

الأودية في قطاع من الساحل السعودي الجنوبي الغربي "دراسة تحليلية"

د. متولي عبد الصمد عبد العزيز علي*

مقدمة :

تتناول هذه الدراسة مجموعة من أحواض التصريف في جنوبي غربي المملكة، وتقع منطقة الدراسة فلكيا بين خطي عرض 15° 19'، و 20° 5' شمالا ، و 46° 40'، و 41° 40' شرقا، وتقترب المنطقة من شكل المربع إذ يبلغ طولها نحو 93 كم وعرضها نحو 95 كم، وتمتد المنطقة جغرافيا في منطقة الدرع العربي، وتمثل مصبات الأودية جزءا من سهل تهامة (شكل 1).

وتضم المنطقة سبعة أحواض تصريفية تتفاوت في أبعادها المختلفة وأكبرها حوضا أحسبة ودوقة، وتمثل هذه الدراسة امتدادا لدراسات أحواض التصريف بالمملكة وإن اختلفت الدراسة الحالية في اعتمادها على الأساليب الحديثة خصوصا نظم المعلومات الجغرافية.

وتكمن إشكالية البحث في اختلاف خصائص هذه الأحواض بالرغم من تجاورها المكاني، وبالرغم من تشابه العوامل المسؤولة عن نشأتها فإن التمايز بينها يبدو كبيرا، كما ترصد هذه الدراسة التباينات بين أحواض التصريف ومحاولة الوقوف على أسباب هذه الاختلافات باستخدام الأساليب الحديثة.

وتهدف الدراسة الحالية إلى :

- تحديد أحواض التصريف ومعالجة خصائصها المختلفة.
- دراسة أبعاد شبكات التصريف وخصائصها المورفومترية مع الأخذ في الاعتبار أن تحديد شبكة التصريف اعتمدت على أنموذج الارتفاع الرقمي (Digital Elevation Model, DEM) والخرائط الطبوغرافية وقد ساعد ذلك على تقليل الأخطاء التي تشوب الطرق التقليدية لدراسة أحواض التصريف، وحيث لم تعد الطرق التقليدية مواكبة للطفرات العلمية والتقنية التي يشهدها علم الجيومورفولوجيا في الآونة الأخيرة (الغامدي، ص 29).
- دراسة العوامل المختلفة المسؤولة عن تباين متغيرات أحواض التصريف وشبكتها ثم التوصل لمجموعات Clusters تضم الأحواض المتشابهة في خصائصها.

* مدرس الجغرافيا الطبيعية، كلية الآداب - جامعة القاهرة.

- اعتبار الدراسة الحالية مقدمة لعمل قاعدة بيانات شاملة لأحواض التصريف بالمملكة باعتبار أن أحواض التصريف أهم الظواهر الجيومورفولوجية وربما يكون ذلك مفيدا في عمليات التخطيط بالمملكة.

ولتحقيق الأهداف السابقة فقد اعتمدت الدراسة على المناهج والأساليب التالية :

- المنهج التحليلي الذي يهدف إلى عرض تفصيلي لخطوات استخدام أنموذج الارتفاع الرقمي واستخراج المتغيرات المورفومترية للأحواض، وقد استخدم الأنموذج لتحديد أحواض التصريف وإنشاء الخريطة الكنتورية وتحديد شبكة التصريف وقد استخدمت برمجية ARCGIS مع بعض

البرمجيات الأخرى مثل Global Mapper لعمل القطاعات الطولية وقياس أطوال المجاري الرئيسية.

- المنهج الأصولي إذ تمثل أحواض التصريف بالمنطقة وحدات جيومورفولوجية Geomorphic Units لها خصائصها المميزة .

وقد اعتمدت الدراسة على عدة أساليب أهمها :

الأسلوب الكمي الذي استخدم في جميع أجزاء هذه الدراسة بدءا من الحصول على البيانات الرقمية وأهمها أنموذج الارتفاع الرقمي DEM وتحويل الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية إلى خرائط رقمية، ثم معالجة هذه البيانات للحصول على المتغيرات المورفومترية للأحواض وشبكاتها بدقة عالية.

كما اعتمدت الدراسة على الأساليب الإحصائية المتقدمة مثل التحليل العاملي Factor Analysis والتحليل التجميعي أو العنقودي Cluster Analysis للوصول إلى عوامل اختلاف الأحواض وإيجاد مجموعات تضم الأحواض متشابهة الخصائص .

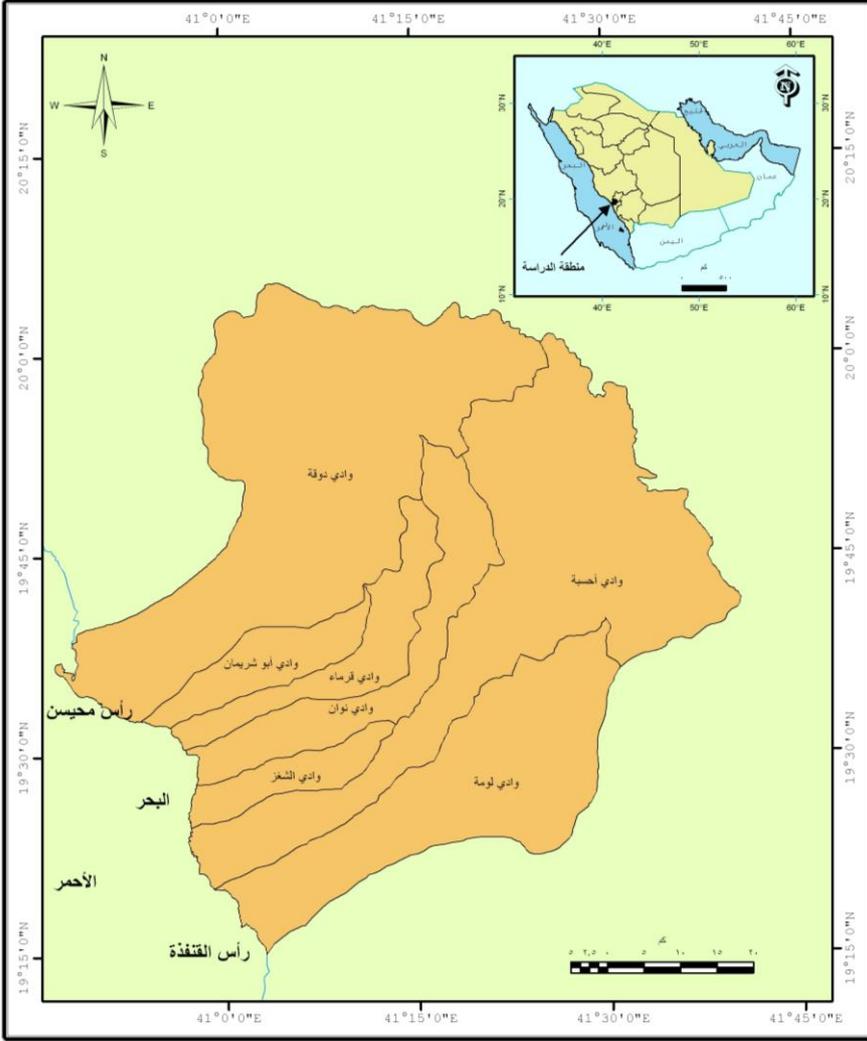
ولم تحظ منطقة الدراسة بدراسات جيومورفولوجية سابقة - على حد علم الباحث - وإن كانت هناك بعض الدراسات التي تناولت أحواض التصريف في مناطق أخرى من المملكة أو مناطق قريبة من منطقة الدراسة ومن هذه الدراسات :

- دراسة عبد الحفيظ سقا عن نظام شبكات التصريف المائي وعلاقته بـجيومورفولوجية المنطقة الجنوبية الغربية للمملكة، وقد ركزت الدراسة على الخصائص العامة لشبكات التصريف والأحواض.

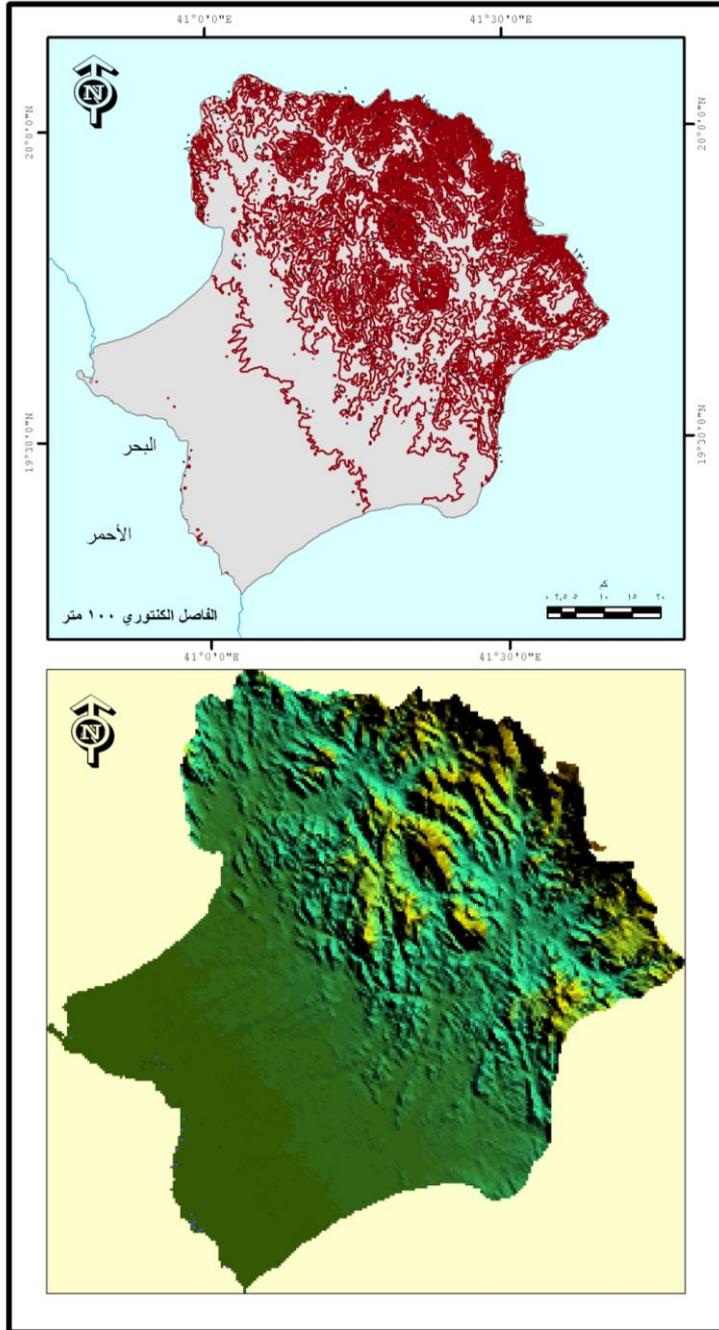
- دراسة الوليبي التي عالجت تعرج الأنهار في بعض أودية المملكة وإن اختلفت منهج المعالجة عن الدراسة الحالية.

وتتألف الدراسة من عدة مباحث هي :

- الملامح الجيولوجية.
- التحليل المورفومتري لأحواض التصريف وشبكاتها.
- خصائص شبكات التصريف.
- التحليل العاملي والتحليل التجميعي لأحواض التصريف.



شكل (1) : موقع منطقة الدراسة.



شكل (2) : أنموذج الارتفاع الرقمي والخريطة الكنتورية للمنطقة.

أولاً : الملامح الجيولوجية :

تشغل منطقة الدراسة نطاقاً من إقليم الدرع العربي، وتشغل صخور ما قبل الكامبري نحو 70% من مساحة المنطقة، ونحو 30% موزعة بين تكوينات البازلت الميوسيني (4%) وإرسابات الزمن الرابع.

وتتوزع التكوينات الجيولوجية بمنطقة الدراسة على النحو التالي :

(أ) صخور ما قبل الكامبري :

وتتدرج هذه الصخور في أحجامها وخصائصها الجيولوجية ، فهناك الصخور التي تتجمع في صورة كتلية Massive مثل الجرانيت، وهناك الصخور ذات البلورات الصغيرة سهلة التفتت (مخطط

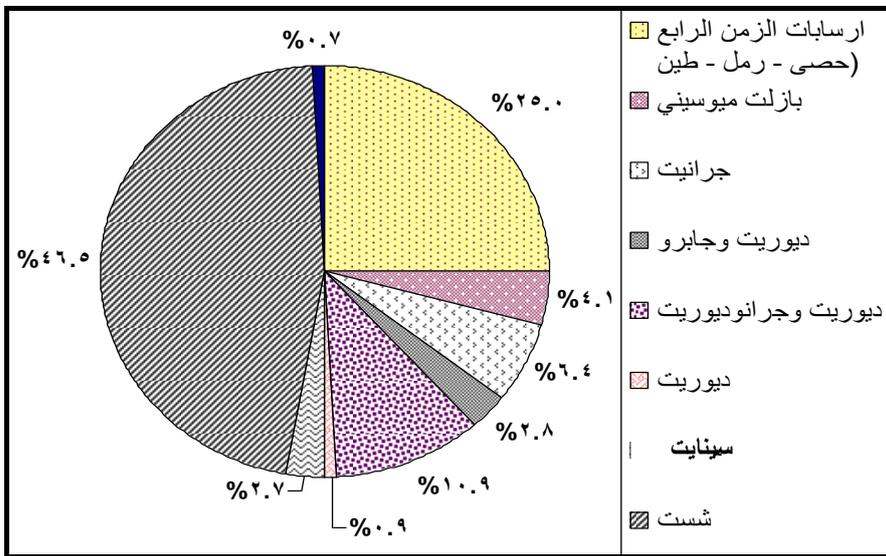
التنمية الشاملة لمنطقة الباحة، ص 34)، ويتراوح عمر صخور ما قبل الكامبري بالمنطقة بين 850 - 600 مليون سنة قبل الآن (الشنطي، ص 16-26).
وتتقسم صخور ما قبل الكامبري إلى :

1. الشست :

وهو من الصخور المتحولة وتغطي مساحة كبيرة من منطقة الدراسة تبلغ نحو 46% وهو ما يعادل نحو 2240 كم² (شكل 3)، وتختلف نسبتها في أودية المنطقة فهي تشكل نحو 45% من مساحة وادي أحسبة ونحو 62% من وادي دوفة ونحو 64% من وادي قرماء ونحو 47% من وادي نوان، وتقل نسبتها عن 30% في أودية الشغز وأبو شريمان ولومة.
ويتضح من شكل (4) أن هذه التكوينات تنتشر انتشارا كبيرا بالمنطقة وقد أثرت على جريان الأودية، وتتسم التكوينات المذكورة باللون الأخضر (Greenwood, p. 8).

2. الجرانيت :

تغطي هذه الصخور مساحة نحو 6.5% من مساحة المنطقة (شكل 3)، وهو ما يمثل نحو 307 كم²، وتتركز بصورة رئيسية في الأجزاء الشمالية والشمالية الشرقية وتحديدا في مناطق المنابع العليا لأودية أحسبة والدوفة ولومة، أما بقية أودية منطقة الدراسة فتخلو من هذه التكوينات.
وتتألف هذه الصخور من المونوزوجرانيت والبيوتيت جرانيت، وتتألف من 24% من الكوارتز، 45% من الأوليجوكلاس Oligoclase، 31% من الميكروكلاين Microcline ونحو 10% من البيوتيت، ويميل لون الصخور للون الوردي ويتراوح عمرها بين 620 - 670 مليون سنة قبل الآن (Greenwood, p. 12).



شكل (3) : التوزيع النسبي للتكوينات الجيولوجية بالمنطقة.

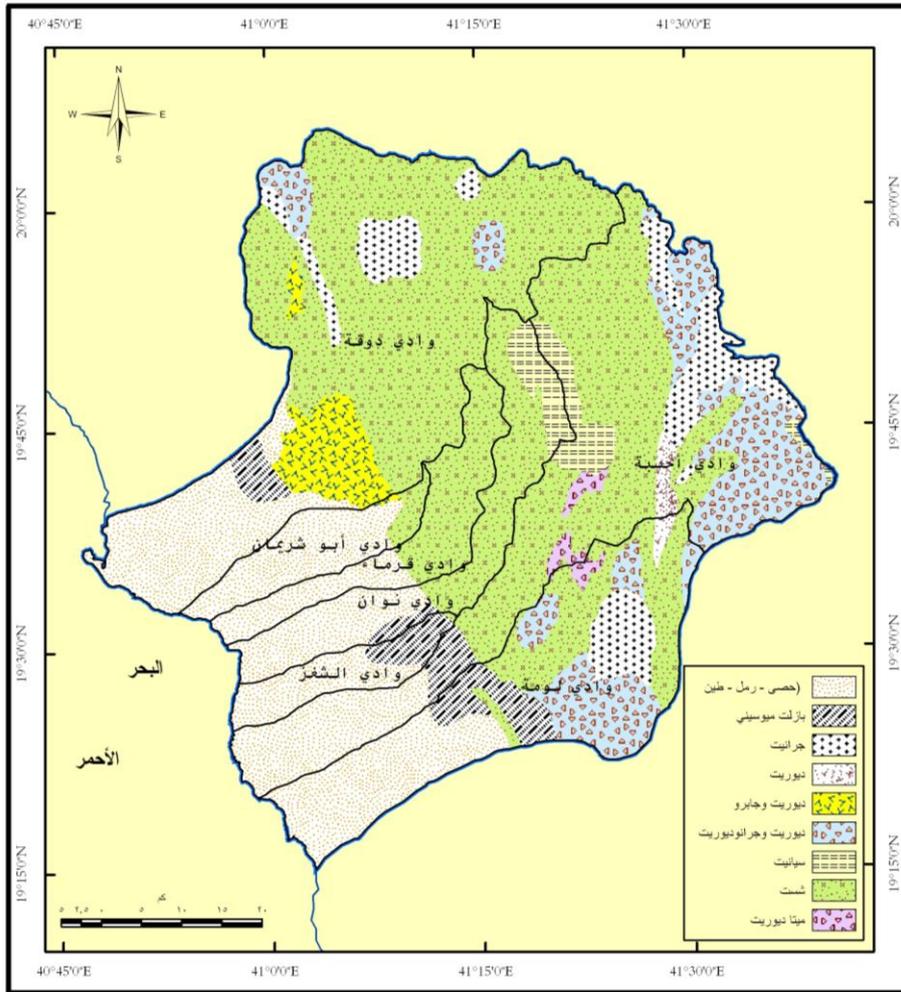
3. الديوريت والميتاديوريت :

تعد هذه التكوينات أقدم صخور المنطقة إذ يتراوح عمرها بين 840-800 سنة قبل الآن وإن كانت تكوينات الميتاديوريت أحدث عمرا من تكوينات الديوريت، وتشغل هذه الصخور نحو 8% من مساحة

المنطقة وتتركز في وادي أحسبة ودوقة ولومة وتختفي في بقية أودية المنطقة (شكل 4). وقد تأثرت هذه الصخور بالانكسارات التي صاحبت الإخدود الإفريقي ولذلك تنتشر بها الصدوع بصورة كبيرة.

4. السينيات :

وتشغل هذه الصخور نحو 3% من مساحة المنطقة وتتركز بصورة رئيسية في أودية أحسبة ودوقة ونوان، وتمثل هذه الصخور القواطع الأفقية Sills ، وتتألف من المونزونائيت والمونزونائيت الكوارتيزي. كما توجد بالمنطقة بعض التكوينات الصخرية الأخرى المتداخلة مع بعضها مثل الديوريت والجرانوديوريت والديوريت والجابرو، وترجع كلها إلى عصر ما قبل الكامبري.



شكل (4) : التكوينات الجيولوجية بمنطقة الدراسة.

(ب) تكوينات الزمن الثالث :

تتمثل هذه التكوينات في صخور البازلت الميوسيني التي تشغل نحو 4% من مساحة المنطقة، وتظهر في أغلب أودية المنطقة باستثناء وادي أبوشريمان وقرماء، وتنتم هذه الصخور بلونها الرمادي الداكن ويبلغ سمكها نحو 58 متراً (Greenwood, p. 17)، وتتألف هذه التكوينات من نحو 20 تتابعا من المصهورات البركانية.

(ج) إرسابات الزمن الرابع :

تشغل هذه الإرسابات نحو ربع مساحة المنطقة وتنتشر في كل أودية المنطقة دون استثناء وإن كانت نسبتها تختلف من وادٍ لآخر ففي حين تبلغ نسبتها في وادي أحسبة نحو 13% فإنها تشكل نحو 85% من وادي أبو شريمان (ملحق 1).

وتتألف هذه التكوينات بصورة أساسية من الحصى والحصباء والرمل والصلت والصلصال، وتنتشر انتشاراً كبيراً ببقعان الأودية ومدرجاتها .

وتتداخل هذه الإرسابات مع الرواسب الملحية في نطاق السهل الساحلي، وتكون أكثر نعومة وتتألف من الرمل الناعم والصلصال بالإضافة إلى الأملاح.

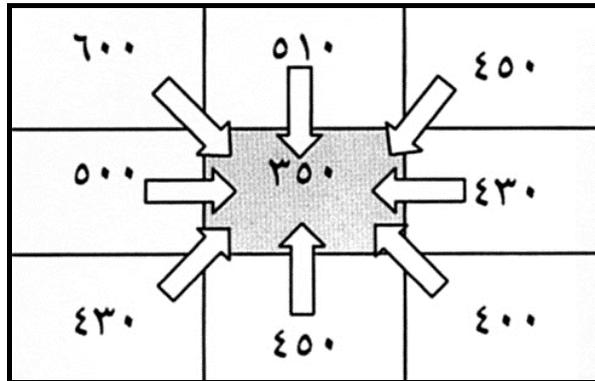
ثانياً : التحليل المورفومتري لأحواض وشبكات التصريف :

اعتمدت دراسة أحواض التصريف وشبكاتها على تحديد منطقة الدراسة وتحديد الأحواض ثم التحليل المورفومتري لأحواض التصريف، وقد استخدم الباحث أسلوب نظم المعلومات الجغرافية في ذلك إذ اعتمدت الدراسة على نموذج الارتفاع الرقمي Digital Elevation Model، وكذلك على الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية بعد إجراء عملية ترقيم آلي Digitizing لها.

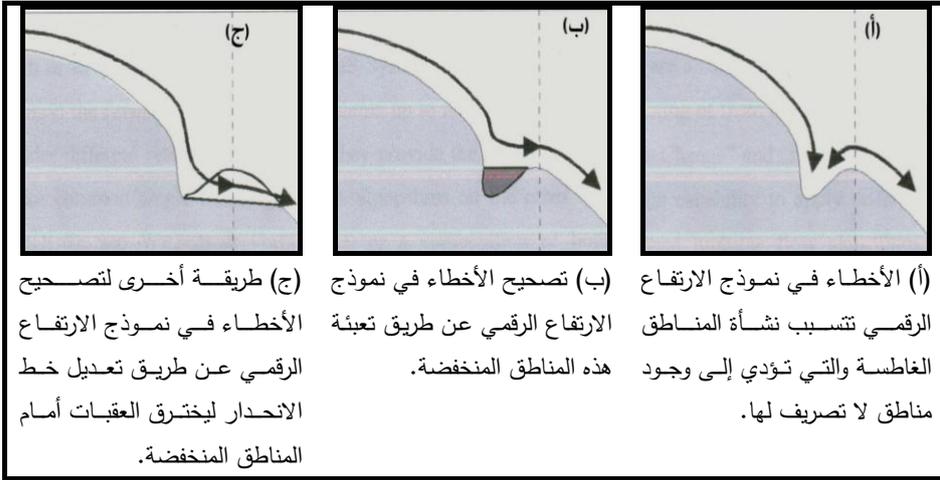
وقد مرت عملية إعداد نموذج الارتفاع الرقمي لاستخدامه في الدراسة الحالية بعدة مراحل هي :

- أ- تحديد منطقة الدراسة بعد تحويل إحداثيات النموذج إلى نظام UTM .
- ب- تحديد المناطق الغاطسة Sinks التي تعوق عملية التحليل واستخراج مجاري الأودية ، وكمثال على ذلك يظهر من شكل (5) الذي يمثل نموذج مصغر للمناطق الغاطسة ويظهر داخل كل مربع (خلية) قيمة المنسوب، ويتبين أن المربع الأوسط والذي يحمل منسوب 350 متر سيؤدي إلى تجميع المياه من الخلايا المحيطة به ومن ثم تتكون منطقة غاطسة تؤدي إلى انقطاع التصريف . ويتضح أثر هذه المناطق الغاطسة في تجميع المياه وتكوين ما يشبه البحيرة تقطع جريان الأودية ولذلك تصبح أودية لا تصريف لها Dischargeless streams ، ويمكن حل هذه الإشكالية بأسلوبين :

- الأول : يقوم على ملء Filling الأجزاء الغاطسة أو بمعنى آخر رفع منسوبها بحيث لا تتجمع فيها المياه وتكون عائقاً يمنع تدفق الجريان (شكل 6).
- الثاني : يقوم على تخفيض العائق الذي يقف حائلاً لجريان المياه عن طريق تخفيض منسوبه كما يتضح من شكل (6).



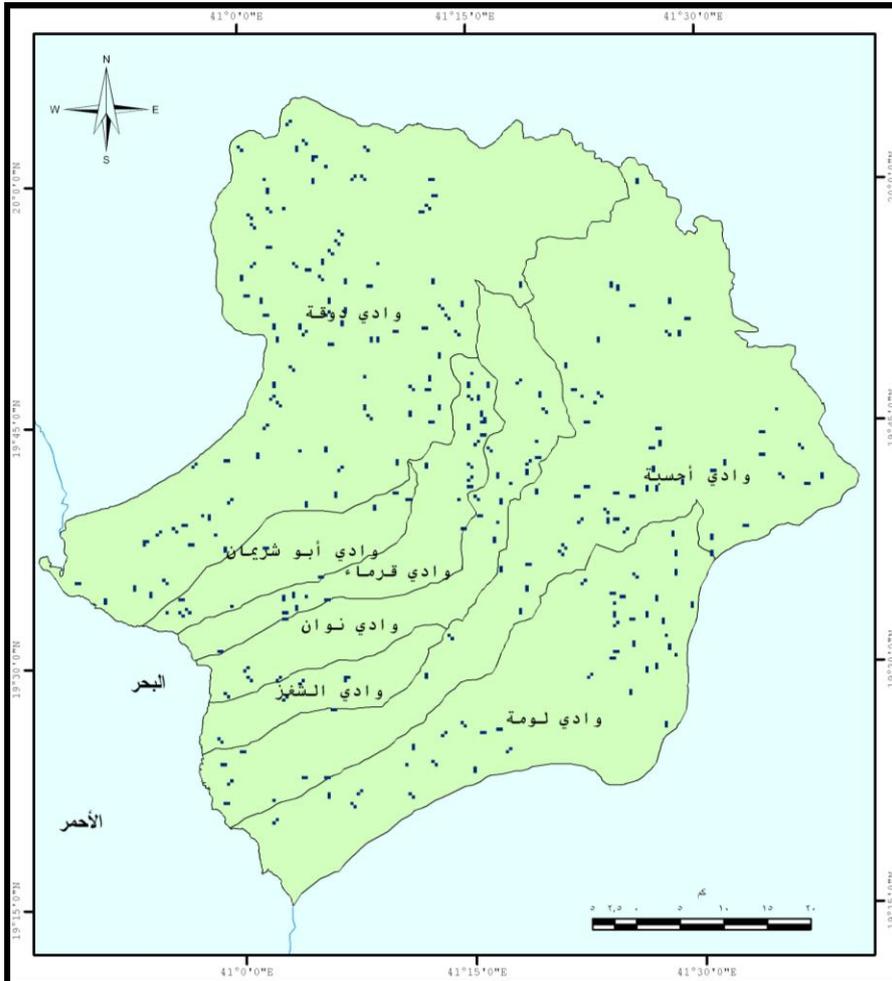
شكل (5) : طريقة تكون المناطق الغاطسة.



المصدر: Schauble, 2003.

شكل (6) : نشأة المناطق الغاطسة وطرق التخلص منها.

ويتضح من شكل (7) مدى انتشار هذه الأجزاء المنخفضة والتي قد تكون قد نتجت عن أخطاء في النموذج الرقمي، وبلغ عدد هذه المناطق نحو 250 منطقة لا تغطي أكثر من حوالي 4% من مساحة المنطقة، ولكن على الرغم من تساؤل هذه النسبة إلا أن انتشارها في أجزاء عدة من أودية المنطقة يؤدي إلى أخطاء عديدة عند تحديد المجاري النهرية في حالة عدم التخلص منها.



شكل (7) : توزيع المناطق الغاطسة بمنطقة الدراسة.

وجدير بالذكر أن ترك هذه الأجزاء الغاطسة سيؤدي إلى أخطاء جمة في تحديد المجاري النهرية وتحويل بعض مناطق التصريف الخارجي إلى أجزاء ذات تصريف داخلي Internal Drainage، وعلى الرغم من ذلك فإن هذا الأسلوب ربما يؤدي إلى إزالة بعض البحيرات الموجودة بالفعل والتي لا تمثل عائقا أمام جريان الأودية، ومن ثم يلزم عند اكتشاف المناطق الغاطسة في نموذج الارتفاع الرقمي مقارنة بالخرائط الطبوغرافية ومعرفة هل توجد بحيرات بالفعل في المناطق التي أظهرها النموذج كمناطق غاطسة أم أنها أخطاء نتجت مع إنشاء الأتمودج، وفي هذه الدراسة تم مقارنة الخرائط الطبوغرافية بنموذج الارتفاع الرقمي واتضح من هذه المقارنة أن المناطق الغاطسة ما هي إلا أخطاء حدثت أثناء إنشاء أتمودج الارتفاع الرقمي، ولذلك فقد تم التخلص منها بالأسلوبين اللذين تم ذكرهما.

تحديد المجاري المائية :

من خلال أتمودج الارتفاع الرقمي DEM⁽¹⁾ وكذلك خريطة المجاري الرئيسية تم تحديد شبكة المجاري النهرية وأحواضها من خلال الخطوات التالية :

من خلال الشكل المقابل والذي يوضح جزءا من أتمودج الارتفاع الرقمي يتضح قيم الارتفاع بالمترا داخل كل خلية، فإذا أخذنا الخلية الوسطى على سبيل المثال سنجد أن الجريان منها لا بد أن يتجه نحو الجنوب ذلك لأن الخلايا التي تقع جنوبها أقل منها منسوباً، ومن الممكن أن يكون المجرى الخارج من الخلية الوسطى أحد الأسهم الثلاثة الموضحة على الرسم (شكل 8أ).

ويوضح شكل (8ب) الاختلافات في قيم المنسوب بين الخلية الوسطى والخلايا الجنوبية الثلاث، وينبغي الإشارة إلى أننا استبعدنا الخلايا العليا والجانبية بسبب أنها إما أعلى منسوباً أو مساوية في المنسوب للخلية الوسطى.

	خلية مطلوب حساب الجريان لها	
٢٠ -	٤٠ -	٣٠ -
A(١٤)	B(٤٠)	C(٢١)

شكل (8ب) : طريقة تحديد الجريان لأحدى خلايا أتمودج الارتفاع الرقمي.

٦٢٠	٦٢٠	٦٢٠
٥٦٠	٥٦٠	٥٦٠
٥٤٠	٥٢٠	٥٣٠

شكل (8أ) : طريقة تحديد الجريان من أتمودج الارتفاع الرقمي.

(1) أتمودج الارتفاع الرقمي "DEM" Digital Elevation Model عبارة عن خريطة رقمية تتألف من شبكة من المربعات (الخلايا) يحمل كل مربع رقماً يمثل المنسوب وطول ضلع المربع يعرف بدرجة الوضوح أو الدقة Resolution واستخدمت الدراسة الحالية أتمودج رقمي درجة وضوحه 90 متر (Jarvis A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, 2006). <http://srtm.csi.cgiar.org>

وبعد ذلك يحدد وزن نسبي لكل خلية من الخلايا السابقة تبعاً لأكبر فرق في المنسوب وذلك من خلال المعادلة التالية :

(Schoubl, p. 9)

$$W = H_d / \sqrt{2}$$

حيث W تمثل الوزن النسبي للخلية

H_d تمثل فرق المنسوب بين الخلية الوسطى والخلية المراد إيجاد الوزن النسبي لها.

ويتطبيق المعادلة السابقة يتضح أن الوزن النسبي للخلايا الثلاث قد تغير نوعا ما كما يتضح من الأرقام الموجودة تحت المناسيب، وبلغ الوزن النسبي للخلايا الثلاث (14 ، 40 ، 21).
وبعد ذلك يتم حساب النسبة المئوية لاحتمالية الجريان عن طريق المعادلة التالية :

$$Fp = W / \sum d$$

حيث Fp تمثل النسبة المئوية للجريان،

W تمثل الوزن النسبي للخلية،

$\sum d$ تمثل مجموع الوزن النسبي للخلايا.

ويتطبيق العلاقة السابقة على الخلية A على سبيل المثال تصبح نسبة الجريان كما يلي :

$$Fp(A) = 14 / (14+40+21) * 100 = 18.6\%$$

ويتطبيق المعادلة السابقة على الخلايا الثلاث تصبح نسب الجريان للخلايا الثلاث هي :

19 % للخلية A ، 53% للخلية B ، 28% للخلية C

ويتطبيق هذا الأسلوب يمكننا تحديد المجاري النهرية بدقة سواء أكان الجريان في مجرى واحد

Single Flow أم في مجاري متعددة Multiple Flows .

وعلى الرغم من دقة الطريقة السابقة في تحديد شبكة التصريف (وبخاصة إذا اعتمدت الدراسة على خلايا ذات مساحات صغيرة) فإنه يجب أخذها بنوع من الحيطة والحذر وذلك عن طريق مقارنة نتائج هذه الطريقة بالخرائط الطبوغرافية التفصيلية والصور الجوية إن أمكن والدراسة الميدانية إذا تطلب الأمر ذلك، وقد اعتمدت الدراسة الحالية على الطريقة السابقة مع مقارنتها بالخرائط الطبوغرافية مقياس 1 : 50.000 للوصول إلى نتائج دقيقة وتحديد شبكة التصريف بأعلى دقة ممكنة.

وتتألف المنطقة - كما سبق أن أشرنا - من سبعة أحواض تصريف تتفاوت في أبعادها مورفومترية، ودراسة الخصائص المورفومترية توضح خصائص الحوض الإحصائية المختلفة وأثر العوامل المختلفة عليها مثل نوع الصخر والمناخ السائد، وكذلك تبين مدى التشابه والاختلاف بين أحواض التصريف ومدى انعكاس ذلك على العمليات الجيومورفولوجية بالأحواض. ويمكن دراسة التحليل المورفومتري للأحواض من خلال معالجة العناصر التالية :

(أ) المساحة :

تعد من أهم الخصائص المورفومترية للأحواض فهي تحدد الاطار الذي يستقبل المدخلات (المطر) وكذلك المساحة التي يتم منها نقل الرواسب (Leopold, p. 149).

جدول (1) : المتغيرات الرئيسية لأحواض التصريف.

الوادي	المحيط (كم)	المساحة الكلية (كم ²)	الطول (كم)	طول المجرى الرئيسي (كم)	العرض (كم)
وادي دوقة	253.79	1640.33	76.90	78	38.61
وادي أبو شريمان	81.64	193.87	34.70	30.7	9.28
وادي قرماء	125.37	261.66	47.19	59	9.44
وادي نوان	163.35	391.78	56.39	74	10.11

6.35	33.8	30.87	145.28	70.78	وادي الشغز
44.88	105	65.87	1376.87	288.65	وادي أحسبة
22.81	56	88.40	812.09	167.64	وادي لومة
44.88	105	88.40	1640.33	288.65	أعلى قيمة
6.35	30.7	30.87	145.28	70.78	أدنى قيمة
20.21	62.36	57.19	688.84	164.46	المتوسط
15.72	26.04	21.36	606.23	82.24	الانحراف المعياري
77.80	41.76	37.35	88.01	50	معامل الاختلاف %

وقد تراوحت مساحات أحواض التصريف بالمنطقة بين 1640 كم² (وادي دوقة) و 145 كم² (وادي الشغز)، وبلغ متوسط مساحة أحواض المنطقة نحو 688 كم²، في حين بلغ الانحراف المعياري 606، وسجل معامل الاختلاف قيمة مرتفعة بلغت 88%، ويشير ذلك إلى أن هناك تفاوتاً كبيراً في مساحات أحواض التصريف، ويوحى ذلك بأن أحواض التصريف تختلف في مراحلها الجيومورفولوجية، كما أن هذا التباين الكبير في مساحات الأحواض يشير إلى ابتعاد أحواض المنطقة عن مرحلة التوازن Equilibrium، إذ أن الوصول لمرحلة التوازن يستلزم الانتقال التدريجي لقيم الخصائص المورفومترية بين الأحواض المتجاورة (Doornkamp & King, pp. 3-4) ويتضح من خلال شكل (9) أن الأحواض كبيرة المساحة مثل حوضي أحسبة ودوقة تجاور أحواض قزميه المساحة مثل حوضي الشغز وأبو شريمان، وهذا ما يؤكد بعد أحواض منطقة الدراسة عن مرحلة التوازن كما أشرنا سلفاً.

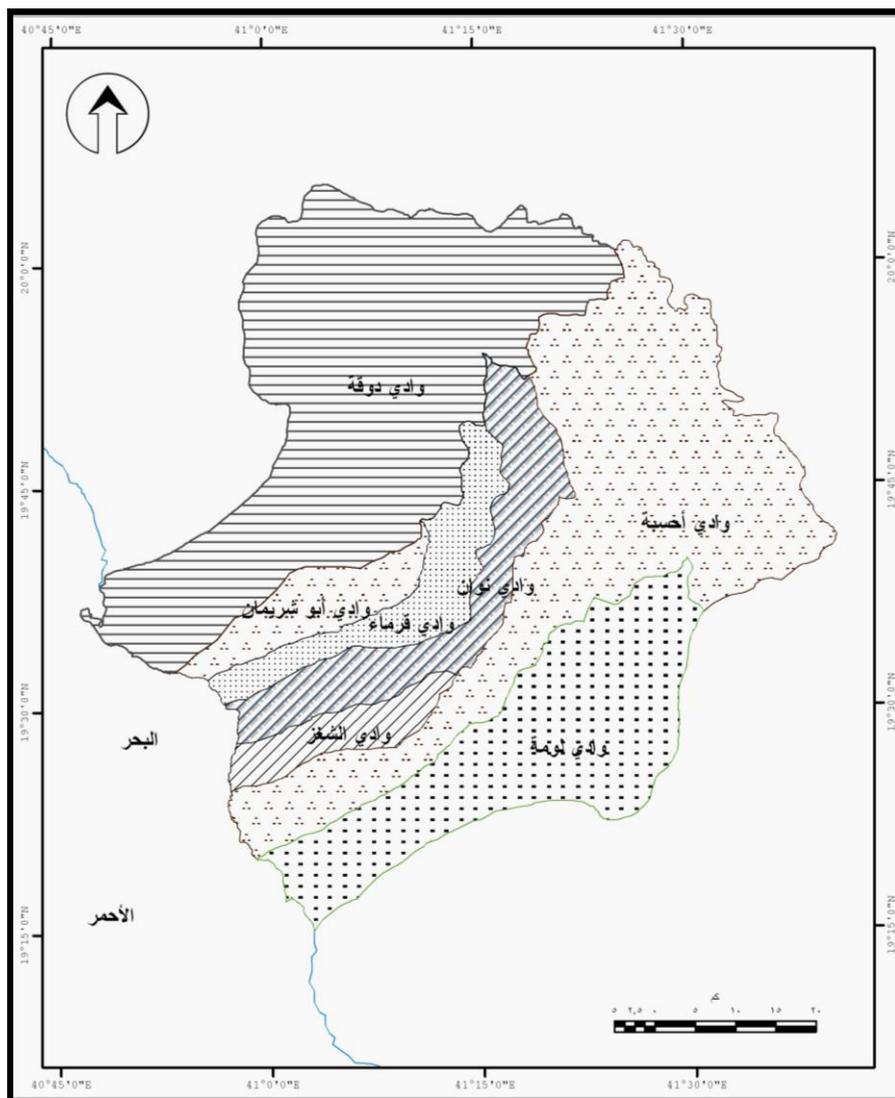
وقد تم حساب مساحة مناطق المنابع للأحواض الرئيسية وقد حددت تلك المساحات من خلال الخريطة الكنتورية إذ اعتبر خط كنتور 200 حداً فاصلاً بين مناطق المنابع ومناطق المصب، إذ تقترب خطوط الكنتور في المناسيب الأعلى من هذا المنسوب.

ويتضح من جدول (2) أن نسبة مساحة مناطق المنابع Catchments لإجمالي مساحة الحوض تتراوح بين 6%، 80% لحوضي أبو شريمان وأحسبة على التوالي بمتوسط عام للمنطقة بلغ 44%، وتشير هذه النسبة إلى المساحة التي تغذي أحواض التصريف بالمياه وتؤثر بدورها على عدد الروافد وكمية التصريف، وما من شك أنها تؤخذ في الاعتبار عند إقامة السدود أو إقامة مناطق عمرانية بأحواض التصريف.

جدول (2) : مساحات مناطق المنابع والمصبات بأحواض منطقة الدراسة.

الوادي	مساحة المنابع كم ²	مساحة المصب كم ²	نسبة مساحة المنابع %	نسبة مساحة المصب %
وادي دوقة	1031.53	608.8	62.89	37.11
وادي أبو شريمان	12.87	181	6.64	93.36
وادي قرماء	116.96	144.7	44.70	55.30
وادي نوان	203.48	188.3	51.94	48.06
وادي الشغز	23.08	122.2	15.89	84.11
وادي أحسبة	1104.47	272.4	80.22	19.78
وادي لومة	319.89	492.2	39.39	60.61

19.78	80.22	608.80	1104.47	أعلى قيمة
93.36	6.64	122.20	12.87	أدنى قيمة
56.91	43.09	287.09	401.75	المتوسط
74.40	25.60	188.97	467.65	الانحراف المعياري
40.58	59.42	65.82	116.40	معامل الاختلاف %



شكل (9) : أحواض التصريف بمنطقة الدراسة.

ب) أطوال الأحواض :

تعتبر أطوال الأحواض ذات دلالة مهمة لأنها تدخل ضمن حساب معاملات مورفومترية أخرى، كما أن أطوال الأحواض تتأثر بعدة عوامل كنوع الصخر وخصائصه والضوابط البنوية والانحدار وغيرها.

وعلى الرغم من تعدد طرق قياس أطوال أحواض التصريف إلا أن الدراسة الحالية اعتمدت على قياس طول الحوض من نقطة مصب الحوض إلى أبعد نقطة تقع على محيط الحوض، إذ أن هذه الطريقة تسهم في تحديد شكل الحوض (Chorley, 1969, p.38).

وقد بلغ متوسط أطوال أحواض التصريف بمنطقة الدراسة نحو 57 كم، وبميل شكل الأحواض للاستطالة - كما سنرى فيما بعد - وسجل وادي لومة أكبر قيمة من حيث الطول إذ بلغ طوله قرابة 89 كم، بينما سجل وادي الشغز أقل قيمة من حيث الطول وبلغ طوله نحو 30 كم وبلغ الانحراف المعياري 21 بينما كان معامل الاختلاف نحو 37% مما يدل على أن الأحواض لا تتمايز بصورة كبيرة من حيث أطوالها.

ج) عرض الأحواض :

تم قياس عرض الأحواض بقياس أقصى اتساع بحيث يكون متعامدا على الخط الممثل لطول الحوض (جودة، عاشور، ص 293).

وقد تراوح متوسط عرض الأحواض نحو 20 كم، ويعتبر وادي أحسبة أكثر الأودية اتساعا (45 كم)، بينما يعد وادي الشغز أقلها اتساعا إذ بلغ اتساعه نحو 6.35 كم، وبلغ الانحراف المعياري نحو 15، وبلغت قيمة معامل الاختلاف 78% وهذا يدل على التباين الكبير في اتساع الأحواض مقارنة بأطوالها، وتتسم الأحواض العريضة نسبيا كوادي أحسبة ووادي دوقة بوصول المياه إلى المجرى الرئيسي في وقت واحد مما يؤدي إلى زيادة تركيز الفيضان ومن ثم يؤثر ذلك على كمية المياه وحجم الرواسب التي ينقلها هذان الواديان.

د) محيط الأحواض :

محيط الحوض هو خط تقسيم المياه ويصبح متغيرا مهما عند استخدامه في استخراج بعض المعاملات المورفومترية الأخرى كشكل الحوض.

وقد تراوح متوسط محيطات الأحواض نحو 164 كم، وسجل وادي أحسبة أعلى قيمة إذ بلغ طول خط تقسيم المياه له نحو 288 كم، في حين كان وادي الشغز أقل قيمة وسجل محيطا بلغ 70 كم تقريبا، وبلغ الانحراف المعياري نحو 82 وسجل معامل الاختلاف نحو 50%، ومن الممكن تقسيم أحواض التصريف بالمنطقة إلى فئتين طبقا لأطوال خطوط تقسيم المياه، الفئة الأولى التي تزيد أطوال محيطاتها على 150 كم وتشمل أربعة أحواض وهي أحواض دوقة وأحسبة ونوان ولومة، أما الفئة الثانية فتضم الأحواض التي يقل أطوال محيطاتها عن 150 وتضم بقية أحواض المنطقة وهي أبو شريمان وقرماء والشغز.

هـ) شكل الأحواض :

تتعدد المعاملات التي تقيس شكل الحوض وأغلبها يركز على مدى اقتراب شكل الحوض أو ابتعاده عن شكل هندسي محدد مثل الدائرة والمستطيل والمربع، ومن المعاملات الشائعة التي تقيس شكل الحوض :

1- نسبة الاستطالة :

ويقارن هذا المعامل بين شكل الحوض وشكل المستطيل⁽¹⁾ ومن الممكن إدخال تعديل بسيط على هذا المعامل إذ يمكن استخدام طول المجرى الرئيسي بديلا لطول الحوض في خط مستقيم وذلك لأن استخدام أقصى طول للحوض قد يكون به بعض الأخطاء لأنه من الممكن أن يخرج خارج إطار الحوض وهذا ما يحدث في كثير من الأحيان، كما أن طول المجرى الرئيسي يكون معبرا عن هيدرولوجية حوض التصريف وخصائصه الجيومورفولوجية ومن ثم يكون أفضل عند استخدامه للحصول على شكل الحوض، كما أن الاعتماد على محيط الحوض للحصول على شكل الحوض من خلال استخدام نسبة الاستدارة يكتنفه كثير من الأخطاء، وهو ما دعا كثير من الباحثين ألا يعتمدوا عليه نظرا للأخطاء العديدة التي تحدث عند قياس محيط الحوض والمتعلقة بحجم الحوض ومقدار تعرج المحيط والمقياس المستخدم علاوة على أن محيط الحوض ليس له دلالة على هيدرولوجية حوض التصريف (Bardossy, Schmidt, p. 932).

(1) نسبة الاستطالة من المعاملات التي قدمها شوم (schumm,1956) ، $E=2*\sqrt{A}/(L*\sqrt{\pi})$ ، حيث L تمثل طول الحوض، A تمثل مساحة حوض التصريف.

جدول (3) : مقارنة بين نسبة الاستطالة باستخدام طول الحوض وطول المجرى الرئيسي.

النسبة الاستطالة باستخدام أقصى طول الحوض	النسبة الاستطالة باستخدام طول المجرى الرئيسي	الوادي
0.74	0.44	وادي دوقة
0.92	0.41	وادي أبو شريمان
0.70	0.27	وادي قرماء
0.64	0.25	وادي نوان
0.89	0.39	وادي الشغز
0.61	0.39	وادي أحسبة
0.98	0.40	وادي لومة
0.98	0.44	أعلى قيمة
0.61	0.25	أدنى قيمة
0.80	0.37	المتوسط
0.17	0.07	الانحراف المعياري
21.58	19.84	معامل الاختلاف %

ويوضح الجدول السابق مقارنة بين استخدام نسبة الاستطالة بالطريقة التقليدية والطريقة المستحدثة ويتضح أن هناك تفاوتاً كبيراً باستخدام الأسلوبين فعلى سبيل المثال سجل حوض وادي أبو شريمان قيمة بلغت 0.92، أي أنه وطبقاً لهذه القيمة يقترب من الشكل المستدير بينما لا يعبر شكله بأي حال من

الأحوال عن هذه الاستدارة، في حين أنه باستخدام متغير طول المجرى الرئيسي سجلت نسبة الاستدارة قيمة بلغت 0.41، أي أن الحوض يقترب من الاستطالة وهو ما يعد قريباً من الحقيقة لحد بعيد، والمثال السابق نفسه ينطبق على بقية أحواض المنطقة.

وبناءً على ما تقدم فإن الباحث يوصي باستخدام طول المجرى الرئيسي عند حساب نسبة الاستطالة، أما عن أحواض المنطقة فقد بلغ متوسط نسبة الاستطالة 0.37 مما يدل على أن الأحواض تميل للشكل المستطيل، وسجل وادي دوقة أعلى قيمة إذ بلغت نحو 0.44 بينما سجل وادي نوان أقل قيمة وبلغت 0.25، ولا يتعدى معامل الاختلاف 20% مما يوحي بقرب تشابه أحواض المنطقة فيما يتعلق بأشكالها.

وتتسم الأحواض التي تقل نسبة استطالتها عن 0.60 بأنها أحواض شديدة التضرس (Strahler, 1964, pp. 4-15)، كما أن الصخور النارية تميل لتكوين أحواض مستطيلة وشبه مستطيلة ويعزى ذلك لصلابة هذه الصخور ومقاومتها لعمليات التعرية المائية بالإضافة إلى انتشار الصدوع وهو ما ينطبق - إلى حد كبير - على أحواض منطقة الدراسة.

2- معامل الاندماج Compactness :

من المعاملات التي تقيس شكل الأحواض وربما تعد من أقدمها (Gravelius, 1914)، وعلى الرغم من اعتماده على محيط الحوض ومساحته⁽¹⁾ إلا أنه قد يعطي نتائج جيدة في حالة قياس محيط الحوض بدقة، وهذا المعامل دائماً يسجل قيماً أكبر من الواحد الصحيح، أما إذا كانت القيمة مساوية للواحد الصحيح فإن ذلك يعني أن الحوض كامل الاستدارة.

وتتراوح قيم معامل الاندماج لأحواض منطقة الدراسة بين 1.65 (لواذي أبو شريمان)، و2.33 (لواذي نوان)، أي أن وادي نوان هو أكثر الأحواض ابتعاداً عن الشكل المستدير، إلا أننا ينبغي أن نأخذ هذا المقياس بكثير من الحيطة وخصوصاً في حالة الأحواض صغيرة المساحة، وذلك بسبب طبيعة ترجحات المحيط التي تظهر بوضوح في الأحواض الكبيرة وتتلاشى أو تكاد في الأحواض الصغيرة، ومن ثم قد نجد أن قيم معامل الاندماج لوائي الدوقة والشغز تكاد تقترب من بعضها إذ بلغت 1.77، 1.66 للواديين المذكورين بالترتيب بالرغم من تباين شكليهما بصورة كبيرة - راجع خريطة الأودية في شكل (9) - ويرجع ذلك كما أسلفنا إلى تباين درجة وضوح Resolution محيط كل منهما على الرغم من استخدام مقياس واحد عند عملية القياس وحساب المحيط باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، ولذلك يرى الباحث أنه من الواجب إيجاد مقياس نسبي Relative Scale يتم من خلاله تحويل درجة وضوح الأحواض الكبيرة لتتناسب درجة وضوح الأحواض الصغيرة حتى تكون المقارنة دقيقة، وربما يكون ذلك قد أعطى لهورتون القول بعدم استخدام هذا المعامل لتساوي قيم واديين بالرغم من الاختلاف البين لشكليهما (Gregory, Walling, pp. 51-52).

3- معامل الانبعاج⁽²⁾ Lemniscate :

يقارن هذا المعامل بين شكل الحوض وشكل الكمثرى وذلك لأن أحواض التصريف المتناسقة لا تميل للاستدارة ولكنها تميل للشكل الكمثرى ولذلك يجب علينا مقارنة الأحواض بهذا الشكل وقد قدمه تشورلي عام 1957 (Chorley, 1957).

(1) معامل الاندماج يحسب من العلاقة التالية: $C = 4\pi A/P^2$ ، حيث A تمثل مساحة الحوض، p تمثل محيط الحوض (Gregory & Walling, p. 51).

(2) معامل الانبعاج يستخرج من العلاقة التالية: $K = (L^2 * \pi) / 4A$ حيث L تمثل طول الحوض، A تمثل مساحة الحوض (Gregory & Walling, p. 51).

جدول (4) : بعض معاملات الشكل المستخدمة لأحواض منطقة الدراسة.

الوادي	معامل الاندماج	معامل الانبعاث	معامل الشكل باستخدام طول المجرى الرئيسي
وادي دوقة	1.77	1.64	0.15
وادي أبو شريمان	1.65	1.85	0.13
وادي قرماء	2.19	4.34	0.06
وادي نوان	2.33	4.90	0.05
وادي الشغز	1.66	2.07	0.12
وادي أحسبة	2.19	2.09	0.12
وادي لومة	1.66	2.02	0.12
أعلى قيمة	2.33	4.90	0.15
أدنى قيمة	1.65	1.64	0.05
المتوسط	1.92	2.70	0.11
الانحراف المعياري	0.30	1.33	0.04
معامل الاختلاف %	15.67	49.20	35.77

وتدل القيم المنخفضة لهذا المعامل على انسيابية شكل الحوض وزيادة عمليات النحت الرأسي والتراجعي في حين أن القيم المرتفعة توحي بقلّة أعداد وأطوال المجاري النهرية كما توحي بأن الحوض لا يزال في بداية دورة التعرية الجيومورفولوجية. وقد تراوحت قيم هذا المعامل لأحواض التصريف بين 1.64 (حوض دوقة)، و 4.9 (حوض نوان)، وبلغ المتوسط العام نحو 2.7.

4- معامل الشكل Form Factor :

وهو من المعاملات التي تعتمد في حسابها على مساحة حوض التصريف والطول وقد استخدم الباحث هنا أيضا طول المجرى الرئيسي بدءا من نقطة المصب وحتى نهاية المجرى الرئيسي، ومن ثم فقد تراوحت القيم بين 0.5 (وادي نوان)، و 0.15 (وادي دوقة).

(و) خصائص تضاريس الأحواض :

تعتبر التضاريس من أهم العوامل المؤثرة على حوض التصريف إذ تؤثر على كمية الجريان ونسبة التبخر والتسرب، فالأحواض ذات الانحدار الهين تتسم بزيادة معدلات الفواقد Losses أما الأحواض شديدة الانحدار فتتسم بقلّة الفواقد ومن ثم زيادة سرعة الجريان وكمية التصريف مع الأخذ في الاعتبار العوامل الأخرى مثل الخصائص الصخرية والبيئية والأحوال المناخية.

كما تحدد تضاريس الحوض الطاقة الكامنة للحوض Potential Energy، والتي تؤثر بدورها على حجم وكمية الرواسب التي تنقلها الأودية (Schumm, 1977, pp. 21-22). إلى جانب ذلك فإن طبيعة تضاريس الحوض تحدد بصورة كبيرة المرحلة الجيومورفولوجية للحوض، ذلك لأن التضاريس وإن كانت تمثل عاملا مؤثرا في خصائص الحوض فإنها تعتبر كذلك من أهم محصلاته.

وباستخدام بعض الأساليب المورفومترية التي تعالج خصائص تضاريس الأحواض النهرية وباستخراج هذه القيم من خلال أنموذج الارتفاع الرقمي DEM فقد اتضح ما يلي :

يتراوح المدى التضاريسي للأحواض بين 2459متر، و149مترا، ويعتبر وادي دوقة أكبر الأودية من حيث المدى التضاريسي فيما يعد وادي الشغز أقل الأودية من حيث المدى التضاريسي.

وبالنسبة لدرجة الوعورة⁽¹⁾ فقد سجلت فيما مرتفعة في حوضي أحسبة ودوقة إذ سجلت فيما تعدت 3 بينما سجلت بقية الأحواض فيما أقل من 2، ومن المعلوم أن ارتفاع قيم درجات الوعورة يشير إلى تضرس الأحواض وارتفاع نسبة أطوال المجاري النهرية على حساب مساحة الحوض، وينبغي أن نشير إلى أن الأحواض التي تسجل فيما تزيد على الواحد الصحيح تعد أحواضا متضرسة بينما الأحواض التي تسجل فيما أقل من ذلك تعتبر أحواض قليلة التضرس، ومما يسبق يمكننا تقسيم أحواض المنطقة إلى :

- أحواض شديدة التضرس وتتمثل في حوضي دوقة وأحسبة.
- أحواض متضرسة وتتمثل في أحواض قرماء ونوان ولومة.
- أحواض قليلة التضرس وتتمثل في حوضي الشغز وأبو شريمان.

(1) درجة الوعورة تستخرج من العلاقة التالية: $Rn = H * (D/1000)$ حيث تمثل H المدى التضاريسي، D تمثل كثافة التصريف (Gregory & Walling, p. 60).

جدول (5) : الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف.

الوادي	المدى التضاريسي (متر)	درجة الوعورة	التضاريس النسبية	الرقم الجيومتري	التكامل الهيسومتري
وادي دوقة	2370	3.05	0.93	0.49	0.69
وادي أبو شريمان	459	0.27	0.56	0.29	0.42
وادي قرماء	1232	1.17	0.98	0.30	0.21
وادي نوان	1784	1.91	1.09	0.34	0.22
وادي الشغز	149	0.08	0.21	0.24	0.98
وادي أحسبة	2459	3.23	0.85	0.37	0.56
وادي لومة	1185	1.06	0.71	0.44	0.69
أعلى قيمة	2459	3.23	1.09	0.49	0.98
أدنى قيمة	149	0.08	0.21	0.24	0.21
المتوسط	1376.86	1.54	0.76	0.35	0.54
الانحراف المعياري	887.98	1.25	0.30	0.09	0.28
معامل الاختلاف	64.49	81.23	39.41	25.30	51.33

أما التضاريس النسبية فقد تراوحت بين 1.09 (وادي نوان)، و0.21 (وادي الشغز) وبلغ المتوسط 0.76 وبلغت نسبة الاختلاف نحو 39 % .

ومن المعاملات التي تأخذ في اعتبارها درجة انحدار سطح الحوض معامل الرقم الجيومتري⁽¹⁾ Geometric Number الذي يعتمد في حسابه على درجة الوعورة ودرجات الانحدار، وقد تم حساب درجات الانحدار لكل خلية⁽²⁾ Pixel، ثم حساب المتوسط بعد حصر عدد الخلايا التي تغطي كل حوض

من الأحواض، وذلك اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي كما سيرد بالتفصيل فيما بعد، وقد تراوحت قيم الرقم الجيومترى بين 0.49 (وادي دوقة)، و0.24 (وادي الشغز) وبلغ المتوسط العام نحو 0.35.

(1) الرقم الجيومترى يستخرج من العلاقة التالية: $Gn = Rn/Sb$ حيث Rn تمثل درجة الوعورة، Sb تمثل درجة انحدار الحوض

(2) الخلية Pixel هي أصغر مربع لأنموذج الارتفاع الرقمي وتبلغ درجة وضوحها 90×90 متر.

أما معامل التكامل الهيسومتري⁽¹⁾ فيعد من الأساليب التي تقيس درجة تضرس الأحواض بالإضافة إلى تحديد المرحلة الجيومورفولوجية للحوض إذ أن هناك علاقة طردية بين قيم التكامل الهيسومتري والمرحلة الزمنية التي قطعها الحوض في دورة التعرية الجيومورفولوجية (على، 2001، ص 103).

وقد تراوحت قيم التكامل الهيسومتري بين 0.98 لحوض وادي الشغز، و0.21 لحوض وادي قرماء، بمتوسط 0.54، ويبدل ذلك على أن حوض وادي الشغز قد قطع شوطاً معقولاً في مرحلة التعرية ويؤكد ذلك المدى التضاريسي للحوض الذي بلغ نحو 150 متراً، كما يتسم الحوض بقلة أعداد المجاري النهرية وجريانه فوق منطقة شبه منبسطة في أجزائه الدنيا.

أما الأودية الأخرى وخصوصاً الأودية الكبيرة مثل حوضي دوقة وأحسبة فقد سجلتا قيم بلغت 0.69، و0.56 للحوضين على الترتيب، مما يوحي بزيادة معدلات النحت بهذين الحوضين وارتفاع طاقتيهما في نقل المياه والرواسب.

ومن المعاملات التضاريسية أيضاً معامل (المدى التضاريسي ÷ طول المجرى الرئيسي) لحساب درجة تعرض الأحواض للنحت، إذ تشير القيم المرتفعة لمعدلات نحت مرتفعة أما القيم المنخفضة فتشير إلى معدلات نحت منخفضة (التركمانى، ص 97).

وتتراوح قيم هذا المعامل بأحواض المنطقة بين 0.023، و0.004، وقد سجلت أحواض دوقة وأحسبة أكبر القيم مما يشير إلى زيادة معدلات النحت، وربما يكون ذلك صحيحاً لحد بعيد إذ ترتفع أعداد مجاري الريبنتين الأولى والثانية، كما تتسم مناطق المنابع لهذين الحوضين بشدة تضرسها، بينما سجلت أحواض الشغز وأبو شريمان قيمة منخفضة (0.004، و0.012) مما يوحي بقلة معدلات النحت بهذين الحوضين خصوصاً وأنهما يجريان فوق مناطق قليلة الانحدار ويرتفع منسوب المياه الجوفية وتنتشر السباخ عند مصبيهما.

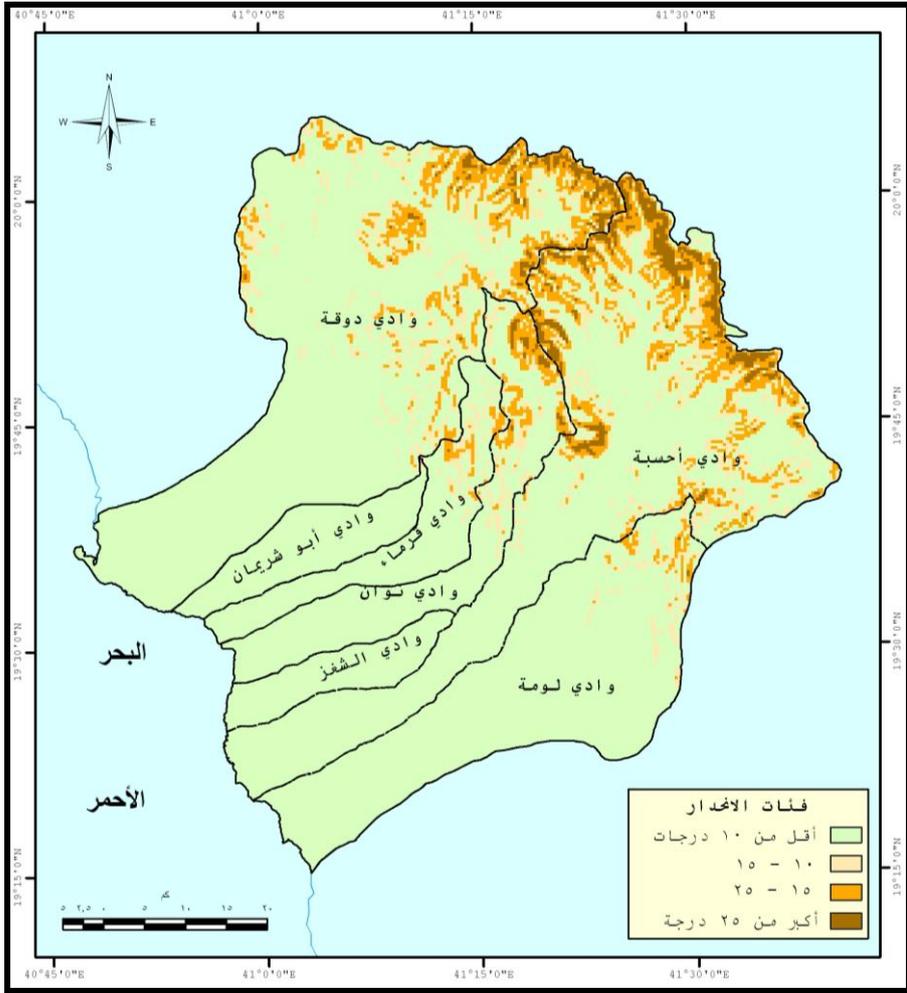
أما الانحدار فقد درست درجاته على مستوى المنطقة ككل ثم على مستوى كل حوض على حده، وذلك لأن منطقة الدراسة تمثل إقليمياً متكاملًا وإن بدت هناك بعض الاختلافات بين الأحواض، وينبغي الإشارة أيضاً إلى أن درجات الانحدار درست على مستوى الخلية Pixel ثم قسمت درجات الانحدار إلى عدة فئات (شكل 10)، ويتضح ما يلي :

(1) يستخرج التكامل الهيسومتري من العلاقة التالية: $Hi = A(km) / H(m)$ حيث A تمثل مساحة الحوض بالكم، H تمثل المدى التضاريسي للحوض بالمتر.

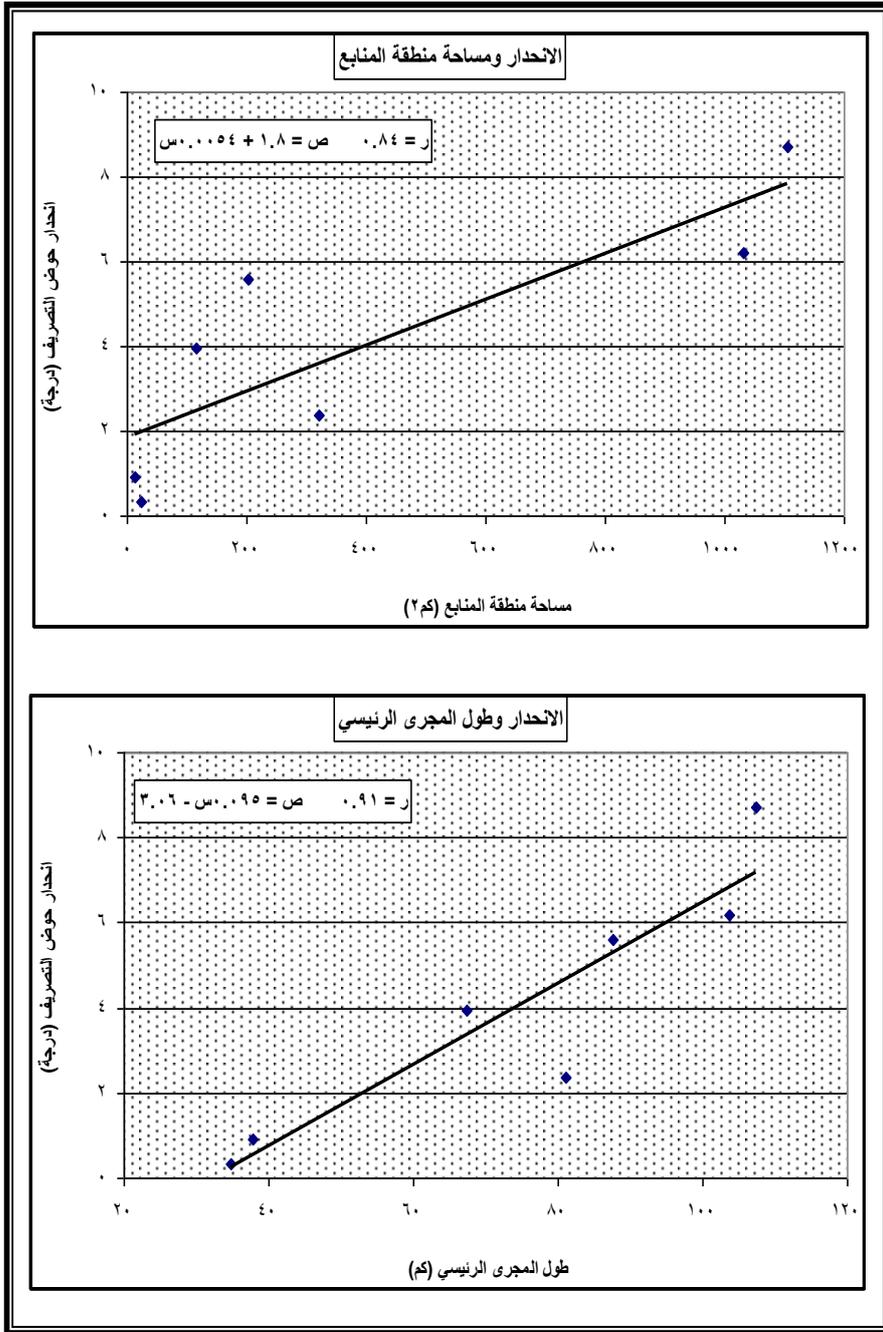
- تغطي الانحدارات الخفيفة (أقل من 10 درجات) أغلب مساحة المنطقة إذ تغطي مساحة تبلغ نحو 3790 كم² بنسبة 79% من مساحة المنطقة، وتغطي انحدارات هذه الفئة أغلب أحواض التصريف بل أن حوض وادي الشغز لا يزيد انحدار أي جزء منه عن 10 درجات، وتغطي هذه الفئة سطح وادي أبو شريمان بنسبة 98% كما أنها تشكل نسبة كبيرة من مساحات الأحواض

- الأخرى (لا تقل عن 70% في بقية الأحواض)، وتقل معدلات النحت بصورة كبيرة فوق الأسطح التي تنتمي لهذه الفئة وخاصة في حال الانحدارات التي تقل عن 4 درجات (Young , p.173).
- أما الانحدارات المتوسطة التي تتراوح بين 10-15 درجة فإنها تشغل مساحة تبلغ 470 كم² من مساحة المنطقة بنسبة تصل إلى 10%، وتتركز هذه الانحدارات في كل أحواض التصريف باستثناء حوض وادي الشغز وتتركز أساسا في أحواض دوقة وأحسبة ونوان، ويلاحظ أن هذه الانحدارات تختفي تماما في الأجزاء الدنيا للأودية وتتركز في قطاعاتها العليا.
 - وتتركز الانحدارات فوق المتوسطة 15-25 درجة، في مناطق المنابع لأحواض دوقة وقرماء ونوان وأحسبة وتقل بصورة كبيرة في حوض وادي لومة، وتبلغ المساحة التي تغطيها هذه الانحدارات نحو 425 كم² بنسبة 8.8% من مساحة المنطقة.
 - وتشغل الانحدارات الشديدة والشديدة جدا (أكبر من 25 درجة) مساحة تبلغ 128 كم² بنسبة 2.6% من مساحة المنطقة، وقد سجلت في ثلاثة أحواض فقط وهي دوقة وأحسبة ونوان كما سجلت في بعض البقع الصغيرة المنتشرة في حوضي لومة وقرماء، وتنتمى الأحواض الثلاثة الأولى بارتفاع عدد مجاري الارتفاع الأولى والثانية - كما سنرى لاحقا- مقارنة ببقية الأحواض الأخرى وقد ساهمت شدة الانحدار في مناطق المنابع لهذه الأحواض في تعرضها لعمليات النحت النهري ومن ثم فإن مردودها من الرواسب والتصريف يكون أكبر من الأحواض الأخرى.

وفي محاولة لدراسة العلاقة بين بعض المتغيرات مثل الانحدار ومساحة منطقة المنابع وطول المجرى الرئيسي (شكل 11)، فقد تبين أن الانحدار يرتبط بعلاقة قوية مع كل من مساحة منطقة المنابع وطول المجرى الرئيسي، إذ بلغ معامل الارتباط 0.84 ، 0.91 ، وعلى الرغم من أن ذلك قد يكون مخالفاً لما أورده جراف (Graf, pp. 50-51)، إذ قرر بوجود علاقة عكسية بين المساحة والانحدار، ويبدو أن أحواض منطقة الدراسة التي تتسم بشدة التضرس وخصوصاً في مناطق منابع الأحواض الكبيرة مثل حوضي دوقة وأحسبة بالإضافة إلى أن أحواض المنطقة ما زالت في بداية المرحلة التعرية الجيومورفولوجية، وربما يفسر ذلك وجود العلاقة الطردية بين الانحدار من جهة ومساحة منطقة المنابع وطول المجرى الرئيسي من جهة أخرى.



شكل (10) : فئات الانحدار بأحواض التصريف.



شكل (11) : العلاقة بين درجات الانحدار ومساحة منطقة المنابع وطول المجرى الرئيسي.

وبخصوص اتجاهات الانحدارات Aspects فقد اتضح من خلال دراسة اتجاهات الانحدارات ما

يلي:

- تتركز الأراضي المستوية Flat في بعض البقع الصغيرة في القسم الجنوبي الغربي للمنطقة.
- الانحدارات التي تتجه صوب الشمال والشمال الشرقي تتركز في الأجزاء الشمالية والشمالية الغربية للمنطقة.
- تتركز الانحدارات التي تتجه صوب الجنوب والجنوب الشرقي والغربي في الأجزاء الدنيا للأحواض، وجدير بالذكر أن اتجاهات الانحدارات تسهم في تحديد أماكن إقامة السدود على الأودية للإفادة منها في مجالات الزراعة والاستخدامات البشرية الأخرى.

ثالثاً : خصائص شبكات التصريف :

تمثل شبكات التصريف المردود النهائي لخصائص الحوض الصخرية والمناخية والبنوية، كما أن شبكات التصريف تتأثر بالتاريخ الجيولوجي للحوض والمرحلة الجيومورفولوجية، وقد استخدم نموذج سترالر لترتيب شبكات التصريف وتحليل العلاقات بين متغيراتها المختلفة. وحددت المجاري النهرية - كما سبق وأشرنا-بالمزج بين استخراجها من خلال أنموذج الارتفاع الرقمي⁽¹⁾ والخرائط الطبوغرافية بمقياس 1:50.000، وبعد أن تم تغذية الحاسب الآلي بجميع البيانات المتاحة تم استخراج شبكات التصريف لأحواض منطقة الدراسة (شكل 12).

(أ) أعداد المجاري النهرية :

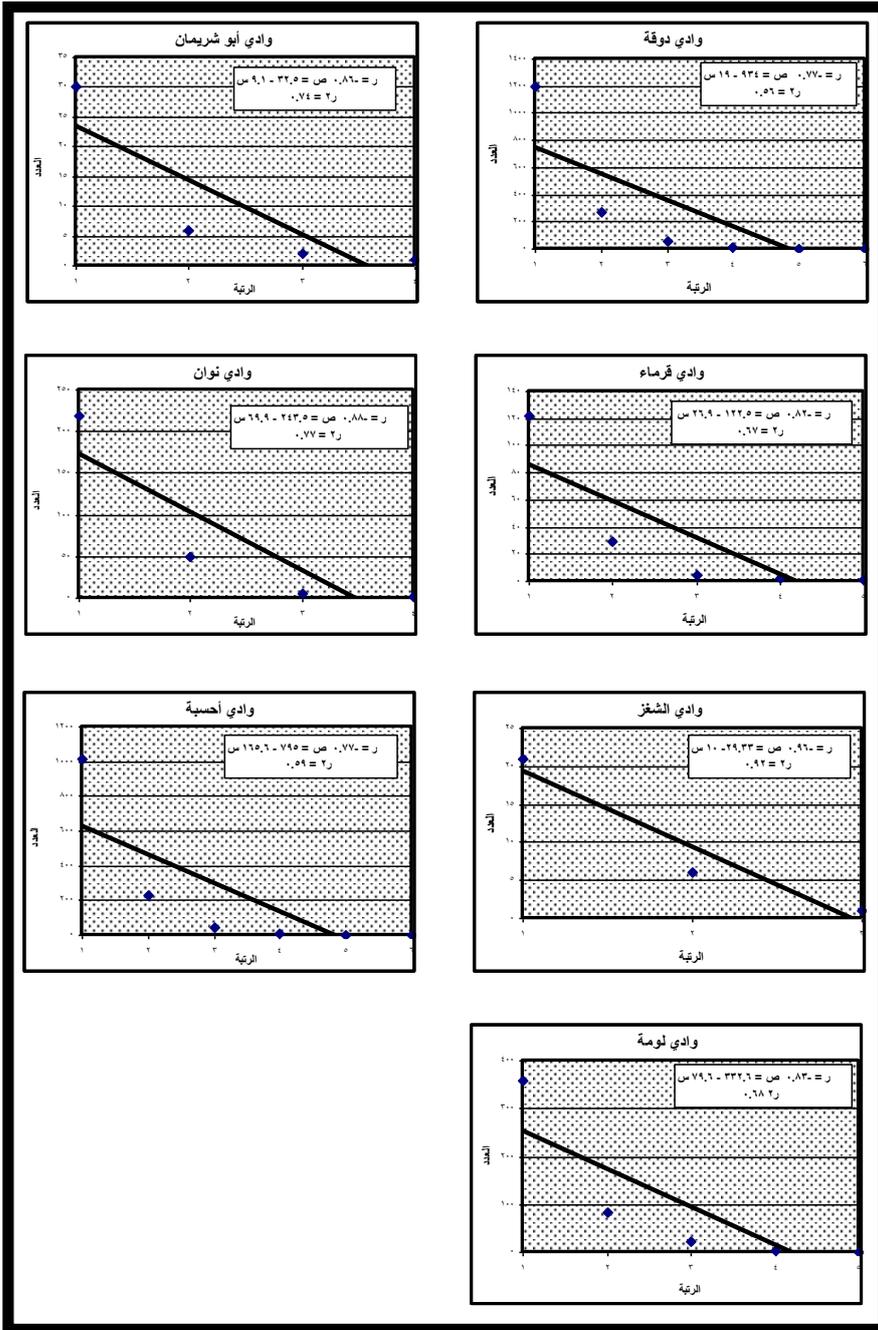
بلغ إجمالي أعداد المجاري النهرية بأحواض المنطقة 3977 مجرى (ملحق 2)، وبلغ عدد مجاري الرتبة الأولى 2958 بنسبة 87.5% من إجمالي أعداد المجاري، ويعد وادي دوقة أكثر الأودية استحواذاً على مجاري الرتبة الأولى إذ يحتوي على نحو 40% من مجاري الرتبة الأولى على مستوى المنطقة يليه وادي أحسبة بنسبة 34% ثم وادي لومة بنسبة 12%. أما مجاري الرتبة الثانية فبلغ عددها 672 مجرى بنسبة 20% تقريبا واستحوذ وادي دوقة على نسبة 40% من مجاري الرتبة الثانية على مستوى أحواض المنطقة ثم وادي أحسبة بنسبة 34.5% ثم وادي لومة بنسبة 13% تقريبا، وتوحي هذه النسب بأن هذه الأودية الثلاثة تضم أغلب مجاري الرتبتين الأولى والثانية بالمنطقة.

(1) استخدم برنامج Arc Hydrology لاستخراج المجاري النهرية.



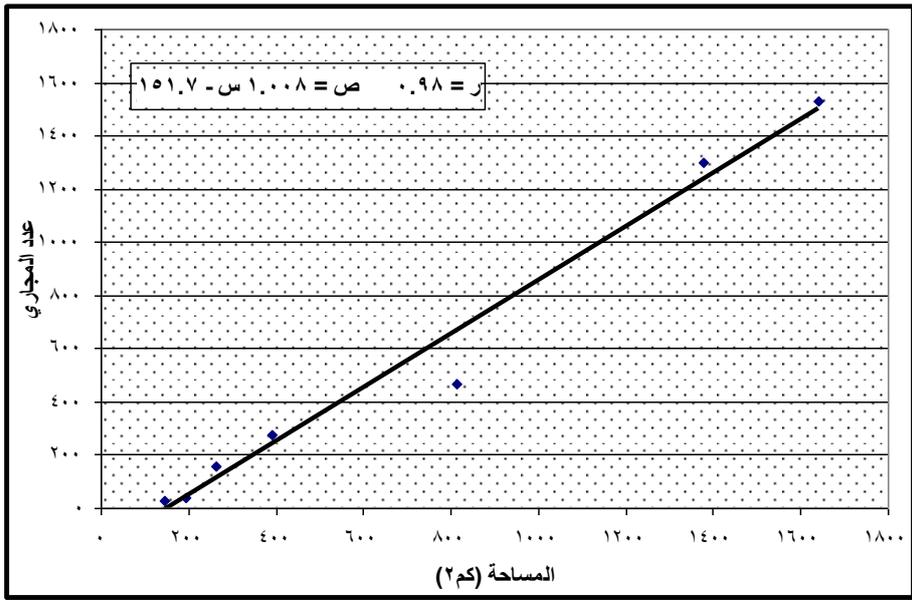
شكل (12) : شبكة التصريف بالمنطقة.

وتبلغ أعداد المجاري من الرتبة الثالثة إلى الرتبة السادسة 169 مجرى بنسبة 4.5% وهذا يعني أن مجاري الرتبتين الأولى والثانية يشكلان معا نحو 95%، كما يلاحظ أيضا أن وادي أبو شريمان ونوان ينتهيان بالرتبة الرابعة، في حين أن وادي الشغز ينتهي عند الرتبة الثالثة أما وادي قرماء ولومة فيصلان للرتبة الخامسة، ولا يصل للرتبة السادسة سوى وادي أحسبة ودوقة. ومن الجدير بالذكر أن هناك علاقة خطية عكسية بين الرتبة النهرية وأعداد المجاري، إذ تتصف الرتب الدنيا بارتفاع أعداد المجاري والرتب العليا بانخفاض أعداد المجاري (Leopold, pp, 135-136) (شكل 13).



شكل (13) : العلاقة بين الرتبة وأعداد المجاري بأحواض التصريف.

كذلك فقد تبين أن هناك علاقة رياضية بين مساحة الحوض وأعداد المجاري إذ بلغ معامل الارتباط نحو 0.98 (شكل 14)، ويشير ذلك إلى قوة هذه العلاقة حيث تتصف الأحواض كبيرة المساحة كحوضي دوقة وأحسبه بارتفاع أعداد المجاري بهما مقارنة بالأحواض صغيرة المساحة كحوضي الشغز وأبو شريمان، وبالرغم من ذلك فإننا لا نستطيع أن نصف هذه العلاقة بأنها علاقة سببية.



شكل (14) : العلاقة بين مساحة أحواض التصريف وأعداد المجاري.

(ب) نسبة التشعب :

يقصد بها نسبة عدد المجاري في رتبة ما إلى الرتبة الأعلى منها، وتتراوح نسبة التشعب للأودية التي يكون أثر الجوانب البنيوية بها محدود بين 3-5.05 (McCullagh, p.16)، أما زيادة نسبة التشعب عن القيم السابقة فتوحي بزيادة تأثير الجوانب البنيوية، كما أن نسبة التشعب تتأثر بشكل الحوض ونسبة الاستطالة والاستدارة وكذلك كمية التصريف، فالأحواض ذات نسب التشعب المرتفعة غالبا ما تتسم باستطالتها وتسمح بجران الماء لفترة طويلة من الزمن قبل وصوله للمجاري الرئيسية ومن ثم يزيد ذلك من فرصة امتلاء الخزانات الجوفية، بينما الأحواض منخفضة نسب التشعب فإنها غالبا ما تميل للشكل الدائري مما يؤدي لأن يكون الانسياب السطحي خلال فترة وجيزة، وذلك يزيد من فرصة حدوث السيول (Qannam, pp. 89-90).

وقد تراوحت نسب التشعب لأحواض التصريف بين 3.33-6.46 وبلغ المتوسط العام نحو 4.34، وقد انخفضت نسب التشعب في أودية أبو شريمان وقرماء، بينما بلغت نسبة التشعب بوادي نوان نحو 6.46 وهي تعد أعلى القيم على مستوى الأحواض، أما الوديان الرئيسية دوقة وأحسبة فقد بلغت نسبة تشعبهما 4.21 ، 4.20 على التوالي (جدول 6).

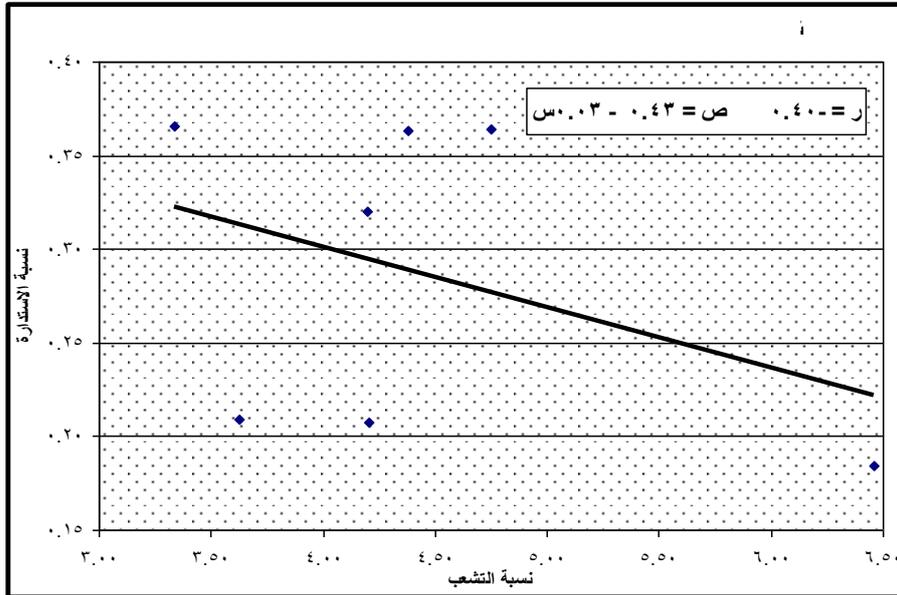
جدول (6) : بعض متغيرات شبكة التصريف.

الوادي	نسبة التشعب	تكرارية المجاري	نسبة النسيج الطبوغرافي	كثافة التصريف (م/كم ²)
وادي دوقة	4.20	0.93	6.02	1.29
وادي أبو شريمان	3.33	0.20	0.48	0.59
وادي قرماء	3.63	0.61	1.27	0.95
وادي نوان	6.46	0.70	1.68	1.07

0.56	0.40	0.19	4.75	وادي الشغز
1.31	4.50	0.94	4.20	وادي أحسبة
0.89	2.80	0.58	4.38	وادي لومة
1.14	2.45	0.59	4.34	المتوسط

ومما سبق يمكن القول بأن أودية أبو شريمان وقرماء ودوقة وأحسبة تعد من الأودية التي تزيد بها فرصة حدوث السيول ولا سيما وادي دوقة وأحسبة، لإنهما يتسمان بزيادة مساحة منطقة تجميع المياه Catchment Area لكل منهما.

وبدراسة العلاقة بين نسبتي التشعب والاستدارة وجد أنها علاقة عكسية متوسطة نوعا ما إذ بلغ معامل الارتباط نحو -0.40 ، ويشير ذلك إلى أن الأحواض التي ترتفع بها نسبة التشعب تقل بها قيم الاستدارة أي أنها تبتعد عن الشكل المستدير، أما الأحواض التي تميل للاستدارة فإنها تتسم بارتفاع قيم نسب التشعب (شكل 15).

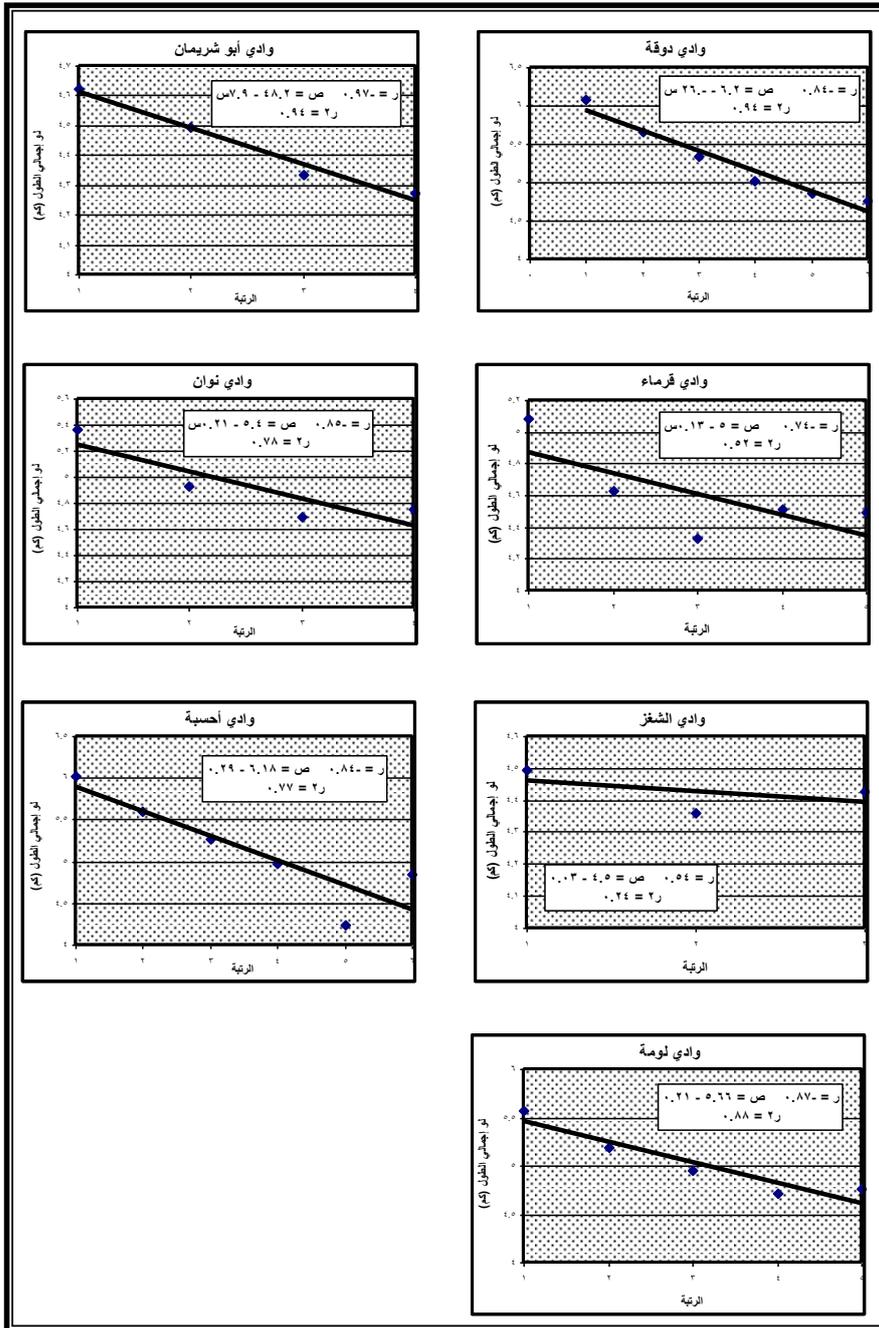


شكل (15) : العلاقة بين نسبة التشعب ونسبة الاستدارة لأحواض التصريف.

ج) أطوال المجاري النهرية :

بلغ إجمالي أطوال المجاري نحو 5505 كم وتمثل أطوال مجاري الرتبة الأولى نحو 55% بينما الرتبة الثانية نحو 21%، أي أن إجمالي الرتبتين الأولى والثانية معا يشكلان نحو 76% من إجمالي أطوال المجاري، وقد أشار تشورلي إلى وجود علاقة بين إجمالي أطوال المجاري والرتبة النهرية على أن تستخدم القيم اللوغارتمية على المحور الرأسي (شكل 16)، الذي يمثل أطوال المجاري (Chorley, 1957, p.144)، وتتراوح معاملات ارتباط الأحواض بين -0.54 ، -0.97، كما توجد علاقة ارتباطيه موجبة بين إجمالي أطوال المجاري ومساحة الحوض (Shcum, 1956, p. 607)، وبخصوص متوسط أطوال المجاري فإن مجاري الرتبة الدنيا تتسم بانخفاض متوسط طولها بينما تتسم الرتب الأعلى بارتفاع متوسط أطوالها، وقد بلغ متوسط طول مجاري الرتبة الأولى نحو 1031 متر، ويزيد هذا المتوسط بمتواليه شبه

هندسية وإن كان متوسط طول الرتب المختلفة يتباين من واد لأخر (ملحق 2)، ويبلغ متوسط طول مجاري الرتبة الثانية نحو 1758مترا وترتفع أحيانا إذ تبلغ نحو 5771 مترا في وادي أبو شريمان، ويبدو أن الشكل المستطيل لهذا الوادي قد أدى لارتفاع متوسط أطوال الرتب المختلفة بما فيها الرتبة الثانية.



شكل (16): العلاقة بين الرتبة النهرية وإجمالي أطوال المجاري بأحواض التصريف.

وتتسم جميع الأودية بزيادة متوسط الطول بزيادة الرتبة النهرية ولا تشذ هذه القاعدة إلا في حالة واحدة فقط في وادي أحسية إذ يبلغ متوسط طول الرتبة الرابعة نحو 10508 مترا بينما يصل متوسط طول مجاري الرتبة الخامسة لنحو 8614 مترا وربما تكون العوامل البنوية والليثولوجية قد لعبت دورا في هذا الاختلاف.

(د) اتجاهات المجاري النهرية :

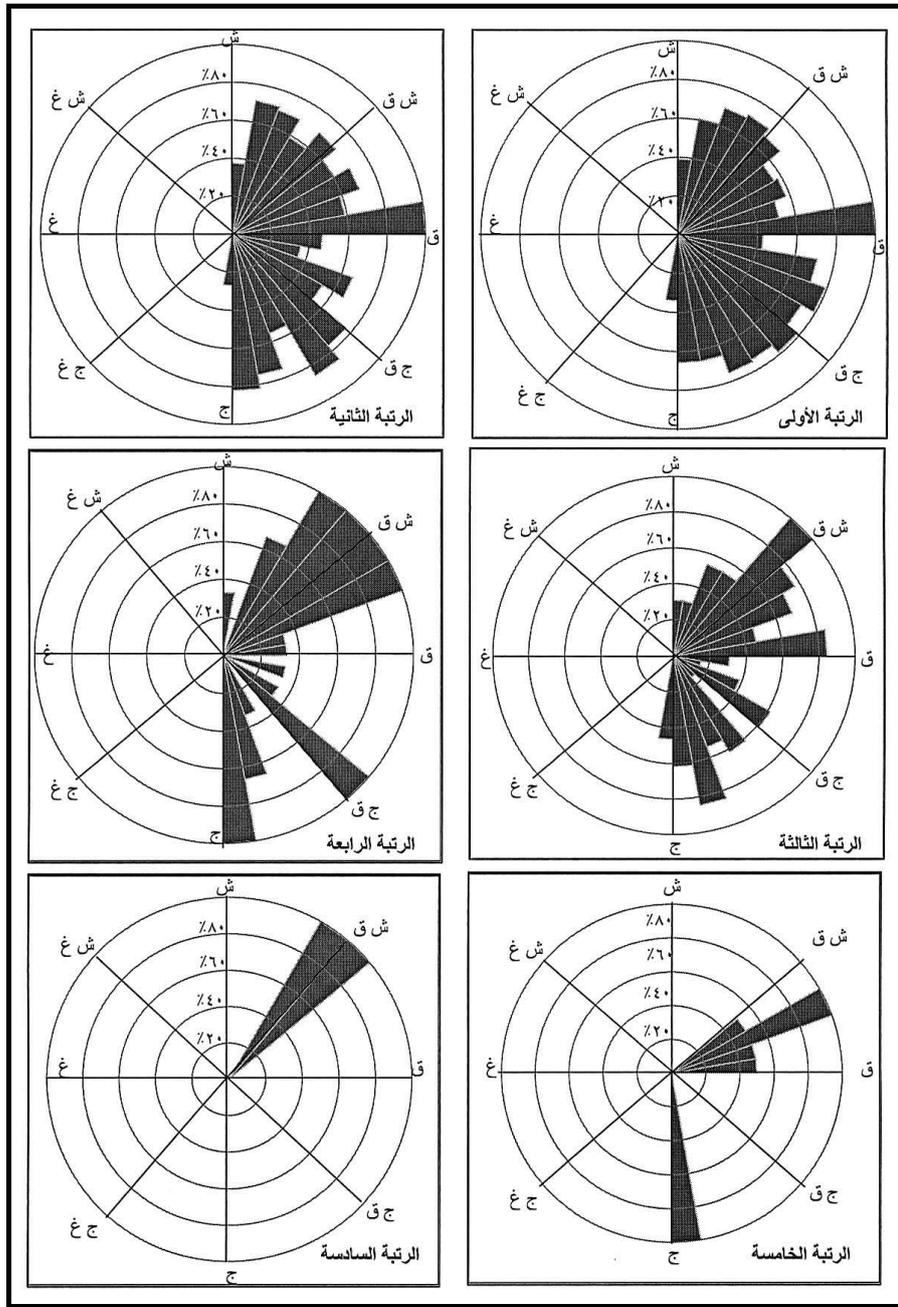
تعتبر اتجاهات المجاري النهرية ذات دلالة مهمة إذ أنها تبين أثر العوامل البنوية والهيدرولوجية وقد تم قياس انحراف كل رتبة من الرتب النهرية بالنسبة لاتجاه الشمال على مستوى الأودية السبعة مع الأخذ في الاعتبار أن اتجاهات الصدوع بالمنطقة قد تأثرت باتجاهات صدوع الأخدود الإفريقي، ومن خلال شكل (17) الذي يوضح اتجاهات المجاري النهرية يتضح ما يلي :

- هناك شبه تقارب في اتجاه مجاري الرتبتين الأولى والثانية إذ أن الاتجاهات السائدة هي الشمالي الشرقي والشرقي والجنوبي الشرقي وكانت أغلب المجاري تتخذ الاتجاه الجنوبي الشرقي وهو نفس اتجاه صدوع البحر الأحمر، كما سجلت بعض المجاري النهرية التي تتخذ الاتجاه الشرقي الغربي.
- بالنسبة لاتجاه مجاري الرتبتين الثالثة والرابعة فقد تركزت أغلب المجاري في الاتجاهين الشمالي الشرقي والجنوبي الشرقي.
- أما مجاري الرتبتين الخامسة والسادسة فقد تركزت في الاتجاه الشمالي الشرقي مع وجود بعض الأجزاء تتخذ الاتجاه الشمالي الجنوبي وخاصة في أودية دوقة وقرماء.
- ومما سبق يتضح أن أودية المنطقة قد تأثرت باتجاه الصدوع بشكل كبير وخصوصاً على مستوى الرتب الدنيا، أما الرتب الأعلى فقد تأثرت في اتجاهاتها ببعض العوامل الأخرى كالانحدار، وربما تكون الصدوع قد أثرت في بعض قطاعاتها.

(هـ) تكرارية المجاري :

يقصد بها عدد المجاري النهرية في الوحدة المساحية⁽¹⁾ ولا تعبر هذه العلاقة عن أي دلالة على الجريان السطحي ولكن يستعاض بها عند عدم التمكن من حساب كثافة التصريف أو عدم توفر البيانات، وتنتم أودية المناطق الجافة بقلة تكرارية المجاري النهرية وتتراوح بين 0.1 - 1 مجرى/كم² (Schumm, 1977, p. 82).

(1) يتم استخراج تكرارية المجاري النهرية من خلال العلاقة التالية: $Sf = \{\sum Sn(n-1)\}/A$ ، حيث n تمثل الرتبة النهرية، A تمثل المساحة.



شكل (17) : اتجاهات المجاري النهرية بالمنطقة على مستوى الرتبة النهرية.

وبلغت تكرارية المجاري بمنطقة الدراسة نحو 0.59 مجرى/كم² وتقترب تلك القيمة من تكرارية المجاري بأودية الجزء الأوسط لهضبة نجد التي بلغت 0.7 مجرى/كم² (التركمانى، ص 82)، وتختلف تكرارية المجاري من حوض لأخر، فعلى سبيل المثال ارتفعت قيم تكرارية المجاري في وادي دوقه وأحسبة إذ بلغت 0.93 ، 0.94 مجرى/كم² للواديين على التوالي، بينما انخفضت في وادي الشغز وأبو شريمان (0.19 ، 0.20 مجرى/كم²)، وهذان الواديان يجريان في منطقة شبه سهلية قليلة الانحدار وفي منطقة متجانسة جيولوجيا مما ساعد على قلة عدد المجاري النهرية، أما بقية الأودية وخصوصاً الكبيرة منها كأحسبة ودوقه فإنها تتبع من مناطق شديدة الانحدار وتنتشر بها الفوالق مما أدى لزيادة أعداد المجاري في الوحدة المساحية، كذلك يظهر أن عامل المرحلة الجيومورفولوجية يلعب دوراً مؤثراً في تكرارية المجاري فالأودية التي اكتملت شبكتها النهرية أو اقتربت من اكتمالها كوايدي أحسبة ودوقه تنسم بارتفاع تكرارية المجاري مقارنة بالأودية الأخرى.

وتوضح دراسة العلاقة بين تكرارية المجاري النهرية وطول المجرى الرئيسي أن هناك علاقة ارتباطية موجبة إذ بلغ معامل الارتباط نحو 0.98 وهذا يعني أن الأودية التي ترتفع بها تكرارية المجاري النهرية ينتج عنها زيادة في أطوال المجاري الرئيسية.

(و) نسبة النسيج الطبوغرافي :

يقيس هذا المعامل درجة تقطع محيط الحوض بالمجاري النهرية⁽¹⁾. وقامت موريساوا بتقسيم الأحواض إلى أربع فئات حسب قيم نسيجها الطبوغرافي (Morisawa, 1968, p.160)، وتشمل الفئة الأولى الأحواض ذات النسيج الخشن وهي التي يقل نسيجها الطبوغرافي عن 8 مجرى لكل كيلومتر، وتشمل الفئة الثانية الأحواض ذات النسيج المتوسط ويتراوح نسيجها الطبوغرافي بين 8 إلى 20 مجرى لكل كيلومتر، أما الفئة الثالثة فتشمل الأحواض ذات النسيج الناعم ويتراوح نسبة نسيجها الطبوغرافي بين 20 إلى 200 مجرى/كيلومتر، وهو مدى شاسع يسمح بتشابه أحواض في فئة واحدة بالرغم من التفاوت الكبير في قيمها، وتشمل الفئة الأخيرة الأحواض ذات النسيج الناعم جدا وفيها تزيد نسبة النسيج الطبوغرافي عن 200 مجرى لكل كيلومتر.

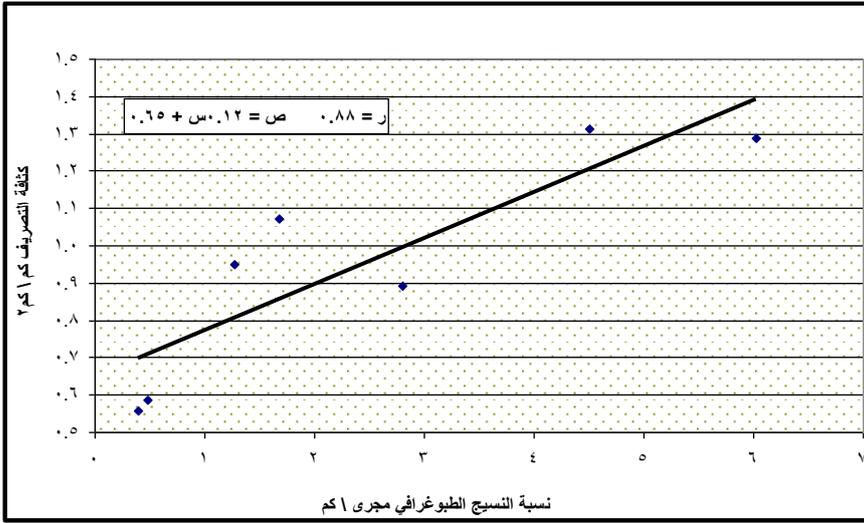
وتتأثر نسبة النسيج الطبوغرافي بمجموعة من العوامل مثل نوع الصخر وبنيته والتساقط ومساحة الحوض والمرحلة الجيومورفولوجية، وتشير نتائج الدراسة إلى أن قيم النسيج الطبوغرافي تتراوح بين 6 ، 0.40 ومن ثم فإن أحواض المنطقة تنتمي لفئة النسيج الخشن - طبقا لما أوردته موريساوا - ويدل ذلك على قلة المجاري النهرية بسبب صلابة الصخور التي تجري فوقها الأودية والتي يصعب نحتها بسهولة كما أن قلة الأمطار بالمنطقة ساعدت على وقوع الأحواض ضمن هذه الفئة.

(1) يستخرج هذا المعامل من العلاقة التالية: $T = N / p$ ، حيث تمثل N عدد المجاري، P تمثل طول محيط الحوض. وقد بلغت قيمة الانحراف المعياري لقيم النسيج الطبوغرافي نحو 2.13 بينما بلغ معامل الاختلاف نحو 87% ويدل ذلك على وجود تفاوت في نسب النسيج الطبوغرافي فعلى حين سجل وادي دوقة 6 مجرى/كم فقد سجل وادي الشغز 0.40 فقط، ويرجع ذلك إلى أن العوامل الضابطة لهذا المعامل متعددة ومتشابكة ويصعب تحديد عامل واحد مؤثر فقط.

وبدراسة العلاقة بين نسبة النسيج الطبوغرافي وكثافة التصريف وجدت أنها علاقة ارتباطية قوية بلغت نحو 0,88 ، وقد توصل استرالر إلى أن الأحواض التي توجد في مناطق الصخور الصلبة تتسم بانخفاض كثافة التصريف ونسبة النسيج الطبوغرافي (Strahler, 1957, p. 916).

(ز) كثافة التصريف⁽¹⁾:

تعد من أهم المعاملات المورفومترية لحوض التصريف لأنها تمثل انعكاسا للظروف الجيولوجية والمناخية والطبوغرافية ونوع النبات الطبيعي وكثافته، وترتفع قيم كثافة التصريف في مناطق الصخور قليلة النفاذية كالأراضي الطميية وتخفض في مناطق الصخور المسامية التي ترتفع بها معدلات التسرب كالحجر الرملي.



شكل (18) : العلاقة بين نسبة النسيج الطبوغرافي وكثافة التصريف.

(1) تستخرج من العلاقة التالية : $Dd = \Sigma L / A$ ، حيث تمثل L مجموع أطوال المجاري النهرية بالكم ، A تمثل مساحة الحوض بالكم².

وتتراوح كثافة التصريف بأحواض المنطقة بين 0.56، 1.31 كم/كم² بمتوسط عام يبلغ 0.95 كم/كم². تتسم الأحواض التي نقل بها كثافة التصريف عن 5 كم/كم² بقلة المطر وكونها تجري فوق صخور منفذة (Sakar & Kanungo, p.15)، ويمكننا القول بأن العامل المناخي الذي يتمثل في قلة المطر وارتفاع درجات الحرارة وزيادة معدلات التبخر والنتح قد أثر في انخفاض كثافة التصريف بالمنطقة، كما تتأثر كثافة التصريف بتطور المرحلة الجيومورفولوجية وهذا ما أشار إليه شوم (Schumm, 1977, pp. 66-67)، إذ توصل إلى أن كثافة التصريف ترتفع بتطور الحوض مع استقرار مستوى القاعدة، وتتنخفض كثافة التصريف في المرحلة الأخيرة لدورة التعرية، ويمكننا القول بأن أحواض التصريف بالمنطقة لم تكتمل شبكات تصريفها بعد وهو ما أدى إلى انخفاض كثافة التصريف ويرجع ذلك بصورة أساسية لظروف الجفاف التي تعترى المنطقة حالياً.

ح) القطاعات الطولية للأودية :

تم اعتبار المجاري الرئيسية على أنها المجاري التي تبدأ من المرتبة العليا ثم الأقل فالأقل مع الأخذ في الاعتبار امتدادها حتى خط تقسيم المياه (التركمانى، ص 84)، ويوضح جدول (7) أبعاد القطاعات الطولية :

جدول (7) : أبعاد القطاعات الطولية للمجاري الرئيسية.

اسم الوادي	الطول الرئيسي (كم)	مستقيم (كم)	طول المجرى الرئيسي في خط مستقيم (كم)	أعلى منسوب للمجرى الرئيسي (متر)	الارتفاع العام للمجرى	الارتفاع الإحصائي	متوسط درجة الانحدار (متر/كم)	معدل الانحدار	مؤشر التعرج
دوقة	78	63	792	207	0.7	10.15	1.24		
أبو شريمان	30.7	29	206	246	0.4	6.7	1.05		
قرماء	59	52	834	224	1.4	14.13	1.13		
نوان	74	53	939	215	1.1	12.7	1.39		
الشغفر	33.8	30.5	145	245	0.27	4.3	1.11		

1.22	17.6	1.23	216	1850	85.7	105	أحسبة
1.06	7.2	0.44	229	402	52.6	56	لومة
1.17	10.40	0.79	226.00	738.29	52.26	62.36	المتوسط
0.12	4.69	0.45	15.03	582.62	19.36	26.04	الانحراف
10.31	45.15	56.86	6.65	78.91	37.05	41.76	نسبة

ويلاحظ تفاوت أطوال المجاري الرئيسية لأحواض التصريف فقد بلغ طول المجرى الرئيسي لوادي أحسبة نحو 105 كم بينما سجل وادي أبو شريمان نحو 30 كم لمجره الرئيسي ،كما يتبين أن هناك علاقات ارتباطيه بين طول المجرى الرئيسي ومتغيرات الحوض والشبكة، إذ تتسم الأحواض كبيرة المساحة (دوقة وأحسبة) بزيادة أطوال مجاريها الرئيسية، بينما يتسم الحوضان القزميان (الشغز وأبو شريمان) بقصر مجاريها الرئيسية (شكل 19).

كما يؤثر عدد المجاري في طول المجرى الرئيسي فالأحواض التي تحتوي على عدد كبير من المجاري النهرية لها القدرة على تكوين مجار رئيسية أطول من تلك التي تتسم بقلة أعداد مجاريها. ويبلغ المتوسط العام لانحدار المجاري الرئيسية نحو 10.4 متر/كم، ويعد واديا أحسبة وقرماء أكثر المجاري الرئيسية انحدارا إذ يبلغ معدل انحدارهما 17 ، 14 متر/كم على التوالي، فيما يعد واديا أبو شريمان والشغز أقلها انحدارا إذ يجري هذان الوديان في منطقة شبه سهلية لدرجة أن مجاريهما غير محددة الجوانب في الأجزاء الدنيا بسبب الانحدار الهين.

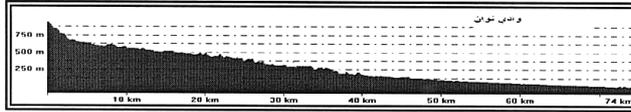
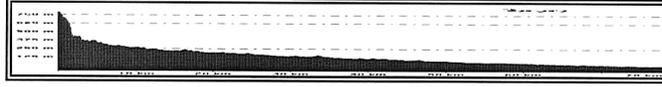
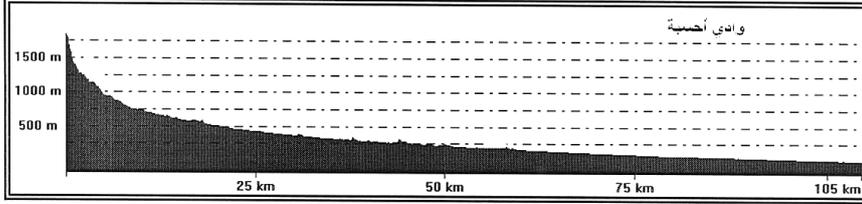
أما بخصوص مؤشر التعرج فقد بلغ المعدل العام للأودية نحو 1.17 ، وتشير موريساوا (Morisawa,1985,p.99)، إلى أن الأودية تعتبر متعرجة إذا تراوح المؤشر بين 1.05 ، 1.5، أما إذا زادت القيمة عن 1.5 اعتبر الوادي منعطفا . وبناء على ما تقدم فإن أودية المنطقة تعتبر غير متعرجة بصورة كبيرة كما أنها ليست منعطفة وربما يكون ذلك بسبب تأثير الأودية بالظروف البنوية وخاصة الصدوع، ويعتبر هذا نمط الأودية في غربي المملكة إذ يتراوح معدل التعرج بين 1.17 ، 1.04 (الوليعة، ص ص 63-64).

ولابد من الإشارة إلى أنه يصعب نعت المجرى الرئيسي كله بصفة الاستقامة أو التعرج أو الانعطاف ،ولكن تتسم مجاري الأودية بالتغير خلال قطاعاتها المختلفة ،فأحيانا يكون الوادي مستقيما بسبب تأثيره بأحد الصدوع، وأحيانا أخرى يكون متعرجا أو منعطفا بسبب تأثيره بعامل الانحدار والحمولة والتصرف وبعض العوامل الهيدرولوجية الأخرى.

رابعا : التحليل العاملي Factor Analysis :

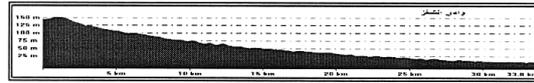
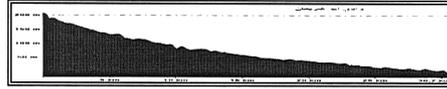
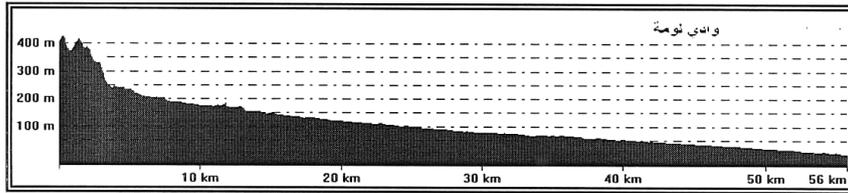
أضحى هذا الأسلوب الإحصائي المتقدم أهم التطبيقات الإحصائية في مجال الدراسات الجغرافية عامة والدراسات الجيومورفولوجية خاصة، ويتسم هذا الأسلوب بموضوعيته وقلة تحيزه ويقوم باختزال المتغيرات الكثيرة في عدد قليل من العوامل، وللتحليل العاملي عدة أهداف تتمثل فيما يلي :

أ - القطاعات الطولية للأودية الرئيسية



قيمة المبالغة الرأسية للقطاعات = ١٠ مرات

ب - القطاعات الطولية للأودية الثانوية



قيمة المبالغة الرأسية للقطاعات = ٢٠ مرة

شكل (19) : القطاعات الطولية لأودية المنطقة.

- اختزال عدد المتغيرات مهما بلغ عددها .
- الحصول على متغيرات جديدة تستخدم في عمليات تحليلية في مرحلة تالية .
- استنتاج عدد من العوامل تفسر التباين بين المتغيرات المستخدمة في عملية التحليل .

وتبدأ عملية التحليل العملي بحساب المصفوفة الارتباطية بين المتغيرات ،ويجب أن ترتبط المتغيرات المستخدمة فيما بينها بعلاقات ارتباطيه موجبة أو سالبة ، وبعد ذلك يتم تحديد عدد من العوامل لاختزال المتغيرات ثم إجراء عملية تدوير Rotation لإعادة توزيع المتغيرات على العوامل، ويلي ذلك مرحلة تسمية العوامل بحسب المتغيرات المنتشعة على هذه العوامل .

وقد استخدم هذا الأسلوب الإحصائي في الدراسة الحالية ومررت هذه العملية بعدة خطوات :

- اختيار عدد 36 متغيرا يوضحها الجدول التالي :

جدول (7) : المتغيرات المستخدمة في عملية التحليل العاملي والتحليل التجميعي.

م	اسم المتغير	م	اسم المتغير	م	اسم المتغير
1	المدى التضاريسي	13	معامل الانبعاث	2	تكرارية المجاري
2	طول المجرى الرئيسي	14	معامل الشكل	2	نسبة النسيج الطبوغرافي
3	كثافة التصريف	15	نسبة التشعب	2	إجمالي أطوال الرتب النهريّة
4	درجة الانحدار	16	معامل الاندماج	2	متوسط أطوال الرتبة الأولى
5	نسبة الانحدار %	17	الاستدارة	2	متوسط أطوال الرتبة الثانية
6	نسبة التضرس	18	متوسط درجة الانحدار	3	متوسط أطوال الرتبة الثالثة
7	درجة الوعورة	19	المحيط	3	إجمالي أطوال الرتبة الأولى
8	التضاريس النسبية	20	الطول	3	إجمالي أطوال الرتبة الثانية
9	الرقم الجيومتري	21	العرض	3	إجمالي أطوال الرتبة الثالثة
10	التكامل الهيسومتري	22	مساحة منطقة المصب	3	عدد مجاري الرتبة الأولى
11	المساحة الكلية	23	مساحة منطقة المنابع	3	عدد مجاري الرتبة الثانية
12	معامل الاستطالة	24	عدد المجاري	3	عدد مجاري الرتبة الثالثة

- تم استبعاد عدد من المتغيرات لا تتوفر قيم لها في الأحواض السبعة وهي (متوسط أطوال الرتب الرابعة والخامسة والسادسة، وإجمالي أطوال الرتب الرابعة والخامسة والسادسة، وعدد مجاري الرتب الرابعة والخامسة والسادسة) وسبب استبعادها أن بعض الأودية لا تصل للرتبة الرابعة كواحي الشغز وبعضها لا يصل للرتبة الخامسة كواحي أبو شريمان وبعضها لا يصل للرتبة السادسة كواحي قرماء ولومة .

- حساب المصفوفة الارتباطية بين المتغيرات (ملحق 3)،

- تحديد عدد العوامل بثلاثة عوامل فقط واتضح أنها تقسر نحو 94.5% من تباين المتغيرات.

- حساب تشعب المتغيرات على العوامل وإذا زادت نسبة التشعب عن ± 0.5 دل ذلك على تأثر العامل بهذا المتغير .

- ترتيب العوامل وتسميتها حسب مجموعة المتغيرات التي تشعب عليها .

- دراسة قيم إرزازات الأحواض بالنسبة للعوامل الثلاثة المختارة .

ومن خلال ملحق (4) يتضح أن هناك ثلاثة عوامل هي :

العامل الأول، وبلغت مساهمته نحو 55% من إجمالي التباين ،أي أنه يفسر تباين البيانات بأكثر من النصف، وتبلغ حمولات Loadings هذا العامل نحو 28 متغيرا من إجمالي عدد المتغيرات بنسبة 58% وهذه المتغيرات مرتبة حسب قيم حمولتها كما يوضحها جدول المصفوفة العاملية، كما اتضح من خلال المصفوفة الارتباطية أن هذه المتغيرات الثمانية والعشرين ترتبط فيما بينها بعلاقات ارتباطية قوية ، كما تبين أن هذه المتغيرات تشعب على العامل المذكور بقيم جميعها موجبة، ويلاحظ أن أغلب المتغيرات المتشعبة على هذا العامل تختص بشبكة التصريف مثل عدد المجاري وإجمالي أطوال المجاري للرتب الأولى والثانية والثالثة وكذلك كثافة التصريف وتكرارية المجاري، ويعد هذا العامل هو العامل الرئيسي

ومن الممكن أن نطلق عليه **عامل شبكات التصريف**، وقد سجلت أعلى إحرزات موجبة لهذا العامل في حوضي أحسبة ودوقة إذ بلغت 1.62 ، 1.25 للواديين على التوالي (جدول 8).

أما **العامل الثاني** فإنه يفسر نحو 23% من تباين المتغيرات وإذا أضفنا إليه العامل الأول لوجدنا أن العاملين يمثلان معا نحو 78% من نسبة التباين، ويستقطب هذا العامل 10 متغيرات يوضحها ملحق (4)، ويلاحظ أن بعض المتغيرات تنتشع على هذا العامل بقيم سالبة وهي معامل الاندماج والانبعاج والتضاريس النسبية ونسبة التشعب ولذلك يطلق عليه عاملا قظيا. وسجلت أعلى إحرزات موجبة لهذا العامل في أودية الشغز وأبو شريمان، ومن الممكن أن نطلق على هذا العامل اسم **عامل شكل الأحواض**.

وتبلغ نسبة التباين **للعامل الثالث** نحو 16% وتنتشع عليه عدة متغيرات هي طول الحوض وطول المجرى الرئيسي والرقم الجيومتري ومساحة منطقة المصب ومتوسط أطوال الرتبة الثالثة الذي ينتشع بقيمة سالبة (-0.67)، ومن الجائز أن نطلق على هذه العامل اسم **عامل الطول** وسجلت أعلى إحرزات لهذا العامل في وادي لومة (1.75).

جدول (8) : إحرزات الأودية بالنسبة للعوامل.

العامل الثالث	العامل الثاني	العامل الأول	الوادي
0.73	0.67	1.25	وادي دوقة
0.61-	0.74	0.73-	وادي أبو شريمان
0.06	1.13-	0.60-	وادي قرماء
0.06-	1.55-	0.26-	وادي نوان
1.30-	0.95	0.60-	وادي الشغز
0.57-	0.26-	1.62	وادي أحسبة
1.75	0.58	0.68-	وادي لومة

التحليل التجميعي (العنقودي) Cluster Analysis :

يعد من أهم الأساليب الإحصائية فائدة للتحليلات الجغرافية إذ أنه يهدف لتتصيف الظاهرات الجغرافية - أحواض التصريف في هذه الدراسة - إلى مجموعات متشابهة ويظهر التباين الإقليمي بين هذه المجموعات ، وكان دورنكامب وكنج من أوائل الباحثين الذين استخدموا هذا الأسلوب في الدراسات الجغرافية للخروج بأنماط متشابهة وقد طبقا الدراسة على نحو 130 من مجاري الرتبة الثالثة في أحد أقاليم أوغندا (Doornkamp & King, pp. 97-99).

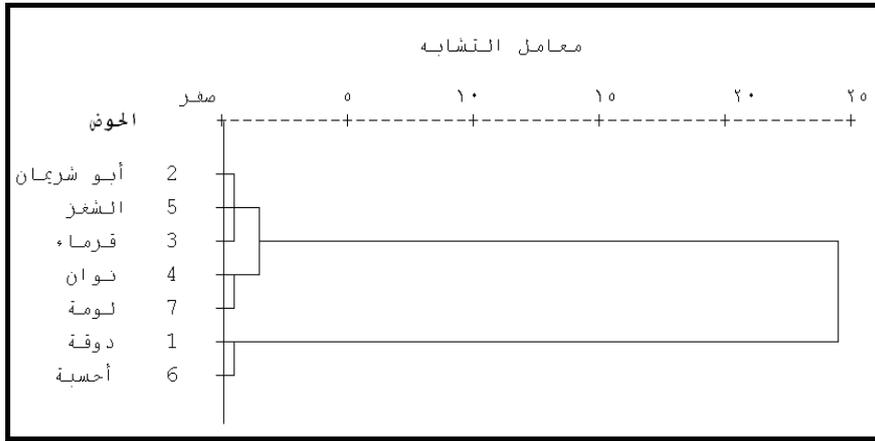
وتقوم فكرة التحليل التجميعي على حساب المسافات (معامل التشابه) بين أحواض التصريف بناء على قيم المتغيرات الداخلة في عملية التحليل، أو بمعنى آخر القرب النسبي لنقاط البيانات لبعضها البعض في الفراغ الإحصائي الذي تنتشر فيه (الجراش، ص 285).

وتوجد عدة طرق تستخدم لحساب التحليل التجميعي لعل من أشهرها طريقة Ward والمعروفة باسم طريقة التباين الأدنى، وتتسم هذه الطريقة بأنها تنتج هيكلاً تجميعیاً تتسم مفرداته بالتميز والاستقلالية بشكل كبير، ومن الممكن تلخيص هذه الطريقة بأن كل مفردة تمثل مجموعة مستقلة في بداية التحليل، وتتم عملية التجميع على أساس أقل زيادة تتحقق في التباين نتيجة لعملية التجميع ثم تتواصل العملية إلى أن نصل إلى مجموعة واحدة تضم كل المفردات ثم نحدد انسب مرحلة لاختيار المجموعات (شكل 20)،

كما أن الحاسب الآلي يعطي الفرصة لاختيار أي عدد من المجموعات⁽¹⁾، وفي الدراسة الحالية فقد افترضنا عدد المجموعات بثلاث مجموعات، وبعد إجراء عملية التحليل وزعت الأحواض كما يلي :

ضمت المجموعة الأولى حوضي دوقة وأحسبة في حين ضمت المجموعة الثانية أحواض أبو شريمان والشغز وقرماء أما المجموعة الأخيرة فضمت حوضي نوان ولومة، وتجدر الإشارة إلى أن الالتقاء المكاني ليس شرطاً لوقوع حوضين أو أكثر في مجموعة واحدة ولكن عملية الدمج تقوم على أساس مدى تقارب البيانات ولذلك فإننا نخلص إلى أن حوضي دوقة وأحسبة يمثلان إقليمياً متميزاً يتسم بخصائص جيومورفولوجية متشابهة، إذ أنهما يعدان من أكبر الأحواض بالمنطقة وتبلغ مساحتهما معا نحو 63% من مجموع مساحات أحواض التصريف بل أن حوض وادي دوقة بمفرده يمثل أكثر من ثلث إجمالي مساحة الأحواض كما أن الحوضين تتشابه تكويناتهما الجيولوجية ويصلان للرتبة السادسة ولذلك تتشابه متغيرات شبكات التصريف لكليهما.

وضمت المجموعة الثانية أحواض أبو شريمان والشغز وقرماء وتتسم هذه الأحواض بصغر مساحاتها وبقية أبعادها المورفومترية الأخرى وعلى الرغم من أن هذه المجموعة تضم ثلاثة أحواض إلا أنها لا تمثل سوى 12% من إجمالي مساحة أحواض التصريف.



شكل (20) : التوزيع التجميعي الشجري لأحواض منطقة الدراسة.

(1) تم استخدام برنامج SPSS "الحزمة الإحصائية للعلوم الاجتماعية".

أما المجموعة الأخيرة فتضم وادي نوان ولومة ويمثلان معاً إقليمياً وسطاً بين المجموعتين السابقتين من حيث مساحتهما متغيرات شبكة وأحواض التصريف ويمثلان معاً نحو 25% من إجمالي مساحة أحواض التصريف.

نتائج الدراسة :

تشكل أحواض التصريف بالمنطقة إقليمياً جيومورفولوجياً متميزاً يعد جزءاً من إقليم الدرع العربي وتتألف المنطقة من سبعة أحواض تصريفية وهي دوقة وأحسبة وقرماء ونوان والشغز وأبو شريمان والشغز ولومة.

تعد الصخور النارية هي الصخور السائدة بأحواض التصريف وخاصة الأحواض الكبرى (أحسبة ودوقة) وقد تركت هذه الصخور وخصائصها آثارها على أحواض التصريف وشبكاتها.

شكل استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية منعطفا مهما في الحصول على متغيرات أحواض التصريف وشبكاتها بدقة متناهية، وتعتبر مرحلة تحديد المجاري النهرية بدقة إحدى أهم محصلات استخدام هذه التقنية، وقد أوضحت هذه الدراسة مدى الحاجة لاستخدام نظم المعلومات الجغرافية في الدراسات الجيومورفولوجية عامة ودراسات أحواض التصريف خاصة. تسهم الأساليب الإحصائية المتقدمة وخاصة التحليل العاملي والتحليل التجميعي في الحصول على نتائج دقيقة وباستخدام هذه الأساليب في هذه الدراسة فقد تبين أن هناك ثلاثة عوامل تفسر التباين الكبير بين المتغيرات، وهذه العوامل هي شبكات التصريف وشكل الأحواض وأطوالها. باستخدام أسلوب التحليل التجميعي اتضح أن هناك ثلاثة أقاليم متميزة، يضم الأول حوضي دوقة وأحسبة، بينما ضم الإقليم الثاني حوضي نوان ولومة، فيما ضم الإقليم الأخير بقية الأحواض وهي قرماء والشغز وأبو شريمان.

الملاحق

ملحق (1) : التكوينات الجيولوجية بحسب الوادي.

النسبة المئوية	المساحة (كم2)	نوع التكوين	اسم الوادي
72.40	104.96	إرسابات الزمن الرابع (حصى - رمل - طين	"وادي الشغز"
26.75	38.78	بازلت ميوسيني	
0.85	1.23	شست	
100.00	144.97	الإجمالي	
85.78	166.30	إرسابات الزمن الرابع (حصى - رمل - طين	"وادي أبو شريمان"
1.26	2.44	ديوريت وجابرو	
12.96	25.12	شست	
100.00	193.86	الإجمالي	
13.04	179.48	إرسابات الزمن الرابع (حصى - رمل - طين	"وادي أحسبة"
2.40	33.08	بازلت ميوسيني	
9.65	132.84	جرانيت	
20.54	282.67	ديوريت وجرانوديوريت	
1.60	22.03	ديوريت	
5.47	75.28	سيانيت	
45.44	625.38	شست	
1.86	25.60	ميتا ديوريت	
100.00	1376.36	الإجمالي	
17.37	284.18	إرسابات الزمن الرابع (حصى - رمل - طين	
2.15	35.25	بازلت ميوسيني	
5.95	97.42	جرانيت	
8.12	132.84	ديوريت وجابرو	
3.64	59.60	ديوريت وجرانوديوريت	
0.68	11.07	ديوريت	
0.00	0.05	سيانيت	
62.08	1015.85	شست	
100.00	1636.26	الإجمالي	
35.40	92.62	إرسابات الزمن الرابع (حصى - رمل - طين	"وادي قرماء"
64.60	169.03	شست	
100.00	261.65	الإجمالي	
29.40	238.47	إرسابات الزمن الرابع (حصى - رمل - طين	"وادي لومة"
9.22	74.76	بازلت ميوسيني	
9.51	77.17	جرانيت	
22.38	181.55	ديوريت وجرانوديوريت	
1.19	9.66	ديوريت	
27.10	219.82	شست	
1.19	9.67	ميتا ديوريت	
100.00	811.10	الإجمالي	
34.61	135.59	إرسابات الزمن الرابع (حصى - رمل - طين	"وادي نوان"
3.85	15.07	بازلت ميوسيني	
14.24	55.79	سيانيت	
47.30	185.29	شست	
100.00	391.74	الإجمالي	

ملحق 2

ملحق 3

تابع 3

تابع 3

ملحق (4) : المصنوفة العاملية للمتغيرات بأحواض منطقة الدراسة.

ملاحظات	العامل الثالث	العامل الثاني	العامل الأول	اسم المتغير
المتغيرات المنتشرة على العامل الأول (شبكات التصريف)	0.21	0.05	0.97	مساحة منطقة المنابع
	0.28	0.10	0.95	إجمالي أطوال الرتبة الأولى
	0.29	0.10	0.95	عدد مجاري الرتبة الأولى
	0.29	0.10	0.95	عدد المجاري
	0.30	0.10	0.95	عدد مجاري الرتبة الثانية
	0.29	0.13	0.95	إجمالي أطوال الرتبة الثانية
	0.31	0.11	0.94	إجمالي أطوال الرتب النهرية
	0.30	0.17	0.94	إجمالي أطوال الرتبة الثالثة
	0.29	0.14	0.93	العرض
	0.33	0.16-	0.92	المحيط
	0.24	0.30-	0.92	درجة الوعورة
	0.35	0.18	0.92	عدد مجاري الرتبة الثالثة
	0.41	0.15	0.90	المساحة الكلية
	0.45	0.09	0.88	نسبة النسيج الطبوغرافي
	0.13	0.49-	0.86	نسبة الانحدار %
	0.13	0.49-	0.86	متوسط درجة الانحدار
	0.13	0.50-	0.85	درجة الانحدار
	0.34	0.39-	0.85	المدى التضاريسي
	0.35	0.41-	0.84	كثافة التصريف
	0.41	0.41-	0.81	تكرارية المجاري
0.13	0.64-	0.73	نسبة التضرس	
المتغيرات المنتشرة على العامل الثاني (شكل الأحواض)	0.13-	0.95-	0.27	معامل الاندماج
	0.11	0.94	0.32-	الاستدارة
	0.04-	0.93-	0.31-	معامل الانبعاث
	0.09	0.92	0.35	معامل الاستطالة
	0.07	0.91	0.39	معامل الشكل
	0.08-	0.83	0.14	التكامل الهيسومتري
	0.45	0.76-	0.36	التضاريس النسبية
	0.63-	0.65	0.36-	متوسط أطوال الرتبة الأولى
	0.53-	0.58	0.44-	متوسط أطوال الرتبة الثانية
	0.01-	0.47-	0.01-	نسبة التشعب
المتغيرات المنتشرة على العامل الثالث (الطول والمساحة)	0.86	0.00	0.45	الطول
	0.86	0.00	0.46	طول المجرى الرئيسي
	0.80	0.12	0.56	الرقم الجيومتري
	0.77	0.37	0.48	مساحة منطقة المصب
	0.67-	0.35	0.41-	متوسط أطوال الرتبة الثالثة
تفسر العوامل الثلاثة نحو 94.5% من تباين المتغيرات	6.25	8.81	20.82	الجذر الكامن
	16.45	23.18	54.79	نسبة التباين العاملي
	94.41	77.97	54.79	نسبة التباين العاملي التراكمية

المراجع

أولاً : مراجع باللغة العربية :

1. أبو العينين، حسن سيد، (1976): أصول الجيومورفولوجيا - دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض، مؤسسة الثقافة الجامعية، الإسكندرية .
2. التركماني، جودة فتحي (1998): جيومورفولوجية أودية جبال الجزء الأوسط بهضبة نجد، مجلة الإنسانيات، كلية الآداب فرع دمنهور جامعة الإسكندرية، العدد الأول، السنة الأولى، (ص ص 53-127).
3. الجراش، محمد بن عبد الله (2004) : الأساليب الكمية في الجغرافيا، الطبعة الأولى، الدار السعودية للنشر والتوزيع، جدة

4. الشنطي، أحمد محمود سليمان (1993): جيولوجية الدرع العربي، مركز النشر العلمي، جامعة الملك عبد العزيز، جدة.
5. الغامدي، علي بن معاضة (2004): طرق اشتقاق نماذج الارتفاع الآلية من خطوط كنتور 1:50.000 الطبوغرافية وأثرها على تحليل الرؤية، المجلة العربية لنظم المعلومات الجغرافية، المجلد الأول، العدد الأول، الجمعية الجغرافية السعودية، الرياض، ص ص 29 - 59.
6. الوليعي، عبد الله بن ناصر (1992): تعرج الأنهار والأودية دراسة جيومورفولوجية تطبيقية لبعض الأودية الجافة في المملكة العربية السعودية، سلسلة بحوث جغرافية، الجمعية الجغرافية السعودية، جامعة الملك سعود، الرياض، العدد الثاني عشر.
7. جودة، جودة حسنين، عاشور، محمود محمد (1991): وسائل التحليل الجيومورفولوجي، الطبعة الأولى.
8. سقا، عبد الحفيظ محمد، خضر، عزت (1994) : نظام شبكات التصريف وعلاقته بجيومورفولوجية المنطقة الجنوبية الغربية للمملكة العربية السعودية، جامعة الملك عبد العزيز، جدة.
9. علي، متولي عبد الصمد (2001): حوض وادي وتير شرق سيناء، دراسة جيومورفولوجية، رسالة دكتوراه أوصي بنشرها، كلية الآداب، جامعة القاهرة.
10. وزارة الشؤون البلدية والقروية، مخطط التنمية الشامل لمنطقة الباحة، التقرير الفني الثاني، الأوضاع الراهنة بمنطقة الباحة، مشروع رقم 212، ص ص 31 - 78.

ثانياً : مراجع باللغة غير العربية :

1. Bardossy, A. and Schmidt, F. (2002): GIS Approach to Scale Issues of Perimeter-Based Shape Indices for Drainage Basins Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques, Vol. 47, No. 6, Stuttgart, Germany, pp. 931-942.
2. Chorley, R.J. (1969): Introduction to the Fluvial Processes, Methuen & Co. Ltd, London.
3. Chorley, R.J. (1957): Illustrating the Laws of Morphometry, Geol.Magz., Vol. XCIV, No. 2.
4. Doornkamp, J.C. and King, C.A. (1971) : Numerical Analysis in Geomorphology: An Introduction, Edward Arnold, London.
5. Graf, W.L.,(1988): Fluvial Processes in Dryland River, Springer-Verlag, Berlin.
6. Gravelius, I. (1914) Grundrifi der gesamten Gewcisserkunde. Band I: Flufikunde (Compendium of Hydrology, vol. I. Rivers, in German). Goschen, Berlin, Germany.
7. Greenwood, W.R., Anderson, F., & Ropert, S. (1980): Precambrian Geologic History and Plate Tectonic Evolution of the Arabian Shield, Saudi Arabia Directorate General of Mineral Resources, Open File Report, USGS.
8. Gregory, K.J. and Walling, D.E. (1973): Drainage Basin-Form & Process: A Geomorphological Approach, Edward Arnold, London
9. Jarvis A., H.I. Reuter, A. Nelson, E. Guevara, (2006): Hole-filled seamless SRTM data V3, International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), <http://srtm.csi.cgiar.org>.
10. Leopold, L.B., Wolman, M.G., & Miller, J.P. (1964): Fluvial Processes in Geomorphology, Freeman co., London.
11. McCullagh, P.C. (1978): Modern concepts in geomorphology science in geography (E). Oxford University Press.
12. Morisawa, M. (1968): Streams 'their Dynamic and Morphology, New York.
13. Morisawa, M. (1985): Rivers, Longman, London.
14. Qannam, Z. (2002): A Hydrological, Hydrochemical and Environmental Study in Wadi Al- Arroub Drainage Basin, South West Bank, Palestine ,Unpublished PhD submitted to Institute of Geology, Department of Hydrogeology. , the TU Bergakademie Freiberg, Germany.
15. Sakar, S. and Kanungo, D.P. (2002): Landslides in relation to terrain parameters – A remote sensing and GIS approach. Gisdevelopment.net. U.P, India. (http://www.gisdevelopment.net/application/natural_hazards/landsides/nhls0010a.htm, 07.06.2002)
16. Schauble, H. (2003): Hydro Tools for Arcview3.x, (http://www.terracs.de/hydrotools_eng.pdf)

- Schumm, S.A. (1956): The Evaluation of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey, Geol. Soc. Amer. Bull., Vol. 67, pp. 597-646. 17.
- Sons, New York.&Schumm, S.A. (1977): The Fluvial System, John Wiley 18.
- Amer. Strahler, A.N. (1957): Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology, Geophys. Union, Vol. 38, No. 6, pp. 913-920. 19.
- Strahler, A.N. (1964): Quantitative Geomorphology of Drainage Basin and Channel Network, In Chow,V.T., "Editor" Handbook of Applied Hydrology, New York, pp. 39-76. 20.
- Young, A. (1972): Slopes, Oliver & Body, Edinburgh. 21.

* * *

جيومورفولوجية مروحة وادي شندق شمال شرق سهل القاع

د. عادل عبد المنعم السعدنى*

المقدمة :

يقع وادي شندق جنوب غرب شبه جزيرة سيناء في منتصف الكتلة الأركية ويصرف ماءه شرق سهل القاع، والحد الشمالي لحوض وادي شندق هو خط تقسيم المياه بينه وبين وادي ميعر. والحد الجنوبي هو خط تقسيم المياه بينه وبين وادي الملاحه، أما الحد الشرقي فإنه يمثل قمة جبل أم شومر (2586م فوق مستوى سطح البحر)، ويعتبر هذا الجبل منبعاً لبعض الأودية التي تصب مياهها في خليج العقبة، وتمتد مروحة وادي شندق بين دائرتي عرض 24° 20' 28° و 36° 26' 28° شمالاً وبين خطي طول 7° 37' 33° و 11° 41' 33° شرقاً، ويبلغ امتداده من الشرق الى الغرب 32 كم، وأقصى امتداد لحوض وادي شندق من الشمال الى الجنوب 5.5 كم، وتبلغ مساحته (177.5 كيلومتر مربع)، ومعدل انحداره حوالي 0.11493/1 أى أنه ينبع من جبل أم شومر في وسط جنوب شبه جزيرة سيناء (الكتلة الأركية) حتى ينتهي بإلقاء رواسبه التي حملها الوادي داخل سهل القاع حيث تتكون المروحة بعد خروجه من الحافة الجبلية كما في الصورة الفضائية (شكل 1) وأهم ما تتميز به مروحة وادي شندق أنها كبيرة المساحة بالمقارنة بمساحة الحوض. تهدف الدراسة إلى توضيح أهم سمات وخصائص مروحة وادي شندق والعمليات الجيومورفولوجية التي ساهمت في تشكيلها وتغييرها سواء في الماضي أو الحاضر.

وقد اعتمدت الدراسة الحالية على دراسة الخرائط الطبوغرافية مقياس 1 : 50.000 مسح 1987م، وصورة فضائية تم الحصول عليها من شبكة المعلومات على موقع Google لعام 2006م، والدراسة الميدانية والتي تم فيها الآتى :

1. قياس أربعة قطاعات أرضية لمنحدرات سطح المروحة منها ثلاثة قطاعات طولية، تمتد من رأس المروحة حتى قاعدتها، وقطاع عرضي عند وسط المروحة.
2. تم جمع عدد 10 عينات من رواسب المروحة منها 3 عينات موزعة على رأس ووسط وقاعدة المروحة القديمة و7 عينات من المروحة الحديثة مقسمة إلى عينتين من قطاع رأس المروحة وعينتين من القطاع الأوسط وثلاث عينات من القطاع الأدنى.

* مدرس الجيومورفولوجيا بكلية الآداب والعلوم الإنسانية - جامعة قناة السويس.