

تقييم الاستجابة الهيدرولوجية المسندة على التحليل المورفومتري في حوض نهر السخابة الشمالي - محافظة اللاذقية

د. حازم عبدو*

سحر ريشي**

تاريخ الإيداع 2023/ 5/25. قُبِلَ للنشر في 2023/ 8/10

□ ملخص □

يعد تقييم الاستجابة الهيدرولوجية المسندة على التحليل المورفومتري في الأحواض النهرية الفرعية من الإجراءات المهمة في إطار تحليل التطور الجيومورفولوجي للحوض النهري على الاستجابة الهيدرولوجية فيه. حيث يساعد هذا التقييم في الوصول إلى تقصي تأثير الخصائص المورفومترية على العمليات الهيدرولوجية السائدة في الأحواض النهرية. في هذا الصدد، يؤدي التباين المكاني في شدة الاستجابة الهيدرولوجية إلى تشكيلها خطراً على النظم الحيوية السائدة في الحوض النهري. حيث يفضي التحليل المورفومتري إلى تحديد أولويات الأحواض النهرية الفرعية لناحية إدارة الاستجابة الهيدرولوجية السائدة فيها. هدف هذا البحث إلى تحديد أولويات الأحواض الفرعية لسبعة أحواض تنتمي لحوض نهر السخابة الشمالي. حيث جرى الاعتماد على بيانات الاستشعار عن بعد (نموذج الارتفاع الرقمي) التي تمت معالجته في بيئة نظم المعلومات الجغرافية. جرى تقييم الاستجابة الهيدرولوجية في هذه الأحواض السبعة من خلال تطبيق 15 بارامتر مورفومتري. أفضى هذا التقييم إلى إنتاج خريطة التوزع المكاني لقيم أولويات الاستجابة الهيدرولوجية في هذه الأحواض. أظهرت نتائج هذا البحث أن الأحواض النهرية الفرعية 1-4-7 لديها أولوية عالية، بدوره يشير ذلك إلى الحاجة الملحة لاتخاذ الإجراءات والإستراتيجيات المكانية، التي يمكن أن تسهم في إدارة الحوض النهري من قبل المخططين وصناع القرار. بالإضافة إلى ذلك، أثبتت النتائج كفاءة التقييم المورفومتري كمنهجية فعالة ومتبعة في تحديد أولويات الأحواض النهرية الفرعية.

الكلمات المفتاحية: جيومورفولوجيا- التحليل المورفومتري- أولويات الأحواض- حوض نهر السخابة الشمالي.

* مدرس متمرّن - قسم الجغرافية - كلية الآداب والعلوم الإنسانية - جامعة طرطوس - طرطوس - سورية.

** طالبة دراسات عليا (ماجستير) - قسم الجغرافية - كلية الآداب والعلوم الإنسانية - جامعة طرطوس - طرطوس - سورية.

Assessment of the hydrological response based on morphometric analysis in the northern Al-Sakhaba river basin- Lattakia Governorate.

Dr . Hazem Abdo*

Sahar Richi**

(Received 25/5 /2023. Accepted 10/8/2023)

□ ABSTRACT □

Assessment of the hydrological response based on morphometric analysis in the sub-river basins is one of the important procedures within the framework of analyzing the geomorphological development of the river basin on the hydrological response in it. Where this assessment helps to investigate the effect of morphometric characteristics on the prevailing hydrological processes in river basins. In this regard, the spatial variation in the intensity of the hydrological response a threat to the prevailing biological systems in the river basin. Where the morphometric analysis leads to identifying the priorities of the sub-river basins in terms of managing the prevailing hydrological response in them. The aim of this research is to identify the priorities of the sub-basins of seven basins belonging to the northern Sakhaba river basin. Where it was relied on remote sensing data (digital elevation model) that was processed in the GIS environment. The hydrological response in these seven basins was assessed by applying 15 morphometric parameters. This assessment resulted in the production of a map of the spatial distribution of the hydrological response priority values in these basins. The results of this research showed that the sub-river basins 7-4-1 have a high priority, which in turn indicates the urgent need to take spatial measures and strategies, which can contribute to the management of the river basin by planners and decision makers. In addition, the results demonstrated the efficiency of morphometric assessment as an effective methodology in determining the priorities of the sub-river basins.

Key Words: Geomorphology- Morphometric analysis- Basin priorities- Northern Sakhaba river basin.

* Assistant Professor, Department of Geography, Faculty of Arts and Humanities, Tartous University, Tartous, Syria

** Postgraduate student, Department of Geography, Faculty of Arts and Humanities, Tartous University, Tartous, Syria.

المقدمة

يضم الحوض النهري جميع الأراضي المحيطة بمجرى النهر ويفصلها عن الأحواض الأخرى خط تقسيم المياه¹، ويقسم إلى مجموعة من الأحواض النهرية الفرعية. تتباين الاستجابة الهيدرولوجية بين حوض نهر فرعي وآخر كانعكاس مباشر للتباين في الخصائص الجغرافية الطبيعية بشكل عام، بما فيها البنية والبناء - مناخ - الغطاء النباتي - الترب. ولكن يعد العامل الجيومورفولوجي واحداً من أهم هذه العوامل المؤثرة لكونها تقوم بضبط السلوك الهيدرولوجي في الأحواض النهرية الفرعية بمختلف العمليات الهيدرولوجية لاسيما الجريان السطحي. تشكل هذه الاستجابة خطراً هيدرولوجياً تتعرض له النظم الحيوية في هذه الأحواض النهرية الفرعية، وبالتالي يعد التحليل المورفومتري لهذه الأحواض طريقة من طرق البحث المطبقة عالمياً في إطار تحليل السلوك الهيدرولوجي في الأحواض النهرية الفرعية². يوفر تحليل نتائج تطبيق البارامترات المورفومترية باستخدام التقنيات المكانية بما فيها نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد "و التي تعد أدوات مثالية للتحليل المورفومتري" روى مكانية مهمة حول تحليل التباين المكاني للاستجابة الهيدرولوجية في الأحواض النهرية الفرعية³.

يوصف التقييم الكمي للقياسات المورفومترية في الحوض النهري كطريقة فعالة لتفسير جميع الجوانب المتعلقة بالتطور الجيومورفولوجي من جهة، وتأثير ذلك على الاستجابة الهيدرولوجية في تلك الأحواض من جهة أخرى. ساعدت الدراسات التي أجريت على تحديد أولويات الوحدات الفرعية للحوض على أساس درجة الخطورة بناءً على البارامترات المورفومترية للمخططين وصناع القرار في تطوير خطط الإدارة. بالتالي لتحقيق إدارة جيدة لأحواض الصرف من الضروري إجراء القياسات المورفومترية. ينتمي حوض نهر السخابة الشمالي إلى منظومة حوض الساحل الهيدرولوجية، وهو من الأحواض التي تخضع لتدفقات عالية الشدة من الجريان السطحي التي تمثل في كثير من الأحيان عقب الزخات المطرية أخطار مائية كانعكاس مباشر لخصائص الحوض المورفومترية والتي بدورها تهدد النظم الحيوية السائدة في هذه الأحواض، بالتالي هناك أهمية في إجراء التقييم المورفومتري للمساهمة في إدارة هذه الأخطار.

أهمية البحث وأهدافه:

يعد حوض نهر السخابة الشمالي من الأحواض الساحلية السورية المعرضة للمخاطر الجيومورفولوجية المتعددة بما فيها المائية، نتيجة لتكامل مجموعة من العوامل الجغرافية الطبيعية بما فيها من بنية وبناء و جيومورفولوجيا ومناخ وغطاء نباتي. بالإضافة إلى النشاط البشري الناجم عن النمو السكاني وتنوع الأنشطة البشرية. وبالتالي، تأتي أهمية هذا البحث من ضرورة تقييم الاستجابة الهيدرولوجية المسندة على تحليل الخصائص المورفومترية المقسمة إلى خصائص هندسية وشكلية وطبوغرافية وهيدرولوجية في الأحواض النهرية الفرعية كأداة أساسية لفهم التباين المكاني للسلوك

¹ الدليمي، خلف جسين علي. الجيومورفولوجيا التطبيقية علم شكل الأرض التطبيقي، دار صفاء للطباعة والنشر والتوزيع، عمان، ط1، 2012، 273.

² Chakraborty, S. (2023). Application of Basin Morphometry for Hydro-geomorphological Implications: A Study of the Indo-Bhutanese Duduya Watershed. *Journal of the Geological Society of India*, 99(4), 473-486.

³ Bashir, B. (2023). Morphometric parameters and geospatial analysis for flash flood susceptibility assessment: a case study of Jeddah City along the Red Sea Coast, Saudi Arabia. *Water*, 15(5), 870.

الهيدرولوجي في هذه الأحواض مما يفضي إلى تحديد أولويات الاستجابة بهدف تحسين الإدارة المائية وتخطيطها بشكل أفضل، وتقليل المخاطر الناتجة عن الفيضانات وتنمية الموارد المائية بشكل مستدام.

أهداف البحث: 1. دراسة الخصائص الطبيعية لمنطقة البحث.

2. اقتطاع الأحواض النهرية الفرعية وإنتاج خريطة أولويات الاستجابة الهيدرولوجية لها.

3. إنتاج مصفوفة الارتباط الإحصائية بين العوامل المؤثرة، وتحديد العوامل الأكثر تأثيراً والأقل تأثيراً في الاستجابة الهيدرولوجية.

منهج البحث:

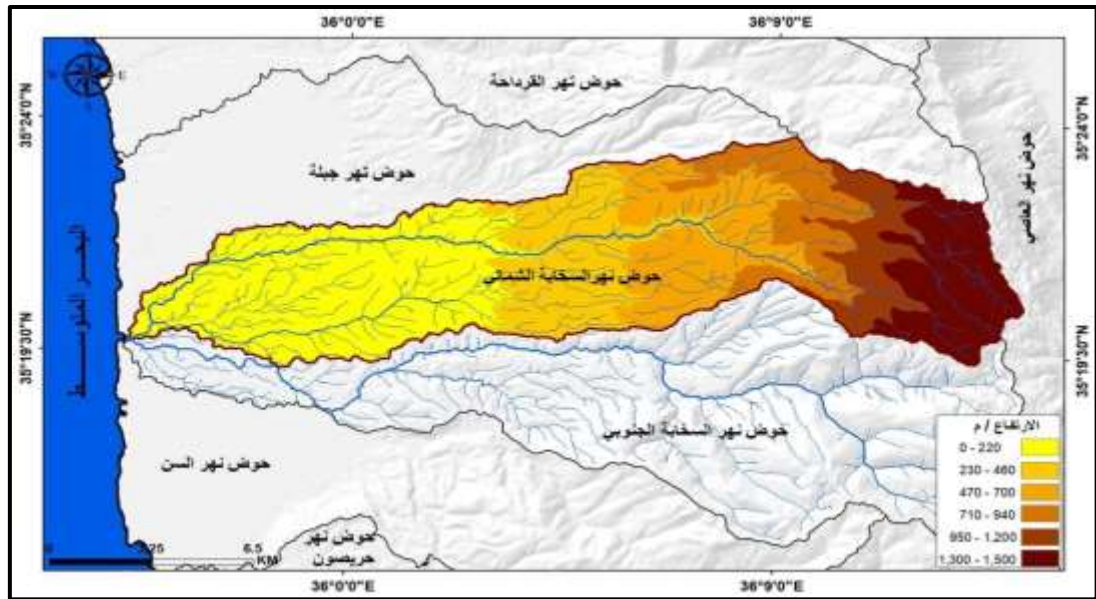
اعتمد البحث المنهج الوصفي التحليلي وهو من أهم المناهج الجيومورفولوجية يستخدم في قياس وتوصيف الظاهرة الجيومورفولوجية.

تم الاستناد على المنهج العلمي الجغرافي بشقيه الاستقرائي والاستنتاجي في قراءة هذه الأرقام وتحليلها وربطها مع أولويات الصيانة الهيدرولوجية في منطقة البحث.

مواد البحث وطرائقه

• منطقة البحث

يقع حوض نهر السخابة الشمالي في الجزء الغربي من سورية في جنوب محافظة اللاذقية، وفي وسط إقليم الساحل والجبال الساحلية. فلكياً، يمتد بين دائرتي عرض ($35^{\circ} 25' 30''$ و $35^{\circ} 17' 30''$) شمال دائرة الاستواء، وبين خطي طول ($36^{\circ} 15' 00''$ و $35^{\circ} 55' 00''$) شرق خط غرينتش. جغرافياً، يحده من الشمال حوض نهر جبلة وحوض نهر القرداحة (الروس)، ومن الجنوب حوض نهر السخابة الجنوبي، من الشرق حوض نهر العاصي، وغرباً البحر المتوسط، كما تشير خريطة رقم (1). هندسياً، تبلغ مساحة حوض نهر السخابة الشمالي 134.99 كم²، طوله 28.47 كم، عرضه 6.09 كم، محيطه 76.26 كم*.



خريطة 1: الموقع الفلكي والجغرافي لمنطقة الدراسة

* جرى حساب مساحة وطول وعرض ومحيط الحوض من قبل الطالبة بالاعتماد على أدوات القياس في برنامج نظم المعلومات الجغرافية.

المصدر: إعداد الطالبة بالاعتماد على بيانات مديرية الموارد المائية في محافظة اللاذقية.

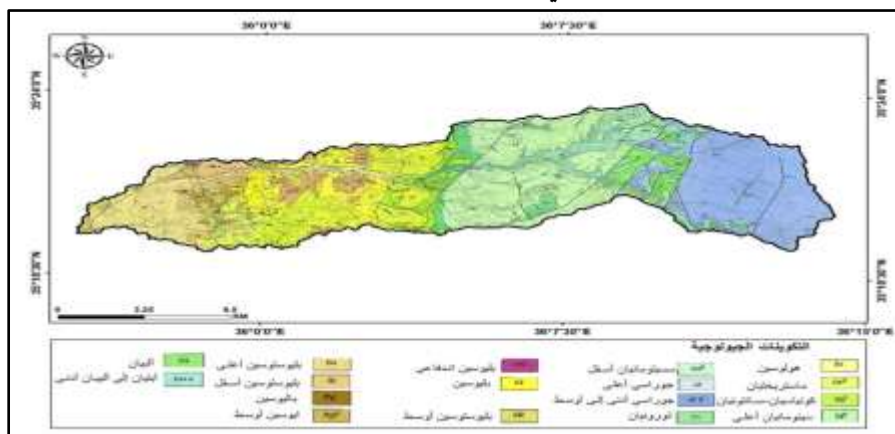
جيولوجياً، لوحظ من خلال تحليل الخريطة الجيولوجية (خريطة رقم 2)، تكشف التراكيب الجيولوجية الثنائية والثلاثية وصولاً إلى الدور الرباعي¹.

1. تشكيلات الحقب الجيولوجي الثاني: تتألف من العصر الجوراسي الذي تتكون مواده من حجر كلسي ومارل ودولوميت متطبق وهي صخور قابلة للذوبان (تحلل كارستي)، حيث تتكشف تكوينات الجوراسي الأدنى إلى أوسط شرق الحوض مشكلةً مساحةً كبيرة من إجمالي المساحة التجميعية للحوض. بينما تتكون صخور الجوراسي الأعلى من تناوبات من الحجر الكلسي والمارل تتكشف شرق منطقة الدراسة بمساحة صغيرة نسبياً. بينما يتكون العصر الكريتاسي من حجر كلسي دولوميتي ومارل ومارل حواري، والذي يتمثل بصخور التورنيان الذي يتكشف في وسط الحوض والذي يتكون من حجر كلسي وحجر كلسي مارلي صوان. تتألف البنية الليثولوجية لتوضعات كونياسيان-سانتونيان من حجر كلسي ناعم التبلور حواري بسماكة 20-45 م، أما الماستريختيان فيتكون من مارل وكلس حواري رملي جزئياً غرب الحوض. وتتكون التوضعات السينومانية من تشكيلتين، التشكيلة الأولى هي (تشكيلة الصلنفة) السينومانيان الأسفل الذي يتألف من تناوبات طبقات سميكة من الحجر الكلسي والمارل والمارل الدولوميتي وعقد صوانية، والثانية هي السينومانيان الأعلى (تشكيلة باب عبدالله) والتي تتألف من تناوبات من الحجر الكلسي والحجر الكلسي المارلي والمارل المدلمت جزئياً وعقد صوانية. تتكشف توضعات الأبتيان إلى ألبيان أدنى (تشكيلة باب جنه) شرق الحوض في المناطق الجبلية، والتي تتكون من تناوبات من المارل والحجر الكلسي والدولوميت. بينما تتكشف توضعات الألبيان (تشكيلة عين البيضة) شرق الحوض وتتكون من دولوميت مع تداخلات نادرة من الحجر الكلسي.

2. تشكيلات الحقب الجيولوجي الثالث: تتألف من تشكيلة عصر الباليوجين والنيوجين التي تضم صخور الباليوسين وايبوسين أوسط والبليوسين والبليوسين الاندفاعي، والتي تتكشف غرب الحوض في السهل الساحلي، حيث تكون البنية الليثولوجية لهذه التشكيلة مكونة بشكل رئيس من مارل رملي جزئياً ومارل حواري وتداخلات من الحجر الكلسي وصوان.

3. تشكيلات الدور الرباعي: تتكون من حجر رملي وطبقات حصوية، وهي توضعات رسوبية بحرية ونهرية تتكشف غرب الحوض على طول الأسرة النهرية في السهول الفيضية.

خريطة 2: جيولوجية منطقة الدراسة

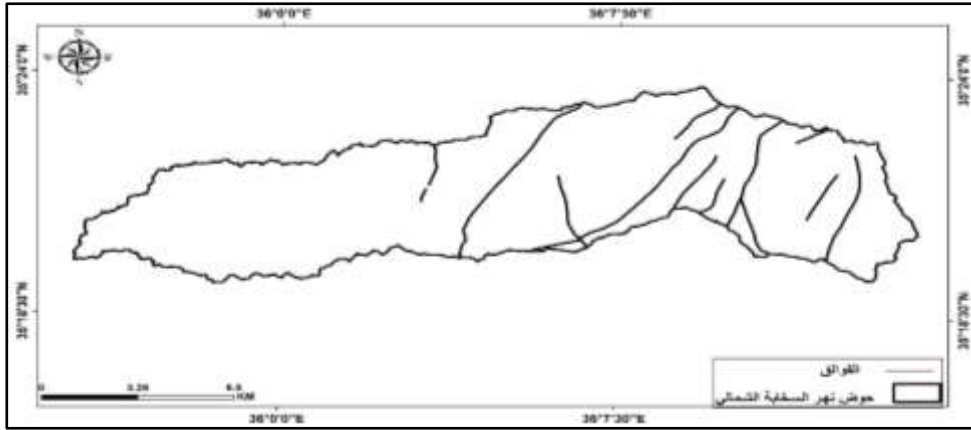


المصدر: إعداد الطالبة بالاعتماد على خريطة جباله والقرادحة الجيولوجية 50000/1

¹ المذكرة الإيضاحية لقرادحة جباله والقرادحة الجيولوجيتين (1978)، وزارة النفط والثروة المعدنية، مديرية الجيولوجية، اللاذقية، سورية.

تكتونيا، يقع حوض نهر السخابية في القسم الشمالي الغربي من الصفيحة العربية على السفوح الغربية لجبال الساحل، التي تشكل نجداً وحيداً الميل. يتميز حوض البحث بتكتونيا معقدة نتيجةً لتأثره بانهدام الغاب من الشرق، ولقربه من صدع السن من الجنوب. حيث تعرض الحوض لعدة تصدعات تقسم إلى قسمات خطية برميات تصل إلى 7.8 كم شرق الحوض و8 كم وسط الحوض باتجاه شمال الشمال الشرقي-جنوب الجنوب الغربي، وقسمات برميات 3.2 كم في وسط الحوض و2.6 كم في شرق الحوض باتجاه شمال الشمال الغربي إلى جنوب الجنوب الشرقي. وبرميات 1.77 كم و1.23 كم شرق الشمال الشرقي-غرب الجنوب الغربي. كما تشير خريطة رقم (3).

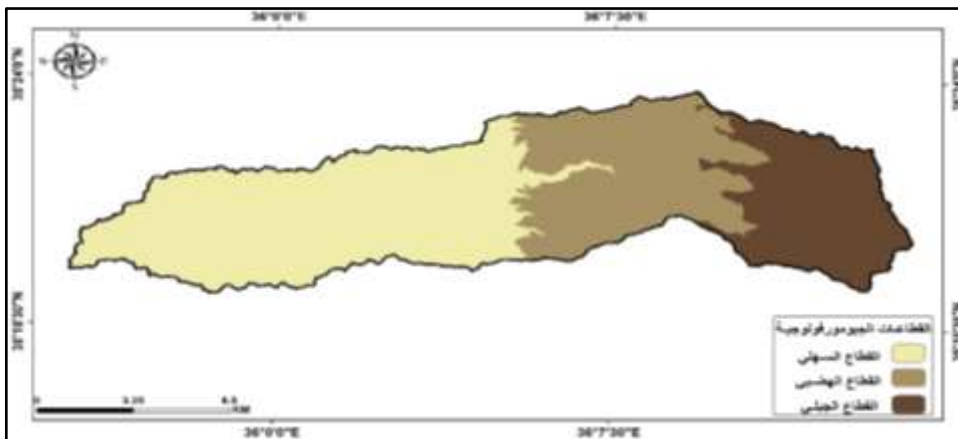
جيومورفولوجياً، يقسم الحوض إلى ثلاث قطاعات جيومورفولوجية خريطة رقم (4): يشكل القطاع الأول الذي تتراوح ارتفاعاته بين 0-100 م فوق مستوى سطح البحر المنطقة السهلية المتمثلة بالسهل الفيضي للحوض، والذي يشكل بيئة ترسيبية تستقر فيها محمولات الجريان على مقربة من نقطة تركيز الحوض. أما القطاع الثاني فيشكل المنطقة الهضبية التي تتراوح ارتفاعاتها بين 100-400 م فوق مستوى سطح البحر. ويشكل القطاع الثالث المنطقة الجبلية التي تتراوح ارتفاعاتها بين 400-1462 م فوق مستوى سطح البحر، كما هو موضح في خريطة رقم (5).



خريطة 3: تكتونية منطقة الدراسة

المصدر: إعداد الطالبة

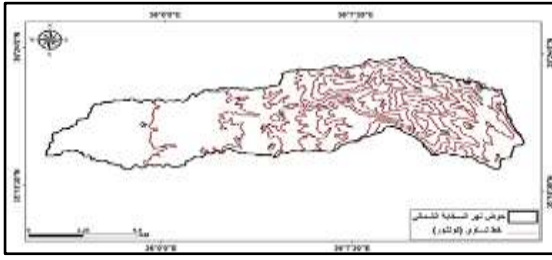
← **درجات الانحدار** : تظهر الخريطة رقم 6 درجات الانحدار في منطقة الدراسة والتي تتراوح بين 0 - 60.7 درجة، حيث تكون الانحدارات في المنطقة السهلية بسيطة تتراوح بين (0 - 14.5) درجة، أما في المنطقة الهضبية والجبلية فتكون الانحدارات متوسطة وشديدة جداً تتراوح بين (14.6-60) درجة. خريطة رقم (6):



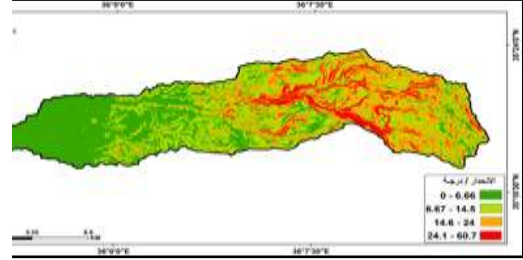
خريطة 4: القطاعات الجيومورفولوجية لمنطقة الدراسة

المصدر: إعداد الطالبة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM

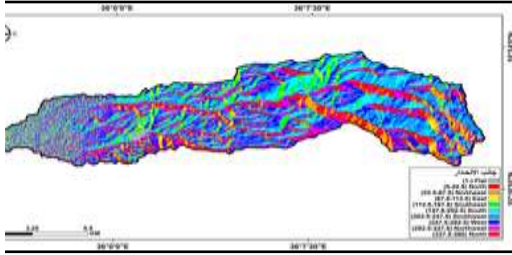
- ← **جانب الانحدار** : هو الجهة التي يتجه باتجاهها السطح ، وهو مؤشر مهم في تقييم العلاقة بين استقرار المنحدر والهطل المطري والسطوع الشمسي وجيومورفولوجيا المنطقة، حيث تستقبل المنحدرات الشمالية أقل كمية من السطوع الشمسي والعكس صحيح بالنسبة إلى المنحدرات الجنوبية. تظهر الخريطة رقم (7) اتجاهات منحدرات منطقة الدراسة مقسمة إلى 10 فئات : (1- منبسط،) (22.5-0 شمالي، (67.5-22.5) شمالي شرقي، (112.5-67.5) شرقي، (157.5-112.5) جنوبي شرقي، (202.5-157.5) جنوبي، (247.5-202.5) جنوبي غربي، (292.5-274.5) غربي، (337.5-292.5) شمالي غربي، (360-337.5) شمالي.
- ← **الانحناء العام** : يصف شكل المنحدر، إذ تشير القيم الموجبة إلى أن المنحدر محدب، بحيث تدل القيم السالبة على أن المنحدر مقعر، أما القيمة (0) فتدل على أنه مستوٍ. كما هو موضح في الخريطة رقم (8) والتي جرى تصنيفها في ثلاث فئات هي: ($-0.5 <$) انحناءات سالبة، ($-0.5 - 0.5$) انحناء مستوٍ، ($0.5 >$) انحناءات موجبة.
- ← **الانحناء الأفقي** : يكون الانحناء في المستوى العمودي يوازي اتجاه الانحدار الأعظم. يؤثر بشكل أساسي في سرعة جريان المياه، حيث تشير القيمة السالبة إلى أن السطح محدب لأعلى في تلك الخلية وبالتالي سيتباطأ جريان المياه، في حين تشير القيمة الموجبة إلى أن السطح مقعر لأعلى في تلك الخلية وبالتالي سيتسارع التدفق حيث يسود الجريان الخطي المركب، أما القيمة (0) فتشير إلى أن السطح مستوٍ. كما هو موضح في الخريطة رقم (9) والتي جرى تصنيفها في ثلاث فئات هي: ($-0.5 <$) انحناءات سالبة، ($-0.5 - 0.5$) انحناء مستوٍ، ($0.5 >$) انحناءات موجبة.
- ← **الانحناء العمودي** : يكون الانحناء متعامداً مع اتجاه الانحدار الأقصى. يرتبط الانحناء بتقارب وتباعد التدفق عبر السطح. تشير القيم السالبة إلى أن السطح مقعر أفقياً عند تلك الخلية، والقيم الموجبة تدل أن السطح محدب عند تلك الخلية، أما القيمة (0) فتدل على أنه مستوٍ. كما هو موضح في الخريطة (10) والتي جرى تصنيفها في ثلاث فئات هي: ($-0.5 <$) انحناءات سالبة، ($-0.5 - 0.5$) انحناء مستوٍ، ($0.5 >$) انحناءات موجبة.



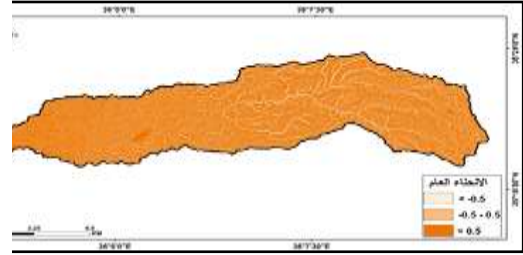
خريطة (5): خطوط الكونطور



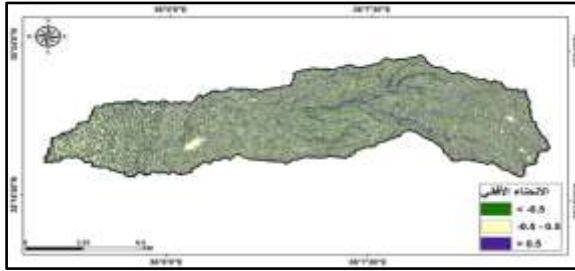
خريطة (6): درجات الانحدار



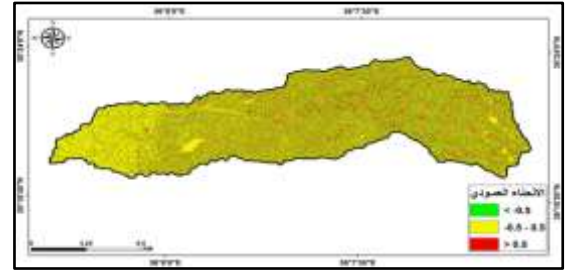
خريطة (7): جانب الانحدار



خريطة (8): الانحناء العام



خريطة (9): الانحناء الأفقي



خريطة (10): الانحناء العمودي

المصدر: إعداد الطالبة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي.

مناخياً، ينتمي حوض نهر السخابة الشمالي إلى نمط مناخ البحر المتوسط، شتاء معتدل ماطر وصيف جاف وحار. يبلغ متوسط درجة الحرارة في فصل الصيف 23.2 درجة مئوية، بينما تبلغ في فصل الشتاء 14.6 درجة مئوية. بالإضافة إلى ذلك، يتراوح متوسط الهطل المطري السنوي بين 900-1350 مم. تسود الرطوبة النسبية العالية على مدار العام، حيث يبلغ المتوسط السنوي للرطوبة النسبية 70%¹.

• اقتطاع الأحواض النهرية الفرعية:

بالاستناد إلى نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة مكانية 12.5 م الصادر عن وكالة ناسا الأمريكية، جرى تحديد خط تقسيم المياه لكل حوض نهري فرعي ضمن حوض نهر السخابة الشمالي بالاستناد إلى نموذج الارتفاع الرقمي. حيث تم اتباع الخطوات الآتية الممثلة للآلية التقنية المتبعة في اقتطاع الأحواض النهرية الفرعية، وهي: الكشف عن الخلايا الشاذة في نموذج الارتفاع الرقمي وتعديلها، ثم تحديد اتجاه الجريان الذي ستجري من خلاله المياه من الخلية إلى الخلية المجاورة، ثم تحديد نقاط مصب المسيلات المائية، ثم توقيع نقطة التركيز لكل مصب، وأخيراً ترقيم خط تقسيم المياه، وبالتالي إنتاج خريطة الأحواض الفرعية².

الجدول 1: البارامترات المورفومترية

¹ مديرية الأرصاد الجوية في محافظة اللاذقية - محطة السن.

² الشعال، فاتنة، سلوم، جولبيت. عبود، حازم. ترتيب أولويات الصيانة الهيدرولوجية المسندة على البارامترات الجيوهيدرولوجية في حوض نهر قيس (محافظة طرطوس)، منشورات مجلة جامعة طرطوس، طرطوس، المجلد 2، العدد 2، 2018، ص 39-59.

| المرجع | رمزه ومعادلته | البارامتر | |
|---------------------------|---------------------------------|----------------|----------------------|
| Schumm(1956) | A | المساحة | الخصائص الهندسية |
| | P | المحيط | |
| Gregory and willing(1973) | L_b | الطول | الخصائص الهندسية |
| | W_b | العرض | |
| Horton(1932) | $R_f = A/L_b$ | الشكل | الخصائص الشكلية |
| Schumm(1956) | $L_e = 2\sqrt{(A/\pi)} / L_b$ | الاستطالة | |
| Miller(1953) | $R_c = 4\pi A/P^2$ | الاستدارة | |
| Gravelius(1914) | $P/A^{0.5} 0.282 C_c =$ | الاندماج | |
| Chorley(1957) | $K = L_b^2/4A$ | الانبعاث | |
| Strahler(1952) | $H = H_{max} - H_{min}$ | المدى التضريسي | |
| Strahler(1964) | $R_n = H * D_d$ | درجة الوعورة | |
| Schumm(1956) | $R_f = H/L_b$ | نسبة التضرس | |
| | $R_t = \sum N_u/P$ | نسيج الحوض | |
| Strahler(1957) | U | رتبة المجرى | الخصائص الهيدرولوجية |
| Horton(1945) | $N_u = N_1 + N_2 + \dots + N_n$ | عدد المجاري | |
| Strahler(1964) | $L_u = L_1 + L_2 + \dots + L_n$ | أطوال المجاري | |
| | $R_b = N_u/N_u + 1$ | نسبة التشعب | |
| Horton(1945) | $D_d = \sum L_u/A$ | كثافة التصريف | |
| | $F_s = \sum N_u/A$ | تكرار المجاري | |

المصدر: إعداد الطالبة

• البارامترات المورفومترية

بهدف تقييم أولوية الاستجابة الهيدرولوجية في الأحواض النهرية الفرعية في منطقة الدراسة، تم الاعتماد على 15 بارامتر مورفومتري، تشمل هذه البارامترات الهندسية والشكلية والتضريسية والهيدرولوجية كما يبين الجدول رقم (1).

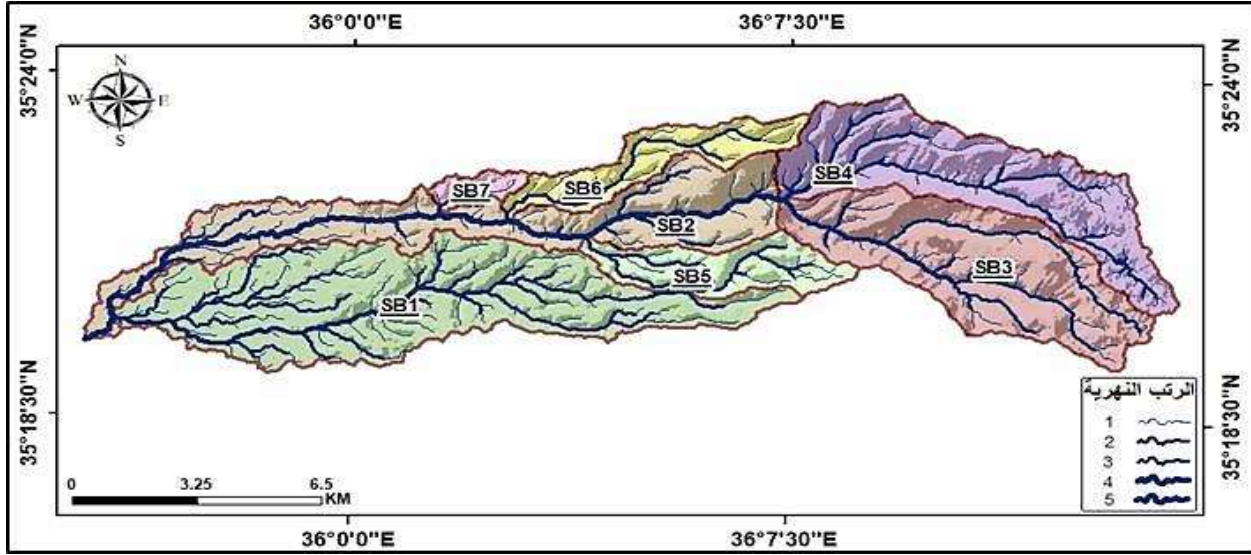
• تحديد أولويات الاستجابة الهيدرولوجية في الأحواض النهرية الفرعية

جرى حساب البارامترات المورفومترية لكل حوض نهري فرعي، تم منح وزن لكل حوض نهري فرعي بناءً على قيمة البارامتر المورفومتري بحيث يكون (1 ذات استجابة هيدرولوجية منخفضة، 7 ذات استجابة هيدرولوجية عالية). من ثم جرى حساب المتوسط الوزني لهذه الأحواض النهرية الفرعية، وإنتاج قيمة وزنية لكل حوض نهري. تلا ذلك ترتيب أولويات الاستجابة الهيدرولوجية ترتيباً تصاعدياً بحيث يكون (1 و2 ذات قيمة عالية- 3 ذات قيمة متوسطة- 4 و5 و6 ذات قيمة منخفضة). وبهدف تحديد العوامل المورفومترية الأكثر تأثيراً في الاستجابة الهيدرولوجية في الأحواض النهرية الفرعية تم إنتاج مصفوفة الارتباط بيرسون سواء بين البارامترات المورفومترية، وبين قيمة المتوسط الوزني مع قيمة الوزن التي تم منحها للبارامترات المورفومترية.

النتائج والمناقشة

أولاً: الأحواض النهرية الفرعية في منطقة البحث

انقسم حوض نهر السخابة الشمالي إلى سبعة أحواض نهريّة فرعية كما تبين الخريطة 11، إذ جرى ترتيب هذه الأحواض بحسب المساحة التجميعية، وهي طريقة معتمدة في الأدبيات السابقة. جرى تقسيم هذه الأحواض بناءً على مجموعة من المخرجات المورفومترية في بيئة نظم المعلومات الجغرافية جراء معالجة نموذج الارتفاع الرقمي بما فيها اتجاه الجريان - اشتقاق التجمع المائي - اشتقاق الشبكة النهريّة. ومن ثم تحديد نقاط ترافد لكل حوض نهري فرعي، ومن ثم اقتطاع هذه الأحواض النهريّة.*



خريطة رقم 11: أحواض نهر السخابة الشمالي الفرعية.

المصدر: إعداد الطالبة

ثانياً: الخصائص الهندسية

■ المساحة والمحيط

تعد مساحة الحوض النهري من الخصائص المورفومترية الهندسية الأهم، نتيجة لعدة عوامل حيث تحدد كمية المياه التي يتلقاها الحوض النهري جراء كل عاصفة مطرية¹، وبالتالي كلما زادت المساحة التجميعية للحوض النهري زاد الحجم والتصريف المائي، بكلمات أخرى هناك علاقة طردية بين مساحة الحوض ومختلف العمليات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية. تراوحت القيم العالية جداً للمساحة بين 26.467-40.082 كم² في الحوض الأول والثاني (وزن 7 و 6) على الترتيب، والقيم العالية للمساحة بين 23.774-26.466 كم² في الثالث والرابع (وزن 5 و 4) على الترتيب. أما القيم المتوسطة للمساحة فبين 8.511-23.773 كم² في الحوض الخامس (وزن 3). بينما تراوحت القيم المنخفضة بين 1.927-8.510 كم² في الحوض السادس والسابع (وزن 2 و 1) على الترتيب.

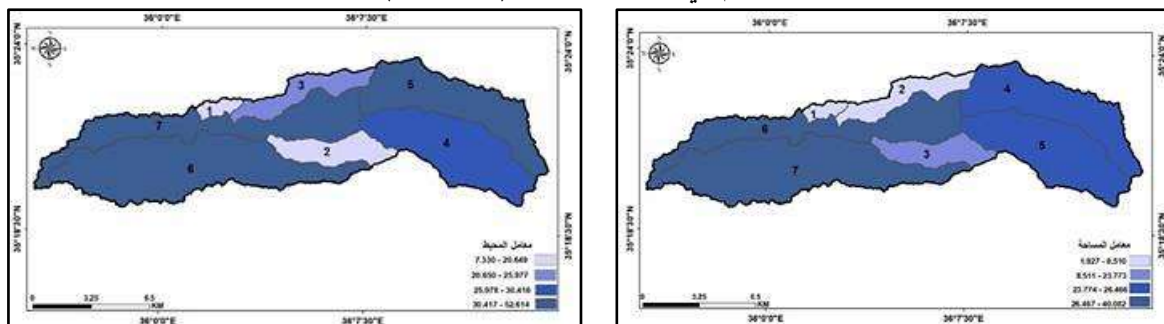
يعد المحيط مؤشراً لشكل الأحواض النهريّة الفرعية وحجمها، وهناك علاقة طردية بين طول محيط الحوض ومساحته وتطوره الجيومورفولوجي². تراوحت القيم العالية جداً للمحيط بين 30.417-52.614 كم في

* تم الاعتماد على هذه الطريقة بالاستناد على الدراسات المرجعية.

¹ Obeidat, M., Awawdeh, M., & Al-Hantouli, F. (2021). Morphometric analysis and prioritisation of watersheds for flood risk management in Wadi Easal Basin (WEB), Jordan, using geospatial technologies. *Journal of Flood Risk Management*, 14(2), e12711.

² حسين، محمود. التحليل المورفومتري لحوض وادي حسب، *مجلة الآداب والعلوم الإنسانية*، بيروت-لبنان، مجلد4، العدد 18، 2022.

الأحواض رقم 1-2-4 (وزن 5-7-6) على الترتيب، والقيم العالية بين 25.978-30.416 كم في الحوض 3 (وزن 4). أما القيم المتوسطة للمحيط فتراوحت بين 20.650-25.977 كم في الحوض 6 (وزن 3). بينما القيم المنخفضة تراوحت بين 7.330-20.649 كم في الأحواض 5-7 (وزن 1-2) على الترتيب.



خريطة (12): أوزان الأحواض الفرعية بالنسبة إلى بارامتر المساحة خريطة (13): أوزان الأحواض الفرعية بالنسبة إلى بارامتر المحيط المصدر: إعداد الطالبة.

■ الطول :

طول الحوض هو مؤشر لخصائص الجريان السطحي، حيث يحدد الزمن اللازم للصرف ويتحكم في الناتج الرسوبي، وهناك علاقة طردية بين طول الحوض ومعدلات التسرب والتبخر، يرجع ذلك إلى تباطؤ سرعة الجريان السطحي نحو نقطة التركيز بسبب قلة الانحدار واتساع قنوات المجاري المائية¹. تراوحت القيم العالية جداً للطول بين 10.771-18.826 كم في الأحواض رقم 1-2-3 (وزن 5-7-6) على الترتيب، والقيم العالية تراوحت بين 10.136-10.770 كم في الحوض 3 (وزن 4). أما القيم المتوسطة للطول فتراوحت بين 8.486-10.135 كم في الحوض 6 (وزن 3). بينما تراوحت القيم المنخفضة بين 2.649-8.485 كم في الأحواض رقم 5-7 (وزن 1-2) على الترتيب.

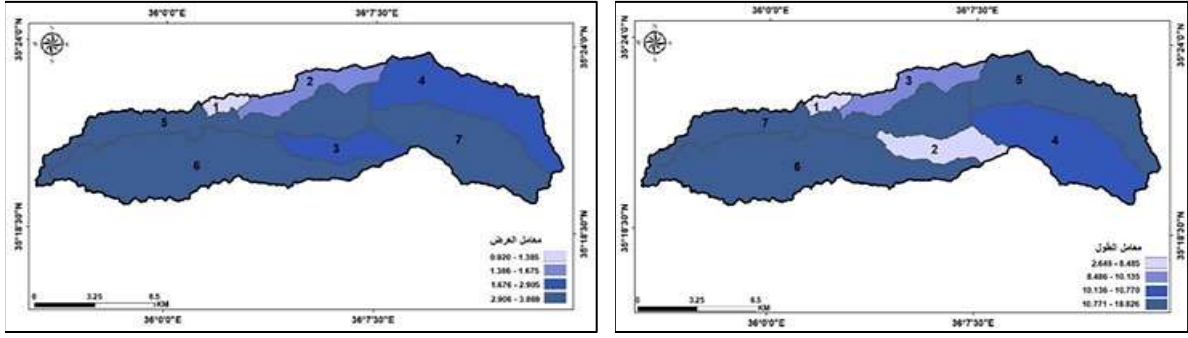
■ العرض :

يتأثر عرض الحوض بعدة عوامل منها المناخ والليثولوجيا فضلاً عن التراكيب الخطية وخصائص الترب والغطاء النباتي البري²، وله دور كبير في تحديد شكل الحوض. حيث كلما زاد عرض الحوض أي اقترب من الشكل المستدير، زاد ما يتلقاه من الوارد المائي الجوي، وبالتالي زيادة خطر الجريان السطحي إذ تصل المياه إلى نقطة التركيز في وقت واحد، وبالتالي إمكانية حدوث خطر استجابة هيدرولوجية عالية³. والعكس صحيح. تراوحت القيم العالية جداً للعرض بين 2.906-3.869 كم في الأحواض رقم 1-2-3 (وزن 5-7-6) على الترتيب، والقيم العالية للعرض بين 1.676-2.905 كم في الأحواض 4-5 (وزن 4-5) على الترتيب. أما القيم المتوسطة للعرض فتراوحت بين 1.386-1.675 كم في الحوض 6 (وزن 2). بينما تراوحت القيم المنخفضة للعرض بين 0.920-1.385 كم في الحوض 7 (وزن 1).

¹ شين، محمد. البيوتاني، أحمد. تحليل الخصائص المورفومترية للأحواض النهرية (السهل الجنوبي لجبل بيرات) بين وادي زنتا ونهر الزاب الكبير، *مجلة جامعة دهوك*، المجلد 25، العدد 2، 2022، ص 405-421.

² حسين، جاسم. الجياشي، هدام. الخصائص المورفومترية لحوض وادي العكروي باستخدام تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، *مجلة RESS*، المجلد 7، العدد 10، 2020، ص 1-28.

³ حسن، طوفان. أحمد، محمد. الخصائص المورفومترية الأساسية لحوض تصريف وادي العويته، *مجلة جامعة كركوك للدراسات الإنسانية*، المجلد 15، العدد 2، 2020، ص 345.



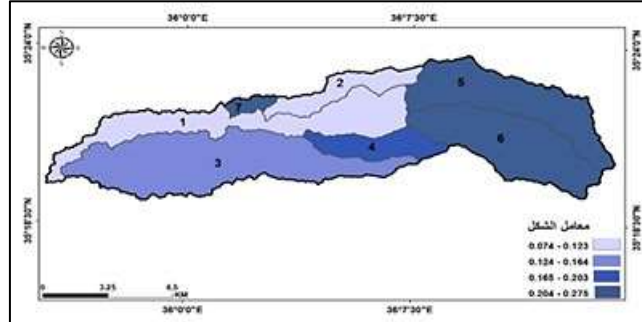
خريطة (14): أوزان الأحواض الفرعية بالنسبة إلى بارامتر الطول
خريطة (15): أوزان الأحواض الفرعية بالنسبة إلى بارامتر العرض
المصدر: إعداد الطالبة

ثالثاً الخصائص الشكلية:

■ بارامتر الشكل:

هو معلمة مورفومترية مساحية وبالتالي يوصف ارتسام محيط الحوض النهري، حيث تشير الأحواض الفرعية ذات القيم المنخفضة لبارامتر الشكل إلى الشكل الممدود للحوض وعادة ما ترتبط هذه الأحواض بانخفاض ذروة التصريف خلال فترة طويلة. بينما تشير القيم المرتفعة إلى اقتراب الحوض من الشكل الدائري أي جريان سطحي سريع يحدث خلال زمن تركيز طويل واحتمالية حدوث خطر مائي، حيث أن الحد الأقصى لقيمة عامل الشكل أقل من (0.7854)¹.

تراوحت القيم العالية جداً لبارامتر الشكل بين 0.204-0.275 في الأحواض رقم 3-4 (وزن 6-5) على الترتيب، بينما تراوحت القيم العالية لبارامتر الشكل بين 0.165-0.203 في الأحواض رقم 5-7 (وزن 7-4) على الترتيب. أما القيم المتوسطة فتراوحت بين 0.124-0.164 في الحوض رقم 1 (وزن 3). بينما تراوحت القيم المنخفضة بين 0.074-0.123 في الأحواض 2-6 (وزن 1-2) على الترتيب.



خريطة (16): أوزان الأحواض الفرعية بالنسبة إلى بارامتر الشكل
المصدر: إعداد الطالبة

■ بارامتر الاستطالة:

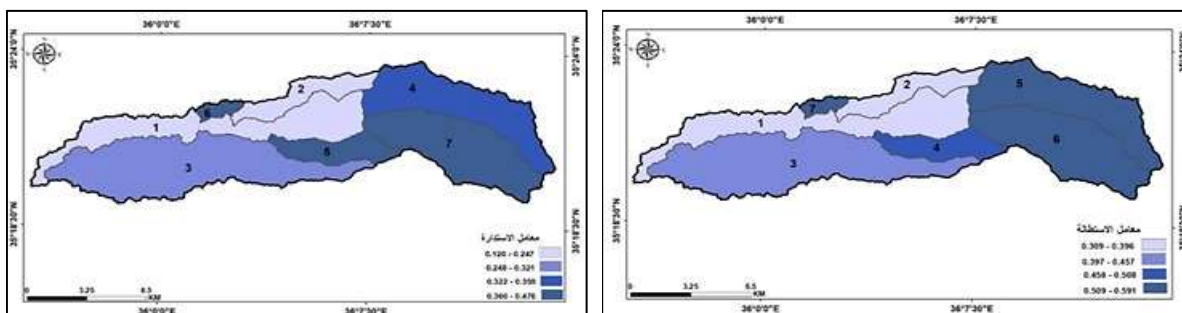
اقتراب مساحة الحوض من الشكل المستطيل، ويحسب من خلال نسبة طول قطر دائرة لنفس مساحة الحوض إلى أقصى طول للحوض، تتحصر قيمته بين (0-1)، حيث كلما ارتفعت قيم بارامتر الاستطالة

¹ Ogarekpe, N. M., Obio, E. A., Tenebe, I. T., Emenike, P. C., & Nnaji, C. C. (2020). Flood vulnerability assessment of the upper Cross River basin using morphometric analysis. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11(1), 1378-1403.

سيأخذ الحوض شكلاً دائرياً أكثر وسيكون أكثر عرضة لخطر مائي بسبب قصر زمن التركيز والعكس صحيح¹. تراوحت القيم العالية جداً لبارامتر الاستطالة بين 0.509-0.591 في الأحواض رقم 3-4 (وزن 6-5) على الترتيب، بينما تراوحت القيم العالية بين 0.458-0.508 في الحوض رقم 5 (وزن 4). أما القيم المتوسطة فتراوحت بين 0.397-0.457 في الحوض رقم 1 (وزن 3). بينما تراوحت القيم المنخفضة بين 0.309-0.396 في الأحواض رقم 2-6 (وزن 1-6).

■ بارامتر الاستدارة:

يعبر عن مدى اقتراب الحوض من الشكل الدائري أو ابتعاده عنه. تكون قيمة نسبة الاستدارة للحوض النهري عالية إذا كان لها شكل دائري وارتفاع متوسط إلى عالٍ و سطح عالي النفاذية. وعادة ما تتميز الأحواض النهريّة الفرعية ذات القيم المنخفضة لبارامتر الاستدارة بارتفاعها المنخفض وشكلها المستطيل و سطحها الكتيمة². تراوحت القيم العالية جداً لبارامتر الاستدارة بين 0.360-0.476 في الأحواض 3-5-7 (وزن 7-5-6)، بينما تراوحت القيم العالية بين 0.322-0.359 في الحوض رقم 4 (وزن 4). بينما القيم المتوسطة تراوحت بين 0.248-0.321 في الحوض رقم 1 (وزن 3). أما القيم المنخفضة 0.120-0.247 في الأحواض 2-6 (وزن 1-2) على الترتيب.



خريطة (17): أوزان الأحواض الفرعية بالنسبة إلى بارامتر الاستطالة خريطة (18): أوزان الأحواض الفرعية بالنسبة إلى بارامتر الاستدارة المصدر: إعداد الطالبة

■ بارامتر الاندماج:

يعرف بأنه نسبة محيط الحوض إلى محيط دائرة تكافئ مساحتها مساحة الحوض النهري. يتأثر بارامتر الاندماج بالانحدار بغض النظر عن حجم الحوض النهري³. يستدل منه على مدى تعرج خطوط التقسيم للحوض، إذ تشير القيم المرتفعة إلى أن الحوض تكثر التعرجات في محيطه والعكس صحيح. تراوحت القيم العالية جداً لبارامتر الاندماج بين 1.952-2.788 في الأحواض رقم 1-2 (وزن 6-7) على الترتيب، أما القيم العالية فتراوحت بين 1.449-1.616 في الأحواض رقم 3-7 (وزن 2-1) على الترتيب.

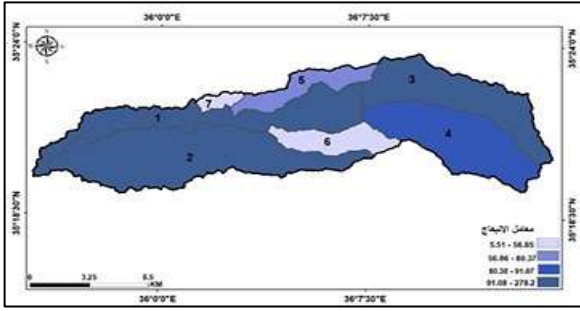
¹ Bogale, A. (2021). Morphometric analysis of a drainage basin using geographical information system in Gilgel Abay watershed, Lake Tana Basin, upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Applied Water Science*, 11(7), 1-7.

² Topno, A. R., Job, M., Rusia, D. K., Kumar, V., Bharti, B., & Singh, S. D. (2022). Prioritization and identification of vulnerable sub-watersheds using morphometric analysis and an integrated AHP-VIKOR method. *Water Supply*, 22(11), 8050-8064.

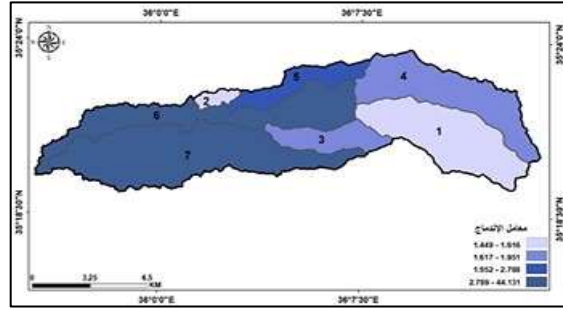
³ Abdeta, G. C., Tesemma, A. B., Tura, A. L., & Atlabachew, G. H. (2020). Morphometric analysis for prioritizing sub-watersheds and management planning and practices in Gidabo Basin, Southern Rift Valley of Ethiopia. *Applied Water Science*, 10(7), 1-15.

■ بارامتر الإنبعاج:

يدل على العلاقة بين مربع طول الحوض إلى أربعة أمثال مساحة حوض التصريف، ويستخدم في تحديد انحدار الحوض النهري، تدل القيم المرتفعة لبارامتر الإنبعاج على زيادة انبعاج الحوض وأن الحوض يحتل أقصى مساحة في مناطقه، أي يكون أكثر استطالة مع زيادة أعداد وأطوال مجاري الرتب الدنيا والعكس صحيح¹. تراوحت القيم العالية جداً لبارامتر الانبعاج بين 91.08-278.2 في الأحواض رقم 1-2-4 (وزن 3-1-2)، أما القيم العالية فتراوحت بين 80.38-91.07 في الحوض رقم 3 (وزن 4). بينما تراوحت القيم المتوسطة بين 56.86-80.37 في الحوض رقم 6 (وزن 5). أما القيم المنخفضة فتراوحت بين 5.51-56.85 في الأحواض رقم 5-7 (وزن 6-7) على الترتيب.



خريطة (20): أوزان الأحواض الفرعية بالنسبة إلى بارامتر الانبعاج



خريطة (19): أوزان الأحواض الفرعية بالنسبة إلى بارامتر الاندماج

المصدر: إعداد الطالبة

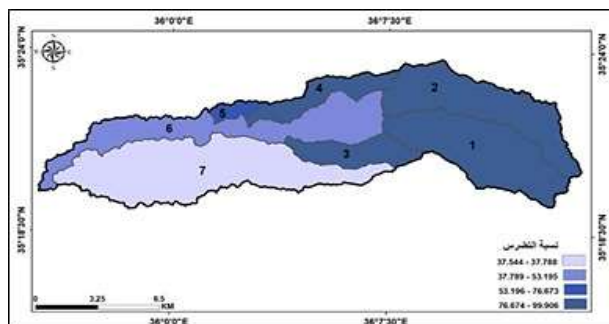
رابعاً: الخصائص التضرسية

■ نسبة التضرس:

هو نسبة المدى التضرسية إلى طول الحوض، يشير معدل التضرس إلى الطاقة الكامنة المتاحة لتحريك المياه والرواسب على طول المنحدر، يعتمد على ارتفاع الحوض وشكله ومساحته²، تدل القيم المرتفعة على انحدارات شديدة بالتالي سرعة الجريانات، وصخور ضعيفة أمام عمليات الحت بالتالي زيادة في الرواسب المنقولة والتي لها دور في تكوين أشكال جيومورفولوجية مختلفة، بالإضافة إلى حدوث خطر استجابة هيدرولوجية مع زيادة نسبة التضرس والعكس صحيح. تراوحت القيم العالية جداً لبارامتر التضرس بين 76.674-99.906 في الأحواض 3-4-5-6 (وزن 3-1-2-4) على الترتيب، بينما القيم العالية تراوحت بين 53.196-76.673 في الحوض رقم 6 (وزن 5). أما القيم المتوسطة فتراوحت بين 37.789-53.196 في الحوض رقم 2 (وزن 6). بينما تراوحت القيم المنخفضة لبارامتر التضرس بين 37.544-37.788 في الحوض رقم 1 (وزن 7).

¹ Rawat, A., Bisht, M. P. S., Sundriyal, Y. P., Banerjee, S., & Singh, V. (2021). Assessment of soil erosion, flood risk and groundwater potential of Dhanari watershed using remote sensing and geographic information system, district Uttarkashi, Uttarakhand, India. *Applied Water Science*, 11(7), 1-13.

² Mallick, J., Shivhare, V., Singh, C. K., & Al Subih, M. (2022). Prioritizing Watershed Restoration, Management, and Development Based on Geo-Morphometric Analysis in Asir Region of Saudi Arabia Using Geospatial Technology. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(2).



خريطة (21): أوزان الأحواض الفرعية بالنسبة إلى بارامتر نسبة التضرس

المصدر: إعداد الطالبة

■ نسيج الحوض:

يعرف نسيج الحوض بأنه نسبة مجموع أعداد المجاري على محيط الحوض، ويشير إلى التباعد النسبي بين مجاري الشبكة النهرية¹، حيث تدل القيم > 4 إلى أن النسيج خشن وفقاً لتصنيف سميث عام (1950)². وكلما ارتفعت قيم بارامتر النسيج دل ذلك على حدوث خطر والعكس صحيح³. تراوحت القيم العالية جداً لبارامتر النسيج بين الأحواض رقم 1-3 (وزن 1-2)، بينما القيم العالية تراوحت بين 2.352-1.036 في الأحواض رقم 4-5 (وزن 3-4). أما القيم المتوسطة فتراوحت بين 1.035-0.670 في الأحواض رقم 6-7 (وزن 5-6) على الترتيب. بينما القيم المنخفضة تراوحت بين 0.669-0.456 في الحوض رقم 2 (وزن 7).

■ درجة الوعورة

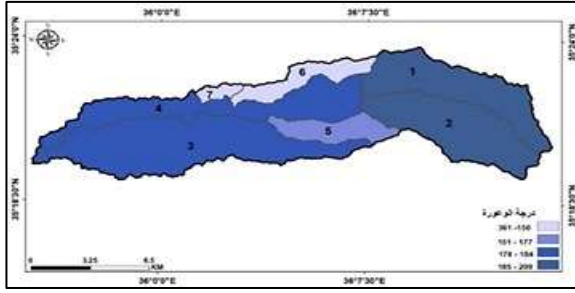
تتصف درجة الوعورة بالطريقة التي تكون فيها تضاريس الحوض ناعمة وخشنة، وأيضاً المقياس الذي يكون السطح غير مستوٍ عليه، تدل القيم العالية لبارامتر درجة الوعورة على وجود منحدرات شديدة الانحدار مما يؤدي إلى حدوث فيضانات وسيادة التعرية المائية ونقل الرواسب⁴، وعلى العكس من ذلك تشير قيم الوعورة المنخفضة إلى انحدارات قليلة حيث تزيد نسبة التسرب والتخزير بسبب بطئ الجريان السطحي فوقها. تراوحت القيم العالية جداً لبارامتر درجة الوعورة بين 185-209 في الأحواض 3-4 (وزن 1-2)، بينما القيم العالية تراوحت بين 184-178 في الأحواض 1-2 (وزن 3-4) على الترتيب. أما القيم المتوسطة فتراوحت بين 177-151 في الحوض رقم 5 (وزن 5). بينما تراوحت القيم المنخفضة بين 150-361 في الأحواض رقم 6-7 (وزن 6-7) على الترتيب.

¹ Bharath, A., Kumar, K. K., Maddamsetty, R., Manjunatha, M., Tangadagi, R. B., & Preethi, S. (2021). Drainage morphometry based sub-watershed prioritization of Kalinadi Basin using geospatial technology. *Environmental Challenges*, 5, 100277.

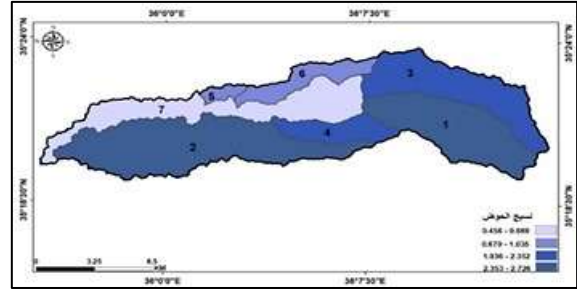
² Jena, R. K., Moharana, P. C., Kumar, N., Sharma, R. P., & Ray, S. K. (2021). Morphometric analysis for prioritizing sub-watersheds and management planning and practices in the north-eastern frontier Himalayan ranges of India. *Journal of Soil and Water Conservation*, 20(3), 279-289.

³ Shekar, P. R., & Mathew, A. (2022). Morphometric analysis for prioritizing sub-watersheds of Murredu River basin, Telangana State, India, using a geographical information system. *Journal of Engineering and Applied Science*, 69(1), 1-30.

⁴ Sutradhar, S., & Mondal, P. (2023). Prioritization of watersheds based on morphometric assessment in relation to flood management: A case study of Ajay river basin, Eastern India. *Watershed Ecology and the Environment*, 5, 1-11.



خريطة (23): أوزان الأحواض الفرعية بالنسبة إلى بارامتر درجة الوعرة



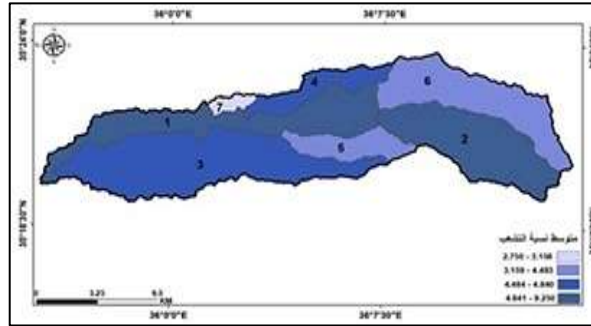
خريطة (22): أوزان الأحواض الفرعية بالنسبة إلى بارامتر نسج الحوض

المصدر: إعداد الطالبة

خامساً: الخصائص الهيدرولوجية

■ نسبة التشعب

هي نسبة عدد المجاري لرتبة معينة على عدد المجاري في الرتبة الأعلى منها. حيث يشير بارامتر نسبة التشعب إلى قدرة الحوض النهري على تحمل المياه وما يرتبط بها من فيضان محتمل، تدل القيم المنخفضة على أن الحوض أقل اضطراب من ناحية البنية مع عدم وجود تشوه في نمط الصرف، وأنه كلما انخفضت نسبة التشعب زاد خطر الاستجابة الهيدرولوجية في الأحواض الفرعية¹. تراوحت القيم العالية جداً لبارامتر نسبة التشعب بين 4.841-9.250 في الأحواض 2-3 (وزن 1-2)، أما القيم العالية فتراوحت بين 4.484-4.840 في الأحواض رقم 4-5 (وزن 3-4). بينما تراوحت القيم المتوسطة بين 3.159-4.483 في الأحواض رقم 5-4 (وزن 6-1) (وزن 3-4). أما القيم المنخفضة فتراوحت بين 2.750-3.158 في الحوض 7 (وزن 7).



خريطة (24): أوزان الأحواض الفرعية بالنسبة إلى بارامتر نسبة التشعب. المصدر: إعداد الطالبة

■ كثافة التصريف

معلمة مورفومترية حيوية للتضاريس التي تمثل تقارب مجاري الشبكة النهرية، وتقدر الاستيعاب الكمي للجريان السطحي المحتمل والمظاهر الجيومورفولوجية المشرحة. يعبر عن نسبة مجموع أطوال المجاري إلى مساحة الحوض، تتأثر كثافة التصريف بالمناخ والليثولوجيا والتسرب وخشونة السطح والتضاريس والغطاء

¹ Hewaidy, A. G. A. H., Abu El Hassan, M., Salama, A., & Ahmed, R. (2021). Flash flood risk assessment of wadi degla basin protected area, east of maadi, Cairo, Egypt based on morphometric analysis using GIS techniques. *Hydrology*, 9, 66.

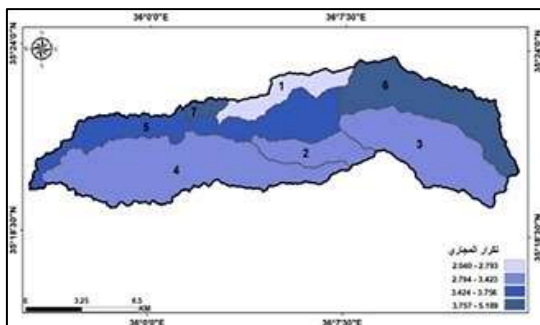
النباتي وكثافة الجريان السطحي. تشير القيم المنخفضة إلى نفاذية ضعيفة وانحدارات شديدة وغطاء نباتي قليل متناثر بالتالي احتمالية حدوث خطر استجابة هيدرولوجية أكبر¹.

تراوحت القيم العالية جداً لبارامتر كثافة التصريف بين 2.578-2.703 كم¹ في الأحواض رقم 1-7 (وزن 2-1)، أما القيم العالية جداً فتراوحت بين 2.246-2.557 كم¹ في الأحواض رقم 2-5 (وزن 3-4). بينما تراوحت القيم المتوسطة بين 1.955-2.245 كم¹ في الأحواض 4-6 (وزن 5-6). أما القيم المنخفضة فتراوحت بين 1.818-1.954 كم¹ في الحوض رقم 3 (وزن 7).

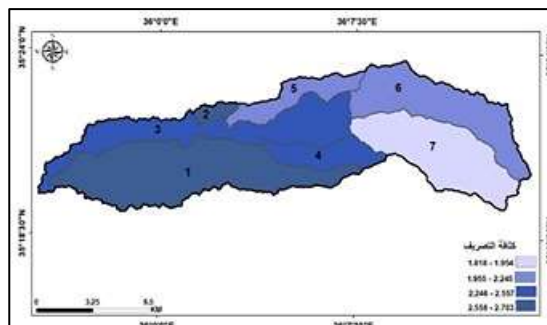
■ تكرار المجاري

حدد على أنه نسبة مجموع أعداد المجاري المائية إلى مساحة الحوض. تشير القيم العالية لبارامتر تكرار المجاري إلى نفاذية منخفضة للصخور وجريان سطحي سريع وتسرب قليل وانحدارات شديدة، بالتالي حدوث خطر استجابة هيدرولوجية والعكس صحيح².

تراوحت القيم العالية جداً لبارامتر تكرار المجاري بين 3.757-5.189 كم² في الأحواض رقم 4-7 (وزن 6-7)، أما القيم العالية تراوحت بين 3.424-3.756 كم² في الحوض رقم 2 (وزن 5). بينما تراوحت القيم المتوسطة بين 2.794-3.423 كم² في الأحواض 1-3-5 (وزن 3-4-2). أما القيم المنخفضة فتراوحت بين 2.040-2.793 كم² في الحوض رقم 6 (وزن 1).



خريطة(26): أوزان الأحواض الفرعية بالنسبة إلى بارامتر تكرار المجاري



خريطة(25): أوزان الأحواض الفرعية بالنسبة إلى بارامتر كثافة التصريف

المصدر: إعداد الطالبة

سادساً: إنتاج خريطة الأولوية للاستجابة الهيدرولوجية

بهدف إنتاج خريطة أولوية الاستجابة الهيدرولوجية استناداً إلى البارامترات المورفومترية، تم جمع أوزان البارامترات المستخدمة والقسمة على عدد البارامترات لحساب المتوسط كما هو موضح في الجدول (2)، وعليه جرى تحديد وترسيم أولويات الأحواض الفرعية لحوض نهر السخابة الشمالي في بيئة عمل gis خريطة (27).

¹ Rao, J. H., Patle, D., & Dubey, S. (2020). Implementation of Morphometric Analysis in Prioritizing Sub-Watersheds: A Remote Sensing and GIS Aspect. *Indian J. Pure Appl. BioSci*, 8(4), 318-329.

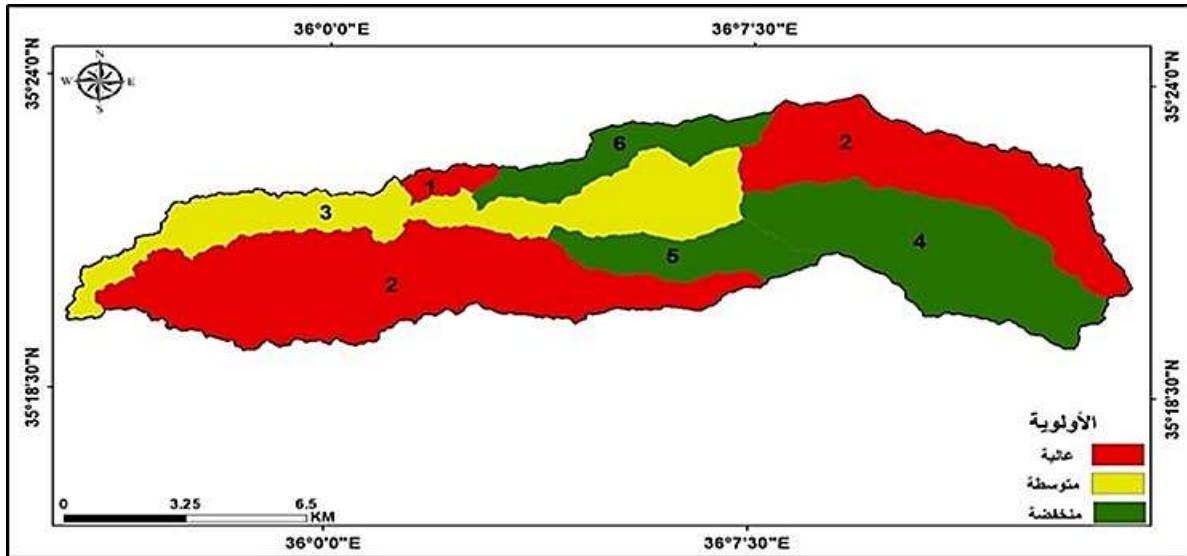
² Farrag, A. A., Mohamed, A. A., & Mohamed, A. (2023). Using morphometric analysis for delineating groundwater potential zones of wadi Qena basin, Eastern Desert, Egypt. *Assiut University Journal of Multidisciplinary Scientific Research*, 52(1), 1-12.

جدول 2: مجموع الأوزان المقترحة للبارامترات المورفومترية المستخدمة.

| | | | | | | | |
|-------|--------|--------|-------|--------|--------|-------|-------------------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | رقم الحوض الفرعي |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | المساحة |
| 1 | 3 | 2 | 5 | 4 | 7 | 6 | المحيط |
| 1 | 3 | 2 | 5 | 4 | 7 | 6 | الطول |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 7 | 5 | 6 | العرض |
| 7 | 2 | 4 | 5 | 6 | 1 | 3 | بارامتر الشكل |
| 7 | 2 | 4 | 5 | 6 | 1 | 3 | الاستطالة |
| 6 | 2 | 5 | 4 | 7 | 1 | 3 | الاستدارة |
| 7 | 5 | 6 | 3 | 4 | 1 | 2 | الإنبعاج |
| 2 | 5 | 3 | 4 | 1 | 6 | 7 | الإندماج |
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 6 | 7 | نسبة التضرس |
| 5 | 6 | 4 | 3 | 1 | 7 | 2 | نسيج الحوض |
| 2 | 5 | 4 | 6 | 7 | 3 | 1 | كثافة التصريف |
| 7 | 6 | 5 | 1 | 2 | 4 | 3 | درجة الوعورة |
| 7 | 1 | 2 | 6 | 3 | 5 | 4 | تكرار المجاري |
| 7 | 4 | 5 | 6 | 2 | 1 | 3 | متوسط نسبة التشعب |
| 66 | 52 | 55 | 63 | 60 | 61 | 63 | المجموع |
| 4.4 | 3.466 | 3.666 | 4.2 | 4 | 4.066 | 4.2 | المتوسط |
| 1 | 6 | 5 | 2 | 4 | 3 | 2 | الأولوية إحصائياً |
| عالية | منخفضة | منخفضة | عالية | منخفضة | متوسطة | عالية | الأولوية وصفيًا |

المصدر: إعداد الطالبة

تشير قيم المتوسط إلى أن الحوض رقم 7 هو الأكثر خطورة بين الأحواض الفرعية وقد احتل المرتبة الأولى في الأولوية بأعلى قيمة متوسط تساوي 4.4، والحوض رقم 6 احتل المرتبة السادسة في الأولوية وهي الأخيرة بأقل قيمة متوسط تساوي 3.4، أما الأحواض رقم 1-2-3-4-5 فقد احتلت المرتبة 2-3-4-5 على الترتيب.



خريطة 27 : خريطة أولوية الاستجابة الهيدرولوجية

المصدر : إعداد الطالبة

سابعاً: مصفوفة الارتباط الإحصائية

يبين الجدول 3 مصفوفة الارتباط بين 15 بارامتر مورفومتري التي تؤثر بشكل مباشر أو غير مباشر على التعرض لخطر الاستجابة الهيدرولوجية. توضح مصفوفة الارتباط الإحصائية أن بارامتر المساحة له ارتباط سلبي مع بارامتر الشكل والاستطالة والاستدارة ونسبة التضرس وتكرار المجاري، وارتباط إيجابي مع باقي البارامترات. يبين جدول 3 حساب ارتباط باقي البارامترات.

جدول 3 : مصفوفة الارتباط للبارامترات المورفومترية المستخدمة.

| A | P | Lb | Wb | Rf | Le | Rc | Cc | K | Rh | Rt | Dd | Rn | Fs | Rb |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 1.00 | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.85 | 1.00 | | | | | | | | | | | | | |
| 0.88 | 0.99 | 1.00 | | | | | | | | | | | | |
| 0.93 | 0.72 | 0.74 | 1.00 | | | | | | | | | | | |
| -0.36 | -0.70 | -0.73 | -0.15 | 1.00 | | | | | | | | | | |
| -0.35 | -0.72 | -0.73 | -0.15 | 1.00 | 1.00 | | | | | | | | | |
| -0.37 | -0.76 | -0.75 | -0.13 | 0.95 | 0.96 | 1.00 | | | | | | | | |
| 0.82 | 0.97 | 0.98 | 0.65 | -0.70 | -0.73 | -0.76 | 1.00 | | | | | | | |
| 0.69 | 0.48 | 0.56 | 0.49 | -0.32 | -0.29 | -0.27 | 0.59 | 1.00 | | | | | | |
| -0.27 | -0.48 | -0.49 | -0.02 | 0.46 | 0.50 | 0.56 | -0.65 | -0.55 | 1.00 | | | | | |
| 0.61 | 0.12 | 0.15 | 0.72 | 0.43 | 0.46 | 0.45 | 0.05 | 0.39 | 0.38 | 1.00 | | | | |
| 0.08 | 0.23 | 0.26 | -0.20 | -0.37 | -0.40 | -0.42 | 0.44 | 0.59 | -0.91 | -0.42 | 1.00 | | | |
| 0.74 | 0.68 | 0.69 | 0.76 | -0.44 | -0.41 | -0.39 | 0.52 | 0.22 | 0.28 | 0.49 | -0.44 | 1.00 | | |
| -0.12 | -0.21 | -0.27 | -0.14 | 0.61 | 0.57 | 0.39 | -0.12 | -0.01 | -0.30 | 0.09 | 0.31 | -0.55 | 1.00 | |
| 0.40 | 0.77 | 0.74 | 0.37 | -0.71 | -0.76 | -0.72 | 0.76 | 0.02 | -0.47 | -0.37 | 0.20 | 0.35 | -0.28 | 1.00 |

جدول 4: الارتباط بين المتوسط الموزون وقيم أوزان البارامترات المورفومترية التي تم منحها.

شكل بياني رقم 1: الأهمية النسبية للعوامل المؤثرة.



| البارامترات | قيم الارتباط | قيم معامل التحديد |
|---------------|--------------|-------------------|
| المساحة | 0.22 | 4.86 |
| المحيط | 0.19 | 3.57 |
| الطول | 0.19 | 3.57 |
| العرض | 0.16 | 2.49 |
| الشكل | 0.49 | 23.9 |
| الاستطالة | 0.49 | 23.9 |
| الاستدارة | 0.27 | 7.19 |
| الإنبعاج | -0.19 | 3.57 |
| الإندماج | -0.06 | 0.40 |
| نسبة التضرس | 0.25 | 6.33 |
| نسيج الحوض | -0.25 | 6.38 |
| كثافة التصريف | -0.38 | 14.3 |
| درجة الوعورة | -0.24 | 5.60 |
| تكرار المجاري | 0.93 | 86.3 |
| نسبة التشعب | 0.20 | 4.20 |

المصدر : إعداد الطالبة

يبين الشكل رقم (1) أن البارامتر الأكثر تأثيراً في أولويات الاستجابة الهيدرولوجية هو تكرار المجاري، نتيجة لتشكيل جريان سطحي سريع فوق منحدرات شديدة وصخور ضعيفة النفوذية، بالتالي تسرب قليل ووجود كثافة تصريف منخفضة غير قادرة على تضخيم المياه في مجاريها، بالتالي خطر استجابة هيدرولوجية أكبر، يظهر الجدول رقم (4) أيضاً علاقة الارتباط بين المتوسط الموزون وقيم أوزان تكرار المجاري وهي علاقة طردية قوية. أما البارامتر الأقل تأثيراً هو الإندماج، نتيجة لبطء الجريان السطحي فوق منحدرات ضعيفة الانحدار بالتالي استجابة هيدرولوجية قليلة، بالتالي خطر مائي أقل.

الاستنتاجات والمقترحات:

الاستنتاجات:

1. بناءً على خريطة أولوية الاستجابة الهيدرولوجية المصنفة تبين بأن الأحواض رقم 7-4 ذات أولوية عالية والتي أظهرتها قيم بارامترات (المساحة, الشكل, الاستطالة, الإنبعاج, الإندماج, تضرس, درجة الوعورة, تكرار المجاري, متوسط نسبة التشعب) العالية. بالتالي، تلك الأحواض هي الأكثر خطورة والتي تؤثر على السكان وممتلكاتهم والبنية التحتية.
2. يمكن أن يوفر التقييم المورفومتري في بيئة نظم المعلومات الجغرافية تقيماً مكانياً ملائماً لتحديد أولويات الاستجابة الهيدرولوجية في الأحواض الفرعية، حيث إن هذه الطريقة المقدمة في هذه الدراسة تقدم إسهاماً لصناع القرار في تطبيق تقنيات إدارة الأحواض النهرية الفرعية.
3. أثرت الخصائص الطبيعية بما فيها من جيولوجيا وستراتيغرافيا وتكتونيا وجيومورفولوجيا ومناخ وهيدرولوجيا على استجابة الأحواض النهرية، وهذا بدوره يؤدي إلى تباين مكاني في هذه الاستجابة بين الأحواض النهرية. وبناءً على ذلك تكتسب هذه الأحواض أولويات الصيانة.

المقترحات:

1. تقدم مخرجات هذا البحث قاعدة بيانات يمكن الانطلاق منها في إجراء الدراسات الهيدرولوجية المعمقة لناحية تنمية الحوض النهري.
2. الاعتماد على بيانات الاستشعار عن بعد بما فيها نموذج الارتفاع الرقمي عالي الدقة داخل بيئة عمل نظم المعلومات الجغرافية في تحليل الخصائص المورفومترية للأحواض النهرية الفرعية.
3. اتخاذ تدابير الحفظ والصيانة للأحواض النهرية بشكل عاجل مثل تعديل المنحدرات، إنشاء نظم حصاد مائي، تنظيف الأحواض النهرية، صيانة التربة من الانجراف، إنشاء المدرجات، إنشاء نظام مبكر لحوادث الفيضان.

المراجع

المراجع العربية:

١. حسن، طوفان. أحمد، محمد. الخصائص المورفومترية الأساسية لحوض تصريف وادي العويتب، مجلة جامعة كركوك للدراسات الإنسانية، المجلد 15، العدد 2، 2020، ص 345.
٢. حسين، جاسم. الجياشي، هدام. الخصائص المورفومترية لحوض وادي العكروي باستخدام تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مجلة RESS، المجلد 7، العدد 10، 2020، ص 1-28.
٣. حسين، محمود. التحليل المورفومتري لحوض وادي حسب، مجلة الآداب والعلوم الإنسانية، بيروت-لبنان، مجلد 4، العدد 18، 2022.
٤. الدليمي، خلف جسين علي. الجيومورفولوجيا التطبيقية علم شكل الأرض التطبيقي، دار صفاء للطباعة والنشر والتوزيع، عمان، ط 1، 2012، 273.
٥. الشعال، فاتنة. سلوم، جولييت. عبدو، حازم. ترتيب أولويات الصيانة الهيدرولوجية المسندة على البارامترات الجيوهيدرومورفومترية في حوض نهر قيس (محافظة طرطوس)، منشورات مجلة جامعة طرطوس، طرطوس، المجلد 2، العدد 2، 2018، ص 39-59.
٦. شين، محمد. البيواتي، أحمد. تحليل الخصائص المورفومترية للاحواض النهرية (السهل الجنوبي لجبل بيرات) بين وادي زنتا ونهر الزاب الكبير، مجلة جامعة دهوك، المجلد 25، العدد 2، 2022، ص 405-421.
٧. المنكرة الإيضاحية لرقتي جبلة والقرداحة الجيولوجيتين (1978)، وزارة النفط والثروة المعدنية، مديرية الجيولوجية، اللاذقية، سورية.

المراجع الأجنبية:

1. Abdeta, G. C., Tesemma, A. B., Tura, A. L., & Atlabachew, G. H. (2020). Morphometric analysis for prioritizing sub-watersheds and management planning and practices in Gidabo Basin, Southern Rift Valley of Ethiopia. *Applied Water Science*, 10(7), 1-15.
2. Bashir, B. (2023). Morphometric parameters and geospatial analysis for flash flood susceptibility assessment: a case study of Jeddah City along the Red Sea Coast, Saudi Arabia. *Water*, 15(5), 870.
3. Bharath, A., Kumar, K. K., Maddamsetty, R., Manjunatha, M., Tangadagi, R. B., & Preethi, S. (2021). Drainage morphometry based sub-watershed prioritization of Kalinadi Basin using geospatial technology. *Environmental Challenges*, 5, 100277.
4. Bogale, A. (2021). Morphometric analysis of a drainage basin using geographical information system in Gilgel Abay watershed, Lake Tana Basin, upper Blue Nile Basin, Ethiopia. *Applied Water Science*, 11(7), 1-7.
5. Chakraborty, S. (2023). Application of Basin Morphometry for Hydrogeomorphological Implications: A Study of the Indo-Bhutanese Duduya Watershed. *Journal of the Geological Society of India*, 99(4), 473-486.
6. Chorley, R. J. (1957). Climate and morphometry. *The Journal of Geology*, 65(6), 628-638.
7. Farrag, A. A., Mohamed, A. A., & Mohamed, A. (2023). Using morphometric analysis for delineating groundwater potential zones of wadi Qena basin, Eastern Desert, Egypt. *Assiut University Journal of Multidisciplinary Scientific Research*, 52(1), 1-12.
8. Gravelius, H. (1914). Grundrifi der gesamten Gewcisserkunde Band I: Flufikunde (Compendium of Hydrology, Vol. I. Rivers, in German) Goschen.
9. Gregory, K. J., & Walling, D. E. (1973). Drainage basin form and process.

10. Hewaidy, A. G. A. H., Abu El Hassan, M., Salama, A., & Ahmed, R. (2021). Flash flood risk assessment of wadi degla basin protected area, east of maadi, Cairo, Egypt based on morphometric analysis using GIS techniques. *Hydrology*, 9, 66.
11. Horton, R. E. (1932). Drainage-basin characteristics. *Transactions, American geophysical union*, 13(1), 350-361.
12. Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological society of America bulletin*, 56(3), 275-370.
13. Jena, R. K., Moharana, P. C., Kumar, N., Sharma, R. P., & Ray, S. K. (2021). Morphometric analysis for prioritizing sub-watersheds and management planning and practices in the north-eastern frontier Himalayan ranges of India. *Journal of Soil and Water Conservation*, 20(3), 279-289.
14. Mahmoodi, E., Azari, M., & Dastorani, M. T. (2023). Comparison of different objective weighting methods in a multi-criteria model for watershed prioritization for flood risk assessment using morphometric analysis. *Journal of Flood Risk Management*, e12894.
15. Mallick, J., Shivhare, V., Singh, C. K., & Al Subih, M. (2022). Prioritizing Watershed Restoration, Management, and Development Based on Geo-Morphometric Analysis in Asir Region of Saudi Arabia Using Geospatial Technology. *Polish Journal of Environmental Studies*, 31(2).
16. Miller, V. C. (1953). A QUANTITATIVE GEOMORPHIC STUDY OF DRAINAGE BASIN CHARACTERISTICS IN THE CLINCH MOUNTAIN AREA VIRGINIA AND TENNESSEE. Columbia Univ New York.
17. Obeidat, M., Awawdeh, M., & Al-Hantouli, F. (2021). Morphometric analysis and prioritisation of watersheds for flood risk management in Wadi Easal Basin (WEB), Jordan, using geospatial technologies. *Journal of Flood Risk Management*, 14(2), e12711.
18. Ogarekpe, N. M., Obio, E. A., Tenebe, I. T., Emenike, P. C., & Nnaji, C. C. (2020). Flood vulnerability assessment of the upper Cross River basin using morphometric analysis. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 11(1), 1378-1403.
- prioritizing sub-watersheds and management planning and practices in Gidabo Basin, Southern Rift Valley of Ethiopia. *Applied Water Science*, 10(7), 1-15.
19. Rao, J. H., Patle, D., & Dubey, S. (2020). Implementation of Morphometric Analysis in Prioritizing Sub-Watersheds: A Remote Sensing and GIS Aspect. *Indian J. Pure Appl. BioSci*, 8(4), 318-329.
20. Rawat, A., Bisht, M. P. S., Sundriyal, Y. P., Banerjee, S., & Singh, V. (2021). Assessment of soil erosion, flood risk and groundwater potential of Dhanari watershed using remote sensing and geographic information system, district Uttarkashi, Uttarakhand, India. *Applied Water Science*, 11(7), 1-13.
21. Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological society of America bulletin*, 67(5), 597-646.
22. Shekar, P. R., & Mathew, A. (2022). Morphometric analysis for prioritizing sub-watersheds of Murredu River basin, Telangana State, India, using a geographical information system. *Journal of Engineering and Applied Science*, 69(1), 1-30.
23. Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913-920.

24. Strahler, A. N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks. *Handbook of applied hydrology*. McGraw Hill Book Company, New York, 439-476.

25. Topno, A. R., Job, M., Rusia, D. K., Kumar, V., Bharti, B., & Singh, S. D. (2022). Prioritization and identification of vulnerable sub-watersheds using morphometric analysis and an integrated AHP-VIKOR method. *Water Supply*, 22(11), 8050-8064.