



Arcif  
Analytics



## حولية الاتحاد العام للآثاريين العرب

العدد ٢٧ - يونيو ٢٠٢٤ م

Received at: 2023-11-28 Accepted at: 2024-02-13 Available online: 2024-05-21

### رصد المخاطر الطبيعية وآثارها على المناطق الأثرية باستخدام تقنيات الاستشعار من البعد (زلازل سوريا وتركيا - دراسة حالة)

علاء سعيد مبروك

باحث - مهندس إستشاري (مصر)

[Alaconsult@yahoo.com](mailto:Alaconsult@yahoo.com)

عبد العزيز الفضالي

رئيس قسم الآثار والدراسات السكانية - الهيئة الوطنية

للاستشعار عن بعد وعلوم الفضاء (مصر)

[Abdelaziz.elfadaly@narss.sci.eg](mailto:Abdelaziz.elfadaly@narss.sci.eg)

ايمان هاشم رضوان

أستاذة دكتور علوم البيئة - جامعة دمنهور (مصر)

[eman.radwan@sci.dmu.edu.eg](mailto:eman.radwan@sci.dmu.edu.eg)

مبروك، علاء سعيد، وآخرون " رصد المخاطر الطبيعية وآثارها على المناطق الأثرية باستخدام تقنيات الاستشعار من البعد (زلازل سوريا وتركيا- دراسة حالة)", *حولية الاتحاد العام للآثاريين العرب*، ع.٢٧، يونيو ٢٠٢٤، ٤٢٤-٤٤١.

DOI: 10.21608/cguua.2024.251852.1183

MABROUK, ALAA S.& OTHERS «Monitoring the Earthquake Hazard Impacts on Archaeological Sites Using Radar Remote Sensing Data (Syria and Turkey Earthquake-Case Study)», *Hawliyyat Al-Itihād Al-ām Lil Aṭārīyīn Al-‘arab - Dirāsāt fi Aṭār Al-Waṭan Al-‘arabī* (CGUAA) 27, 2024, 424 - 441, DOI: 10.21608/cguua.2024.251852.1183

**رصد المخاطر الطبيعية وآثارها على المناطق الأثرية باستخدام تقنيات الاستشعار من البعد  
( زلزال سوريا وتركيا - دراسة حالة )****Monitoring the Earthquake Hazard Impacts on Archaeological Sites Using  
Radar Remote Sensing Data (Syria and Turkey Earthquake-Case Study)****عبد العزيز الفضالي****ايمان هاشم رضوان****علاء سعيد مبروك**رئيس قسم الآثار والدراسات السكانية - الهيئة  
الوطنية للاستشعار عن بعد وعلوم الفضاء  
(مصر)أستاذ دكتور علوم البيئة - جامعة  
دمنهور (مصر)باحث - مهندس استشاري  
(مصر)**Abdelaziz Elfadaly****Eman Hashem Radwan****Alaa Saied Mabrouk**Head of the Department of  
Archeology and Population Studies  
National Authority for Remote  
Sensing and Space Sciences- (Egypt)Professor of Environmental  
Sciences - University of  
Damanshour- (Egypt)Researcher – ENG.  
Consultant-(Egypt)[Abdelaziz.elfadaly@narss.sci.eg](mailto:Abdelaziz.elfadaly@narss.sci.eg)[eman.radwan@sci.dmu.edu.eg](mailto:eman.radwan@sci.dmu.edu.eg)[Alaaconsult@yahoo.com](mailto:Alaaconsult@yahoo.com)**المخلص:**

تواجه المناطق والمواقع الأثرية حول العالم العديد من المخاطر البشرية والطبيعية والتي من شأنها تهديد تلك المناطق والمواقع بشكل مباشر مما يؤدي إلى هدم جزئي أو كلي لتلك المنشآت والمباني الأثرية ، وقد لعبت تقنيات الاستشعار من البعد في جمع البيانات والمعلومات والخرائط الموثوقة دوراً مهماً في مجال دراسة المناطق والمواقع الأثرية مما يتيح للعديد من المهندسين والمختصين والباحثين اقتراح عمل دراسة برامج تخطيطية بيئية لتلك المناطق وذلك للحفاظ عليها، إن زلزال فبراير ٢٠٢٣م الذي ضرب كلاً من تركيا وسوريا قد أدى إلى هدم وتدمير أجزاء كبيرة من المباني الأثرية ، ونظراً لإمكانية بيانات الاستشعار من البعد في رصد وقياس الزلازل قمنا باستخدام معلومات وبيانات الأقمار الصناعية (الاستشعار من البعد) في رصد وتقييم الحدث على بعض المواقع الأثرية ، ويهدف هذا البحث إلى إظهار مدى تأثير أحداث ذلك الزلزال باستخدام بيانات الصور الرادارية Sentinel-1، واعتمدت هذه الدراسة على معلومات وبيانات الأقمار الصناعية الرادارية لقياس التغير في مستوى الأرض قبل وبعد أحداث الزلزال ومدى تأثير ذلك على مواقع الآثار، وتوصلت هذه الدراسة في نتائجها إلى تأثير العديد من المواقع الأثرية بأحداث الزلزال وضعت بعض المقترحات للحفاظ عليها وتقليل المخاطر لها.

**الكلمات الدالة:** الاستشعار من البعد؛ الزلازل؛ التوصيات.**Abstract:**

Archaeological areas and sites around the world face numerous human and natural hazards that directly threaten those areas and sites, resulting in the partial or total demolition of those archaeological installations and buildings. Remote sensing techniques in the collection of documented data, information, and maps have played an important role in the study of archaeological areas and sites, enabling many engineers, specialists, and researchers to propose the study of environmental planning programs for those areas to maintain them. The February 2023 earthquake that struck both Turkey and Syria led to the demolition and destruction of large parts of the archaeological buildings. Due to the ability of remote sensing data to monitor and measure earthquakes, we have used satellite information and data (remote sensing) to monitor and evaluate the event on some archaeological sites. This research aims to show the impact of the events of that earthquake using Sentinel-1 radar image data. This study relied on radar satellite information and data to measure the change in the Earth's level before and after earthquake events and the extent of its impact on affected sites. In its findings, the study found that many archaeological sites were affected by earthquake events and made some proposals for their conservation and risk reduction.

**Keywords:** Sensor; Earthquakes; Recommendations.

## المقدمة:

تواجه المناطق والمواقع الأثرية حول العالم العديد من المخاطر والأزمات والكوارث الطبيعية والبشرية والتي من شأنها تهديد المناطق والمواقع بشكل مباشر مما يؤدي إلى هدم جزئي أو كلي لتلك المباني والمنشآت الأثرية والتراثية، ولعبت التكنولوجيا الحديثة خاصة في مجال الأقمار الصناعية الرادارية لاكتشاف أدق التفاصيل لجمع البيانات والمعلومات بتقنيات الاستشعار من البعد برسم الخرائط الموثقة دوراً مهماً في مجال دراسة المناطق والمواقع ودورها في حالة المباني والمنشآت بصفة عامة والآثار بصفة خاصة؛ وذلك لبنائها في عصور وأزمنة مختلفة<sup>١</sup>، والعلم الحديث له دور رئيس في الحفاظ على تلك المباني والمنشآت الأثرية، حيث إن هناك دراسة حالة للمناطق والمواقع المحيطة بالآثر لمعرفة مسببات الهبوط الأرضي والمرافق القديمة والحديثة بتلك المناطق<sup>٢</sup>، وتكمن أهمية تقنيات الاستشعار من البعد في قدرتها على التسجيل الدائم للتغيرات المناخية والبيئية بشكل عام بحيث يمكن دراستها في أي وقت فيما بعد، وهذا يسمح بإجراء المقارنات الزمنية عن طريق دراسة مجموعة صور التقطت في اوقات مختلفة لنفس المكان ومعرفة التغير الذي حدث على هذا المكان والتحقق من ظاهرة معينة<sup>٣</sup>، وتعريف مصطلح الاستشعار من البعد هو جمع المعلومات والبيانات من مسافة من البعد، ويعرف جيمس كامبل وهو أحد العلماء لهذا العلم أن الاستشعار من البعد هو علم استخلاص المعلومات والبيانات عن سطح الأرض باستخدام صور ملتقطة من أعلى بواسطة تسجيل الأشعة الكهرومغناطيسية المنعكسة أو المنبعثة من سطح الأرض ويستخدم العلماء المتخصصون والباحثون الصور الجوية الرقمية والمرئيات الفضائية في إنتاج الخرائط وتحديثها وإجراء قياسات سريعة ودقيقة في مجالات الدراسات التطبيقية المختلفة.

ويوجد العديد من أنواع الاستشعار من البعد:

- الاستشعار من البعد المرئي مثل النظام البصري البشري.
- الاستشعار من البعد بالأشعة تحت الحمراء.
- رادار الاستشعار من البعد.
- الاستشعار من البعد بالميكروويف.
- الاستشعار من البعد عبر الأقمار الصناعية.
- الاستشعار من البعد الجوي.
- الاستشعار من البعد الصوتي وشبه الصوتي.

<sup>1</sup> XU, X., SANDWELL, D.T. & SMITH-KONTER, B., «Coseismic Displacements and Surface Fractures from Sentinel-1 InSAR: 2019 Ridgecrest Earthquakes», *Seismological Research Letters* 91, No.4, 2020, 1979-1985.

<sup>٢</sup> صالح، حسين عزيز، "خطة عملية متكاملة لإدارة خطر الكوارث على مواقع التراث الثقافي: حالة دراسية في الإقليم الساحلي السوري"، *المجلة العربية للبحث العلمي*، ع.١، ٢٠٢٠م، ١٦-١. <https://doi.org/10.5339/ajsr.2020.2>

<sup>٣</sup> عبد الله، عزة أحمد، "تطبيقات الاستشعار من بعد في إدارة الأزمات والكوارث"، *مجلة كلية التدريب والتنمية*، ع. ١١، ٢٠٠٥م، ٢٣٣-٢٧٥.

والاستشعار من البعد يعطى صورًا وبيانات ومعلومات للمكان تصل إلى ١٥ سم كزاوية للرؤية دون الحاجة للاقتراب منها وقد تصل لأقل من ذلك طبقا للتطور التكنولوجي السريع<sup>٤</sup>، وقد أطلقت وكالة الفضاء الأوروبية (ESA) (شكل ٨) القمر الصناعي Sentinel-1A C-band في أبريل ٢٠١٤ م، Sentinel-1B (شكل ٩) في أبريل ٢٠١٦ م (Tapete 2018)، تم الحصول على بيانات Copernicus Sentinel-1 في وضع رقعة عريضة متداخلة (IW)، مع رقعة ٢٥٠ كم، تمت معالجتها إلى نطاق أرضي Level-1 تم اكتشافه (GRD) بدقة ١٠ أمتار، وتم تصحيحها عند شدة VV (الإرسال الرأسي والاستقبال الرأسي) وشدة VH (النقل العمودي والتلقي الأفقي)، كما تم استخراج استقطابات VV و VH من صورة Copernicus Sentinel-1 المميزة هنا، من قمر صناعي في الفضاء يعمل بطول موجي يبلغ حوالي ٥ سم (رادار النطاق C)، من أجل الحصول على دقة مكانية تبلغ ١٠ أمتار، ستحتاج إلى هوائي رادار يبلغ طوله حوالي ٤٢٥٠ مترًا (A. Agapiou, ٢٠٢٠ م)، ومن ناحية أخرى، تتألف نواتج مجمع النظرة الواحدة من بيانات مركزة للبحث والإنقاذ، ومرجعية جغرافية باستخدام بيانات المدار والسلوك من الساتل، وتوفر في هندسة المدى المائل، المدى المائل (بالإنجليزية: Malant range) هو إحداثيات رصد مدى الرادار الطبيعي، والذي يُعرف بأنه خط الرؤية من الرادار إلى كل جسم عاكس، نتيجة للزلازل الذي حدث في فبراير عام ٢٠٢٣ فهناك العديد من المواقع التي تضررت فكلًا من سوريا وتركيا، ففي تركيا تضررت كلا من قلعة غازي عنتاب، مطار أضنة شاكيرياشا، كنيس أنطاكيا، قلعة ديار بكر، مسجد ملاطية الكبير، مسجد حبيب نكار، متحف هاتاي للآثار ميناء اسكندرون، كاراكوش تومولوس، نمرود داغ، مسجد شيرفاني عنتاب، كاتدرائية سيدة البشارة اسكندرون، كنيسة الروم الأرثوذكس، أما في سوريا فقد تضررت قلعة حلب التاريخية، سد عفرين، كاتدرائية البشارة حي العقبة التاريخي، حي الجلوم التاريخي، مئذنة جامع الامام اسماعيل مدينة السلمية، قلعة المرقب طرطو، قلعة القدموس، مطرانية السوربان الأرثوذكس، متحف حلب الوطني، الجامع الكبير بحمص، الجامع الأيوبي والمأذنة الشهيرة (المنارة) حلب.

### ١. مشكلة البحث:

تعد أحداث الزلازل من المخاطر الطبيعية التي تهدد بشكل كبير بقاء مواقع التراث حيث لعبت بيانات الاستشعار من البعد من صور الأقمار الصناعية الرادارية وغيرها دورًا مهمًا في رصد وقياس مدى التغيير في مستوى الأرض قبل وبعد أحداث الزلازل مما مكنها من رصد أكثر المواقع التي هددت بمخاطر أحداث الزلازل ومدى تأثير ذلك على مواقع الآثار، وفي ٦ فبراير ٢٠٢٣ م، في الساعة ١٧:٠١ بالتوقيت العالمي المنسق، ضرب زلزال بقوة ٧.٨ ميجاوات جنوب ووسط تركيا وشمال وغرب سوريا. تبعه زلزال بعد ٩ ساعات تقريبًا بقوة ٧.٥ ميجاوات في الساعة ٢٤:١٣ بتوقيت سوريا، كان مركز هذا الزلزال ٩٥ كم (٥٩ ميل)

<sup>٤</sup> سروجي، كمال سروجي درويش، "تطبيقات الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية في التحليل المكاني الزمني لتأثير الخصائص الجيومورفولوجية على النمو العمراني بمنطقة المنيا خلال الفترة ١٩٧٣-٢٠٢٣ م"، مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية، مج. ٢٠، ع. ٣٧، ٢٠٢٣ م، ٧٩-١٠٥. <https://dx.doi.org/10.21608/mkgc.2023.238157.1098>

شمال-شمال شرق من الزلزال الأول، ومن الشكل الموضح رقم (١) مركز الصدمة وقعت أضرار واسعة النطاق وعشرات الآلاف من القتلى، و(شكل ٥) يوضح زلزال ٧.٨ ميجاوات هو الأكبر في تركيا منذ زلزال أرزينكا عام ١٩٣٩م بنفس القوة، وهو ثاني أقوى زلزال تم تسجيله في البلاد بعد زلزال شمال الأناضول عام ١٦٦٨م.

إنها واحدة من أقوى الزلازل التي سجلت على الإطلاق في بلاد الشام. شعرت به حتى مصر وفلسطين ولبنان وقبرص وساحل تركيا على البحر الأسود، وكان هناك أكثر من ١٠٠٠٠٠ هزة ارتدادية في الأسابيع الثلاثة التالية. ° كان التسلسل الزلزالي نتيجة خطأ ضحل في الانزلاق الأرضي، كما كان هناك ضرر واسع النطاق في مساحة حوالي ٣٥٠٠٠٠٠ كم ٢ (حوالي مساحة ألمانيا). تضرر ما يقدر بنحو ١٤ مليون شخص، أو ١٦ في المئة من سكان تركيا.

يقدر خبراء التنمية في الأمم المتحدة أن حوالي ١.٥ مليون شخص قد تُركوا بلا مأوى، اعتباراً من ٦ مارس ٢٠٢٣م، وتم تأكيد أكثر من ٥٢٨٠٠ حالة وفاة، وأكثر من ٤٦١٠٠ في تركيا، وأكثر من ٦٧٠٠ في سوريا إنه الزلزال الأكثر دموية في تركيا منذ زلزال أنطاكية ١٥٢٦م؛ الأكثر دموية في سوريا منذ زلزال حلب ١٨٢٢م؛ الأكثر دموية في جميع أنحاء العالم منذ زلزال هايتي ٢٠١٠م؛ وخامس أكثر الكوارث دموية في القرن الحادي والعشرين، إنها أيضاً أخطر كارثة طبيعية في تاريخ تركيا الحديث.

يتأثر وسط جنوب تركيا وشمال غرب سوريا بالتفاعل بين ثلاث صفائح تكتونية، الصفيحة الأفريقية والصفحة العربية وصفحة الأناضول، تتشكل الحدود بين الصفائح الأفريقية والعربية من خلال تحويل البحر الميت (DST)، وهي منطقة رئيسية من الانزلاق الضارب الأيسر الجانبي الذي يستوعب الحركة الشمالية النسبية للعرب فيما يتعلق بأفريقيا<sup>٥</sup>، يقطع الطرف الشمالي من DST عند صدع شرق الأناضول (EAF) منطقة رئيسية أخرى من الانزلاق الضارب الأيسر الجانبي الذي يستوعب الحركة الإجمالية نحو الغرب لصفحة الأناضول، حيث يتم بثها في هذا الاتجاه من خلال الحركة الشمالية للصفحة العربية. كما هو موضح ب(شكل ٤،٣) يلتقي DST و EAF في تقاطع MarashTriple تستمر القوات الجوية الأناضولية غرب التقاطع الثلاثي، وتشكل الحدود بين الصفائح الأفريقية والأناضول، وترتبط بالقوس القبرصي إلى الغرب عبر سلسلة جبال اللاذقية. مع مقياس يعتمد على البيانات الزلزالية تتدرج شدة الهزة الزلزالية من الضعيفة (يسار الجدول - أبيض) إلى هزات شديدة العنف جدا (يمين الجدول - احمر) وطبقاً للأرقام المدرجة بالجدول كما هو موضح ب (شكل ٤) والجدول أسفل الشكل.

<sup>5</sup> QU, W., LIU, B., ZHANG, Q., GAO, Y., CHEN, H., WANG, Q. & HAO, M., *Sentinel-1 InSAR Observations of co- and Post-Seismic Deformation Mechanisms of the 2016 Mw 5.9 Menyuan Earthquake, Northwestern China.*

*Advances in Space Research* 68, No.4, 2021, 1301-1317, <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2021.03.016>

<sup>6</sup> XU, G., XU, C. & WEN, Y., «Sentinel-1 Observation of the 2017 Sangsefid Earthquake, Northeastern Iran: Rupture of a Blind Reserve-Slip Fault near the Eastern Kopeh Dagh», *Tectonophysics* 731, 2018, 131-138.

تأثرت مواقع التراث من أحداث الزلزال وتعرضت مواقع التراث في جميع أنحاء المنطقة لأضرار بالغة؛ أعريت دراسة استقصائية أولية أجرتها اليونسكو عن "قلقها بشكل خاص" على مدينة حلب القديمة، المدرجة في قائمة التراث العالمي المعرضة للخطر منذ عام ٢٠١٣، بسبب الحرب الأهلية السورية، وقد لوحظت أضرار جسيمة في القلعة، حيث انهار البرج الغربي من سور المدينة القديمة وأضعفت العديد من المباني في الأسواق"، وفي تركيا بالقرب من موقع الزلزال يوم الاثنين (٦ فبراير)، تم تدمير قلعة غازي عنتاب، التي بناها الحثيون ووسعها الرومان؛ كما أعلنت اليونسكو "انهيار العديد من المباني" في موقع التراث العالمي لقلعة ديار بكر، تشمل المواقع الرئيسية الأخرى بالقرب من مركز الزلزال التي كان من الممكن أن تتأثر غوبكلي تيبّي- موقع أقدم معبد معروف على وجه الأرض، تم بناؤه بين ٩٥٠٠-٨٢٠٠ قبل الميلاد، ونمروت داغ، موطن التماثيل الحجرية العملاقة الشهيرة التي أقامها الملك الروماني الفارسي أنطيوخوس الأول ملك كوماجين في القرن الأول.

## ٢. أهمية البحث:

إمكانية استخدام بيانات صور الأقمار الصناعية في رصد وتقييم المواقع الأثرية المهددة بمخاطر الزلازل مما يمكن المهتمين من مراقبه تلك المواقع وإمكانية وضع خطط بيئية لحماية تلك المواقع عن طريق وضع حلول ممكنة لتفادي مخاطر الزلازل في المستقبل.

## ٣. أهداف البحث:

ويستهدف هذا البحث إظهار مدى تأثير أحداث زلزال سوريا وتركيا على المناطق والمواقع الأثرية وذلك باستخدام الطرق العلمية الحديثة من بيانات وصور الأقمار الصناعية.

## ٤. منهجية البحث:

استخدام بيانات وصور الأقمار الصناعية الرادارية<sup>٧</sup> في رصد وتقييم أحداث زلزال فبراير ٢٠٢٣م على المواقع الأثرية في كل من سوريا وتركيا، واعتمد الباحث في تحليل صور الأقمار الصناعية علي أربع خطوات تم إعدادها وتطبيقها باستخدام برنامج ال SNAP (شكل ٦).

## ٥. دور اليونسكو في رصد زلازل سوريا وتركيا:

تقوم منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة يونسكو بدور مهم في حماية المواقع الأثرية باعتبارها جزءاً من التراث العالمي، والتدخل في أماكن النزاعات أو الكوارث الطبيعية لحماية التراث العالمي أحد أبرز مهام اليونسكو.

قامت اليونسكو وشركائها بإجراء مسح أولى للأضرار التي خلفها الزلزال في كل من سوريا وتركيا والعمل على تأمينها للحفاظ على الموقع الأثري كما هو موضح ب (شكل ٢٢).

<sup>7</sup> Nasa, Google Earth, May 15, 2023 <https://search.asf.alaska.edu/#/> Accessed on 15/5/2023.



مواقع تراثية وصروح أثرية لم تستطع النجاة من قوة الزلزال المدمر الذي بلغ ٧.٨ لى مقياس ريختر تشكل المناطق والمواقع الأثرية كنزاً سياحياً وحضارياً ومنها ما هو المسجل على قوائم اليونسكو للتراث العالمي.

#### ٦. قلعة غازي عنتاب - تركيا: (نموذج للدراسة):

قلعة تاريخية شُيدت خلال عصر الامبراطورية الحثية وكانت بمثابة مكان للمراقبة والدفاع فوق قمة تل ثم تم بناء جزء رئيس من القلعة خلال عصر الإمبراطورية الرومانية بالقرن الثاني والثالث بعد الميلاد ويرجع عمرها إلى ٢٢٠٠ عاماً تقريباً.

تم التوسع وتجديد القلعة على مر العصور حتى أصبح شكلها النهائي عام ٢٠٠٠م كما يوضح (شكل ١٠،٩) وهي محاطة بخندق بعمق ١٠ متراً و١٢ برجاً ويصل قطر القلعة إلى ١٠٠ متر والطول ١٢٠٠ متر ومشيدة على تل ارتفاعه ٢٥ متر وشكلها دائري غير منتظم وتم بناء جدران القلعة من الجمر، القلعة شمالاً عن قلعة حلب بمساحة ٩٦ كم تقريباً.

#### ١.٦. تأثير الزلزال على القلعة:

زلزال بقوة ٧.٨ درجة بمقياس ريختر وهو الزلزال الأكبر في تاريخ المنطقة، زلزال عام ١٩٣٩ شمال شرق تركيا الذي تسبب في أضرار كبيرة في ذلك الوقت كما يوضح (شكل ١١)، تهدم أجزاء منها بفعل قوة الزلازل وتصدع أجزاء كبيرة من أسوار وأبراج وحصون القلعة فهو تدمير شبه كامل وتنتشر الحطام على الطريق من شدة الزلازل المدمرة وأجزاء من مسجد شيرقاتي القريب من محيط القلعة دمرت أيضاً، وبعد الزلزال الأول أعقبه زلزال في أقل من ١٢ ساعة بلغت قوته ٧.٥ درجة بمقياس ريختر مما أسفر عن انهيار الكثير من المناطق والمواقع الأثرية نتيجة الهزات المتلاحقة للزلزال الأول وانهارت كاتدرائية البشارة الكاثوليكية في مدينة الاسكندوفية جنوبي تركيا التي تم بناءها ما بين ١٨٥٨م-١٨٧١م وأعيد بناؤها عام ١٩٠١م بعد اندلاع حريق.

#### ٧. قلعة حلب القديمة - سوريا: (نموذج للدراسة):

قلعة تاريخية شُيدت في الألفية الثالثة قبل الميلاد وأغلب البناء الحالي يعود إلى الدولة الأيوبية، وتم تجديد القلعة على مر العصور حتى أصبح شكلها الحالي عام ٢٠٠٠م كما هو موضح ب(شكل ١٧) وهي تُشبه قلعة غازي عنتاب بتركيا، وتقع القلعة على تل بطول ٤٥٠ متر وعرضها ٣٢٥ متراً وقمة التل ٢٨٥ متراً وعرضها ١٦٠ متراً وارتفاع التل ٥٠ متراً والقلعة على تل ذو قاعدة دائرية وتم بناؤها من الحجر وهي محاطة بخندق بعمق ١٢ متراً ويمتد جسر مقنطر متصل بالقلعة ببوابة وبرج والجسر به ٦ منعطفات مقنطرة، والشكلان رقم (١٢، ١٣) يوضحان أن اللون الأحمر هو هبوط في منسوب الأرض بقياس ٠.٠١٣٨- وهذا يدل على شدة الزلزال في المباني والمنشآت الواقعة على تلك العلامة، أما اللون الأبيض

فهو يوضح منسوب المنتصف منطقة الثبات النسبي بقياس ٠.٠٠١٧- بينما اللون الأزرق يدل على إرتفاع في منسوب الأرض بقياس ٠.٠١٣٨ في المباني والمنشآت الأثرية .

### ١.٧. تأثير الزلازل على القلعة:

تضرر مدخل البرج وهو باب القلعة الرئيس كما يوضح (شكل ١٨)، وهبوط في سقف القوس الحامل لمدخل القلعة، وهبوط في مدخل الباب للبرج وسقوط حجارة قنطرة المدخل، وتم رصد سقوط أجزاء من الأسوار الدفاعية الشمالية والشرقية والجنوبية والقريبة وتصدعات طولية وانهيار في مدخل البرج المملوكي من الشرق كما يوضح (شكل ١٩) وانهيار أجزاء من الجامع الأيوبي وسقوط عدد من مآذن الجوامع التاريخية نتيجة للهزات الزلزالية المتلاحقة، كما يتضح من شكل (٢٠) و(٢١) من صور الأقمار الصناعية الرادارية سينتينال ١ والذي رصد أثر الزلزال على دولة سوريا وإظهار منطقة حلب ومدى الأضرار التي لحقت بها نتيجة الزلزال والهزات الارتدادية على المنطقة.

### الخاتمة والنتائج:

- أثبتت الدراسة التي تم إجراؤها باستخدام بيانات الاستشعار من البعد (صور الأقمار الصناعية الرادارية) على بعض المواقع الأثرية بكل من تركيا وسوريا، وتعرض تلك المواقع لخطر الزلزال بدرجة قد أدت إلى هدم جزئي للعديد من المواقع الأثرية بكلا البلدين.
- إمكانية استخدام بيانات الاستشعار من البعد (مثل بيانات رادار سينتينال-١) في الكشف عن آثار الزلزال على مواقع التراث.
- الاستشعار من البعد يساعد في وضع سيناريوهات يمكنها تقليل المخاطر الناتجة عن أحداث الزلازل على المناطق الأثرية وحماية تلك المواقع التراثية من خلال إيجاد بعض الحلول للتخفيف من آثار الزلزال في حالة حدوثها (شكل ٢٢).
- يوصي الباحث بتشكيل لجان بحثية من تخصصات علمية مختلفة لدراسة حالة المواقع الأثرية وتسجيلها لمعرفة أثر حدوث أي من المخاطر الطبيعية المحتملة؛ وذلك طبقاً للتغيرات المناخية وحالة كل موقع أثري والمتابعة بشكل دوري لتلك المواقع.
- اقتراح كود الزلازل للمباني والمنشآت الأثرية والتاريخية لفتح المجال أمام بروتوكول علمي كدستور وميثاق للعمل به على المواقع والمناطق للحفاظ على المنشآت والمباني الأثرية والتراثية.
- دعوة المراكز البحثية المتخصصة في علوم الزلازل والجامعات والعلماء والمهندسين والمتخصصين؛ وذلك لمواجهة العوامل الطبيعية والبشرية والتغيرات المناخية المختلفة التي تؤثر على المباني التاريخية والتراثية لإيجاد الحلول العلمية لتلك الظواهر.



## ثبت المصادر والمراجع:

- صالح، حسين عزيز، "خطة عملية متكاملة لإدارة خطر الكوارث على مواقع التراث الثقافي: حالة دراسية في الاقليم الساحلي السوري"، *المجلة العربية للبحث العلمي*، ع.١، ٢٠٢٠م، ١-١٦.  
<https://doi.org/10.5339/ajsr.2020.2>
- عبد الله، عزة أحمد، "تطبيقات الاستشعار من بعد في ادره الازمات والكوارث"، *مجلة كلية التدريب والتنمية*، ع. ١١، ٢٠٠٥م، ٢٣٣-٢٧٥.
- سروجي، كمال سروجي درويش، "تطبيقات الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية في التحليل المكاني الزمني لتأثير الخصائص الجيومورفولوجية على النمو العمراني بمنطقة المنيا خلال الفترة ١٩٧٣-٢٠٢٣ م"، *مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية*، مج.٢٠، ع. ٣٧، ٢٠٢٣م، ٧٩-١٠٥.  
<https://dx.doi.org/10.21608/mkcg.2023.238157.1098>

## المواقع الإلكترونية:

- <https://www.euprapeace.org/news/2023/02/statement-turkiye-syria-earthquake>
- Seismic velocity and Poisson's ratio tomography of the crust beneath East Anatolia (Research Gate).  
[https://www.researchgate.net/figure/Simplified-tectonic-map-of-eastern-Turkey-showing-major-structures-and-neotectonic\\_fig13\\_251670931](https://www.researchgate.net/figure/Simplified-tectonic-map-of-eastern-Turkey-showing-major-structures-and-neotectonic_fig13_251670931) Accessed on 20-4-2023
- File: Anatolian Plate Vectoral-tr.svg, Wikimedia  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatolian\\_Plate\\_Vectoral-tr.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatolian_Plate_Vectoral-tr.svg) Accessed on 5-9-2023
- File: M 7.5 - 4 km SSE of Ekinözü, Turkey.jpg , Wikimedia  
[https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:M\\_7.5\\_-\\_4\\_km\\_SSE\\_of\\_Ekin%C3%B6z%C3%BC\\_Turkey.jpg](https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:M_7.5_-_4_km_SSE_of_Ekin%C3%B6z%C3%BC_Turkey.jpg) Accessed on 13-5-2023
- Turkey magnitude 7.5 earthquake (12-24 PM, 6 February 2023).png, Wikimedia  
[https://ar.m.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Turkey\\_magnitude\\_7.5\\_earthquake\\_%2812-24\\_PM,\\_6\\_February\\_2023%29.png](https://ar.m.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Turkey_magnitude_7.5_earthquake_%2812-24_PM,_6_February_2023%29.png) Accessed on 13-5-2023
- Turkish Tour Operator, <https://www.incaturizm.com/tag/adiyaman/> Accessed on 12-5-2023
- Mount Nemrut Trips, [https://www.tripadvisor.com/Attraction\\_Review-g297957-d300646-Reviews-Mount\\_Nemrut-Adiyaman.html](https://www.tripadvisor.com/Attraction_Review-g297957-d300646-Reviews-Mount_Nemrut-Adiyaman.html) Accessed on 20-9-2023
- B.B.C News, 5 March, 2023  
<https://www.bbc.com/arabic/middleeast-64711083> Accessed on 5-3-2023
- <https://2u.pw/l4Hs5YkC> Accessed on 13-5-2023
- al-Arabiya News, <https://2u.pw/3IT0Mubr> Accessed on 13-5-2023.
- لقطات جوية تظهر حجم الدمار الذي تخلفه زلزال تركيا وسوريا، قناة تركيا بالعربي  
<https://2u.pw/x0WAm1kS> Accessed on 14-5-2023.

- جريدة اليوم السابع 13 June, 2023

- <https://www.euprapeace.org/news/2023/02/statement-turkiye-syria-earthquake> Accessed on 17/3/2023.

## References:

- 'ĀBDULLĀH , 'AZA AĤMAD, « Tṭbīqāt al-'Astš'ār mīn bū'd fī Adrā al-'Azmāt wa'l-Kāwārt », *Mağallat Kūlyia al-Tadrīb wa'l-Tanmīya*, N<sup>o</sup>. 11, 2005, 233-275.
- SĀLĤ, ḤUSSĪN 'AZĪZ , « ḥiṭa 'Amlīya Mutkāmila Lidāra ḥaṭar al-Kawārt 'alā Mawāq' al-Turāt al-Taqāfi : Ḥāla Drāsiya fī al-Āqlīm al-Sāḥli al-Sūri », *al-Mağallat al-'Arabiya lil-Baḥṭ al-'Lmi*, N<sup>o</sup>.1, 2020, 1-16.

- SŪRŪĠĪ ,KAMĀL SURŪĠĪ DARWYŠ ,« Tībīqāt al-'Astš'ār mīn bu'd wa Nuzum al-'Ma'lūmāt al-Ġġrāfiyā fi al-'Tahlīl al-Makānī al-Zamnī li-T'aṭīr al-ḥaṣā'īs al-Ġūmūrfulūġiyya 'alā al-numū al-'umrānī bi-mantqa al-minīā ḥilāl al-fatra 1973-2023», *mağallat markaz al-buḥūṭ al-ġġrāfiyya wal-kārtūġrāfiyya* 20, N<sup>o</sup>. 37, 2023, 79-105.
- XU, G., XU, C. & WEN, Y., «Sentinel-1 Observation of the 2017 Sangsefid Earthquake, Northeastern Iran: Rupture of a Blind Reverse-Slip Fault near the Eastern Kopeh Dagħ», *Tectonophysics* 731, 2018, 131-138.
- XU, X., SANDWELL, D.T. & SMITH-KONTER, B., «Coseismic Displacements and Surface Fractures from Sentinel-1 InSAR: 2019 Ridgecrest Earthquakes», *Seismological Research Letters* 91, N<sup>o</sup>.4, 2020, 1979-1985.
- QU, W., LIU, B., ZHANG, Q., GAO, Y., CHEN, H., WANG, Q. & HAO, M., *Sentinel-1 InSAR Observations of co-and Post-Seismic Deformation Mechanisms of the 2016 Mw 5.9 Menyuan Earthquake, Northwestern China*. *Advances in Space Research* 68, N<sup>o</sup>.4, 2021, 1-17, <http://dx.doi.org/10.1016/j.asr.2021.03.016>

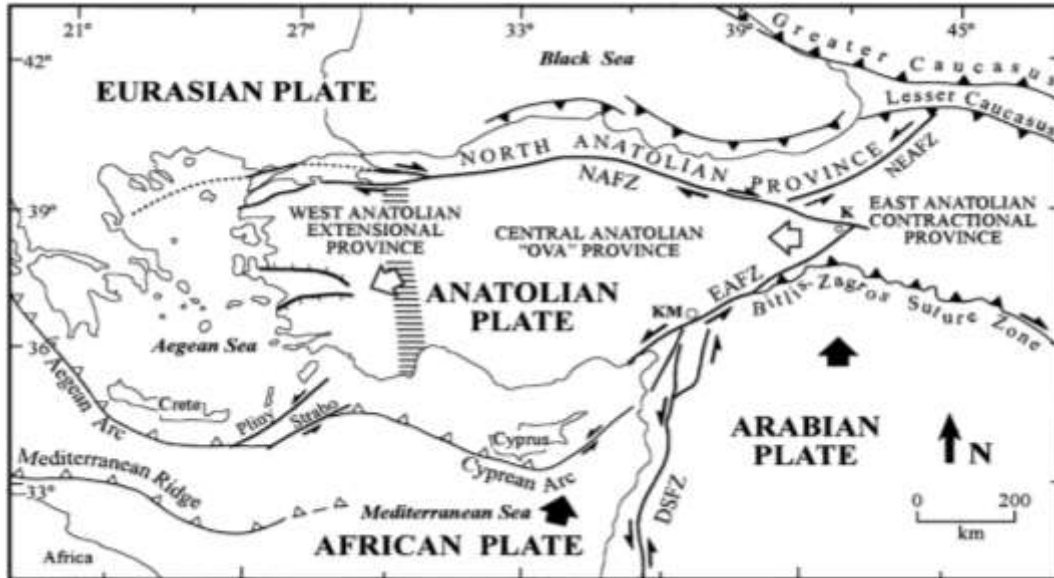
## الكتالوج



(شكل ١) مركز الصدمة الرئيسية في الغرب والشمال الغربي من غازي عنتاب

<https://www.euprapeace.org/news/2023/02/statement-turkiye-syria-earthquake>

Accessed on 17/3/2023.



(شكل ٢) الفوالق (التصدعات) الرئيسية بمنطقة الدراسة

[https://www.researchgate.net/figure/Simplified-tectonic-map-of-eastern-Turkey-showing-major-structures-and-neotectonic\\_fig13\\_251670931](https://www.researchgate.net/figure/Simplified-tectonic-map-of-eastern-Turkey-showing-major-structures-and-neotectonic_fig13_251670931)

Accessed on 20/4/2023.

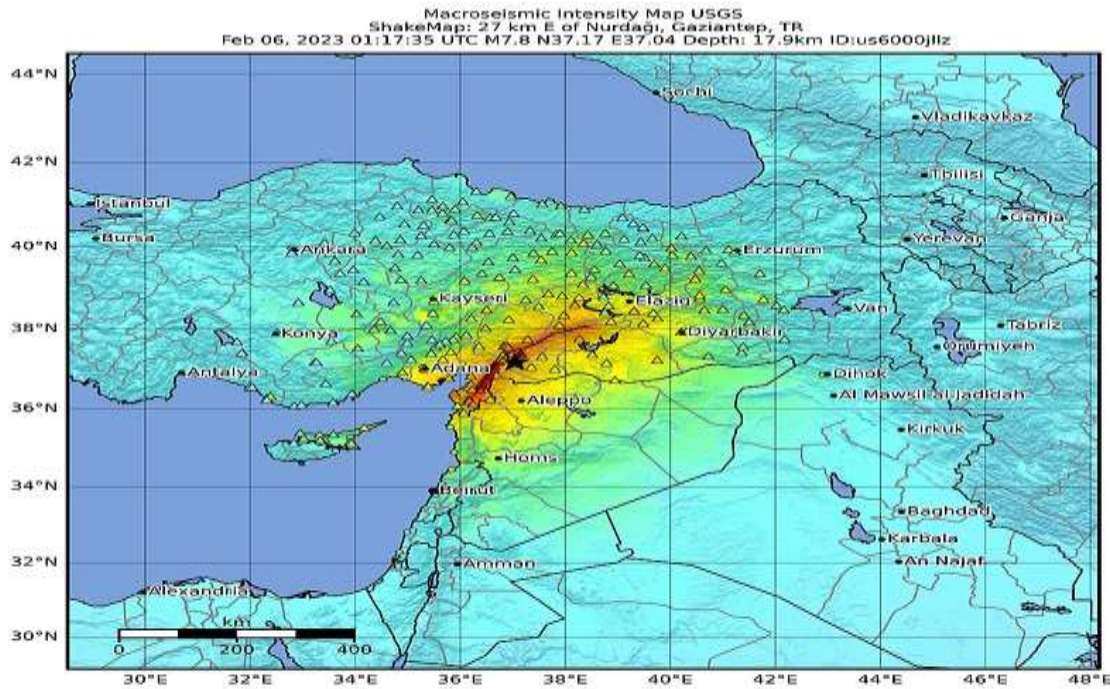




(شكل ٣) خريطة صفيحة الأناضول، توضح موقع صدع شرق الأناضول

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatolian\\_Plate\\_Vectoral-tr.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anatolian_Plate_Vectoral-tr.svg)

Accessed on 5/9/2023.



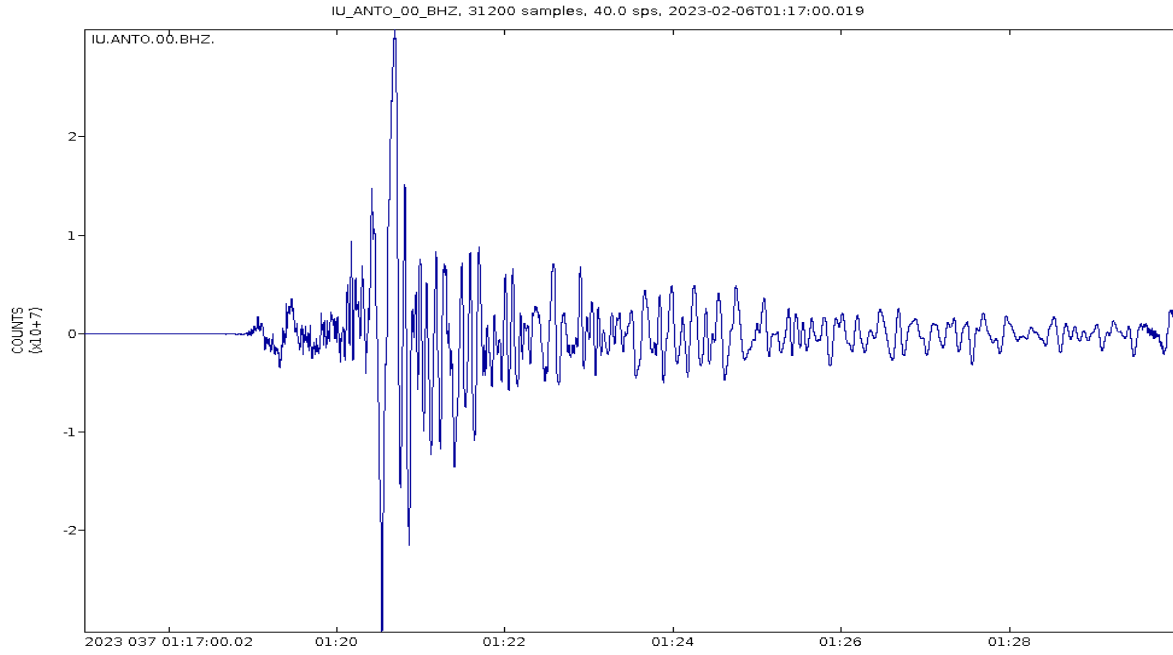
SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
DAMAGE	None	None	None	Very light	Light	Moderate	Moderate/heavy	Heavy	Very heavy
PGA(%g)	≤0.0464	0.297	2.76	6.2	11.5	21.5	40.1	74.7	>139
PGV(cm/s)	≤0.0215	0.135	1.41	4.65	9.64	20	41.4	85.8	>178
INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X

Scale based on Worden et al. (2012) Version 11; Processed 2023-02-11 12:20:14Z  
 Δ Seismic Instrument ○ Reported Intensity ★ Epicenter □ Rupture

(شكل ٤) خريطة الكثافة الكلية لهيئة المسح الجيولوجي الأمريكي - تركيا وسوريا

[https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:M\\_7.5\\_-\\_4\\_km\\_SSE\\_of\\_Ekin%C3%B6z%C3%BC,\\_Turkey.jpg](https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:M_7.5_-_4_km_SSE_of_Ekin%C3%B6z%C3%BC,_Turkey.jpg)

Accessed on 13/3/2023.

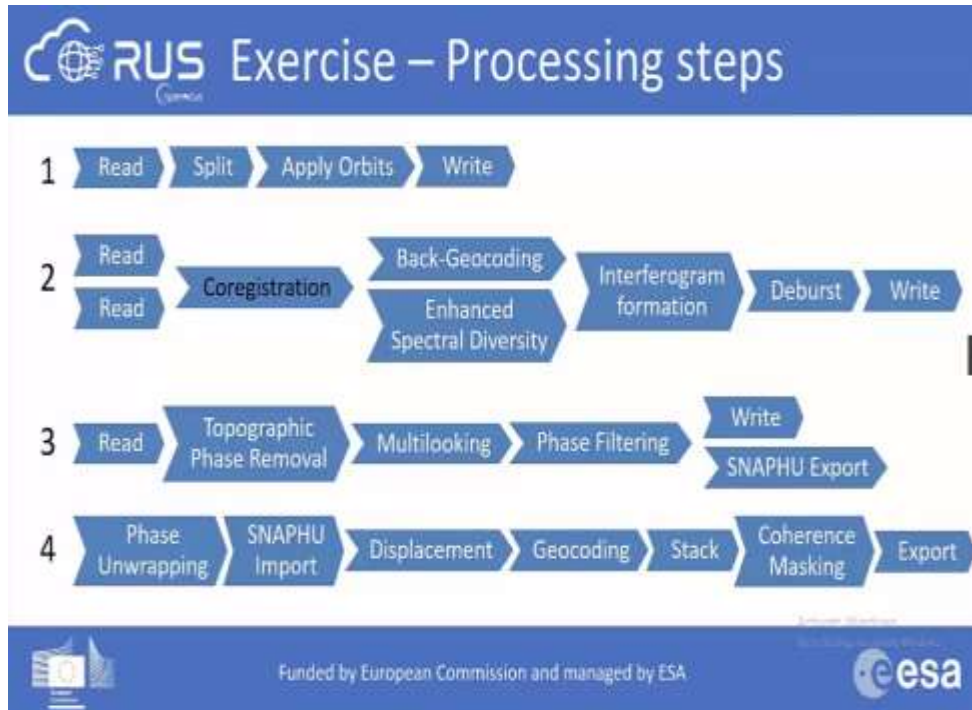


(شكل ٥) مخطط الزلازل هو مخرج رسم بياني بواسطة مخطط الزلازل. إنه سجل للحركة الأرضية في

محطة القياس كدالة للزمن

[https://ar.m.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Turkey\\_magnitude\\_7.5\\_earthquake\\_%2812-24\\_PM,\\_6\\_February\\_2023%29.png](https://ar.m.wikipedia.org/wiki/%D9%85%D9%84%D9%81:Turkey_magnitude_7.5_earthquake_%2812-24_PM,_6_February_2023%29.png)

Accessed on 13/5/2023.

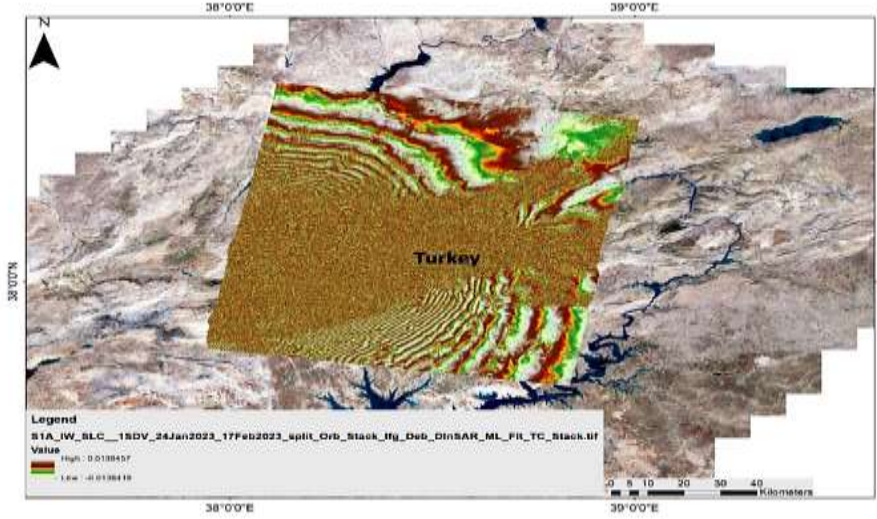


(شكل ٦) الخطوات التي تم القيام بها لتحليل صور الأقمار الصناعية الرادارية للحصول على قيم الهبوط الارض

[/https://dataspace.copernicus.eu](https://dataspace.copernicus.eu)

Accessed on 14/4/2023.





(شكل ٧) قيم الهبوط الأرضي باستخدام صور ال سينتال 1 بشمال تركيا

[/https://dataspace.copernicus.eu](https://dataspace.copernicus.eu)

Accessed on 5/5/2023.



(شكل ٨) قيم الهبوط الأرضي الناتج عن الزلزال بمنطقة الدراسة موضحة على صور القمر الصناعي سينتال B- تركيا

<https://dataspace.copernicus.eu>/Accessed on 5/5/2023



(شكل ٩) صورة توضيحية قبل وبعد الزلزال قلعة غازي عنتاب - تركيا

[/https://hillsboroglobe.com/18518/showcase/earthquaketurkey](https://hillsboroglobe.com/18518/showcase/earthquaketurkey)

Accessed on 14/5/2023.



(شكل ١٠) صورة لقلعة غازي عنتاب من أحد الزوايا بعد الزلزال - تركيا

<https://www.cairo24.com/1743547>

Accessed on 13/5/2023.

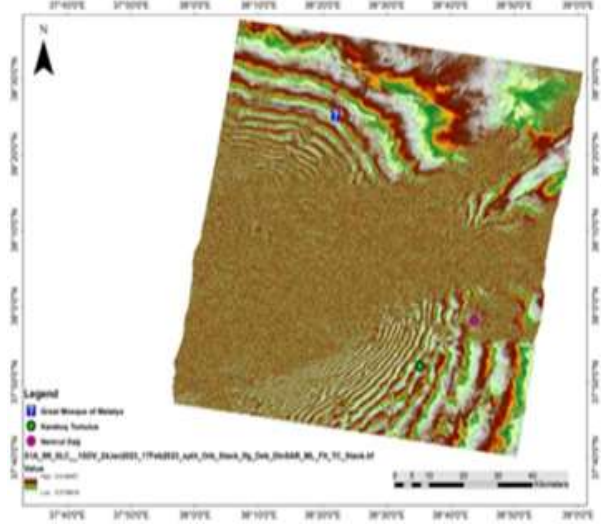
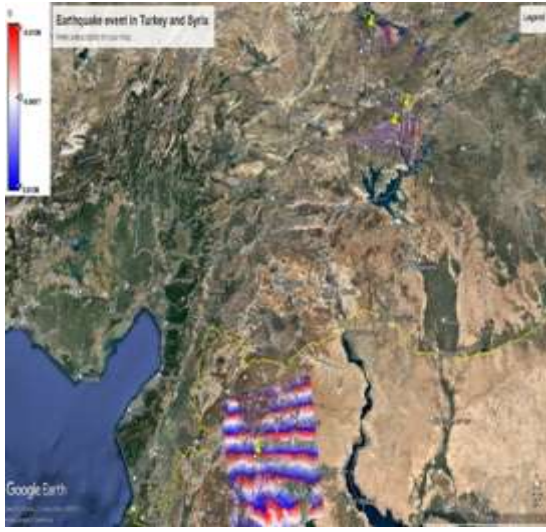


(شكل ١١) صور توضيحية قبل وبعد الزلزال لقلعة غازي عنتاب- تركيا

<https://2u.pw/c6X2clK4>

Accessed on 14/5/2023.





(شكل ١٣) قيم الهبوط الأرضي بالقرب من مسجد  
بنى الكبير - قراقوس تومولوس - نمرود داغ -  
بتركيا

<https://dataspace.copernicus.eu> Accessed on  
14/5/2023.

(شكل ١٢) قيم الهبوط الأرضي الناتج عن الزلزال  
بمنطقة الدراسة موضحة على القمر الأوروبي  
<https://dataspace.copernicus.eu> Accessed  
on 14/5/2023.



(شكل ١٤) مسجد بنى الكبير قبل وبعد الزلزال توضح انها تقع في منطقة الزلزال التي حدثت بها ارتفاع في منسوب  
التربة كما هو موضح بالشكل رقم (١٢، ١٣) من صور الأقمار الصناعية الرادارية  
[https://www.9news.com.au/world/before-after-photos-of-turkey-earthquake-devastation/a0c017b1-  
82e2-4492-94b4-7b935dd1296d](https://www.9news.com.au/world/before-after-photos-of-turkey-earthquake-devastation/a0c017b1-82e2-4492-94b4-7b935dd1296d)

Accessed on 7/3/2023.



(الشكل ١٥) يوضح قبل وبعد الزلزال للموقع الأثري كراكوس تومولوس حيث يوضح انها في المنطقة المنخفضة باللون

الاخضر في صور الأقمار الصناعية بالشكل رقم (١٣ ، ١٢)

<https://www.incaturizm.com/tag/adiyaman/>

Accessed on 12/5/2023.



Monumental statues on Mount Nemrut - luckily undamaged by the recent earthquake

(شكل ١٦) الموقع الأثري نمروود داغ يتضح انها تقع في منطقة الثبات النسبي اللون الابيض كما هو موضح

(شكل ١٣)

[https://www.tripadvisor.com/Attraction\\_Review-g297957-d300646-Reviews-Mount\\_Nemrut-Adiyaman.html](https://www.tripadvisor.com/Attraction_Review-g297957-d300646-Reviews-Mount_Nemrut-Adiyaman.html)

Accessed on 20/9/2023.



(شكل ١٧) صورة بقلعة حلب قبل الزلزال - سوريا

<https://www.bbc.com/arabic/middleeast-64711083>

Accessed on 5/3/2023.





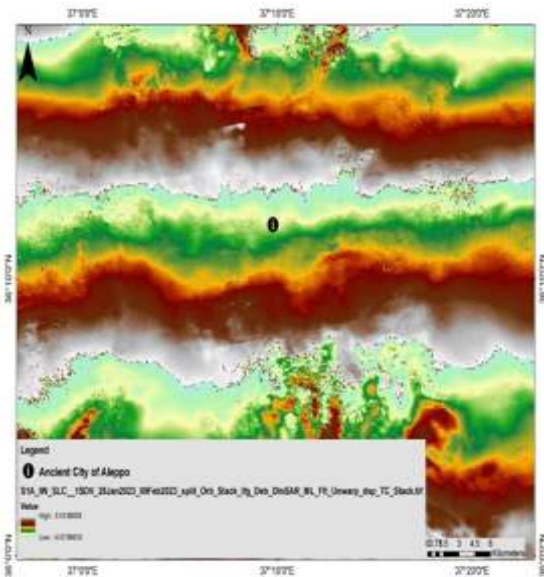
(شكل ١٨) صورة توضح تدهم البوابة الرئيسية بقلعة حلب جراء الزلزال

<https://2u.pw/14Hs5YkC> Accessed on 5/3/2023.



(شكل ١٩) أجزاء من سور القلعة - حلب بعد الزلزال

<https://2u.pw/KhONqc1K> Accessed on 13/6/2023.

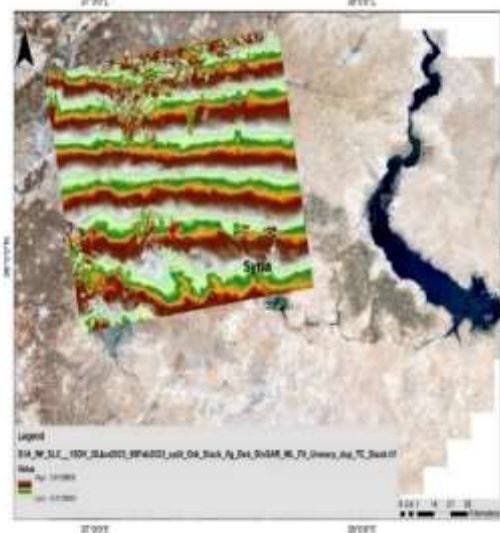


(شكل ٢١) قيم الهبوط الارضي بمنطقة حلب القديمة

بدولة سوريا - سينتينال مدينة حلب القديمة

[/https://dataspace.copernicus.eu](https://dataspace.copernicus.eu)

Accessed on 20/3/2023.

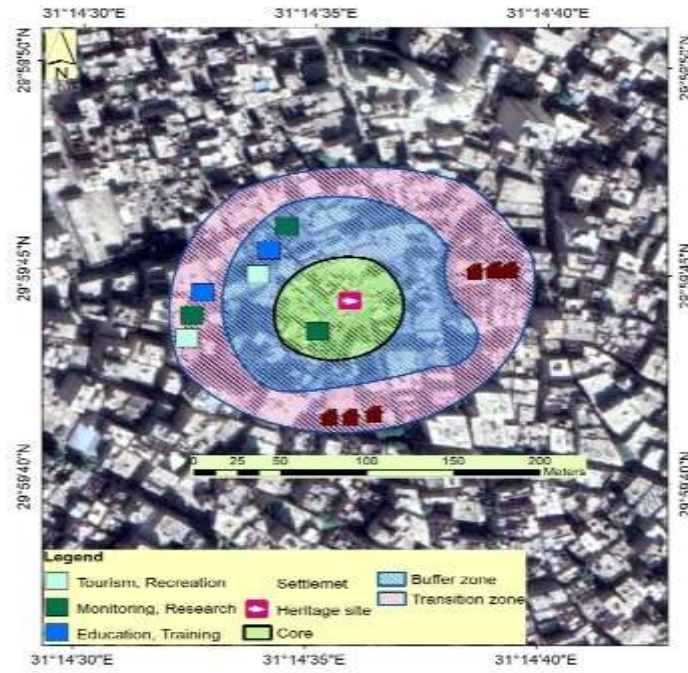


(شكل ٢٠) قيم الهبوط الارضي الناتج عن الزلزال

بوسط سوريا

[/https://dataspace.copernicus.eu](https://dataspace.copernicus.eu)

Accessed on 20/3/2023.



شكل ٢٢) بعض التوصيات لتقليل المخاطر الواقعة على المناطق الأثرية والمنازل المجاورة لها بناء على نموذج مقترح من قبل هيئة اليونسكو لعمل دوائر لحماية الموقع الأثري

<https://dataspace.copernicus.eu/>

Accessed on 15/3/2023.