



مجلة

مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية

مجلة علمية محكمة تصدر عن
مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية
كلية الآداب - جامعة المنوفية

الترقيم الدولي الموحد للطباعة: 2357-0091

الترقيم الدولي الموحد الإلكتروني: 2735-5284

مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية
بكلية الآداب – جامعة المنوفية
مجلة علمية مُحَكَّمَة

مؤتمراتية الأحواض المؤثرة على بحيرة الحائر الاصطناعية
جنوب مدينة الرياض باستخدام التقنيات الجيومكانية

إعداد

أ/ ريم صعيب محمد الهاجري

طالبة دكتوراه قسم الجغرافيا، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة الملك سعود

أ.د/ فرحان حسين الجعيدي

أستاذ قسم الجغرافيا، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة الملك سعود

مجلة مركز البحوث الجغرافية والكارتوجرافية بكلية الآداب – جامعة المنوفية

مجلة علمية مُحَكَّمة

هيئة التحرير للمجلة	
رئيس التحرير	أ.د/ لطفي كمال عبده عزاز
نائب رئيس التحرير	أ.د/ إسماعيل يوسف إسماعيل
مساعد رئيس التحرير	أ.د/ عادل محمد شاويش
السادة أعضاء هيئة التحرير	أ.د/ عبد الله سيدي ولد محمد أبنو
	د/ سالم خلف بن عبد العزيز
	د/ محمد فتح الله محمد النتيفة
	د/ طوفان سطات حسن البياتي
	د/ سهام بنت صالح سليمان العلولا
	د/ محمود فوزي محمود فرج
سكرتير التحرير	د/ صابر عبد السلام أحمد محمد
	د/ صلاح محمد صلاح دياب

<https://mkgc.journals.ekb.eg/> موقع المجلة على بنك المعرفة المصري:

الترقيم الدولي الموحد للطباعة: ٢٣٥٧-٠٠٩١
الترقيم الدولي الموحد الإلكتروني: ٢٧٣٥-٥٢٨٤

تتكون هيئة تحكيم إصدارات المجلة من السادة الأساتذة المحكمين من داخل وخارج اللجنة العلمية الدائمة لترقية الأساتذة والأساتذة المساعدين في جميع التخصصات الجغرافية

بحث:

مورفومترية الأحواض المؤثرة على بحيرة الحائر الاصطناعية جنوب مدينة الرياض باستخدام التقنيات الجيومكانية

إعداد

أ/ ريم صعيب محمد الهاجري *

أ.د/ فرحان حسين الجعيدي **

* طالبة دكتوراه قسم الجغرافيا، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة الملك سعود

** أستاذ قسم الجغرافيا، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة الملك سعود

ملخص البحث:

يتناول هذا البحث تحليل المتغيرات الهيبسومترية الدالة على الخصائص التضاريسية للأحواض المائية المؤثرة في بحيرة الحائر الاصطناعية جنوب مدينة الرياض، كما تعرض الدراسة تحليل المتغيرات المورفومترية باستخدام أدوات التحليل Arc Hydro الملحقة ببرنامج ArcGIS وتحليل الترتيب الهرمي لمجاري الشبكة المائية بتطبيق طريقة سترايلر Strahler. وأظهرت النتائج أن حوض وادي حنيفة يأخذ أكبر قيم للارتفاع الأقصى (1037م) ولمتوسط الارتفاع (774م) ولنسبة التضرس (263م) وللمدى التضاريسي (526م) وبأدنى قيمة للتضاريس النسبية (3,49م/كم).

أما نتائج تحليل المتغيرات المورفومترية للخصائص الشكلية للحوض المائي فقد أظهرت تميز حوض وادي حنيفة أيضاً بأقصى طول للمجرى الرئيس (75 كم)، بينما تميز حوض وادي بعيحاء بأقل قيم لمعامل الشكل (0,08) ولمعامل الاستطالة (0,31) ولمعامل الاستدارة (0,23)، بسبب استطالته وصغر عرضه.

ولقد تبين من نتائج تحليل الترتيب الهرمي لمجاري الشبكة المائية أن حوض وادي حنيفة يعتبر أكثر الأحواض تطوراً من الناحية الجيومورفولوجية بمجموع 9659 مجرى عند الرتبة السابعة ونسبة التشعب 4,44 ونسبة الأطوال 2,46. وفي المقابل لم تتعدى مجاري الشبكة المائية لحوض وادي البعيحاء الرتبة السادسة ومجاري الشبكة المائية لحوض وادي الحائر الرتبة الخامسة.

الكلمات المفتاحية:

المتغيرات التضاريسية، المتغيرات المورفومترية، وادي حنيفة، وادي الحائر، وادي

بعيحاء، نظم المعلومات الجغرافية للموارد المائية، DEM.

المقدمة:

التحليل المورفومتري هو العلم الذي يعتمد على القياس الكمي Quantitative measurement للشكل أو المظهر الطبيعي لأي ظاهرة ذات بعد ثلاثي (الطول، العرض، الارتفاع). ويدل مصطلح المورفومتري بأحواض التصريف على أبعاد الخصائص الهندسية لأشكال التضاريس وأشكال التعرية التي تتشكل منها مساحة التصريف.

ويعتبر هورتون Horton, R.E مؤسس هذا العلم في الجيومورفولوجيا الحديثة بما قدمه منذ ١٩٤٥ من قوانين ومعادلات رياضية لوصف التضاريس وأشكال سطح الأرض بأحواض التصريف. ولقد تم تعديل وتطوير قوانين هورتون من طرف العديد من الجيومورفولوجيين في العالم خاصة سترالير (Strahler, 1952,1957,1958,1964) وشوم (Schumm, 1956) وموريزاوا (Morisawa, 1957,1958) وشايديجر (Scheidegger, 1965) وشراف (Shreve, 1967) وجريغوري (Gregory, 1966) وجريغوري وولنج (Gregory and Walling, 1968 ; 1973).

والتحليل المورفومتري هو الدراسة الكمية للخصائص المساحية والخطية والتضاريسية للأحواض المائية ولمجري الشبكة المائية. ويعبر عن الخصائص التضاريسية المورفومترية للأحواض المائية بثلاثة أنواع من الخصائص المورفومترية المستخدمة في التحليل المورفومتري هي:

١- الخصائص التضاريسية للحوض المائي.

٢- الخصائص المساحية للحوض المائي.

٣- الخصائص المورفومترية للشبكة المائية.

وقد كان قياس هذه الخصائص يستمد من الخرائط الكنتورية بناءً على تفسير الخطوط الكنتورية ومع التطور التقني المتسارع وتوفر بيانات الأقمار الاصطناعية فقد أستعيز عن ذلك باستخدام مخرجات النماذج الرقمية Digital Elevation Model والبرامج الحاسوبية كبرنامج الإرداس ERDAS وملحق الأرك هيدرو Arc Hydro وبرنامج Watershed Modeling System. ويلخص الجدول ١ بعض المتغيرات التضاريسية التي تؤثر على الخصائص الجيومورفولوجية والهيدرولوجية للحوض المائي.

الجدول ١: الخصائص التضاريسية للحوض المائي

Reference	المؤشرات التضاريسية	
GIS Output	Maximum elevation	الارتفاع الأقصى
GIS Output	Minimum elevation	الارتفاع الأدنى
Horton,1932	Mean elevation	متوسط الارتفاع
Schumn,1956	Basin relief (Bh)	تضاريس الحوض
Schumn,1956	Relief ratio (Rh)	نسبة التضاريس
	Mean basin slope	متوسط انحدار الحوض

المصدر: عمل الباحثين.

وتتلخص أهم المتغيرات المساحية المؤثرة على الجيومورفولوجية والهيدرولوجية بالحوض المائي فيما يلي (الجدول ٢): (بوروية، ٢٠١٦) و (Ramu et al., 2013)

الجدول ٢: الخصائص المساحية للحوض المائي

المصدر	المتغير المورفومتري	
WMS software output	Area (km ²)	المساحة (كلم ^٢)
Schumm, 1956	Perimeter (km)	المحيط (كلم)
WMS software output	Basin length (km)	طول الحوض (كلم)
Schumm, 1956	Relative perimeter (km)	المحيط النسبي (كلم)
Horton, 1932	Mean basin width (km)	متوسط عرض الحوض (كلم)
Horton, 1932	Form factor ratio	نسبة معامل الشكل
Schumm, 1956	Elongation ratio	نسبة الاستطالة
Miller, 1953	Circularity ratio	نسبة الاستدارة
Sreedevi, 2004	Gradient ratio	نسبة الانحدار

المصدر: بوروية، ٢٠١٦: ١٣٥٩

وتتلخص أهم المتغيرات المورفومترية المؤثرة على الخصائص الجيومورفولوجية والهيدرولوجية لشبكة المجاري المائية فيما يلي (الجدول ٣):

الجدول ٣: الخصائص الخطية لشبكة المجاري المائية

Morphometric parameters	Reference	المتغير
Stream order (U)	Strahler, 1964	الترتيب الهرمي للمجاري المائية
Stream length (Lu)	Horton, 1945	أطوال المجاري المائية
Mean stream length	Horton, 1945	متوسط أطوال المجاري المائية
Stream length ratio (RL)	Horton, 1945	نسبة أطوال المجاري المائية
Bifurcation ratio (Rb)	Schumm, 1956	نسبة التشعب

المصدر: Ramu et al., 2013

وقد قدمت العديد من الدراسات البحثية التي تستخدم بيانات التقنيات الجيومكانية Geospatial ومنها:

تعد دراسة آل سعود ١٩٩٦م ودراسة الجعيدي ١٩٩٧م من أوائل الدراسات في المنطقة التي اعتمدت على تحليل الصور الفضائية لاشتقاق مورفومترية أحواض منطقة الدراسة.

- دراسة (آل سعود، ١٩٩٦) بعنوان "التحليل المورفومتري لشبكة التصريف المائي السطحي بحوض شعيب نساح دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية" التي تناولت فيها دراسة الخصائص المورفومترية لحوض شعيب نساح من أجل الوصول إلى بناء نموذج رياضي يحكم العلاقة القائمة بين الخصائص المورفومترية وأشكال التضاريس التي تشكلت بهذا الحوض منذ بداية الزمن الرابع.

- دراسة (الجعيدي، 1997) بعنوان دور " مرئيات الاستشعار عن بعد في إعداد الخريطة الجيومورفولوجية لحوض وادي الحرملية" التي تناولت فيها دراسة الأشكال الجيومورفولوجية الناتجة

من عمليات التعرية خلال الزمن الرابع بحوض وادي الحرملية وقد استعان الباحث في هذه الدراسة بـ صور الأقمار الصناعية من أجل رسم الخريطة الجيومورفولوجية لحوض وادي الحرملية.

- دراسة (الشمراي، ٢٠١٢) بعنوان "التحليل المكاني للمناطق المهددة بالسيول في شمالي مدينة الرياض باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية" تحديد مجاري الأودية بمناطق السيول والفيضانات بدقة وعلى وجه الخصوص في المناطق القابلة للتمدد العمراني والنمو السكاني. واستخدمت الدراسة التحليل المكاني للمناطق المهددة بالسيول في شمال مدينة الرياض من خلال توظيف تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية بهدف بناء قاعدة معلومات مكانية للاستفادة منها في تحليل تضاريس سطح الأرض مستخدمة تحليل نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) Digital Elevation Model الذي مكن الباحث من تحديد الانحدارات وتحليل اتجاهاتها الانحدار وتحليل مائية السطح. وتمكنت الدراسة من تحديد المناطق السكنية والعمرانية والطرق المهددة بمخاطر السيول والفيضانات والذي أثرت بصورة مباشرة على الاتجاه المتسارع نحو الشمال، وكشفت عن إزالة بعض الأودية وتطوير أجزاء من المنطقة السكنية الواقعة في مجاريها. وهناك العديد من الدراسات المحلية التي تناولت تحليل الخصائص المورفومترية للأحواض المائية بمختلف مناطق المملكة، نذكر منها دراسة (السباحي، ٢٠١٨) التي تناولت الخصائص المورفومترية المساحية والشكلية والتضاريسية لحوض وادي العسلاء، شرقي مدينة جدة، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وتم اعتماد نموذج الارتفاعات الرقمية SRTM للقمر الصناعي إنديفور، لعام ٢٠١٧م. بهدف بناء قاعدة بيانات جغرافية رقمية للحوض، وتبين خلال هذه الدراسة أهمية استخدام التقنيات الحديثة في الدراسات الجيومورفولوجية. بلغت مساحة الحوض ٢٤,٠٢٤ كم^٢، ومحيطه ٣٣,٢ كم. وأظهرت نتائج الخصائص الشكلية للحوض أن أغلب أحواض الـ رتب تميل للاستطالة، وبالتالي فهي غير متناسقة الشكل قيمة الاستدارة ٠,٢١، ومعامل الشكل ٠,٤١، ومعامل الاندماج ٢,١٩، وتدل القيم المستخرجة لأحواض الـ رتب الأولى والثانية أنها تتمتع بذروة تفرغ أعلى من الـ رتب الكبرى؛ وذلك لوصول كتلة المياه الجارية على شكل دفعة واحدة إلى مخرج الحوض، بقدرة حث عالية. دل معامل الانبعاث ٠,٦١ على أن شكله يميل للكثري، مبتعداً عن الشكل الدائري. واستنتج أن الدورة التحاتية للحوض لازالت في مرحلة الشباب. تبين نتائج الخصائص التضاريسية أن الأحواض شديدة الاستطالة تتميز بشدة التضرس، وهي الصفة الغالبة لأحواض الـ رتبة الثالثة والرابعة والخامسة، وأن العلاقة طردية بين التضاريسية النسبية وقيم التضرس والاستطالة. يوصف النسيج الطبوغرافي بأنه خشن، وهذا يدل على تقارب الروافد النهرية من بعضها البعض متأثراً بالكثافة التصريفية والتكرار النهري. من نتائج الخصائص المورفومترية

للروافد النهرية أن الحوض بلغ الرتبة السادسة، وإجمالي الروافد ٢٨٧١ رافداً. دل تقارب أغلب قيم الكثافة التصريفية والتعرج النهري والتكرار النهري على أن الرتب المختلفة بالوادي تعرضت لنفس الظروف المناخية والتركييبية. أوصى الباحث بدراسة منطقة حوض الوادي هيدرولوجياً، وتقييم درجة خطورة الأحواض شرقي مدينة جدة، للتخطيط المسبق في التعامل مع الخطر قبل حدوثه، والاستفادة من قاعدة البيانات التي تم انشاؤها حول الخصائص المورفومترية للحوض. كذلك تطبيق مزيد من الدراسات المورفومترية على باقي الأحواض المائية المطلة على مدينة جدة؛ لبناء قاعدة بيانات شاملة حول الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية. كما تناول (البيحيثي، ٢٠١٨) في دراسة أخرى بعنوان "تحليل المعطيات المورفومترية لأحواض التصريف بمدينة حفر الباطن شمال شرق المملكة العربية السعودية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية" التي تناولت خصائص الأودية الداخلة على مدينة حفر الباطن باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية GIS من خلال استخلاص الخصائص التضاريسية المورفومترية المستخدمة في تطبيق نموذج SCS Dimensionless Unit Hydrograph لحساب تدفق الذروة لكل وادي. ولقد أظهرت نتائج تطبيق هذا النموذج أن سيول الأودية الدروسة تتدفق خلال فترات تتباين من حوض مائي لآخر بين ٣٨,٤ ساعات بالحوض (١) و ٤٤,٢٦ ساعة بالحوض (٩) وبحجم يتراوح بين ٠٤,٣٠ م^٣/ثانية بالحوض (١) و ٥٨,٢٥٧ م^٣/ثانية بالحوض (١٠) وبسرعة تتراوح بين ٥٠,١ م/ثانية بالحوضين (٢ و ٥) و ٣٧,٢ م/ثانية بالحوض (٩). كما ساعدت مخرجات التحليل المكاني لبرنامج GIS Arc في استخلاص ١٢ متغير مورفومتري ١١ متغير تضاريسي ساعدت في تصنيف أحواض الروافد المدروسة حسب قدرتها على تحويل مياه الأمطار إلى مياه جارية سطحية.

-دراسة (الفالوذة، ٢٠٢٣) بعنوان "النمذجة الهيدرولوجية لحوض وادي عرنة الأعلى بمكة المكرمة اعتماداً على بيانات TRMM". قدمت نموذج هيدرولوجي مبني على نظم المعلومات الجغرافية تعتمد مدخلاته على ثلاثة ركائز أساسية وهي نماذج الارتفاعات الرقمية والخصائص المورفولوجية و بيانات TRMM المحسنة والمعايرة من خلال المحطات المناخية في منطقة الدراسة ، ومن خلال تكامل هذه الركائز الثلاثة، تم بناء النموذج الهيدرولوجي لإنتاج منحنى وحدة الهيدروجراف، وإجمالي حجم التصريف لكل نطاق زمني، وإجمالي كمية المطر الساقط لكل نطاق زمني، وكذلك معرفة ذروة التصريف للجريان السيلي وفي أي نطاق زمني حدث، ومن هذه القياسات المنتجة من النموذج الهيدرولوجي، ومن القياسات الميدانية لبعض الخصائص الهندسية للجسور الواقعة بقناة المجرى الأسفل للحوض، أمكن تحديد كفاءة قناة المجرى الأسفل بحوض وادي عرنة الأعلى باستخدام بيانات العاصفة ٢٤ أكتوبر ٢٠١٨ ، وعاصفتين تصميميتين، ومن خلال النموذج

الهيدرولوجي تم معرفة حجم الموارد المائية وأهميتها في وضع الاستراتيجيات الإدارية الحصاد المائي بحوض وادي عرنة الأعلى بالاعتماد على بيانات لعدة عواصف مختارة.

- دراسة الحواس (٢٠٠٧) بعنوان "توظيف تكاملي لتقنيات الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتحديد وتحليل الخصائص الهيدرومورفومترية لأحواض التصريف الصحراوية". وقد قام الباحث باستعراض مفصل لمختلف النماذج العالمية المستخدمة في حساب المتغيرات المورفومترية الشكلية للأحواض المائية وفي حساب المتغيرات الخطية لشبكة التصريف السطحي. وقد تم تطبيق هذه النماذج في دراسة الخصائص المورفومترية الشكلية والخطية لحوض شعيب السلحية بالمملكة العربية السعودية باستخدام تقنيات الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية في حوض شعيب السلحية. وقد أظهرت هذه الدراسة أن الرتبة النهائية لمجاري شبكة حوض شعيب السلحية كانت الرتبة الخامسة بمجموع ٢٢٨ مجرى وبمتوسط نسبة تشعب بلغت ٣,٨٣ على مساحة تصريف تقدر بـ ٣٠,٥١ كلم^٢.

ثانياً: مشكلة الدراسة:

تمثل دراسة الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف الجافة مثل أحواض أودية حنيفة والحائر وبعيجاء وتأثيراتها على قدرة تحويل مياه الأمطار إلى مياه جارية سطحية عادية وسيلية مشكلة بحثية تتطلب توظيفاً متكاملاً للعديد من طرق البحث المنهجية (تحليل نموذج الارتفاع الرقمي، التحليل الإحصائي للبيانات المناخية، التحليل الخرائطي، تطبيق النماذج الهيدرولوجية والمناخية). وسوف تساعد هذه البيانات على تقدير كمية التدفق الواصلة إلى بحيرة الحائر الاصطناعية التي أصبحت وجهة سياحية هامة في المنطقة.

ثالثاً: فرضيات الدراسة:

تطرح مشكلة الدراسة عدة فرضيات ينبغي مناقشتها في هذا البحث، وهي تتلخص فيما يلي:

- ١- يوجد تماثل في الخصائص الهيبسومترية (التضاريسية) للأحواض المدروسة.
- ٢- يوجد تماثل في الخصائص المورفومترية الشكلية والمساحية للأحواض المدروسة.
- ٣- يوجد تماثل في الخصائص المورفومترية لشبكة المجاري المائية للأحواض المدروسة.

رابعاً: منهجية الدراسة

تتلخص الخطوات المنهجية لهذه الدراسة فيما يلي:

(١) - جمع البيانات

تستخدم هذه الدراسة المنهج التحليلي لبيانات DEM التي تعد من البيانات الأساسية للتحليل المورفومتري. وتم في هذه المرحلة من الدراسة الحصول على البيانات التالية:

- ١- نموذج الارتفاع الرقمي. SRTM Digital Elevation 30m.
- ٢- البيانات المطرية اليومية لمحطات منطقة الدراسة.
- ٣- البيانات المناخية اليومية لمحطة مطار الملك خالد (٤٠٤٣٧) للفترة ١٩٨٥-٢٠١٧،
- ٤- الخرائط الطبوغرافية بمقياس (١:٥٠٠٠٠٠) التالية:
- اللوحة رقم (١٣-٤٦٢٤)، الرياض (جنوب غرب).
- اللوحة رقم (٢١-٤٦٢٤)، الحائر.
- ٥- الخريطة الجيولوجية بمقياس (١:٢٥٠٠٠٠)، Sheet 21 I، مربع الرياض.
- ٦- خريطة الموارد الأرضية بمقياس (١:٥٠٠٠٠٠)، اللوحة رقم (٢٩).

(٢) - حساب قيم المتغيرات الهيسومترية الدالة على الخصائص التضاريسية

تتمثل المتغيرات الهيسومترية الدالة على الخصائص التضاريسية لأحواض المائية المدروسة فيما يلي:

١- الارتفاع الأقصى:

هو أعلى ارتفاع بمساحة التصريف للحوض المائي. قد يكون أحياناً هذا الارتفاع عبارة عن ثمة جبل داخل مساحة التصريف أو أعلى ارتفاع على خط تقسيم المياه. ويستخرج الارتفاع الأقصى للحوض المائي بواسطة التحليل الرقمي لنموذج الارتفاع الرقمي DEM للحوض المائي.

٢- متوسط الارتفاع

هو عبارة عن الارتفاع الذي يمثل ٥٠% من إجمالي مساحة التصريف للحوض المائي. ويستخرج هذه الارتفاع بواسطة المنحنى الهيسوممترى الذي يمثل التوزيع التكراري لمساحات فئات الارتفاع للحوض المائي أو بواسطة التحليل الرقمي لنموذج الارتفاع الرقمي DEM للحوض المائي.

٣- الارتفاع الأدنى

هو عبارة عن الارتفاع الذي يمثل مصب الحوض المائي الذي يقع على أدنى ارتفاع من خط تقسيم المياه. ويتم تحديد مصب الحوض المائي بواسطة التحليل الرقمي لنموذج الارتفاع الرقمي DEM للحوض المائي.

٤- نسبة التضرس

هي عبارة عن الفرق بين الارتفاع المتوسط للحوض والارتفاع الأدنى له، ويتم حسابه كما يلي:

$$Rh (m) = Z' - z \text{ (Schumn, 1956)}$$

وفيه يمثل Z' الارتفاع المتوسط (متر) و z الارتفاع الأدنى (متر).

٥-التضاريس النسبية

هي عبارة عن العلاقة النسبية بين المدى التضاريسي (R) الذي يمثل الفرق بين الارتفاعين الأقصى والأدنى من جهة وطول الحوض المائي من جهة ثانية (L_b)، ويتم حسابها كما يلي:

$$R = \frac{Z(m) - z(m)}{L_b(km)} \quad (\text{Horton, 1932})$$

وفيها يمثل Z الارتفاع الأقصى (متر) و Z الارتفاع الأدنى (متر) و L_b طول الحوض المائي (كم).

٦-نسبة انحدار الحوض

هي عبارة عن النسبة بين الارتفاعين الأقصى والأدنى للحوض المائي، التي يتم حسابها كما يلي:

$$Sr = \frac{z(m)}{Z(m)} \quad (\text{Sreedevi, 2004})$$

كما يتم الحصول على نسبة الانحدار من مخرجات التحليل الرقمي لنموذج الارتفاع الرقمي للحوض المائي.

ويتم الحصول على قيم المتغيرات الهيبسومترية الدالة على الخصائص التضاريسية بواسطة أدوات التحليل المتاحة ببرنامج نظم المعلومات الجغرافية مثل (Arc Hydrology) أو WMS.

(٣) -حساب المتغيرات المورفومترية للخصائص الشكلية للحوض المائي

هناك الكثير من المتغيرات المورفومترية التي تستخدم في دراسة وتحليل أشكال الأحواض المائية ومدى تأثيرها على الخصائص الهيدرولوجية وعلى قدرة الأحواض في تحويل مياه الأمطار إلى مياه جارية سطحية ومياه سيول وفيضانات.

ويتطلب حساب قيم المتغيرات المورفومترية الدالة على الخصائص الشكلية والمساحية للأحواض المائية حساب المتغيرات التالية: (الجدول ٥)

١-مساحة الحوض المائي

وهي عبارة عن المساحة التي يحدها من جميع الجهات خط تقسيم المياه للحوض، وهو الخط الذي يتشكل من أعلى الارتفاعات المحيطة بشبكة المجاري للمياه.

٢-محيط الحوض المائي

هو الطول الذي يمثل خط تقسيم المياه.

٣-طول الحوض المائي

هو المسافة المستقيمة الفاصلة بين أبعد نقطة على خط تقسيم المياه وموقع المصب للحوض المائي.

٤- عرض الحوض المائي

هو أكبر مسافة عرضية مستقيمة تفصل بين ارتفاعين متقابلين على خط تقسيم المياه. ويتقاطع طول عرض الحوض المائي مع المجرى الرئيس له.

٥- معامل شكل الحوض

يمثل معامل شكل الحوض المائي العلاقة النسبية بين إجمالي مساحة التصريف للحوض المائي ومربع طوله، وهو يحسب بواسطة المعادلة التالية:

$$F_f = \frac{A(\text{km}^2)}{[L_h(\text{km})]^2} \quad (\text{Horton, 1932})$$

وتتراوح قيمة معامل الشكل بين ١,٢٧٧ للحوض الدائري و ١,٠٠٠ بالنسبة للحوض المستطيل أو المربع (Zăvoianu, 1978, p. 105).

٦- معامل استدارة الحوض

يمثل معامل استدارة الحوض المائي العلاقة النسبية بين إجمالي مساحة التصريف للحوض المائي ومربع طوله، وهو يحسب بواسطة المعادلة التالية:

$$R_c = \frac{12.57 A(\text{km}^2)}{[P(\text{km})]^2} \quad (\text{Miller, 1953})$$

وتتراوح قيمة معامل الشكل بين ١,٠٠٠ للحوض الدائري و ٠,٧٨٥ بالنسبة للحوض المستطيل أو المربع (Zăvoianu, 1978, p. 105).

٧- معامل استطالة الحوض

يمثل معامل استطالة الحوض المائي العلاقة النسبية التالية:

$$R_e = \left(\frac{2}{L_b}\right) \left(\frac{A}{\pi}\right)^{0.5} \quad (\text{Schumm, 1956})$$

وفيها يمثل A مساحة التصريف (كم^٢) و L_b طول الحوض المائي (كم).

وتتراوح قيمة معامل الشكل بين ١,٠٠٠ للحوض الدائري و ١,١٢٨ بالنسبة للحوض المستطيل أو المربع (Zăvoianu, 1978, p. 105).

٨- طول المجرى الرئيسي للحوض

يمثل طول المجرى الرئيس المسافة المتعرجة لقناة التصريف الرئيسة. ويتم حساب هذا الطول بواسطة التحليل الرقمي لمخرجات نموذج الارتفاع الرقمي DEM.

ويتم الحصول على قيم المتغيرات المورفومترية للخصائص الشكلية للحوض المائي بواسطة أدوات التحليل المتاحة ببرنامج نظم المعلومات الجغرافية مثل (WMS, Arc Hydrology).

(٤) - تحديد الترتيب الهرمي لمجاري الشبكة المائية

عند حساب الرتب واجهت الباحثة مشكلة أعداد الرتب التي تجاوزت في التحليل المبني على قاعدة البيانات العدد الفعلي للمجاري في كل رتبة وذلك لأن كل مجرى يتم رسمه بمجموعة من الخطوط المتقطعة (Segments) يحسب كل منها في قاعدة البيانات على أساس أنه خط يمثل مجرى مستقل مما استوجب عملية ربط هذه الاجزاء من خلال دمجها في جزء واحد يمثل مجرى واحد له خصائصه المستقلة.

ويعتبر الترتيب الهرمي لمجاري الشبكة المائية الذي أسسه هورتون Horton (١٩٤٥) وطوره من بعده كل من سترايلر Stahler (١٩٥٤) وشريف Shreve (١٩٥٧) من أهم الخواص الخطية ذات المدلول الهيدرولوجي بأحواض التصريف لارتباطها بطول المجاري وأحجامها ورتبها. وتتأثر الخواص الخطية للشبكة المائية بكميات الأمطار التي تتحول داخل مساحة التصريف إلى مياه جارية سطحية ومياه سيول غزيرة لها تأثيرات بيئية معتبرة نظراً لما تحدثه من خسائر مادية وبشرية وخاصة بالمناطق الجافة على غرار العديد من المناطق بالمملكة العربية السعودية. وتتحول مياه الأمطار المتساقطة إلى مياه جارية سطحية وسيول تجري داخل مساحة التصريف بكميات تتباين مع تباين الخصائص المورفومترية للأحواض المائية. وتتعرض مياه الأمطار خلال جريانها على السطح من منبعها حتى مصب الحوض عبر سلسلة المجاري في الشبكة المائية إلى تأثيرات التركيب الصخري والغطاء النباتي والعوامل التضاريسية والطوبوغرافية لسطح الحوض المائي والتبخر والتسرب إلى باطن الأرض.

ويدل الترتيب الهرمي لمختلف مجاري الشبكة المائية على مرحلة التعرية أو الدورة التحاتية التي وصل إليها الحوض الهيدرولوجي. وتعتبر الرتبة النهائية للمجرى الرئيس عند مصب الحوض عن التطور المورفوديناميكي الحالي لمجاري الشبكة المائية بحيث تتزايد هذه الرتبة كلما تقدم الحوض الهيدرولوجي في دورته التحاتية. وتعتبر طريقة سترايلر Strahler A.N المعتمدة في هذا البحث أكثر الطرق المورفومترية المستخدمة في تحديد الترتيب الهرمي للشبكة المائية وتصنيف التطور المورفوديناميكي لأحواض التصريف نظراً لسهولة وسرعة تطبيقها كما وتساعد هذه الطريقة على الوصول إلى مقارنات كمية بين مختلف الأحواض المائية. ولقد اعتمدنا هذه الطريقة أيضاً لأنها تسمح بمقارنة الأحواض المدروسة ببعض الأحواض الهيدرولوجية الأخرى التي تمت دراستها بنفس الطريقة في مناطق أخرى من المملكة العربية السعودية (مرزا والبارودي، ٢٠٠٦) و(الجعيدي، ٢٠٠٧ و ٢٠٠٨) و(الحواس، ٢٠٠٧) و(التويجري والجعيدي، ٢٠٢٠) و(آل سعود، ٢٠٠٩) و(الأنصاري، والدوسري، ٢٠٢٠) و(العقيل، ٢٠٢٣) و(الزهراني، ٢٠٢٠) وغيرها من المناطق.

وتقدم مختلف طرق الترتيب الهرمي لمجري الشبكات المائية المستخدمة في الدراسات المورفومترية مدلولات هيدرولوجية هامة خاصة بأحواض التصريف التي لا تحتوي على محطات هيدرومترية لقياس تدفق الأودية والجريان السطحي والسيول بصورة منتظمة على غرار أحواض أودية الحائر وحنيفة وبعيجاء المدروسة. ومن أهم الطرق المستخدمة وأكثرها تطبيقاً في الدراسات المورفومترية طريقة سترالير Strahler's Order. ولقد استفاد سترالير كثيراً من طريقة هورتون التي سبقته في تصميم طريقة جديدة لتحديد الترتيب الهرمي للمجري ترتكز على ٣ أسس هي:

١- تعتبر القنوات الابتدائية (U) التي لا رافد لها مجري الرتبة الأولى التي تشكل بداية الترقيم التسلسلي للمجري المائية.

٢- تتشكل مجري الرتبة الأعلى ($U+1$) عند اقتران قناتين من الرتبة الأولى السابقة لها مباشرة في الترتيب الهرمي.

٣- عند التقاء مجريين من رتبتين مختلفتين (U) و ($U+3$) يأخذ الترقيم التسلسلي للمجري الناتج ترقيم الرتبة الأعلى ($U+3$) ولا تتغير رتبته حتى يلتقي بمجري آخر من نفس الرتبة ($U+3$) أو بمجري جديد من رتبة أعلى ($U+4$).

٤- يأخذ الحوض المائي الرتبة النهائية للمجري الرئيس عند المصب.

وهناك العديد من المتغيرات المورفومترية الدالة على خصائص مجري الشبكة المائية.

وهناك العديد من الدراسات المحلية التي تناولت تحليل الخصائص المورفومترية للأحواض المائية بمختلف مناطق المملكة، نذكر منها دراسة (السباحي، ٢٠١٨) التي تناولت الخصائص المورفومترية المساحية والشكلية والتضاريسية لحوض وادي العسلاء، شرقي مدينة جدة، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وتم اعتماد نموذج الارتفاعات الرقمية (SRTM) للقمر الصناعي إنديفور، لعام ٢٠١٧م. بهدف بناء قاعدة بيانات جغرافية رقمية للحوض، وتبين من خلال هذه الدراسة أهمية استخدام التقنيات الحديثة في الدراسات الجيومورفولوجية. وقد بلغت مساحة الحوض ($٢٤٠٢٤,٠٢٤$ كم^٢)، ومحيطه ($١٣٣,٢$ كم). وأظهرت نتائج الخصائص الشكلية للحوض أن أغلب الأحواض المدروسة تميل للاستطالة، وبالتالي فهي غير متناسقة الشكل قيمة الاستدارة ($٠,٢١$)، ومعامل الشكل ($٠,٤١$)، ومعامل الاندماج (٢). وتدل القيم المستخرجة لأحواض الرتب الأولى والثانية أنها تتمتع بذروة تفرغ أعلى من الرتب الكبرى؛ وذلك لوصول كتلة المياه الجارية على شكل دفعة واحدة إلى مخرج الحوض، بقدرة عالية. دل معامل الانبعاث ($٠,٦١$) على أن شكله يميل للكثيري، مبتعداً عن الشكل الدائري. واستنتج أن الدورة التحتانية للحوض لازالت في مرحلة الشباب. تبين نتائج الخصائص التضاريسية أن الأحواض شديدة الاستطالة تتميز بشدة

التضرس، وهي الصفة الغالبة لأحواض الرتبة الثالثة والرابعة والخامسة، وأن العلاقة طردية بين التضاريسية النسبية وقيم التضرس والاستطالة. يوصف النسيج الطبوغرافي بأنه خشن، وهذا يدل على تقارب الروافد النهرية من بعضها البعض متأثراً بالكثافة التصريفية والتكرار النهري. من نتائج الخصائص المورفومترية للروافد النهرية أن الحوض بلغ الرتبة السادسة، وإجمالي الروافد (٢٨٧١) رافداً. دل تقارب أغلب قيم الكثافة التصريفية والتعرج النهري والتكرار النهري على أن الرتب المختلفة بالوادي تعرضت لنفس الظروف المناخية والتركيبية. أوصى الباحث بدراسة منطقة حوض الوادي هيدرولوجياً، وتقييم درجة خطورة الأحواض شرقي مدينة جدة، للتخطيط المسبق في التعامل مع الخطر قبل حدوثه، والاستفادة من قاعدة البيانات التي تم إنشاؤها حول الخصائص المورفومترية للحوض. كذلك تطبيق مزيد من الدراسات المورفومترية على باقي الأحواض المائية المطلة على مدينة جدة؛ لبناء قاعدة بيانات شاملة حول الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية. كما تناول (البحيثي، ٢٠١٨) في دراسة أخرى بعنوان "تحليل المعطيات المورفومترية لأحواض التصريف بمدينة حفر الباطن شمال شرق المملكة العربية السعودية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية" التي تناولت خصائص الأودية الداخلة على مدينة حفر الباطن باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) من خلال استخلاص الخصائص التضاريسية المورفومترية المستخدمة في تطبيق نموذج (SCS Dimensionless Unit Hydrograph) لحساب تدفق الذروة لكل وادي. ولقد أظهرت نتائج تطبيق هذا النموذج أن سيول الأودية المدروسة تتدفق خلال فترات تتباين من حوض مائي لآخر بين (٣٨,٤) ساعات بالحوض (١) و (٤٤,٢٦) ساعة بالحوض (٩) وبجسم يتراوح بين (٤,٣٠) م^٣/ثانية بالحوض (١) و (٥٨,٢٥٧) م^٣/ثانية بالحوض (١٠) وبسرعة تتراوح بين (٥٠,١) م/ثانية بالحوضين (٢ و ٥) و (٣٧,٢) م/ثانية بالحوض (٩). كما ساعدت مخرجات التحليل المكاني لبرنامج (ArcGIS) في استخلاص ١٢ متغير مورفومتري ١١ متغير تضاريسي ساعدت في تصنيف أحواض الروافد المدروسة حسب قدرتها على تحويل مياه الأمطار إلى مياه جارية سطحية.

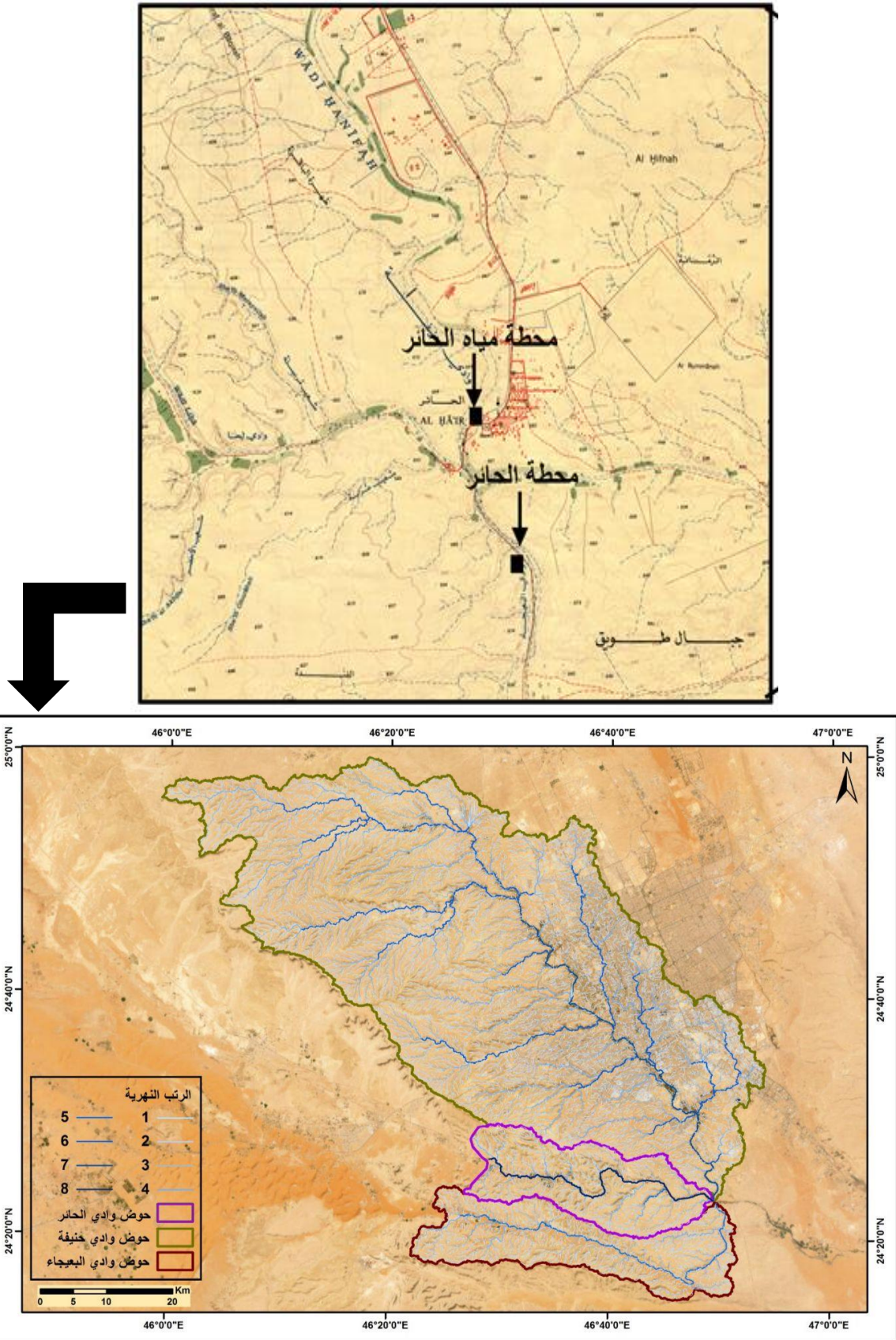
خامساً: منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة جنوب مدينة الرياض بمركز الحائر بين دائرتي العرض 24°20' و 24°25' شمالاً وبين خطي الطول 46°47' و 46°51' شرقاً (الشكل ١). وتمتد هذه المنطقة من الجنوب إلى الشمال على ارتفاعات تتراوح بين (٥٠٠ م و ٥٥٠ م) ومن الشرق إلى الغرب على ارتفاعات تتراوح بين (٥٧٠ م و ٦٠٠ م) داخل مساحات التصريف للعديد من أحواض روافد وادي حنيفة الدنيا التي تتغذى أوديتها من مياه الأمطار خلال فترات

تساقطها على منطقة الرياض. ويسود منطقة الرياض مناخ صحراوي قاري تحت تأثير ضغط جوي يتراوح بين (٩٣٤,٢) ميلليبار خلال فصل الصيف و (٩٤٨,٩) ميلليبار خلال فصل الشتاء. ويشير التقرير الذي نشرته الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة^(١) لى أن مناخ منطقة الرياض يتسم بشكل عام بمدى حراري يومي وفصلي كبير وبارتفاع درجات الحرارة وتكرار الجفاف في فصل الصيف وبانخفاض درجات الحرارة وتكرار البرودة في فصل الشتاء مع تذبذب كميات الأمطار في تساقطها وفي توزيعها المكاني والزمني. ويبلغ معدل درجة الحرارة خلال فصل الشتاء في منطقة الرياض (٢٠ م°). وقد تتدنى درجات الحرارة إلى دون الصفر كما حدث خلال يوم ٢٠٠٨/١/١٧ حيث بلغت درجة الحرارة (-٥,٤ م°). كما يبلغ معدل درجة الحرارة خلال فصل الصيف في منطقة الرياض (٤٤ م°). وقد تتجاوز درجات الحرارة هذا المعدل كما حدث خلال يوم ١٩٩٨/٨/٧ حيث بلغت درجة الحرارة (٤٨,٢ م°). ويتراوح معدل الرطوبة بين (١١%) خلال فصل الصيف و (٤٩%) خلال فصل الشتاء. وقد تتدنى الرطوبة النسبية إلى (١%) خلال فصل الصيف وترتفع إلى (١٠٠%) خلال فصل الشتاء. كما تتعرض المنطقة لبعض العواصف الرملية وللرياح بمعدل سرعة يصل إلى (١١,١) كم/ساعة. وقد تتجاوز سرعة الرياح القصوى (١٠٠) كم/ساعة خلال فصل الصيف.

وتتميز منطقة الرياض بتضاريس تختلف من الشرق إلى الغرب من حيث أشكالها وارتفاعاتها. ولقد شكلت الصخور النارية الصلبة جزءاً من المظاهر التضاريسية التي تتميز بها منطقة الرياض الغربية، في حين شكلت الصخور الرسوبية أشكالاً تضاريسية متنوعة بالمنطقة الشرقية. ولقد عملت شبكة المجاري المائية التي تطورت على سطح التضاريس والتي تتحدر من قمم جبال الحجاز على تشكيل حافات صخرية وهضاب متقطعة وسهول تغطيها الرمال في أماكن متعددة. وتعتبر حافة طويق المعلم التضاريسي الرئيس لمنطقة الرياض الذي تجري على سطحه شبكة الأودية التابعة الأصلية (Consequent valley) التي يتفق جريانها مع اتجاه ميل الطبقات الصخرية أهمها وادي الرمة ووادي السهباء ووادي الدواسر. وقد تطور كذلك ضمن نظام التصريف السطحي بمنطقة الرياض شبكة من الأودية التالية (Subsequent valley) التي يتفق جريانها مع اتجاه مضارب الطبقات أهمها وادي حنيفة. كما تطورت مجموعة من روافد وادي حنيفة التابعة التي تتحدر باتجاه ميل الطبقات الصخرية أهمها أودية القدية ولبن ونمار المنحدرة من صفراء طويق وتصب في مجرى وادي حنيفة رافد وادي السهباء. ويصل ارتفاع التضاريس أقصاه بمنطقة الرياض عند قمة جبل صبحا بجنوبي غرب القويعية، في حين لا يتعدى أدنى ارتفاع (٢٩٧م) قرب قلمة الحجرة شرقي الدهناء.

(١) - التقرير السنوي للمناخ لمحطة مطار الملك خالد بالرياض خلال الفترة ١٩٨٥-٢٠١٠، الرئاسة العامة للأرصاد وحماية البيئة.



سادساً: النتائج والمناقشة

(١) - تحليل المتغيرات الهيسومترية الدالة على الخصائص التضاريسية

يتطلب حساب المتغيرات الهيسومترية الدالة على الخصائص التضاريسية للحوض المائي تحديد المتغيرات المورفومترية التالية من نموذج الارتفاعات الرقمي (Digital Elevation Model):

- ١- الارتفاع الأقصى للحوض المائي وهو يمثل أعلى ارتفاع على خط تقسيم المياه.
- ٢- الارتفاع الأدنى للحوض المائي وهو يمثل ارتفاع مصب الحوض المائي.
- ٣- طول المجرى الرئيس.
- ٤- محيط الحوض المائي.

ويمكن الحصول على قيم هذه المتغيرات باستخدام ملحق برنامج نظم المعلومات الجغرافية مثل (Arc Hydrology) (الجدول ٤ والشكل ٢ و ٣ و ٤).

الجدول ٤: المتغيرات التضاريسية للأحواض المدروسة

المتغير	الرمز	المصدر	حوض الحائر	حوض حنيفة	حوض بعيحاء
الارتفاع الأقصى (م)	Z	DEM	٨٩٩,٠	١٠٣٧,٠	٩٧٠,٠
المدى التضاريسي (م)	'Z	$z - (m) = Z - Z'$	٧٠٥,٠	٧٧٤,٠	٧٣٩,٠
الارتفاع الأدنى (م)	z	DEM	٥١١,٠	٥١١,٠	٥٠٨,٠
نسبة التضرس (م)	H	$z - 'H (m) = Z$	١٩٤,٠	٢٦٣,٠	٢٣١,٠
نسبة انحدار الحوض	Sr	$Sr = z/Z$	٠,٥٧	٠,٤٩	٠,٥٢
درجة انحدار الحوض	S	$tga/S = 1$	٢٩,٦١	٢٦,٢٣	٢٧,٦٤
المدى التضاريسي (م)	R	$z - R = Z$	٣٨٨,٠	٥٢٦,٠	٤٦٢,٠
التضاريس النسبية	Rr	$Rr = R / Lb$	١٠,٢٩	٣,٤٩	٦,٠٧

المصدر: عمل الباحثين.

ويتضح من بيانات الجدول ٤ أن حوض وادي حنيفة أكثر تضرساً من حوضي وادي الحائر ووادي بعيحاء بارتفاع أقصى يصل إلى (١٠٣٧,٠ م) ويفوق بنسبتي (١٣,٣%) و (٦,٥%) الارتفاع الأقصى بحوضي وادي الحائر ووادي بعيحاء على التوالي. وعليه فإن الارتفاع المتوسط يقل بنسبة (٨,٩%) و (٤,٥%) بحوضي وادي الحائر ووادي بعيحاء عن نظيره بحوض وادي حنيفة. وترتبط نسبة التضرس والمدى التضاريسي بتباين الارتفاعات، بحيث تفوق نسبة التضرس لحوض وادي حنيفة نظيرتها بحوضي وادي الحائر ووادي بعيحاء بنسبة قدرها على التوالي (٢٦,٢%) و (١٢,٢%). وعلى العكس مما تم ذكره، نجد أن نسبة الانحدار ودرجة الانحدار لسطح وادي حنيفة تقل عن مثيلتها لحوضي وادي الحائر ووادي بعيحاء، نظراً لزيادة امتداد مساحة التصريف لحوض وادي حنيفة مقارنة مع الحوضين المذكورين. وتؤكد التضاريس النسبية هذا التباين، بحيث نجد أن قيمتها لا تتجاوز ٣,٤٩ م/كم بحوض وادي حنيفة، بينما ترتفع إلى (٦,٠٧ م/كم) بحوض وادي بعيحاء وإلى (١٠,٢٩ م/كم) بحوض وادي الحائر.

(٢) - تحليل المتغيرات المورفومترية للخصائص الشكلية للحوض المائي

هناك الكثير من المتغيرات المورفومترية التي تستخدم في دراسة وتحليل أشكال الأحواض المائية ومدى تأثيرها على الخصائص الهيدرولوجية وعلى قدرة الأحواض في تحويل مياه الأمطار إلى مياه جارية سطحية ومياه سيول وفيضانات. ويتطلب حساب قيم المتغيرات المورفومترية الدالة على الخصائص الشكلية والمساحية للأحواض المائية حساب المتغيرات التالية:

- ١-مساحة الحوض المائي.
- ٢-محيط الحوض المائي.
- ٣-طول الحوض المائي.
- ٤-عرض الحوض المائي.
- ٥-معامل شكل الحوض.
- ٦-معامل استدارة الحوض.
- ٧-معامل استطالة الحوض.
- ٨-طول المجرى الرئيسي للحوض.

ولقد تم تحديد قيم هذه المتغيرات المورفومترية بواسطة برنامج Arc GIS (الجدول ٥).

الجدول ٥: المتغيرات المورفومترية الشكلية لأحواض التصريف المدروسة.

المتغير	الرمز	الحاضر	حنيقة	بعيحاء
محيط الحوض (كم)	P	١١٣,٢	٣٧٥,٣	١٥٣,١
مساحة الحوض (كم ^٢)	A	٣٦١,٦	٢٨٩٣,٨	٤٣٧,٨
طول الحوض (كم)	L _b	٣٧,٧	١٥٠,٦	٧٦,١
عرض الحوض (كم)	B _w	٩,٦	١٩,٢	٥,٨
طول المجرى الرئيسي (كم)	L	٨,٧	٧٥,٠	٦٤,٢
معامل شكل الحوض (كم)	F _f	٠,٢٥	٠,١٣	٠,٠٨
معامل استدارة الحوض (كم)	R _c	٠,٣٥	٠,٢٦	٠,٢٣
معامل الاستطالة (كم)	R _e	٠,٥٧	٠,٤٠	٠,٣١

المصدر: عمل الباحثين.

وتقارن قيم المتغيرات المورفومترية الدالة على الشكل الهندسي للحوض المائي بالقيم المعيارية التي تمثل الشكل الهندسي الدائري (الجدول ٥). ومن بيانات الجدول ٥، يتضح ان قيم معامل الاستطالة ومعامل الاستدارة ومعامل الشكل هي أصغر بكثير من القيم المعيارية للشكل الدائري (١,٠٠٠ و ١,٢٧٧). وتدل قيم هذه المتغيرات على استطالة الأحواض المائية المدروسة. ويؤشر الشكل المستطيل للحوض المائي على الخصائص الهيدرولوجية، خاصة زمن الاستجابة وزمن التركيز اللذين ترتبط بهما قدرة كل حوض على سرعة تحويل مياه الأمطار إلى مياه جارية سطحية عادية أو سيلية.

ويتضح من بيانات الجدول ٥ أن طول الحوض لوادي حنيفة يفوق نظيره لحوضي وادي الحائر ووادي بعياء بنسبة قدرها على التوالي (٧٥,٠%) و (٤٩,٥%). ويرتبط هذا التباين بامتداد مساحة التصريف لحوض وادي الحائر التي تفوق بمساحتي التصريف لوادي الحائر ووادي بعياء بنسبة قدرها على التوالي (٨٧,٥%) و (٨١,٧%).

(٣) - تحليل الترتيب الهرمي لمجري الشبكة المائية

ولقد تم حساب قيم المتغيرات المورفومترية التالية باستخدام برنامج Arc GIS:

- ١- عدد المجاري المائية بكل رتبة.
 - ٢- مجموع أطوال المجاري المائية بكل رتبة.
 - ٣- تكرارية المجاري المائية.
 - ٤- كثافة المجاري المائية.
 - ٥- نسبة التشعب.
 - ٦- نسبة أطوال المجاري المائية.
- ويلخص الجدول ٦ قيم هذه المتغيرات والشكل ٢ التوزيع المكاني للترتيب الهرمي للمجاري المائية بالأحواض المدروسة.

ومن بيانات الجدول ٦ يتضح أن مجاري حوض وادي حنيفة بلغت الرتبة السابعة بمجموع (٩٦٥٩) مجرى، منها (٧٥١٣) مجرى من الرتبة الأولى و (١٦٧١) مجرى من الرتبة الثانية و (٣٦٧) مجرى من الرتبة الثالثة، أي ما يعادل نسبة قدرها على التوالي (٧٧,٨%) و (١٧,٣%) و (٣,٨%) من إجمالي مجاري حوض وادي حنيفة عند المصب (الشكل ٢). ولقد بلغ إجمالي أطوال المجاري لمختلف الرتب (٧١٦٧,٩ كم)، منها (٣٦٨١,٥ كم) لمجاري الرتبة الأولى و (١٧٧٩,٥ كم) لمجاري الرتبة الثانية و (٩١١,٠ كم) لمجاري الرتبة الثالثة، أي ما يعادل نسبة قدرها على التوالي (٥١,٤%) و (٢٤,٨%) و (١٢,٧%) من إجمالي أطوال المجاري لجميع الرتب (الشكل ٥ والشكل ٦).

كما بلغت مجاري الشبكة المائية لحوض وادي الحائر الرتبة السادسة بمجموع (١٢١٠) مجرى، منها (٨٤٠) مجرى من الرتبة الأولى و (٢٠٧) مجرى من الرتبة الثانية و (٤٤) مجرى من الرتبة الثالثة، أي ما يعادل نسبة قدرها على التوالي (٧٧,٠%) و (١٧,١%) و (٣,٦%) من إجمالي مجاري حوض وادي الحائر عند المصب (الشكل ٣).

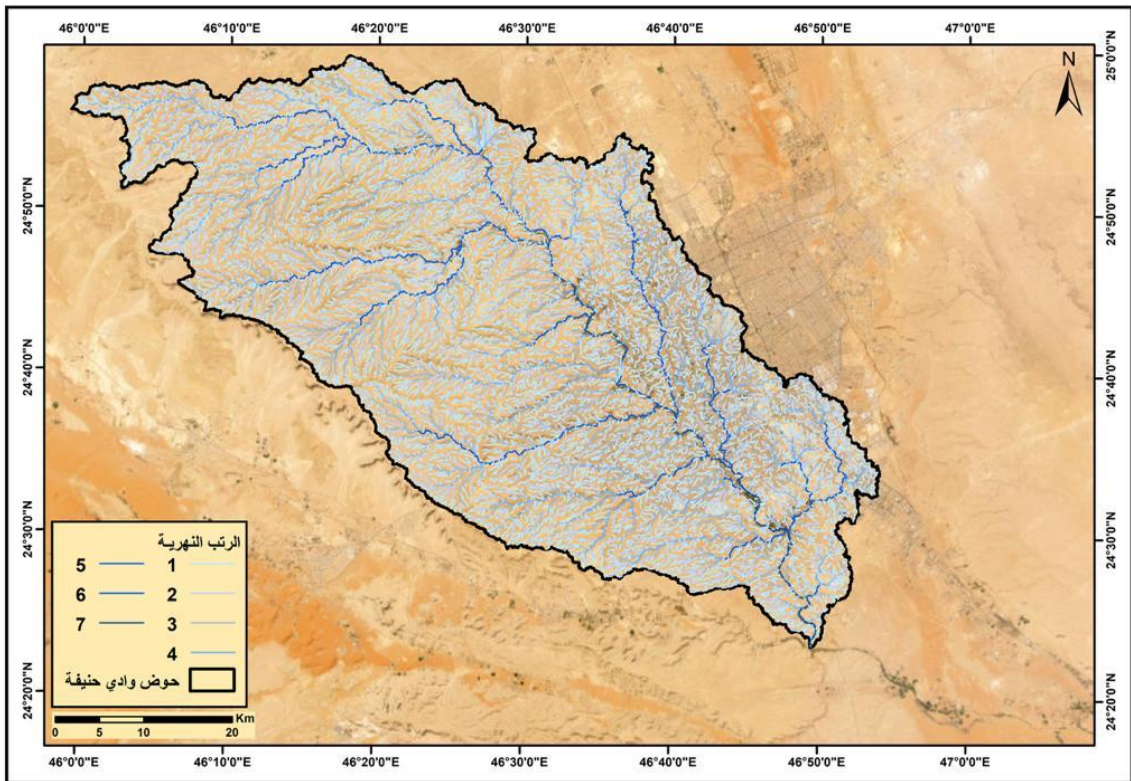
ولقد بلغ إجمالي أطوال المجاري لمختلف الرتب (١٦٨٦٥,٣ كم)، منها (٩٤٦٧,٣ كم) لمجاري الرتبة الأولى و (٣٩٤٣,٥ كم) لمجاري الرتبة الثانية و (٨٢,٤ كم) لمجاري الرتبة الثالثة،

أي ما يعادل نسبة قدرها على التوالي (١١,٢%) و (٢٣,٤%) و (٥٦,١%) وفي حوض وادي بعيحاء بلغت مجاري الشبكة المائية الرتبة الخامسة بمجموع (١٥٣٢ مجرى)، منها (١١٧٩ مجرى) من الرتبة الأولى و (٢٧٥ مجرى) من الرتبة الثانية و (٦٦ مجرى) من الرتبة الثالثة، أي ما يعادل نسبة قدرها على التوالي (٧٧,٠%) و (١٨,٠%) و (٤,٣%) من إجمالي مجاري حوض وادي بعيحاء عند المصب (الشكل ٤). ولقد بلغ إجمالي أطوال المجاري لمختلف الرتب (١٠٦٦,٣ كم)، منها (٥٤٧,٦ كم) لمجاري الرتبة الأولى و (٢٧٧,٧ كم) لمجاري الرتبة الثانية و (١٣٦,٨ كم) لمجاري الرتبة الثالثة، أي ما يعادل نسبة قدرها على التوالي (٥١,٤%) و (٢٦,٠%) و (٣,٨%) من إجمالي أطوال المجاري لجميع الرتب (الشكل ٩ والشكل ١٠). ويبدو من مقارنة نسبة عدد مجاري الرتب الأولى والثانية والثالثة إلى مجموع إجمالي عدد مجاري الشبكة التي تطورت بكل حوض أن ظروف النشاط الجيومورفولوجي لعمليات المائية متماثلة إلى حد كبير بالأحواض الثلاثة.

الجدول ٦: عدد وأطوال مجاري مختلف الرتب بالأحواض المائية المدروسة.

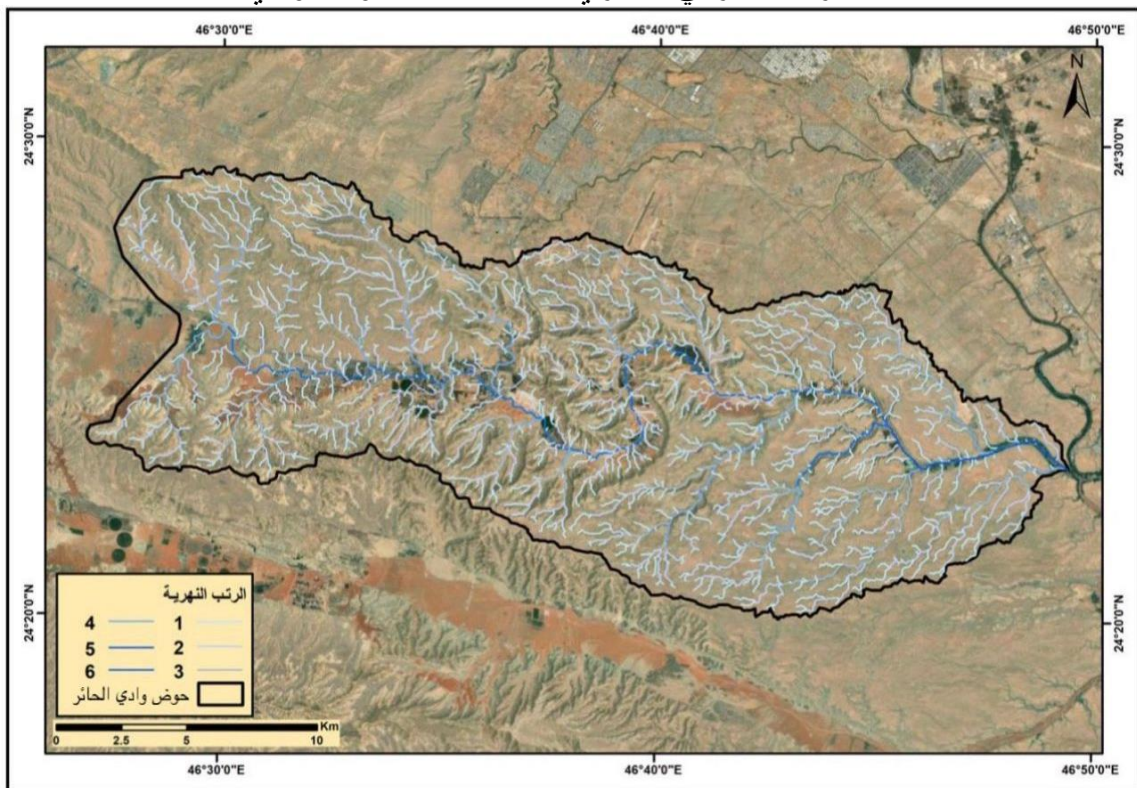
وادي حنيفة	عدد المجاري	مجموع طول المجاري (كم)	المتوسط (كم)	معدل التفرع	نسبة الأطوال
الرتبة ١	٧٥١٣	٣٦٨١,٥	٠,٤٩		
الرتبة ٢	١٦٧١	١٧٧٩,٥	١,٠٦	٤,٥٠	٢,١٧
الرتبة ٣	٣٦٧	٩١١,٠	٢,٤٨	٤,٥٥	٢,٣٣
الرتبة ٤	٨١	٣٩٢,٩	٤,٨٥	٤,٥٣	١,٩٥
الرتبة ٥	٢١	٢٤٤,٠	١١,٦٢	٣,٨٦	٢,٤٠
الرتبة ٦	٥	٨٤,٠	١٦,٨٠	٤,٢٠	١,٤٥
الرتبة ٧	١	٧٥,٠	٧٥,٠٤	٥,٠٠	٤,٤٧
وادي الحائر	عدد المجاري	مجموع طول المجاري (كم)	المتوسط (كم)	معدل التفرع	نسبة الأطوال
الرتبة ١	٩٤٠	٩٤٦٧,٣	١٠,٠٧		
الرتبة ٢	٢٠٧	٣٩٤٣,٥	١٩,٠٥	٤,٥٤	١,٨٩
الرتبة ٣	٤٤	١٨٨٦,٣	٤٢,٨٧	٤,٧٠	٢,٢٥
الرتبة ٤	١٦	٨٢٤,٠	٥١,٥٠	٢,٧٥	١,٢٠
الرتبة ٥	٢	٤٩٧,٣	٢٤٨,٦٦	٨,٠٠	٤,٨٣
الرتبة ٦	١	٢٤٦,٩	٢٤٦,٩٣	٢,٠٠	٠,٩٩
وادي بعيحاء	عدد المجاري	مجموع طول المجاري (كم)	متوسط طول المجاري (كم)	معدل التفرع	نسبة الأطوال
الرتبة ١	١١٧٩	٥٤٧,٦	٠,٤٦		
الرتبة ٢	٢٧٥	٢٧٧,٧	١,٠١	٤,٢٩	٢,١٧
الرتبة ٣	٦٦	١٣٦,٨	٢,٠٧	٤,١٧	٢,٠٥
الرتبة ٤	١١	٤٠,٠	٣,٦٤	٦,٠٠	١,٧٥
الرتبة ٥	١	٦٤,٢	٦٤,٢٣	١١,٠٠	١٧,٦٦

المصدر: عمل الباحثين



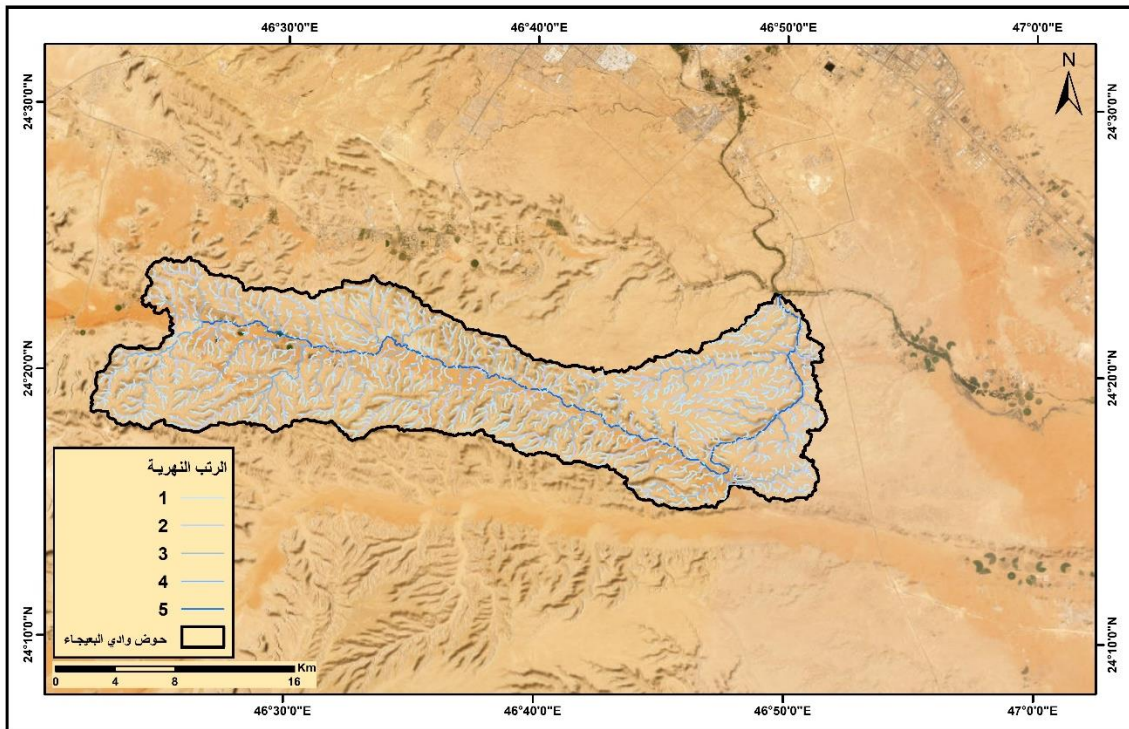
المصدر: عمل الباحثين.

الشكل ٢: الترتيب الهرمي لمجري الشبكة المائية بحوض وادي حنيفة



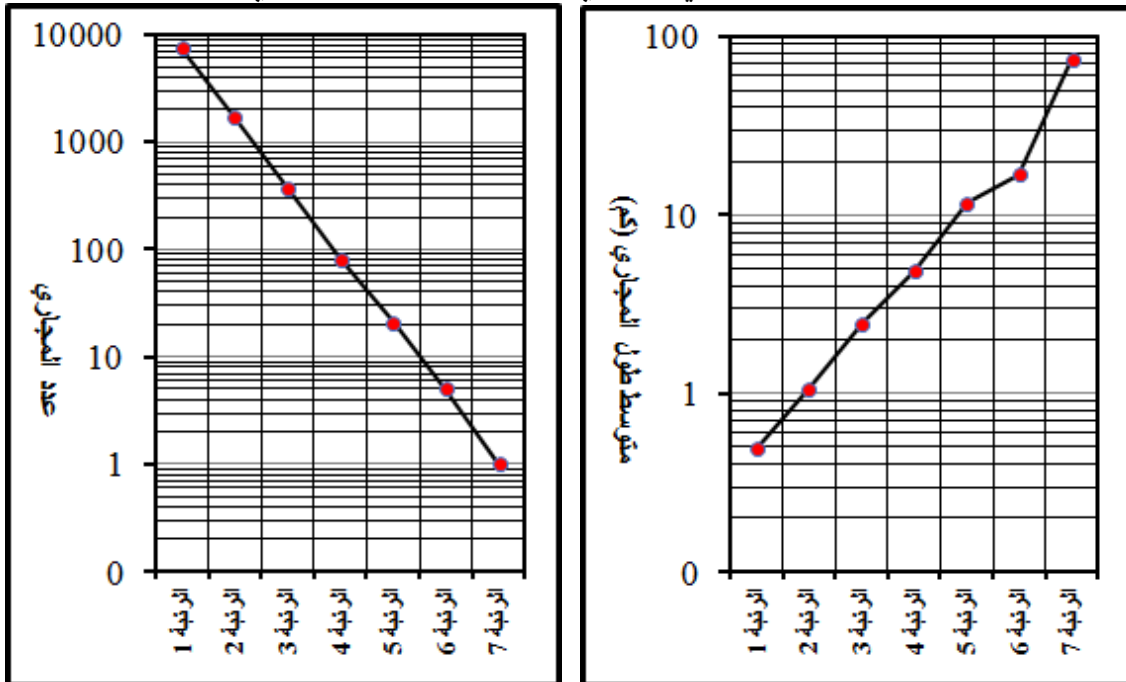
المصدر: عمل الباحثين.

الشكل ٣: الترتيب الهرمي لمجري الشبكة المائية بحوض وادي الحائر



المصدر: عمل الباحثين.

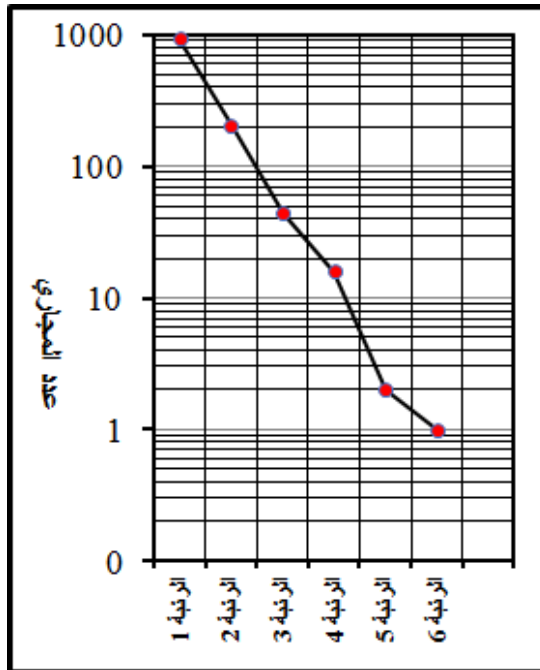
الشكل ٤: الترتيب الهرمي لمجاري الشبكة المائية بحوض وادي بعجاء



المصدر: عمل الباحثين.

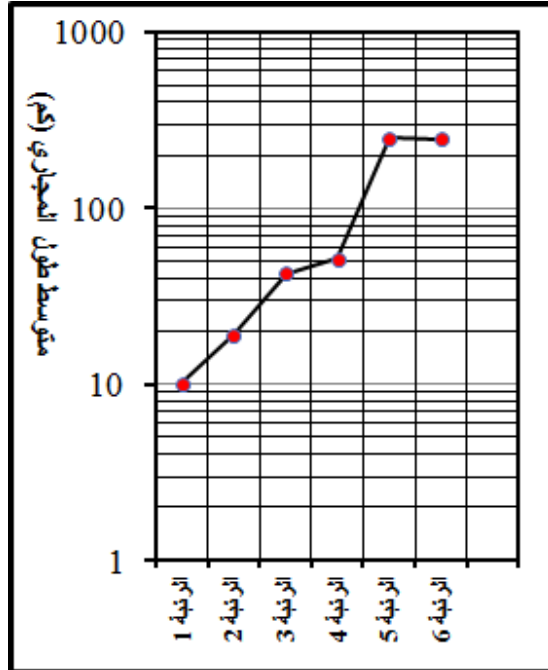
الشكل ٦: العلاقة بين عدد المجاري والترتبة بحوض وادي حنيفة.

الشكل ٥: العلاقة بين متوسط طول المجاري والترتبة بحوض وادي حنيفة.

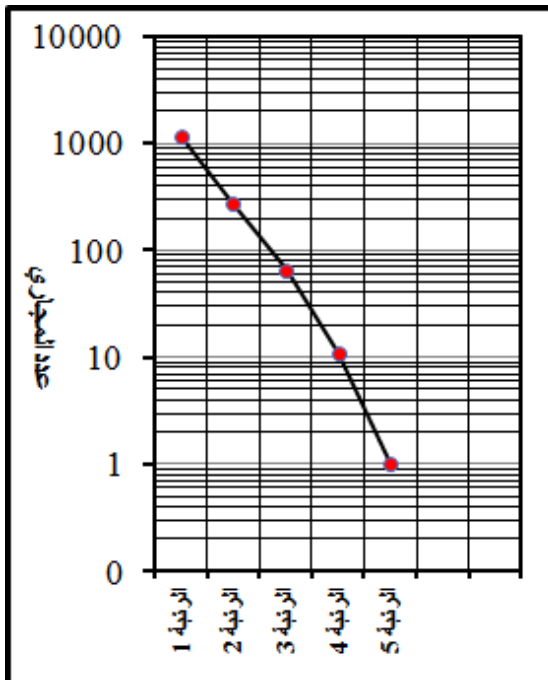


المصدر: عمل الباحثين.

الشكل ٨: العلاقة بين عدد المجاري والترتبة بحوض وادي الحائر.

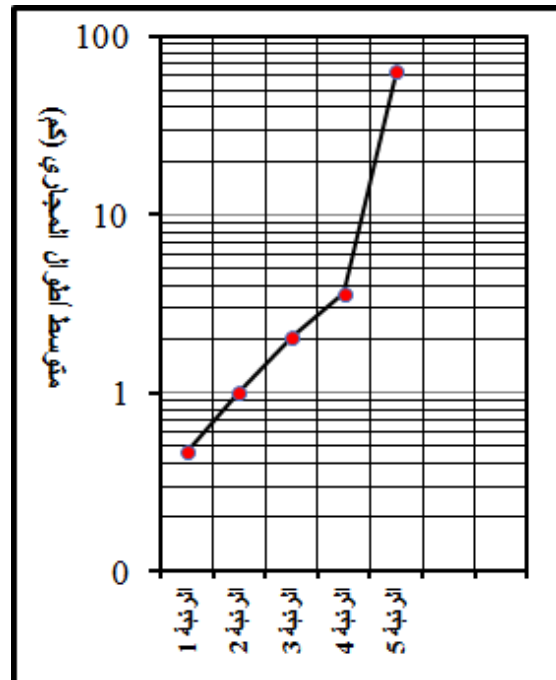


الشكل ٧: العلاقة بين متوسط طول المجاري والترتبة بحوض وادي الحائر.



المصدر: عمل الباحثين.

الشكل ١٠: العلاقة بين عدد المجاري والترتبة بحوض وادي بعيحاء.



الشكل ٩: العلاقة بين متوسط طول المجاري والترتبة بحوض وادي بعيحاء.

الخلاصة:

تتلخص نتائج هذه الدراسة فيما يلي:

١- أظهر تحليل المتغيرات الهيسومترية الدالة على الخصائص التضاريسية للأحواض المائية المدروسة (الارتفاع الأقصى، الارتفاع الأدنى، الارتفاع المتوسط، نسبة التضرس، نسبة الانحدار، المدى التضاريسي، التضاريس النسبية) تميز حوض وادي حنيفة بأكبر قيم للارتفاع الأقصى (١٠٣٧م) ولمتوسط الارتفاع (٧٧٤م) ولنسبة التضرس (٢٦٣م) وللمدى التضاريسي (٥٢٦م) وبأدنى قيمة للتضاريس النسبية (٣,٤٩م/كم).

٢- أظهر تحليل المتغيرات المورفومترية للخصائص الشكلية للحوض المائي تميز حوض وادي حنيفة أيضاً بأقصى طول للمجرى الرئيس (٧٥ كم)، بينما تميز حوض وادي بعيحاء بأقل قيم لمعامل الشكل (٠,٠٨) ولمعامل الاستطالة (٠,٣١) ولمعامل الاستدارة (٠,٢٣)، بسبب استطالته وصغر عرضه.

٣- تبين من نتائج تحليل الترتيب الهرمي لمجري الشبكة المائية أن حوض وادي حنيفة يعتبر أكثر الأحواض تطوراً من الناحية الجيومورفولوجية بمجموع ٩٦٥٩ مجرى عند الرتبة السابعة بمعدل تفرع بلغ ٤,٤٤ ونسبة الأطوال ٢,٤٦. وفي المستقبل لم تعد مجاري الشبكة المائية لحوض وادي البعيحاء الرتبة السادسة بمعدل تفرع بلغ ٤,٤ ومجري الشبكة المائية لحوض وادي الحائر الرتبة الخامسة بمعدل تفرع بلغ ٥,٠.

ومن خلال ما تقدم، توصي هذه الدراسة بتطبيق الخطوات المنهجية للدراسة على أحواض الأودية الرافدة لوادي حنيفة من أجل التعرف على الخصائص المورفومترية التفصيلية لمنظومة الجريان السطحي للحوض المائي لوادي حنيفة للاستفادة منها في الدراسات البيئية والهيدرولوجية وفي مشاريع التنمية المستدامة التي تهدف إلى تحقيقها رؤية ٢٠٣٠.

المراجع

١- المراجع العربية

- الأنصاري، عبد الله محمد؛ الدوسري، راشد حمد، (٢٠٢٠): التحليل المورفومتري المقارن لأحواض روافد وادي العتق بشمال غرب مدينة الرياض بالمملكة العربية السعودية، مجلة الدراسات الجامعية للبحوث الشاملة، المجلد (١)، العدد ٣: ٨٣-١٧٤.
- البهيثي، نواف عبد العزيز (٢٠١٨). تحليل المعطيات المورفومترية لأحواض التصريف بمدينة حفر الباطن، شمال شرق المملكة العربية السعودية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية"، المجلة العربية لعلوم ونشر الأبحاث AJSRP، المجلد (٢)، العدد ٣: ٣٢-٦٤.
- التويجري، حمد أحمد؛ الجعدي، فرحان بن حسين، الخوفي، منيرة إبراهيم (٢٠٢٠): وادي المشقر في المجمع: دراسة مورفومترية باستخدام نموذج الارتفاعات الرقمي، مجلة جامعة الملك عبد العزيز (الأداب والعلوم الإنسانية)، المجلد (٢٨)، العدد ١٤: ٢٧٤-٢٨٠.

- التويجري، حمد أحمد؛ الجعبي، فرحان بن حسين، القحطاني، خالد: الحربي، خالد (٢٠٢٠): وادي بطحان في المدينة المنورة: دراسة مورفومترية باستخدام نموذج الارتفاعات الرقمي، مجلة جامعة الملك عبد العزيز (الأداب والعلوم الإنسانية)، المجلد (٢٨)، العدد ١٤: ٢٧٤-٢٨٠.
- الجعبي، فرحان بن حسين، (٢٠٠٨): الخصائص الهيدرولوجية وخصائص السيول في أحواض السدود المقترحة على أودية عليية في محافظة الخرج، بحوث جغرافية، سلسلة محكمة دورية (٨٤)، الجمعية الجغرافية السعودية، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.
- الجعبي، فرحان بن حسين، بوروية، محمد بن فضيل، (٢٠٠٧): تقدير تدفق الذرة للسيول بحوض وادي العين بمحافظة الخرج في المملكة العربية السعودية، دراسة علمية محكمة (١٢١ / ١٤٢٨)، مركز بحوث كلية الآداب، عمادة البحث العلمي، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية.
- الحواس، عساف بن علي، (٢٠٠٧): توظيف تكاملي لتقنيات الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتحديد وتحليل الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف الصحراوية، الجمعية الجغرافية السعودية، بحوث جغرافية، المجلد ٢٠٠٧، العدد ٨١-٨٣: ص ٩٣.
- الزهراني، أفراح أحمد (٢٠٢٠): تقويم مخاطر السيول على الأنشطة البشرية بحوض وادي نعمان بمنطقة مكة المكرمة، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى.
- السباحي، صالح سالم (٢٠١٨). الخصائص المورفومترية المساحية والشكلية والتضاريسية لحوض وادي العسلاء، شرقي مدينة جدة، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب والعلوم الإنسانية، جامعة الملك عبد العزيز، جدة.
- آل سعود، مشاعل بنت محمد (١٩٩٦). التحليل المورفومتري بشبكة التصريف السطحي بحوض شعيب ناسح : دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الملك سعود.
- آل سعود، مشاعل بنت محمد (٢٠٠٢). تطبيقات تقنية الاستشعار عن بعد والأساليب الجيوديسية المتطورة في دراسة مورفومترية الأحواض الجافة، رسائل جغرافية، العدد ٢٢٥، الجمعية الجغرافية الكويتية.
- العقيل، هياء محمد (٢٠٢٣): الخصائص المورفومترية لأحواض كويستا صفراء السياح في منطقة القصيم بالمملكة العربية السعودية، حوليات آداب جامعة عين شمس، المجلد (٥١): ٣٤٩-٢٠٩.
- الفالوذه، إبراهيم بن محمد، (٢٠٢٣): النمذجة الهيدرولوجية الحوض وادي عرنة الأعلى بمكة المكرمة اعتماداً على بيانات TRMM ، رسالة دكتوراه غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية، جامعة الملك سعود.
- مرزا، معراج بن نواب؛ البارودي، محمد بن سعيد، (٢٠٠٦): السمات المورفولوجية والخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأودية الحرم المكي، مجلة جامعة أم القرى للعلوم التربوية والاجتماعية والإنسانية، عدد خاص بمناسبة اختيار مكة المكرمة عاصمة للثقافة الإسلامية لعام ١٤٢٦هـ / ٢٠٠٥م.

٢-المراجع الأجنبية

- Chorley, R. J. (1957): **Illustrating the Laws of Morphometry**, Geologic Magazine, vol. XCIV. No 2
- Gregory, K.J. (1966). **The composition of the drainage net: morphometric analysis of map**, *Br. Geomorphol. Res. Group., Occas. Pap.*, 4, 9-11.
- Gregory, K.J. and Walling, E. (1968). **The variation of drainage density within a catchment**, *Bull. Int. Assoc. Sci. Hydrol.*, 13(2): 61-8.
- Gregory, K.J. & Walling, D.E (1973): **Drainage basin Form and Process: A Geomorphological Approach**, Edward Arnold (Publisher Ltd), London.
- Horton, R.E. (1932): **Drainage basin characteristics**, *Trans. Amer. Geophys. Union*, 13, pp 350-361
- Horton, R. E. (1945). **Erosional development of streams and their drainage basins: a hydrophysical approach to quantitative morphology**. *Geol. Soc.Am. Bull.* 56(3): 275-370.
- Miller, V.C. (1953) : **A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristic in the clinch, Mountain area, Verdinia and Tennessee**, Project NR Tech. Rept.3 Columbia University, Department of Geology, ONR, Geography branch, New York, pp 389-042.
- Morisawa, M. E. (1957). **Accuracy of determination of stream length from topographic maps**. *Trans. Am. Geophys. Union*, 38, 86-8.

- Morisawa, M. E. (1958). **Measurement of drainage basin outline form**. *J. Geol.*, **66**: 587-91.
- Morisawa, M. (1985): **Rivers: Form and Process**, Longman, New York.
- Scheidegger, E (1965). **The algebra of stream-order number**. *U.S. Geol. Suro., Prof. Pap.*, 525B.
- Ramu, B.M. and Jjayashree, P. (2013). **Morphometric analysis of Tangabhadra drainage basin in Kkarnataka using GIS**, *JECAS*, Vol (2), Issue 7 : 1-7.
- Shreve, L. (1967). **Infinite topologically random channel networks**. *J. Geol.*, **73**(2): 178-86.
- Schumm, S.A. (1956): **Evolution of drainage system and slope in badlands of Perth Amboy, New Jersey**. *Bull. Geol. Soc. Am.* 67, pp 597-46.
- Strahler, A.N. (1952): **Hypsometric Analysis of Erosional Topography**, Bulletin of the Geological Society of America, 63, pp 1117-42.
- Strahler, A. N. (1957). **Quantitative analysis of watershed geomorphology**. *Trans. Am. Geophys. Union*, **38**.
- Strahler, A. N. (1958). **Dimensional analysis applied to fluviially eroded landforms**, *Geol. Soc. Am., Bnll*, **69**(3): 279 - 300.
- Strahler, A. N. (1964): **Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks**, In V.T. Chow (ed.), *Handbook of Applied Hydrology*, 4-39/4-76.
- Závoinau I. (1978): **Morphometry of hydrographic basins**, Ed. Academia Bucarest.

Abstract:

Morphometric of basins affecting the Al-Ha'ir artificial lake south of Riyadh using Geospatial Techniques

This research deals with the analysis of hypometric variables that indicate the topographic characteristics of the water basins affecting the artificial lake of Al-Ha'ir, south of the city of Riyadh. The study also presents the analysis of morphometric variables using the Arc Hydro analysis tools attached to the ArcGIS program and the analysis of the hierarchical arrangement of the water network's streams by applying the Strahler method.

The results showed that the Wadi Hanifa Basin has the largest values for the maximum elevation (1037 m), the average elevation (774 m), the erosion ratio (263 m), the terrain extent (526 m), and the lowest value for the relative terrain (3.49 m/km).

The results of the analysis of morphometric variables for the formal characteristics of the water basin showed that the Wadi Hanifa Basin was also distinguished by the maximum length of the main stream (75 km), while the Wadi Baija Basin was distinguished by the lowest values of the shape factor (0.08), the elongation factor (0.31), and the circularity factor (0.23), due to its elongation. And its width is small.

The results of the analysis of the hierarchical arrangement of the water network's streams showed that the Wadi Hanifa Basin is considered the most developed basin in terms of geomorphology, with a total of 9659 streams at the seventh rank, the bifurcation ratio is 4.44, and the length ratio is 2.46. In contrast, the water network streams of the Wadi Baija basin did not exceed the sixth rank, and the water network streams of the Wadi Al-Ha'ir basin did not exceed the fifth rank.

Keywords:

Relief variables, morphometric variables, Wadi Hanifa, Wadi Al Ha'ir, Wadi Buayja'a, Arc Hydro GIS, DEM.