مجلة جامعة بخت الرضا العلمية ربع السنوية المحكمة العدد (40) المجلد (1) مارس 2025
[UBJSR: ISSN [1858-6139] :(Online)
http://www.juornal-bakhtalruda.bid/22/
Arab Impact Factor(1.12)

تحليل العلاقات الارتباطية بين الخصائص الشكلية والمتغيرات المورفومترية للأودية الموسمية في ولاية سنار، السودان (2000-2018م) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

رابح محمد نور[1] حنان عبد الوهاب الأمين[2] الأمين محمد علي[3]

تاريخ القبول: 2024/06/30م تاريخ النشر: 2025/03/30م

مستخلص

هدفت الدراسة لتحليل العلاقات الارتباطية بين الخصائص الشكلية والمتغيرات المورف ومترية للأودية الموسمية بولاية سنار باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. اتبعت الدراسة المنهج التحليلي والمساحي والمورفومتري. واعتمدت الدراسة على المصادر الأولية عن طريق الملاحظة والزيارات الميدانية والمصادر الثانوية التي تشمل نموذج الارتفاع الرقمي والمرئيات الفضائية والخرائط الطبوغرافية والأبحاث والكتب والمراجع. توصلت الدراسة لأن أودية ولاية سنار الموسمية تقع ضمن الفئة ذات النسج الخشن وتعد درجة انحدار روافد الأحواض خفيفة وذلك لطول المسافة الأفقية لها وبقل متوسط درجة انحدارها عن (5°) في جميع الرتب وتمر الأودية بمرحلة الشباب، ويوجد ارتباط قوي بين متوسط أطوال الروافد في الحوض والرتبة وأن نسبة التشعب تختلف من رتبة إلى أخرى. أوصت الدراسة بإجراء مزيد من الدراسات التطبيقية المورفومترية للمساهمة في توفير قياسات دقيقة للأودية المجهولة في السودان عامة ومنطقة الدراسة خاصة ومعرفة الآثار البيئية المترتبة على تغيراتها الجيومورفولوجية.

كلمات مفتاحية: الخصائص الشكلية، المتغيرات المورفومترية، الأودية الموسمية، ولاية سنار.

Abstract

This study aimed to analyze the correlational relationships between the shape characteristics and morphometric variables of seasonal wadis in Sennar State using Geographic Information Systems (GIS). The study adopted analytical, spatial, and morphometric approaches. It relied on primary sources through field observation and site visits, as well as secondary sources including Digital Elevation Models (DEM), satellite imagery, topographic maps, research papers, books, and reference materials. The study found that the seasonal wadis of Sennar State fall within the coarse-texture category, and the slope gradient of the basin tributaries is gentle due to their long horizontal distances, with the average slope gradient remaining below (5°) across all stream orders. Furthermore, the wadis are in the youthful stage of development, demonstrating a strong correlation between the mean length of tributaries in the basin and the stream order, while the bifurcation ratio varies from one order to another. The study recommended conducting further applied morphometric studies to contribute to providing precise measurements for unmapped wadis in Sudan generally, and the study area specifically, as well as understanding the environmental impacts resulting from their geomorphological changes.

Keywords: Shape Characteristics, Morphometric Variables, Seasonal Wadis, Sennar State.

مقدمة

تعتمد الدراسات المورفومترية على قياس المظاهر الأرضية ومعالجتها وفق أسس التحليل الكمي عن طريق تطبيق المعادلات الرياضية والطرائق الإحصائية على البيانات المستقاة من الخرائط الطبوغرافية والقياسات الحقلية والصور الجوية والمرئيات الفضائية وذلك لاستعمال نتائجها في تصنيف المظاهر الأرضية وتحديد العوامل والعمليات المسئولة عن نشوئها وتطورها (آل سعود: 2011م). يكمن موضوع الدراسة في كيفية بناء قاعدة معلومات رقمية للحسابات المورفومترية لأحواض الوديان الموسمية قائمة على الاستخدام الأمثل لنظم المعلومات الجغرافية على خلاف الطرائق التقليدية واليدوية التي يشوبها الكثير من الأخطاء وعدم الدقة في النتائج. وعليه يمكن طرح مشكلة البحث في السؤال الرئيسي التالي: لأي مدي يمكن الاستفادة من نظم المعلومات الجغرافية في تحليل الخصائص المساحية والشكلية للأودية الموسمية في ولاية سنار؟ وتتفرع منه الأسئلة الآتية:

هل يمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحليل العلاقات الارتباطية بين الخصائص الشكلية والمتغيرات المورفومترية للأودية الموسمية في ولاية سنار؟ ما مدي إمكانية تحديد العلاقات المكانية بين أشكال سطح الأرض والأودية الموسمية عن طريق التحليل المورفومتري؟ ما العلاقات المكانية الارتباطية بين أشكال سطح الأرض والأودية الموسمية في ولاية سنار. تقوم الدراسة على الفرضيات التالية: يمكن تحديد العلاقات المكانية بين أشكال سطح الأرض والأودية الموسمية في ولاية سنار عن طريق التحليل المورفومتري، تساعد نظم المعلومات الجغرافية في تحليل العلاقات الارتباطية بين الخصائص الشكلية والمتغيرات المورفومترية للأودية الموسمية في ولاية سنار، هنالك علاقات ارتباطيه طردية وعكسية بين الخصائص الشكلية والمتغيرات المورفومترية للأودية الموسمية في ولاية سنار. هدفت هذه الدراسة للآتي: تحليل العلاقات الارتباطية بين الخصائص الشكلية والمتغيرات المورفومترية للأودية الموسمية في ولاية سنار باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. بناء قاعدة بيانات مورفومترية للأودية ولاية سنار باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. تحديد نوع العلاقات المكانية الارتباطية بين أشكال سطح الأرض والأودية الموسمية في ولاية سنار. تنبع أهمية الدراسة في أنها تقوم ببناء قاعدة بيانات ذات متغيرات مورفومترية يمكن الاستفادة منها في الدراسات الهيدرولوجية لأنها تتصف بالدقة وقلة الوقت والجهد، ومنطقة الدراسة تفتقد لهذه الدراسة. تساعد صناع القرار في إقامة المشاريع المائية والمشاريع التنموية المختلفة. تعتمد الدراسة بشكل أساسي على استخدام نظم المعلومات الجغرافية في التحليل وحساب القياسات المورفومترية اعتمادا على مجموعة من بيانات الأقمار الصناعية والبرامج لتحليل البيانات. ولتنفيذ هذه الدراسة لابد من الاستعانة ببعض المناهج الأخرى والتي من أهمها:

مجلة جامعة بخت الرضا العلمية ربع السنوية المحكمة العدد (40) المجلد (1) مارس 2025
[UBJSR: ISSN [1858-6139] :(Online)
http://www.juornal-bakhtalruda.bid/22/
Arab Impact Factor(1.12)

المنهج التحليلي: منهج منطقي يستخدم في البحث العلمي وهو مرحلة أساسية في مجال البحوث ويعتبر التحليل طريقة تفسيرية يعتمدها الاستدلال (درويش، 2018) وفي هذه الدراسة يستخدم هذا المنهج بتحليل المعلومات التي تم الحصول عليها من نظم المعلومات الجغرافية.

التحليل المورفومتري: هو ذلك التحليل الجيومورفولوجي لسطح الأرض الذي يعتمد على الأرقام والبيانات من الخرائط الكنتورية والصور الجويّة والفضائيّة بجانب ما يستمدّ من الدّراسات والقياسات الحقليّة للأشكال المراد تحليلها (صبري، 2017). وفي هذه الدراسة تم استخدام التّحليل المورفومتري للحوض، للتعبير عن العلاقات المكانيّة بين عوامل وعمليات الحت والإرساب والأشكال الأرضيّة المرتبطة بها، والناتجة عنها، حيث كوّنتها العمليات التركيبيّة، والعمليات المورفوداينميكيّة، والعمليات المائيّة والريحيّة وعمليات التجوية، ضمن علاقات مكانيّة في الحوض، ويمكن تحليل ذلك عن طريق معالجة البيانات المتحصل عليها من نموذج الارتفاعات الرّقميّة (آل سعود : 2011م). اعتمدت الدراسة في تحليل بياناتها على البرامج الآتية:

1/ برنامج Arc Map 10.1: من إنتاج شركة معهد بحوث أنظمة البيئة والمعروف اختصاراً باسم أيزري ESRI وتم استخدامه في تحليل بيانات نموذج الارتفاع الرقمي وتطبيق بعض المعادلات المورفومترية للخروج بالعديد من الخصائص المورفومترية للأحواض الموسمية.

2/ برنامج Arc G.I.S 9.3 استخدم لإدخال ومعالجة البيانات الرقمية التي تم جمعها وتحليلها واستخلاص المعلومات منها ونشرها على شكل جداول.

3/ **برنامج ERDAS IMGEN 8.5:** وهو اختصار Earth Resource Data Analysis System نظام تحليل بيانات الموارد الأرضية وذلك من خلال استخلاص البيانات والمعلومات ومعالجتها آليا وتجهيزها وتساعد أدوات البرامج على جمع وتخزين وتحليل البيانات الرقمية وإخراجها وتعد مخرجات البرامج أساسا لمدخلات نظم المعلومات الجغرافية (كباشي، 2011).

4/ **برنامج Google Excel:** يفيد في البحث ومعرفة الموقع فوق سطح الأرض كما يستفاد منه في استخراج الإحداثيات والمرئيات الفضائية التي تغطي كل العالم.

5/برنامج التحليل الإحصائي للعلوم الاجتماعية SPSS: استخدام في استخراج العلاقات الارتباطية بين المتغيرات المورفومترية

الدراسات السابقة: هنالك العديد من الدراسات المتعلقة بموضوع الدراسة منها:

بحث (2015: Moges, G. and Bhole, V) عن حوض تصريف نهر جورو بمقاطعة ديروا في أثيوبيا، باستخدام Arc GIS10.1 والأداة Archuydro2.0 ونموذج الارتفاع الرقمي العالمي GDEM بهدف وصف الحوض كمياً، وأظهرت نتائج الدراسة أن الحوض يمر في مرحلة الشباب المتأخر وأن كمية التصريف عندي مقطع ما في المجري المائي لها ارتباط قوي مع العرض، العمق، سرعة المياه، الانحدار، الخشونة وحمولة الرواسب، وأنه توجد علاقة عكسية بين لوغاريتم عدد المجاري ورتبة المجاري النهرية مع فروق صغيرة عن الخط المستقيم.

حاول علاجي (2010م) تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية في وادي يلملم من خلال تحليل نموذج الارتفاع الرقمي DEM وتوصلت الدراسة إلي بناء قاعدة بيانات جغرافية للخصائص المورفومترية لحوض وادي يلملم ، كما توصلت إلي وجود علاقة بين سرعة الجريان وطول الحوض وأن الحوض يتميز بالانحدار الشديد، وأوصت الدراسة بضرورة الاتجاه إلي الدراسات الجيومورفولوجية عامة والمورفومترية خاصة باستخدام التقنيات الحديثة المتمثلة في نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

نتاول المغاري (2015م) الخصائص الموفورمترية ومدلولاتها الجيومورفولوجية لوادي الحسي في فلسطين باستخدام GIS واعتمدت على تحليل نموذج ارتفاع رقمي من القمر Aster بدقة 30م وأظهرت أن الحوض يمر في مرحلة النضج المبكر حيث قيمة التكامل الهيبسومتري 51.88 وأن الشبكة النهرية تتكون من 390 رافد وأوصت الدراسة بضرورة استخدام GIS في الدراسات الجيومورفولوجية بإجراء دراسات مورفومترية مقارنة للأحواض النهرية في فلسطين.

كشف كباشي (2011) عن استخدام تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في الدراسات الجيومورفولوجية التطبيقية لدلتا خور أبو حبل وبناء قاعدة بيانات جغرافية للخور. وتوصلت الدراسة إلي عدد من النتائج منها فاعلية علوم وتكنولوجيا الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية كأحدي الأدوات في عملية عكسية بين مساحة الكثبان الرملية ومساحة الغطاء النباتي وأظهرت نتائج تحليل عينات المعادن الثقيلة التي تعد مصادر رسوبيات دلتا خور أبو حبل فتملت صخور نارية ومتحولة.

بين حسين (2015م) دور الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في التحليل المورفومتري لمحلية شرق النيل وتوصلت الدراسة إلي أنه: لا يوجد في المحلية أنهار دائمة الجريان وإنما أودية متقطعة وموسمية، أثبتت الدراسة قدرة الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في عملية التحليل المورفومتري لمنطقة الدراسة وتوصلت الدراسة أيضا إلي استخراج العديد من المتغيرات المورفومترية أثناء التطبيق على النموذج الرقمي تزيد عن أكثر من عشرين متغير مورفو متري.

مفهوم الدراسة المورفومترية

يعرف علم المورفومتري بأنه علم قياس الخصائص الهندسية لسطح الأرض الناتجة عن نظام التعرية النهرية (ناصر،2016:90)، وتعتبر الدراسة المورفومترية إحدى الدراسات المهمة في دراسة أحواض التصريف، والمقصود بحوض التصريف المناطق التي يتلقى منها النهر وروافده التغذية المائية (الأنصاري، 2005:195).

الخصائص الشكلية للحوض النهري

أهمها معامل الاستطالة، معامل الاستدارة، معامل الشكل ومعامل الاندماج. وشكل الحوض يعكس طبوغرافية، ومناخ، وجيولوجية الحوض (ريان، 2014:72)، ويؤثر شكله على شبكة التصريف ونظم التصريف النهرية وعلى العمليات الهيدرولوجية بالحوض (Zavoianu, 1985).

مجلة جامعة بخت الرضا العلمية ربع السنوية المحكمة العدد (40) المجلد (1) مارس 2025
[UBJSR: ISSN [1858-6139] :(Online)
http://www.juornal-bakhtalruda.bid/22/
Arab Impact Factor(1.12)

مفهوم نظم المعلومات الجغرافية

إن المفهوم الأساسي لنظم المعلومات الجغرافية هو الوصول إلى الحلول والقرارات السديدة المبنية على معالجة وتحليل المعطيات والمعلومات المختلفة الأنواع بعد ربطها بموقعها الجغرافي، بحيث تتميز أنظمة المعلومات الجغرافية عن باقي أنظمة المعلومات بقوة تحليلها للمعلومات المرتبطة بموقعها الجغرافي الصحيح والعلاقات المكانية بين المعلومات (المؤسسة العامة للتعليم والتدريب المهني، 2008 :7). وتتضارب المفاهيم والتفسيرات حول الأبعاد والمحاور التعريفية لنظم المعلومات الجغرافية، لاختلاف الخلفيات العلمية، فكل فريق ينظر إلى هذه النظم من خلال المدارك العلمية والتخصصية له، هذا بالإضافة إلى وجود تأثيرات واضحة للتجربة الشخصية للفرد على تشكيل التعريف (الدوسري، 2010).

مفهوم نموذج الارتفاع الرقمي

أحد الوسائل المهمة والتطبيقات الحديثة ضمن برنامج نظم المعلومات الجغرافية والذي يتيح ثلاثية الأبعاد للتضاريس الأرضية. يتألف من سلسلة من النقاط الموجودة على سطح الأرض والمعروفة بالارتفاع، حيث ترتبط عمودياً مع مستوى البحر، أو مع اى معلومة استدلالية أخرى، وترتبط أفقيا بشبكة الإحداثيات المعروفة في أساسيات الخرائط. يتم تشكيل هذه النقاط من خلال عمليات المسح الحقلي التقليدي باستخدام أجهزة تحديد المواقع، أو من خلال مسح الخرائط الكنتورية، أو باستخدام تقنيات التصوير الجوى (الحربي، 2007).

العلاقات الارتباطية بين الخصائص الشكلية والمتغيرات المورفومترية لأودية المنطقة:

وادي العطشان: يمر غرب العطشان وشرق حلة فور وشرق حلة دفع الله وغرب أبو جاد وغرب القولاتين ويمر غرب التكينة وبعدها يصب من نهر الدندر.

وادي الرقيق: يأتي من جبال سقدي وجبل دود يبدأ من الصفيحة سلامة ويمر بقرية الحجر الأبيض ويأتي شمال شرق القرية 43 ويمر بمنطقة العركيين وقرية أم وزين ويواصل مسيرة ليصل لمنطقة المشل.

وادي العزاز: يأت من الجزء الجنوبي لهضبة المناقل ويمر بقرية العزاز وقرية العويساب ليصل لمنطقة السكينة.

وادي برقو: يأتي من جبل سقدي وجبل موية ويمر شمال قرية برقو ويصب في ترعة السكر.

وادي الوالية: يأتي من منطقة جبال سقدي وجبل دور ويمر بقرية الولاية وود شميلي يواصل مسيره حتى يصل إلى منطقة العمرية وينقسم إلى مجاري صغيرة.

تصنيف العلاقات الارتباطية بين الخصائص الشكلية والمتغيرات المورفومترية: من خلال دراسة مصفوفة الارتباط بين المتغيرات يمكن تصنيف العلاقات وفق الجداول التالية:

جدول (1) العلاقات الارتباطية للخصائص الشكلية والمتغيرات المورفومترية لحوض العطشان

المتغير	معامل الاستطالة	معامل الاستدارة	معامل التشكل	معامل الاندماج	مساحه الحوض	محيط الحوض	طول الحوض	عرض الحوض	نسبه الطول للعرض
معامل الاستطالة	1	**0.892	**0.89	0.780-	0.07-	0.192-	0.166	0.127	0.911
معامل الاستدارة		1		0.33-	0.972-	0.117-	0.183-	0.045-	0.829
معدل الشكل			1	821.-	-0.08	0.283	0.316	0.162	0.847-
معامل الاندماج				1	0.283	0.339	0.339	0.083	0.855

جدول (2) العلاقات الارتباطية للخصائص الشكلية والمتغيرات المورفومترية لحوض الرقيق

المتغير	معامل الاستطالة	معامل الاستدارة	معامل التشكل	معامل الاندماج	مساحه الحوض	محيط الحوض	طول الحوض	عرض الحوض	نسبه الطول للعرض
معامل الاستطالة	1	**0.892	**0.89	0.774-	0.07-	0.192-	0.166	0.127	0.911
معامل الاستدارة		1		0.33-	0.972-	0.117-	0.124-	0.045-	0.829
معدل الشكل			1	821.-	-0.08	0.283	0.316	0.162	0.847-
معامل الاندماج				1	0.283	0.339	0.339	0.083	0.812

جدول (3) العلاقات الارتباطية للخصائص الشكلية والمتغيرات المورفومترية لحوض العزاز

المتغير	معامل الاستطالة	معامل الاستدارة	معامل التشكل	معامل الاندماج	مساحه الحوض	محيط الحوض	طول الحوض	عرض الحوض	نسبه الطول للعرض
معامل الاستطالة	1	**0.892	**0.89	0.870-	0.07-	0.192-	0.166	0.127	0.911
معامل الاستدارة		1		0.33-	0.972-	0.117-	0.513-	0.045-	0.829
معدل الشكل			1	821.-	-0.08	0.283	0.316	0.162	0.847-
معامل الاندماج				1	0.283	0.339	0.339	0.083	0.720

جدول (4) العلاقات الارتباطية للخصائص الشكلية والمتغيرات المورفومترية لحوض برقو

المتغير	معامل الاستطالة	معامل الاستدارة	معامل التشكل	معامل الاندماج	مساحه الحوض	محيط الحوض	طول الحوض	عرض الحوض	نسبه الطول للعرض
معامل الاستطالة	1	**0.892	**0.89	0.883-	0.07-	0.192-	0.166	0.127	0.911
معامل الاستدارة		1		0.33-	0.972-	0.117-	0.401-	0.045-	0.829

مجلة جامعة بخت الرضا العلمية ربع السنوية المحكمة العدد (40) المجلد (1) مارس 2025
[UBJSR: ISSN [1858-6139] :(Online)
http://www.juornal-bakhtalruda.bid/22/
Arab Impact Factor(1.12)

معدل الشكل			1	821.-	-0.08	0.283	0.316	0.162	0.847-
معامل الاندماج				1	0.283	0.339	0.339	0.083	0.851

جدول (5) العلاقات الارتباطية للخصائص الشكلية والمتغيرات المورفومترية لحوض الوالية

المتغير	معامل الاستطالة	معامل الاستدارة	معامل التشكل	معامل الاندماج	مساحة الحوض	محيط الحوض	طول الحوض	عرض الحوض	نسبة الطول للعرض
معامل الاستطالة	1	**0.892	**0.89	0.777-	0.07-	0.192-	0.166	0.127	0.911
معامل الاستدارة		1		0.33-	0.972-	0.117-	0.432-	0.045-	0.829
معدل الشكل			1	821.-	-0.08	0.283	0.316	0.162	0.847-
معامل الاندماج				1	0.283	0.339	0.339	0.083	0.71

من جدول (1) لـ جدول (5) تبين أن هنالك انخفاض قيمة معامل الاستطالة تنخفض قيم معامل الاستدارة والشكل والعكس صحيح، وأن الأحواض التي تميل للاستدارة غالباً ينتظم الشكل العام لها، وتقل تعرجات محيطاتها، وهذا يؤكده العلاقة العكسية بين الاندماج والاستطالة (-0.780، -0.774، -0.870، -0.883، -0.777) لأحواض (وادي العطشان الرقيق، العزاز، برقو، الوالية) على التوالي، فكلما ازدادت نسبة الطول للعرض ازدادت معها قيم معامل الاندماج، وبالتالي ازدادت تعاريج خطوط تقسيم المياه واتجهت الأحواض إلى عدم التناسق في الشكل العام لها، حيث تنخفض قيم معامل الاستطالة والاستدارة والشكل بازدياد نسبة الطول للعرض ومعامل الاندماج، وبذلك تتخذ الأحواض الشكل المستطيل، وتميل إلى عدم التناسق في الشكل العام، نظراً لحداثة دورتها الجيومورفولوجية، وهذا ما يؤكده العلاقة الطردية (0.855، 0.812، 0.720، 0.851، 0.71) للأحواض (وادي العطشان، الرقيق، العزاز، برقو، الوالية) على التوالي بين الاندماج و نسبة الطول إلى العرض، بازدياد طول الحوض ومحيطه تزداد قيم معامل الاندماج، وتتخذ الأحواض الشكل المستطيل وتميل إلى عدم انتظام الشكل العام لها، بازدياد طول الحوض تقل قيم معامل الاستدارة، وتتخذ الأحواض الشكل المستطيل وتميل إلى عدم انتظام الشكل العام لها. لا يمكن تعميمها وتخضع لظروف كل منطقة، ويرتبط ذلك ببعض الخصائص البنيوية والجيولوجية التي من شأنها أن تؤدي أحياناً إلى علاقات غير خطية (الأنصاري 2104) ومنها: تميل الأحواض كبيرة المساحة والتي يزداد عرضها إلى الشكل المستطيل وعدم التناسق في الشكل العام، تميل الأحواض ذات المساحات الكبيرة والتي يزداد أحد أبعادها، إلى الشكل المستطيل، وعدم التناسق في الشكل العام.

الخصائص التضاريسية لمنطقة الدراسة

جدول (6) الخصائص التضاريسية لأحواض أودية منطقة الدراسة

فرق الارتفاع ـ الخصائص	العطشان	الرقيق	العزاز	برقو	الوالية
معامل التضرس م/كم	19.4	17.1	18.8	16.0	16.1
التضاريس النسبية	0.389	0.466	0.421	0.702	0.32
قيمة الوعورة	2.9	2.6	2.3	2.6	2.7
النسيج الطبوغرافي	2.30	2.89	2.18	2.76	2.9
درجة انحدار الرافد	1.94	2.01	1.88	1.92	1.89
التكامل الهيبسومتري	%62	%66	%55	%59	%63

معامل التضرس (Relief Ratio): يلاحظ من جدول (6) أن قيمة التضرس لأحواض وادي (العطشان، الرقيق، العزاز، برقو، الوالية) تبلغ (19.4، 17.1، 18.8 ، 16.0، 16.1) م/كم على التوالي، وبمقارنتها نجد أنها جميعها تعد قيم مرتفعة، ويعزى ارتفاع قيمة معامل التضرس بتلك الأحواض لفارق الارتفاع الكبير بين المنسوب أعلى و أخفض نقطة بالأحواض ولتباين الظروف البنيوية ونوع الصخر وهو مؤشر على أن الأحواض في مرحلة الشباب في الدورة الجيومورفولوجية (النوم 2011 ، 256).

جدول (7) متوسطات معامل التضرس في الحوض للأحواض محل الدراسة حسب الرتبة

الرتبة	وادي العطشان	وادي الرقيق	وادي العزاز	وادي برقو	وادي الوالية
الأولى	89.9	98.3	112.6	88.5	89.1
الثانية	70.7	88.2	89.3	64.5	71.1
الثالثة	50.5	65.1	55.7	49.5	52.4
الرابعة	22.4	41.9	34.6	25.4	30.13

يتضح من جدول (7) ارتفاع قيم التضرس على مستوى أحواض الرتب، مما يشير إلى أنها نشطة جيومورفولوجياً، مع الأخذ بالاعتبار التفاوت النسبي وهذا مرتبط بالظروف الجيولوجية والبنيوية للأحواض ونوع التربة والانحدار، كما يتضح أن متوسط تضرس الأحواض ينخفض بزيادة الرتبة، ويعزى ذلك إلى زيادة مساحة وأطوال الأحواض بازدياد الرتبة، حيث تكون قيم التضرس مرتفعة في الأحواض الصغيرة المساحة (سلامة 1982، 113)، والتي أطوالها قصيرة (أبو ريه 2007، 56).

التضاريس النسبية (Relative Relief Ratio): نلاحظ من جدول (6) تبلغ قيمة التضاريس النسبية لأحواض وادي (العطشان، الرقيق، العزاز، برقو، الوالية) على التوالي (0.389، 0.466، 0.421، 0.702، 0.32)، وبمقارنة هذه القيم للأحواض نجد أن قيم التضاريس النسبية لهذه الأودية المرتفعة، وبالتالي فإن قيم التضاريس النسبية تعد مرتفعة، ويشير ارتفاع قيم التضرس النسبية في

مجلة جامعة بخت الرضا العلمية ربع السنوية المحكمة العدد (40) المجلد (1) مارس 2025
[UBJSR: ISSN [1858-6139] :(Online)
http://www.juornal-bakhtalruda.bid/22/
Arab Impact Factor(1.12)

الأحواض إلى شدة تضرس ووعورة أسطح الأحواض (الودعاني 2014، 37)، ويعزى ارتفاع قيمة التضرس النسبية لهذا الحوض لصغر مساحته، وكثرة تعرجات محيطه، ولعدم تجانس صخوره، ولفارق الارتفاع الكبير بين أعلى و أخفض نقطة في الحوض.

جدول (8) متوسطات معامل التضاريس النسبية في منطقة الحوض حسب الرتبة

الرتبة	وادي العطشان	وادي الرقيق	وادي العزاز	وادي برقو	وادي الوالية
الأولى	4.11	4.50	3.99	3.58	4.01
الثانية	3.31	3.56	2.78	2.53	3.12
الثالثة	2.72	2.17	1.26	1.74	1.54
الرابعة	1.18	1.04	0.61	0.99	0.78

يتضح من جدول (8) ارتفاع قيمة التضاريس النسبية على مستوى أحواض الرتب، مع الأخذ بالاعتبار التفاوت النسبي لها، وأن متوسط قيم التضاريس النسبية ينخفض بازدياد الرتبة، ويعزى ذلك لزيادة مساحة الأحواض، وتقدمها في دورتها الحتية بازدياد الرتبة.

قيمة الوعورة (Ruggedness Number): يتضح من جدول (6) أن قيمة الوعورة (2.7،2.6،2.3،2.6،2.9) للأودية محل الدراسة، وبمقارنة هذه القيم بعضها تعتبر الوعورة مرتفعة، ويمكن إرجاع ارتفاع قيمة الوعورة في الحوض إلى ارتفاع كثافته التصريفية الناتجة عن كثرة عدد المجاري، وكبر مساحات الأحواض. و يتضح من جدول (9) ارتفاع قيم الوعورة على مستوى أحواض الرتب، و أن متوسط قيمتها يزداد بازدياد الرتبة، و يعزى ذلك لتزايد مساحة الأحواض بازدياد الرتبة، حيث ترتبط قيمة الوعورة بعلاقة طردية مع المساحة (أبو ربه 2007 ، 67).

جدول (9) متوسطات معامل الوعورة في منطقة الحوض حسب الرتبة

الرتبة	وادي العطشان	وادي الرقيق	وادي العزاز	وادي برقو	وادي الوالية
الأولى	1.5	1.00	0.99	1.58	0.89
الثانية	2.22	2.9	2.78	2.53	1.12
الثالثة	2.72	3.12	3.26	4.74	3.52
الرابعة	4.6	5.17	4.61	5.01	5.80

التسيج الطبوغرافي (Texture Ratio): تبلغ قيمة التسيج الطبوغرافي لأحواض وادي (العطشان، الرقيق، العزاز، برقو، الوالية) (2.30، 2.89، 2.9،2.76،2.18) مجرى/كم على التوالي (جدول 6)، أي الأودية تقع ضمن الفئة ذات التسيج الخشن حسب تصنيف (Smith ،1950) ويعزى ذلك لنفاذية تكويناتها شبه الصخرية، ولوقوع الحوض في منطقة مناخية شبه جافة، ذات أمطار قليلة، ولم يسجل أي أحواضها على مستوى الرتب قيمة نسيج طبوغرافي أعلى من 4 مجرى /كم، وبالتالي تتصف جميعها ضمن النسيج الطبوغرافي الخشن حسب تصنيف (Smith ،1950) مما يشير إلى تماثلها جيولوجياً ومناخياً، ويتضح أيضاً أن هنالك علاقة طردية بين متوسط النسيج الطبوغرافي والرتبة، حيث بازدياد الرتبة تزداد مساحة الأحواض ومن ثم تزداد أعداد الروافد فيها، وقد أشارت ريان (2014 ، 134) إلى هذه العلاقة بين قيمة النسيج الطبوغرافي والرتبة.

جدول (10) متوسط قيمة التسيج الطبوغرافي حسب الرتب الفرعية

الرتبة	وادي العطشان	وادي الرقيق	وادي العزاز	وادي برقو	وادي الوالية
الأولى	0.8	0.7	0.99	1.08	0.89
الثانية	1.91	1.6	1.64	1.59	1.17
الثالثة	2.15	2.12	2.17	2.73	2.88
الرابعة	3.1	3.80	3.66	3.00	3.12

درجات انحدار الحوض و رواقده (Stream Slop): تبلغ درجة انحدار الرافد الرئيس لأحواض وادي (العطشان، الرقيق، العزاز، برقوالوالية) (2.01،1.94، 1.88، 1.92، 1.89) على التوالي (جدول 6)، وتعد درجة انحدار هذه الروافد خفيفة، ويرجع ذلك إلى طول المسافة الأفقية لها، وأشار أبو العينين (1981، 473) إلى اختلاف درجة انحدار الرافد بحسب خصائص التكوين الصخري الذي يشقه الوادي، ومدى تماسك حبيباته، ومقاومته لفعل التعرية النهرية ثم مرحلة نمو النهر.

جدول (11) متوسطات درجة انحدار الروافد في منطقة الأحواض محل الدراسة حسب الرتبة

الرتبة	وادي العطشان	وادي الرقيق	وادي العزاز	وادي برقو	وادي الوالية
الأولى	1.8	0.7	0.99	1.08	0.89
الثانية	1.91	1.6	1.64	1.59	1.17
الثالثة	2.15	2.12	2.17	2.73	2.88
الرابعة	3.1	3.80	3.66	3.00	3.12

يتبين من دراسة الأحواض الفرعية حسب الرتبة أنها صنفت على أنها منخفضة حيث يقل متوسط درجة انحدارها عن 5^0 في جميع الرتب وتكون العلاقة خطية ويوجد ارتباطاً عكسياً قوياً بين متوسط قيم انحدار الرافد للأحواض والرتبة، مما يعني أن متوسط انحدار الروافد يزداد عكسياً مع الرتبة، وهذا يتفق مع قانون (Horton ،1945) والذي ينص على أن متوسط انحدار رافد مائي في الرتبة النهرية التصاعدية في الحوض يكون متوالية هندسية تناقصية بنسبة انحدار ثابتة (أبو العينين 1995 ، 471).

مجلة جامعة بخت الرضا العلمية ربع السنوية المحكمة العدد (40) المجلد (1) مارس 2025
[UBJSR: ISSN [1858-6139] :(Online)
http://www.juornal-bakhtalruda.bid/22/
Arab Impact Factor(1.12)

التحليل الهيبسومتري (Hypsometric Analysis): تبلغ قيمة التكامل الهيبسومتري لأحواض أودية (العطشان، الرقيق ، العزازبرقو، الوالية) على التوالي (62%,66%,55%,59%,63%) (جدول 6)، ويعد هذا مؤشراً على أن هذه الأحواض تمر بمرحلة الشباب (ريان 2014، 144).

جدول (12) حساب التكامل الهيبسومتري لأحواض أودية منطقة الدراسة حسب الرتب

الرتبة	وادي العطشان	وادي الرقيق	وادي العزاز	وادي برقو	وادي الوالية
الأولى	1	1	1	1	1
الثانية	0.9	0.86	0.62	0.59	0.71
الثالثة	0.64	0.72	0.36	0.73	0.58
الرابعة	0.44	0.3	0.66	0.361	0.42

العلاقات الارتباطية بين الخصائص التضاريسية و المتغيرات الأخرى بمنطقة الحوض: تم دراسة العلاقة الارتباطية بين متغيرات الخصائص التضاريسية للأحواض محل الدراسة والمتغيرات الأخرى، ومن خلال دراسة مصفوفة الارتباط بين المتغيرات التي تظهر في الجداول التالية:

جدول (13) العلاقات الارتباطية بين الخصائص التضاريسية والمتغيرات الأخرى في حوض وادي الرقيق

المتغير	التضرس	التضاريس النسبية	الوعورة	التشيج الطبوغرافي	انحدار الرافد	المحيط	المساحة	العرض	الاستطالة	الاستدارة	الشكل	اندماج
التضرس	1	**0.881	**0.115	0.340-	0.20-	0.244-	0.275	0.219	0.260	0.266	0.224	0.232-
التضاريس النسبية		1		0.34-	0.972-	0.137-	0.436-	0.045-	0.829	0.130	0.016-	0.110-
الوعورة			1	0.811.-	-0.42	0.282	0.317	0.162	0.847-	0.349-	0.378-	0.375
التشيج الطبوغرافي				1	0.461	0.331	0.389	0.083	0.71	0.303-	0.019	0.050
انحدار الرافد					1	0.231-	0.34-	0.294-	0.260	0.219-	0.260	0.232-

جدول (14) العلاقات الارتباطية بين الخصائص التضاريسية والمتغيرات الأخرى في حوض وادي العزاز

المتغير	التضرس	التضاريس النسبية	الوعورة	التشيج الطبوغرافي	انحدار الرافد	المحيط	المساحة	العرض	الاستطالة	الاستدارة	الشكل	اندماج
التضرس	1	**0.887	**0.025	0.440-	0.28-	0.294-	0.264	0.219	0.260	0.266	0.224	0.212-
التضاريس النسبية		1		0.33-	0.77-	0.117-	0.48-	0.045-	0.829	0.130	0.016-	0.120-
الوعورة			1	821.-	-0.16	0.283	0.343	0.162	0.847-	0.349-	0.378-	0.335
التشيج الطبوغرافي				1	0.267	0.339	0.332	0.083	0.71	0.303-	0.019	0.040
انحدار الرافد				-0.19	0.34-	0.294-	0.219-	0.260	0.252-			

جدول (15) العلاقات الارتباطية بين الخصائص التضاريسية والمتغيرات الأخرى في حوض وادي برقو

المتغير	التضرس	التضاريس النسبية	الوعورة	التشيج الطبوغرافي	انحدار الرافد	المحيط	المساحة	العرض	الاستطالة	الاستدارة	الشكل	اندماج
التضرس	1	**0.957	**0.085	0.340-	0.20-	0.294-	0.274	0.219	0.260	0.266	0.224	0.232-
التضاريس النسبية		1		0.33-	0.972-	0.117-	0.432-	0.045-	0.829	0.130	0.016-	0.110-
الوعورة			1	821.-	-0.08	0.283	0.316	0.162	0.847-	0.349-	0.378-	0.375
التشيج الطبوغرافي				1	0.283	0.339	0.339	0.083	0.71	0.303-	0.019	0.050
انحدار الرافد					1	0.231-	-0.12	0.34-	0.294-	0.219-	0.260	0.232-

جدول (16) العلاقات الارتباطية بين الخصائص التضاريسية والمتغيرات الأخرى في حوض وادي الوالية

المتغير	التضرس	التضاريس النسبية	الوعورة	التشيج الطبوغرافي	انحدار الرافد	المحيط	المساحة	العرض	الاستطالة	الاستدارة	الشكل	اندماج
التضرس	1	**0.857	**0.017	0.340-	0.20-	0.294-	0.274	0.219	0.260	0.273	0.284	0.222-
التضاريس النسبية		1		0.23-	0.87-	0.127-	0.33-	0.045-	0.829	0.130	0.016-	0.110-
الوعورة			1	821.-	-0.08	0.283	0.316	0.162	0.747-	0.349-	0.378-	0.375
التشيج الطبوغرافي				1	0.233	0.339	0.339	0.083	0.71	0.303-	0.019	0.050
انحدار الرافد					1	0.231-	-0.12	0.34-	0.294-	0.219-	0.260	0.232-

ويمكن تصنيف العلاقات الارتباطية كالآتي : العلاقات الارتباطية القوية ≥ 0.7 و هي : العلاقات الطردية بين الخصائص التضاريسية للحوض ممثلة في قيمة التضرس والتضاريس ودرجة انحدار الرافد: أي أنه كلما زادت قيمة التضرس زادت بالتبعية معها قيمة

مجلة جامعة بخت الرضا العلمية ربع السنوية المحكمة العدد (40) المجلد (1) مارس 2025
[UBJSR: ISSN [1858-6139] :(Online)
http://www.juornal-bakhtalruda.bid/22/
Arab Impact Factor(1.12)

التضاريس النسبية ودرجة انحدار الرافد، مما يعني أن الأحواض لا تزال في شباب دورتها الجيومورفولوجية. العلاقة الطردية بين النسيج الطبوغرافي ومساحة وأبعاد أحواض التصريف: أي أن الأحواض الصغيرة والتي تقل أبعادها تتميز بنسيج طبوغرافي خشن، مما يشير إلى شباب دورتها الجيومورفولوجية. العلاقات الارتباطية المتوسطة ≤ 0.3 إلى <0.7 و هي : العلاقة الطردية بين قيمة الوعورة والنسيج الطبوغرافي ومساحة وأبعاد حوض التصريف: فكلما انخفضت قيم الوعورة انخفضت قيم النسيج الطبوغرافي، وأن الأحواض صغيرة المساحة والتي تقل أبعادها تنخفض فيها قيمة الوعورة، مما يشير إلى حداثة دورتها الجيومورفولوجية. العلاقة العكسية والخصائص الشكلية للحوض (الاستطالة و الاستدارة و الشكل): تكون العلاقة طردية مع قيمة الاندماج، لوجود علاقة عكسية بين الخصائص الشكلية للحوض. العلاقات الارتباطية الضعيفة < 0.3: لا يمكن تعميمها ومنها العلاقة العكسية بين الخصائص التضاريسية للحوض (التضرس، التضاريس النسبية، الوعورة، انحدار الرافد) مع مساحة وأبعاد أحواض التصريف وخصائصها الشكلية (الاستطالة والاستدارة والشكل)، فمع زيادة مساحة وأبعاد حوض التصريف يكون الحوض قد قطع شوطاً كبيراً بدورته التحاتية عبر عمليات الحت، وكلما ارتفعت قيم الخصائص الشكلية يكون الحوض قد قطع شوطاً كبيراً بدورته التحاتية من خلال عمليات الحت، و أصبح أكثر اندماجا وأقرب للشكل الدائري، العلاقة العكسية بين النسيج الطبوغرافي والخصائص التضاريسية للحوض (التضرس، التضاريس النسبية، الوعورة، انحدار الرافد)، والأحواض ذات النسيج الطبوغرافي الخشن، تزداد فيها قيم الخصائص التضاريسية. خصائص شبكة التصريف النهري لمنطقة الدراسة: لدراسة خصائص شبكة التصريف النهري للأحواض محل الدراسة، تم تطبيق عدد من المعادلات المورفومترية، والتي لخص حساباتها جدول رقم (17).

جدول (17) خصائص شبكة التصريف النهري في الأحواض محل الدراسة

الخاصية	العطشان	الرقيق	العزاز	برقو	الوالية
عدد الرتب	5	5	5	5	5
عدد الروافد	12	16	9	13	13
أطول الروافد كم	235.5	338.5	216.4	246.2	255.1
كثافة التصريف كم/كم^2	1.37	1.9	1.2	1.2	1.56
نسبة التشعب	3.83	3.77	2.9	2.9	2.53
التكرار النهري مجرى/كم^2	1.27	2.7	1.33	1.78	1.5
بقاء المجرى كم^2/كم	0.73	0.9	0.7	0.4	0.4
التحرج النهري	1.4	1.9	1.1	1.4	1.7

أعداد الروافد النهرية ورتبها (Stream Number and Order)

يضم الحوض حسب تصنيف (Strahler ،1957) عدداً من الروافد النهرية يحمل مجراها الرئيس الرتبة الخامسة، ويمكن توضيح ذلك بالجداول الآتية:

جدول (18) عدد روافد النهرية في كل الرتب في حوض وادي العطشان

الرتبة	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة
عدد الروافد	4	3	2	2	1

جدول (19) عدد روافد النهرية في كل الرتب في حوض وادي الرقيق

الرتبة	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة
عدد الروافد	6	3	2	1	1

جدول (20) عدد روافد النهرية في كل الرتب في حوض وادي العزاز

الرتبة	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة
عدد الروافد	8	6	3	2	1

جدول (21) عدد روافد النهرية في كل الرتب في حوض وادي برقو

الرتبة	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة
عدد الروافد	11	9	3	2	1

جدول (22) عدد روافد النهرية في كل الرتب في حوض وادي الوالية

الرتبة	الأولى	الثانية	الثالثة	الرابعة	الخامسة
عدد الروافد	15	11	4	3	2

ويتضح من الجداول أعلاه أن معظم الروافد النهرية تقع ضمن الرتبة الأولى والثانية بنسبة 95% من إجمالي الروافد، وهذا يتفق مع روافد الرتبة الأولى والثانية في أحواض المناطق شبه الجافة، إن الروافد تتناقص بزيادة الرتب.(Dhawaskar,2015,3)

أطوال الروافد النهرية: الجدول التالي يبين متوسط أطوال روافد أحواض الأودية محل الدراسة:

مجلة جامعة بخت الرضا العلمية ربع السنوية المحكمة العدد (40) المجلد (1) مارس 2025
[UBJSR: ISSN [1858-6139] :(Online)
http://www.juornal-bakhtalruda.bid/22/
Arab Impact Factor(1.12)

جدول (23) متوسط أطوال رواقد أحواض الأودية محل الدراسة

الخاصية	وادي العطشان	وادي الرقيق	وادي العزاز	وادي برقو	وادي الوالية
الأولى	0.68	0.9	1.03	0.6	1.7
الثانية	1.53	1.93	3.6	1.11	2.3
الثالثة	3.19	4.1	4.7	3.17	3.6
الرابعة	8.05	11.3	13.3	8.32	11.6
الخامسة	23.15	28	26.1	22.5	26.8

يتبين من الجدول أعلاه وجود ارتباطاً قوياً بين متوسط أطوال الروافد في الحوض والرتبة، مما يعني أن متوسط أطوال الروافد يزداد بازدياد الرتبة، وهذا يتفق مع القانون الثاني الذي وضعه (Horton ،1945) لأطوال الروافد النهرية والذي ينص على أن "متوسط طول الروافد النهرية يزداد كلما ازدادت رتبة المجرى" (Dhawaskar, 2015, 3)

الكثافة التصريفية

وفقاً لتصنيف Strahler (1964) حيث صنف قيم الكثافة التصريفية إلى ثلاث فئات: (أقل من 12) منخفضة، ومن (12-16) متوسطة، (وأكبر من 16) مرتفعة (Kant , et ,al 2015 ،1405)، والجدول (24) متوسط الكثافة التصريفية للأودية محل الدراسة.

جدول (24) متوسط الكثافة التصريفية لأحواض الأودية محل الدراسة

الخاصية	وادي العطشان	وادي الرقيق	وادي العزاز	وادي برقو	وادي الوالية
متوسط الكثافة	23.7	17.9	24.03	16.6	19.7

تبلغ الكثافة التصريفية لأحواض منطقة الدراسة (23.7، 16.619.7، 24.03، 17.9 كم/كم^2) لأحواض (وادي العطشان، وادي الرقيق، وادي العزاز، وادي برقو، وادي الوالية) على التوالي، وتعتبر هذه القيمة مرتفعة حسب تصنيف Strahler (1964)، وهذا يعني أن جميع الأحواض الفرعية ذات كثافة تصريفية مرتفعة.

نسبة التشعب:

جدول (25) متوسط قيم التشعب العام و الموزون للرتب في الأحواض محل الدراسة

الرتبة	وادي العطشان	وادي الرقيق	وادي العزاز	وادي برقو	وادي الوالية
2/1	5.09	5.2	5.5	5.08	5.7
3/2	4.25	4.5	4.1	4.3	4.2
4/3	4	4.01	4.04	4.09	4.02
5/4	2	2.8	2.38	2.65	2.02
متوسط التشعب العام	3.84	3.24	3.6	3.5	3.33
متوسط التشعب الموزون	4.9	4.1	4.87	3.89	4.03

يتضح من الجدول (25) أن قيم التشعب العام للأحواض محل الدراسة تراوحت ما بين (2- 5.09)، أي أنها تختلف من رتبة لأخرى لاختلاف عدد الروافد في كل رتبة، و أنها ترتفع في الرتب الدنيا لزيادة أعداد الروافد فيها حيث تمثل الرتبة الأولى والثانية ما نسبته 95% من أجمالي رواقد الأودية، في حين تمثل الرتبة الثالثة والرابعة والخامسة 5% فقط من أعداد الروافد في الأودية. كما يتبين أن قيم التشعب العام والموزون في الأودية تقع ضمن الحدود الطبيعية التي أشار إليها Strahler من (3-5)، وبذلك فإن نمط التصريف لا يتأثر كثيراً بالبنية الجيولوجية والتضاريس (Dhawkar, 2105, 1)، ولقد وجد أن قيمة الكثافة التصريفية مرتفعة في الأحواض، وبالتالي فإنه قيم نسبة التشعب وقيم الكثافة التصريفية في الحوض كلاهما يشير إلى تطور الفيضان بصورة مؤثرة جيومورفولوجياً.

التكرار النهري:

جدول (26) متوسطات تكرارية الرواقد في منطقة في الأحواض محل الدراسة حسب الرتبة

الرتبة	وادي العطشان	وادي الرقيق	وادي العزاز	وادي برقو	وادي الوالية
1	4.7	4.2	4.6	4.01	4.4
2	8.33	8.30	8.28	8.26	8.21
3	16.5	16.1	16.3	16.4	16.2
4	18.9	18.7	16.5	16.3	16.1
5	20.22	20.18	20.2	20.21	20.19

يتضح من الجدول (26) أن تكرارية الروافد ترتفع على مستوى الحوض ككل وعلى مستوى أحواض الرتب، وتشير قيم التكرار النهري المرتفعة إلى أن الحوض وأحواضه الفرعية في مرحلة شباب الدورة الجيومورفولوجية (ريان 2014 162)، ويعزى ارتفاع تكرارية المجاري بالحوض إلى كثرة عدد روافد في الحوض مقارنة بمساحته (الأنصاري، 2014، 53)

ثابت بقاء المجارى:

جدول (27) متوسطات ثابت بقاء المجرى في منطقة الأحواض محل الدراسة حسب الرتبة

الرتبة	وادي العطشان	وادي الرقيق	وادي العزاز	وادي برقو	وادي الوالية
1	1.42	1.39	1.41	1.38	1.40
2	0.77	0.75	0.73	0.71	0.69

مجلة جامعة بخت الرضا العلمية ربع السنوية المحكمة العدد (40) المجلد (1) مارس 2025
[UBJSR: ISSN [1858-6139] :(Online)
http://www.juornal-bakhtalruda.bid/22/
Arab Impact Factor(1.12)

3	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94
4	0.74	0.72	0.71	0.69	0.68
5	0.73	0.72	0.71	0.70	0.69

يتضح من الجدول أعلاه ارتفاع قيم ثابت بقاء المجرى على مستوى أحواض الرتب، كما أنها لم تختلف متوسطات قيم بقاء المجرى لأحواض الرتب الفرعية عن الحوض الكلي حيث سجلت قيم مرتفعة أيضاً، ويشير ارتفاع قيم ثابت المجرى إلى أنها ما زالت في شباب دورتها الجيومورفولوجية.

التعرج النهري:

جدول (28) التعرج النهري لروافد الأحواض على مستوى الرتب النهرية في منطقة الأحواض محل الدراسة حسب الرتبة

الرتبة	وادي العطشان	وادي الرقيق	وادي العزاز	وادي برقو	وادي الوالية
1	1.12	1.11	1.10	1.9	1.8
2	1.15	1.14	1.13	1.12	1.10
3	1.22	1.21	1.20	1.19	1.18
4	1.11	1.10	1.9	1.8	1.7

يتضح من الجدول(28) أن روافد الأحواض على مستوى جميع الرتب النهرية غير متعرجة، مما يشير إلى أنها ما زالت في دورتها الحتية، وهذا يتفق مع نتائج الخصائص المساحية والشكلية والتضاريسية، وخصائص شبكة التصريف النهري للأحواض الفرعية للأحواض محل الدراسة.

العلاقات الارتباطية بين متغيرات شبكة التصريف: من خلال دراسة مصفوفة الارتباط بين متغيرات شبكة التصريف النهري التي تظهر في جدول (29)

جدول (29) العلاقة الارتباطية بين متغيرات شبكة التصريف بمنطقة أحواض الدراسة

المتغير	عدد الروافد	مجموع أطوال الروافد	كثافة التصريف	التكرار النهري	ثابت البقاء	التعرج النهري
عدد الروافد	1	0.998	0.079	-0.120	-0.079	0.279
مجموع أطوال الروافد		1	0.107	-0.143	-0.093	0.291
كثافة التصريف			1	-0.463	-0.686	0.354
التكرار النهري				1	0.539	0.008
ثابت بقاء المجرى					1	-0.074

ويتم تصنيف العلاقات بينها كالتالي: العلاقات الارتباطية القوية ≥ 0.7 و هي: العلاقة الطردية بين عدد الروافد ومجموع أطوال الروافد: حيث بازدياد عدد الروافد يزيد مجموع أطوالها، وهو أمر طبيعي في ظل الشكل الشجري الذي تتوزع وفقه شبكة المجاري المائية في الحوض، ويظهر ذلك في على الخريطة محل الدراسة. العلاقات الارتباطية المتوسطة ≥ 0.3 إلى < 0.7: العلاقة الطردية بين ثابت بقاء المجرى والتكرار النهري (**0.539): ويؤكد ذلك العلاقة بين ثابت بقاء المجرى و التكرار النهري 0.519**. العلاقة الطردية بين قيمة الكثافة التصريفية والتعرج النهري: حيث أن الأحواض التي تنخفض فيها الكثافة التصريفية تكون روافدها أقل تعرجاً نظراً لحداثة دورتها الحتية. العلاقة العكسية بين الكثافة التصريفية وثابت بقاء المجرى والتكرار النهري: حيث بانخفاض الكثافة التصريفية ترتفع قيمة ثابت المجرى والتكرار النهري. العلاقة العكسية بين أطوال الروافد مع التكرار النهري وثابت بقاء المجرى: حيث تقل قيمة التكرار النهري وثابت بقاء المجرى بازدياد أطوال الروافد، وهذا يفسر العلاقة بين الكثافة التصريفية وثابت بقاء المجرى والتكرار النهري. العلاقات الارتباطية الضعيفة < 0.3: هي علاقة لا يمكن تعميمها وهي العلاقة الطردية بين الكثافة التصريفية مع عدد و مجموع أطوال الروافد، والعلاقة العكسية بين التكرار النهري وثابت البقاء مع عدد ومجموع أطوال الروافد، والعلاقة الطردية بين التعرج النهري مع عدد وأطوال الروافد والتكرار النهري، والعلاقة العكسية بين التعرج النهري وثابت بقاء المجرى. العلاقات الارتباطية بين متغيرات شبكة التصريف و متغيرات أحواض التصريف: تم دراسة العلاقات الارتباطية بين متغيرات شبكة التصريف النهري ومتغيرات أحواض التصريف، ومن خلال دراسة مصفوفة الارتباط بين المتغيرات التي تظهر في جدول (30):

جدول (30) العلاقات الارتباطية بين متغيرات شبكة التصريف ومتغيرات أحواض التصريف

المتغير	المساحة	المحيط	طول الحوض	العرض	الطول للعرض	استطالة	استدارة	الشكل	الدماج	التضرس	التضاريس النسبية	الوعورة	النسيج الطبوغرافي	انحدار الرافد
عدد الروافد	0.999	0.963	0.956	0.816	0.100	0.090-	0.209-	0.880-	0.279	0.206-	0.214-	0.388	0.772	0.206-
مجموع وأطوال الروافد	0.999-	0.962	0.957	0.806	0.114	0.104-	0.220-	0.894-	0.291	0.203-	0.207-	0.410	0.747	0.203-
كثافة التصريف	0.077	0.187	0.218	0.157	0.392	-0.364	-0.360	-0.339	0.354	-0.080	0.008	0.817	0.048	-0.080
التكرار النهري	-0.141	-0.267	-0.273	-0.362	0.068	-0.050	-0.009	-00.044	0.008	0.137	0.150	-0.391	0.092	0.137
التعرج النهري	0.218	0.230	0.192	0.352	-0.338	0.426	0.212	0.447	-0.167	-0.059	-0.177	0.100	0.233	-0.059
ثابت البقاء	-0.082	-0.168	-0.186	-0.199	0.166	0.151	0.083	0.141	-0.074	0.100	0.055	-0.452	-0.034	0.100

ويمكن تصنيف العلاقات كالتالي: العلاقات الارتباطية القوية ≥ 0.7 و هي : العلاقة الطردية بين أعداد وأطوال الروافد مع مساحة وأبعاد أحواض التصريف: مما يعني أن الأحواض صغيرة المساحة والتي تقل أطوال أبعادها تتميز بقصر أطوال روافدها وقلة أعدادها، ونظراً للحداثة دورتها الجيومورفولوجية. العلاقة الطردية بين أعداد الروافد وأطوالها مع النسيج الطبوغرافي: ويعني ذلك أن الأحواض التي تقل أطوال روافدها وأعدادها تتميز بنسيج طبوغرافي خشن، نظراً لحداثة دورتها الجيومورفولوجية. العلاقة الطردية

بين الكثافة التصريفية وقيمة الوعورة: لأنه بازدياد قيمة الوعورة تزداد أعداد وأطوال ومجموع أطوال الروافد ومن ثم كثافة التصريف كنتيجة لتقدم الأحواض في دورتها الجيومورفولوجية. العلاقات الارتباطية المتوسطة ≤ 0.3 إلى <0.7. العلاقة الطردية بين الكثافة التصريفية مع نسبة الطول للعرض ومعامل الاندماج: حيث تزداد الكثافة التصريفية في الأحواض التي تتخذ الشكل المستطيل وتتميز بعدم انتظام شكلها وتعرج خطوط تقسيم المياه، وذلك لزيادة أطوال روافدها. العلاقة الطردية بين أعداد الروافد وأطوالها ومجموع أطوالها مع قيمة الوعورة: حيث بازدياد قيمة الوعورة تزداد أعداد وأطوال ومجموع أطوال الروافد كنتيجة لتقدم الأحواض في دورتها الجيومورفولوجية. العلاقة الطردية بين قيم التعرج النهري مع عرض الأحواض والخصائص الشكلية لأحواض التصريف (الاستطالة والاستدارة والشكل): مما يعني أن قيمة التعرج النهري تنخفض في الأحواض التي تتخذ الشكل المستطيل، وتتميز بعدم انتظام شكلها وتعرج خطوط تقسيم المياه، لحداثة دورتها الحتية. العلاقة العكسية بين الكثافة التصريفية مع معامل الاستدارة والاستطالة والشكل: مما يعني أن الكثافة التصريفية تزداد في الأحواض المستطيلة، والتي تتميز بعدم انتظام شكلها وتعرج خطوط تقسيم المياه. العلاقة العكسية بين ثابت بقاء المجرى وقيمة الوعورة: حيث تنخفض قيمة ثابت بقاء المجرى بازدياد قيمة الوعورة نظراً لتقدم الحوض في دورته الجيومورفولوجية. العلاقات الارتباطية الضعيفة <0.3 : وهي علاقات لا يمكن تعميمها ومنها: العلاقة الطردية بين كثافة التصريف ومساحة وأبعاد أحواض التصريف، العلاقة الطردية بين كثافة تصريف والتكرار النهري والتعرج النهري مع النسيج الطبوغرافي، العلاقة الطردية بين كثافة التصريف وخصائص الحوض التضاريسية، العلاقة العكسية بين التعرج النهري وخصائص الحوض التضاريسية، والعلاقة العكسية بين التكرار النهري وثابت بقاء المجرى مع أبعاد الحوض (الطول، العرض، الارتفاع).

النتائج

1/ من خلال العلاقات الارتباطية القوية (≤ 0.7) نجد أن الأحواض التي تميل للاستدارة غالباً ينتظم الشكل العام لها، ونقل تعرجات محيطاتها، وهذا يؤكده العلاقة العكسية بين الاندماج والاستطالة (-0.780، -0.774، -0.870، -0.883، -0.777) لأحواض أودية (العطشان، الرقيق، الحزاز، برقو، الوالية) على التوالي.

2/ هنالك ارتفاع في معامل التضرس في الأحواض وعلى مستوى الرتب يعزى لفارق الارتفاع الكبير بين منسوب أعلى وأخفض نقطة بالأحواض و لتباين الظروف البنيوية ونوع الصخر وهو مؤشر على أن الأحواض في مرحلة الشباب في الدورة الجيومورفولوجية، مما يشير إلى أنها نشطة جيومورفولوجياً.

3/ أن قيم التضاريس النسبية لهذه الأودية تعد مرتفعة، ويشير ارتفاع قيم التضرس النسبية في الأحواض إلى شدة تضرس ووعورة أسطح الأحواض، ويعزى ارتفاع قيمة التضرس النسبية لهذا الحوض لصغر مساحته، وكثرة تعرجات محيطه، ولعدم تجانس صخوره، ولفارق الارتفاع الكبير بين أعلى واخفض نقطة في الحوض. وهنالك ارتفاع قيمة التضاريس النسبية على مستوى أحواض الرتب، مع الأخذ بالاعتبار التفاوت النسبي لها.

4/ ارتفاع قيم الوعورة على مستوى أحواض الرتب، وأن متوسط قيمتها يزداد بازدياد الرتبة، ويعزى ذلك لتزايد مساحة الأحواض بازدياد الرتبة، حيث ترتبط قيمة الوعورة بعلاقة طردية مع المساحة.

5/ يقل متوسط درجة انحدارها عن 5^0 في جميع الرتب وتكون العلاقة خطية ويوجد ارتباطاً عكسياً قوياً بين متوسط قيم انحدار الرافد للأحواض والرتبة، مما يعني أن متوسط انحدار الروافد يزداد عكسياً مع الرتبة، وهذا يتفق مع قانون Horton (1945) والذي ينص على أن متوسط انحدار رافد مائي في الرتبة النهرية التصاعدية في الحوض يكون متوالية هندسية تناقصية بنسبة انحدار ثابتة.

التوصيات

1/ أهمية استخدام نظم المعلومات الجغرافية لاستخلاص كافة القياسات المورفومترية من البيانات الرادارية.

2/ إجراء مزيدا من الدراسات التطبيقية لتوفير قياسات دقيقة للأودية المجهولة في السودان.

3/ توفير الإمكانيات المناسبة من خرائط ولوحات أقمار صناعية بالاعتماد على التقنيات الحديثة لتكون مرجع وبنك معلومات لكل متخصصي الجيومورفولوجيا والهيدورولوجيا وصناع القرار.

5/ إجراء مزيدا من الدراسات المورفومترية بين الأحواض لمعرفة الآثار البيئة المترتبة على تغيراتها الجيومورفولوجية.

المصادر والمراجع

أبو الحيتين، حسن سيد أحمد (1995) أصول الجيومورفولوجيا دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض، مؤسسة الثقافة الجامعية، الإسكندرية.

أبو ريه، أحمد محمد أحمد (2007) المنطقة الممتدة فيما بين القصير ومرسى أم غيج" دراسة جيومورفولوجية". رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة الإسكندرية.

آل سعود، مشاعل (2002) تطبيقات تقنية الاستشعار عن بعد والأساليب الجيوديسية المتطورة في دراسة مورفومترية الوديان الجافة الجمعية الجغرافية الكويتية:51 -1.

الأنصاري، نظير (2005) علم المياه السطحية التطبيقي، جامعة آل البيت، الأردن.

التوم، صبري محمد(2011) التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للجزء الأعلى من حوض وادي الرميمين وحوض نهر تكالا دراسة تحليلية في الجيومورفولوجيا المناخية، مجلة العلوم الإنسانية، البحرين، 20: 236-277.

الحربي، نوير مسرى ناعم (2007) النمذجة الآلية لحوض وادي ملكان باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية. رسالة ماجستير، جامعة أم القرى.

المغاري، باسم عبد الرحمن (2015) الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحسي باستخدام نظم المعلومات الجغرافية: دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية. رسالة ماجستير غير منشورة، الجامعة الإسلامية، غزة، فلسطين.

المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني (2008) نظم المعلومات الجغرافية. الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، المملكة العربية السعودية.

الودعاني، إدريس (2014) مخاطر السيول في منطقة جازان جنوب غرب المملكة العربية السعودية "منظور جيومورفولوجي". مجلة جامعة جازان، المملكة العربية السعودية، 1(3).

ريان، وفاء (2014) الخصائص المورفومترية لحوض وادي الفارعة. فلسطين: باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية. رسالة ماجستير الجامعة الإسلامية، غزة.

سلامة، حسن رمضان (1980) التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للأحواض المائية في الأردن. دراسات، 7(1): 97-132.

علاجي، آمنة بنت أحمد بن محمد (2010م) 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.

Dhawaskar. (2015) Morphometric Analysis of Mahdi River Basin Using SRTM Data and GIS, Standard International Journals, 1 (4).

Horton, R. E. (1945) Erosinal Development of Streams and their Drainage Basins Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology, Geol. Soc. America Bull., 56: 275- 370.

Kant, S. Singh, S. Nema, A. and Meshram, S. (2015) Morphometric Analysis of Sonar Sup-Basin Using SRTM Data and Geographical Information System (GIS) .African Journal of Agricultural Research, 10 (12

Moges, G. Bhole, V. (2015) Morphometric Characteristics and the Relation of Stream Orders to Hydraulic Parameters of River Goro: An Ephemeral River in Dire-Dawa, Ethiopia, Universal Journal of Geosciences 3(1): 13-27.

Strahler, A. N. (1964) Quantitative Geomorphology of Drainage Basin and Channel Networks, Part 11, Sect, 4-11, in Handbook of Applied Hydrology, V.T. chow, ed., New York.

Zavoianu, I. (1985) Morphometry of Drainage Basins, Elsevier, New York.