

حساب القدر الزلزالي الأعظمي M_{max} في منظومة الفوالق المولدة للهزات (مصيف الغاب).

الباحث: د. سامر زيزفون - المركز الوطني للزلازل

ملخص:

تُعتبر منظومة فوالق مصيف - الغاب (Alghab- Missiaf Faults System) الامتداد الشمالي لصدع البحر الميت (Dead Sea Fault) وقد بينت الدراسات التكتونية الحقلية السابقة بأنها فوالق عادية وفوالق انزياح جانبي يساري بالدرجة الأولى، كما بينت الدراسات الزلزالية التاريخية في المنطقة أنه يوجد زلازل تاريخية قوية حدثت على هذه الفوالق. تتميز منطقة منخفض الغاب بوجود عدد كبير من التجمعات السكنية و العديد من المنشآت المائية الهامة مثل سدود سلحب وقسطون وأفاميا وزيزون.

تم في هذا البحث تقدير الخطر الزلزالي الناجم عن المصادر الزلزالية الرئيسية (فوالق الغاب و مصيف) وذلك بالطريقة الاحتمالية [9] حيث تم حساب القدر المحتمل للزلازل المتوقع حدوثه على كل فالق باستخدام عدة طرق لحساب M_{max} ثم أخذ الوسط الحسابي بطريقه LOGIC TREE كما تم حساب مقدار التعلق المتوقع حدوثه على كل فالق كنسبه مئوية من طول الفالق باستخدام طريقه .PRL[14]

تم حساب مقدار التسارعات الأرضية باستخدام 14 معادله تجريبية وأخذ المتوسط الحسابي بطريقه LOGIC TREE[14].

كلمات مفتاحية: الطريقة الاحتمالية-الزلازل التاريخية-الخطر الزلزالي-شجرة المنطق

Calculation of the Maximum Seismic Magnitude of The Alghab-Missiaf Faults System

Summary

The Alghab-Missiaf Faults System is the northern extension of the Dead Sea Fault. Previous field tectonic studies have shown that they are normal faults and left lateral shift faults in the first place, and historical seismic studies in the region have shown that there are historical earthquakes. Strong occurrence on these faults. The Al-Ghab Depression is characterized by the presence of a large number of residential compounds and many important water installations such as the dams of Salhab, kastoun and zeizoun.

In this paper, the seismic risk resulting from the main seismic sources (The Alghab-Missiaf) was estimated by the probabilistic method, where the probable magnitude of the expected earthquake was calculated on each fault using several methods to calculate M_{max} , then the arithmetic mean was taken with the LOGIC TREE method. The expected splitting to occur on each fault as a percentage of the fault length using the PRL method.

Key words: Probabilistic method- Historical earthquakes - Seismic hazard- Logic tree method

1- المقدمة:

أسس التقدير الاحتمالي للخطر الزلزالي:

بهدف التقدير الاحتمالي للخطر الزلزالي لمنطقه ما فإنه عادة تستخدم البارامترات و المعايير التالية:

1- كاتالوك زلزالي ذو دقة عاليه .

2- موديل تكتوني زلزالي يظهر الفوالق النشطة ضمن المنطقة.

3- قيم التسارعات الأعظمية لتسارعات ترب المنطقة مقدره وفق عدد من المعادلات التجريبية المختار بدهقه. وفي بعض الحالات يستخدمون الموديلات السيسمو تكتونية المركبة والمكونة من نطاقات سيسميه سطحيه وخطية حيث تتوافق النطاقات السطحية مع الصدوع النشطة أما السطحية فتتوافق مع مساحه المنطقة السيسمية عموما و الحسابات تتم باستخدام البرامج الحاسوبية الخاصة (BENDER-PERKI) وبالاختيار المناسب لموديل التوهين حيث تستخدم المعادلة التالية:

$$\log a = 0.49 + 0.23(M_w - 6) - \log \sqrt{h^2 + R^2} - 0.0027 \sqrt{h^2 + R^2}$$

حيث a التسارع مقدر ب g . و h العمق البؤري مقدر بالكم. R البعد البؤري مقدر بالكم

2- سيسمية المنطقة:

من المعروف أن الزلازل تلعب أدوارا مختلفة وتملك تأثيرات وعواقب متباينة الدرجات على الشروط البنوية الجيولوجية للمناطق حيث أن الزلازل تعد ظواهر سنوية معقدة وتملك تأثيرا خطرا على المنشآت الهيدروتقنية الضخمة و المراكز الاقتصادية و التجمعات البشرية والتي وقوعها يتسبب بعواقب كارثية ضخمة وخيمة . قمنا أثناء تقديرا لسيسمية المنطقة بالإطلاع والإستفادة من المعطيات والمعايير السيسمية التالية :

- اعتمادا على عمق بؤرة الزلازل يتم تقسيم الزلازل إلى الأنماط التالية :

A. زلازل سطحية قليلة العمق أقل من 60 كم.

B. زلازل متوسطة العمق (60-300) كم.

C. زلازل عميقة أكبر من 300 كم.]

إن أغلب الزلازل المسجلة في العالم تملك أعماقا تتراوح ما بين 4-5 كم وحتى 60 كم أما أكثر الزلازل تدميرا فإن أعماق بؤرها تتراوح ما بين (60-100) كم عادة من أجل تصنيف الزلازل وتقدير مدى تأثيرها على المنشآت يتم استخدام كل من المعايير التالية:

A. نظام الدرجات الماكرو سيسيمي ويقدر بالدرجات والذي يكون مرتبطا مع نطاق الايبي

كنترون أو مع الاهتزازات السطحية للترب القريبة من المنشأة .

B. الطاقة المتحررة E ويعبر عنها بالإرغ أو بالجول كواحدات أو بالعلاقة $K=lgE$

(صنف الطاقة كذلك يعبر عنها بالشدة M) .

C. المواصفات الهندسية والتي تتمثل بالطول والعرض وعمق الصدع والإزاحة النسبية الحادثة على أطرافه.

D. الصفات أو مواصفات القوة والشدة والتي تكون مترابطة بالمواصفات الإحصائية الزمنية الخاصة بالبؤرة وبدرجة الخطر إلى أخره.

في مقياس ريختر شدة الزلازل تقدر بالدرجات حيث أنه في حالة الزلازل النموذجية المعيارية ($M=0$) وهنا تعزل طاقة الأمواج المرنة والتي تكون مساوية (10^5) جول أو (10^{12}) أرغة وحسب هذا المقياس فإن شدة الزلازل الحادثة لا يمكن أن تتجاوز $8^{3/4}$.
E. النظام السيسيمي للمنطقة و الزلزالي وهذا يعني المواصفات الرئيسية لتوزع الزلازل في الزمان والمكان هي:

(a) تكرار الزلازل المختلفة الشدة (N^*) في بعض قطاعات المنطقة خلال واحدة الزمن.

(b) النشاط السيسيمي ($A=N_K$) أي رقم صنف الزلازل K يكون مرتبطا مع واحدة الزمن

والحجم او واحدة السطح .

(c) درجة الخطر السيسيمي (R) وهذا يعني احتمالية تكرار الزلازل بشدة قدرها (T_H)

أو (M) أكبر خلال الفترة الزمنية للملاحظات و التسجيلات.

F. بالإعتماد على تحليل المعطيات السيسمية الإحصائية المسجلة في العالم خلال سنة واحدة

تم الحصول على العلاقة بين عدد الزلازل المسجلة (N) وبين شدة الزلازل المسجلة (M)

وهي

$$\lg N = a' + b' M \quad \dots \dots \dots (1)$$

حيث في هذه المعادلة تكون

$$a' = 5 \pm 1 \quad b' = 0.8 \pm 0.1$$

ومن المهم أيضا النسبة $z = a' / b'$ المرتبطة مع القدر بالعلاقة التالية:

$$z = 0.65 M_{Max} + 0.89 \dots \dots \dots (2)$$

بالإعتماد على النسبة والعلاقة الأخيرة يمكن في المنطقة المدروسة تقدير القدر الأعظمي (M_{Max}) للزلازل المحتملة حيث أن القيمة (N) عادة ما تقرر وتحدد بواسطة $\lg N = f(\lg E)$ المنحنيات التكرار.

إن تلك المخططات والمنحنيات في المنطقة المدروسة تتشكل انطلاقا من السيسمية الإحصائية أي من التسجيلات الزلزالية السابقة في منطقة الدراسة حيث أن ميل تلك المنحنيات ومعاملها الزاوي

$(\gamma = - \lg N / \lg E)$ عادة ما يملك قيما غير متغيرة للطاقة ضمن كامل المجال حيث أن E_{Min} تبدأ (من الاهتزازات الباطنية المسجلة لأجل الزلازل الأكثر ضعفا) وحتى E_{Max} (لأجل الزلازل القوية ونادرة الحدوث ضمن المنطقة المحددة). إن التذبذبات السيسمية الحادثة خلال زمن الزلازل تمثل بحد ذاتها عملية فجائية ونمطية غير مستقرة ولهذا السبب فإن عدد كبير من الباحثين يوجهون جل اهتمامهم على وصف التأثير السيسمي وعلى حساب الإستقرار السيسمي للمنشآت بالإعتماد على الطريقة الإحصائية والتي أيضا قمنا باستخدامها ضمن بحثنا.

الزلزالية التاريخية

اعتبارا من منطقة الدراسة وينصف قطر قدره 200 كم حدثت كل من الزلازل التاريخية

التالية:

A. زلزال عام 859 بقدر 7-7,5 والذي حدث على بعد 25-30 كم باتجاه الشمال والشمال

الغربي من المنطقة المدروسة.

B. زلزال عام 1063 بقدر 6.5-7 والذي حدث على بعد 130 كم باتجاه الجنوب الغربي من

منطقة الدراسة.

C. زلزال 1157 بقدر 7-7.5 والذي حدث على بعد 120 كم باتجاه الجنوب من منطقة

الدراسة.

D. زلزال 1202 بقدر 7.5 والذي حدث على بعد 180 كم باتجاه الجنوب الغربي من منطقة

الدراسة.

E. زلزال 1408 بقدر 7 والذي حدث على بعد 70 كم باتجاه الجنوب الغربي من منطقة

الدراسة.

F. زلزال 1796 بقدر 6.5-7 والذي حدث على بعد 70-75 كم باتجاه الجنوب الغربي من

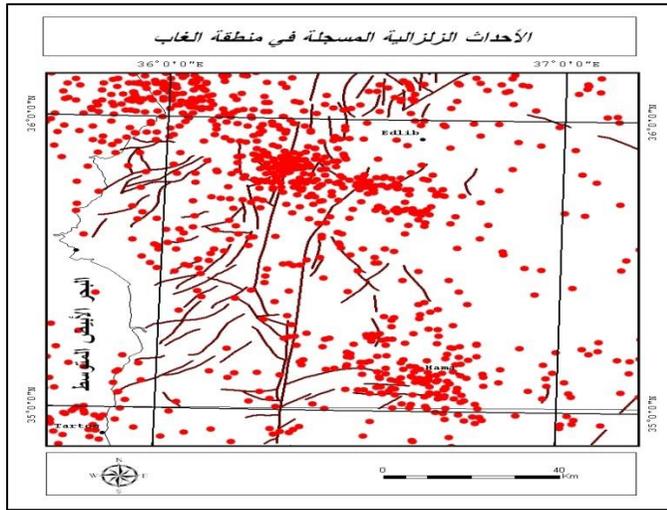
منطقة الدراسة.

G. زلزال 1759 بقدر 7 والذي حدث على بعد 200 كم باتجاه الجنوب الغربي من منطقة

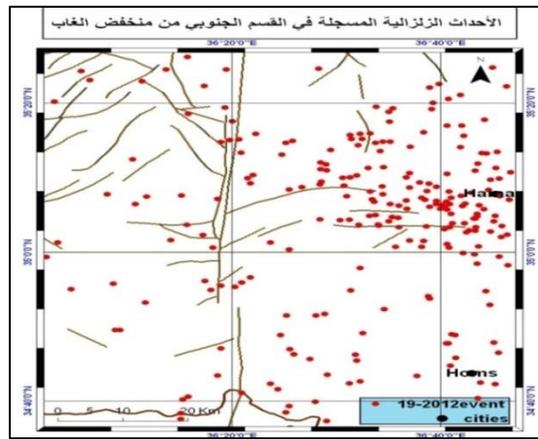
الدراسة.

3- تقدير M_{Max} للنطاقات السيسموتكتونية:

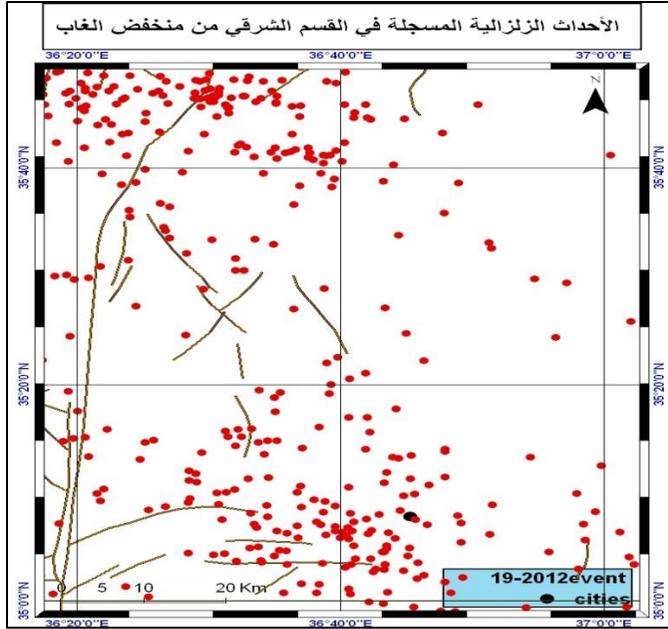
تم تحديد ثلاثة مصادر خطية للخطر الزلزالي وهي صدعي الغاب الشرقي و الغربي و صدع مصياف
بالاعتماد على قاعدة البيانات الزلزالية المتوفرة في المركز الوطني للزلازل والدراسات الزلزالية
التاريخية لتحديد المعاملات الزلزالية اللازمة لتطبيق الطريقة الاحتمالية.



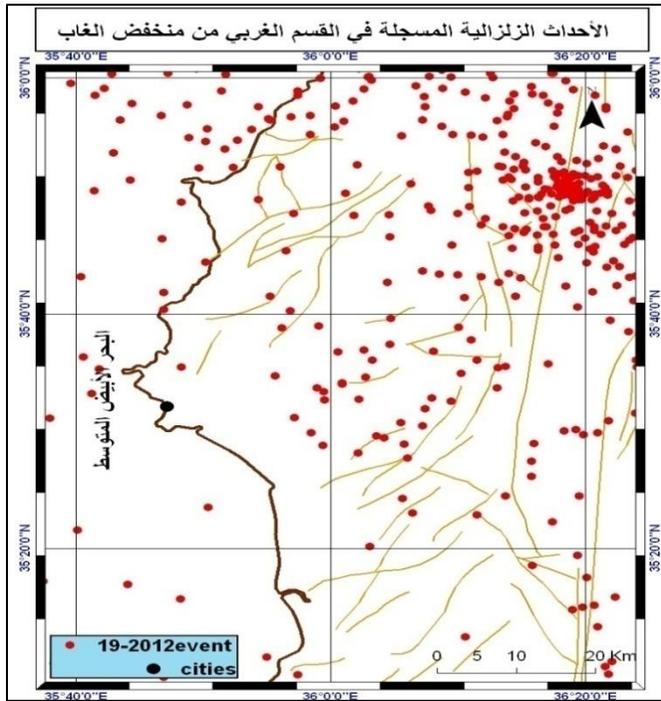
الشكل رقم (1) إسقاط البؤر الزلزالية على الفوالق المولدة



الشكل رقم (2) إسقاط البؤر الزلزالية على الفوالق المولدة



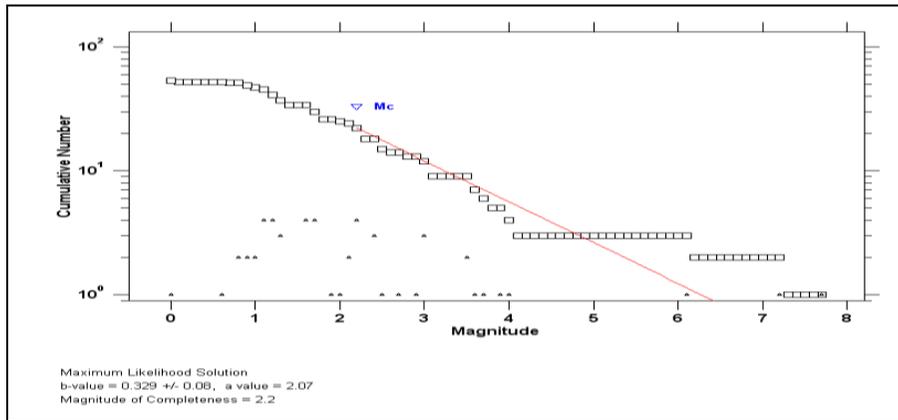
الشكل رقم (3) إسقاط البؤر الزلزالية على الفوالق المولدة



الشكل رقم (4) إسقاط البؤر الزلزالية على الفوالق المولدة

كما ذكرنا فإن الطريقة الاحتمالية تسمح بإنجاز الحسابات خلال فترة زمنية محددة و لمنطقه محدده وبالتالي تسمح بتقدير درجه الخطر السيسمي للمنطقة من حيث انخفاضها أو زيادتها حيث أن الدور الرئيسي يكون عائداً إلى مقدار التكرار الزلزالي في النطاقات السيسمية المختلفة، لذلك يصبح من الضروري استخدام كاتالوك زلزالي عالي الدقة لمنطقه الدراسة من حيث الزمن ومن حيث الإحداثيات وبناء على ما سبق فإنه تم عزل الهزات ذات الشدات المتوسطة و العالية و بالاعتماد على نظرية غوتنبرغ-ريختر تم تحديد مقدار التكرار الزلزالي لكل نطاق سيسمي على حدى واعتمادا على تحليل المنحني الزلزالي لغوتنبرغ-ريختر فإن تحديد تكرار الأحداث الزلزالية الآلية ذات الشدات الضعيفة يتم بشكل جيد أما الهزات ذات الشدات الكبيرة فإنه تنشأ العديد من المشاكل المرتبطة بعدم الجودة الإحصائية للكاتالوك المستخدم.

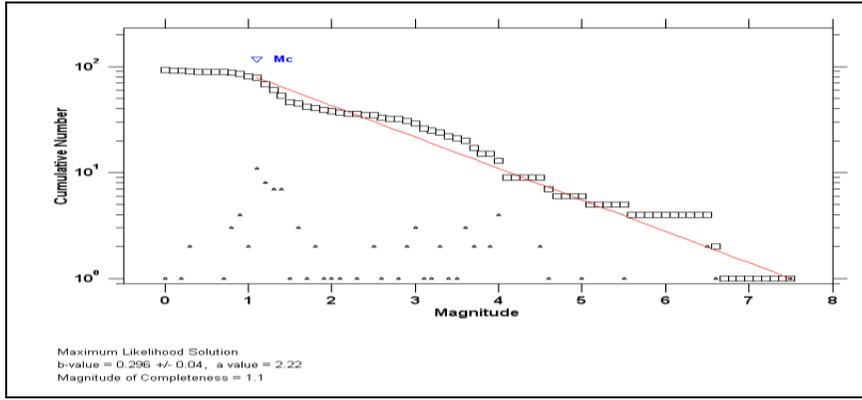
من أجل قطاع فائق مصياف واعتمادا على تحليل المنحني الزلزالي لغوتنبرغ-ريختر فإن المنحني الممثل للعلاقة بين القدر وكمية الزلازل التراكمية يظهر بأن $b=0.329$ كما أنه بالاعتماد على نفس المنحني فإنه يمكن تقدير قدر الزلزال المحتمل ب $M=6.5$ الشكل (5).



الشكل(5): يبين القدر المحتمل على فائق مصياف

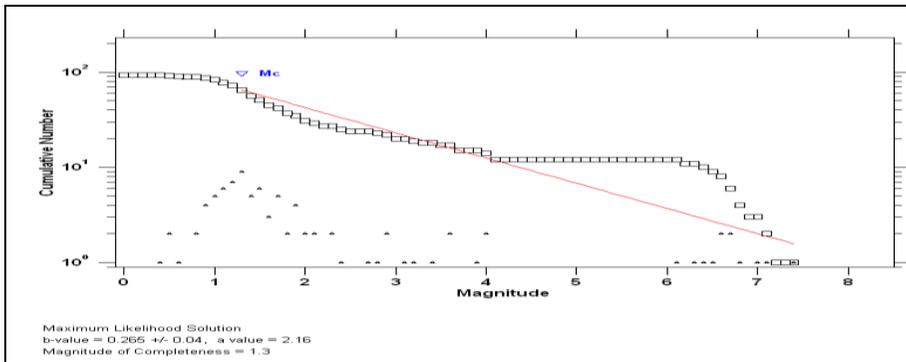
حساب القدر الزلزالي الأعظمي M_{max} في منظومة الفوالق المولدة للهزات (مصيف الغاب)

أما بالنسبة لقطاع فالق الجناح الأيسر للغاب واعتمادا على تحليل المنحني الزلزالي لغوتنبرغ-ريختر فإن المنحني الممثل للعلاقة بين القدر وكمية الزلازل التراكمية يظهر بأن $b=0.296$. كما أنه بالاعتماد على نفس المنحني فإنه يمكن تقدير القدر المحتمل ب $M=7.5$ الشكل (6).



الشكل (6): يبين القدر المحتمل على فالق الجناح الأيسر للغاب

وفي قطاع فالق جناح الغاب الأيمن واعتمادا على تحليل المنحني الزلزالي لغوتنبرغ-ريختر فإن المنحني الممثل للعلاقة بين القدر وكمية الزلازل التراكمية يظهر بأن $b=0.265$ كما أنه بالاعتماد على نفس المنحني فإنه يمكن تقدير قدر الزلزال المحتمل ب $M=7.8$ الشكل (7).



الشكل (7): يبين القدر المحتمل على فالق الجناح الأيمن للغاب

حيث قدر M_{Max} للنطاقات السيسموتكتونية بالاعتماد على:

1-طريقه الزلازل التاريخية الكبيرة (McCalpin 1996)

2-طريقه طول الفالق العام (TL- Slemmons 1982)

3- طريقه فروع الفالق العام ((SRL)- Wells, Coppersmith)

حيث أنه من أجل كل نطاق سيسمي محدد تم إجراء الحسابات بجميع الطرق حيث يتمتع كل نطاق ببارامترات خاصة به وفي النهاية كانت النتيجة النهائية هي حصيلة المتوسط الحسابي للقيم الناتجة بطريقه شجره المنطق وإذا كانت قيمه المتوسط الحسابي الناتجة أقل من القيمة التاريخية فإننا اعتبرنا القيمة التاريخية هي القيمة العظمى.

أثناء حسابات تقدير قيم M_{Max} للفالق بالاعتماد على طول فروعه تم حساب مقدار التشققات السطحية المحتمل نشؤها على طول الفالق أو فروعه و ذلك كنسبه مئوية (PrL) وذلك باستخدام طريقه Slemmons 1982 و هذه الطريقة تم اختبارها على زلزال سبتاك-أرمينيا المعياري

الغاب	الوحدة البنوية واسمها	K	لح	لح	«PRL% Slemmons» 1982	$(M_{Max} - \delta^{TU})$ McCalpin (1996), $M_{Max}(SRL)$ Wells, and Coppersmith (1994)	« $M_{Max}(TL)$ Slemmons» 1982	M_{Max} التقديري
I	جناح فالق الغاب GF1	SS	6	85	16.78% (14.26)	7.5 (1408)	7.32	7.5
II	جناح فالق الغاب GF2	SS	17	70	16.6% (11.62)	7.2 (1157)	7.24	7.0 4
III	فالق مصيف MF	SS	25	65	16.54% (10.57) ⁷⁹	7.7 (1170)	7.19	7.7

جدول رقم 1 تقدير M_{Max} للنطاقات السيسمييه و أطوال التقلقات على الفوالق الرئيسية وفروعها.

الشهير (1988) حيث كان من المعلوم طول الفالق العام وطول فروعه وتم حساب أطوال التقلقات السيسمية السطحية الناشئة من بعد الزلزال على الفالق و فروعه.

(d) تقدير التسارع الأعظمي للترب في منطقة الدراسة:

النطاقات السيسمية لمنطقه الدراسةPGA:

تم تحديد ثلاث نطاقات لمصادر الخطر الزلزالي في منطقة الغاب والتي تؤثر على استقرار المنطقة والتجمعات السكانية والمنشآت الاقتصادية وهذه النطاقات هي :

1-النطاق الأول ويقع على بعد 6 كم(من مركز الغاب) ويقدر زلزالي يساوي 7.04 .

2-النطاق الثاني ويقع على بعد 17 كم و يقدر زلزالي يساوي 7,5 .

3-النطاق الثالث و يقع على بعد 25 كم و يقدر زلزالي 7.7 .

انطلاقاً من هذه النطاقات و باتجاه مركز التجمعات السكانية في المنطقة تم تقدير التسارعات الأعظمية للترب و أجرينا الحسابات بالاعتماد على مجموعه من المعادلات التجريبية و التي تم انتقاؤها بدقه من حيث تم مراعاة جميع الشروط الجيولوجية والليتولوجية و الهندسية وتم اختيار 14 معادله من أجل ضمان عدم الوقوع في الخطأ(14) حيث تم إجراء الحسابات وعرض النتائج في الجدول المرفق و بما أن النتائج كانت متقاربه في معظم المعادلات مما سمح بإجراء حسابات المتوسط الحسابي لقيم التسارعات حيث أن جميع النتائج كانت متطابقة مع قيم تسارعات الترب ذات النمط الثاني وبناء على ذلك و بنتيجة هذه الحسابات فإن التقدير التحديدي للخطر السيسمي لمنطقه الدراسة يكون مساويا 0.411.

$$=(0.574+0,392+0.364+0.490+0,497+0,392+0,541+0,401+0,342+0,478/10=0.411)$$

اسم المعادلة	نطاق فالق مصياف M=7.7« Δ= 25km	نطاقGF1- M=7.5« Δ=17km	نطاقGF2- M= 7.04« Δ= 6km
Tento et. al 1992	a=0.235 g a=235.933gal	a= 0.317g a=317.343 gal	a= 0.724g a= 724.875 gal
Campbell1997; Campbelland Bozargina 1994	a= 0.457g	a= 0.485g	a= 0.574g
Campbelland Bozargina 2000	a= 0.306g	a= 0.393g	a= 0.776g
Esteva 1970	a= 0.237g a=232.926cm.c ⁻²	a= 0.286g a=281.301cm.c ⁻²	a= 0.364g a=406.168 cm.c ⁻²
Donovan 1973	a= 0.290g a=290.271 gal	a= 0.331g a= 330.626gal	a= 0.392g a= 392.180gal
Esteva and Villaverda 1973	a= 0.639g a=627.502cm.c ⁻²	a= 0.708g a=695.351cm.c ⁻²	a= 0.7538g a=738.956cm.c ⁻²
Mccuire 1977	a= 0.401g a= 401.958gal	a= 0.442g a= 442.035gal	a= 0.490g a= 490.682gal
Faccioli 1978	a= 0.505g a=505.314 gal	a= 0.514g a=514.921 gal	a= 0.497g a=479.060 gal
Cornel.et.al 1979	a= 0.562g a=551.697cm.c ⁻²	a= 0.636g a=636.191cm.c ⁻²	a= 0.754g a=739.654cm.c ⁻²
Campbell 1981	a= 0.239g	a= 0.279g	a= 0.392g

حساب القدر الزلزالي الأعظمي M_{max} في منظومة الفوالق المولدة للهزات (مصيف الغاب)

Joyner and Bore 1981	$a = 0.260g$	$a = 0.341g$	$a = 0.541g$
Petrovskian Marcellinid 1988	$a = 0.277g$ $a = 272.271$ $cm.c^{-2}$	$a = 0.322g, a = 316.714$ $cm.c^{-2}$	$a = 0.401g$ $a = 394.955$ $cm.c^{-2}$
Crouse and Mccuire 1996	$a = 0.225g$	$a = 0.259g$	$a = 0.342g$
Fukushima et.al.1988, Fukushima and Tanaka 1990	$a = 0.339g$ $a = 332.659$ $cm.c^{-2}$	$a = 0.385g$ $a = 377.746$ $cm.c^{-2}$	$a = 0.487g$ $a = 478.392$ $cm.c^{-2}$

الجدول رقم (2) قيم التسارعات المحسوبة بعدة معادلات تجريبية .

5- النتائج:

A. أظهرت الدراسة بالطريقة الإحصائية أن الزلزال المحتمل حدوثه على فالق مصيف $M=6.5$

و قيمة العامل $b=0.329$. وأظهرت الدراسة أن الزلزال المحتمل حدوثه على فالق الغاب

الجناح الأيسر $M=7.5$ و قيمة العامل $b=0.296$. كما أظهرت الدراسة أن الزلزال المحتمل

حدوثه على فالق الغاب الجناح الأيمن $M=7.8$ و قيمة العامل $b=0.265$.

B. بينت الدراسة لتقدير M_{Max} بعدة طرق تجريبية وأخذ متوسطها أن الزلزال المحتمل حدوثه

على فالق مصيف $M=7.7$ وأظهرت الدراسة أن الزلزال المحتمل حدوثه على فالق الغاب

الجناح الأيسر $M=7.5$. كما أظهرت الدراسة أن الزلزال المحتمل حدوثه على فالق الغاب

الجناح الأيمن $M=7,4$.

C. بينت الدراسة مقدار التفلق المحتمل حدوثه على كل فالق نشط ونسبته المئوية من طول الفالق حيث أن مقدار التفلق على جناح فالق الغاب الأول يمكن أن يصل إلى 14,26 كم و على جناحه الثاني يمكن أن يصل إلى 11,62 كم وعلى فالق مصيف إلى 10,56 كم.
D. بينت الدراسة أن قيمة التسارعات الأرضية في المنطقة المدروسة وفق عدد من المعادلات التجريبية تصل إلى 0.411g.

E. بينت دراسة مناطق غير المخلعة تكتونيا و اتسمت بنشاط زلزالي مما يؤكد وجود فوالق محتملة في تلك المناطق غير متكشفة.

F. بينت الدراسة وجوب إجراء دراسات microzonation للمنطقة المدروسة.

G. ضرورة استكمال دراسة قاعدة البيانات الزلزالية المتوفرة وتطويرها نظرا لكون دراسات الخطر الزلزالي تحتاج لسجل زلزالي متكامل ولمدة لا تقل عن 20 عام.

6-قائمة المراجع:

- 1- Ambraseys, N.N., Jackson, J.A., 1998. Faulting associated with historical and recent earthquakes in the eastern Mediterranean. Geophys. J.Int. 133(2), 390-406.
- 2- Ben Avraham Z. Formation of pull-apart basins: evidence from Gulf of Elat (Aqaba), Northern Red Sea //XXVIII Intern.geol.congr.:Abstracts.Wash.(D.C.).1989.Vol.1.P. 124.
- 3- Ben Avraham Z., Ten Brink U. Transverse faults and segmentation of basins within the Dead Sea Rift // J. Af Earth Sci. 1989.Vol. 8, N 2/4. P. 603-616.
- 4- Butler,R.W.H.,Spenser,S., Griffith, H.M.,1997. Transcurrent fault activity on the Dead Sea transform in Lebanon and its implications for plate tectonics and seismic hazard. J. Geol. Soc. Lond. 154,757-760.

- 5- Butzer K.W. Quaternary stratigraphy and climate in the Near East. Bonn, 1958. 157p.
- 6- Aki, K. (1965). Maximum likelihood estimate of b in the formula $\log N = a - bM$ and its confidence limits, Bull. Earthq. Res. Inst. Tokyo Univ. 43, 237–239.
- 7- Cao, A. M., and S. S. Gao (2002). Temporal variation of seismic b-values beneath northeastern Japan island arc, Geophys. Res. Lett. 29, no. 9, doi 10.1029/2001GL013775.
- 8- Conover, W. J. (1999). Applied Probability and Statistics Third Ed. Wiley and Sons Inc., New York.
- 9- Jochen Woessner and Stefan Wiemer (2005). Assessing the Quality of Earthquake Catalogues: Estimating the Magnitude of Completeness and Its Uncertainty, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 95, No. 2, pp. 684–698, April 2005, doi: 10.1785/0120040007.
- 10- Rydelek, P. A., and I. S. Sacks (1989). Testing the completeness of earthquake catalogs and the hypothesis of self-similarity, Nature 337, 251–253.
- 11- Shi, Y., and B. A. Bolt (1982). The standard error of the magnitude frequency b-value, Bull. Seism. Soc. Am. 72, 1677–1687.
- 12- Trifonov, V.M., Adjamian, J., Jallad, Z., El.Hair, Yu., Ayed, H., 1991. Levant fault zone in the northwestern Syria. Geotectonics 25(2), p. 145-154.
- 13- Николаев А.В. Наведенная сейсмичность. М. Наука, 1994., 230 с.
- 14- Основы теории сейсмостойкости зданий и сооружений. Руководство по проектированию зданий и сооружений. Т. 2/ К. С. Завриев, А. Г. Назаров, Я. М. Айзенберг и др. – М.: Стройиздат, 1970.-224 с.

- 15-Осокина Д. Н. Моделирование тектонически напряжений, обусловленных разрывами и неоднородностями в земной коре // Экспериментальная тектоника: методы, результаты и перспективы. М.: Наука, 1989.С. 163-196.
- 16-Очерки геологии Сирии. Труды выпуска 526. Ответственный редактор: Академик Ю. Г. Леонов. Москва, Наука, 2000,104 с.
- 17-Плотников.Н.И. Техногенные изменения гидро-геологических условий. Москва «недра» 1989.,265 с.

