Journal of Nature, Life and Applied Sciences
Volume (6), Issue (4) : 30 Dec 2022
P: 136 - 154

ISSN: 2522-3356

مجلة العلوم الطبيعية والحياتية والتطبيقية
المجلد (6)، العدد (4) : 30 ديسمبر 2022م
ص: 136 - 154

Spatial and temporal representation of earthquake data in Saudi Arabia for the period 1980 - 2018AD

Afaf Rafi Abdullah Al-Amri

College of Humanities & Social Sciences || King Saud University || KSA

Abstract: The research presented an analysis of earthquake data in Saudi Arabia for the period between 1980-2018 AD, including geographical representation to reveal the data's dimensions and characteristics. The research results focused on the relationship between the frequency of earthquake occurrence near and far from urban areas. Emphasis was placed on the region in which the seismic data were strongest on the Richter scale during the time under study. The inductive and quantitative mathematical methods were used to analyze the data and represent the outputs, and the objective analytical method was used to interpret the results. The results were analyzed using spatial statistical analysis tools to obtain a geographical representation of the earthquake data, where the (Directional Distribution) tool was used to measure the direction of the data distribution, as well as the statistical analysis technique (Buffer) to determine the extent of the potential damage to urban areas around the earthquake area. The results of data analysis through cartographic representation showed that the northwestern and western regions of the Kingdom of Saudi Arabia are the most threatening to urban areas close to earthquake sites. This study recommends intensifying research efforts on seismic event data from the perspective of managing natural hazard data and its impact on neighboring urban areas.

Keywords: spatial representation, temporal representation, seismic data management, geographic information systems, spatial analysis.

التمثيل المكاني والزماني لبيانات الزلازل في المملكة العربية السعودية للفترة 1980 - 2018م

عفاف بنت رافع بن عبد الله العمري

كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية || جامعة الملك سعود || المملكة العربية السعودية

المستخلص: قدم البحث تحليلاً لبيانات الزلازل بالمملكة العربية السعودية للفترة بين ١٩٨٠-٢٠١٨م، يتضمن التمثيل الجغرافي للكشف عن أبعاد وخصائص البيانات، كما ركزت نتائج البحث حول علاقة تكرار حدوث الزلازل بالقرب والبعد من المناطق الحضرية. وتم التركيز على المنطقة التي كانت فيها بيانات الزلازل هي الأكثر شدة في قياس قوة الزلازل على مقياس ريختر خلال الفترة الزمنية قيد الدراسة. تم استخدام المنهج الاستقرائي والمنهج الرياضي الكمي في تحليل البيانات وتمثيل المخرجات، كما تم استخدام أسلوب المنهج الموضوعي التحليلي في تفسير النتائج. تم تحليل النتائج باستخدام أدوات التحليل الإحصائي المكاني للحصول على التمثيل الجغرافي لبيانات الزلازل، حيث تم استخدام أداة Directional Distribution لقياس اتجاه توزيع البيانات، وكذلك تقنية التحليل الإحصائي (النطاق المكاني Buffer) للوقوف على امتداد الضرر المحتمل للمناطق الحضرية حول منطقة الزلازل. أظهرت نتائج تحليل البيانات من خلال التمثيل الخرائطي بأن المناطق الشمالية الغربية وكذلك الغربية للمملكة العربية السعودية تعد الأكثر تهديداً للمناطق الحضرية القريبة من مواقع الزلازل. توصي هذه الدراسة بتكثيف الجهود البحثية على بيانات الأحداث الزلزالية من منظور إدارة بيانات المخاطر الطبيعية وأثر ذلك على المناطق الحضرية المجاورة.

الكلمات المفتاحية: التمثيل المكاني، التمثيل الزماني، إدارة بيانات الزلازل، نظم المعلومات الجغرافية، التحليل المكاني.

مقدمة:

تعد الزلازل من الكوارث الطبيعية التي يعاني منها شعوب العالم خاصة الدول التي تقع بالقرب من الاحزمة الزلزالية. وبسبب الاثار والمخاطر التي تسببها الزلازل فإنها أصبحت من الموضوعات المثيرة وتحظى بتقدير واسع لدى الباحثين حول العالم. وتتراكم بيانات الزلازل بشكل تزيد معه الحاجة الى فهمها وبالتالي معالجتها وتحليلها للنظر في العلاقات التي تربطها بالظواهر الأخرى. وتتوفر بيانات الزلازل من مصادر حكومية سواء محليه او عالميه الا انه يصعب على المستخدمين قراءتها في صورة جداول وتصورها فضلا عن فهمها وتحليل انماطها والخروج بمعلومات منها. ففي يوم 19 مايو عام 2009م حدث نشاط زلزالي في حرة الشاقة (لونيير) شمال شرق مدينة ينبع، حيث تم تسجيل 19 هزة أرضية متتابعة بلغت أقصى قوة فيها بمقدار 5.7 على مقياس ريختر. شعر بهذه الهزة أهالي منطقة العيص والتي تبعد مسافة 40 كلم عن جنوب شرق منطقة النشاط الزلزالي، وتسببت في خسائر طفيفة في بعض الانشاءات والمباني. علاوة على ذلك تم تسجيل نشاط زلزالي متتابع لنفس المنطقة بلغ 950 هزة أرضية خلال الفترة من 13 مايو الى 7 يونيو من نفس العام. وتعتبر إدارة الكوارث الطبيعية وتأمين السلامة أحد الجوانب الهامة التي تهتم بها الجغرافيا وتحتل جانبا هاما في الدراسات والبحوث التي تعالج هذه المواضيع بأدواتها التقنية والبرمجية لاسيما نظم المعلومات الجغرافية وما تملكه من أدوات ومعالجات مكانية وزمانية. يصعب التنبؤ بحدوث الزلازل في أي منطقة مهما بلغت التقديرات ومع ذلك يوجد حلول لمراقبة الزلازل وبالتالي امكانية التنبؤ بوقت حدوثه تتمثل في وضع نظام مراقبة الزلازل الكامل بحيث يوضع على الصدوع حول المنطقة الملايين من أجهزة الاستشعار والتي هدفها جمع سلسلة بيانات وقت الاجهاد على الصدوع ومن ثم تكون قادرة على تحديد كل صدع ومتى يكون في حالة حرجة من الاجهاد ويصبح عرضة لحدوث الزلازل. ويهدف هذه البحث الى تمثيل البيانات الزلزالية لرؤية ابعادها ونمط انتشارها وإجراء التحليلات اللازمة عليها للخروج بنتائج حول علاقة تكرار حدوث الزلازل بالقرب والبعد عن المناطق الحضرية، الأمر الذي يساعد على زيادة الوعي حول الأضرار الناتجة والمخاطر الزلزالية.

مشكلة وأهمية البحث

تحدث المخاطر الطبيعية لامحالة ومع التقدم الذي وصلت إليه البشرية لا يمكن منع حدوثها، إنما يكون التركيز على الحد من الخسائر والتخفيف من شدتها. وتعاني الدول في كثير من البلدان من مخاطر الزلازل كونها مفاجئة ويصعب التنبؤ بها بشكل دقيق. وتزيد هذه المخاطر كلما كانت المنطقة ذات نشاط زلزالي أو تتواتر فيها الزلازل، وكذلك الحال بالنسبة للقرب من الأحزمة الزلزالية أو الصدوع أو البؤر الزلزالية. وتعد المملكة العربية السعودية عرضة للمخاطر الطبيعية الرئيسية، حيث تتعرض بعض المناطق للزلازل والمخاطر التابعة لها كما في المناطق الشمالية والشمالية الغربية على وجه الخصوص.

وتركز مشكلة البحث على أحد جوانب التحدي القائم لدراسة مخرجات نتائج تحليل بيانات الزلازل، وهو دراسة أثر تواتر الزلازل في المملكة العربية السعودية – وعلى وجه الخصوص المنطقة الشمالية الغربية- على المنطقة الحضرية المجاورة. فعلى الرغم من شيوع استخدام بيانات الزلازل في البحوث الجغرافية، إلا أن هذا المجال خصب ولايزال الاهتمام به من قبل المتخصصين في مجال إدارة المخاطر الطبيعية لاسيما في ضوء إدارة وتنظيم البيانات الجغرافية. كما أن مخرجات البيانات من خلال تطبيق بعض امكانات نظم المعلومات الجغرافية في اداره وتنظيم وتحليل البيانات، وكشف العلاقات القائمة بينها وعرضها على خرائط تسهم في تعظيم الاستفادة منها في صنع القرار.

أهداف البحث وتساؤلاته

يبحث هذا البحث حول تمثيل الاحداث الزلزالية حسب الفترة المحددة وكشف نتائج التحليلات المكانية والزمانية لبيانات الزلازل وتتبع النشاط الزلزالي في المناطق المحيطة بالمنطقة وأثره عليها باستخدام أدوات التحليل المكاني في نظم المعلومات الجغرافية. وبالتالي فهو مفيد في كونه يعطي تصورا حول المناطق الحضرية التي ستكون عرضه للمخاطر الزلزالية. وعليه يهدف البحث الى تحقيق النقاط التالية:

1- التمثيل الجغرافي للأحداث الزلزالية.
2- تحليل الخطورة الزلزالية.
3- تقييم المخرجات في ضوء إدارة بيانات الزلازل بنظم المعلومات الجغرافية؟

ولذا فهو يحقق الإجابة على التساؤلات التالية:

1- كيف يتم التمثيل الجغرافي للأحداث الزلزالية؟
2- ما أثر المخاطر الزلزالية في المملكة العربية السعودية؟
3- كيف يمكن الاستفادة من المخرجات في ضوء إدارة بيانات الزلازل بنظم المعلومات الجغرافية؟

الدراسات السابقة:

ركزت الدارسات السابقة على تلك التي تبحث عن تمثيل الظاهرة والتحليل الاحصائي وتحليل السطح والعلاقة بين موقع الزلزال وقوته بوجود المخاطر الاقتصادية. تم تناول أبرز الدراسات العلمية التي بحثت في ادارة وتنظيم البيانات الزلزالية ودراسات عن تحليل البيانات الزلزالية وخاصة فيما يتعلق بالمخاطر الطبيعية والبشرية وفيما يلي عرض تلك المحاور:

أولا- دراسات حول وضع منهجية لرصد وادارة البيانات الزلزالية في بيئة نظم المعلومات الجغرافية

قام (Ottemoller, Voss and Havskov) بتصميم نظام يقوم على تحليل البيانات الزلزالية من خلال مجموعة من البرامج مرتبطة بقاعدة البيانات وربطها بنظم المعلومات الجغرافية ودمج العديد من الميزات والامكانات من اجل توفير الوقت والجهد في الازدواجية في تحليل البيانات الزلزالية بنظم المعلومات الجغرافية، وقد تم تطوير هذا النظام منذ 2008 وحتى 2018 من خلال ادخال التحسينات اللازمة لهذا النظام.

كما ساهم كل من (Pollino, et al., 2012) في تصميم منهجية لرصد بيانات الزلازل ومعالجتها وعرضها على الانترنت من خلال استخدام البرامج مفتوحة المصدر التي تتلاءم مع بيئة نظم المعلومات الجغرافية. حيث تمكنوا من الاستفادة من إمكانات البرمجيات مفتوحة المصدر (المجانية) لعمل منظومة من البرامج هدفها إدارة البيانات الزلزالية وإنتاج خرائط الاضرار المتوقعة حتى تتمكن الجهات المسؤولة من السيطرة واتخاذ الإجراءات اللازمة للتخفيف من الكارثة. وقد اشتملت المخرجات على وصف جغرافي للمنطقة بالإضافة الى البيانات الأخرى المتعلقة بالكوارث مثل عدد السكان والمباني وغيرها.

ثانيا- دراسات حول تحليل البيانات الزلزالية في بيئة نظم المعلومات الجغرافية

بحث كل من (Huan, et al., 2011) عن المخاطر السكانية باستخدام بيئة نظم المعلومات الجغرافية وذلك بتحليل العوامل الرئيسية لحدوث الزلازل بالإضافة الى مخاطرها من خلال الاحصاءات الكمية، وقد كان زلزال ونتشوان كحالة دراسة، حيث طُبق عليه ادوات التحليل المكاني ونتجت الدراسة الى تقدير مخاطر الزلازل على السكان وتصنيف البيانات لتحديد المناطق الاكثر تعرضا للمخاطر الزلزالية في منطقة زلزال ونتشوان.

ساهمت الدراسة التي قام بها كل من (Al-Dogom, Schuckma, & Al-Ruzouq, 2018) بتقييم وتحليل التوزيع المكاني لأحداث الزلازل في دولة الامارات العربية المتحدة، ودراسة العوامل الجغرافية والفيزيائية لفهم أكثر للظاهرة وتحليل التركيبة السكانية للمتضررين. ومن خلال نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات التحليل المكاني مثل Moran I and Getis–Ord Gi* على 115 عاما من الزلازل للفترة بين 1900-2015م التي حدثت في المنطقة. وقد وجد ان مدينة الفجيرة تقع في التصنيف النطاق الخطر جدا، كما صنفت دبي والشارقة بانها منطقة خطره، في حين ابوظبي بعيده نسبيا عن تلك المدن. وكان الهدف من هذه الدراسة المساهمة في تحسين التخطيط الحضري، والتخفيف من حدة الكوارث في حال حدوثها في دولة الامارات العربية المتحدة.

ويمكن الاستفادة من الدراسات السابقة من خلال ما يتفق مع متطلبات البحث الحالي وهو مشروع (Pollino, et al., 2012) الذي يمكن تكوينه من خلال البرامج مفتوحة المصدر والمتلائمة مع نظم المعلومات الجغرافية، ومن خلال الاستفادة من البناء الهيكلي للنظام في تطوير نظام مماثل للمملكة العربية السعودية يسهم في تحسين إدارة وتحليل البيانات الزلزالية وتوحيد الجهود بما يكفل الجودة واختصار الوقت والجهد. كما تم الاستفادة من دراسة كل من (Al-Dogom, Schuckma, & Al-Ruzouq, 2018) في تطبيق وتحديد ادوات التحليل الاحصائية والمكانية المستخدمة لتقييم خطورة الزلازل.

المنهجية وإجراءات العمل

تمثلت المنهجية في استخدام أسلوب المنهج الاستقرائي وهو الوصول من الجزئيات الى الكليات فيما يتعلق بتمثيل وتحليل البيانات الزلزالية وكذلك أسلوب المنهج الموضوعي التحليلي فيما يتعلق النتائج التي توصلت اليها البحث، كما تضمن البحث استخدام الأسلوب الرياضي (الكمي) في تحليل البيانات وكذلك المنهج التقني في تصميم الخرائط وانتاجها وتمثيل المخرجات. كما تضمنت المنهجية اتباع طريقة التفكير بنظم المعلومات الجغرافية خاصة فيما يتعلق باستكشاف البيانات والوصول الى أسئلة تحقق اهداف البحث. وفيما يلي تفصيل ذلك.

أولا- التوزيع الجغرافي للأحداث الزلزالية

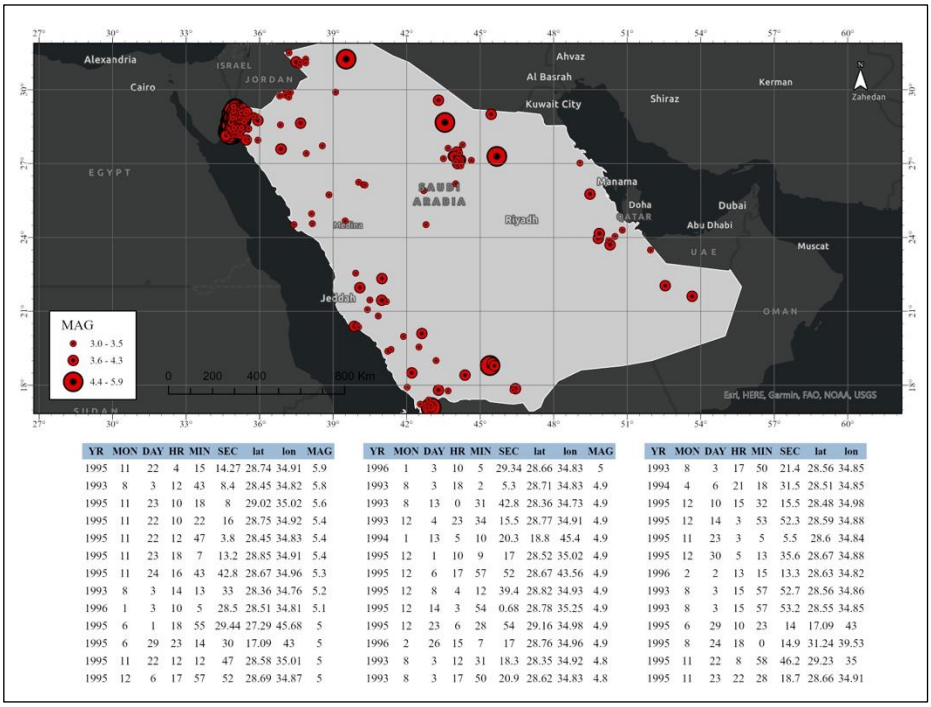
تم الحصول على بيانات الزلازل للمملكة للفترة 1980-2018م بناء على فهرس هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (SGS Earthquake Catalog)[1]، والتي يصل اليها تقارير بشكل مستمر من محطات الأرصاد العالمية حتى يتم تثبيتها وعرضها على مواقع الانترنت لإتاحة الفرصة لمشاركتها مع المستخدمين. ويوفر الموقع بيانات تفصيلية تمثلت في وقت وزمن حدوث الزلازل وكذلك قوة الهزة الأرضية وعمق بؤرة الزلزال واحداثيات البيانات بالإضافة الى بيانات تفصيلية أخرى تمثلت في المخاطر الاقتصادية الأخرى والتي تعني بحجم الضرر والخسائر المادية وغيرها.

ويتمثل التوزيع الجغرافي للبيانات الزلزالية في التمثيل المكاني والزماني للأحداث الزلزالية التي حدثت في المملكة وخاصة بالقرب من حدود الصفائح التكتونية المجاورة لها. حيث تم الاعتماد على بيانات الزلازل للفترة من ١٩٨٠-2018م، وذلك بهدف تحليل البيانات الزلزالية التي بدأت من يناير ١٩٨٠م إلى ديسمبر 2018م ، وتم اختيار قوة الزلازل التي تتراوح بين 2.1 إلى7.5 بمقياس ريختر، كما يوضحها الجدول رقم (١). وقد تم استبعاد البيانات التي تقل فيها شدة قوة الزلازل عن (<٢) نظرا لأنها لا تمثل تأثيرا ملحوظا، بالرغم من أن تواتر تكرار حدوثها في مكان ما، إلا أنه ربما يشير الى تعاظم قوة الزلزال مستقبلاً. ويلاحظ من خلال البيانات الموضحة على الخريطة أن المملكة العربية السعودية قد حدث فيها حوالي 187 هزة أرضية خلال المد الزمنية ١٩٨٠-٢٠١٨م كما في شكل رقم (١).

(1) https://earthexplorer.usgs.gov/

ويعود ذلك أنها تقع في منطقة مجاورة للأحزمة الزلزالية التي تتسم بأنها ذات نشاط زلزالي غير مستقر. وكما هو معلوم أن الهزات الأرضية تتبعها هزات أرضية ارتدادية ربما تصل الى مئات الكيلومترات فإنه قد يتسبب بحدوث كوارث طبيعية مثل كارثة التسونامي الذي حدثت في شرق اسيا. كما يلاحظ أنه خلال الفترة الزمنية ذاتها، قد تعرضت المملكة للزلازل خلال الفترة من 1990-2015م، حيث بلغ الحد الأقصى من حجم الزلازل في المملكة (أي قوة الزلازل) من خلال قراءة البيانات ٥،٩ بمقياس ريختر في نوفمبر عام ١٩٩٥م، في المنطقة الشمالية الغربية، وتوضحها الخريطة في شكل رقم (٢). كما يتراوح عمق بؤرة الزلازل لنفس الفترة الزمنية بين 23- 1 كلم كما هو موضح في الخريطة في شكل رقم (٣). حيث كانت أكبر قيمة لبؤرة الزلازل هي 23كلم تقع في منطقة تبوك بالقرب من ساحل خليج العقبة، لزلزال حدث في شهر نوفمبر عام2014م بقوة بلغت 5 بمقياس ريختر، في حين أنه في نفس العام ولنفس المنطقة حدث زلزال آخر بقوة 4.4 على مقياس ريختر، قد بلغت بؤرة الزلزال فيه 1كلم وهو أقل قيمة للبيانات قيد الدراسة.

جدول1 عينة من بيانات الزلازل في المملكة العربية السعودية للفترة ١٩٨٠-٢٠١٨م

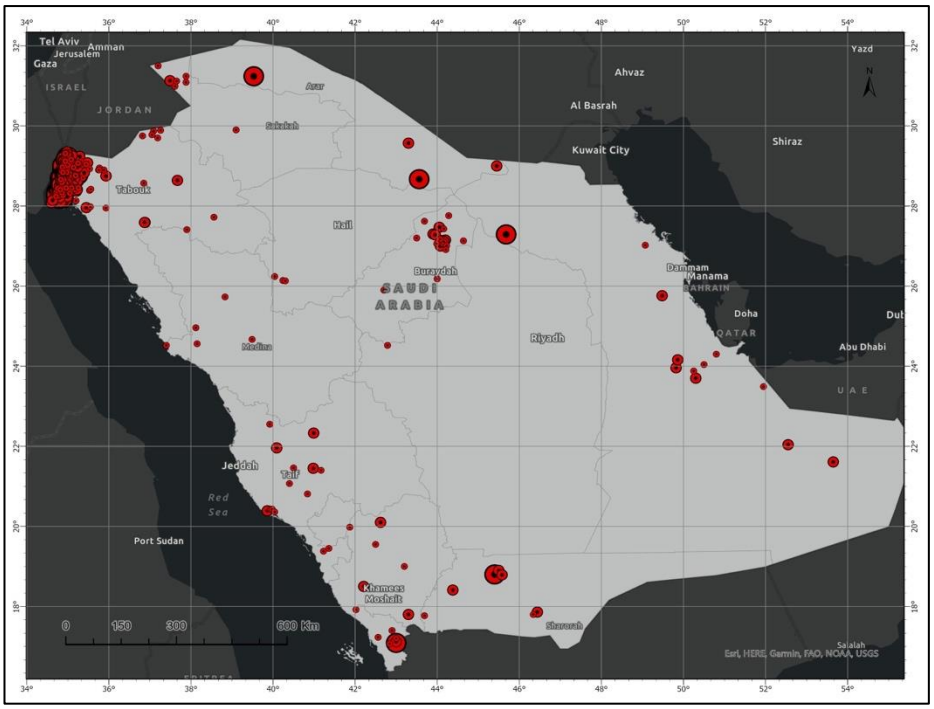


YR	MON	DAY	HR	MIN	SEC	lat	lon	MAG
1995	11	22	4	15	14.27	28.74	34.91	5.9
1993	8	3	12	43	8.4	28.45	34.82	5.8
1995	11	23	10	18	8	29.02	35.02	5.6
1995	11	22	10	22	16	28.75	34.92	5.4
1995	11	22	12	47	3.8	28.45	34.83	5.4
1995	11	23	18	7	13.2	28.85	34.91	5.4
1995	11	24	16	43	42.8	28.67	34.96	5.3
1993	8	3	14	13	33	28.36	34.76	5.2
1996	1	3	10	5	28.5	28.51	34.81	5.1
1995	6	1	18	55	29.44	27.29	45.68	5
1995	6	29	23	14	30	17.09	43	5
1995	11	22	12	12	47	28.58	35.01	5
1995	12	6	17	57	52	28.69	34.87	5

YR	MON	DAY	HR	MIN	SEC	lat	lon	MAG
1996	1	3	10	5	29.34	28.66	34.83	5
1993	8	3	18	2	5.3	28.71	34.83	4.9
1993	8	13	0	31	42.8	28.36	34.73	4.9
1993	12	4	23	34	15.5	28.77	34.91	4.9
1994	1	13	5	10	20.3	18.8	45.4	4.9
1995	12	1	10	9	17	28.52	35.02	4.9
1995	12	6	17	57	52	28.67	43.56	4.9
1995	12	8	4	12	39.4	28.82	34.93	4.9
1995	12	14	3	54	0.68	28.78	35.25	4.9
1995	12	23	6	28	54	29.16	34.98	4.9
1996	2	26	15	7	17	28.76	34.96	4.9
1993	8	3	12	31	18.3	28.35	34.92	4.8
1993	8	3	17	50	20.9	28.62	34.83	4.8

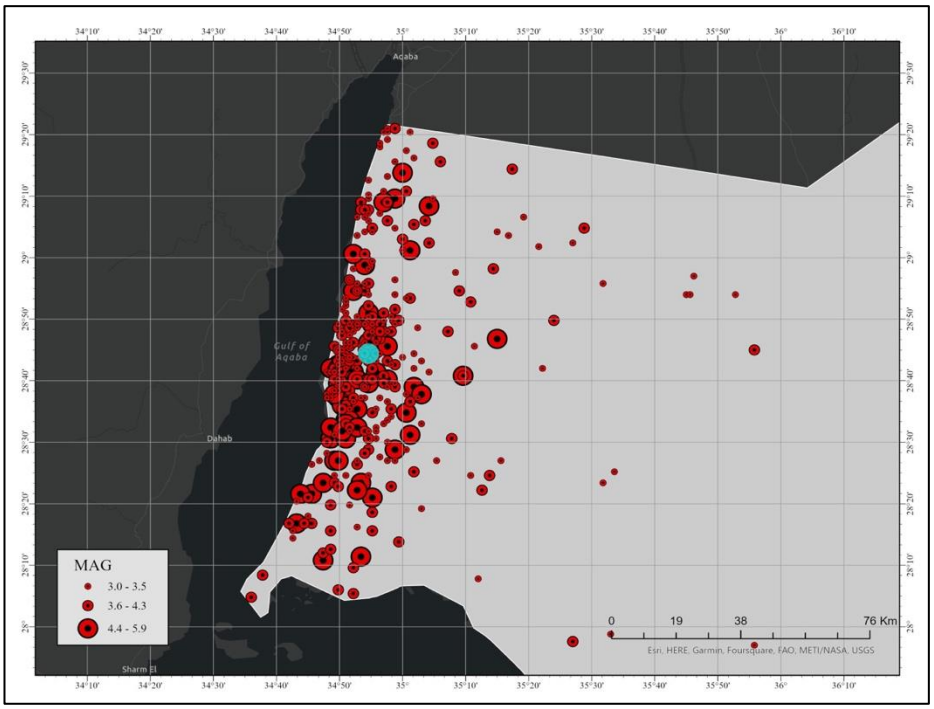
YR	MON	DAY	HR	MIN	SEC	lat	lon
1993	8	3	17	50	21.4	28.56	34.85
1994	4	6	21	18	31.5	28.51	34.85
1995	12	10	15	32	15.5	28.48	34.98
1995	12	14	3	53	52.3	28.59	34.88
1995	11	23	3	5	5.5	28.6	34.84
1995	12	30	5	13	35.6	28.67	34.88
1996	2	2	13	15	13.3	28.63	34.82
1993	8	3	15	57	52.7	28.56	34.86
1993	8	3	15	57	53.2	28.55	34.85
1995	6	29	10	23	14	17.09	43
1995	8	24	18	0	14.9	31.24	39.53
1995	11	22	8	58	46.2	29.23	35
1995	11	23	22	28	18.7	28.66	34.91

المصدر: فهرس هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (SGS Earthquake Catalog)



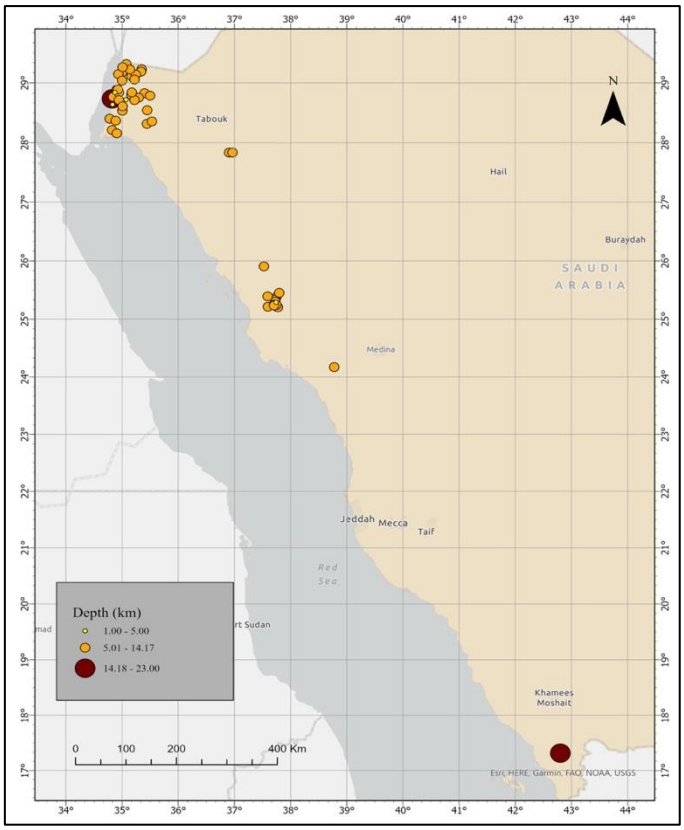
شكل (1): الزلازل التي حدثت في المملكة منذ عام 1980-2018م

المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الزلازل من فهرس هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (SGS Earthquake Catalog)



شكل (2): أعلى قيمة هزة أرضية في المملكة 5.٩ خلال الفترة 1980-2018م

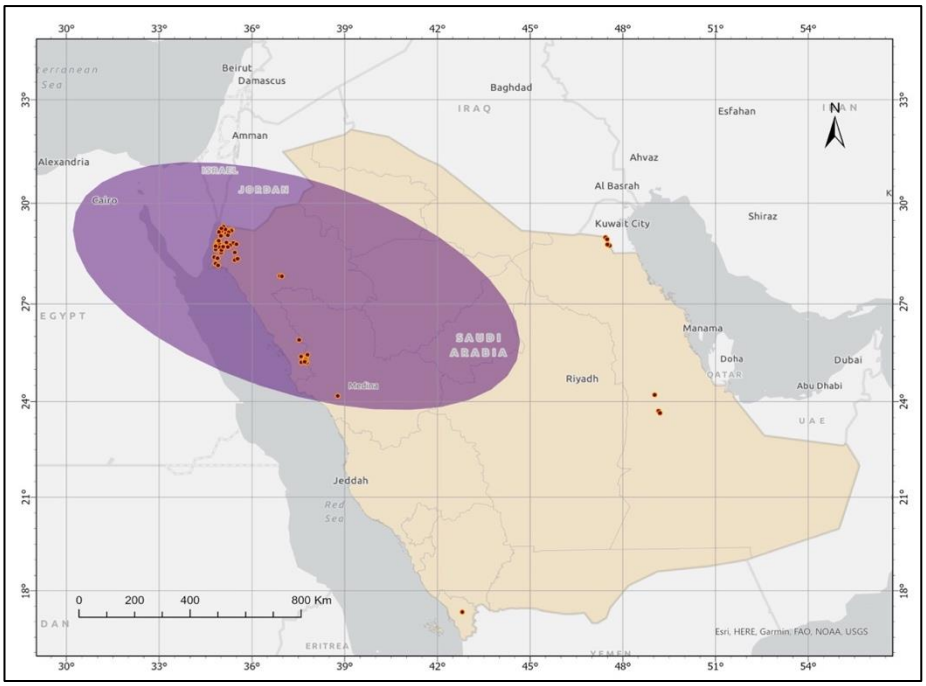
المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الزلازل من فهرس هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (SGS Earthquake Catalog)



شكل (3): عمق بؤرة الزلازل في المملكة للفترة 1990-2018م

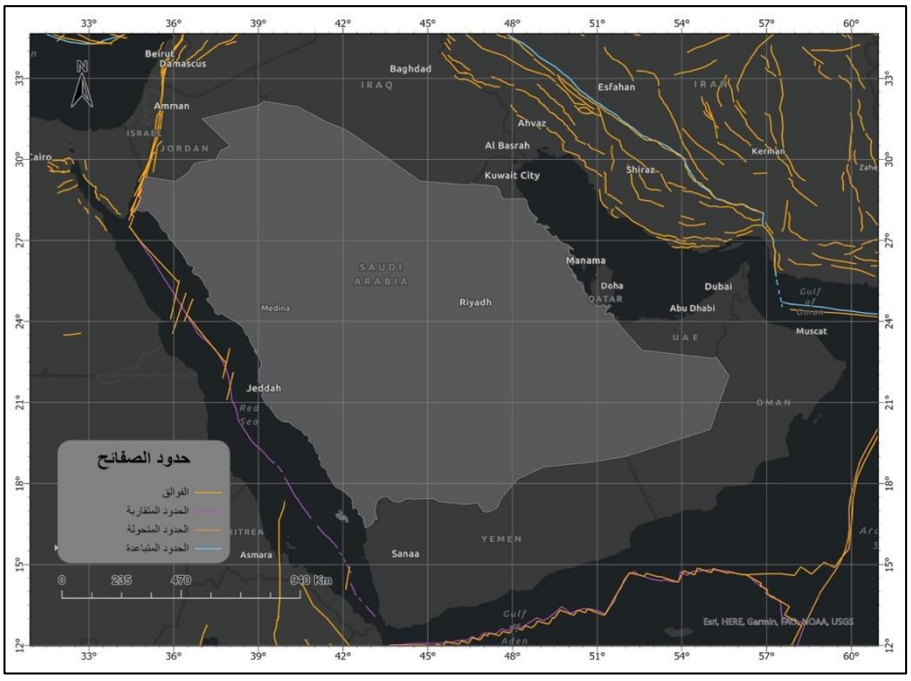
المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الزلازل من فهرس هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (SGS Earthquake Catalog)

أما التوزيع الزمني لبيانات الزلازل في المملكة العربية السعودية فيتضح من خلال البيانات التي تم تحديدها والحصول عليها من هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية وهي 38 سنة فقد تكرر حدوث الزلازل بشكل متركز خلال الفترة 1993 الى 1996م 164 حدث زلزالي ثم تناقص في السنوات التي تليها الى حوالي 35 مره. فمن خلال قراءة البيانات اتضح ان اخر زلزال تم رصده من فهرس الزلازل بهيئة المساحة الجيولوجية الامريكية كان في 2015م. ونظرا لان الزلازل من الظواهر التي يمتد تأثيرها الى أماكن بعيده عن بؤرة الزلزال بسبب الاهتزازات الترددية؛ فانه قد تم حصر 50 حدث زلزالي يقع على الحدود البحرية للمملكة والتي تم رصدها من محطات الرصد السعودية المحلية. ويمثل الشكل رقم (٤) اتجاه التوزيع الجغرافي لبيانات الزلازل باستخدام أداة التحليل Directional Distribution والتي تتضح في شمال غرب المملكة ويعود ذلك الى طبيعة المنطقة وقربها من التقاء الصفيحتين وبالقرب أيضا من الاحزمة الزلزالية او ما يعرف بالصدوع كما يوضحها الشكل رقم (٥).



شكل 4 اتجاه التوزيع لبيانات الزلازل باستخدام أداة Directional Distribution

المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الزلازل من فهرس هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (SGS Earthquake Catalog)

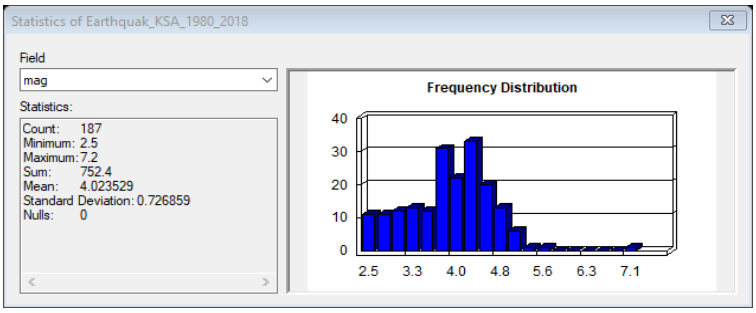


شكل (٥): الصفائح التكتونية والصدوع

المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الزلازل من فهرس هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (SGS Earthquake Catalog)

ثانيا- تحليل البيانات وتحديد أماكن الخطورة الزلزالية:

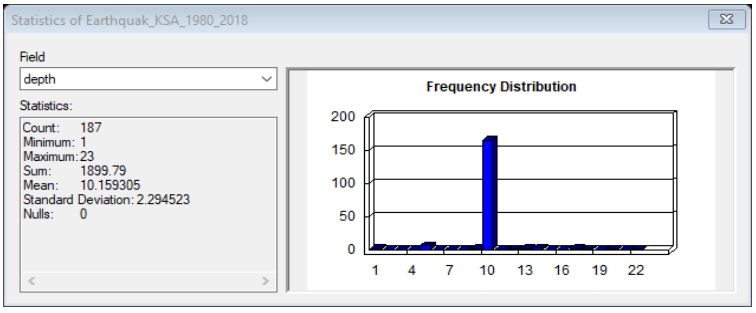
من خلال أدوات التحليل المتعددة في بيئة نظم المعلومات الجغرافية، أصبح بإمكان الباحثين والمستخدمين أيا كانت أهدافهم استخدام هذه الأدوات لعمل التحليلات التي تحقق أهدافهم وتلبي متطلباتهم، ومن هنا تم اختيار عدد من أدوات التحليل المكاني والاحصائي بهدف استخراج معلمات وخصائص تساعد في رؤية العلاقات المكانية بشكل أكبر وتسهم في تصورها وعرضها بما توفره من إمكانات ومعالجات مكانية تحليلية. إلا أنه ينبغي استكشاف البيانات قبل الشروع في تحديد أدوات التحليل الملائمة. فمن المعلوم ان التحليلات الإحصائية تمكن من التعرف على العلاقات المكانية بين الظواهر، وتوضح أيضا الاختلافات بينها، كما تبرز النتائج تجمع النقاط (كثافتها) وتعطي صورة عن الاحصائيات الخاصة بها من خلال عرضها على الخرائط. ومن خلال الاستفسار عن تكرار البيانات في بيئة نظم المعلومات الجغرافية كما في شكل رقم (٦)، تبين لنا ان قوة الهزات الارضية ما بين 2.5 الى7.5 ومتوسط القراءات 4.2 ويعتبر هذا حسب مقياس شدة الزلازل انه من خفيف الى متوسط، الا ان تكرار حدوث هذه الزلازل بالإضافة الى قربها من الاحزمة الزلزالية قد تكون عرضه لهزه ارضية عنيفة في المستقبل.



شكل 5 الاحصائيات البيانية لقوة الزلازل (mag.)

المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الزلازل من فهرس هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (SGS Earthquake Catalog)

ومن خلال قراءة الشكل التكراري لبيانات عمق البؤرة الزلزالية في بيئة نظم المعلومات الجغرافية كما في شكل رقم (٧)، تبين انها تتراوح بين 1 الى 23 كلم مع متوسط قدره 10.7 وانحراف معياري قدره 4 لبيانات الزلازل التي بلغ عددها 187 هزة أرضية.



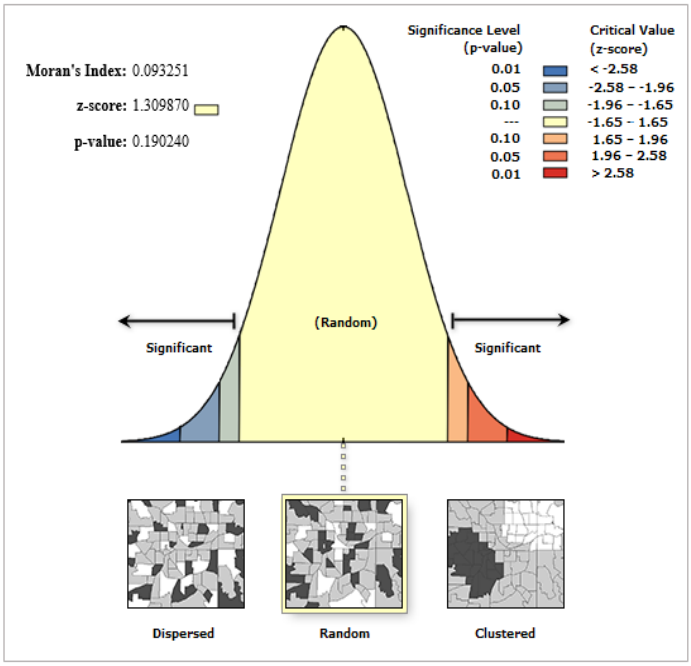
شكل (٧) الاحصائيات البيانية لعمق بؤرة الزلازل (depth.)

المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الزلازل من فهرس هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (SGS Earthquake Catalog)

ومن خلال القراءات السابقة عن البيانات فقد تم اجراء تحليلات إحصائية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية بهدف تصور (Visualize) البيانات الزلزالية وعرضها على خرائط، وهي على النحو التالي:

1- تحليل الارتباط الذاتي المكاني(Moran's I)

يقيس الارتباط الذاتي المكاني على أساس مواقع الطبقات مع قيمها في البيانات الوصفية، بحيث اذا كانت النتائج موجبة تعني ان الحدث يحتوي على احداث مجاورة لها نفس قيم الطبقة عالية كانت او منخفضة، بينما تعني القيم السالبة قيما مختلفة للأحداث المجاورة وتعتبرها انها متناقضة. كما انه يجب ان تكون قيمة P أقل من 0.05 لتكون ذات دلالة إحصائية. والشكل رقم (٨)، يوضح نتيجة استخدام التحليل لقوة الزلازل والتي تم الوصول اليها ضمن أدوات التحليل الاحصائي في نظم المعلومات الجغرافية.



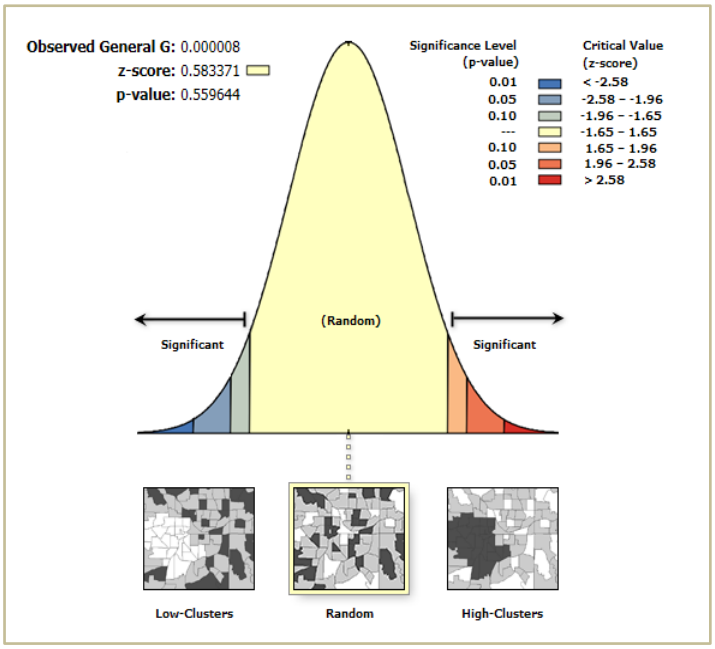
شكل (٨): نتيجة تحليل الارتباط الذاتي (Moran's I)

المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الزلازل من فهرس هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (SGS Earthquake Catalog)

ويهدف استخدام هذا النوع من التحليل الى قياس الارتباط المكاني للبيانات بالاعتماد على مواقعها، ويلاحظ من خلال الشكل السابق وبالنظر الى قيمة Z 1.30987010455، فان النمط توزيع البيانات الزلزالية حسب النتائج هو عشوائي. وهذا يعني أن الاحداث الزلزالية ليس لها نمط محدد، بل هي عشوائية وتقع مجاورة لبعضها البعض، كما أن قيمة p هي (٠,١٩٠٢٤٠) أي < من ٠,٠٥ وبالتالي فهي ذات دلالة إحصائية أي أن هناك علاقة وارتباط ذاتي مكاني بين مواقع حدوث الزلازل مع قيمها في البيانات غير المكانية (الوصفية).

2- تحليل Getis-Ord General G

هذا النوع من التحليل تم اختياره بهدف استخراج القيم الساخنة أو المتجمعة، وفيه يتم الكشف عن النقاط الساخنة والباردة لقيم البيانات، حيث يقيس هذا الأسلوب درجة التجميع سواء للقيم العالية أو المنخفضة. وكلما كانت قيمة Gi قريبة من الصفر فإنها تعني عدم تجمع البيانات، وكلما كانت قيمة Z موجبة فهي ذات دلالة إحصائية وبالتالي منطقة ساخنة، أي كلما زادت قيمتها زادت كثافة النقاط الساخنة. وتعني قيم Z السالبة انها ذات دلالة إحصائية (بارده أي أقل تجمعاً)، فكلما قلت درجة Z كلما كانت البقع الباردة أكثر كثافة كما في شكل رقم (٩).



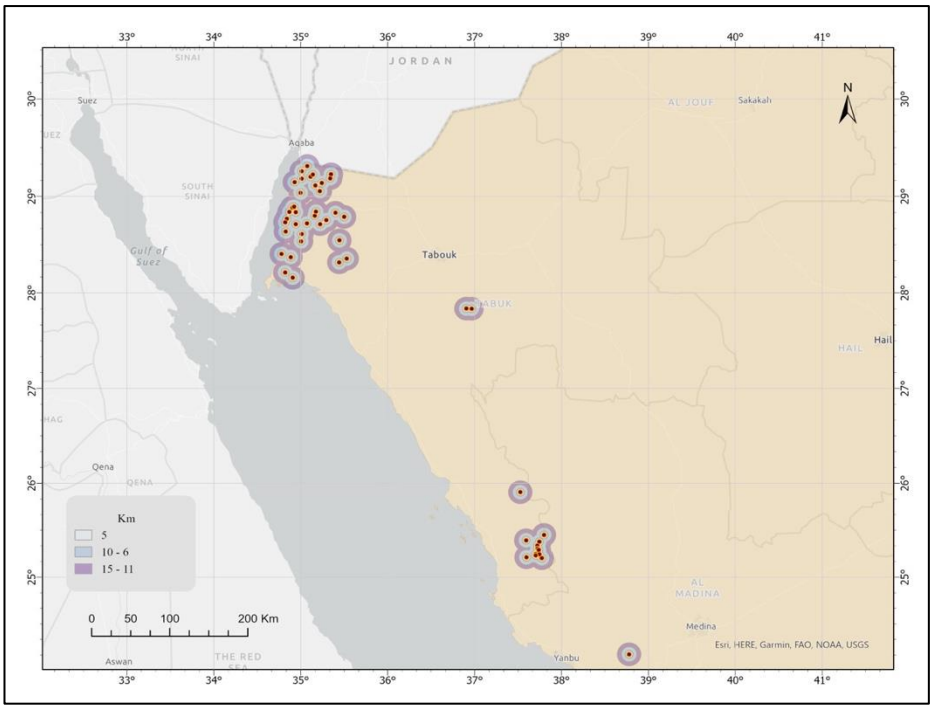
شكل (٩): نتيجة تحليل Getis-Ord General G

المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الزلازل من فهرس هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (SGS Earthquake Catalog)

ولما كان الهدف من هذا التحليل الكشف عن البيانات المتجمعة والمتناثرة فقد تبين أيضا ان النمط متناثر وغير متجمع، وبالنظر الى قيمة Z وهي 0.583370620904 تدل على ان القيم ذات نمط عشوائي. وهذا يعني أن نمط بيانات الزلازل في المملكة يكشف عن وجود نمط عشوائي ليس له نمط معين، يعود ذلك لطبيعة بيانات الزلازل وأسباب حدوثها مثل الضعف في طبقات الصخور ونوع التكوين وغيرها.

3- النطاق المكاني للبيانات Buffer

ويسمى الحرم المكاني في بعض المراجع، ويفيد في معرفة النطاقات التي يحددها المستخدم والتي لها علاقة مباشرة بالظاهرة المدروسة، وهنا فانه تم اختيار النطاقات المكانية حسب مساحة المنطقة وحسب القيم الاحصائية لتكرارات عمق الزلازل بما يخدم أهداف البحث. يتم تحديد الخطر الزلزالي في أي موقع بعدة عوامل متعلقة بالزلازل مثل نشاط الزلزال وطبيعة المنطقة والهيكل التكتوني وغيرها من العوامل، ولذا فإن معظم العلماء في مجال الزلازل يأخذون في الاعتبار جميع مناطق مراكز الزلازل ضمن مسافة ذات صلة من الموقع قيد الدراسة (Seismic Hazard Calculations, 2021). ووفقا لذلك فقد تم افتراض مسافة مقترحة لعدد من الكيلو مترات هي (5، 10، 15كلم) تمثل النطاق المكاني المحيط بمراكز الزلازل بهدف تصور النطاق المكاني للخطورة الزلزالية على المدن والمناطق الحضرية المجاورة. وقد تم استخدام أداة التحليل Buffer Multi من قائمة صندوق أدوات التحليل في نظم المعلومات الجغرافية وكانت كما هو واضح في شكل رقم (١٠) التالي:



شكل (١٠): النطاق المكاني (Buffer Multi)

المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الزلازل من فهرس هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (SGS Earthquake Catalog)

حيث يتبين ان النطاق المكاني الذي يحيط بمركز الزلزال قد يصل الى المدن المجاورة كما حدث في اماكن عديده في المملكة، مما يزيد من التعرض لمخاطر الزلازل ولذا كان التحليل مفيد في تصور المساحة التي قد تتأثر عند حدوث الزلازل مره اخرى.

ثالثا- الاستفادة من البرامج مفتوحة المصدر لإدارة البيانات الزلزالية في بيئة نظم المعلومات الجغرافية

تتمتع نظم المعلومات الجغرافية بإمكانات وطاقات متعددة تمكن المستخدمين من تطويعها بما يلبي احتياجاتهم، ومن ضمن هذه القدرات والإمكانات البرامج مفتوحة المصدر، حيث أصبح بالإمكان الاستفادة منها وتخصيصها والاضافة والتعديل عليها وتحديثها. وفي هذا المحور سيتم تسليط الضوء على المنهجية المتبعة من قبل كل من (Pollino, et al., 2012) الذين قاموا بتصميم منهجية متكاملة لرصد ومعالجة بيانات الزلازل باستخدام برامج مجانية مفتوحة المصدر في بيئة نظم المعلومات الجغرافية. حيث تقترح الدراسة تطبيق هذه المنهجية في مجالات الدراسات الزلزالية في المملكة العربية السعودية للاستفادة مما تقدمه هذه المنظومة والتي توفر أيضا مزيدا من الوقت وتختصر الجهد المبذول. أن الهدف من هذه المنهجية هو وصف منطقة الدراسة وإنتاج الخرائط الموضوعية لمرحلة ما بعد الاحداث الزلزالية، وتبادل البيانات والخرائط عبر الانترنت من خلال تطبيقات الانترنت، وهذه الأمور الثلاثة هي جل ما يهم الباحثين والمهتمين بهذا المجال. وهذا النظام المتكامل كما في شكل ١١ ينقسم الى :

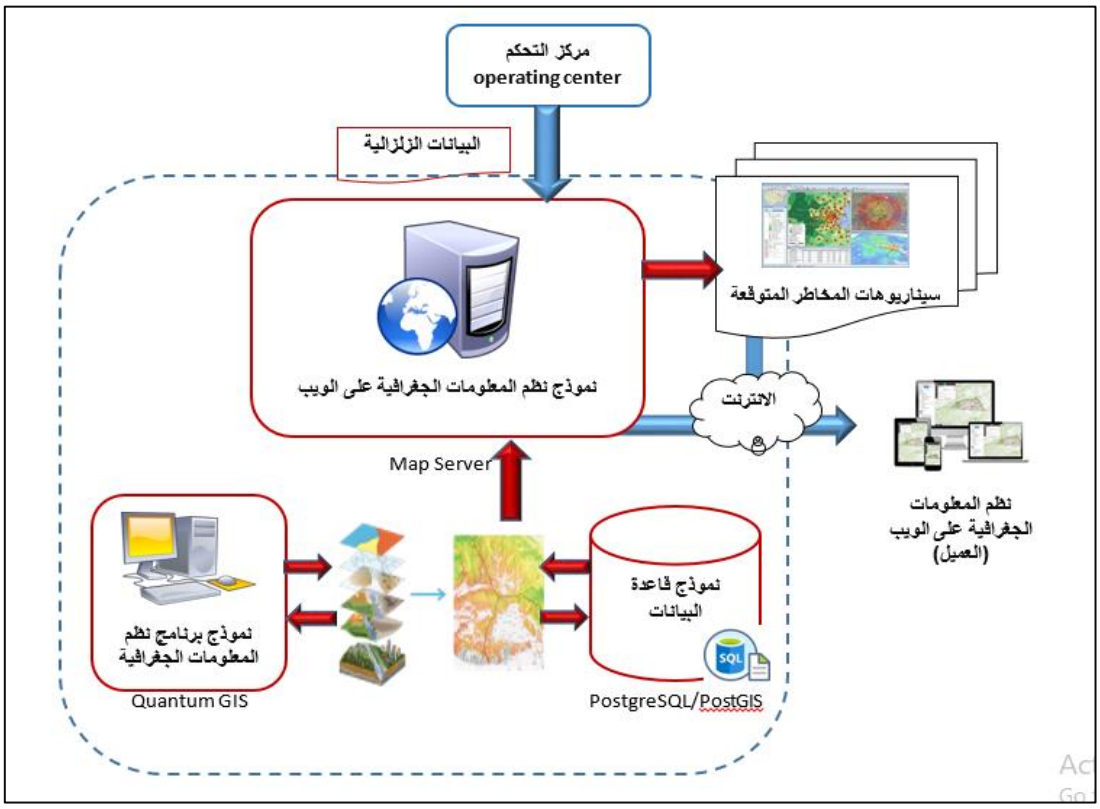
1- نموذج قاعدة بيانات باستخدام (PostgreSQL/PostGIS).
2- نموذج نظم المعلومات الجغرافية لسطح المكتب (Quantum GIS).
3- نموذج نظم المعلومات الجغرافية على الويب (MapServer).

ففي النموذج الخاص بقاعدة البيانات فقد تم تصميمها لإدخال البيانات واستضافتها داخل النظام وادارتها من خلال ادراجها كوحدات ادخال للنظام تحتوي على جميع البيانات المتعلقة بالزلازل مثل (زمن ووقت حدوث

الزلازل، شدة الزلازل، ومركز بؤرة الزلازل ومواقعها) وكذلك البيانات الأخرى المتعلقة بالزلازل مثل (جيولوجية المنطقة، وخرائط مناطق ضعف القشرة الأرضية، والمناطق الحضرية، والسكان وغيرها). وقد تم اختيار التقنيات التالية لتصميم نموذج قاعدة البيانات PostgreSQL/Post GIS (http://postgis.refractions.net/).

أما ما يتعلق بنموذج تصميم برنامج لسطح المكتب فقد تم ربطه بقاعدة البيانات السابقة بحيث يتم استدعاء البيانات لمعالجتها واجراء عمليات التحليل المكاني وتصميم الخرائط وإخراج النتائج للأضرار المتوقعة. وقد تم تصميمها باستخدام تقنيات Quantum GIS وهو برنامج مفتوح المصدر على الرابط: (https://www.qgis.org/en/site/).

وأخيرا تم تصميم تطبيق ويب يسمح بتناول البيانات الجغرافية المخزنة والمعالجة مسبقا في النظام وادارته ومشاركة البيانات في مرحلة ما بعد الحدث الزلزالي. حيث صُمم باستخدام البرامج مفتوحة المصدر وهو Mapserver (https://mapserver.org/).



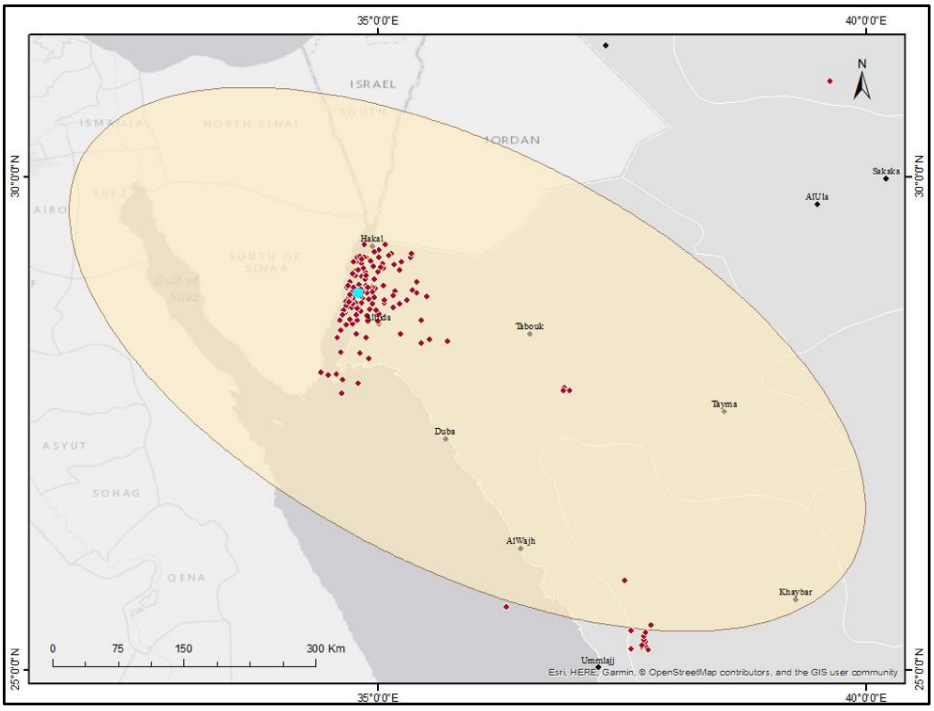
شكل (١١): المخطط الهيكلي لنظام رصد ومعالجة البيانات الزلزالية

المصدر: الباحثة بالاعتماد على نموذج (Pollino, et al., 2012)

مناقشة النتائج

أولا- التوزيع المكاني والزماني للبيانات الزلزالية

يتضح من خلال نتائج توزيع البيانات الزلزالية ان الزلازل تتركز حول حدود المملكة العربية السعودية ويتضح ذلك بشكل كبير خاصة في المنطقة الشمالية الغربية كما في شكل ١٢، والذي يوضح اتجاه توزيع البيانات من خلال رسم قطاع يمثل الانحراف المعياري للبيانات، ويعود السبب الى منطقة الصدوع التي تحيط بالمملكة. وقد تركزت الزلازل في تلك المنطقة حيث بلغت اعلى قيمة بالنسبة لقوة الهزات الأرضية ٥,٩ كما في شكل ١٢.

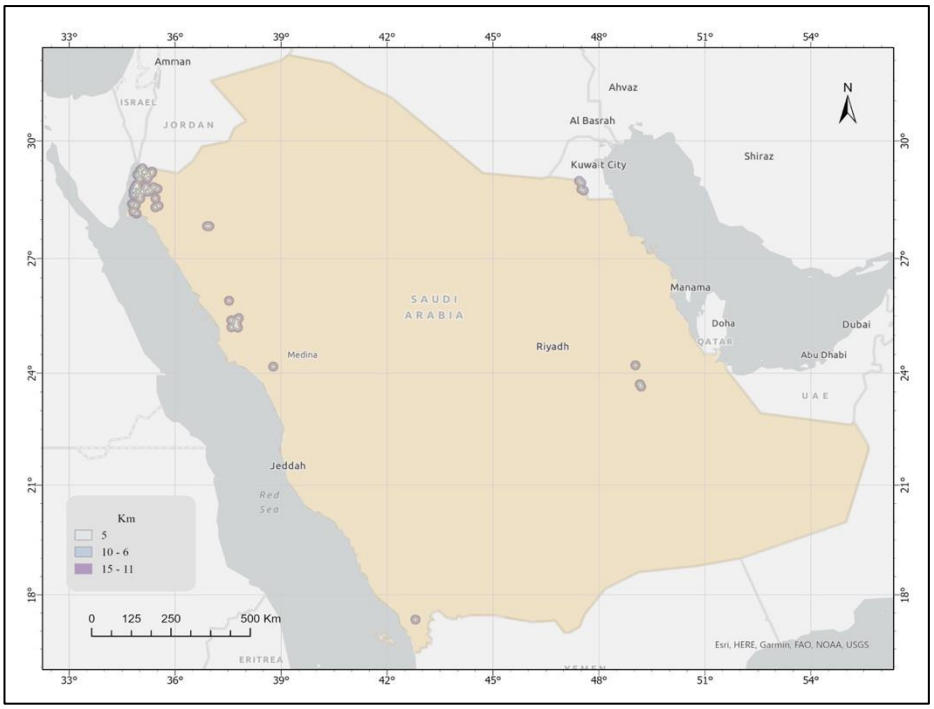


شكل (١٢): يوضح اتجاه البيانات يتوسط فيها اعلى قيمة هزة أرضية خلال الفترة 1980-2018م

المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الزلازل من فهرس هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (SGS Earthquake Catalog)

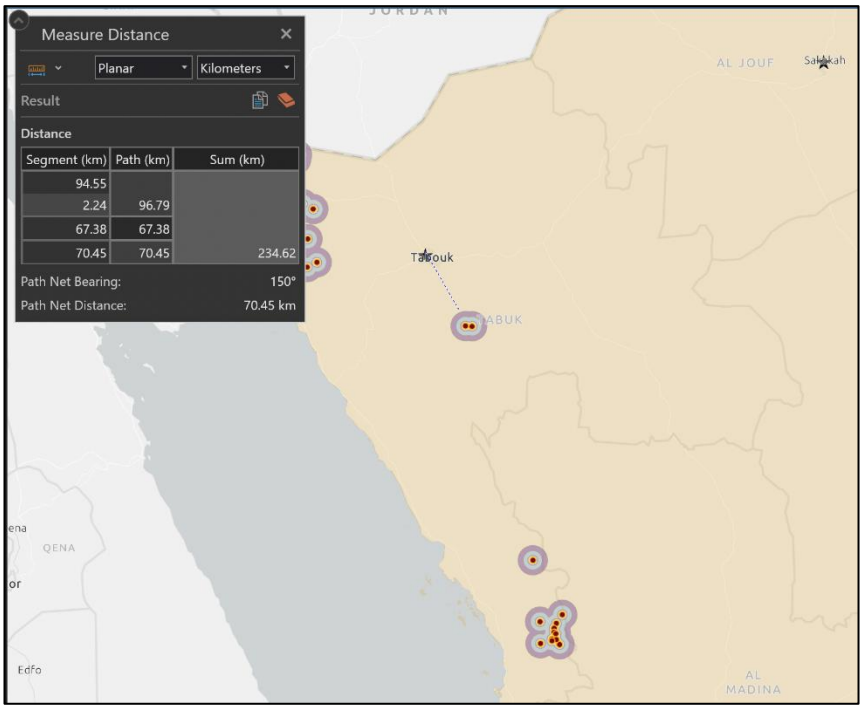
وتعد منطقة تبوك من أكثر مناطق المملكة عرضة للزلازل، وتبن ذلك من خلال استخدام أداة التحليل (النطاق المكاني Buffer) وحتى يتم قياس مدى قرب الزلازل من المناطق الحضرية، تم افتراض مسافات قدرها 5، 10، 15 كيلومتر على التوالي تبعد عن مركز الحدث الزلزالي. ويوضح شكل رقم (١٣)، أن مدينة البدع ومدينة حقل تقع في مركز الزلزال بالدرجة الأولى وبالتالي فهي أكثر المدن تعرضا لمخاطر الزلازل. تعد مدينة تبوك آمنه بالرغم من قربها من الزلازل المجاورة فهي تبعد عن نطاقات الاحداث الزلزالية بمسافة قدرها ٧٠ كيلومتر تقريبا كما في شكل رقم (١٤)، ونستنتج بانه إذا زاد حجم الزلزال مستقبلا فستكون عرضه للمخاطر بسبب قربها من الاحداث الزلزالية، بالإضافة الى انها تتأثر بالزلازل القريبة منها خاصة إذا كان هناك ارتدادات افقية للهزات الأرضية.

وتبعا للتوزيع المكاني لبيانات الزلازل بالمملكة العربية السعودية خلال الفترة المحددة تبين انها تتركز في أطراف الدولة وخاصة على الحدود الشمالية الغربية وطوال ساحل البحر الأحمر، وبالنظر الى البيانات الزلزالية التي تم تسجيلها وتقع خارج حدود الدولة بمسافة بسيطة كما في شكل رقم (١٥)، فإنها أيضا تشكل خطورة على المدن القريبة منها وتؤثر بسبب قربها من الزلازل المحيطة.



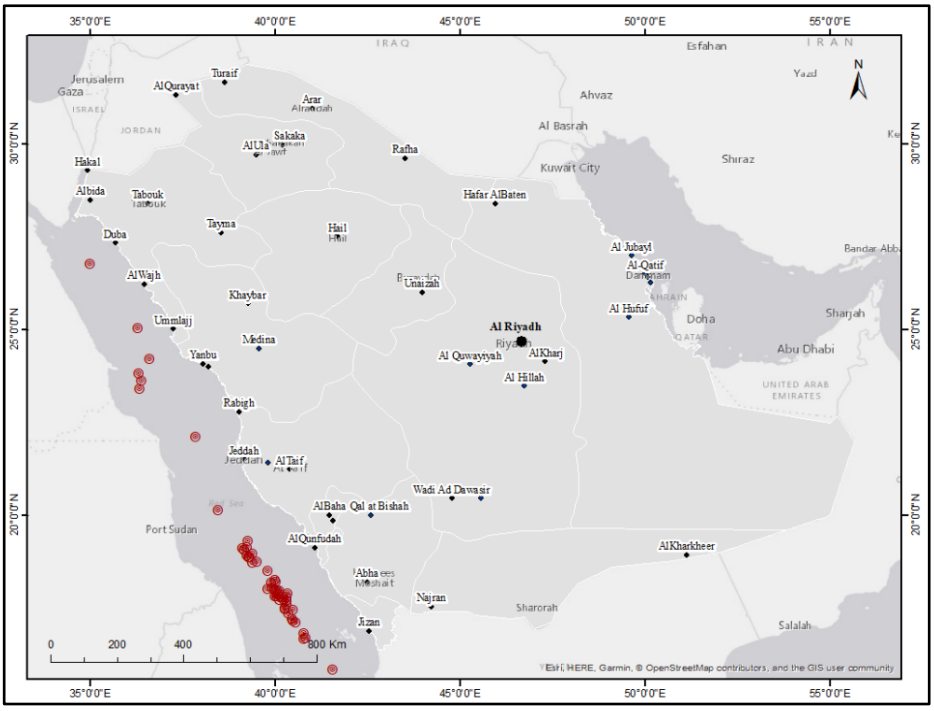
شكل (١٣): الحرم المكاني للبيانات الزلزالية بمقدار (5-10-15 كلم)

المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الزلازل من فهرس هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (SGS Earthquake Catalog)



شكل (١٤): مدينة تبوك وأقرب مسافة للزلازل

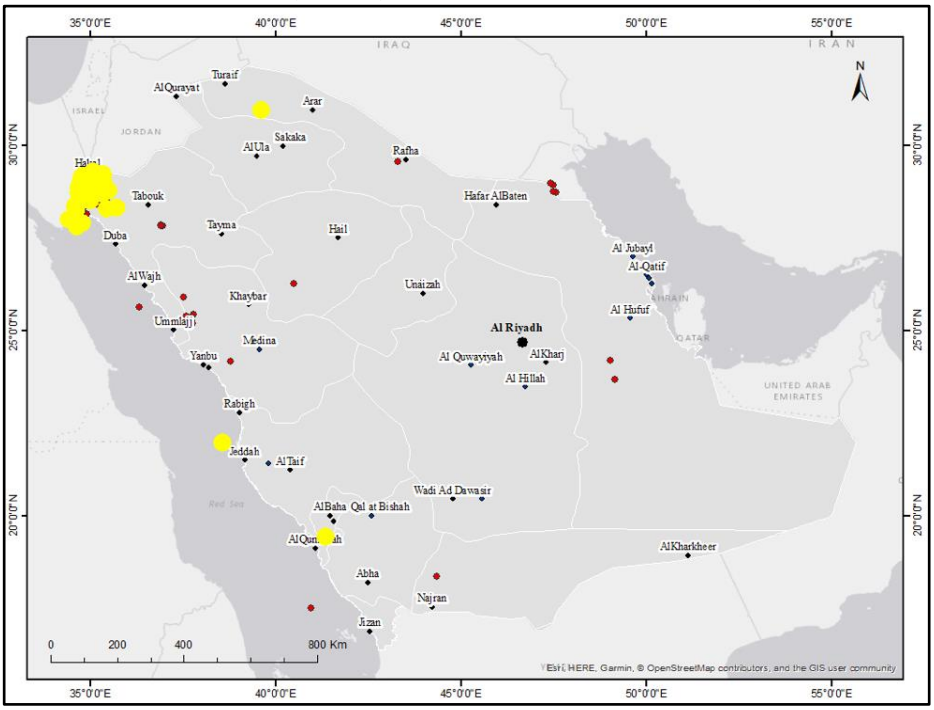
المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الزلازل من فهرس هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (SGS Earthquake Catalog)



شكل (١٥): الزلازل المجاورة

المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الزلازل من فهرس هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (SGS Earthquake Catalog)

وعند ملاحظة التوزيع الزماني للبيانات الزلزالية فقد تبين انها تتركز معظمها أي حوالي 144 هزة أرضية خلال الفترة من 1993-1996م، وتمثلت 66 هزة أرضية خلال العام 1995م كما في شكل ١٦.

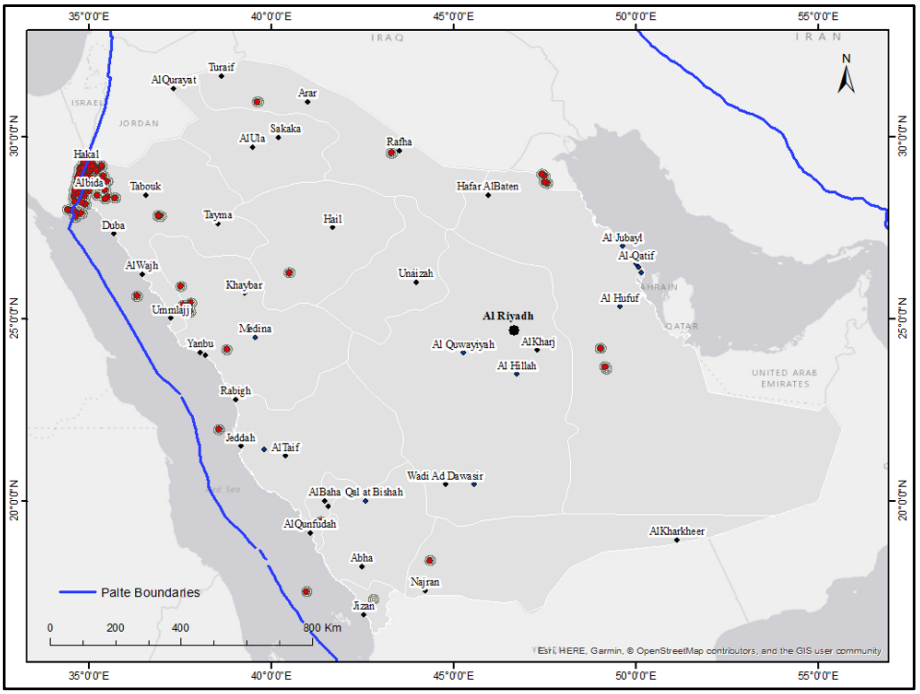


شكل رقم (١٦): الزلازل عام 1995م

المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الزلازل من فهرس هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (SGS Earthquake Catalog)

ثانيا-المخاطر الزلزالية في المملكة العربية السعودية

تبين من خلال السابق بان البيانات الزلزالية في المملكة العربية السعودية وخلال 38 عاما بانها تعاني من تركز بيانات الزلازل حول مناطق الصدوع التي تتضح حول الجزيرة العربية، وتعني الصفائح التكتونية التقاء الصفيحتين وهو سبب رئيسي في حدوث الزلازل، ويلاحظ ان المملكة العربية السعودية بسبب موقعها على البحر الأحمر الذي يقع فيه حدود هذه الصفائح التكتونية ولذا فهي عُرضة لحدوث الزلازل بشكل يجعل من الأهمية بمكان توجيه الجهود والاهتمام حول موضوع الزلازل لتلافي حدوث الاضرار المترتبة عليها. كما يوضحها شكل رقم (١٧).



شكل رقم (١٧): الصفائح التكتونية

المصدر: الباحثة بالاعتماد على بيانات الزلازل من فهرس هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (SGS Earthquake Catalog)

حيث تبلغ عدد الزلازل المحيطة بهذه الحدود التكتونية 156 حدث زلزالي من أصل 187، وهذا يدل على ان معظم الزلازل التي حدثت في المملكة خلال الفترة 1980-2018م والتي تم تمثيلها على الخريطة بسبب قربها من هذه الصدوع او الفوالق او الحدود التكتونية. وتشير اتجاه الاحداث الزلزالية الى اتجاهها نحو الشمال الغربي بشكل يثبت أيضا ان السبب هو موقعها من الحدود التكتونية. لذا لابد من تسخير الجهود تجاه البيانات الزلزالية التي تشكل خطرا على المملكة العربية السعودية لاسيما المدن القريبة منها مثل مدينة حقل والبدع التي يجب ان تكون المباني والمشاريع الاقتصادية متلائمة بما يكفل المحافظة عليها في حال حدوث كوارث زلزالية مستقبلا.

ثالثا- إدارة بيانات الزلازل باستخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية

لقد منحت شركة ازري العديد من المنتجات التي تلائم احتياجات المستخدمين على اختلاف تخصصاتهم واهتماماتهم. أصبحت البرامج المطورة والتطبيقات البرمجية والبرامج مجانية ومفتوحة المصدر متوفرة للجميع، الا ان البرامج مفتوحة المصدر تكاد تكون الأكثر اثاره بينها خاصة انها مجانية. ولا شك ان تطبيق مثل هذه المنجية في إدارة البيانات الزلزالية بالمملكة يعد من الأمور الهامة التي تسهم في توفير الوقت والجهد المبذول وتوحيد العمل في بيئة متكاملة وهي بيئة نظم المعلومات الجغرافية. وتعد البرامج المفتوحة المصدر من أكثر البرامج رواجا في مجالات مختلفة

خاصة انها مجانية وتمتلك قدرات وإمكانات هائلة تمكن المستخدمين من استخدامها بما يلبي متطلباتهم. وفي هذا البحث تم الحديث عن المنهجية التي تم تطويرها من قبل كل من (Pollino, et al., 2012) وهي بيئة متكاملة تبدا من رصد ومعالجة البيانات من خلال استدعائها وتهيئتها وادخالها قاعدة البيانات الجغرافية واجراء كافة العمليات التحليلية ثم عرض النتائج من خلال خرائط تنبؤيه للمخاطر المتوقعة. ويمكن تصميم هذا النظام باستخدام البرامج مفتوحة المصدر التي تتلاءم مع بيئة نظم المعلومات الجغرافية.

لقد اثبتت نظم المعلومات الجغرافية جدارتها في توفير الأدوات والإمكانات التي تسمح باستخدامها لتحقيق الأهداف وتلبية الاحتياجات سواء للجهات الحكومية او الخاصة او على المستوى الشخصي، ولذا يوصي هذا البحث بتطبيق الهيكل البرمجي الذي تم تصميمة من قبل (Pollino, et al., 2012) والمثير أيضا في هذا المجال انه بالإمكان تحديثها وتطويرها خاصة ان ازري أصبحت توفر فهارس ومكتبات خاصة بالبيانات والأدوات التي يحتاجها المصممين، ولاشك ان هذا مفيد في مجال إدارة البيانات وصيانتها وتحليلها والخروج بنتائج تلبي الأهداف المرجوة. كما ساعدت مواقع الويب التي تدعم أدوات نظم المعلومات الجغرافية من توفير الخدمات والأدوات والبيانات الخاصة بالمشروع مثل بيانات الزلازل وبيانات الصفائح التكتونية التي تم استخدامها في هذا البحث.

الخلاصة

ان نظم المعلومات الجغرافية وما تحتويه من أدوات قد وفرت أدوات وبرامج وإمكانات لامحدودة لتمنح المستخدمين من تحقيق انجازاتهم ومشاريعهم وفق متطلباتهم. وتعد البيانات الزلزالية من البيانات الحيوية التي يصعب التنبؤ بحدوثها او حتى الاضرار المتوقعة. ولا شك ان مثل برامج نظم المعلومات الجغرافية قد ساهمت في عرض وتمثيل بيانات الزلازل مكانيا وزمانيا على خرائط موضوعية تم استخدام أدوات العرض الملائمة، كما تم تطبيق أدوات التحليل التي تحقق أهداف البحث. حيث عرضت الخرائط اتجاه نمط الزلازل وتركزه حول مناطق الحدود أي بالقرب من الصدوع، كما عرضت النتائج اتجاه توزيع الزلازل باستخدام أدوات التحليل المكاني الخاص بالأنماط. كما تبين من النتائج ان المدن الكبيرة مثل حقل تقع في وسط تركز الزلازل في المنطقة الشمالية وتحديدا في منطقة تبوك، حيث تتركز الاحداث الزلزالية في تلك المنطقة بشكل يجعل من الأهمية بمكان الاهتمام بالموضوعات المتعلقة بالكوارث الطبيعية مثل الزلازل، من اجل الحد من الخسائر المتوقعة واتخاذ التدابير اللازمة لتفاديها. وكذلك توفر المنهجية المقترح التوصية بها لإدارة بيانات الزلازل من اختصار الوقت والجهد المبذول من قبل الجهات الحكومية القائمة على الدراسات الزلالية وغيرها من الكوارث الطبيعية.

المراجع

- Al-Dogom, D., Schuckma, K., & Al-Ruzouq, R. (2018). Geostatistical Seismic Analysis and Hazard Assessment; United Arab Emirates. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-3/W4, 2018 GeoInformation For Disaster Management (Gi4DM),. Istanbul, Turkey.
- Huan, L., Ximin, C., Debao, Y., Zhihui, W., Jingjing, J., & Mengru, W. (2011, 11). Study of Earthquake Disaster Population Risk Based on GIS A Case Study of Wenchuan Earthquake Region. Procedia Environmental Sciences.

- Lars, O., Peter, V., & Jens, H. (2018). Seisan Earthquake Analysis Software for Windows, Solaris, Linux, and Macosx (Vol. 11.0).
- Pollino, M., Della Rocca, B. A., Porta, L., La Porta, L., LoCurzio, S., Arolchi, A., . . . Pascale , C. (2012). Open source GIS Tools to Map Earthquake Damage Scenarios and to Support Emergency. The Fourth International Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications, and Services, IARIA, 2012.