الخصائص المورفومترية لحوض وادي ترسخ باستعمال نظم المعلومات الجغرافية

((البحث مستل من رسالة الماجستير للطالب بهاء الدين عبد الحسين))

اعداد :الدكتور طلال مريوش جاري **الباحث بهاء الدين عبد الحسين عويد**
جامعة واسط /كلية التربية

الملخص

إن دراسة الخصائص المورفومترية تمثل احدى الاتجاهات الحديثة لدراسة الأحواض المائية، وترتبط الخصائص المورفومترية للأحواض المائية ارتباطاً مباشراً بالعوامل الطبيعية اهمها المصادر المائية لتلك الأحواض، لذلك يعد حوض الصرف النهري هو الوحدة الاساسية لعمل البحوث الكمية لحوض النهر اذ أن قياس الصفات الطبيعية للنظم النهرية اوالاودية من التطورات الحديثة في مجال الجيومرفولوجية التطبيقية والتي هي بالأساس تعتمد على التحليل الاحصائي والرياضي لوصف التضاريس الارضية . أن الدراسة الخصائص المورفومترية تساعد على تحليل شكل الحوض والمراحل الحتية للأحواض والمظاهر الارضية التي تتطور عنها بسبب التباين في عمليتي التعرية والترسيب والتي من الممكن الاستفادة منها في كثير من العمليات التطبيقية كصيانة التربة وإدارة الموارد المائية وفي الكثير من المنشأة الهندسية اذ ان الخصائص المورفومترية من الممكن ان تعالج وتحلل ضمن مجموعة من القوانين والتي هي في الاغلب تعتمد على قوانين هورتون (١٩٤٥) وكذلك في الغالب تعتمد على القوانين التي جاء بها العديد من الباحثين امثال ملر (١٩٥٢) وستراهلر (١٩٥٨) وشوم (١٩٥٤) ان هذه الدراسات اظهرت الخصائص المورفومترية للأحواض المائية هي ناتجة من العوامل الطبيعية وحسب تصنيفاتها المورفومترية الكمية سواء المساحية منها او الشبكية او التضاريسية ان كل طريقة لها مميزاتها وعيوبها لكونها تعالج جانباً واحداً من جوانب التحليل المورفومتري [١].يساعد التحليل المورفومتري لأحواض التصريف في التعرف على خصائص شبكة الصرف المائي

والعوامل التي تؤثر بها في تشكيل سطح الارض وتفسير تلك الاشكال من خلال معرفة الخصائص الهيدرولوجية، كما ان الدراسة المورفومترية ساعدت في تحديد الخصائص المورفولوجية لشبكة التصريف المائي ومدى التطور الذي وصلت اليه ومن ثم معرفة كميات الرواسب المنقولة الى مصبات هذه المجاري . إن الخصاص المورفومترية تتأثر وبصورة مباشرة في البنية الجيولوجية والطوبوغرافية للمنطقة وكذلك المناخ والغطاء النباتي أذ ان اي تغير في هذه العوامل يؤدي الى تغير واضح في الخصائص المورفومترية للشبكة المائية للحوض [٢].إن الدراسات المورفومترية ذات اهميه لكونها تُعد الاساس العلمي لكثير من الدراسات الجيومورفولوجية الإقليمية لأنها تعطي فكرة مسبقة عن خصائص المنطقة قبل القيام بالدراسات الحقلية التفصيلية كما انها من وسائل التنبؤ في دراسة المقارنات الإقليمية ومن هذه الدراسات هو التحليل المورفومتري .إن الخصائص المورفومترية (Morphometric properties) هي الخصائص الهندسية للحوض المائي وتقسم على ثلاثة انواع من الخصائص هي الخصائص الشكلية والخصائص الشبكية والخصائص التضاريسية وان نتائج تحليل الخصائص المورفومترية ودقتها تعتمد على دقه تحديد ورسم شبكة المجاري المائية للحوض المائي [٣].اعتمدت الدراسة على تحليل المرئيات الفضائية Landsat ETM الطوبغرافية وبيانات محطات الرصد الجوية وتم اتباع المنهج الموضوعي من اذ دراسة البيئة العاملة لوادي ترسخ . والمنهج التطبيقي الذي يهدف الى تطبيق المعايير والمقاييس الكمية في تحليل العمليات الجيومورفولوجية من اجل تقييم الموارد الطبيعية ودراسة المخاطر الطبيعية للوديان .والاسلوب الكمي في استعمال المعادلات الاحصائية لدراسة وتقدير حجم ذروة السيول في المنطقة واستعمال التقنيات الحديثة في تحليل المرئيات الفضائية وتحليل نموذج الارتفاع الرقمي DEM واستعمال برنامج Arc map10.3 في اعداد خرائط شبكات التصريف وتحديد رتب المجاري وتحديد مواقع المخاطر في المنطقة وحساب المتغيرات المورفومترية واجراء القياسات .

مشكلة البحث: هل ان العوامل الطبيعية هي التي تتحكم بخصائص الاحواض المائية في منطة البحث ومعدلات التصريف وتغيير اشكال سطح الارض نتيجة لتغير معدل التصريف وتكرار حدوث موجات السيول ومدى مخاطرة على احواض الوديان .

فرضية البحث: تمثل فرضية البحث تساؤلات للمشكلة وتشمل

١-للعوامل الطبيعية اثر على خصائص الاحواض لوديان المنطقة

٢-تتاثر خصائص الشبكة النهرية للوديان بالتضرس السطحي للمنطقة وانحدارها وتاثير الانحدار على كميات الترسبات المنقولة

٣-تاثر المنطقة ومنها الخصائص المورفومترية بطبيعة وموسمية الامطار الساقطة على حوض وادي ترسخ

موقع منطقة الدراسة :تقع منطقة البحث جغرافيا بامتداد حوض الوادي بالاشتراك بين الاراضي العراقية والايرانية اي في الجزء الشمال الشرقي من محافظة واسط . اما فلكيا يقع بين خطي طول (٤٥,٤٠ -٤٦,٢٠) شرقا . وبين دائرتي عرض (٣٣,٥ - ٣٣,٣٥) شمالا.ينظر خريطة (١) .

منهجية البحث: اعتمد البحث على المنهج التحليلي هذا أي على تحليل البيانات المشتقة من المرئيات الفضائية ونموذج الارتفاع الرقمي DEM والخرائط الرقمية .واجراء القياسات وتطبيق المعادلات الاحصائية للمتغيرات المورفومترية والهيدرولوجية

منهجية العمل :تمثلت مراحل العمل من خلال اعتماد المعايير العلمية المتبعة في الحصول على البيانات من مصادرها المتعددة المتمثلة

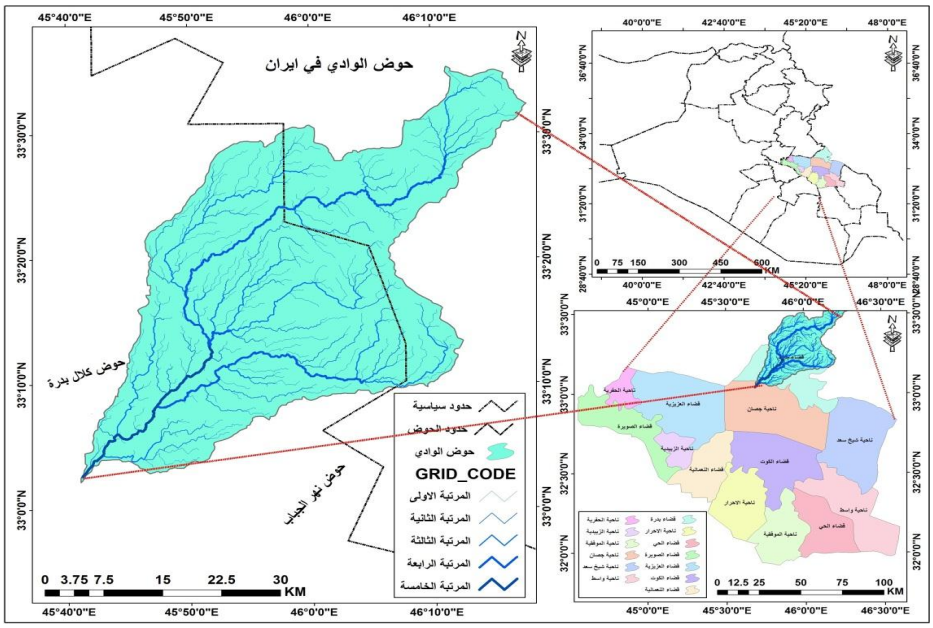
١-الخرائط الورقية وتحويلها الى خرائط رقمية اذ تم اعتماد خريطة لوحة شيخ سعد مقياس ١:١٠٠٠٠٠ ولوحة بدرة مقياس ١:١٠٠٠٠٠ ولوحة اركواز مقياس ١:١٠٠٠٠٠

٢-بيانات الارتفاع الرقمي (DEM (Digital Elevation Models)) بدقة ٣٠م

٣-اعتماد المرئيات الفضائية لاندسات (Satellite Images) بدقة ٦٠م

٤-عمليات الرفع المساحي (الدراسة الميدانية للحوض)

خريطة (١) موقع الدراسة من العراق والمحافظة



المصدر : الباحث بالاعتماد على بيانات الارتفاع الرقمي DEM والخريطة الطوبغرافية لوحة بدرة ومندلي

<u>وتعرف الخصائص المورفومترية (Morphometry)</u> بانها الخصائص الحوضية القياسية او الهندسية التي تنتج عن قياسات معينة للأحواض المائية بما في ذلك الخصائص الشكلية . ان الخصائص المورفومترية ترتبط بشبكة التصريف المائية ، وتعتمد دقة نتائج التحليل المورفومتري على دقة رسم شبكة المجاري المائية . وتوفر لنا تقنية نظم المعلومات الجغرافية برامج متطورة لاجراء التحليلات ينظر جدول (١) .

جدول (١) القياسات المورفومترية للاحواض منطقة الدراسة

القياس Measurement	حوض وادي ترسخ
المساحة (كم٢) Basin Areas km2	16910
المحيط (كم) Basin perimeter km	259
الارتفاع الادنى (م) Minimum Elevation m	4
الارتفاع الاقصى (م) Maximum Elevation m	1697
الارتفاع المتوسط (م)Average Elevation m	850.5
طول الحوض (كم) Basin Length km	97.66
عرض الحوض (كم) Basin Width km	39.07
طول المجرى الرئيسي (كم) The length of the mains km	51.03
متوسط انحدار الحوض % Average inclination of pelvis	17.34%
متوسط انحدار المجرى الرئيسي م / كم The average slope of main stream m/km	0.91
المسافة بين مركز ثقل الحوض والمصب كم (Lca) The distance between the Centre o gravity for the sink and km downstream	51.66
معامل الاستدارة Basin Circularity	3.159
نسبة الاستطالة Basin Elongation	0.14
عامل الشكل factor form	1.77
مجموع اطوال المجاري Stream order Length	11496.79

المصدر: الباحث بالاعتماد على برنامج Arc map10.3

المورفومترية التي تم اعتمادها في هذه الدراسة متمثلة في المستوى الثالث (Toolbox– Spatial Analyst – Hydrology) معتمدة على بيانات دقيقة ذات درجة وضوح مكاني عالية متمثلة في **(المرئية الفضائية ، ونموذج الارتفاعات الرقمية DEM**) والتي تساعدنا في رسم شبكة التصريف المائية بصورة دقيقة وواضحة مما ينعكس على نتائج التحليل المورفومتري موفرة بذلك الجهد والوقت . ان الخصائص الموفومترية تعكس الأحوال الطبيعية المُصاحبة للأحواض المائية اذ

تؤثر فيها بشكل مباشر لاسيما البنية الجيولوجية والمناخ والغطاء النباتي اذ ان اي تغيير في هذهِ العوامل يؤدي الى تغيير واضح في الخصائص المورفومترية. وتعد الدراسات الموفومترية أحد الاتجاهات الحديثة في دراسة الأحواض النهرية ، لذلك يُمثل حوض الصرف الوحدة الأساسية لأجراء البحوث لكون حوض الصرف النهري يتمثل بوحدة مساحية تُحدد بموجبها خصائص ومعطيات يمكن قياسها ومن ثم فأن النتائج التي يمكن التوصل اليها تستخدم في دراسة هيدرولوجية النهر ومعرفة مقدار التصريف المائي والتنبؤ عن ذلك فضلاً عن معرفة خصائص فيضان النهر وسبب ذلك هو ان شكل حوض النهر وحجمهُ وتكوينهُ الداخلي خصائص تتحكم جميعها في تحديد خصائص جريان النهر[٤]. اذ يكون الشكل العام لروافد النهر ورتبهِ المختلفة داخل الحوض نِتاج للعلاقة بين خصائص صخور المنطقة واشكالها التركيبية من جانب واحوال المناخ القديم والحالي من جانب اخر اذ تعكس خصائص الصخور من اذ درجة النفاذية والصلابة والانحدار العام للسطح ومناطق الضعف الصخري ويبرز أثر كل تلك الخصائص في تعديل المظهر العام لشكل الصرف النهري وتحديد نشاط اوديتهُ[٥].

تبرز أهمية الدراسات المورفومترية لأنها تعد الأساس العلمي لكثير من الدراسات الجيومرفولوجية . لكونها تُعطي فكرة مُسبقة عن خصائص المنطقة قبل القيام بالدراسات الحقلية التفصيلية ، كما تعد وسيلة للتنبؤ في دراسات المقارنات الإقليمية ، ويشمل التحليل المورفومتري

اولاً- التحليل المورفومتري لحوض التصريف : ويعرف حوض التصريف Drainage Basin على انه المنطقة التي تغذى مياهها الجارية في حالة توافرها مجرى مائيا معينا . باذ تنساب مياهها السطحية من جميع الاتجاهات المرتفعة المحيطة بها باتجاه المجرى الرئيسي الذي لا يشترط تطورة الى نهر دائم بل ربما يبقى على شكل مجرى مائي مؤقت او فصلي حسب الظروف الهيدرولوجية السائدة في حوض التصريف[٦]. يستخدم التحليل المورفومتري Morphometric Analysis كأسلوب كمي في الدراسات الجيومورفومترية ، ويقصد به عملية التحليل الرقمي لظاهرات سطح الارض اعتمادا على بيانات المستقاه من الخرائط الطبوغرافية والصور الجوية والمرئيات الفضائية والدراسات الحقلية. وتتطلب اهمية دراسة التحليل المورفومتري للأحواض التصريف العمود الفقري في الدراسة الجيومرفولوجية لأحواض التصريف . ان تشابه الاحواض في ابعادها وخصائصها

المورفومترية تدل على تشابه في خصائصها الجيولوجية والمناخية ونشأتها وعوامل تشكيلها وتطورها مما يلقي الضوء على جيومرفولوجية احواض المنطقة تم اجراء التحليل المورفومتري لاحواض شبكة التصريف بالاعتماد على تحليل الصور الفضائية في رسم شبكات التصريف مع الاستعانة بالخرائط الطوبغرافية (مقياس ١٠٠٠٠٠١) واستعمال برنامج Erdas imagine 8.4 في تحليل المرئيات الفضائية وانشاء نموذج الارتفاع الرقمي DEM واستعمال برنامج Arc map10.٣ في اعداد خرائط شبكات التصريف وتحديد رتب المجاري واستعمال برنامج الاكسل في استخراج نتائج المعادلات المورفومترية بعد اجراء الحسابات .

١- مساحة وابعاد احواض التصريف في المنطقة : تشمل دراسة مساحة وابعاد احواض التصريف دراسة المساحة الاجمالية لأحواض التصريف وابعادها وهي الطول والعرض والمحيط مما يدل على الخصائص الحجمية لهذه الاحواض وحساب العديد من الخصائص المورفومترية المرتبطة بالخصائص الشكلية لأحواض التصريف وشبكاتها في احواض المنطقة [٧].

أ-مساحة احواض التصريف Basin Area : تفيد دراسة مساحة احواض التصريف في علاقتها الوثيقة بنظام الشبكة ، اذ انه في حالة تشابه كل العوامل المورفولوجية فان حجم التصريف وقمته ترجعان اساسا الى مساحة حوض التصريف [٨]. تبلغ المساحة الاجمالية لحوض اذ بلغ مساحة حوض وادي كلال ترسخ ١٦٩١٠ كم. ويرجع كبر مساحة حوض التصريف في الدرجة الاولى الى تأثير خطوط البنية الجيولوجية والخصائص الطبيعية للصخور اضافة الى الفترة الزمنية التي قطعها حوض التصريف من دورتة الجيومرفولوجية . ينظر جدول (٢) .ينظر خريطة (١) .

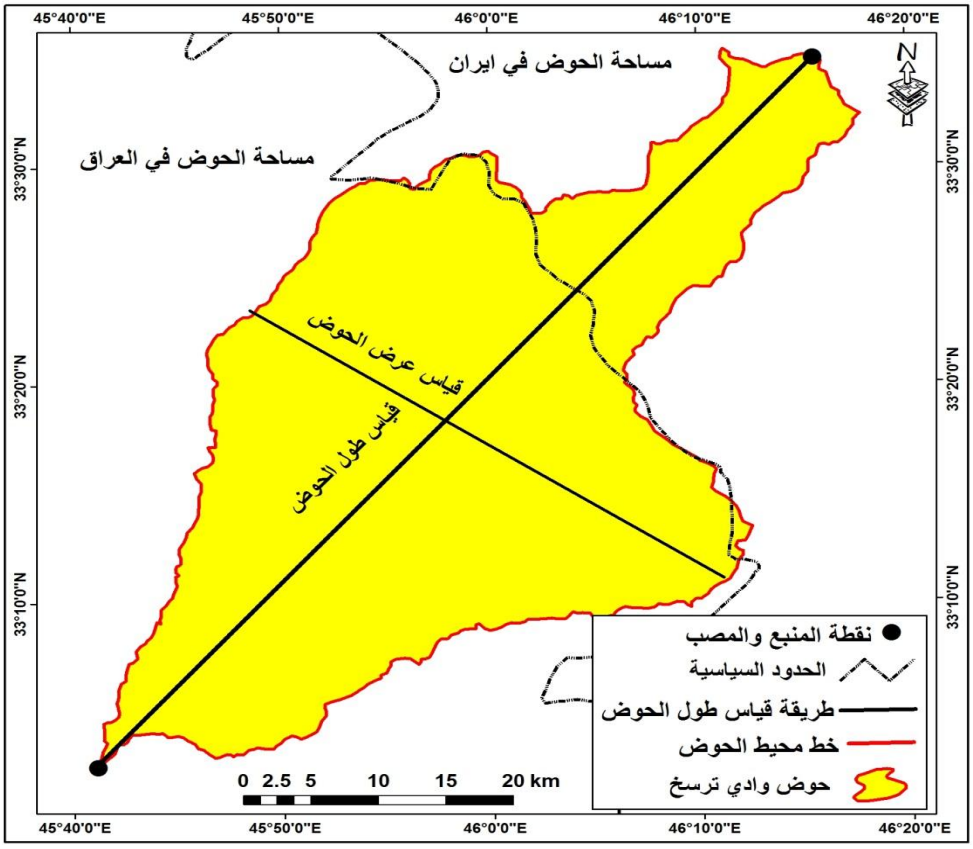
جدول (٢) القياسات المساحية للاحواض في منطقة الدراسة

اسم الحوض	المساحة	الطول	العرض	المحيط
	كم٢	كم٢	كم٢	كم٢
وادي كلال ترساخ	16910	97.66	39.07	259

المصدر: الباحث بالاعتماد على برنامج Arc map10.3

ب- محيط الحوض (Basin Perimeter): يرمز لمحيط الحوض المائي بالرمز (P) ويحسب بوحدات قياس الطول (المتر، الكيلومتر، الميل) ان محيط الحوض يُعد اول المتغيرات الأساسية المورفومترية لحوض وادي ترسخ وتعزى أهمية أيجاد محيط الحوض وذلك لارتباطه بالعديد من الخصائص المورفومترية مثل (مساحة الحوض، شكل الحوض عرض الحوض، طول الحوض، استدارة الحوض واستطالة الحوض) . ويطلق على محيط الحوض بخط تقسيم المياه (Line Water Divided) والذي يقصد به المنطقة الجبلية التي يتصرف على كلا جانبيها المياه في اتجاهين مختلفين او اكثر . وقد بلغ محيط حوض وادي ترسخ ٢٥٩كم ، هذا الاختلاف يعكس الى شدة تعرج خطوط خط تقسيم المياه الخاصة بالحوض وعدم التناسق في شكل الحوض [*]. ينظر خريطة (٢)

خريطة (٢) الخصائص المساحية لحوض وادي ترسخ



المصدر : الباحث بالاعتماد على الخرائط الطوبغرافية وبيانات الارتفاع الرقمي DEM

ج- طول الحوض (Basin Length): يرمز لطول الحوض المائي بالرمز (L) ويحسب بالكيلومتر(كم)، وهو يمثل احد المتغيرات المورفومترية الهامة ، من خلال طول الحوض المائي نستطيع ايجاد العديد من الخصائص الاخرى الخاصة بحوض التصريف المائي . ويعرف طول الحوض المائي كما يالي :-

- هو الخط الذي يعمل على تنصيف مساحة تصريف الحوض المائي الى نصفين متماثلين .
- هو الخط الذي يمثل محور الحوض المائي .

ويتم قياس طول الحوض المائي بعدة طرق متعارف عليها:-

(A) طريقة (Schumm):- وهي من الطرق المتعارف عليها في ايجاد طول الحوض المائي وهو عبارة عن خط يمتد من اوطأ نقطة في الحوض المائي والتي تمثل (نقطة مصب الحوض) الى اعلى نقطة في منطقة تقسيم المياه والتي تمثل (نقطة منبع الحوض).

(B) طريقة (Maxwell):- وهي من الطرق المتعارف عليها في ايجاد طول المحيط المائي اذ يمكن تحديد طول الحوض من خلال قياس طول خط موازٍ للقناة النهرية الرئيسية من المصب الى المنبع .

اذ تم الاعتماد على هذين الطريقتين لرسم طول الحوض المائي لوادي ترسخ. ينظر خريطة (٢) وهو خط يمتد من نقطة مصب الحوض الى اعلى نقطة في منطقة تقسيم مياه الحوض باتجاه المنبع اذ بلغ طول الحوض وبالأعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) لوادي ترسخ (٩٧,٦٦) كم ، وان استعمال تقنية نظم المعلومات الجغراقية سهلت ايجاد طول الحوض من خلال اجراء العمل (Snapping) على شرط ان يكون طول الحوض المائي موازياً للقناة الرئيسية. كذلك يمكن استخراج طول الحوض المائي باستعمال المعادلة المورفومترية التالية (١).

$$L = \frac{A(Km^2)}{Bw(Km)}$$

اذ ان :- L: طول الحوض المائي (Km). **A: مساحة الحوض المائي** (Km^2). **Bw: عرض الحوض المائي** (Km).

د- عرض الحوض (Basin Width): من الممكن حساب عرض حوض التصريف باستعمال الطريقة المباشرة وذلك عن طريق تحديد اقصى اجزاء الحوض اتساعاً ومقارنتها بأقصى طول لحوض التصريف ويتم ذلك باستعمال نموذج الارتفاعات الرقمية ذات دقة مكانية (٣٠م). كذلك من الممكن حساب عرض الحوض المائي باستعمال المعادلة المورفومترية (١). هذا المتغير المورفومتري

نستطيع من خلاله تحديد شكل الحوض ولة تأثير على حجم التصريف النهري ومن خلاله نستطيع تحديد حجم اخطار السيول والفيضانات ويحتوي هذا المتغير على (أقصى عرض للحوض شكل معامل الحوض ومتوسط عرض الحوض). وبلغ عرض حوض وادي ترسخ (٣٩,٣٣كم) ينظر خريطة (٢) .

ثانيا- الخصائص الشكلية لحوض التصريف في منطقة الدراسة : يتم مقارنة الخصائص الشكلية لحواض التصريف بالأشكال الهندسية ، ان احواض التصريف المختلفة في الحجم يمكن ان تتشابه في الشكل الهندسي . ان احواض التصريف التي تتشابه في الشكل الهندسي يمكن ان تتماثل في خصائصها الجيومورفومترية الاخرى ، لان مثل هذا التشابه لابد وان ينتج عن نفس العوامل والعمليات الجيومورفومترية ، اذ ان مورفولوجية شكل احواض التصريف تتأثر بثلاثة عوامل رئيسة هي الخصائص الطبيعية للصخور والبنية الجيولوجية والخصائص المناخية [٩]. **ومن اهم المعاملات المورفومترية**

١- **معامل شكل الحوض (Form Factor of Basin):** يرمز لمعامل شكل الحوض بالرمز (F) ويتم حسابه بقسمة مساحة الحوض المائي (كم^2) على مربع طول الحوض المائي (كم)، وحسب المعادلة المورفومترية التالية (٢) .

$$F = \frac{A(Km^2)}{L^2(Km)}$$

اذ ان :- F : **معامل شكل الحوض وهو خالٍ من الوحدات.**

A: **مساحة الحوض المائي (كم^2).** L^2 **: مربع طول الحوض المائي.**

إن معامل الشكل له علاقة بين طول الحوض ومساحة التصريف، اذ يدل هذا على مدى التنسيق بين اجزاء حوض التصريف وانتظام شكله، فاذا كانت القيم مرتفعة تشير الى التنسيق بين اجزء حوض التصريف واقترابه من الشكل المربع او القريب الى الدائري الذي لة الدور في سرعة تحويل مياه الأمطار الى سيول ومدى خطورتها على المنطقة ، بينما اذا كانت القيم منخفظة تشير الى عدم التنسيق بين اجزاء حوض التصريف اذ يكون الحوض واسعاً عند المنابع وضيق عند المصب ومن ثم يكون شكل حوض التصريف مقارباً لشكل المثلث . وقد بلغ معامل شكل الحوض لوادي ترسخ (٠,٥٥. ينظر جدول (٣)

جدول (٣) الخصائص الشكلية لحوض وادي ترسخ

ت	اسم الحوض	نسبة الاستطالة	نسبة الاستدارة	معامل الشكل	معامل الانبعاج	خاصية شكل الحوض
١	حوض وادي ترسخ	١,٥٠	٣,١٦	٠,٥٥	٠,٠٥	١,٧٧

المصدر : الباحث بالاعتماد على برنامج Arc map10.3 وبرنامج اكسل لاستخراج النتائج للمعادلات

٢- **معامل استدارة الحوض (Circularity Factor of Basin):** يرمز الى معامل استدارة الحوض المائي بالرمز (C_F) ويتم حسابه من قسمة مساحة الحوض المائي مقسوم على مساحة الدائرة التي لها نفس محيط الحوض، وفقاً للمعادلة المورفومترية التالية (٣) .

$$C_F = \frac{4\pi A}{P^2}$$

اذ ان :- C_F: معامل استدارة الحوض المائي. **A** : مساحة الحوض المائي (كم٢). **P** : محيط الحوض المائي. **π**: النسبة الثابتة (٣,١٤١٦) .

تدل نسبة الاستدارة على النسبة بين مساحة الحوض الى مساحة الدائرة التي لها نفس محيط الحوض وتعد نسبة الاستدارة معكوس مورفولوجيا لنسبة الاستطالة اذ يقصد بها تشابه شكل حوض التصريف مع الشكل الدائري . اذ يوضح المدلول الجيومورفولوجي لنسبة الاستدارة لوجود علاقة طردية بين قيمة نسبة الاستدارة وشكل الحوض فكلما ارتفعت القيمة واقتربت من الواحد الصحيح كان الحوض اكثر ميلاً للاستدارة والعكس صحيح . وقد بلغ معدل نسبة الاستدارة حوض وادي ترسخ (٣,١٦) من هذه النتيجة نستدل ان حوض وادي ترسخ سجل قيمة عالية وهذا يعكس ان الحوض يميل الى الشكل الدائري اكثر .ينظر جدول (٣) **معامل الاستطالة (Elongation Factor):** ويرمز الى معامل الاستطالة بالرمز (E_F) ويتم حساب هذا المتغير المورفومتري من حاصل قسمة قطر دائرة مساحتها مساوية لمساحة الحوض على اقصى طول للحوض المائي، باذ اذا كان معامل الاستطالة اصغر من واحد صحيح يكون شكل الحوض اقرب الى المستطيل ام اذا اصبحت القيمة اكبر من الواحد الصحيح فعليه يبتعد شكل الحوض عن المستطيل ويقترب من الشكل الدائري، يمكن تمثيل معامل الاستطالة بالمعادلة المورفومترية التالية (٤).

$$E_F = 2\frac{\sqrt{\frac{A}{\pi}}}{L}$$

اذ ان :- E_F : معامل الاستطالة. A : مساحة الحوض المائي (كم٢). L : اقصى طول للحوض المائي

(كم). **π : النسبة الثابتة (٣,١٤١٦) .**

ان قيمة معامل الاستطالة التي تم الحصول عليها باستعمال معادلة (٤) قد بلغ معدل الاستطالة لحوض كلال ترسخ (١,٥٠) وذلك حسب مصدر البيانات المعتمدة والمتمثلة في نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، وهذا يدل على ان حوض ترسخ سجل اعلى من الواحد الصحيح لذلك لايميل الى الاستطالة . وهذا يدل على استطالة او ميلانة الى الاستطالة وهو يتوافق مع القيم المورفومترية الاخرى والمتمثلة بكل من معاملي الشكل والاستدارة .

٣- معامل الانبعاج (Lemniscate Factor): ويرمز لمعامل الانبعاج بالرمز (L_F) ويتم الحصول علية من حاصل قسمة مربع طول الحوض المائي على اربعة امثال مساحة الحوض المائي وذلك حسب المعادلة المورفومترية الرياضية التالية (٥).

$$L_F = \frac{L^2}{4A}$$ **اذ ان :-** L_F **: معامل الانبعاج.** L **: اقصى طول للحوض المائي (كم).** A **: مساحة الحوض المائي (كم٢).**

يدل معامل الانبعاج على العلاقة بين مربع طول حوض التصريف الى اربعة امثال مساحة الحوض وهو يدل على مدى التشابه بين شكل حوض التصريف والشكل الكمثري نظرا لان معظم احواض التصريف المتناسقة الشكل تميل الى الشكل الكمثري وليس الشكل الدائري تماما اذ تدل القيم المرتفعة لمعامل الانبعاج الى الزيادة في استطالة حوض التصريف وسيادة عمليات النحت الراسي اكثر من النحت الجاني . بينما تدل القيم المنخفضة الى زيادة انبعاج شكل الحوض مما يدل على زيادة اطوال واعداد المجاري في الرتب الدنيا مع سيادة عمليات النحت الراسي والجانبي . وقد بلغ معدل معامل الانبعاج لحوض وادي ترسخ (٠,٠٥) ان الحوض لايميل الى النحت الراسي والجاني في مجراه.

٤- معامل التماسك للحوض المائي (خاصية شكل الحوض)(Compactness Factor of Basin):

إن معامل تماسك الحوض المائي هو مؤشر اخر يدل على ابتعاد او اقتراب شكل الحوض من الشكل الدائري، فإذا كانت قيمة معامل التماسك اكبر من قيمة العدد واحد صحيح ابتعد شكل الحوض عن الشكل الدائري وكان اكثر استطالة .ان معامل التماسك للحوض المائي يرمز بالرمز (C)، من الممكن استخراجه من حاصل قسمة محيط الحوض المائي على اثنين مضروبة في جذر محيط دائرة لها نفس مساحة الحوض المائي وحسب المعادلة الرياضية التالية (٦).

$C = \frac{P}{2\sqrt{M\pi}}$ **اذ ان :- C: معامل التماسك للحوض المائي. P: محيط الحوض المائي M : محيط دائرة لها نفس مساحة الحوض المائي. π: النسبة الثابتة (٣,١٤١٦).**

وكانت نتائج التحليل لمعامل التماسك لاحواض الوديان بلغ معدل التماسك لحوض وادي ترسخ (١,٧٧) هذه النتائج تدل على ان كلال ترسخ يسجل معدل عالي مما يدل على اقترابة من الشكل الدائري وهذا يزيد من خطر تصريف موجة السيول خلال مدة تكون العواصف المطرية على حوض الودي

ثالثا- الخصائص التضاريسية لحوض التصريف : تعد دراسة الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف على مدى شدة وتضاريس ووعورة احواض التصريف ، وذلك تبعا لنشاط عمليات التعرية وتأثير الخصائص الجيولوجية في المنطقة كما انها تدل على المرحلة الجيومورفولوجية التي بلغتها احواض التصريف .وتشمل

أ- **التضاريس النسبية Relative Relief :** تدل التضاريس النسبية على العلاقة بين المدى التضاريسي أي الفرق بين اعلى وادنى منسوب داخل حوض التصريف ومحيط حوض التصريف . ويدل المعامل على وجود علاقة ارتباط عكسية بين قيمة التضاريس النسبية ودرجة مقاومة الصخور لعوامل التعرية في حالة ثبات الظروف المناخية [١٠].معادلة (٧) .

$Rr = \frac{H}{P*100}$ **Rr = التضاريس النسبية H = الفرق بين اعلى وادنى نقطة داخل الحوض التصريف كم P = طول محيط الحوض م**

ومن تحليل نتائج المعادلة (٧) بلغ قيمة التضاريس النسبية لحوض وادي ترسخ (٠,٧٦). هذا نستدل ان حوض وادي ترسخ سجل قيمة عالية. ان مقاومة الصخور لعوامل التعرية ذات قيمة عكسية في حال ثبات الظروف المناخية . ينظر جدول (٤) .

جدول (٤) الخصائص التضاريسية لحوض التصريف

ت	اسم الحوض	التضاريس النسبية	نسبة التضرس	درجة الوعورة	الرقم الجيومتري	التكامل الهيبسومتري
١	حوض وادي ترسخ	٠,٧٦	٢٠,٨٢	٢٢١٣,٣٧	١٢٧,٦٥	٠,٠٣٨

المصدر : الباحث بالاعتماد على برنامج Arc map10.3 وبرنامج اكسل لاستخراج النتائج للمعادلات

ب- نسبة التضرس Relief Ratio : تعد نسبة التضرس معاملا مهما في قياس شدة تضرس احواض التصريف ، لا انها توضح بصورة غير مباشرة درجة انحدار سطح الاحواض وتتناسب قيم معامل تناسبا طرديا مع درجة التضرس ،اذ كلما ارتفعت قيمة نسبة التضرس اوضح ذلك شدة تضرس سطح حوض التصريف . كما يدل على المرحلة الجيومورفولوجية التحاتية المبكرة التي يمر بها والعكس صحيح [١١].وتتناسب قيم نسبة التضرس تناسبا عكسيا مع مساحة احواض التصريف ومن ثم مع كمية التصريف . جدول (٤) ومن تحليل الجدول بلغ نسبة التضرس لحوض وادي ترسخ (٢٠,٨٢) ومن النتائج يدل ان وادي حوض ترسخ اكثر تضرسا وهذا يدل على المرحلة الجيومورفولوجية المبكرة التي يمر بها . وهذا ينعكس على كمية التصريف في الوادي .

ت- درجة الوعورة Ruggedness Number : تدل درجة الوعورة على العلاقة بين تضاريس احواض التصريف وكثافة التصريف . مما يدل على درجة تقطع السطح بالمجاري المائية ، ويلقى الضوء على المرحلة الجيومرفولوجية التحاتية التي تمر بها أحواض التصريف . تتناسب قيم معامل درجة الوعورة تناسبا طرديا مع كل من تضرس الحوض وكثافة التصريف ويدل ذلك على زيادة الوعورة وشدة الانحدارات وطولها ، كما يرتبط ارتفاع كل من درجة الوعورة وكثافة التصريف بالزيادة في حجم الجريان المائي السطحي في احواض التصريف [١٢]. معادلة (٨).ينظر جدول (٤)

$$Rn = H * D$$

RN = درجة الوعورة H= التضرس D = كثافة التصريف (كم/كم٢)

ومن تحليل نتائج المعادلة (٨) نستدل على ان حوض وادي ترسخ سجل (٢٢١٣,٣٧) . يتبين ان حوض وادي ترسخ سجل قيمة عالية وهذا يدل على حداثة دورته التحاتية . مما ينعكس على كثافة التصريف لذروة السيول ومدى مخاطرة على المنطقة خلال تصريف ذروات السيول وتقطع سطح الارض بشكل كبير جدا .

د- الرقم الجيومتري Geometric Number: يوضح الرقم الجيومتري مدى تضرس سطح حوض التصريف مع الاخذ في الاعتبار متغير درجة الانحدار السطح . فهو يدرس العلاقة بين اكثر من متغيرين في احواض التصريف تشمل كثافة التصريف ، وتضاريس الحوض ودرجة انحدار سطح الحوض . ويدل ارتفاع قيمة الرقم الجيومتري على انخفاض درجة انحدار سطح الحوض . وهذا ينعكس على قيمة التضرس وكثافة التصريف للأحواض . معادلة (٩) .

$Gn = \frac{HD}{\theta}$ Gn = الرقم الجيومتري

HD = درجة الوعورة θ = درجة انحدار سطح الارض حوض التصريف (يستخرج من المعادلة $\theta = H/L$) H= المدى التضاريسي كم L= طول حوض التصريف كم

ومن تحليل جدول (٤) سجل حوض كلال ترسخ رقم جيومتري (١٢٧,٦٥) ويدل ارتفاع قيمة الرقم الجيومتري ينعكس على درجة الانحدار الحوض وهذا ما سجلة حوض وادي ترسخ وهذا ينعكس على بطيء تصريف السيول في الحوض .ينظر جدول (٥)

جدول (٥) استخراج قيمة الرقم الجيومتري لحوض وادي ترسخ

اسم الوادي	درجة انحدار السطح	درجة الوعورة	الرقم الجيومتري
ترسخ	17.34	٢٢١٣,٣٧	127.65
اسم الوادي	طول الحوض	المدى التضاريسي	درجة انحدار السطح
ترسخ	97.66	1693	17.34
اسم الوادي	ادنى نقطة	اعلى نقطة	المدى التضاريسي
ترسخ	4	1697	1693

المصدر : الباحث بالاعتماد على برنامج Arc map10.3 وبرنامج اكسل لاستخراج النتائج للمعادلات

هـ- التكامل الهيبسومتري Hypsometric Integal: يدل معامل التكامل الهبسومتري على المرحلة الجيومورفولوجية التي وصلت اليها احواض التصريف وتحديد الفترة الزمنية التي قطعتها من دورتها الجيومورفولوجية. ويتم حسابها من خلال العلاقة بين تضاريس حوض التصريف ومساحة حوض التصريف وتدل القيم المرتفعة لمعامل التكامل الهبسومتري على زيادة مساحة احواض التصريف على حساب انخفاض المدى التضاريسي لها . مما يدل على العمر الزمني لهذه الاحواض اذ يوضح ذلك العلاقة الطردية بين قيم التكامل الهبسومتري والفترة الزمنية التي قطعتها احواض التصريف من دورتها الجيومورفولوجية والعكس صحيح . وقد بلغ التكامل الهيبسومتري لحوض وادي ترسخ (٠,٠٣٨) ومن نتائج التحليل لجدول (٥) لقيم التكامل الهيبسومتري تبين ان القيمة منخفضة لوادي ترسخ . وهذا يستدل على مساحة الحوض صغيرة والمدى التضاريسي عالي لحوض التصريف . وهذا ينعكس على سرعة تدفق السيول مما يشكل خطر على المناطق المحيطة بالوادي وكذلك زيادة كمية الترسبات المنقولة في مجرى الوادي خلال موسم السيول الناتجة من العواصف المطرية المتساقطة على الحوض .

و- الارتفاع الاقصى والارتفاع الادنى (Maximum and Minimum Elevation):

يرمز الى الارتفاع الاقصى بالرمز (**H max**) ويمثل اعلى قيمة في خط تقسيم المياه وكذلك يمثل نقطة المنبع في الحوض المائي، اما ادنى ارتفاع يرمز لة بالرمز (**h min**) ويمثل ادنى قيمة على خط تقسيم المياه وكذلك يمثل نقطة المصب في الحوض المائي . من الممكن الحصول على ادنى واقصى ارتفاع للحوض المائي من خلال نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) فقد سجلت اعلى نقطة لخط تقسيم المياه لحوض الوادي مسجلة بالمتر . اذ سجل الارتفاع لحوض وادي ترسخ اعلى ارتفاع (١٦٩٧م) وادنى ارتفاع (٤م). ينظر جدول (٦) والشكل (١-٢) لوادي ترسخ

جدول (٦) القياسات الهيبسومترية لاحواض الوديان في منطقة الدراسة

القياسات الهيبسومترية				
مساحة الحوض كم ٢	مجموع اطول المجاري المائية كم	الكثافة الطولية =مجموع اطوال المجارية المائية كم امساحة الحوض كم	اسم الحوض
16910	11496.79	0.68	حوض وادي ترسخ
مساحة الحوض كم٢	اعداد المجاري المائية (مجرى)	الكثافة العددية = اعداد المجاري المائية (مجرى)\ مساحة الحوض كم٢	اسم الحوض
16910	2276	0.13	حوض وادي ترسخ
مجموع اطوال المجاري كم	مساحة الحوض كم٢	معدل بقاء المجرى = مساحة الحوض كم٢امجموع اطوال المجاري كم	اسم الحوض
11496.79	16910	1.47	حوض وادي ترسخ
المساحة النسبية	الارتفاع النسبي	المعامل الهبسومتري = الارتفاع النسبي \\المساحة النسبية	اسم الحوض
8.194	0.315	0.038	حوض وادي

				ترسخ
	اعلى ارتفاع في الحوض	النسبة بين ارتفاع أي خط كنتور مختار	الارتفاع النسبي= النسبة بين ارتفاع أي خط كنتور مختار \اعلى ارتفاع في الحوض	اسم الحوض
	1697	535	0.315	حوض وادي ترسخ
المساحة الكلية للحوض	محيط الحوض	النسبة بين المساحة المحصورة بين أي خط كنتور	المساحة النسبية = النسبة بين المساحة المحصورة بين أي خط كنتور *محيط الحوض\المساحة الكلية للحوض	اسم الحوض
16910	259	535	8.194	حوض وادي ترسخ

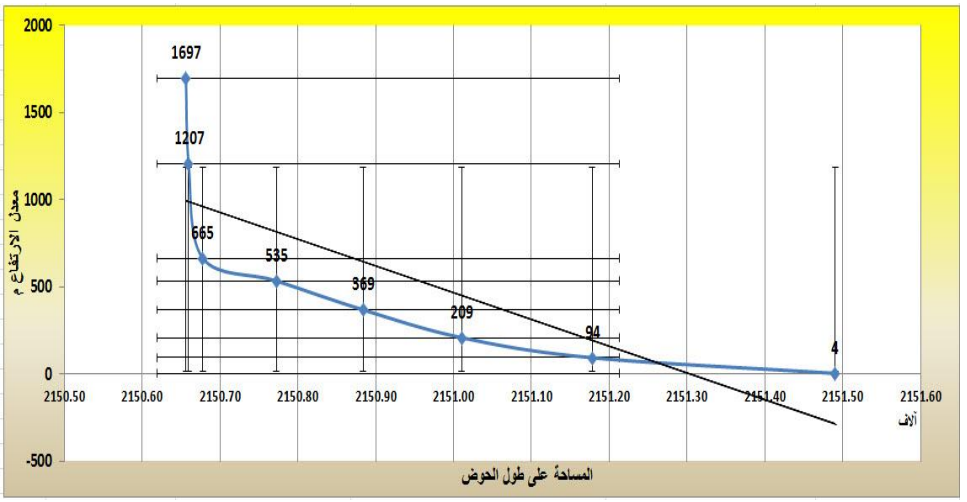
المصدر : الباحث بالاعتماد على بيانات الارتفاع الرقمي DEM

جدول (٧) توزيع فئات الارتفاع لحوض وادي ترسخ

N° ORDEN	ارتفاع أدنى	ارتفاع أقصى	مساحة فارق الإرتفاع (km²)	المساحة المتراكمة (km²)	نسبة مساحة فارق الإرتفاع	نسبة المساحة المتراكمة
4	4	94	882.79	2151490.32	51.42%	100.00%
94	94	209	312.269	2151178.05	18.19%	48.58%
209	209	369	167.318	2151010.73	9.75%	30.39%
369	369	535	126.916	2150883.81	7.39%	20.64%
535	535	665	111.333	2150772.48	6.49%	13.25%
665	665	859	94.55	2150677.93	5.51%	6.76%
1207	859	1207	18.133	2150659.80	1.06%	1.26%
1697	1207	1697	3.447	2150656.35	0.20%	0.20%
المجموع	3942	5635	1716.76	17207329.46	100.00%	

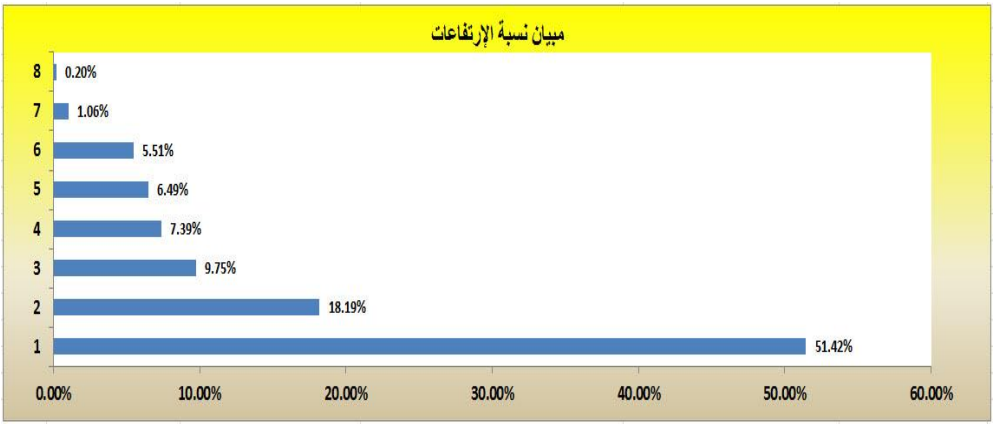
المصدر : الباحث بالاعتماد على بيانات الارتفاع الرقمي DEM

شكل (١) توزيع فئات الارتفاع لحوض وادي ترسخ



المصدر : الباحث بالاعتماد على جدول (٧)

شكل (٢) مبيان نسبة الارتفاعات لوادي ترسخ



المصدر : الباحث بالاعتماد على جدول (٧)

ي- المسافة الافقية (Horizo.ntal Equivalent): يرمز للمسافة الافقية بالرمز **(Air)** وتقاس بوحدات قياس الطول ، وتعرف بأنها المسافة المستقيمة التي تفصل بين اقصى ارتفاع للحوض المائي (نقطة المنبع) وادنى ارتفاع للحوض المائي (نقطة المصب). اذ يمكن حسابها في نظم الملعلومات الجغرافية بصورة مباشرة من خلال الاداة (Measure) وذلك من خلال تحديد طول الخط الواصل بين اقصى نقطة ارتفاع (نقطة منبع الحوض المائي) وادنى نقطة ارتفاع (نقطة مصب الحوض المائي) على خط تقسيم المياه، ومن ثم قراءة نتيجة (Segment) والتي يتم تسجيلها بوحدات قياس الطول بالكم كذلك يمكن إيجاد المسافة الافقية على شكل طبقة خطية تمثل المسافة الافقية لحوض الوديان من خلال رسم خط مستقيم بين نقطة مصب ونقطة منبع الوادي ومن ثم استخراج مقدار المسافة من خصائص جدول تلك الطبقة ، ينظر خريطة (٢) والمسافة الافقية تمثل طول حوض التصريف . اذ بلغت المسافة الافقية لحوض وادي ترسخ (٩٧,٦٦كم) وحوض كلال بدرة (١١٣,٥كم) وحوض نهر الشهابي (١٠٣كم) بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM . ومن تحليل جدول (٧) لفئات الارتفاع للاحواض وتحديد نقاط المناسيب الارتفاع وحساب المساحة بين نقطة واخرى وكما موضح في الجدول الجدول .

ر- درجة انحدار الحوض المائي (Slope Degree of Basin): الانحدار يعني فرق الارتفاع بين نقطتين على سطح الأرض نسبة الى المسافة الأفقية بينهما، وتحسب درجة الانحدار حسب العلاقة الرياضية التالية.معادلة (١٠)

$$Ds = \frac{Hmax\,(m) - hmin\,(m)}{Air\,(m)}$$

اذ ان :-

Air (m): **المسافة الافقية بينهما (م).** Hmax (m): **اقصى ارتفاع للحوض المائي (م).** h min (m): **ادنى ارتفاع للحوض المائي (م).**

وقد بلغ معدل الانحدار لوادي ترسخ (١٧,٣٤م) ينظر جدول (٧) . وبتطبيق معادلة (١٠) فقد وجد أن درجة الانحدار للحوض شديدة الانحدار التي تتراوح درجة انحدارها من (١٥°-٣٠°) حسب تصنيف يونك (Young) . الانحدار ذات اهمية كبيرة للدراسات المورفومترية وذلك لأن قياسه يحتاج جهداً ووقتاً في الطريقة التقليدية وذلك بسبب تضاريس ووعورة السطح. وان استعمال برامج نظم المعلومات الجغرافية في ايجاد مقدار الانحدار بصورة اسهل واسرع، بواسطة الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي عن طريق اجراء تحليل الانحدار (slope)

من خلال الطبقة المساحية التي تظم (DEM) بهيئة (Grid) من خلال (Toolbox – Spatial A.nalyst Tools – surf.ace – Slope) [١٣].

ز- **المدى التضاريسي للحوض المائي (Maxim.um Bas.in Relief)**: يرمز لتضرس الحوض بالرمز **(H)**، ان هذا المتغير المورفومتري ذو اهمية بوصفه عنصراً له انعكاس يعمل لزيادة فعالية ونشاط عمليات التعرية واثرها في تشكيل سطح الارض ضمن حدود الحوض المائي، كذلك يعد انعكاساً لأثر الصخور وتركيبها البنيوية . يتم حساب تضرس الحوض وذلك عن طريق الفرق بين اعلى وأوطأ نقطة في خط تقسيم المياه ، وحسب العلاقة الرياضية التالية معادلة (١١) [١٤] .

$$H = H\ (max) - h\ (min)$$ **اذ ان :- H: اقصى تضرس للحوض المائي (م). H (max): اقصى ارتفاع للحوض المائي (م).**

وقد بلغ المدى التضاريسي لحوض ترسخ بلغ (١٦٩٣م) جدول (٧) وهذ القيم تشير الى دور التعرية المائية واثرها على تشكيل مظاهر السطح في الحوض في المنطقة وتقطعها بالمجاري المائية ومخاطرها على تعرية التربة وتغطيتها بالصخور والحصى .

و- **نسبة نسيج الحوض المائي (Texture Ratio of Basin)**:إن نسيج الحوض يعد مؤشراً لمعرفة مدى تضرس وتقطع سطح الارض وكثافة الصرف فيها، فكلما تزاحمت خطوط شبكة الجريان السطحي للحوض المائي هذا يدل على شدة تقطع سطح الحوض وزيادة حجم معدلات الحت فيها ومن ثم يزداد عدد الاودية ويزداد اقترابها من بعضها البعض دون الاخذ بأطوالها[١٥]. من الممكن استخراج نسيج الحوض المائي من المعادلة الرياضية التالية معادلة (١٢) .

$$T_R = \frac{Nu}{p}$$ **اذ ان :- T_R : نسيج الحوض. Nu: مجموع اعداد المجاري للحوض المائي. p: محيط الحوض المائي (كم).**

وفي ضوء ذلك يمكن تقسيم النسيج الحوضي الى ثلاثة مراتب وحسب تصنيف (Smith) .

- خشن : اذا كان معدل النسيج للحوض المائي اقل من (٤) وادي/كم.
- متوسط : اذا كان معدل النسيج للحوض المائي بين (٤-١٠) وادي/كم.
- ناعم : اذا كان معدل النسيج للحوض المائي اكثر من (١٠) وادي/كم [١٦].

جدول (٨) نسبة نسيج الحوض لوديان منطقة الدراسة

اسم الحوض	نسبة نسيج الحوض	مجموع اعداد المجاري المائية	محيط الحوض كم
حوض وادي ترسخ	8.79	2276	259

المصدر : الباحث بالاعتماد على بيانات الارتفاع الرقمي DEM

ومن تحليل نتائج معادلة (١٢) وجدول (٨) اذ بلغ معدل نسبة نسيج الحوض لوادي حوض ترسخ بلغ (٨,٧٩) وعند مقارنة مع تصنيف Smith تبين ان نسبة نسيج الحوض متوسطة وهذا يدل على ان نسبة تقطع الحوض بالمجاري المائية نسبة متزنة .

ثالثا– التحليل المورفومتري لشبكة الاحواض للمنطقة الدراسة : وهي الخصائص المرتبطة بنظام شبكة التصريف المائي للحوض، والتي نقصد بها خصائص مجموعة من الروافد والاودية التي تكون بتجميعها احواض الوديان . إن شبكة التصريف المائي تدل على الشكل العام الذي تظهر به مجموعة الروافد النهرية في منطقة ما، شبكة التصريف المائي هي المحصلة النهائية التي تتنج من علاقة الصخور وطبيعة تركيبها وطبيعة الانحدار الاصلي لسطح الارض الى جانب الظروف المناخية السائدة في المنطقة، وكذلك تلعب حركات الرفع التكتونية وحركة الفوالق والصدوع في تعديل المظهر العام لشكل التصريف المائي للحوض بالإضافة الى درجة التطور الجيومورفولوجي لأحواض التصريف [١٧].

١- **الخصائص الشكلية لشبكات احواض التصريف :** تفسر دراسة الخصائص الشكلية لشبكات التصريف في احواض الدراسة المتغيرات المورفومترية المرتبطة بالخصائص الشكلية لشبكات تصريف الاودية وكثافة التصريف .

أ- **رتب المجاري Stream Orders** : بدأت عملية ترتيب المجاري stream ordering في شبكات التصريف على يد Horton الذي وضع نظاما تسلسلياً لرتيب الروافد . وقد قام Strahler بتعديل هذا النظام ليقوم على اساس ان شبكة التصريف تضم كل المجاري التي لها جوانب واضحة على الصور الجوية والمرئيات الفضائية سواء اذا كانت دائمة الجريان او متقطعة الجريان (موسمية) ، اذ تعد الروافد الصغيرة الاولية التي لاتصب فيها اية مجاري اخرى بمثابة مجاري من الرتبة الاولى والتقاء مجريين من الرتبة الاولى يكونان مجرى من الرتبة الثانية والتقاء مجريين من الرتبة الثانية يكونان مجرى من الرتبة الثالثة وهكذا ، ويمثل المجرى الرئيسي اعلى رتبة في حوض التصريف . اذ تصل الية المياه من بقية الرتب الادنى [١٨] .تتباين حوض التصريف

في المنطقة في رتبه النهرية وانعكاس الوضع الطوبغرافي على المجاري اضافة الى البنية الجيولوجية للمنطقة بين حوض التصريف في ايران والعراق اذ تمثل البنية او المظهر الارضي بالتضرس الكبير في ايران والانبساط والانحدار البسيط في العراق . اذ بلغ عدد المراتب لوادي ترسخ خمس مراتب ينظر جدول (٨) . فقد تم الاعتماد على طريقة ستراهلر (Strahler) في ايجاد وتصنيف الشبكة المائية . ينظر خريطة (٤) لوادي ترسخ .

ب- **اعداد المجاري (Stream Numbers)**: يرمز إلى أعداد المجاري بالرمز **(Nu)**، وتعرف على أنها عبارة عن مجموعة من الروافد التي تتكون منها رتبة معينة[١٩]. تمثل أعداد المجاري لكل حوض المرحلة الحتية التي يمر بها كل حوض خلال دورته المورفولوجية . وتتباين اعداد المجاري المائية لكل وادي اذ بلغ عدد المجاري المائية لحوض وادي ترسخ (٢٢٧٦) والمكون من خمس مراتب اذ كانت اعداد المجاري على التوالي المرتبة الاولى (١٠٣٢) الثانية (٨٧٥) الثالثة (٣٤٥) الرابعة (٢٣) الخامسة المجرى الرئيسي (١) ينظر جدول (٨) .

ت- **نسبة التشعب (Bifurcation Ratio)**: ويرمز للنسبة التشعب بالرمز $(\mathbf{R_b})$ وتعطى وفق المعادلة المورفومترية الرياضية التالية معادلة (١٣) .

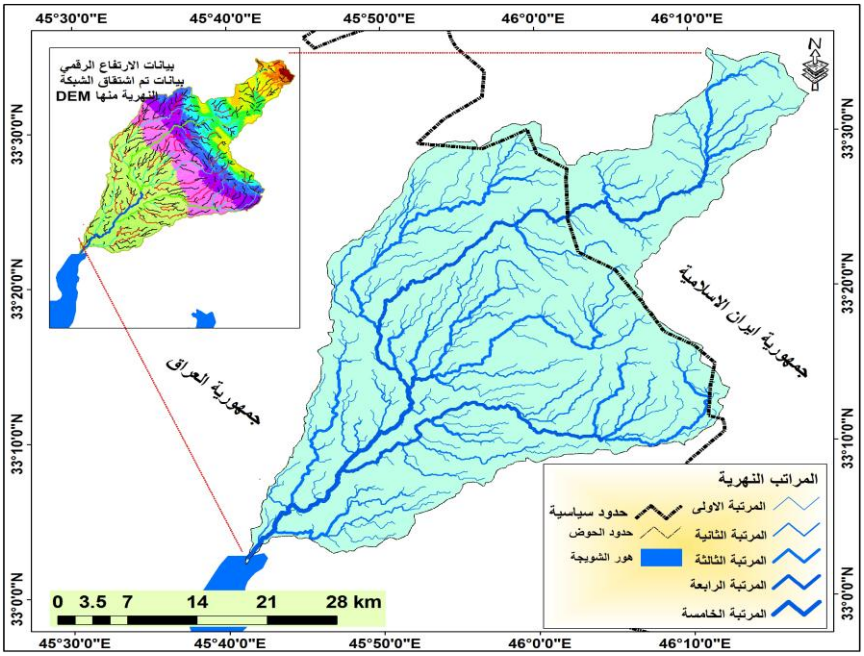
ث- $R_b = \frac{Nu}{Nu+1}$ **اذ ان :-** R_b **: نسبة التشعب.** Nu **: عدد المجاري لرتبة ما.** $Nu+1$ **: عدد المجاري للرتبة التي تليها**

جدول (٩) الخصائص الشكلية لشبكات احواض التصريف

حوض وادي ترسخ	مرتبة النهر	مجموع اطوال المجاري المائية لكل مرتبة (كم)	عدد المجاري المائية لكل رتبة	النسبة المئوية لكل مرتبة	نسبة التشعب=عدد مجاري مرتبةما/عدد المجاري في المرتبة التي تليها	النسبة المئوية لاطوال كل مرتبة (%)
	1	6206.11	1032	45		54
	2	2354.99	875	38	1.18	20
	3	1823	345	15	2.54	16
	4	1061.66	23	1	15.00	9
	5	51.03	1	0	23.00	0
	المجموع	11496.79	2276	100	41.72	100

المصدر : الباحث بالاعتماد على بيانات الارتفاع الرقمي DEM وبرنامج Arc map10.3

خريطة (٣) المراتب النهرية لحوض وادي ترسخ



المصدر : الباحث بالاعتماد على بيانات الارتفاع الرقمي DEM والخريطة الطوبغرافية مقياس ١٠٠٠٠٠:١

وتعرف نسبة التشعب بأنها النسبة بين عدد المجاري التابعة لرتبة معينة وعدد المجاري التابعة لرتبة اعلى منها مباشرةً . ان زيادة قيمة نسبة التشعب يؤدي الى زيادة خطر السيول عندما تسقط الأمطار بكثافة في المناطق العليا للتجميع وهذا يعني زيادة أعداد المجاري . وتتحكم نسبة التشعب في كمية المياه المصروفة من خلال العلاقة المباشرة بين نسبة التشعب وكل من التصريف والوقت، بمعنى انه كلما ارتفعت نسبة التشعب ارتفع زمن وصول المياه الى نقطة مصب الحوض والعكس صحيح [٢٠] . ومن تحليل معادلة (١٣) من الجدول (٨) اعلاه نجد ان مجموع نسبة التشعب لحوض وادي ترسخ بلغ (٤١,٧٢) وهذه قيم مرتفعة لنسب التشعب مما يدل على سرعة وصول المياه من اعلى نقطة في الحوض (نقطة منبع الحوض) الى ادنى نقطة في الحوض نقطة مصب الحوض وهي بذلك تكون اعلى من النسبة التي وضعها ستراهلر (٣ – ٥) للأحواض التي تتماثل فيها الاشكال الارضية والظروف المناخية ولكن نتائج التشعب تعكس الحالة وهو عدم تماثل الاشكال الارضية والظروف المناخية لاحواض الوديان في المنطقة .

د- مجموع اطوال رتب المجاري (Total Lengths of Stre.am Order): يرمز للمجموع اطوال رتب المجاري بالرمز ($\sum L_U$) ويعرف بانه مجموع اطوال المجاري التي تغذي كل رتبة من مراتب الحوض المائي على حدا [٢١]. نلاحظ ان طول المجاري المائية في رتبة معينة تكون اكثرطولاً من الرتبة الاعلى منها مباشرة واقل طولاً من الرتبة الادنى منها مباشرة وان هذه النسب تزداد في الاحواض المثالية . ومن تحليل جدول (٩) اذ تتباين اطول المجاري من رتبة الى اخرى اذ بلغ مجموع اطوال المراتب لوادي ترسخ (١١٤٩٦,٧٩) . وتؤثر اطوال المجاري على حجم التصريف وشكل الحوض، اذ ان زيادة اطوال المجاري تعمل على التقليل من سرعة التيار خصوصا في حالة اتساع المجاري مما يؤدي الى انخفاض كمية الرواسب المنقولة الى المراوح الفيضية (Alluv.ial Fans) ومن ثم تقل مساحتها، ويحدث العكس في حالة قلة اطوال المجاري، اذ تزيد سرعة التيار وكمية الرواسب المنقولة الى المراوح الفيضية ومن ثم تزيد مساحاتها بالنسبة الى حوض التصريف [٢٢]. وحوض وادي ترسخ ينعكس على كمية السيول وكمية الترسبات ودورها في تكوين المراوح الفيضية .

ر- متوسط اطوال رتب المجاري (Stream Lengths Mean of Order): يرمز لمتوسط اطوال رتب المجاري بالرمز (L_U)، يتم استخراج هذا المتغير المورفومتري من حاصل قسمة مجموع اطوال المجاري في

رتبة ما على عدد مجاريها بنفس الرتبة وحسب العلاقة الرياضية معادلة (١٤).

$$L_u = \frac{\sum L_U}{N_u}$$

اذ ان : L_u : متوسط اطوال رتب المجاري (كم). $\sum L_U$:مجموع اطوال المجاري لرتبة ما (كم). N_u: عدد المجاري لتلك الرتبة.

ومن خلال تطبيق المعادلة (١٤) وجدول (١٠) فقد تباين متوسط اطول المجاري لكل وادي ولكل رتبة في الوادي فقد بلغ مجموع متوسط اطول مجرى وادي ترسخ (١١١) .

ز- نسبة اطوال رتب المجاري (Stream Lengths Ratio of Order): يرمز الى نسبة اطوال رتب المجاري بالرمز **(L_R)**، يمكن حساب هذه النسبة بواسطة قسمة متوسط اطوال المجاري لرتبة ما على متوسط اطوال المجاري للرتبة التي قبلها. وحسب االعلاقة الرياضية التالية . معادلة (١٥) .

$$L_R = \frac{L_U}{L_U - 1}$$

اذ ان :- L_R: نسبة اطوال المجاري. L_U : متوسط اطوال المجاري في رتبة ما (كم). $L_U - 1$: متوسط اطوال المجاري للرتبة التي قبلها (كم).

جدول (١٠) متوسط ونسب طول رتب المجاري لوادي ترسخ

حوض وادي ترسخ	مرتبة النهر	مجموع اطوال المجاري المائية لكل مرتبة (كم)	عدد المجاري المائية لكل رتبة	متوسط اطوال رتب المجاري كم	نسبة اطوال رتب المجاري
	1	6206.11	1032	6.01	
	2	2354.99	875	2.69	0.45
	3	1823	345	5.28	1.96
	4	1061.66	23	46.16	8.74
	5	51.03	1	51.03	1.11
	المجموع	11496.79	2276	111	12.25

المصدر : الباحث بالاعتماد على بيانات الارتفاع الرقمي DEM

وقد بلغ نسبة اطوال رتب المجاري المائية حسب جدول (١٠) . اذ بلغ نسبة اطول رتب المجاري لحوض وادي ترسخ (١٢,٢٥) نستنتج من نسبة اطول الرتب تسبب كبر مساحة حوض التصريف وكذلك زيادة عدد المراتب النهرية للوادي .

و- تكرارية مجاري الحوض المائي (الكثافة العددية) (Stream Frequency of

Basin): يرمز الى تكرارية المجاري للحوض المائي بالرمز **(Fs)**، ويمكن الحصول على هذا المتغير المورفومتري من حصل قسمة مجموع اعداد المجاري المائية للحوض المائي على مساحة الحوض المائي، حسب العلاقة المورفومترية التالية [٢٣]. معادلة (١٦) .

$$F_S = \frac{\sum N_U}{A_U\,(Km^2)}$$

اذ ان :- Fs : تكرارية المجاري للحوض المائي. $\sum N_U$ **: مجموع اعداد المجاري للحوض المائي.** A_U**: مساحة الحوض (كم٢).**

ومن تحليل معادلة (١٦) وجدول (١٠) تبين ان معدل الكثافة العددية لوادي ترسخ (٠,١٣). إن تكرارية المجاري تدل على النسبة بين اعداد المجاري التي توجد في حوض معين الى اجمالي مساحة حوض التصريف بغض النظر عن اطوالها في هذه المساحة، و بشكل اخر يعبر تكرارية المجاري عن كثافة التصريف وعن درجة نسيج شبكة التصريف وعن مدى شدة تقطع الحوض بالمجاري المائية. إن تكرارية المجاري ليس بالضرورة ان ترتبط بكثافة التصريف وإنما يكون ارتباطها بالبنية الجيولوجية وبالتكاوين الجيولوجية التي حدثت عبر العصور الجيولوجية والمتمثلة بالصدوع والشقوق والفواصل، وأن زيادة درجة تكرارية المجاري قد يعزى إلى كمية الأمطار الساقطة أو نعومة أو خشونة تضاريس الحوض . إن القيم المرتفعة لمعامل تكرارية المجاري تدل على وجود عدد كبير من المجاري مما يزيد من امكانية تجمع المياه في شكل جريان سطحي، بينما تشير القيم المنخفضة لتكرارية المجاري الى وجود عدد قليل من المجاري مما يقلل من فرصة حدوث الجريان السطحي ويزيد من فرصة التسرب الراسي لتغذية خزانات المياه الجوفية [٢٤]

ع- كثافة التصريف (الكثافة الطولية)(Drain.age Density): إن دراسة شكل الأرض لنظام الصرف المائي تعد من الدراسات التي توضح عمليات التنوع والتغيير من منطقة إلى أخرى حسب سيطرة الطقس والمناخ والطبيعة الصخرية والبنائية ولذلك تتباين عمليات القياسات التي تكون ناجحة في موقع ما دون غيرها [٢٥]. يرمز إلى كثافة التصريف للحوض المائي بالرمز **(Dd)** ويحسب هذا المتغير المورفومتري من حاصل عملية قسمة مجموع اطوال المجاري للحوض المائي على المساحة الكلية للحوض المائي وذلك حسب العلاقة الرياضية التالية .معادلة (١٧).

$$Dd = \frac{\sum L_U}{A_U\,(Km^2)}$$

اذ ان :- Dd : كثافة تصريف الحوض المائي. $\sum L_U$ **:مجموع اطوال المجاري المائية للحوض**

(كم). A_U: المساحة الكلية للحوض المائي (كم^2).

إن كثافة التصريف تعد مؤشراً على مدى تأثر الحوض بعمليات التعرية المائية وشدة تمزق وتقطع الحوض وذلك بحكم العلاقة بين الجريان السطحي والتسرب في التربة والتساقط والتبخر، فزيادة الكثافة الصرفية معناها زيادة في كمية المياه التي تجري في حوض الصرف، وأن انخفاض التدفق في المساحات ذات الكثافة العالية للتصريف يزداد ويتقطع من مكان إلى آخر حسب طبيعة رواسب الحوض واتساع المجرى وغزارة المطر وانحدار السطح فضلاً عن تأثير الغطاء النباتي الذي يعرقل سير عملية التدفق[٢٦]. من تحليل نتائج معادلة (١٧) وجدول .لقد بلغ الكثافة الطولية لحوض وادي ترسخ (٠,٦٨)

غ- معدل بقاء المجرى المائي (Constant Channel Maintenance): ويرمز الى ثابت بقاء المجرى المائي للحوض بالرمز (C) ويتم الحصول على هذا المتغير المورفومتري من حاصل قسمة المساحة الكلية للحوض المائي على مجموع اطوال المجاري لهذا الحوض وفقاً للمعادلة الرياضية التالية. معادلة (١٨) .

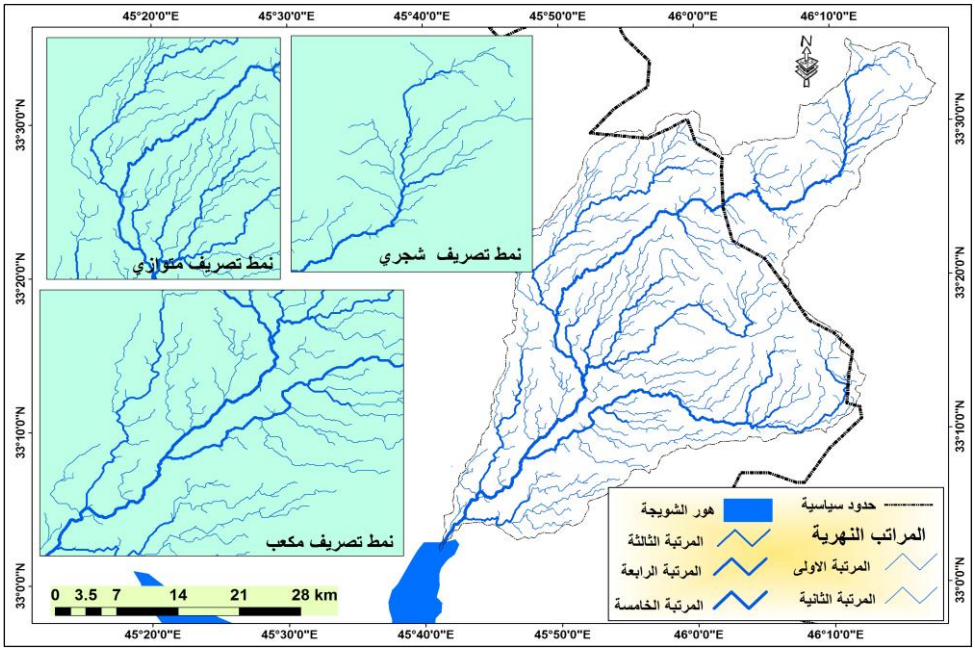
$$C = \frac{1}{Dd} = \frac{A_U\,(Km^2)}{\sum L_U}$$

اذ ان :- C: ثابت بقاء المجرى المائي للحوض. : $\sum L_U$مجموع اطوال المجاري المائية للحوض (كم). A_U: المساحة الكلية للحوض المائي (كم^2).

ومن تحليل معادلة (١٨) وجدول (٩) فقد بلغ معدل بقاء المجرى لحوض وادي ترسخ (١,٤٧) وتبين ان القيم المنخفضة تدل على الجريان السطحي لوادي ترسخ فمعدل الجريان السطحي قليل . وهذا يعكس على كمية التدف السيول .

ف- أنماط التصريف النهري(Drainage Patterns): يقصد بة الشكل الذي تظهر بة المجاري المائية في علاقتها مع الروافد وزوايا التقائها ببعضها ببعض وترتبط اشكال التصريف بالبنية الجيولوجية .اذ يلاحظ سيادة النمط الشجري والنمط المتوازي والنمط المكعب والمستطيل وهذه الانماط تظهر على صخور المنطقة وهي تعكس طبيعة المنطقة مثلا النمط الشجري يظهر على الصخور الرسوبية . في حين نجد ان النمط المتوازي والمكعب والمستطيل يرتبط بالصخور الصلبة المتعاقبة فوق صخور اخرى . ويتحكم في هذه الانماط عدة عوامل منها الانحدار والتركيب الصخري والمناخ السائد في المنطقة بالاضافة الى التطور الجيولوجي والجيومورفولوجي [٢٧]. ينظر خريطة (٤).

خريطة (٤) انماط التصريف لحوض وادي ترسخ



المصدر : الباحث بالاعتماد على بيانات الارتفاع الرقمي DEM

الاستنتاجات

١- تتباين مساحة حوض وادي ترسخ التي تبلغ ١٦٩١٠ كم٢ بين حوض التصريف في ايران وداخل العراق من اذ مظاهر الارتفاع والانحدار.

٢- مساحة حوض التصريف للوادي داخل طبيعة ارضية متضرسة انعكس على خصائص الحوض الشكلية والطوالية والتضاريسية للوادي

٣- انعكست القياسات التضاريسية على خصائص ذروة التصريف لحوض الوادي وانعكاسها على كميات الترسبات المنقولة

٤- موجات السيول في وادي ترسخ لها اثارة كبيرة ومخاطر على القرى والمنشاءات الحيوية بالمنطقة والمناطق الزراعية .

التوصيات

١-بناء محطات رصد الية لرصد التغيرات البيئية الحاصلة بالمنطقة

٢-استعمال التقنيات الحديثة المتمثلة بالاستشعار عن بعد ونظم المعلومات

الجغرافية في اعداد قاعدة بيانات مكانية للوادي

٣-تحديد مخاطر السيول واثارها الناتجة والحد او التقليل من مخاطرة المستقبلية

٤-تطوير المنطقة من الجوانب السياحية والزراعية والاستثمار الصناعي في مجرى الوادي

الهوامش:

[١]- رحيم حميد عبد ثامر العبدان ، الأشكال الأرضية لحوض وادي عامج ، اطروحة دكتوراه ، غير منشورة، كلية الأداب ، جامعة بغداد ، ٢٠٠٤ ، ص١٣٠ .

[٢]- عباس الطيب بابكر ، دور البحث العلمي في تحقيق التنمية المستدامة بالبيئات الجافة ، كلية الأداب ، جامعة الخرطوم ، ص٤ .

[٣]- حسن رمضان سلامة ، التحليل الجيومرفولوجية للخصائص المورفومترية للأحواض المائية في الاردن ، مجلة دراسات العلوم الإنسانية ، المجلد السابع ، العدد ١ ، ١٩٨٠ ، ص٩٩ .

[٤]- احمد علي حسن البيواتي ، التحليل الكمي لخصائص الشبكة النهرية لحوض وادي الثرثار (دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية) ، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية ، العدد ٤٣ ، ٢٠٠٠ ، ص١٤٢ .

[٥]- تغلب جرجيس داود ، شكل حوض نهر العظيم وخصائصهُ ، رسالة ماجستير (غير منشورة) ، كلية الآداب ، جامعة بغداد ، ١٩٤٧ ، ص٣٥- ٣٦ .

[٦]- محمد صبري محسوب ، جيومرفولوجية الأشكال الأرضية ، دار الفكر العربي ، مصر ، ٢٠٠٠ ، ص٢١٠ .

[٧]- عاشور محمد وتراب مجدي ، التحليل المورفومتري لأحواض وشبكات التصريف المائي ، مصر ، القاهرة ١٩٩١، ص٢٦٧

2- Morisawa. M.E (1962):Quantittive Qeomorhology of Some Watersheds in the Appalachian plateau .Bull .Geol .Soc.America Vol.73.pp1025-1046 .

1- Abu el Enien. A . : Geomorphological significance of the present Drainage pattern and palaeochannel Evolution of the pseudeo delta of wadi AL- Batin in

Kuwait .bull .soc. Geog. Egypte .vol.76.2003.pp191-211.

١٠- عاشور محمد وتراب مجدي ، التحليل المورفومتري لأحواض وشبكات التصريف المائي، مصدر سابق ص٣٢٤

1- Schumm. S.A.(1956) Evoution of Drainge system and slpes in Badies at peath Amboy New Jersey. Bull.Geol.soc America .vol.67.pp597-646 .

2- Shendi ,E; Gerieh. M; Mousa, M. (1997) ;Geophysical and Hydrological Studies on WadiSall Basin Southern Sinai Egypt , J.geol.vol.41.No.2.

١٣ - حيدر ماجد طعمه الحمزاوي ،التحليل المورفومتري لحوض نهر الجباب شرق العراق باستعمال تقنيات لتحسس النائي ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) ، جامعة واسط كلية العلوم ، رسالة ماجستير (غير منشورة)،٢٠١٦ ،ص٩٨.

١٤- عبد العظيم قدوره مشتهى ،ابو عمره، صالح؛ الباز، عبد القادر نصر، "بعض الخصائص المورفومترية لوادي غزة باستعمال النمذجة الرقمية لنظم المعلومات الجغرافية"، جامعة الازهر – غزه، مجلة البحوث الجغرافية، العدد ١٨، ٢٠١٣، ص ٤٧-٧٤،.

١٥ -Nageswara, R. K., Swarna, L. P., Arun, K. P., Hari Krishna, M., (2010), "Morphometric Analysis of Gostani River Basin in Andhra Pradesh State, IndiaUsing Spatial Information Technology", Vol. 1, No. 2, ISSN 0976 – 4380, pp. (179-187).

١٦- Alan, H. S., (2015), "Introducing Physical Geography", 6th Edition, John Wiley & Sons, Inc. pp. (234-341).

١٧- محمد عبدالله الصالح ، بعض انواع طرق قياس المتغيرات في أحواض التصريف، بحوث جغرافية، العدد ٢٥، مركز البحوث، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية ،١٩٩٢،ص١٢٣.

2- Morisawa .M.E.(1962) Quantitative Geomorphology of Some Watersheds in the Appalachian plateau, Bull.Geol. soc America .Vol.73,pp.1025-1046.

[١٩]- محمد صبري محسوب، "الظاهرات الجيومورفولوجيا دراسة تحليلية بالأشكال والرسوم التوضيحية" ، دار الاسراء للطباعة ، القاهرة ، مصر،٢٠٠٦،ص١٦٥

[٢٠]- محمود بن إبراهيم الدوعان ، الأودية الداخلة إلى منطقة الحرم بالمدينة المنورة ، الجمعية العربية السعودية، العدد (٣٨)جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية ،١٩٩٩،ص٦٥.

[٢١]- عساف بن علي الحواس، توضيف تكاملي لتقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتحديد وتحليل الخصائص الهيدرومورفومترية لأحواض التصريف الصحراوي ، الجمعية الجغرافية السعودية، جامعة الملك سعود، الرياض ، العدد ٨١ ، ٢٠٠٠، ص ٧١-١١٣.

[٢٢]- Gregory, K.J., Walling, D.E., (1994), "Drainage Basin form and process Geomorphological Approach", Edward Arnold. London.p23.

[٢٣]- Chow, V.T., (1957), "Handbook of Applied Hydrology"; a Compendium of water-resources technology, McGraw-Hill Book Compagny, New York.

[٢٤]-Gregory, K.J., Walling, D.E., (1994), "Drainage Basin form and process Geomorphological Approach", Edward Arnold. London.

[3]- Schumm, S.A., (2005), "River Variability and Complexity", Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York

[٢٦]- محمود محمد عاشور ، طرق التحليل المورفومتري لشبكات التصريف المائي، مجلة الإنسانيات والعلوم الاجتماعية ، العدد ٩، جامعة قطر، ١٩٨٦، ص (٤٧٣-٤٩٦).

[٢٧]- كريمة الهادي سالم عبد الهادي ، التحليل الجيومورفولوجي لحوض وادي الهيرة ، جامعة طرابلس ، رسالة ماجستير ، (غير منشورة) ، ٢٠١٥،ص١١٤.

المصادر

١- رحيم حميد عبد ثامر العبدان ، الأشكال الأرضية لحوض وادي عامج ، اطروحة دكتوراه ، كلية الأداب ، جامعة بغداد ، ٢٠٠٤ ، ص١٣٠ .

٢- عباس الطيب بابكر ، دور البحث العلمي في تحقيق التنمية المستدامة بالبيئات الجافة ، كلية الأداب ، جامعة الخرطوم ، ص٤ .

٣- حسن رمضان سلامة ، التحليل الجيومرفولوجية للخصائص المورفومترية للأحواض المائية في الاردن ، مجلة دراسات العلوم الإنسانية ، المجلد السابع ، العدد ١ ، ١٩٨٠ ، ص٩٩ .

٤- احمد علي حسن البيواتي ، التحليل الكمي لخصائص الشبكة النهرية لحوض وادي الثرثار (دراسة في الجيومورفولوجية التطبيقية) ، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية ، العدد ٤٣ ، ٢٠٠٠ ، ص١٤٢ .

٥- تغلب جرجيس داود ، شكل حوض نهر العظيم وخصائصهُ ، رسالة ماجستير (غي منشورة) ، كلية الآداب ، جامعة بغداد ، ١٩٤٧ ، ص٣٥- ٣٦ .

٦- محمد صبري محسوب ، جيومرفولوجية الأشكال الأرضية ، دار الفكر العربي ، مصر ، ٢٠٠٠ ، ص٢١٠ .

٧- عاشور محمد وتراب مجدي ، التحليل المورفومتري لأحواض وشبكات التصريف المائي ، مصر ، القاهرة ١٩٩١، ص٢٦٧

8- Morisawa. M.E (1962):Quantittive Qeomorhology of Some Watersheds in the Appalachian plateau .Bull .Geol .Soc.America Vol.73.pp1025-1046 .

9- Abu el Enien. A . : Geomorphological significance of the present Drainage pattern and palaeochannel Evolution of the pseudeo delta of wadi AL-Batin in Kuwait .bull .soc. Geog. Egypte .vol.76.2003.pp191-211.

١٠- عاشور محمد وتراب مجدي ، التحليل المورفومتري لأحواض وشبكات التصريف المائي، مصدر سابق ص٣٢٤

11- Schumm. S.A.(1956) Evoution of Drainge system and slpes in Badies at peath Amboy New Jersey. Bull.Geol.soc America .vol.67.pp597-646 .

12- Shendi ,E; Gerieh. M; Mousa, M. (1997) ;Geophysical and Hydrological Studies on

WadiSall Basin Southern Sinai Egypt , J.geol.vol.41.No.2.

١٣- حيدر ماجد طعمه الحمزاوي ،التحليل المورفومتري لحوض نهر الجباب شرق العراق باستعمال تقنيات لتحسس النائي ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) ، جامعة واسط كلية العلوم ، رسالة ماجستير (غير منشورة)،٢٠١٦ ،ص٩٨.

١٤- عبد العظيم قدوره مشتهى ،ابو عمره، صالح؛ الباز، عبد القادر نصر، "بعض الخصائص المورفومترية لوادي غزة باستعمال النمذجة الرقمية لنظم المعلومات الجغرافية"، جامعة الازهر – غزه، مجلة البحوث الجغرافية، العدد ١٨، ٢٠١٣، ص ٤٧-٧٤،.

15- Nageswara, R. K., Swarna, L. P., Arun, K. P., Hari Krishna, M., (2010), "Morphometric Analysis of Gostani River Basin in Andhra Pradesh State, IndiaUsing Spatial Information Technology", Vol. 1, No. 2, ISSN 0976 – 4380, pp. (179-187).

16- 16- Alan, H. S., (2015), "Introducing Physical Geography", 6th Edition, John Wiley & Sons, Inc. pp. (234-341).

١٧- محمد عبدالله الصالح ، بعض انواع طرق قياس المتغيرات في أحواض التصريف، بحوث جغرافية، العدد ٢٥، مركز البحوث، جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية ،١٩٩٢،ص١٢٣.

18- Morisawa .M.E.(1962) Quantitative Geomorphology of Some Watersheds in the Appalachian plateau, Bull.Geol. soc America .Vol.73,pp.1025-1046.

١٩- محمد صبري محسوب، "الظاهرات الجيومورفولوجيا دراسة تحليلية بالأشكال والرسوم التوضيحية" ، دار الاسراء للطباعة ، القاهرة ، مصر،٢٠٠٦،ص١٦٥

٢٠- محمود بن إبراهيم الدوعان ، الأودية الداخلة إلى منطقة الحرم بالمدينة المنورة ، الجمعية العربية السعودية، العدد (٣٨)جامعة الملك سعود، الرياض، المملكة العربية السعودية ،١٩٩٩،ص٦٥.

٢١- عساف بن علي الحواس، توضيف تكاملي لتقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لتحديد وتحليل الخصائص الهيدرومورفومترية لأحواض التصريف الصحراوي ، الجمعية الجغرافية

السعودية، جامعة الملك سعود، الرياض ، العدد ٨١ ، ٢٠٠٠، ص ٧١-١١٣.

22- Gregory, K.J., Walling, D.E., (1994), "Drainage Basin form and process Geomorphological Approach", Edward Arnold. London.p23.

٢٣- كريمة الهادي سالم عبد الهادي ، التحليل الجيومورفولوجي لحوض وادي الهيرة ، جامعة طرابلس ، رسالة ماجستير ، (غير منشورة) ، ٢٠١٥،ص١١٤.