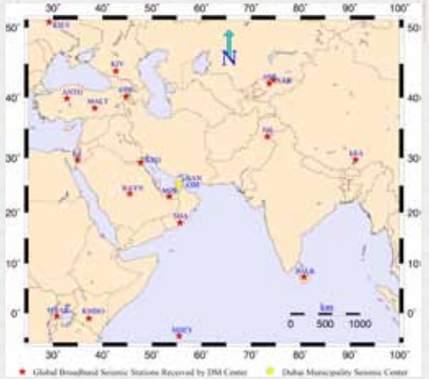


شكل (4): محطات الشبكة المحلية لرصد الزلازل بدبي.



شكل (5): تخطيط عام لنظام رصد الزلازل بدبي.

شكل (6): محطة رصد الحركة الضعيفة والقوية للزلازل بمنطقة العشوش-دبي.



شكل (7): مواقع المحطات الدولية والإقليمية التي تم ربط بياناتها بشبكة رصد الزلازل بدبي.

حيث يقوم النظام بالمركز الرئيسي بتجميع بيانات كل المحطات وتحليلها وتحديد زمن وصول الموجات الأولية للزلازل تلقائيا وطبقا لنموذج السرعة للموجات الزلزالية بطبقات الأرض المختلفة يتم حساب مكان ووقت حدوث الهزة وقوتها طبقا لمقياس ريختر. ويستطيع النظام الحصول على نتائج دقيقة عند حدوث الهزات الأرضية داخل منطقة المحطات التي يستقبلها النظام شريطة أن تكون بداية الموجات الأولية واضحة وتقل الدقة مع حدوث الهزات خارج نطاق المحطات مما يتطلب أن يقوم متخصص بالزلازل بمراجعة أزمنة وصول الموجات الأولية خاصة إذا كانت هذه البدايات ضعيفة ولم يستطع النظام تحديد أزمنتها بدقة حيث يتم حساب معاملات الهزة وملاحظة قيمة الخطأ بها والتي لابد أن تكون مطابقة للحدود المسوح بها دوليا.

ومع بداية عام 2012 قامت بلدية دبي بتدشين خمس محطات لرصد الحركة القوية للزلازل بالقرب من المنطقة العمرانية والمنشآت الحساسة لرصد الحركة الفعلية المؤثرة عليها وإجراء تقييم فوري ومباشر لأية أضرار قد تصيبها عند حدوث هزات مؤثرة. ويتم توفير كل الخرائط والتحاليل فوريا على الموقع الألكتروني لقسم المسح الجيوديسى والبحري
(HYPERLINK «http://www.m1.ae»http://www.m1.ae: HYPERLINK «http://www.seismo.geodesy.ae»http://www.seismo.geodesy.ae)

أهداف إنشاء شبكة رصد الزلازل بدبي

1 رصد ومتابعة النشاط الزلزالي المحلى و الاقليمى كأول نظام لرصد الزلازل بالدولة.

2 عمل قاعدة بيانات وأرشفتها أليا لتحديد مكامن الخطر الزلزالي التي قد تؤثر على إمارة دبي.

3 توفير بيانات عالية الدقة لحظيا للجهات المسئولة ولذوى الاختصاص في حالة حدوث أية هزة أرضية يكون لها تأثير على إمارة دبي.

4 العمل على تحديث دليل البناء (Building Code) حسب المستجدات وذلك للتقليل من مخاطر الزلازل وذلك بالتعاون مع الأقسام الأخرى ذات الاختصاص داخل البلدية. .

5 دراسة تحركات القشرة الأرضية لإمارة دبي من خلال تكامل مخرجات محطات GPS مع بيانات الزلازل.

6 إعداد برامج توعية للمواطنين والمقيمين بأخطار الزلازل كأحد السبل الوقائية لدرء الأخطار التي قد تنجم عند حدوث الزلازل.

7 تقديم الاستشارات الفنية والتقنية في مجالات علوم الزلازل لمن يطلبها من الهيئات والمؤسسات ذات الاهتمام داخل الدولة.

8 إصدار كتيبات ونشرات سنوية لتوضيح بيانات الهزات المسجلة داخل وخارج الدولة ونشر بيانات الزلازل المحلية على الموقع الإلكتروني للبلدية.

9 المشاركة بأوراق عمل في المؤتمرات العلمية المتخصصة في علوم الزلازل والمخاطر الزلزالية استنادا على مخرجات هذا النظام لتعزيز مكانة دبي إقليميا ودوليا.

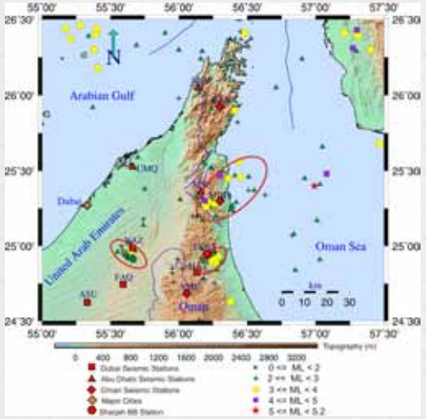
10 التنسيق مع الجامعات والمعاهد العلمية ومراكز البحوث بالدولة وخارجها للقيام بالأعمال البحثية في مجالات علوم الزلازل .

النشاط الزلزالي المسجل بشبكة رصد الزلازل بدبي

خلال الفترة من ابريل 2006 وحتى يونيو 2012 رصدت الشبكة المحلية لرصد الزلازل بدبي عديد من الهزات المحلية صغيرة القوى (ML< 4.6) ولوحظ تمركز غالبية النشاط الزلزالي بالجانب الشمالي الشرقي لدولة الإمارات على امتداد منطقة مسافى-بنى حميد إضافة إلى تمركز بعض الزلازل الصغيرة بالقرب من حقل غاز مرغم بوادي نزوي. ويرجح حدوث النشاط الزلزالي بمنطقة مسافى إلى أنشطة تكتونية إضافة إلى استحداث بعض الهزات الصغيرة بأماكن الضعف بالقشرة نتيجة تراكم بعض الطاقة المنطلقة أثناء إجراء المحاجر للتفجيرات بالمنطقة. كما تحدث الزلازل الصغيرة بوادي نزوي كناتج عن تغير الضغط المسامي بالطبقات السطحية بحقل غاز مرغم أثناء تخزين واستخراج الغاز. وغالبا تحدث مثل هذه الهزات المستحدثة أو المولدة على أعماق اقل من 5 كم وبقوى اقل من ثلاث درجات على مقياس ريختر للزلازل. كما لوحظ تمركز عدد من الهزات إلى الشمال من منطقة الحويلات بشرق الدولة حدث اغلبها عام 2011 وتشكل هذه المجموعة كذلك حزمة باتجاه شمال شرق مماثلة للنشاط شرق مسافى. وقد ساعدت شبكة دبي خلال تلك الفترة القصيرة على تحديد مكامن النشاط بشرق الدولة كما هو واضح بشكل رقم (8).

مصطلحات وتعريفات في علوم الزلازل

الزلزال: هو ظاهرة طبيعية عبارة عن اهتزاز أرضي سريع يتبع بارتدادات تدعى أمواج زلزالية وهذا يعود إلى تكسر الصخور وإزاحتها بسبب تراكم إجهادات داخلية بصخور القشرة الأرضية نتيجة لمؤثرات جيولوجية. وهذه الهزات تمثل تحول جزء من الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية بعد تغلبها على درجة تحمل الصخور وانتشار موجاتها في جميع الاتجاهات.



شكل (8): النشاط الزلزالي لشرق دولة الإمارات خلال الفترة من ابريل 2006 وحتى يونيو 2012.

أنواع الزلازل حسب أسباب حدوثها:

زلازل تكتونية: وهي الناتجة عن حركة الصفائح التكتونية أو الناتجة من الحركة على الفوالق والكسور والأماكن الضعيفة بالقشرة الأرضية.

زلازل بركانية: وهي الناتجة عن التصدعات التي تسببها البراكين.

زلازل صناعية : الهزات التي تحدث من صنع الإنسان مثل إجراء التفجيرات الكيمائية والنووية.

الزلازل المستحثة: وهي الناتجة عن إنشاء السدود وكثرة الآبار و عمليات التنقيب في باطن الأرض وتخزين واستخراج البترول والغاز.

زلازل إنهيارية: وهي ناتجة عن انهيار بعض الفجوات أو الكهوف الموجودة ضمن القشرة الأرضية وذلك نتيجة لذوبان الصخور الملحية أو الكلسية بفعل المياه الجوفية غير أن هذا النوع من الزلازل قليل الحدوث.

المركز السطحي وبؤرة الزلزال :

تحدث الزلازل في العادة عميقا في الأرض وتسمي النقطة التي تمثل أول كسر للصخور في العمق ببؤرة الزلزال (Hypocenter or Focus) وتسمي النقطة المقابلة للبؤرة على سطح الأرض بمركز الزلزال (Epicenter) وعادة ما تتعرض هذه النقطة لأكبر قدر من الاهتزاز الناتج من الزلزال. أما بعد البؤرة عن محطة الرصد فتسمى المسافة المركزية (Epicentral Distance) بينما تسمى المسافة بين البؤرة ومركز الهزة بعمق الهزة (Focal Depth).

أعماق البؤر الزلزالية:

تقسم الزلازل اعتماداً على عمق بؤرها الزلزالية إلى ثلاث أنواع هي:

(1) زلازل البؤر الضحلة (Shallow-Focus Earthquakes): وهي الزلازل التي يتراوح عمق بؤرها الزلزالية من (0 – 70 كم).

(2) زلازل البؤر المتوسطة (Intermediate-Focus Earthquakes): وهي الزلازل التي يتراوح عمق بؤرها الزلزالية من (70 – 300 كم).

(3) زلازل البؤر العميقة (Deep-Focus Earthquakes): وهي الزلازل التي يتراوح عمق بؤرها الزلزالية من (300 – 700 كم).

قياس شدة وقوة الزلازل

تقاس الزلزال بطريقتين مختلفتين:

الطريقة الأولى: مقياس وصفى يتعلق بمعرفة كمية و مقدار الخسائر والتدمير الذي خلفه الزلزال وهذا ما يعرف بقياس شدة الزلزال ويمكن تعريفه بشكل مبسط على انه قياس تأثير الزلزال على الإنسان وممتلكاته، ونظرا لكون هذا المقياس مقياسًا وصفيًا يختلف فيه إنسان عن آخر في وصف تأثير الزلزال طبقًا لاختلاف أنماط الحياة في بلدان العالم المختلفة، ولتدخّل العامل الإنساني فيه بالقصد أو المبالغة فقد ظهرت الصور العديدة لهذا المقياس وأهمها مقياس «ميركالي المعدل»، وهذا المقياس يشمل 12 درجة بالأرقام الرومانية من 1 (I) إلى 12(XII) .

مقياس ميركالي المعدل لقياس شدة الزلازل

درجة الزلزال	التأثير الذي ينتج عنه
I	يحس من قبل البعض اليسير وذلك عند توفر أحسن الظروف
II	يحس به بعض الأشخاص الذين هم في وضع الاسترخاء وخاصة قاطني الطوابق العليا في المباني
III	يحس به بصورة جيدة داخل المباني وخاصة في الطوابق العليا لكن الكثيرين لا يميزون انه زلزال ويشعر باهتزاز مماثل لمرور سيارة مسرعة ليلا
IV	يحس به القائمين بالمنازل خلال ساعات النهار والقليل من خارج المنازل واهتزازه اقرب ما يكون باصطدام شاحنة ثقيلة بالمبنى
V	يحس به غالبية الناس وينتبه له الكثيرين كما يحدث بعض الاضطراب في الأشجار والبرك والمنشئات الطويلة وتتساقط الأشياء المعلقة
VI	يحس به الجميع ويكون حالة من الرعب والتدافع خارج المباني كما قد يخلف بعض الدمار من أمثلة تشقق الأعمدة والمداخن وتحرك الأثاث الثقيل
VII	الجميع يهرعون ويتدافعون خارج المباني وتحدث أضرارا طفيفة بالمباني حسنة التصميم والمقاومة للزلازل وأضرارا متوسطة بالمباني التقليدية جيدة البناء وأضرار واضحة في المباني رديئة التصميم والبناء
IX	يحدث بعض الدمار في المنشئات متقنة التصميم ودمار واضح في المباني التقليدية مع بعض الانهيارات، دمار كبير في المنشئات رديئة التصميم قد يبدوا على شكل انهيار المداخن والجدران و الأعمدة وتداعي في هيكل المبنى
X	يحدث دمار واضح في المنشئات متقنة التصميم، المباني رفعت عن قواعدها، تشققات واضحة على الأرض يحدث دمار في بعض المباني الخشبية متقنة التصميم، معظم مشاريع التعمير و هياكل المنشئات مدمرة، تشققات على جسم الأرض
XI	القلة اليسيرة من المنشئات بقيت واقفة والمباني دمرت تماما، تشققات وصدوع كبيرة على الأرض
XII	دمار شامل، يمكن رؤية الأمواج وهي تهز الأرض والأجسام تتطاير في الهواء من قوة الهزة

مع أن شدة الزلزال يمكن أن تسجل بشكل واسع في العالم إلا أن استخدامها يطرح العديد من التساؤلات المتعلقة بمدى دقتها، فمن المعلوم أن شدة الزلزال تتناقص تدريجيا كلما ابتعدنا عن مركز الزلزال كما أن المناطق تختلف في تأثرها بالزلازل من مكان إلي آخر حسب طبيعة المنطقة، كذلك فان أسلوب ونظام تقييم أضرار الزلازل تختلف باختلاف المجتمعات والشعوب بالإضافة إلى أن زلازل البحر لا يمكن حساب شدتها من خلال تقييم الأضرار في المنطقة.

الطريقة الثانية: مقياس كمي يعتمد على كمية الطاقة المحررة من بؤرة الزلزال في شكل موجات زلزالية، ومن المعلوم انه كلما كبر الزلزال كلما كانت الحركة والاهتزازات الأرضية المصاحبة له اكبر وذلك يظهر جليا عند قياس سعة الأمواج المسجلة على السيزموجرام او المسجلة رقميا. حيث يتم استخدام معادلات معلومة لاستخراج قيمة معينة تمثل مقدار الطاقة التي أطلقها الزلزال عند البؤرة، ويعبر عن هذه القيم بمقياس ريختر حيث انه مقياس لوغارثمي رياضي لسعة الحركة الأرضية. وتاريخيا كانت معظم قيم هذا المقياس تتفاوت بين الصفر وحتى ٩ وقد يحدث أن يخرج الزلزال من حدود هذه القيم فعلى سبيل المثال زلزال بقوة اكبر من ٩ درجات محتمل الوقوع إلا أن ذلك نادر جدا لان الصخور في العادة لا تتحمل الضغط الشديد فتحرر الطاقة المخزونة بها قبل أن تصل إلى الحد الذي يسمح لها بإطلاق زلزال قوته ٩ درجات أو أكثر. ويعد مقياس القوة الأكثر دقة من الشدة والمعتمد من قبل المحطات العالمية لرصد الزلازل لأنه يرتبط بقياس الطاقة المنطلقة من الزلزال عند البؤرة ولا يعتمد على المسافة بين مركز الزلزال ونقطة الرصد أو نوعية الجهاز المستخدم حيث يتم تصحيح هذه العوامل خلال التحليل للموجات الزلزالية. وتقاس القوى من الموجات الزلزالية المختلفة مما يعطى أكثر من نوع من القوى الزلزالية وقد يظهر بعض التفاوت بالقيم بين هذه الأنواع وخاصة بالزلازل اكبر من ٧ درجات حيث يتطلب ذلك تقنيات خاصة لحساب القوة الزلزالية من أقصى سعة للموجات الطولية بالتحليل الطيفي أو باستخدام قوى العزم المستنبط من الموجات الزلزالية.

أنواع الزلازل حسب قوتها:

صفة الزلزال	قوة الزلزال (مقياس ريختر)	التأثير قرب مركز الزلزال	إحصائيات الحدوث سنويا
صغير جدا	<2.0	غير محسوس بشكل عام ولكن يتم تسجيله	600,000
	2.0 - 2.9	ممكن إدراكه بشكل صعب	300,000
صغير	3.0 - 3.9	يحس به بعض الناس	49,000
خفيف	4.0 - 4.9	يحس به معظم الناس	6,200
متوسط	5.0 – 5.9	ذات تأثير مدمر	800
قوي	6.0 – 6.9	تدمير واضح في المناطق المأهولة بالسكان	266
كبير	7.0 – 7.9	زلزال قوي يخلف دمارا كبيرا	18
ضخم	≥8.0	زلزال ضخم يخلف دمارا شاملا	1.4

ونظرا لان مقياس ريختر هو مقياس رياضي لوغارثمي فأن الفرق بين درجتين صحيحتين متتاليتين يمثل زيادة بمقدار 10 أضعاف في مقدار الاهتزازات الأرضية وهذه الزيادة بمقدار 10 أضعاف تمثل أيضا زيادة بمقدار 31.5 ضعف في الطاقة المحررة بين الدرجتين.

الهزات الارتدادية

هي الزلازل التي تتبع الزلزال الرئيسي ، وتسمى أحيانا بالتوابع، لأنها تلي الهزة الكبيرة، حيث تحدث الزلازل على ثلاثة أنماط: النوع الأول، الزلزالي الرئيسي يسبقه عدد من الهزات ويليه مجموعة تسمى التوابع أو الهزات الارتدادية، حيث تقل في العدد والقوة مع الوقت وغالبا ما يحدث مثل هذا النمط على حدود الألواح التكتونية، النمط الثاني، ويتميز بحدوث الهزة الرئيسية بدون حدوث هزات قبله وغالبا ما يرتبط هذا النمط بالزلازل بداخل القارات والبعيدة عن الحدود التكتونية، ولكن تحدث هزات تابعة له أو ارتدادية، أما النوع الثالث فهو ما يسمى بالحشود أو العواصف الزلزالية وهو ما يحدث في اماكن الحارات او يكون مرتبط بأية انشطة بركانية.

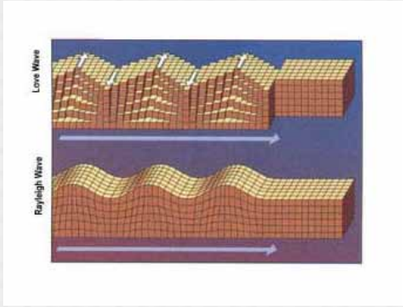
أنواع الموجات الزلزالية:

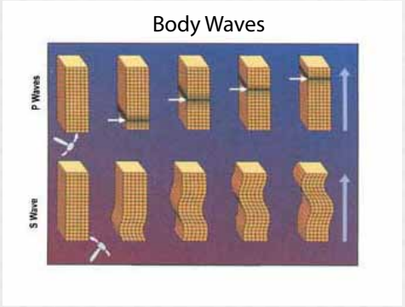
هناك نوعين من الأمواج الزلزالية (شكل 9):

1. الأمواج الجسمية وهي التي تجوب جسم الأرض الداخلي حتى تصل إلى السطح وتقسم إلى نوعين حسب خصائص وطبيعة هذه الأمواج:

الأمواج الأولية (Primary Wave): تقوم بدفع وسحب الصخور باتجاه حركتها أي بطريقة تضاغطية وهي مشابهة للأمواج الصوتية في الحركة والانتقال ولها القدرة على اختراق المواد الصلبة والسائلة والغازية، وهذه الأمواج هي أسرع موجات الزلازل وأولها وصول إلى أجهزة الرصد لذلك فكلما كان تسجيلها دقيقا وواضحا كلما كان لذلك اثر كبير في تحديد معاملات وموقع الزلزال. كما أنها عند وصولها إلى سطح الأرض – قادمة من العمق – يتحول جزء منها إلى موجات صوتية في الهواء يمكن للإنسان سماعها عند ذبذبات معينة تزيد عن 15 ذبذبة في الثانية ويرمز لها بالرمز (P).

الأمواج الثانوية (Secondary Wave): وتسمى أيضا أمواج القص أو الأمواج المستعرضة وهي أمواج تعمل على هز الصخور باتجاه عمودي على اتجاه حركتها أو مسارها، وتنتقل في الأجسام الصلبة فقط ، تصل الأمواج الثانوية بعد الأمواج الأولية وتكون سرعتها حوالي 0,56 سرعة الأمواج الأولية وعادة ما يستعمل الفارق الزمني بينها وبين الأمواج الأولية لتحديد بعد الزلزال عن محطة التسجيل. ويرمز لها بالحرف (S).





شكل (9)، أنواع الموجات الزلزالية وكيفية انتشارها وتأثيرها علي الوسط المنتقلة فيه.

2. **الموجات السطحية (Surface Waves):** وتنشأ هذه الموجات الزلزالية في داخل القشرة التي تكون في العادة غير متجانسة، وهذه الموجات بطيئة نسبيا وهي أبطأ أنواع الموجات الزلزالية إذ لا تتعدى سرعتها 4,4 كم . وتصل إلى أجهزة التسجيل بعد الموجات الأولية والثانوية. وتعد الموجات السطحية الأكثر تدميرا والمسئولة عن معظم ما تسببه الزلازل من تدمير ، وهي تنتقل بالقرب من سطح الأرض دون أن تمر إلى جوفها ، وتقسم الموجات السطحية إلى نوعين هما :

– **موجه لف (Love Waves):** وتم تسميتها نسبة إلى العالم لف الذي اكتشفها وينتج عنها ذبذبات تشبه ذبذبات الموجه الثانوية ولكن في الاتجاه الأفقي فقط وهي تؤثر بصفة خاصة على أساسات المنشآت .

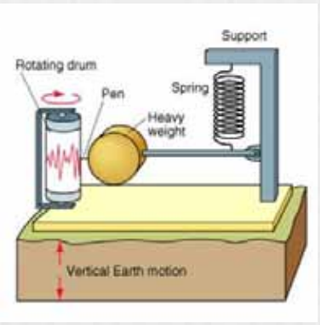
– **موجه رالي (Rayliegh Waves):** وتمت تسميتها نسبة إلى العالم السويدي رالي الذي اكتشفها وهي تشبه أمواج البحر الدائرية ، وتعمل هذه الموجه على تحريك الأشياء في المستويين الأفقي والرأسي في اتجاه عمودي على اتجاه الموجه ، أي تجعل سطح الأرض يموج كأمواج المحيط .

أجهزة الرصد الزلزالي

اخترع الصينيون القدامى اول جهاز سيزموجراف بدائي في عام 132 قبل الميلاد وقد اخترعه عالم يدعى شوكو وهو مكون من وعاء به كتلة متحركة وموصول بالوعاء ثمانية فروع كل فرع على شكل تنين وفي فم كل تنين توجد كرة صغيرة بحيث أن فم كل تنين قابل للحركة وممتد إلى داخل الوعاء، وعند حدوث أي زلزال تتحرك الكتلة بداخل الوعاء باتجاه معين وتحرك فم التنين الذي بدوره يلقي بالكرة ليتم التقاطها من قبل وعاء صغير على شكل فم ضفدع وبهذه الطريقة يمكن أن نحدد الاتجاه الذي جاء منه الزلزال دون أن نحصل على آي معلومات أخرى عن الزلزال (شكل 10).

ويعتبر السيزمومتر من أهم الأجهزة المستخدمة والمشهورة في مجال الزلازل، وهو جهاز حساس وفكرته بسيطة وغير معقدة وتتلخص في ثقل أو كتلة معلقة بزنبرك مرن (لكي تقاوم ادني حركة) موصولة بجسم الجهاز المثبت على الأرض، عند اهتزاز الأرض يهتز جسم الجهاز لكن الكتلة تبقى تقريبا ثابتة لا تهتز وذلك بفعل الزنبرك المرن و بفعل الجاذبية الأرضية حيث تكون هذه الكتلة نقطة مرجعية لتحديد مقدار الحركة الأرضية (شكل 11). ويتم توصيل السيزمومتر بوحدة اخرى لتسجيل الحركة سواء بصورة مرئية كما كان قديما او بصورة رقمية كما يجرى حاليا. ويطلق على الجهاز الذي يحتوي السيزمومتر وأداة التسجيل بالسيزموجراف وقد تطورت فكرة عمل السيزمومتر من نظام البندول إلى النظام الكهرومغناطيسي عن طريق تثبيت المغناطيس في الإطار الخارجي للسيزمومتر بينما يسمح لملف به كتلة للحركة داخل الإطار عند تسجيل أية اهتزازة أرضية مما يؤدى إلى توليد تيار كهربي يمكن قياسه. وقد تطورت أجهزة الرصد كثيرا فبعد أن كانت ترصد مركبات منفصلة للحركة آمكن أن يشمل الجهاز الواحد على ثلاثة مركبات.

شكل (10): نموذج لأول جهاز سيزموجراف اخترعه الصينيون



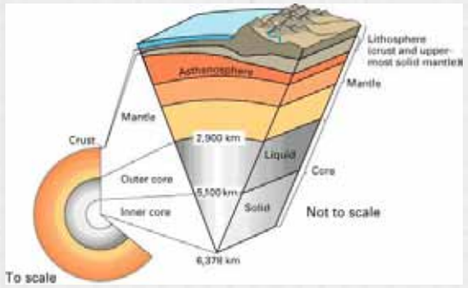
شكل (11): رسم توضيحي لجهاز السيزموجراف

كما أمكن أن يرصد الجهاز مدى اكبر من الترددات الزلزالية ولا يقتصر على حزمة بسيطة من الترددات. وفى السيزموجراف الحديث يتم تسجيل البيانات بصورة الكترونية ورقمية ليتم حفظها واستعراضها على أجهزة الحاسب الآلي أما في السابق فكان التسجيل على ورق ملفوف في اسطوانات دائرية متحركة ويكون التسجيل بقلم أو إبرة ممتدة من الكتلة المعلقة وتتحرك بمرونة على الاسطوانة المتحركة، يتم تسجيل الأمواج الزلزالية على شكل أمواج متعرجة ذات حواف حادة و بارتفاعات مختلفة تمثل مقدار وكمية الحركة المسجلة حيث تسمى الورقة التي يسجل عليها القياس الزلزالي بالسيزموجرام.

وعالميا توجد شبكة من أجهزة الرصد الزلزالي موزعة في جميع أنحاء العالم والتي تعمل على مدار الساعة لتسجيل ودراسة الزلازل فبعد ثواني أو دقائق من حصول الزلزال تقوم محطات الرصد البعيدة بتسجيل الزلزال إذ أن الزلازل الكبيرة يمكن أن تسجلها جميع أجهزة الرصد الزلزالي في العالم.

التركيب الداخلي للأرض

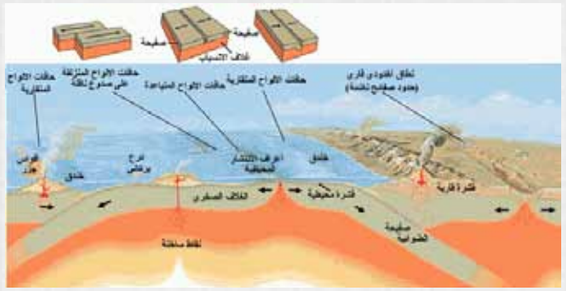
ساعدت الدراسات الجيوفيزيائية العلماء على معرفة طبيعة باطن الأرض ، وذلك في ضوء المشاهدات والاستنتاجات المستمدة من تأثير الزلازل والموجات الزلزالية . وتعتبر التسجيلات الزلزالية هي الطريقة الرئيسية والأكثر شيوعا للكشف عن التركيب الداخلي للأرض ، كما انه يمكن إجراء تفجيرات (زلازل صناعية) تسبب حدوث اهتزازات للصخور تنتقل على شكل موجات تعرف بالموجات الزلزالية . وتختلف هذه الموجات في سرعتها وأطوالها وأشكالها حسب الوسط الذي تخترقه. وطبقا للدراسات الزلزالية والجيوفيزيائية فقد تم تقسيم الأرض إلي ثلاث أغلفة رئيسة هي (من الخارج إلى الداخل):



شكل (12): التركيب الداخلي لباطن الأرض (USGS)

القشرة (Crust):

هي الجزء الخارجي القاسي من الأرض الذي يتألف من عناصر مختلفة تشكل الصخور التي لا تختلف كثيراً فيما بينها في الخصائص الفيزيائية أو الميكانيكية. والقشرة تكون (2%) من حجم الأرض و(2 %) من كتلة الأرض. والقشرة الأرضية تتكون من جزأين هما: القشرة القارية (Continental crust) يبلغ سمكها (75 كم)، وهي تتكون من صخور جرانيتية (Granitic Rocks) كثافتها حوالي (2.7 جم/ سم٣)، وهي معرضة إلى التشويه بشكل كبير وتحتوي على صخور يصل عمر أقدمها إلى (3800 بليون سنة). بينما القشرة المحيطية (Oceanic crust) يصل سمكها إلى (8 كم)، وهي تتكون من صخور بركانية تدعى البازلت (Basalt) كثافته (3 جم/سم٣)، وهي بصورة عامة غير متعرضة للتشويه بواسطة عملية الطي، وهي احدث عمراً إذ يصل عمر أقدمها إلى (200 مليون سنة).



شكل (13): القشرة القارية والمحيطية وتكتونية حركة الألواح المسببة للزلازل على حافتها (USGS)

1. الوشاح (Mantle):

وهو الغلاف الثاني في الأرض، يبلغ سمكه حوالي (2900 كم) وهو يكون الجزء الأكبر من الأرض، إذ انه يشكل (82 %) من حجم الأرض و (68 %) من كتلة الأرض. وتكون الصخور في الجزء الأكبر منه في حالة مائعة ويتكون الوشاح من الصخور السليكاتية تتكون من السيليكون والأوكسجين وكذلك يحتوي على الحديد والمغنيسيوم. أجزاء من الوشاح تظهر على سطح الأرض بواسطة الإنفجارات البركانية. وبسبب ضغط الطبقات الصخرية العليا فان الكثافة تزداد مع العمق من (3.2 جم/ سم٣) في الجزء العلوي من الوشاح إلى (5 جم/سم٣) بالقرب من حافته مع اللب.

3. اللب (Core)

هو الجزء المركزي من الأرض الذي يمتد من عمق (2900 –6378 كم) أي إلى مركز الكرة الأرضية. كثافته تزداد مع العمق ولكن معدلها حوالي (10.8 جم/ سم٣). يشكل اللب (16 %) فقط من حجم الأرض ولكنه يشكل (32 %) من كتلة الأرض وذلك بسبب كثافته العالية. ويقسم العلماء اللب إلى قسمين:اللب الخارجي: وهي طبقة بسماكة 2270كم وهي في الحالة السائلة. اللب الداخلي: وهي طبقة بسماكة 1216 كم وهي طبقة معدنية صلبة.

الصفائح التكتونية المكونة للقشرة الأرضية

في عام 1962م ظهرت نظرية الألواح التكتونية (Plate Tectonics) للعالم ألفريد وجنر (A. Wegener) التي تفترض أن الغلاف الصخري الصلب للأرض (Lithosphere) يتألف من عدة صفائح (Plates) صخرية يتراوح سمكها بين 70 كم و 100كم (شكل 14)، وتتكون الصفائح من القشرة الأرضية وجزء صغير من الطبقة السائلة من الوشاح، وتتحرك الصفائح التكتونية بالنسبة إلى بعضها البعض فوق المنطقة المنصهرة جزئيا من الوشاح العلوي والمعروفة بالـ (Asthenosphere) وتحدث الحركات التكتونية على طول الحدود الفاصلة بين الصفائح البنائية عند تحركها متقاربة أو متباعدة عن بعضها أو تنزلق إحداها بموازاة الأخرى مسببة اضطرابات في داخل الأرض تنعكس على القشرة الأرضية في صورة كسور واندفاعات بركانية وزلازل وحركات صعود وهبوط (شكل 13).

شكل (14): الصفائح التكتونية الرئيسية المسببة للزلازل على حافتها (USGS)

أنواع الحركة بين الصفائح التكتونية المتجاورة

ومن الملاحظ هنا ارتباط الزلازل بخروج الحمم والصهارة من باطن الأرض وتكون البراكين. وبناءً على نظرية الألواح التكتونية يمكن تقسيم حدود الصفائح طبقًا لحركة الصدوع واتجاهاتها، إلى ثلاثة أقسام رئيسية (شكل 13):

1 مناطق تباعد الصفائح (Divergence Zones):

تنشأ مناطق تباعد الصفائح عن عملية شد ناتج بسبب تحرك صفيحتين في اتجاه معاكس عن بعضهما البعض مثل ابتعاد الصفيحة العربية عن الصفيحة الأفريقية وما نتج عن ذلك من نشأة أخدود البحر الأحمر وكذلك سلاسل قباب وسط المحيط الأطلسي، وتتميز هذه المناطق بوجود الصدوع العادية أو الرأسية (Normal Fault) كما يتضح بشكل (15)، كما أن الزلازل التي تحدث بها ضحلة ولا يزيد عمقها عن 30كم.

2 مناطق التقاء الصفائح (Convergence Zones):

تنشأ مناطق التقاء الصفائح عند تحريك صفيحتين باتجاه بعضهما البعض لتلتقيا معًا وتتصادما، ويحدث التصادم إما بين صفيحتين قاريتين أو بين صفيحتين إحداهما قارية والأخرى محيطية، وتتميز هذه المناطق بوجود الصدوع العكسية (Reverse Faults) ويمكن توضيح نوعي الاصطدام كما يلي:

قاري ـ قاري:

حيث تختلف كثافة الصخور نسبيا بين الصفيحتين، ويؤدي اصطدامهما معًا إلى تكوين منطقة من السلاسل الجبلية الضخمة والمرتفعة مثل جبال الهيمالايا في الهند وزاجروس في إيران، وتحدث الزلازل في هذه المنطقة على أعماق ضحلة اقل من 60كم.

قاري ـ محيطي:

حيث تختلف كثافة الصخور بين الصفيحتين، حيث تضغط إحداهما على الأخرى وتنحني الصفيحة المحيطية الأكثر كثافة أسفل الصفيحة القارية الأقل كثافة ويقطع طرف الصفيحة القارية أجزاء كبيرة من الصفيحة المحيطية عند نزولها إلى طبقة الوشاح مكونة سلاسل جبلية مرتفعة مثل جبال الأنديز في أمريكا الجنوبية والجزر الألوسية الممتدة حول منطقة ألاسكا. وتحدث زلازل هذه المنطقة على أعماق ضحلة ومتوسطة وعميقة طبقا لعمر التصادم وطول الجزء المحيطي المندثر.

شكل (15): الفوالق الرئيسية وتأثيراتها على سطح الأرض

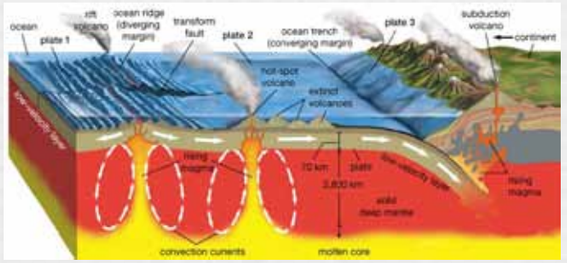
2 مناطق انزلاق أو زحف الصفائح (Transform Zones):

تنشأ مناطق انزلاق أو زحف الصفائح على شكل صدوع مستعرضة (Transform Faults) تؤدي إلى انزلاق أو زحف صفيحتين إحداهما بموازاة الأخرى (شكل 15)، وتتحرك الصفيحتان متماستين على جانبي الصدع محدثة تكسيرًا أو تشوهًا في الصخور قد ينتج عنه اندفاعات بركانية وزلازل. وتحدث الزلازل في هذه المنطقة على أعماق ضحلة قد تصل إلى 20 كم تقريبًا، ومن أمثلة هذه المناطق خليج العقبة، وصدع سان أندرياس بولاية كاليفورنيا الأمريكية.

أسباب حركة الصفائح التكتونية

يرى العلماء أن تيارات الحمل الدورانية هي مصدر القوى التي تعتمد عليه نظرية الصفائح التكتونية التي في تفسيرها لحركة القارات ونموها وتكوين الجبال وأحواض الترسيب, حيث تنشأ تيارات حمل في منطقة الأثينوسفير المرنة نتيجة حدوث تغير في درجة الحرارة في باطن الأرض, مما يؤدي إلى وجود تيارات حمل دورانية على شكل خلايا دائرية وتتجه تيارات الحمل إما إلى أسفل في الخلايا الهابطة, وإما إلى أعلى في الخلايا الصاعدة (شكل 16). ويلعب الفارق فى الكثافة بين القشرة المحيطية دورا كبيرا فى ميكانيكة حركة الألواح التكتونية.

ويوجد في العالم ست صفائح رئيسية وأخرى صغيرة ثانوية تشكل في مجملها قشرة الأرض التي نعيش عليها. والصفائح الصلبة الكبيرة تشمل: صفيحة أوراسيا القارية، وصفيحة المحيط الهادي المحيطية، والصفائح القارية المحيطية المشتملة على صفيحة أفريقيا، وصفيحة أمريكا، وصفيحة المتجمد الجنوبي، والصفيحة الهندية والاسترالية. أما الصفائح الصلبة الصغيرة فمنها: الصفيحة العربية وصفيحة نازكا ـ صفيحة بحر الفلبين وصفيحة الكاريبي وصفيحة جنوب شرق آسيا. بمقارنة خريطتي توزيع الزلازل وحدود الصفائح التكتونية في العالم، نجد ارتباطًا وثيقًا بين حدود الصفائح ومناطق النشاط الزلزالي.



شكل (16): اسباب حركة الصفائح التكتونية

الأحزمة الزلزالية

لاحظ علماء الجيولوجيا أن الزلازل لا تنتشر على الخريطة الأرضية بشكل عشوائي بل يوجد معظمها في أحزمة رئيسية يرتبط معظمها بالحركة بين الصفائح التكتونية وتسمى الزلازل الواقعة على حدود الصفائح (Interplate Earthquakes):

1 حزام زلازل المحيط الهادي (Circum-Pacific Seismic Belt) المعروف «بحلقة النار» وذلك لمرافقة بعض الزلازل فيه بنشاط بركاني ويشكل حوالي 90 % من زلازل العالم و81 % من الزلازل الكبيرة بالعالم ويمتد من شيلي شمالا على طول ساحل أمريكا الجنوبية من خلال أمريكا الوسطى والمكسيك والساحل الغربي للولايات المتحدة، والجزء الجنوبي من ولاية ألاسكا، عن طريق جزر ألوشيان إلى اليابان، وجزر الفلبين ومجموعات من الجزر من جنوب غرب المحيط الهادئ استراليا ونيوزيلندا (شكل 14).

2 حزام جبال الألب ويشكل حوالي 5-6 % من زلازل العالم وحوالي 17 % من الزلازل الكبيرة بالعالم ويمتد من جزر جافا وسومطرة باندونيسيا ومن الصين شرقًا ماراً بجبال الهيمالايا ثم ينحرف إلى الشمال الغربي ماراً بجبال زاجروس ثم القوقاز إلى تركيا وشمال إيطاليا وجبال الأطلس بشمال غرب إفريقيا.

3 حزام وسط المحيط الأطلسي والمحيط الهندي–خليج عدن–البحر الأحمر

وقد تتواجد الزلازل أحيانًا في مناطق ليس لها علاقة بالأحزمة الزلزالية، حيث تتمركز في داخل الصفيحة ويطلق على هذا النوع من الزلازل الـ Intraplate Earthquakes، وهذا النوع يحث دائما بصورة مفاجئة ولم تستطيع نظرية الألواح التكتونية تفسير أسباب حدوثها. وحديثا ارجع علماء الزلازل حدوث هذه الهزات إلى تكامل تأثير الإجهاد المحلى مع الإجهاد الإقليمي المرتبط بحركة الصفائح.

أنواع وطبيعة الخسائر الزلزالية

تقسم الخسائر الزلزالية إلى ثلاثة أنواع هي: المباشرة والثانوية وغير المباشرة:

1 **المباشرة**: وتتمثل في أعداد الوفيات والجرحى والتأثيرات النفسية والمادية الناتجة عن تدمير وانهيار المباني والبنية التحتية وتدمير المنشئات الصناعية وتخريب خطوط وأنابيب الغاز والكهرباء إلى غير ذلك من تدمير.

2 **الثانوية** وتتمثل في الحرائق و الفيضانات والانهيارات الأرضية التي تحدث بعد الزلزال، كذلك طغيان مياه البحر (سونامي) الذي يضرب الشواطيء و التلوث بالمواد الكيميائية أو الإشعاعية بالإضافة إلى العديد من الامور التي تحدث بعد الهزة الأرضية.

3 **الغير مباشرة**: وتتجسد في ما يخلفه الزلزال من تبعات على اقتصاد الدول ومصادر دخلها وعلى حياة الناس وطرق عيشهم وعلى أنظمة الدول و أجهزتها المختلفة.

- انهيارات أرضية أو ارتفاع الأراضي في مناطق معينة ينتج منها تكوين أو غرق بعض الجزر أو المناطق الساحلية.
- ازاحة جانبية أو رأسية على طول امتداد الصدع قد تتسبب في تدمير الممتلكات.
- اهتزاز الموجات الزلزالية يمكن أن يدمر أو يلحق الضرر بالمنشآت التي لا تقوى على تحمل إزاحة جانبية أو رأسية.

- هبوط أرضي أو تساقط صخور من قمم الجبال، وكذلك الهبوط في المناطق التي بها كهوف أو تجاويف تحت أرضية، مما يتسبب في تدمير المنشآت والبنى التحتية مثل المباني والطرق.
- قد تغمر أمواج البحر الزلزالية أو موجات المد (تسونامي) الناجمة من الزلازل مناطق ساحلية واسعة.
- قد تسبب الزلازل اندلاع الحرائق بسبب تدمير مرافق الكهرباء والغاز.

كيفية العمل على تقليل أخطار الزلازل

التقليل أو الحد من أخطار الزلازل هي الغاية والهدف المنشود الذي يسعى إليه الجميع فالوقاية خير من العلاج لذا يجب الاستعداد للزلازل قبل حدوثها وذلك لاتقاء أخطارها ولا يمكن بلوغ هذه الغاية إلا بالتخطيط والمتابعة للكثير من الأمور والعناصر التي يمكن تلخيصها في ما يلي:

1 تحديد أماكن الخطر الزلزالي ودرجاته وخاصة في ألاماكن النشطة زلزاليا، ويشمل ذلك رسم خرائط زلزالية لكل من النشاط الزلزالي، الحركات الأرضية، التدمير الزلزالي، التكرار الزلزالي، عدد الوفيات الناتجة من الزلازل و توزيعها الجغرافي و التدمير العمراني والخسائر الاقتصادية، كما يشتمل هذا العنصر على تحليل الخطر الزلزالي في منطقة معينة عند الرغبة في عمل مشروع ضخم كإنشاء السدود و الجسور ومحطات الطاقة والمنشئات النووية، ويعتمد هذا التحليل على العديد من الأمور التي تشمل على سبيل المثال مدى ملائمة الموقع من الناحية الجيولوجية (الحركات الأرضية، الصدوع والفوالق النشطة، نوع الصخور والطبقات، تاريخ الموقع الجيولوجي وعلاقته بالزلازل إلى غير ذلك من الأمور)

2 دراسة وتقييم مدي الاستعدادات لدي الحكومات والأفراد للتعامل مع الزلازل وسبل الاستجابة لها ، ويدخل في ذلك ثقافة الفرد والمجتمع لكيفية التصرف عند وقوع الزلازل وجاهزية أجهزة ومرافق الدولة المختلفة للتعامل مع الكوارث الزلزالية ويشتمل هذا العنصر أيضا على الملاحظات والدراسات الزلزالية والجيوفيزيائية التي يمكن أن تتمثل بإنشاء شبكة رصد زلزالي لمتابعة ومراقبة الزلازل وللقيام بالبحوث والدراسات المتعلقة بها.

3 وضع كود بناء ودراسة وتقييم الاستراتيجيات المتبعة في التعمير للتقليل من أخطار الزلازل، و يدخل في ذلك إجراء قياسات ومعايير تخضع لها المنشئات و المباني لكي تكون مقاومة للزلازل وذا قدرة اكبر على الصمود وهذا ما يقوم به المهندسون المدنيون بالتعاون مع علماء الزلازل.

إجراءات السلامة عند حدوث الزلازل

الزلازل ظاهرة طبيعية لا يمكن إيقافها ولا التنبؤ بها حتى الآن ولكن يجب التعايش معها والتقليل من أضرارها قدر الإمكان بإتباع إجراءات السلامة:

قبل حدوث الزلزال

لابد من اكتساب بعض المهارات الضرورية لجميع لمعظم أفراد العائلة:

- كيفية الإطفاء وفصل الماء والغاز والكهرباء
- الإسعاف الأولي
- خطة لجمع العائلة في مكان واحد ويعرفها الجميع
- تثبيت جميع قطع الأثاث الثقيلة بالجدران جيدا (شكل 17)

شكل (17) : تثبيت قطع الأثاث الثقلية

التصرف المناسب أثناء الزلزال

- إذا كنت في مبنى قف تحت مدخل الباب أو تحت طاولة متينة وبعيداً عن النافذة والزجاج (شكل 18).
- في خارج المبنى قف بعيداً عن المباني والأشجار وخطوط الهاتف والكهرباء
- إذا كنت في مركبة ابتعد عن الأنفاق والجسور ولا تخرج من السيارة
- حاول أن تكون نفسيتك مرتاحة ولا تندهش
- عدم استخدام المصاعد الكهربائية

شكل (18)؛ بعض الأماكن المناسبة أثناء وقوع الزلزال

وقد إقترح خبير الأنقاذ الأمريكى دوج كوب (Doug Copp) من خلال المشاهدات الفعلية لتدميرات الزلازل فى 60 دولة واكثر من 875 مبنى مدمر منطقة امنة بجانب قطع الأثاث القوية سماها مثلث الأمان او مثلث الحياة (شكل 19) وحذر من الأختباء تحت الطاولات الضعيفة.

ماذا تفعل بعد الزلزال

- ابحث عن المصابين وأسعفهم
- انتبه لأماكن تسرب الغاز والماء والمجاري
- افحص الأسلاك المقطوعة، وافصل التيار عن الأدوات المنزلية
- نظف تسربات المواد الخطرة
- استمع للراديو المحلي لتتبع الإرشادات

شكل (19): بعض الأماكن المناسبة أثناء وقوع الزلزال طبقا لخبير الأنقاذ الأمريكى.

- اقتصد في استعمال الهاتف
- ابحث عن المفقودين ومعارفك
- اتبع خطة الطوارئ أو التعليمات التي يعطيها المسئول فى نطاق تواجدك

العدة الاحتياطية للزلازل

- راديو صغير مع بطاريات إضافية
- مصباح مع بطاريات إضافية
- حقيبة إسعافية وضمنها الأدوية الضرورية لأفراد الأسرة
- كتيب عن الإسعاف الأولي
- مطفأة حريق
- مفتاح إنكليزي قابل للتعديل لإصلاح تسربات الغاز والماء
- جهاز تحري الدخان
- سلم هروب متنقل
- زجاجات ماء كافية
- مؤنة أسبوع من أغذية معلبة ومجففة (يجب استعمالها واستبدالها كي لا تتلف)
- فتاحة معلبات
- كبريت
- أرقام هواتف الشرطة والطوارئ الصحية والحريق
- الاقتصاد في الماء للحاجة اليه فى الطوارئ

المراجع

- http://www.sgs.org.sa/Arabic/NaturalHazards
- http://www.geologyofmesopotamia.com/index.htm
- http://luxorschool.ahlamontada.net/t455-topic#628
- http://www.shbabr.com/vb/t98831.html
- http://ar.wikipedia.org/wiki/زلزال
- http://hazard.ae/site/
- http://ar.wikipedia.org/wiki/تكتونيات_الصفائح
- http://www.squ.edu.om/eqmonitoring-center-ar/
- http://earthquake.usgs.gov/learn/?source=sitenav

* *Ambraseys NN, Melville CP, Adams RD (1994) The Seismicity of Egypt, Arabia and Red Sea Cambridge University Press, Cambridge.*

800900
www.dm.gov.ae

بلدية دبي
DUBAI MUNICIPALITY