ResearchGate

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: https://www.researchgate.net/publication/383429213

دراسة إحصائية للمصادر السيسموتكتونية المؤثرة على المنطقة الساحلية قبل، وبعد زلزال السادس من شباط 2023 Statistical Study of the Seismotectonic Sources Affecting the Coastal Area Bef...

Conference Paper · June 2023

CITATIONS
0

READS
98

2 authors, including:

Nashaat Semaan

10 PUBLICATIONS **2** CITATIONS

SEE PROFILE

All content following this page was uploaded by Nashaat Semaan on 27 August 2024.

The user has requested enhancement of the downloaded file.

دراسة إحصائية للمصادر السيسموتكتونية المؤثرة على المنطقة الساحلية قبل، وبعد زلزال السادس من شباط 2023

م. نشأت السمعان[1] د. سامر زيزفون[2]

[1] مدير بنك المعلومات المكاني، المركز الوطني للزلازل، nashaat.semaan@gmail.com

[2] مدير بحوث، رئيس قسم، المركز الوطني للزلازل، samerzayzafoun@gmail.com

الملخص

تعتبر الدراسات الإحصائية قبل، وبعد الزلازل الكبيرة من أهم الدراسات في إدارة الكارثة بكل مراحلها. يهدف هذا البحث للقيام بدراسة إحصائية للأحداث الزلزالية على المصادر السيسموتكتونية المؤثرة على المنطقة الساحلية قبل، وبعد زلزال السادس من شباط 2023 باستخدام قاعدة بيانات مكونة من 219133 حدثاً زلزالياً بين عامي 2005، و2023؛ وباستخدام البرامج الإحصائية، وبرامج نظم المعلومات الجغرافية تم إنشاء الخرائط، والمخططات، والمنحنيات الخاصة بالفترات السابقة، واللاحقة للزلزال، وتبين وجود نشاط زلزالي متزايد قبل الزلزال على منظومات الفوالق المحيطة بالصفيحة العربية، ووجود نشاط زلزالي متناقص بعده على منظومات الفوالق المؤثرة على المنطقة الساحلية، ووجود بعض المؤشرات على حدوث الهزات بقدر 6.3، و4.7 على فالق إنطاكية، وقد أظهرت معادلات الانحدار لهذه المؤشرات علاقة خطية لقمم القدر مع الزمن بمعامل ارتباط يتراوح بين 99، و99.3 بالمئة، وبخطأ معياري يتراوح بين 0.1، و0.15 من قيمة القدر المتوقع، وقد أوصت الدراسة بضرورة تحديد، ودراسة المصادر السيسموتكتونية المؤثرة على كامل أراضي الجمهورية العربية السورية.

الكلمات المفتاحية: دراسة إحصائية، المصادر السيسموتكتونية، المنطقة الساحلية، سورية.

Statistical Study of the Seismotectonic Sources Affecting the Coastal Area Before and After the February 6, 2023 Earthquake

Eng. Nashaat Semaan [1] Dr. Samer Zayzafoun [2]
[1] Director of the Spatial Databank, NEC-Syria, nashaat.semaan@gmail.com
[2] Research Director, NEC-Syria, samerzayzafoun@gmail.com

Abstract

The statistical studies before and after large earthquakes are considered one of the most important studies in managing disasters in all its stages. This research aims to carry out a statistical study of seismic events on seismotectonic sources affecting the coastal region before and after the earthquake of February 6, 2023, using a database of 219133 seismic events between the years 2005 and 2023, and using statistical programs and geographic information systems programs; maps, charts and curves for the pre- and post-earthquake periods were created. It showed the presence of increased seismic activity before the earthquake on the fault systems surrounding the Arabian plate, and the presence of decreasing seismic activity on the fault systems affecting the coastal region after the earthquake, with some indicators of the occurrence of events of magnitude 6.3 and 4.7 on the Antakya fault, These indicators showed a linear relationship to the peaks of magnitude with time, with a correlation coefficient ranging between 99 and 99.3 percent, and a standard error ranging between 0.1 and 0.15 with the value of the expected magnitude. The study recommended the need to identify and study the seismotectonic sources affecting the entire territory of the Syrian Arab Republic.

Keywords: Statistical Study, Seismotectonic Sources, Coastal Region, Syria.

المقدمة:

تعتبر الدراسات الإحصائية قبل، وبعد الزلازل الكبيرة من أهم الدراسات في إدارة الكارثة بكل مراحلها، حيث يمكن من خلالها تقييم النشاط السيسمي على منظومات الفوالق قبل حدوث الزلازل، ودراسة وتقييم النشاط السيسمي بعدها، ودراسة المؤشرات الإحصائية التي تهدف لتوقع قدر الأحداث الزلزالية على منظومات الفوالق.

إن البحر الاحمر هو محيط جنيني ناشئ بين الصفيحتين العربية، والافريقية [1] حيث انه يتسع سنويا بمقدار 1 إلى 2 سم مما يؤدي إلى دفع الصفيحة العربية باتجاه الصفيحتين الايرانية، والاناضولية مسببا ضغطا على شرق تركيا الشكل(1) مما يولد حركة انزلاقية تشوهية مسببة تجمع الاجهادات، والاحمال الزلزالية حول مناطق الفوالق، وكل فالق يجمع الطاقة بشكل دائم، ويتشوه سنوياً ويستمر بتجميع الطاقة الناتجة عن الأحمال الزلزالية حتى يصل إلى عتبة حدية لا يمكن لجزئيات الصخر احتمالها بسبب الضغط المتزايد عليها مما يؤدي إلى حدوث فوالق في الصخور، وهذه الفوالق في الطبقات الصخرية لها عدة أنواع منها: الفوالق التباعدية، والفوالق التقاربية، وفوالق تسبب هبوطاً، أو انزلاقاً، وهذه الحالة موجودة على معظم فوالق الانهدام العربي [2] فهي فوالق تحويلية تتحرك بمعدل 4 إلى 8 ملم سنوياً فبعض الفوالق يحدث التمزق الصخري عليها، والتكسر كل 100 إلى 150 عاماً، وبعض الفوالق الأخرى يحدث التكسر عليها كل 200 إلى 250 عاماً كما أن بعض الفوالق الأخرى يحدث التكسر، والتمزق عليها كل 500 إلى 1500 عاماً، وتكون الزلازل المتحررة على هذه الفوالق ذات قوة مرهزنة بحجم التكسر الحادث على صخورها، وقدرها الاعظمي يتراوح بين 6، و7.9 درجةً.

تعتبر منطقة الأناضول عالية النشاط السيسمي، ومصدر للزلازل القوية تاريخياً [3]، ويعتبر فالق شرق الأناضول الذي يبلغ طوله 600 كيلو متراً فالقاً ذو حركة انزلاقية جانبية تشوهية، ومنطقته تمثل نقطة التقاء لعدة صفائح تكتونية (العربية، والاناضولية، والإفريقية) هذا، وتعد منطقة التمزق الصخري، وتحرر الطاقة التي تجاوز طولها 300 كيلومتراً [4] منطقة تقاطع ثلاث منظومات فوالق ذات نشاط زلزالي واضح، وهي: منظومة فوالق شرق الاناضول، والانهدام العربي، والقوس القبرصي.

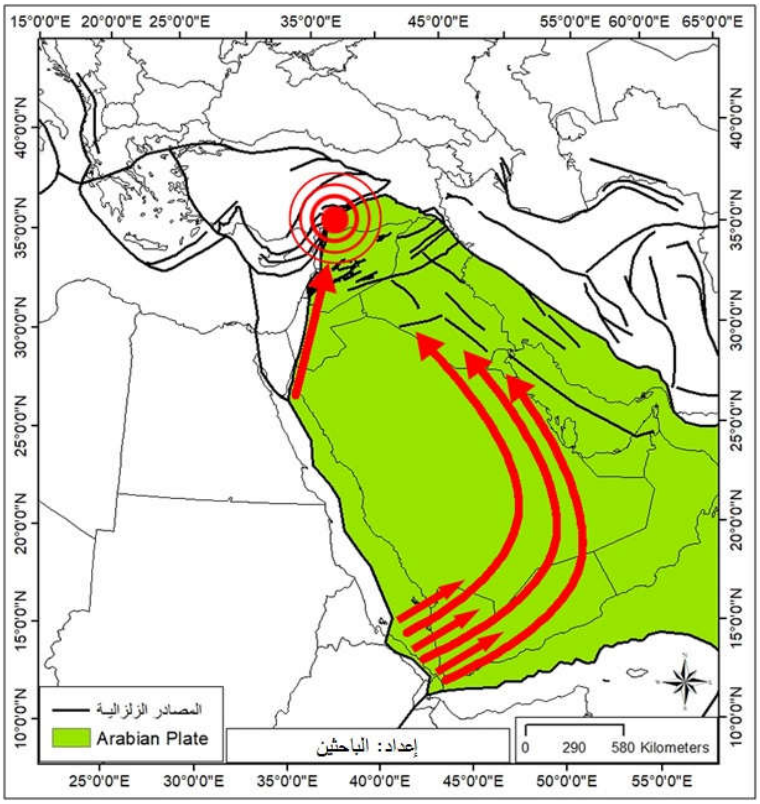
بعد وقوع الزلزال الاول بقدر 7.8 Mw على فالق شرق الأناضول [5]، والثاني بقدر 7.5 Mw على فالقي تشارداك، وسورغو حدث تحرر كميات هائلة من الطاقة الكامنة، والمختزنة بفعل الاجهادات، والاحمال الزلزالية، والتي تعادل طاقة 500 قنبلة نووية من قياس قنبلة هيروشيما، والتي يمكن حسابها بالمعادلة: $\log(E)=11.8+1.5*Mw$ [6]، حيث "E" هي الطاقة المتحررة بالأرغة، وهذه الطاقة انتشرت بكافة الاتجاهات على شكل طاقة حركية مسببةً اهتزاز المنطقة بدائرةٍ بلغ نصف قطرها 700 كيلو متراً حيث وصل تاثيرها الاهتزازي الى مدينة رفح، كما قدّرت الآثار التدميرية للزلزال بدائرةٍ نصف قطرها 150 كيلو متراً.

إنّ الطاقة المنتشرة على هذه المساحات الكبيرة تركت أثراً متبقيا في جزئيات الصخور التي اجتازتها الأمواج الزلزالية على شكل طاقةٍ كامنةٍ اضافيةٍ جديدةٍ مسببةً ارتفاع مقدار الطاقة المختزنة في صخور منظومات الفوالق التي

اجتازتها الامواج الزلزالية، والمجاورة لمناطق التمزق الصخري، مما ساعد على نمو النشاط السيسمي على منظومات الفوالق الثلاثة، وعلى جميع منظومات الفوالق المرتبطة بها.

إنّ هذا الزلزال المدمر، والكارثي قد أدى إلى حدوث عاصفة زلزالية ذات فعالية عالية من حيث عدد الهزات الارتدادية، وقدرها المرتفع، والثابت نسبيا، ويكون السبب في هذا النوع من الهزات الإرتدادية متعلقاً بالهزة الرئيسية التي تسبب الاطلاق المفاجئ للطاقة الناتج عن تكسير الصخور في الهزة الاولى بسبب الضغط على الصخور القريبة، ومع تراكم الضغط تتحطم هذه الصخور مطلقة سلسلة من الهزات الأصغر، كما أنّه من المعروف أن الهزات الارتدادية الأولى تكون ذات قيمة على المقياس أقل من الزلزال الرئيسي بفارق 1.1 إلى 1.2 درجة حسب قانون باث Bath's law [7].

إن هذه الهزات الارتدادية قد تستمر من عدة اسابيع لعدة سنوات بعد الهزة الرئيسية، لكنها تصبح أضعف مع الزمن بحيث تصل إلى نقطة لا يشعر بها الناس حسب قانون اوموري Omori's law [8]، وفي بعض الاحيان تكون الهزات اللاحقة سببا في حدوث زلازل متحرضة على منظومات الفوالق المجاورة.



الشكل(1): يبين الصفيحة العربية، وحركتها.

2- أهداف البحث:

1- دراسة المصادر السيسموتكتونية المحيطة بالصفيحة العربية قبل زلزال 6 شباط 2023 في غازي عنتاب، بهدف تقييم النشاط الزلزالي على أطراف الصفيحة.

2- دراسة المصادر السيسموتكتونية المؤثرة على المنطقة الساحلية بعد زلزال 6 شباط 2023 في غازي عنتاب.
3- دراسة دقة المؤشرات الإحصائية، وإمكانية توقع قدر الهزات على منظومات الفوالق المدروسة.

3- الطرائق والأدوات:

تم في هذا البحث استخدام قاعدة بيانات مكونة من 219,133 حدثاً منذ عام 2005 وحتى تاريخ 2023/5/13 الساعة 6:29 بتوقيت غرنتش ضمن منطقة الدراسة الواقعة بين خطي طول 18، و60 درجة، وخطي عرض 10، و45 درجة، والتي تم جمعها من عدة مراكز إقليمية، وعالمية بما فيها المركز الأوروبي المتوسطي [9]، وهيئة المسح الجيولوجي الأمريكي [10]، حيث تراوح قدر هذه الهزات بين 0.4، و7.8، وأعماقها بين 0، و750 كيلو متراً، وتم استخدام البرامج الإحصائية كبرنامج Excel، وبرنامج Zmap إضافة لاستخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية كبرنامج ArcGIS.

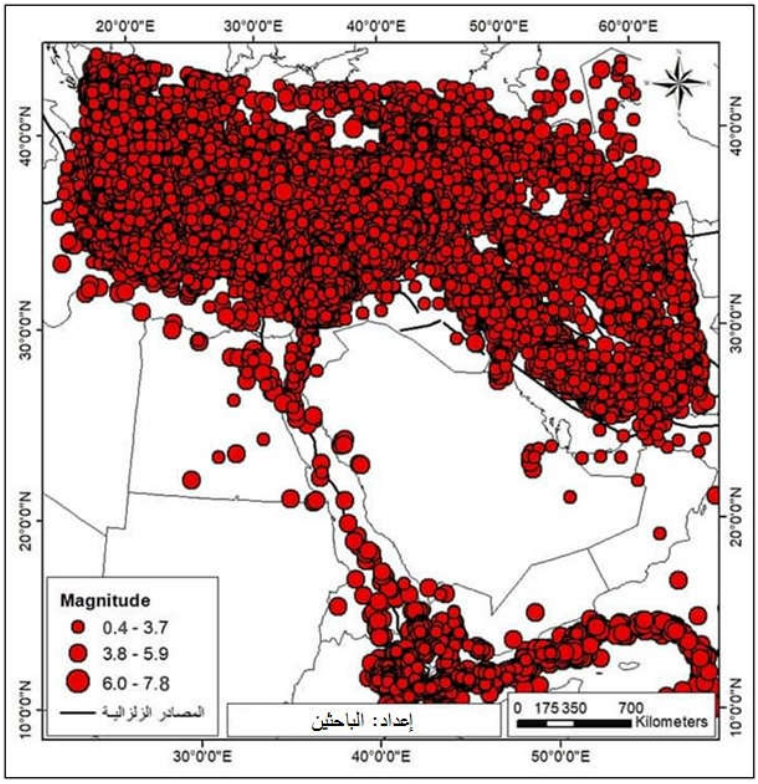
4- النتائج والمناقشة:

بلغ عدد الأحداث المتوفرة في قاعدة البيانات 219,133 حدثاً منذ عام 2005، وحتى تاريخ 2023/5/13 الساعة 6:29 بتوقيت غرنتش ضمن منطقة الدراسة الواقعة بين خطي طول 18، و60 درجة، وخطي عرض 10، و45 درجة، والتي تم جمعها من عدة مراكز إقليمية، وعالمية حيث تراوح قدر هذه الهزات بين 0.4، و7.8، وأعماقها بين 0، و750 كيلو متراً، ويبين الشكل(2) التوزع الجغرافي لهذه الأحداث.

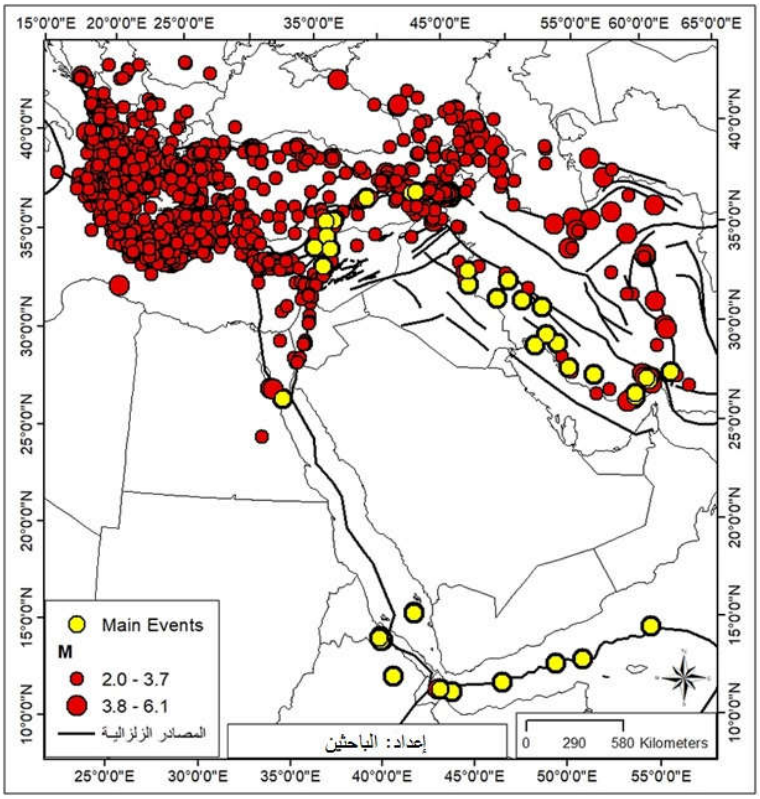
بلغ عدد الأحداث ذات القدر أكبر، أو يساوي 2 خلال 97 يوما قبل زلزال غازي عنتاب 2335 حدثاً ضمن منطقة الدراسة الواقعة بين خطي طول 18، و60 درجة، وخطي عرض 10، و45 درجة حيث تراوح قدر هذه الهزات بين 2، و6.1، وأعماقها بين 0، و400 كيلومتراً، ويبين الشكل(3) التوزع الجغرافي لهذه الأحداث، حيث بدأ النشاط بالتزايد على منظومة البحر الآحمر التباعدية يوم 2022/10/31 بهزة 4.2، ووصل هذا النشاط ذروته بتاريخ 2022/12/26 حيث حدثت هزتان الأولى بقدر 5.2، والثانية بقدر 4.6، وبعد يومين فقط في يوم 2022/12/28 حدثت ثلاث هزات اثنتان بقدر 4.5، وواحدة بقدر 5، ثم حدثت هزة بقدر 4.3 بتاريخ 2023/1/25، ثم هزة بقدر 4.4 بتاريخ 2023/2/2، ويبين الشكل(4) تغير قدر الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي لهذا التغير، كما يبين الشكل(5) تغير عدد الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي لهذا التغير. بدأ النشاط الزلزالي بالتزايد على منظومة فوالق تباعد خليج عدن منذ يوم 2022/11/13 حيث حدثت هزتان بقدر 4.4، وحدثت عدّة هزّات بقدر 4 حتى يوم 2023/1/18 حيث حدثت هزة بقدر 5، ثم في يوم 2023/1/26 حدثت هزة بقدر 4.8، وفي يوم 2023/2/2 حدثت هزة 3.6، ويبين الشكل(6) تغير قدر الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي لهذا التغير، كما يبين الشكل(7) تغير عدد الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي لهذا التغير. بدأ النشاط الزلزالي بالتزايد على منظومة فوالق زغروس يوم 2022/11/11 حيث حدثت هزة 4.6، ثم تلتها هزة 4.6 يوم 2022/11/15، ثم حدثت هزة بقوة متوسطة بقدر

5.6، وهزتان ارتداديتان عنها في نفس المكان يوم 2022/11/30، وبقي النشاط المتزايد على هذه المنظومة طيلة ثلاثة أشهر قبل زلزال غازي عنتاب حيث وصل عدد الهزات اكبر من اربعة إلى 26 هزة، ويبين الشكل(8) تغير قدر الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي لهذا التغير، كما يبين الشكل(9) تغير عدد الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي لهذا التغير. بدأ النشاط الزلزالي بالتزايد على منظومة فوالق بيتلس يوم 2022/11/10 حيث حدثت هزة بقدر 4.2، ثم هزة بقدر 4.3 يوم 2022/11/13، ثم هزة بقدر 4 يوم 2022/11/16، ويبين الشكل(10) تغير قدر الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي لهذا التغير، كما يبين الشكل(11) تغير عدد الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي لهذا التغير. بدأ النشاط الزلزالي بالتزايد على منظومة فوالق شرق الأناضول يوم 2022/11/12، وقد بلغ عدد الهزات اكبر من أربعة 4 هزات خلال الفترة المدروسة كان أكبرها 4.7 يوم 2023/1/15، و4.3 يوم 2023/1/29، و4.2 يوم 2023/2/3، و4 يوم 2022/12/23 في غازي عنتاب، ويبين الشكل(12) تغير قدر الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي لهذا التغير، كما يبين الشكل(13) تغير عدد الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي لهذا التغير. بدأ النشاط الزلزالي بالتزايد على منظومة فوالق الانهدام العربي (البحر الميت) يوم 2022/11/18، وحدث أربع هزات رئيسية أكبر من اربعة حيث حدثت هزة 4.8 يوم 2022/12/18 على فالق الغاب الغربي، وهزة 4.3 يوم 2023/1/12 على تفرعات فالق الغاب الغربي، وهزتان على فالق مصياف 4.4، و4.2 يوم 2023/1/21، ويبين الشكل(14) تغير قدر الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي لهذا التغير، كما يبين الشكل(15) تغير عدد الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي لهذا التغير.

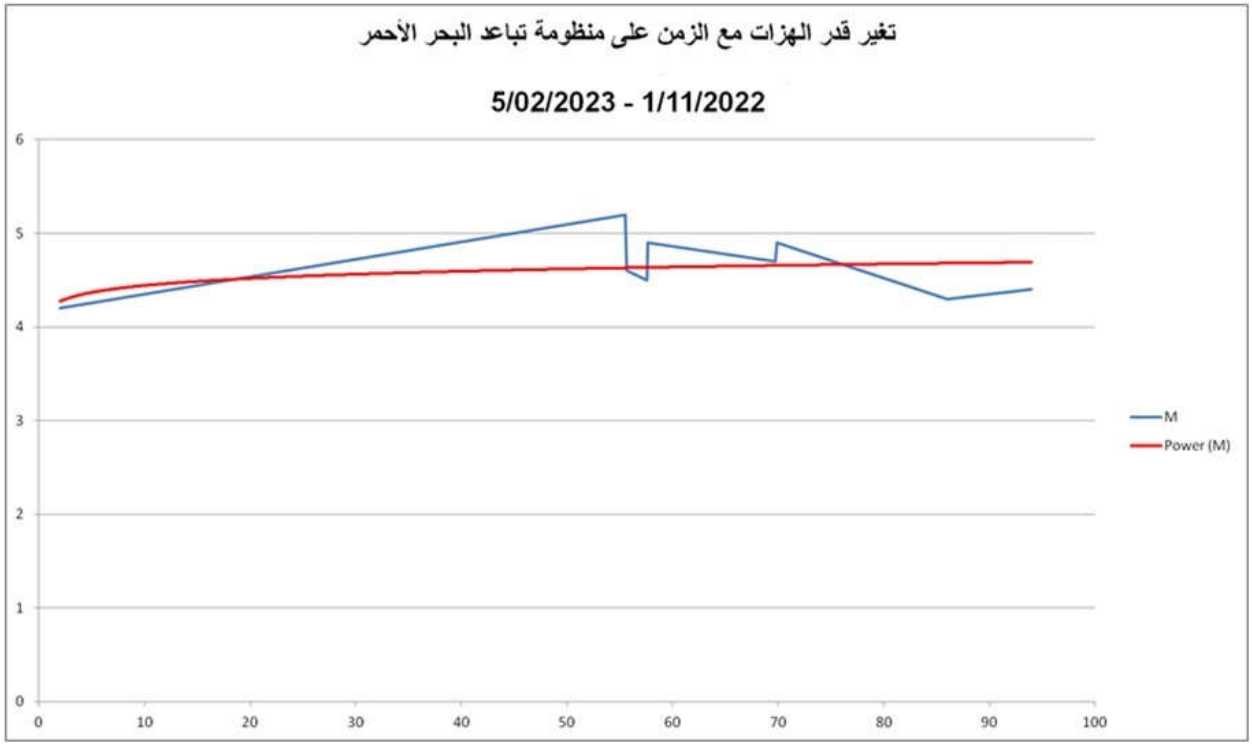
بلغ عدد الأحداث 11932 حدثا بقدر أكبر أو يساوي 2 خلال 97 يوما بعد زلزال غازي عنتاب، وحتى تاريخ 2023/5/13 الساعة 6:29 بتوقيت غرنتش ضمن منطقة الدراسة الواقعة بين خطي طول 18، و60 درجة، وخطي عرض 10، و45 درجة حيث تراوح قدر هذه الهزات بين 2، و7.8، وأعماقها بين 0، و533 كيلو متراً، ويبين الشكل(16) التوزع الجغرافي لهذه الأحداث، كما يبين الشكل(17) تغير قدر الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي على منظومة فوالق شرق الأناضول، ويبين الشكل(18) تغير عدد الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي على هذه المنظومة، ويبين الشكل(19) تغير قدر الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي على منظومة فوالق الانهدام العربي، كما يبين الشكل(20) تغير عدد الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي على هذه المنظومة، ويبين الشكل(21) تغير قدر الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي على منظومة فوالق القوس القبرصي، كما يبين الشكل(22) تغير عدد الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي على هذه المنظومة، ويبين الشكل(23) تغير قدر الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي على منظومة فوالق القوس الهيليني، كما يبين الشكل(24) تغير عدد الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي على هذه المنظومة، ويبين الشكل(25) تغير قدر الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي على فالق أنطاكية، كما يبين الشكل(26) تغير عدد الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي على هذا الفالق، ويبين الشكل(27) المنحني التراكمي للهزات على هذا الفالق حيث نلاحظ أن قيمة قدر الاكتمال Mc يساوي 2.4، ومعاملات غوتنبيرغ ريختر هي: "b=0.681"، و"a=4.18"، ويبين الشكل(28) تغير قدر الهزات مع الزمن على الفالق مع المؤشر على حدوث الهزة 6.3، حيث نلاحظ التزايد الخطي لقمم القدر قبل حدوث الهزة، ويبين الشكل(29) المؤشر على حدوث الهزة 4.7.



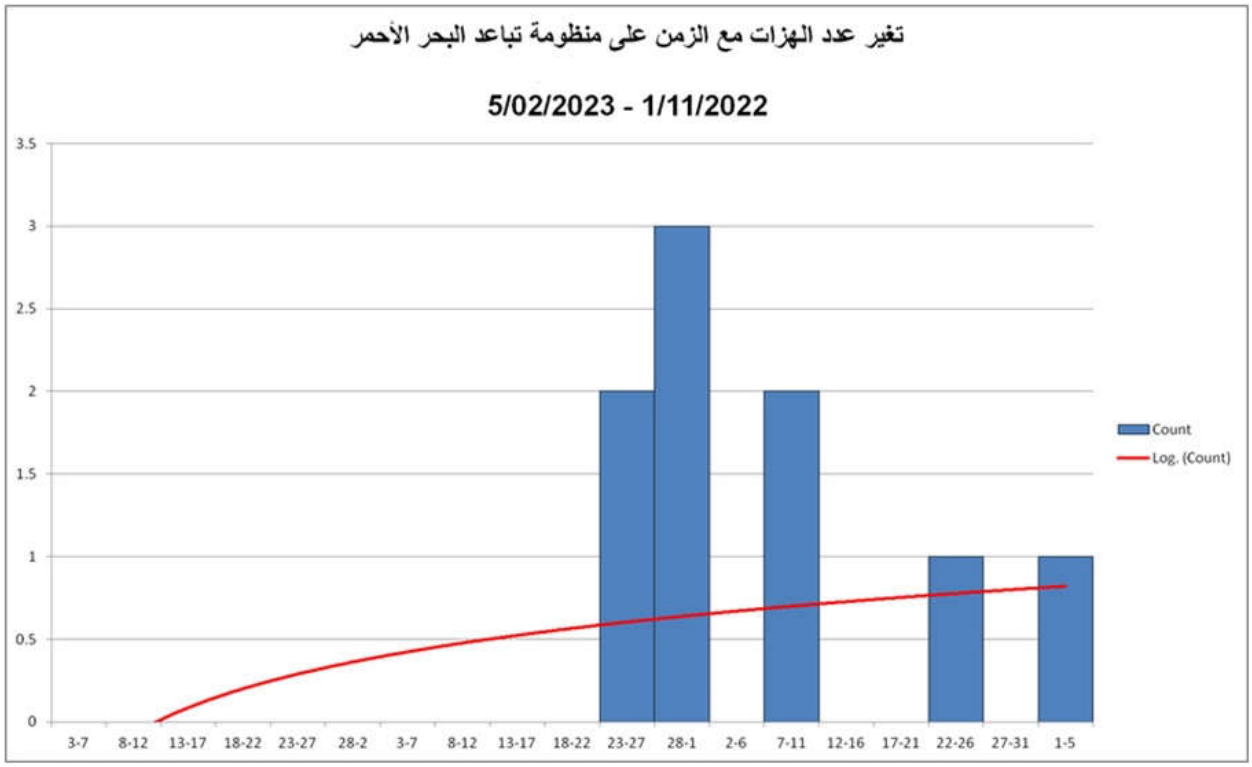
الشكل(2): يبين التوزع الجغرافي للأحداث المتوفرة قي قاعدة البيانات.



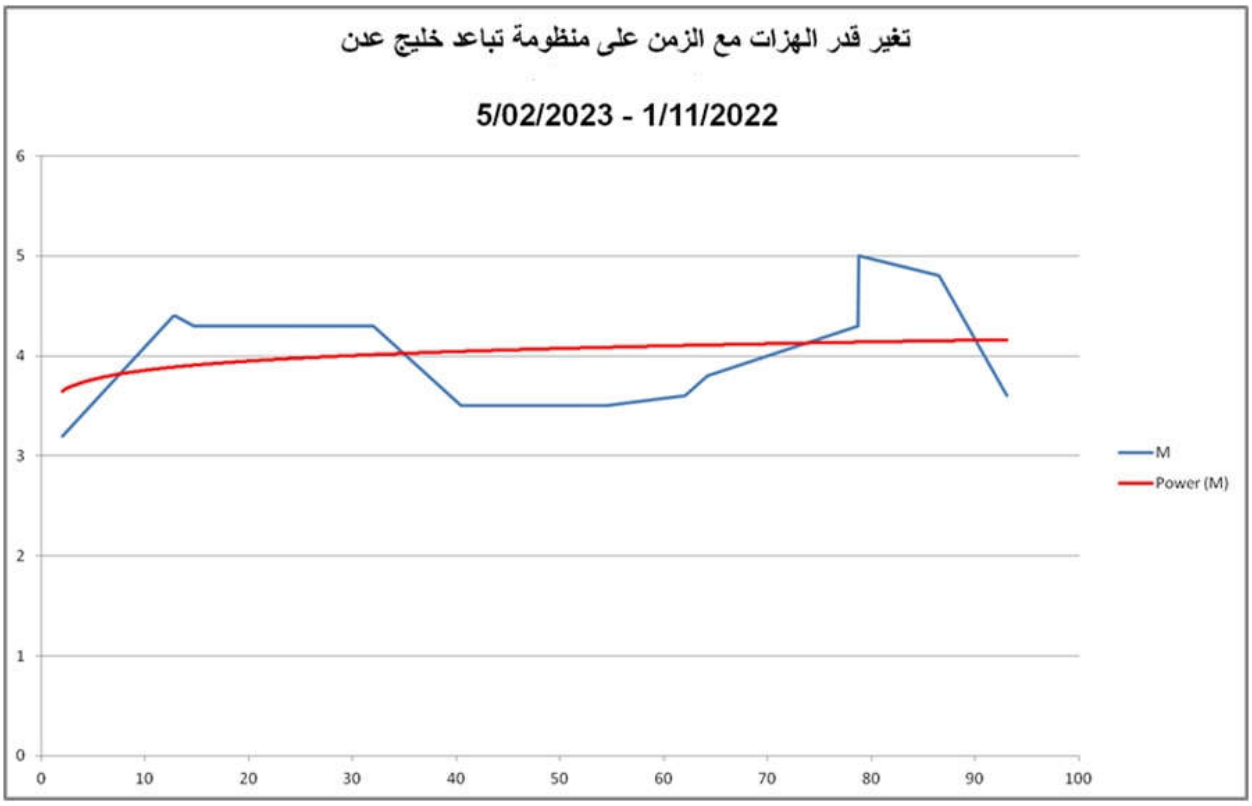
الشكل(3): يبين التوزع الجغرافي للأحداث قبل 97 يوما من زلزال غازي عنتاب.



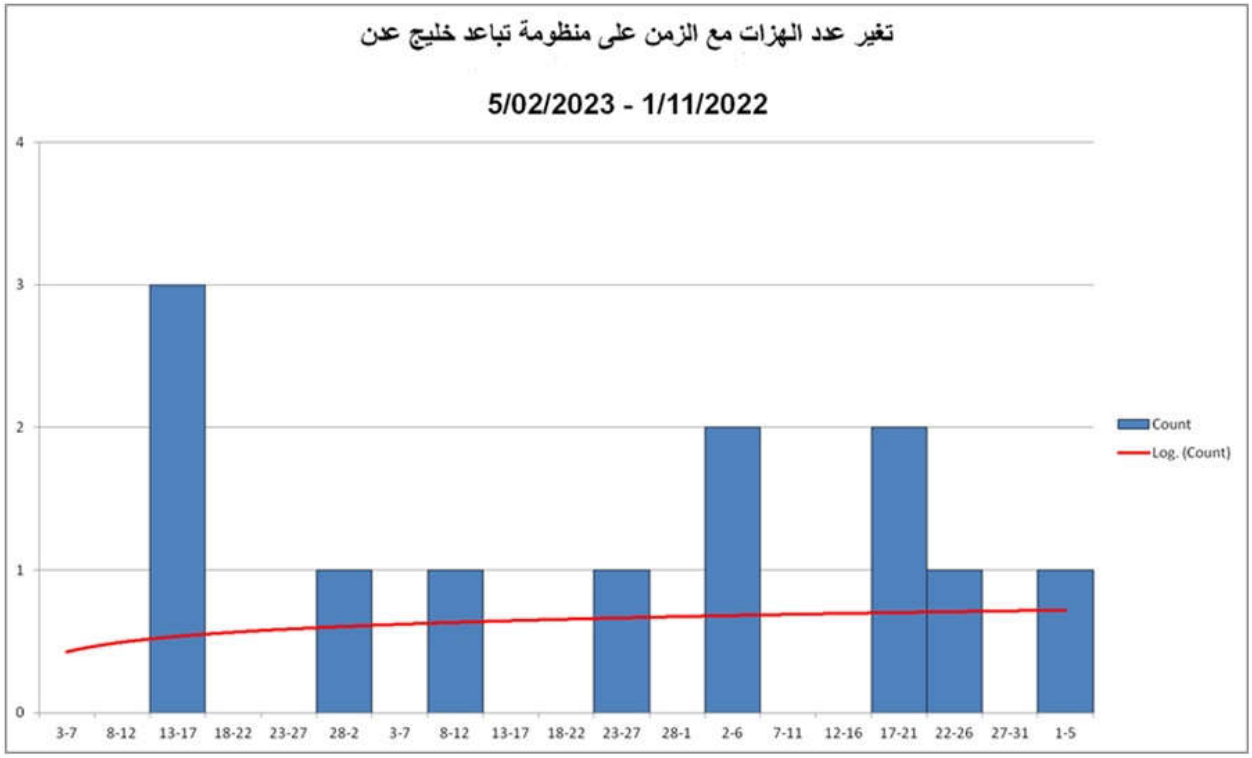
الشكل(4): يبين تغير قدر الهزات مع الزمن على منظومة تباعد البحر الأحمر، والمنحني الأسي لهذا التغير.



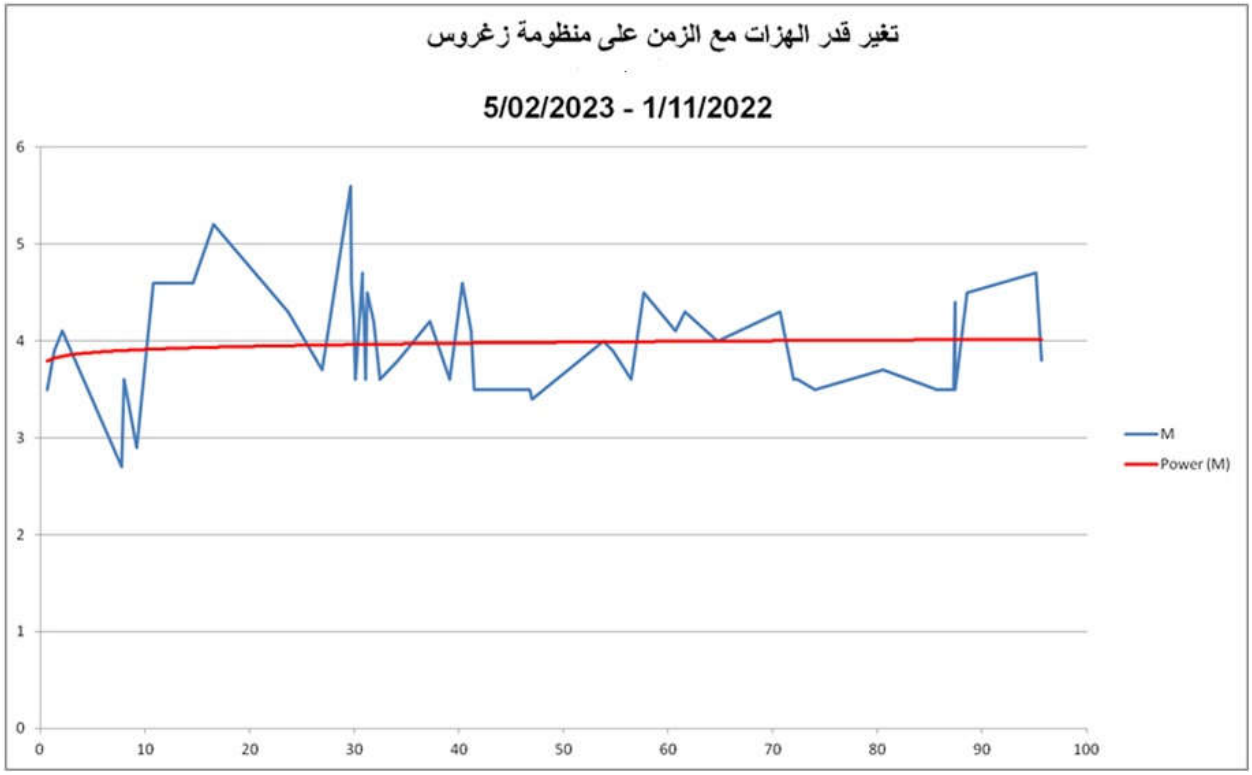
الشكل(5): يبين تغير عدد الهزات مع الزمن على منظومة تباعد البحر الأحمر، والمنحني الأسي لهذا التغير.



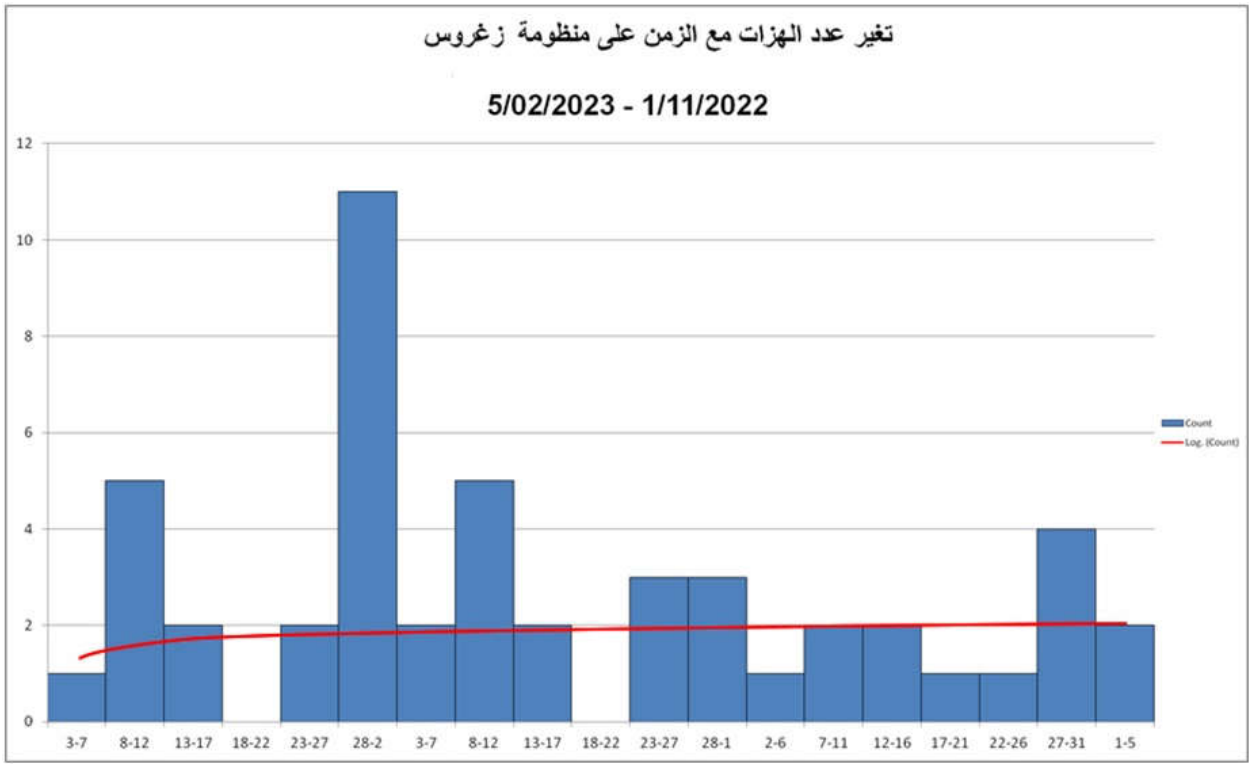
الشكل(6): يبين تغير قدر الهزات مع الزمن على منظومة تباعد خليج عدن، والمنحني الأسي لهذا التغير.



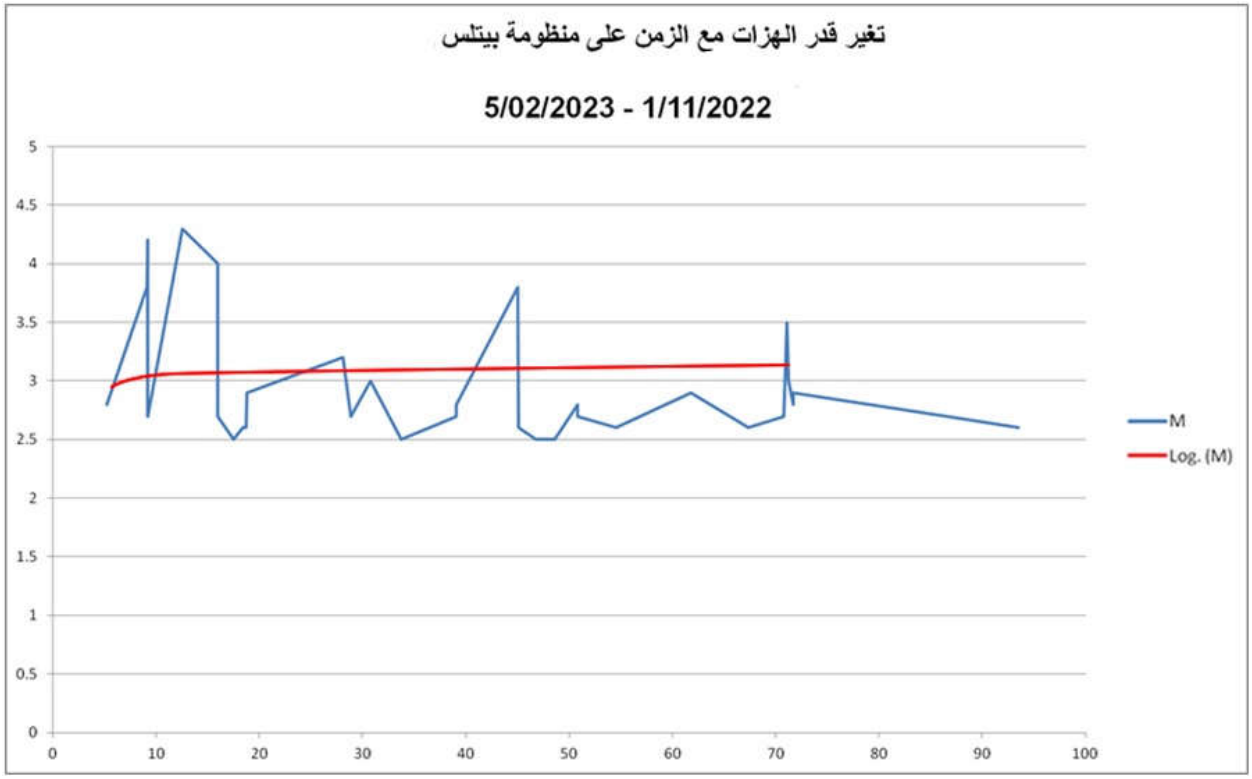
الشكل(7): يبين تغير عدد الهزات مع الزمن على منظومة تباعد خليج عدن، والمنحني الأسي لهذا التغير.



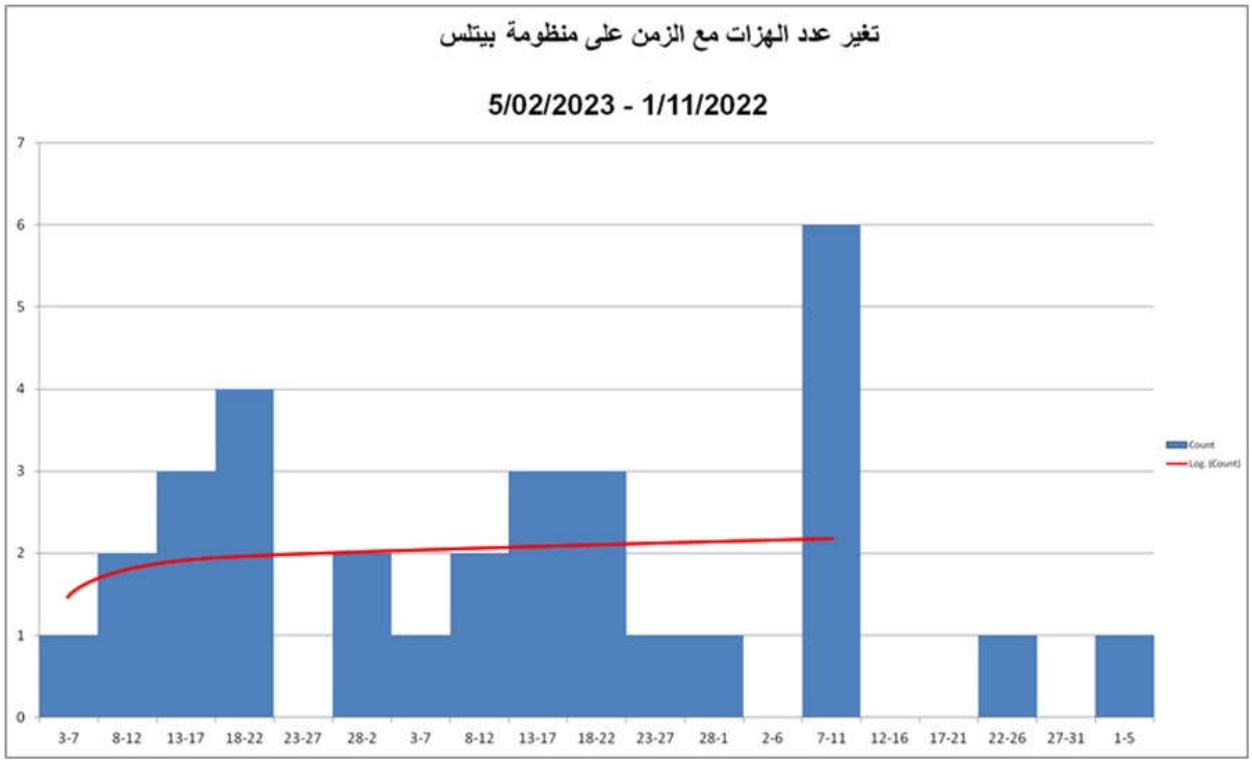
الشكل(8): يبين تغير قدر الهزات مع الزمن على منظومة فوالق زغروس، والمنحني الأسي لهذا التغير.



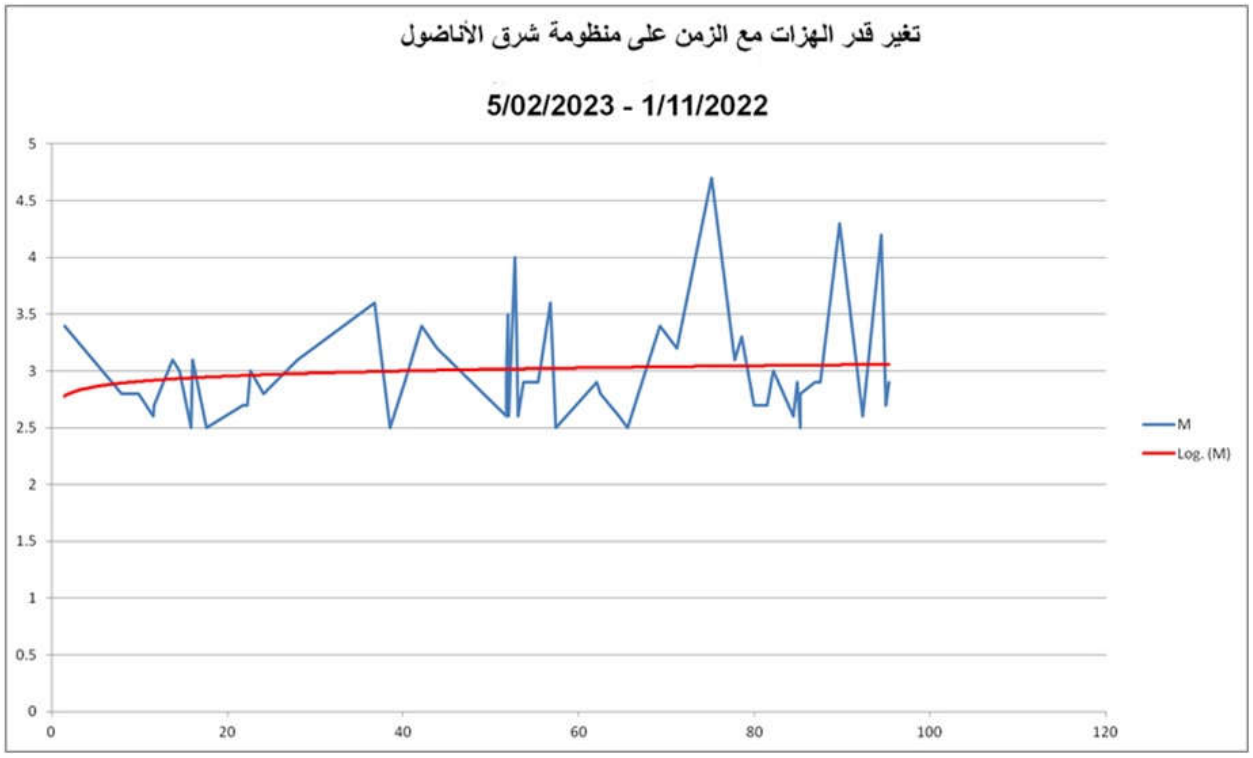
الشكل(9): يبين تغير عدد الهزات مع الزمن على منظومة فوالق زغروس، والمنحني الأسي لهذا التغير.



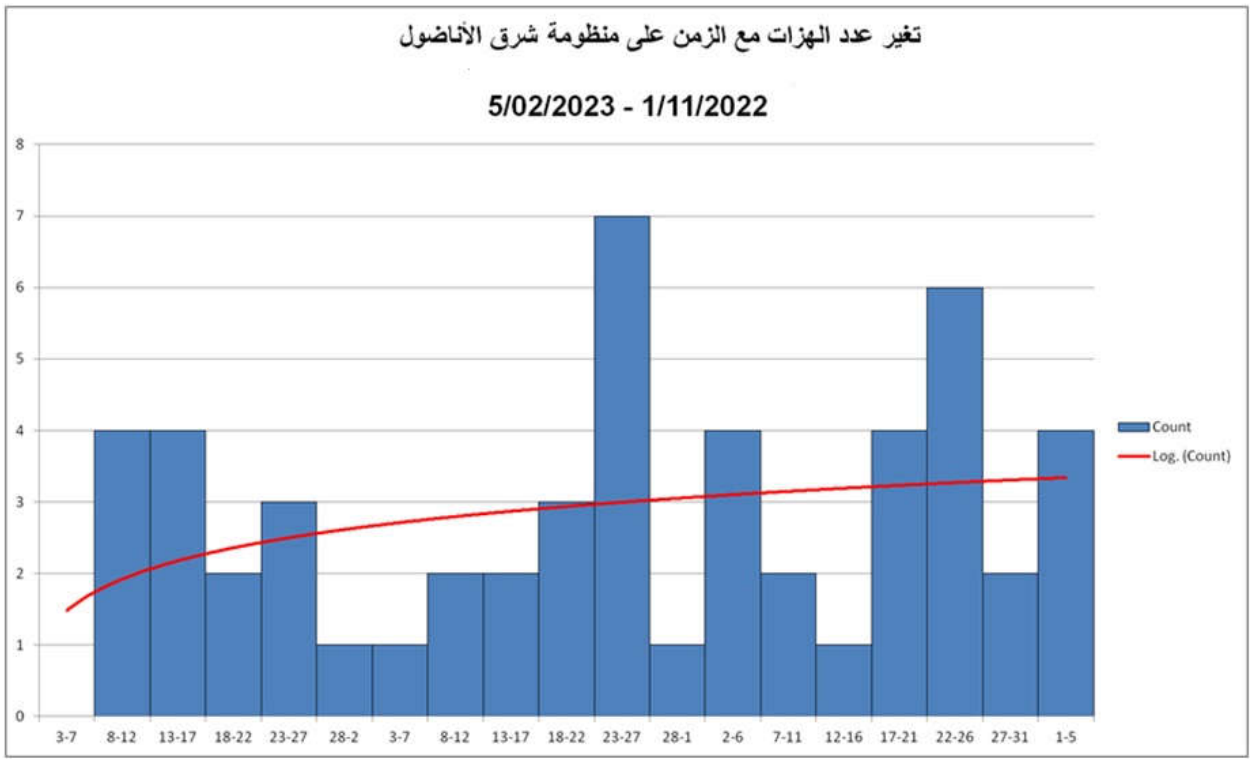
الشكل(10): يبين تغير قدر الهزات مع الزمن على منظومة فوالق بيتلس، والمنحني الأسي لهذا التغير.



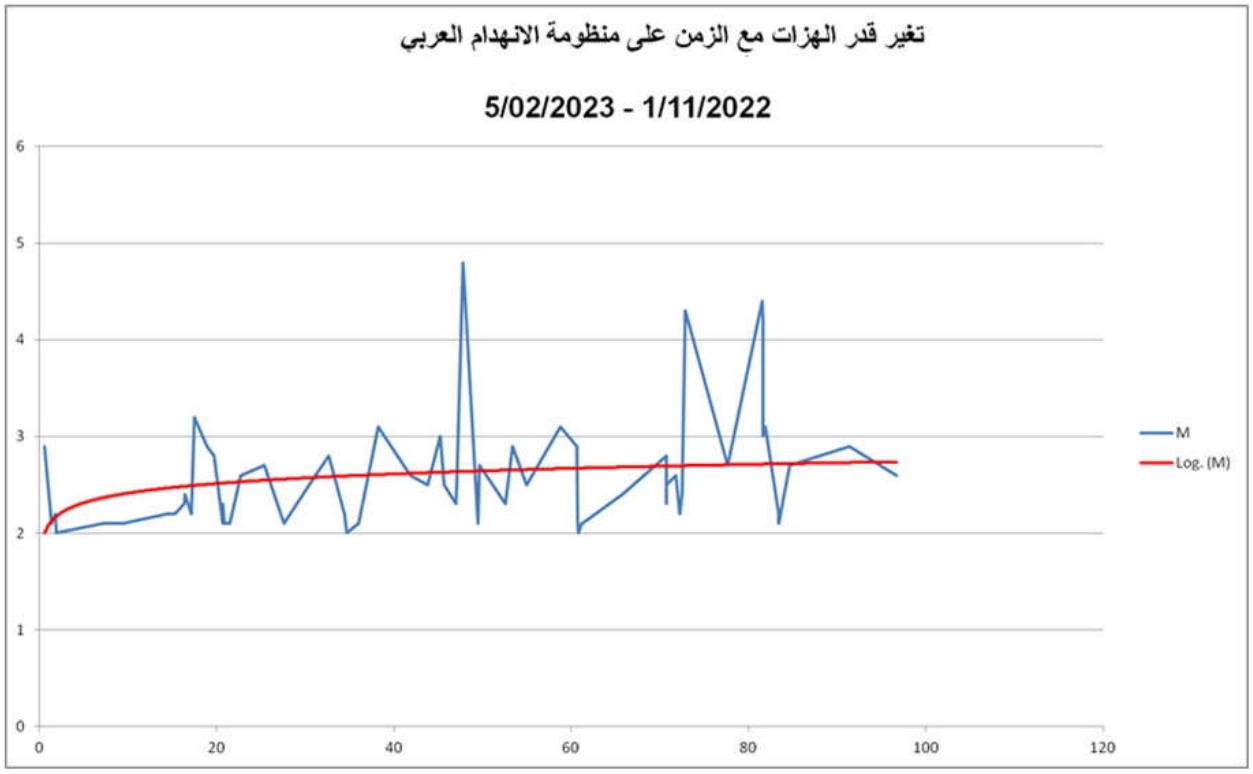
الشكل(11): يبين تغير عدد الهزات مع الزمن على منظومة فوالق بيتلس، والمنحني الأسي لهذا التغير.



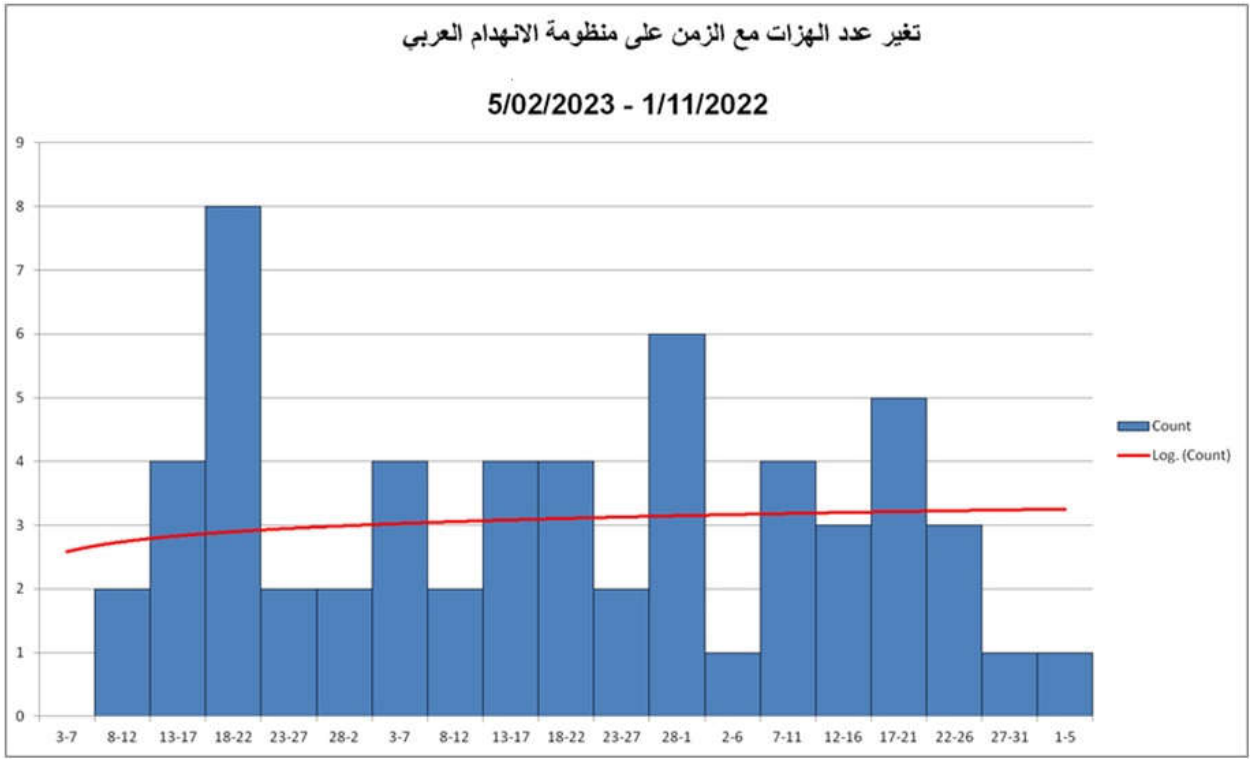
الشكل(12): يبين تغير قدر الهزات مع الزمن على منظومة فوالق شرق الأناضول، والمنحني الأسي لهذا التغير.



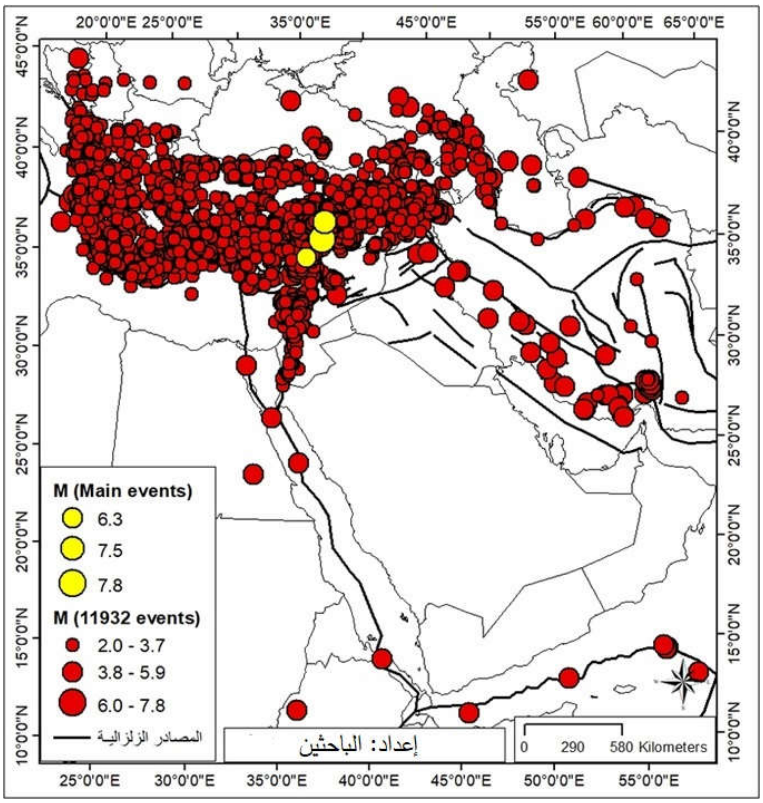
الشكل(13): يبين تغير قدر الهزات مع الزمن على منظومة فوالق شرق الأناضول، والمنحني الأسي لهذا التغير.



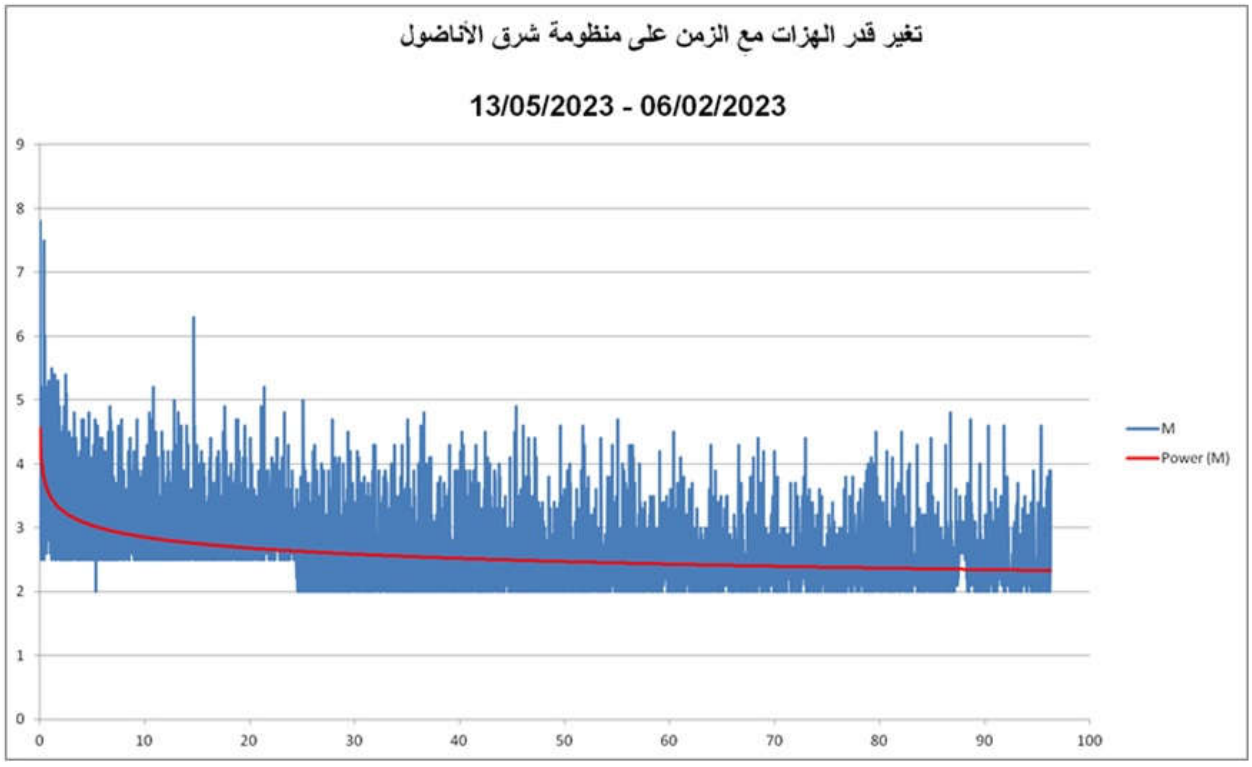
الشكل(14): يبين تغير قدر الهزات مع الزمن على منظومة فوالق البحر الميت، والمنحني الأسي لهذا التغير.



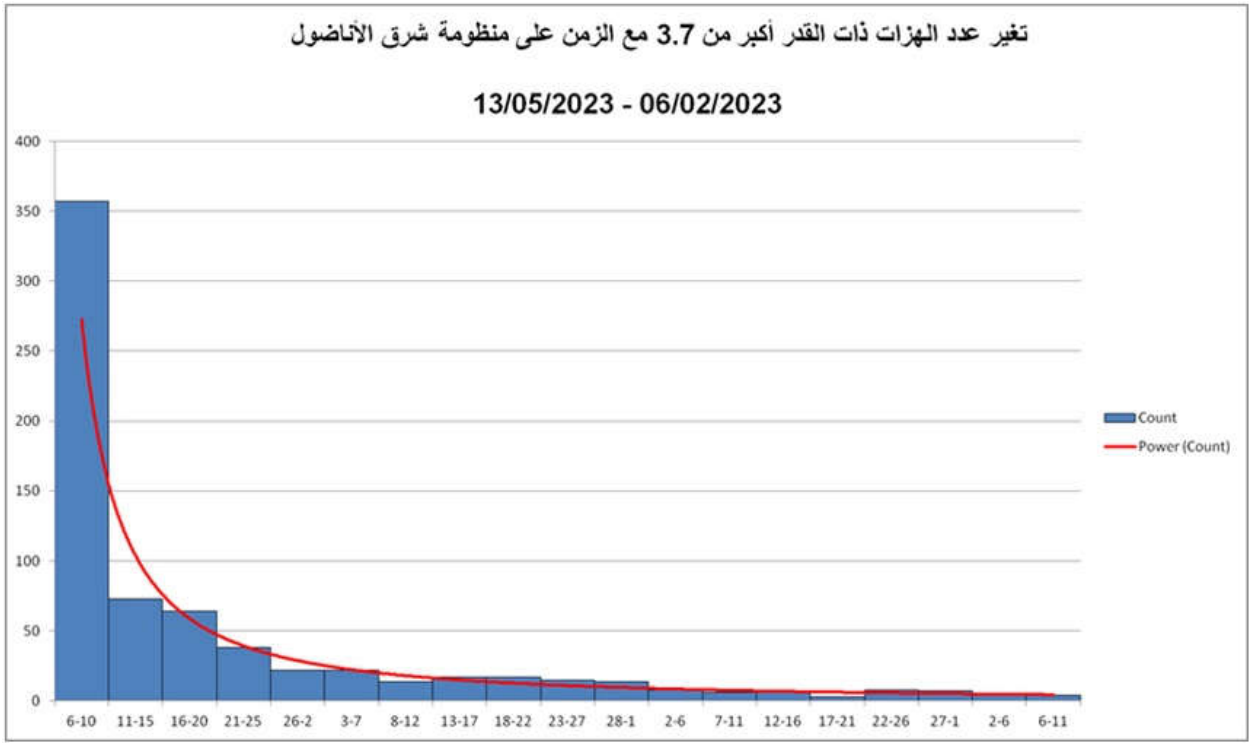
الشكل(15): يبين تغير عدد الهزات مع الزمن على منظومة فوالق البحر الميت، والمنحني الأسي لهذا التغير.



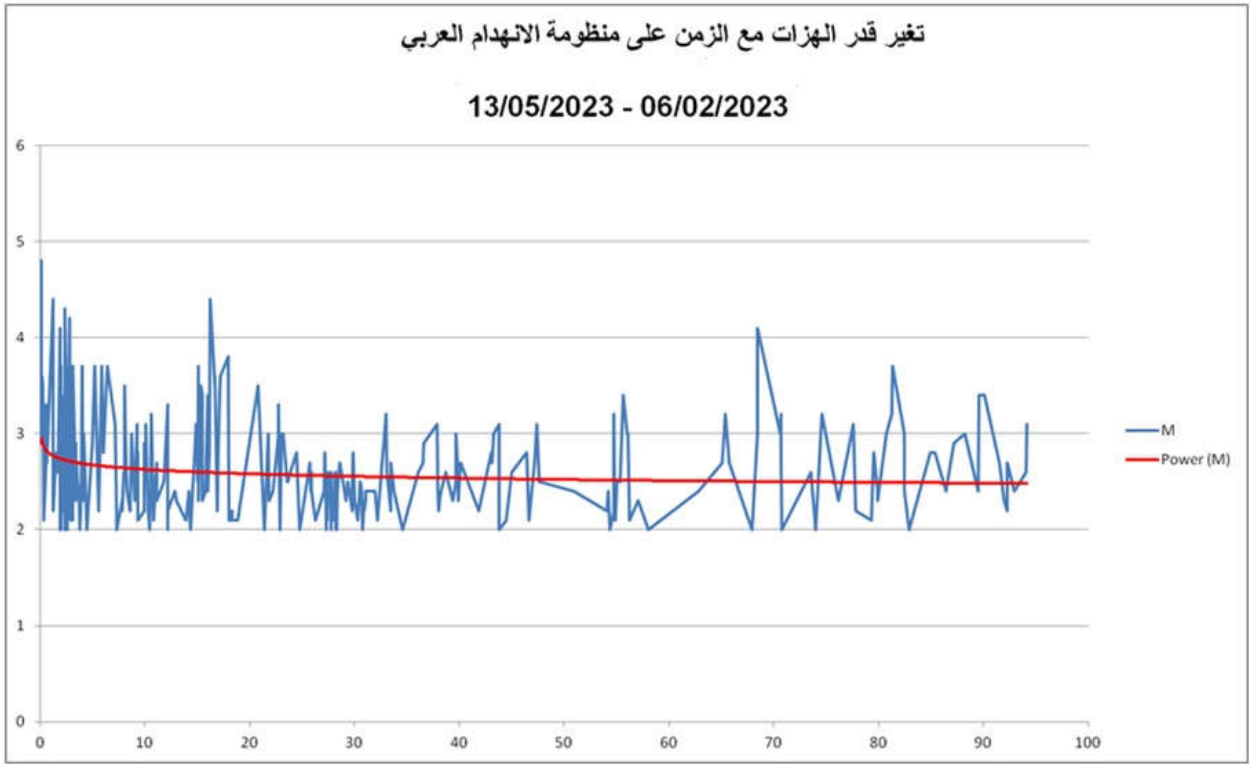
الشكل(16): يبين التوزع الجغرافي للأحداث الزلزالية خلال 97 يوما التالية لزلزال غازي عنتاب.



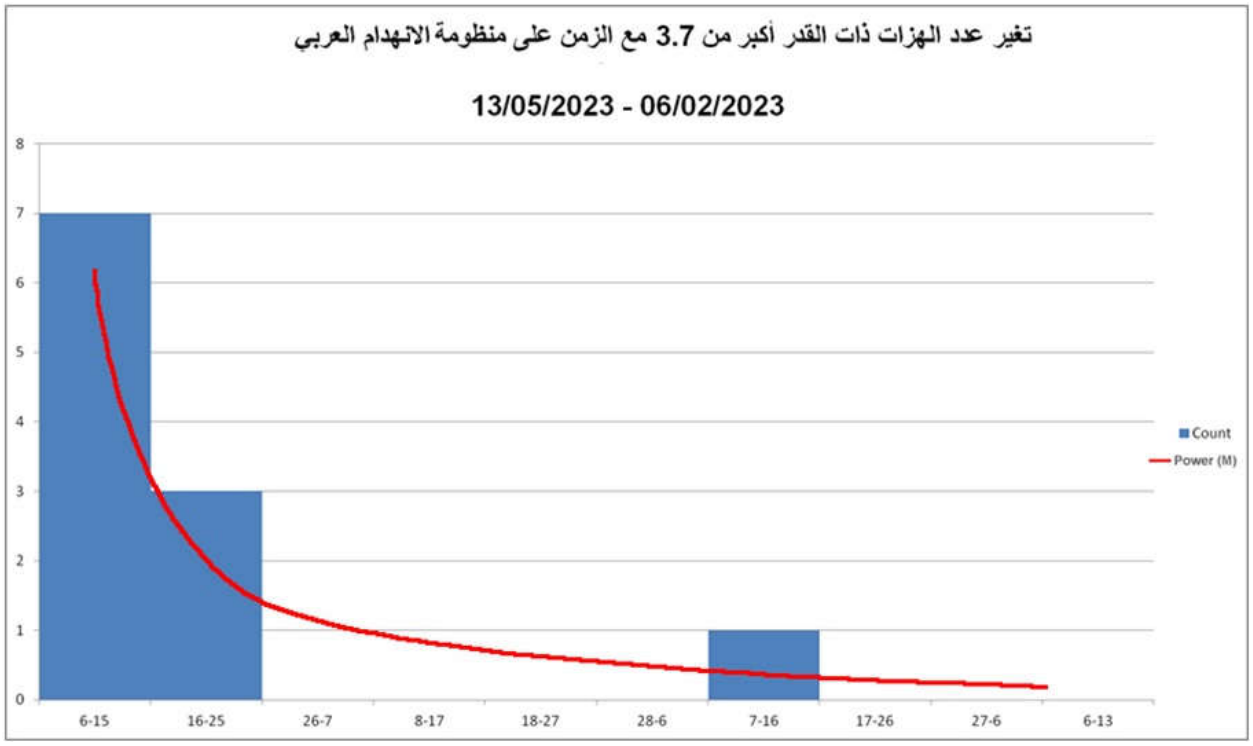
الشكل(17): يبين تغير قدر الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي على منظومة فوالق شرق الأناضول.



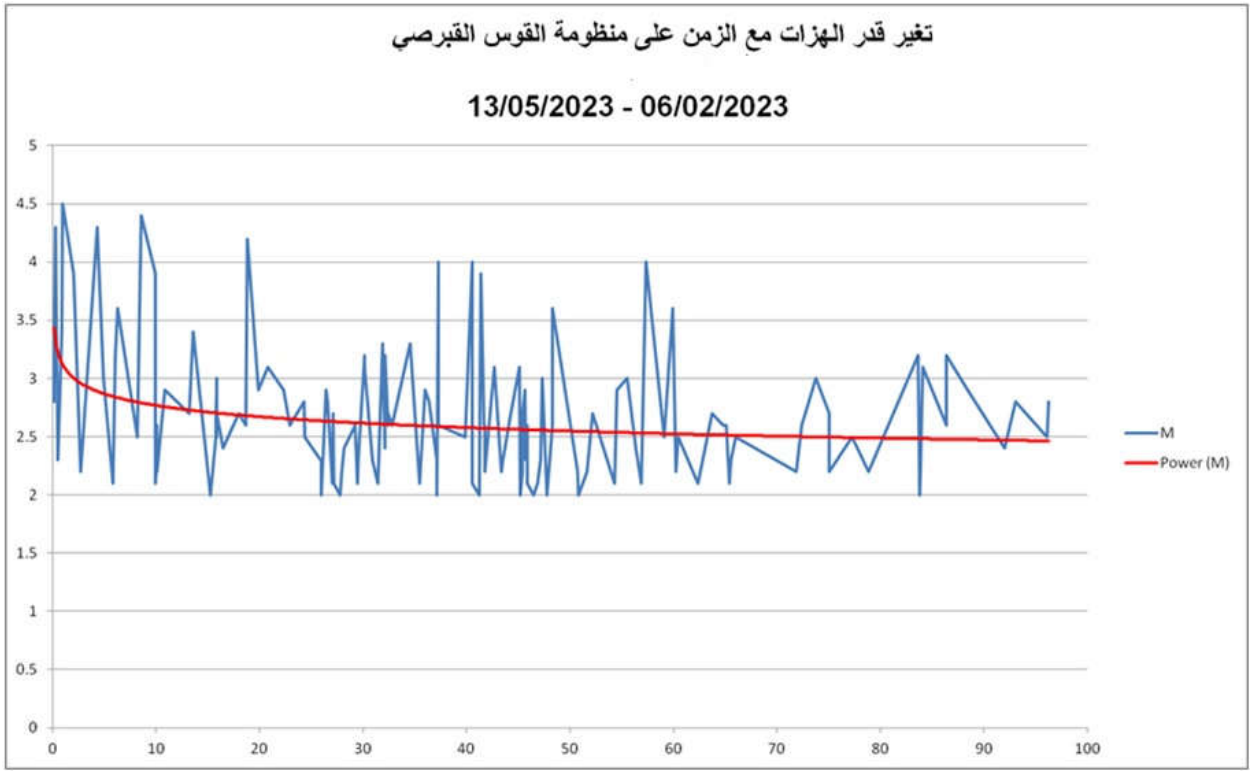
الشكل(18): يبين تغير عدد الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي على منظومة فوالق شرق الأناضول.



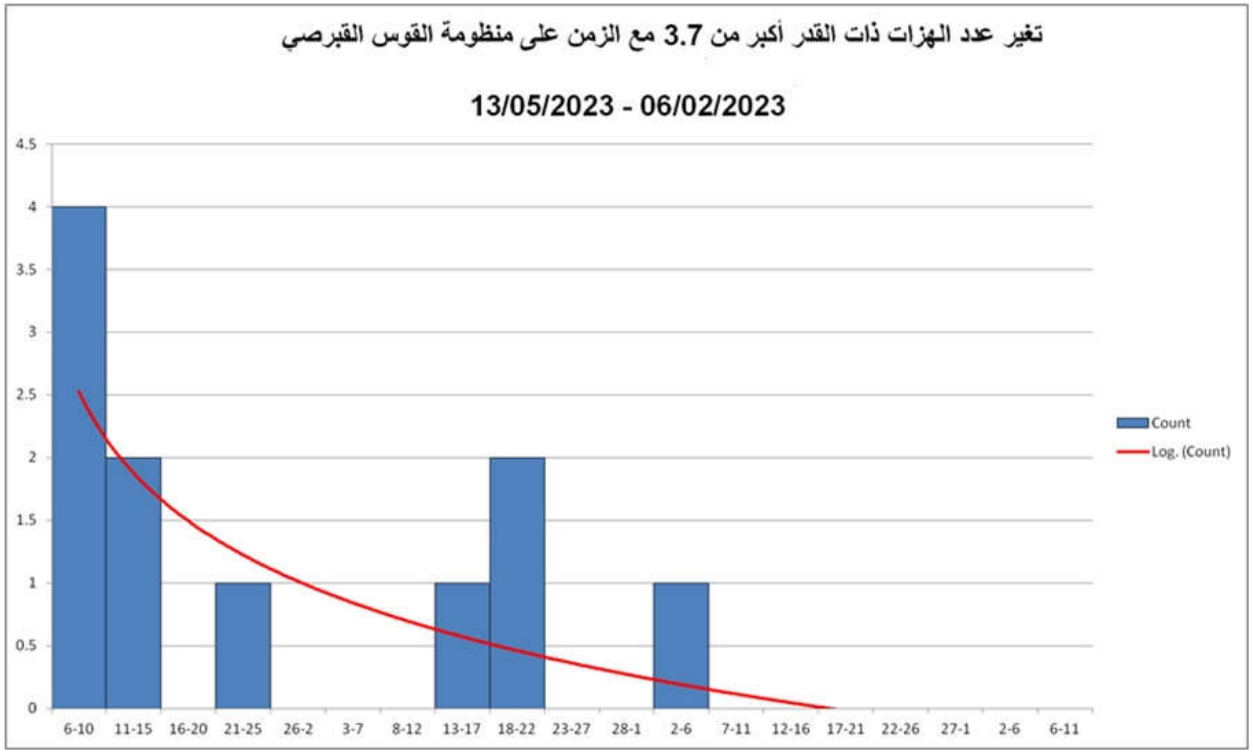
الشكل(19) تغير قدر الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي على منظومة فوالق البحر الميت.



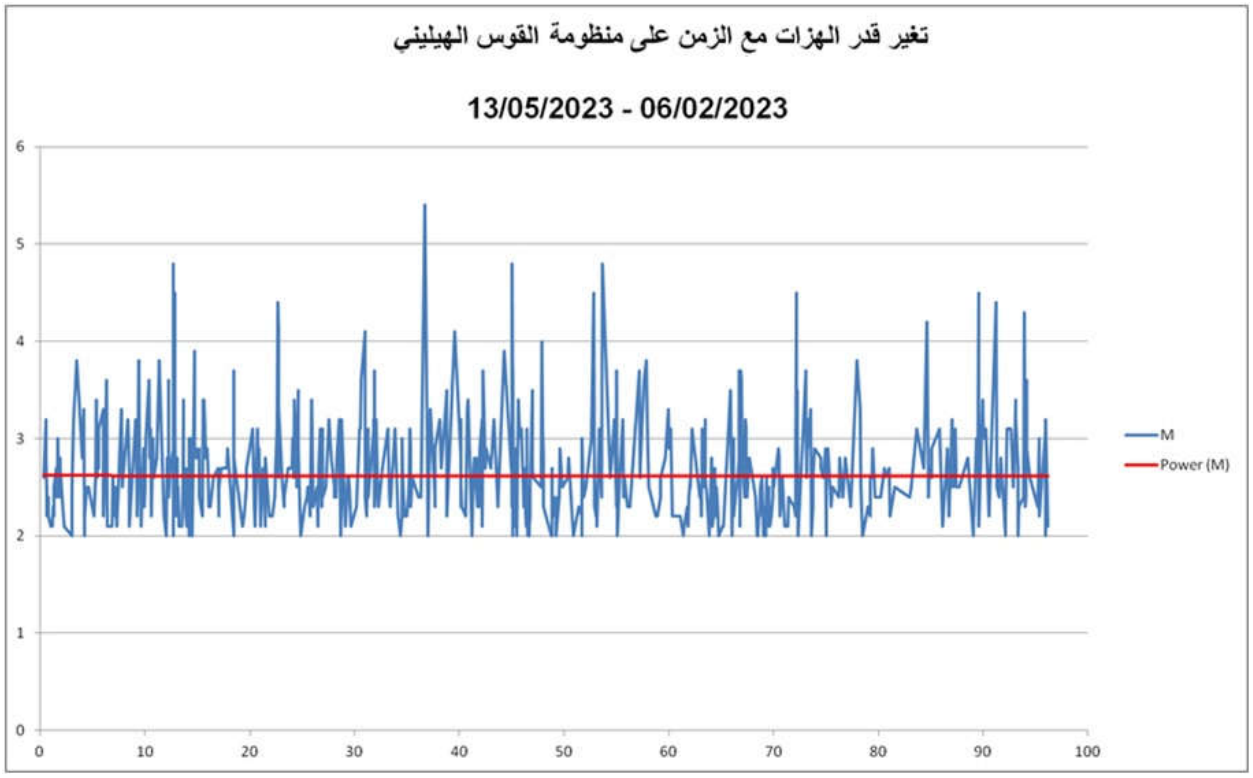
الشكل(20): يبين تغير عدد الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي على منظومة فوالق البحر الميت.



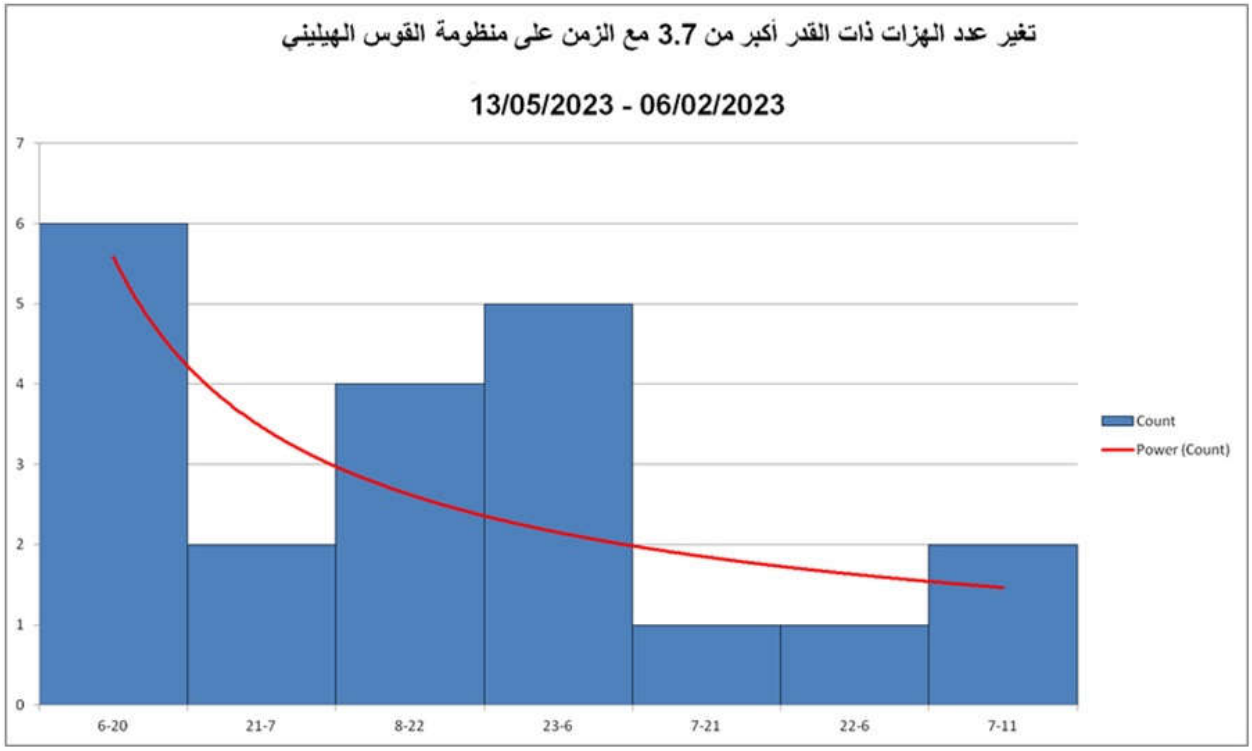
الشكل(21): يبين تغير قدر الهزات مع الزمن والمنحني الأسي على منظومة فوالق القوس القبرصي.



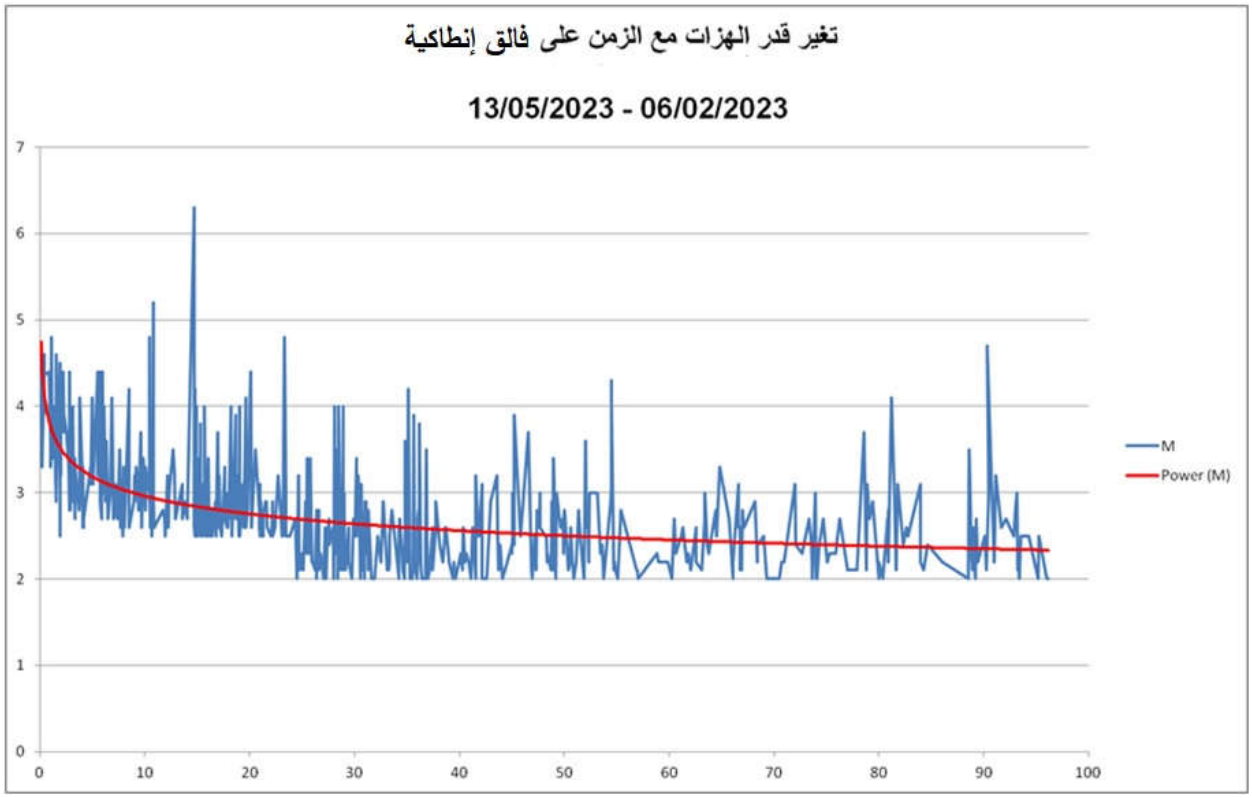
الشكل(22): يبين تغير عدد الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي على منظومة فوالق القوس القبرصي.



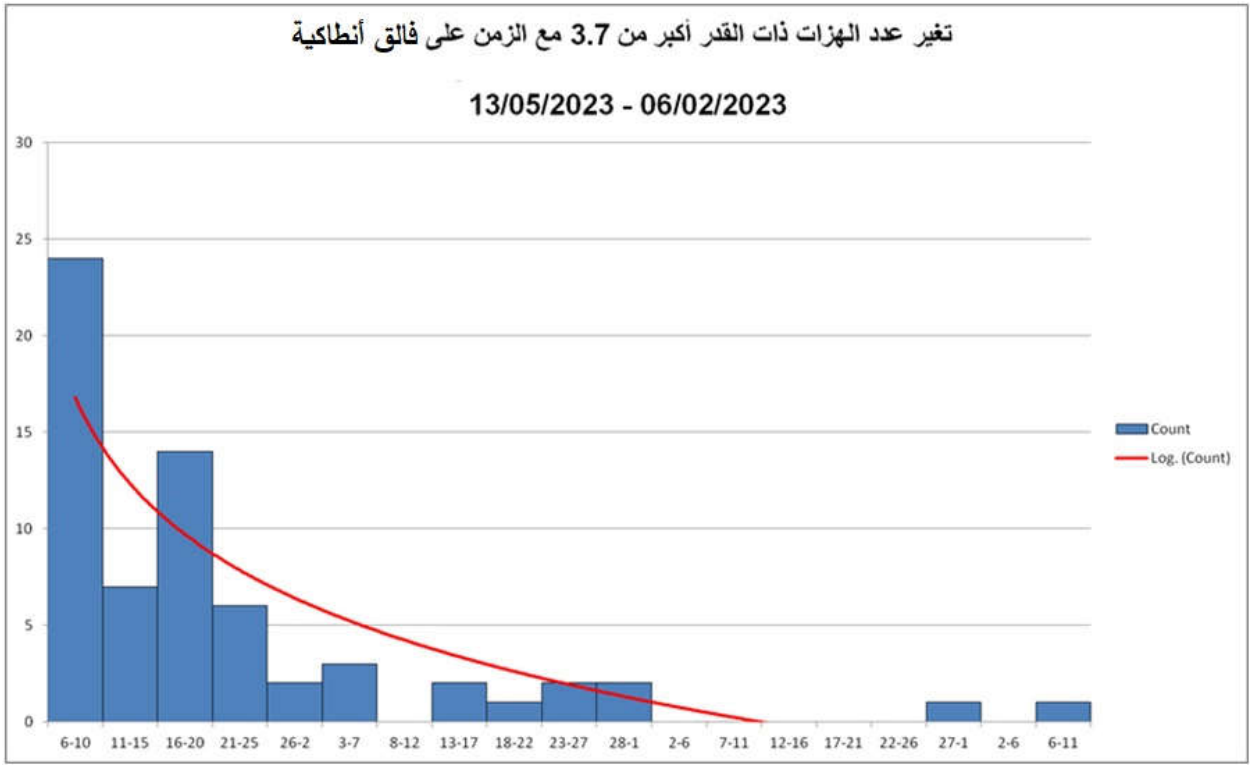
الشكل(23): يبين تغير قدر الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي على منظومة فوالق القوس الهيليني.



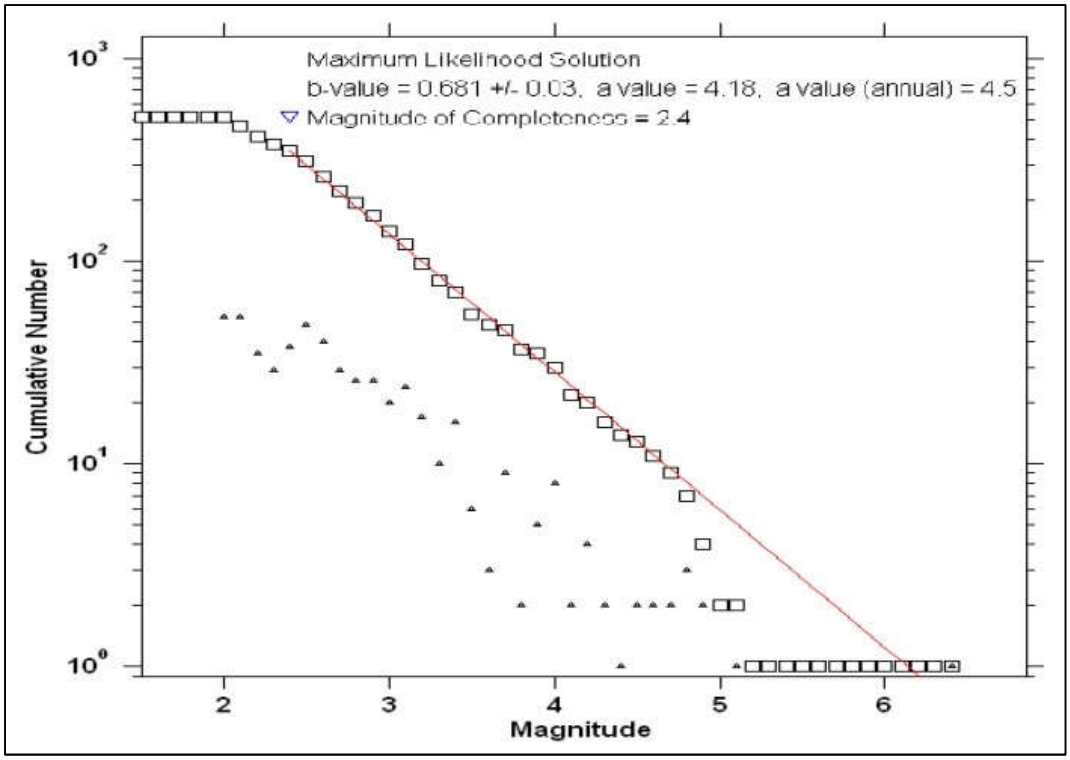
الشكل(24): يبين تغير عدد الهزات مع الزمن والمنحني الأسي على منظومة فوالق القوس الهيليني.



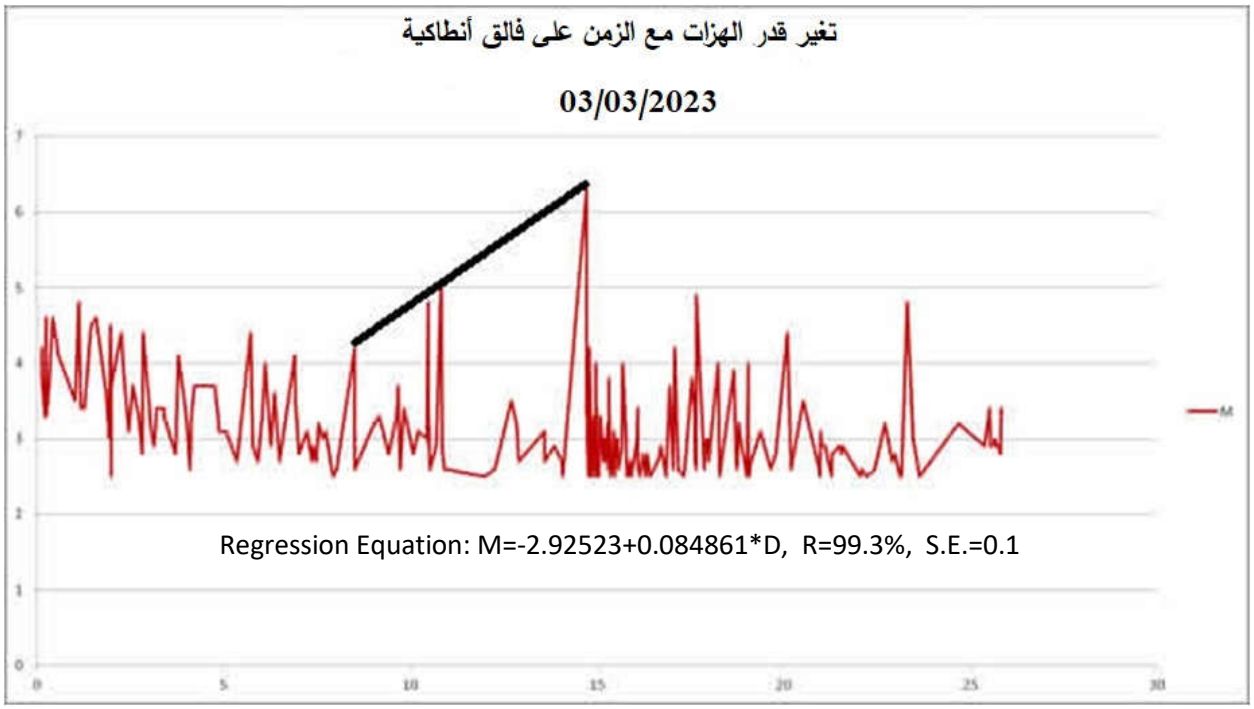
الشكل(25): يبين تغير قدر الهزات مع الزمن، المنحني الأسي على فالق أنطاكية.



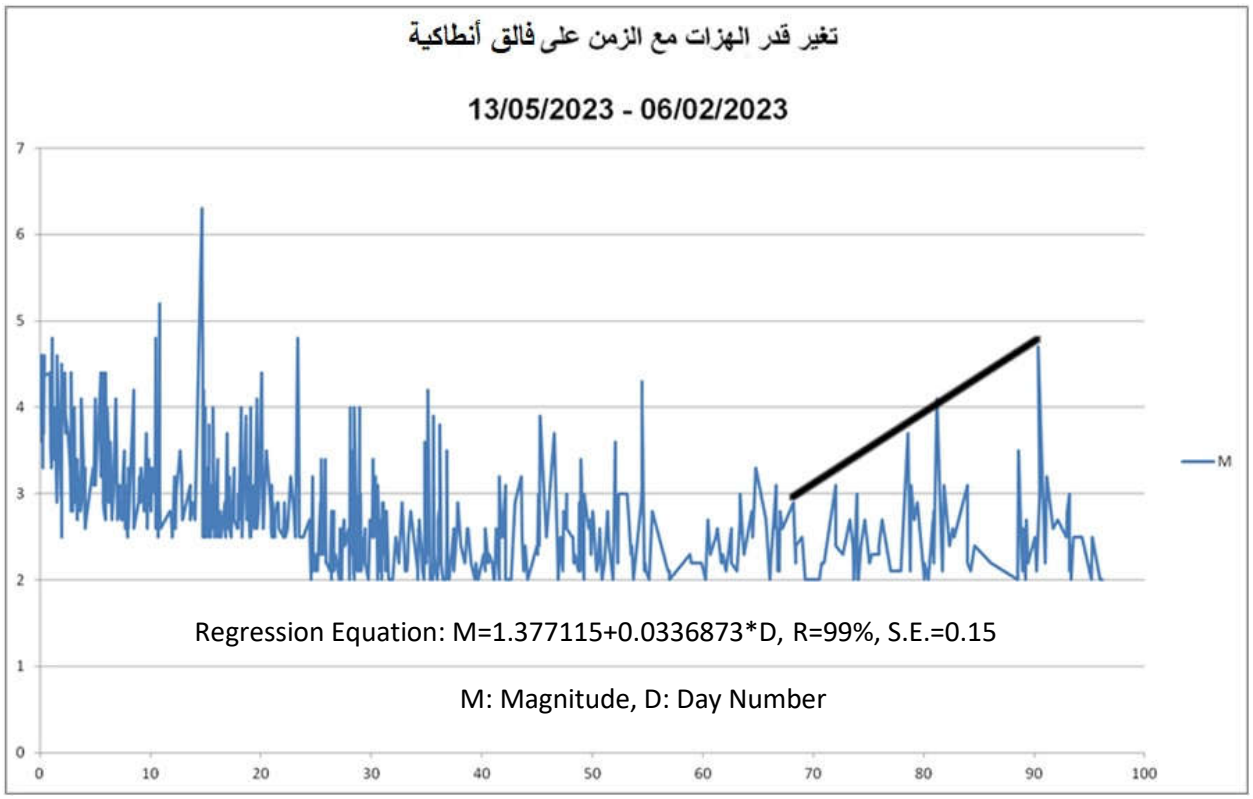
الشكل(26): يبين تغير عدد الهزات مع الزمن، والمنحني الأسي على فالق أنطاكية.



الشكل(27): يبين المنحني التراكمي للهزات على فالق أنطاكية، وقدر الاكتمال، ومعاملات غوتنبيرغ ريختر.



الشكل(28): يبين تغير قدر الهزات مع الزمن على فالق أنطاكية، والمؤشر على حدوث الزلزال 6.3 يوم 2023/02/20.



الشكل(29): تغير قدر الهزات مع الزمن على فالق أنطاكية، والمؤشر على حدوث الهزة 4.7 يوم 2023/05/07.

5- الاستنتاجات والتوصيات:

1- وجود نشاط زلزالي متزايد قبل زلزال غازي عنتاب على منظومات الفوالق المحيطة بالصفيحة العربية.

2- وجود نشاط زلزالي متناقص على منظومات الفوالق المؤثرة على المنطقة الساحلية بعد زلزال غازي عنتاب.

3- وجود بعض المؤشرات على حدوث الهزات اللاحقة بقدر 6.3، و4.7 على فالق أنطاكية، ووجود الكثير من هذه المؤشرات على جميع منظومات الفوالق المدروسة.

4- أظهرت المؤشرات دقة عالية في تحديد قدر الهزة المتوقعة على أي فالق، أو منظومة حيث أظهرت معادلات الانحدار لهذه المؤشرات علاقة خطية لقمم القدر مع الزمن بمعامل ارتباط يتراوح بين 99، و99.3 بالمئة، وبخطأ معياري يتراوح بين 0.1، و0.15 من قيمة القدر المتوقع، أي أن كمية الطاقة المتحررة من الفالق تتزايد بشكل أسي مع الزمن.

5- أوصت الدراسة بضرورة تحديد، ودراسة جميع المصادر السيسموتكتونية المؤثرة على كامل أراضي الجمهورية العربية السورية.

6- المراجع:

[1] Enrico Bonatti, Anna Cipriani, and Luca Lupi. 2015. The Red Sea: Birth of an Ocean. Springer Earth System Sciences, 29-44.

[2] Smit, J., J.-P. Brun, S. Cloetingh, and Z. Ben-Avraham. 2008. Pull-apart basin formation and development in narrow transform zones with application to the Dead Sea Basin. Tectonics, 27(6), 17p.

[3] Ambraseys,N.N., Jakson,J.A. 1998. Faulting associated with historical and recent earthquakes in the eastern Mediterranean. Geophys. J.Int, 133(2), 390-406.

[4] Zilio, L., Ampuero, J. P. (2023). Earthquake doublet in Turkey and Syria. Communications Earth & Environment, 4P. DOI: 10.1038/s43247-023-00747-z.

[5] Karabulut H., Güvercin S.E., Hollingsworth, J., Konca A.Ö. 2023. Long silence on the East Anatolian Fault Zone (Southern Turkey) ends with devastating double earthquakes (6 February 2023) over a seismic gap: Implications for the seismic potential in the Eastern Mediterranean region. Journal of the Geological Society, 27p. https://doi.org/10.6084/m9.figshare.c.6567094.

[6] Clayton Brengman. 2012. A Relationship between Earthquake Magnitude/Distance and Visibility on the Seismometer in Locy Hall, Northwestern University, with an analysis of the correlation between the signal amplitude on the seismometer and the reported Mw by the USGS, Northwestern University, 17p.

[7] Agnes Helmstetter and Didlier Sornette, 2003. Baths law Derived from the Gutenberg-Richter law and from Aftershock Properties. Geophysical Research letters, 10, 10-29.

[8] Guglielmi, A. V., 2017. Omori's law: anote on the history of geophysics. Physic-Uspekhi 60, 319-324.

[9] EMSC. 2023. Euro-Mediterranean Seismological Centre, Earthquake information. https://emsc-csem.org.

[10] USGS. 2023. United States Geological Survey - Earthquake Catalog. https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/search.

View publication stats