

Geomorphological Effects of Kathraba/Alaghwar Road by Using GIS

Noor Albkoor¹, Mohammad AL-Qaralleh^{2*}

¹ Graduate Student

² Department Of Geography, College Of Social Sciences, Mutah University

Received: 28/2/2021
Revised: 16/5/2021
Accepted: 18/7/2021
Published: 30/11/2022

* Corresponding author:
mqaralleh@mutah.edu.jo

Citation: Albkoor, N. ., & AL-Qaralleh, M. . Geomorphological Effects of Kathraba/Alaghwar Road by Using GIS. *Dirasat: Human and Social Sciences*, 49(5), 102–124.
<https://doi.org/10.35516/hum.v49i5.3458>



© 2022 DSR Publishers/ The University of Jordan.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY-NC) license
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Abstract

This study deals with the geomorphological effects of the Kathraba/Alaghwar road in AlKarak Governorate in southern Jordan, intending to clarify the geomorphological effects to which the study area is exposed, the quality of the engineering facilities and assessing the slippage of lands, the emphasis was placed on the Kathraba / Alaghwar road, due to its high economic importance and great terrain diversity, in terms of steepness and meandering, and this was done by studying geological and topographic maps, satellite images and climatic elements that were obtained, and using the GPS device, GIS software, Google Earth and through it, maps of the study area and terrain sections were extracted. The study concluded that the road construction affected the geomorphology of the area in terms of the spread of cutting and filling sites along the road and the risk of landslides, and it was found that the Kathraba / Alaghwar road falls within a very high slippage range. The study recommended the use of specialists in the field of geology and geomorphology before starting the projects, increasing the number of hydraulic installations along the road, and establishing retaining walls in areas with high susceptibility to landslides.

Keywords: Geomorphological effects, road, landslide, GPS.

الأثار الجيومورفولوجية لطريق كثرابا / الأغوار باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS

نور البكور¹، محمد القرالله^{2*}

¹ طالبة دراسات عليا

² قسم الجغرافيا، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة مؤتة

ملخص

تناولت الدراسة الأثار الجيومورفولوجية المترتبة على شق طريق كثرابا / الأغوار في محافظة الكرك جنوب الأردن، بهدف إيضاح الأثار الجيومورفولوجية التي تتعرض لها منطقة الدراسة، ومدى جودة المنشآت الهندسية وتقييم قابلية الأراضي للانزلاق، وتم التركيز على طريق كثرابا / الأغوار؛ لما له من أهمية اقتصادية عالية وتنوع جيومورفولوجي؛ من حيث شدة الانحدار والتعرجات، وتم ذلك بالاعتماد على العمل الميداني، ودراسة الخرائط الجيولوجية والطبوغرافية، والمرئيات الفضائية، والعناصر المناخية التي تم الحصول عليها، وجرى استخدام جهاز تحديد المواقع العالمي GPS، وبرمجيات نظم المعلومات الجغرافية GIS، وGoogle- Earth لاستنتاج خرائط خاصة بمنطقة الدراسة ومقاطع تضاريسية. توصلت الدراسة إلى أن شق الطريق أثر على جيومورفولوجية المنطقة؛ من حيث انتشار مواقع القطع والردم على امتداد الطريق وخطر الانهيارات الأرضية، وتبين أن طريق كثرابا / الأغوار يقع ضمن نطاق قابلية انزلاق عالية جدًا. أوصت الدراسة بالاستعانة بمختصين في المجال الجيولوجي والجيومورفولوجي قبل البدء بالمشروع، خاصة في المواقع ذات التنوع الجيومورفولوجي، وزيادة عدد المنشآت الهيدروليكية على امتداد الطريق، وإنشاء جدران استنادية في المناطق ذات القابلية العالية للانهيارات الأرضية.

الكلمات الدالة: الأثار الجيومورفولوجية، طريق، الانزلاق الأرضي، نظام التوقيع العالمي.

المقدمة:

يعد طريق كثريا/الأغوار طريق حيوي يربط محافظة الكرك بالأغوار الجنوبية بطول 28 كم، الذي سيعمل بدوره على خدمة محافظة الكرك على نحو عام، وخاصة لوائي المزار الجنوبي وعي، لكون المنطقة تكاد تكون شبه خالية من أي نشاط اقتصادي، إذ يسهل حال إتمامه ربط الأغوار الجنوبية بالخط الدولي (الصحراوي) بمدة زمنية أقل، وقد وضعت ثلاث مراحل لإتمام تنفيذ الطريق، المرحلة الأولى تم الانتهاء منها قبل عدة سنوات بكلفة خمسة ملايين دينار مع بقاء جزء لم يُعبد من هذه المرحلة بطول 10 كم.

ويمكن اعتبار طريق كثريا/الأغوار طريقًا تنمويًا وذلك باستخدامه لنقل البوتاس باتجاه الطريق الصحراوي، إضافة لأهميته كطريق سياحي؛ إذ يمتاز بمروره من مناطق مرتفعة عن مستوى سطح البحر بمقدار 1100 م، وصولاً إلى طريق الأغوار الجنوبية بمندوب 310 م عن مستوى سطح البحر.

وتعد الآثار الجيومورفولوجية (الانهيارات الأرضية، وانجراف التربة، والفيضانات، والعمليات الجيومورفولوجية) ذات أهمية في عملية التخطيط وتحسين البنية التحتية للمشاريع واختيار المكان الأمثل لإقامة المشاريع على نحو عام.

وتهدف الدراسة إلى تعرّف الآثار الجيومورفولوجية للطريق بسبب أعمال القطع، والردم وتعديل الأشكال الأرضية على امتداد الطريق، وخاصة أن الطريق يمر في مناطق ذات تنوع جيومورفولوجي وذلك عن طريق دراسة ميدانية للمنطقة، وتحديد إحداثيات بعض المعالم الجيومورفولوجية، واشتقاق خرائط توضح الآثار الجيومورفولوجية لها.

-مشكلة الدراسة:

يؤدي إنشاء الطرق في المناطق متنوعة الأشكال الأرضية إلى آثار جيومورفولوجية تتعرض لها، تشتمل على تعديل الأشكال الأرضية، والعمليات الجيومورفولوجية، والشبكة المائية، وجاءت الدراسة لتحديد الآثار الجيومورفولوجية لإنشاء طريق كثريا / الأغوار على امتداد الطريق، والعمل على توفير بيانات تتعلق بالنواحي الجيومورفولوجية (طول الطريق، وأعمال القطع والردم، وأثارها على الشبكة المائية، والانهيارات الأرضية، والآثار الجيومورفولوجية التي يمكن أن تحدث بفعل عمليات إنشاء الطريق)، وتوظيف برامج نظم المعلومات الجغرافية لاشتقاق خرائط للمنطقة.

- مبررات الدراسة:

- ندرة الدراسات الجيومورفولوجية عن منطقة الدراسة.

- تحديد الآثار الجيومورفولوجية لإنشاء الطريق.

- الأهمية الاقتصادية للطريق.

- البُعد السياحي للطريق.

- قد تساعد نتائج الدراسة على اتخاذ القرار للتخطيط المستقبلي للمنطقة.

-أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى تحقيق ما يلي:

- إجراء مسح جيومورفولوجي لمنطقة الدراسة لتحديد أماكن القطع والردم.

- تحديد الآثار الجيومورفولوجية الناتجة عن إنشاء الطريق كالانهيارات الأرضية.

- تقييم مدى جودة المنشآت الهندسية المقامة في بعض المواقع.

- تطبيق تقنية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في بناء قاعدة بيانات مكانية لمنطقة الدراسة تفيد أصحاب القرار في التخطيط المستقبلي للمنطقة.

-أسئلة الدراسة:

- ما التوزيع المكاني لمناطق القطع والردم؟

- ما الآثار الجيومورفولوجية لإنشاء طريق كثريا/ الأغوار؟

- ما مدى جودة المنشآت الهندسية على امتداد الطريق؟

- ما إمكانية توظيف نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات مكانية لمنطقة الدراسة؟

منهجية الدراسة:-

لتحقيق أهداف الدراسة تم العمل وفقاً للمناهج الآتية:

-أولاً: المنهج الوصفي التحليلي:

استخدم لوصف منطقة الدراسة، وتفسير جميع الظروف المحيطة بها ودراستها من الناحية الطبوغرافية؛ من حيث الانحدار والمنسوب عن مستوى سطح البحر، والخصائص المناخية كالحرارة، والأمطار، والرطوبة النسبية، والرياح، والجيولوجية.

-ثانياً: المنهج التحليلي:

استخدم لتحليل التغيرات التي طرأت على الطريق بفعل العوامل الطبيعية والبشرية، وتحليل الآثار الجيومورفولوجية التي أثرت على منطقة الدراسة وذلك عن طريق تحليل المراثيات الفضائية.

واعتمدت الدراسة على العمل الميداني واشتمل على:

- زيارات ميدانية متعددة على امتداد مراحل إعداد الدراسة.
- تحديد الآثار الجيومورفولوجية على امتداد الطريق، كالانهيارات الأرضية.
- التصوير الفوتوغرافي للعديد من الظواهر الجيومورفولوجية على امتداد الطريق.
- توقيع إحداثيات بعض الآثار الجيومورفولوجية المهمة (جزء من الطريق غير المكتمل الذي لم يظهر على Google earth)، والانهيارات الأرضية، ومواقع العبارات، ومواقع القطع والردم باستخدام (GPS)

-مصادر البيانات:

اعتمد في الحصول على بيانات الدراسة على المصادر الآتية:

-أولاً: البيانات المكانية:

- الخارطة الجيولوجية لعام 1988، من سلطة المصادر الطبيعية، بمقياس رسم 1:50000.
- المراثيات الفضائية تغطي منطقة الدراسة من القمر الصناعي (land sat 8) من موقع المساحة الجيولوجية الأمريكية لعام 2017.
- نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة (12.5*12.5) م، يغطي منطقة الدراسة من محطة المعهد الجيوفيزيائي بجامعة الاسكا (ASF) لعام 2009.
- خارطة تربة من وزارة الزراعة، بمقياس 1:50000، لعام 2015.
- مخطط الطريق لعام 2010 من المكتب الاستشاري العالمي ACE، بمقياس 1:2500.

-ثانياً: البيانات الوصفية:

- الحصول على البيانات المناخية، والتقارير المنشورة وغير المنشورة من الدوائر الرسمية وغير الرسمية مثل:
- سلطة المصادر الطبيعية (البيانات الطبوغرافية).
- وزارة الزراعة (بيانات التربة).
- وزارة المياه (بيانات جيولوجية).
- المكتب الاستشاري العالمي (ACE)، 2010 (كميات القطع والردم).
- دائرة الأرصاد الجوية 2018 (بيانات مناخية لعام 2018، وإحداثيات محطات الرصد وقياس المطر التابعة لمنطقة الدراسة).
- الدراسات السابقة، والأبحاث العلمية، والمراجع والرسائل الجامعية التي تناولت موضوع الدراسة.

-الدراسات السابقة:

أشارت دراسة القرالة، 2008 إلى تحليل أثر شق الطرق في الخصائص الجيومورفولوجية للمناطق التي تمر بها؛ من حيث الأشكال الأرضية، والعمليات والآثار الجيومورفولوجية، والشبكة المائية، وذلك لما تمتاز به من كثرة الانحدارات والتعرجات، وصعوبة الأعمال الهندسية في بعض أجزائها، وأجرت وزارة الأشغال العامة والإسكان عدة تعديلات على الطريق، وركزت هذه التعديلات على جعل الطريق بمسارين وتجنب قدر الإمكان المناطق المنحدرة. وقد وتوصلت الدراسة إلى أن طريق الكرك – القطرانة من الطرق المكلفة اقتصادياً لوعورة المنطقة وصعوبة العمل فيها، وأنها قد أدت عمليات شق الطريق إلى حدوث تأثير في جيومورفولوجية المنطقة وتشمل الانهيارات الأرضية في بعض مناطق القطع، والفيضانات في مناطق التصريف المائي التي تنتشر على امتداد الطريق. وتناولت دراسة النوايسة، 2010 تقييم القابلية للانزلاقات الأرضية في حوض وادي عسال وتعرف الخصائص الطبيعية للحوض والانزلاقات الأرضية الفعلية، وقد استخدم لهذا الغرض الأسلوب الإحصائي المعتمد على استخراج القيمة الوزنية

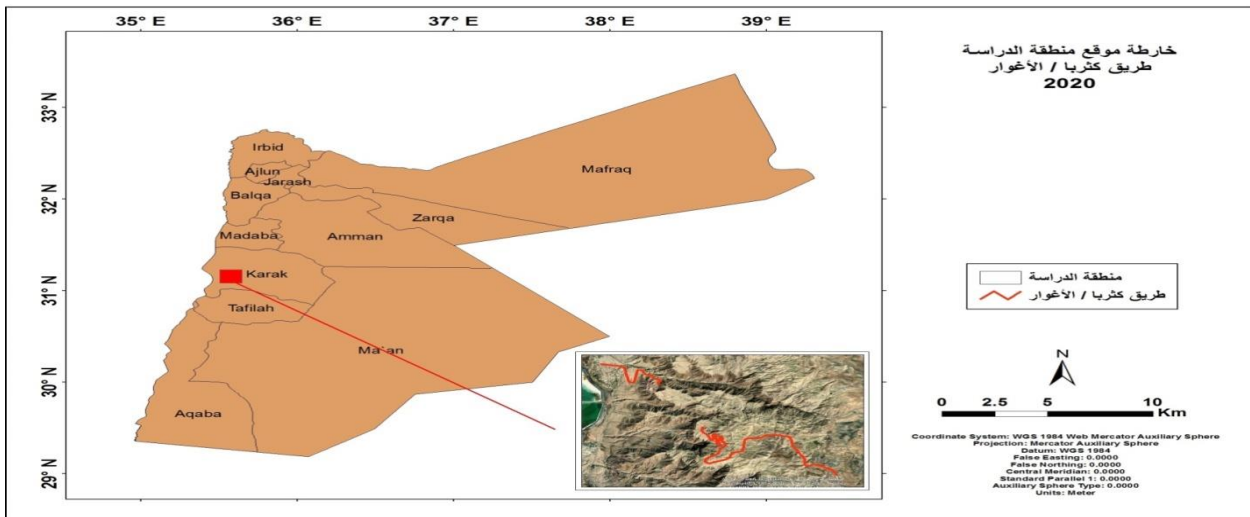
لفئات العوامل المحفزة والمسببة للانزلاقات الأرضية، وتوصلت الدراسة إلى أن ما نسبته 43.3 % من الطرق الرئيسية والفرعية للحوض تدخل ضمن نطاقات قابلية عالية وعالية جداً من الانزلاقات الأرضية بطول 13 كم من مجموع أطوال الطرق والبالغ 30.5 كم، يشمل بذلك 26.4% من الطريق قيد الإنشاء (كثريا/الأغوار) بطول 7.4 كم.

وبينت دراسة الذنبيات، 2010 الآثار البيئية التي تتعرض لها منطقة طريق العقبة الخلفي الطريق ومدى كفاءة المنشآت الهندسية لمواجهة أخطارها، ولتحقيق ذلك فقد اعتمدت الدراسة على المسح الجيومورفولوجي الخاص بالمعهد الدولي لمسوحات الفضاء وعلوم الأرض ITC لتحديد الوحدات الأرضية، وإنتاج الخرائط التطبيقية المتعلقة بالآثار البيئية وشدها داخل الحوض، وأوصت بوضع خطة هيكلية للمدينة واستعمالات الأراضي بناء على المؤشرات الجيومورفولوجية التي توضحها الخرائط الجيومورفولوجية التفصيلية. وتوصلت دراسة Maret, Reynard, 2015 إلى تقييم التنوع الجيومورفولوجي باستخدام الخارطة الجيومورفولوجية، إضافة إلى تطوير طريقة لتحويلها إلى خارطة كمية لتحديد مؤشر التنوع الجيومورفولوجي، أي أنها حولت خارطة جيومورفولوجية من خارطة نوعية إلى خارطة كمية بما في ذلك مؤشر التنوع الجيومورفولوجي، كما طورت جامعة لوزان مفتاح لرسم الخرائط في برمجية نظم المعلومات الجغرافية (قيد النشر)، يصنف هذا النظام التضاريس وفقاً لسياقات مورفولوجية مختلفة (جليدية، ومحيطية، ونهرية،....) وكانت الخطوة الأولى هي تحويل الخارطة الجيومورفولوجية إلى خارطة مملوءة فقط بالمضلعات من أجل التحديد الدقيق للمناطق التي تشغلها عناصر النقاط والخطوط (كالأنهار)، وينتج عنها خارطة مع مؤشر التنوع الجيومورفولوجي مقسم إلى خمس فئات (عالية جداً، عالية، متوسطة، منخفضة، ومنخفضة جداً).

فسرت دراسة Beverly & Others, 2000 الآثار التي أحدثها الفيضان عام 1996 في الأشكال الجيومورفولوجية على طرق الغابات غرب سلسلة Cascade Oregon، وأشارت الدراسة إلى أن طبيعة العمليات الجيومورفولوجية تتأثر بشدة بممارسات موقع الطرق، والبناء، وجيولوجيا الحوض، وخصائص العاصفة. وأوضحت دراسة Elmughrabi, 2016 القابلية للانزلاقات الأرضية على طريق جرش - عمان عن طريق النمذجة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والنمذجة الجيوميكانيكية وتحليل التراكيب الجيولوجية، وتوصلت إلى أن النطاق الشائع على طريق جرش عمان هو النطاق غير المستقر، ويليه نطاق الخطورة المرتفعة، وأوصت بأخذ استشارة أهل الخبرة من الجيولوجيين قبل إنشاء الطرق بالنطاق غير المستقر، وتغيير مسار الطريق في نطاق الخطورة المرتفعة.

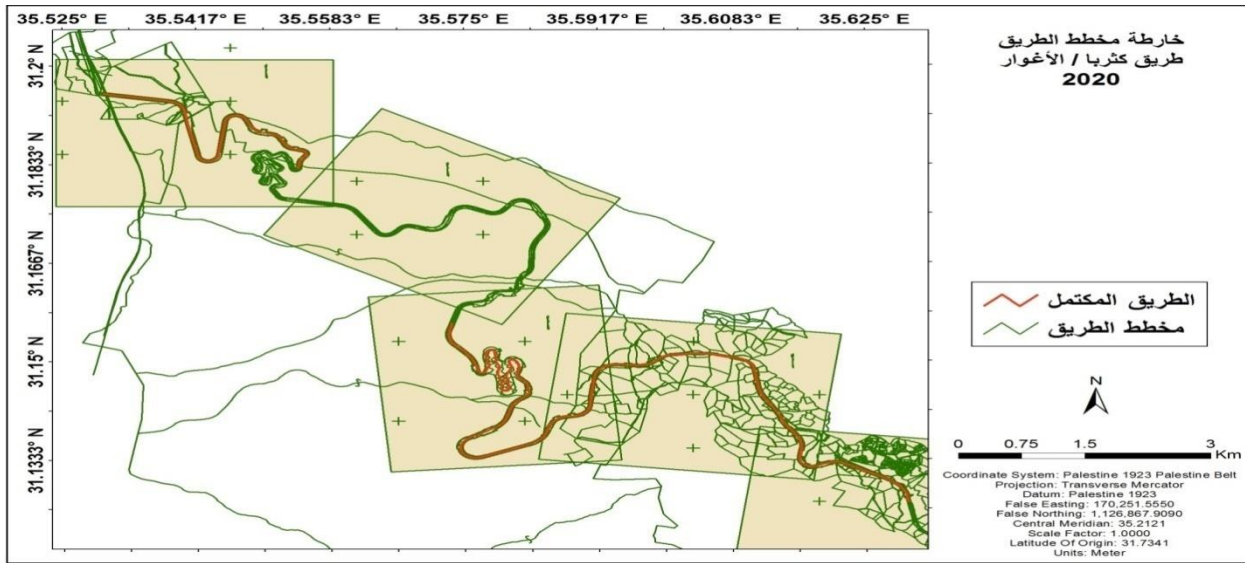
-موقع منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة في محافظة الكرك وتبعد عن العاصمة عمان 130 كم عند الانتقال عبر الطريق الصحراوي، و 142 كم في حال المرور بمنطقة الأغوار، وتمتد منطقة الدراسة من لواء عي إلى لواء الأغوار الجنوبية بمسافة 28 كم، وتقع ما بين خطي طول (35.55444 – 35.63019) شرقاً، وما بين دائرتي عرض (31.18347 – 31.12584) شمالاً، الشكلان (1)، و(2).



الشكل (1) موقع منطقة الدراسة

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على Esri, 2020



الشكل (2) مخطط طريق كثريا الأغوار

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات المكتب الاستشاري العالمي (ACE)، 2010

الخصائص المناخية:-

، وتهب على المناطق الشرقية في فصل الشتاء رياح 33.2°C يبلغ المعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى غربية وجنوبية غربية من البحر المتوسط، ورياح جنوبية خماسينية في فصل الصيف، وتبلغ سرعة الرياح في المناطق الشرقية المرتفعة (4.5) عقدة، أما في المناطق الغربية الغورية فتبلغ سرعة الرياح (3.2) عقدة، ويوضح التوزيع الفصلي للأمطار في منطقة الدراسة أن غالبيتها تهطل في فصل الشتاء وتزداد باتجاه الشرق ليصل المعدل السنوي إلى أكثر من 350 ملم كلما اقتربنا من مؤتة، ويقل كلما اتجهنا للغرب ليتراوح ما بين (50-100) ملم، ويبلغ معدل الرطوبة النسبية في محطة الربة 55.2% وتبلغ أقصاها في شهور الشتاء، وتتراوح في هذا الفصل بين (50-70) %، بينما في محطة غور الصافي يبلغ معدل الرطوبة النسبية (45.5) %، الجدول (1)، (دائرة الأرصاد الجوية، 2018).

الجدول (1) الخصائص المناخية العامة لمنطقة الدراسة لعام 2018

المحطة	الارتفاع عن سطح البحر (م)	المعدل السنوي لدرجة الحرارة العظمى ($^{\circ}\text{C}$)	المعدل السنوي لدرجة الحرارة الصغرى ($^{\circ}\text{C}$)	معدل درجة الحرارة السنوي ($^{\circ}\text{C}$)	المعدل السنوي للرطوبة النسبية (%)	المعدل السنوي سرعة الرياح (عقدة)	المعدل السنوي للأمطار (ملم)
الربة	950	24.4	11.7	16.3	55.2	4.5	329
غور الصافي	-350	33.2	21.3	27	45.5	3.2	73.2

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات دائرة الأرصاد الجوية، 2018

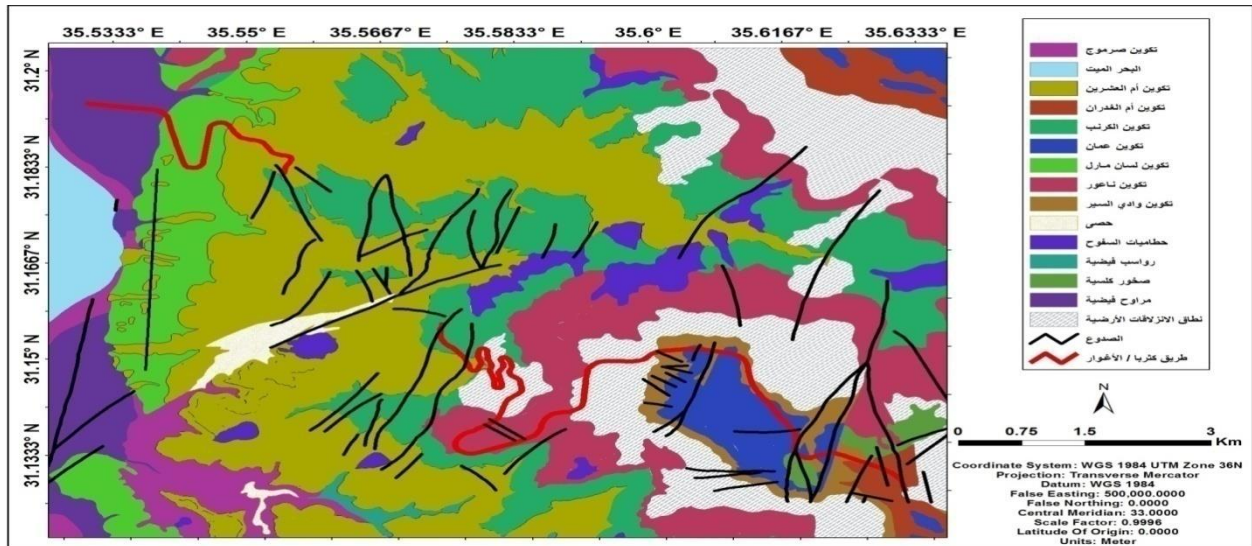
-جيولوجية منطقة الدراسة:

ساهم التطور الجيولوجي للمنطقة الدراسة في صياغة تراكيبها الجيولوجية، وقد تم في الدراسة تمييز التكوينات التابعة لمجموعات، وهي على النحو الآتي، الجدول (2)، والشكل (3).

الجدول (2) التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة من الأحدث للأقدم

العصر	التكوينات الجيولوجية	المجموعة	الحقبة
عصر الأيوسين	تكوين مارل اللسان		العصر الحديث
عصر الكريتاسي الأسفل	تكوين حجر الكربن		
البلايوسين	ركاميات السفوح والانزلاقات الأرضية		
عصر السينومانيان – التورونيان	تكوين ناعور	مجموعة عجلون	حقبة الحياة المتوسطة
	تكوين فحيص-شعيب-حمر		
	تكوين وادي السير		
الكريتاسي المتأخر وبداية الأيوسين	تكوين أم غدران	مجموعة البلقاء	
	تكوين عمان		
	تكوين الحسا		
العصر الأوسط والأسفل	تكوين البرج	مجموعة رم	
العصر الكامبري المتأخر	تكوين أم عشرين		
العصر الكامبري المبكر	تكوين السرموج	مجموعة الصافي	حقبة الحياة القديمة

المصدر: عمل الباحثان، بالاعتماد على (عابد، 2000)

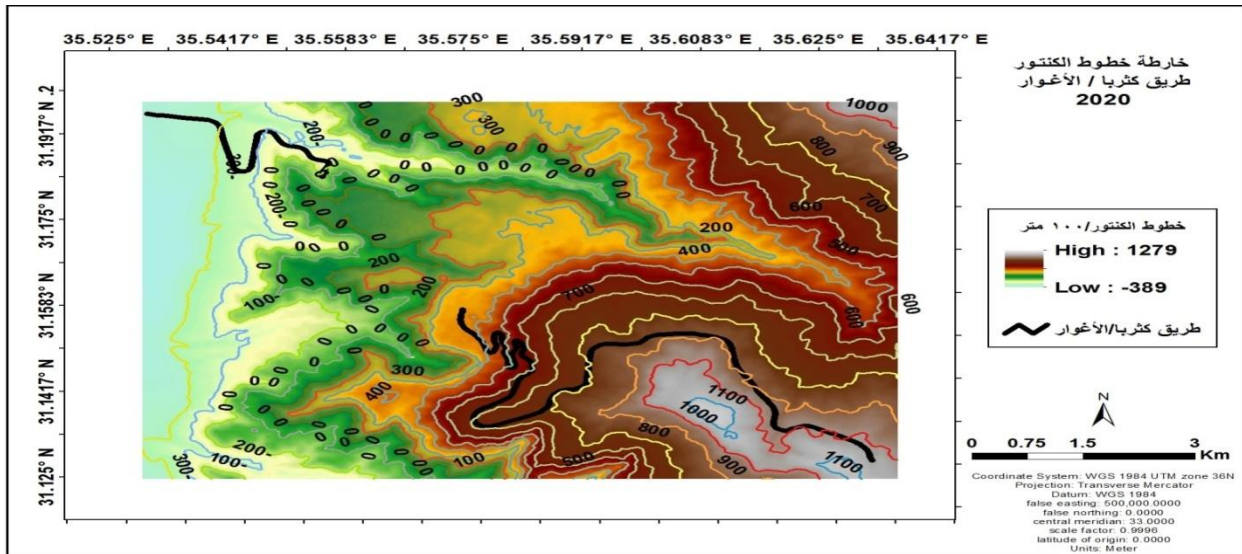


الشكل (3) الخارطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على الخارطة الجيولوجية، سلطة المصادر الطبيعية، 1988

-طبوغرافية المنطقة:

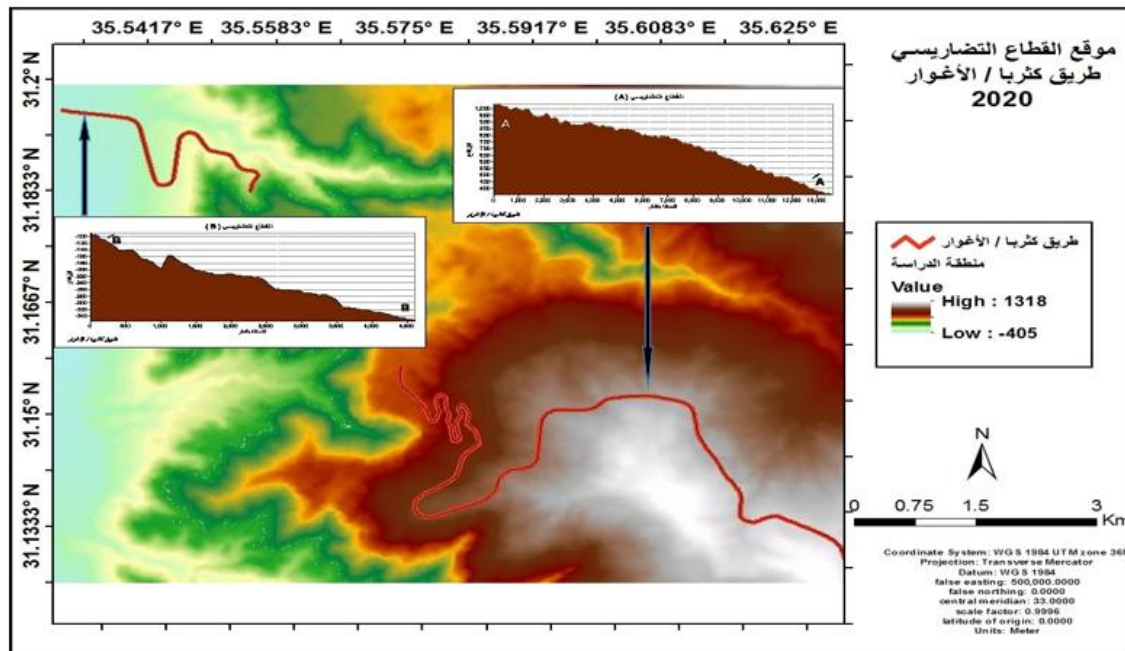
تختلف مناسيب منطقة الدراسة في الجزء الشرقي عنها في الجزء الغربي، وتُعدّ منطقة شديدة الوعورة في الجزء الشرقي، إذ يصل ارتفاعها إلى 1100م فوق مستوى سطح البحر، وتنخفض كلما اتجهنا غربًا لتصل إلى 310م دون مستوى سطح البحر على شاطئ البحر الميت، الشكل (4).



الشكل (4) خارطة كنتورية لمنطقة الدراسة

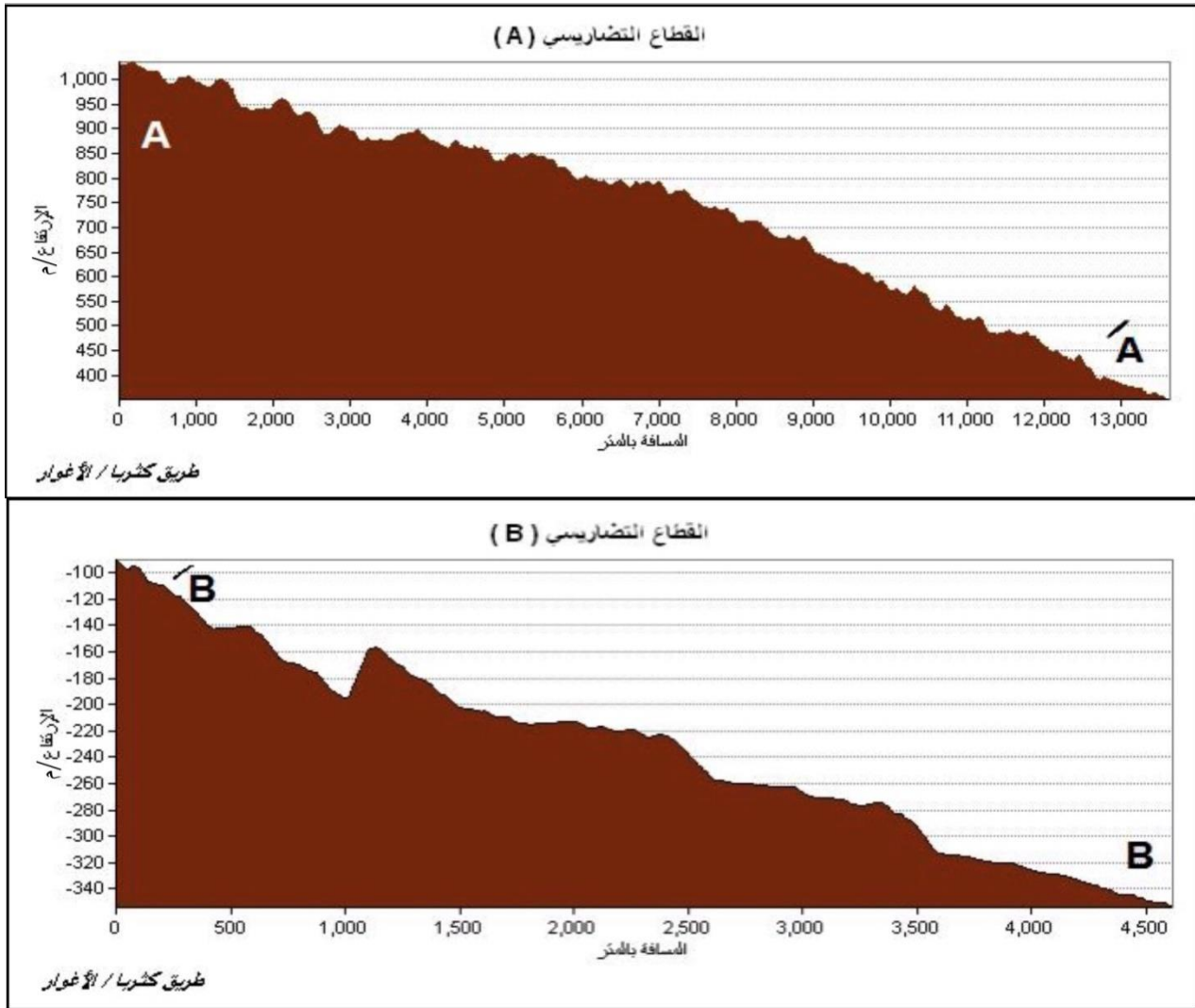
المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على DEM, 2019

تم عمل مقطع تضاريسي لمنطقة الدراسة عن طريق الأداة Profile graph من أدوات 3D Analyst، وتبين أن أقصى ارتفاع في بداية الطريق من جهة كثرنا يصل إلى 1100 م وينتهي عند ارتفاع 350 م بطول 13.5 كم، ويظهر شدة الانحدار والتضرس، ويظهر من القطاع التضاريسي أن الطريق من جهة الغور يبدأ من منسوب 350 م دون مستوى سطح البحر إلى منسوب 50 دون مستوى سطح البحر بطول 4.6 كم، ويلاحظ أن بداية الطريق قليلة التضرس ثم تزيد كلما اتجهنا شرقاً، الشكلان (5)، و (6).



الشكل (5) موقع القطاع التضاريسي

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على DEM, 2019



الشكل (6) القطاع التضاريسي

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على DEM, 2019

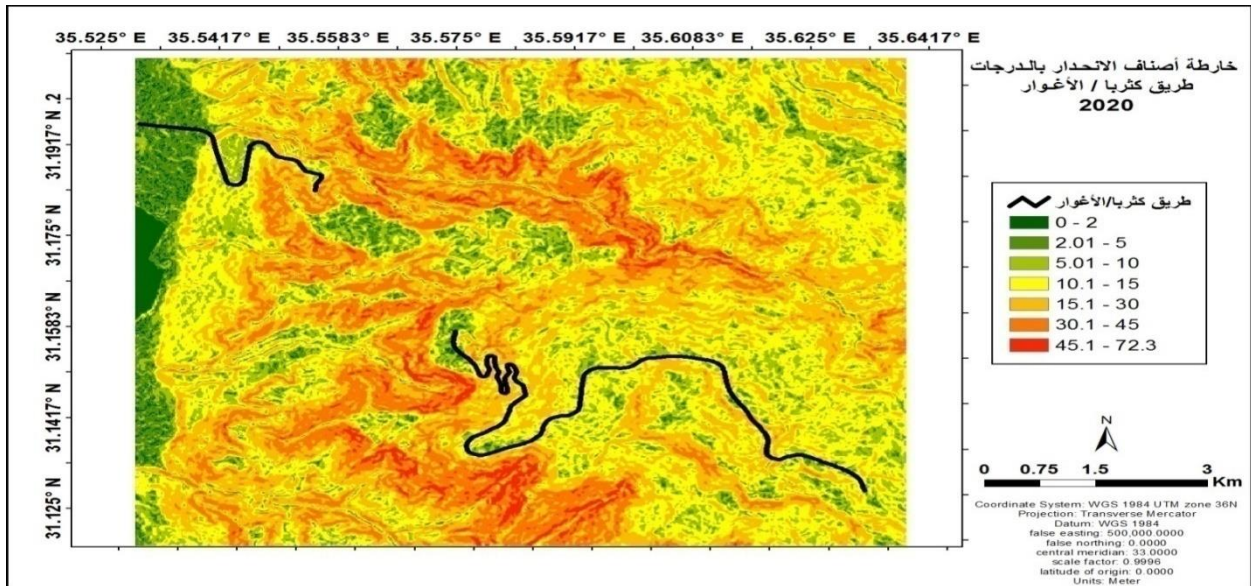
تم عمل خارطة الانحدار باستخدام نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) وذلك باستخدام أدوات 3D Analyst/Raster Surface/Slope وتصنيفها إلى سبع فئات وحساب المساحة لكل فئة والنسب المئوية، وتبين أن هناك تباين في درجات الانحدار في منطقة الدراسة بين (0-72.3)°، المنطقة الغربية هي الأقل انحدارًا، وتزداد شدته نحو الشرق ويبلغ أقصى انحدار في المنطقة التي لم تكتمل؛ بعد حيث يصل إلى (72-37)°، بينما في الجزء الغربي يبلغ الانحدار (0-25)° في أقل مستوى له، وتم تصنيف الانحدار إلى سبع فئات (0-2)°، (2-5)°، (5-10)°، (10-15)°، (15-30)°، (30-45)°، (>45)°، وتقع منطقة الدراسة من الجهة الشرقية بالفئة (10-15)° بمساحة 40.57 كم² ونسبة مئوية 32.31%، يليها الفئة (15-30)° بمساحة 36.51 كم² ونسبة مئوية 29.07%، أي أنها تقع في فئة من متوسط الانحدار إلى منحدر، أما الجهة الغربية من منطقة الدراسة فتقع في فئة مستوية إلى انحدار متوسط، الجدول (3)، والشكل (7).

الجدول (3) تصنيف الانحدار

الوصف	النسبة المئوية (%)	المساحة (كم ²)	درجة الانحدار (°)	نسبة الانحدار (%)
Very gentle	1.8	2.28	0-2	0-5
Gentle	16.3	20.46	2-5	5-8
Moderate	6.44	8.09	5-10	8-12

نسبة الانحدار (%)	درجة الانحدار (°)	المساحة (كم ²)	النسبة المئوية (%)	الوصف
12-30	10-15	40.57	32.31	Moderate steep
30-60	15-30	36.51	29.07	Steep
60-100	30-45	15.46	12.31	Very steep
>100	>45	2.16	1.72	Precipitous

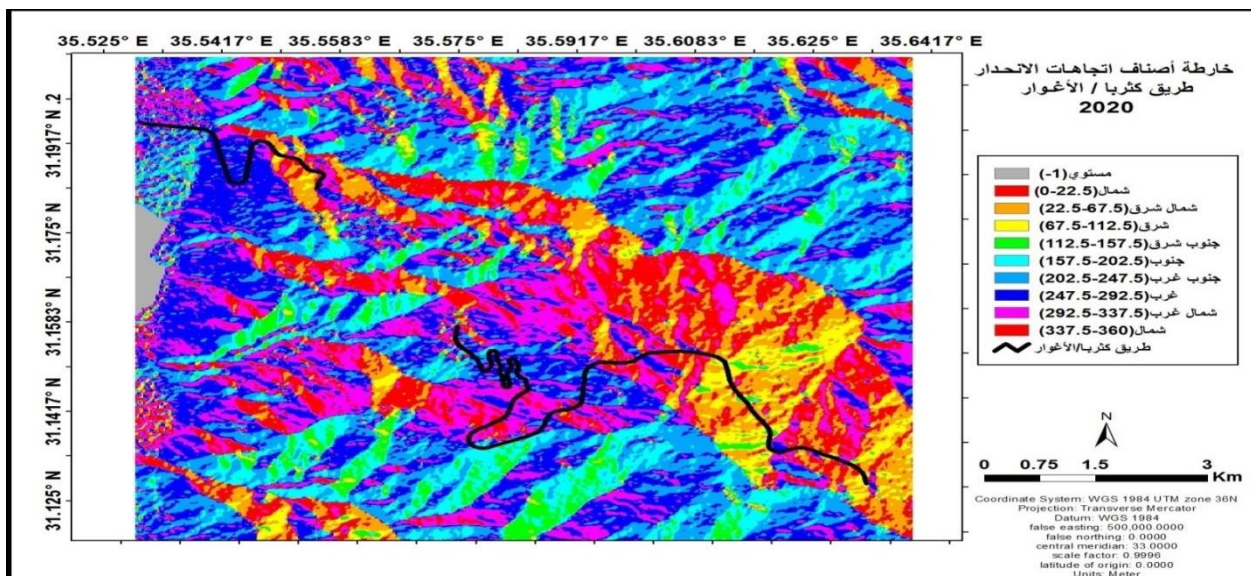
المصدر: 1974, Young classification



الشكل (7) خارطة أصناف الانحدار بالدرجات

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على DEM, 2019

تم عمل خارطة اتجاه الانحدار باستخدام نموذج الارتفاعات الرقمي DEM وبدقة تمييزية (12.5*12.5) م باستخدام أدوات 3D Analyst/Raster Surface/Aspect. وتبين أن الانحدار يميل باتجاه الغرب والشمال الغربي، الشكل (8).

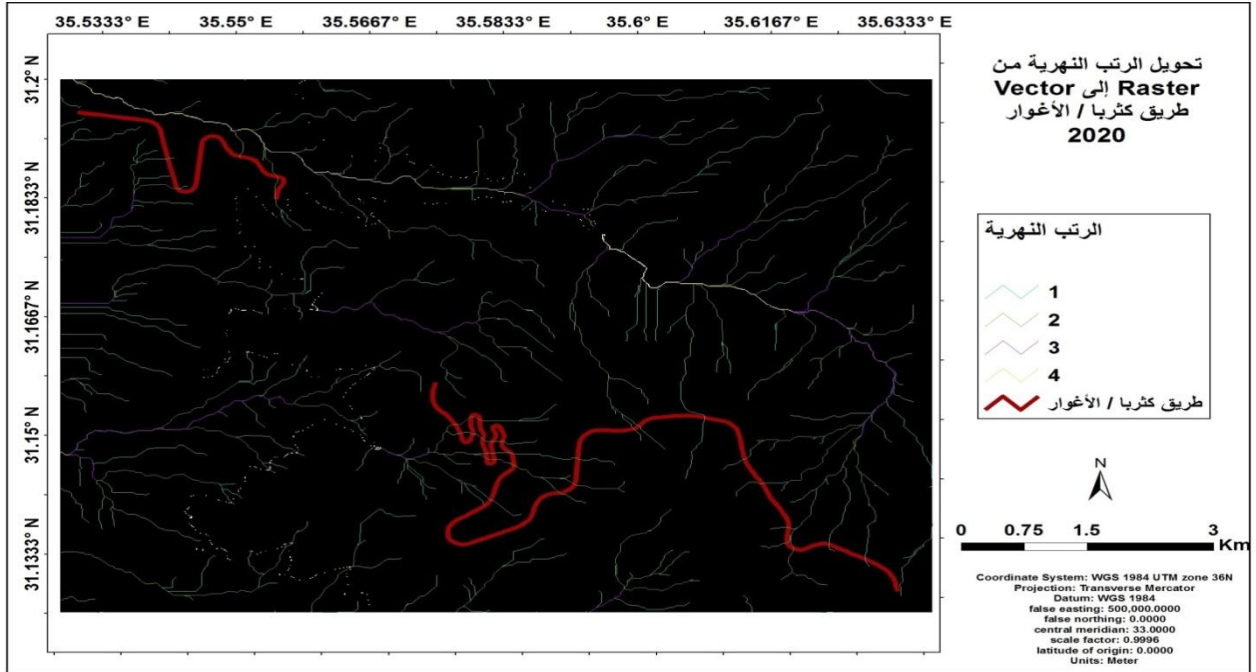


الشكل (8) خارطة اتجاهات السفوح بالدرجات

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على DEM, 2019

الشبكة المائية:-

لتصبح طبقة يمكن التعامل معها وحساب أطوال Vector إلى Raster تم تحويل طبقة الرتب المائية من الروافد النهرية، الشكل (9).



الشكل (9) خارطة تحويل الرتب النهرية من Raster إلى Vector

المصدر: عمل الباحثان

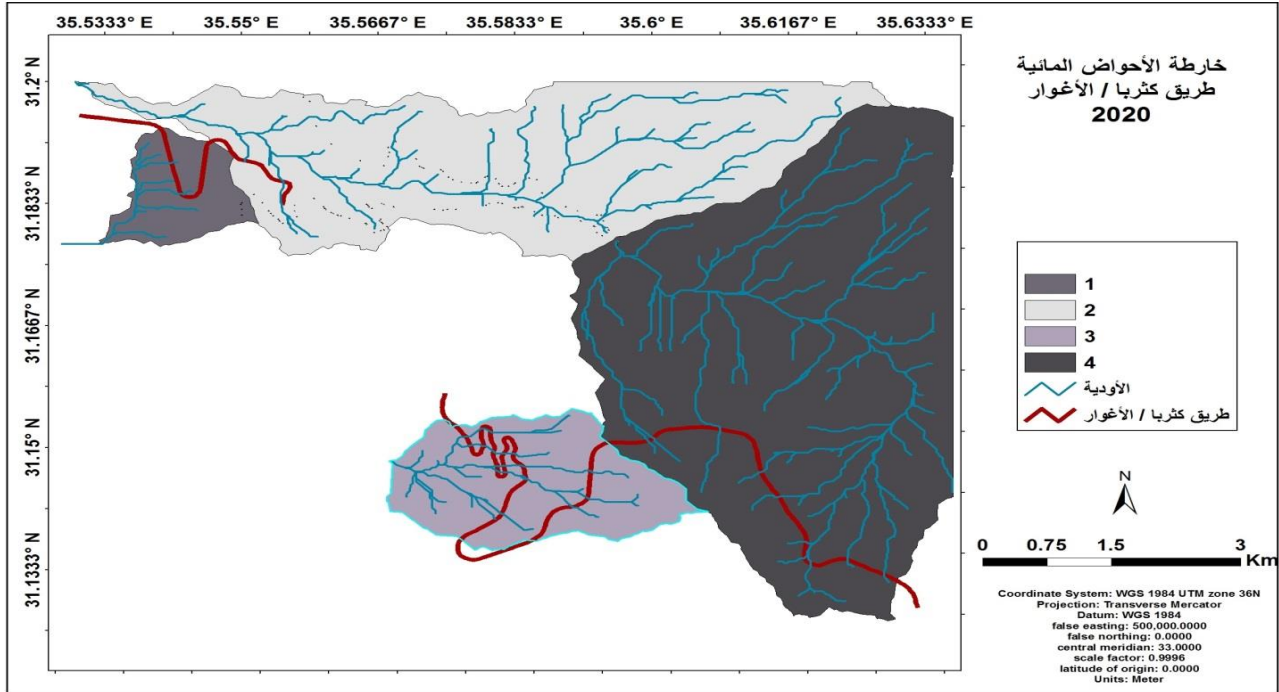
-الأحواض المائية:

حددت الأحواض المائية في منطقة الدراسة عن طريق التحليل الهيدرولوجي، وتم اقتطاع الأحواض التي يمر منها الطريق، وترقيمها، وقياس مساحتها، ومحيطها، الجدول (4)، والشكل (10).

الجدول (4) الخصائص المساحية للأحواض المائية

الحوض	المساحة (كم ²)	المحيط (كم)
1	2	7.56
2	14.78	28.81
3	5.15	10.23
4	23.90	21.82

المصدر: عمل الباحثان



الشكل (10) خارطة الشبكة المائية في منطقة الدراسة المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على DEM, 2019

-الكثافة الخطية:

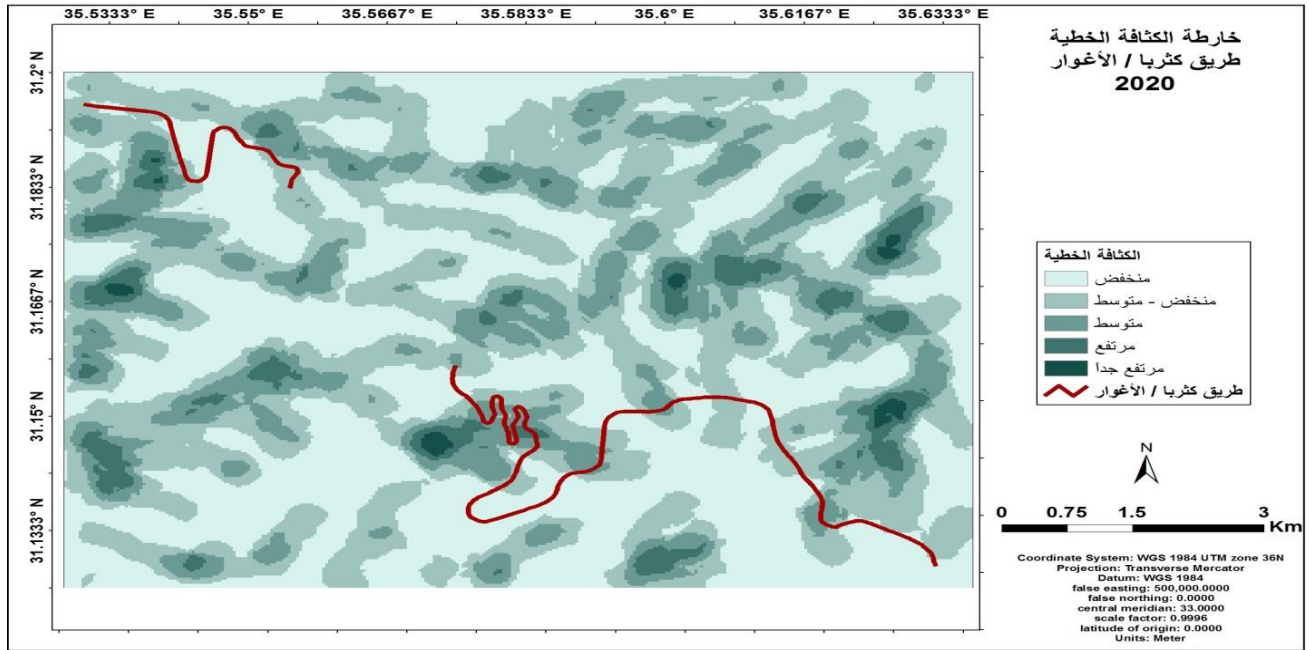
يحدد تحليل الكثافة المظاهر الخطية مدى التغير في كثافة توزيع الظاهرة على امتداد منطقة الدراسة. ويعطي هذا التحليل الاتجاه العام للتوزيع المكاني والجغرافي لظاهرة خطية؛ حيث يمكن تحديد متوسط أطوال مفردات الظاهرة والاتجاه المكاني العام لتوزيعها على الأرض، (داوود، 2012).

تم تصنيف الكثافة الخطية إلى خمس فئات: منخفضة جداً (2-0) كم²، ومنخفضة (4-2) كم²، ومتوسطة (6-4) كم²، ومرتفعة (8-6) كم²، ومرتفعة جداً (>8) كم². (Pareta, K. & Pareta, U. 2012). وتبين أن منطقة الدراسة تقع في الفئة الأولى (منخفضة جداً) بمساحة 36.9 كم² ونسبة 42.5 % يلها الفئة الثانية (منخفضة) بمساحة 32 كم² ونسبة 36.8 %، الجدول (5)، والشكل (12).

الجدول (5) تصنيف الكثافة الخطية

النسبة المئوية %	المساحة كم ²	تصنيف الكثافة الخطية
42.5	36.88	منخفضة جداً
36.8	31.94	منخفضة
16.17	14	متوسطة
3.89	3.27	مرتفعة
0.43	0.38	مرتفعة جداً

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على (Pareta, K. & Pareta, U. 2012)



الشكل (11) خارطة الكثافة الخطية

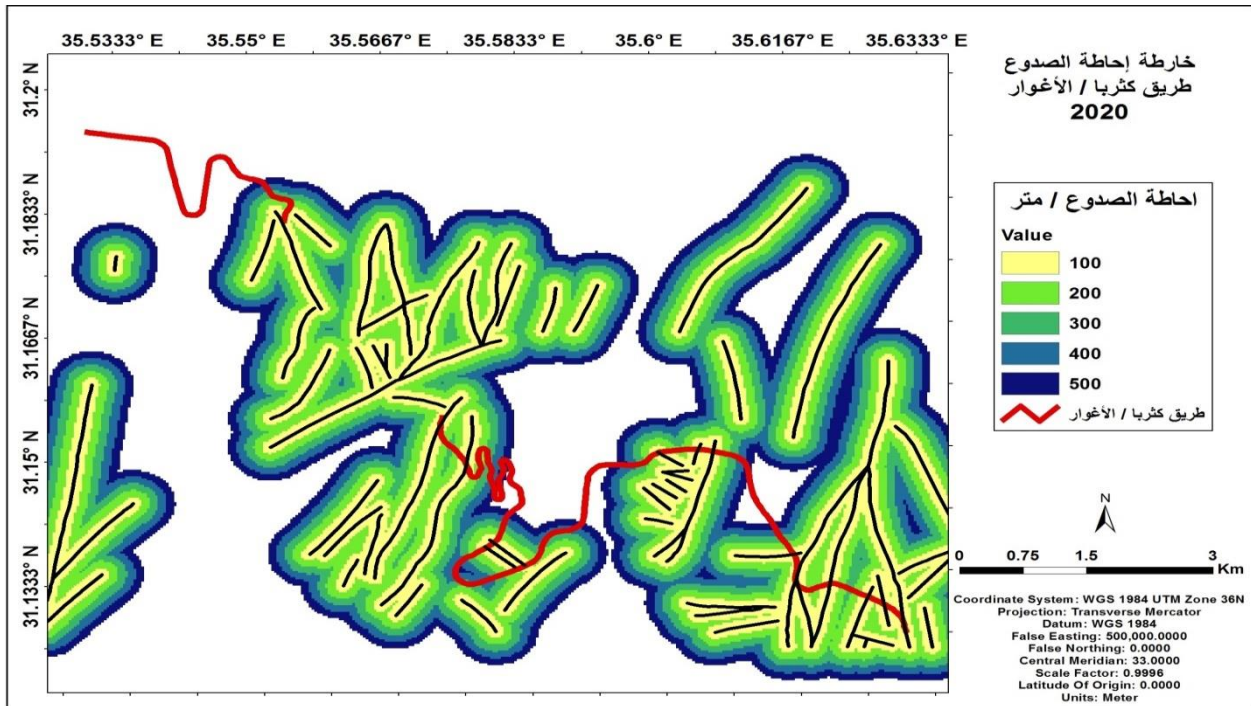
المصدر: عمل الباحثان

-الصدوع: تم عمل خارطة الصدوع من الخارطة الجيولوجية وتم عمل مسافة منتظمة من الخطوط بفاصل 100 م وتصنيفها إلى خمس فئات: (0 -100) م، و(100 -200) م، و(200 -300) م، و(300-400) م، و(400 -500) م، وتبين أنه كلما ابتعدنا عن الصدع قل تأثيره، ومنطقة الدراسة تدخل ضمن الفئة (0 -100) م بنسبة 28%، يليها (100-200) م بنسبة 23%، الجدول (6)، والشكل (12).

الجدول (6) إحاطة الصدوع

النسبة المئوية (%)	المساحة (كم ²)	الإحاطة (م)
28.06	15.35	0-100
22.96	12.56	100-200
18.38	10.06	200-300
16.08	8.80	300-400
14.50	7.94	400-500

المصدر: عمل الباحثان



الشكل (12) إحاطة الصدوع

المصدر: عمل الباحثان

- الغطاء النباتي:

تم عمل خارطة للغطاء النباتي وذلك عن طريق مريثات فضائية 8 land sat العام 2017 وبقدرة تمييزية (30*30) م، باستخدام الأداة Image Analysis/NDVI ودمج النطاقات الطيفية (4، و5)، لأن الأشعة تحت الحمراء القريبة موجودة في النطاق (5)، والأشعة الحمراء موجودة في النطاق (4)، باستخدام الصيغة الرياضية الآتية (Rouse and others, 1974):

$$(NIR+R)/NDVI = (NIR-R)$$

إذ أن:

NDVI مؤشر الغطاء النباتي =

NIR الأشعة تحت الحمراء القريبة =

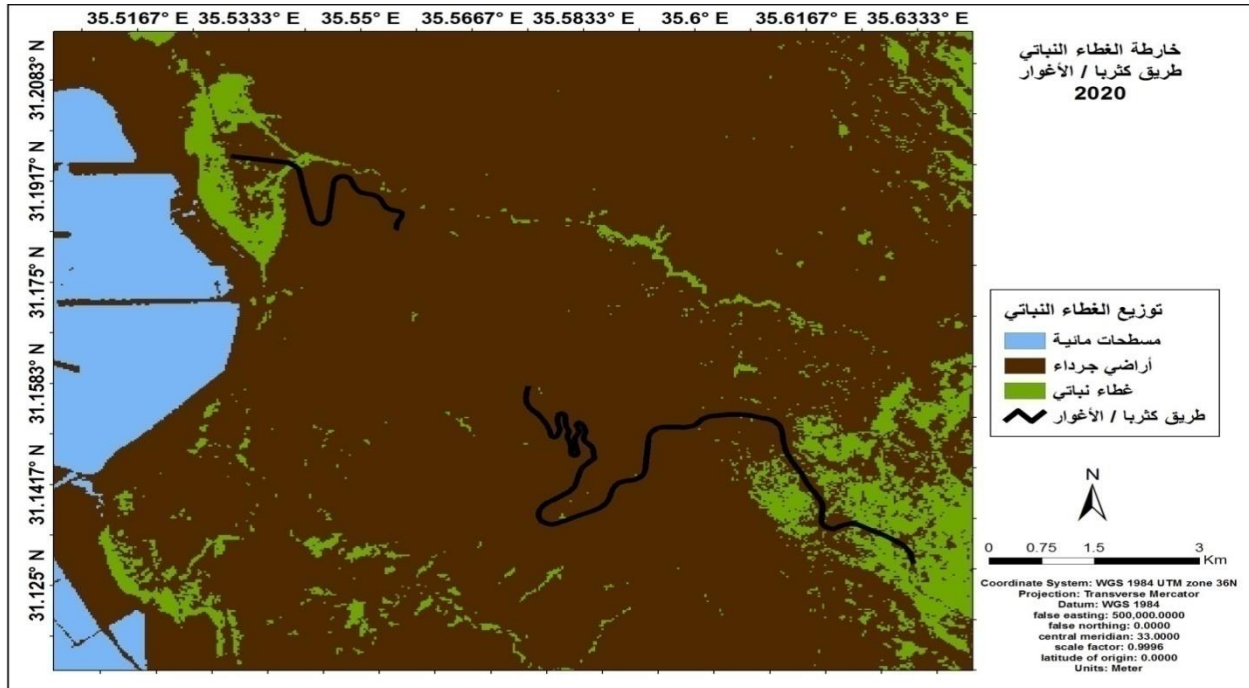
IR الأشعة الحمراء =

وتبين أن الصخور تغطي المساحة الأكبر من منطقة الدراسة، بنسبة 68.4%، والغطاء النباتي بنسبة 11.2%، أي أنها منطقة شبه خالية من الغطاء النباتي الذي يعمل على تثبيت المواد الصخرية، خاصة التربة ومنعها من الانجراف، الجدول (7)، والشكل (13).

الجدول (13) تصنيف الغطاء النباتي

العناصر	المساحة (كم ²)	النسبة المئوية (%)
المسطحات المائية	60.33	20.3
الأراضي الجرداء	202.8	68.4
الغطاء النباتي	33.1	11.2

المصدر: عمل الباحثان



المصدر: USGS, 2017 الشكل (13) خريطة الغطاء النباتي

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على

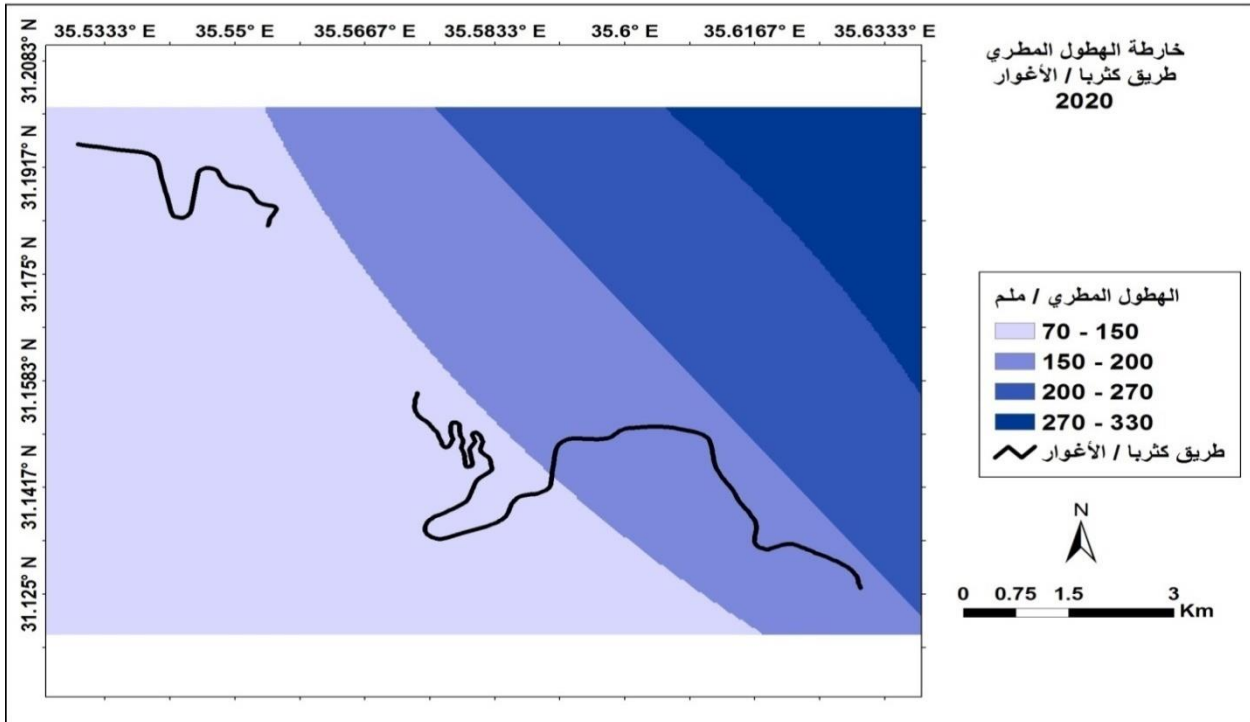
الهطول المطري:

يتبع جزء من منطقة الدراسة لمناخ البحر المتوسط الذي يقتصر الهطول المطري به في فصل الشتاء، وتم عمل خارطة مطرية لمنطقة الدراسة بالاعتماد على محطتين مناخيتين، محطة الربة، ومحطة غور الصافي، وقد نتج عن ذلك خارطة الأمطار لمنطقة الدراسة مقسمة إلى (4) نطاقات مطرية، وأكبر نطاق يغطي منطقة الدراسة (70-150) ملم بنسبة (48.3%) يليها النطاق (150-200) ملم بنسبة (23.3%)، الجدولان (14)، و(15)، والشكل (14).

الجدول (14) بيانات المحطات المناخية

المحطة	الارتفاع (م)	درجة الطول (°)	درجة العرض (°)	مجموع الهطول المطري (ملم)
الربة	950	35.74	31.28	329
غور الصافي	-350	35.46	31.02	73.2

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات دائرة الأرصاد الجوية، 2018



الشكل (14) خريطة النطاقات المطرية

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على بيانات دائرة الأرصاد الجوية، 2018

الجدول (15) مساحة النطاقات المطرية

النطاق المطري (مم)	المساحة (كم ²)	النسبة المئوية (%)
70 – 150	50.5	48.3
150 – 200	24.4	23.3
200 – 270	20.5	19.6
270 – 330	9	8.6

المصدر: عمل الباحثان

المنشآت الهيدروليكية:-

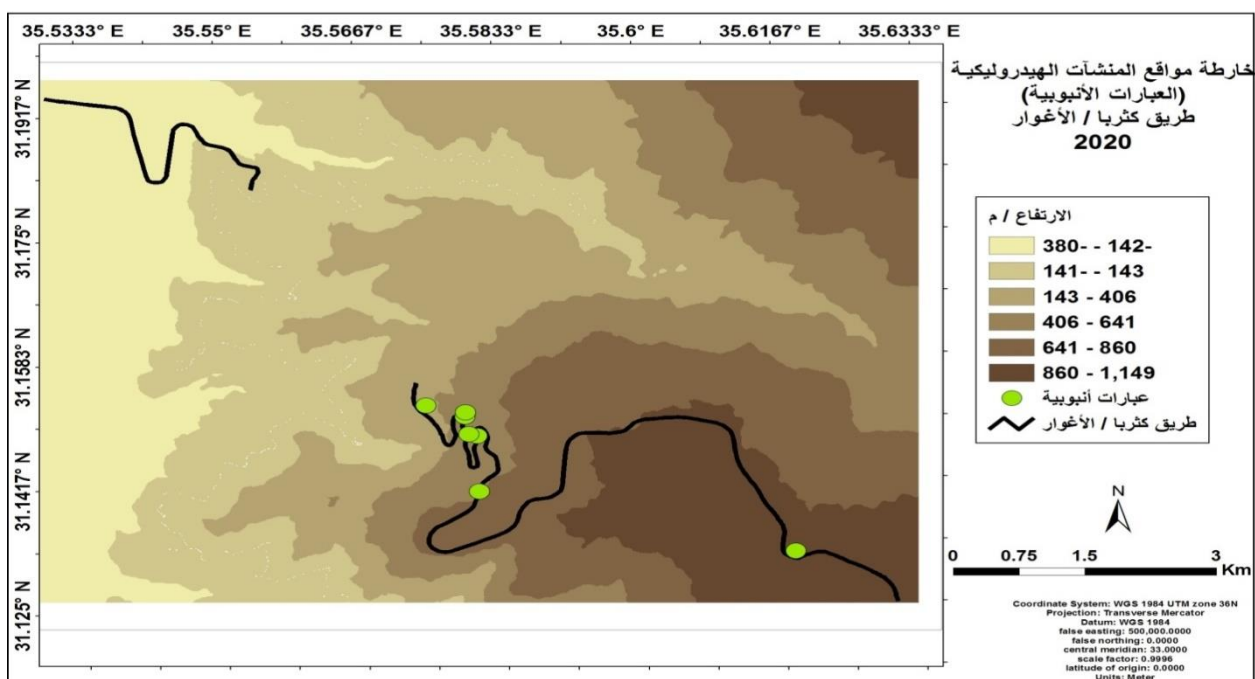
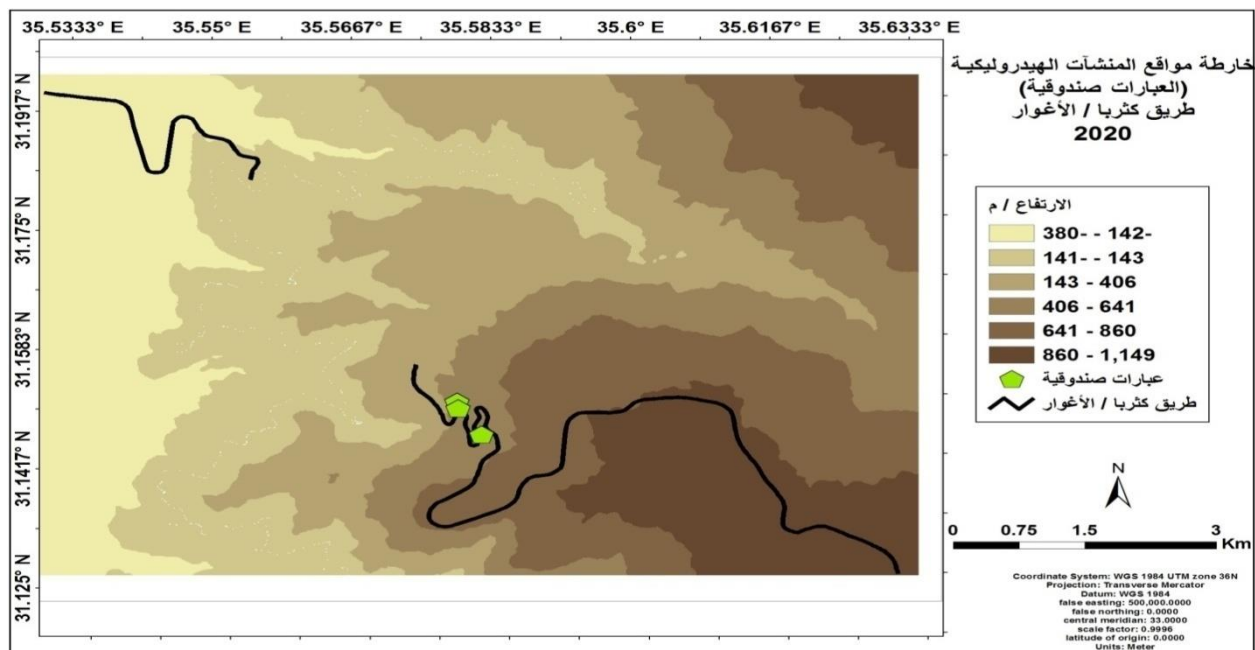
من المسح الميداني لمنطقة الدراسة تم أخذ صور فوتوغرافية للعبّارات الصندوقية والأنبوبية وقياس أبعادها وعددها، إضافة إلى توقيع إحداثياتها باستخدام جهاز تحديد المواقع العالمي GPS وإدخالها بجدول أكسل، ثم ربطها بخارطة منطقة الدراسة، وتبين أن جميع العبّارات الموجودة في الوقت الحالي تقع في الجزء (A) من منطقة الدراسة، وغالبيتها من النوع الأنبوبي (90*90) سم، وهي غير كافية وتم ملاحظة انسداد غالبيتها بفعل التربة المنجرفة، والحصى، والانزلاقات الأرضية، الجدول (16)، والشكلان (15)، و(16).

الجدول (16) خصائص المنشآت الهيدروليكية في منطقة الدراسة

الرقم	القطر (سم)	عدد الفتحات	نوع العبارة
1	90*90	1	أنبوبية
2	90*90	1	أنبوبية
3	90*90	1	أنبوبية
4	90*90	1	أنبوبية
5	90*90	1	أنبوبية
6	90*90	1	أنبوبية
7	90*90	2	أنبوبية

الرقم	الأبعاد (م)	عدد الفتحات	نوع العبارة
1	2.5 * 2.5	1	صندوقية
2	2.5 * 2.5	1	صندوقية
3	2.5 * 2.5	1	صندوقية

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على العمل الميداني



الشكل (15) المنشآت الهيدروليكية

المصدر: عمل الباحثان



الشكل (16) العبارات في منطقة الدراسة

المصدر: العمل الميداني

الآثار الجيومورفولوجية:-

الانهيارات الأرضية:-

يشير سميث إلى أن أكثر الأخطار الجيومورفولوجية انتشارًا وتدميرًا على مستوى العالم تتمثل في الفيضانات (تشكل 32% من مجموع الأخطار الطبيعية المتكررة في العالم)، والزلازل (15%)، والانهيارات الأرضية (3%)، والبراكين (2%)، والتسونامي (1%) (Smith, 1992). وتعد الانهيارات الأرضية من العمليات الجيومورفولوجية المهمة التي لها أثر كبير على تشكيل سطح الأرض ولكن دراستها على الرغم من هذا لم تلق كل ما تستحق من عناية إلا في السنوات الأخيرة، ويرجع الفضل في إبراز أهمية هذه العملية إلى الجيومورفولوجي Sharp الذي درسها دراسة تحليلية على أسس علمية ثابتة، وقد قسمها إلى ثلاثة أنواع الانهيار الأرضي البطيء، والانهيار الأرضي السريع، والانزلاقات الأرضية، (صفي الدين، 1971).

وتؤدي الانهيارات الأرضية إلى كثير من الأخطار الجيومورفولوجية التي تسبب في خسائر بشرية ومادية، فالانزلاقات الصخرية أو الأرضية أو الهبوط الصخري يمكن أن تؤدي إلى تدمير طرق النقل البري والأنفاق والجسور أو هدم المنشآت العمرانية، (سلامة، 2013). يتم تقييم حدوث الانهيارات الأرضية على أساس التحقيقات الجيومورفولوجية التي تم إجراءها من الصور الجوية والعمل الميداني (Carrara, 2003). ويُعد الانحدار العامل الأهم في نشأة الانهيارات الأرضية لما يسببه من جاذبية أرضية مسؤولة عن نقل المواد الصخرية من المناسيب الأعلى إلى المناسيب الأدنى، (سلامة، 2013).

تتراوح المناسيب في منطقة الدراسة من 1100 م إلى 350 م، ويقال المنسوب كلما اتجهنا غربًا باتجاه البحر الميت، وبشدة التضرس والسفوح شديدة الانحدار إذ تصل إلى 72° في الجزء الشرقي، وتقل كلما اتجهنا غربًا وتعرضت منطقة الدراسة لنشاطات زلزالية تأثرت بها منطقة الغور والبحر الميت قديمًا، بالإضافة إلى هزات زلزالية حديثة أظهرتها أجهزة رصد الزلازل في الفترة ما بين (1984-1903). أن معدل الإزاحة الكلية على طول غور الأردن حوالي (6) ملم في السنة عبر (20.000) سنة الماضية، (Zak and Freund, 1966).

تزايد نسبة الإزاحة الزلزالية على نحو واضح من الجنوب إلى الشمال وعلى طول الغور، وإذا رافق تكون الانزلاقات الأرضية نشاط زلزالي كانت النتيجة انزلاقات أرضية تدميرية (Ben-Menahem, 1981). وتؤثر الصدوع في نشأت الانهيارات الأرضية لما تحدثه من اضطراب في تتابع واستمرارية ومناسيب التكوينات والطبقات الصخرية، (سلامة، 2013).

تصنف الانهيارات الأرضية حسب أسس معينة وهي، سرعة حركتها، ونوعية الموارد المنهارة، وطبيعة الحركة، وحسب كمية المياه الموجودة في المواد المنهارة، وبعد إجراء المسح الميداني لمنطقة الدراسة، تم تحديد أنواع الانهيارات الأرضية وهي الانزلاقات الأرضية، والهبوط الأرضي، وتم تحديد مواقعها وتوقع إحداثياتها باستخدام جهاز GPS، وعمل خارطة لها.

Land Slide - الانزلاقات الأرضية

تنشط الانزلاقات الأرضية حيثما تتوفر كتل صخرية متوضعة في أعلى المنحدرات ولكن على نحو غير مستقر أو ثابت بفعل عدم تماسكها مع الصخر الأم لوجود صدوع أو تشققات صخرية، إضافة لوجود مواد طينية، كما يساعد هطول الأمطار وقلة الغطاء النباتي على حدوث هذه الانزلاقات، (سلامة، 2013)، (17).



الشكل (17) مظاهر الانزلاق في منطقة الدراسة

المصدر: العمل الميداني

Subsidence - الهبوط الأرضي

يرتبط حدوث الهبوط الأرضي بوجود تكوينات طينية قابلة لزيادة الحجم أو الانتفاخ عند الترطيب والتقلص أو الانكماش عند التجفيف، وينطبق ذلك على الأقاليم الجافة التي تشهد تقلبات حرارية يومية وإمكانية هطول أمطار، ومن ناحية أخرى فإن ارتفاع مسامية الطين تؤهله لمزيد من الانكماش أو الهبوط الأرضي عندما يتعرض للضغط الإنشائية، (سلامة، 2013). وفي منطقة الدراسة تتعرض أجزاء من الطريق لهبوط أرضي بسبب وجود عبارة أنبوبية غير ملائمة وانسدادهما بالتربة المنجرفة، ومواد الانزلاقات الصخرية، مما يؤدي إلى حجز المياه وتشبع التكوينات الطينية أسفل الطريق بالماء بفعل مساميتها العالية، وتعرضها للهبوط بفعل ضغط المواد الإنشائية للطريق. الشكل (18).



الشكل (18) الهبوط الأرضي في منطقة الدراسة

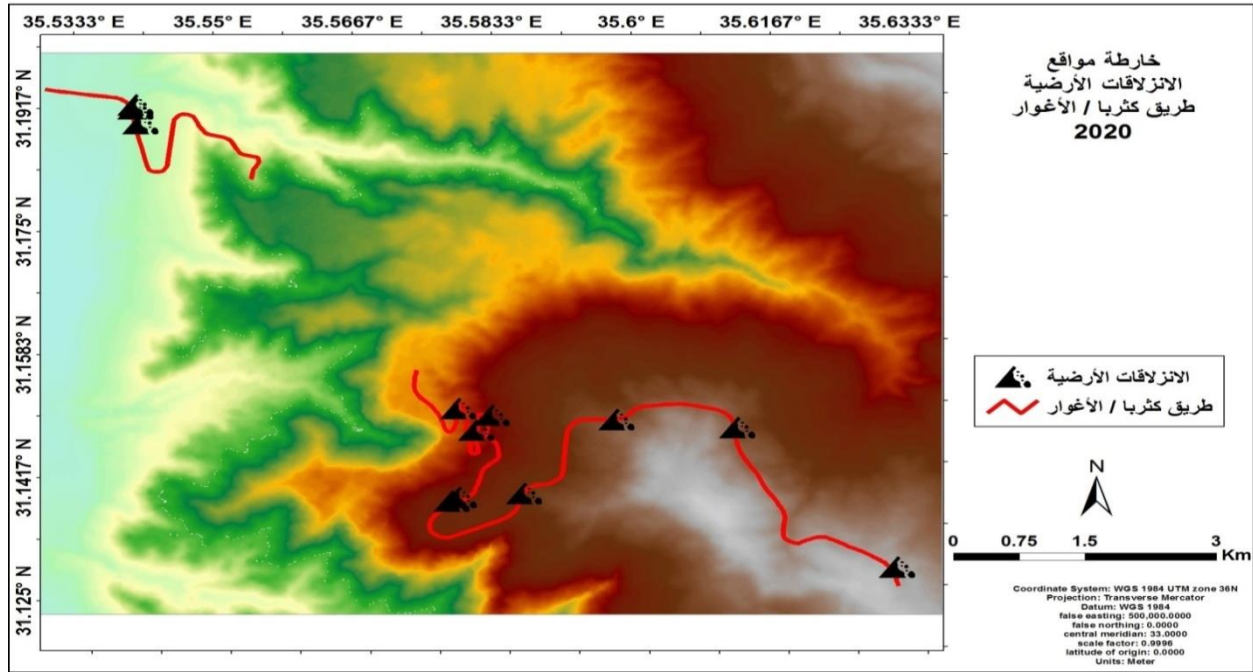
المصدر: العمل الميداني

وقد تم تحديد مواقع الانزلاقات الأرضية في منطقة الدراسة الجدول (17)، والشكل (19).

الجدول (17) إحداثيات الانهيارات الأرضية

نوع الانهيار الأرضي	درجة الطول (°)	درجة العرض (°)
انزلاق أرضي	35.62979	31.1275131
انزلاق أرضي	35.16120	31.14682
انزلاق أرضي	35.59707	31.14923
انزلاق أرضي	35.58573	31.13944
انزلاق أرضي	35.58555	31.13924
انزلاق أرضي	35.57677	31.13756
انزلاق أرضي	35.57764	31.13806
انزلاق أرضي	35.58186	31.14906
انزلاق أرضي	35.54039	31.19194
انزلاق أرضي	35.54039	31.19144
انزلاق أرضي	35.54090	31.18944
هبوط أرضي	35.61704	1.132473
هبوط أرضي	35.61137	31.14622

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على العمل الميداني



الشكل (19) خارطة مواقع الانزلاقات الأرضية في منطقة الدراسة

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على العمل الميداني

مناطق القطع والردم:-

(Cut) القطع -

يعرف القطع بأنه تفتيت التربة أو الصخور وإزاحتها أو نقلها إلى مكان الردم، وفي حالة القطع العميق لابد من الاهتمام بثبات جوانب القطع، (القصبي، 2009). تنتشر على طول الطريق مناطق القطع وبلغت أكبر مساحة قطع في المنطقة 61.619 م²، وبلغ حجم القطع ما يقارب

28967 م³، وتم تحديد 113 منطقة للقطع، 89 منطقة في الجزء الشرقي من الطريق، و24 منطقة في الجزء الغربي منه، أما مجموع القطع في المشروع والمتوقع العمل به سيبلغ 4327696.571 كم³، (المكتب الاستشاري العالمي، 2014).

(Fill)الردم -

هو رفع مستوى النقاط المنخفضة على طول الطريق، وتأتي مواد الردم عادة من نواتج القطع، (القصي، 2009). وبلغت أكبر مساحة للردم 688.975 م²، وبلغ حجم الردم 166904 م³، وتم تحديد 158 منطقة للردم، 127 في الجزء الشرقي من الطريق، و31 منطقة في الجزء الغربي منه، ومجموع حجم الردم في المشروع والمتوقع إنجازه في الفترة المقبلة 735446.890 كم³، (المكتب الاستشاري العالمي (ACE)، 2014).

-قابلية السفوح للانزلاقات الأرضية:

ويمكن تحديد مفهوم خطر الانزلاقات الأرضية (Landslide Hazard) باحتمالية حدوثها في مكان وفترة محددين، واشتق من هذا المفهوم تعبير نطاقات خطر انزلاقات الأرضية Landslide Hazard- Zonation؛ بحيث يشير إلى تقسيم المنطقة المدروسة إلى أصناف الخطورة من الانزلاقات الأرضية، (Brunori, 1996). تم تحديد (7) عوامل محفزة ومؤثرة في حدوث الانزلاقات الأرضية اعتماداً على خصائص منطقة الدراسة الطبيعية، والعمل الميداني، وقد تم إعطاء ترتيب وزني لكل عامل حسب أهميته في حدوث الانزلاقات الأرضية الجدول (18)، واعتمدت المعادلة الآتية لحساب مؤشر احتمالية حدوث الانزلاق الأرضي Landslide Potential- Index ، (Daneshvar, 2014).

$$LPI = \sum_{i=1}^n (Wi \times Ri)$$

اذ أن:

LPI مؤشر احتمالية حدوث الانزلاق الأرضي

Wi وزن العامل i

Ri معدل فئة العامل i

n العدد الإجمالي للعوامل الداخلة في احتساب المعادلة النهائية

وتم جمع طبقات العوامل المحفزة والمؤثرة في حدوث الانزلاق الأرضي باستخدام أدوات - Spatial Analyst Tool/Overlay/Weighted Overlay لعمل خارطة قابلية الأرض للانزلاقات الأرضية وتصنيفها إلى فئات حسب شدتها، وتبين أن المنطقة المرتفعة جدًا تشغل مساحة 19.33 كم² ونسبة 47.22 % من منطقة الدراسة، يلها المنطقة المرتفعة الحساسة بمساحة 16.89 كم² ونسبة 41.26 %، الجدول (19)، والشكل (20).

الجدول (18) وزن العوامل المحفزة للانزلاقات الأرضية

البيانات	الأوزان (%)	الطبقات	المعدل (1-9)
التكوينات الجيولوجية	17	تكوين ناعور	5
		تكوين فحيص/الحرر/شعيب	8
		منطقة الانزلاقات	9
		رمل الكرب	7
الانحدار بالدرجات	23	0-2	1
		2-5	2
		5-10	3
		10-15	6
		15-30	7
		30-45	8
		>45	9
البيانات	الأوزان (%)	الطبقات	المعدل (1-9)
إحاطة الصدوع	20	0-100	9
		100-200	8

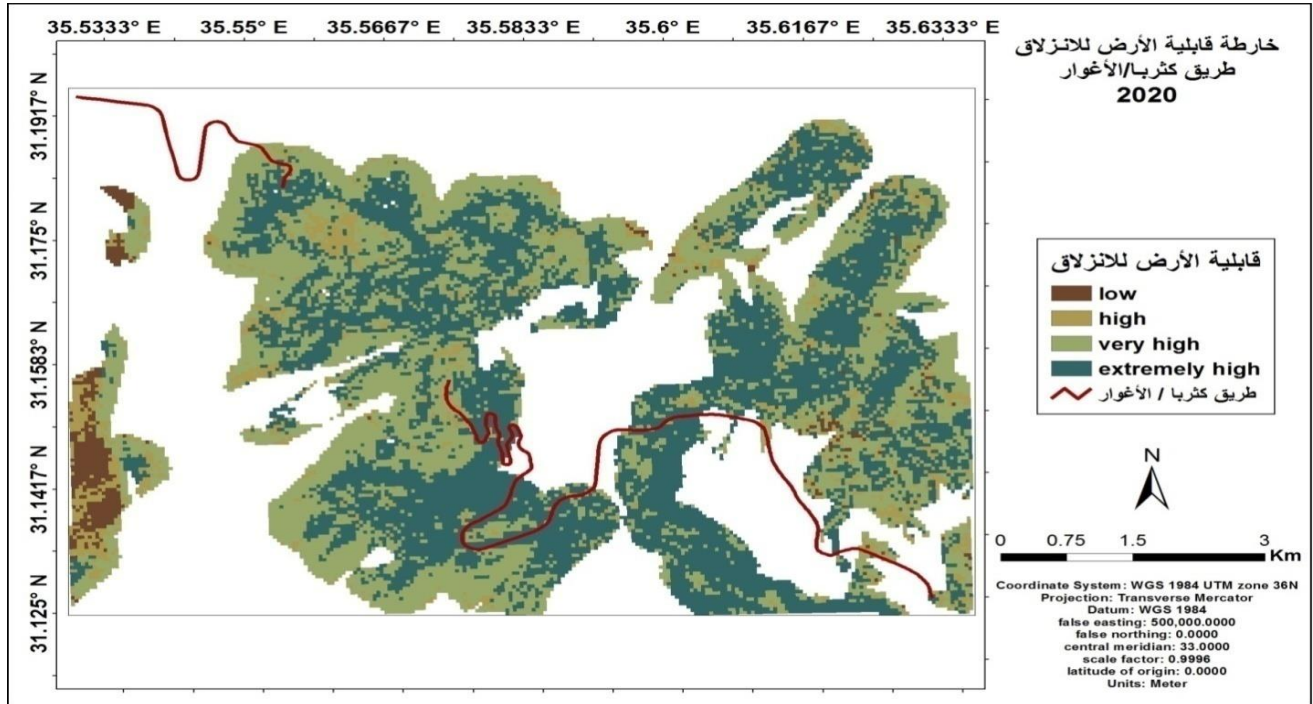
البيانات	الأوزان (%)	الطبقات	المعدل (1-9)
		200-300	7
		300-400	6
		400-500	5
الكثافة الخطية	5	منخفض	6
		منخفض - متوسط	7
		متوسط	8
		مرتفع	9
الهطول المطري	12	70-150	7
		15-200	8
		200-270	9
		270-330	6
البيانات	الأوزان (%)	الطبقات	المعدل (1-9)
اتجاه الانحدار	5	مستوي	1
		شمالي	7
		شمالي شرقي	3
		شرقي	4
		جنوبي شرقي	2
		جنوبي	5
		جنوبي غربي	8
		غربي	6
		شمالي غربي	9
غطاء نباتي	18	ماء	1
		صخور	9
		نبات	3

المصدر: عمل الباحثان

الجدول (19) أصناف القابلية الأرضية للانزلاق

وصف الخطر	مؤشر احتمالية حدوث الانزلاق الأرضي	المساحة (كم ²)	النسبة المئوية (%)
Extremely high	>100	19.33	47.22
Very high	51-100	16.89	41.26
High	10-50	3.61	8.82
Low	<10	.101	2.68

المصدر: عمل الباحثان بالاعتماد على (HKSS) Hong Kong Slope Safety



الشكل (20) خريطة قابلية الأرض للانزلاقات الأرضية في منطقة الدراسة

المصدر: عمل الباحثان

النتائج:-

توصلت الدراسة إلى النتائج الآتية:

- يُعدّ طريق كثربا/ الأغوار من الطرق المجهدة اقتصاديًا، وذلك بسبب شدة تضرره ووعورة سطحه، إذ يصل طوله 28 كم، ويسير في منطقة متنوعة الأشكال الأرضية مما يتطلب أعمال إنشائية ذات كلفة اقتصادية.
- من التكوينات الجيولوجية المؤثرة والمحفزة لحدوث انزلاقات أرضية في منطقة الدراسة هي تكوينات: ناعور، والكرب، والفحيص/ الحمر/ شعيب، وبسبب احتوائها على نسبة عالية من طين المارل التي تتشبع بالرطوبة بعد المنخفضات المطرية، مما يؤدي إلى نشاط عمليات الانزلاقات الأرضية.
- ساهمت درجة انحدار (>30°)، والارتفاع عن مستوى سطح البحر (أكثر من 400 م) في زيادة احتمالية حدوث الانزلاقات الأرضية، إذا أنه كلما زادت درجة الانحدار كلما زادت احتمالية حدوث الانزلاقات الأرضية، وبعد الانحدار من أهم العوامل المحفزة لحدوث الانزلاقات الأرضية.
- يساهم الهطول المطري بمعدل سنوي (أكثر من 200 ملم) في حدوث انهيارات أرضية خاصة في المناطق الخالية من الغطاء النباتي وذات انحدار شديد، إذ أن الغطاء النباتي يعيق الجريان المائي، ويساهم الانحدار بتوفير ظروف حدوث الجريان المائي.
- بلغت مساحة ما نسبته 47.22% من منطقة الدراسة تقع ضمن نطاق القابلية العالية جدًا من الانزلاقات الأرضية، وذلك بسبب شدة تضرر منطقة الدراسة الذي أدى إلى أعمال قطع بلغت 113 منطقة قطع شكلت مناطق منحدر معرضة للانزلاقات الأرضية.
- عدد المنشآت الهيدروليكية الموجودة على الطريق غير كافية إذا ما تم مقارنتها بالمجاري المائية على امتداد الطريق، وهي غير ملائمة، إذ أن أغلبها أنبوبية وبمقياس (90 * 90) سم، مما يساهم في إغلاقها عند حدوث جريان مائي بفعل الرواسب، إضافة لعدم وجود وسائل حماية لها وتعرضها لخطر المواد الصخرية التي تصلها بفعل الانزلاقات الأرضية، وذا بدوره يؤدي إلى تعرض الطريق للخطر، وارتفاع كلفة الصيانة.
- عند إنشاء العبارات يركز المهندسون على المعدل العام للهطول المطري في المنطقة، ويفترض أن يعتمدوا على أعلى كمية مطر هطلت في الأعوام السابقة، إضافة إلى الخصائص الجيومورفولوجية المتعلقة بالمساحة الحوضية للأودية، وكثافة التصريف المائي، والحمولة الرسوبية، ونسبة التغطية النباتية.

-التوصيات:

توصي الدراسة بما يلي:

- الاستعانة بفريق عمل من المختصين قبل البدء بمشاريع طرق في مناطق وعرة أو شديدة التضرس.
- زيادة عدد العبارات على طول الطريق عند مجاري الأودية، وتغيير نوعها من أنبوبية إلى صندوقية، وصيانتها، وتزويدها بوسائل الحماية المناسبة.
- إنشاء جدران استنادية في المناطق ذات الحساسية العالية للانزلاقات الأرضية.
- تشجير منحدرات جوانب الطريق وخاصة في المناطق المنحدرة.
- الإفادة من تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية لتحديد الآثار الجيومورفولوجية لإنشاء الطرق

المصادر والمراجع

- الذنيبات، أ، 2010. التقييم الجيومورفولوجي لمنطقة طريق العقبة الخلفي جنوب الأردن. رسالة دكتوراه، الجامعة الأردنية، الأردن.
- القرالة، م، 2008. الآثار الجيومورفولوجية لطريق الكرك – القطرانة في الأردن، حوليات آداب عين شمس، مجلد 36.
- النوايسة، س، 2011. تقييم القابلية للانزلاقات الأرضية باستخدام المعلومات الجيومورفولوجية وأنظمة المعلومات الجغرافية في حوض وادي عسال، جنوبي الأردن، أبحاث اليرموك، سلسلة العلوم الاجتماعية والإنسانية، المجلد 27، العدد 1، جامعة اليرموك، اردن، المكتب الاستشاري العالمي (ACE)، 2010. معلومات هندسية، عمان، الأردن.
- دائرة الأرصاد الجوية، 2018. معلومات مناخية، عمان، الأردن.
- داوود، ج، أسس التحليل المكاني في إطار نظم المعلومات الجغرافية GIS، ط1، مكة المكرمة، السعودية.
- سلطة المصادر الطبيعية، 1988. جيولوجية مدينة الكرك، عمان، الأردن.
- سلامة، ح، 1987. تقويم جيومورفولوجي للأرض المنحدرة المطورة زراعياً في الأردن، دراسات، مجلد 14.
- سلامة، ح، 2013. أصول الجيومورفولوجيا، ط4، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان، الأردن.
- صفي الدين، محمد، 1971. جيومورفولوجية قشرة الأرض، دار النهضة العربية للطباعة والنشر، بيروت، لبنان.
- عابد، ع، 2000. جيولوجية الأردن وبيئته ومياهه، نقابة الجيولوجيين الأردنيين، عمان، الأردن.
- موقع هيئة المساحة الجيولوجية. USGS، 2017.

References

- Albdoor, Abrar, (2019). Evaluation of Land Slide Susceptibility along Jarash-Amman highway, and Karak-Tafila highway by Using GIS and remote sensing, Mou'tah University, Alkarak, Jordan.
- Ben-Menahem, A. (1981). Variation of slip and creep along the Levant rift over the past 4500 years, Department of Applied Mathematics, The Weizmann Institute of Science, Rehovot/Israel, Vol 80, issue 1-4.
- Beverly, C., Wemple, Fredrick, J., Swanson, Julia A. (2000). Forest roads and geomorphic process interactions, Cascade Range, Oregon, Earth Surface Processes and Landforms.
- Brunori, N., Gar, Zoninio, A., and Moretti, S. (1996). Landslide Hazard mapping in Tuscany, Italy, Geomorphological Hazards, New York.
- Carrara, Alberto and Crosta, Giovanni, (2003). Geomorphological and Historical data in assessing Landslide Hazard, Earth Surface Processes and Land Forms, The Journal of the British Geomorphological Research Group, Vol 28, issue 10.
- Daneshvar, M. (2014). Landslide susceptibility zonation using analytical hierarchy process and GIS for the Bojnurd region, northeast of Iran. Landslides 11(6):1079–1091.
- Elmughrabi, M. (2016). Evaluation of Land Slide Susceptibility along Jarash. <https://hkss.cedd.gov.hk/hkss/eng/index.aspx> Hong Kong Slope Safety (HKSS).
- Maret, H., Reynard, E. (2015). Mapping geomorphological diversity. A case study in Derborence (Valais, Swiss Alps), EGU General Assembly Conference Abstracts.
- Pareta, K., Pareta, U. (2012). Landslide Modeling and Susceptibility Mapping of Giri River Watershed, Himachal Pradesh (India). International Journal of Science and Technology, 1(2), 91-104.
- Rouse, J.W., R.H., Haas, J.A. Schell, and Deering, D.W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Third ERTS Proceedings of the third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium, pp.309-317, Washington: NASA.
- Smith, Keith, (1992). Environmental hazards, Routledge, London.
- Young, A., Young, D.M. (1974). Slope Development. Macmillan Education, London.