

## دور التقنيات الحديثة في التحليل المكاني لأخطار الجريان السيلبي دراسة حالة لمنطقة الأبيار

<https://doi.org/10.37375/jlgs.v5i1.3109>

أ. انتصار رحومة مسعود الرياني

مرحلة دبلوم الإجازة الدقيقة (الدكتوراه) بقسم الجغرافيا/ كلية الآداب/ جامعة بنغازي

وزارة التعليم العام/ مكتب التفتيش التربوي، بنغازي.

[amqsyalfrja23@gmail.com](mailto:amqsyalfrja23@gmail.com)

### الملخص:

في ظل التحديات الطبيعية التي يفرضها الجريان السيلبي، تسعى هذه الدراسة إلى تحديد ورصد المواقع المهددة بأخطار السيول في منطقة تنمية رئيسية، وتعتمد على أساليب وتقنيات هيدرولوجية متقدمة لمحاكاة خطر الجريان السيلبي، مما يعزز التحليل المكاني كأحد الاتجاهات الحديثة في مجال الجيومورفولوجيا، حيث يُستخدم لتحديد دقيق للمناطق المعرضة لهذا الخطر.

كما تتناول الدراسة مدى خطورة الجريان السيلبي بالمنطقة، مستفيداً من التقنيات الحديثة، مثل: الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، التي أثبتت فعاليتها في دراسة الجغرافيا الحضرية وتخطيط المدينة وإدارتها، بما في ذلك توزيع الخدمات وكفاءتها، وإعداد خرائط استعمال الأرض وتحديد المناطق العشوائية والمباني المتردية.

تتضمن منطقة الدراسة "الأبيار"، بمساحة قدرها 678 كم<sup>2</sup>، حيث تم إقامة تجمع عمراني عند المنصب، مما يجعل الجريان السيلبي يشكل تهديداً للتنمية العمرانية، وقد تعرضت المنطقة لعدة عواصف مطرية في السنوات الأخيرة، مما دفع الباحثة إلى إجراء دراسة دقيقة باستخدام إحدى العواصف المطرية كحالة دراسية، بهدف تقييم الخطر وتحديد أبعاده الجيومكانية.

وتهدف هذه الدراسة إلى إجراء تحليل شامل للأخطار المرتبطة بالجريان السيلبي في المنطقة المعنية، بما في ذلك الاعتبارات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية، وتقديم تقييم دقيق للظروف الطبيعية والبيئية، والتركيز على العوامل المؤثرة، مثل: التسوية الأرضية، والميل الطبيعي للتضاريس، ونوعية التربة، وتقديم مقترحات تنويه لتعزيز الوعي بأخطار الجريان السيلبي، تطبيق عدد من المعادلات الهيدرولوجية لتحديد المواقع المهددة بأخطار الجريان السيلبي.

**الكلمات المفتاحية:** الجريان السيلبي، النمذجة الجيومكانية، الهيدرولوجيا، نظم المعلومات الجغرافية.

## *The Role of Modern Technologies in Spatial Analysis of Flash Flood Risk Sites: A Case Study of the Al-Abyar Area*

**Ms. Intisar Rahoma Masoud Al-Rayani**

Diploma, Bachelor's Degree, Doctorate

Department of Geography, Faculty of Arts, University of Benghazi

Ministry of General Education/ Office of Educational inspection and Guidance, Benghazi Branch

[amqsyalfrja23@gmail.com](mailto:amqsyalfrja23@gmail.com)

### **Abstract:**

In light of the natural challenges posed by flash floods, this study aims to identify and monitor areas threatened by flood risks in a major developmental region. The study relies on advanced hydrological techniques to simulate flash flood risks, thereby enhancing spatial analysis as one of the modern trends in geomorphology, where it is used for precise identification of areas exposed to such risks.

The study also addresses the phenomenon of unplanned urban growth and its impact on flash flooding, utilizing modern technologies such as remote sensing and geographic information systems (GIS), which have proven effective in the study of urban geography, city planning, and management, including service distribution and efficiency, land use mapping, and the identification of informal settlements and deteriorating buildings.

The study area includes the Al-Abyar Valley Basin, covering an area of 678 km<sup>2</sup>, where an urban settlement has been established at the basin's outlet, making flash flooding a threat to urban development. The area has experienced several rainstorms in recent years, prompting the researcher to conduct a detailed study using one of these storms as a case study to assess the risk and determine its geospatial dimensions.

This study aims to conduct a comprehensive analysis of the risks associated with flash flooding in the study area, including geomorphological and hydrological considerations, and to provide an accurate assessment of the natural and environmental conditions. The focus is on factors such as land leveling, natural terrain slope, and soil quality. It also presents recommendations to raise awareness of flash flood risks and applies several hydromorphological equations to identify sites threatened by flash flood risks.

**Keywords:** Flash Flooding, Geospatial Modeling, Hydrology, Geographic Information Systems (GIS).

## مقدمة:

تمثل الكوارث الطبيعية ظواهر حتمية يصعب التعافي الكامل من آثارها، ومع ذلك، يبذل الباحثون والمتخصصون جهودًا دؤوبة لتقليل حدة الأخطار المحتملة، يتم ذلك عبر التركيز على تصميم وتنفيذ الخطط التي تهدف إلى تعزيز التأهيل وتقليل تأثيرات الكوارث، حيث يتم تحسين إمكانيات نمذجة الجريان السيلي في الوقت الحالي باستخدام برامج متخصصة ArcGIS Hydro، من خلال الاستفادة من توافر البيانات المكانية المجانية علي شبكة المعلومات الدولية، حيث يُسهم هذا التحسين في وضع مقترحات تنمية محكمة بهدف التصدي لخطر السيول في المنطقة، ويتم ذلك من خلال الاستفادة من النتائج والتحليلات التي تُقدمها عمليات النمذجة الدقيقة.

وحيث تظهر في منطقة الدراسة عدة أخطار جيومورفولوجية، ومن بين هذه الأخطار يبرز الجريان السيلي الذي تتفاوت درجة الخطورة في مناطق الدراسة وفقاً لموقعها بالنسبة لروافد الأودية التي تتقاطع مع الكتلة العمرانية في مواقع مختلفة، حيث يتكرر الجريان السيلي بشكل غير منتظم ويصعب توقعه بشكل دقيق، وتلعب نظم المعلومات الجغرافية دورًا حيويًا في تخفيف وإدارة حوادث الكوارث بكفاءة يتيح استخدام تكنولوجيا نظم المعلومات الجغرافية رصد الأخطار وتقييمها، وتحديد المخاطر، واقتراح استراتيجيات فعالة لإدارة الكوارث.

وعليه تعنى هذه الدراسة بأعمال التحليل الهيدرولوجي لأخطار الجريان السيلي في حوض وادي الأبيار، وذلك من خلال تطبيق مجموعة من المعادلات المورفومترية والهيدرولوجية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية وتقنية الاستشعار عن بعد، كما تتناول الدراسة كيفية توظيف هذه التقنيات في التحليل الهيدرولوجي للجريان السيلي في حوض وادي الأبيار الذي يصب في البحر المتوسط من غرب منطقة الدراسة.

## مشكلة الدراسة:

تظل العمليات التوسعية في مجال النمو العمراني التي تتسارع بشكل مستمر، خاصة في منطقة الدراسة، دون إجراء دراسات متخصصة لتقصي الأخطار الجيومورفولوجية التي تشكل تهديدًا لهذه المناطق يأتي ذلك رغم أن المنطقة المعنية تشكل مركزًا تنمويًا يجذب الكثير من السكان الباحثين عن مواطن بعيدة عن تحديات المدن الكبيرة. يفتقر النهج التنموي الحالي إلى اعتبار دراسة أخطار الجريان السيلي المتكرر في تلك المنطقة، نتيجة لاستغلال

المسارات الطبيعية للأودية دون أخذها في اعتبارات الخطط البيئية والتخطيطية لتطوير المنطقة على الصعيدين الحضري والعمري.

### أسباب الدراسة:

- 1- توافر العديد من البيانات عن منطقة الدراسة.
- 2- احتمالية استمرار تعرض المنطقة لخطر الجريان السيلي ولاسيما في ظل تغير المناخ في العالم ككل.
- 3- تُعدُّ منطقة الدراسة والمناطق المحيطة بها مركزًا جاذبًا للسكان، وتحمل أهمية اقتصادية واستراتيجية، مما يفرض الضرورة لاتخاذ الإجراءات الضرورية لحمايتها من خطر الجريان السيلي بشكل خاص.

### أهمية الدراسة:

1. يمكن للجيوماتكس أن تسهم في تقييم وتحديد خطر الجريان السيلي.
2. التنبؤ بالمواقع الأكثر تهديداً بخطر الجريان السيلي.
3. التوعية بخطر الجريان السيلي الذي يهدد منطقة الدراسة.

### أهداف الدراسة:

1. إجراء تحليل شامل للأخطار المرتبطة بالجريان السيلي في منطقة الدراسة، بما في ذلك اعتبارات جيومورفولوجية وهيدرولوجية، وتقديم تقييم دقيق للظروف الطبيعية والبيئية.
2. التركيز على العوامل الطبيعية المؤثرة على الجريان السيلي.
3. تقديم مقترحات تنويه بما يعزز الوعي بأخطار الجريان السيلي.
4. اقتراح بعض الحلول العلمية التي يمكن أن تفيد في تجنب وتقليل أخطار الجريان السيلي التي تتعرض لها منطقة الدراسة.

### مصادر البيانات:

- 1- الدراسات السابقة والبحوث التطبيقية.
- 2- الخرائط الجيولوجية مقياس 500.000.
- 3- مرئيات فضائية للقمر الصناعي Land sat 8 بدقة 30 متراً لعام 2023م.
- 4- نماذج الارتفاعات الرقمية بدقة 30 متراً.

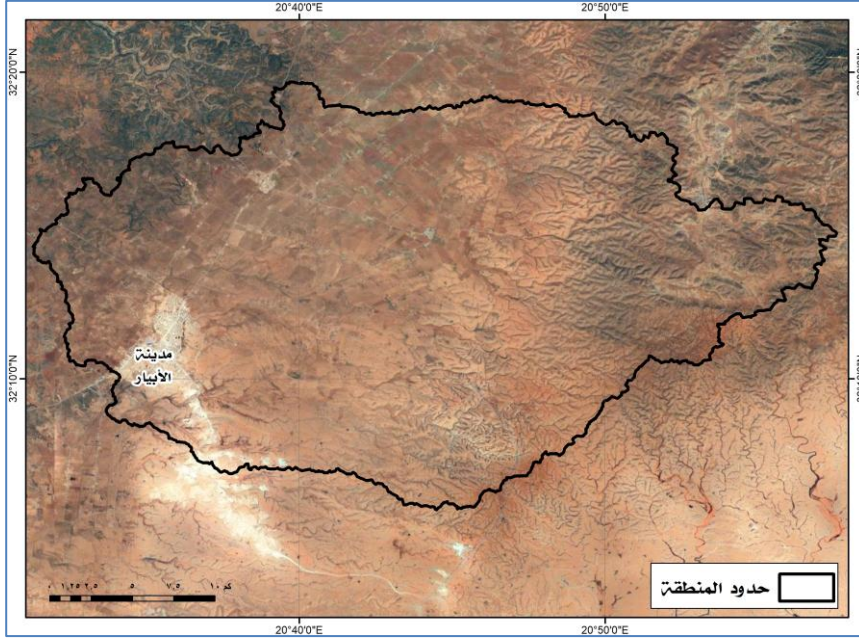
## مناهج البحث وأساليبه:

تم الاعتماد على كل من المنهج التطبيقي في تتبع شبكة التصريف ورسمها؛ لتقييم خطر الجريان السيلبي بالمنطقة، إضافة إلى المنهج الاستقرائي، والذي استخدم من أجل الوصول لمجموعة من المعايير التي يمكن بواسطته تحليل العلاقات المتبادلة بين التكوينات الجيولوجية الموجودة بمنطقة الدراسة ودور الإنسان في ذلك إضافة لاستخدام بعض الأساليب، أهمها: الأسلوب الكمي: والذي تم فيه تطبيق المعادلات الرياضية لدراسة الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف عبر الاستعانة ببعض البرمجيات المتخصصة، مثل: **Arc GIS 10.8**، إضافة إلى الأسلوب الكارتوجرافي: حيث يحتاج رسم الخرائط إلى رموز متعددة تتوفر في معظم برامج نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، كما تم رسم بعض الأشكال البيانية بطريقة آلية على برنامج **MS Excel**، واستخدام برامج الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في إعداد ورسم الخرائط. وأسلوب النظام: وقد أُتبع لدراسة خطر الجريان السيلبي والعوامل المؤثرة فيها، ولتحقيق أهداف الدراسة تم مناقشة العناصر الآتية:

## منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة في شمال شرق ليبيا، وتحديداً شرق مدينة بنغازي، وتمتد جغرافياً بين دائرتي عرض  $31.6^{\circ}$  و  $32^{\circ} 05'$  و  $49.5^{\circ}$  و  $32^{\circ} 20'$  شمال خط الاستواء وبين خطي طول  $5^{\circ}$  و  $31^{\circ} 20'$  و  $31^{\circ} 57'$  شرق خط جرينتش، وتبلغ إجمالي مساحة منطقة الدراسة  $678 \text{ كم}^2$  تقريباً، وتضم أربعة أحواض تصريف أساسية تشكل في مجملها روافد حوض وادي الأبيار الذي يصب بالبحر المتوسط غرباً شكل (1).

شكل (1) منطقة الدراسة "حوض وادي الأبيار".



المصدر: من عمل الباحثة باعتماد اعتماد على صور الأقمار الصناعية Sentinel-2 ونماذج الارتفاعات الرقمية بدقة 30 متر.

### الدراسات السابقة:

– دراسة كُِّل من (الهوام و تراب، 1992) حول التطور الجيومورفولوجي لبعض الأودية بالجبل الأخضر باستخدام التحليل المورفومترية، حيث تمت دراسة التاريخ الجيومورفولوجي للأودية منذ نشأتها حتى الوقت الراهن، من خلال القياسات باستخدام بعض المعاملات المورفومترية، أي القيام بدراسة التطور الجيومورفولوجي للأودية بدلالة أشكالها المؤثرة بها.

– دراسة (الرياني، 2022) عن النمذجة الهيدرولوجية لأخطار السيول في حوض الغاز، حيث استهدفت في دراستها إلقاء الضوء على عملية الجريان السيلبي وأخطاره المختلفة، باستخدام النمذجة الجيومكانية التطبيقية لدراسة وتحليل خطر الجريان السيلبي وتحديد المناطق المتضررة بفعل السيول المتكررة في الفترة الأخيرة، ومحاولة تقديم تقييم وضع جيومورفولوجية يساعد في تحديد العلاقة بين العمليات الهيدرولوجية والظواهرات الجيومورفولوجية من جانب، والنشاط التنموي من جانب آخر.

- دراسة (عبد الجواد، 2022) عن أخطار السيول في مدينة القاهرة الجديدة، باستخدام النمذجة الهيدرولوجية ثلاثية الأبعاد، حيث استهدف في دراسته إلقاء الضوء على عملية الجريان السيلبي وأخطاره المختلفة باستخدام الأسلوب العلمي التطبيقي في دراسة وتحليل خطر الجريان السيلبي، وإجراء التحليل الهيدرولوجي لتحديد المناطق المتضررة بفعل السيول المتكررة في الفترة الأخيرة، مثل ما حدث في سيل 2016م وتكرر حدوثه في سيول 2020م، ومحاولة تقديم تقييم وضع جيومورفولوجية يساعد في تحديد العلاقة بين العمليات الهيدرولوجية والظواهر الجيومورفولوجية من جانب، والنشاط التنموي من جانب آخر.

- دراسة (عبد الجواد، 2023) عن النمذجة الجيومكانية للذكاء الاصطناعي Google Earth Engine لتحليل وتوقع المناطق المهددة بأخطار الجريان السيلبي في حوض وادي وتير، جنوب شبه الجزيرة سيناء- مصر، حيث استهدف في دراسته إلقاء الضوء على عملية الجريان السيلبي وأخطاره المختلفة، باستخدام الأسلوب العلمي التطبيقي في دراسة وتحليل خطر الجريان السيلبي وإجراء التحليل الهيدرولوجي؛ لتحديد المناطق المتضررة بفعل السيول المتكررة في الفترة الأخيرة، ومحاولة إيضاح كيف يمكن توظيف الذكاء الاصطناعي في تقييم وضع المنطقة من الجانب الجيومورفولوجي، من خلال استخدام Google Earth Engine بما يساعد في تحديد العلاقة بين العمليات الهيدرولوجية والظواهر الجيومورفولوجية من جانب والنشاط التنموي من جانب آخر وقد قام في بحثه بالخروج بخريطة للمناطق المهددة بالجريان السيلبي ودرجاتها، من خلال العمل على خوادم البيانات التي توفرها شركة Google إضافة إلى العمل على تطبيق خوارزميات رصد المناطق المهددة بالجريان السيلبي، أو ما يطلق عليه Flood Mapping Algorithm.

- دراسة (عبد العالي، 2016م) بعنوان: التحليل المورفومترية لبعض أودية الجبل الأخضر في المنطقة الممتدة من درنة إلى سوسة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، تناولت هذه الدراسة عدد من المتغيرات المهمة المرتبطة بشبكات التصريف المائي وعلاقتها ببعضها البعض، ورصد الأشكال الأرضية النهرية الحثية والإرسابية التي نشأت بسبب تغير مستوى سطح البحر، وخلصت إلى أن معظم اتجاهات انحدار سطح الأرض بأحواض الأودية تأخذ اتجاه الشمال وتتخللها شمال شرق والشرق.

- دراسة (المغاري، 2015م) بعنوان: الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، تناول في دراسته استخراج الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسي، وبناء قاعدة بيانات جغرافية للحوض، وخلص ببناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية للحوض الرئيس، والأحواض الفرعية على مستوى الرتب، من خلال استخدام نظم المعلومات الجغرافية ونموذج الارتفاع الرقمي بدقة مكانية 30متر.

- دراسة (فتح الله، 2018م) بعنوان: دور الخصائص الطبيعية المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية في حوض وادي السهل الغربي غرب مدينة طبرق شمال شرق ليبيا، تناول دور الخصائص الطبيعية في تشكيل حوض وادي السهل الغربي وعلاقته بين الخصائص الطبيعية وتباين كميات المياه وتوزيعها، وخلص إلى أن خصائص شكل الحوض أدت إلى قدرة الحوض المائي على نقل مياه الأمطار وتحويلها إلى جريان سطحي أو سيلبي.

## 1- جيولوجية المنطقة:

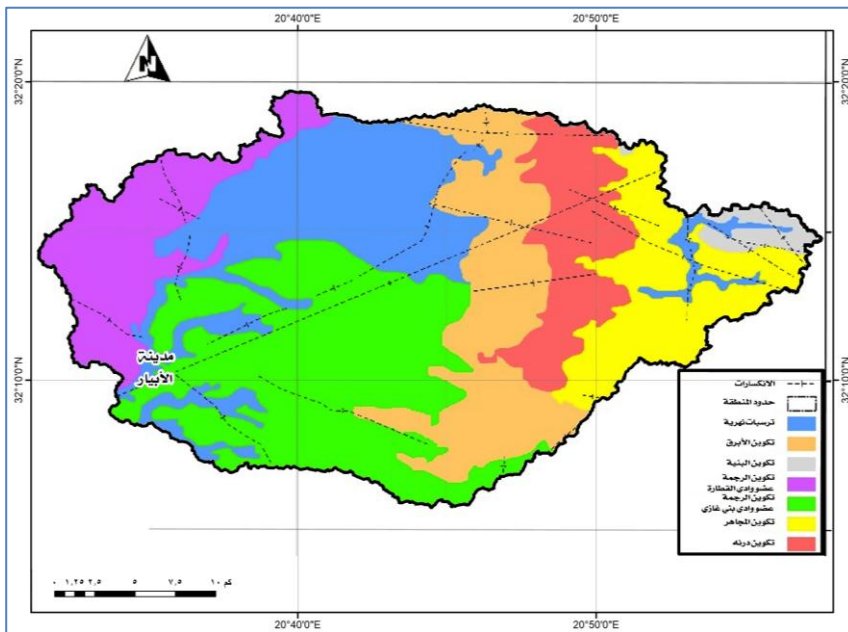
يرتبط التطور الجيولوجي لمنطقة الدراسة بالأحداث الجيولوجية التي مرت بها المنطقة، ويظهر توزيع إرسابات الميوسين في المنطقة بأن البحر كان يغطي في عصر الميوسين الثالث على المنطقة؛ نظراً لعدم وجود أي طبقات ترجع إلى عصر البليوسين، فمعنى ذلك أن البحر قد انحسر عن المنطقة في ذلك العصر ولكن طغى مرة أخرى خلال الزمن الرابع على المنطقة، ولكن طغيان هذه المرة كان جزئياً ويستدل على ذلك وجود رواسب هذا الزمن في الشريط الساحلي للمنطقة مكوناً الرواسب الساحلية من رمال الشاطئ ورواسب السبخات، وكذلك الرواسب الفيضية والتي تراكمت في الأودية كما يظهر في وادي القطارة في الجنوب الشرقي لمدينة بنغازي (شرف، 1993م، ص22)، كما توجد رواسب الجبس التي تعود إلى العصر الميوسين وضمن تكوينات عضو وادي القطارة والرواسب الوفيرة من الطفل الرملي الأحمر والطيني. (جودة، 1973م، ص87) والذي يعود إلى إرسابات الزمن الرابع تحديداً للإرسابات الفيضية الموجودة في الجنوب والجنوب الشرقي لمدينة بنغازي الصحور الجيرية (مركز البحوث الصناعية، 1974م، ص7).

كما يتضح من الشكل (2) وجدول (1) إنَّ المنطقة تحتوي على كميات كبيرة من الحجر الجيري الميوسيني ويتركز وجودها في شرق المدينة وجنوبها، وقد صنف مركز البحوث الصناعية تكوينات عصر الميوسين الأوسط إلى تكوين الرجمة الذي ينقسم إلى عضوين، هما:

## دور التقنيات الحديثة في التحليل المكاني لأخطار الجريان السيلبي دراسة حالة لمنطقة الأبيار

عضو بنغازي وعضو وادي القطارة، ويعد تكوين الرجمة أحدث وحدة صخرية قبل الحقب الرباعي، ويتكون الجزء الأسفل من هو عضو بنغازي والذي يتكون من الحجر الجيري الفاتح اللون الذي يحتوي على حفريات وصخور الدولومايت الصلبة ذات المساحات الكبيرة وإضافة إلى المارل عند قاعدته، ويتدرج عضو بنغازي صعوداً إلى حجر جيري بطروحي وينتهيان إلى عضو وادي القطارة ويشمل عضو وادي القطارة على طبقات من صخور الصوان الأبيض أو الرمادي كما توجد في المنطقة صخور من الحقب الرباعي، وتظهر ترسباتها في شكل طبقات من الطفل والرمل والطيني والحصى والمساحات الشاسعة التي تغطيها هذه الرواسب هي منخفض المرج والمناطق المحيطة بمدينة الأبيار (بوقرين، 2012م، ص13)، وهناك طبقة رمادية كرسالية خفيفة على عمق 30 متراً وتوجد طبقة أحافير صلبة الترافس بصلاية (9) أمتار، وطبقة دولدين صفراء خلال العصر الميوسين وفي الأعلى توجد سلسلة من الأحافير الكلسية في الجزء الشرقي من مدينة بنغازي في الباطن توجد طبقات إعادة التبلور، تظهر درجة عالية من الصلاية بالقرب من مدينة الأبيار.

شكل (2) التوزيع الجغرافي للتكوينات الجيولوجية بمنطقة الدراسة.



المصدر: من عمل الباحثة باستخدام برنامج ArcMap واعتماداً على الخرائط الجيولوجية مقياس 250.000،

لوحة بنغازي.

ويظهر حجر جيرى أبيض مارل باتجاه الشرق بالقرب من منطقة الميطانية، كما يوجد أقصى شمال منطقة الدراسة أقل صخور طباشيرية، وهي تظهر كصخر جيرى يحتوي على درنات من الصوان، وتظهر تكوينات في الجزء الجنوبي من المنطقة عبارة عن شريط من صخور الحجر الجيري الطحلي بسطح عدم توافق مع التكوينات التي تليها، وبشكل عام فإن التكوين الجيولوجي لمنطقة الدراسة بسيط وغير معقد، فالمنطقة تعتبر مكتملة لسطح شمال إفريقيا الواسع، حيث كانت ظروف الترسيب متشابهة، واستمرت لفترة طويلة مما نتج عن تكون رسوبيات كربونية سميككة، وتتكون من نوع واحد وتتوزع بنسب متفاوتة بالمنطقة. **تكوين الرجمة:** أن تكوينات الميوسين الأوسط تغطي مساحة تقدر بنحو 565.7 كم<sup>2</sup>، أي ما يعادل 45 % من مساحة منطقة الدراسة متمثل في تكوين الرجمة بعضوي القطارة وبنغازي، وهما يختلفان في تركيبهما الليثولوجية، ويعد من أحدث التكوينات بالجبل الأخضر وقد قام بتقديمه ديسو سنة 1935 كحجر جيرى الرجمة خلال دراسته الجيولوجية لإقليم برقة. وفي سنة 1968 قال كل من (فاندنبرغ وبيترز) بتقديم هذا التكوين في أبحاثهم باستخدام تكوين الرجمة على كل التتابع التابع للميوسين الأوسط، وتوجد دورة ترسيبية بحرينية بدأت في البيئة البحرية الضحلة، وتتكون من تتابع حجر جيرى أحفوري وحجر جيرى دولوميتي متبلور مع قليل من المارل والطين، وفي منطقة غرب المرج يقع التكوين مباشرة أعلى تكوين درنة.

جدول (1) التوزيع الجغرافي للتكوينات الجيولوجية بمنطقة الدراسة

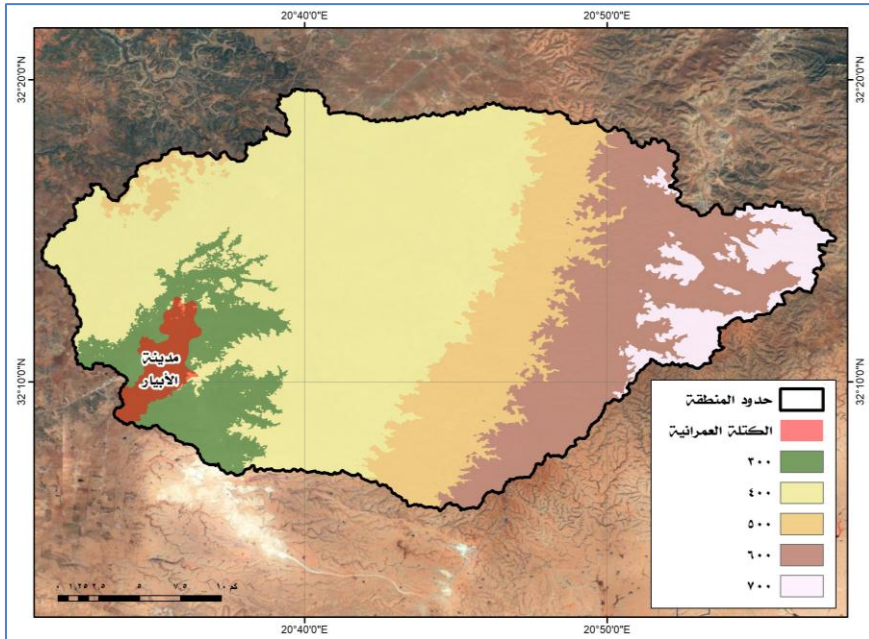
التكوينات	المساحة (كم <sup>2</sup> )	%
ترسبات نهرية	148.1	21.6
تكوين الابرق	109.2	15.9
تكوين البنية	12.5	1.8
تكوين الرجمة - عضو وادي القطارة	83.1	12.1
تكوين الرجمة - عضو وادي بني غازي	188.9	27.5
تكوين الجاهر	79.9	11.6
تكوين درنة	64.6	9.4
<b>الإجمالي</b>	<b>686.4</b>	<b>100</b>

## 2- طبوغرافية المنطقة:

تم الاعتماد في دراسة خصائص سطح المنطقة على "نموذج الارتفاعات الرقمي" وتراوحت ارتفاعات منطقة الدراسة من 244 متراً في غرب منطقة الدراسة إلى 669 متراً تقريباً فوق منسوب سطح البحر شرق منطقة الدراسة؛ ولذلك اتسمت منطقة الدراسة بتعدد نطاقاتها التضاريسية تبعاً لخطوط الكنتور والظواهر التي تحصرها.

• الارتفاع: يلاحظ من شكل (3) وجدول (2) وجود تدرج في مناسيب الارتفاع بالمنطقة من 248 متراً إلى 670 متراً، وقد شغلت الارتفاعات التي تقل عن 400 متراً مساحة ما يعادل 58.6% من إجمالي مساحة المنطقة، كما يوجد تباين في الارتفاعات بالمنطقة من جزء لآخر، حيث يلاحظ أن الأجزاء الأكثر ارتفاعاً تقع في شرق المنطقة، وقد أثرت طبوغرافية المنطقة على مدى تشعب شبكة التصريف المائي السطحي بالمنطقة.

شكل (3) نموذج الارتفاع الرقمي في حوض وادي الأبيار.



المصدر: من عمل الباحثة باعتماد على صور الأقمار الصناعية Sentinel-2 ونماذج الارتفاعات الرقمية بدقة 30 متر.

جدول (2) الفئات التضاريسية بمنطقة الدراسة.

الفئة	المساحة	%
أقل من 300 متر	94.1	12.5
300 لأقل من 400 متر	354.2	47.1
400 لأقل من 500 متر	124.0	16.5
500 لأقل من 600 متر	140.4	18.7
600 متر فأكثر	39.3	5.2
الإجمالي	751.9	100%

المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية DEM.

• زوايا الانحدار: يلاحظ من شكل (4) وجدول (3) يمكن تقسيم سطح المنطقة إلى ست مناطق انحدارية مختلفة وفق تقسيم (Young, A. 1972) لكل فئة منها خصائصها، وفق النحو الآتي: الانحدارات الخفيفة (صفر: لأقل من 5): شغلت جزءاً كبيراً من مساحة المنطقة بنسبة 81.2%، وتنتشر في كافة أنحاءها وفي بطون الأودية وروافدها، حيث مثلت الانحدارات المتوسطة (5: لأقل من 10) نسبة بلغت 15.9%. وجاءت الانحدارات فوق المتوسطة (10: لأقل من 18) بنسبة بلغت 2.7% من إجمالي المنطقة، بينما كان التواجد محدود للغاية للفئات (الأكبر من 18 درجة)، حيث شغلت نسبة تبلغ 0.062% من المنطقة.

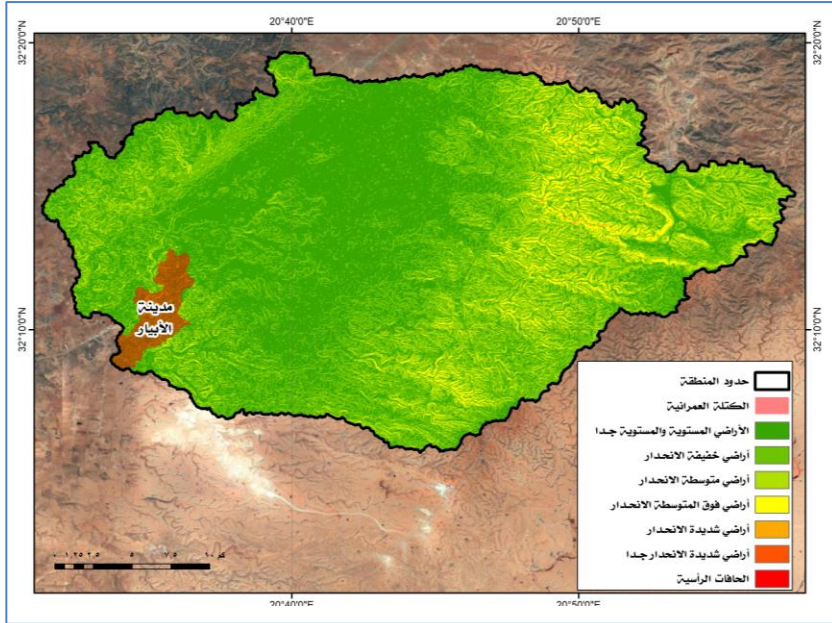
جدول (3) زوايا الانحدار بالمنطقة

الفئة	المساحة	%
صفر: لأقل من 5	607.5	81.2
5: لأقل من 10	16.1	15.9
10: لأقل من 18	2.7	2.73
الأكبر من 18 درجة	0.1	0.062
الإجمالي	751.9	100%

المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية DEM.

دور التقنيات الحديثة في التحليل المكاني لأخطار الجريان السيلي  
دراسة حالة لمنطقة الأبيار

شكل (4) زوايا الانحدار بمنطقة الدراسة.



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية DEM.

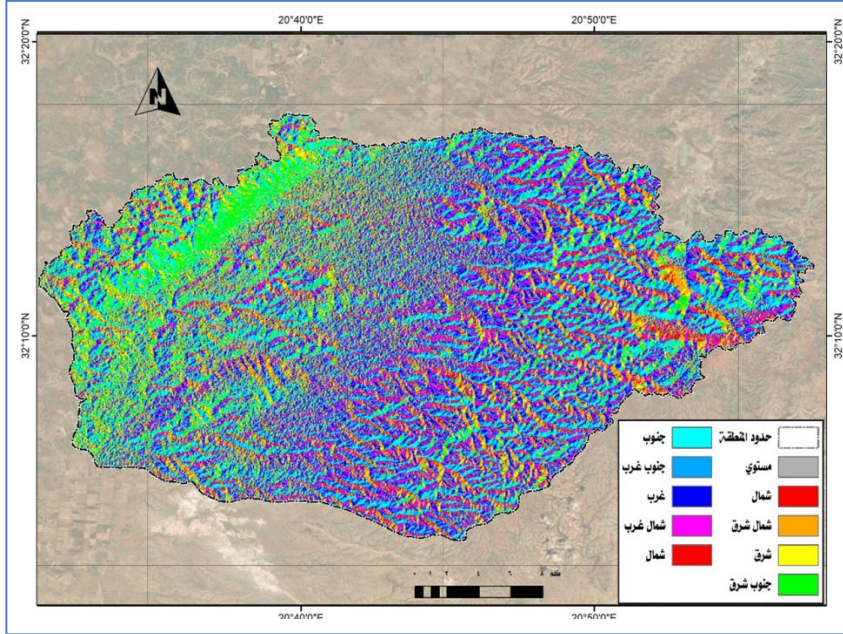
• اتجاهات الانحدار: يلاحظ من شكل (5) وجدول (4)، حيث تم حساب اتجاهات الانحدار باتجاه عقارب الساعة أن المناطق المستوية 15.4% من أغلب اتجاهات الانحدار بالمنطقة، كما تتجه نحو الجنوب الشرقي والجنوب الغربي والغرب بنسب متفاوتة بلغت 12.8% و 12.9% و 11.8% و 13.2% و 12.0% على التوالي، بينما جاءت الاتجاهات نحو الشمال والشمال الشرقي والشرق بنسب متقاربة بلغت 7.1% و 5.9% و 8.9%، ويستفاد من معرفة اتجاهات الانحدار في المنطقة من التنبؤ باتجاه جريان المياه وقت حدوث الجريان السيلي كمثال.

جدول (4) اتجاهات الانحدار بمنطقة الدراسة.

الفترة	المساحة	%	الفترة	المساحة	%
مستوي	115.5	15.4	جنوب	96.8	12.9
شمال	53.4	7.1	جنوب غرب	87.9	11.8
شمال شرق	44.0	5.9	غرب	98.4	13.2
شرق	66.3	8.9	شمال غرب	89.9	12.0
جنوب شرق	95.8	12.8	الإجمالي	751.9	100%

المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية DEM.

شكل (5) اتجاهات الانحدار بحوض وادي الايبار..



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية DEM.

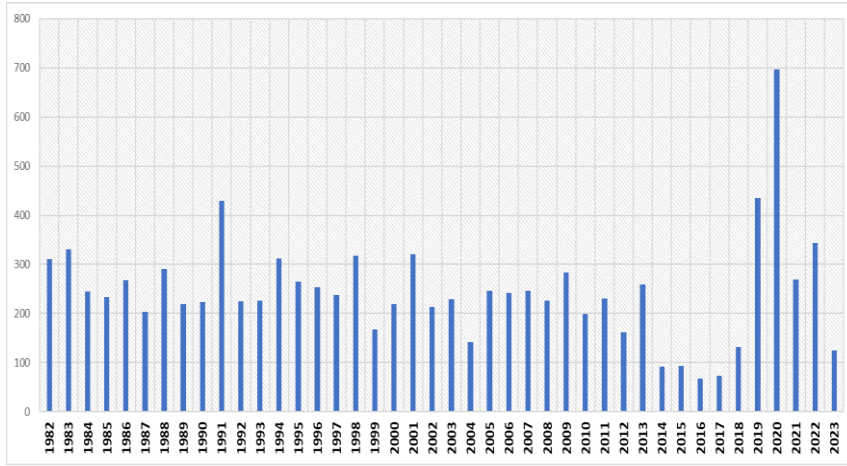
### 3- خصائص التساقط المطري بالمنطقة:

يُعدُّ تساقط المطر أساس حدوث الجريان بشكل عام وزيادة كميته عن درجة استيعاب التربة تؤدي لحدوث جريان بشكل عام، وتزداد خطورته في حال زيادة وقت التساقط أو كميته الأمطار المتساقطة، حيث تبرز أهمية دراسة أكبر كمية مطر خلال اليوم الواحد في تأثيرها الكبير على حدوث الجريان السيلي في منطقة الدراسة بشكل عام، وآثارها التدميرية على الطرق والتجمعات الحضرية، حيث تعمل الأمطار بصفة عامة على جرف الرواسب وترسيبها على الطرق، كما تعمل على سرعة تآكل الصخور الضعيفة، وتعمل على نشاط عمليات التحوية بنوعها الميكانيكية والكيميائية، ومن خلال تحليل بيانات محطة الأرصاد الجوية "محطة أرصاد الأيبار" اتضح أن أعلى كمية تساقط مطري سُجِّلَتْ في المنطقة بلغت 219.18 ملم، وذلك في يوم 13 ديسمبر 2020م، وهي أعلى كمية مطر سقطت في يوم واحد بالمنطقة خلال 43 عاماً مضت، كما يلاحظ وجود تباين في معدلات التساقط المطري خلال سنوات الدراسة، وكذلك ما بين كل موقع وآخر، فتكون قليلة في سنوات وغزيرة في

## دور التقنيات الحديثة في التحليل المكاني لأخطار الجريان السيلي دراسة حالة لمنطقة الأبيار

سنوات أخرى، وكذلك في العام الواحد وتختلف من فصل لآخر ، ولكن بشكل عام ومن خلال تحليل نتائج التساقط المطري اليومية خلال الفترة المذكورة ومن خلال شكل (6) اتضح أن عام 2020م يعتبر أكثر سنوات الدراسة تساقطاً للأمطار، حيث بلغ إجمالي المياه المتساقطة خلال هذا العام 697.2 ملم سجل منها 322.9 ملم في شهر ديسمبر و92.6 ملم في شهر نوفمبر فقط، والباقي على مدار شهور العام بنسب أدنى من ذلك بكثير.

شكل (6) إجمالي التساقط المطري على منطقة الدراسة خلال الفترة (1980 – 2022م).



وقد ذكر (Ahnert.,1998, P., 132) أن عملية غسل المنحدر من أهم العمليات التي تتكون بواسطتها المنحدرات المقعرة، وإن أثر هذه العملية يتزايد تدريجياً باتجاه أقدام المنحدر، كما أشار (Cooke, et al, 1982, P.,201) إلى أن عملية غسل المنحدرات تزداد كفاءة على المنحدرات ذات درجات الانحدار المنخفضة، حيث تقوم المياه الجارية سواء من خلال المسيلات أو الجريان باكتساح ما يصادفها من الفتحات الناتجة عن التجوية.

#### 4- التربة:

تُعَدُّ التربة من نتاج العلاقة الطبيعية ما بين جيولوجية الأرض وتضاريسها وتأثرها بالمناخ السائد، وتتميز التربة بخصائص طبيعية، وتشير الدراسات التي أُقيمت على منطقة الدراسة

من قبل "منظمة الفاو والزراعة الدولية للتربة" أن منطقة تحتوي على ستة أنواع من التربة، وهي على النحو الآتي:

- تربة المنحدرات الجبلية: ويشغل هذا النوع النطاق الواقع بين القسم الجبلي في الشرق والسهلي في الغرب، وهو يعاني بشكل مستمر من إشكالية الانجراف أو التعرية المائية، بسبب شدة الانحدار، وخاصة في النطاق الأكثر قرباً من المنحدرات الشرقية.
- تربة المرتفعات الجبلية: وتتميز بكثرة الكتل الصخرية، وأنها تربة حديثة التكوين بسبب شدة الانحدار في هذه المنطقة والتربة هناك ضحلة للغاية.
- تربة بطون الأودية: وتكونت حول مجاري الأودية الرئيسية، التي تنحدر وتصب في البحر المتوسط مخترقة مدينة الأبيار من الشرق والشمال إلى الغرب، حيث يؤدي التساقط المطري الشديد إلى حركة المفتتات والظمي من التلال والجبال وترسيبه في تلك المناطق بفعل الجريان السيلي، وبطيء سرعة الجريان مما يشجع على ترسيب المفتتات بمختلف أنماطها وأحجامها الجيرية (مركز البحوث الصناعية، 1974م، ص7).

## 5- الخصائص الجيومترية لأحواض التصريف:

يتأثر معدل الجريان السيلي بعد حدوث أي عاصفة مطرية بالعديد من العوامل الطبيعية المتمثلة في الخصائص المورفومترية والشكلية لأحواض التصريف الموضحة، مثل: المساحة والشكل والانحدار وطول المجري الرئيس، إضافة للعديد من الخصائص المورفومترية الموضح نتائجها بجدول (5)، لما لها من دور فعال في تحديد هيدرولوجية حوض التصريف.

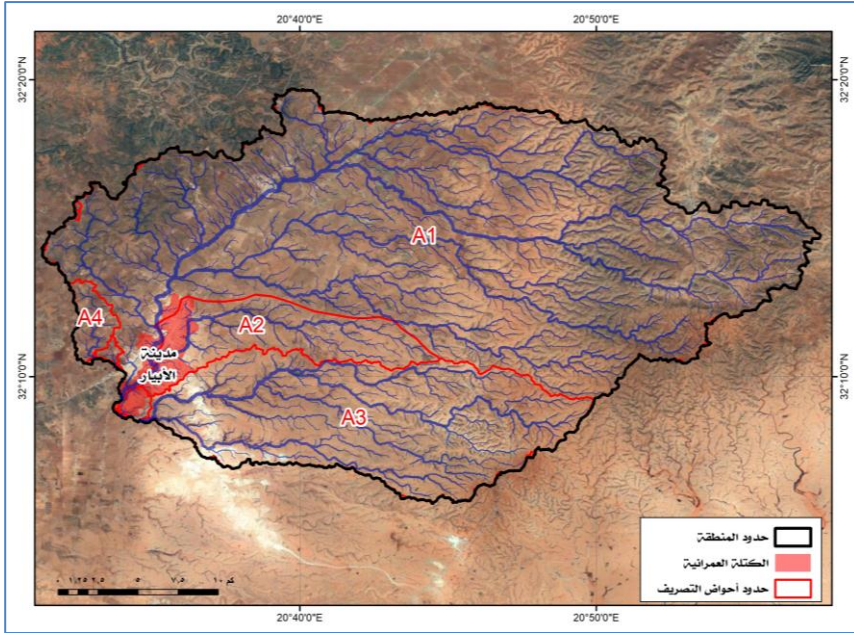
تضمنت الدراسة إجراء التحليل المورفومترية لعدد أربعة أحواض تصريف شكل (7)،

تشكل في مجملها حوض وادي الأبيار، ويمكن عرض خصائصها على النحو الآتي:

- **مساحة الأحواض:** توجد علاقة طردية بين مساحة الحوض والجريان السطحي، حيث أن مساحة أحواض التصريف تتناسب طردياً مع كمية الفاقد، فكلما كبرت مساحة الحوض تزايدت كمية الفاقد من المياه بفعل التبخر والتسرب، ومن ثم قلة صافي الجريان، إضافة إلى علاقتها الوثيقة بشبكة التصريف من حيث أعداد مجاريها، وأطولها، وبالتالي كمية التصريف، ويعتبر حوض (A1) أكبر الأحواض مساحة بمساحي بلغت 458.5 كم<sup>2</sup> بينما كان أصغرها حوض (A4) بمساحة بلغت 6.6 كم<sup>2</sup>، وبلغ متوسط مساحة أحواض التصريف بالمنطقة 525.8 كم<sup>2</sup>.

دور التقنيات الحديثة في التحليل المكاني لأخطار الجريان السيلبي  
دراسة حالة لمنطقة الأبيار

شكل (7) أحواض وشبكات التصريف بمنطقة الدراسة.



المصدر: اعتمادًا على صور الأقمار الصناعية Sentinel-2 ونماذج الارتفاعات الرقمية بدقة 30 متر.

• **الطول الحوضي:** تُعدُّ أطوال الأحواض أحد الأبعاد الأساسية التي يعتمد عليها في حساب بعض المعاملات المورفومترية التي يتم الحصول عليها، من خلال تتبع مسار الروافد عبر كل حوض تصريف مثل: معامل شكل الحوض ومعامل استطالة الأحواض ومعامل الانحدار ومعامل التضرس، وقد اعتمدت الدراسة على الطريقة التي يتم فيها قياس طول الخط الذي يمتد من المصب إلى أبعد نقطة تقع على محيط الحوض " استريلر " وقد بلغ متوسط أطوال الأحواض بالمنطقة 62.1 كم، حيث جاء حوض (A1) بطول بلغ 38 كم بينما حوض (A4) 6.6 كم.

• **المحيط الحوضي:** المحيط هو المسافة الإجمالية التي تحيط بالحوض المائي، وهو عامل مهم لتحديد شكل الحوض وخصائصه الهيدرولوجية. ويؤثر بشكل مباشر على معاملات، مثل: معامل شكل الحوض ومعامل الاستطالة، بالإضافة إلى معدل التضرس والانحدار، يعكس تحليل المحيط الحوضي للأحواض الجغرافية تنوعًا في الخصائص الهيدرولوجية التي تؤثر على تصريف المياه واستجابة الأحواض للفيضانات ويظهر حوض (A1) بمساحة كبيرة تبلغ

458.53 كم<sup>2</sup> ومحيط 75.91 كم مع طول مجرى رئيسي يصل إلى 90 كم، مما يشير إلى قدرة كبيرة على تجميع المياه وتصريفها بشكل أبطأ نسبياً، مما يقلل من احتمالية الفيضانات المفاجئة. في المقابل، حوض (A2) بمساحة 42.82 كم<sup>2</sup> ومحيط 23.20 كم، مع طول مجرى رئيسي 32 كم يمتاز بتصريف أسرع نظرًا لصغر حجمه النسبي، مما يجعله أكثر كفاءة في استجابة التصريف لكنه قد يكون أكثر عرضة للفيضانات قصيرة الأمد. أما حوض (A3) الذي تبلغ مساحته 144.82 كم<sup>2</sup> ومحيطه 42.66 كم، فيظهر خصائص تصريف متوازنة بين الأحواض الأكبر والأصغر، حيث يتسم بطول مجرى رئيس 33 كم، مما يوفر استجابة متوسطة للتصريف. بينما يُظهر حوض (A4) الأصغر مساحةً 13.45 كم<sup>2</sup> ومحيط 13 كم وطول مجرى 12 كم قدرة عالية على التصريف السريع، مما يجعله أكثر عرضة للفيضانات المفاجئة بسبب قصر زمن الاستجابة، هذا التنوع في الخصائص المورفومترية يعكس تأثير حجم وشكل الأحواض على ديناميكيات التدفق السطحي والمخاطر المحتملة للفيضانات

• **متوسط العرض الحوضي:** استخدمت الطريقة التي يتم فيها قسمة مساحة الحوض على طوله (المسلاقي، 1995م، ص76) وتبعاً لهذه الطريقة يبلغ المتوسط العام لعرض الأحواض بالمنطقة 15.4 كم وسجل حوض (A1) أكبر الأحواض، من حيث متوسط العرض بقيمة بلغت 12.1 كم بينما كان حوض (A4) أصغرهما بمتوسط عرض بلغ 2.04 كم.

• **رتب المجاري:** تتراوح رتب المجاري في أحواض المنطقة ما بين الرتبة السادسة لحوض واحد فقط هو (A1) والرتبة الخامسة لحوضين اثنين هما (A2, A3) بينما بلغ حوض (A4) الرتبة الرابعة.

• **أعداد المجاري:** بلغ إجمالي أعداد الروافد/المجاري بالمنطقة 2699 مجرى، وجاء حوض وادي (A1) بأكبر عدد للروافد بلغ 1923 مجرى بينما جاء حوض وادي (A4) بعدد روافد بلغ 62 رافداً جدول (6)

• **أطوال المجاري:** بلغ إجمالي أطوال المجاري بالمنطقة 1479 كم، وجاء حوض (A4) بأقل مجموع لأطوال المجاري بقيمة بلغت 29.4 كم مجرى، بينما جاء حوض (A1) بمجموع أطوال للمجاري بلغ 1019.1 كم.

دور التقنيات الحديثة في التحليل المكاني لأخطار الجريان السيلي  
دراسة حالة لمنطقة الأبيار

جدول (5) المؤشرات المورفولوجية المطبقة على أحواض التصريف بالمنطقة.

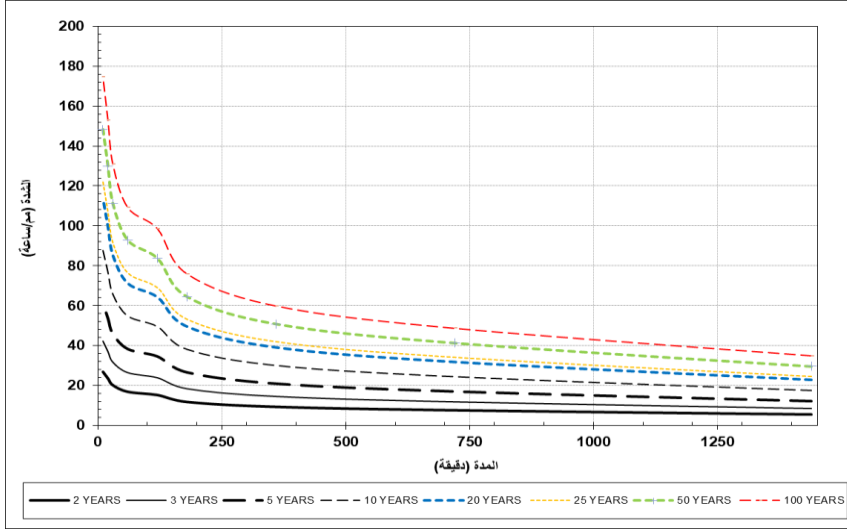
المؤشر	الرمز	معدل/أسلوب القياس	المرجع
مساحة حوض التصريف /كم <sup>2</sup>	A(km <sup>2</sup> )	ArcGIS	
طول الجري اردس(كم)	Lb		
لقصي ارتفاع /متر	H Max(m)		
أدني ارتفاع / متر	H Min(m)		
الانحدار الطبوغرافي لحوض التصريفالمائي	I(m/m)	D(m)/(HMax(m)-H Min(m))	
طول حوض التصريف / متر	D(m)	ArcGIS	
المسافة الفاصلة بين مصب الحوض المائي ومركز ثقله /كم	Lca	ArcGIS	
زمن التركيز لحوض التصريف / ساعة	Tc(hr)	$5.66 \sqrt{\frac{Lb(km)}{I(\frac{m}{m})}}$	Gatimel \$ pons,2000
فترة استجابة حوض التصريف لتساقط الامطار / ساعة	Tp(hr)	Ct(lb-lca)0.3	Raghunath H,M.2006
الفترة الزمنية المثالية لتساقط الامطار/ ساعة	Tr(hr)	Tp(HR)/5.5	Remenieras G.1972
حساب المدة لزمنية للسيل / يوم	TaDay	3+(TpHr/8)	عبد الرحمن ومارديني، 2003
فترة استجابة الحوض المائي لمطول الامطار/ ساعة	Tb(hr)	Tp(HR)*4	محمد سعيد البارودي2012
حساب المدة الزمنية الارتفاع التدريجي لتدفق السيل /ساعة	Tm(hr)	(1/3) Tb (Hr)	Raghunath ,1991
حساب المدة الزمنية للانخفاض التدريجي لتدفق السيل /ساعة	Td(hr)	(2/3)Tb (Hr)	Raghunath ,1991
حساب تركيز المطر المناسب لتدفق الذروة /سم/ ساعة	I(cm/hr)	(1/ Tr (Hr))	محمد سعيد البارودي 2012
حساب قمة تدفق الذروة النوعي لحوض التصريف متر <sup>3</sup> /ثانية	QP(m <sup>3</sup> /S/k m <sup>2</sup> )	(Qp(m <sup>3</sup> /s)/(A(km <sup>2</sup> )))	Dubreuil,1974
حساب حجم السيل في الحوض المائي ويقدر ( مليون م <sup>3</sup> )	AL(hm) <sup>3</sup> (10 <sup>-6</sup> -m <sup>3</sup> )	Qp(m <sup>3</sup> /s){Tm(sec)10 <sup>-6</sup> }	PNUD - OPE,1987
حساب عمق الجريان السطحي المناسب للذروة التدفق / ملم	E(mm)	Qp(m <sup>3</sup> /s/km <sup>2</sup> ){Tm(sec)*10 <sup>-3</sup> }	Raghunath ,2006
حساب قوة السيل في الحوض المائي	A	$\frac{Qp(\frac{m^3}{s})}{\sqrt{A(km^2)}}$	PARDE,1960

## 6- سمات العاصفة المطرية:

ويتسم التساقط المطري في منطقة الدراسة بعدم الانتظام وانخفاض كميته وتركز فترته ومكان حدوثه، حيث معدل تساقط الأمطار في دقائق أو ساعات يفوق بكثير الكمية التي تسقط خلال أيام أو أسابيع، ويؤثر ذلك بشكل كبير علي درجة خطورة الجريان السيلبي وكمية المياه المتدفقة في مجاري الأودية، كما أن الأمطار تختلف عن بعضها البعض من خلال الحجم، فإما أن تكون ذات أقطار صغيرة أي تتراوح أقطارها ما بين (0.5-1) ملم ويعرف بالرزاذ (**Drizzle**)، أو تكون ذات أقطار كبيرة والتي تتساقط بكثافة وتكون سريعة فيطلق عليها تسمية الوابل (**Down pours**)، وبسبب كبر قطراته وسرعة نزوله فإنه لا يلبث أن يستنزف مطر السحب ويتوقف بعد وقت قصير، أما فيما يخص الرزاذ فهو ذو قطرات صغيرة وسرعة تساقط بطيئة حيث إنه يستمر وقتاً طويلاً أي ما يقارب (48) ساعة أو أكثر، ونظراً إلى أن السحب المسؤولة عن سقوط الرزاذ تكون متحركة لذا فإن تساقطه لا يقتصر على منطقة واحدة بل يتعدى إلى مناطق عديدة أو دول بأكملها أما الوابل فغالباً ما يصاحبه سقوط بارد ولكنه لا يستغرق وقتاً طويلاً في التساقط أي أنه يستغرق في التساقط حوالي (10-15) دقيقة، ويغطي منطقة معينة (A.S. and M.J., 1987)، ومن خلال دراسة القراءات اليومية لمحطة الأرصاد بالأبيار: يمكن تصنيف العواصف المطرية بالمنطقة إلى:

- عاصفة مطرية غزيرة وتتراوح كمية الأمطار المتساقطة من (10) ملم فأكثر: حيث سجلت 215 تكراراً لمعدل التساقط الغزير.
- عاصفة مطرية متوسطة وتتراوح كمية الأمطار المتساقطة ما بين (5-9) ملم: وجاءت بمعدل تكرار 373 لمعدل التساقط.
- عاصفة مطرية قليلة وتتراوح كمية الأمطار المتساقطة ما بين (0.1-4) ملم: وجاءت بمعدل تكرار 3062 لمعدل تكرار.

شكل (8) شدة التساقط المطري المتوقع في منطقة الدراسة.



## 7- المؤشرات الهيدرولوجية:

• زمن التركيز  $T_C$ : ويُقصد به المدة الزمنية لوصول قطرات المياه من أبعد نقطة على محيط الحوض إلى مخرج الحوض، وهو يرتبط كمؤشر بالعديد من المتغيرات الأخرى، من أهمها: انحدار سطح الحوض الذي يؤثر في سرعة الجريان، إضافة إلى معامل التعرج وطول الحوض وأطوال المجاري وكمية الفاقد بشتى أنواعها وكثافة التصريف، كما يعتبر من أهم المؤشرات التي تؤثر في تحديد المواقع المهددة بخطر الدريان السيلبي، حيث أنه كلما قل زمن التركيز ازداد خطر الجريان السيلبي، وقد تم الاعتماد على نموذج (Gatimel & Pons, 2000) والذي تنص معادلته على:

$$(1) \quad T_c(\text{hr}) = 5.66 \sqrt{\frac{L_b(\text{km})}{I(\text{m/m})}}$$

حيث أن:

$T_c(\text{hr})$  = زمن تركيز حوض التصريف / الساعة.

$L_b(\text{Km})$  = طول الجرى الرئيس / كم

$I(\text{m/m})$  = الانحدار الطبوغرافي لحوض التصريف المائي ويمكن حسابه من المعادلة الآتية:

$$(2) \quad I^{(\text{m/m})} = D^{(\text{m})} / (H_{\text{Max}}^{(\text{m})} - H_{\text{Min}}^{(\text{m})})$$



وبناءً على نتائج تطبيق هذا المؤشر اتضح أن زمن استجابة حوض التصريف للتساقط المطري بالساعة بلغت 4.4 ساعة بحوض (A4)، وهي أدنى فترة زمنية يمكن أن تسقط فيها الأمطار، ويبدأ بعدها الجريان السطحي، بينما كانت أقصى فترة زمنية بلغت 13.6 ساعة تقريباً بحوض (A1) كما هو موضح بجدول (6)، ويبدأ بعدها مباشرة الجريان السطحي مع مراعاة أنه كلما زادت قيمة CT زاد زمن استجابة الحوض للوصول لذروة التدفق المائي؛ لأن هذه الزيادة تعني قلة في انحدر سطح الحوض بينما قلة قيمتها تعني عكس ذلك.

- فترة الزمن القياسية لتمثيل ذروة تساقط الأمطار: هذه المعادلة يتم استخدامها إذا كانت فترة التساقط المطري  $Tr$  (hr) لا تتجاوز زمن التركيز الحوضي  $Tc$  (hr)، وذلك ينطبق فعلياً على أحواض التصريف بالمنطقة ويمكن حسابه من خلال تطبيق معادلة Raghunath H, M. (2006) والتي تنص على:

$$(4) \quad Tr^{(hr)} = (Tp^{(hr)} / 5.5)$$

حيث أن:

$$Tr^{(hr)} = \text{فترة الزمن القياسية لتمثيل ذروة تساقط الأمطار (ساعة).}$$

$$Tp^{(hr)} = \text{فترة استجابة الحوض المائي للتساقط المطري (ساعة).}$$

$$5.5 = \text{قيمة ثابتة في المعادلة.}$$

وجدير بالذكر أن وبناءً على تطبيق المعادلة اتضح أن الفترة الزمنية القياسية لتمثيل ذروة تساقط الأمطار تراوحت ما بين 81 دقيقة لحوض (A4) وبين 120 دقيقة لحوض (A1)، كما يلاحظ أنه كلما ازدادت قيمة  $Tr/Hr$  ازداد زمن استجابة الحوض، وكلما ازدادت قيمة زمن استجابة الحوض ازدادت قيمة  $Ct$ .

- حساب المدة الزمنية للسيل/ يوم: تعبر عن فترة استجابة حوض التصريف لتساقط الأمطار/ ساعة ويمكن حسابها من خلال تطبيق معادلة Raghunath H, M. (2006) والتي تنص على:

$$(5) \quad Tb^{Day} = 3 + (Tp^{(hr)} / 8)$$

حيث أن:  $Tp^{(hr)}$  تعبر عن فترة استجابة حوض التصريف لتساقط الأمطار/ ساعة.

ويلاحظ من تطبيق المعادلة السابقة أن كلما ازدادت قيمة **TP** أو زمن الاستجابة ازدادت قيمة الأساس للسيل **Tb**، وعليه فإنه كلما ازدادت قيمة **Ct** معامل التباطؤ ازدادت قيمة زمن الأساس للسيل ووفقاً لنتائج المعادلة تراوحت قيمة زمن الأساس لأحواض التصريف بالمنطقة ما بين 3.55 إلى 4.71 يوم.

• حساب المدة الزمنية للارتفاع التدريجي لتدفق السيل/ساعة: ويمكن حسابها من خلال تطبيق معادلة Réménieras, G., (1972) والتي تنص على:

$$(6) \quad Tm^{(hr)} = (1/3) Tb^{(hr)}$$

حيث تعتبر  $Tb^{(hr)}$  فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (ساعة).

من خلال نتائج تطبيق المعادلة يمكن لنا ملاحظة أنه كلما ازدادت قيمة **CT** ازدادت فترة الارتفاع التدريجي؛ للوصول لذروة التدفق السيلي بما أثر ذلك بشكل قوي على القيم العليا والدنيا لزمن الارتفاع التدريجي والتي تراوحت ما بين 5.9 ساعة لحوض (A4) و 18.3 ساعة لحوض (A1).

• حساب المدة الزمنية للانخفاض التدريجي لتدفق السيل/ ساعة، ويُقصد بها الفترة الزمنية التي يستغرقها السيل لرجوع مستويات المياه لوضعها الطبيعي ويمكن حسابها من خلال تطبيق المعادلة Réménieras, G., (1972) الآتية:

$$(7) \quad Td^{(Hr)} = (2/3) Tb^{(hr)}$$

حيث تعتبر  $Tb^{(hr)}$  فترة استجابة الحوض المائي لهطول الأمطار (ساعة).

خلال تطبيق المعادلة السابقة تبين قصر المدة الزمنية للانخفاض التدريجي لتدفق الجريان السيلي في أحواض المنطقة، حيث تراوحت قيم هذا المعامل ما بين 11.8 ساعة لحوض (A4) و 17.2 ساعة لحوض (2A)، ونستنتج من ذلك أنه كلما ازدادت قيمة **CT** ازدادت قيمة  $Td^{(hr)}$ ، كذلك كان من الواضح أن قيمة **CT** تتناسب طردياً مع كافة المدد الزمنية المحسوبة في المعادلات الهيدرولوجية.

- حساب تركيز المطر المناسب لتدفق الذروة سم / ساعة: حيث تم تطبيق معادلة (Raghunath, H.M., 1991) والتي تنص على:

$$(8) \quad I^{(Cm/Hr)} = (1/Tr^{(hr)})$$

حيث أن:

$I^{(Cm/hr)}$  = مقدار تركيز كثافة الأمطار في زمن محدد (سم / ساعة).

$Tr^{(hr)}$  = الفترة الزمنية القياسية لطول الأمطار (ساعة).

1 = قيمة ثابتة في المعادلة.

عبر تطبيق المعادلة، اتضح أن كمية الأمطار الضرورية واللازمة لحدوث جريان سطحي تبلغ 0.4 سم/ساعة.

- حساب حجم السيل في الحوض المائي ويقدر (مليون م<sup>3</sup>/ثانية)، ويتم حسابها من معادلة (Raghunath, H.M., 1991) التي تنص على:

$$(10) \quad AL^{(Hm)^3} (10^{-6}m^3) = QP^{(m^3/s)} \{ Tm^{(sec)} 10^{-6} \}$$

حيث أن:

$AL^{(Hm)^3} (10^{-6}m^3)n$  = حجم التدفق للسيل على مستوى الحوض المائي (مليون متر<sup>3</sup>)

$QP^{(m^3/s)}$  = التدفق الأقصى للسيل (متر<sup>3</sup>/ثانية) وفق حسابات نموذج **Creager's formula**.

$Tm^{(hr)} = Tm^{(sec)} 10^{-6}$  = فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل / ساعة.

خلال تطبيق المعادلة السابقة على أحواض المنطقة وبناءً على النتائج بجدول (6) يمكن لنا ملاحظة أن هناك تناسباً في قيم التدفق السيلي، حيث سجلت قيم تراوحت ما بين 188 مليون م<sup>3</sup> لحوض (A4) الي 312 مليون م<sup>3</sup> لحوض (A1) خلال فترات الرجوع 50 و 100 و 200 عام على التوالي.

- حساب ارتفاع مياه الجريان السطحي المناسب لذروة التدفق، ويتم حسابه من خلال تطبيق معادلة (البارودي، 2012م، ص57)، التي تنص على:

$$(11) \quad E^{(mm)} = Qp^{(m^3/s/Km^2)} \{ (Tm^{(sec)} * 10^{-3}) \}$$

حيث أن:

$$E^{(mm)} = \text{عمق أو سمك الجريان السطحي (ملم)}$$

$$Tm^{(sec)} = \text{فترة الارتفاع التدريجي لتدفق السيل (ثانية)}$$

خلال تطبيق المعادلة اتضح لنا أن ارتفاع مياه الجريان السطحي في أحواض التصريف تراوحت ما بين 2 ملم إلى 11 ملم، وذلك خلال فترات الرجوع 50 و 100 و 200 عام على التوالي.

• حساب قوة السيل في الحوض المائي ويتم حسابه من معادلة (البارودي، 2012م، ص57) التي تنص على:

$$A = \frac{Q_p (m^3/s)}{\sqrt{A} (km^2)} \quad (12)$$

حيث أن:

$$Q_p (m^3/s) = \text{تصريف ذروة السيل (م<sup>3</sup>/ثانية).}$$

$$A (km^2) = \text{مساحة حوض التصريف (كم<sup>2</sup>).}$$

$$A = \text{معامل قوة السيل.}$$

وبناءً على النتائج بجدول (6) يمكن لنا ملاحظة أن قوة الجريان السيلي في كافة أحواض التصريف بالمنطقة تناسب بشكل عكسي مع فترات الرجوع للفترة الزمنية 50 و 100 و 200 عاماً، حيث تراوحت ما بين 122 م<sup>3</sup>/ثانية لحوض (A4) و 626.8.1 م<sup>3</sup>/ثانية لحوض (A1).

وحيث إن نموذج **Creager's formula** يعتبر من أنسب النماذج لتقدير تدفق الجريان السيلي، ويتميز بأنه يمكن من خلاله تقدير الجريان السيلي خلال فترات رجوع مختلفة، ويمكن تقدير تدفق الذروة للجريان السيلي من خلال معادلة، والتي تنص على:

$$QP = 1.32C(0.386A) \text{Exp} (0.936A^{-0.048}) \quad (13)$$

حيث أن:

$$QP = \text{تدفق الذروة للجريان السيلي م<sup>3</sup>/ثانية.}$$

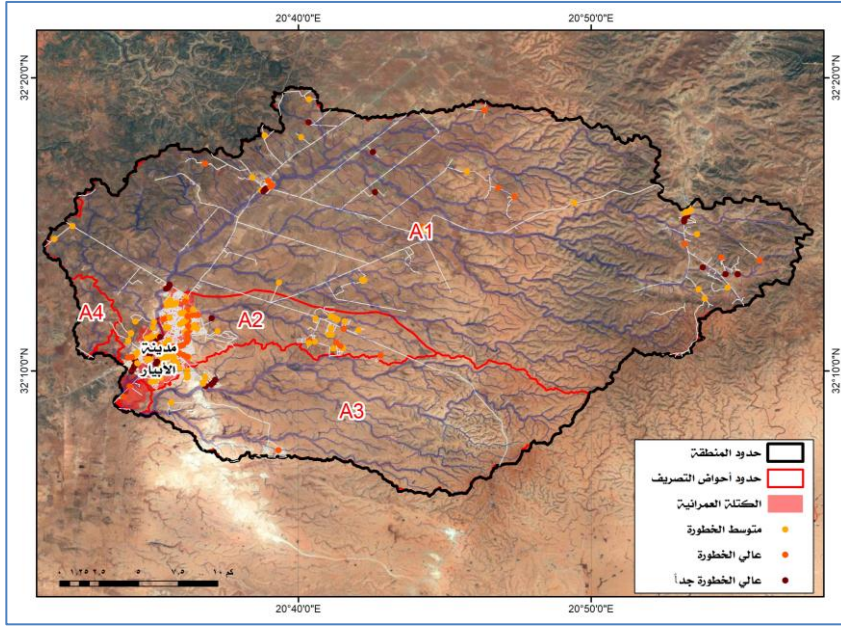
دور التقنيات الحديثة في التحليل المكاني لأخطار الجريان السيلبي  
دراسة حالة لمنطقة الأبيار

**A** = مساحة حوض التصريف كم<sup>2</sup>.

**C** = معيار ثابت قيمته 30 في حال فترة الرجوع بعد 50 سنة، وقيمته 60 في حال فترة الرجوع بعد 100 سنة، وقيمته 100 في حال فترة الرجوع بعد 200 سنة.

خلال تطبيق المعادلة السابقة على أحواض المنطقة، وبناءً على النتائج بجدول (1) يمكن لنا ملاحظة أن هناك تناسبًا في قيم التدفق السيلبي، حيث سجلت قيم تراوحت ما بين 448 مليون م<sup>3</sup>/ثانية لحوض (A4) إلى 1342 مليون م<sup>3</sup>/ثانية لحوض (A1) خلال فترات الرجوع 50 و100 و200 عامًا على التوالي.

شكل (9) المواقع المهددة بخطر الجريان السيلبي ودرجاتها.



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على نتائج تحليل نموذج الارتفاعات الرقمي والتحليلات الهيدرولوجية .

### الاستنتاجات:

- أظهرت الدراسة فارقًا واضحًا في مستويات هطول الأمطار، حيث تتنوع وتعاني من عدم الانتظام، وعندما تحدث يكون ذلك بشكل غزير يتجاوز المتوسطات المألوفة في السنوات السابقة.

- يجب التدقيق ومراعاة معامل الخطأ عند استخدام نماذج الارتفاع الرقمية المتاحة مجاناً على شبكة المعلومات الدولية، ويجب إجراء فحص دقيق لها، حيث تظهر اختلافات جوهرية عند استخدام طرق الاستنباط التلقائية لشبكات التصريف من النماذج المجانية بدرجات دقتها المتباينة، مع وجود أخطاء كثيرة فيها وارتباط عكسي بين دقة نموذج الارتفاع الرقمي ودقة النتائج.
- يعتبر اختيار البرنامج المخصص لمعالجة التدفق الهيدرولوجي أمراً بالغ الأهمية، حيث يظهر أن استخدام البرامج المتخصصة، مثل **ArcHydro** في تحديد التدفق السطحي أكثر دقة وسهولة مقارنة ببرامج غير متخصصة إلى حد ما.
- يعتبر الحوض رقم **A1** أكثر أحواض منطقة الدراسة خطورة على مدينة الأبيار لكبر مساحته وارتفاع عدد روافده التي بلغ إجمالي عددها 1947 مجرى.
- بلغ إجمالي عدد المواقع المهدة بخطر الجريان السيلي نحو 285 موقعاً، تنوعت ما بين مناطق حضرية أو شبكة طرق تعترض مجرى الوادي تفاوتت درجاتها ما بين متوسط الخطورة بعدد مواقع بلغ إجماليها 169 موقعاً، و78 موقعاً عالية الخطورة، و38 موقعاً عالية الخطورة جداً شكل (9).

### التوصيات والمقترحات:

- استخدام تحليلات **GIS**؛ لتحديد المناطق التي تتجمع فيها المياه بشكل كبير، وتطوير استراتيجيات لتصريفها بفعالية.
- استخدام أنظمة المعلومات الجغرافية؛ لمراقبة الأمطار وتحليل التنبؤات الجوية، مما يساعد في التحضير لفترات الهطول الشديد واتخاذ التدابير الوقائية.
- استخدام **GIS**؛ لتحليل مستويات المياه الجوفية، وتحديد كيفية تأثيرها على جريان المياه السطحي، مما يمكن من اتخاذ تدابير تصحيحية.
- استخدام **GIS** في تصميم وتحسين شبكات التصريف؛ لضمان توجيه المياه بفعالية، وتجنب حدوث جريان سيلبي غير مرغوب.
- استخدام تحليل **GIS**؛ لتحديد المناطق الحساسة للجريان السيلي، وتطوير استراتيجيات خاصة للتعامل مع هذه المناطق.

دور التقنيات الحديثة في التحليل المكاني لأخطار الجريان السيلبي  
دراسة حالة لمنطقة الأبيار

---

- استخدام نماذج GIS؛ لنمذجة تدفق المياه، وتحديد النقاط الحساسة والمشكلات المحتملة.
- تكامل نظم المعلومات الجغرافية في تصميم نظام إنذار مبكر، يتيح للمجتمع الاستعداد لفترات الجريان السيلبي.
- استخدام GIS؛ لتحليل وتحسين تخطيط الاستخدامات الأرضية، لتقليل تأثير الجريان السيلبي.
- استخدام أدوات GIS؛ لتحقيق التواصل مع المجتمعات المحلية، وتشجيعهم على المشاركة في جهود الوقاية من الجريان السيلبي.

## المصادر والمراجع:

- أحمد سعيد حبوب، (1986)، جغرافية الطقس، بغداد، دار الكتب للطباعة.
- المسلاقي، أمين، (1995)، أمين، التطور الجيولوجي والتكتوني، في كتاب الجماهيرية دراسة في الجغرافيا، تحرير: الهادي بولقمة، سعد القزيري، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان، سرت.
- المغاري، باسم عبد الرحمن خليل، (2015م)، الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، الجامعة الإسلامية، غزة.
- جودة، حسنين جودة، (1973)، أبحاث في جيومورفولوجية الأراضي الليبية، الجزء الأول، منشورات الجامعة الليبية، بنغازي.
- بوقرين، رافع حامد، (2012)، تأثير غبار المحاجر على نبات السدر بمنطقة جنوب الأبيار، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم علم النبات، كلية العلوم، جامعة بنغازي.
- عبدالجواد، صبحي عبد الحميد، و الكيالي، مني عبد الرحمن يس، (2022)، النمذجة الهيدرولوجية ثنائية الأبعاد للجريان السيلي، حوض وادي الجمال، البحر الأحمر، مصر، باستخدام تطبيقات الجيوماتكس، مجلة كلية الآداب، جامعة بورسعيد، المجلد الاول، العدد الرابع، أكتوبر 2022م
- عبد الرحمن، عبد الرحمن، جاك ومارديني، (2003)، علم حركة المياه "الهيدرولوجيا"، مديرية الكتب والمطبوعات الجامعية، منشورات جامعة حلب، كلية الهندسة المدنية، حلب.
- عبد العزيز، طريح شرف، (1993)، جغرافية ليبيا، مؤسسة الثقافة الجامعية، الإسكندرية.
- فتح الله، علاء جابر، (2018)، دور الخصائص الطبيعية المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية في حوض وادي السهل الغربي غرب مدينة طبرق شمال شرق ليبيا، مجلة جامعة سرت للعلوم الإنسانية، المجلد 8، العدد 2.
- الفيتوري، علي محمد، (2015)، الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي القطارة دراسة مقارنة ما بين استخدام الطرق التقليدية وبرمجيات نظم

- المعلومات الجغرافية، المجلة الليبية العالمية، كلية التربية المرج، جامعة بنغازي، العدد الثالث.
- العريشي، علي محمد شيبان، (1422هـ)، سهل تهامة في منطقة جازان بالمملكة العربية السعودية: دراسة تحليلية تقييمية للنمط الزراعي الحديث، جامعة الكويت، كلية العلوم الاجتماعية، قسم الجغرافيا.
- الهرام، فتحي أحمد، و تراب، محمد مجدي، (1990)، حول التطور الجيومورفولوجي لبعض الأودية بالجبل الأخضر باستخدام التحليل المورفومترية، مجلة جامعة قاريونس العلمية، السنة الثالثة، العدد 4.
- عبدالعالي، فخرية عثمان، (2016)، التحليل المورفومترية لبعض أودية الجبل الأخضر في المنطقة الممتدة من درنة إلى سوسة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة بنغازي، ليبيا.
- البارودي، محمد سعيد، (2012)، تقدير أحجام السيول وأخطارها عند المجرى الأدنى لوادي عرنة جنوب شرق مكة المكرمة باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، سلسلة بحوث جغرافية، جامعة أم القرى، العدد 48.
- عاشور، محمود محمد، و جودة، حسنين، و تراب، محمد مجدي، و رمضان، محمد، (1991)، المسح الجيومورفولوجي، أساليبه ومجالاته، الفصل الأول، في كتاب وسائل التحليل الجيومورفولوجي، الطبعة الأولى، بدون ناشر، القاهرة.
- مركز البحوث الصناعية، (1974)، خريطة ليبيا الجيولوجية 1:250.000، الكتيب التفسيري لوحة سلوك، طرابلس.

- EI-Hawat, A.S. and Salem, M.J., 1987. A Case Study of the stratigraphic subdivision of AR- Rajmah Fm. and its Implication on the Miocene of Northern Libya. in: Proc. 11th Cong. Med. Neogene Stratig., Budapest. Ann. Inst. Geol. Publ. Hung., Budapest, LXX: pp.173-184.
- El-Hawat, A.S., Abdulsamad, E.O. 2004. The geology of Cyrenaica: a field seminar. Proceedings of the 3rd Symposium on the Sedimentary Basins of Libya: Geology of East Libya. Tripoli, Earth Science Society of Libya, 130pp.

- Gatimel.A& Pons. A., (2000): Etude Hydrologique Du Bassin Versant Du Saleix, Science de l'eau et de l'environnement. Parde
- Raghunath H, M. (2006): Hydrology: principles analysis and design; Revisal Second Edition Limited, New Delhi: P. 150
- Raghunath, H.M., (1991): Hydrology: Principles, Analysis and Design. Wiley Eastern Limited, New DelhiRaghunath,1991, p.98
- Raghunath, H.M., (1991): Hydrology: Principles, Analysis and Design. Wiley Eastern Limited, New DelhiRaghunath,1991, p.102
- Réménieras, G., (1972): Hydrologie De l'Ingénieur, Eyrolles, 3ème Edition, Paris P. 138
- Young, A. (1972): Slopes, Oliver & Boyed, Edinburgh, P.173.