المجلد الثالث – العدد الثالث
يونيو 2026م
ISSN:3079 - 2444
مجلة أوتاد المعرفة : مجلة علمية إلكترونية محكمة. تصدر عن الأكاديمية الليبية للدراسات العليا – طبرق

استخدام التقنيات المكانية في التحليل المورفومتري لحوض وادي طيب الاسم وتفسير مدلولاته الجيومورفولوجية والهيدرولوجية

أ.د عبدالحكيم خماج **سليمان فرج الزرزاح**

الاكاديمية الليبية للدراسات العليا

الملخص:

يهدف هذا البحث إلى تحليل الخصائص المورفومترية والجيومورفولوجية والهيدرولوجية لحوض وادي طيب الاسم الواقع في شمال غرب ليبيا، من خلال توظيف تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ونماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) في دراسة شكل الحوض وبنيته الطبوغرافية وتوزيع شبكة التصريف المائي. اعتمدت الدراسة على منهج التحليل المكاني الكمي لاشتقاق المعاملات المورفومترية المرتبطة بمساحة الحوض، وطوله، ومحيطه، وانحداراته، وكثافة تصريفه، بهدف تفسير علاقته بالعمليات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية السائدة. أظهرت النتائج أن الحوض يتميز بشكل ممدود غير منتظم تتحكم فيه التراكيب الجيولوجية والانحدارات العامة للسطح، مما يعكس مرحلة جيومورفولوجية شابة تتسم بسيادة عمليات النحت الرأسي والتعرية النشطة. كما تبين أن شبكة التصريف داخل الحوض متكاملة ذات كثافة متوسطة إلى مرتفعة، ما يدل على كفاءة تصريفية جيدة واستجابة سريعة لمياه الأمطار. وتكشف الخصائص التضاريسية عن تضرس متوسط إلى مرتفع ووعورة سطحية واضحة، تؤكد استمرار النشاط التكتوني والمائي في المنطقة. خلصت الدراسة إلى أن توظيف التقنيات المكانية الحديثة أتاح إمكانية وصف وتفسير سلوك الحوض المائي بدقة عالية، وساهم في بناء تصور شامل لطبيعته المورفومترية والبيئية، الأمر الذي يعزز من أهمية استخدامها في إدارة الموارد المائية وتقييم أخطار الفيضانات في البيئات الجافة وشبه الجافة الليبية.

الكلمات المفتاحية: ***التحليل المورفومتري، نظم المعلومات الجغرافية، وادي طيب الاسم، النمذجة الرقمية، الجيومورفولوجيا التطبيقية، ليبيا.***

Abstract

This study aims to analyze the morphometric, geomorphological, and hydrological characteristics of the Wadi Tayyeb Al-Ism Basin in northwestern Libya, using Geographic Information Systems (GIS) and Digital Elevation Models (DEM). The research employs a quantitative spatial analysis approach to derive key morphometric parameters related to basin area, length, perimeter, slope, and drainage density, in order to interpret their geomorphological and hydrological implications. The findings reveal that the basin has an elongated and irregular shape controlled by geological structures and general surface

gradients, indicating a youthful geomorphological stage dominated by active vertical erosion and fluvial incision. The drainage network exhibits moderate to high density and structural integration, reflecting efficient runoff and rapid hydrological response to rainfall. The topographic features show moderate to high relief and noticeable ruggedness, signifying the continued influence of tectonic and erosional processes in shaping the basin. The study concludes that integrating spatial technologies such as GIS and DEM provides an accurate framework for quantifying and interpreting basin dynamics. This contributes to a better understanding of watershed behavior and highlights the significance of morphometric analysis in water resource management and flood hazard assessment within arid and semi-arid environments of Libya.

Keywords: ***Morphometric Analysis, GIS, Wadi Tayyeb Al-Ism, Digital Elevation Model, Applied Geomorphology, Libya.***

المقدمة:

تُعد الجيومورفولوجيا أحد الفروع الرئيسة في الجغرافيا الطبيعية، إذ تختص بدراسة أشكال سطح الأرض وتحليل العوامل الجيولوجية والمناخية والبنيوية التي أسهمت في تكوينها عبر الزمن الجيولوجي. وقد مرّ هذا الحقل العلمي بعدة مراحل من التطور؛ من التركيز على الوصف الكيفي في بداياته إلى اعتماد التحليل الكمي والمكاني في العقود الأخيرة، وذلك بفضل التطور في التقنيات المكانية ونظم المعلومات الجغرافية. وقد ساهم هذا التحول في توسيع نطاق الدراسات الجيومورفولوجية من البحوث النظرية إلى التطبيقات العملية في مجالات إدارة الموارد المائية، وتقييم أخطار السيول، وتخطيط استخدامات الأراضي. (اليوسيفي وسالم، 2016).

ويُعتبر التحليل المورفومتري من أبرز الاتجاهات الحديثة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، إذ يُعنى بدراسة الخصائص الشكلية والهيدرولوجية للأحواض المائية بطريقة كمية دقيقة. وتُشتق المعاملات المورفومترية من البيانات الطبوغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية، ما يسمح بفهم طبيعة الجريان السطحي وأنماط الصرف والبنية الطبوغرافية العامة. وقد أكدت العديد من الدراسات أن هذا النوع من التحليل يُسهم في بناء النماذج الرياضية والهيدرولوجية الدقيقة التي تفسر سلوك الأحواض المائية وعلاقتها بالعمليات الجيولوجية والمناخية (عنيبة، 2023).

ومع التطور الكبير في التقنيات المكانية مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS)، أصبح بالإمكان استخراج الخصائص المورفومترية للأحواض المائية بدرجة عالية من الدقة، مع تقليل

الجهد والوقت مقارنة بالأساليب التقليدية. وتشير الدراسات الحديثة إلى أن دمج بيانات الارتفاعات الرقمية (DEM)مع أدوات التحليل المكاني في نظم المعلومات الجغرافية مكّن الباحثين من دراسة العلاقة بين البنية الجيولوجية وانحدار السطح، وتحديد مناطق تجمع المياه ومخاطر الفيضانات المحتملة (بن طاهر، 2022).

وفي هذا السياق، أثبتت دراسات عربية عدة في البيئات الجافة وشبه الجافة، مثل عوض ومحمد (2021) والأشهب (2015)، فاعلية استخدام التحليل المورفومتري في تفسير العلاقات بين شكل الحوض ونمط التصريف ومدى تأثره بالعوامل الجيولوجية والمناخية. كما أظهرت الدراسات الدولية الحديثة نتائج مشابهة، حيث أوضحت أبحاث Aziz et al. (2020) و Bajirao et al. (2019) أن توظيف بيانات ASTER و SRTM ضمن بيئة GIS يوفّر أدوات دقيقة لتحليل بنية الأحواض النهرية وتقييم استجابتها الهيدرولوجية.

وعلى الرغم من التقدم الكبير في هذا المجال، فإن الدراسات المورفومترية في الوطن العربي لا تزال محدودة نسبيًا، بسبب افتقار بعض الباحثين إلى البيانات الرقمية الدقيقة أو إلى البرمجيات المتقدمة. ومع ذلك، فإن توفر بيانات الأقمار الصناعية المجانية مثل SRTM DEM وASTER GDEM أتاح فرصًا جديدة لإجراء تحليل كمي دقيق لأحواض الأودية في البيئات العربية، خصوصًا في ليبيا، التي تتميز بخصائص جيومورفولوجية فريدة وتنوع تضاريسي واسع بين المناطق الساحلية والجبلية والصحراوية.

في ضوء ما تقدّم، تتضح الأهمية العلمية والعملية للتحليل المورفومتري في دراسة الأحواض المائية، بوصفه مدخلًا كميًا لتفسير العمليات الجيومورفولوجية المعقّدة وفهم السلوك الهيدرولوجي للأحواض. وقد أصبحت نظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية أدوات رئيسة في هذا المجال، لما توفره من دقة مكانية وقدرة تحليلية عالية تسهم في استخراج المتغيرات المورفومترية بصورة آلية وسريعة، مقارنة بالطرق التقليدية المعتمدة على القياس اليدوي أو التفسير البصري للخرائط.

تأتي هذه الدراسة ضمن هذا الإطار لتطبيق تلك التقنيات الحديثة على حوض وادي طيب الاسم في شمال غرب ليبيا، بوصفه نموذجًا للأحواض الجافة التي تتأثر بعوامل طبيعية متعددة تشمل الجيولوجيا، والمناخ، والانحدار، والغطاء الأرضي. ويهدف البحث إلى تحليل الخصائص المورفومترية ومدلولاتها الجيومورفولوجية

لحوض وادي طيب الاسم من خلال الاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ونموذج الارتفاعات الرقمية (DEM).

مشكلة الدراسة

على الرغم من التقدم الكبير في مجال الدراسات المورفومترية، وظهور تقنيات التحليل المكاني المتقدمة مثل نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ونماذج الارتفاعات الرقمية(DEM) ، إلا أن الأبحاث التطبيقية التي تتناول تحليل الأحواض المائية في ليبيا لا تزال محدودة، خاصة في المناطق الجبلية والساحلية الشمالية التي تتأثر بعوامل طبيعية متنوعة.

ويُعد حوض وادي طيب الاسم أحد الأحواض التي لم تُدرس مورفومتريًا بشكل كافٍ، على الرغم من أهميته في فهم ديناميكية الجريان السطحي وتقييم الأخطار الهيدرولوجية في المنطقة.

ومن هنا تنبع مشكلة الدراسة من الحاجة إلى الإجابة على السؤال الرئيس الآتي:

كيف يمكن توظيف التقنيات المكانية (GIS وDEM) في التحليل المورفومتري لحوض وادي طيب الاسم، وما الذي تكشفه الخصائص المورفومترية عن مدلولاته الجيومورفولوجية والهيدرولوجية؟

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل وتفسير الخصائص المورفومترية لحوض وادي طيب الاسم باستخدام التقنيات المكانية الحديثة، من خلال مجموعة من الأهداف الفرعية، وهي:

1. استخراج الحدود العامة لحوض وادي طيب الاسم وشبكة التصريف المائي بدقة عالية باستخدام بيانات نموذج الارتفاعات الرقمية.(DEM)
2. حساب وتحليل المعاملات المورفومترية الأساسية (مثل مساحة الحوض، الطول، المحيط، الكثافة التصريفية، نسبة الاستطالة، ونسبة التشعب).

3. تفسير الدلالات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية لهذه المعاملات وربطها بالبنية الجيولوجية والانحدار وشكل السطح.
4. إعداد خرائط رقمية مكانية توضح توزيع الانحدارات وأنماط الصرف ومناطق تجمع المياه المحتملة.
5. تقييم الخصائص الهيدرولوجية للحوض وتحديد مدى قابليته لتجميع مياه السيول أو تصريفها، بما يساهم في فهم مخاطر الفيضانات.
6. إبراز دور نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد كأدوات فعالة في التحليل المكاني الكمي للأحواض المائية في البيئات الجافة.

أهمية الدراسة

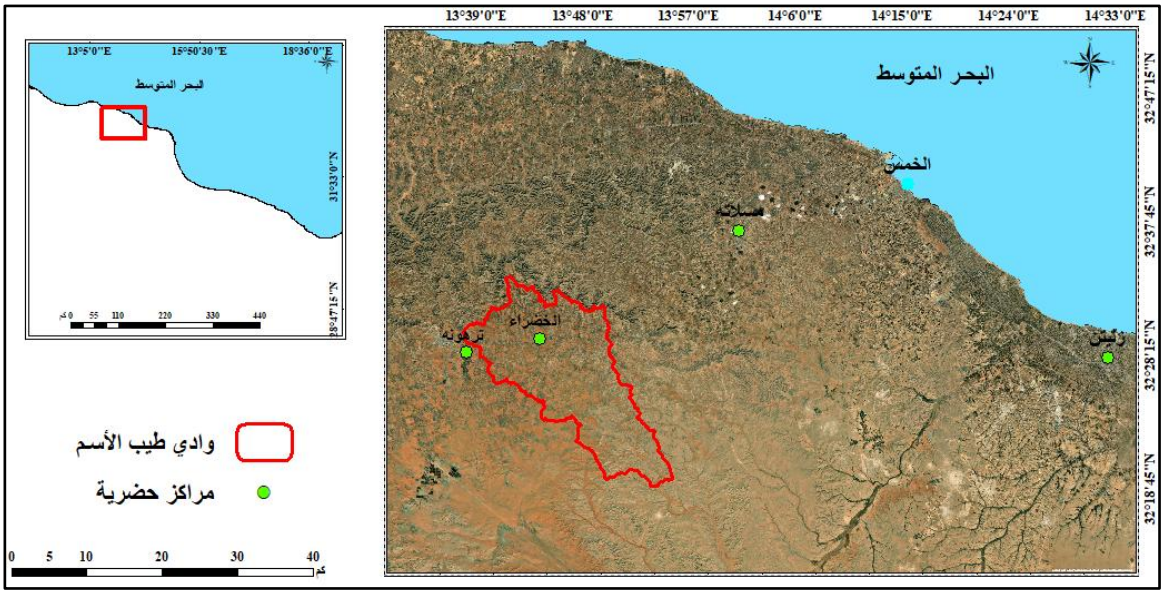
تنبع أهمية هذه الدراسة من كونها تجمع بين البعدين العلمي والتطبيقي في آن واحد، إذ تُعد من الدراسات القليلة التي تتناول التحليل المورفومتري لأحواض الأودية الليبية باستخدام التقنيات المكانية الحديثة، ولا سيما في البيئات الجافة وشبه الجافة التي تتسم بتعقيدها الجيومورفولوجي وتنوع خصائصها الطبوغرافية. من الناحية العلمية، تسهم هذه الدراسة في إثراء المعرفة الجيومورفولوجية التطبيقية من خلال اعتماد منهج كمي دقيق في تحليل الخصائص المورفومترية، ما يجعلها إضافة نوعية في مجال استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)ونماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) في دراسة الأحواض المائية. كما تُمكّن من فهم أعمق للعلاقة بين الخصائص الشكلية والهيدرولوجية للأحواض والعوامل الطبيعية المؤثرة فيها، مثل البنية الجيولوجية، والانحدار، والمناخ، وطبيعة الغطاء الأرضي.

منهجية الدراسة:

1. منطقة الدراسة:

يقع حوض وادي طيب الاسم في الركن الجنوبي الغربي من منطقة الخمس، التي تتمركز في الشمال الشرقي من مدينة طرابلس، على بُعد يقدّر بنحو 140 كيلومترًا تقريبًا، يحد الحوض من الجهة الغربية منطقة أولاد الخمس، ومن الجهة الشرقية كل من منطقة الخضراء ترهونة ومنطقة زليتن، في حين تحده من الجهة الشمالية منطقة الخمس ذاتها، أما من الجهة الجنوبية فتقع المرتفعات الجبلية التي تفصل بين مناطق زليتن

والخمس وبني وليد. ويُعد هذا الموقع الجغرافي من المواقع المميزة التي تجمع بين الخصائص الساحلية والجبلية، مما أكسب الحوض تنوعًا تضاريسيًا ومورفولوجيًا واضحًا يؤثر في نمط التصريف المائي وخصائص الجريان السطحي فيه. ويمتد حوض وادي طيب الاسم بين دائرة عرض 30` 09 `32 ° و30` 29 `32 ° شمالًا، وخط طول 00` 47 `13 ° و00` 06 `14 ° شرقًا حيث تبلغ مساحته نحو 322.11كم^2. وتتكوّن منطقة الدراسة من تراكيب جيولوجية متعدّدة تعود إلى الأزمنة الجيولوجية الثاني والثالث والرابع، أسهمت في تشكيل الخصائص الجيومورفولوجية لحوض وادي طيب الاسم وشبكة تصريفه. ويغلب على الحوض تكوين نالوت من العصر الكريتاسي وتكوين الخمس من عصر الميوسين الأوسط، وكلاهما من التكوينات الجيرية ذات الأهمية الاقتصادية. كما تنتشر رواسب البلايستوسين والهولوسين المائية والرياحية في قاع الحوض وأجزائه الوسطى والجنوبية، مؤثرة في تطور المجاري المائية والعمليات النحتية والترسيبية (مركز البحوث الصناعية، 1975)..



شكل (1) موقع منطقة الدراسة

المصدر: من عمل الباحث بناء على بيانات Google Earth pro، وباستخدام ArcMap

2. مصادر البيانات:

اعتمدت هذه الدراسة على مجموعة متنوعة من البيانات والمصادر التي تمثل الأساس في إجراء التحليل المكاني والمورفومتري، والتي يمكن تلخيصها فيما يأتي:

أ. المرئيات الفضائية:

تم استخدام نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) المشتق من بيانات القمر الصناعي ASTER، بدقة تمييز مكانية تبلغ 30 مترًا، وذلك لاستخراج الخصائص الطبوغرافية والمورفومترية لحوض الدراسة، مثل الانحدار وشبكة التصريف ومناطق تجمع المياه، علاوة على بيانات القمر الأوروبي 2B للحصول على بعض مؤشر الغطاء النباتي.

ب. العمل الميداني:

أُجريت زيارة ميدانية لمنطقة الدراسة بتاريخ 23 ديسمبر 2025، جُمعت خلالها مجموعة من الملاحظات والقياسات باستخدام جهاز تحديد المواقع العالمي (GPS) وشريط القياس لقياس بعض المسافات الميدانية، كما تم توثيق مظاهر السطح بالصور الفوتوغرافية لدعم الجانب التحليلي للدراسة والتحقق من دقة النتائج المستخلصة من التحليل المكاني.

3. معالجة البيانات:

اعتمدت الدراسة في معالجة بياناتها على مجموعة من المؤشرات المكانية والعمليات التحليلية الرقمية التي أُجريت باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وبيانات الاستشعار عن بُعد(RS) ، وذلك من أجل استخلاص الخصائص المورفومترية والبيئية ذات العلاقة بحوض وادي طيب الاسم. وقد شملت عملية المعالجة المكانية عدداً من المراحل والمؤشرات على النحو الآتي:

أ. مؤشر الغطاء النباتي (NDVI)

تم حساب مؤشر الاختلافات الخضرية الطبيعي (Normalized Difference Vegetation Index) لقياس توزيع الغطاء النباتي في منطقة الدراسة، باستخدام المعادلة الآتية:

$$NDVI= (B1-B2)/(B1+B2)$$

حيث تمثل B1 الأطوال الموجية في نطاق الأشعة تحت الحمراء القريبة(NIR) ، وتمثل B2 الحزم الحمراء (RED) وفق .(Gommes & Caracalla, 1979) وقد استخدم هذا المؤشر لتحديد دور الغطاء النباتي في تخفيف شدة الجريان السطحي وتقليل مخاطر الفيضانات ضمن النموذج التحليلي المستخدم في الدراسة.

ب. خصائص الأودية والتحليل الهيدرولوجي:

أُستخدم برنامج ArcMap 10.5 ضمن بيئة GIS لتحديد الحدود الدقيقة لحوض وادي طيب الاسم، واستخلاص شبكة التصريف المائي بالاعتماد على بيانات نموذج الارتفاعات الرقمية .(ASTER) وقد جرى إنتاج الخرائط الرقمية الخاصة بالارتفاعات والانحدارات باستخدام أدوات التحليل المكاني (Spatial Analyst Tools)، وتحديدًا أداةHydrology ، كما تم حساب مجموعة من المعاملات المورفومترية الأساسية للأحواض المائية.

ج. أبعاد الحوض:

مساحة الحوض: حُددت باستخدام بيانات الـ DEM بعد رسم حدود الحوض بدقة.

طول الحوض: تم قياسه وفق منهجية (Gregory & Walling, 1973) التي تُعرف الطول بأنه المسافة بين نقطة المصب وأبعد نقطة على محيط الحوض.

محيط الحوض: يمثل خط تقسيم المياه (Watershed boundary) الفاصل بين الحوض المدروس والأحواض المجاورة.

د. الخصائص الشكلية للحوض:

معامل الاستطالة: عُرف وفق (Schumm, 1956) بأنه النسبة بين قطر دائرة تساوي مساحتها مساحة الحوض وأقصى طول له، ويُعد من أكثر المؤشرات دقة في توصيف شكل الحوض.

معامل الشكل: يعبّر عن العلاقة بين مساحة الحوض وطوله، ويُحسب بقسمة مساحة الحوض (كم²) على مربع طوله (كم²) وفق (Horton, 1932؛ عاشور، 1986).

معامل التضرّس: يوضح درجة تضرس الحوض نسبةً إلى طوله، ويُحسب من خلال قسمة الفرق بين أعلى وأدنى ارتفاع في الحوض (متر) على طول الحوض (كم) حسب.(Schumm, 1956)

هـ. خصائص شبكة التصريف:

تم اعتماد أسلوب (Strahler, 1952) في ترتيب شبكة التصريف المائي نظرًا لبساطته ودقته، مع حساب أعداد المجاري وأطوالها لكل مرتبة من مراتب الشبكة. ومن أبرز المعاملات المورفومترية المستخدمة في هذا الجانب:

كثافة التصريف :(Drainage Density) تُعد مؤشرًا على طبيعة السطح الجيولوجي ومدى نفاذيته، وتحسب وفق معادلة (Horton, 1932) كالآتي:

معدل بقاء المجاري :(Stream Frequency or Maintenance) يُعبر عن المساحة اللازمة لتغذية كل وحدة طولية من مجاري التصريف، ويُحسب باستخدام معادلة:(Schumm, 1956)

كلما ارتفعت قيمة هذا المعدل دلّ ذلك على اتساع مساحة الحوض مقارنة بطول مجاريه، والعكس صحيح.

تم حساب الخصائص الشكلية والتضاريسية والهيدرولوجية لحوض وادي طيب الاسم اعتمادًا على البيانات الرقمية لنموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بدقة 30م، باستخدام برنامج ArcGIS 10.8.2، بالإضافة إلى تطبيق مجموعة من المعادلات المورفومترية والهيدرولوجية، جدول (1)، كما يأتي:

جدول (1) معادلات الخصائص الشكلية والتضاريسية والهيدرولوجية لحوض وادي طيب الاسم

المتغير المورفومتري / الهيدرولوجي	المعادلة	المصدر / المرجع
(عرض الحو	W = A / Lb	جابر، 2005
معامل الاستدارة	RC = 12.57 × (A / P²)	ملتون، 1958؛ المغازي، 2015
معامل الشكل	Rf = A / Lb²	؛ المغازي، 19572015، Strahler
معامل الاستطالة	Re = Dc / Lp	، 1956؛ الخفاجي، Schumm2016
معامل الاندماج	Cc = 0.2841 × P / A^0.5	، 1914؛ الدليمي، Gavelius2001
معامل الانبعاج	k = 2Lb / 4A	، Chorley1957
نسبة الطول إلى العرض	Rlw = Lb / W	الفيتوري، 2015
نسبة تماسك المحيط	K = 1 / √RC	الصحاف، 1990
التعرج النسبي للمحيط	RCP = P² / A	الأشهب، 2015
نسبة التضرس	Rr = (Hmax − Hmin) / Lb	، Schumm1956
التضرس النسبي	Rhp = H / P	، Melton1957
درجة الوعورة	Rn = Dd × H / 1000	Strahler ،1957
التكامل الهيبسومتري	Hi = (h/H) / (a/A)	، Strahler1952
كثافة التصريف	Dd = L / A	، Horton1945
تكرار المجاري	Fs = N / A	، Horton1945
زمن التركيز	Tc = (31840 × L^1.15) / (7700 × H^0.38)	، Stephen1999
سرعة الجريان	V = L / Tc	خضر، 1997
معامل الفيضان	Ff = Dd × Fs	الخفاجي، 2015

تم إعداد هذا الجدول بناءً على المصادر الجيومورفومترية والهيدرولوجية المعتمدة في تحليل أحواض التصريف

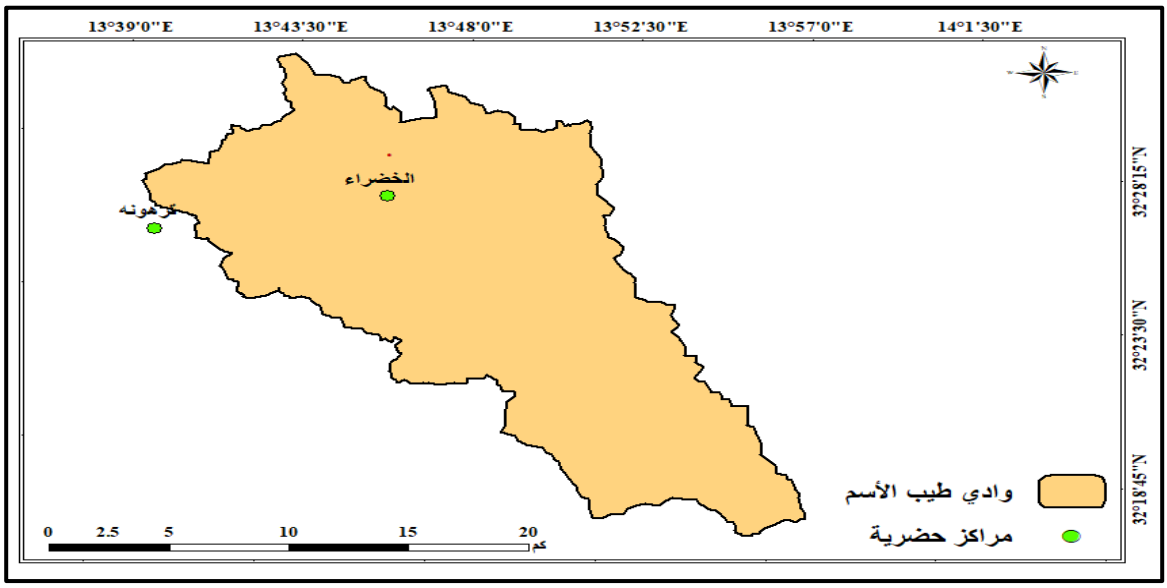
مناقشة النتائج:

الخصائص المساحية (Area Characteristics):

مساحة الحوض:

أظهرت النتائج أن مساحة الحوض تبلغ حوالي 322.11 كيلومترًا مربعًا، وهي مساحة متوسطة نسبيًا مقارنة بالأحواض المجاورة، تعكس طبيعة التكوينات الصخرية الجيرية التي تسود المنطقة، والتي تعود إلى العصر الطباشيري وعصر البلايستوسين، وهي تكوينات ضعيفة المقاومة نسبيًا لعمليات التعرية المائية. وتشير

هذه الخصائص إلى أن الحوض قد تطور في ظروف مناخية مطيرة سابقة تزامنت مع العصور الجيولوجية الرطبة، قبل أن يسود الطابع الجاف الحالي، مما يفسر محدودية امتداد الحوض النسبي في الوقت الحاضر، شكل (2)

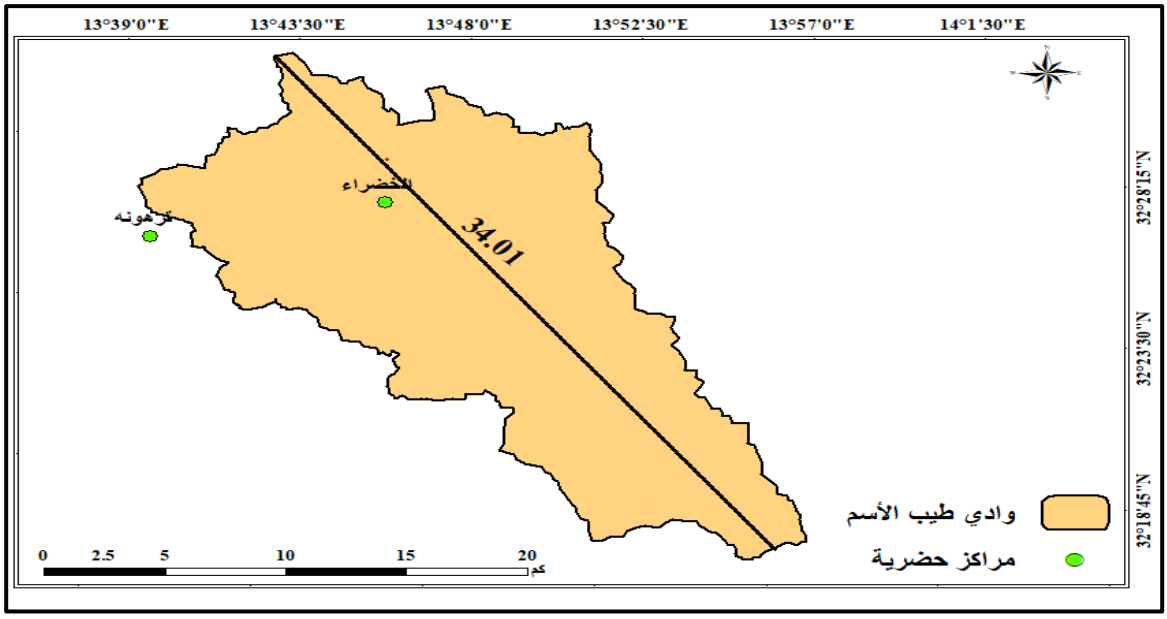


شكل (2) مساحة حوض وادي طيب الاسم

المصدر: من عمل الباحث بناء على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي DEM

طول الحوض(Basin Length)

تم تحديد طول حوض وادي طيب الاسم باستخدام برنامج ArcGIS، حيث قُيس الامتداد الطولي للحوض من منبعه في الجنوب الشرقي إلى مصبه في الشمال الغربي، وبلغ طوله نحو 34.01 كيلومترًا. ويُلاحظ أن طول الحوض يرتبط ارتباطًا مباشرًا بمساحته وبالخصائص التضاريسية والبنيوية للمنطقة. فكلما زاد طول الحوض، زاد الوقت اللازم لتصريف مياهه، مما يؤدي إلى زيادة معدلات التبخر والتسرب الأرضي، وبالتالي انخفاض كميات المياه الواصلة إلى المصب. ويُعزى الشكل الطولي المعتدل لحوض وادي طيب الاسم إلى تأثير العوامل التكتونية والبنيوية المتمثلة في اتجاه الانحدار العام للسطح والصدوع المتحكمة في مسار الجريان السطحي، شكل (3)



شكل (3) عرض حوض وادي طيب الاسم

المصدر: من عمل الباحث بناء على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي DEM

عرض الحوض(Basin Width)

تم حساب عرض حوض وادي طيب الاسم باستخدام طريقتين متكاملتين: الأولى عبر القياسات الحاسوبية باستخدام برنامجArcGIS ، وذلك برسم خمسة مقاطع عرضية متوازية من المنبع إلى المصب على مسافات متساوية، وبلغ متوسط عرض حوض وادي طيب الاسم نحو 9.47 كيلومترًا، مما يعكس شكلًا طوليًا ممدودًا نسبيًا للحوض، ويدل على سيطرة العوامل البنيوية والانحدار العام للسطح على توجيه التصريف المائي ضمن مسار رئيسي واحد باتجاه الشمال الغربي.

محيط الحوض Basin Perimeter:

تم قياس محيط حوض وادي طيب الاسم باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، وذلك بتتبع خط تقسيم المياه المحيط بالحوض بدقة عالية من خلال نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM). وأظهرت نتائج التحليل أن محيط الحوض يبلغ حوالي 113.75 كيلومترًا، وهي قيمة تعكس الطابع شبه المنتظم للحوض من حيث الشكل الخارجي، مع وجود بعض الانكسارات البسيطة الناتجة عن تأثير التراكيب الجيولوجية واتجاهات

الانحدار العام للسطح. وتُعد هذه القيمة مؤشراً مهمًا عند حساب المعاملات المورفومترية الأخرى مثل معامل الشكل ونسبة الاستطالة، التي تساعد في تحديد البنية الجيومورفولوجية العامة للحوض ومدى انتظام تصريفه المائي.

الخصائص الشكلية (form characteristics):

معامل الاستدارة Circularity Ratio:

معامل استدارة حوض وادي طيب الاسم = 0.31 تقريبًا، وهي قيمة منخفضة نسبيًا تشير إلى أن الحوض يميل إلى الشكل المستطيل أو الممدود أكثر من الدائري، وهذا يعني أن تصريف مياه الأمطار في الحوض يكون بطيئًا نسبيًا مقارنة بالأحواض الدائرية، حيث يستغرق الجريان السطحي وقتًا أطول للوصول إلى المصب، مما يقلل من احتمالية تشكّل الفيضانات المفاجئة، ويؤكد تأثر شكل الحوض بالعوامل البنيوية السائدة في المنطقة.

معامل الشكل الحوض:Basin Form Factor

تشير قيمة معامل الشكل (Rf = 0.28) إلى أن حوض وادي طيب الاسم ذو شكل ممدود (Elongated Basin) أكثر من كونه دائريًا. وهذا يعني أن مياه الأمطار تحتاج وقتًا أطول للوصول إلى المصب، مما يقلل من احتمالية تشكل الفيضانات المفاجئة ويُظهر استجابة هيدرولوجية معتدلة. وتُعزى هذه النتيجة إلى تأثير العوامل البنيوية والتضاريسية التي توجه مسار التصريف العام للحوض من الجنوب الشرقي إلى الشمال الغربي.

معامل الاستطالة Elongation Ratio:

أظهرت النتائج أن قيمة معامل الاستطالة بلغت 0.60 وهي تشير إلى أن حوض وادي طيب الاسم يميل إلى الشكل المستطيل أكثر من الشكل الدائري، مما يعكس تأثر الحوض بالعوامل البنيوية والتكتونية التي ساهمت في استطالته باتجاه مجراه الرئيس، كما تُعد هذه القيمة مؤشرًا على أن الحوض ما يزال في مرحلة الشباب الجيومورفولوجي من دورة التعرية، حيث تسود فيه عمليات النحت الرأسي على حساب النحت الجانبي، وهو ما يتوافق مع تضاريس المنطقة التي تتصف بانحداراتها المتوسطة إلى الشديدة.

وتدل هذه النتيجة أيضًا على أن الجريان السطحي داخل الحوض يستغرق زمنًا أطول للوصول إلى المصب، مما يؤدي إلى انخفاض حدة الفيضانات ويُعطي فرصة أكبر لتسرب المياه داخل التكوينات الصخرية

الكارستية التي تميّز المنطقة، وبذلك، فإن الشكل المستطيل للحوض يعدّ من الخصائص المورفومترية الدالة على حداثة تكوين الحوض واستمرار نشاط العمليات التكتونية والتعرية فيه.

معامل الإندماج Compactness Factor:

تشير قيمة معامل الاندماج (1.80) إلى أن حوض وادي طيب الاسم يتميز بشكل غير منتظم وتعرجات واضحة في حدوده الخارجية، مما يدل على طول محيط الحوض بالنسبة لمساحته الكلية.

وهي قيمة مرتفعة نسبيًا — إذ إن القيم القريبة من (1) تدل على أحواض دائرية منتظمة، بينما القيم الأكبر من (1) تعكس استطالة الحوض وتعرج حدوده.

وتؤكد هذه النتيجة أن حوض وادي طيب الاسم يقع في مرحلة الشباب الجيومورفولوجي، حيث لا يزال يتأثر بعوامل النحت والتعرية والحركات التكتونية التي ساهمت في تشكيل حدوده الوعرة، كما أن ارتفاع قيمة معامل الاندماج يشير إلى أن الحوض بعيد عن الانتظام الشكلي ويميل إلى الاستطالة، ما يؤدي إلى إطالة زمن الجريان السطحي وتقليل شدة الفيضانات مقارنة بالأحواض المستديرة الشكل.

معامل الانبعاج Lemniscates Ratio:

تشير القيمة المنخفضة لمعامل الانبعاج (0.05) إلى أن حوض وادي طيب الاسم يتميز بميله إلى الشكل المستطيل المفلطح أكثر من الشكل الدائري المنبعج.

إذ تُعبّر القيم المنخفضة (أقل من 1) عن حوض منبعج ومستدير نسبيًا، بينما تدل القيم المرتفعة (أكبر من 1) على حوض ممدود ومستطيل الشكل، وعليه، فإن انخفاض قيمة هذا المعامل يعكس أن الحوض يميل قليلًا إلى الاستدارة، لكنه ما يزال متأثرًا بالاستطالة البنيوية واتجاهات الانحدار العامة، وتوضح هذه النتيجة أن الحوض في مرحلة انتقالية بين الشباب والنضج الجيومورفولوجي، حيث بدأت عمليات النحت الجانبي تأخذ دورًا أكبر إلى جانب النحت الرأسي، مع وجود توازن نسبي في شكل الحوض.

نسبة طول الحوض إلى عرضه Width Ratio Length:

تشير قيمة (3.59) إلى أن حوض وادي طيب الاسم يتميز بالاستطالة الواضحة، مما يقلل من سرعة الجريان السطحي ويُضعف احتمالية حدوث الفيضانات المفاجئة، ويؤكد أن الحوض ما يزال في مرحلة الشباب الجيومورفولوجي.

نسبة تماسك المحيط:

تشير قيمة (1.92) إلى أن حوض وادي طيب الاسم يتميز بشكل غير منتظم ومائل للاستطالة، بعيد عن الشكل الدائري، مما يدل على حداثة الحوض الجيومورفولوجية واستمرار تأثير عمليات النحت والتعرية في تشكيل حدوده.

التعرج النسبي للمحيط الحوضي Relative Perimeter Crenulation:

شير القيمة (40.17) إلى أن محيط حوض وادي طيب الاسم شديد التعرّج، مما يعكس حداثة الحوض الجيومورفولوجية وارتفاع تأثير العمليات البنيوية والتكتونية في تشكيل حدوده، إذ إن القيم التي تتجاوز 20 تدل على حوض حديث التكوين لم يصل بعد إلى مرحلة التوازن الجيومورفولوجي.

الخصائص التضاريسية للحوض (Topological characteristics):

التضرس الكلي للحوض Total Relief:

تشير قيمة التضرس الكلي البالغة (278 م)، والتي تم حسابها من الفرق بين أعلى نقطة في الحوض (503 م) وأدنى نقطة (225 م)، إلى أن حوض وادي طيب الاسم يتميز بتضاريس متوسطة الارتفاع والانحدار، وهذه القيمة تعكس أن الحوض ما زال في مرحلة الشباب الجيومورفولوجي، حيث تسود فيه عمليات النحت الرأسي النشطة مع وجود بعض المناطق المستوية نسبيًا، مما يدل على توازن نسبي بين عمليات النحت والإرساب في الحوض.

نسبة التضرس :Relief Ratio

تشير قيمة نسبة التضرس (8.17 م/كم)، الناتجة عن الفرق بين أعلى ارتفاع (503 م) وأدنى ارتفاع (225 م)، إلى أن وادي طيب الاسم يتميز بدرجة تضرس مرتفعة نسبيًا. وهذا يعكس شدة الانحدارات وتنوع الطبوغرافيا داخل الحوض، مما يدل على أنه ما زال في مرحلة الشباب الجيومورفولوجي،

حيث تسيطر عمليات النحت الرأسي النشطة وتزداد سرعة الجريان السطحي، مع احتمالية تعرض الحوض لتعرية مائية قوية مقارنة بالأحواض الأكثر نضجًا واستقرارًا.

التضاريس النسبية Relative Relief:

تُظهر قيمة التضاريس النسبية البالغة (2.44 م/كم)، والمستخلصة من الفرق بين أعلى ارتفاع في الحوض (503 م) وأدنى ارتفاع (225 م)، أن وادي طيب الاسم يتمتع بتضاريس متوسطة إلى مرتفعة نسبيًا. وتُبرز هذه النتيجة وضوح الانحدارات وتنوّع الطبوغرافيا داخل الحوض، مما يعكس أن الحوض ما يزال في مرحلة الشباب الجيومورفولوجي، حيث تسود عمليات النحت الرأسي والنقل الرسوبي النشط، مع زيادة فعالية التصريف المائي في الأجزاء العليا من الحوض مقارنة بالمناطق المنخفضة.

درجة الوعورة Ruggedness Value:

تُظهر قيمة درجة الوعورة البالغة (0.64) أن حوض وادي طيب الاسم يتميز بتضاريس معتدلة التضرّس وفق تصنيف(1957) Strahler ، حيث تقع هذه القيمة ضمن نطاق الأحواض ذات السطح المعتدل الوعورة، وتُعزى هذه النتيجة إلى تنوّع الانحدارات وتوسّط كثافة التصريف، مما يشير إلى أن الحوض في مرحلة انتقالية بين الشباب والنضج الجيومورفولوجي، مع نشاط ملحوظ لعمليات النحت المائي والتعرية الرأسية، في حين تظل العمليات الترسيبية محدودة نسبيًا.

المعامل الهبسومتري : Hypsometric Factor

تُظهر قيمة المعامل الهبسومتري (0.87) أن حوض وادي طيب الاسم ما يزال في مرحلة الشباب الجيومورفولوجي، إذ تُعد هذه القيمة مرتفعة نسبيًا وتشير إلى أن الحوض لم يقطع شوطًا كبيرًا في دورة التعرية، كما تعكس هذه النتيجة غلبة عمليات النحت الرأسي على النحت الجانبي، خصوصًا في الأجزاء العليا من الحوض، مما يدل على أن سطحه ما يزال يحتفظ بقدر كبير من طاقته التضاريسية.

وتُشير هذه القيمة أيضًا إلى أن حوالي 13% فقط من الكتلة الصخرية للحوض قد أزيلت بفعل التعرية، وهو ما يؤكد حداثة مرحلة التطور الجيومورفولوجي للحوض واستمرار تأثير العوامل البنيوية في تشكيل تضاريسه.

الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف

يُظهر توزيع المجاري المائية في حوض وادي طيب الاسم، الجدول (2) والشكل (4)، تفاوتًا واضحًا في أعدادها وأطوالها تبعًا للرتبة النهرية، إذ بلغ عدد المجاري الكلي 1603 مجرى مائي بإجمالي أطوال بلغت 887.06 كم.

ويلاحظ أن الرتبة الأولى تستحوذ على النسبة الأكبر من المجاري (80.16%) بعدد 1285 مجرى، بإجمالي أطوال بلغت 463.71 كم، مما يعكس غلبة القنوات الصغيرة المتكوّنة بفعل الجريان السطحي المباشر، ويشير إلى مرحلة نشطة من عمليات النحت الرأسي والتجوية المائية.

أما الرتبة الثانية فقد مثّلت 15.41% من إجمالي المجاري بعدد 247 مجرى وطول 219.75 كم، تليها الرتبة الثالثة بنسبة 3.43% بعدد 55 مجرى وطول 92.40 كم.

وتتناقص أعداد المجاري تدريجيًا في الرتب العليا، إذ سُجّلت 11 مجرى فقط في الرتبة الرابعة بنسبة 0.69%، و4 مجارٍ في الرتبة الخامسة بنسبة 0.25%، بينما اقتصرت الرتبة السادسة على مجرى واحد فقط (0.06%) بطول 31.84 كم، وهو المجرى الرئيسي للحوض.

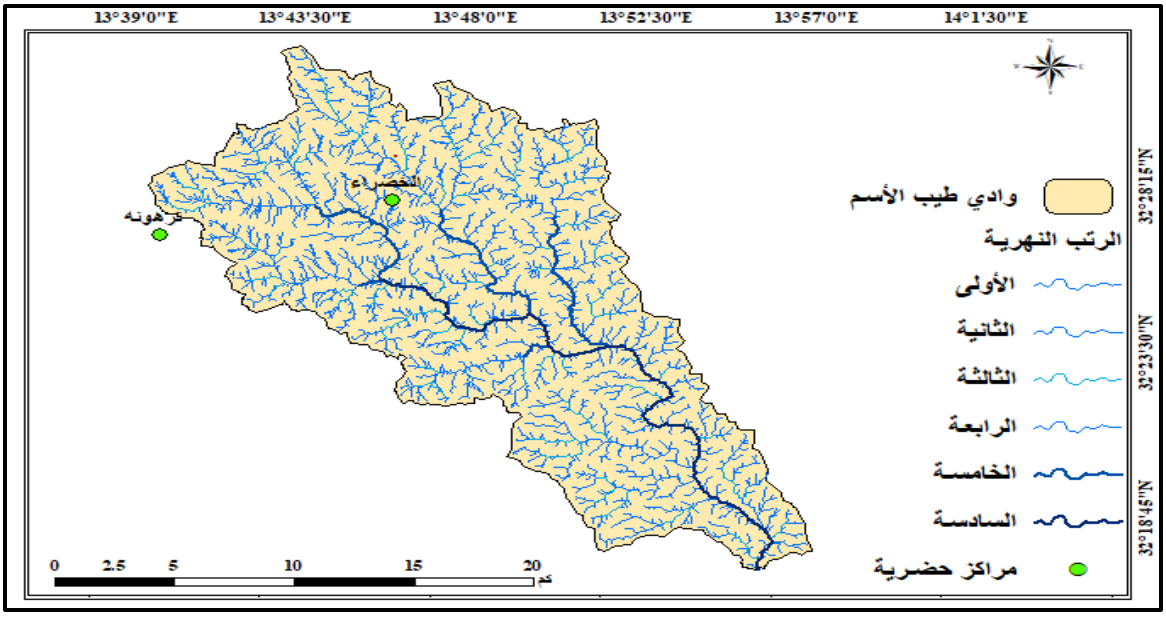
ويُعد هذا التدرّج العددي من الرتبة الأولى إلى السادسة نمطًا طبوغرافيًا وهيدرولوجيًا متوازنًا يتوافق مع قانون Horton (1945) الذي ينص على تناقص أعداد المجاري كلما ارتفعت الرتبة النهرية، ما يؤكد أن الحوض يتمتع بشبكة تصريف متكاملة ومنظمة.

كما يُلاحظ أن الزيادة في أطوال المجاري مع ارتفاع الرتبة تعكس زيادة كفاءة الجريان السطحي وتماسك المجاري العليا، بينما يشير ارتفاع نسبة المجاري من الرتبة الأولى إلى قوة عمليات التعرية الرأسية وسرعة الاستجابة المطرية للحوض، مما يؤكد أن وادي طيب الاسم ما يزال في مرحلة الشباب الجيومورفولوجي، حيث تغلب التضاريس الوعرة والانحدارات النشطة على السطح العام للحوض.

جدول (2) أعداد المجاري للشبكة المائية وأطوالها لحوض وادي طيب الاسم

الرتبة	عدد المجاري المائية	النسبة %	الأطوال (كم)
الأولى 1	1285	**80.16**	463.71
الثانية 2	247	**15.41**	219.75
الثالثة 3	55	**3.43**	92.40
الرابعة 4	11	**0.69**	52.48
الخامسة 5	4	**0.25**	26.88
السادسة 6	1	**0.06**	31.84
المجموع	**1603**	**100.0**	887.06

المصدر: من عمل الباحث بناء على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي DEM



شكل (4) شبكة تصريف وادي طيب الاسم

المصدر: من عمل الباحث بناء على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي DEM

نسبة التشعب Bifurcation Ratio:

تُعد قيمة نسبة التشعب (4.29) ضمن النطاق المتوسط إلى المرتفع بحسب تصنيف Strahler (1957)، وتشير إلى أن الخصائص البنيوية والتكتونية لها تأثير ملحوظ في تشكيل شبكة التصريف المائي داخل الحوض. فكلما اقتربت القيمة من (3–5)، دلّ ذلك على أن الحوض يتأثر بالبنية الجيولوجية، لكنه يحتفظ بدرجة من التنظيم الطبيعي في شبكة التصريف، وبذلك، يمكن القول إن حوض وادي طيب الاسم يتمتع بشبكة تصريف شبه منتظمة، وأن العوامل البنيوية أسهمت في توجيه المجاري المائية، مع وجود توازن هيدرولوجي نسبي بين الرتب النهرية، مما يعزز تصنيفه ضمن الأحواض ذات النضج البنيوي المتوسط.

كثافة التصريف Drainage Density:

تُظهر قيمة كثافة التصريف البالغة (2.75 كم/كم²) أن حوض وادي طيب الاسم يتميز بشبكة تصريف متوسطة الكثافة وفق تصنيف(1945) Horton ، مما يشير إلى أن النفاذية الصخرية والتربة معتدلة، وأن الانحدارات السطحية متوسطة الشدة.

وتدل هذه القيمة على أن مياه الأمطار تتوزع بشكل متوازن بين الجريان السطحي والتسرب الأرضي، ما يعكس توازنًا جيومورفولوجيًا وهيدرولوجيًا داخل الحوض، ويُعزى ذلك إلى طبيعة الصخور الجيرية التي تسمح بتسرب نسبي للمياه، مع احتفاظ واضح بمسارات التصريف الطبيعية.

كما تُشير الكثافة المتوسطة إلى أن الحوض لم يتأثر كثيرًا بالتعرية الشديدة، وهو ما يتماشى مع مرحلة الشباب الجيومورفولوجي التي يمر بها وادي طيب الاسم.

تكرار المجاري (التكرار النهري) Stream Frequency:

تُظهر قيمة تكرار المجاري البالغة (4.97 مجرى/كم²) أن حوض وادي طيب الاسم يمتلك شبكة تصريف كثيفة نسبيًا، مما يدل على نشاط العمليات المائية السطحية وقوة تأثير الانحدار والتضرس في تشكيل الحوض. وتعكس هذه القيمة زيادة في درجة تقطع السطح وتطور شبكة المجاري، وهو ما يشير إلى أن المنطقة تعاني من تربة قليلة النفاذية نسبيًا وصخور جيرية مشققة تسمح بتصريف سطحي ملحوظ، كما تدل على أن الحوض ما يزال في مرحلة الشباب الجيومورفولوجي، حيث تتسم المجاري بالكثافة العددية العالية وتغلب عمليات النحت الرأسي والتجوية المائية على سطحه العام، وهو ما يتوافق مع القيم المتوسطة إلى المرتفعة في الأحواض الجافة وشبه الجافة.

معدل النسيج الطبوغرافي (نسبة التقطع):

تُعد قيمة معدل النسيج الطبوغرافي (11.29) مرتفعة نسبيًا، وتشير إلى أن سطح حوض وادي طيب الاسم يتميز بشدة تقطع واضحة وكثافة عالية للمجاري من الرتبة الأولى. وتدل هذه النتيجة على نشاط عمليات التعرية المائية والنحت السطحي، كما تُعبر عن ضعف مقاومة الصخور نسبياً أمام الجريان السطحي، خصوصًا في المناطق العليا من الحوض ذات الانحدارات المتوسطة إلى الشديدة. وتشير القيمة العالية أيضًا إلى أن الحوض في مرحلة الشباب الجيومورفولوجي، حيث تسود الملامح التضاريسية الحادة والطبوغرافيا المتقطعة، مما ينعكس في زيادة معدل الجريان السطحي وتضاؤل فرص الترسيب داخل الحوض.

معدل بقاء المجري:

تُظهر قيمة معدل بقاء المجرى البالغة (0.36 كم²/كم) أن كثافة شبكة التصريف في حوض وادي طيب الاسم مرتفعة نسبيًا، مما يعني أن كل كيلومتر من المجاري يحتاج إلى مساحة صغيرة نسبيًا لتغذيته بالمياه.

وهذا يشير إلى أن الحوض يمتلك قدرة تصريفية فعالة وأن الانحدارات السطحية فيه واضحة، كما يعكس ضعف الغطاء النباتي وارتفاع معدلات الجريان السطحي.

وتدل هذه القيمة المنخفضة على أن الحوض يمر بمرحلة الشباب الجيومورفولوجي، حيث تسود عمليات النحت المائي والنقل الرسوبي النشط، في حين أن التسرب الأرضي محدود نسبيًا نتيجة زيادة تقطع السطح وشدة التضرس.

الخصائص الهيدرولوجية للحوض:

زمن التركيز:

تُشير قيمة زمن التركيز البالغة (3.3 ساعات) إلى أن وادي طيب الاسم يستجيب بسرعة متوسطة لسقوط الأمطار، ما يعني أن مياه الأمطار تصل إلى مخرج الحوض خلال فترة قصيرة نسبيًا بعد الهطول. وهذا يعكس أن الحوض متوسط الاتساع ويمتلك انحدارات واضحة تساعد على تسريع الجريان السطحي، إضافةً إلى أن الغطاء النباتي المحدود وطبيعة التكوينات الجيرية تُسهم في تقليل التسرب وزيادة التصريف السطحي.

وتُعد هذه القيمة مؤشرًا على احتمالية تعرض الحوض للسيول المفاجئة في حال الأمطار الغزيرة، خاصة في المنحدرات العليا، مما يستدعي إدارة فعّالة لتصريف المياه ومراقبة المناطق المنخفضة داخل الحوض.

سرعة الجريان:

تُظهر قيمة سرعة الجريان البالغة (10.31 كم/ساعة) أن وادي طيب الاسم يتمتع بانحدار متوسط إلى مرتفع، مما يُسهم في تسريع حركة المياه داخل مجراه الرئيسي.

وتُعد هذه السرعة مؤشرًا على أن الحوض يمر بمرحلة الشباب الجيومورفولوجي، حيث تسود عمليات النحت الرأسي وتكون المنحدرات واضحة والتعرية نشطة، كما تشير السرعة إلى أن زمن التصريف قصير نسبيًا، ما يزيد من احتمالية حدوث الفيضانات المفاجئة في حال سقوط أمطار غزيرة، خصوصًا مع قلة الغطاء النباتي ونفاذية الصخور الجيرية التي تحد من امتصاص المياه.

معامل الفيضان:

تُشير قيمة معامل الفيضان البالغة (13.75) إلى أن حوض وادي طيب الاسم يمتلك قابلية مرتفعة نسبيًا لتوليد الجريان السطحي، وهو ما يعكس استجابة سريعة لمياه الأمطار نتيجة ارتفاع كثافة التصريف وعدد المجاري المائية. وتدل هذه القيمة أيضًا على أن الحوض يتميز بـ انحدارات واضحة وتضرس ملحوظ، مما يُسهم في تجميع المياه بسرعة نحو المجرى الرئيسي.

ومن الناحية الجيومورفولوجية، يُعد هذا المؤشر دليلاً على أن الحوض ما زال في مرحلة الشباب، حيث تسود عمليات النحت والنقل المائي أكثر من الترسيب، كما يُحتمل أن يكون عرضة لـ السيول المفاجئة في فترات الأمطار الشديدة، مما يستدعي إدارة مائية فعّالة وتخطيطًا لتقليل أخطار الفيضانات.

المدلولات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية العامة لحوض وادي طيب الاسم

تُظهر النتائج أن حوض وادي طيب الاسم يتمتع بخصائص مورفومترية وجيومورفولوجية تعكس توازنًا بين العوامل البنيوية والمناخية التي أسهمت في تشكيله عبر الزمن الجيولوجي. إذ يتضح أن الحوض ذو شكل ممدود غير منتظم، تحكمت في بنيته الانكسارات والتراكيب الجيولوجية، مما جعله يتخذ اتجاهًا عامًا يتوافق مع الميل الطبوغرافي الطبيعي للمنطقة. ويُعد هذا الشكل دلالة على أن الحوض ما يزال في مرحلة الشباب

الجيومورفولوجي، حيث تسود فيه عمليات النحت الرأسي والتعرية النشطة أكثر من عمليات الترسيب، ما يمنحه تضاريس متوسطة إلى مرتفعة وملامح سطحية واضحة الانحدار.

كما أن انتظام شبكة التصريف داخل الحوض وتكامل رتبها المائية يشيران إلى استقرار نسبي في النظام الهيدرولوجي، مع تأثير واضح للبنية الجيولوجية في توجيه المجاري المائية. وتُظهر شبكة التصريف كثافة متوسطة إلى مرتفعة، تعكس كفاءة تصريفية جيدة واستجابة سريعة للأمطار، وهو ما يشير إلى أن الجريان السطحي يغلب على التسرب الأرضي، خصوصًا في المناطق العليا ذات الصخور الجيرية قليلة النفاذية.

من الناحية التضاريسية، يتصف الحوض بسطح متنوع في انحداراته ووعورته، ما يدل على استمرار النشاط التكتوني والعمليات المائية في تشكيل معالمه، مع وجود تباين واضح بين الأجزاء العليا ذات الانحدارات الشديدة والمناطق الدنيا ذات الانحدار المعتدل. وتدل العلاقات بين الشكل العام والانحدار والكثافة التصريفية على أن الحوض ما يزال في مرحلة تطور نشطة، حيث تحتفظ تضاريسه بقدر كبير من الطاقة الجيومورفولوجية.

أما من الجانب الهيدرولوجي، فإن خصائص الحوض تشير إلى استجابة سريعة نسبياً لمياه الأمطار، مع زمن تصريف قصير نسبيًا، ما يجعله عرضة لتشكل السيول المفاجئة في فترات الهطول الغزير. غير أن استطالته النسبية تسهم في تخفيف شدة الفيضانات عبر إطالة زمن الجريان السطحي.

بشكل عام، يعكس حوض وادي طيب الاسم نموذجًا مميزًا للأحواض المائية في البيئات الجافة وشبه الجافة الليبية، حيث تتفاعل العوامل البنيوية والمناخية والطبوغرافية لتشكيل نظام تصريف متكامل ذي كفاءة هيدرولوجية متوسطة إلى مرتفعة. وتؤكد هذه النتائج أهمية توظيف التقنيات المكانية الحديثة، مثل نظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية، في دراسة الأحواض الجيومورفولوجية، لما توفره من أدوات دقيقة لتحليل خصائصها الكمية وتفسير مدلولاتها البيئية والهيدرولوجية على نحو علمي وموضوعي.

الخاتمة

أظهرت نتائج هذه الدراسة أن التحليل المورفومتري باستخدام التقنيات المكانية يمثل أداة علمية فعّالة لفهم البنية الجيومورفولوجية والهيدرولوجية للأحواض المائية في البيئات الجافة وشبه الجافة. فقد بيّن التطبيق العملي على حوض وادي طيب الاسم أن خصائصه المورفومترية والهيدرولوجية تتكامل لتعكس طبيعةً بنيويةً معقّدةً تشكّلت بفعل التفاعل المستمر بين العوامل الجيولوجية والمناخية عبر الزمن الجيومورفولوجي.

وأوضحت الدراسة أن الحوض يتميز بشكله الممدود وبشبكة تصريف متوسطة إلى مرتفعة الكثافة، مما يدل على كفاءة تصريفية جيدة واستجابة هيدرولوجية سريعة لمياه الأمطار، إلى جانب تضاريس متوسطة إلى مرتفعة الانحدار تُبرز استمرارية العمليات التكتونية والنحتية في المنطقة. كما أكدت نتائج التحليل أن الحوض ما يزال في مرحلة الشباب الجيومورفولوجي، حيث تسود عمليات النحت الرأسي والتعرية المائية على حساب الترسيب، وأن الخصائص الشكلية للحوض، من حيث الاستطالة وعدم الانتظام، تعكس التأثير البنيوي الواضح في توجيه شبكة التصريف ومسارات الجريان السطحي.

إن تطبيق تقنيات نظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية أتاح للدراسة تحقيق دقة عالية في استخراج وتحليل المؤشرات المورفومترية، وأسهم في بناء قاعدة بيانات مكانية يمكن الاعتماد عليها في دراسات التخطيط البيئي وإدارة الموارد المائية. وبذلك، تبرز أهمية التحليل المورفومتري كمدخل علمي حديث يساعد في تقييم أخطار السيول، وتوجيه التنمية المكانية المستدامة في المناطق الجافة مثل شمال غرب ليبيا.

وفي ضوء النتائج المتحصل عليها، توصي الدراسة بضرورة تعزيز استخدام نظم المعلومات الجغرافية في الدراسات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية المستقبلية، وتحديث نماذج الارتفاعات الرقمية بدقة أعلى، إلى جانب التوسع في الدراسات التطبيقية المماثلة لبقية الأحواض الليبية، بما يضمن إدارة رشيدة للموارد المائية والحد من أخطار الفيضانات في ضوء التغيرات المناخية المتسارعة.

المراجع

1. الأشهب، محمد سالم. (2015). تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في التحليل المورفومتري للأحواض المائية في ليبيا. طرابلس: مركز البحوث الجغرافية.
2. بن طاهر، لبنى سليمان. (2022). التحليل المورفومتري لأحواض وأودية التصريف بمدينة بنغازي – ليبيا، بالتكامل بين تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد. مجلة البحوث الهندسية والتطبيقية (JERAS)، العدد العاشر، يوليو 2022، كلية الهندسة، جامعة هون – ليبيا.
3. جابر، محمود حسن. (2005). التحليل الكمي لأحواض التصريف في البيئات الجافة وشبه الجافة. مجلة جامعة الإسكندرية للعلوم الإنسانية والاجتماعية، 23(2)، 211–239.
4. سلامة، عبد الفتاح محمد. (2010). التحليل الجيومورفولوجي لأحواض التصريف المائي في البيئات الجافة وشبه الجافة. عمان: دار اليازوري العلمية للنشر والتوزيع.

5. عاشور، عبد العظيم عبد الحميد. (1986). دراسات في الجيومورفولوجيا التطبيقية. القاهرة: مكتبة الأنجلو المصرية.
6. علاجي، آمنة بنت أحمد بن محمد. (2010). تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية في حوض وادي يلملم. رسالة ماجستير غير منشورة. جامعة أم القرى. المملكة العربية السعودية.
7. عنيبة، عمر امحمد. (2023). تحليل الخصائص المورفومترية لشبكة المجاري المائية في حوض وادي ساسو وحوض وادي تامت–ازكير باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية، (5)، 60–27.
8. عنيبة، محمد عبد الحميد. (2018). التحليل المورفومتري لأحواض الأودية في شمال غرب ليبيا باستخدام تقنيات GIS و .DEMمجلة العلوم الجغرافية الليبية، 12(1)، 55–78.
9. عوض، خالد أحمد، ومحمد، محمود حسن. (2021). تحليل مورفومتري لأحواض الأودية في البيئات الجافة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. مجلة جامعة القاهرة للعلوم الجغرافية، 29(3)، 177–155.
10. عوض، عبدالواحد عوض ومحمد، مختار عشري، ومفتاح، عوض محمد. (2021). دور التقنيات الجيومكانية في قياس الخصائص المورفومترية ودلالاتها الجيومورفولوجية لحوض وادي الكوف، شمال شرق ليبيا. مجلة المختار للعلوم الإنسانية، جامعة عمر المختار، العدد 42، 55–78.
11. المغازي، محمد عبد الحميد. (2015). التحليل المورفومتري لأحواض التصريف المائي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. القاهرة: جامعة عين شمس.
12. اليوسيفي، الصادق علي، و سالم، غنية الهادي خليفة. (2016). وسائل البحث الحديثة في الدراسات الجيومورفولوجية. المجلة العربية للعلوم الاجتماعية، ع9, ج3 ، 131 - 166. مسترجع من http://search.mandumah.com/Record/754105
13. مركز البحوث الصناعية، طرابلس. 1979. خريطة ليبيا الجيولوجية، الكتيب التفسيري، لوحة الخمس.
14. Aziz, N. A., Abdulrazzaq, Z., & Mansur, M. N. (2020). GIS-based watershed morphometric analysis using DEM data in Diyala River, Iraq. The Iraqi Geological Journal, 36-49.
15. Bajirao, T. S., Kumar, P., Kumar, A., Tarate, C., & Bajirao, S. (2019). Application of remote sensing and GIS for morphometric analysis of watershed: A Review. Int J Chem Stud, 7(2), 709-713.
16. Gommes, R., & Caracalla, A. (1979). Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and its application in hydrological studies. FAO Technical Report.
17. Gregory, K. J., & Walling, D. E. (1973). Drainage basin form and process: A geomorphological approach. London: Edward Arnold.
18. Horton, R. E. (1932). Drainage-basin characteristics. Transactions of the American Geophysical Union, 13, 350–361.

19. 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.
20. Melton, M. A. (1957). Geometric properties of mature drainage systems and their representation in an E4 phase space. Journal of Geology, 66(1), 35–54.
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. Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. Geological Society of America Bulletin, 63(11), 1117–1142.
23. Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transactions of the American Geophysical Union, 38(6), 913–920.