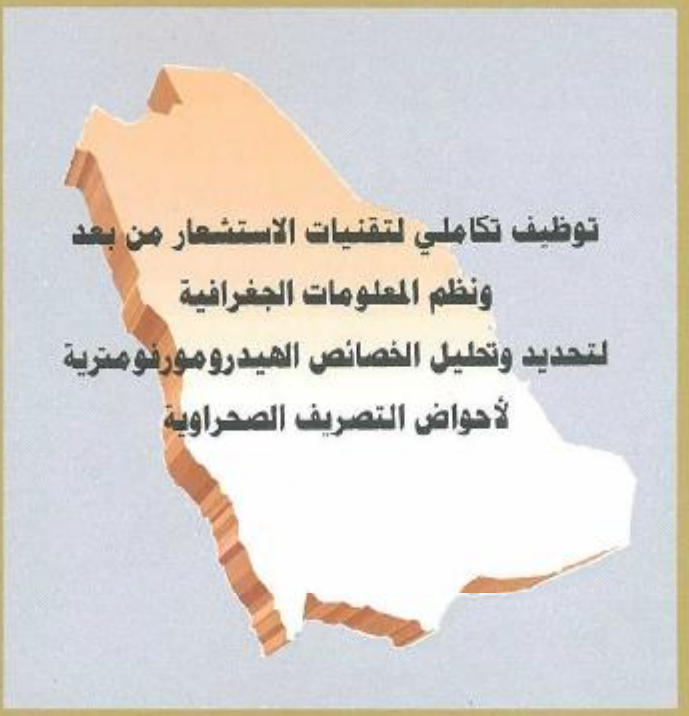
بحوث جغرافية

سلسلة محكمة دورية تصدرها الجمعية الجغرافية السعودية

٨١



د. عساف بن علي الحواس

جامعة الملك سعود الرياض المملكة العربية السعود

١٤٢٨هـ ٢٠٠٧م

بدء
بسم الله الرحمن الرحيم

بحوث جغرافية

سلسلة محكمة دورية تصدرها الجمعية الجغرافية السعودية

٨١

توظيف تكاملي لتقنيات الاستشعار من بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتحديد وتحليل الخصائص الهيدرومورفومترية لأحواض التصريف الصحراوية

د. عساف بن علي الحواس

جامعة الملك سعود الرياض المملكة العربية السعود

١٤٢٨هـ ٢٠٠٧م

ISSN 1018-1423
Key title =Buhut Gugrafiyya

مجلس إدارة الجمعية الجغرافية السعودية

أ.د. محمد شوقي بن إبراهيم مكي	رئيس مجلس الإدارة.
د. محمد بن صالح الربدي	نائب رئيس مجلس الإدارة.
د. عبد الله بن حمد الصليع	أمين السر.
د. محمد بن عبد الله الفاضل	أمين المال.
د. محمد بن عبد الحميد مشخص	رئيس وحدة البحوث والدراسات
د. عنبرة بنت خميس بلال	محررة النشرة الجغرافية
أ.د. علي بن محمد شيبان العريشي	عضو مجلس الإدارة.
د. معراج بن نواب مرزا	عضو مجلس الإدارة.
أ. محمد بن أحمد الراشد	عضو مجلس الإدارة.

ح الجمعية الجغرافية السعودية، ١٤٣٨هـ

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر
الحواس، عساف بن علي
توظيف تكاملي لتقنيات الاستشعار من بعد ... /عساف بن علي الحواس -الرياض، ١٤٢٨هـ
٨٥ص؛ ١٧×٢٤سم-(سلسلة بحوث جغرافية؛٨١)
ردمك: ٧-٧-٩٧٢٥-٩٩٦٠
١- الاستشعار من بعد ٢- الجغرافيا- نظم المعلومات أ. العنوان ب. السلسلة
ديوي ٥٢٦,٩ ١٤٢٨/٦٣
رقم الإيداع: ١٤٢٨/٦٣
ردمك: ٧-٧-٩٧٢٥-٩٩٦٠

قواعد النشر في سلسلة بحوث جغرافية

١- يراعى في البحوث التي تتولى سلسلة بحوث جغرافية، نشرها ، الأصالة العلمية وصحة الإخراج العلمي وسلامة اللغة .

٢- يشترط في البحث المقدم للسلسلة ألا يكون قد سبق نشره من قبل.

٣- ترسل البحوث باسم رئيس هيئة التحرير.

٤- تقدم جميع الأصول مطبوعة على نظام MS WORD بيئات النوافذ (Windows) على ورق بحجم A4، مع مراعاة أن يكون النسخ على وجه واحد، ويترك فراغ ونصف بين كل سطر وآخر بخط Traditional Arabic للمتن وبالخط Monotype Koufi للعناوين ، وبنط ١٦ أبيض للمتن وبنط ١٢ أبيض للهوامش (بنط أسود للآيات القرآنية والأحاديث الشريفة). ويكون الحد الأعلى للبحث [٧٥] صفحة، والحد الأدنى [١٥] صفحة.

٥- يرسل أصل البحث مع صورتين وملخص في حدود (٢٥٠) كلمة بالغتين العربية والإنجليزية.

٦- يراعى أن تقدم الأشكال مرسومة بالحبر الصيني على ورق (كلك) مقاس ١٣×١٨سم وترفق أصول الأشكال بالبحث، أو أن تقدم في هيئة رقمية تقرأ بالحاسب الآلي، ويشترط أن يكون الشكل تام الوضوح، وأصل وليس صورة.

٧- ترسل البحوث الصالحة للنشر والمختارة من قبل هيئة التحرير إلى محكمين اثنين- على الأقل- في مجال التخصص من داخل أو خارج المملكة قبل نشرها في السلسلة.

٨- تقوم هيئة تحرير السلسلة بإبلاغ أصحاب البحوث بتاريخ تسلم بحوثهم. وكذلك إبلاغهم بالقرار النهائي المتعلق بقبول البحث للنشر من عدمه مع إعادة البحوث غير المقبولة إلى أصحابها.

٩- يمنح كل باحث أو الباحث الرئيسي لمجموعة الباحثين المشتركين في البحث خمساً وعشرين نسخة من البحث المنشور .

١٠- تطبق قواعد الإشارة إلى المصادر باستخدام نظام (اسم / تاريخ)، ويقتضي هذا النظام الإشارة إلى مصدر المعلومة في المتن بين قوسين باسم المؤلف متبوعاً بالتاريخ ورقم الصفحة. وإذا تكرر المؤلف في مرجعين مختلفين ولكن لهما التاريخ نفسه يميز أحدهما بإضافة حرف إلى سنة المرجع. أما في قائمة المراجع فيستوجب ذلك ترتيبها هجائياً حسب نوعية المصدر كالتالي :

أ- الكتـــــب: يذكر اسم العائلة للمؤلف (المؤلف الأول إذا كان للمرجع أكثر من مؤلف واحد) متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان الكتاب، فرقم الطبعة -إن وجد- ثم الناشر، وأخيراً مدينة النشر. ويفصل بين كل معلومة وأخرى فاصلة مقلوبة.

ب- الدوريـــــات: يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان المقالة، ثم عنوان الدورية، ثم رقم المجلد، ثم رقم العدد، ثم أرقام صفحات المقال، (ص ص ٥- ١٥).

ج- الكتب المحـررة: يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة النشر بين قوسين، ثم عنوان الفصل، ثم يكتب (فيin) تحتها خط، ثم اسم عائلة المحرر متبوعاً بالأسماء الأولى، وكذلك بالنسبة للمحررين المشاركين، ثم (محرر .ed أو محررين .eds) ثم عنوان الكتاب، ثم رقم المجلد، فرقم الطبعة، وأخيراً الناشر، فمدينة النشر.

د- الرسائل غير المنشورة: يذكر اسم عائلة المؤلف متبوعاً بالأسماء الأولى، ثم سنة الحصول على الدرجة بين قوسين، ثم عنوان الرسالة، ثم يحدد نوع الرسالة (ماجستير/دكتوراه)، ثم اسم الجامعة والمدينة التي تقع فيها.

١١- تستخدم الهوامش فقط عند الضرورة القصوى وتخصص للملاحظات والتطبيقات ذات القيمة في توضيح النص.

تعريف بالباحث: دعساف بن علي الحواس، أستاذ مشارك، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الملك سعود.
البريد الإلكتروني: alhawas@ ksu. edu. Sa

ملخص البحث:

استخدمت تقنيات الاستشعار من بعد RS ونظم المعلومات الجغرافية GIS والحزم الإحصائية SPSS في استخلاص وتحليل نموذج الارتفاعات الرقمية وبعض الخواص المورفومترية التقليدية، الخطية والمساحية والطبوغرافية (مثل أطوال القنوات، وأعدادها، ونسبة التشعب، وكثافة التصريف في الوحدة المساحية، والتضرس والانحدار، ومساحة ومحيط حوض التصريف) لحوض شعيب السِّلْحيَّة على حافة العرمة شمال شرق مدينة الرياض. هذا إلى جانب تحليل عينات من رواسب القاع في القناة الرئيسة والمروحة الفيضية. وقد عملت الخرائط و الأشكال وحللت القيم باستخدام معالج المرئيات الفضائية ERDAS لتصحيح وعرض وتحليل المرئيات، وبرنامج نظم المعلومات الجغرافية ArcGIS، وبرنامج الحزم الإحصائية SPSS ، في سبيل تحديد وتحليل بعض الخصائص الهيدرومورفومترية للحوض. وقد اتضح الارتباط بين الأنماط التصريفية المرصودة من الخصائص المورفومترية وكل من العوامل الجيومورفولوجية، والجيولوجية، والهيدرولوجية. واتضح أن شبكة التصريف تتمتع بحرية النمو العشوائي لملء المساحة التصريفية داخل الحوض، في ظل عدم وجود محددات جيولوجية أو جيومورفولوجية. وبقيت العوامل الهيدرولوجية المرتبطة بضعف الدورة الهيدرولوجية، ومحدودية تكرار وطول أمد الجريان في شبكة التصريف هي العائق الرئيس دون تحقيق نمو عشوائي كامل لشبكة التصريف. ولكن العوامل الجيومورفولوجية أثرت في استقرار الحوض وشبكته التصريفية لحدوث بعض الانهيارات التي نتج عنها فيما يبدو موجة من النحت والإرساب داخل الحوض. عدا ذلك تبدو الأرقام المستخلصة والمحسوبة للمتغيرات المورفومترية في الحوض منسجمة مع ما هو متوقع لأحواض المناطق الجافة. ويمكن القول بناءً على ذلك أن للخصائص الهيدرولوجية أثراً واضحاً على المتغيرات المورفومترية. ويمكن بقراءة متأنية للمتغيرات المورفومترية استخلاص بعض جوانب الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف، مثل تكرار حدوث التدفق، وطبيعة منحنى التدفق، وفاعليته.

١- مقدمة

١,١- أهمية الموضوع:

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام علي سيد الأولين والآخرين نبينا محمد وعلى آله وصحابته ومن اتبع هداه إلى يوم الدين. أودع الله سبحانه وتعالى في هذا الكون نواميس تسير وفقها متغيراته، في نظام بديع محكم. ولما للماء من أهمية في النظام الأرضي عموماً، والنظام البيئي بشكل خاص، أخذت الدورة الهيدرولوجية وما يرتبط بها من عمليات، أو ينشأ عنها من ظاهرات أهميةً بالغةً. ويعد تدفق مياه السيول في أحواض التصريف، وما ينشأ عنها من شبكات قنوات التصريف، وما تنقله من رواسب ومياه، وما يرتبط بها من فيضانات، وانهيارات؛ من الموضوعات المهمة في هذا المجال. لذلك يدخل الاهتمام في أحواض التصريف وتحليلاتها في مجال اهتمام عدد كبير من المختصين في مجالات عدة. فدراستها مهمة، مثلاً، في مجال دراسة مصادر المياه، وفي مجال دراسة الكوارث الطبيعية (الفيضانات، والانهيارات الأرضية)، وفي مجال دراسة التخطيط الحضري، والتخطيط الريفي لتحديد المناطق الأكثر عرضة للمخاطر، وتحديد نطاقات استعمالات الأراضي.

ولئن كانت الثورة الكمية، وتطور الحواسيب قد سهل كثيراً في مجال تحليل البيانات(الجراش، ٢٠٠٦م)، إلا أن صعوبات جمة تعوق البحوث الميدانية، وجمع البيانات الدقيقة في مجال تحليل ودراسة شبكات التصريف، وتدفق المياه خلالها، أثناء العواصف المطرية وبعدها مباشرةً. وتعاني المنطقة العربية، عموماً، والمملكة العربية السعودية، خصوصاً، من قلة البحوث

التطبيقية في هذا الجانب. ونظراً لما تؤمنه التقنيات الحديثة في مجال الاستشعار من بعد، ومجال نظم المعلومات الجغرافية من إمكانات هائلة تعد فتحاً جديداً للبحوث في مجال جمع بيانات أحواض التصريف، وفي مجال تحليلها، فإنه ينبغي الاستفادة مما تقدمه هذه التقنيات. وتبرز الحاجة لذلك بشكل خاص في المناطق الريفية والرعوية، التي يتعذر القيام بالرصد المستمر لتدفق المياه خلال شبكات التصريف فيها. وتتأكد الحاجة أكثر، وتصبح أكثر إلحاحاً في المناطق الجافة وشبه الجافة، التي تتذبذب فيها الأمطار والسيول مكانياً، وزمنياً.

إن الاهتمام بالسيول والفيضانات لا يقتصر على المناطق الرطبة، أو تلك الغنية بأمطارها وأنهارها. بل تتأكد الحاجة للاهتمام بهذه الجوانب في المناطق الجافة حيث السيول الجارفة المفاجئة التي قد تحدث بعد فترات طويلة من الجفاف. ذلك التذبذب وعدم الانتظام في حدوث السيول، قد يكون مدعاة لنسيان أثرها المدمر، أو التهاون بها مما يزيد من الخسائر في الأرواح والممتلكات. كما أن التذبذب في كميات ومواعيد وأماكن حدوث السيول والفيضانات، في المناطق الجافة وشبه الجافة، حال دون الرصد الشامل والمستمر لها. ولاشك أن توفر البيانات الأساسية ضروري لتحديد النطاقات الأكثر عرضة لمخاطر الفيضانات في أحواض التصريف، ولتقرير الاستخدام الأمثل للأراضي في كل نطاق (Nash, 2003م)، ولئن كان الرصد المباشر والمستمر للأمطار والتدفق المائي في أحواض التصريف في المناطق الحضرية ممكناً لإدارتها إدارةً مثلى ؛ فإن ذلك قد يتعذر القيام به في أحواض المناطق الريفية والبراري الرعوية. لذلك يأخذ النظر في العلاقات بين الخواص الهيدرولوجية والخواص المورفومترية أهمية استثنائية. ومنبع ذلك

حقيقة أن الخواص المورفومترية يمكن ملاحظتها وقياسها في أي وقت، وهي نتاج تفاعل العمليات الهيدرولوجية في حوض التصريف مع خواصه الأخرى (Olyphant, et al., 2001)، علاوةً على أن رصد الخواص المورفومترية، واستخلاص الخواص الهيدرولوجية منها متاح في أي وقت، فإنه أوفر في الجهد والتكاليف.

١,٣- مشكلة البحث:

لا شك أن معرفة الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف شرط لازم لإدارتها إدارةً مثلى. وذلك بتحقيق الاستفادة من مواردها وتجنب أثر الكوارث المرتبطة بالفيضانات، والانهيارات، مثلاً، على الأنشطة البشرية سواءَ الدائمة كالعمران، والزراعة، والطرق؛ أو المؤقتة كالرعي والتعدين والسياحة. وفي حين تكون الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف ظاهرة بوضوح في المرئيات الفضائية، والصور الجوية، والخرائط الطبوغرافية؛ فإن رصد الخصائص الهيدرولوجية للأحواض يتطلب جهداً وتكاليفاً ماديةً باهظةً تلزم لإقامة محطات الرصد وتشغيلها لفترة طويلة، وفي أماكن متفرقة من الحوض، وعلى شبكته التصريفية. وتبرز المشكلة بوضوح في المناطق القليلة السكان، وفي المناطق الجافة وشبه الجافة. إذ في هذه المناطق تُهلك السيول والفيضانات كل سنة أعداداً من الناس والمواشي والممتلكات، في الوقت الذي لا يمكن فيه تغطية جميع أحواض التصريف بالرصد الميداني المستمر لرصد ظاهرة غير منتظمة الحدوث رغم آثارها المدمرة. لذا بات من المهم رصد المؤشرات، والروابط العلائقية بين الخواص المورفومترية لأحواض التصريف وخواصها الهيدرولوجية، واستخدام هذه

المؤشرات في استنباط الخواص الهيدرولوجية.

١,٣- أهداف البحث:

١- تحديد الخواص المورفومترية المؤثرة هيدرولوجياً.

٢- بسط أساليب قياس وتحليل الخواص المورفومترية.

٣- رصد المؤشرات الهيدرولوجية من الطابع المورفومتري لأحواض التصريف.

٤- تحديد طبيعة العلاقات بين الخواص المورفومترية والخواص الهيدرولوجية في أحواض التصريف الصحراوية، تطبيق على حوض شعيب السِّلْحيِّة بمنطقة الرياض.

١,٤- منطقة البحث:

تعد أحواض التصريف الواقعة على امتداد حافتي العرمة وطويق نموذجية لمثل هذا النوع من الدراسات. فهي ليست كبيرة المساحة، ويساعد انحدارها وقلة عمق رواسبها الفيضية على زيادة تكرار مرات حدوث التدفق في شبكتها التصريفية. وللكثير منها مراوح فيضية فيها سجل لفيضانات الحوض. شعيب السِّلْحيِّة واحد من أحواض التصريف على العرمة. ويقع حوض شعيب السِّلْحيِّة بين دائرتي عرض٣٣:٢٥- ٣٩:٢٥ شمالاً، وبين خطي طول ١٩:٤٦- ٢٨:٤٦ شرقاً(الخريطة رقم ١). وتنحدر مياهه غرباً منصرفةً من حافة العرمة. ويفيض منها مصبه قاذفاً بما يحمله من مياه ورواسب في مروحة فيضية ضخمة تنسدل نحو فيضة الخفس الشمالية. لا يتجاوز المعدل السنوي للأمطار، في أقرب محطة رصد للموقع في مطار الملك خالد الدولي، ١٠٠ملم؛

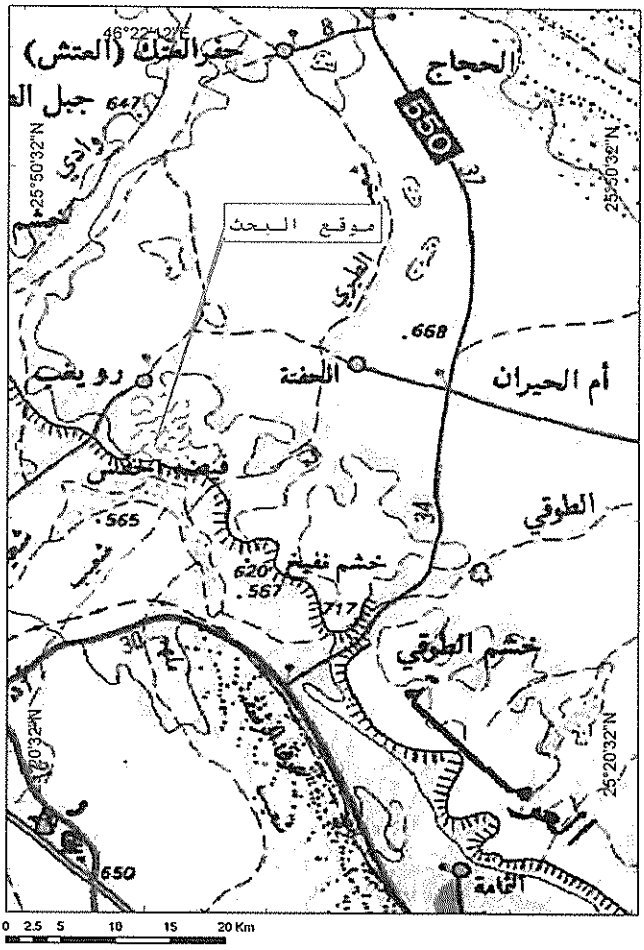
ويقل عن ذلك قليلاً في محطة رماح. ورغم الانحدار السهل نسبياً لمسطح العرمة نحو الشرق والشمال الشرقي، والذي لا يتجاوز ٠,٠٠٣٦ (في حدود درجتين فقط)، في حوض شعيب أبا الحَسَك؛ فإن الأودية والشعاب التي تقطع حافة العرمة منحدرة غرباً تمتاز بالتضرس وزيادةٍ في معدل الانحدار. ويتضح أثر ذلك في زيادة نشاطها التعروي، وقدرتها على نقل الرواسب. ومن هذه الأودية شعيب السِّلْحيَّة، موضوع هذا البحث.

تمتد حافة العرمة إلى الشرق من مدينة الرياض من الجنوب الشرقي نحو الشمال الغربي. وتمتد الحافة لمسافة تصل إلى ٢٥٠ كيلومتر. ويصل ارتفاع بعض القمم التي تعلوها في منطقة البحث إلى ٧٤٠ متراً فوق مستوى سطح البحر. وحافة العرمة أقل شموخاً من حافة طويق إلى الغرب منها، إذ تعلو طويق فوق مستوى سطح الأرض ٢٤٠ متراً، ولا يتجاوز علو العرمة فوق مستوى المسطحات الفيضية إلى الغرب منها ١٢٠ متراً. وتشكل هذه الحافة الحد الغربي لمتكون العرمة الجيري، أحدث تكوينات الحقب الميزوزوي في الكريتاسي الأعلى (Schyfsma,1978). وتغطي سطح التكوين المنحدر شرقاً ببطء رواسب فيضية وريحية أحدث، تعود للزمنين الثلاثي والرباعي.

٣- أسس التحليل الهيدرومورفومتري

يتجلى النمط التصريفي لأحواض التصريف بالنظر إلى التنظيم الطبوغرافي والعلاقات المكانية للقنوات في شبكة التصريف. و يعتمد شكل الحوض ونمطه التصريفي على المنحدر الذي تشكلت عليه بداياته الأولى، من حيث درجة انحداره، ومدى مقاومة صخوره للتجوية، وطبيعة سطحه فيما يتعلق بغطائه

خريطة رقم ١ : منطقة البحث



المصدر : وزارة التعليم العالي بالمملكة العربية السعودية ١٩٩٩م ، أطلس المملكة العربية السعودية ، لوحة رقم٧ ، ص ٢٢٥.

الرسوبي، وتشربه للماء، ومقاومته للنقل، وغطاءه النباتي (Morisawa,1985). لذا يركز التحليل المورفومتري لأحواض التصريف على الخصائص الشكلية لحوض التصريف وخصائص التوزيع المكاني لشبكة قنوات التصريف وأطوال القنوات ودرجة تعرجها. ويمكن النظر إلى ثلاث مجموعات من الخواص المورفومترية لكل منها أثره على الخواص الهيدرولوجية لحوض التصريف هي: الخواص الخطية، الخواص المساحية، و الخواص الطبوغرافية. وقد باتت الحاجة ملحة للنظر إلى كل من هذه الخصائص بالتفصيل لأغراض المقارنة بين أحواض التصريف ولمعرفة الفروق فيما بين الأحواض في استجابتها الهيدرولوجية لمتغيرات التساقط والغطاء النباتي، مثلاً.

٣,١- الخواص الخطية:

ترتبط الخواص الخطية لأحواض التصريف بقنوات التصريف من حيث أطوالها، وتعرجاتها، وأحجامها، وارتباطها الشبكي، ورتبها. إن جزءاً من الماء المتساقط داخل حوض التصريف ضمن محيط خط تقسيم المياه يجري على أسطح السفوح والمنحدرات، و ينتهي به المطاف في إحدى قنوات التصريف، بما يحمله من رواسب زاحفة وقافزة وعالقة ومواد مذابة (الشبلان وعمار، ١٩٩٨م)، وتنقله تلك القناة بدورها، عبر سلسلة من القنوات في الشبكة إلى مخرج الحوض أو مصب النهر أو الوادي.

وتختلف شبكات التصريف من حيث حجمها وقوتها ومساحات الأحواض التي تصرف مياهها. فكما يوجد شعاب صغيرة لا تتعدى المساحة التصريفية لها ٠,٥ كم^{٢} هناك أودية وأنهار ضخمة تصرف مناطق واسعة تبلغ أضعاف تلك

المساحة. تبلغ مساحة حوض وادي الرمة مثلاً ١٧٤٤٠٠ كم^{٢} ، ومساحة حوض نهر الأمازون مثلاً ٥٧٧٦٠٠٠ كم^{٢}. ولاشك أن هناك فوارق كبيرة بين شبكات التصريف لا تعتمد فقط على مساحة الحوض بل إضافة إلى ذلك هي نتاج تفاعل عوامل جيولوجية(نوع الصخور وبنائها والفوالق والصدوع)، وجيومورفولوجية(التربة، التضرس، الانحدار)، ومناخية (التساقط)، وبيئية(الغطاء النباتي). وللمقارنة بين أحواض وشبكات التصريف المتباينة في الحجم والتعقيد، وللمساعدة على معرفة الموقع الوظيفي لقنوات التصريف في شبكة التصريف، طور العلماء عدداً من الطرق لتصنيف قنوات التصريف في شبكة تصريف النهر أو الوادي. وكانت بداية الاهتمام بنظم الترقيم الشجري الثنائية binary trees في الخمسينيات الميلادية من القرن المنصرم، وقد لقيت طريقة ستراهلر قبولاً واسعاً في البحوث الجيومورفولوجية والهيدرولوجية. وأعيد اكتشافها في علم الحاسب فيما يتعلق بمشكلات الطرق المثلى للترقيم الشجري optimization problems (Viennot, 2002). واستخدمت في دراسة الشعب الرئوية(Kruszewski, 1999) كما استخدمت في دراسة مساهمة مصادر عدم استقرار قشرة الأرض في الموجات الزلزالية (Zaliapin et al., 2006). واستخدمت في الجيومورفولوجيا وفي علم المياه بشكل واسع خاصة في التحليل المورفومتري لأحواض التصريف، وفي نماذج محاكاة تدفق المياه خلال شبكات التصريف.

٣,١,١- طريقة هورتون:

كان هورتون (١٩٤٥ م)، Horton هو من وضع الأساس لبدايات التحليل الكمي لشبكات التصريف(Morisawa, 1985) . فقد قام بابتكار نظام ترقيمي تسلسلي للقنوات المائية حسب رتبتها في التسلسل الشبكي. كما استخدم طريقة تحديد رتب قنوات التصريف، التي ابتكرها، في استخلاص بعض الخصائص المورفومترية للشبكة التصريفية.

يصنف هورتون المنابع الأولية العليا، التي لا يعلوها أي قنوات أخرى وليس لها روافد، في الرتبة الأولى. وهذه القنوات لا يندفع إليها الماء من قنوات أخرى، بل المصدر الوحيد للمياه التي تصلها هو ما ينحدر إليها من السفوح المجاورة sheet flow، أو ما يجمّ في قاعها من المياه القاعدية (إن وجدت)، أو ما يسقط من المطر مباشرة على القناة نفسها. ترتفع رتبة القناة التصريفية إلى الرتبة الثانية عند التقاء قناتين من الرتبة الأولى وهكذا لا ينتقل نظام الترقيم من رتبة إلى الأعلى منها إلا عند التقاء قناتين من الرتبة نفسها حتى الوصول إلى مخرج الحوض.

ويعطي هورتون لحوض التصريف أعلى رتبة وصل إليها الترقيم في شبكة التصريف. فحوض الرتبة الثالثة هو الذي مصبه من الرتبة الثالثة وهكذا. ثم يعود هورتون ويعطي رتبة المصب لأطول خط جريان مائي في الحوض من أعلى قناة في الرتبة الأولى حتى المصب (الشكل رقم ١).

وقد عيب على طريقة هورتون هذه مأخذان:

١- تجاهلها لحجم قناة التصريف من حيث قدرتها الهيدرولوجية وسعتها التصريفية فنظام الترقيم يتجاهل كمية المياه الواصلة إلى قناة التصريف عن طريق إهماله لأثر أي قنوات تصريف من رتب أدنى تصب في القناة. فمثلاً قناة تصريفية من الرتبة الثالثة لن تتغير رتبتها عند التقائها بقناة تصريفية من الرتبة الثانية أو الأولى رغم كمية المياه والرواسب الإضافية التي استقبلتها من تلك القنوات.

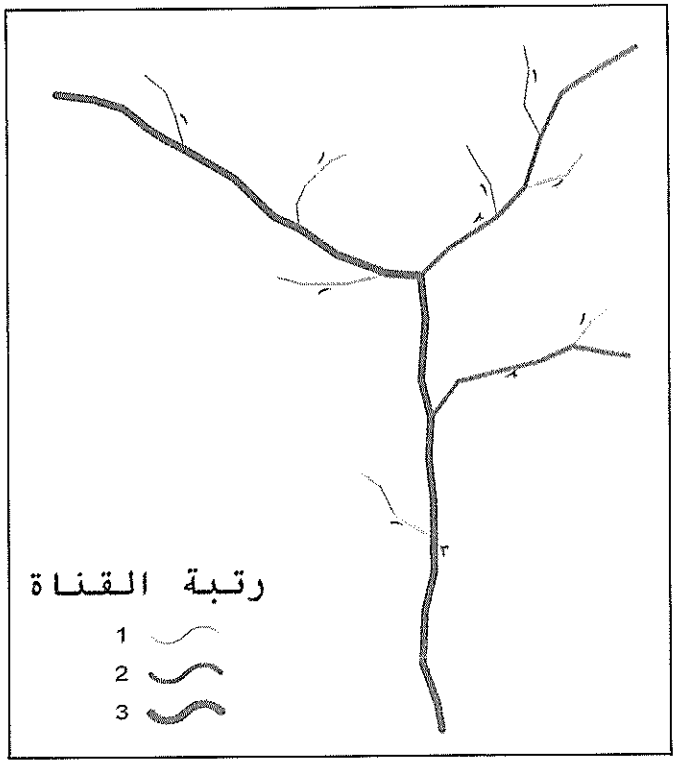
٢- إعطاء رتبة المصب لأطول خط تصريف في الحوض بما يضمه من قنوات من رتب أدنى لا يعكس أي قيمة هيدرولوجية أو حتى موروفومترية. بل يعطي لقنوات من رتب أدنى رتبة أعلى من حقيقة موقعها في الشبكة.

٣,١,٣- طريقة ستراهلر:

اتبع ستراهلر (١٩٥٤) Strahler طريقة سلفه هورتون في تحديد رتب القنوات التصريفية في شبكة التصريف، إلا أنه تجنب واحداً من العيوب الأساسية في طريقة هورتون. فلم يعد يمد رتبة المصب على طول القناة الرئيسة حتى منبعها.

ولكن لازال نظام ترقيم ستراهلر يتجاهل نقاط التقاء القناة التصريفية بأي قنوات أدنى منها رتبة (الشكل رقم ٢) وعلى الرغم من ذلك تعد طريقة ستراهلر أكثر الطرق شيوعاً واستخداماً في ترقيم وترتيب القنوات في شبكات التصريف الطبيعية في أحواض الأودية والأنهار.

الشكل رقم ١ : ترقيم شبكة التصريف بطريقة هورتون



تعطى القنوات الابتدائية التي لا رافد لها(S) ، على طريقة ستراهلر ، المرتبة الأولى (u=1) وهذه تشكل القاعدة الأولى في نظام الترقيم عند ستراهلر.

القاعدة ١ : $\Omega_s = 1$

وعندما تلتقي قناتان من الرتبة u ينتج قناة من الرتبة التالية u+1

القاعدة ٢ : $A_u \cup B_u = H_{u+1}$

وعندما تلتقي قناتان من رتبتين مختلفتين u و u+1 فالقناة الناتجة بعد نقطة التقائهما أسفل المنحدر ستكون استمراراً للقناة ذات الرتبة الأعلى، ورتبتها u+1

القاعدة ٣: $A_u \cup B_{u+1} = B_{u+1}$

وتكون رتبة الحوض برمته(Ω_{Basin}) مساوية لرتبة المصب.

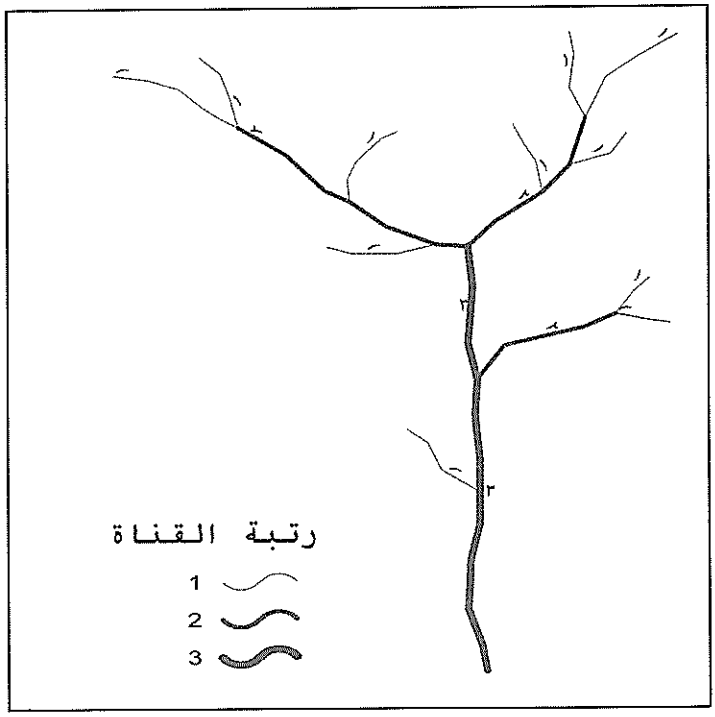
في الشكل رقم ٣ نجد أن القنوات (أ) ، (ب)، (ج)، (د)، (ح)، (ط)، (ل) قنوات ابتدائية ليس لها أي روافد لذلك تصنف ضمن الرتبة الأولى (u=1). وعند التقاء كل من (أ) مع (ب) ؛ و(ج) مع (د) ؛ و(ح) مع (ط) ؛ نتج قنوات من الرتبة التالية فالقناتان (أ) و(ب) مثلاً من الرتبة الأولى نتج عن التقائهما القناة (هـ) وهي من الرتبة الثانية. وكذلك عند التقاء القناتان (هـ) مع (و) وكلتاهما من الرتبة الثانية (u=2) نتج عن التقائهما القناة (ز) ورتبتها تساوي u+1 فهي من قنوات الرتبة الثالثة. ونتج عن التقاء القناتين (ز) (u=3) مع (ي) (u=2) القناة (ك) ، وهي امتداد للقناة (ز)، وصنفت ضمن قنوات الرتبة الثالثة (u=3) حسب القاعدة رقم ٣. أيضاً نتج عن التقاء القناة (ل) مع القناة (ك) القناة (م) وهي من قنوات الرتبة الثالثة حسب القاعدة ٣. وينظر ستراهلر للقناتين (ك) و(م) على أنهما استمرار للقناة (ز)، إذا لم يعترضها ما يغير رتبتها فهذه القطاعات الثلاثة تشكل قناة واحدة من الرتبة الثالثة.

٣,١,٣- طريقة شيريف:

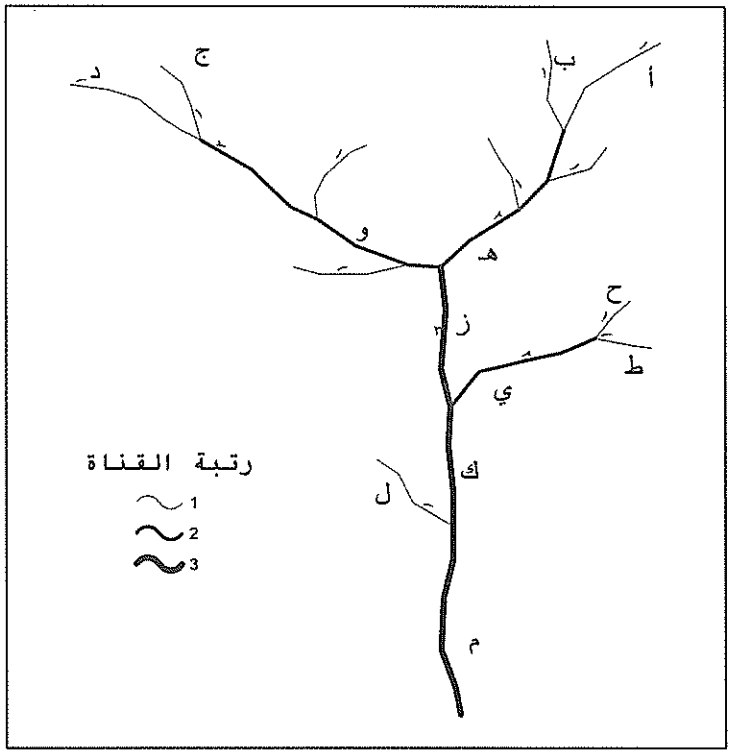
تجنب شيريف (١٩٦٦ م) Shreve في طريقته عيوب طريقة هورتون. وفرق بين قنوات التصريف الابتدائية التي هي منابع الشبكة ولا تغذيها أي روافد وأطلق عليها روابط خارجية Exterior Links، وبين قنوات التصريف التي

تغذيها روافد وأطلق عليها روابط داخلية Interior Links. كما اهتم بعدد نقاط الالتقاء

الشكل رقم ٢ : ترقيم شبكة التصريف بطريقة ستراهلر.



الشكل رقم ٣ : تفاصيل امتداد القنوات بطريقة ستراهلر



في شبكة التصريف junctions. ويقول شيريف بأن طريقته لا تعطي رتبة قناة التصريف بل تعطي قوتها (n). وذلك على أساس أنها تأخذ في الحسبان جميع الروافد التي تصب في الشبكة.

وطريقة شيريف في الترقيم تتلخص في التالي :

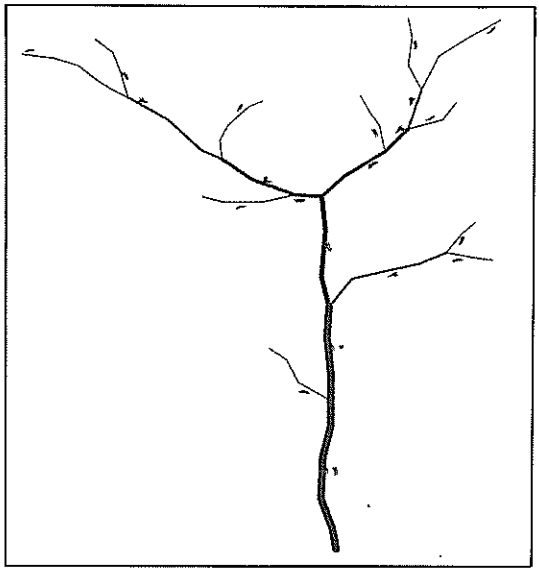
١ - جميع القنوات الابتدائية التي ليس لها روافد تعطي القوة الأولى ($n_s = 1$).

٢- القناة H الناتجة من التقاء قناتين A,B من أي قوة تكون قوتها حاصل مجموع قوتيهما :

$$A_n \cup B_{n+i} = H_{n+(n+i)}$$

فمثلاً ، لو التقت قناتان إحداهما من القوة الأولى (n=1) والأخرى من القوة الثالثة (n=3) القناة الناتجة من التقائهما ستكون من القوة الرابعة(١+٣=٤) (الشكل رقم ٤).

الشكل رقم ٤ : ترقيم شبكة التصريف بطريقة شيريف



وبمعرفة قوة شبكة التصريف حسب طريقة شيريف (n) يمكن استخلاص بعض المعلومات التفصيلية عنها. مثل العدد الإجمالي للقنوات في الشبكة ، وعدد القنوات الخارجية ، وعدد نقاط الالتقاء. فأي شبكة تصريف قوتها (n) سيكون

فيها n-1 قنوات داخلية، ومثلها نقاط التقاء، وn قنوات خارجية، وسيكون إجمالي عدد القنوات فيها = 2n-1 (Richards, 1982).

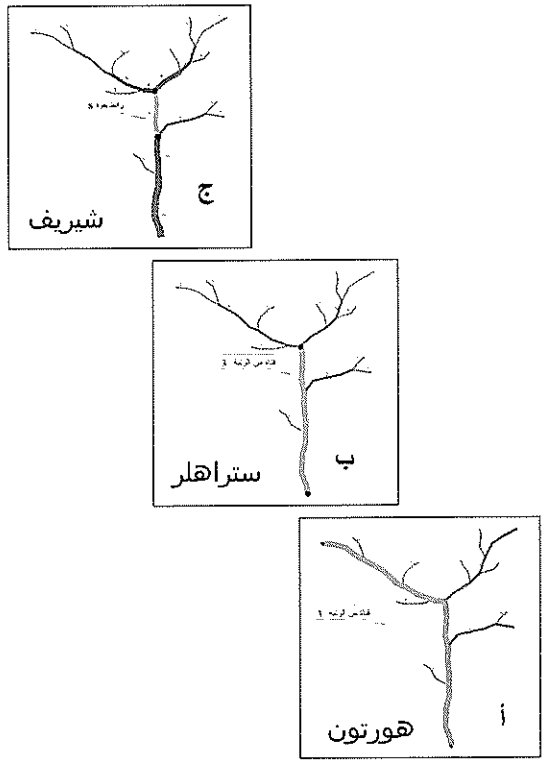
٣,١,٤- الطرق الثلاث والخصائص الهيدرولوجية:

عمد هورتون في طريقته إلى الرجوع برتبة المصب، ومدها إلى أقصى نقطة في منابع الشبكة. وأعطى للقناة الممتدة بهذا الطول رتبة المصب، متجاهلاً بذلك الفوارق الكبيرة في الخواص الهيدرولوجية والتصريفية بين قطاعات تلك القناة. ومتجاهلاً التغيرات الأساسية في حجم القناة وانحدارها وقطاعها العرضي وكمية المياه التي يمكن أن تصرفها على طول امتدادها بين المنبع والمصب (الشكل رقم ٥أ).

وقد قام ستراهلر بالتخلص من الخلل في طريقة هورتون. فنظر إلى قطاع طولي من قناة التصريف له نفس الرتبة ويمتد ما بين نقطة التقاء قناتين من نفس الرتبة في أعلاه حتى نقطة التقاء القطاع بقطاع آخر مساوٍ له في الرتبة (الشكل رقم ٥ب). ولكن قطاع ستراهلر يتجاهل أثر المدخلات من الروافد التي تنتهي مياهها إليه إذا كانت من رتبة أدنى.

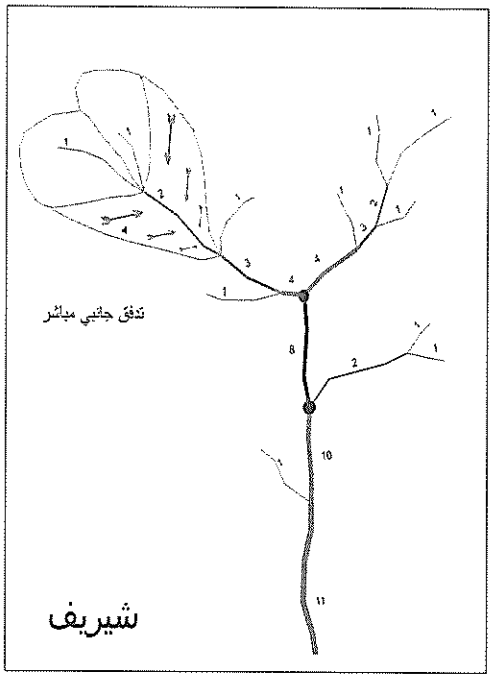
نظر شيريف إلى القنوات الداخلية في شبكة التصريف على أنها روابط بين نقاط التقاء Junctions. وقد أعطى لأي رابط داخلي في الشبكة قوة مساوية لعدد الروافد الخارجية التي تصل مياهها إليه (الشكل ٥ج). كذلك كانت قوة شبكة التصريف عنده مساوية لعدد روافدها الخارجية. وقد عد القنوات الداخلية في الشبكة مجرد ناقل لما يصل إليها من الروافد الخارجية أعلاها من مياه ورواسب. وكأن مدخلاتها تقتصر على ما يصل إليها من نقطة الالتقاء في أعلاها فتنقلها إلى

الشكل رقم ٥ : طول القطاع عند كل من هورتون وستراهلر وشيريف.



نقطة التقائها بقناة أخرى في أدناها. وبذلك تجاهل المدخلات والمخرجات الجانبية Lateral inflows من المياه والرواسب للقنوات الداخلية. والواقع أن الروابط الداخلية تكون مساحة حوضها أكبر وأوسع من مجرد مجموع مساحات أحواض الروابط الأولية أعلاها (الشكل رقم ٦). فالوصلة الداخلية، علاوةً

الشكل رقم ٦ : مدخلات التدفق الجانبي للوصلات الداخلية



على ما تستقبله من مدخلات من نقطة الالتقاء أعلاها ، يصل إليها ماء ورواسب من التدفق الجانبي. وقد يصل إليها مياه إضافية من التدفق القاعدي Base flow. مما تتغير معه خصائصها الهيدرولوجية. بل إنه في الأقاليم الجافة وشبه الجافة قد تفقد القنوات الداخلية بعض المياه effluent streams في مسارها نحو مخرج حوض التصريف.

على الرغم من أن تنظيم وترقيم شبكات التصريف بهذه الطرق ليس قطعي الدلالة على شكل شبكة التصريف ودرجة تشعبها. فشبكة تصريف من الرتبة الثالثة مثلاً قد توجد بعدة أشكال. ولكن هذه الطرق تمكن من اختصار الكثير من تعقيدات الشبكات، وتمكّن من المقارنة بين أحواض التصريف المختلفة. و يقود هذا إلى ذكر بعض المحاذير التي يجب التنبه لها عند العمل في تحليل شبكات التصريف من هذا المنطلق:

أ. ترسم شبكات التصريف للأحواض التصريفية الكبيرة، من الخرائط الطبوغرافية أو الكنتورية. وصار يستعان مؤخراً، بالصور الجوية وبالمرئيات الفضائية أو حتى نماذج الارتفاعات الرقمية DEM، وهذه كلها خاضعة لمقياس الرسم scale أو درجة الوضوح resolution. فالقنوات الأولية قد لا تظهر بوضوح أو لا تظهر إطلاقاً. لذلك قد لا تعكس شبكة التصريف المرسومة الواقع الفعلي على الأرض، وبالتالي نظام الترقيم والرتب أو القوة المعطاة لكل قناة تصريف تكون كذلك.

ب. أن المنابع العليا أو القنوات الأولية في شبكة التصريف في تغير مستمر. لذلك فشبكة التصريف المرسومة في وقت معين قد لا تمثل الواقع بعد مدة من الزمن. وذلك لأن حوض التصريف ينمو من أعاليه و تظهر قنوات ابتدائية جديدة في شبكة التصريف مع الوقت.

ج. أن مقدار تأثر خواص الحوض بمقياس الرسم أو بدرجة الوضوح ليس متماثلاً. فتأثر الخواص المساحية مثلاً بمقياس الرسم ليس بمقدار تأثر الخواص الخطية. إذ تتأثر تفاصيل شبكة التصريف بمقياس الرسم بقدر أكبر بكثير من تأثر

مساحة الحوض مثلاً. لذا قد يتضاعف أثر التغير في مقياس الرسم على حساب بعض المؤشرات المورفومترية التي تجمع متغيرات من مجموعات مختلفة من الخواص، مثل كثافة التصريف.

٣,١,٥- القوانين الهيدرومورفومترية:

لقد ربط هورتون بين الرتبة وعدد القنوات فيها. كما ربط بين رتبة القناة ومتوسط الطول لكل رتبة. وأطلق على هذه العلاقات مسمى قوانين، وصارت تعرف بقوانين هورتون Horton laws. وقد تبعه آخرون في النظر إلى علاقة الرتبة بخصائص مورفومترية وهيدرولوجية أخرى. كالعلاقة الإحصائية بين مساحة الحوض والرتبة، والعلاقة بين الرتبة و متوسط الانحدار. ومن أهم هذه الأعمال ما اشتهر باسم قانون هاك Hack's law، في العلاقة بين طول القناة ومساحة حوض التصريف.

وبشكل عام يطلق على قوانين هورتون، وعلى العلاقات المرتبطة بها، وتلك المنبثقة عنها؛ قوانين التراكيب التصريفية Laws of drainage composition. وقد ثار جدل واسع حول مدى دقة تسمية ما اقترحه هورتون قوانين. وذلك من منطلق أن العلاقات التي قدمها هورتون ليست لها المعايير الضرورية للقوانين العلمية. وأن العلاقات الملحوظة ليست إلا نتيجة للأسلوب الحسابي المتبع في ترقيم شبكة التصريف. وأن هذه العلاقات تصدق على أي شبكة، ولو لم تكن تصريفية، أو حتى أي تدرج يرقم بالطريقة التصاعدية نفسها. وعلى الرغم من ذلك فقد اشتهرت العلاقات التي قدمها هورتون بتسميتها قوانين هورتون، وإن كان لا يصدق عليها ما يصدق على القوانين

العلمية. ويصدق تطبيقها على شبكات التصريف المرقمة بطريقة هورتون وعلى تلك المرقمة بطريقة ستراهلر.

٣,١,٦- قانون هورتون لعدد القنوات:

يقول قانون هورتون لعدد القنوات Horton's Law of Stream Numbers، أن عدد القنوات في كل رتبة ينخفض بمقدار منتظم مع ارتفاع الرتبة. وقد عرض هورتون ذلك في رسم بياني نصف لوغاريتمي، تكون فيه رتبة القناة على المحور السيني، وعدد القنوات في كل رتبة على المحور الصادي (الشكل رقم ٧). وقد توصل هورتون من ذلك إلى القول بأن هناك علاقة جيومترية ثابتة بين عدد القنوات في رتبة معينة، وعددها في الرتبة التالية. وعبّر عن ذلك بنسبة التشعب Bifurcation ratio (BR). وهي حاصل قسمة عدد القنوات في رتبة معينة (u) على عدد القنوات في الرتبة الأعلى منها مباشرة (u+1). ونسبة التشعب بهذا التحديد مؤشر على العدد اللازم من القنوات من رتبة معينة في المتوسط لدعم وجود قناة من الرتبة التالية (Daya et al., 2001).

$$BR_u = \frac{N_u}{N_{u+1}} \qquad (١)$$

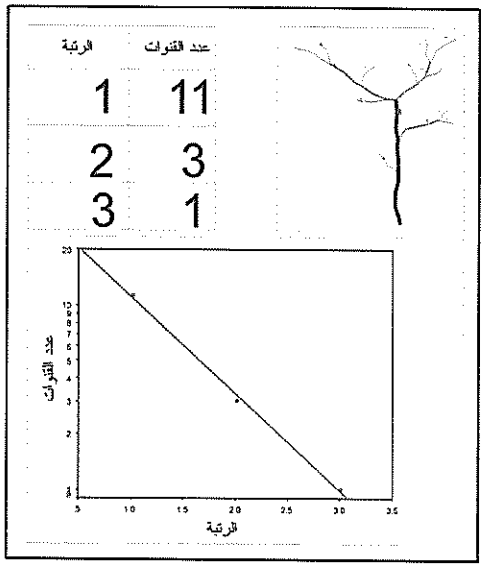
$$1 \le u < \Omega$$

BR_u = نسبة التشعب للرتبة u

N_u = عدد القنوات في الرتبة u

N_{u+1} = عدد القنوات في الرتبة u+1

الشكل رقم ٧ : قانون هورتون لعدد القنوات.



ولأغراض المقارنة بين أحواض التصريف يمكن حساب نسبة التشعب للشبكة التصريفية كاملة بجميع رتبها. وذلك عن طريق حساب متوسط نسب التشعب لرتب القنوات الموجودة في الشبكة فتكون هي نسبة التشعب للحوض بأكمله (الجدول رقم ١).

والملاحظ أن نسبة التشعب تُعنى بعدد القنوات في كل رتبة، بغض النظر عن خصائصها الأخرى مثل أطوالها، أو مساحات أحواضها التصريفية. لذا عُني قانون هورتون التالي بطول القناة.

الجدول رقم ١

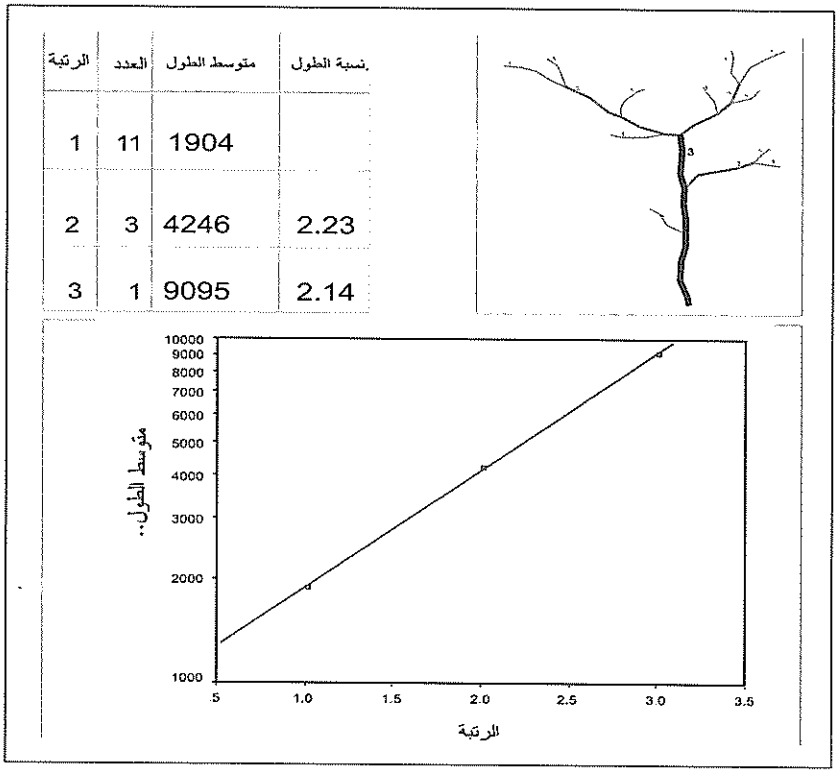
حساب نسبة التشعب حسب طريقة ستراهلر من الشكل رقم (٢)

الرتبة	العدد	نسبة التشعب
١	١١	٣,٦٧
٢	٣	٣
٣	١	-
المجموع	١٥	٦,٦٧
المتوسط		٣,٣٤
نسبة التشعب لحوض التصريف		٣,٣٤

٣,١,٧ - قانون هورتون لطول القناة:

يقول هورتون في قانونه لطول القناة Horton Law of Stream Length أن هناك علاقة إيجابية ثابتة تقريباً بين متوسط طول القنوات في كل رتبة والرتبة التي تليها. فلو قيست أطوال القنوات في شبكة التصريف، وحسب متوسط الطول للقنوات في كل رتبة، ثم وقعت البيانات في رسم بياني نصف لوغاريتمي، الرتبة على المحور السيني، ومتوسط الطول لكل رتبة على المحور الصادي (الشكل رقم ٨)، ستكون قنوات الأحواض ذات الرتبة الأعلى أطول. أو بعبارة أخرى، طول القناة يزداد مع ارتفاع رتبتها في شبكة التصريف. والواقع أنه ليس من الصعب إدراك أن هذا ناتج عن الأسلوب المتبع في ترقيم شبكة التصريف.

الشكل رقم ٨ : قانون هورتون لطول القناة.



نسبة طول القناة مثل نسبة التشعب. وهي نسبة متوسط أطوال القنوات في رتبة محدد (u) إلى متوسط أطوال القنوات في الرتبة السابقة لها (u-1) ويعبر عنها رياضياً على النحو التالي :

$$RL_u = \frac{\overline{L}_u}{\overline{L}_{u-1}} \qquad (٢)$$

$$2 \le u < \Omega$$

RL_u = نسبة الطول للقنوات من الرتبة u

$\overline{L}_u$ = متوسط الطول للقنوات من الرتبة u

$\overline{L}_{u-1}$ = متوسط الطول للقنوات من الرتبة u-1

هذان القانونان لعدد القنوات ولأطوالها، كما عُبر عنهما في نسبة التشعب، ونسبة الطول ثابتين للأحواض المتجانسة (Daya et al., 2001). ويمكن تقدير قيمة هذه النسب من انحدار الخط المستقيم الممثل للعلاقة اللوغاريتمية بين الرتبة وكل من عدد القنوات ومتوسط الطول لكل رتبة على التوالي (جدول رقم ٢).

الجدول رقم ٢

حساب نسبة الطول حسب طريقة ستراهلر من الشكل رقم ٢

الرتبة	العدد	متوسط الطول	نسبة الطول RL
١	١١	١٩٠٤	-
٢	٣	٤٢٤٦	٢,٢٣
٣	١	٩٠٩٥	٢,١٤

$$٢,٢٣ = \frac{٤٢٤٦}{١٩٠٤} = RL_2$$

$$RL_3 = \frac{٩٠٩٥}{٤٢٤٦} = ٢,١٤$$

$$RL_{Basin} = \frac{٢,١٤ + ٢,٢٣}{٢} = ٢,٢٠$$

إن القانونين السابقين لهورتون يظهران ثابتَي نسبة التشعب ونسبة الطول للقنوات المائية في الأحواض الطبيعية. ولا يقتصر استخدامهما على هذا بل يمكن أن يستخدما لمعرفة البعد المرتبط بعدم الانتظام في شبكة التصريف، ولتقرير مدى تأثر الشكل النهائي لشبكة التصريف بالمحددات الجيولوجية في حوض التصريف (Benda, et al., 2004). إذ يمكن حساب مؤشر العشوائية في شبكة التصريف من نسبة اللوغاريتم العشري لنسبة التشعب إلى نظيره لنسبة الطول $D_{\Sigma L}$ Fractal dimension of stream networks.

كما في المعادلة رقم ٣ (Daya, 2001).

$$D_{\Sigma L} = \frac{LogBR}{LogRL} \qquad (٣)$$

$D_{\Sigma L}$ = مؤشر العشوائية في نمو شبكة التصريف.

$LogBR$ =اللوغاريتم العشري لنسبة التشعب.

$LogRL$ =اللوغاريتم العشري لنسبة الطول.

كما يقول تشنج وآخرون (Cheng, et al., 2001) يميل كثير من الباحثين إلى النظر إلى قيمة $D_{\Sigma L}$ على أنها مقياس مقبول للإشارة إلى درجة العشوائية في تطور شبكة التصريف، أو درجة عدم تأثرها بالمحددات الجيولوجية. وتراوح قيمة $D_{\Sigma L}$ بين ٢ وواحد صحيح ($1 < D_{\Sigma L} < 2$). وكلما اقتربت القيمة من ٢ كان ذلك

دلالة على مزيد من العشوائية في تطور شبكة التصريف، وعلى حرية نشوء قنوات التصريف في الشبكة لملء المكان المناسب Space filling دون محددات. ولكن يرى سيفابالان وآخرون (Sivapalan, et al., 2002)، بالنظر إلى قيمة $D_{\Sigma L}$ لنهر الأمازون والبالغة ١,٨٥ ، وقيمتها المقدرة بـ١,٤ لنهر النيل أن قيمة هذا المعامل تزداد مع زيادة معدل التساقط، وهذا يفسر الانخفاض النسبي لقيمة هذا المعامل في أحواض المناطق الجافة. وهو أمر ليس بمستغرب، إذ العوامل الهيدرولوجية في المناطق الجافة، ليست من القوة بحيث تفرض نمواً عشوائياً لشبكة التصريف وحوضها.

٣,١,٨- قانون هاك:

ربط هاك (Hack, 1957) بين طول القناة الرئيسة في شبكة التصريف وبين مساحة حوض التصريف من الخصائص المساحية، بالعلاقة التالية:

$$L \propto A^b \qquad (٤)$$

L = طول القناة الرئيسية.

A = *مساحة حوض التصريف.*

هذه العلاقة الأسية في المعادلة (٤) اشتهرت باسم قانون هاك Hack's Law (Becker, and Braun, 1999). وعلاقة أخرى، مشابهة لها تماماً، بين إجمالي طول القنوات في شبكة التصريف($\sum L$) ومساحة حوض التصريف (A).

$$\sum L = aA^b \qquad (٥)$$

وقد وُجد أن قيمة b مرتبطة بمعامل عدم الانتظام في شبكة التصريف بالعلاقة التالية (Cheng; et al.2001):

$$D_{\Sigma L}\, b = ½ \qquad (٦)$$

وبما أن قيمة $D_{\Sigma L}$ تتراوح بين ٢ وواحد صحيح فإن قيمة L أو $\sum L$ ستراوح بين aA و $a\sqrt{A}$ حسب قانون هاك. ويستنتج من ذلك أن العلاقة (٥) تكون خطية في حالة التطور العشوائي لشبكة التصريف وعدم وجود محددات لنموها وتطورها كالمحددات الجيولوجية. وتكون العلاقة جذرية في حال كون تطور الشبكة محكوم تماماً بالمحددات الجيولوجية. وتكون بينهما في حال وجود خليط من العشوائية والمحددات الطبيعية.

يُعنى مقياس التعرج بنسبة طول القناة الفعلي، إلى طول خط مستقيم بين نقطتي بدايتها ونهايتها. فإذا ما تجاوزت النسبة ١,٥ صنفت القناة متعرجة(الوليعي، ١٩٩٣م). وهو مقياس بسيط، إلا أن ارتباطه برواسب المحيط الرطب للقناة، وبمعدل الانحدار أكثر من ارتباطه بالمتغيرات الهيدرولوجية (سلامة، ٢٠٠٤م؛ Morisawa,1985). لذلك فلن يناقش في هذا البحث، الذي ينصب فيه الاهتمام على المتغيرات المورفومترية التي لها ارتباطات هيدرولوجية.

٣,٣- الخواص المساحية:

إن من أهم الخواص المساحية aerial properties المستخدمة كثيراً في النماذج الهيدرولوجية مساحة حوض التصريف drainage basin area. تستخدم مساحة حوض التصريف في حساب الكثير من المقاييس المهمة الأخرى مثل كثافة التصريف drainage density ومنحنى التكامل الهيبسومتري للمساحة hypsometric Integrals of curves. الذي يمثل التوزيع النسبي للمساحات في حوض التصريف تبعاً لمستويات الارتفاع(سلامة، ٢٠٠٤م). وأكثر أشكاله

شيوعاً هو توقيع نسبة المساحة مقابل النسبة من مدى الارتفاع في الحوض. أو توقيع الارتفاع من أحزمة خطوط الكنتور مقابل المساحة في رسم بياني (Jones, 1997). وقد عنى تقرير دراسة السيول (FSR) المشهور في المملكة المتحدة بهذا المتغير، ولكن الصعوبات التطبيقية والتعقيدات الحسابية المرتبطة بإيجاده قد حالت دون توظيفه على نطاق واسع. وربما يهيئ التوسع في استخدام نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، إمكانات أفضل للتعامل مع مثل هذه المتغيرات. ولمحدودية استخدام هذا المتغير حالياً فسيكتفي بما ذكر عنه وسيقتصر تفصيل النقاش في هذا الباب على جانبين الأول متعلق بالخصائص الخطية لشبكة التصريف، وتضم كثافة التصريف، وتكرار القنوات stream frequency. والثاني متعلق بشكل حوض التصريفbasin shape.

٣,٣,١- شبكة التصريف:

أ. كثافة التصريف:

كثافة التصريف D_d هي حاصل قسمة مجموع أطوال القنوات $\sum L$ في شبكة التصريف على مساحة حوض التصريف (A).

$$D_d = \frac{\sum L}{A} \qquad (٧)$$

وتعد D_d ، عدد الوحدات الطولية للقنوات لكل وحدة مساحية (متر/ مترمربع)، مقياساً أساسياً للخصائص المساحية لحوض التصريف، وللتحليل الهيدرولوجي(Yildiz, 2004). وهي تعكس مدى كفاءة التصريف. أو هي مقياس لمدى تقطع أرضية الحوض measure of dissection (Morisawa, 1985).

اقترح شوم (Schumm, 1956) معكوس الكثافة C مقياساً للمحافظة على التصريف constant of channel maintenance, ومن هنا سمي C ثابت المحافظة على التصريف.

$$C = \frac{1}{D_d} = \frac{A}{\sum L} \qquad (٨)$$

تعطي قيمة هذا الثابت كم يلزم من مساحة الحوض للإبقاء على وحدة طولية واحدة من قنوات التصريف. ويمكن باستخدام هذه العلاقة التمييز بين الأوضاع الهيدرولوجية المختلفة. فالقيمة ستكون أقل في البيئات الأكثر رطوبة (Jones, 1997). وهو أيضاً مقياس لمدى مقاومة أرضية حوض التصريف للتعرية. تنخفض كثافة التصريف وترتفع قيمة ثابت المحافظة على التصريف في الأحواض ذات الأرضية الأكثر مقاومة للحت والتعرية بواسطة المياه. كما تنخفض كثافة التصريف وترتفع قيمة ثابت المحافظة على التصريف إذا كان معامل تشرب تربة أرضية حوض التصريف عالياً أو كان غطاؤها النباتي كثيفاً (Morisawa, 1985).

وقد ربط كثير من الباحثين بين ثابت المحافظة على التصريف وكل من ناقلية التربة Transmissivity, T والتدفق القاعدي Base flow، ومتوسط الفيضان السنوي في الوحدة المساحية، ومعدل التغذية الجوفية Rate of recharge. كما يرتبط ثابت المحافظة على التصريف بمعدلات التساقط المطري، وبالظروف المناخية بشكل عام.

هناك عامل آخر مهم في الدراسات الهيدرولوجية يمكن استخلاصه من كثافة التصريف مباشرة دون اللجوء إلى قياسه حقلياً وهو متوسط مسافة التدفق السطحي. ومسافة التدفق السطحي هي طول الخط الواصل بين أي نقطة على

الحد الخارجي لحوض التصريف وأقرب قناة تصريف عبر أكثر الاتجاهات انحداراً. وقد وجد أن هذه المسافة مرتبطة بكثافة التصريف بالعلاقة التالية (شوم ١٩٥٦م):

$$\overline{L}_g = (2D_d)^{-1} \qquad (٨ب)$$

$\overline{L}_g$ = متوسط مسافة التدفق السطحي.

ب. تكرار القنوات:

تكررا القنوات Channel Frequency (F) أدنى من مقياس الكثافة، فهو يعطي عدد القنوات في الوحدة المساحية الواحدة بغض النظر عن طولها أو قوتها أو رتبتها (سلامة، ٢٠٠٤م). و يختلف عدد القنوات تبعاً لأسلوب الترقيم المتبع. وبالتالي التكرار الناتج سيختلف تبعاً لذلك فشبكة التصريف في الشكل ٣ بها ١٢ قناة على طريقة هورتون، ولكن عند استخدام طريقة ستراهلر فهناك ١٥ قناة، وعند استخدام طريقة شيريف فإن إجمالي عدد القنوات في نفس الشبكة يكون ٢١ قناة.

$$F = \frac{\sum N_u}{A} \qquad (٩)$$

F = تكرار القنوات (قناة في الوحدة المساحية).

ثمَّ مقياس مساند للتكرار هو مقياس الكفاءة التصريفية (FC). وهو نسبة تكرار القنوات إلى مربع كثافة التصريف. ويعبر عن مدى ملء شبكة التصريف للنطاق المساحي داخل الحوض كما في العلاقة التالية:

$$FC = \frac{F}{D_d^2} = \frac{\frac{\sum N_u}{A}}{\left(\frac{\sum L}{A}\right)^2} = \frac{\sum N_u}{A}\frac{A^2}{(\sum L)^2} = \frac{\sum N_u}{(\sum L)^2}.A \qquad (١٠)$$

٣,٣,٣- حوض التصريف:

يعد شكل حوض التصريف drainage basin shape من المقاييس المهمة التي لها أثر واضح على الكثير من الخصائص بما فيها الخصائص الهيدرولوجية. ربما كان أفضل الأشكال، من الوجهة التصريفية على الأقل، هو الحوض نصف المستدير الذي في منتصف وتره الأطول، منفذ لتصريف الماء. إذ سيكون الزمن اللازم لوصول الماء من أي نقطة في الحوض إلى نقطة المخرج هو الأقصر. ولكن هذا لا يحدث في الظروف الطبيعية على سطح الأرض. فمعظم أحواض التصريف تأخذ الشكل اللؤلؤي وتتفاوت في ذلك بين مُستدق مستطيل ومستعرض متشعب. وقد طُورت عدد من الطرق للتعبير عن شكل حوض التصريف والمقارنة بين الأحواض كمياً.

اقترح هورتون (١٩٤٥ م) معامل الشكل Form factor للتعبير الكمي عن شكل حوض التصريف. وعرّف معامل الشكل على أنه نسبة مساحة الحوض إلى طوله من المصب إلى الجهة المقابلة له مباشرة. ولكن ميلر (Miller, 1953) رأى أن معامل الاستدارة basin circularity factor (BC) أفضل في التعبير عن شكل الحوض. ومعامل الاستدارة هو نسبة مساحة الحوض إلى مساحة دائرة لمحيطها نفس طول محيط الحوض.

وترى موريساوا (١٩٨٥م) أن معامل الاستطالة elongation factor (EL) الذي اقترحه شوم (١٩٥٦م) هو الأفضل بين كل المقاييس. ومعامل الاستطالة هو نسبة طول قطر دائرة لها نفس مساحة الحوض إلى طول أطول قطر في حوض التصريف موازٍ لخط التصريف الرئيسي. وسيقتصر الإيضاح هنا على معاملي الاستدارة والاستطالة لأنهما الأكثر شيوعاً و الأكثر استخداماً.

أ. معامل استدارة الحوض:

وهو حاصل قسمة إجمالي مساحة الحوض A على مساحة دائرة (A_o) لمحيطها نفس طول محيط الحوض.

$$BC = \frac{A}{A_o} \qquad (١١)$$

$$\because A_o = \pi\left(\frac{D_o}{2}\right)^2 \qquad (١٢)$$

BC = معامل استدارة حوض التصريف.

$$D_o = \frac{P}{\pi} \qquad (١٣)$$

بالتعويض في ١٢ عن D_o من ١٣

$$A_o = \pi\left(\frac{P}{2\pi}\right)^2 = \frac{P^2}{4\pi} \qquad (١٤)$$

D_o = طول قطر الدائرة.

P = محيط حوض التصريف.

ويمكن استخدام المعادلة ١٤ لحساب مساحة الدائرة المساوية للحوض في طول المحيط مباشرة، فتكون BC كالتالي:

$$\therefore BC = A\left(\frac{P^2}{4\pi}\right)^{-1} = 4\pi\frac{A}{P^2} \qquad (١٥)$$

وهذا المعامل مقياس لمدى قرب شكل حوض التصريف من الشكل الدائري. فكلما اقتربت قيمة معامل الاستدارة من واحد صحيح كان شكل الحوض أقرب إلى الاستدارة. وقد لا يكون هذا المقياس دقيقاً في الأحواض شديدة التضرس، التي يتعرج خط تقسيم المياه حولها بشدة.لأن ذلك مما يزيد من طول محيط الحوض بغض النظر عن شكله.

ب. معامل استطالة الحوض:

وهو نسبة طول قطر دائرة D_o لها نفس مساحة الحوض إلى طول أطول قطر D_L في حوض التصريف، موازٍ لخط التصريف الرئيس، يقاس من خريطة بمقياس رسم مناسب. ولكن شوم(١٩٥٦م) يعرِّف معامل الاستطالة على أنه نسبة طول أطول قطر في الحوض D_{Ls} ، إلى طول قطر دائرة مساوية للحوض في المساحة.

ولو افترضنا شكلاً دائرياً تماماً فإن

$$A_o = \pi r^2 = ¼\pi D_o^2 \qquad (١٦)$$

r = نصف القطر

فإن طول قطر الدائرة المساوية للحوض في المساحة D_o يمكن حسابه كما يلي:

$$D_o = 2\sqrt{\frac{A_o}{\pi}} \qquad (١٧)$$

و يمكن حساب معامل الاستطالة EL بإحدى المعادلتين التاليتين :

$$EL = \frac{D_{Ls}}{D_o} = (½)D_L \pi^{½} A^{-½} \qquad \text{(Schumm,1956)} \quad (١٨أ)$$

$$EL = \frac{D_o}{D_L} = 2A^{½}\pi^{-½}D_L^{-1} \qquad (١٨ب)$$

ومرة أخرى كلما اقتربت قيم المعامل من الواحد كان الحوض أقل استطالة ، وأقرب إلى الشكل الدائري. وقد لاحظ شوم (١٩٧٧م) أن قيمة معامل الاستطالة للأحواض الجبلية شديدة الانحدار في المتوسط تبلغ ٠,٦ وأنها تقترب من واحد صحيح في المناطق السهلية قليلة الانحدار.

من الواضح أن مقاييس شكل حوض التصريف تعتمد على مساحة الحوض. و تمتاز مساحة الحوض بخاصيتين مهمتين يجب الإشارة إليهما :

أولاهما : أن مساحة حوض التصريف أقل تأثراً بمقياس الرسم أو درجة الوضوح المكاني المستخدم من الخواص الخطية. فهي تكاد تكون قيمة ثابتة بغض النظر عن مقياس الرسم المستخدم. وذلك خلافاً لتفاصيل شبكة التصريف التي قد لا تظهر بعضها بسبب مقياس الرسم المستخدم.

ثانيهما : أنه رغم الزيادة المنتظمة لمساحة الحوض بالانحدار مع قناة التصريف تجاه المصب. إلا أن التغير في مساحة الحوض يكون أيضاً على شكل قفزات كبيرة عند نقاط التقاء القنوات ، خاصة عند التقاء قنوات رئيسة في شبكة التصريف.

و تؤثر مساحة حوض التصريف على أهم الخصائص الهيدرولوجية وهو حجم التدفق المائي (Q) من خلال العلاقة التالية(Richards, 1982):

$$Q_m = aA_m^b \qquad (١٩)$$

Q_m = التدفق المائي عند النقطة m في شبكة التصريف م^3/ث.

A_m = مساحة حوض التصريف عند النقطة m على شبكة التصريف.

ولشكل حوض التصريف ومقدار استطالته أو استدارته أثر على سرعة وصول الماء إلى مصبه، و أثر على شكل منحنى التدفق عند المصب. فالأحواض المستطيلة التي تصرف مياهها شبكة قنواتٍ ليست شديدة التشعب، تصل المياه الجارية فيها إلى المصب تباعاً. وينتج عن ذلك منحنى تدفق مفلطح واسع القاعدة ويدوم مدةً زمنيةً أطول. والأحواض الدائرية أو الأقرب للاستدارة تصرف مياهها شبكة شديدة التشعب فتصل مياه السيول إلى المصب دفعة واحدة ما ينتج عنه ارتفاع سريع لمنحنى التدفق بقمة عالية لا تلبث أن تتلاشى سريعاً (Flashy). كما أن لحجم حوض التصريف أثراً مشابهاً، فكلما كانت مساحة الحوض أقل كان التغير في منحنى التدفق أسرع والوقت اللازم لعبور موجة الفيضان أقل.

٣,٣- الخواص الطبوغرافية:

وتضم هذه المجموعة عدداً من المتغيرات أهمها: التضرس relief والانحدار Slope (S). وهي بمثابة البعد الثالث في دراسة أحواض التصريف، وشبكات القنوات التصريفية. وتختلف هذه المتغيرات عن المجموعتين السابقتين بتأثرها بطبوغرافية السطح في حين كان الاهتمام في المجموعتين السابقتين بالخواص الهندسية الطولية والمساحية لشبكة وحوض التصريف.

أ. التضرس:

الواقع أنه يصعب التعبير كمياً عن تضرس قطعة من الأرض لعدم وجود مقياس دقيق ومعبر يُجمل مظاهر التضرس. ولكن غالباً ما يُكتفى بحساب الفارق في الارتفاع (ΔH) بين أعلى نقطة في حوض التصريف ارتفاعاً ومصب الحوض الذي يمثل أدنى الارتفاعات. وتحسب نسبة التضرس R_h بقسمة التضرس على طول حوض التصريف كما يلي :

$$R_h = \frac{\Delta H}{L} \qquad (٢٠)$$

L = أطول مسافة يمكن قياسها من مخرج الحوض إلى حده الخارجي من الجهة المقابلة.

ب. الانحدار:

يصعب التعبير عن الانحدار، أيضاً، بقيمة ثابتة لحوض التصريف بأكمله ؛ لأنه سريع التغير مكانياً و زمانياً. وتتأثر كثير من المتغيرات الهيدرولوجية بالانحدار، مثل سرعة التدفق السطحي Sheet flow ، ومعدل التشرب infiltration، وكمية الرواسب المنقولة مع الماء، وسرعة تيار الماء المتدفق في قنوات التصريف. وبالنظر إلى المعادلات المعروفة لحساب سرعة التدفق V نجد أن الانحدار عاملٌ أساسيٌ فيها، مثل معادلة تشيزي (Chezy)

$$V = C\sqrt{R.S} \qquad (٢١)$$

ومعادلة مانتج Manning

$$V = \frac{k}{n} R^{2/3}.S^{1/2} \qquad (٢٢)$$

R= نصف القطر الهيدروليكي

n = معامل خشونة القاع

k و C = ثابتان

S = الانحدار.

بما أن الانحدار هو معدل التغير الرأسي في الارتفاع مع المسافة الأفقية ؛ فإنه يمكن النظر إليه من عدة منطلقات. إذ يمكن حساب معدل الانحدار في أحواض التصريف عموماً، ومعدل الانحدار في قنوات التصريف، ومعدل انحدار السفوح الجانبية.

وفي كل هذه الحالات درج الباحثون على التفريق في معدل الانحدار بين القنوات، وأحواض التصريف حسب رتبها تبعاً لطريقة ستراهلر. والواقع أن التحليلات التي أجريت في أماكن مختلفة من العالم كلها تظهر فوارق ذات دلالة بين معدلات الانحدار لأحواض وقنوات الرتب المختلفة. فمعدلات الانحدار لقنوات الرتبة الأولى تختلف اختلافاً ذا دلالة عن معدلات انحدار قنوات الرتبة الثانية وهكذا.

ومعدل انحدار أحواض الرتبة الأولى هو حاصل قسمة مجموع الفوارق في الارتفاعات بين أعلى نقطة في كل حوض ومخرجه على مجموع المسافات. ومعدل انحدار قنوات أي رتبة هو حاصل قسمة مجموع الفوارق في الارتفاعات بين بدايات القنوات ونهاياتها على مجموع أطوالها. والصيغة الرياضية العامة لذلك كالتالي:

$$S_u = \frac{\sum h_u}{\sum L_u} \qquad (٢٣)$$

S_u = معدل الانحدار للرتبة u.

$h_u = \Delta H_u$ = الفارق في الارتفاع للرتبة u.

L_u = المسافة الأفقية أو الطول للرتبة u.

و يتناقص معدل الانحدار بشكل عام مع زيادة الرتبة. فأحواض وقنوات الرتبة الأولى تكون أشد انحداراً من أحواض وقنوات الرتبة الثانية وهكذا. والاستثناء الوحيد من هذا هو في الأودية الصحراوية، إذ لوحظ ارتفاع معدل الانحدار قرب نهاية الوادي أو مصبه. وتفسير ذلك أن هذه الأودية ليست دائمة الجريان وتجري في بيئة جافة وفوق تربة جافة في الغالب فتفقد كميات كبيرة من مياهها عن طريق التبخر وعن طريق التسرب إلى باطن الأرض (effluent) وبتناقص كميات المياه التي تجري بها تضعف قدرتها على حمل الرواسب، فتبدأ بإرساب ما تحمله من رواسب قبل الوصول إلى مخرج الحوض مما يرفع منسوب قاع القناة ويزيد من معدل الانحدار في المسافة المتبقية من المجرى (Schnmm, 1985).

وعند النظر إلى درجة انحدار السفوح المطلة على الأودية والقنوات المائية، فإن التركيز لا يكون على درجة الانحدار وشدته من عدمها، على الرغم من أهمية هذا الجانب، بل ينصب الاهتمام على استقامة المنحدر أو تحدبه أو تقعره. وربما يكون أكثر فوائد التمييز بين المنحدرات المحدبة والمقعرة هو تمييز مناطق تجمع المياه الجارية على السطح وتفرقها على التوالي. إذ على المنحدرات المستقيمة تكون مجاري المياه متوازية ومتعامدة على خطوط الكنتور، وعلى المنحدرات المقعرة تتقوس خطوط الكنتور إلى الأعلى وتتجه خطوط جريان المياه إلى التجمع

أسفل المنحدر، والعكس صحيح بالنسبة إلى المنحدرات المحدبة. وربما يكون استيعاب هذه النقطة أفضل لو تصورنا المنحدر بأبعاده الثلاثة.

إن أبسط طريقة للنظر لمعامل التقوس SC هي اعتباره مقياساً لمعدل التغير في درجة الانحدار مع المسافة. ويتم حسابه بقياس الفارق بالدرجات بين زاوية أسفل المنحدر وزاوية أعلى المنحدر وقسمة الناتج على المسافة الأفقية بالأمتار. سيكون الحاصل معدل التغير بالدرجات لكل متر، ولو ضربنا الرقم الحاصل بمئة كان الناتج لدينا معدل التغير في درجة الانحدار لكل مئة متر. ومن المعلوم أن الرقم الناتج يكون سالباً للمنحدرات المقعرة وموجباً للمنحدرات المحدبة، وسيكون صفراً للمنحدرات المستقيمة.

$$SC = \frac{\theta_h - \theta_t}{L} \qquad (٢٤)$$

θ_h = زاوية أسفل المنحدر بالدرجات.

θ_t = زاوية أعلى المنحدر بالدرجات.

L = المسافة بين نقطتي قياس الزاويتين بالأمتار.

وبالطبع فإن المنحدرات على الطبيعة ليست من البساطة بحيث يُكتفى بقطاع واحد. بل إنها قد تبلغ درجة من التعقيد تستلزم تقسيمها إلى عدد كبير من القطاعات. وهناك طريقتان اعتاد الباحثون استخدام إحداهما في هذا المجال:

١. تقسيم المنحدر إلى قطاعات متجانسة، وتمييز القطاعات الصخرية شديدة الانحدار من غيرها. والتمييز بين القطاعات المحدبة، والقطاعات المقعرة، والقطاعات المستقيمة بغض النظر عن طول القطاع.

٢. تحديد مسافة ثابتة قد تكون عشرة أمتار مثلاً وإجراء مسح شامل للمنحدر. وهنا تقاس زوايا الانحدار بغض النظر عن تجانس القطاعات، ثم ينظر إلى التوزيع التكراري للزوايا المقيسة لمعرفة خصائص هذه الزوايا (characteristic angles) والتي يتم الربط بينها وبين الخصائص الصخرية للمنحدر ومعدلات التجوية والتعرية. ولو تأملنا المعادلات المستخدمة لحساب معامل التقوس في المراجع المختلفة سنجد أنها تتفق كلها في البسط، الذي هو الفارق بين زاويتين على طرفي القطاع أو المنحدر. وتختلف في المقام وهذا الاختلاف في الواقع ظاهري ولا قيمة له لأنه ناتج عن طريقة تحديد القطاع وموقع قياس الزاوية بالنسبة للقطاع.

٣- أسلوب التحليل

٣,١- أدوات الدراسة:

لتحقيق أهداف الدراسة والوصول إلى أفضل النتائج ؛ ستقوم هذه الدراسة على الجمع بين عدد من الأدوات والأساليب التحليلية.

أهم هذه الأدوات:

١. الزيارات الميدانية لموقع البحث لإجراء بعض القياسات وجمع بعض عينات عن الرواسب.

٢. الخرائط الطبوغرافية لمنطقة البحث.

٣. مرئيات التوابع الفضائية وبرمجياتها.

٤. التجهيزات المعملية لإجراء تحليلات الرواسب.

٥. التحليل الكمي باستخدام برامج نظم المعلومات الجغرافية والحزم الإحصائية، والكمية المناسبة.

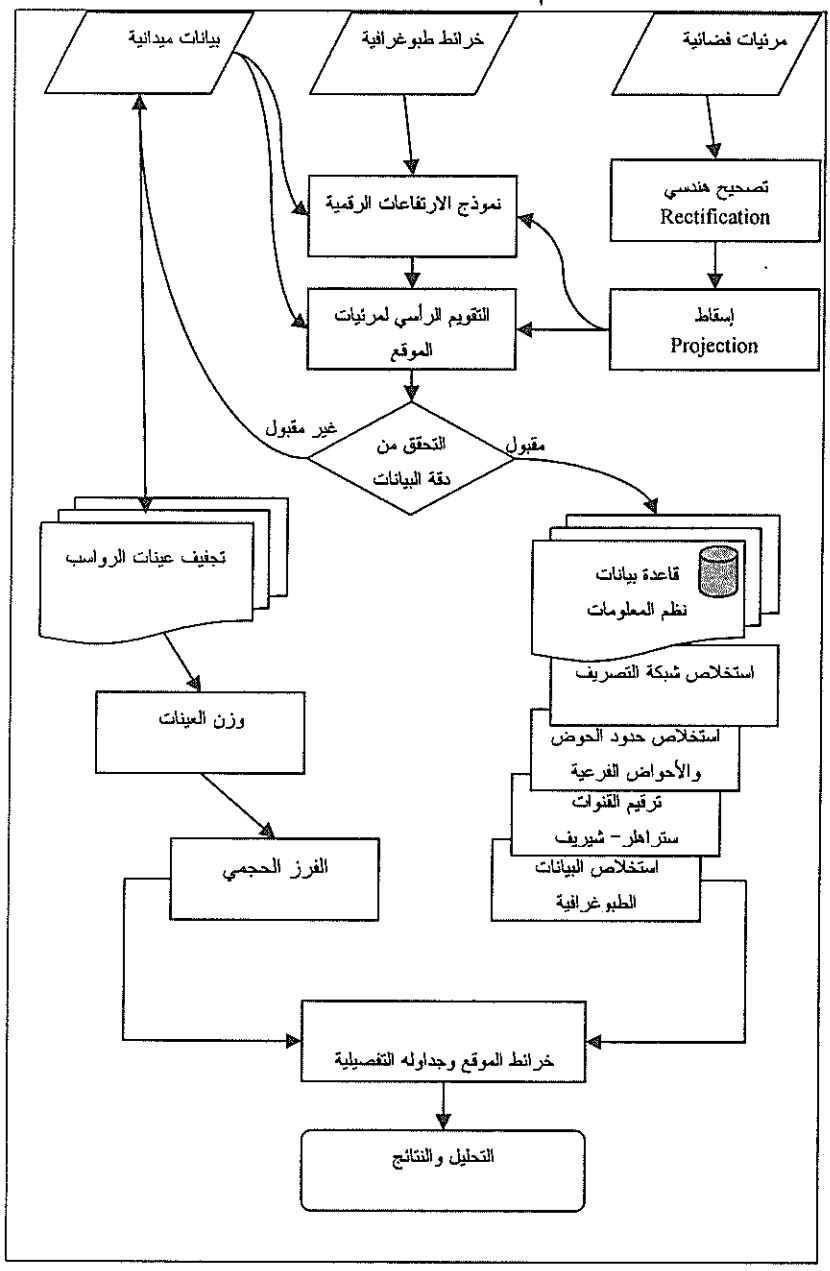
٣,٣- خطوات التحليل:

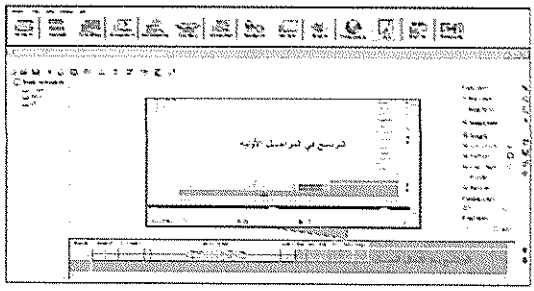
لاشك أن بزوغ فجر نماذج الارتفاعات الرقمية DEM وشيوع استخدامها في التحليل الطبوغرافي والمورفومتري شكّل نقلةً نوعيةً كبيرةً للدراسات في هذا المجال. وفي الشكل رقم ٩ عرض مبسط لخطوات العمل في هذا البحث.

لقد تيسر للباحث إلى جانب مرئيات التابع لاندسات زوج من المرئيات المتناغمة stereo عالية الوضوح، لمنطقة البحث من التابع الفرنسي سبوت Spot. استخدم برنامج ايرداس ERDAS في التصحيح الهندسي للمرئيات وإسقاطها. واستخدمت تقنيات LPS من نفس البرنامج في استخلاص نموذج البيانات الرقمية والتصحيح الرأسي لمرئيات سبوت(الشكل رقم ١٠). كما جرى الاستعانة بالقياسات الميدانية وباللوحة الطبوغرافية رقم ٤٦٢٥- ٤٢ بمقياس رسم ١:٥٠٠٠٠ لمنطقة الدراسة.

استخدمت المرئيات والبيانات الرقمية والبيانات الميدانية في إنشاء قاعدة بيانات جغرافية عن الحوض على برامج ArcGIS. وقد استخدم برنامج ArcHydro من معهد بحوث النظم البيئية لتوقيع حدود حوض التصريف والأحواض الفرعية ورسم تفاصيل شبكة التصريف داخل الحوض. وقد استخدمت الأدوات المناسبة في برنامج ArcMap لترقيم قنوات التصريف حسب طريقتي ستراهلر وشريف و لرسم خطوط الكنتور...(الشكل رقم ١١). وتم تدقيق التفاصيل، وتعديلها، والإضافة إليها بمضاهاة الخريطة المرسومة مع القياسات والبيانات الميدانية. وجرى التحقق ميدانياً من بعض النقاط المثيرة للتساؤل سواء في حدود الحوض أو تفاصيل شبكة التصريف داخله قبل

الشكل رقم ٩ : خطوات العمل ومراحله المختلفة.





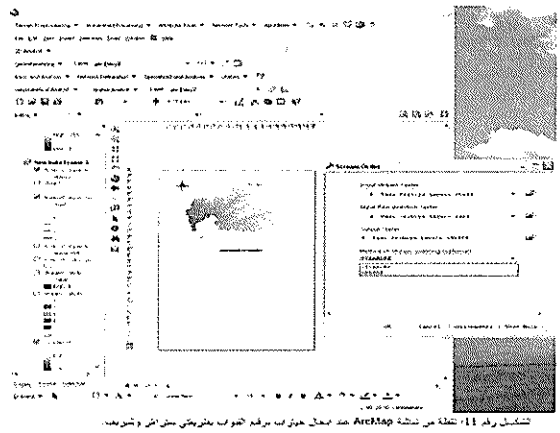
الشكل رقم 10: تطبيق من شاشة برنامج ERDAS_LPS .

اعتماد خريطة الموقع بشكلها النهائي. كما تم جمع ٢٠ عينة من رواسب القاع في قنوات شبكة التصريف ومن القنوات النشطة على المروحة الفيضية، بعمق ٥٠سم، وفرزت أحجامها في مختبر قسم الجغرافيا بكلية الآداب، بجامعة الملك سعود.

٣,٣- التحليل المورفومتري لحوض شعيب السِّلْحيِّة:

٣,٣,١- الخواص الخطية:

نظراً للاختلاف الكبير بين الطرق في تحديد بدايات ونهايات القنوات من كل رتبة وبالتالي اختلاف أعدادها، وأطوالها ومساحات أحواضها التصريفية فقد أجريت التحليلات الخطية باستخدام طريقتَي ستراهلر وشيريف. لقد رقمت قنوات شبكة التصريف بهاتين الطريقتين. وقد جرى حساب نسبة التشعب، ونسبة الطول، وتطبيق قانون هاك، ومقياس عدم الانتظام في شبكة التصريف باستخدام طريقة ستراهلر، لأنها الأكثر شيوعاً واستخداماً، مما يمكن من مقارنة



النتائج في هذا البحث مع ما هو موجود في الأدبيات المتعلقة بهذا الموضوع.

٣,٣,٢ – الخواص المساحية:

إن استخدام نظم المعلومات الجغرافية مفيد جداً في كل جوانب التحليل الهيدرولوجي(El-Bahrawy, 2001) و المورفومتري(عزيز، ١٩٩٨ م، عزيز، ٢٠٠١ م). ولكن فائدته في دراسة الخواص المساحية أكثر وضوحاً. فبدلاً من استخدام جهاز البلانيمتر، مثلاً، على الخرائط الطبوغرافية لقياس مساحة حوض التصريف الرئيسة، وأحواض التصريف لكل قناة فرعية على حدة، وما يرافق ذلك من عناء، وما يشوبه من أخطاء وصعوبات، تكفي آليات البرنامج الباحث عناء حساب المساحات. و يزيد ذلك من دقة البيانات ويمكّن الباحث من إجراء المزيد من التحاليل الكمية.

الجدول رقم(٣): خواص حوض التصريف والتقنيات المستخدمة

	الخاصية	تفاصيلها	آلية تحديدها
١	المساحة	مساحات أحواض التصريف م^{٢}	ARC/INFO-ARC
٢	المحيط	طول محيط الحوض م	ARC/INFO-ARC
٣	الارتفاع	الارتفاعات القصيا والدنيا داخل الحوض م	ARC/INFO-GRID
٤	الانحدار	الفارق في الارتفاع/متوسط طول القناة	ARC/INFO-TABLES
٥	الطول	أطوال القنوات في كل رتبة م	ARC/INFO-GRID
٦	العدد	عدد القنوات في كل رتبة	ARC/INFO-GRID
٧	الكثافة	مجموع أطوال القنوات/المساحة	ARC/INFO-TABLES
٨	نسبة التشعب	نسبة التشعب لكل رتبة	ARC/INFO-TABLES
٩	نسبة الطول	العلاقة بين الرتبة ومتوسط الطول	ARC/INFO-TABLES/ SPSS
١٠	معامل الاستطالة	مؤشر استطالة حوض التصريف	ARC/INFO-TABLES
١١	معامل الاستدارة	مؤشر استدارة حوض التصريف	ARC/INFO-TABLES
١٢	تكرار القنوات	عدد القنوات/المساحة	ARC/INFO-TABLES
١٣	معامل قانون هاك	العلاقة بين طول القناة ومساحة الحوض	SPSS
١٤	تحليل الرواسب	رواسب القاع في القنوات والمروحة الفيضية	SIEVE GRAIN SIZE ANALYSIS

٣,٣,٣,١- شبكة التصريف:

أ- كثافة التصريف:

حسبت كثافة التصريف للحوض إجمالاً باستخدام المعادلة رقم (٧)، و حُسبت كثافة التصريف للقنوات من رتبة معينة (u) أيضاً باستخدام نفس المعادلة بالصيغة التالية:

$$D_u = \frac{\Sigma L_u}{\Sigma A_u}$$

ΣL_u = مجموع أطوال القنوات في حوض شعيب السِّلْحيِّة من الرتبة u

ΣA_u = مجموع مساحات أحواض التصريف لقنوات الرتبة u في حوض شعيب السِّلْحيِّة.

وقد جرى أيضاً حساب ثابت المحافظة على التصريف باستخدام المعادلة رقم ٨، وحُسب ثابت المحافظة على التصريف لكل رتبة أيضاً حسب الصيغة التالية:

$$C_u = \frac{1}{D_u}$$

وحُسب، أيضاً متوسط مسافة التدفق السطحي من المعادلة ٨ب، كما حسب أيضاً نفس المتغيرلكل رتبة

$$L_{gu} = 1/(2D_u)$$

ب- تكرار قنوات التصريف:

حسب تكرار قنوات التصريف من العلاقة في المعادلة رقم ٩. كما حسب مقياس كفاءة التصريف (FC) باستخدام المعادلة رقم ١٠.

٣,٣,٣,٢- شكل حوض التصريف:

أ- معامل الاستدارة:

جرى حساب معامل شكل حوض التصريف من حيث درجة قربه من الشكل الدائري بحساب معامل الاستدارة حسب العلاقة من المعادلة ١٥.

ب- معامل الاستطالة:

حُسب معامل الاستطالة باستخدام المعادلة رقم ١٨أ.

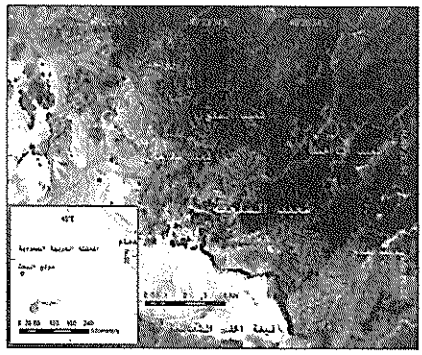
٣,٣,٣- الخواص الطبوغرافية:

سيكتفى من الخواص الطبوغرافية بنسبة التضرس R_h حسب المعادلة رقم ٢٠. ومعدل الانحدار العام للحوض و للمروحة الفيضية حسب المعادلة رقم ٢٣.

٤- النتائج والتحليل

٤,١- خريطة حوض شعيب السِّلْحيِّة:

يعرض الشكل رقم ١٢ الموقع العام لحوض شعيب السِّلْحيِّة وحدوده والأحواض المجاورة له. وقد مر إعداد الخريطة النهائية للحوض بمراحل عدة



الشكل رقم ١٢
مرئية سبوت_بان مصححة هندسياً ومسقطة (UTM)
توضح الموقع العام وحدود حوض شعيب السلحية

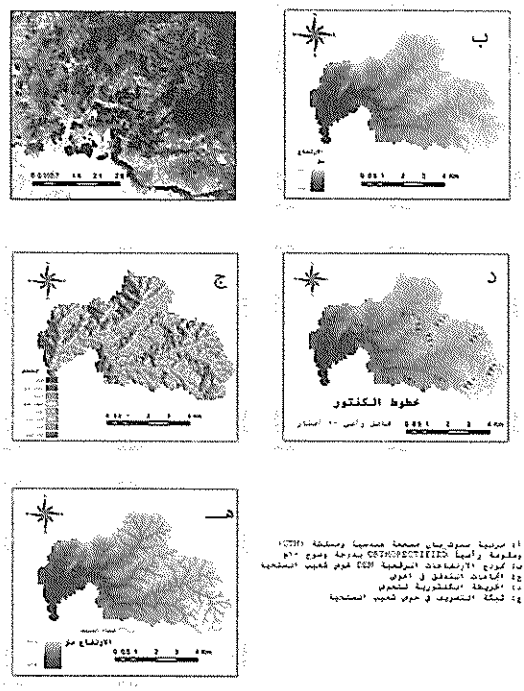
يلخص الشكل رقم ١٣ أهمها. و تظهر خريطة الحوض امتداده المائل للاستطالة. ويغطي الحوض مساحةً تبلغ ٣٠,٥ كيلومتراً مربعاً تغلب عليها الأراضي الخشنة المتضرسة، خاصة في أطرافه العليا.

يمتد خط تقسيم المياه على محيط الحوض لمسافة بلغت ٣٧,٩ كيلومتر. ويسير حده الجنوبي من مصبه باتجاه الشرق والجنوب الشرقي بمحاذاة حافة العرمة. وهو في جزئه هذا يطل على فيضة الخفس الشمالية التي تنتهي إليها مياهه. يستمر حد الحوض الجنوبي بهذا الاتجاه حتى يصل إلى أعلى نقطة في حوض التصريف، ويبلغ ارتفاعها ٧٤٠ متراً فوق مستوى سطح البحر. يمتد خط تقسيم المياه بين الحوض وحوض شعيب نُفيخ، المجاور له من ناحية الشرق، باتجاه شمالي شرقي لمسافة تزيد قليلاً على أربعة كيلومترات. ثم عند قمة مرتفع يبلغ ارتفاعها ٧٣١ متراً،

ينحرف خط تقسيم المياه متجهاً نحو الشمال الغربي، وفاصلاً بين الحوض وحوض شعيب أبا الحَسَك الملاصق له من ناحية الشمال. ويتعرج في جزئه هذا بشدة لمسافة تزيد على ١١ كيلومتراً. ثم ينحرف غرباً، ثم جنوب غرب فاصلاً بين الحوض وحوض كلٍ من شعيب السِّلح وشعيب سُليحان لمسافة تزيد على ١٣ كيلومتراً. وذلك قبل أن يعود إلى نقطة بدايته عند مخرج المجرى الرئيسة لشعيب السِّلْحيِّة ومصبه من حافة العرمة في مروحة فيضية ضخمة.

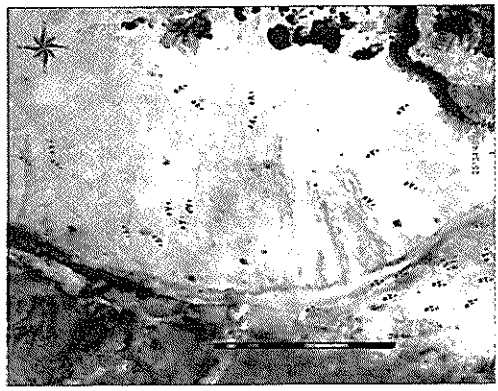
تنحدر المروحة الفيضية لهذا الوادي من حافة العرمة نحو فيضة الخَفْس الشمالية بمعدل انحدار سريع يصل إلى ثلاث درجات ونصف الدرجة. وتبلغ

الشكل رقم ١٣ : الخطوات الأولية في العمل

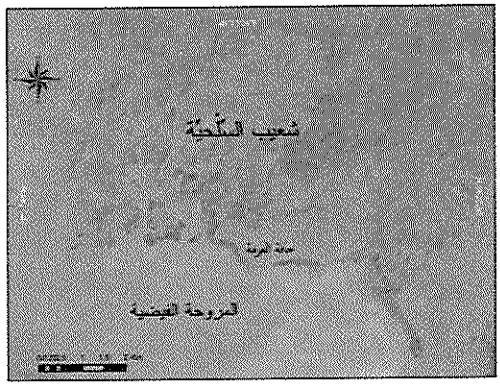


مساحة سطح المروحة الفيضية ١٣,٨ كم^{٢} (الشكل رقم ١٤)، ويبدو على الشكل تشعبات القنوات النشطة على سطح المروحة الفيضية. يبلغ أدنى ارتفاع في الحوض عند مصبه في أعلى المروحة الفيضية ٥٨٠ متراً فوق مستوى سطح البحر، وتبلغ أدنى نقطة في المروحة الفيضية ٥٥٩ متراً فوق مستوى سطح البحر، بفارق رأسي يصل إلى ٢١ متراً. في حين يبلغ الفارق في الارتفاع بين فيضة الخفس الشمالية وحافة العرمة المطلة عليها ١٢٢متراً. ويبلغ الفارق في الارتفاع

بين الفيضة وأعلى نقطة في حوض التصريف ١٨٠م (الشكل رقم ١٤ والشكل رقم ١٥).



الشكل رقم ١٤: الذروة الفيضية لشعيب السلمية موقعاً عليها خطوط الكنتور بفاصل رأسي ١٠ أمتار



الشكل رقم ١٥
مرئية سبوت (٢٠م) HRV مصححة هندسياً ومسقطة(UTM,RGB,321)
توضح منطقة البحث

٤,٣- النشاط التعروي:

تنتشر فوق مسطح العرمة وفي محيط شعيب السِّلْحيِّة ظاهرة تلون السطح الخارجي للصخور باللون الداكن، في حين يبقى لونها الداخلي ولون جهتها الملاصقة للأرض فاتحاً. وهي ظاهرة يمكن استخدامها لتحديد المواد الأكثر استقراراً في محيط الحوض، وبالتالي تمييز أماكن نشاط عمليات التعرية والإرساب. الطلاء الصحراوي desert varnish هو مسمى الظاهرة المذكورة أعلاه. وهي نتاج عدد من العوامل، و العمليات أهمها الاستقرار الزمني الطويل لمواد السطح، وهو أمر لا تتمتع به أسطح التكوينات الجيرية لقابليتها للإذابة بالماء، حسب رأي البعض. وهذا الطلاء ليس تغيراً في اللون، بل غشاء رقيقاً يكسو السطح الخارجي لبعض الصخور في المناطق الصحراوية، التي لا تتعرض للكثير من الأمطار، أو التكسير أو الحت الريحي. ويتركب هذا الغشاء من معادن الصلصال، التي يلحمها بالسطح الخارجي للصخر أكاسيد الحديد المختزلة، وأكاسيد المنجنيز(oxyhydroxides of manganese and iron (Mn^{2+} to Mn^{4+})، وعناصر نزرة، ومواد عضوية. و يراوح لونه بين البُني والأسود. ويمكن تمييزه بسهولة إذا تكوَّن على صخور فاتحة اللون، والعكس صحيح. وهناك خلاف بين الباحثين فيما إذا كانت مكوناته مستمدة من الصخر الذي يكسوه، أم مكتسبة من عوالق الغلاف الغازي.

يحتاج تكونه، حسب الرأي الأول، إلى توفر صخور مسامية، كالصخور الرملية مثلاً، على السطح، وتحوي في تركيبها معادن المنجنيز. لذلك فهو لايتكون على الصخور الجيرية. و تبدأ عملية تكونه بتغلغل المياه من الندى أو من

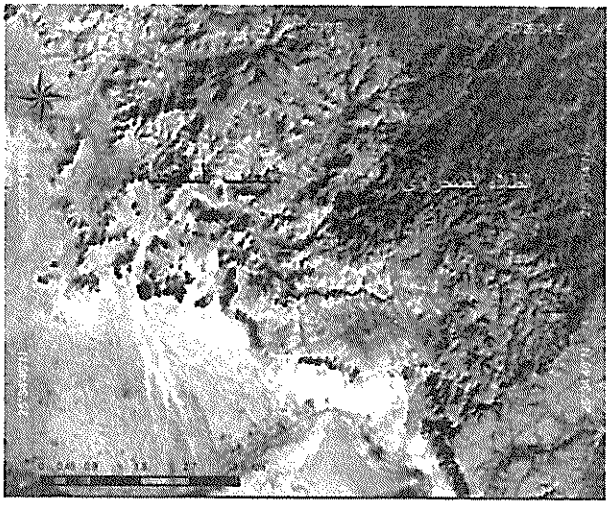
المطر عبر المسام إلى داخل الصخر. تذيب المياه أكاسيد المنجنيز. ومع ارتفاع حرارة سطح الصخر تتحرك المياه إلى السطح الخارجي للصخر، فتتبخر تاركةً أكاسيد المنجنيز، التي تتراكم على سطح الصخر مع استمرار هذه العملية، مشكلة نواةً لتكون الطلاء الصحراوي.

ولكن أصحاب الرأي الثاني يقولون: إن عملية تكون الطلاء الصحراوي تبدأ باستقرار معادن الصلصال المنقولة مع الرياح على سطح الصخور. ويجذب الصلصال المكونات الأخرى لتتفاعل كيميائياً تحت تأثير الارتفاع الشديد لحرارة السطح الخارجي للصخور المعرضة لأشعة الشمس. وتشكل رطوبة ندى الصباح عاملاً مساعداً (Hodge, et. al; 2005). ويرون أن عدم تكونه على الصخور الجيرية ناتج عن عدم استقرار سطحها، لقابليته للإذابة بالماء.

تسهم بكتيريا من مملكة البدائيات، وطحالب و فطريات من مملكة الأوليات في إنجاز هذا الطلاء. وتستخلص المخلوقات الدقيقة المكونات المعدنية من غبار الغلاف الغازي ورطوبته فتؤكسدها، وتبني بها مستعمراتها الواقية. تحتاج عمليات بناء الطلاء الصحراوي زمناً طويلاً قد يصل إلى ١٠٠٠٠ سنة.

يكسو الطلاء الصحراوي مساحات واسعة من الأراضي على العرمة. ورغم أنه لا يتكون على الصخور الجيرية، إلا أن وجود نتف متفرقة من بقايا طبقات صخور رملية، أو مختلطة برمل على سطح العرمة هيأ الظروف لتكونه. ويبدو بلونه الداكن واضحاً على الأسطح الصخرية للأراضي المنحدرة شرقاً وشمالاً بشرق. ويمكن تمييزه بلونه الداكن بوضوح في المرئيات

الفضائية(مرئية ١)، يكسو المناطق المتاخمة لحوض شعيب السِّلْحيِّة، ولكن وجوده يقل داخل الحوض. والواضح أن قلة الانحدار على السفوح الشرقية للعرمة، وضعف العوامل التعروية سواء المائية أو الريحية، أتاح للغطاء الصخري على سطح الأرض فترة طويلة من الاستقرار، تمكن خلالها الطلاء الصحراوي من النمو.



مرئية ١

مرئية لاندسات TMمصححة هندسياً ومسقطة (UTM)

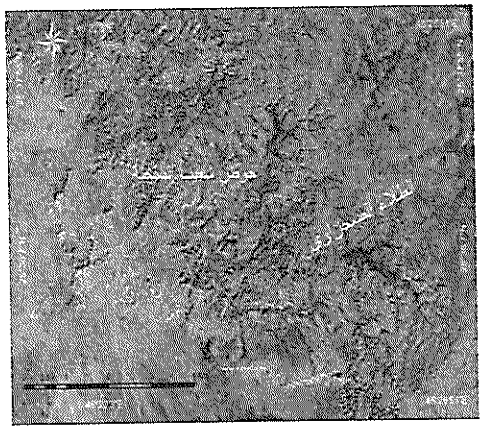
توضح الطلاء الصحراوي في منطقة البحث

كما يبدو بمركب الألوان الحقيقية (RGB, 123)

يتضح من المرئية أعلاه، عدم وجود الطلاء الصحراوي بشكل واضح في الأحواض المنحدرة غرباً، بما فيها حوض شعيب السِّلْحيِّة. وهذا ، ربما نتج عن تعمق هذه الأحواض في تكوين العرمة الجيري، و عن زيادة معدل الانحدار، والنشاط التعروي للعوامل المختلفة، مما لا يتيح مجالاً لمواد سطح الأرض للاستقرار مدة كافية. بل حتى على السفوح الشرقية ينقطع وجوده في بطون الأودية النشطة، وسهولها الفيضية الضيقة، لافتقارها للاستقرار اللازم لتكونه. وللاستيضاح أكثر، فقد عرضت مرئية لاندسات المذكورة أعلاه باستخدام مؤشر المركبات المعدنية mineral composite index; (bands 5/7, bands 5/4, bands 3/1;RGB). ويتضح من النظر إليه الانتشار الواسع لأكاسيد الحديد المختزلة(مرئية ٢)، التي تظهر باللون الأخضر.

٤,٣ – التحليل المورفومتري لحوض شعيب السِّلْحيِّة:

يعطي النظر إلى شكل حوض التصريف فهماً أعمق، وقدرةً أفضل على تحليل المؤشرات المورفومترية الأخرى. لذلك فقد قدم عرض نتائج تحليل شكل حوض شعيب السِّلْحيِّة، قبل المتغيرات الأخرى.



مرئية ٢
مرئية لاندسات TM مصححة هندسيا ومسقطة UTM
توضح انتشار الطلاء الصحراوي في منطقة البحث
بمؤشر المركبات المعدنية (RGB: 5/7، 5/4، 3/1)

٤,٣,١- شكل حوض شعيب السَّلْحيِّة:

أ. معامل الاستدارة:

يُظهر التحليل الكمي لشكل حوض التصريف استطالة الحوض ومدى بعده عن الشكل الدائري. فقد جاءت قيمة معامل الاستدارة متدنية. إذ بلغت قيمته ٠.٢٧ ، أي أن طول محيط حوض التصريف يبلغ تقريباً خمسة أضعاف طول محيط دائرة لها نفس مساحة الحوض. وربما لا تكون هذه القيمة المتدنية ناتجة عن استطالة شديدة لحوض التصريف، بل هي نتيجة للتضرس الشديد في هذا الجزء من حافة العرمة. وقد أدى ذلك بالطبع إلى شدة تعرج خط تقسيم المياه، وزاد بالتالي طول محيط الحوض بشكل كبير. ولتقرير ما إذا كانت القيمة المتدنية لمعامل

الاستدارة ناتجة عن بُعدٍ فعلي لشكل الحوض عن الشكل الدائري، أو ناتجة عن شدة تعرج محيط الحوض؛ فإنه يجب النظر إلى مقياس آخر من مقاييس شكل حوض التصريف، مثل معامل الاستطالة.

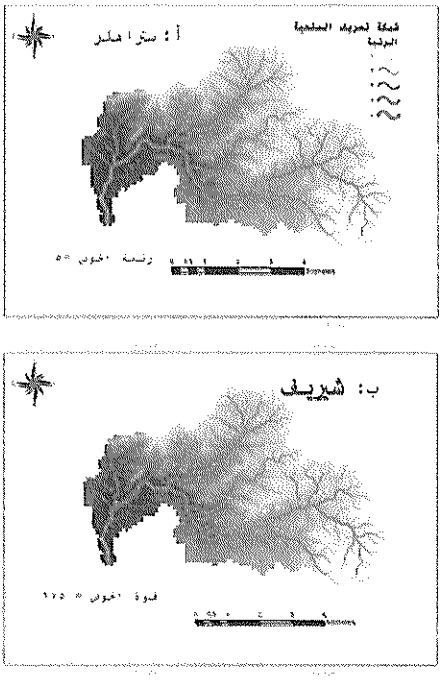
ب. معامل الاستطالة:

بلغت قيمة معامل الاستطالة لحوض شعيب السِّلْحيِّة حسب التعريف الأول من المعادلة (١٨أ) ١,٣٩ وبلغت من المعادلة (١٨ب) حسب تعريف شوم ٠,٧٢ فإذا عُلم أن قيمة هذا المعامل ستكون واحد للحوض التام الاستدارة، فإن حوض شعيب السِّلْحيِّة وإن كان يميل إلى الاستطالة، إلا أن درجة بعده عن الشكل المستدير ليست بالقدر الذي توحي به القيمة المتدنية لمعامل الاستدارة. وهذا يؤيد ما ذهبنا إليه من أن الانخفاض الشديد لمعامل الاستدارة لا ينم عن شدة استطالة شكل الحوض.ولكن جزءاً كبيراً منه كان بسبب التعرج الشديد لمحيط الحوض نتيجة للتضرس.

٤,٣,٣- الخواص الخطية:

لقد طبقت طريقة هورتون وطريقة ستراهلر وطريقة شيريف في تحديد رتب قنوات التصريف أو قوتها. وبطريقة كل من هورتون وستراهلر كان حوض التصريف لشعيب وادي السِّلْحيِّة من الرتبة الخامسة(Ω=٥)، في حين بلغت قوة شبكة التصريف بطريقة شيريف ١٧٥ (n= ١٧٥). ونظراً لعدم وجود فوارق جوهرية بين طريقتي هورتون وستراهلر عدا ما ذكر آنفاً، ولأن طريقة ستراهلر هي الأكثر استخداماً وشيوعاً في الوقت الحاضر في حساب الخواص الخطية،

ومنعاً للتكرار فإن التحليلات الخطية أُجريت اعتماداً على طريقة ستراهلر في ترقيم قنوات التصريف(الشكل رقم ١٦).



الشكل رقم ١٦: شبكة تصريف حوض شعيب السلحبة مرقمة بطرقتي ستراهلر(أ)، و شريف(ب).

أ. نسبة التشعب:

يعرض الشكل رقم ١٦ تفاصيل شبكة التصريف على خريطة الموقع. وقد أُعطيت القنوات رتبها المناسبة حسب طريقة ستراهلر في الشكل ١٦أ. كما وُقّعت الخطوط الممثلة للقنوات بسماكات تتناسب مع رتبتها، كما هو موضح في مفتاح

الخريطة. و يلخص الجدول رقم (٤) أعداد القنوات في كل رتبة. كان مجموع القنوات في حوض التصريف حسب تحديد ستراهلر ٢٢٨ قناة. منها ١٧٥ قناة في الرتبة الأولى. ومنها ٤١ قناة في الرتبة الثانية، و٩ قنوات في الرتبة الثالثة. وقناتان فقط في الرتبة الرابعة، والمجرى الرئيسة في نهاية المطاف من الرتبة الخامسة ويمتد لمسافة تقرب من ٤ كيلومترات.

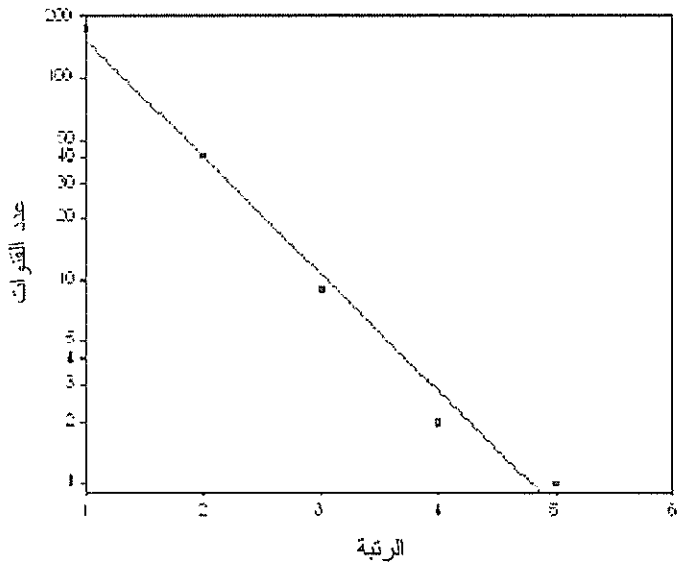
وبتطبيق قانون هورتون لعدد القنوات، تنتظم النقاط في خط يكاد يكون مستقيماً عند توقيع أعدادها مقابل الرتبة في رسم بياني نصف لوغاريتمي (الشكل رقم ١٧). والشكل متسق مع ما هو شائع في أدبيات البحث في هذا الجانب. وعدم انتظام النقاط تماماً على الخط المستقيم الممثل للعلاقة يؤيد ما يذهب إليه كثير من الباحثين من أن ما أسماه هورتون قانوناً ليس بقانون بالمعنى العلمي الدقيق لهذا المصطلح. ولكن العلاقة المشاهدة نتيجة حتمية لأسلوب الترقيم المتدرج الذي اتبعه كل من هورتون وستراهلر. حسبت نسبة التشعب للحوض من أرقام طريقة ستراهلر فبلغت ٣,٨٣ (الجدول رقم ٤). وكانت نسبة التشعب لقنوات الرتبة الأولى ٤,٢٧ ولقنوات الرتبة الثانية ٤,٥٦، ولقنوات الرتبة الثالثة ٤,٥، ولقنوات الرتبة الرابعة ٢.

الجدول رقم٤

رُتب القنوات وأعدادها في شبكة تصريف شعيب السِّلْحيَّة

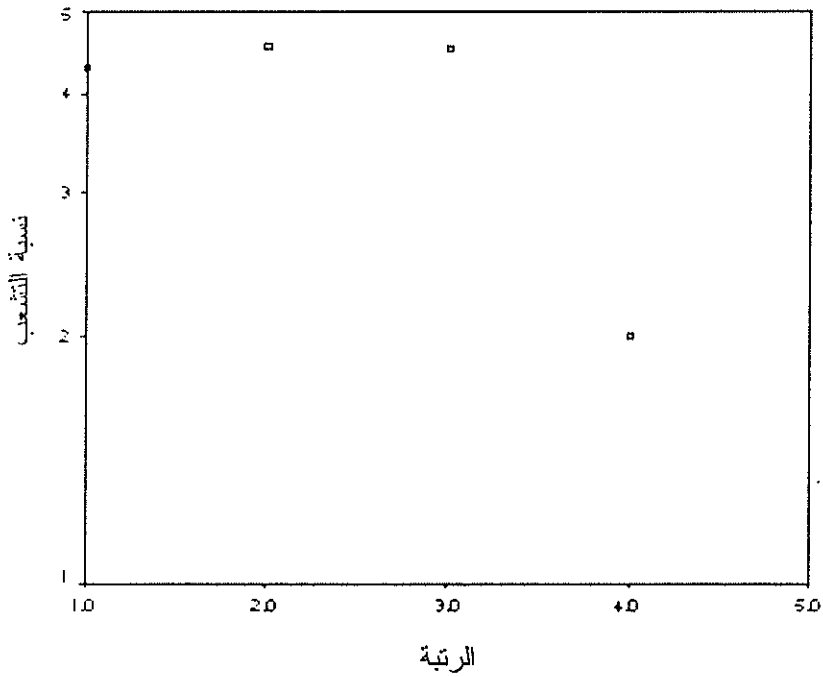
حسب طريقة ستراهلر

الرتبة	التكرار	نسبة التشعب
١	١٧٥	٤,٢٧
٢	٤١	٤,٥٦
٣	٩	٤,٥
٤	٢	٢
٥	١	- -
المجموع	٢٢٨	١٥,٣٣
نسبة التشعب للحوض		٣,٨٣



الشكل رقم ١٧: العلاقة بين الرتبة وعدد القنوات

ومنه يمكن القول إنه يلزم، في المتوسط في شبكة تصريف حوض شعيب السِّلْحيِّة، وجود ٣,٨٣ قناة من أي رتبة لوجود قناة من الرتبة التالية. وتفصيلاً، يلزم وجود ٤,٢٧ من قنوات الرتبة الأولى لوجود قناة من الرتبة الثانية، وهذا ناتج عن أن بعض قنوات الرتبة الأولى لا يقام لها وزن عند اقترانها مع قناة من رتبة أعلى. ويلزم ٤,٥٦ قناة من الرتبة الثانية لوجود قناة من الرتبة الثالثة. ويلزم ٤,٥ قناة من الرتبة الثالثة لوجود قناة من الرتبة الرابعة. ويلزم قناتان من الرتبة الرابعة لوجود قناة من الرتبة الخامسة (الشكل ١٨).



الشكل رقم ١٨: العلاقة بين الرتبة ونسبة التشعب

وقد حددت ورقمت قنوات التصريف على خريطة الموقع في الشكل رقم (١٦ب) بطريقة شيريف وكانت قوة شبكة التصريف بهذه الطريقة ١٧٥. فإذا

كانت قوة شبكة التصريف n=١٧٥ ، فإنه مما سبق شرحه عن طريقة شيريف، يمكن استنتاج أنه يوجد في هذه الشبكة ١٧٥ قناة خارجية، وفيها ١٧٤ (n-1) قناة داخلية. وفيها ١٧٤ (n-1) نقطة التقاء. كما يستنتج أن العدد الإجمالي للقنوات في شبكة التصريف هذه يبلغ ٣٤٩ (2n-1) قناة. ولغرض المقارنة مع طريقة ستراهلر فقد كان هناك ١٧٥ قناة من الرتبة الأولى على طريقة ستراهلر ومثلها على طريقة شيريف. وكان هناك ٤١ من الرتبة الثانية على طريقة ستراهلر ومثلها عند شيريف. ولكن على طريقة ستراهلر قنوات الرتبة الثالثة لم تتجاوز ٩ قنوات في حين على طريقة شيريف بلغت ١٤ قناة. كان متوسط أطوال قنوات هذه الرتبة على طريقة ستراهلر ٩٩٧ متراً، وبلغ نظيره على طريقة شيريف ٢٩٤ متراً. كان عدد قنوات الرتبة الرابعة عند ستراهلر قناتين فقط، وكان عدد نظيراتها عند شيريف ١٠ قنوات.

ب. نسبة الطول:

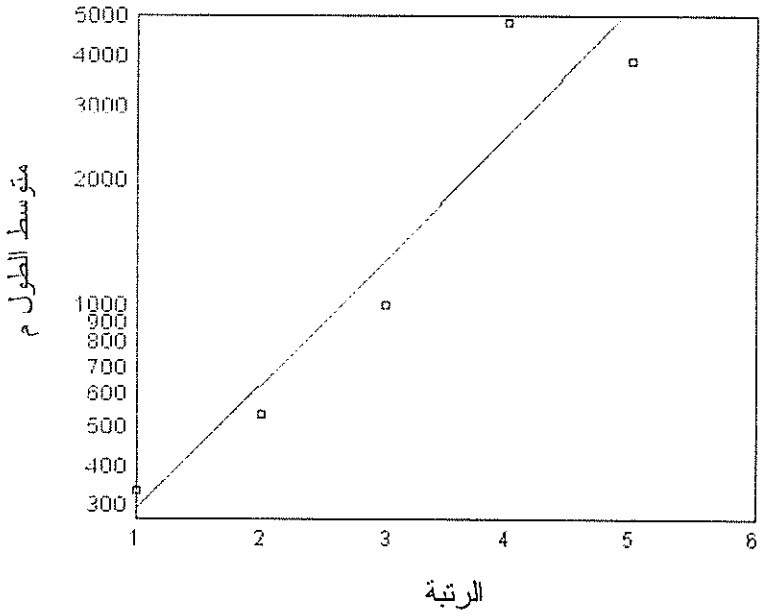
بهدف تطبيق قانون هورتون لطول القناة القائل بأن هناك علاقة إيجابية ثابتة بين متوسط طول القنوات في رتبة معينة ومتوسط طول القنوات في الرتبة التي تليها، فقد حُسب متوسط الطول لكل رتبة حسب تصنيف ستراهلر. ثم قيست العلاقة غير الخطية بين الرتبة ومتوسط طول القنوات في كل رتبة ووقعت على رسم بياني ممثل لها باستخدام برنامج الحزم الإحصائية (SPSS).

يوضح الجدول رقم (٥) نسبة الطول لشبكة التصريف في شعيب السِّلْحيِّة. ويظهر من الجدول أنها تبلغ للحوض إجمالاً ٢,٢٥. ففي المتوسط العام يربو متوسط طول القنوات لكل رتبة على ضعفي متوسط طول الرتبة الأدنى منها. وتفصيلاً يبلغ متوسط

طول قنوات الرتبة الثانية ١,٥٤ ضعفاً لمتوسط طول قنوات الرتبة الأولى. ويبلغ هذا الرقم ١,٨٤ ، ٤,٨ ، ٠,٨١ للرتب الثالثة، والرابعة والخامسة على التوالي. باستثناء الرتبة الخامسة، يصدِّق الشكل رقم (١٩) قانون هورتون لطول القناة. فالعلاقة، بشكل عام، بين الرتبة ومتوسط أطوال القنوات لكل رتبة علاقة إيجابية. وبتوقيع الأرقام من الجدول رقم (٥) في رسم بياني نصف لوغاريتمي في الشكل رقم (١٩) تظهر العلاقة الإيجابية بينهما. ولكن نسبة الخطأ في القانون هنا أعلى منها في قانون هورتون لعدد القنوات الشكل رقم (١٨). ربما يعود ذلك إلى حقيقة أن الخطأ المحتمل في تمثيل أطوال القنوات من الطبيعة على الخريطة أعلى منه في تحديد أعداد القنوات في كل رتبة. لذا يجب التأكيد دائماً على الدقة في إعداد خريطة الموقع التي تقوم عليها مثل هذه التحليلات والاعتماد على أكثر من مصدر في إعدادها، مثل الخرائط الطبوغرافية المفصلة (١:٥٠٠٠٠)، ومرئيات الاستشعار من بعد والزيارات الحقلية.

الجدول رقم ٥ نسب الطول في شبكة تصريف شعيب السِّلْحيَّة

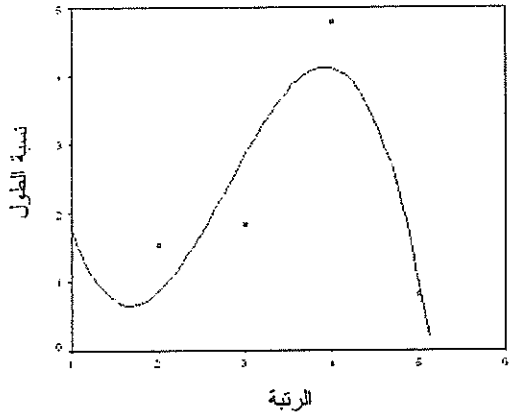
الرتبة	التكرار	نسبة الطول
١	١٧٥	
٢	٤١	١,٥٤
٣	٩	١,٨٤
٤	٢	٤,٨
٥	١	٠,٨١
المجموع	٢٢٨	٨,٩٩
نسبة الطول للحوض		٢,٢٥



.الشكل رقم ١٩: العلاقة بين الرتبة وطول القناة

من الواضح من الشكل (١٩) أن متوسط الطول يزداد باطراد مع ارتفاع الرتبة في شبكة التصريف وكذلك نسبة الطول، وذلك باستثناء الرتبة الخامسة. وتبدو العلاقة غير الخطية بين الرتبة ونسبة الطول واضحةً في الشكل رقم (٢٠). وقد وقعت قيم نسبة الطول مقابل الرتبة في نقاط ومرر أفضل منحنى ممثل (Best fit) لهذه العلاقة بين النقاط.

يمكن استخدام نسبة التشعب ونسبة الطول لحساب مقياس العشوائية أو عدم الانتظام (Fractal ratio) في نمو شبكة التصريف. ومقياس العشوائية كما سبق تعريفه ليس إلا نسبة اللوغاريتم العشري لنسبة التشعب إلى نظيره لنسبة الطول. وقد بلغت قيمته لشبكة التصريف إجمالاً ١,٦٦. و رغم أن هذا الرقم يقع ضمن



الشكل رقم٢٠: العلاقة بين الرتبة و نسبة الطول

المدى المتوقع للمقياس بين ٢- ١، إلا أن بعده عن الرقم واحد يدل على ضعف أثر المحددات غير العشوائية على نمو شبكة التصريف في هذا الحوض. وعلى قدر من النمو العشوائي الحر لشبكة التصريف في الحوض. ولا يتجاوز أثر

المحددات غير العشوائية ٢٢٪ من التغير، قد يعزى للمحددات الجيولوجية، ولكن، حسب رأي سيفابالان ومن معه (٢٠٠٢م)، ربما يكون الجفاف وانخفاض معدلات الأمطار التي لا يتعدى متوسطها ١٠٠ مم/سنوياً في المنطقة هو المؤثر الأبلغ في هذا الجانب. ولا يبدو حساب معامل العشوائية لكل رتبة على حدة ذا فائدة كبيرة، كما أنه لا يحمل أي معنى منطقي للتفسير (الجدول ٦).

قد تكون قيمة معامل العشوائية في الحوض ناتجة بشكل عام عن النمو العشوائي و عاملي المحددات الجيولوجية والمحددات الهيدرولوجية في آن معاً. فحوض شعيب السِّلْحيِّة كما هو معلوم يصرف مياهه من أعلى حافة العرمة نحو فيضة الخفس الشمالية. وينحدر الحوض باتجاه معاكس للاتجاه العام لانحدار

الجدول رقم ٦

معامل العشوائية لحوض شعيب السِّلْحيِّة

الرتبة	نسبة التشعب	نسبة الطول	معامل العشوائية للحوض
١	٤,٢٧		
٢	٤,٥٦	١,٥٤	
٣	٤,٥	١,٨٤	
٤	٢	٤,٨	
٥	- -	٠,٨١	
الحوض	٣,٨٣	٢,٢٥	١,٦٦

سطح الأرض فوق العرمة. ورغم التضرس داخل الحوض وفي محيطه(تبلغ نسبة التضرس 0.034 =R_h)، إلا أنه لا توجد شواهد واضحة على وجود اختلافات جذرية في التركيب الجيولوجي ضمن نطاق الحوض قد تؤثر بوضوح

على تطور شبكة التصريف. وربما يكون الأثر الأكثر وضوحاً هو في التركيب الجيري لصخور العرمة مما يجعلها صلبة قليلة المسامية، وقابلة للإذابة بالمياه. وذلك يزيد من كميات الجريان السطحي. ولكن انخفاض معدلات التساقط المطري يقلل من تكرار حدوث تدفق خلال الشبكة كما يحد من كمياته مما يبطئ نمو الشبكة. ومن المعلوم أن تذبذب كميات الأمطار وكميات الجريان السطحي والتدفق يعيق استقرار شبكة التصريف. وقد تنم الكمية الضخمة جداً من الرواسب المتراكمة في المروحة الفيضية عند مصب الحوض عن نشاط هيدرولوجي كبير في نحت ونقل الرواسب قد لا يكون نتاج الأوضاع المطرية الحالية. لذا فضعف العوامل الهيدرولوجية ربما يكون هو السبب الرئيس الأقرب للصواب في تفسير قصور قيمة معامل العشوائية دون ٢، أخذاً برأي سيفابالان ورفاقه السابق ذكره.

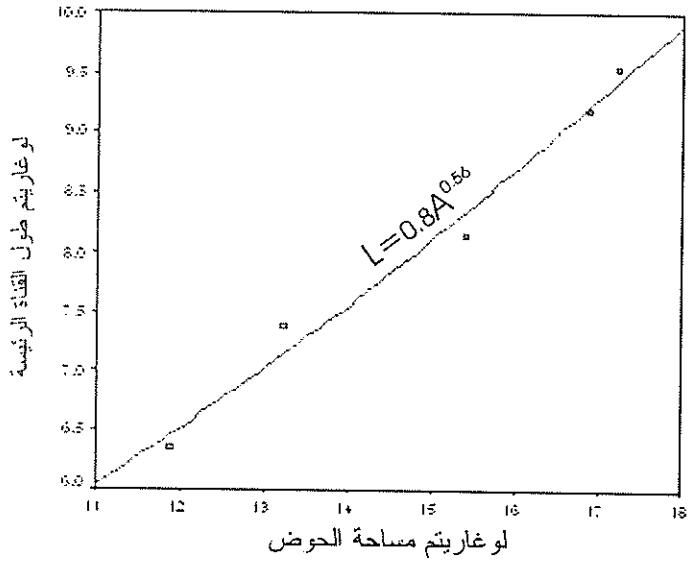
ج. قانون هاك:

يقول هاك في قانونه أن طول قناة التصريف الرئيسة من المنبع نحو المصب يزيد بما يتناسب مع الزيادة في مساحة حوض التصريف، ولكن بعلاقة أسية. وقد ثبت في أدبيات البحث في هذا المجال أن قيمة معامل الانحدار (b) في هذه العلاقة (المعادلة ٤)، مرتبط بمقياس العشوائية حسب العلاقة الواردة في المعادلة رقم ٦. فإذا كانت قيمة مقياس العشوائية ١,٦٦ كما ذكر في المدخل السابق، فإن القيمة المتوقعة لـb حسب المعادلة ٦ ستكون ٠,٨٣. وبالتطبيق الفعلي على شبكة التصريف في شعيب السِّلْحيَّة جرى تتبع المجرى الرئيسة من أبعد نقطة في مبتدأه نزولاً نحو مصبه عند مخرج الحوض، مع قياس المسافة ومساحة الحوض المقابلة لها. وبحساب معامل الانحدار للعلاقة بين طول القناة الرئيسة ومساحة الحوض

حسب المعادلة رقم ٤ كانت قيمة b= ٠,٥٦ أنظر الشكل رقم (٢١). وبالنظر إلى الانحراف المعياري وإجراء الاختبارات المناسبة، نجد أن قيمة b المحسوبة ذات دلالة إحصائية عالية. والعلاقة جذرية بعيدة عن العلاقة الخطية مما يؤيد أن هناك عوامل طبيعية أخرى أسهمت في تشكيل شبكة التصريف.

$$L = 0.8A^{0.56}$$

$$(R^2 = 0.98, SE = 0.043, Sig = 0.001)$$



الشكل رقم٢١: العلاقة بين مساحة الحوض وطول القناةالرئيسة حسب قانون هاك

والعلاقة حسب قانون هاك في شعيب السِّلْحيِّة تكون كالتالي :

L = طول القناة الرئيسية في شبكة تصريف شعيب السِّلْحيِّة.

A = مساحة حوض شعيب السِّلْحيِّة.

وربما يعزى الفارق بين القيمة المتوقعة نظرياً (٠,٨٣) والقيمة المحسوبة أعلاه إلى شذوذ نسبة الطول للرتبة الخامسة في هذا الحوض. فلو اقتصر الاهتمام على الجزء الأعلى من الحوض من الرتبة الرابعة فما دون، فنسبة الطول للحوض ستكون ٢,٧٣ وقيمة معامل العشوائية ستكون ١,٣ و قيمة b المتوقعة نظرياً ستكون ٠,٦٥ وهي قيمة لا تختلف اختلافاً ذا دلالة عن القيمة المحسوبة ميدانياً. ولكن الانخفاض الواضح لنسبة الطول للرتبة الخامسة يبقى مثار تساؤل، ربما تتضح بعض جوانبه بعد اكتمال عرض النتائج.

٤,٣,٣- الخواص المساحية:

يعرض الجدول رقم ٧ خلاصة الخواص المساحية المستخرجة آلياً لأحواض التصريف الفرعية، لكل رتبة. والمساحة الإجمالية لحوض تصريف شعيب السِّلْحيَّة.

الجدول رقم ٧

البيانات المساحية لحوض شعيب السِّلْحيَّة

الرتبة	متوسط المساحة م^{٢}	إجمالي المساحة كم^{٢}
١	٧١٥٩٢,٣٩	١٤,٦
٢	٣١٥٤٩٢,٤٧	١٩,٩٩
٣	١١٥٢٣٥٤,٧٤	١٧,١٢
٤	٣٦٨٣٨٤٩,٩	١٨,٢٣
٥	-	٣٠,٥١
الحوض	-	٣٠,٥١

أ. كثافة التصريف:

تعبر كثافة التصريف عن طول قناة التصريف في الوحدة المساحية، ويعبر عنها بالكيلومتر لكل كيلومتر مربع. وهي ناتج قسمة إجمالي أطوال قنوات التصريف على مساحة الحوض، كما في المعادلة رقم ٧. ويمكن أن تقاس لكل رتبة بقسمة إجمالي أطوال القنوات من رتبة معينة على مجموع مساحات أحواضها التصريفية. ويعرض الجدول رقم ٨ تفاصيل كثافة التصريف في حوض شعيب السِّلْحيَّة. وقد بلغت كثافة التصريف في الحوض ٣,٥ كيلومتر من قنوات التصريف لكل كيلومتر مربع. وكما هو متوقع يلحظ انخفاض كثافة التصريف مع ارتفاع الرتبة (الجدول ٨). والواقع أن هذا ناتج عن صغر مساحة أحواض منابع الشبكة، وعن العلاقة الأسِّية حسب قانون هاك بين طول القناة ومساحة الحوض الذي تصرفه. ولكن لمقارنة أحواض في بيئات مختلفة فينظر إلى الكثافة العامة للحوض التي تقيس مدى تقطع أرضية الحوض ٣,٥ كم/كم^{٢} ؛ على أنها مقياس للموازنة بين التشرب والجريان السطحي. فكلما كانت الطبقة السطحية أقل نفاذية للماء، زادت كميات الجريان السطحي وبالتالي ارتفعت كثافة التصريف لزيادة أعداد وأطوال قنوات التصريف، والعكس صحيح. ولكن بالمقابل انخفاض النفاذية يكون أحياناً بسبب الطبقة الصخرية الصلبة على السطح، التي تكون في نفس الوقت أكثر مقاومة لنمو شبكة التصريف.

يعد ثابت المحافظة على التصريف هو الأبلغ في التعبير عن كثير من المتغيرات الهيدرولوجية في حوض التصريف كما عرفه شوم (١٩٥٦م). وبحساب ثابت المحافظة على التصريف لحوض شعيب السِّلْحيَّة باستخدام المعادلة رقم ٨، بلغت

قيمته للحوض إجمالاً ٠,٢٨ كم٢/كم. ومنه يمكن القول إنه يلزم في حوض شعيب السِّلْحيِّة ٢٨٠٠٠٠ م٢ للإبقاء على كيلو متر واحد من قنوات التصريف. ويعرض الجدول رقم (٩) قيم ثابت المحافظة على التصريف لكل رتبة.

الجدول رقم ٨ كثافة التصريف في حوض شعيب السِّلْحيِّة

الرتبة	الكثافة كم/كم٢
١	٤,٢
٢	١,١١
٣	٠,٥٢
٤	٠,٥٣
٥	٠,١٣
الحوض	٣,٥

قيمته للحوض إجمالاً ٠,٢٨ كم٢/كم. ومنه يمكن القول إنه يلزم في حوض شعيب السِّلْحيِّة ٢٨٠٠٠٠ م٢ للإبقاء على كيلو متر واحد من قنوات التصريف. ويعرض الجدول رقم (٩) قيم ثابت المحافظة على التصريف لكل رتبة.

الجدول رقم ٩

قيمة ثابت المحافظة على التصريف في حوض شعيب السِّلْحيِّة

الرتبة	ثابت المحافظة على التصريف
١	٠,٢٤
٢	٠,٩٠
٣	١,٩٢
٤	١,٨٩
٥	٧,٦٩
الحوض	٠,٢٨

يوضح الجدول رقم ١٠ قيمة ثابت الجريان السطحي في الحوض إجمالاً وقد بلغ ٠,١٤ كيلومتر. أي أن عرض حزام عدم التعرية في المتوسط في هذا الحوض يبلغ ١٤٠ متراً. وبلغت قيمة متوسط مسافة التدفق السطحي لكل رتبة قيماً تزداد مع ارتفاع الرتبة.

الجدول رقم ١٠ قيمة ثابت الجريان السطحي

الرتبة	ثابت الجريان السطحي
١	٠,١٢
٢	٠,٤٥
٣	٠,٩٦
٤	٠,٩٥
٥	٣,٨٤
الحوض	٠,١٤

ب. تكرار القنوات:

وهو مقياس لعدد القنوات في الوحدة المساحية بغض النظر عن طولها أو خصائصها الأخرى. وكما سبق ذكره في المباحث السابقة يختلف عدد القنوات في شبكة التصريف حسب نظام الترقيم المتبع. فباتباع طريقة ستراهلر تضم شبكة التصريف في حوض شعيب السِّلْحيِّة ٢٢٨ قناة فقط. ولكن باستخدام طريقة شيريف يرتفع عدد القنوات في نفس الشبكة إلى ٣٤٩ قناة، وهذا ناتج عن الاختلاف في تحديد بدايات ونهايات القنوات في كل طريقة. وقد بلغت قيمة تكرار قنوات التصريف، حسب طريقة ستراهلر، في الحوض إجمالاً ٧,٤٧ قناة/كم^{٢}. ويعرض الجدول رقم ١١ تفاصيل تكرار القنوات في الوحدة المساحية

لكل رتبة. وقد بلغت قيمة مؤشر ملء شبكة التصريف للنطاق المساحي داخل الحوض، المسمى مقياس الكفاءة التصريفية FC ٠,٦١.

الجدول رقم ١١

قيم تكرار القنوات في حوض شعيب السِّلْحيِّة

الرتبة	التكرار
١	١١,٩٩
٢	٢,٠٥
٣	٠,٥٣
٤	٠,١١
٥	٠,٠٣
الحوض	٧,٤٧

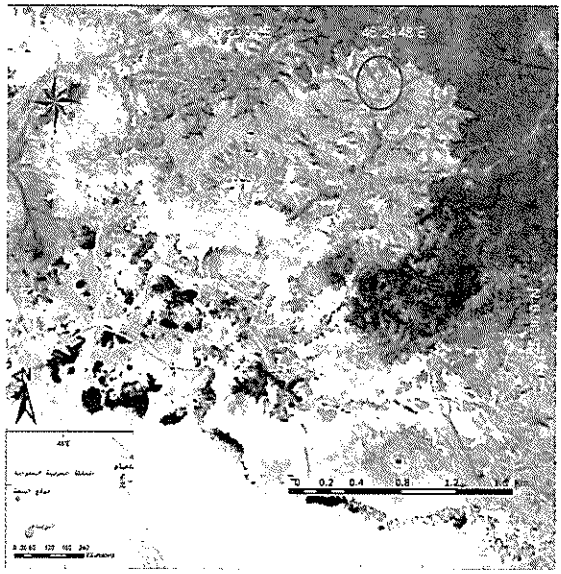
٤,٣,٤- الخاتمة والتحليل الهيدرولوجي لحوض شعيب السِّلْحيِّة:

بناءً على نتائج التحليل المورفومتري، وحساب المؤشرات المورفومترية المختلفة لحوض وشبكة تصريف شعيب السِّلْحيِّة، وبناءً على تحليلات العينات الرسوبية من بطون القنوات ومن المروحة الفيضية لشعيب السِّلْحيِّة؛ يمكن ملاحظة انسجام الأرقام المحسوبة للحوض وشبكته التصريفية مع ما هو متوقع نظرياً. فالمعدلات والقيم المحسوبة تتسق مع النمط العام لأحواض التصريف في المناطق الجافة، كما هو متكرر الورود في أدبيات البحث في هذا المجال وذلك باستثناء شذوذ قيمة نسبة الطول للرتبة الخامسة. وقد لوحظ أن معدل الانحدار لقنوات الرتبة الأولى أعلى بكثير من المعدل العام للحوض، كما هو متوقع. كما لاحظ الباحث ميدانياً أن القطاعات العرضية لقنوات هذه الرتبة وهي تجري على

الصخور الصلبة تأخذ شكل ٧ النمطي لهذه الرتبة. ويتناقص معدل الانحدار مع زيادة الرتبة ومع القرب من المصب. كما تتسع القناة وتعظم مساحة قطاعها العرضي.

من الواضح أن الحوض ليس في حالة استقرار تام. ودليل ذلك وجود موجة نحت صاعدة خلال شبكة التصريف knickpoint أو ما أطلق عليه شوم (١٩٥٦) الاستجابة المركبة complex response. تتحرك موجة الجرف هذه من المصب نحو الأعلى مع قنوات التصريف وتتشعب معها، الدائرة الحمراء في الشكل رقم (١٨) تحيط أحد مواضعها الظاهرة. يبعد ذلك الموضع عن مخرج الحوض قرابة ٤,٢١ كم. تعزى هذه الظاهرة عادة إلى تغير المستوى القاعدي للمصب، الذي يرتبط إما بعملية رفع لمنسوب الحوض أو انخفاض مستوى المصب (Hayakawa, et al., 2006). تحدث مثل هذه التغيرات عادة على نطاق واسع، قد يشمل عدداً كبيراً من أحواض التصريف على مستوى الإقليم بكامله. ولكن خلو أحواض التصريف المجاورة لحوض شعيب السِّلْحيِّة منها أمر يبعث على الحيرة، ويدعو إلى مزيد من التحليل. والتعليل الذي تشير إليه الكثير من الشواهد هو أن انهياراً قد حدث في واجهة حافة العرمة عند مصب شعيب السِّلْحيِّة أدى إلى خفض منسوب المصب وإلى نشوء موجة النحت الصاعدة سابقة الذكر. ويؤيد ذلك المشاهدات الميدانية، فاتجاه ميل الطبقات في كل التلال الصخرية إلى الجنوب من الامتداد الافتراضي السابق للحافة (الخط الأصفر في شكل ١٨)، لا يتفق مع اتجاه الطبقات على امتداد الحافة القائمة بل يوحي بأن هذه النتوآت الصخرية بقايا انهيار حدث في وقت ما. كما أن روافد القناة الرئيسة

للوادي في جزئها الأدنى، مما يلي منطقة الانهيار مبتورة وقصيرة وغير واضحة المعالم، خلافاً لنظيراتها على الجهة المقابلة، كما هو متوقع في مثل هذه الحالة (Korup, et al., 2006). وربما كان ذلك الانهيار هو سبب تدني نسبة الطول لقناة الرتبة الخامسة وهي رتبة مخرج الحوض. إذ إن انهياراً كهذا في أدنى حوض التصريف سيؤدي إلى بتر مسافة لا بأس بها من قناة المصب، وسيكون النقص الناتج عن الانهيار في مساحة التصريف محدوداً نتيجةً لضيق المساحة قرب المخرج.



الشكل رقم ٢٢

مرئية سبوت_بان مصححة هندسياً ومسقطة (UTM)

توضح موجة النحت الصاعدة في حوض شعيب السلحية

أظهر تحليل أحجام الرواسب grain size analysis فرزاً ضعيفاً، وغير مكتمل لرواسب القاع، في كل رتب المجاري، وحتى في المروحة الفيضية للحوض. فرغم الزيادة الملحوظة في كمية، وسمك طبقة رواسب القاع في قنوات التصريف مع زيادة الرتبة إلا أن الفرز الحجمي للرواسب، وتهذيب زواياها لا يبدو واضحاً كما تشير إليه أدبيات الدراسات الفيضية في بيئات أكثر رطوبةً. ويمكن أن يعزى ذلك إلى عاملين:

الأول: قصر المسافة التي تقطعها الرواسب مع المياه. ويدل على قصر أمد الجريان في شبكة التصريف flashy . وربما عدم تجاوز الجريان في سرعته للقدر الحرج الكافي لتحريك وسيط حجم الرواسب وما فوقه إلا لفترة وجيزة من أمد الجريان.

الثاني: تقطع فترات السيول. الأمطار قليلة ابتداءً، ومتباعدة، وغير منتظمة الحدوث. وليست كل الحوادث المطرية ينتج عنها جرياناً سطحياً، أو تدفقاً في شبكة التصريف. فوجود فواصل زمنية طويلة بين حوادث الجريان، يتيح مجالاً لمخرجات عمليات أخرى، مثل عمليات السفوح، والعمليات الريحية للتراكم.

ويستدل من هذا كله على ضعف العوامل الهيدرولوجية. ولكن قاع قنوات التّصريف عموماً، مدرع armored برواسب أكثر خشونة في الغالب مما تحتها. وفي حوض شعيب السِّلْحيِّة وسيط حجم الحبيبات لهذا الغطاء من الرواسب ليس شديد الخشونة. ربما نتج ذلك عن ضعف متوسط الجريان السنوي mean annual

flood ، وقدرته المحدودة على تحريك رواسب القاع الخشنة. ولكنه يحمل أو يحرك معه الرواسب الدقيقة التي يستطيع دفعها لمسافات متفاوتة نحو أسفل المجرى.

يدل الغطاء النباتي الهزيل والمشتت في حوض التصريف، على شدة الجفاف عموماً. ويقتصر الغطاء النباتي هنا على بعض الأشجار والشجيرات التي تنمو على حواف القنوات الرئيسة، والسهل الفيضي الضيق. ولكن تشتت الغطاء النباتي وضعفه، دليل على قلة تكرار الجريان في شبكة التصريف، وعلى قلة المخزون المائي في الرواسب الفيضية. وهذا ناتج عن قلة عمق طبقة الرواسب، وضعف سعتها الحقلية للماء نظراً لخشونتها، وضعف تأثرها بالمؤثرات الهيدرولوجية.

٥- المصادر والمراجع

٥,١- مراجع عربية:

الجراش، محمد بن عبدالله، ٢٠٠٦ م، "رسم الخرائط الجغرافية حاسوبياً"، دار المدني، جدة.

الحواس، عساف علي؛ ١٩٩٩م؛ "مصادر المياه"، في الموسوعة الجغرافية للعالم الإسلامي، مجلد٣، قسم١، عمادة البحث العلمي، جامعة الإمام محمد بن سعود الإسلامية، الرياض، ص ص ٨٢٣- ٩١٠.

الحواس، عساف علي، ٢٠٠٠ م، "مصادر المياه في منطقة الرياض"، في كتاب منطقة الرياض: دراسة تاريخية وجغرافية واجتماعية، ج٤، إمارة منطقة الرياض، الرياض، ص ص ٥٠١- ٥٧٨.

الحواس، عساف علي، ٢٠٠٤م، "أثر الجفاف على توزيع الغطاء النباتي في حوض قري العرضة (أحد روافد وادي الطوقي) منطقة الرياض"، بحوث جغرافية، رقم ٦٤، الجمعية الجغرافية السعودية، جامعة الملك سعود، الرياض.

سلامة، حسن رمضان؛ ٢٠٠٤م؛ "أصول الجيومورفولوجيا"، دار المسيرة، عمان، الأردن.

الشبلان، محمد منصور؛ و عمار، عمار عبدالمطلب؛ ١٩٩٨م؛ "الهيدرولوجيا التطبيقية"، جامعة عمرالمختار، الدار البيضاء، المغرب.

عزيز، محمد الخزامى، ١٩٩٨م، "نظم المعلومات الجغرافية أساسيات وتطبيقات للجغرافيين"، منشأة المعارف، الاسكندرية.

عزيز، محمد الخزامى، ٢٠٠١م، "الخصائص الهيدرولوجية لأودية أحواض محمية الوعول بحوطة بني تميم بالسعودية"، مجلة كلية الآداب، الاصدار الخامس، جامعة المنيا بمصر.

مشرف، محمد عبدالغني، ١٩٨٧م، "أسس علم الرسوبيات"، عمادة شؤون المكتبات، جامعة الملك سعود، الرياض.

الوليعي، عبدالله بن ناصر، ١٩٩٣م، "تعرج الأنهار والأودية: دراسة جيومورفولوجية تطبيقية لبعض الأودية الجافة في المملكة العربية السعودية، سلسلة بحوث جغرافية، رقم ١٢، الجمعية الجغرافية السعودية، الرياض.

وزارة التعليم العالي بالمملكة العربية السعودية ١٩٩٩م، أطلس المملكة العربية السعودية، لوحة رقم٧، ص ٢٢٥.

References: ٥,٣- مراجع أعجمية:

Barrett, E.C. and Curtis, L. F, 1982, "Introduction to Environmental Remote Sensing", Chapman and Hall, London.

Becker, A. and Braun, p., 1999, "Desegregation, Aggregation and Spatial Scaling in Hydrological Modeling" Journal of Hydrology, V.217(1999), pp. 239-252.

Benda, Lee; Leroy, N.; Miller, D.; Dunne, T.; Gordon, R.; George, P. and Pollock, M., 2004, "The Network Dyanamics Hypothesis: How Channel Networks Structure Riverine Habitats", BioScience, May 2004, vol. 54, No.5, pp413-427.

Chapman, R. W., 1978,, "Geomorphology"; in Al-Sayari and Zotl (ed.) 1978, "Guaternar, period in Saudi Arabia", part 1 central and Eastern Saudi Arabia, Springer-Verlag, New York, pp 19-30.

Chaw V. T., 1973, Open – Channel Hydraulics", McGraw-Hill, Singapore.

Cheng, Q.; Russell, Tl.; Sharpe, D.; Kenny, F.; Ping Qin, 2001, "GIS-based Statistical and Fractal/ Multifractal Analysis of Surface Stream Patterns in the Oak Ridge Moraine', Computers & Geosciences, V27 (2001), pp. 613-526.

Daya, B.S.; Srinivas, D. and Prakasa, R., 2001, "fractal-Skeletal Based Channel Network (F>SCN) in a Triangular Initiated- Basin', Fractals, V.9 No. 4, pp429-437.

El-Bahrawy, A. N., "A Review of GIS Applications in Water Resources", OICC 7th International Seminar on GIS Applications in Planning and Sustainable Development, Cairo, Egypt, Feb 13-15, 2001.

Hack, J. T., 1957, " Studies of Longitudinal Stream Profiles in Virginia and Maryland", PP, USGS, 294B.

Hayakawa, Yuichi S. and Takashi Oguchi, 2006, "DEM-based identification of fluvial knickzones and its application to Japanese mountain rivers", Geomorphology, Volume 78, Issues 1-2, Mountain Rivers Part I: Watershed Scale Processes and Channel Morphology, Pages 90-106.

Hodge, V. F; Farmer, D.E.; Diaz, J., and Orandorff, R. L.; 2005 "Prompt Detection of alpha particles from Po: Another Clue to the Origin of Rock Varnish?", Journal of Environmental Radioactivity, Volume 78, Issue 3, pp 311-342.

Horton, R. E., 1945, "Erosional Development of Streams and their Drainage Basins, Hydrological Approach to Quantitative morphology", Geol. Soc. Amer. Bull., 56, 275-370.

Jones A. A., 1997, Global Hydrology : Processes, Resources and Environmental Management (New York: Prentice Hall.

Korup O., A. L. Strom , J. T. Weidinger, 2006, "Fluvial response to large rock-slope failures: Examples from the Himalayas, the Tien Shan, and the Southern Alps in New Zealand", Geomorphology, 783–21.

Kruszewski, Paul, A note on the Horton-Strahler number for random binary search trees, Information Processing Letters, Volume 69, Issue 1, , 15 January 1999, Pages 47-51.

Lo, C.P., 1986, "Applied Remote Sensing", Longman, New York.

Miller, V. C., 1953, " A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in The Clinch Mountain Area, Virginia and Tennessee," Colnmbia University, Department of Geology, Technical Report No.3, Contract N6 ONR 271-30.

Morisawa, M., 1985, "Rivers" Longman, New York.

Nash, D., 2003, "Arid Geomorphology", Progress in Physical Geography, V. 27 (2003), pp. 284-303.

Olyphant, G.; Alhawas, A. and Fraser, G., 2001, "Numerical Simulation of Sediment Yield, Storage, and Channel Bed Adjustments", in Harmon & Doe III (eds), " Landscape Erosion and Evolution Modeling", Kluwer Academic/ Plenum Puplishers, New York.

Richards, K., 1982, Rivers form and Process in Alluvial Channels, Methuen, London.

Schumm, S. A., 1956, "Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at port Amboy New Jersey", Geo. Soc. Amer.; Bull., 67, 67, pp. 697-646.

Schumm, S. A., 1977, "Drainage Basin Morphology," Benchmark Papers in Geology, Vol. 41, Academic Press, New York.

Schyfsma, E; 1978; "Questa Region of the Tuwayq Mountains" in Al-Sayari and Zotl, (ed.), 1978, "Quaternary Period in Saudi Arabia", part 1, Central and Eastern Saudi Arabia; Springer verlage, New York, pp 194-226.

Shereve, R. L.; 1966; "Statistical Law of Stream Numbers", Journal of Geology, 74, pp17-37.

Shereve, R., L., 1974, "Variation of Main Stream length with Basin Area in River Networks", Water Resources Research, v. 10, No. 6, pp 1167-1177.

Sivapalan, M., C. Jothityangkoon and M. Menabde (2002) Linearity and nonlinearity of basin response as a function of scale: A discussion of alternative definitions. Water Resources Research, Vol. 38, No. 2, 10.1029/2001WR000482, pp. 4.1-4.5.

Strahler, A. N., 1954, "Quantitative Geomorphology of Erosional Landscapes", G. R. 19th Intern. Geol. Cong., Algiers, Sct. 13, part 3, pp. 341-354.

Strahler, A., N.; 1957, "Quantitative Analysis of Watershed geomorphology, Amer. Geophysical union Trans., 36(6), 913-920.

Viennot Xavier Gérard, 2002, "A Strahler bijection between Dyck paths and planar trees", Discrete Mathematics, Volume 246, Issues 1-3, Pages 317-329.

Yildiz, O., 2004, "An Investigation of the Effect of Drainage Density on Hydrologic Response", Turkish, Journal at Engineering Environmental Sciences, v. 28 (2004), pp. 85-94.

Zaliapin, Ilya, Henry Wong and Andrei Gabrielov, 2006, "Hierarchical aggregation in percolation model", Tectonophysics, Volume 413, Issues 1-2, Critical Point Theory and Space-Time Pattern Formation in Precursory Seismicity, Pages 93-107.

شكر وتقدير

الحمد لله أولاً وآخراً، وظاهراً وباطناً، على نعمه التي لا تحصى. فلولا ما يسره سبحانه من وقت، وإمكانات مادية ومعنوية، لما كان هذا البحث. ويسعد الباحث أن يشكر كل من أسهم فيه بالدعم، أو بالتشجيع، فقد تضافرت جهود عدد من الجهات والأفراد مع الباحث، حتى تم إنجازه بهيئته هذه.

لقد كان للدعم المادي من جامعة الملك سعود، ممثلةً في مركز بحوث كلية الآداب بالجامعة، أبلغ الأثر في إتمام هذا البحث، وفي الرقي بمستواه. ويتشرف الباحث بتقديم الشكر الجزيل مقروناً بالتقدير والعرفان لهذا الصرح العلمي الكبير، جامعة الملك سعود. والشكر للمسؤولين في مركز بحوث كلية الآداب على قبولهم فكرة البحث، وعنايتهم ومتابعتهم. كما يشكر المسؤولين في كلية الآداب على تيسير الاتصال بالجهات الأخرى للحصول على بعض البيانات. كما يشكر الباحث أيضاً المركز السعودي للاستشعار من بعد على الاستجابة في تأمين بعض المرئيات الفضائية اللازمة. ولا يفوت الباحث أن يتقدم بالشكر الجزيل للأساتذة الكرام الذين تفضلوا بقراءة النسخة الأولية لهذا البحث وتحكيمها فقد كان لما أشاروا به من تعديلات أثر بالغ في الرفع من مستوى هذا البحث، والشكر موصولٌ لكل من ساهم في إثراء هذا البحث من الزملاء في قسم الجغرافيا، بكلية الآداب، جامعة الملك سعود.

آخر إصدارات سلسلة بحوث جغرافية

٥٠- العلاقة بين كميات الأمطار وارتفاع الماء الجوفي في حوض وادي تبوجة بالمملكة العربية السعودية.	د. محمد بن عبد الله محمد الصاعٍ.
٥١- الصناعات الصغيرة في المملكة العربية السعودية.	د. عبد الله بن حمد الصليع.
٥٢- أوجه التشبه والاختلاف وآفاق التكامل التقني والمنهجي بين المساحة التصويرية والاستشعار عن بعد.	د. طاهر بن علي القرني.
٥٣- الخصائص المورفومترية لحوضي وادي عركان ووادي بيش بالمملكة العربية السعودية: دراسة تطبيقية مقارنة.	د. محمد بن فضيل بورويه.
٥٤- التباين الإقليمي لتطور الصناعات الغذائية في المملكة العربية السعودية (١٣٧٣-١٤١٧هـ): تحليل جغرافي	د. عبد العزيز بن إبراهيم الحوفة.
٥٥- التوزيع الجغرافي للخدمات الصحية بمنطقة مكة المكرمة.	د. رمزي بن أحمد الزهراني.
٥٦- التركيب المحصولي الأمثل وأهميته على التوطن الزراعي بمنطقة مكة المكرمة.	د. عبد المحسن بن واجح الشريف.
٥٧- محاكاة أثر تراكم أخطاء الخرائط الطبوغرافية بمقياس ١: ٥٠,٠٠٠ على التحليل في نظم المعلومات الجغرافية.	د. علي بن معاضه الغامدي.
٥٨- نظم المعلومات الجغرافية والتفصيل الموضوعي لخرائط المنفوات الإيكولوجية الزراعية والرعوية في المملكة العربية السعودية.	د. بدر الدين بن طه عثمان.
٥٩- أهمية شبكات الطرق في التنمية السياحية لشاطئ العقير بالمنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية.	د. نجاح بنت مقبل القرعاوي.
٦٠- معايير التنمية الاقتصادية في المملكة العربية السعودية: دراسة جغرافية مقارنة	د. فريال بنت محمد الهاجري.
٦١- دراسة تحليلية لصور الرادار الروسي (ألماز) المأخوذة لمدينة الرياض	أ.د. عبد الله بن الصادق علي
٦٢- مساهمة الإناث السعوديات في قوة العمل	د. حورية بنت صالح الدومري
٦٣- الرياح السائدة المصاحبة للأمطار على منطقة ألها في المملكة العربية السعودية	أ.د جهاد بن محمد قربة
٦٤- أثر الجفاف على توزيع الغطاء النباتي في حوض قرى العرضة (أحد روافد وادي الطوقي) منطقة الرياض	د.عساف بن علي الحواس
٦٥- فاعلية موشرات عدم الاستقرار الجوي الرياضية المعمول بها في وسط المملكة العربية السعودية	د. فهد بن عبد الله الكليبي
٦٦- البطالة في المملكة العربية السعودية : أبعادها المكانية وملامحها الديموغرافية والاجتماعية	د. فهد بن محمد عبد الله الكليبي
٦٧- آراء السياح في منطقة عسير تجاه استخدام الخرائط السياحية : دراسة استطلاعية في محافظتي ألها والنماص	د. محمد بن عوض العمري
٦٨- استخدام المواقف المتعددة الأدوار في وسط مدينة الرياض	د. عامر بن ناصر المطير
٦٩- النظرة الجغرافية في تخطيط المدينة الصحراوية	د. عبد الله بن سعد الخالدي
٧٠- أهم خصائص رحلتي العمل والتعليم لمنسوبي جامعة الملك سعود بمدينة الرياض	د. صالح بن عبد العزيز الفوزان
٧١- استخدام صور الاستشعار عن بعد الرقمية عالية الوضوح المكاني لتحديد امتداد فيضانات السيول في سهل الخرج	د. فرحان بن حسين الجعيدي
٧٢- مستوى المحافظة على نظافة خزانات المياه المنزلية في مدينة الرياض وأثر خصائص السكان فيها	د. نوره بنت عبد العزيز آل الشيخ
٧٣- تقدير الصبيب اليومي الأقصى للسيول بحوض وادي الكبير الرمال (التل الشرقي الجزائري) .	د. محمد بن فضيل بورويه
٧٤- التحليل الجغرافي المقارن للمخطط التوجيهي الأول لمدينة الرياض (مخطط دوكسيادس).	د. عبد الله بن سعد الخالدي
٧٥- التوافق المكاني بين الإستراحات واتجاهات النمو العمراني في مدن القصيم	د. مساعد بن عبد الرحمن الحجيدب
٧٦- جيومورفوجية ساحل العقير وإمكانية تنميته سياحياً بين رأس القُرَيّة شمالاً وخشم أم حويض جنوباً (شرق السعودية)	د. عاطف بن معتمد عبد الحميد
٧٧- تقدير الاحتياجات المائية الشهرية للمحصول المرجعي في الأحساء	د. ناصر بن عبدالعزيز السعران
٧٨- المواقع الصناعية في مدينة الدمام بالمنطقة الشرقية من المملكة العربية السعودية	د. شريفة بنت معيض الفحطاني
٧٩- التصنيفات المناخية للطرق البرية وتطبيقاتها في المملكة العربية السعودية	د. سعد بن ناصر الحسين
٨٠-درجة حرارة أيام للتدفئة والتبريد عند عتبات حرارية متباينة في المنطقة الشرقية	د. بدرية بنت محمد عمر حبيب

أسعار البيع:
سعر النسخة الواحدة للأعضاء : ١٥ ريالاً سعودياً.
سعر النسخة الواحدة للمؤسسات : ٢٠ ريالاً سعودياً .
تضاف إلى هذه الأسعار أجرة البريد .

Price Listing Per Copy :
Individuals: ١٥ S.R.
Institutions: ٢٠ S.R.
Handing & Mailing Charges are Added on the Above Listting

Integrating RS and GIS to Infer Hydromorphometric Characteristics of Drainage Basins in Arid Lands

D. Assaf A. Alhawas

Abstract:

Remote sensing (RS), GIS techniques and statistical analysis were used to extract and analyze DEM and conventional morphometric characteristics. The morphometric characteristics such as stream length, number of streams, bifurcation ratio, density of streams per unit drainage area, relief, slope, and perimeter and area of drainage basin for the Selhya basin were extracted and analyzed. Hack's law, fractal analysis and grain size analysis of bed sediments were also done. The analysis illustrates the association between stream patterns and hydrological factors. The stream network in the basin is shown to have statistical space-filling properties, due to free geologic and geomorphometric constrains. Geological and hydrological interpretations suggest that bedrock topography, and lithology are homogenous throughout the basin area, which lead to the conclusion that hydrological factors related to flood recurrence and magnitudes are the main factors influencing the evolution of stream channels in the basin. A slope failure, or a major avalanche in the Uroma escarpment had changed the base level of the basin, which initiated a climbing wave of degradation migrating up-stream. Flood effectiveness, flood frequency, and nature of flood curve are among hydrological variables that can be inferred from morphometric analysis.

ISSN 1018-1423
Key title =Buhut Gugrafiyya

Administrative Board of the Saudi Geographical Society

Mohammed S. Makki	Prof.	Chairman.
Mohammed S. Al-Rebdi	Assoc. Prof	Vice-Chairman.
Abdulah H. Al-Solai	Assoc. Prof.	Secretary General.
Mohammed A. Al-Fadhel	Assoc. Prof.	Treasurer.
Mohammed A. Meshkhes	Assoc. Prof.	Head of Research and Studies Unit
Anbara kh. Belal	Assis. Prof.	Editor of Geographical Newsletter
Ali M. Alareshi	Prof.	Member.
Meraj N. Mirza	Assis. Prof.	Member
Mohammed A. Al-Rashed	Mr.	Member.

RESEARCH PAPERS IN GEOGRAPHY

PERIODICAL REFEREED PAPERS PUBLISHED BY SAUDI GEOGRAPHICAL SOCIETY

81

Integrating RS and GIS to Infer Hydromorphometric Characteristics of Drainage Basins in Arid Lands

Dr. Assaf A. Alhawas

King Saud University - Riyadh
Kingdom of Saudi Arabia
1428 A.H. - 2007 A.D.

بسم الله الرحمن الرحيم