مجلة جامعة بني وليد للعلوم الإنسانية والتطبيقية
Bani Waleed University Journal of Humanities and Applied Sciences
تصدر عن– جامعة بني وليد – ليبيا
Website:https://jhas-bwu.com/index.php/bwjhas/index
المؤتمر الجغرافي الأول لقسم الجغرافيا بكلية الآداب بني وليد
المجلد الحادي عشر – العدد الرابع – 2026 عدد خاص الصفحات (169- 188)
ISSN 3005-3900

Surface Runoff Analysis and Flash Flood Hazards Using Geographic Information Systems in Wadi Al-Qala'i Basin, Al-Naqaza Area, Al-Khums–Libya

Rajab Faraj Egnaber *
Department of Geography, Libyan Academy for Postgraduate Studies – Al-Khums Branch, Al-Khums, Libya
rajabegnaber@academy.edu.ly

تحليل الجريان السطحي والأخطار السيلية لحوض وادي القلعي بمنطقة النقازة، الخمس – ليبيا

رجب فرج اقنيبر *
قسم الجغرافيا، الأكاديمية الليبية للدراسات العليا فرع الخمس، الخمس ، ليبيا

Received: 09-03-2026	Accepted: 15-04-2025	Published: 01-06-2026
Copyright: © 2026 by the authors. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

الملخص

اعتمدت الدراسة على تحليل البيانات المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي القلعي باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ، وأظهرت النتائج أن صافي حجم الجريان السطحي يبلغ نحو (3.914) مليون متر^3 مع وجود تباين ملحوظ في التوزيع المكاني في الحوض. ولتقدير درجة خطر الفيضانات، تم دمج العوامل المؤثرة باستخدام التطابق الموزون (Weighted Overlay) أنَّتجت خريطة توضح أكثر المناطق عرضة لخطر الفيضانات. وقد تبين أن هذه المناطق تتركز في الأجزاء الوسطى والدنيا من الحوض، وخاصة في المناطق القريبة من مجرى الوادي الرئيس ومناطق التقاء المجاري الثانوية.

وتوفر هذه النتائج إطارًا علميًا مهمًا لدعم التخطيط المكاني وإدارة مخاطر السيول، كما تسهم في تحديد المواقع الملائمة لإنشاء سدود التهدئة وتوجيه استخدامات الأراضي بما يقلل من حجم الأضرار المحتملة. ويمكن اعتبار خريطة قابلية الفيضانات أداة تطبيقية مهمة يمكن أن يستفيد منها الباحثون والجهات التخطيطية في اتخاذ قرارات فعّالة لإدارة أخطار السيول والفيضانات.

الكلمات الدالة: وادي القلعي، التحليل المورفومتري والهيدرولوجي، نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، الجريان السطحي.

Abstract
The study relied on the analysis of morphometric and hydrological data of the Wadi Al-Qalai basin using Geographic Information Systems (GIS) techniques. The results revealed that the net surface runoff volume is approximately (3.914) million m^3, with a noticeable spatial variation in its distribution across the basin. To accurately estimate flood risk, the influencing factors were integrated using the Weighted Overlay method, which resulted in the production of an applied map identifying the areas most susceptible to flooding. The results indicated that these areas are mainly concentrated in the middle and lower parts of the basin, particularly in locations close to the main wadi channel and at the confluence of secondary streams. These findings provide an important scientific framework to support spatial planning and flood risk management. They also contribute to identifying suitable locations for constructing check dams (flood-mitigation dams) and guiding land-use planning in a way that reduces potential damage. The flood susceptibility map can therefore be considered a practical tool for researchers and planning authorities to support effective decision-making in the management of flash floods and flood hazards.

Keywords: Wadi Al-Qal‘i, morphometric and hydrological analysis, Geographic Information Systems (GIS), surface runoff.

المقدمة:

تؤثر السيول بشكل مباشر على الإنسان والعمران وعلى البيئة المحلية. ولفهم مخاطر الفيضانات وكيفية التخفيف من آثارها، فمن الضروري أن نفهم حركة المياه داخل الأودية وكيفية تصريف الجريان السطحي بالأودية الموسمية. ويعتبر حوض وادي القلعي في منطقة النقازة غرب مدينة الخمس مثالاً جيداً لدراسة الجريان السطحي. لكونه يضم العديد من مجاري المياه المختلفة، وتتفاوت فيه الانحدارات بشكل كبير، مما يؤدي إلى تجمع المياه في بعض أجزائه أثناء حدوث السيول. وقد ساعدت تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)في معالجة البيانات الجغرافية بدقة فائقة، وأتاحت لنا استخلاص المعلومات المهمة عن شكل الحوض وخصائصه المائية. ودمج العوامل المختلفة المؤثرة باستخدام طريقة التطابق الموزون (Weighted Overlay) لإنتاج خريطة عملية تُظهر بوضوح ودقة المناطق الأكثر عرضة لخطر الفيضانات.

مشكلة البحث:

يُعد وادي القلعي أحد الأودية الموسمية الواقعة بمنطقة النقازة غرب مدينة الخمس والذي يتميز بخصائص طبوغرافية ومورفومترية تؤثر في حركة الجريان السطحي داخل حوض التصريف، مما يجعل دراسة التغيرات في حجم الجريان السطحي وتحليل العوامل المورفومترية والهيدرولوجية ضروريًا لفهم آليات التصريف المائي وتأثيره على المرافق والمنشآت السياحية لمصيف فلفول عند المصب لذلك تكون الحاجة ماسة للإجابة على التساؤلات الآتية:

- ما هي الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي القلعي؟
- ما حجم الجريان السطحي بحوض التصريف خلال أعلى قمة للمطر؟
- هل يرتبط تأثير الجريان السطحي بالمنطقة الساحلية عند مصب الوادي؟

أهداف البحث:

يهدف البحث إلى تحقيق ما يلي:

- دراسة الخصائص المرفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي القلعي.
- الكشف عن حجم الجريان السطحي بحوض وادي القلعي.
- التوصل إلى تحديد أخطار الجريان السطحي على مصيف فلفول.

أهمية البحث:

تتجسد أهمية الدراسة في الآتي: ــ

- إبراز الخصائص المرفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي القلعي، وبيان دورها الحيوي في الكشف عن مخاطر السيول به.
- تسليط الضوء على طبيعة الجريان السطحي بشبكة التصريف، بما يدعم الدراسات الجغرافية والبيئية المتعلقة بإدارة أخطار الفيضانات في الأودية الموسمية.
- توفير قاعدة بيانات جغرافية موثوقة تُسهم في التخطيط العمراني وإدارة البيئة المحلية في مصيف فلفول والمناطق المحيطة، والمساعدة في الحد من الآثار السلبية للفيضانات.

الفرضيات:

- تزداد احتمالية تجمع المياه في المناطق منخفضة الانحدار وقريبة من مجرى الوادي الرئيس والمجاري الثانوية.
- استخدام التطابق الموزون(Weighted Overlay) ، يمكن أن يحدد بدقة المناطق الأكثر عرضة للفيضانات داخل الحوض ويتيح إنتاج خرائط مخاطر عملية وموثوقة.

منهجية الدراسة:

استخدم الباحث المنهج التحليلي، وتتبع كل ما له علاقة بالموضوع سرداً ووصفاً من خلال التمثيل المرئي للمادة وتحليلها وبأسلوب علمي يتفق مع البحوث الجغرافية الحديثة.

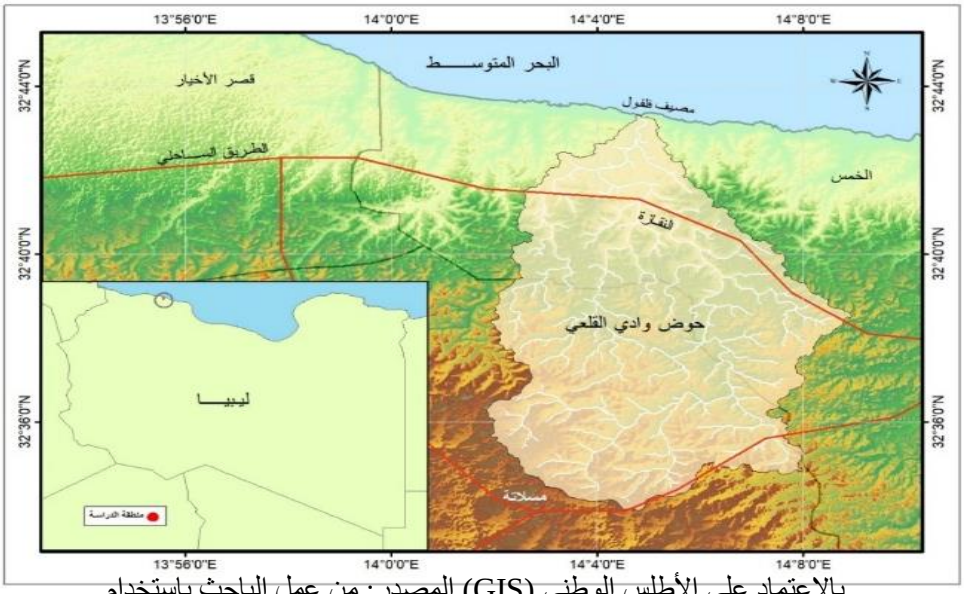
أدوات الدراسة:

- اعتمد على البيانات وخرائط الارتفاع الرقمي والمرئيات الفضائية لحوض وادي القلعي بمنطقة النقازة بالخمس – ليبيا
- تطبيق المعايير المرفومترية والهيدرولوجية ومعادلات تقدير الجريان السطحي، وتحليل البيانات المناخية لمحطة الرصد الجوي بالخمس.
- استخدام التطابق الموزون (Weighted Overlay) في بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) بهدف التوصل إلى إنتاج خريطة توضح أكثر المواقع عرضة لخطر الفيضانات بحوض التصريف.

حدود الدراسة:

يقع وادي القلعي في الشمال الغربي من ليبيا، في الغرب من مدينة الخمس، بين خطي طول ' 01° 14) (" 51.23 و (" 57.749 ' 08 ° 14) شرقاً وبين (52.842 ' 33 ° 32) و (" 19.051 ' 43 ° 32) شمالاً، وكما يبدو من الخريطة رقم (1)

خريطة (1) الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة



بالاعتماد على الأطلس الوطني (GIS) المصدر: من عمل الباحث باستخدام

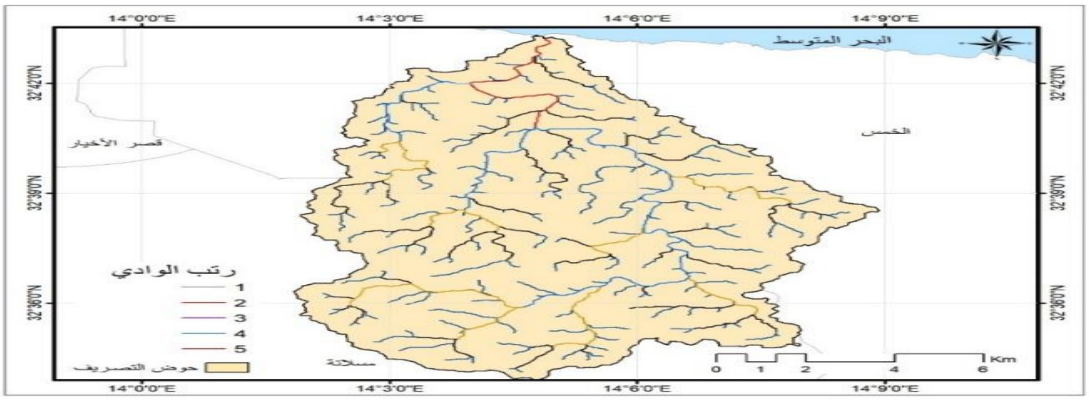
الدراسات السابقة:

رغم تعدد الدراسات المائية على الكثير من الأودية بشكل عام إلا أن منطقة الدراسة لم تحظ بأي دراسة سابقة حتى الآن، ومن الدراسات المشابهة له ما يلي:.

1. في دراسة للسبعي وآخرون (2023م) حول رسم خرائط وتقييم مخاطر الفيضانات في حوض وادي اللِّيث، بالمملكة العربية السعودية اعتمدت على التقنيات المكانية وتحليل عوامل السطح، ومؤشر الرطوبة، كثافة التصريف، والأمطار، والتربة، واستعمالات الأرض، والغطاء الأرضي بحوض التصريف. وتوصلت إلى أن أكثر من ثلث المساحة تقع ضمن مناطق الخطورة العالية والعالية جداً.
2. ولعاشور (2023) في دراسته لتقدير عمق الجريان السطحي لحوض وادي درنة من خلال دمج نظم المعلومات الجغرافية ونموذج خدمة الحفاظ على التربة (SCS-CN) وقد أظهرت نتائج النموذج أنّ متوسط حجم الجريان السطحي السنوي خلال الفترة (1960-2000) بلغ حوالي (138.51) مليون متر^3، كما أن حوض وادي درنة يتميز بارتفاع الاستجابة الهيدرولوجية للأمطار الغزيرة بسبب خصائص التربة ونمط استخدام الأرض، مما يجعله عرضة لمخاطر الفيضانات المتكررة.
3. وللقاسي وآخرون (2023) حول تقييم وتحديد المناطق المعرضة للفيضانات في منطقة غات الكبرى شملت عدة معايير ، وهي رقم منحنى رقم الجريان السطحي (CN) ، والمنحدر (S) والارتفاع (E)وكثافة الصرف (Dd) ومؤشر البلل الطبوغرافي (TWI) ومؤشر الموضع الطبوغرافي (TPI) لإعداد مؤشر المخاطر. باستخدام أدوات تحليل المنطق الضبابي فيArcGIS ، وأظهرت النتائج أن 40٪ من الفيضانات مرتبطة بمناطق عالية الخطورة إلى عالية جدًا ، مع تعرض الأراضي السكنية لأكبر خطر، مؤكدة فاعلية الموضوع في دعم اتخاذ القرار لإدارة الكوارث.
4. في دراسة لبشار والسلمان (2024) حول الخصائص والتقييم المقارن لتقنيات تقييم مخاطر الفيضانات المفاجئة: رؤى من حوض وادي حيلي بساحل البحر الأحمر الشرقي بالمملكة العربية السعودية استخدم الباحثان الاستشعار عن بعد وتقنيات (GIS) في التحليل المورفومتري وأظهرت النتائج أن ستة أحواض معرضة بشدة للفيضانات، وخمسة معتدلة، وأربعة منخفضة الخطورة.

5. وتناولت ماو وآخرون (2025) تقييم حالات الفيضانات المفاجئة ومناطق الخطر على طول سواحل البحر الأبيض المتوسط نهج نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات رسم الخرائط في حوض وادي صف الصاف شمال شرق الجزائر، اعتمدوا على التحليل المورفومتري الإحصائي و(GIS) في تقييم المخاطر في المناطق الساحلية، وأظهرت النتائج خمس فئات من المخاطر، من منخفضة جداً إلى عالية جداً، مع تحديد المواقع الأكثر عرضة للفيضانات.

خريطة (2) حوض وشبكة التصريف



المصدر: من عمل الباحث باستخدام (GIS بالاعتماد على صورة (Dem مترية 12.5 * 12.5 بدقة مكانية

المحور الأول: الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية

أولاً: الخصائص الشكلية: وهي التي تحدد الشكل الطبيعي للحوض وتأثيره على حركة المياه، بما في ذلك مساحة الحوض وطول الضفاف، مما يسهم في فهم قدرته على تصريف مياه الأمطار وسلوك الجريان السطحي وسنتناول هذه الخصائص كما هي ظاهرة بالخريطة التالية وعلى النحو التالي:

1. **مساحة حوض التصريف:** هي المساحة الكلية التي تتجمع فيها مياه الأمطار. كلما زادت المساحة زادت كمية الجريان السطحي وبالتالي فهي المحددة لحجم التصريف وكثافة التصريف وتحديد قمة الفيضان. (Strahler, 1954, p. 282) وعلى ذلك بلغت مساحة حوض وادي القلعي نحو (118.1) كم^2.
2. **طول الحوض:** فقد تم قياسه من نقطة المصب إلى أعلى نقطة على محيط الحوض حسب طريقة (Schumm, 1956, p. 67) وقد بلغ طول وادي القلعي (27.12) كم (تم قياس طول الحوض من نقطة المصب إلى أعلى نقطة على محيط الحوض من الخريطة). وعرض حوض التصريف: حوالي (9.5) كم.
3. **محيط الحوض:** وهو طول الحدود الخارجية للحوض، وله علاقة بالتعرية وطبيعة التضرس وقد بلغ محيط حوض وادي القلعي حوالي (59.4) كم.

ثانياً: خصائص شبكة التصريف: توضح رتب وأطوال المجاري المائية وتشعبها داخل الحوض، المهمة لفهم توزيع الجريان السطحي وسرعة تصريف المياه، والتي يمكن عرضها باستخدام المؤشرات المورفومترية الآتية.

1. **رتب المجاري:** يتم تحديد رتب المجاري وفق تصنيف هورتون **(**Horton**)** كما هي بالجدول (1) حيث تُعد المجاري التي تمثل بدايات شبكة التصريف مجاري من الرتبة الأولى. وعند التقاء مجريين

من الرتبة نفسها تتكوّن رتبة أعلى، بحيث ينتج عن التقاء مجريين من الرتبة الأولى مجرى من الرتبة الثانية، ويتكرر ذلك تدريجيًا حتى الوصول إلى القناة الرئيسية. أما التقاء مجرى مع آخر أعلى رتبة، فإن المجرى الأعلى يحتفظ برتبته دون تغيير (محسوب، 2001 ص132).

جدول (1) رتب المجاري لوادي القلعي

الرتبة	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة	المجموع
العدد	148	33	7	2	1	191
الطول	95.6	48.3	26	26	7.3	203.2

المصدر: من حساب الباحث اعتماداً على بيانات القياسات المورفومترية باستخدام (GIS)

2. **تكرار المجاري:** يُعرَّف بأنه نسبة عدد المجاري المائية إلى مساحة الحوض (كم²)، ويُعد مؤشرًا مهمًا لدرجة تقطع سطح الحوض وكفاءة شبكة التصريف في نقل المياه. فارتفاع قيمته يدل على زيادة الجريان السطحي واحتمالية حدوث السيول، في حين يشير انخفاضه إلى تراجع تلك الاحتمالية. وقد بلغ تكرار المجاري في حوض الدراسة نحو (1.62) مجرى/كم² مما يدل على انتشار جيد للمجاري المائية بالحوض ودرجة تقطع سطح متوسطة، مع قابلية لحدوث الجريان السطحي والسيول عند توفر الأمطار المناسبة.

3. **أطوال المجاري:** يرتبط جريان الأودية بأطوال المجاري المائية، إذ يؤدي ازدياد طول المجرى إلى زيادة الفاقد من المياه وطول زمن الجريان قد يترتب عليه انقطاعه، بينما يسهم قِصر الروافد في تقليل زمن الجريان. وتشير تصنيفات ستراهلر (Strahler) إلى علاقة طردية بين أطوال المجاري ورتبها، حيث تزداد الأطوال بزيادة الرتبة. جدول (1).

4. **نسبة التشعب:** وهو النسبة بين عدد المجاري المائية لرتبة ما وعدد المجاري للرتب التي تليها، (الدليمي، 2012 ص372) وتحسب من المعادلة الآتية :

$$\text{نسبة التشعب} = \frac{\text{عدد المجاري في رتبة ما}}{\text{عدد المجاري في الرتبة التي تليها}}$$

جدول (2) معدل التشعب بوادي القلعي

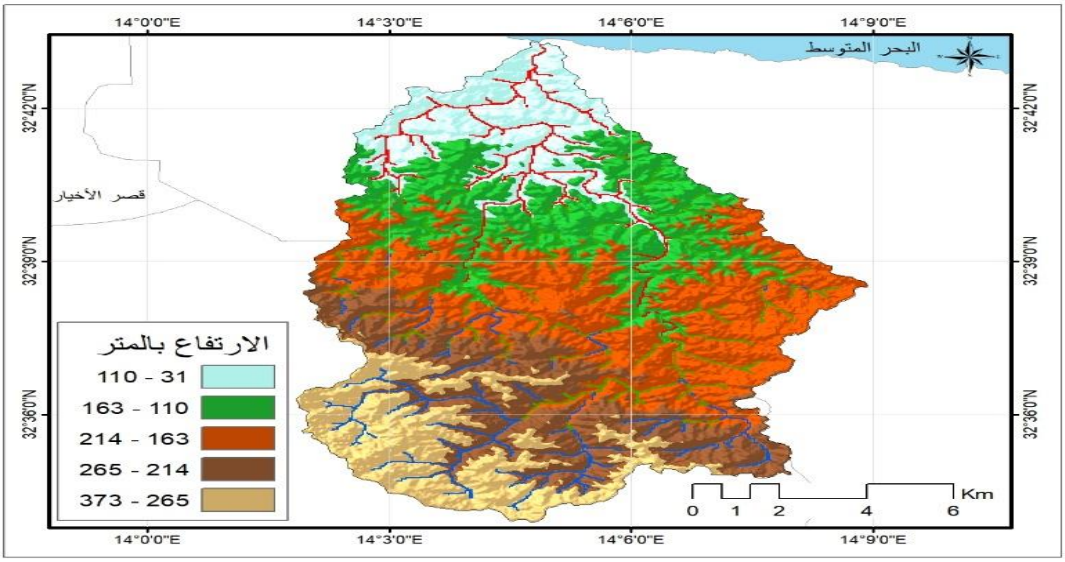
الرتب	عدد المجاري	عدد المجاري في الرتبة التي تليها	نسبة التشعب	معدل التشعب
الأولي	148	33	4.48	3.67
الثانية	33	7	4.71	
الثالثة	7	2	3.50	
الرابعة	2	1	2.00	
الخامسة	1	-	-	

المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على صورة**Dem**)) لمنطقة الدراسة.

تضح من الجدول أن المجاري المائية تتركز في الرتبة الأولى (148 مجرى) وتتناقص تدريجيًا مع زيادة الرتبة حتى تصل إلى مجرى واحد في الرتبة الخامسة، وهو ما يعكس النمط الطبيعي لشبكات التصريف. كما بلغ معدل التشعب (3.67)، مما يدل على أن الحوض يتميز بتفرع متوسط وشبكة تصريف متوازنة نسبيًا، تسهم في توجيه الجريان السطحي بكفاءة نحو المجرى الرئيسي دون تشعب مفرط.

ثانياً: الخصائص التضاريسية: تُظهر الخريطة (3) تدرجًا طبوغرافيًا واضحًا داخل حوض وادي القلعي، حيث تسود الارتفاعات المنخفضة (31–110 م) في الأجزاء الشمالية القريبة من المصب، بينما ترتفع تدريجيًا باتجاه الجنوب لتتجاوز 265 م، وهي مناطق شديدة التضرس تمثل نطاقات المنابع. وتستحوذ الفئات الارتفاعية المتوسطة (110–214 م) على الجزء الأكبر من مساحة الحوض.

خريطة (3) الارتفاع الرقمي لحوض التصريف



المصدر: المصدر: نفس المصدر السابق

يتضح من الخريطة (3) والجدول رقم (3) أن فئات الارتفاع تتباين بشكل منتظم داخل حوض وادي القلعي، إذ تتركز الفئة المنخفضة (31–110 م) في الشمال عند مناطق المصب، بينما تمثل الفئة (110–163 م) النطاق الأكثر انتشارًا، تليها الفئة (163–214 م) التي تعكس شدة التضرس.

في المقابل، تتقلص مساحة الفئات المرتفعة (214–265 م) و(265–373 م) لتتركز في الجنوب والجنوب الغربي، حيث تسود الانحدارات الشديدة ومناطق تغذية الجريان. ويعكس هذا التدرج انحدارًا عامًا من الجنوب المرتفع إلى الشمال المنخفض، مما يعكس تأثير البنية الطبوغرافية في توجيه الجريان السطحي داخل الحوض في نفس الاتجاه.

جدول (3) فئات الارتفاع بحوض وادي القلعي يوجد فراغ إحصائي بين الفئات يحتاج الى تعديل

ت	فئة الارتفاع (متر)	المساحة (كم²)	النسبة (%)
1	31 – 110	18.9	16
2	110 – 163	36.6	31

3	163 – 214	33.1	28
4	214 – 265	18.9	16
5	265 – 373	10.6	9
المجموع		118.1كم^2	% 100

المصدر: من عمل الباحث باستخدام (GIS) اعتماداً على خريطة الارتفاع الرقمي (Dem)

1. **نسبة النسيج الطبوغرافي في الحوض:** تم حساب نسبة النسيج الطبوغرافي للحوض اعتمادًا على مجموع أطوال المجاري (203.2) كم ومحيط الحوض (59.41) كم.

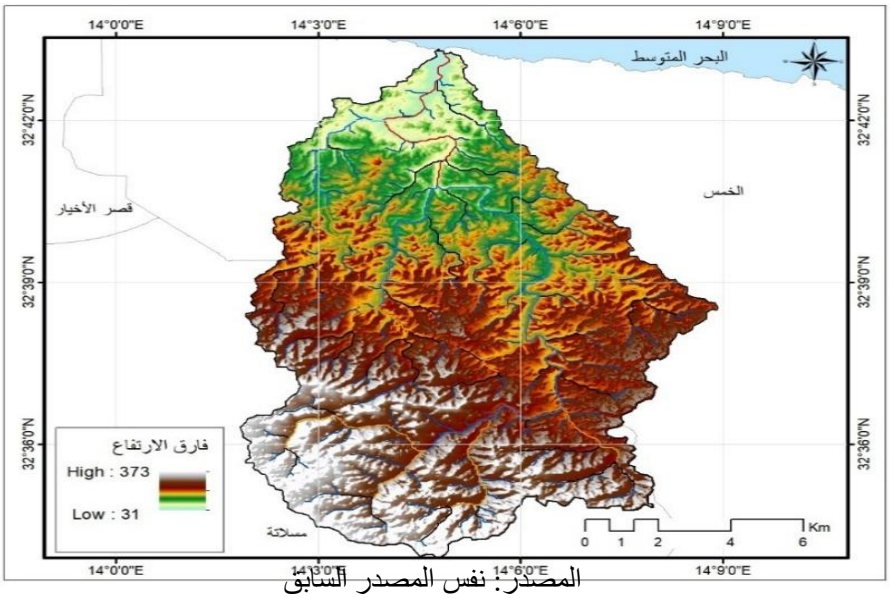
$$\text{نسبة النسيج الطبوغرافي للحوض} = \frac{203.2}{59.4} = 3.42 \text{كم}^2$$

وتشير هذه القيمة إلى أن الحوض يتميز بتصريف خشن، أي أن المجاري المائية متباعدة نسبيًا، مما يعكس درجة منخفضة من تقطع الحوض. وتُعد هذه النتيجة انعكاسًا مباشرًا لتأثير العوامل المناخية، وخاصة كمية الأمطار، بالإضافة إلى طبيعة الصخور وتركيبها والغطاء النباتي، في تشكيل شبكة المجاري المائية.

2. **فرق الارتفاع:** يُحسب فرق الارتفاع في الحوض من الفرق بين أقصى ارتفاع وأدنى نقطة، حيث يمثل الحد الأعلى والحد الأدنى للارتفاعات داخل الحوض. وبناءً على البيانات المتاحة، فإن أقصى ارتفاع في الحوض يبلغ (373) متر، بينما أدنى نقطة تبلغ (31) متر. إذن:

فرق الارتفاع = 373 - 31 = 342 متراً

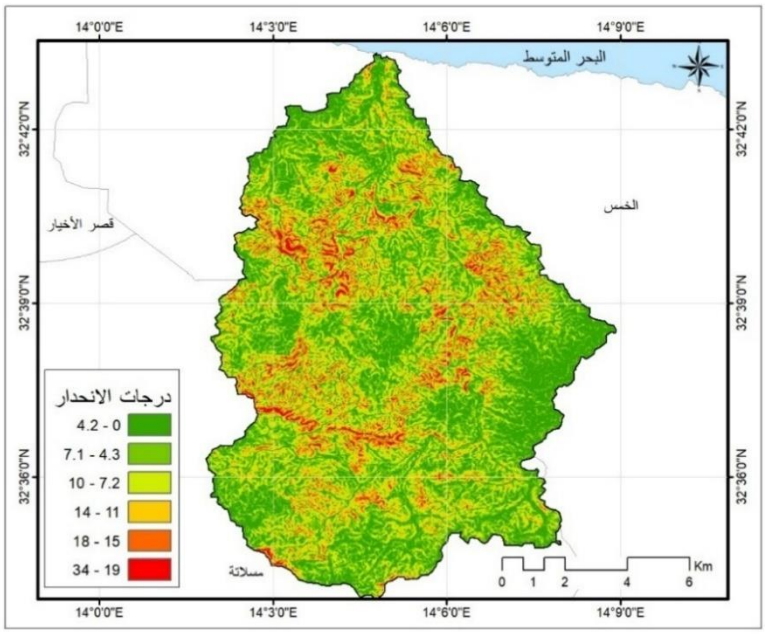
خريطة (4) الفارق في الارتفاع بحوض التصريف



المصدر: نفس المصدر السابق

تُظهر الخريطة (4) تباينًا تضاريساً واضحًا، حيث تتركز أعلى الارتفاعات في الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية من الحوض، ثم تتناقص تدريجيًا باتجاه الشمال وصولًا إلى منطقة المصب الساحلي. هذا التدرج الطبوغرافي يفسر انتقال كميات كبيرة من المياه نحو المناطق المنخفضة عند المصب وإلى أن فرق الارتفاع الكبير إلى انحدار معتدل إلى شديد يسهل جريان المياه نحو الوادي الرئيسي، ويعكس تقطع الحوض بالمجاري المائية، مما يجعله مؤشرًا مهمًا لشدة الجريان واحتمالية السيول.

خريطة (5) درجات الانحدار بحوض التصريف



المصدر: نفس المصدر السابق

3. **الانحدار العام للحوض:** يظهر من الخريطة التالية وجود تباينًا واضحًا في درجات الانحدار، حيث تسود الانحدارات الخفيفة إلى المتوسطة (0–7.1) في معظم أجزائه، ولا سيما في المناطق الوسطى والشمالية، مما يشير إلى أن السطح شبه مستوي نسبيًا تساعد على تباطؤ الجريان السطحي وزيادة فرص تجمع المياه. وعلى جانب آخر تتركز الانحدارات المتوسطة إلى الشديدة (7.2–18) في الأجزاء الجنوبية والجنوبية الغربية، بينما تظهر الانحدارات الشديدة جدًا (أكثر من 18) بشكل محدود ومتقطع، وتمثل مناطق ذات طاقة تضاريسية عالية تسهم في تسريع الجريان السطحي وتوجيه الجريان داخل الحوض. ويعبر عن الانحدار العام للحوض بالنسبة المئوية أو بالمتر لكل كيلومتر، ويُحسب بالمعادلة التالية:

$$\text{الانحدار العام للحوض} = \frac{\text{أقصى ارتفاع} - \text{أدنى ارتفاع}}{\text{الحوض طول}} = 12.61 \text{ متر/كم}$$

يعني أن الحوض يميل بمعدل الانحدار العام للحوض (12.6) متر/كم مما يشير إلى انحدار شديد نسبيًا يسهل جريان المياه نحو الوادي الرئيسي بسرعة عالية.

4. **رقم التضرس:** هو مقياس يوضح درجة تعرج مجاري المياه في الحوض، ويحسب بقسمة إجمالي طول المجاري على المسافة المستقيمة بين أعلى وأدنى نقطة في الحوض (علاجي، 2010).

$$\text{رقم التضرس} = \frac{H}{L}$$

حيث إن:

H = الفرق بين أعلى وأدنى منسوب ارتفاع في الحوض

L = طول الحوض من أبعد نقطة إلى المخرج.

تشير القيمة (7.49) إلى أن الحوض يتميز بدرجة تعرّج مرتفعة في مجاريه المائية، مما يؤدي إلى إطالة مسارات الجريان السطحي وانخفاض سرعته وزيادة زمن وصوله إلى المجرى الرئيس. ويزيد أكثر بتأثير انخفاض معدل الانحدار العام، بما يعني تقليل الطاقة الحركية لجريان المياه مع احتمال تراجع هذا الأثر في حالات الأمطار الغزيرة.

5. **نسبة الانحدار النهائي: ويعبر** عن الانحدار الكلي للحوض بالنسبة المئوية، ويُحسب كنسبة الفرق بين أقصى وأدنى ارتفاع على طول الحوض، مضروبة في 100:

$$\%1.26 = 100 \times \frac{342}{27120} 100 \times \frac{31 - 373}{27120}$$

وبما أن نسبة الانحدار النهائي = (1.26%) يدل ذلك على أن الحوض يميل بانحدار نسبيًا منخفض عند المقارنة بوحدة الطول الكلية، مع أن الانحدار المحلي قد يكون شديدًا في بعض المناطق.

ثالثاً: خصائص شبكة التصريف الهيدرولوجية:

تُعد شبكة التصريف الهيدرولوجية الإطار الذي تنتظم من خلاله المجاري المائية داخل حوض التصريف، وتوضح كيفية تجمّع مياه الأمطار وحركتها. ويساعد تحليل خصائصها على فهم الجريان السطحي وتقدير مخاطر الفيضانات.

1. **كثافة التصريف:** وهي مجموع أطوال المجاري المائية داخل حوض التصريف مقسومًا على مساحة الحوض (دسوقي، ص. 331)، وتُعد من المؤشرات المورفومترية المهمة التي تعكس درجة تطور شبكة التصريف وكفاءة الحوض في تصريف مياه الجريان السطحي.

$$\text{كثافة التصريف} = \frac{\text{مجموع أطوال المجاري}}{\text{المساحة}}$$

وبناء على ذلك بلغت كثافة التصريف نحو (1.72) كم/كم^2 وهي قيمة تشير إلى تطور متوسط لشبكة التصريف، وتعكس توازنًا نسبيًا بين نفاذية التكوينات السطحية وشدة الجريان السطحي داخل الحوض.

2. **زمن التركيز :** هو الزمن اللازم لانتقال مياه الجريان السطحي من كامل حوض التصريف إلى المخرج الرئيسي بعد هطول المطر، ويعكس كفاءة شبكة التصريف وقدرة الحوض على تجميع المياه. ويُقدَّر زمن تصرّف الحوض من خلال الجمع بين زمن التركيز وزمن التباطؤ، أو باستخدام معادلات هيدرولوجية ملائمة، ولتقدير زمن التركيز تم استخدام معادلة كيربيتش (Kirpich) (السلاوي، 1989، ص. 102) لوصف الاستجابة الهيدرولوجية للحوض:

$$Tc = 0.0195\ L^{0.77}\ S^{-0.385}$$

حيث أن: Tc = زمن التركيز بالدقائق.
L = طول المجري الرئيسي بالمتر= (27123 م)
S = الانحدار البسيط للحوض.

حساب الانحدار

$$S = \frac{342}{27120} = 0.0126$$

L = 27123 م
S = 0.0126

$$\text{زمن التركيز } T_c = 0.0195 \times (27120)^{0.77} \times (0.0126)^{-0385}$$

النتيجة: زمن التركيز (5.4) ساعة وهذا يشير إلى أن زمن استجابة الحوض متوسط الاستجابة الهيدرولوجية والذروة المتوقعة تحدث بعد حوالي (5) ساعات تقريباً من بداية الهطول الشديد.

3. **زمن التباطؤ:** هو ذلك الوقت الفاصل بين بداية المطر وتولد الجريان، وهو من المعاملات التي عن طريقها يمكن معرفة الوقت اللازم الذي يحدث فيه أقصى حد للتسرب الى أن تبدأ عملية الجريان السطحي بالحوض(صالح، 1989، ص37)، وقد تم حساب زمن التباطؤ من خلال تطبيق التالية: (Cook, Brusden, Doornkamp, & Jenes, 1982)

$$TL = 0.3 \times K_1 \times A \times \frac{Dd}{Sa}$$

حيث أن : TL = زمن التباطؤ.
A = مساحة حوض التصريف (118.1 كم²)،.
Sa = متوسط انحدار حوض التصريف (12.6 م/كم)
Dd = كثافة التصريف (1.72 كم/كم²)
K_1 = معامل ثابت = (0.8) للأسطح الصخرية شديدة الانحدار .
وجاءت النتيجة (3.9) ساعة التي تمثل الفترة التي يستغرقها المطر قبل ظهور الجريان السطحي بشكل ملحوظ. كما تعكس الطبيعة شبه الجبلية والصخرية للحوض. وهي مؤشرًا مهمًا لتقدير ذروة الجريان وتصميم نظم تصريف مياه الأمطار .

4. **سرعة الجريان السطحي:** وتحسب سرعة الجريان بقسمة طول الحوض على زمن التركيز (خضر، 1997، ص380) من خلال تطبيق المعادلة التالية:

$$V = \frac{L}{Tc}$$

حيث أن **L** = طول حوض التصريف (كم).
TC = تمثل زمن التباطؤ (ساعة).
وعليه تُقدّر سرعة الجريان السطحي بوادي القلعي حوالي (6.95) كم/ساعة أي (1.93) متر/ ثانية وهي قيمة مقبولة لحوض شبه جبلي متوسط الانحدار.

5. **شدة المطر:** هي معدل سقوط الأمطار خلال فترة زمنية محددة، أي كمية المطر التي تهطل على منطقة معينة مقسومة على الزمن الذي استغرقه الهطول. وتُحسب بالعلاقة التالية:

$$\mathbf{I = \frac{P}{t}}$$

حيث إن:

P كمية المطر = 58.40 ملم (وهي أكبر كمية مطر سجلت بمحطة الرصد الجوي الخمس في يوم (5) شهر ديسمبر سنة (2024م)

t زمن التركيز = 5.4 ساعة

بلغت شدة المطر نحو (10.81 ملم/ساعة)، أي (0.01081) متر/ساعة وهي شدة متوسطة تميل إلى الارتفاع، مما يعكس احتمالية زيادة الجريان السطحي داخل الحوض.

6. **معدل التصريف:** هو كمية المياه التي تتدفق عبر مقطع معين من المجرى المائي خلال وحدة زمنية معينة، ويعبر عنه عادة بوحدة متر مكعب في الثانية (m^3/s) أو لتر في الثانية (L/s) (مركز التنمية والتخطيط،1983، كما نقل عن زايد، 2006، ص130) ويمكن حساب معدل التصريف من المعادلة التالية:

$$\mathbf{Q = C \times I \times A}$$

حيث إن:

Q = معدل التصريف الأقصى للحوض متر^3/الساعة أو قدم^3/ثانية .

C = معامل الجريان السطحي (0.6) معامل ثابت

I = شدة المطر نحو (10.81 ملم/ساعة)، (0.01081) متر/ساعة

A = مساحة حوض التجميع 118.1 كم^2 أو 118,100,000 متر^2

وبناءً على ذلك، بلغ معدل التصريف الأقصى لحوض وادي القلعي نحو (765,996.6) متر^3/ساعة، أي ما يعادل حوالي (212.9) متر^3/ثانية، وهو ما يعكس استجابة هيدرولوجية مرتفعة للحوض خلال فترات الهطول المطري الشديد.

7. **حجم التصريف:** كمية مياه الأمطار المتوقع سقوطها بحوض التصريف: وبحساب أكبر كمية مطر سجلت بمحطة الرصد الجوي الخمس ليوم (5) شهر ديسمبر (2024م) وهي (58.4) ملم، ومنها تم حساب كمية الأمطار المتوقع سقوطها من خلال تطبيق المعادلة الآتية:

$$\mathbf{V = Q \times T}$$

V = حجم التصريف الكلي (متر^3)

Q = معدل التصريف (متر^3/ ساعة)

T = زمن التركيز (ساعة)

وباحتساب حجم التصريف الكلي لحوض وادي القلعي خلال زمن التركيز البالغ (5.4) ساعة، وبمعدل تصريف أقصى قدره (766,423) متر^3/ساعة، بلغ حجم التصريف نحو (4,138,684) متر^3، وهو ما يمثل إجمالي كمية المياه المتدفقة خلال فترة العاصفة المطرية.

8. **الفواقد:** وهي كمية المياه المفقودة عن طريق التبخر والتسرب (Infiltration). وتؤثر الفواقد على عملية بدء الجريان السطحي الذي يمثل فائض الأمطار المتساقطة بعد عمليات التبخر والتسرب، كما أنها تؤثر أيضاً على كمية وسرعة المياه واستمراريتها في روافد الأودية حتي وصولها الي المجرى الرئيسي. (صالح، 1989، ص19).

أ. **التبخر:** عند إجراء الموازنة الهيدرولوجية لأي منطقة غالباً ما يكون الاهتمام بالتبخر الكلي وهو ما يعرف بـ(البخر- نتح) وهو مجموع ما يفقد من الماء بواسطة البخر من الأسطح المائية أو سطح التربة والنتح من النبات أو من أي أسطح أخري رطبة (السلاوي، 1989، ص. 180). ويحسب كالآتي:

إجمالي التبخر اليومي = متوسط التبخر في محطة الرصد بالمنطقة × مساحة الحوض.

التبخر اليومي = (7.2 ملم) = (0.0072 م) (محطة الرصد الجوي الخمس بيانات غير منشورة ديسمبر2024م)

مساحة الحوض = (118.1 كم²) = (118,100,000 متر³)

وبذلك بلغ إجمالي التبخر اليومي نحو (850,320) متر³/يوم

أما التبخر في الساعة فيُقدّر بنحو (35,430) متر ³/ساعة

الفاقد بالتبخر خلال زمن تصريف الحوض= إجمالي التبخر في الساعة × زمن تصريف الحوض

الفاقد بالتبخر خلال زمن تصريف الحوض (110,718) متر³. وهو ما يمثل جزءًا مهمًا من الفواقد المائية المؤثرة في صافي الجريان السطحي بالحوض.

ب. **حجم التسرب خلال زمن التباطؤ :** ويمثل كمية المياه التي تفقد من الجريان السطحي أثناء تسربها داخل التربة خلال زمن التباطؤ . وقد تم حساب التسرب خلال زمن التباطؤ (3.9 ساعة) للحوض بمعدل تسرب متوسط قدره (0.25) ملم/ساعة، وبلغ حجم المياه المتسربة نحو (115,148) متر³ .

حجم التسرب لكل ساعة: $V = f \times A$

حيث إن:

F = 0.25 ملم/ساعة (معدل التسرب المتوسط)

A = 118,100,000م² (مساحة الحوض)

ونتيجة حاصل الضرب هو حجم التسرب = (29,525) متر³/ساعة.

حجم التسرب خلال هذه الفترة: $V_{period} = V_{hour} \times t$

حيث إن:

V_{period} = حجم التسرب خلال فترة محددة

V_{hour} = 29,525 متر³/ساعة

t = 3,9 ساعة (زمن الفترة المحددة)

ونتيجة حاصل الضرب هو حجم التسرب خلال هذه الفترة = (115.148) متر³ .

التسرب خلال زمن التباطؤ $T_d \times V_{hour} = V_{Td}$

حيث إن:
V_{hour} = 29,525 متر³/ساعة
T_d = 3.9 ساعة (زمن التباطؤ)
ونتيجة حاصل الضرب هو التسرب خلال زمن التباطؤ (115,148) متر³

9. **جملة الفواقد :** تمثل جملة الفواقد مجموع الفاقد الناتج عن عمليتي التبخر والتسرب خلال فترة التصريف، ويتم حسابها وفق المعادلة الآتية:

جملة الفواقد = فاقد التسرب + فاقد التبخر

فاقد التبخر = (110,718 متر³)
فاقد التسرب = (115,148 متر³) وبذلك بلغت جملة الفواقد نحو ((225,866 متر³) وهي تمثل مجموع ما فقده الحوض من المياه نتيجة عمليتي التبخر والتسرب .

1. **صافي الجريان:** وهو جملة ما يتبقي من مياه الأمطار بعد عمليات التسرب والتبخر ويتم حسابه بتطبيق المعادلة الآتية:

صافي الجريان السطحي = حجم التصريف الكلي – حجم الفواقد

تُظهر النتائج أن صافي الجريان السطحي بلغ نحو (3,912,818) متر³ ، أي ما يعادل (56%)من إجمالي مياه الأمطار، وهي نسبة تعكس كفاءة هيدرولوجية مرتفعة نسبيًا في تحويل الهطول المطري إلى جريان سطحي.

جدول (4) صافي الجريان السطحي بحوض وادي القلعي

م	المتغير	الوحدة	القيمة
1	المساحة	كم²	118.1
2	المحيط	كم	59.4
3	طول الحوض	كم	27.12
4	عرض الحوض	كم	9.5
5	أقصى ارتفاع	متر	373
6	أدنى نقطة	متر	31
7	عدد المجاري	عدد	191
8	أطوال المجاري	كم	203.2
9	نسبة النسيج الطبوغرافي	كم/كم²	3.42
10	الفارق الرأسي	متر	342
11	معدل الانحدار العام	متر/كم	12.6
12	كثافة الانحدار	متر/كم	1.72
13	رقم التضرس	-	7.49
14	نسبة الانحدار النهائي	%	1.26
15	كثافة التصريف	كم/كم²	1.72
16	زمن التركيز	ساعة	5.4
17	كمية الأمطار القصوى	ملم	58.4
18	زمن التباطؤ	ساعة	3.9

19	شدة المطر	ملم/ساعة	10.81
20	معدل التصريف	ساعة	27.1
21	سرعة الجريان	متر/ثانية	1.93
22	معدل التصريف الأقصى	متر³/ساعة	766,423
23	حجم التصريف	متر³	4,138,684
24	الفاقد بالتبخر خلال زمن تصريف	متر³	110,718
25	الفاقد بالتسرب	متر³	115,148
62	جملة الفواقد	متر³	225,866
27	**صافي الجريان السطحي**	**متر³**	**3,912,818**

يتضح من الجدول أهم الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي القلعي، تعكس طبيعة وحركة الجريان السطحي. وتبين القيم أن الحوض متوسط المساحة مع وجود تباين واضح في الارتفاعات والانحدارات، الأمر الذي يساعد على تجميع مياه الأمطار وتوجيهها نحو مجرى الوادي. كما تشير كثافة شبكة التصريف وعدد المجاري إلى قدرة الحوض على تصريف المياه بشكل واضح. وقد بلغ صافي الجريان السطحي (3,914) مليون متر^3 يعكس كمية المياه التي يمكن أن تتجمع بحوض التصريف، ما يدل على إمكانية حدوث جريان سطحي ملحوظ خاصة في المناطق القريبة من مجرى الوادي.

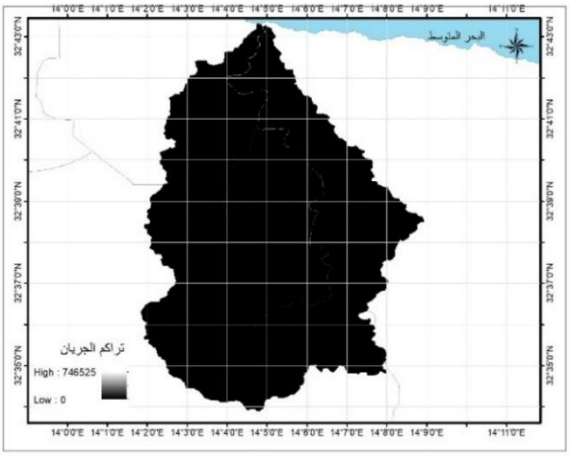
المحور الثاني: نمذجة للمواقع الأكثر عرضة للفيضان

اعتمد البحث على نمذجة مكانية لتحديد المناطق الأكثر عرضة للفيضانات داخل حوض وادي القلعي، وذلك باستخدام تقنيات التحليل المكاني في برنامج (ArcGIS) وقد استند النموذج إلى دمج مجموعة من العوامل المورفومترية والطبوغرافية التي تؤثر في سلوك الجريان السطحي، وهي: تراكم الجريان (Flow Accumulation)، ودرجة الانحدار(Slope) ، والبعد عن مجرى الوادي.(Distance from Stream)

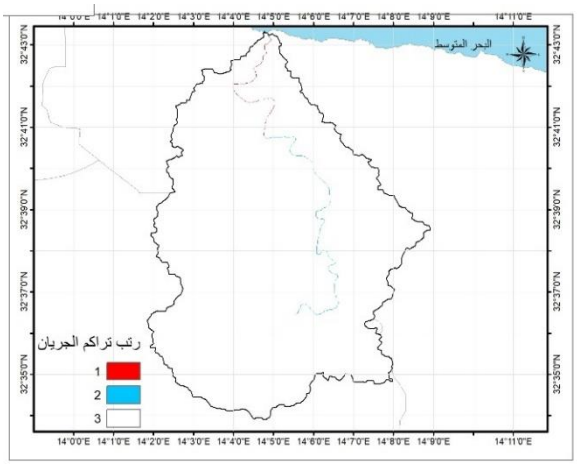
1. تراكم الجريان: (Flow Accumulation)

تم استخراج طبقة تراكم الجريان باستخدام أدوات التحليل الهيدرولوجي في برنامج (ArcGIS) حيث توضح هذه الطبقة مسارات تجمع المياه داخل الحوض وعدد الخلايا التي تصب في كل خلية . وتُعد القيم المرتفعة مؤشراً على المجاري الرئيسة للأودية والمناطق التي تتجمع فيها كميات أكبر من المياه، مما يزيد من احتمالية حدوث الفيضانات فيها .

خريطة (6) تراكم الجريان بشبكة التصريف



طبقة (7) تراكم الجريان بشبكة التصريف



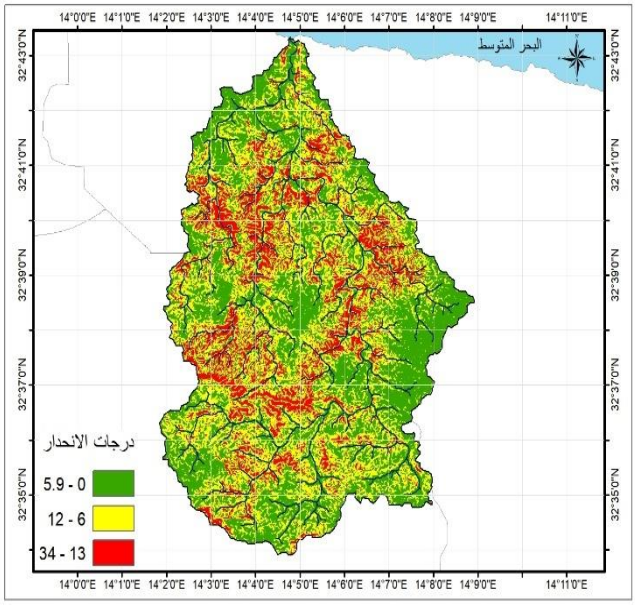
2. طبقة الانحدار ثم Reclassify

تم استخراج طبقة الانحدار من نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) باستخدام أداة Slope في برنامج ArcGIS ، وذلك لبيان درجة ميل سطح الأرض داخل الحوض. ويعد الانحدار عاملاً مهماً في التحكم بسرعة الجريان السطحي، حيث تزداد سرعة المياه في المناطق شديدة الانحدار بينما تميل المياه إلى التجمع في المناطق منخفضة الانحدار.

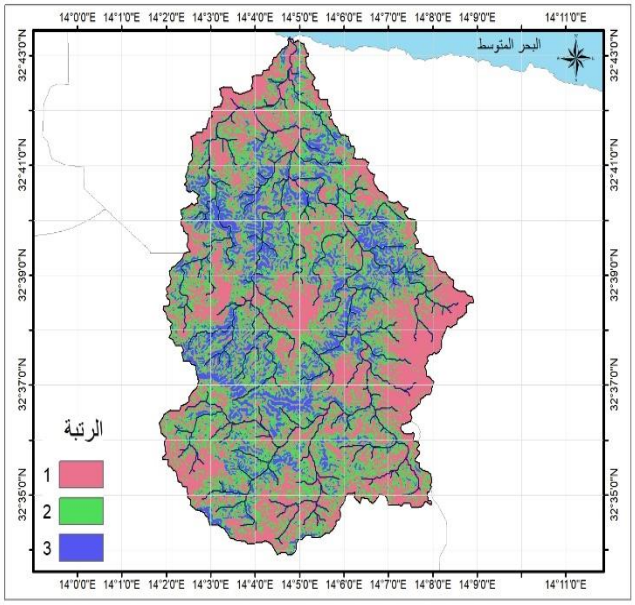
خريطة البعد عن شبكة التصريف:**(Euclidean Distance)**

توضح الخريطة التوزيع المكاني للمسافات عن شبكة التصريف في حوض وادي القلعي باستخدام أداة Euclidean Distanceفي برنامج ArcGIS، حيث تمثل القيم المنخفضة المناطق القريبة من مجاري الأودية، بينما تشير القيم المرتفعة إلى المناطق البعيدة عنها. وتبرز أهمية هذه الطبقة في تحديد المناطق الأكثر عرضة لتجمع الجريان السطحي واحتمالية الفيضانات، والتي تزداد قرب المجاري المائية. كما تُظهر الخريطة رتب شبكة التصريف، إذ تنتشر المجاري من الرتبة الأولى بكثرة في المناطق المرتفعة، ثم تتجمع تدريجياً لتشكل مجاري أعلى رتبة باتجاه المجرى الرئيس، في نمط يعكس التدرج الطبيعي للشبكة مع تناقص عدد المجاري وازدياد أطوالها نحو المصب الساحلي.

خريطة (8) درجات الانحدار لحوض التصريف



طبقة (9) درجات الانحدار لحوض التصريف



المصدر من عمل الباحث بناء على نتائج معادلة التطابق الموزون(Weighted Overlay)

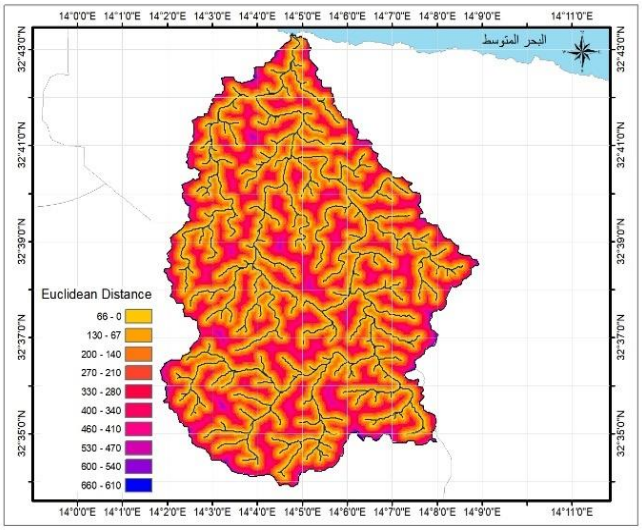
وأخيراً أظهرت النتائج أن المناطق القريبة من مجرى الوادي الرئيسي، إضافة إلى المناطق منخفضة الانحدار والتي تشهد تراكمًا عاليًا للجريان، هي أكثر المواقع عرضة للفيضان بحوض وادي القلعي، مما يبرز أهمية هذه المعايير في تقييم مخاطر السيول داخل الحوض وتأثير الفيضانات على مصيف فلفول والمرافق السياحية والعمرانية والطرق كما هي ظاهرة أكثر وضوحاً في الصورتين السابقتين .

وبعد إعادة تصنيف هذه الطبقات وفق درجات الخطورة، تم دمجها باستخدام أسلوب التطابق الموزون داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية .(GIS) وبتطبيق تم تحديد المناطق الأكثر عرضة للفيضانات في حوض وادي القلعي أُستخدمت معادلة التطابق الموزون (Weighted Overlay) من Raster Calculator، لتحديد المواقع الأكثر احتمالًا للفيضان وهي كالتالي:

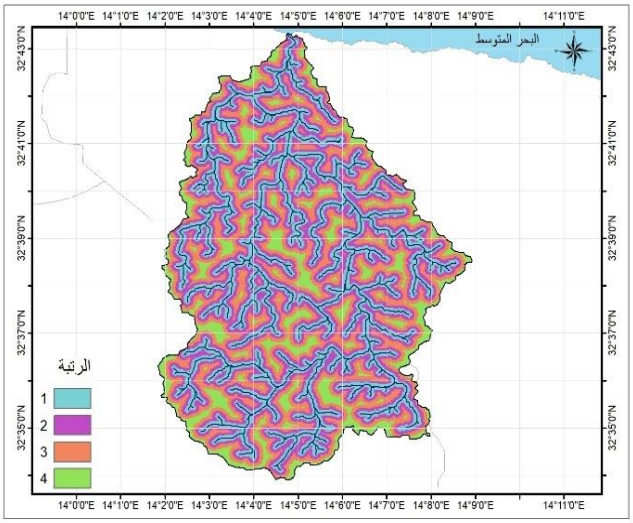
(FlowAcc_Reclass × 0.5) + (Slope_Reclass × 0.3) + (Distance_Stream_Reclass × 0.2)

تم إنتاج خريطة توضح التوزيع المكاني للمواقع الأكثر عرضة للفيضانات داخل حوض التصريف كما بالخريطة التالية:

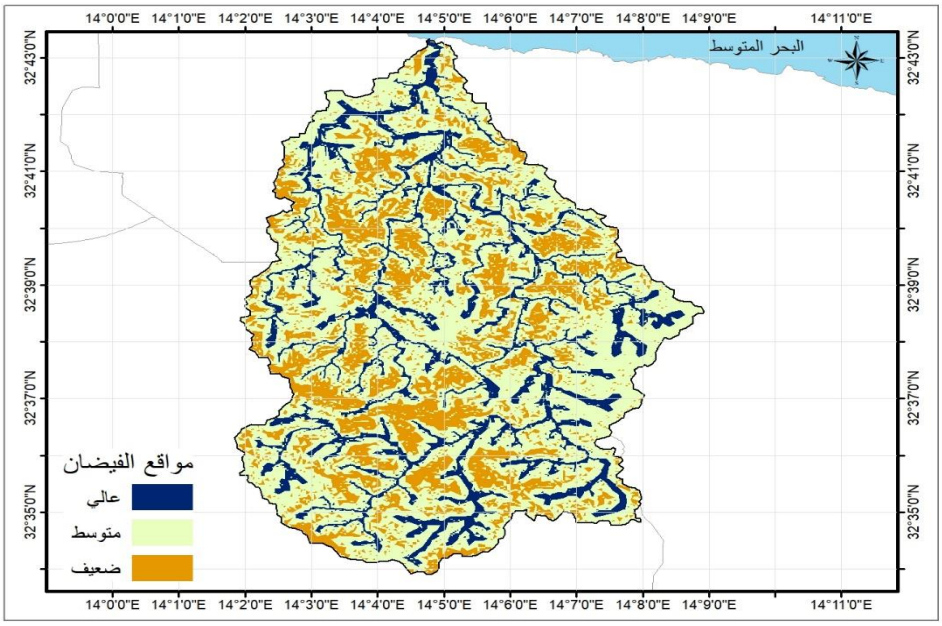
خريطة (10) البعد عن شبكة التصريف



طبقة (11) البعد عن شبكة التصريف



خريطة (12) المواقع الأكثر عرضة للفيضانات بحوض التصريف



الخاتمة:

أظهر التحليل المكاني المعتمد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية قدرة عالية على تفسير العلاقات بين عناصر السطح المختلفة، مثل الانحدار وشبكة التصريف وتوزيع الارتفاعات، ودورها في التحكم في حركة المياه السطحية وتجمعها. كما بيّن التحليل أن بعض أجزاء الحوض تمتلك قابلية أكبر لتشكل السيول نتيجة تفاعل العوامل الطبوغرافية والهيدرولوجية، وهو ما يفسر تركز مخاطر الفيضانات في المواقع القريبة من مجاري الأودية ذات الانحدارات المنخفضة. وتؤكد الدراسة أهمية توظيف تقنيات التحليل المكاني ونماذج نظم المعلومات الجغرافية في دراسة الأحواض المائية، لما توفره من أدوات دقيقة لتحليل الظواهر الهيدرولوجية وتحديد المناطق الأكثر عرضة لمخاطر السيول والفيضانات. ومن شأن هذه المقاربات أن تسهم في تطوير استراتيجيات أكثر كفاءة لإدارة الأحواض المائية والتقليل من آثار الفيضانات مستقبلًا.

النتائج:

توصلت الدراسة إلى عدد من النتائج الرئيسة أهمها:

- تبلغ مساحة حوض وادي القلعي نحو (118.1) كم²، ويصل فرق الارتفاع فيه إلى حوالي (342) متراً مما يعكس تباينًا تضاريسيًا واضحًا يؤثر في اتجاهات الجريان السطحي وسرعة انتقال المياه داخل الحوض.
- تتكون شبكة التصريف من (191) مجرى مائيًا موزعة على (5) رتب نهرية، مع سيادة واضحة لمجاري الرتبة الأولى (1) وهو ما يعكس الطابع التشعبي لشبكة التصريف في الحوض.
- بلغ معدل التشعب (3.67) في حين سجلت كثافة التصريف (1.72 كم/كم²) وهي قيم تشير إلى درجة تطور متوسطة لشبكة التصريف وتأثرها بالخصائص الجيولوجية والطبوغرافية للحوض.
- قُدِّر زمن التركيز (5.4 ساعة) بينما بلغ زمن التباطؤ (3.9 ساعة) مما يدل على استجابة هيدرولوجية متوسطة للحوض عند حدوث الهطول المطري.
- بلغ حجم التصريف الكلي (4.14 مليون م³) في حين قُدِّرت الفواقد المائية (225 ألف متر³) نتيجة عمليات التسرب والتبخر.
- وصل صافي الجريان السطحي (3.914 مليون متر³)، وهو ما يمثل نسبة تقارب (56%) من إجمالي كمية المياه المتساقطة على الحوض.
- أظهر التحليل المكاني أن المناطق الأكثر عرضة لخطر الفيضانات تتركز في الأجزاء الدنيا والوسطى من الحوض، بالقرب من المجرى الرئيس وفي المناطق منخفضة الانحدار يؤثر على الطرق والمرافق السياحية وخاصة مصيف فلفول.

التوصيات:

- إنشاء منشآت مائية صغيرة أو سدود تهدئة في الأجزاء العليا من الحوض للحد من سرعة الجريان السطحي.
- تنظيم استخدامات الأراضي وتجنب التوسع العمراني في المناطق المعرضة للفيضانات القريبة من مجرى الوادي.
- تطوير شبكات تصريف مياه الأمطار في المناطق الساحلية القريبة من مصب الوادي.
- اعتماد تقنيات نظم المعلومات الجغرافية في إعداد خرائط دورية لمخاطر السيول لدعم التخطيط العمراني والبيئي.
- تشجيع إجراء دراسات هيدرولوجية مماثلة للأحواض المجاورة في منطقة الخمس لتعزيز إدارة مخاطر الفيضانات على المستوى الإقليمي.
- انشاء نظام انذار مبكر(او منظومة انذار) لتشعر المجاورين بحالة الفيضان قبل حدوثه خاصة على المرافق السياحية عند المصب.

- تفعيل قوانين حماية البيئة والتخطيط العمراني للحد من التجاوزات في استغلال الأراضي بخاصة المعرضة للمخاطر البيئية .

المراجع العربية :

[1] السلاوي، محمود سعيد (1989)، هيدرولوجية المياه السطحية .الدار الجماهيرية للتوزيع والإعلان، مصراتة، الطبعة الأولى.

[2] عاشور، عبد الوانيس عبدالرحمن (2023) تقدير عمق الجريان السطحي لحوض وادي درنة من خلال التكامل بين نظم المعلومات الجغرافية ونموذج (SCS-CN) مجلة جامعة سبها للعلوم البحثية والتطبيقية. العدد 21 (الجزء 2)، صفحات 90-100، 2023.

[3] العلاجي، آمنة بنت أحمد بن محمد (2010) ، تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية في حوض يلملم، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية العلوم الاجتماعية، قسم الجغرافيا، جامعة أم القرى.

[4] محسوب، محمد صبري (2001) الأطلس الجيومرفولوجية: معالجة تحليلية للشكل والعملية، دار الفكر العربي، القاهرة، الطبعة الأولى.

[5] مركز التنمية والتخطيط (1983) حماية مدينة 15 مايو من أخطار السيول .التقرير الأول، جامعة القاهرة. نقلًا عن: أحمد زايد عبدالله (2006)، المخاطر الجيومرفولوجية بمراكز العمران على ساحل البحر الأحمر، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة القاهرة.

[6] صالح، أحمد سالم .(1989) الجريان السيلي في الصحاري- دراسة في جيومرفولوجية الأودية الصحراوية، معهد البحوث والدراسات العربية، جامعة الدول العربية، القاهرة.

[7] ———————— (1989) المراوح الفيضية في الجزء الأدنى من وادي وتير بسيناء نشرة دورية محكمة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة المنيا، العدد.(15) .

المراجع الإنجليزية :

[8] Al-Subai, I. H., & others. (2023). Mapping and assessment of flood risk in the Wadi Al-Lith Basin, Saudi Arabia. King Saud University, Kingdom of Saudi Arabia.

[9] Bashir, B., & Alsalman, A. (2024). Characteristics and comparative assessment of flash flood hazard evaluation techniques: Insights from Wadi Haily Basin, Eastern Red Sea Coast, Saudi Arabia. Department of Civil Engineering, College of Engineering, King Saud University.

[10] Cook, R. U., Brusden, D., Doornkamp, J. C., & Jenes, D. K. (1982). Urban geomorphology in dry lands. Oxford University Press.

[11] Maou, A., & others (2025). Assessing flash flood occurrences and hazard zones along the Mediterranean coasts: A GIS and mapping techniques approach in the Wadi Saf Saf Basin. Frontiers in Earth Science, Section: Geohazards and Georisks.

[12] Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slope in badland at Perth Amboy, New Jersey. Geo. Sci., Vol. 67.

[13] Strahler, A. N. (1954). Dimensional analysis in quantitative terrain description. Annals of Association of American Geographers, p. 282.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **JLABW** and/or the editor(s). **JLABW** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.