

Tarj Valley in Al-Namas Governorate: A Morphometric Study Using Digital Height Model

Yousef Ali ALAmri

PhD Student, Department of Geography
Academic Researcher, Seismological Studies Center, King Saud University

✉: amri133@gmail.com

Received: May 2024 | Accepted: April 2025 | Doi: 10.34120/jss.2026.2827

Abstract

Objective: The aim of this study is to build a comprehensive morphometric database, to evaluate the variables of the Tarj Valley watershed, and to identify the geomorphological characteristics and analyze the spatial and topographic variations. **Methodology:** The methodology employed analytical and quantitative methods as well as the descriptive approach. The study utilized the SRTM DEM digital elevation model with a 30m spatial resolution, and the data was represented through ArcMap 10.8. **Results:** The results of the geomorphological characteristics analysis revealed that the basin shape factor is 0.51, indicating a relatively consistent overall basin shape. The topographic characteristics showed that 33.07% of the basin area has above-average slope, and the high relief reaches 1526m, suggesting a moderate risk of water flow. The analysis of the water network characteristics indicated that the basin has five stream orders, with 661 streams totaling 2169 km in length. The study of the basin's texture characteristics revealed a low drainage density of 0.4 km²/km². **Conclusion:** the study results suggest that the basin is not perfectly circular, is irregular in its parts, and is elongated, which reduces its influence on flow and the risk of sudden floods. Conversely, the water flow does not pose a high risk nor does it present a significant threat to the surrounding urban or agricultural areas, as the low drainage density and the basin's topography and slope distribution contribute to reducing the speed and density of water flow.

Keywords: Morphometric Analysis, Al-Namas Governorate, Tarj Valley, Digital Elevation Model.



وادي ترج في محافظة النماص: دراسة مورفومترية باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي

يوسف بن علي العمري

طالب دكتوراه - دراسات عليا (قسم الجغرافيا - جامعة الملك سعود) - المملكة العربية السعودية - الرياض
باحث أكاديمي - مركز الدراسات الزلزالية - جامعة الملك سعود

Email: amri133@gmail.com

تاريخ الاستلام: مايو 2024 | تاريخ القبول: أبريل 2025 | Doi: 10.34120/jss.2026.2827

ملخص

هدف الدراسة: تسعى هذه الدراسة إلى بناء قاعدة بيانات شاملة للقياسات المورفومترية، وتقييم المتغيرات لحوض وادي ترج، وتعرف الخصائص الشكلية وتحليل التباينات المكانية والتضاريسية. **المنهجية:** اعتمدت هذه الدراسة على الأساليب التحليلية والكمية وكذلك الأسلوب الوصفي، كما استخدمت الدراسة نموذج الارتفاعات الرقمي SRTM DEM بوضوح مكاني 30م، وتمثيل البيانات من خلال ArcMap10.8. **النتائج:** توصلت نتائج دراسة الخصائص الشكلية إلى أن معامل شكل الحوض بلغ (0.51)؛ ما يدل على تناسق الشكل العام للحوض، وتوصلت نتائج الخصائص التضاريسية إلى أن 33,07% من مساحة الحوض تميل نحو الانحدار فوق المتوسط، بالإضافة إلى ارتفاع التضريس إذ بلغ 1526م، وبالتالي فإن تدفق المياه يشكل خطورة متوسطة. كما أظهرت نتائج خصائص الشبكة المائية أن الرتب المائية للحوض تبلغ خمس رتب مائية، وبلغ عدد المجاري 661 مجرى وبأطوال تقدر بـ 2169 كم، كما توصلت دراسة خصائص نسيج الحوض إلى انخفاض كثافة التصريف حيث بلغت (0,4) مكعب في الثانية لكل كم². **الخلاصة:** يتضح لنا من النتائج أن الحوض لا يتسم بالاستدارة، وهو غير منتظم الأجزاء وممتد؛ ما يقلل من تأثيره على التدفق وخطر الفيضانات المفاجئة. وفي المقابل، فإن تدفق المياه لا يشكل خطورة عالية، ولا يمثل تهديداً كبيراً على المناطق العمرانية أو الزراعية المحيطة، حيث إن انخفاض كثافة التصريف وتوزيع الانحدار في حوض الوادي يساهمان في تقليل سرعة وكثافة التدفق المائي. وخلصت هذه الدراسة في نهايتها إلى عددٍ من التوصيات العلمية.

المصطلحات المفتاحية: التحليل المورفومتري، محافظة النماص، وادي ترج، نموذج الارتفاع الرقمي.

المقدمة

يعدّ التحليل المورفومتري أداةً بالغة الأهمية في دراسات الجيومورفولوجيا التطبيقية، نظراً لما يتميز به من شمولية ودقة وموضوعية، تُمكن الباحث من توصيف الخصائص الشكلية للأحواض المائية وتحليل ديناميكيات التشكيل الأرضي. وقد أسهم تطور تقنيات الاستشعار عن بعد ونماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) في رفع كفاءة هذا التحليل، كما بينت ذلك دراسات حديثة مثل (Sreedevi et al., 2017) وكذلك (Choudhury et al., 2022).

وتكمن أهمية التحليل المورفومتري في كونه يوفر مؤشرات كمية دقيقة قابلة للمقارنة بين الأحواض، ما يساعد في تقييم المخاطر الطبيعية كخطر السيول والانهيّارات، كما يساعد في تحسين إستراتيجيات إدارة الموارد وتخطيط استخدامات الأراضي. كما أن دمج هذه التحليلات داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) يعزز بدوره القدرة على النمذجة المكانية وتحليل أنماط التصريف والانحدارات بدقة عالية، كما أشار إلى ذلك (Ahmed et al., 2023).

كما تكمن أهمية دراسة وادي ترج، باعتباره من الأودية المهمة الواقعة شرق محافظة النماص بمنطقة عسير، والذي يمتد من شرق تنومة حتى محافظة بيشة. ويتميز هذا الحوض بتضاريس مركبة وتكوينات جيولوجية متنوعة، تجعله نموذجاً مثالياً لدراسة المتغيرات المورفومترية، من حيث الشكل، والانحدار، ونمط شبكة التصريف. وتساعد هذه الدراسة في فهم العمليات الهيدرولوجية والجيومورفولوجية التي تتحكم في تشكيل الحوض وتطوره.

تهدف هذه الدراسة إلى بناء قاعدة بيانات رقمية دقيقة للقياسات المورفومترية لحوض وادي ترج، اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمية SRTM بدقة مكانية 30 متراً، وتحليل التباينات التضاريسية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، للوصول إلى مؤشرات كمية تساهم في تقييم المخاطر وتوجيه التنمية المستدامة. كما تم الاستفادة من البيانات المناخية الصادرة عن وكالة ناسا، والخرائط الجيولوجية الوطنية لدعم التحليل البيئي الشامل.

وتجدر الإشارة إلى أن معظم الدراسات الحديثة تميل إلى الاعتماد على بيانات الاستشعار عن بعد بدلاً من الخرائط الكنتورية التقليدية، لما توفره من دقة وسرعة وكفاءة في استخراج الشبكات المائية، كما هي الحال في دراسات مثل

(Al-Juhani et al., 2023) التي استخدمت نموذج الارتفاعات الرقمية بدقة 30 متراً وتقنيات نظم المعلومات الجغرافية لتحليل شبكة التصريف وتقييم مخاطر الفيضانات. وعليه، فإن هذه الدراسة تسعى إلى تسخير هذه الإمكانيات الحديثة في دراسة مورفومترية تطبيقية لحوض وادي ترج، بما يخدم متخذي القرار في مجالات التخطيط البيئي والعمراني.

مشكلة الدراسة

تتمثل مشكلة الدراسة لحوض وادي ترج في استخراج خصائص المتغيرات المورفومترية، ووضع الخطوط العريضة على مكامن الخطر التي قد تلحق الضرر بالبنية العمرانية أو الزراعية وعمل التحليلات الكمية باستخدام المعادلات الرياضية، من أجل الحصول على قياسات دقيقة، وإيجاد الترابط المكاني بين المتغيرات المورفومترية وتحديد الرتب للأودية، وذلك باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، وتوفير قاعدة بيانات مورفومترية لحوض الوادي وتمثيلها بخرائط رقمية لمساعدة الاختصاصيين وأصحاب القرار في ابتكار الحلول بدقة وأمان وكفاءة عالية.

أهداف الدراسة

- 1 - بناء قاعدة بيانات شاملة لحوض وادي ترج للقياسات المورفومترية.
- 2 - تقييم المتغيرات المورفومترية والخصائص الشكلية لحوض وادي ترج بناءً على نموذج الارتفاعات الرقمي SRTM DEM بدقة مكانية 30م.
- 3 - تحليل التباينات المكانية والتضاريسية لحوض وادي ترج بناءً على مخرجات نموذج الارتفاعات الرقمي SRTM DEM بدقة مكانية 30م.

تساؤلات الدراسة

- 1 - ما المتغيرات المورفومترية لحوض وادي ترج؟
- 2 - ما المتغيرات المورفومترية والخصائص الشكلية لحوض وادي ترج بناءً على نموذج الارتفاعات الرقمي SRTM DEM بدقة مكانية 30م؟
- 3 - ما التباينات المكانية والتضاريسية لحوض وادي ترج بناءً على مخرجات نموذج الارتفاعات الرقمي SRTM DEM بدقة مكانية 30م؟

منهجية الدراسة

اعتمدت هذه الدراسة في منهجيتها على المدخلين الوصفي والتحليلي، مع توظيف الأساليب الكمية في تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي ترح شرق محافظة النماص. وقد تم استخدام نموذج الارتفاعات الرقمية (SRTM DEM) بدقة مكانية تصل إلى 30 متراً، وهو من النماذج الموثوقة التي توفرها هيئة المسح الجيولوجي الأمريكية (USGS)، لما له من قدرة عالية على تمثيل الواقع التضاريسي بدقة.

وللحصول على بيانات الأمطار، تم استخدام بيانات من نموذج (POWER-CERES/MERRA-2) التابع لوكالة الفضاء الأمريكية ناسا، الذي يعدُّ من النماذج المناخية المعتمدة في تحليل عناصر الطقس والبيئة في الدراسات الهيدرولوجية والبيئية.

كما تم توظيف بيانات الخريطة الجيولوجية المتوفرة عبر قاعدة البيانات الوطنية لهيئة المساحة الجيولوجية السعودية بهدف تحليل الخصائص الجيولوجية المؤثرة على شبكة التصريف وشكل الحوض. تم إجراء التحليل باستخدام البرنامج ArcMap 10.8 ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، حيث تم استخدام أدوات التحليل الهيدرولوجي لاستخلاص شبكة التصريف وتحليل الانحدار والطبوغرافيا، بالإضافة إلى استخراج المؤشرات المورفومترية الأساسية كالكتافة التصريفية، ونسبة التشعب، ونسبة الاستطالة، والاستدارة وغيرها، التي تمثل مدخلاً مهماً لفهم السلوك الهيدرولوجي للحوض.

وقد تم إسقاط جميع البيانات الجغرافية وتحليلها باستخدام نظام الإحداثيات العالمي WGS 1984 UTM Zone 38N، لكونه النظام الأنسب لمنطقة الدراسة الواقعة ضمن نطاق المملكة العربية السعودية. وقد ساعدت هذه الأدوات التقنية في الوصول إلى نتائج كمية دقيقة تدعم إمكانية تقييم المخاطر الطبيعية كخطر السيول والانهيارات، وإعداد توصيات مبنية على بيانات موضوعية تخدم خطط التنمية المستدامة في المنطقة.

جدول 1

المتغيرات المورفومترية، المصدر: (التويجري وآخرون، 2020)

الخصائص	المتغيرات المورفومترية	المعادلة	المراجع
الشكلية	محيط الحوض Basin Perimeter (P)	GIS software - Raster Calculator (Schumm (1956)	
	مساحة الحوض Basin Area (A)	GIS software - Raster Calculator (Schumm (1956)	
	طول الحوض Basin Length (Lb)	GIS software - Raster Calculator (Schumm (1956)	
	عرض الحوض Basin Width (Wb)	$BW = A/Lb$ (Schumm (1956)	
	معامل شكل الحوض Form Factor (Rf)	$Ff = A / Lb^2$ (Horton (1932)	
	نسبة امتدادة الحوض Circularity ratio (Rc)	$Rc = 4\pi A / P^2$ (Strahler (1964)	
	نسبة الاستطالة Elongation ratio (Re)	$Re = (2\sqrt{A/\pi}) / Lb$ (Schumm (1956)	
التضاريسية	الارتفاع الأقصى Maximum Elevation (Z)	GIS software - Raster Calculator (Schumm (1956)	
	الارتفاع الأدنى Minimum Elevation (z)	GIS software - Raster Calculator (Schumm (1956)	
	درجة الانحدار للحوض Degree of Slope (S)	GIS software - Raster Calculator (Burrough (1986)	
	التضريس Relief (R)	$R = Z - z$ (Strahler (1957)	
	النسبة التضاريسية Relief ratio (Rr)	$Rr = R/Lb$ (Schumm (1956)	
النسبة المائية	رتب المجاري Stream Order (U)	Hierarchical rank (Strahler (1957)	
	عدد المجاري حسب الرتبة Stream numbers (Nu)	$Nu = N1 + N2 + \dots + Nn$ (Horton (1945)	
	طول الرتب Stream length (Lu)	Length of the stream (Horton (1945)	
	معدل طول الرتب Stream length ratio (Lur)	$Lur = Lu / (Lu - 1)$ (Horton (1945)	
	نسبة التفرع Bifurcation ratio (Rb)	$Rb = Nu / Nu + 1$ (Strahler (1964)	
نوع التدفق	كثافة التصريف Drainage density (Dd)	$Dd = Lu / A$ (Horton (1932)	
	تكرار الرتب Stream Frequency (Fs)	$Fs = Nu / A$ (Horton (1932)	
	نسيج التصريف Drainage texture (T)	$T = Dd * Fs$ (Smith (1950)	
	طول التدفق الأرضي Length of overland flow (Lo)	$Lo = 1 / Dd * 2$ (Horton (1945)	

الدراسات السابقة

على الرغم من غياب دراسات سابقة تناولت حوض وادي ترج تحديداً، إلا أن هناك عدداً من الدراسات المحلية والعالمية التي تناولت خصائص الأحواض المائية الجافة باستخدام التحليل المورفومتري، وتقدم هذه الدراسات إطاراً مرجعياً يمكن البناء عليه.

أما دراسة العمري، سعد رافع (2021): بعنوان (التحليل المورفومتري المقارن لخصائص الشبكة المائية لحوض وادي بيشة: دراسة مقارنة بين نموذج الارتفاع الرقمي والخريطة الطبوغرافية السعودية) فقد هدفت إلى مقارنة شبكة المجاري المائية لعينة عشوائية، تتشكل من عشرة أحواض رافدة لوادي بيشة مستخرجة من نموذجي الارتفاع الرقمي SRTM DEM 30m و SRTM DEM 90m من جهة أولى، ومن الخريطة الطبوغرافية بمقياس 1:50000 من جهة ثانية. وقد اعتمدت في منهجيتها على تطبيق

عدة أساليب إحصائية لفحص الأهمية الإحصائية للتباين والفروق بين أعداد المجاري وأطوالها باستخدام أدوات التحليل المتاحة في بيئة الأساليب الإحصائية بالبرنامج SPSS23. وأظهرت نتائج اختبار Shapiro-Wilk الذي قدمته الدراسة أن توزيع أعداد المجاري وأطوالها بأحواض الروافد المدروسة يتبع التوزيع الطبيعي. وتبين من اختبار Leven لفحص تجانس الفروق بين أعداد المجاري وأطوالها أن هناك تبايناً حقيقياً في توزيع مجاري الرتب الأولى والثانية والثالثة عند مستوى الدلالة 0.05. وأكد اختبار التباين الأحادي ANOVA واختبار LSD هذه النتيجة. كما أظهرت نتائج التحليل المورفومتري المقارن أن مخرجات الخريطة الطبوغرافية بمقياس 1:50000 تفوق مثيلاتها من مخرجات نموذجي الارتفاع الرقمي SRTM DEM 30m و SRTM DEM 90m بنسبة 62% من إجمالي عدد مجاري الرتب الأولى، والثانية، والثالثة، وأطوالها. وانتهت هذه الدراسة إلى جملة من التوصيات العملية والعلمية لمستخدمي الخرائط والباحثين وأصحاب القرار. وتعد هذه الدراسة مرجعاً محلياً مهماً، تؤكد ضرورة اختيار النموذج الرقمي المناسب وفقاً لطبيعة المنطقة، وهي تدعم التوجه لاختبار مدى دقة SRTM في منطقة وادي ترج.

وهناك دراسة أخرى أجرتها: القحطاني، نوال سالم سعيد (2023): تناولت تحليل المتغيرات المورفومترية لحوض وادي المريش الواقع بمنطقة عسير، حيث استخدمت الدراسة نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية لاستخلاص الشبكة المائية للحوض، لغرض استخراج القياسات المورفومترية المتمثلة في المتغيرات المساحية، والمورفولوجية، وخصائص الشبكة المائية للحوض بالإضافة إلى المتغيرات التضاريسية. كما هدفت الدراسة إلى بناء قاعدة بيانات مكانية رقمية للمتغيرات المورفومترية لحوض وادي المريش وإظهار العلاقات الارتباطية بين تلك المتغيرات ودلالاتها الجيومورفولوجية. وقد أظهرت النتائج أن المتغيرات المورفومترية للحوض تظهر تبايناً واضحاً على مستوى سماته المورفولوجية، إذ سجلت نسبتي الاستدارة والاستطالة (0.48-0.40) على التوالي، أما معامل الشكل فكان (0.39)، ومعامل الانبعاج (0.64) ومعامل الاندماج (0.60)، لذا فهو يميل نسبياً للشكل الطولي. واتضح أن نسبة التشعب في الحوض مرتفعة بلغت (4.4)، ويرجع ذلك إلى ميل الحوض إلى الشكل غير المنتظم، وعليه تستغرق المياه فترة طويلة حتى تصل إلى مخارج الروافد. وأظهرت متغيرات الشبكة المائية أن الحوض يمتلك خمس رتب مائية، بعدد (726) مجرى، وبطول بلغ (245.52) لكامل أطوال

المجاري بالحوض. وحققت قيمة الكثافة التصريفية للحوض ($3.4 \text{ كم}^2/\text{كم}^3$)، وهي تعد منخفضة جداً إذا ما قورنت بما جاء في تصنيف سترايلر، حيث ذكر أن الكثافة التصريفية التي تقل عن 12 تصنف على أنها ضعيفة. في مقابل ذلك سجلت نسبة التضرس نحو ($0.023 \text{ م}^3/\text{كم}^3$)، وتعد قيمة منخفضة؛ ما يدل على تقارب الفارق النسبي بين أعلى منسوب وأدناه بالحوض، بينما ارتفع معامل النسيج الطبوغرافي إلى (16.6 مجرى/ كم)، فهو بذلك يدخل ضمن القيم المرتفعة النسيج من التصنيف الناعم حسب مقياس سميث. وأوصت الدراسة بإجراء التحليلات المورفومترية للشبكات المائية وبناء قواعد بيانات رقمية، تمكن من معرفة الدورة الهيدرولوجية بالحوض، وتحديد قدرة الجريان المائي من أجل تفادي حدوث الأخطار السيلية عند التخطيط العمراني وإقامة المنشآت المختلفة. تبرز هذه الدراسة أهمية فهم العلاقات بين المتغيرات الشكلية والهيدرولوجية للأحواض، وتوفر إطاراً مقارناً يمكن الاستفادة منه في فهم الخصائص الشكلية لوادي ترج.

كما تناولت دراسة (Al-Juhani et al., 2023)، تقييم الخصائص المورفومترية لحوض وادي الليث، الواقع على الساحل الغربي للمملكة العربية السعودية، وتحليل قابليته للتعرض للفيضانات السريعة. وقد اعتمدت الدراسة على بيانات نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بدقة 30 متراً، مع توظيف تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، وتم تقسيم الحوض إلى 22 حوضاً فرعياً. كما استعانت الدراسة بـ (15) مؤشراً مورفومترياً شملت: الكثافة التصريفية، طول الحوض، الشكل، نسبة التشعب، معدل الانحدار، مساحة الحوض، وغيرها. واتبعت الدراسة منهجين رئيسيين لتقييم خطر الفيضانات: الأول هو نهج الترتيب المورفومتري التقليدي، والثاني هو طريقة الشامى (Shami method)، والتي تعتمد على تصنيف الحوض بناءً على المؤشرات المورفومترية وتحليلها ضمن مصفوفات إحصائية. وأظهرت النتائج أن نحو 36.4% من الأحواض الفرعية تُصنّف ضمن المناطق المعرضة لخطر عالٍ للفيضانات السريعة، خاصة في المناطق التي تتميز بانحدارات مرتفعة وكثافة تصريف عالية. كما بينت الدراسة وجود تقارب بين نتائج المنهجين المستخدمين؛ ما يعزز موثوقية النتائج والاستنتاجات. وانتهت الدراسة إلى مجموعة من التوصيات الموجهة لصناع القرار، مثل ضرورة دمج نتائج التحليل المورفومتري في التخطيط الحضري، واستخدام البيانات الرقمية الحديثة في تقييم المخاطر الطبيعية. وتبرز أهمية هذه الدراسة في كونها تقدم نموذجاً تطبيقياً متكاملاً لتحليل الأخطار المائية في بيئة جافة. وتعدّ هذه

الدراسة ذات أهمية خاصة لبحث وادي ترج، على الرغم من اختلاف البيئة الجغرافية والمناخية بين وادي الليث الواقع على الساحل الغربي، ووادي ترج في المرتفعات الداخلية لمنطقة عسير، إلا أن الدراسة تركز الضوء على الكفاءة العالية لتحليل المؤشرات المورفومترية في الكشف عن مدى تعرض الأحواض للمخاطر الطبيعية. كما أن اعتماد النموذج SRTM بدقة 30 متراً، وتوظيف نظم المعلومات الجغرافية، يدعمان النهج التحليلي الذي تتبناه هذه الدراسة؛ وذلك ما يعزز مصداقية المنهج الكمي في استخلاص المؤشرات المورفومترية وتفسير سلوك الحوض الهيدرولوجي وفقاً لمعايير كمية قابلة للمقارنة.

أما دراسة (Sreedevi et al., 2017)، التي أجريت على عدد من الأحواض الجافة جنوب الهند، وهدفت إلى تحليل الخصائص المورفومترية باستخدام نموذج SRTM وتقنيات GIS، حيث تم استخراج مؤشرات الكثافة التصريفية، ونسبة التشعب، والانحدار، وغيرها، فقد أظهرت الدراسة قدرة التحليل الرقمي على تفسير العلاقات المكانية والفيزيائية في الأحواض، وأوصت باستخدامه في تقييم مخاطر الفيضانات والإدارة المائية المستدامة. حيث تدعم هذه الدراسة اعتماد التحليل المورفومتري الرقمي في البيئات الجافة، وتؤكد جدوى توظيف النماذج الرقمية في تقييم المخاطر الطبيعية.

وتناولت دراسة (Choudhury et al., 2022)، أهمية استخدام نماذج (DEM) العالية الدقة في تحسين دقة النماذج الهيدرولوجية، وذلك من خلال تحليل مجموعة من المؤشرات الجيومورفومترية مثل الاستطالة والانحدار ونسبة التشعب. وقد استخدمت الدراسة بيانات من مناطق جبلية شديدة التضرس، وأظهرت أن زيادة الدقة المكانية في بيانات الارتفاع تسهم في تحسين محاكاة الجريان السطحي وتقدير حجم التصريف بدقة أعلى، ما ينعكس على كفاءة إدارة المياه والتخطيط البيئي. إذ تؤكد هذه الدراسة أن استخدام بيانات DEM العالية الدقة يعدّ عاملاً مهماً في الدراسات الهيدرولوجية والجيومورفومترية، ويدعم بشدة توجه هذه الدراسة لاستخدام بيانات SRTM وتقييم مدى دقتها في بيئة وادي ترج.

وعلى الرغم من تنوع الدراسات السابقة التي تناولت الخصائص المورفومترية لأحواض مائية داخل المملكة وخارجها، إلا أن ملاحظات منهجية وعلمية تشير إلى وجود فجوة بحثية واضحة يمكن تلخيصها في عدة جوانب؛ أولها أن غالبية الدراسات

ركزت على أحواض كبرى أو ذات امتدادات ساحلية ومناخية مغايرة؛ ما يجعل تعميم نتائجها على أودية المرتفعات الداخلية محدود الدقة. وثانيها اعتماد عدد من هذه الدراسات على نماذج ارتفاعات رقمية منخفضة الدقة (مثل 90م)، وهو ما قد يؤثر في دقة استخراج المؤشرات المورفومترية، لا سيما في البيئات الوعرة والمتغيرة جيومورفولوجياً. كما أن أودية منطقة عسير - وعلى رأسها وادي ترج - لم تحظ بتحليل مورفومتري اختصاصي ومتكامل، على الرغم من كونها من الأودية ذات الأهمية البيئية والتنموية، والتي تمر بمناطق سكنية وزراعية، وتخترق تضاريس شديدة التباين.

إضافة إلى ما سبق، فإن غالبية الدراسات لم تدمج بين التحليل الكمي الدقيق للمؤشرات المورفومترية وبين المعالجة الرقمية المتقدمة داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية. ومن هنا، تأتي أهمية هذه الدراسة في كونها تسعى إلى سد هذه الفجوة من خلال توظيف نموذج ارتفاعات رقمية بدقة 30م (SRTM)، وتحليل شبكة التصريف والهيدرولوجيا في وادي ترج باستخدام أدوات متقدمة في البرنامج (ArcGIS)، كما أن هذه الدراسة تستهدف الربط بين المؤشرات المورفومترية والتباينات الطبوغرافية بدقة مكانية ملائمة، بما يعزز فهم ديناميكيات الحوض المائي، وبالتالي يساهم في التنبؤ بالمخاطر وتوجيه إستراتيجيات التخطيط البيئي والعمراني.

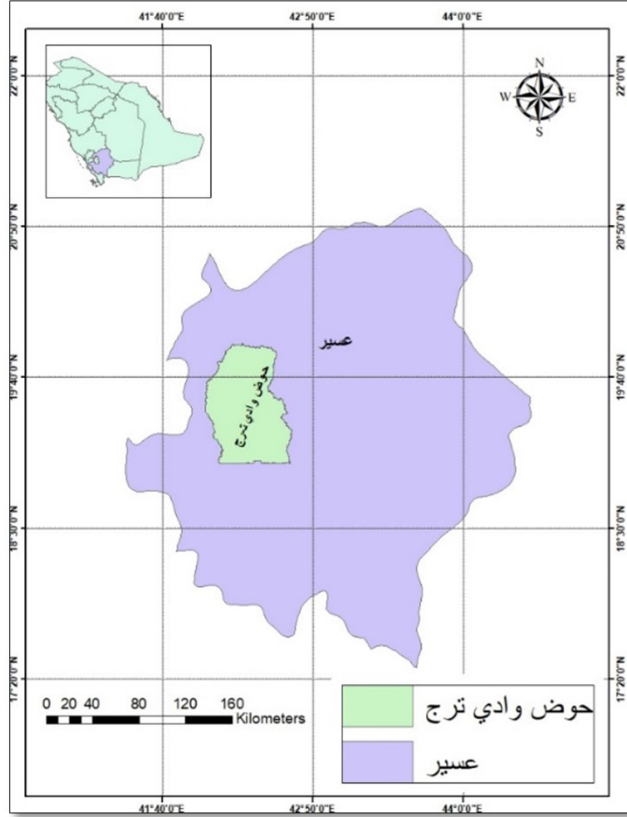
منطقة الدراسة

6-1 حدود الدراسة المكانية:

تقع منطقة الدراسة لوادي ترج في الجزء الجنوبي الغربي للمملكة العربية السعودية وتحديداً بمنطقة عسير، بين خطي طول ($42^{\circ} 00' 01''$ و $42^{\circ} 40' 01''$ شرقاً) ودائرتي عرض ($19^{\circ} 00' 00''$ و $19^{\circ} 57' 00''$ شمالاً) شكل 1.

شكل 1

خريطة توضح موقع حوض وادي ترج بمنطقة عسير جنوب غرب السعودية



(المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية، وشيب فايل المناطق الإدارية للسعودية)

وادي ترج - بفتح المثناة الفوقية وسكون الراء المهملة والجيم - وادٍ يعد من الأودية الشهيرة في المملكة العربية السعودية. وله ذكر كثير في كتب الأدب ومعجمات الأمكنة، فقد كانت تجارة اليمن تمر منه ما بين اليمن والحبشة ومكة المكرمة، وفيه المثل «القائل أجرا من الماشي بترج». وذلك بسبب كثرة الوحوش مثل الأسود والنمور، ويمتد وادي ترج من شرق محافظة تنومه إلى جنوب غرب بيشة (الجاسر، 1977). وجيوموفولوجياً تعدّ تضاريس وادي ترج شديدة التضرس ويتقاطع معه عدد من الأودية لتصب فيه أشهرها (وادي بدوة، وادي زيد، وادي رنما) ويلتقي وادي ترج بوادي بيشة الشهير في مركز الحيفة بمحافظة بيشة. ويبلغ ارتفاع حوض وادي ترج عن سطح البحر 1697 متراً تقريباً.

2 - 6 جيولوجية منطقة الدراسة:

تقع مساحة التصريف لوادي ترج، الممتدة كذلك لوادي بيشة، حيث يلتقيان ضمن نطاق صخور الدرع العربي المكونة من الصخور القاعدية القديمة النارية والمتحولة (صخور ما قبل الكامبري)، والتي تحيط بها الصدوع الممتدة من مدينة خميس مشيط جنوباً نحو الشمال الشرقي، لتلتقي بمجموعة الصدوع التي تقطع أودية رنية وتثليث وبيشة (Hotzl and Zotl, 1978). لقد تأثر الدرع العربي خلال تاريخه الجيولوجي في الزمنين الثاني والثالث بحركات تكتونية، نتج منها حدوث انفصال للقارة الأفريقية عن شبه الجزيرة العربية، وظهور البحر الأحمر بينهما كفاصل انكساري؛ ما أدى إلى رفع القسم الغربي من شبه الجزيرة العربية، حيث تكونت سلسلة الجبال الغربية، ومنها برزت القمم الجبلية، مع اختراق مجاري الأحواض المائية بين تلك المرتفعات كما هي الحال في منطقة عسير، وقد رافق انفصال الكتلة حدوث تصدع متباين الاتجاهات، أسهم في نشوء شبكة صدوع عرضية قطعت السلاسل الجبلية وأدت إلى بروز مسارات الأودية والقمم الجبلية، كما هو واضح في منطقة عسير بفعل الحركات التكتونية لعصر البلايوسين. تُظهر منطقة عسير تركيباً جيولوجياً معقداً ضمن الدرع العربي، يتكون في معظمه من صخور نارية ومتحولة، وتغطيها في بعض المواضع ترسيبات رسوبية لاحقة. ويعزى هذا التعقيد إلى تاريخ طويل من العمليات التكتونية والانفجارات البركانية التي أعادت تشكيل الصخور، كما تتخللها صخور بركانية وصخور متداخلة تظهر ضمن تراكيب جيولوجية معقدة.

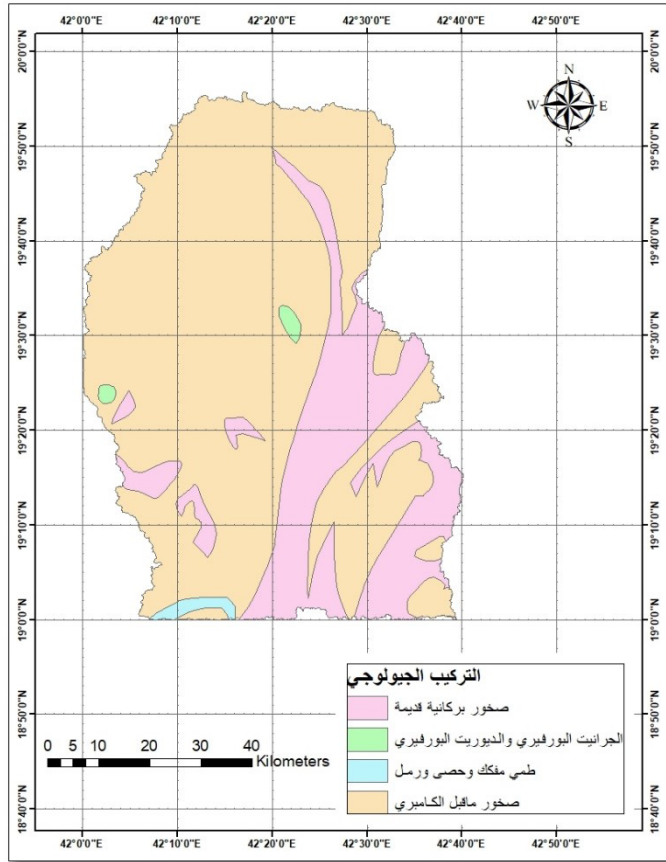
وقد أشارت الدراسات الجيولوجية الحديثة إلى أن هذه التكوينات الجيولوجية تعود إلى حقبة زمنية قديمة تقدر بين 900 إلى 560 مليون سنة؛ ما يعكس تراثاً جيولوجياً غنياً مرتبطاً بتطور الدرع العربي النوبي (Johnson et al., 2013). ويعد الدرع العربي جيولوجياً أساس منطقة الدراسة. وبالرجوع إلى شكل 2، يتضح أن المنطقة تتكون أساساً من صخور جوفية (بلوتونية) قبل كامبرية ومتحولة مثل: الجرانيت والجرانيت البروفيري والديورايت البروفيري مع وجود صخور بازلتية من الزمن الثالث والشست البركاني؛ وهي صخور بركانية قديمة تتكون من وحدات بركانية رسوبية هشة تنتمي للزمن الجيولوجي الرابع (سقا، 2004).

ومن خلال هذا التركيب الجيولوجي المعقد، يلاحظ أن الطبيعة النارية والمتحولة للصخور، إلى جانب انتشار الصدوع القديمة، تمثل عوامل بنيوية وجيومورفولوجية مؤثرة في توجيه شبكة التصريف المائي والتحكم في نمط مجاري الأودية. كما أن

مقاومتها العالية للتعرية تحد من تطور المجاري المائية، وتبقيها مرتبطة بالمكونات البنائية الجيولوجية؛ ما يعزز أهمية التحليل المورفومتري لفهم السلوك الهيدرولوجي لحوض وادي ترج.

شكل 2

خريطة التركيب الجيولوجي لحوض وادي ترج



(المصدر: بالاعتماد على بوابة قاعدة البيانات الجيولوجية الوطنية بهيئة المساحة الجيولوجية السعودية)

3 - 6 الأمطار ودرجة الحرارة:

من خلال استخدام بيانات (NASA/POWER CERES/MERRA2)، (وهو نموذج مناخي تم تطويره بواسطة وكالة الفضاء الأمريكية NASA) ومتاح للباحثين، تم جمع

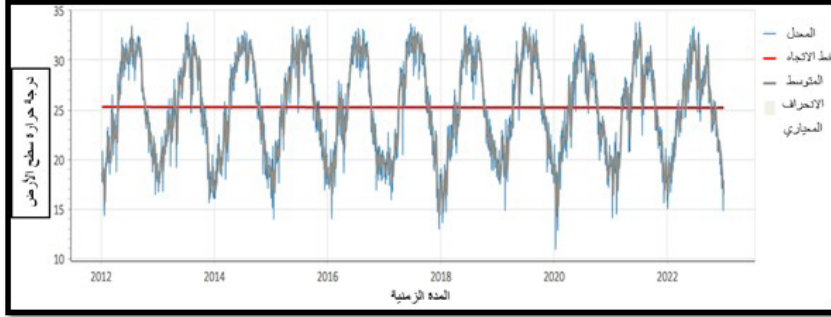
البيانات لحوض وادي ترج التي اشتملت على درجة حرارة سطح الأرض (TS) ومتوسط الهاطل المطري (PRECTOTCORR) لتحليلها من أجل فهم أعمق للتغيرات المناخية والبيئية في المنطقة المحددة. وقد تم تحديد عشر سنوات من أجل تحليلها بشكل أعمق، امتدت من عام 2012 إلى عام 2022، وفيما يتعلق بمتوسط درجات الحرارة لسطح الأرض الشهرية، فقد تباينت درجات الحرارة الشهرية بين (17.03°)، حيث تم تسجيل أدنى درجة حرارة شهرية في يناير 2017، و (31.80°) حيث تم تسجيلها كأعلى درجة حرارة شهرية في شهر يوليو من عام 2015، ومتوسط درجات الحرارة لسطح الأرض هو (25°). كما تم تحليل متوسط البيانات السنوية لدرجات الحرارة لسطح الأرض، حيث تم تسجيل أعلى درجة حرارة سنوية عام 2019 وبلغت 30.45 درجة مئوية، وفي حين تم تسجيل أدنى درجة حرارة سنوية عام 2017 وبلغت 18.12 درجة مئوية. وفيما يتعلق بكمية الهاطل المطري، تباينت القراءات الشهرية بين (0.00 ملم و 5.27 ملم) في اليوم. حيث تم تسجيل أعلى كمية أمطار شهرية في شهر مايو عام 2014 والتي بلغت 5.27 ملم، في حين لم تسجل أي كمية من الأمطار في بعض الأشهر. أما بالنسبة لكمية الهاطل المطري السنوي، فقد تباينت القراءات بين 0.00 ملم و 246.89 ملم في السنة؛ حيث تم تسجيل أعلى كمية أمطار سنوية عام 2018، والتي بلغت 246.89 ملم، في حين لم تسجل أي كمية من الأمطار في بعض الأعوام.

نستنتج مما سبق وجود تباينات واضحة في درجات الحرارة الشهرية وكميات الهاطل المطري في حوض وادي ترج، حيث تتأثر بالمنخفضات الجوية التي تمر على المناطق الجنوبية الغربية من السعودية في بعض فصول السنة، كما هو مبين في شكل 3.

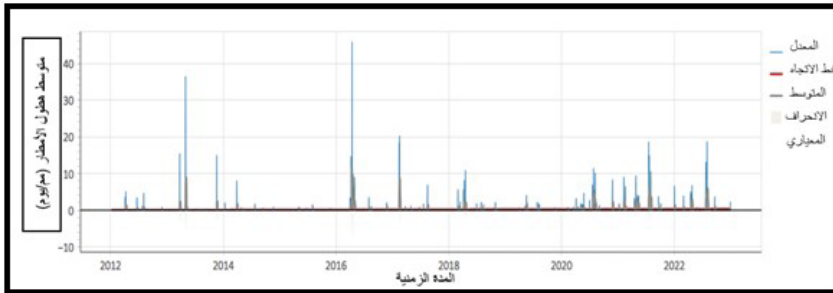
شكل 3

(أ) المخطط البياني لدرجات حرارة سطح الأرض (TS)، (ب) المخطط البياني لمتوسط الهطول المطري (PRECTOTCORR) لحوض وادي ترج اليومي من 2012 / 01 / 01 إلى 2022 / 12 / 31

(أ)



(ب)



(المصدر: GMAO MERRA-2 البيانات التي تم الوصول إليها من NASA POWER)

المناقشة والنتائج

الخصائص الشكلية

إن الأشكال الهندسية المألوفة كالمثلث والمستطيل والدائرة تعد إشارة إلى نوعية التكوين الجيولوجي والتشكيل الصخري للحوض. حيث تؤثر خصائص الحوض الشكلية بشكل كبير في عملية تجميع مياه السيول ومدة وصولها إلى الوادي الرئيس. وبالتالي، فإن السمات الشكلية للأحواض وخصائصها المائية تؤدي دوراً بالغ الأهمية في تحديد مدى خطورتها من عدمه على المناطق السكنية والظواهر الإنسانية الأخرى. (خضر، 1997 فراج، 2012).

ويعني ذلك أن الأحواض ذات الشكل الدائري تتميز بتجميع مياه الجريان بشكل مركزي في المركز الهندسي للحوض. وهذا يعني أن المياه يمكن أن تتجمع بسرعة في منطقة محددة داخل الحوض؛ ما يزيد من خطر حدوث فيضانات مفاجئة في تلك المناطق. وبالمقابل تميل الأحواض ذات الأشكال المستطيلة أو المثلثة إلى تجميع المياه بشكل موزع على مساحة أكبر؛ ما يقلل من خطر الفيضانات المفاجئة ويسمح بتصريف أكثر سلاسة للمياه.

يوضح جدول 2 نتائج قياس المتغيرات الشكلية لحوض وادي ترج على النحو الآتي

جدول 2

نتائج قياس المتغيرات الهندسية لحوض وادي ترج (المصدر: من إعداد الباحث)

محيط الحوض (كم)	مساحة الحوض (كم)	طول الحوض (كم)	عرض الحوض (كم)	معامل شكل الحوض	معامل استدارة الحوض	نسبة الاستطالة
433.1	5389.13	102.4	52.6	0.51	0.36	0.8

1-1-7 محيط الحوض (Basin Perimeter) يأخذ الرمز (P): وهو خط غير حقيقي وإنما وهمي يربط بين قمم المرتفعات التي عندها يتم فصل المياه بين الحوض والأحواض المجاورة. هذا الخط الوهمي يُعرف باسم «حدود الحوض» أو «خط تقسيم المياه» (خضر، 1997؛ Hajam et al., 2013). بمعنى آخر، خط محيط الحوض هو الحد الفاصل الذي يحدد أين تنتهي مساحة الحوض الواحد وتبدأ مساحة الحوض المجاور. وبذلك، يؤدي محيط الحوض دوراً مهماً في تحديد توزيع المياه بين الأحواض المختلفة وسرعة وصول مياه السيول إلى الوادي الرئيس. ويستخدم محيط الحوض، في تحديد شكل الحوض ويتم حسابه بناءً على نموذج الارتفاعات الرقمية ومن خلال الحاسبة الهندسية "Calculate Geometry" في البرنامج (ArcMap 10.8) الخاص بنظم المعلومات الجغرافية في جدول بيانات الحوض. ولقد بلغ محيط حوض وادي ترج (433.1 كم) وفقاً للنتائج في جدول 2.

2-1-7 مساحة الحوض (Area Basin) تأخذ الرمز (A): يمكن استنتاج وجود علاقة طردية بين مساحة الحوض المائي وكمية الفاقد المائي (التسريبات والتبخر) التي تحدث داخله. فكلما كانت مساحة الحوض أكبر، زاد الفاقد المائي والتسريبات التي تحدث داخله. ونتيجة لذلك، فإن الأحواض ذات المساحات الأكبر تأخذ زمن تصريف

أطول للمياه الواردة إليها، مقارنة بالأحواض ذات المساحات الأصغر. هذا يعني أن الأحواض الكبيرة تشهد انخفاضاً في درجة الخطورة الناتجة من السيول والفيضانات، مقارنة بالأحواض الصغيرة (خضر، 1997؛ محسوب، 2003). كما أن الأحواض ذات المساحات الأكبر تأخذ زمن تصريف أطول للمياه الواردة إليها، مقارنة بالأحواض ذات المساحات الأصغر، وتتميز الأحواض الكبيرة كذلك بانخفاض درجة الانحدار مقارنة بالأحواض الصغيرة؛ ما يعني أن خطورة السيول والفيضانات تكون أقل في الأحواض الكبيرة. (عاشور، 1991). ومن خلال البرنامج ArcMap 10.8، تم استخراج مساحة حوض وادي ترج التي بلغت [5389.13 كم²]. فوفقاً للنتائج في جدول 2، ومن خلال هذه النتيجة يتبين لنا العلاقة بين مساحة الحوض وكمية الفاقد المائي، حيث إن طاقة حوض وادي ترج الاستيعابية للأمطار تعدّ كبيرة، وبذلك يكون التدفق المائي ضعيفاً، ومن هنا نستدل على أن العلاقة الطردية بين مساحة الحوض الكبيرة وكمية الفاقد المائي تؤدي دوراً مهماً في تحديد سلوك وتصرف حوض وادي ترج تجاه السيول والفيضانات التي تعدّ قليلة، وكذلك التضرس يعدّ قليلاً.

3- 1- 7 طول الحوض (Basin Length) ويأخذ الرمز (Lb): تُعرف المسافة

الأفقية بين المصب وأبعد نقطة ممكنة في الحوض المائي بطول الحوض؛ سواء كان هذا الطول مُقدراً بالكيلومترات أو بالأمتار، ويؤثر بشكل كبير في سرعة الجريان السطحي للمياه، بالإضافة إلى معدلات النتح وكذلك التسرب والتبخر. (علاجي، 2010؛ سلوم، 2012).

وبوجه عام، كلما زاد طول الحوض المائي، قلت سرعة جريان المياه السطحية فيه. وتفسير ذلك أن الحوض الطويل المسافة يشهد انخفاضاً في معدلات كل من النتح والتبخر وعمليات التسرب مقارنةً بالأحواض الأصغر حجماً. وهذه العلاقة الطردية بين طول الحوض والعمليات الهيدرولوجية المختلفة يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند دراسة أي نظام مائي وتحليله. وهناك عدد من الطرق القياسية المستخدمة لقياس طول الحوض منها (Gregory, Walling, Maxwell, Smith, 1950)، وأشهرها (schumm, 1956). ويعدّ طول الحوض أحد المتغيرات المورفومترية المهمة، ويتم قياس طول الحوض من خلال أدوات القياس في البرنامج (ArcMap 10.8). حيث يقدر طول حوض وادي ترج بـ (102.4 كم) وفقاً للنتائج في جدول 2.

4- 1- 7 عرض الحوض (Basin Width) ويأخذ الرمز (Wb): ويمكن قياسه بطريقتين

رئيسيتين، الأولى: قياس أبعد مسافة بين نقطتين على عرض الحوض، وهذه الطريقة تُعطي القيمة الأقصى لعرض الحوض. والطريقة الثانية: حساب المتوسط العام لعرض الحوض بأخذ ثلاثة قياسات حقيقية لمسافات مختلفة على عرض الحوض، ثم حساب المتوسط الحسابي لهذه القيم. وسواء تم قياس العرض باستخدام الطريقة الأولى أو الثانية، فإن هذا البعد الأفقي للحوض يُقاس إما بالكيلومترات أو بالأمتار (خضر، 1997). وخلال هذه الدراسة بلغ عرض حوض وادي ترج (52.6 كم) وفقاً للنتائج في جدول 2. ويعدّ عرض الحوض مؤشراً لمعرفة وتحديد حجم أخطار السيول وتأثيرها على حجم التصريف.

ومن خلال عرض حوض ترج يتبين لنا أنه عريض؛ ما يجعل استيعابه للكميات المطرية عالياً. وكما هي الحال مع طول الحوض، فإن عرضه يؤثر بشكل كبير في العمليات الهيدرولوجية داخل النظام المائي، ففي الأحواض العريضة تميل سرعة الجريان السطحي إلى أن تكون أبطأ، بينما تزداد معدلات التسرب والتبخر والنتج مقارنةً بالأحواض الضيقة.

5-1-7 معامل شكل الحوض (Form Factor) ويأخذ الرمز (Ff): هذا المعامل هو

مؤشر على مدى تناسق الحوض وانتظامه في شكله. حيث إنه عندما يقترب معامل شكل الحوض من الصفر، فهذا يدل على عدم تناسق الحوض وعدم انتظامه. ويعني ذلك أن الحوض يكون طويلاً وضيقاً بشكل كبير، بحيث لا يكون شكله منتظماً. في المقابل، كلما اقترب معامل الشكل من القيمة واحد، فهذا يعني أن الحوض أكثر تناسقاً وانتظاماً في شكله، حيث يكون طوله وعرضه متناسبين بشكل أفضل (محسوب، 2003). لذا فإن معامل شكل الحوض يعدّ مؤشراً مهماً لتقييم مدى انتظام وتناسق الحوض المائي من الناحية الهندسية أو الجغرافية، وهو أحد العوامل الرئيسة المستخدمة في دراسات الهيدرولوجيا والجيومورفولوجيا. فكلما اقترب من الرقم واحد دل على اتخاذ الحوض شكلاً دائرياً، ومن ثم تجميع مياه الجريان بشكل مركزي في المركز الهندسي للحوض، وهذا يعني أن المياه يمكن أن تتجمع بسرعة في منطقة محددة داخل الحوض؛ ما يزيد من خطر حدوث فيضانات مفاجئة في تلك المناطق. ولقد بلغ معامل الشكل في حوض وادي ترج (0.51) وفقاً للنتائج في جدول 2؛ وهو بذلك يدل على تناسق الشكل العام لحوض وادي ترج ووقوعه في منطقة المنتصف بين القيمة رقم (واحد) والقيمة رقم (صفر).

7-1-6 نسبة استدارة الحوض المائي Basin Circularity ratio وتأخذ الرمز (Rc):

وهو مؤشر يستخدم لوصف مدى اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض المائي من الشكل الدائري أو بعده عن الشكل الدائري (فراج، 2012). فكلما اقترب معامل الشكل من القيمة واحد، دل ذلك على أن الحوض أكثر تقارباً مع الشكل الدائري وأكثر انتظاماً. في المقابل، كلما ابتعد معامل الشكل عن القيمة واحد واقترب من الصفر، دل ذلك على أن شكل الحوض أكثر انحرافاً عن الدائرة وغير منتظم، حيث يكون الحوض طويلاً وضيقاً بشكل كبير. (خضر، 1997؛ سلوم، 2012؛ ريان، 2014). وكلما ابتعد الرقم عن واحد صار أكثر تعرجاً؛ فتعد حينها مساحة الحوض في بداية مرحلة يمكن أن يطلق عليها مرحلة الشباب، وبذلك يعدّ معامل شكل الحوض مؤشراً مهماً لتقييم مدى تتاسق شكل الحوض المائي ومدى اقترابه من الشكل الأمثل للدائرة (Magesh et al., 2011) ومن خلال النتائج في جدول رقم 2، التي خلصت إلى أن نسبة استدارة الحوض المائي لوادي ترج تبلغ (0.36) وتعدّ قيمة متوسطة تقريباً. وبذلك ومن خلال التفسيرات السابقة فإن الحوض يكون بعيداً عن الاستدارة وهو بذلك يعدّ متعرجاً وأجزاء غير منتظمة وممتداً، وبالتالي يقلل من تأثيره على التدفق، وخطر حدوث الفيضانات المفاجئة، وغير المحسوبة، ويسمح بتصريف أكثر سلاسة للمياه.

7-1-7 نسبة الاستطالة Elongation ratio وتأخذ الرمز (Re): وهي مؤشر مهم

في تحليل شكل الحوض والإسهام في تعرّف كيفية جريان المياه ووصولها إلى مصب الوادي (Hajam et al., 2013)، ويمكن تفسير نتيجة نسبة الاستطالة القريبة في نتائجها من الرقم واحد إلى أن تضرّسها منخفض جداً (Magesh et al., 2011). ووفقاً لنتائج جدول 2 التي خلصت إلى أن نسبة الاستطالة لحوض وادي ترج بلغت (0.8)، ومن خلال تصنيف معامل الاستطالة (Pareta, K, Pareta, U. 2011) فإن الشكل يصنف على أنه (أقل استطالة) وبالتالي يميل الحوض إلى تضرّس منخفض للغاية وبذلك فإن التصريف قليل، وبالتالي لا يشكل خطورة على المناطق العمرانية.

8-2 الخصائص التضاريسية:

يمكن القول إن دراسة الخصائص التضاريسية للحوض المائي لها أهمية كبيرة، فهي تُعد انعكاساً ودليلاً على زيادة أثر عوامل التعرية داخل حدود الحوض. حيث إن الخصائص التضاريسية تقدم معلومات مهمة عن أنواع الصخور الموجودة في الحوض (علاجي، 2010)، كما يمكن أن تساعد في تحديد الدورة الزمنية للحوض بالنسبة

لعمليات التعرية، إذ إن التغيرات في التضاريس والشكل الجيومورفولوجي للحوض تعكس مراحل تطور الحوض وتأثير عمليات التعرية عليه عبر الزمن (أبوالشواشي، 2003). كما يمكننا تعرّف أبرز المؤثرات التي شكلت تغييراً في تكوين الحوض وتفسير خصائصه المساحية وخصائص شبكة المياه، ويمكن أيضاً معرفة معدل سرعة الجريان حيث إنه كلما زادت نسبة التضرس زادت سرعة الجريان؛ ما يؤدي إلى زيادة نسبة خطورتها وتعرضها للسيول (فراج، 2012؛ Magesh et al., 2011)، حيث تصرف المياه في وقت قصير؛ ما يؤدي إلى حمل الرواسب معها وتدمير كل ما يعترضها (فراج، 2012).

من خلال ما سبق، يتجلى لنا أهمية دراسة الخصائص التضاريسية لحوض وادي ترج؛ فهذه الخصائص توفر مؤشراً على أنواع الصخور الموجودة فيه. ويمكن أيضاً استخدامها لتحديد الدورة العمرية لعملية التعرية وفهم العوامل التي أثرت في تشكل الحوض، حيث إن مراقبة الانحدار في الحوض تبين لنا مدى تعرض الصخور والتربة للتأثيرات التضاريسية، كما أن وجود منحدرات حادة وجريان المياه السريعة قد يشير إلى تعرية أكثر تقدماً. كما تبين لنا الخصائص التضاريسية تفسيراً للخصائص المساحية للحوض وشبكة المياه. وعلاوة على ذلك، يمكن استخدام دراسة الخصائص التضاريسية لتحديد معدل سرعة الجريان في الحوض. فكلما زادت نسبة التضرس، زادت سرعة الجريان، وهذا يزيد من خطورة الحوض وتعرض المناطق القريبة من الوادي لمخاطر السيول. فالمياه تتصرف بسرعة عالية في الأحواض التضاريسية العالية التضرس؛ ما يؤدي إلى حمل الرواسب وتدمير ما يقابلها على طول مسارها. وبالاستناد إلى جدول 3، يمكن الحصول على نتائج قياس الخصائص التضاريسية لحوض الوادي، والتي توفر لنا مزيداً من المعلومات والفهم حول هذا الحوض؛ حيث توضح هذه النتائج قياس الخصائص التضاريسية لحوض وادي ترج على النحو الآتي

جدول 3

نتائج الخصائص التضاريسية لحوض وادي ترج (المصدر: من إعداد الباحث)

أقصى ارتفاع (م)	أدنى ارتفاع (م)	درجة الانحدار للحوض	التضرس (م)	التضاريس النسبية
2719	1139	100 - 0	1526	15

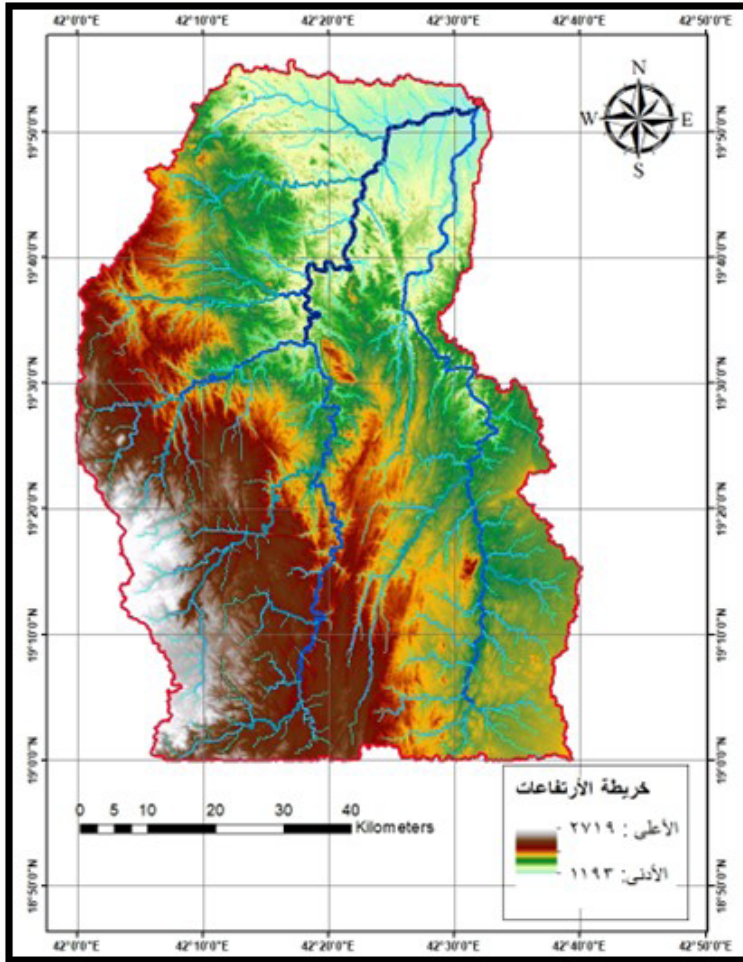
1-2-8 الارتفاع الأقصى والارتفاع الأدنى؛

حيث إن الارتفاع الأقصى الذي يأخذ الرمز (Z) والأدنى الذي يأخذ الرمز (Z) يعكسان أعلى وأقل قيمة منسوب على خط تقسيم المياه، ويسهمان في استتباط

التضرس والتضاريس النسبية ودرجة الانحدار، حيث تدل أدنى قيمة على المناطق السهلية وتدل أعلى قيمة على المناطق الجبلية (Hajam et al., 2013)، ولقد بلغ أعلى ارتفاع بوادي ترج 2719 متراً، وأدنى ارتفاع بلغ 1139 متراً، وهو ما يمثل نقطة المصب كما في جدول 3. كما يوضح شكل 4 خريطة مناسيب الارتفاعات لحوض وادي ترج بالاعتماد على النموذج الرقمي للارتفاعات ذات درجة وضوح مكاني: ثلاثون متراً.

شكل 4

خريطة توضح الارتفاعات لحوض وادي ترج اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمية



(المصدر: من إعداد الباحث)

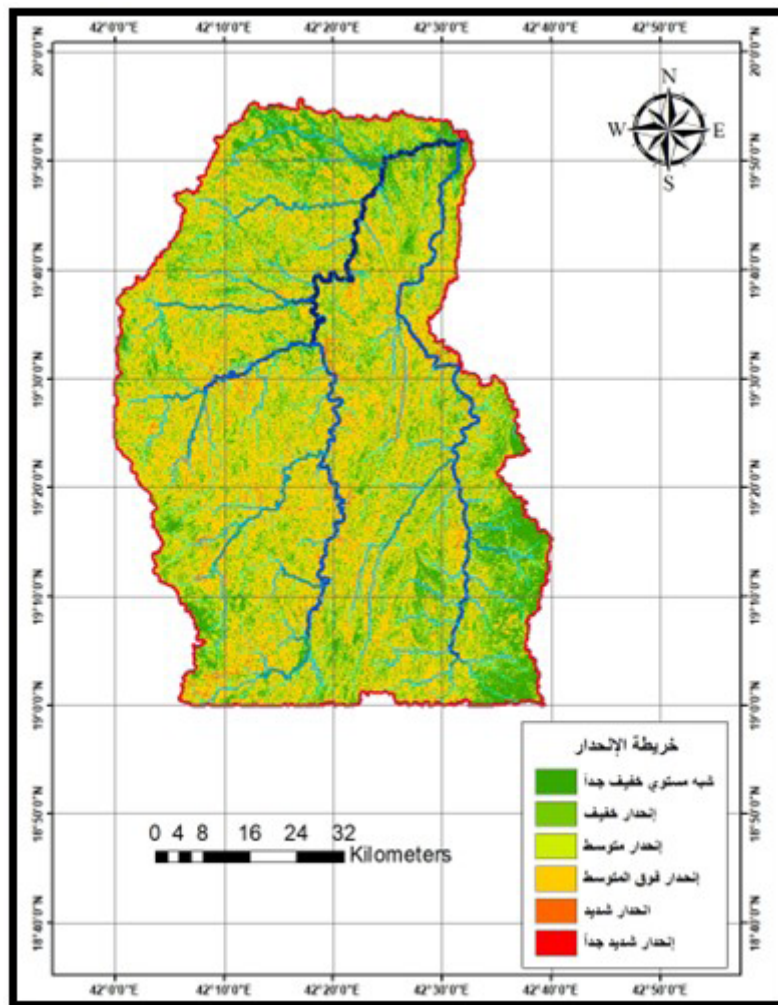
8-2-2 درجة الانحدار «الميل» للحوض (Slope of Degree) وتأخذ الرمز (S):

تعرف شبكة الميول على أنه الحد الأعلى لمعدل التغيير في القيمة من كل خلية إلى الخلايا المجاورة (Burrough, 1986)؛ حيث إن عملية الجريان لا تحدث بشكل منتظم فوق كل المنحدرات خلال وقت واحد، ويعود هذا إلى تأثير اختلاف انحدار السطح حيث تزيد نسبة الفقد والتبخر في المناطق القليلة الانحدار بسبب بطء جريان المياه فوقها (خضر، 1997). ويبلغ انحدار ترج كما في شكل 5، (ما بين 0 إلى 100) كما هو موضح في جدول 3، وتبعاً لتصنيف بونج (Young, 1972, p.173) (Spatial Analyst Tools) ، فقد بلغت مساحة الانحدار الشديد جداً (0.9 كم^2) وهو ما يشكل 0.02% من مساحة الحوض وهي مساحة قليلة جداً وتعد الأدنى، فيما بلغت مساحة الانحدار الشديد (122 كم^2) وهو ما يشكل 2.27% من مساحة الحوض، وبلغت مساحة الانحدار فوق المتوسط (1601 كم^2) وهو ما يشكل 29.83%، فيما بلغت المساحة الأعلى والتي صنفت أنها متوسطة (1775 كم^2) وهو ما يشكل 33.07% من مساحة الحوض، فيما بلغت مساحة الانحدار الخفيف (812 كم^2) وهو ما يشكل 15.13% من مساحة الحوض، ويأتي أخيراً الانحدار شبه المستوي والخفيف جداً بمساحة بلغت (1056 كم^2) وهو ما يشكل 19.68% .

من خلال النتائج السابقة يمكن تفسيرها بأن المياه تجري بسرعة متوسطة إلى فوق المتوسطة؛ ما يجعلها تأخذ وقتاً متوسطاً في الوصول إلى المصب وتحدث سيولاً متوسطة إلى فوق المتوسطة، جدول 4.

شكل 5

خريطة توضح درجة الانحدار لحوض وادي ترح بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية



(المصدر: من إعداد الباحث)

جدول 4

نتائج معدل الانحدار في حوض وادي ترج (المصدر: من إعداد الباحث)

الانحدار	المساحة (كم ²)	النسبة من المساحة الكلية	الدلالة
5-0	1056	19.68 %	شبه مستوي خفيف جداً
8-6	812	15.3 %	انحدار خفيف
12-9	1775	33.1 %	انحدار متوسط
30-13	1601	29.83 %	انحدار فوق المتوسط
60-31	122	2.27 %	انحدار شديد
100-61	0.9	0.02 %	انحدار شديد جداً

3-2-8 التضرس (Relief) ويأخذ الرمز (R): وهو مؤشر مهم يعكس الخصائص التضاريسية، ويرتبط بشكل وثيق بنوع الصخور التي يحتوي عليها الحوض. ويتم حسابه عن طريق حساب الفرق بين النقطة الأعلى والفرق بين النقطة الأدنى (علاجي، 2010). وتساعد دراسة المتغيرات التضاريسية مثل نسبة التضرس ودرجة الانحدار في فهم خصائص ديناميكية الأحواض، مثل نمط التصريف والتدفق، كما توفر معلومات قيمة عن العمليات الجيومورفولوجية المؤثرة في تشكيل ملامح السطح. (ابوالشواشي، 2013; Hajam et al., 2013). ومن هنا يتبين لنا وجود علاقة طردية كذلك، حيث إنه كلما صغرت مساحة الحوض زادت نسبة التضرس. وتدل القيمة المرتفعة على شدة النحت والجريان (Hajam et al., 2013)

وكما هو موضح في جدول 3، يتبين لنا أن قيمة التضرس في حوض وادي ترج تقدر بـ (1526م)؛ وتعدُّ قيمة مرتفعة تدل على ارتفاع التضرس والجريان بشكل سريع نسبياً، وبالتالي: فإن تدفق المياه في حوض وادي ترج يشكل خطراً متوسطاً ليس له تأثير.

4-2-8 التضاريس النسبية (Ratio Relief) وتأخذ الرمز (Rr): توضح دراسة التضاريس النسبية العلاقة بين تضرس الحوض بالنسبة إلى طوله، وهو يأخذ في الاعتبار درجة انحدار السطح، وبهذا يتفادى عيوب مجرد قياس التضرس المطلق فقط، حيث إنه كلما ارتفعت نسبة التضرس النسبي، دل ذلك على احتمال حدوث سيول خطيرة، فارتفاع التضرس يزيد من سرعة جريان المياه وينقص من الفاقد المائي (خضر، 1997). وبدراسة معدل التضاريس النسبية يمكن الوصول إلى علاقات مهمة

بين خصائص الحوض المختلفة. حيث يساعد هذا المؤشر في فهم الديناميكيات الهيدرولوجية والجيومورفولوجية للحوض.

كما يتبين لنا من جدول 3، فقد بلغ معدل التضرس النسبي لحوض وادي ترج (15): فذلك دلالةً على ارتفاع معدل التضرس داخل حوض الوادي.

3-8 خصائص الشبكة المائية

تشير الرتبة المرتفعة للمجري المائية في طريقة هورتون (Horton, 1932) إلى حوض أقدم وأكثر تعرضاً للتآكل، وتستخدم طريقة سترالير (Strahler, 1957) المؤشر نفسه لتقييم النضج الجيومورفولوجي للحوض. بينما تركز طريقة شريف Shreve على عدد القطاعات النهرية، فالعدد الكبير منها يعكس شبكة تصريف أكثر تفرعاً وحوضاً أكثر تطوراً. وبالتالي، فإن هذه الطرق الهرمية للشبكة المائية تمثل علامة على المرحلة الجيومورفولوجية التي وصل إليها الحوض بفعل عمليات التعرية عبر الزمن (الجعيدي وبوروبة، 1428هـ).

وفي دراستنا عن حوض وادي ترج اعتمدنا على طريقة سترالير التي ساعدت على استخلاص نتائج كمية تساعد على المقارنة بين الأحواض المجاورة أو غيرها. ونستعرض من خلال جدول 5 نتائج خصائص الشبكة المائية لحوض وادي ترج.

جدول 5

نتائج خصائص الشبكة المائية لحوض وادي ترج (المصدر: من إعداد الباحث)

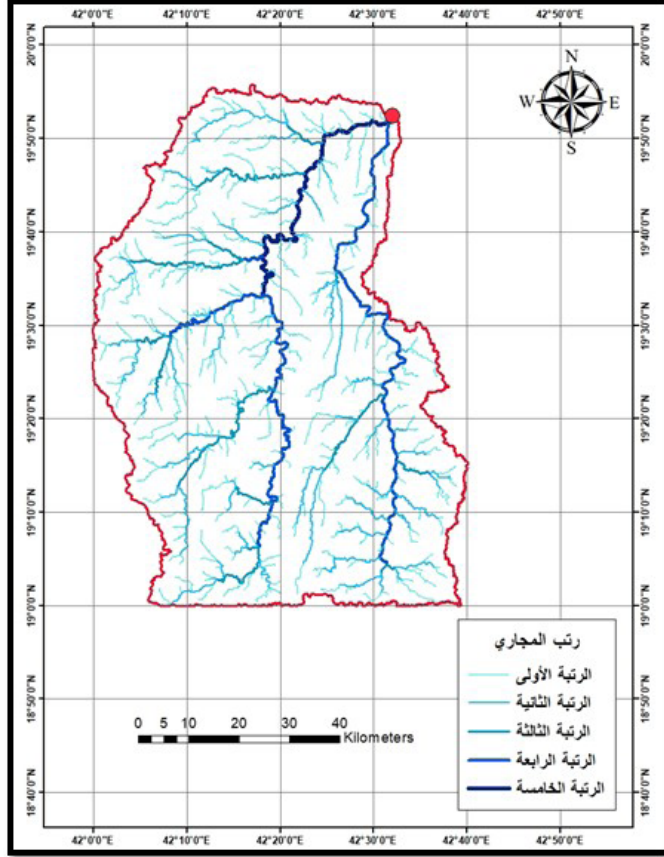
الرتبة	عدد المجاري	الطول (كم)	متوسط طول الرتبة	معدل طول الرتبة	نسبة التشعب
الأولى	331	1175.1	3.5	2.4	2.1
الثانية	155	491.2	3.2	2.3	2.3
الثالثة	67	209.6	3.1	1	0.86
الرابعة	78	226	2.9	3,4	2.6
الخامسة	30	66.7	2.2	-	-
المجموع	661	2168.6	متوسط نسبة التشعب		1.96

8-3-1 رتب المجاري المائية (Stream Order) وتأخذ الرمز (U): ويعدّ نظام

الرتب الهرمي للمجاري المائية أساساً لتقييم مرحلة التطور الجيومورفولوجي للحوض المائي، حيث يتم ترتيب المجاري في رتب هرمية وفقاً لتصنيف سترالير. ففي هذا النظام، تُعدّ المجاري ذات الرتبة الأولى هي القاعدة الأساسية للحوض، والرتبة تُعدّ العنصر المستند إليه لتحديد نقطة التقاء مجريين من الرتبة نفسها، ما يؤدي إلى تكوين مجرى جديد ذي رتبة أعلى، بالإضافة إلى أن ارتفاع رتبة المجاري يعكس مدى تطور واتساع شبكة التصريف المائي للحوض، وبالتالي مدى نضجه الجيومورفولوجي (علاجي، 2010؛ ريان، 2014). ويعدّ تحديد رتب مجاري المياه حجر الأساس وأولى الخطوات في تحليل أي حوض (خضر، 1997؛ Hajam et al., 2013) وبناءً على تصنيف سترالير (Strahler, 1957)، فإنه يعدّ أن زيادة الرتب الهرمية لرتب مجاري المياه ترتبط بازدياد التفرعات التي تؤدي هي بدورها إلى التدفق المائي (Hajam et al., 2013). كما يساعدنا نظام الرتب الهرمي للمجاري المائية في تفسير خصائص الانحدار داخل الحوض المائي؛ حيث تشير الرتب الأعلى إلى أراضٍ قليلة الانحدار، بينما تشير الرتب المتوسطة إلى أراضٍ ذات انحدار متوسط. أما الرتبتان الأولى والثانية فتشيران إلى انحدار شديد، حيث تتدفق المياه بسرعة عالية في هذه المناطق. وبالتالي، فإن نظام الرتب الهرمي للمجاري المائية يعكس مرحلة النضج الجيومورفولوجي للحوض، مع ارتباط الرتب العالية بالانحدار الأقل والنضج الأكبر، وارتباط الرتبتين الأولى والثانية بالانحدار الأعلى والنضج الأقل (Das, S., & Pardeshi, S., 2018)، ومن خلال هذه الدراسة يتضح لنا من النتائج أن وادي ترج يتكون من خمس رتب كما في شكل 6 ويحتوي على (661) مجرى في مساحة بلغت (5389.13) كم مربعاً.

شكل 6

خريطة رتب المجاري المائية لحوض وادي ترح بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية



(المصدر: من إعداد الباحث)

2-3-8 عدد المجاري حسب الرتبة (Stream number) ويأخذ الرمز (Nu): إن الأحواض المائية التي يوجد لديها عدد كبير من الأودية تتميز بقدرتها العالية على تصريف المياه. وبشكل عام، فإنه في المناطق الجافة، يكون هناك ميل نحو زيادة عدد المجاري ذات الرتبة الأولى في شبكة التصريف المائي للحوض. وهذا يُعزى إلى محدودية المياه السطحية في هذه البيئات الجافة؛ ما يؤدي إلى تشكيل عدد أكبر من المجاري الصغيرة ذات الرتبة الأولى لتصريف مياه الجريان السطحي عند هطول الأمطار. هذا النمط في توزيع الرتب المائية يُعد مؤشراً على خصائص المناطق الجافة وآليات تصريف المياه فيها مقارنة بالمناطق الرطبة (خضر، 1997). كما أن

هناك علاقة طردية أيضاً بين كل من عدد الرتب وبين أبعاد وحجم الحوض (Hajam et al., 2013)، ومن خلال جدول 5 يتضح لنا نتائج خصائص الشبكة المائية لحوض وادي ترج؛ فقد بلغ عدد المجاري في وادي ترج (661) مجرى، حيث توزعت في الرتب الخمس: لتبلغ في الرتبة الأولى (331) مجرى، وبلغ عدد المجاري في الرتبة الثانية (155) مجرى، فيما بلغ عدد المجاري في الرتبة الثالثة (67) مجرى، ثم تلتها الرتبة الرابعة حيث بلغ عدد المجاري (78) مجرى، وأخيراً الرتبة الخامسة حيث بلغ عدد المجاري (30) مجرى، وبمجموع أطوال قُدِّر بـ (2168,6 كم).

3-3-3 طول الرتب (Stream length) ويأخذ الرمز (Lu): يتم قياس طول الرتبة من المنبع إلى المصب، حيث يوجد هناك علاقة طردية بين مساحة الحوض المائي وإجمالي طول روافده المائية. فكلما زادت مساحة الحوض، زاد مجموع طول الروافد المغذية له، ما يؤدي إلى انخفاض درجة انحداره وبالتالي انخفاض خطورة السيول والفيضانات فيه (Dubey et al, 2015). إن هناك ارتباطاً وثيقاً بين أطوال الأودية وخصائص الجريان المائي؛ إذ إن زيادة متوسط طول المجاري لكل رتبة مائية يؤدي إلى طول أكبر لرحلة الجريان المائي. وبشكل عام، فإن متوسط طول المجاري يزداد مع ارتفاع الرتبة المائية. فالمجاري ذات الرتب العليا تكون أطول من المجاري ذات الرتب الأدنى، وهذا مرتبط بتطور وتكامل شبكة التصريف المائي للحوض. وبتفسير آخر فإن ارتفاع متوسط طول المجاري مع الرتبة العليا يعكس زيادة المسافة التي يقطعها تدفق المياه، ما ينعكس على خصائص الجريان السطحي وعمليات النقل والترسيب داخل الحوض المائي. ويتضح لنا من خلال جدول 5، أن نتائج مجموع أطوال الرتب في حوض وادي ترج قدرت بـ (2168,6 كم).

4-3-8 معدل طول الرتب (Stream length ratio) ويأخذ الرمز (Lur): إن نسبة أطوال المجاري في كل رتبة مائية مقارنة بأطوال المجاري في الرتب الأعلى منها تعرف بنسبة التفرع. هذه النسبة تظهر العلاقة بين أطوال المجاري في الرتب المختلفة ضمن شبكة التصريف المائي للحوض. عموماً، تكون نسبة التفرع أكبر في الرتب الأدنى مقارنة بالرتب الأعلى، فالمجاري ذات الرتبة الأولى تكون أطول بنسبة أكبر من المجاري ذات الرتبة الثانية، والمجاري ذات الرتبة الثانية تكون أطول بنسبة أكبر من المجاري ذات الرتبة الثالثة وهكذا. هذا النمط في نسب أطوال المجاري بين الرتب المختلفة يعكس التطور التدريجي لشبكة التصريف المائي في الحوض (Das, S., & Pardeshi, S., 2018)، وتبين النتائج من خلال جدول 5 أن معدل طول الرتب

في وادي ترج يراوح بين 1 و 3.4، وتدل هذه النتيجة على معدل فوق المتوسط في شدة التضاريس والانحدار.

5-3-8 نسبة التشعب (Bifurcation ratio) وتأخذ الرمز (Rb): هي النسبة بين عدد المجاري في رتبة ما إلى عدد المجاري في الرتبة التالية الأعلى منها. هذه النسبة تعكس مدى انبثاق وتفرع المجاري المائية ضمن شبكة التصريف في الحوض. وبشكل عام، تكون معدلات التشعب أعلى في الرتب الأدنى مقارنة بالرتب الأعلى؛ فالمجاري ذات الرتبة الأولى تنبثق من مجاري الرتبة الثانية بمعدل تشعب أكبر، والمجاري ذات الرتبة الثانية تنبثق من المجاري ذات الرتبة الثالثة بمعدل تشعب أقل وهكذا. هذا النمط في معدلات التشعب يعكس التطور المتدرج لشبكة التصريف المائي في الحوض، والذي ينعكس على الحفر الرأسى للمجاري وتوسعها على سطح الأرض (Strahler, 1957)، وتؤثر تكرارية السيول في قيمة التشعب حيث تكون معها في علاقة عكسية، إذ إنه كلما انخفضت نسبة التشعب تناقصت المسافة الخطية في رحلة المياه الجارية نحو المخرج (سلوم، 2012).

ومن خلال جدول 5 تشير النتائج إلى أن معدل التشعب لوادي ترج يراوح تقريباً بين 0.86 و 2.6). ومن النتائج نستطيع القول إن نسبة التشعب تعدّ طبيعية.

خصائص نسيج الحوض: بطبيعة الحال يتأثر نسيج الحوض وشبكة التصريف بالخصائص المناخية لمنطقة الدراسة، وكذلك الخصائص الجيومورفولوجية المتمثلة بالانحدارات والعوامل الجيولوجية المتمثلة في التركيب الجيولوجي والتنوع الصخري.

من خلال جدول 6 يتضح لنا نتائج قياس المتغيرات لخصائص نسيج حوض وادي ترج والتي بلغت كثافة تصريف المياه في الحوض (0.4) كم². وتأتي نتائج متغيرات نسيج الحوض على النحو الآتي:

جدول 6

نتائج خصائص النسيج في حوض وادي ترج (المصدر: من إعداد الباحث)

كثافة التصريف	تكرارية الرتب	معدل النسيج	طول التدفق الأرضي
0.4	0.1	0.05	5

1-4-8 كثافة التصريف (Drainage density) وتأخذ الرمز (Dd): تعرف بأنها النسبة بين إجمالي أطوال المجاري المائية في حوض ما إلى مساحة ذلك الحوض. وهي تُعد

من أهم الخصائص الجيومورفولوجية لشبكات التصريف المائي، حيث إنها تربط بين سمات الشكل (مثل أطوال المجاري) والعمليات الجيومورفولوجية التي تؤثر في تطور تلك المجاري وشبكة التصريف بشكل عام. إذ إن ارتفاع قيمة كثافة التصريف يُشير إلى شبكة تصريف مائي متطورة وكثيفة، ما يعكس عمليات حفر واندساس للمجاري المائية في سطح الأرض. وعلى العكس، فإن انخفاض كثافة التصريف يعني شبكة تصريف أقل تطوراً وكثافة، ما يشير إلى هيمنة عمليات الترسيب والتعرية المنحدرة على تشكيل سطح الأرض في تلك المنطقة. لذا فإن قيم كثافة التصريف تعبر عن خصائص الشكل والعمليات الجيومورفولوجية في الحوض المائي (ابو العينين، 1995). كما تؤدي نوعية الصخور والتربة والغطاء النباتي دوراً مهماً في التأثير على كثافة التصريف، فكلما قل الغطاء النباتي على سبيل المثال زادت عمليات التعرية ومن ثم من الطبيعي أن تزيد كثافة التصريف.

من خلال النتائج الموضحة في جدول 6 بلغت كثافة التصريف في حوض وادي ترج (0.4) مكعب في الثانية لكل كيلومتر مربع، وبناء على تصنيف (Strahler, 1957)، الذي اعتبر أن كثافة التصريف أكبر من 16 مرتفعة، وما بين 16 إلى 12 متوسطة أما أقل من 12 فتعد ضعيفة، لذا تعد كثافة التصريف بوادي ترج ضعيفة.

2-4-8 تكرار الرتب (Stream Frequency) ويأخذ الرمز (Fs): يعد معدل تكرار الأودية مقياساً يعكس لنا صورة جيدة عن مدى شدة تقطع سطح حوض التصريف، فضلاً عن كفاءة شبكة التصريف في سرعة نقل المياه، كما يعني عدد الروافد في الكيلومتر المربع الواحد (خضر، 1997). أي إنه بمعنى آخر كلما زاد عدد المجاري زادت تكرارية الرتب وبالتالي زادت الكثافة التصريفية؛ ويعكس هذا المتغير العلاقة بين عدد المجاري ومساحة التصريف (Das, S., & Pardeshi, S., 2018).

من خلال النتائج الموضحة في جدول 6 بلغ تكرار الرتب في حوض وادي ترج (0.1)؛ وبذلك تعد تكرارية المجاري بحوض وادي ترج متوسطة.

3-4-8 نسيج التصريف (Drainage Texture) ويأخذ الرمز (T): هو مؤشر مهم على شدة تقطع سطح الحوض المائي. حيث تتأثر هذه الكثافة بمجموعة من العوامل الطبيعية المتداخلة فيما بينها. وتتميز المناطق ذات المناخ الرطب بكثافة تصريف أعلى مقارنة بالمناطق الجافة؛ وهذا بسبب ارتفاع معدلات الهطول المطري وزيادة الجريان السطحي في المناطق الرطبة، كما أن نوع الصخور المكونة للحوض له تأثير

كبير؛ إذ إن الصخور الهشة والقليلة المقاومة للتعرية تسمح بتطور شبكة أكثر كثافة للمجري المائية، عكس الصخور الصلبة التي تعوق تشكيل هذه الشبكات. علاوة على ذلك، يؤدي الغطاء النباتي دوراً محورياً؛ فالغطاء النباتي المكثف يعمل على زيادة معدلات ترشيح المياه في التربة وتقليل الجريان السطحي، ما يؤدي إلى انخفاض كثافة التصريف، إذ تتأثر كثافة التصريف بمرحلة التطور الجيومورفولوجي التي يمر بها الحوض. ففي المراحل المبكرة للتطور، تكون الكثافة عالية نتيجة عمليات الحفر والتقطع، ثم تنخفض مع استكمال عملية التطور في المراحل المتأخرة (Das, S., & Pardeshi, S., 2018). كما أن نسيج الحوض الذي يتميز بكثافة تصريف وكثافة محيط عالية يدل على شبكة مائية متطورة وتقطع شديد للسطح، ومن هنا يمكن تعريفه بأنه المجموع الكلي للتدفقات على محيط حوض الوادي (Horton, 1945).

من خلال النتائج الموضحة في جدول 6 تم تقدير نسيج التصريف في حوض وادي ترج بـ (0.05) كم/كم²، ما يدل على أن نسيج التصريف يعدّ خشناً بناءً على التصنيف الخاص بـ (Smith, 1950)، حيث بيّن أن النسيج الأقل من 4 يعدّ خشناً.

4-4-8 طول التدفق الأرضي Length of overland flow ويأخذ الرمز (Lo): وهو يُعبّر عن كثافة وانتشار مسارات الجريان السطحي على محيط الحوض قبل أن تتجمع هذه المسارات في شكل روافد مائية محددة (Chorley, 1969).

من خلال النتائج الموضحة في جدول 6 تم تقدير طول التدفق الأرضي في حوض وادي ترج بـ (5) كم؛ وبذلك فإن سيول مياه الأمطار تحتاج إلى تكوين مجاري الرتبة الأولى إلى زمن أكبر.

النتائج والتوصيات

النتائج: قدمت هذه الدراسة نموذجاً تطبيقياً يستند إلى تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والتحليل الكمي لتفسير المتغيرات المورفومترية في حوض وادي ترج. تميزت هذه الدراسة بأنها بديل ناجح و متميز يتفوق على الطرق التقليدية، إذ أظهرت كفاءة عالية وتكلفة منخفضة وسرعة في إنجاز الدراسة. حيث تمكنت الدراسة من فهم وتفسير المتغيرات المورفومترية بدقة وشمولية، ما أسفر عن نتائج موثوقة تمثلت في دراسة شاملة لحوض وادي ترج. توصلت الدراسة إلى عدد من النتائج كان من ضمنها بناء قاعدة بيانات شاملة لحوض وادي ترج، تضمنت القياسات المورفومترية وتفسيراتها، فضلاً عن استخراج شبكات التصريف وتحديد مساحة وأطوال الحوض،

إذ بلغت مساحة حوض وادي ترج نحو 5389,13 كيلومتراً مربعاً، وبلغ طول حوض وادي ترج نحو 102.4 كيلومتراً، ما يعادل ضعف العرض الذي بلغ (52.6 كم). كما استنتجت الدراسة أن معدل الاستدارة لحوض وادي ترج بلغ (0.36)، أي إن الحوض يبعد عن الاستدارة، ويكون غير منتظم الأجزاء وممتداً ويعتبر متعرجاً بشكل قليل ما يقلل من تأثيره على التدفق، وبالتالي تقليل خطر الفيضانات المفاجئة، وغير المحسوبة، ويسمح بتصريف أكثر سلاسة للمياه.

كما استنتجت هذه الدراسة من خلال نتائج الخصائص الشكلية والتضاريسية للحوض أن 33,07% من مساحته تميل نحو الانحدار فوق المتوسط، ما يشير إلى أن سرعة جريان المياه تكون فوق متوسطة نسبياً، وبالتالي يستغرق وصولها إلى المصب وقتاً متوسطاً. إن معامل التضرس لحوض وادي ترج الذي بلغ (1526م) ويعدّ قيمة مرتفعة بشكل متوسط، ما أدى إلى سرعة الجريان، لذا فإن تدفق المياه في وادي ترج لا يشكل خطورة عالية.

ومن النتائج الأخرى التي خلصت إليها هذه الدراسة، هو وصف تفاصيل شبكة المجاري المائية لحوض وادي ترج، حيث بلغ عدد المجاري في وادي ترج (661) مجرى، توزعت في الرتب الخمس، لتبلغ في الرتبة الأولى نحو (331) مجرى، وبلغ عدد المجاري في الرتبة الثانية (155) مجرى، فيما بلغ عدد المجاري في الرتبة الثالثة (67) مجرى، ثم تلتها الرتبة الرابعة حيث بلغ عدد المجاري (78) مجرى، وأخيراً الرتبة الخامسة حيث بلغ عدد المجاري (30) مجرى، وبمجموع أطوال قدرت بـ 2168,6 كم.

كما توصلت الدراسة إلى انخفاض كثافة التصريف في حوض وادي ترج حيث بلغت (0.4) مكعب في الثانية لكل كيلومتر مربع. الخلاصة: بناءً على نتائج الدراسة، فإن الحوض لا يتسم بالاستدارة، وهو غير منتظم الأجزاء وممتد، ما يقلل من تأثيره على التدفق وخطر الفيضانات المفاجئة. كما أن 33.07% من مساحة الحوض تميل نحو الانحدار فوق المتوسط، ما يعني أن سرعة جريان المياه فوق هذه المنطقة تكون نسبياً متوسطة. وفي المقابل، فإن تدفق المياه في وادي ترج لا يشكل خطورة عالية نظراً لانخفاض كثافة التصريف في الحوض ككل.

وبناءً على هذا التحليل لخصائص الحوض، يتضح لنا أنه لا يمثل تهديداً كبيراً للفيضانات المفاجئة على المناطق العمرانية أو الزراعية المحيطة في الوقت الحالي، لأن تضاريسه وتوزيع الانحدار فيه يساهمان في تقليل سرعة التدفق المائي وكثافته.

التوصيات: أوصت هذه الدراسة على ضرورة استخدام نماذج الارتفاعات الرقمية، مع التفضيل لدرجة وضوح مكاني لا يقل عن 30 متراً. كما توصي هذه الدراسة بتعزيز الأبحاث في الجوانب الهيدروجيولوجية التي تساعد في تعزيز المعرفة العلمية وتطوير الإستراتيجيات والسياسات لإدارة الموارد المائية بشكل فعال للحوض، إذ تسهم مثل هذه الدراسات في تحديد المناطق المعرضة للفيضانات وتقييم المخاطر المائية، وتطوير إجراءات الحد من التأثيرات السلبية للسيول وتحسين الاستدامة البيئية والاقتصادية للمناطق المتأثرة. كما توصي الدراسة باستخدام نموذج ارتفاعات رقمي ذي وضوح مكاني أقل من 30م للخروج بنتائج أكثر دقة يبنى عليها دراسات تفصيلية أكثر.

المراجع

- أبو الشواشي، نادية (2003)، *التحليل الجيومورفومتري لحوض وادي المجنين دراسة في أشكال سطح الأرض*، [رسالة ماجستير غير منشورة]، كلية الآداب، جامعة السابغ من ابريل، ليبيا.
- أبو العينين، حسن سيد أحمد. (1995). *أصول الجيومورفولوجيا دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض*، العدد (11)، مؤسسة الثقافة الجامعية، الإسكندرية، مصر.
- التويجري، حمد أحمد، الخوفى، منيرة إبراهيم، والجعيدى، فرحان حسين صالح. (2020). وادي المشقر في المجمع: دراسة مورفومترية باستخدام نموذج الارتفاعات الرقمية. *مجلة جامعة الملك عبدالعزيز - الآداب والعلوم الإنسانية*، مج 28، ع14، 274 - 280.
- الjasر، حمد (1977)، *المعجم الجغرافي للبلاد العربية السعودية*، منشورات دار اليمامة للبحث والترجمة والنشر.
- الجعيدى، فرحان وبوروية، محمد. (1428). *تقدير تدفق الذروة للسيول بحوض وادي العين بمحافظة الخرج في المملكة العربية السعودية*، مركز البحوث، كلية الآداب، جامعة الملك سعود، عدد 121.
- العمرى، سعد رافع. (2021). *التحليل المورفومتري المقارن لخصائص الشبكة المائية لحوض وادي بيشة: دراسة مقارنة بين نموذج الارتفاع الرقمي والخريطة الطبوغرافية السعودية*. *مجلة العلوم الاجتماعية*، مج49، ع1، 117 - 150. مسترجع من الوصف: التحليل المورفومتري المقارن لخصائص الشبكة المائية لحوض وادي بيشة
- القحطاني، نوال سالم سعيد محمد. (2023). *التحليل الكمي للمتغيرات المورفومترية ودلالاتها الجيومورفولوجية لحوض وادي المريش*. *المجلة العربية للدراسات الجغرافية*، ع17، 97 - 130. مسترجع من <http://search.mandumah.com/Record/1375387>

بيانات الأمطار والطقس (نموذج MERRA2)، المطور بواسطة وكالة الفضاء الأمريكية (NASA)
<https://power.larc.nasa.gov/beta/data-access-viewer/>

خرائط الارتفاعات الرقمية (موقع هيئة المسح الجيولوجية الأمريكية <https://earthexplorer.usgs.gov/>)
 خضر، محمود. (1997). *الأخطار الجيومورفولوجية في مصر مع التركيز على السيول في وادي النيل،*
 [رسالة ماجستير غير منشورة]، كلية الآداب، جامعة عين شمس، القاهرة.

ريان، وفاء. (2014). *الخصائص المورفومترية لحوض وادي الفارعة-فلسطين باستخدام نظم*
المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية، [رسالة ماجستير غير منشورة]، كلية
 الآداب، الجامعة الإسلامية، غزة.

سقا، عبدالحفيظ محمد. (2004). *الجغرافيا الطبيعية للملكة العربية السعودية،* دار كنوز المعرفة، جدة.
 سلوم، غزوان. (2012). *حوض وادي القنديل (دراسة مورفومترية).* مجلة جامعة دمشق، المجلد 28،
 العدد الأول.

عاشور، محمود. (1991). *طرق التحليل المورفومتري لشبكات التصريف المائي،* كلية الآداب، جامعة
 عين شمس، القاهرة.

علاجي، أمانة. (2010). *تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية*
ومدلولاتها الهيدرولوجية في حوض وادي يللم، [رسالة ماجستير غير منشورة]، كلية
 العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى، مكة المكرمة المملكة العربية السعودية.

فراج، أبوبكر. (2012). *الأخطار الجيومورفولوجية في المنطقة بين بحيرة التمساح ورأس قناة السويس،*
 [رسالة ماجستير غير منشورة]، كلية الآداب، جامعة القاهرة، مصر.

محسوب، محمد صبري. (2003). *القاموس الجغرافي في الجوانب الطبيعية والبيئية،* الطبعة الأولى،
 مطبعة الاسراء، القاهرة، مصر.

Al-Juhani, K., Al-Mulhim, A., Al-Ahmadi, M., & Al-Amri, N. (2023). Morphometric Characterization and Dual Analysis for Flash Flood Susceptibility Assessment in Wadi Al-Lith Watershed, Saudi Arabia. *Water*, 16(22), 3333. <https://doi.org/10.3390/w16223333>

Ahmed, A., Rehman, S., & Khan, M. A. (2023). Advanced GIS applications in flood risk modeling. *Environmental Modelling & Software*, 157, 105589. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.105589>

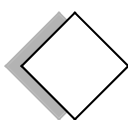
Burrough, P. A. (1986). *Principles of geographical information systems for land resources assessment.* Oxford University Press.

Chorley, R. J. (1969). *Water, Earth and Man: A Synthesis of Hydrology, Geomorphology and Socio-Economic Geography.* Methuen.

- Choudhury, D., Das, S., & Paul, S. (2022). Geomorphometric analysis using high-resolution digital elevation models. *European Journal of Remote Sensing*, 55(1), 342–355. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2022.103015>
- Das, S., & Pardeshi, S. (2018). Morphometric analysis of Vaitarna and Ulhas river basins, Maharashtra, India using geospatial techniques. *Applied Water Science*, 8, 158. <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0801-z>.
- Dubey, A. K., Sharma, A. P., & Singh, S. K. (2015). Quantitative morphometric analysis of Sukri river basin, Chhattisgarh, India using remote sensing and GIS. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 2(5), 75–85.
- Hajam, R. A., Hamid, A., & Bhat, S. (2013). Application of Morphometric Analysis for Geo-Hydrological Studies Using Geo Spatial Technology – A Case Study of Vishav Drainage Basin. *Hydrology: Current Research*, 4(1), 157. <https://doi.org/10.4172/2157-7587.1000157>
- Horton, R. E. (1932). Drainage basin characteristics. *Transactions of the American Geophysical Union*, 13, 350–361.
- Hotzl, H., & Zotl, J. (1978). Climatic changes during the quaternary period. In S. Al Sayari & Z. Jado (Eds.), *Quaternary period in Saudi Arabia* (pp. 301-311). Springer-Verlag.
- Johnson, P. R., Andresen, A., Collins, A. S., Fowler, A. R., Fritz, H., Ghebreab, W., Kusky, T. M., & Stern, R. J. (2013). Late Cryogenian–Ediacaran history of the Arabian–Nubian Shield: A review of tectonostratigraphic evolution and correlations with the East African Orogen. *Geological Society, London, Special Publications*, 389(1), 87–114. <https://doi.org/10.1144/SP389.14>
- Magesh, N. S., Chandrasekar, N., & Soundranayagam, J. P. (2011). Morphometric evaluation of Papanasam and Manimuthar watersheds, Western Ghats, India: A GIS approach. *Environmental Earth Sciences*, 64(2), 373–381.
- Pareta, K., & Pareta, U. (2011). Quantitative Morphometric Analysis of a Watershed of Yamuna Basin, India Using ASTER (DEM) Data and GIS. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 2, 248–269.
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Bulletin of the Geological Society of America*, 67, 597–646.
- Smith, K. G. (1950). Standards for grading texture of erosional topography. *American Journal of Science*, 248, 655–668.
- Sreedevi, P. D., Subrahmanyam, K., & Ahmed, S. (2017). Morphometric analysis for watershed management using remote sensing and GIS techniques. *Environmental Earth Sciences*, 66(4), 1369–1378. <https://doi.org/10.1007/s12665-011-1301-3>

Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Transactions of the American Geophysical Union*, 38(6), 913–920.

Young, A. (1972). Slopes. Oliver & Boyd.



الاهتمامات البحثية: نظم معلومات الجغرافية والجيولوجيا الاقتصادية،
التعدين، والكشف عن المعادن باستخدام التقنيات الفضائية، الاستشعار عن
بعد .

للاستشهاد

العمرى، يوسف بن علي. (2026). وادي ترج في محافظة النماص: دراسة
مورفومترية باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي. *مجلة العلوم الاجتماعية*، 54 (2)،
247–282.

Doi: 10.34120/jss.2026.2827

To Cite:

ALAmri, Y. (2026). Tarj valley in Al-Namas governorate: A morphometric
study using digital height model. *Journal of the Social Sciences*, 54 (2),
247–282.

Doi: 10.34120/jss.2026.2827