تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية في دراسة مورفومترية وهيدرولوجية أنظمة التصريف في منطقة سهل حديبو – جزيرة سقطرى

عبدالمحسن العمري* وعيدروس قطن
قسم الجيولوجيا الهندسية، كلية النفط والمعادن، جامعة عدن، عتق، شبوة، اليمن
*email: alamry1972@yahoo.com
DOI: https://doi.org/10.47372/uajnas.2018.n2.a09

الملخص

قدمت هذه الدراسة نموذجاً تطبيقياً لاستخدام نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات جغرافية للخصائص المورفومترية لأنظمة التصريف في منطقة سهل حديبو – جزيرة سقطرى، للوصول إلى فهم الخصائص الهيدرولوجية؛ إذ إنّه في العادة يتم استخلاص مدلولات جيومورفولوجية فقط من الخصائص المورفومترية ويغيب عن الكثير إمكانية الوصول إلى فهم العمل الهيدرولوجي في الأحواض من خلال الخصائص المورفومترية. توصلت الدراسة إلى عدد من النتائج، أهمها التحليل المورفومتري للثلاثة الأحواض الرئيسية المكونة لسهل حديبو, هي حوض وادي فرضاحة الذي تبلغ مساحته 28 كم^2 وحوض وادي داناجهن الذي تبلغ مساحته 15.3 كم^2 وحوض وادي سواق الذي تبلغ مساحته 43 كم^2. من دراسة الخصائص الشكلية لأحواض التصريف بمنطقة حديبو وجد انها جميعها تمر في مرحلة إعادة الشباب، بدليل وجود الخوانق الكثيرة في الأحواض وتعرج خط تقسيم المياه، وتبتعد جميع الاحواض من الشكل الدائري و تميل إلى اتخاذ الشكل المستطيل ، وفي هذه الحالة يتأخر وصول موجة الفيضان بعد حدوث العاصفة. اتضح من الدراسة انً انخفاض نسبة النسيج الطبوغرافي لأحواض سهل حديبو وميوله إلى الشكل الخشن نتيجة لسيادة البنية الصدعية وكثرة الشقوق والمفاصل التي ساهمت في زيادة التسرب وتقليل الجريان السطحي. خلصت الدراسة إلى أهمية تنظيم التدفق في أسفل الأحواض ولاسيما أسفل حوض فرضاحة كون مصبه يقطع مدينة حديبو عاصمة محافظة سقطرى التي يوجد فيها أكبر تجمع سكاني وأيضاً ضرورة إنشاء محطات قياس المياه في الاودية لغرض تنظيم جريان المياه والاستفادة منها في مجالات الزراعة والاستخدامات البشرية الاخرى.

الكلمات المفتاحية: الخواص الهيدرومورفومترية، النموذج الرقمي للتضرس (DEM)، أنظمة المعلومات الجغرافية (GIS)، احواض حديبو، جزيرة سقطرى.

1- مقدمة

تقع جزيرة سقطرى في الجهة الجنوبية للجمهورية اليمنية قبالة مدينة المكلا وتتميز بغطاءٍ نباتي وفير إذ تصل الأنواع النباتية فيها إلى حوالي 750 نوعا منها 320 نوعاً من النباتات النادرة المتوطنة في الجزيرة ومن هذه النباتات شجرة (دم الأخوين) المعروفة علميا باسم Dragon Blood Tree وشجرة (امتة) المعروفة علمياً باسم *Euphorbia arbuscula* وشجرة (سيرو) المعروفة علمياً باسم *Jatropha Uni cortata* بالإضافة إلى نباتات طبية أخرى شائعة الاستعمال في الجزيرة مثل الجراز والأيفوربيا وغيرها، وقد اختيرت عام 2008 ضمن قائمة اليونسكو موقعاً تراثياً طبيعياً عالمياً (UNESCO, 2008

حديبو هي عاصمة محافظة أرخبيل سقطرى وهي مركز مديرية حديبو، يبلغ تعداد سكانها حوالي 10489 نسمة حسب الإحصاء الذي أجري عام 2004 . يعد سهل حديبو الذي يتكون من ثلاثة أحواض مائية من الاحواض المهمة في الجزيرة ويمثل الجريان السيلى في هذه الأودية أحد مشكلات البيئة المحلية التي تؤثر على عملية التنمية وتعوق حركتها فأغلب عمليات الجريان السيلى ينتج عنها أضرار كلية أو جزئية سواء على الطرق أو المباني أو السكان؛ لاسيما مع انتشار شبكات ضعيفة من الطرق المعبدة وغير المعبدة وبعض المساكن في أحواض ومخارج هذه الأودية. ومما زاد من خطورة هذه المشكلة حدوث السيول بصورة فجائية وغير منتظمة إضافة إلى عدم إمكانية التنبؤ بحدوثها نظراً لقلة محطات الرصد وعدم توفر وسائل إنذار مبكر إضافة إلى

انتشار العمران العشوائى وغير المخطط ومظاهر استخدامات الأرض المختلفة عند مخارج الأودية وفى مجاريها الدنيا مما أسهم في زيادة تأثير السيول وتفاقم خطورتها. في نوفمبر 2015م تعرضت جزيرة سقطرى لإعصار "تشابالا "الذي وصف بأنّه أقوى إعصار استوائي في المحيط الهندي، وهو أقوى إعصار في بحر العرب يصل لليابسة. ضرب الإعصار جزيرة سقطرى صباح الأحد 1نوفمبر 2015 م، وهو في ذروة قوّته، مصاحباً لهبوب رياح قوية بلغت سرعتها 150كم/ساعة، وارتفاع في الأمواج لما يتراوح 10-13 متر على سواحل الجزيرة، إضافة إلى هطول كميات كبيرة من الأمطار التي أحدثت فيضانات وسيول جارفة.

إنّ الخصائص المورفومترية لأي شبكة مائية تقدم مؤشرات هامة للخصائص الهيدرولوجية لحوض التصريف، وذلك للعلاقة الوثيقة بين الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية، ولهذا نجد أنَّ السيطرة على الفيضانات لا يمكن أنَّ تتم من غير فهم كاف للخصائص المورفومترية لأحواض التصريف في المنطقة.

هدفت هذه الدراسة بشكل رئيس إلى تطبيق تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لفهم الخصائص المورفومترية لأحواض تصريف سهل حديبو وإيجاد المدلول الهيدرولوجي لها بالاعتماد على نظم المعلومات وتكوين قاعدة بيانات واسعة لهذا السهل بما يخدم فهم هيدرولوجية احواض الاودية و لاسيما حركة المياه السطحية. لهذا تم دراسة وتحليل الخصائص الهندسية والمورفومترية لأنظمة وشبكة التصريف للمنطقة على تلك الخصائص في إنشاء قاعدة البيانات الجغرافية لأحواض التصريف فيها ومن ثم رسم شبكة التصريف المائية للأحواض ظاهرة طبيعية مورفومترية لها علاقة في تحديد استخدام الأرض الامثل في الأحواض مما سيعطي تصورا واضحا للمشاريع المتعلقة بإعادة تأهيل البيئة لتفادي مخاطر السيول للمنطقة بشكل عام.

2- موقع وجيولوجية سهل حديبو

يقع سهل حديبو في الجزء الشمالي من جزيرة سقطرى وهو عبارة عن حوض تبلغ مساحته بحدود 86.3 كم^2 ويتكون السهل الرئيسي لمنطقة حديبو من ثلاثة أحواض فرعية وهي حوض وادي فرضاحة وحوض وادي داناجهن وحوض وادي سواق (انظر الشكل رقم 1).

جيولوجيا - يتكون حوض حديبو من مجموعتين رئيسيتين من الصخور؛ نورد لهما وصف مختصر ادناه - [12, 13].

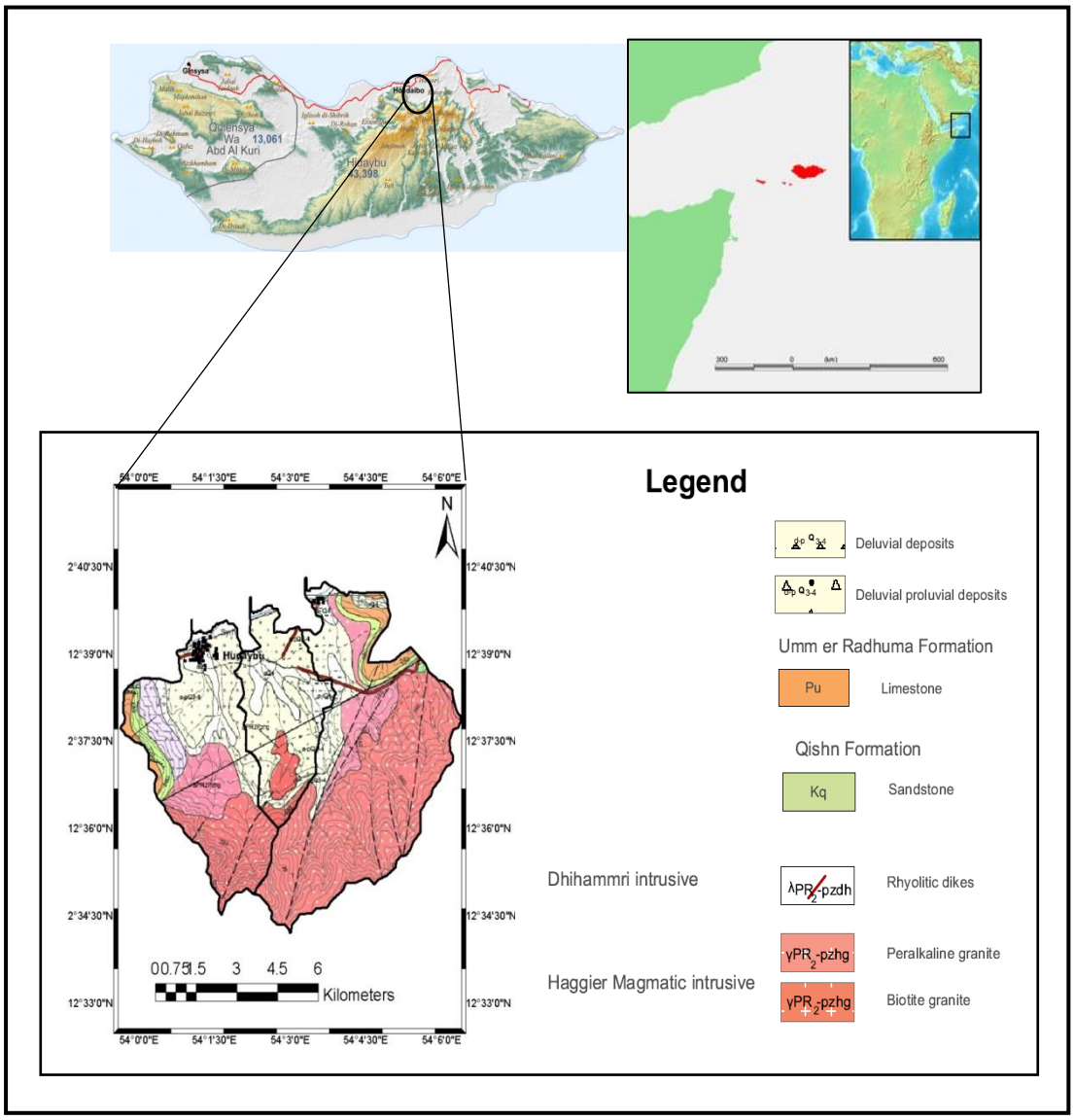
1- صخور القاعدة القديمة

هي كتل من الصخور النارية والمتحولة المتداخلة فيما بينها بشكل معقد ,يعود عمرها الى عصر ما قبل الكامبري (Precambrian) وتمثل في طبيعتها واصلها صخور الدرع العربي النوبي. تتضمن هذه الصخور تداخلات من الصخور النارية والبركانية التي تشمل بشكل رئيسي صخور الجرانايت (Granite) والجابرو (Gabbro) والرماد البركاني (Volcanic Tuffs) مع تداخلات من الصخور المتحولة وتشمل النايس (Gneiss) والشست (Schist) والفلايت (Phyllite)مع بعض الصخور الرسوبية القديمة. وتظهر هذه الصخورفي قلب سلسلة "جبال حجير" في الطرف الشرقي للجزيرة وتشكل أعلى القمم وتمثل صخور متكتلة, قاسية ووعرة , أجزاء بسيطة من صخور هذه المجموعة تظهر وبشكل محدد في موضعين على الجهة الغربية للجزيرة هي منطقة تحدب قلنسية ومنطقة تحدب شعاب (انظر الشكل رقم 2) .

2- مجموعة الصخور الرسوبية

هي طبقات الصخور الرسوبية التي تغطي صخور القاعدة القديمة أو تحيط بمكاشفها والمتمثلة بطبقات من الحجر الجيري الكريتاسي (Cretaceous) والمغطى بطبقات صلبة من الصخور الجيرية للعصر الثلاثي الأسفل (Lower Tertiary) التي تشكل حافات صخرية بارزة لصلابتها والتي تغطي أحيانا بصخور جيرية طباشيرية هشة تعود للعصر الثلاثي المتأخر (Upper Tertiary) تغطي هذه الطبقات الرسوبية أ جزاء واسعة من الجزيرة وتشكل أراضي متهضبة وتمثل عادة حول المرتفعات الجبلية مشكلة حافات صخرية طولية, أمّا رواسب العصر الرباعي- الحديث (Quaternary) فهي تتمثل برواسب بحرية ساحلية من المدملكات (Conglomerate) والمكونة شرفات بحرية متعاقبة تظهر عند السواحل. اضافة الى الرواسب الرملية والحصوية الساحلية والتي

تظهر أحياناً بشكل كثبان رملية هلالية إضافة إلى الالسن البحرية الرملية تمتلئ الوديان الكبيرة في اجزائها السفلى برواسب فتاتية خشنة من الجلاميد والحصى . في حين تمتلئ قسم المنخفضات البينية برواسب السيول و ركام المنحدرات مشكلة سهول داخلية .



شكل رقم (1): خارطة موقعيه وجيولوجيه- سهل حديبو- سقطرى

الخصائص المساحية لأحواض التصريف لسهل حديبو

تعتبر مساحة الحوض من أهم الخواص المساحية المستخدمة كثيراً في النماذج الهيدرولوجية، وتستخدم في حساب الكثير من المقاييس المهمة مثل كثافة التصريف ومنحنى التكامل الهيبسومتري للمساحة وغير ذلك [3]، ومن المعروف انه كلما زادت مساحة الحوض زادت كمية ما يستقبله من أمطار أو أي شكل أخر من أشكال التساقط مما يترتب علية زيادة احتمال ارتفاع الفيضانات وذلك في حالة تساوي المتغيرات المختلفة مثل نوع الصخر وتوضعه التضرس وشكل شبكة التصريف. وهناك متغيرات مورفولوجية ترتبط بمساحة الحوض، فمثلاً نجد إنَّ الأحواض الكبيرة أقل انحداراً من الأحواض الصغيرة وقد يرجح هذا إلى انَّ الأحواض الكبيرة أو أجزاء منها تمر في مرحلة متقدمة من الدورة التحاتية على عكس الأحواض الصغيرة التي قد لا تزال في بداية

المرحلة وهذا ينطبق على انحدار المجاري المائية. لقد تم قياس جميع الخصائص المورفومترية في هذه الدراسة من برنامج ArcGIS 10 المستخدم. الجدول رقم (1) يوضح الخصائص المساحية للثلاثة الأحواض الرئيسية لمنطقة حديبو - سقطرى

جدول رقم (1) الخصائص المساحية لأحواض منطقة حديبو

الاحواض	مساحة الحوض (كم2)	عرض الحوض (كم)	محيط الحوض (كم)	طول الحوض المثالي(كم)	طول الحوض الحقيقي(كم)	أعلى نقطة (م)	أدنى نقطة (م)
حوض وادي فرضاحة	28	3.7	26.4	8.4	9.1	1460	0
حوض وادي داناجهن	15.3	2.9	20.1	6.95	6.95	700	0
حوض وادي سواق	43	4.7	36.5	11.2	12.4	1300	0

الخصائص الشكلية

تم تحديد اشكال أحواض التصريف النهري من أحواض أودية منطقة حديبو بناء على المعطيات الأتية:

نسبة تماسك المساحة (الاستدارة)

اقترح ملتون [16] نسبة استدارة الحوض لتصف مدى اقتراب خطوط تقسيم المياه، وتحسب من خلال نسبة مساحة الحوض إلى مساحة دائرة لها نفس محيط الحوض[14]، وتتراوح قيم هذا المعامل بين (صفر-1). وكلما ارتفعت القيمة دلت على اقتراب الحوض من الشكل الدائري، وكلما ابتعدت القيم عن (واحد صحيح) ابتعد الحوض عن الشكل الدائري؛ ويعبر عنها رياضياً:

$$\text{نسبة تماسك المساحة (الاستدارة)} = \frac{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}}{\text{مساحة دائرة يساوي محيطها محيط الحوض(كم}^2\text{)}}$$

وقد بلغت نسبة الاستدارة في حوض وادي فرضاحة (0,5)، وفي حوض وادي داناجهن (0.48) وفي حوض وأدي سواق (0.4) ، مما يدلل على أنَّ اشكال الاحواض لمنطقة حديبو بعيدة عن الشكل الدائري وجميعها تميل إلى الاستطالة، وتشير هذه النسبة المنخفضة إلى عدم انتظام محيطات الأحواض أو خط تقسيم المياه، بل إنَّ محيطات الأحواض تمر بتعرجات ملحوظة تؤثر على أطوال المجاري المائية من المرتبة الأولى ألتي تقع بالقرب من خط تقسيم المياه. تتغير استدارة الحوض مع مرور الزمن واستمرار عمليات الحت المائي، حيث إنَّ القيم المرتفعة لنسبة الاستدارة تشير إلى مرور الحوض بفترات طويلة من الحت المائي[11]. وبناء على ذلك يمكن القول إنَ احواض التصريف بمنطقة حديبو جميعها تمر في مرحلة إعادة الشباب، ومما يدل على ذلك كثرة الخوانق في الحوض وتعرج خط تقسيم المياه والمدرجات الصخرية المنتشرة في الأحواض.

نسبة الاستطالة

اقترح شوم [17] هذه القرينة لوصف امتداد مساحة حوض التصريف بمقارنتها بالشكل المستطيل ، وتحسب من خلال نسبة طول قطر دائرة بنفس مساحة الحوض إلى أقصى طول للحوض[1]، وكلما اقتربت هذه النسبة من وأحد صحيح فأن هذا يشير إلى أنَّ شكل الحوض قريب من الشكل الدائري، أمَّا إذا ابتعدت هذه النسبة عن واحد صحيح فإنَّ الحوض يكون قريباً من الشكل المستطيل. وتستخرج وفق المعادلة الأتية:

$$\text{نسبة الاستطالة} = \frac{\text{طول قطر دائرة بنفس مساحة الحوض (كم)}}{\text{أقصى طول للحوض (كم)}}$$

وقد بلغت نسبة الاستطالة في حوض وادي فرضاحة (0,67)، وفي حوض وادي داناجهن (0.63) وفي حوض وادي سواق (0.60) ، وهذا يشير إلى أنَّ اشكال أحواض منطقة الدراسة اقرب إلى المستطيل. وهذا الشكل لا شك يؤثر على طول المجاري المائية وعددها لاسيما التي تنتمي إلى الرتب الدنيا منها، وكذلك المجاري الرئيسية فيها. إذ تميل الرتب الدنيا الى زيادة أطوالها وتقليل عددها في حالة انخفاض نسبة الاستطالة، في حين تقلل من أطوال الرتب الدنيا وتزيد من أعدادها ومن طول المجرى الرئيسي مع ارتفاع نسبة الاستطالة، مما يعمل على تناقص صبيبه المائي بسبب طول المسافة التي يقطعها هذا المجرى، ومما ينتج عن ذلك من تسرب وتبخر في مياهها.

نسبة تماسك المحيط:

يقيس هذا العامل العلاقة بين طول الحوض ومساحته، ويعالج بعض سلبيات معدل الاستدارة تستخرج هذه النسبة من خلال مقارنة محيط الحوض بمحيط دائرة لها نفس مساحة الحوض النهري وتستخرج وفق العلاقة الرياضية الأتية:

$$\text{نسبة تماسك المحيط} = \frac{1}{\text{نسبة تماسك المساحة}}$$

وقد بلغت نسبة تماسك المحيط في حوض وادي فرضاحة (2)، وفي حوض وادي داناجهن (2,08) وفي حوض وادي سواق (2,8)، وهذا يدل على ابتعاد الحوض عن الشكل الدائري،إذ إنَّ نتيجة هذه المعادلة دائما أعلى من الواحد الصحيح، فكلما ارتفعت هذه النسبة عن الواحد دل ذلك على ابتعاد الحوض من الشكل الدائري، واقترابه عن الشكل المستطيل، انظر جدول رقم (2).

جدول رقم (2) يوضح الخصائص الشكلية لأحواض التصريف في منطقة حديبو.

الحوض	مساحة الحوض(كم2)	محيط الحوض(كم)	نسبة الاستطالة	نسبة الاستدارة	نسبة تماسك المحيط	معامل شكل الحوض
حوض وادي فرضاحة	28	26.4	0.67	0.50	2	0.34
حوض وادي داناجهن	15.3	20.1	0.63	0.48	2.08	0.32
حوض وادي سواق	43	36.5	0.60	0.40	2.5	0.28

معامل شكل الحوض:

يعطي هذا المعامل فكرة عن مدى تناسق أجزاء الحوض المختلفة ومدى انتظام الشكل العام له، ويحسب من خلال نسبة مساحة الحوض الى مربع طوله، ويستخرج وفق المعادلة الرياضية الأتية:

$$\text{معامل شكل الحوض} = \frac{\text{مساحة الحوض(كم2)}}{\text{مربع طول الحوض(كم)}}$$

وقد بلغت نسبة معامل شكل الحوض في حوض وادي فرضاحة (0,34)، وفي حوض وادي داناجهن (0,32) وفي حوض وادي سواق (0,28)، وتشير هذه القيم إلى اقتراب شكل الحوض من الشكل المثلث. وأنَّ اقترابه من الشكل المثلث يؤثر على نظام الصرف، فعندما تشكل منطقة المنابع رأس المثلث ومنطقة المصب قاعدته، فإنّ التصريف المائي يزيد بعد سقوط الأمطار مباشرة، مؤدياً إلى ارتفاع منسوب الماء بشكل سريع وذلك لقرب الجداول والمسيلات من المصب الرئيسي[15]. وتشير هذه النسبة المتدنية أيضاً إلى تغير عرض الحوض من منطقة لأخرى نظراً لاختلاف الظروف البنيوية والليثولوجية على طول امتداد الحوض، واختلاف فاعلية عمليات التعرية والتجوية. ويلاحظ أنَّ أحواض الوديان في منطقة حديبو تميل إلى تبني الشكل المستطيل أكثر من الشكل الدائري، وفي هذه الحالة يتأخر وصول موجة الفيضان بعد حدوث العاصفة المطرية أي أنَّ

قطرة الماء تحتاج زمن طويل نسبياً للوصول إلى المجرى الرئيسي. ويمكن إرجاع ذلك إلى تفاوت مقاومة الصخور لعمليات التجوية والحت المائي التي يمكن أنَّ يطغى تأثيرها على عامل الزمن.

الخصائص التضاريسية

وتتمثل الخصائص التضاريسية التي تمت دراستها لأحواض التصريف في منطقة حديبو بما يأتي:

نسبة التضرس

وتم احتسابها من خلال نسبة الفارق بين أعلى وأخفض نقطة في الحوض إلى الطول الحقيقي للحوض [14]، ويعبر عنها رياضياً بالعلاقة الرياضية الأتية:

$$\text{نسبة التضرس} = \frac{\text{الفرق بين أعلى واخفض نقطة في الحوض(م)}}{\text{الطول الحقيقي للحوض(كم)}}$$

وقد بلغت نسبة التضرس لأحواض التصريف في منطقة حديبو في حوض وادي فرضاحة (160 م/كم)، وفي حوض وادي داناجهن (101 م/كم) وفي حوض وادي سواق (105 م/كم)، ويمثل الجدول رقم (3) التباين بين أعلى وأخفض نقطة ومحيط والنسيج الطوبوغرافي في كل حوض من الأحواض الثلاثة.

جدول رقم (3) يوضح الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف في منطقة حديبو

الحوض	مساحة الحوض(كم2)	نسبة التضرس م/ كم	محيط الحوض(كم)	النسيج الطبوغرافي	أعلى نقطة (م)	أدنى نقطة(م)
حوض وادي فرضاحة	28	160	26.4	2.5	1460	0
حوض وادي داناجهن	15.3	101	20.1	`1.5	700	0
حوض وادي سواق	43	105	36.5	1.5	1300	0

النسيج الطبوغرافي

يؤدي المناخ والغطاء النباتي، والتكوين الصخري دور كبير في تحديد النسيج الطبوغرافي للأحواض النهرية (التوم،1990،ص73)، ويمكن قياس النسيج الطبوغرافي للحوض من خلال نسبة التقطع، ويمكن الحصول عليها من خلال نسبة العدد الكلي للمجاري المائية بالحوض إلى طول محيط الحوض. ويُعدَّ عنها رياضياً بالعلاقة الرياضية التالية[9]:

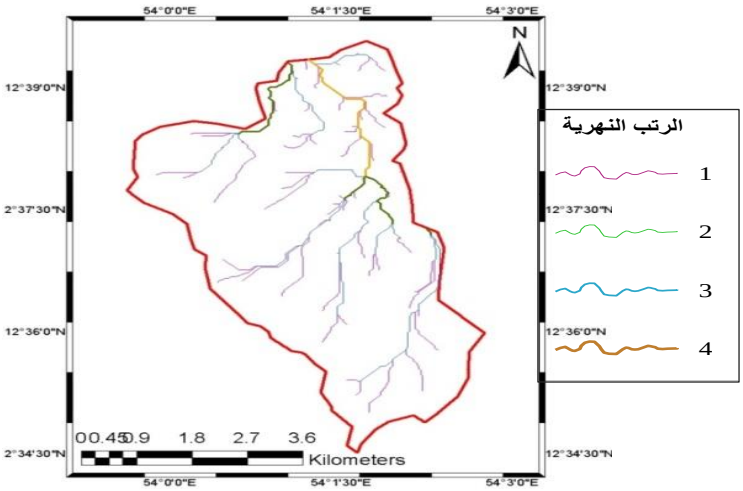
$$\text{نسبة التقطع (النسيج الطبوغرافي)} = \frac{\text{مجموع أعداد أودية الحوض من الرتب المختلفة}}{\text{محيط الحوض(كم)}}$$

بلغت نسبة النسيج الطبوغرافي في حوض وادي فرضاحة (2.5)، وفي حوض وادي داناجهن (1.5) وفي حوض وادي سواق (1.5)، وهذا يدل على أنَّ المنطقة ذات نسيج طبوغرافي خشن. إنَّ انخفاض هذه النسبة في منطقة الدراسة هو نتيجة لسيادة البنية الصدعية وكثرة الشقوق والمفاصل التي ساهمت في زيادة التسرب وتقليل الجريان السطحي. إضافة إلى سيادة الصخور النارية والمتحولة كثيرة التشقق ,الأمر الذي يؤدي إلى نفاذ نسبة كبيرة من المياه الجارية في الحوض فترة الجريان إلى التسرب الباطني وتقليل معدلات الجريان.

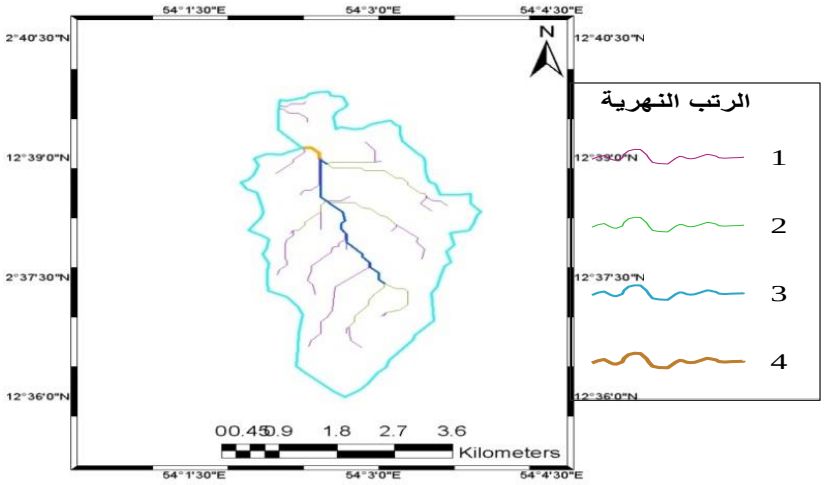
خصائص الشبكة المائية

الرتب النهرية

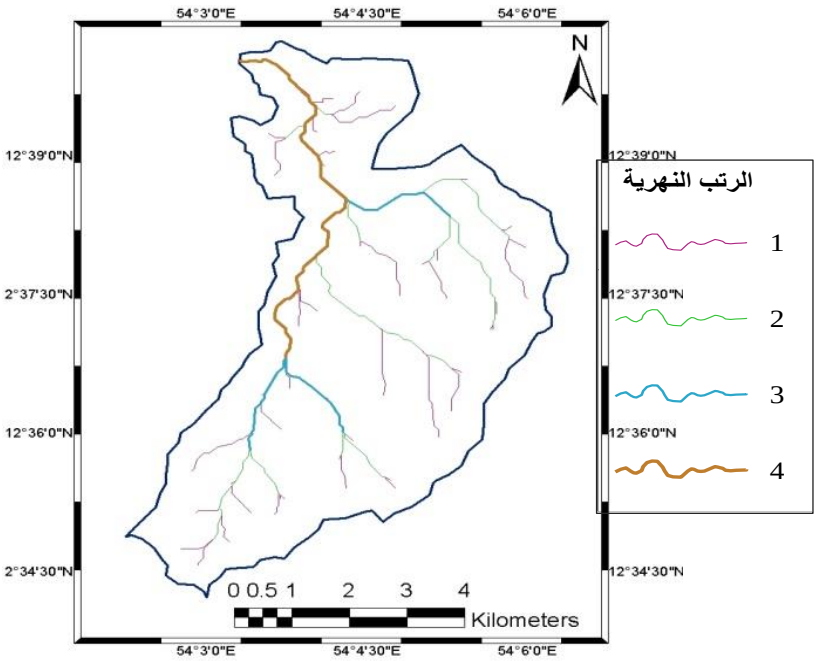
يقصد بالرتب النهرية التدرج الرقمي لمجموع الروافد التي يتكون منها الوادي أو النهر، ويفيد التعرف عليها في تخمين قدرة تلك الأحواض على الحت والترسيب ومن ثم الحد من تأثيرها على استخدامات الأراضي المختلفة والمجاورة للحوض، (الداغستاني، حمدون ,2000). تتكون الأحواض الثلاثة لمنطقة سهل حديبو من اربع مراتب نهرية شكل رقم (3) وتمتاز الرتب الأولى بكونها قصيرة نسبة إلى باقي الرتب في منطقة الدراسة. أنَّ زيادة أعداد المجاري المائية في أي حوض وكذلك أطوالها، تعني رفع كفاءة الشبكة المائية، وزيادة قدرتها على نقل مياهه وحمولته، ومن ثم تخفيض سطحه والتقليل من الفروقات الرأسية بين أجزائه. ويلاحظ من الجدول رقم (4)، أنَّ المجرى الرئيس للأحواض الثلاثة يحمل الرتبة الرابعة بحسب طريقة ستاهلر[18].



شكل (2) خريطة توضح المراتب النهرية لحوض وادي فرضاحة



شكل (3) خريطة توضح المراتب النهرية لحوض وادي داناجهن



شكل (4) خريطة توضح المراتب النهرية لحوض وادي سواق

نسبة التشعب النهري

يقصد بنسبة التشعب, النسبة بين عدد المجاري المائية لرتبة ما وبين عدد المجاري المائية للرتبة التي تليها مباشرة، وهي من العوامل المهمة لشبكة الصرف كونها أحد العوامل المتحكمة بمعدل التصريف المائي للأنهار؛ حيث إنَّه كلما قلت نسبة التشعب ارتفعت مؤشرات ودلالات حدوث الفيضان، ويعود سبب ذلك إلى زيادة حجم الموجات المائية بعد العاصفة المطرية (5)، ويُعنَّبر عنها بالمعادلة الآتية:

$$\text{نسبة التشعب} = \frac{\text{عدد المجاري في مرتبة ما}}{\text{عدد المجاري في المرتبة التي تليها}}$$

الجدول رقم (4) يوضح أنَّ نسبة التشعب تتباين مآبين المراتب النهرية لأحواض منطقة حديبو, فانعكس ذلك على تباين نسب التشعب العامة للأحواض . إنَّ انخفاض هذه النسبة في الحوض دليل على ارتفاع مؤشرات ودلالات حدوث الفيضان فيه، إضافة إلى ذلك أنَّ ارتفاع أو انخفاض هذه النسبة دليل على عدم تماثل الحوض جيولوجيا ومناخيا.

جدول رقم (4): إعداد المجاري المائية للرتب المختلفة في أحواض التصريف في منطقة حديبو ونسبة تشعبها ومعدلات التشعب العامة.

الأحواض المائية	الرتب	عدد المجاري	نسبة التشعب	عدد المجاري في رتبتين متتاليتين	نسبة التشعب × عدد مجاري رتبتين متتاليتين	معدل التشعب
حوض وادي فرضاحة	1	48	3.7	61	225.7	0.26
	2	13	4.3	19	81.7	
	3	3	3	4	12	
	4	1	-	-	-	
	مجموع	65	11	84	319.4	
حوض وادي داناجهن	1	21	3.5	27	94.5	0.31
	2	6	3	8	24	
	3	2	2	3	6	
	4	1		-	-	
	مجموع	30	8.5	38	124.5	
حوض وادي سواق	1	40	3.6	51	185.5	0.28
	2	11	3.7	14	51	
	3	3	3	4	12	
	4	1		-	-	
	مجموع	55	8.5	69	248.8	

الكثافة التصريفية

يقصد بالكثافة التصريفية الشبكة النهرية وتفرعها ضمن مساحة الحوض وتعد مقياساً أساسياً للخصائص المساحية لحوض التصريف وللتحليل الهيدرولوجي وهي تعكس مدى كفاءة التصريف وتمثل مقياس لمدى تقطع أرضية الحوض [3]– تستخرج كثافة الصرف وفق المعادلة الآتية:

$$\text{كثافة التصريف} = \frac{\text{الطول الكلي للمجاري النهرية في الحوض(كم)}}{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}}$$

وتقسم الكثافة التصريفية إلى قسمين ,هي: كثافة الصرف العددية وكثافة الصرف الطولية. وفيما يأتي توضيح لهذين المفهومين:

أ- **الكثافة التصريفية العددية (التكرار النهري):** وهو عدد الأنهار والمجاري المائية في الكيلومتر المربع الواحد من الحوض النهري وتستخرج من المعادلة الآتية:

$$\text{كثافة التصرف العددية} = \frac{\text{مجموعة أعداد الأودية في الحوض(وادي)}}{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}}$$

بلغت الكثافة العددية لحوض وادي فرضاحة (2.3) ، ولحوض وادي داناجهن (1.6) ولحوض وادي سواق (1.3) ، وادي في كل كيلومتر مربع من الحوض، وهي كثافة منخفضة، وهذا يدل على أنَّ نسيج الاحواض خشن. وتكمن أهمية معرفة هذه النسبة في التعرف على عدة خصائص هيدرولوجية، إذ تعكس مدى وفرة المجاري المائية لكل كيلومتر مربع ودورها في زيادة فعالية التعرية المائية, وزيادة التقطع مع زيادة الكثافة فضلاً عن التصريف.

ب-كثافة التصريف الطولية:

تمثل مجموعة أطوال المجاري المائية في حوض التصريف مقسوما على مساحته. وتستخرج من المعادلة الآتية[6]:

$$\text{كثافة التصرف النهرية الطولية} = \frac{\text{مجموع أطوال المجاري المائية في حوض(كم)}}{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}}$$

إذ بلغت كثافة التصريف النهرية الطولية لحوض وادي فرضاحة(2)، حوض وادي داناجهن (1.6) وحوض وادي سواق(1.3)، وهي كثافة منخفضة ويعود سبب انخفاض هذه الكثافة إلى طبيعة مناخ المنطقة الشبة الجاف متوسطة الأمطار وإلى طبيعة الصخور النارية والمتحولة الكثيرة التشققات ذات النفاذية العالية التي تقلل من الجريان السطحي للمياه، يلاحظ جدول رقم (5).

معدل بقاء المجرى

يمثل معدل بقاء المجرى متوسط الوحدة المساحية اللازمة لتغذية الوحدة الطولية الواحدة(كم) من مجاري شبكة التصريف بالمياه، وتم حسابه من المعادلة الأتية:

$$\text{معدل بقاء المجرى} = \frac{\text{المساحة(كم2)}}{\text{مجموع أطوال المجاري(كم)}}$$

جدول (5): كثافة الصرف (العددية والطولية) لاحواض التصريف في منطقة حديبو

الأحواض	المساحة ($كم^2$)	عدد الوديان	مجموع طول الوديان (كم)	الكثافة الطولية للوديان ($كم/كم^2$)	الكثافة العددية للوديان(كم)	معدل بقاء المجرى	معامل الانعطاف
حوض وادي فرضاحة	28	65	55.13	2	2.3	0.51	1.1
حوض وادي داناجهن	15.3	30	24.6	1.6	2	0.62	1
حوض وادي سواق	43	55	54.6	1.3	1.3	0.79	1.1

إنّ انخفاض كثافة الصرف الطولية والعددية لأحواض التصريف في منطقة حديبو يرجع لعدة عوامل منها طبيعة المناخ الحار الشبه الجاف، ومعدلات سقوط الأمطار السنوية المتوسطة وتذبذبها بين سنة وأخرى، إضافة إلى طبيعة التكوينات الصخرية لمنطقة الدراسة وما تحتويه من صخور نارية ومتحولة ذات نفاذية عالية، وكذلك طبيعة بعض ترب الحوض وهي ترب صحراوية رملية تتسرب المياه من خلالها بشدة إلى باطن الأرض وهذا ما يقلل من حجم الميا وكمينها الجارية على سطح الأرض وقاع الوادي الرئيسي الأمر الذي جعل النسيج خشنا.

بعض المتغيرات الهيدرولوجية لاحواض أودية حديبو

تؤدي كلُ من المظاهر الشكلية والخصائص المورفومترية للأحواض دور كبير في إبراز خصائصها الهيدرولوجية، فهي إمًا ان تزيد من سرعة حركة الماء في المجاري ومن ثم وصول الفيضان إلى نهاية الحوض أو إلى أي موقع على امتداد المجرى الرئيسي لهذا الحوض، أو إنَّها تعيق هذه الحركة [10]، وعادة تتحكم العوامل السابقة ليس فقط في نمط الفيضان، بل في الفاصل الزمني بين تساقط المطر وحدوث الفيضان [8]. يتبين من الجدول رقم [6] ارتفاع قيمة معامل الفيضان، وهذا يعود إلى ارتفاع عدد مجاري المرتبة الأولى، وعلى الرغم من ذلك فأنَّ كل من زمن الاستجابة وسرعة الجريان هي الأكثر تحديداً للخصائص الهيدرولوجية للحوض. يمكن قياس زمن الاستجابة (التركيز) بالفترة الزمنية التي يستغرقها جريان الماء من ابعد نقطة في الحوض إلى نهايته أو أي موقع على طول امتداد المجرى الرئيسي. ويمكن احتساب زمن استجابة لأحواض التصريف في منطقة حديبو من خلال المعادلة التالية[10]:

$$\mathbf{Tc = 3.76S/i}$$

حيث إنّ **Tc** = زمن الاستجابة (التركيز)، **S** = مساحة الحوض (كم2)، **i**= معدل الانحدار (%).

وبعد تطبيق المعادلة أعلاه على احواض منطقة الدراسة وجد أنُ زمن الاستجابة (التركيز) بلغ في حوض وادي فرضاحة (80 دقيقة) وفي حوض وادي داناجهن (37 دقيقة) وفي حوض وادي سواق (102 دقيقة)، وهي قيم تشير إلى علاقتها العكسية مع معدل انحدار هذه الأحواض المتوسطة الانحدار.

إمّا سرعة الجريان السطحي والتي يُعبَّر عنها(متر/ ثانية) والتي تم استخراجها من خلال المعادلة التالية :[10]

$$V=L(M)/3.6\ TC\ (S)$$

حيث **V** = سرعة الجريان السطحي, **L(M)** = طول المجرى الرئيس بالأمتار، بينما **TC(S)** تمثل زمن الاستجابة بالثواني.

فقد أظهرت نتائج تطبيق المعادلة الموضحة في الجدول رقم (6) ,أنَّ معدل سرعة الجريان السطحي قد بلغت (0,57) م/ث في حوض وادي فرضاحة و(0,80) م/ث في حوض وادي داناجهن و(0,57) م/ث في حوض وادي سواق.

جدول رقم (6) : معدل سرعة الجريان وزمن الاستجابة لأحواض التصريف في منطقة حديبو

اسم الحوض	مساحة الحوض (كم2)	طول المجرى الرئيس(كم)	الفارق الرأسي بين أعلى وأدنى نقطة بالمتر	معدل انحدار الحوض (%)	زمن التركيز (الاستجابة) دقيقة	سرعة الجريان السطحي (م/ث)
حوض وادي فرضاحة	28	9.7	1460	15	80	0.57
حوض وادي داناجهن	15.3	6.4	700	11	37	0.8
حوض وادي سواق	43	12.5	1300	10	102	0.57

الاستنتاجات

توصلت الدراسة إلى عدد من النتائج وهي على النحو الآتي:

- تمكنت الدراسة من بناء قاعدة بيانات جغرافية للخصائص المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية لأحواض التصريف لسهل حديبو في جزيرة سقطرى من خلال مجموعة من برامج نظم المعلومات الجغرافية بالاعتماد على بيانات نماذج الارتفاعات الرقمية ٣٠م (DEM).
- عملت الشقوق والفواصل الجيولوجية على توجيه شبكة التصريف المائي في منطقة الدراسة.
- تتميز أحواض التصريف في منطقة حديبو بالتعرج وكثرة منعطفات قناة الوادي، وهذا يعود إلى اختلافات البنية الجيولوجية.
- يرجع تكوين أحواض التصريف في منطقة حديبو متمثلاً بشبكاته المائية إلى الفترات المطيرة التي كانت كافية لتحديد معالم الأحواض.
- تعد الخصائص المورفومترية انعكاسا لخصائص المناخ والنبات الطبيعي والبناء الجيولوجي في أحواض سهل حديبو - سقطرى.

المراجع:

1. الحواس، علي عساف (2007)، توظيف تكاملي لتقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتحديد وتحليل الخصائص الهيدرومورفومترية لأحواض التصريف الصحراوي، بحوث جغرافية (18)، الجمعية الجغرافية السعودية، الرياض، ص 12-25.
2. حسن رمضان سلامة،(1980) التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للأحواض المائية في الأردن، مجلة دراسات الجامعة الأردنية، المجلد 7، العدد1 ص101.
3. حكمت صبحي الداغستاني ومحمد يونس العلاف، (2000) التحليل الجيومورفولوجي لعناصر سطح الأرض واستخدامه في جرد الموارد الطبيعية باستخدام معطيات الاستشعار عن بعد في جبل بعشيقة، مجلة علوم الرافدين، المجلد11، العدد3 ،ص 116-129.
4. صبري التوم، (1990)، حوض وادي الرميمين "دراسة جيولوجية"، رسالة ماجستير (غير منشورة)، الجامعة الاردنية.

5. صلاح الدين بحيري،(1979)، أشكال الأرض، دار الفكر، دمشق ص182.
6. عبدالعزيز طريح، (1993)، الجغرافية الطبيعية (أشكال سطح الأرض) الاسكندرية، مصر ص424.
7. علاء نبيل حمدون، حكمت صبحي الداغستاني، (2007)، تحليل الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف في منطقة دهوك شمال العراق باستخدام معطيات الاستشعار عن بعد، مركز التحسس النائي، جامعة الموصل ص15.
8. ماجد حميد محسن الخفاجي،(2007) الأشكال الأرضية في حوض وادي المالح، رسالة ماجستير، الجامعة المستنصرية، كلية التربية ص 256.
9. محمد صبري محسوب، (2001)، جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، دار الفكر، القاهرة ص488.
10. مرزا، معراج نواب، البارودي، محمد سعيد (2005) 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 لعام2005.
11. نزيه علي محمد العدوة، (2007)، جيومورفولوجية حوض التصريف الأعلى من وادي الخليل، رسالة ماجستير(غير منشورة)، جامعة النجاح الوطنية، كلية الدراسات العليا، فلسطين ص 212.
12. Beydoun ZR, Bichan HR (1970)- The geology of Socotra Island, Gulf of Aden. Quaterly J Soc Lond 25:413–446
13. Beydoun, Z.R. and J.E.G.W. Greenwood (1968) Aden Protectorate and Dhufar. In, L. Dubertret (Ed.), Lexique Stratigraphique International. Vol. III Asie, CNRS Paris, fasc. 10b2, 128 p.
14. Cooke, Doomkamp (1974) Geomorphology in environmental management al management, Clarendon press, Oxford.
15. Gregory, K.J., and Walling, D.E. (1973)-Drainage basin, form and Process, A geomorphological approach, Edward Arnold.
16. Melton, M. A. (1958)-Correlation structure of morphometric properties of drainage systems and their controlling agents, J. Geology 66, 35–56.
17. Schumm, S.A. (1956)-Evolution of drainage systems and slopes in Badlands of Berth Amboy New Jersey.
18. Strahler, A.N. (1964) Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks. In: Chow, V.T., Ed., Handbook of Applied Hydrology, McGraw-Hill, New York, 4-39/4-76.

Applications of GIS for morphometric and hydrologic analysis of drainage basins of Hidibu Plan – Socotra Island

Abdulmohsen Alamry and Aydroos Qatan
Department of Engineering Geology, Faculty of Oil and Minerals, Aden University, Ataq, Shabwa, Yemen
DOI: https://doi.org/10.47372/uajnas.2018.n2.a09

Abstract

This study presented an applied model for the use of geographic information system GIS in the construction of geographical database of the morphometric characteristics of their drainage systems in the Haidibu-Socotra Island area to obtain an understanding of hydrological characteristics. The study has been concluded with a number of findings. As a result, the morphological analysis was carried out for the three main basins of Hidibuplain, namely Wadi Fardahaa basin, covering 28 km^2, Wadi Danajn basin, covering 15.3 km^2, Wadi Sawaq Basin, covering 43 km^2. The study of the morphological characteristics of drainage basins in the Hidibu area found that they all are in the growing stage. The large number of gorges, undulation of watershed divides, rectangular shape, are good evidences about growing stage of drainage basins in the study area. Due to that, the arrival of the flood is delayed after the storm. The study revealed that, low value of Texture Topography and coarse shape ofdrainage basins, due to the dominance of the structure rifting, showed the large number of faults and joints that contributed to increased leakage and reduced runoff. The study recommended that the flow at downstream of the catchment areas must be regulated, especially in the lower part of Fardahaa basin that crosses the highly populated city in the island (Haidibou city). The study also recommended the necessity of establishing water measuring stations in the wadis for the purpose of regulating water flow and utilization in agriculture and other human uses.

Keywords: Hydro-morphometric Characteristics, Digital Elevation Model (DEM), Geographic Information System (GIS),Haidibu- Socotra Island