

تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف في منطقة كريتير عدن باستخدام معطيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

د. عبدالمحسن صالح العمري

قسم الجيولوجيا الهندسية - كلية النفط والمعادن - جامعة عدن عتق - شبوة

E-mail: alamry1972@yahoo.com

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأنظمة وشبكة التصريف لمجموعة من أحواض التصريف الموجودة في منطقة كريتير عدن وقد تم الاستعانة بالنموذج الرقمي للتضرس (DEM) المشتق من البيانات الرادارية الذي يعتبر أحد المصادر الرقمية المهمة المستخدمة في أنظمة المعلومات الجغرافية. ففي البحث الحالي تم استخدام نموذج التضرس الرقمي كمعطيات إدخال إلى برمجيات أنظمة المعلومات الجغرافية GIS من خلال مكاملتها مع بعضها البعض واعداد خارطة شبكة تصريف للأحواض الموجودة في منطقة الدراسة واستقراء بعض الخواص الجيومورفولوجية والهيدرولوجية. كنتيجة نهائية من خلال التحليل المورفومتري لأحواض التصريف لمنطقة الدراسة تم تحديد الخصائص الهندسية على شكل معطيات رقمية لثلاثة أحواض رئيسية هي حوض وادي الطويلة الذي تبلغ مساحته حوالي 2,78 كم² وله كثافة تصريف تبلغ 3,89 كم²/حوض وادي الخساف الذي تبلغ مساحته حوالي 1,98 كم² وله كثافة تصريف تبلغ 3,25 كم²/حوض وادي العيدروس الذي تبلغ مساحته حوالي 0,59 كم² وله كثافة تصريف تبلغ 4,27 كم²/حوض. ومن التحليل الهيسومتري للأحواض استنتج أن جميع الأحواض الثلاثة لازالت في مرحلة الشباب والذي يتميز بارتفاع نسبة الحت (erosion) أكثر من الترسيب ، وهذا العمل الهدمي سوف يعمل على ترسيب أطنان من الرسوبيات في الأجزاء السفلية من الأودية. ووجد أن نسبة التضرس عالية لوادي الطويلة ، فهذا يدل على أن مجرى هذا الوادي يمر بمنطقة ذات تضاريس عالية ، وبالتالي يدل هذا على زيادة نسبة حمولة الرواسب المنقولة بالنسبة للمياه الجارية فيه والتي تصب في خزانات الصحاري النهائية. كما أوصت الدراسة أيضا بضرورة الاتجاه بالدراسات الجيومورفولوجية وغيرها من الدراسات الطبيعية إلى استخدام التقنيات الحديثة والمتمثلة في نظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية. والبعد عن نمط الدراسات التقليدية القديمة، وذلك للمنافع العظيمة التي تقدمها هذه التقنيات للباحثين.

كلمات مفتاحية : الخواص الهيدرومترية ، النموذج الرقمي للتضرس (DEM) ، أنظمة المعلومات الجغرافية GIS ، كريتير
1. المقدمة:

يعد النموذج الرقمي للتضرس DEM أحد المكونات الأساسية لأنظمة المعلومات الجغرافية والقاعدة التي يعتمد عليها لاستنتاج الخواص المتعلقة بطبوغرافية الوديان واستقراء المعلومات عن تضاريسها وعملية المحاكاة الهيدرولوجية لجريان مياه الأمطار باستخدام مجموعة من الطرائق التحليلية المطبقة على المعلومات الرقمية لحساب قيم الارتفاعات والميول والمعالم السطحية كحدود الأحواض المائية وشبكة التصريف [5]. إن الأنشطة والفعاليات البشرية عادة ما تتمركز في أحواض الأنهار ومناطق تصريفها، وقد تتحكم البيئة وشكل الأرض بتلك الفعاليات والأنشطة ، ولكن العامل البشري

بدوره يمكن من التأثير فيها بدرجة كبيرة مثل ما هو حاصل في منطقة كريتير عدن والذي ساعد على تحويلها وتطويرها بشكل يستفاد منه جيداً ، وعلى ضوء ذلك تمكن من التخطيط لمشاريع مائية ضمن الأحواض وذلك من خلال إنشاء السدود والصحاريح لغرض خزن المياه والاستفادة القصوى من طاقة المياه المخزونة في عدة مجالات . لهذا سيتم دراسة وتحليل الخصائص الهندسية والمورفومترية لأنظمة وشبكة التصريف لمنطقة الدراسة، وسوف يتم الاعتماد على تلك الخصائص في إنشاء قاعدة البيانات الجغرافية لأحواض التصريف في منطقة كريتير عدن ومن ثم رسم شبكة التصريف المائية للأحواض كظاهرة طبيعية مورفومترية لها علاقة في تحديد استخدام الأرض الأمثل في الحوض مما يعطي تصوراً واضحاً للمشاريع المتعلقة بإعادة التأهيل البيئي وتلافي مخاطر السيول للمنطقة بشكل عام .

2. أهمية البحث:

يمكن تلخيص أهمية هذا البحث في اعتماده على توفير أساليب آلية دقيقة في تحليل البيانات المكانية وربطها بالبيانات الوصفية الأمر الذي ساعد في دراسة الخصائص المورفومترية، والهيدرولوجية لشبكة التصريف المائية لأحواض التصريف في منطقة كريتير عدن بطرق آلية متطورة وبناء قاعدة بيانات جغرافية ذات متغيرات مورفومترية معتمدة على مصادر بيانات متقدمة وإجراء التحليلات المكانية المتقدمة وصولاً إلى نتائج سريعة ودقيقة ومتنوعة مقارنة مع الطرق التقليدية .

3. مشكلة البحث:

تكمن مشكلة البحث في كيفية بناء قاعدة معلومات رقمية للحسابات المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض الوديان قائمتاً على الاستخدام الأمثل لأنظمة المعلومات الجغرافية على خلاف الطرائق التقليدية واليدوية التي تشوبها الأخطاء وعدم الدقة في النتائج فضلاً عن الكلفة والجهد.

4. منهجية البحث:

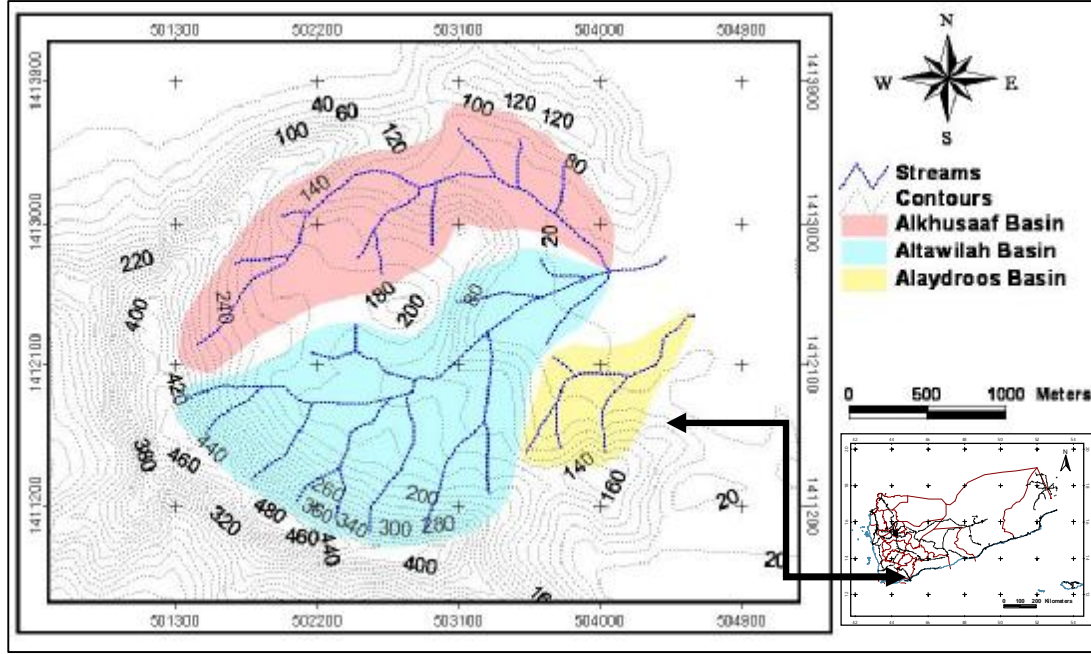
اعتمد البحث على أسلوب التحليل التقني ومنهج التحليل في نظم المعلومات الجغرافية في ثلاثة مراحل:

- مرحلة إنتاج وتوليد نموذج التضرس الرقمي DEM من البيانات الرادارية باستخدام برنامج Global Mapper
- تفسير النموذج واستقراء المعلومات الجيومورفولوجية
- تطبيق النموذج الرقمي للتضرس واشتقاق المعلومات المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف في منطقة كريتير عدن

5. موقع ومناخ منطقة الدراسة:

اشتق اسم كريتير من الكلمة الانجليزية Crater والتي تعني فوهة البركان ويعتبر المظهر البركاني السمة المميزة لشكل سطح الأرض لمنطقة الدراسة والتي تنحصر بين خطي طول (36° 00' 45)، (25° 02' 45) شرقاً ودائرتي عرض (36° 46' 12)، (24° 47' 12) شمالاً، وهي بمثابة بركان خامد تقدر مساحته بحوالي 7,42 كم² وتحاط فوهة البركان بسلسلة جبلية بركانية مثل جبل شمسان و جبل الخساف و جبل المنصوري و جبل العيدروس الشكل (1) . يتميز مناخ منطقة عدن بصورة عامة بأنه حار صيفاً ومعتدل شتاءً و كمية الأمطار الساقطة تقدر بمعدل سنوي بحدود 50,08 مم وتتميز الأمطار الساقطة إضافة إلى كمياتها السنوية المنخفضة بعدم الانتظام كما لا توجد دورة محددة للجفاف والرطوبة و عوضاً عنها توجد فترات قصيرة من سنت إلى ثلاث سنوات

تستلم فيها عدن فوق المعدل مع فترات جافة طويلة وغير منتظمة يكون فيها الأمطار دون المعدل [8].



شكل رقم (1): موقع منطقة الدراسة

6. جيولوجية منطقة الدراسة: Geology of the Study Area

لقد ارتبط اسم عدن تاريخيا بالمدينة التي نشأت داخل فوهة البركان لهذا تسمى اليوم كريتير ، ويعتبر المظهر البركاني السمة المميزة لمظهر سطح الأرض لمنطقة الدراسة [2]. جيولوجيا تكونت بركانيات عدن خلال عدة مراحل أولهم قبل 6,5 مليون سنة وآخرها قبل حوالي مليون سنة نتج عنه تكوين ما يعرف اليوم بشبه جزيرة عدن [3]. وتعد براكين عدن من النوع التطابقي حيث تظهر فيها آثار الطفح والالتحام البركاني في أكثر من مركز بركاني، كما أن تكوين المخروط البركاني في شبه جزيرة عدن قد توقف بسبب تكون كالديرات واسعة وحدثت ثورات الالفا الشديدة التي غطت الكالديرا.

وتنكشف في منطقة الدراسة خمس وحدات صخرية وهي من الأقدم إلى الأحدث

حسب الآتي:

1- سلسلة المعلا: وهي تتكون من صخور الالفا التي تسمى بلافا المعلا والتي يغلب عليها صخور التراكيت الانسيابي الغني بمعدن الفلسبار البروفيري كما تحتوي هذه الصخور على انسيابات مميزة من صخور الرايوليت. وتنكشف هذه الصخور في الجزء الشمالي من منطقة الدراسة (شكل 2).

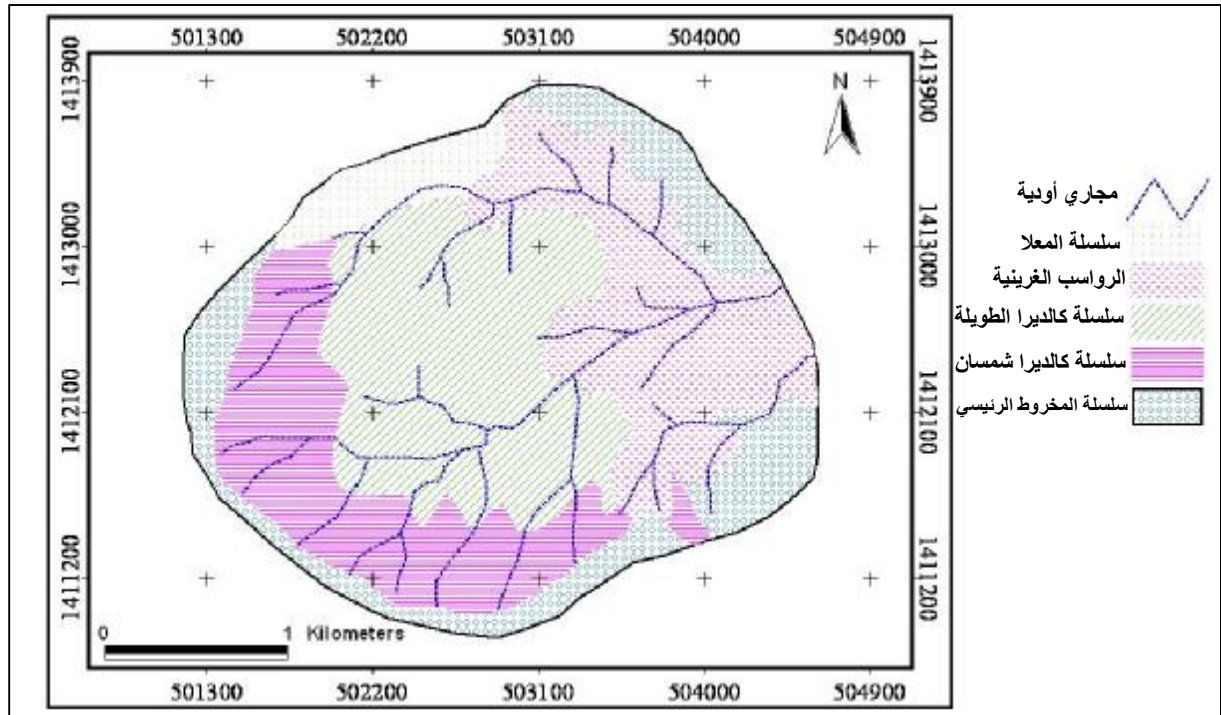
2- سلسلة المخروط الرئيسي: وهو عبارة عن جسم المخروط البركاني الذي يكون الجزء الرئيسي لشبه جزيرة عدن. وهو يتكون من البازلت التراكيتي الذي تعلوه طبقات من الرهص البركاني (Agglomerate) مع طبقات متداخلة من صخور التراكيت والرايوليت وهي تحيط بمنطقة الدراسة من جميع الجهات (شكل 2).

3- سلسلة كالديرا شمان: وهي عبارة عن صخور ناتجة عن مرحلة تكوين الكالديرا

التي تلت مرحلة تكوين المخروط الرئيسي . وتتكون هذه الصخور في مجملها من الالفا البركانية والاندزيت التراكيتي التي تغطي الأجزاء الجنوبية الغربية من منطقة الدراسة (شكل 2).

4- سلسلة كالديرا الطويلة: وهي عبارة عن صخور من الالفا البركانية التي تتكون من الرهص البركاني مع وجود متداخلات من طبقات بارزة من حجر الخفاف ، وتتكشف هذه السلسلة متوسطة صخور سلسلة كالديرا شمسان في مركز منطقة الدراسة (شكل 2).

5- الرواسب الغرينية: وهي رواسب حديثة من الغرين التي غطتها حالياً مباني مدينة عدن التي تغطي الجزء الشمالي الشرقي لمنطقة الدراسة (شكل 2).



شكل رقم (2) : خارطة جيولوجية لمنطقة الدراسة موضحاً عليها التكاوين الموجودة ضمن المنطقة [3]

7. أسلوب العمل ومناقشة النتائج:

خلال هذه الدراسة تم الاعتماد على أسلوب المنهج الكمي في حساب الأشكال الأرضية وذلك ضمن وصف تلك الأشكال وصفاً كمياً من خلال إجراء القياسات الخاصة بمتغيرات الخصائص المورفومترية من خلال نظم المعلومات الجغرافية ومن ثم إنشاء قاعدة بيانات خاصة بتلك المتغيرات والقياسات المورفومترية ثم نمذجة وجدولتها تلك القياسات التي تتضمن مسافات ومساحات وزوايا ومعادلات ونسباً واتجاهات من أجل الاستعانة بها لإجراء التحليلات المورفومترية ضمن قاعدة البيانات وتشمل تلك القياسات:

1.7- الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف:

1.1.7- نسبة التضرس (Relief Ratio (Re) :

وهي النسبة بين أعلى وأخفض نقطة في الحوض إلى الطول الحقيقي للحوض [1] ويعبر عن نسبة التضرس رياضياً بالعلاقة الرياضية التالية :

$$Re = (P1 - P2) / L$$

حيث إن:

- P1 = أعلى نقطة ارتفاع عن مستوى سطح البحر في الحوض (م).
 P2 = أخفض نقطة ارتفاع عن مستوى سطح البحر في الحوض (م).
 L = الطول الحقيقي للحوض (كم).

إن نسبة التضرس تعد من أهم الخصائص التضاريسية للحوض أو للوادي حيث أنه كلما ازدادت قيمة نسبة التضرس دل هذا على أن مجرى الوادي يمر بمنطقة ذات تضاريس عالية أو منطقة متضرسية ويبدل على زيادة نقل الرواسب ، أما إذا قلت نسبة التضرس فهذا يعني أن الوادي يمر في مراحله الأخيرة أي أن التضاريس تقل في الوادي ومن هذا نستدل على أن الوادي يقترب من نهاية تطور تضاريس أعالي الحوض [1] . ومن خلال ملاحظة الجدول (1) نجد أن نسبة التضرس لوادي العيدروس هي أقل قيمة بين قيم نسب التضرس للوديان الأخرى، وأن وادي الطويلة يملك أكبر قيمة لنسبة التضرس ، وهذا يدل على أن التضرس عال على طول مجرى وادي الطويلة .

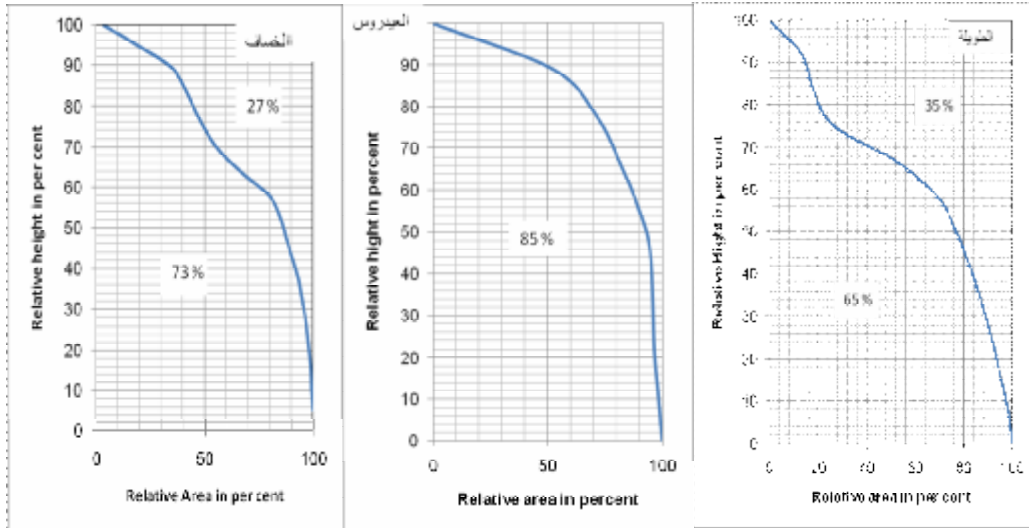
الحوض	أقصى ارتفاع (م)	أدنى ارتفاع (م)	مساحة الحوض (كم ²)	الطول الحقيقي للحوض (كم)	نسبة التضرس
الطويلة	450	10	2,78	3,02	145,7
الخساف	380	20	1,98	3,4	105,9
العيدروس	140	10	0,59	1,55	83,9

جدول رقم (1): نتائج قياسات الخصائص التضاريسية لأحواض كريتير عدن

2.1.7- التحليل الهبسونمري Hypsometric Analysis:

يشمل التحليل الهبسونمري قياس وتحليل العلاقة بين الارتفاعات والمساحة للأحواض المائية لكي يتم التعرف على مراحل نمو مجاري التصريف النهري وأيضاً مراحل الدورات الحثية [9].

تم اشتقاق المعلومات الهبسونمترية لكل حوض من الأحواض الثلاثة من النموذج الرقمي للتضرس (DEM) ومن ثم رسم المنحنى الهبسونمري لكل حوض (شكل 3)، ومنه نلاحظ أن النسبة الهبسونمترية التكاملية لحوض الطويلة قد بلغت 65% ولحوض العيدروس 85% ولحوض الخساف بلغت 73%. وتعتبر النسبة الهبسونمترية التكاملية من المعلومات المورفومترية المهمة التي تعطي مؤشراً عن نسبة الحث في الأحواض المائية ، وبناء على مقترح ستراهلر [12] فإن الأحواض الثلاثة ما زالت في مرحلة الشباب (النسبة الهبسونمترية التكاملية < 60%) وتتميز بارتفاع نسبة الحث (erosion) أكثر من الترسيب ، وهذا العمل الهدمي سوف يعمل على ترسيب أطنان من الرسوبيات في الأجزاء السفلية لأحواض الأودية.



شكل رقم (3): المنحنيات الهيسومترية لأحواض التصريف في منطقة كريتreden

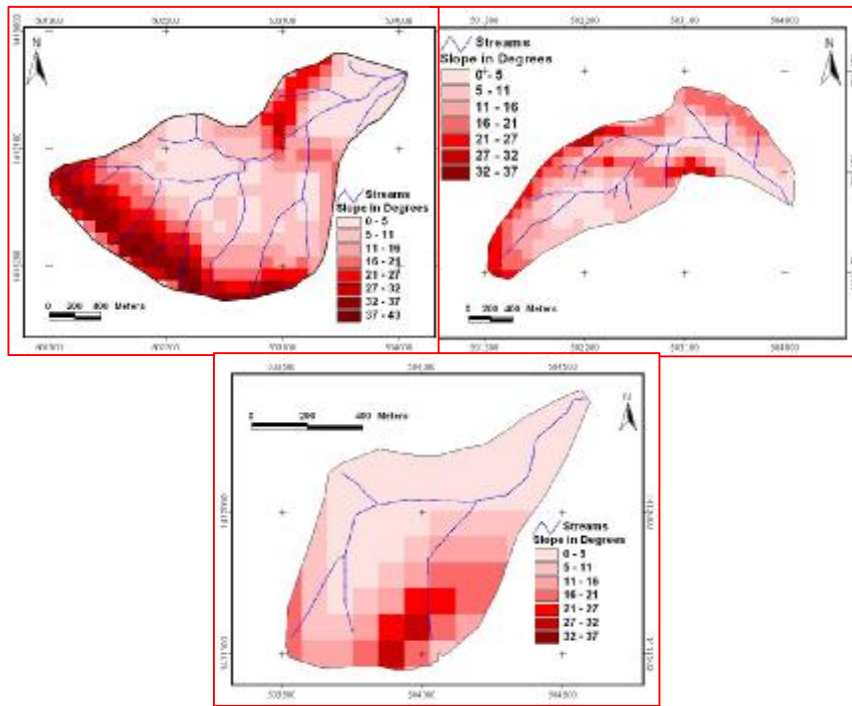
3.1.7 - حساب الانحدار لأحواض التصريف Slope of Catchment :

كلما زاد انحدار سطح الأرض زادت سرعة حركة الجريان السطحي ، وبهذا فإن فترة التركيز ستكون أكبر وتكبر ذراً الفيضان . خلال هذه الدراسة تم حساب الانحدار في كل نقطة من نقاط النموذج لكل حوض تصريف بتطبيق طرق التحليل الخلوي Raster على معطيات النموذج بالألوان المختلفة حيث تتخذ كل شريحة قيم الميول العظمى والتي تعبر عن مقدار التغير الحاصل بالارتفاع بين كل خلية والخلية المجاورة لها ، وكلما ازداد الميل زاد الارتفاع في المنطقة والعكس كلما نقص الميل أصبحت المنطقة قريبة من الشكل المستوي ، وهذا ما نلاحظه بوضوح في خرائط الميول لأحواض التصريف في منطقة الدراسة (شكل 4). كما تبين هذه الخرائط إن هناك تدرجاً واضحاً في قيم الانحدار تتباين من أعلى القيم التي تغطي المناطق المرتفعة من الحوض إلى أقل قيم للانحدار التي تغطي المناطق السفلى من أحواض التصريف .

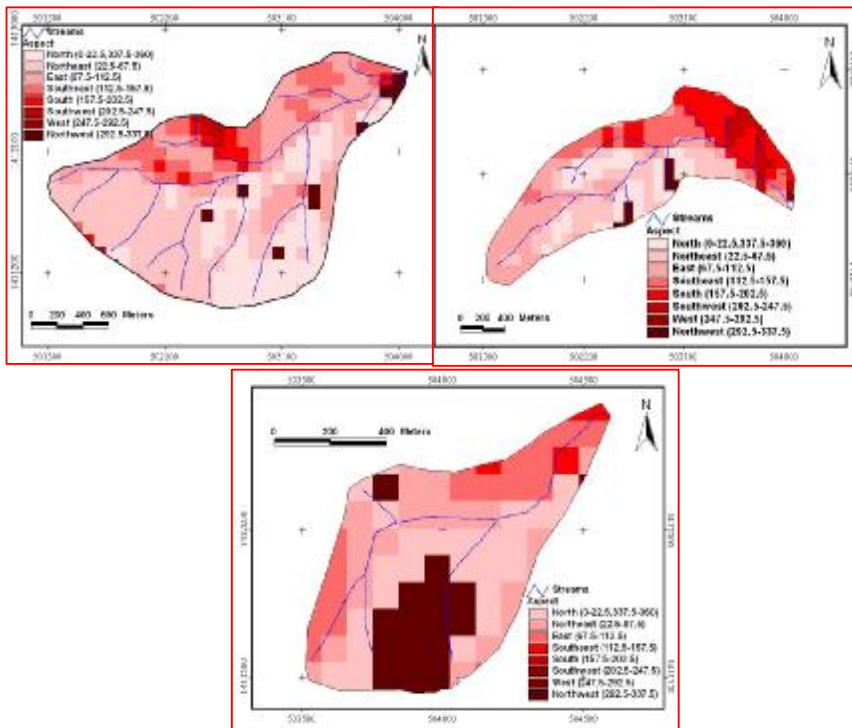
4.1.7 - حساب اتجاه الميل Aspect :

اتجاه الميل هو عبارة عن المظهر أو اتجاه الشكل بالنسبة للاتجاهات الأربعة . حيث إن المظهر (Aspect) يشير إلى المناطق الأكثر إنحداراً لاتجاه الميل في موضع أو مكان معين، وأن اتجاه الميل يعني وجه المنطقة المرتفعة أو وجه الجبل (Hill Face) . ويتم قياس المظهر باتجاه عقرب الساعة بالدرجات يبدأ من الشمال بالدرجة (صفر) ثم ينتهي مرة أخرى بالشمال ليكمل دورة كاملة (360 درجة) ، لكل خلية موجودة في الهيئة الخلوية لنموذج التضرس الرقمي. ويوضح الشكل رقم 5 خرائط اتجاه الميل Aspect لأحواض التصريف في منطقة الدراسة.

تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف د. عبدالمحسن العمري



شكل رقم (4) : خرائط الانحدار لأحواض الطويلة الخساف والعيديروس



شكل رقم (5) : خرائط اتجاه الميل (Aspect) لأحواض الطويلة الخساف والعيديروس

2.7- الخصائص المورفومترية لأنظمة التصريف

إن الطريقة المتبعة في التحليل الكمي لدراسة خصائص أحواض التصريف في منطقة الدراسة هي طريقة ستراهلر [12] وبعض الطرائق الأخرى، حيث يشير التحليل المورفومتري إلى جميع الخصائص الحوضية القياسية التي تنتج عن أخذ قياسات معينة

للأحواض المائية ، وترتبط الخصائص المورفومترية للأحواض ارتباطاً مباشراً بالعوامل الطبيعية مثل البنية الجيولوجية والمناخ والغطاء النباتي وأية تغييرات تطراً عليها [7].
1.2.7 - **الرتب النهرية Stream Order** :

إن عملية التعرف على درجة الرتبة النهرية (التي تتكون منها الأحواض) تفيد عند دراسة كمية التصريف المائي الخاصة بكل وادٍ وبالتالي فلها انعكاس على تخمين قدرة تلك الأحواض الحثية والإرسابية ومن ثم الحد من تأثيرها في استخدامات الأراضي المختلفة والمجاورة للحوض ، حيث إن الرتب العالية تدل على أنها تسير في مناطق قليلة الانحدار وذات نفاذية ، ذلك أن المياه تسير فيها بشكل بطيء مثل سهول البيدمنت والسهول الفيضية وأما الرتب المتوسطة فهي توجد في المناطق التي يكون انحدار سطحها متوسطاً إلى عالٍ وكلما ازداد عددها دل هذا على أن الصخور مكونة من مواد صلبة والرتب الواطئة (الأولى والثانية) فهي توجد في المنحدرات الصخرية العالية الانحدار ونلاحظ كثرة عددها وذلك لأن المياه تسير بسرعة في هذه الجداول [5]، وتمتاز الرتب الأولى بقصر طولها نسبة إلى باقي الرتب في منطقة الدراسة.
تم الاعتماد في رسم شبكة التصريف المائية لأحواض التصريف على نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بطريقة آلية تلقائية وذلك باستخدام أدوات التحليل التي يتيحها برنامج ArcView من خلال الأدوات Spatial Analyst Tools – Hydrology وتم اتباع طريقة ستراهلر في حساب الرتب وكما هو موضح في الشكل (5) ، و الجدول (2).

الحوض	الرتبة الأولى		الرتبة الثانية		الرتبة الثالثة		الرتبة الرابعة	
	عدد الوديان	طول الوديان (كم)	عدد الوديان	طول الوديان (كم)	عدد الوديان	طول الوديان (كم)	عدد الوديان	طول الوديان (كم)
الطويلة	13	6,26	4	2,46	1	1,69	1	0,41
الخساف	9	3,4	2	1,60	1	1,45	-	-
العيدر	3	1,33	1	1,19	-	-	-	-

جدول رقم (2): عدد الوديان وأطوال الرتب النهرية لأحواض التصريف في منطقة الدراسة

2.2.7 - **طول الجداول Length of Streams (Ls)** :

تم حساب أطوال الجداول (Ls) لكل رتبة من خارطة التصريف بواسطة برنامج ArcView وتم بعد ذلك حساب معدل أطوال الجداول لكل رتبة (Ls') من خلال العلاقة الرياضية التالية^[11]:

$$Ls' = \sum Ls / Ns$$

حيث إن: Ls' = معدل طول الجداول (كم). Ls = طول الجداول (كم). Ns = عدد الجداول

وإذا كانت قيم معدل أطوال الجداول لرتبة معينة عالية فهذا دليل على أن جداول هذه الرتبة تسير في مناطق سهلية قليلة الانحدار حيث يزداد طول الجداول ويقل عددها كما موضح في الجدول (2) ، أما إذا كانت قيم معدل أطوال الجداول منخفضة فهذا يدل على أنها تسير بأراضٍ شديدة الانحدار أو أراضٍ جبلية حيث يزداد عددها وتقل أطوالها [13].

3.2.7 - **نسبة التشعب Bifurcation Ratio (Br)** :

وهي النسبة بين عدد الجداول لرتبة ما إلى عدد الجداول للرتبة التي تليها ، وغالباً ما

تتراوح نسبتها في الأحواض ما بين (3 - 5) وإن القيمة النظرية لها (2) ، وهي انعكاس طبيعي للظروف المناخية والتضاريسية والجيولوجية لمنطقة الدراسة^[14] وإن قيم نسب التشعب القريبة من (3-5) دليل على تشابه خواص الحوض مناخياً وبنيوياً وإن أي ارتفاع أو انخفاض لهذه النسبة عن الحد المذكور أنفاً دليل على عدم تماثل الحوض مناخياً وتضاريسياً^[6] أي هو دليل على وجود شواذ طبيعية في الحوض أو على وجود نشاط تكتوني في منطقة الحوض .

تعد نسبة التشعب من المعاملات الرياضية المهمة لكونها أحد العوامل التي تتحكم في معدل التصريف^[15] . وأن نسبة التشعب تتناسب طردياً مع ازدياد كمية المياه أي أنه كلما ازدادت نسبة التشعب ازدادت كمية المياه الجارية في جدول واحد . وقد تم حساب نسبة التشعب لأحواض منطقة الدراسة من خلال العلاقة الرياضية التالية^[6]:

$$Br = Ns / Ns + 1$$

حيث إن : Br = نسبة التشعب ، Ns = عدد الجداول النهرية لرتبة واحدة ، Ns+1 = عدد الجداول النهرية للرتبة التي تليها .

ونلاحظ أن نسبة التشعب لمجري المرتبة الأولى للأحواض الثلاثة تتباين من 3 لحوض وادي العيدروس إلى 4,5 لحوض وادي الخساف ، وهذا التجانس يعطي دليلاً على تشابه خواص الحوض مناخياً وبنيوياً

الحوض	الرتبة الأولى		الرتبة الثانية		الرتبة الثالثة	
	معدل طول الوديان	نسبة التشعب	معدل طول الوديان	نسبة التشعب	معدل طول الوديان	نسبة التشعب
الطويلة	0,482	3,25	0,615	4	1,69	-
الخساف	0,378	4,5	0,800	2	1,45	-
العيدروس	0,443	3	1,19	-	-	-

جدول رقم (3): معدل أطوال الرتب النهرية ونسبة التشعب لأحواض التصريف في منطقة الدراسة

4.2.7- مساحة حوض التغذية (A) : Catchment's area

وتعرف بأنها المساحة الكلية المسقطت على مستوى أفقي بحيث إن الجريان السطحي على هذه المساحة يتجه كله باتجاه الجدول ذي الرتبة الأعلى والمسمى الحوض باسمه^[1] .

وتم حساب مساحة كل حوض للأودية المدروسة بواسطة برنامج ArcView بالوحدات المربعة سواء (كم²) أو (م²) كما في الجدول (3) . حيث نلاحظ أن مساحة حوض الطويلة أكبر من باقي الأحواض الثلاثة يليه حوض الخساف ثم العيدروس.

5.2.7- كثافة التصريف (D) : Drainage Density

ويقصد بها درجة التفرع وانتشار الشبكة النهرية ضمن مساحة محددة^[1] . وتقاس كثافة التصريف من خلال قسمة حاصل مجموع أطوال الجداول على المساحة الكلية للحوض (A) . وكما هو موضح في العلاقة الرياضية الآتية:

$$D = \sum Ls / A$$

حيث إن : D = كثافة التصريف (كم/كم²) ، Ls = مجموع أطوال الجداول (كم)

$$A = \text{مساحة حوض التصريف (كم}^2\text{)}$$

إن لكثافة تصريف الحوض أهمية كبيرة من الناحيتين المورفولوجية والهيدرولوجية ، حيث إنها تدل على طبيعة جريان المياه السطحية في الحوض والتي تتأثر بالعوامل الجيولوجية والانحدار والغطاء النباتي وكذلك شدة الساقط المطري [4] ، كما يؤكد ميلتون [16] على أن المناخ والتضاريس هما المسئولان عن اختلاف الكثافة التصريفية بنسبة (97%) . وان المنطقة التي يكون نسيج نمط تصريفها خشنا فإن كثافتها التصريفية تكون منخفضة حيث إن الصخور التي لها القابلية على النفاذية يكون نسيجها خشنا وبالتالي كثافتها التصريفية تقل مع مراعاة عامل انحدار سطح الأرض حيث إن له تأثيراً كبيراً في كثافة التصريف ، أما المنطقة التي يكون نسيج نمط تصريفها ناعماً فإن كثافتها التصريفية تكون عالية . وأما الأقاليم التي تكون فيها كثافة التصريف عالية بشكل غير اعتيادي تدعى الأراضي السيئة (Bad land) [10] ، ونلاحظ أن كثافة التصريف لوادي العيدروس عالية نسبياً مقارنة بباقي الأحواض كما في الجدول (3) .

6.2.7- التكرار النهري (F) Stream Frequency:

ويقصد بها النسبة بين عدد الجداول المائية (Ns) لجميع الرتب لحوض معين إلى مساحة حوض التغذية (A) [14]. ويتم حسابه من خلال العلاقة الرياضية التالية :

$$F = \sum Ns / A$$

وفي منطقة الدراسة نلاحظ أن هناك تقارباً كبيراً في قيم التكرار النهري للأحواض الثلاثة ، وهذا التجانس يعود إلى طبيعة التجانس الصخري التي تجري عليها المجاري المائية.

الحوض	مساحة الحوض (كم ²)	كثافة التصريف (كم/كم ²)	التكرار النهري
الطويلة	2,78	3,89	6,48
الخساف	1,98	3,25	6,06
العيدروس	0,59	4,27	6,78

جدول رقم (3): التكرار النهري ومساحة وكثافة التصريف لأحواض التصريف في منطقة الدراسة

3.7 - الخصائص الهيدرولوجية لأحواض التصريف:

1.3.7 - معامل قوة النهر (P) Stream Power Index:

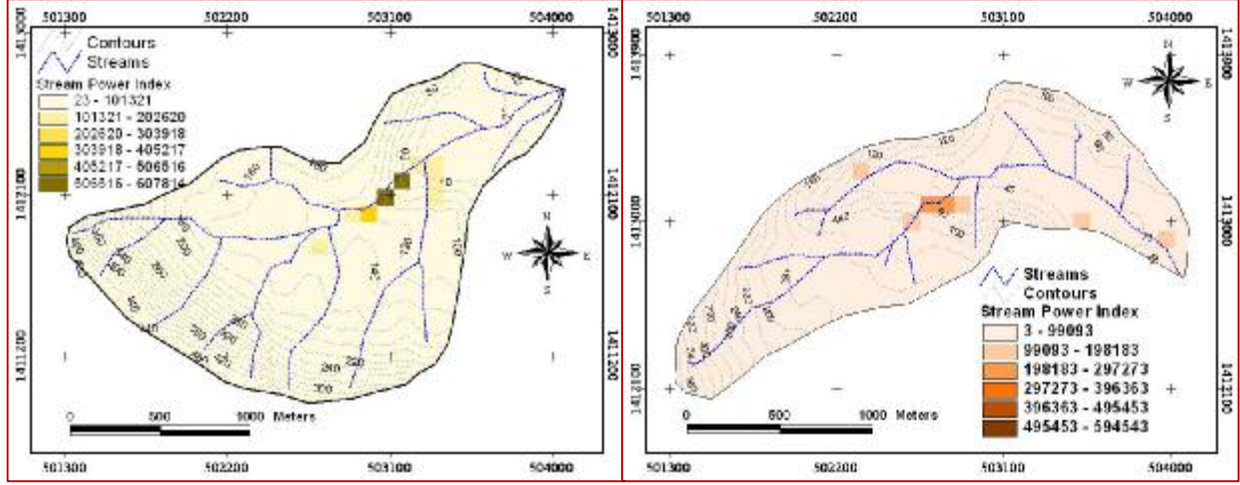
وهو من المعاملات المهمة التي تستخدم كمؤشر على قوت الحت للمجرى المائي ، وتم حساب هذا المعامل من العلاقة الرياضية التالية :

$$P = \rho g q \times \tan B$$

حيث إن : ρ = كثافة الماء ، g = التعجيل الأرضي ، q = كمية التصريف التدفقي لكل وحدة طولية

تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف د. عبدالمحسن العمري

حيث تم رسم معامل قوة النهر لحوضي الطويلة والخساف شكل (6) ، بينما حوض العيدروس لم يعطي تبايناً في الألوان لصغر حجم الحوض .



شكل رقم (6) : معامل قوة النهر لأحواض الطويلة والخساف

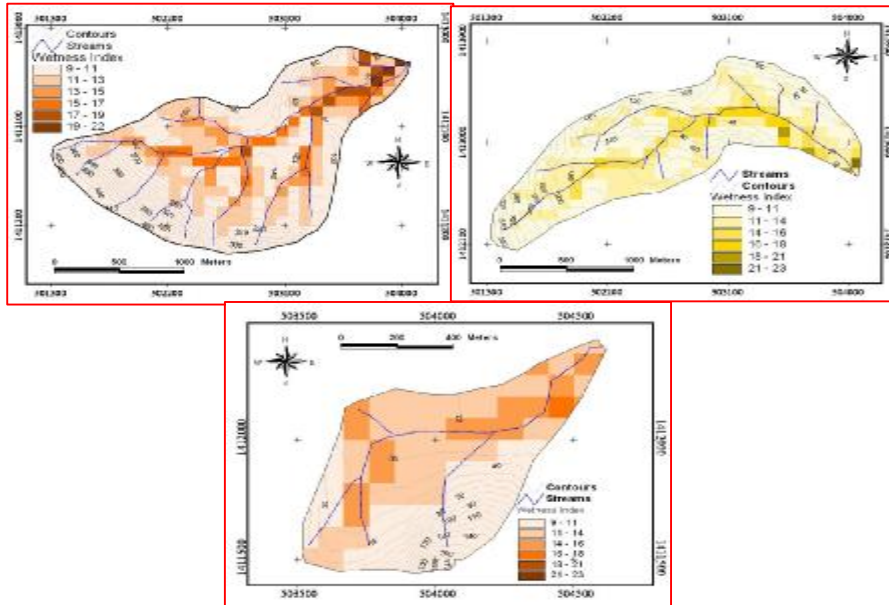
2.3.7- معامل الرطوبة (البلل) Wetness Index (w):

وهو من المعاملات الهيدرولوجية الذي يساعد في التعرف على بعض المعاملات الهيدرولوجية الأخرى وخصوصاً في النمذجة الهيدرولوجية لمساقط الأحواض المائية ، وقد تم احتسابه من القانون التالي:

$$w = \ln (A_s / \tan B)$$

حيث إن : A_s = المساحة الساكنة الفعالة للمسقط المائي بالمتر مربع ، B = الانحدار لكل لخلية بالدرجات

ويمثل الشكل (7) معاملات البلل لأحواض الثلاثة حيث نلاحظ ارتفاع قيم المعامل على طول المجاري المائية ، وتزيد قيمته في المجاري ذات الرتب العالية للأحواض الثلاثة.



شكل رقم (7) : خرائط معامل البلل لأحواض الطويلة والخساف والعيدروس

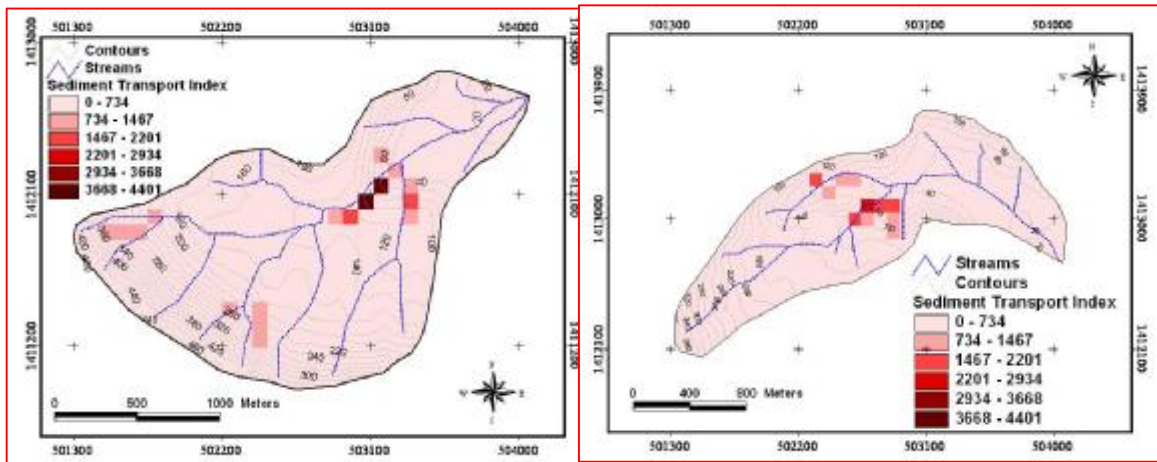
3.3.7 - معامل نقل الرواسب (t) Sediment Transport Index:

وهو من المعاملات الهيدرولوجية التي تستخدم في التعرف على عمليات الحت والترسيب في أحواض التصريف المائية ، كما يعرض مدى تأثير وطبوغرافية الحوض على التربة المضككة ، وتم اشتقاقه من العلاقة الرياضية التالية:

$$t = [As / 22.13]^{0.6} * [\sin B / 0.0896]^{1.3}$$

حيث إن: As = المساحة الساكنة الفعالة للمسقط المائي ، B = الانحدار لكل لخلية بالدرجات

حيث تم رسم معامل نقل الرواسب لحوضي الطويلة والخساف فقط (شكل 8) ، بينما حوض العيدروس لم يعط تبايناً في الألوان لصغر حجم الحوض أيضاً ، ومن الممتع جداً أن نلاحظ أن أعلى قيمة لهذا المعامل تتركز في منتصف حوض الطويلة في موقع صهاريج الطويلة .



شكل رقم (8) : معامل نقل الرواسب لأحواض الطويلة والخساف

8. الاستنتاجات والتوصيات Conclusions & Recommendations

لقد هدفت هذه الدراسة بصورة عامة إلى العمل على إظهار إمكانية برامج نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات جغرافية تحتوي على متغيرات هيدرومورفومترية لأحواض التصريف في منطقة كريتreden ثم الاستعانة بتطبيقات النظم المختلفة واستخراج المعادلات الهيدرومورفومترية المحددة ضمن هذه الدراسة وذلك من أجل التوصل إلى القيم المحسوبة لمختلف الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية ، وخلص البحث إلى الاستنتاجات التالية:

- 1- بناء قاعدة بيانات جغرافية ذات متغيرات هيدرومورفومترية لأحواض التصريف في منطقة كريتreden وذلك من خلال تغذيتها بالبيانات اللازمة لعملية التحليل الهيدرومورفومتري اعتماداً على مصادر بيانات رقمية حديثة متمثلة في النموذج الرقمي للتضرس (DEM) .
 - 2- إمكانية التعامل مع المناطق غير المدروسة وفق هذه النمذجة الرقمية مع التطورات السريعة في تقنية نظم المعلومات الجغرافية والتحسس النائي وبكاف اقتصادية منخفضة مقارنة مع الطرق التقليدية في عملية المعالجة.
- من خلال الاستنتاجات التي تم التوصل إليها في هذه الدراسة فإن الباحث يوصي بما يلي:
- 1- ضرورة توظيف تقنية نظم المعلومات الجغرافية في الدراسات الطبيعية الجيومورفولوجية المتعلقة بالخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض

- التصريف الجافة في اليمن لما لها من نتائج دقيقة وما توفره من جهد ووقت .
- 2- العمل على تكثيف استخدام مصادر البيانات الحديثة ذات الوضوح المكاني الكبير والدقة العالية في الدراسات الهيدرولوجية كأساس في بناء قواعد البيانات الجغرافية ذات المتغيرات المورفومترية والتي تدعم بصورة كبيرة عمليات التحليل في نظم المعلومات الجغرافية
- 3- إجراء دراسة بيئية مستقبلية مكتملة لأحواض التصريف في منطقة كريتو عدن وذلك بالاعتماد على قاعدة البيانات الجغرافية ذات المتغيرات الهيدرولوجية التي توصل إليها الباحث .

المراجع:References

- 1- أبو العينين ، حسن سيد أحمد ، أصول الجيومورفولوجيا دراسة الأشكال التضاريسية لسطح الأرض ، الطبعة الحادية عشرة ، مؤسسة الثقافة الجامعية ، الإسكندرية - مصر ، 1995 ، 770 ص.
- 2- عبد الباقي ، قادري ، الجوانب الجيومورفولوجية والمناخية لبناء صهاريج عدن ومسألة تموينات المياه للمدينة ، دراسة في الجغرافيا التاريخية ، مجلة جامعة عدن للعلوم الاجتماعية والإنسانية ، المجلد الثالث ، العدد الخامس ، دار جامعة عدن للطباعة والنشر - عدن ، 2000 ، ص 89-103
- 3- كوكس ، كيث جوربون واين حرهام ودونالد ايضور ، التطور الجيولوجي لبراكين عدن وعدن الصغرى ، الجمهورية اليمنية ، ترجمة احمد سعيد باحاج ، مركز الدراسات والبحوث اليمني ، صنعاء ، 1992 ، 149 ص.
- 4- جبوري ، صباح توما ، علم المياه وإدارة أحواض الأنهر ، مديرية دار الكتب للطباعة والنشر ، جامعة الموصل ، 1988 ، 454 ص .
- 5- زرقطة ، هيثم يوسف ، نظم المعلومات الجغرافية GIS والدليل العلمي الكامل لنظام Arcview 9 ، الطبعة الأولى ، شعاع ، دمشق ، سوريا ، 2007 .
- 6- الدليمي ، خلف حسين ، الجيومورفولوجيا التطبيقية علم شكل الأرض التطبيقي ، الطبعة الأولى ، دار الأهلية للنشر والتوزيع ، عمان ، الأردن ، 2001 .
- 7- سلامة ، حسن رمضان ، أصول الجيومورفولوجيا ، الطبعة الأولى ، دار المسيرة ، عمان - الأردن ، 2004 .
- 8- TNO Institute of applied Geoscience Netherlands, The Water Resources of Yemen. M. O. M Sana'a, 1995, p. 25
- 9- Singh, S. (1999). Geomorphology. Prayag Pustak Phawan, Llahabad, India. 612 p
- 10-Easterbrook, D.J. (1969). Principles of geomorphology, McGraw-Hill, Inc. Co., New York, 462p.
- 11-Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geometry. Trans. American Geophysical Union, Vol. 38, pp. 913-920.
- 12-Strahler, A.N. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks; in a book of applied hydrology, edited by chow, V. T., McGraw-Hill, New York.
- 13-Chorley, R.J. (1976). Introduction to Fluvial Process, Methuen Co. Ltd., 216p.

- 14-Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins. Hydrogeological approach to quantitative geomorphology, Bulletin of geological society of America, Vol.56, pp. 275-370.
- 15-McCullah, P. (1986). Modern Concept in geomorphology, Oxford Univ. Press., Oxford, U.K, 197p.
- 16-Melton, M. A. (1958). Geometric properties of mature drainage basin systems and their representation in E4 phase space. Journal of Geology, Vol. 66, pp. 35-56.