الخصائص المورفومتريّة وعلاقتها بالجريان السطحي في حوض وادي شيو أسو

م.م. رشا أحمد سرحان الحمداني

جامعة النهرين/ رئاسة الجامعة

Rasha.a.86@nahrainuniv.edu.iq

تاريخ استلام البحث: ٥ / ٥ /٢٠٢٦

تاريخ قبول البحث: ١٤ / ٦ /٢٠٢٦

المستخلص

الأهداف: تناولت هذه الدراسة التحليل المورفومتري لحوض وادي شيو اسو الواقع في محافظة أربيل شمال العراق بهدف تحديد خصائص التحليل المورفومتري وعلاقتها بالجريان السطحي، من خلال دراسة هذه الخصائص المورفومتريّة، ورسم شبكة التصريف الرئيسية للحوض، بالإضافة إلى تحديد أنماط التصريف السائدة فيه، **المنهجية:** تم اعتماد المنهج التحليلي الكمي بالاعتماد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) وبرنامج (ArcGIS 10.3)، استند التحليل بشكل أساسي على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة (٣٠) متراً مدعومة بالخرائط المتخصصة، وهي (الخرائط الطبوغرافيّة والجيولوجيّة وخرائط التربة)، وقد تم استخلاص وتصنيف المتغيرات المورفومتريّة للحوض ضمن أربع فئات مساحية والشكلية، وتضاريسيّة، وشبكة التصريف، **النتائج:** أظهرت لنا هذه الدراسة أن شكل الحوض يميل إلى الاستطالة (شبه مستطيل) مع كثافة تصريف منخفضة، وتشير الخصائص مجتمعة إلى أن الحوض يتميز باستجابة هيدرولوجيّة بطيئة، ويتيح وقتاً أطول لتجمع الجريان السطحي، **الاستنتاجات:** لقد أكدت الدراسة على أهمية التحليل المورفومتري كأداة فعالة في تقييم الاستجابة الهيدرولوجيّة للأحواض النهرية ودعم التحليل المورفومتري لإدارة الموارد المائية، لذا توصي الدراسة بتفعيل التقنيات الجغرافيّة الحديثة وتنمية الموارد المائية كما أكدت على أهمية الاستثمار في الموارد الرسوبية والرصد الهيدرولوجي فضلاً عن الدراسات الهيدرولوجيّة المتقدمة والتنمية الزراعية المستدامة وضرورة تطوير السياحة البيئية في المنطقة.

الكلمات المفتاحية: التحليل المورفومتري، الجريان السطحي، حوض وادي شيو اسو، الاستجابة الهيدرولوجيّة.

Morphometric characteristics and their "relationship to sunoff in the Shiw Asu Valley Basin"

Rasha Ahmed Sarhan Al-Hamadani
Al-Nahrain University\ University Presidency
Rasha.a.86@nahrainuniv.edu.iq

Date received: 5 \ 5 \2026
Acceptance date: 14 \ 6 \2026

Abstract

Objectives: This study focused on the morphometric analysis of the Shiou Asu basin, located in Erbil Governorate, northern Iraq, with the aim of identifying its morphometric characteristics and their relationship to surface runoff. This was achieved by studying these morphometric characteristics, mapping the main drainage network of the basin, and determining the prevailing drainage patterns within it. **Methodology:** A quantitative analytical approach was adopted, relying on Geographic Information Systems (GIS) techniques and ArcGIS 10.3 software. The analysis was primarily based on Digital Elevation Model (DEM) data with a resolution of 30 meters, supported by specialized maps including topographic, geological, and soil maps. Morphometric variables of the basin were extracted and classified into four. **Categories:** areal, linear, and relief characteristics, and the drainage network. Results: This study revealed that the basin's shape tends towards elongation (semi-rectangular) with low drainage density. The combined characteristics indicate that the basin exhibits a slow hydrological response, allowing more time for surface runoff accumulation. **Conclusions:** The study emphasized the importance of morphometric analysis as an effective tool for evaluating the hydrological response of river basins and supporting water resource management. Therefore, the study recommends activating modern geographical techniques and developing water resources. It also stressed the importance of investing in sedimentary resources and hydrological monitoring, as well as advanced hydrological studies, sustainable agricultural development, and the necessity of developing ecotourism in the region.

Keywords: Morphometric Analysis, Surface Runoff, Shio Asu Valley Basin, Hydrological Response.

المقدمة

تُعد الدراسات المورفومتريّة، التي تعتمد على القياسات والتحليل الكمي، إضافة جوهرية للدراسات الجيومورفولوجيّة، لا سيما في سياق دراسة الأحواض النهرية، قد أولى الجيومورفولوجيون والهيدرولوجيون اهتماماً بالغاً بهذه الأحواض نظرًا لأهميتها البالغة في إدارة وتخطيط الموارد المائية.

يظل التنبؤ بالجريان المائي الناتج عن العواصف المطرية في حوض معين محور اهتمام كبير في هذه الدراسات، وتزداد أهميته بشكل خاص في الأحواض الموسمية والمتقطعة الجريان، تُظهر الخصائص المورفومتريّة الظروف الطبيعية المصاحبة للأحواض المائية وتتأثر بها بشكل مباشر، لا سيما البنية الجيولوجيّة، والمناخ، والغطاء النباتي، فأي تغيير في هذه العوامل يؤدي إلى تغييرات واضحة في الخصائص المورفومتريّة، إن الشكل العام لروافد النهر ورتبها المختلفة داخل الحوض هو نتاج العلاقة المعقدة بين خصائص صخور المنطقة وأشكالها التركيبية من جهة، والظروف المناخية القديمة والحالية من جهة أخرى، تعكس خصائص الصخور درجة النفاذية والصلابة، والانحدار العام للسطح، ومناطق الضعف الصخري، ويبرز أثر كل هذه الخصائص في تعديل المظهر العام لشكل الصرف النهري وتحديد نقاط الأودية.

تعكس الخصائص المورفومتريّة العديد من السمات المميزة للحوض، مثل التضرس، والشكل العام للحوض، والكثافة التصريفية، والتركيب الجيولوجي، ومن خلال تحليل هذه الخصائص، يمكن استخلاص متغيرات هيدرولوجية حيوية، أبرزها تقدير زمن حدوث الفيضانات، تمثل دراسة الخصائص المورفومتريّة أحد التوجهات الحديثة في دراسة الأحواض المائية، حيث يُعد حوض الصرف الوحدة الأساسية للبحث العلمي، فالحوض النهري يمثل وحدة مساحية محددة يمكن قياس خصائصها ومعطياتها، وتُستخدم النتائج المستخلصة في دراسة هيدرولوجيّة النهر، كما توفر هذه الدراسات معلومات قيمة تتعلق بتشكيل الأحواض وتطورها، إذ أن جميع العمليات الهيدرولوجيّة والجيومورفولوجيّة تحدث ضمن نطاق هذه الأحواض، في العصر الحديث، تُستخدم تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) على نطاق واسع لتقييم التضاريس المختلفة والمعلومات المورفومتريّة لأحواض الصرف، وتُعد الدراسة المورفومتريّة من أهم وأحدث الاتجاهات في هذا المجال، نظراً لعلاقتها الوثيقة بهيدرولوجيّة الأنهار وتضاريسها، وبسبل استثمارها، خاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة، لذا يُنظر إلى حوض الصرف النهري كوحدة أساسية للبحوث الكمية، يُمثل قياس الخصائص الطبيعية للأنظمة النهرية والأودية تطوراً حديثاً بارزاً في جيومورفولوجيا التطبيقية، حيث يعتمد على التحليلات الإحصائية والرياضية المتقدمة لوصف التضاريس الأرضية بدقة علمية، فضلاً عن التطبيقات الحديثة في هذا المجال لا سيما تطبيقات المحاكاة بالذكاء الاصطناعي.

مشكلة البحث

الطرق التقليدية لدراسة الخصائص الجيومورفولوجيّة والمورفومتريّة للأودية الجافة تستهلك وقتاً طويلاً وجهداً بشرياً كبيراً، تعتمد على الخرائط الكنتورية والزيارات الميدانية وتتفاوت دقتها حسب توافر البيانات، لذا اعتمدت الدراسة تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) لتحقيق دقة وكفاءة في التحليل، وتسعى للإجابة على السؤال التالي:

- ماهي الخصائص المورفومترية لحوض وادي شيو اسو وهل تتأثر بالجريان السطحي؟

فرضية البحث

يُفترض أن الخصائص المورفومتريّة لحوض وادي شيو اسو، وبشكل خاص (شكل الحوض المستطيل وانخفاض كثافة التصريف المائي) تؤدي إلى إبطاء سرعة الاستجابة الهيدرولوجية وزيادة زمن تجمع الجريان السطحي، مما يقلل من احتمالية حدوث ذروات فيضانية مفاجئة ويزيد من فرص ترشح المياه وتغذية الخزان الجوفي في منطقة الدراسة.

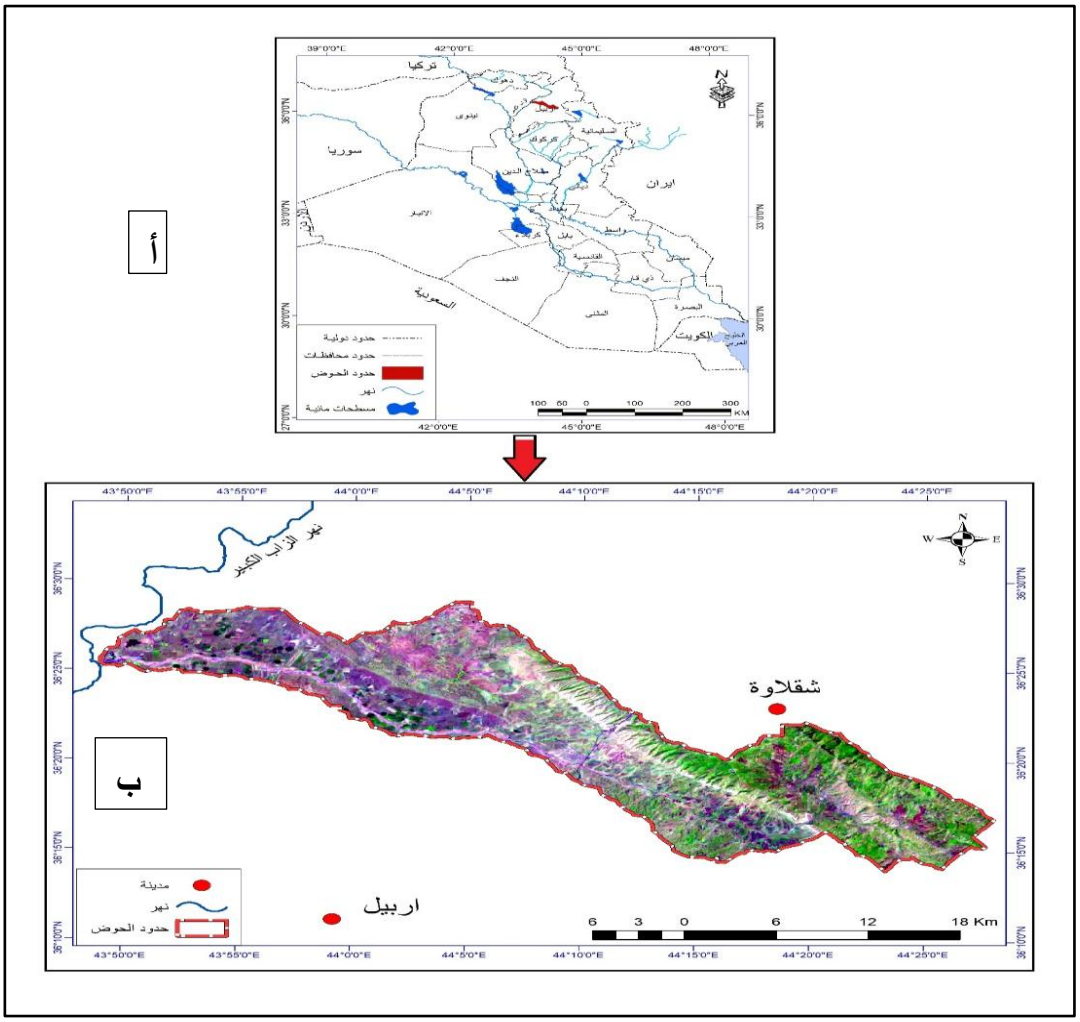
أهمية البحث

تكمن أهمية البحث في تبني التقانات الحديثة لاستخلاص الخصائص المورفومتريّة، مثل تحديد الشبكة النهرية، اتجاه الجريان، والحوض المائي، فضلاً عن القياسات المورفومتريّة الأخرى، فقد أنتجت الدراسة خرائط رقمية لهذه الخصائص لحوض وادي شيو اسو بدقة أعلى وجهد أقل مقارنة بالطرق التقليدية، كما تبرز أهمية الموضوع في بناء قاعدة بيانات مورفومتريّة دقيقة للشبكة النهرية بالحوض، مما يوفر الوقت والجهد المرتبطين بالعمل الميداني والحسابات اليدوية، بالإضافة إلى ذلك تتيح هذه البيانات استخدامات تطبيقية حيوية، مثل إنشاء سدود ضمن حوض التصريف للسيطرة على الفيضانات الناتجة عن الأمطار الغزيرة في المواسم المستقبلية.

موقع منطقة الدراسة

يقع حوض وادي شيو اسو في محافظة أربيل شمال العراق بين دائرتي عرض(N "٠'٥٢ ٣٦° N–"٠'٣٠ ٣٦°) شمالاً وخطي طول("E ٠'٢٥ ٤٣° E–"٠'٢٥ ٤٤°) شرقاً، وتبلغ مساحة الحوض حوالي (٥٣٤) كم٢ تقريباً، انظر الشكل (١).

الشكل (١) الموقع الجغرافي لمنطقة الدراسة من العراق



المصدر: (أ) وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، خريطة العراق الادارية، مقياس ١:١٠٠٠٠٠٠، لسنة ٢٠٢٢.

(ب) عمل الباحثة اعتماداً على تحليل بيانات المرئية الفضائية Land sat بدقة ٣٠ متر مربع لسنة ٢٠٢٥ .

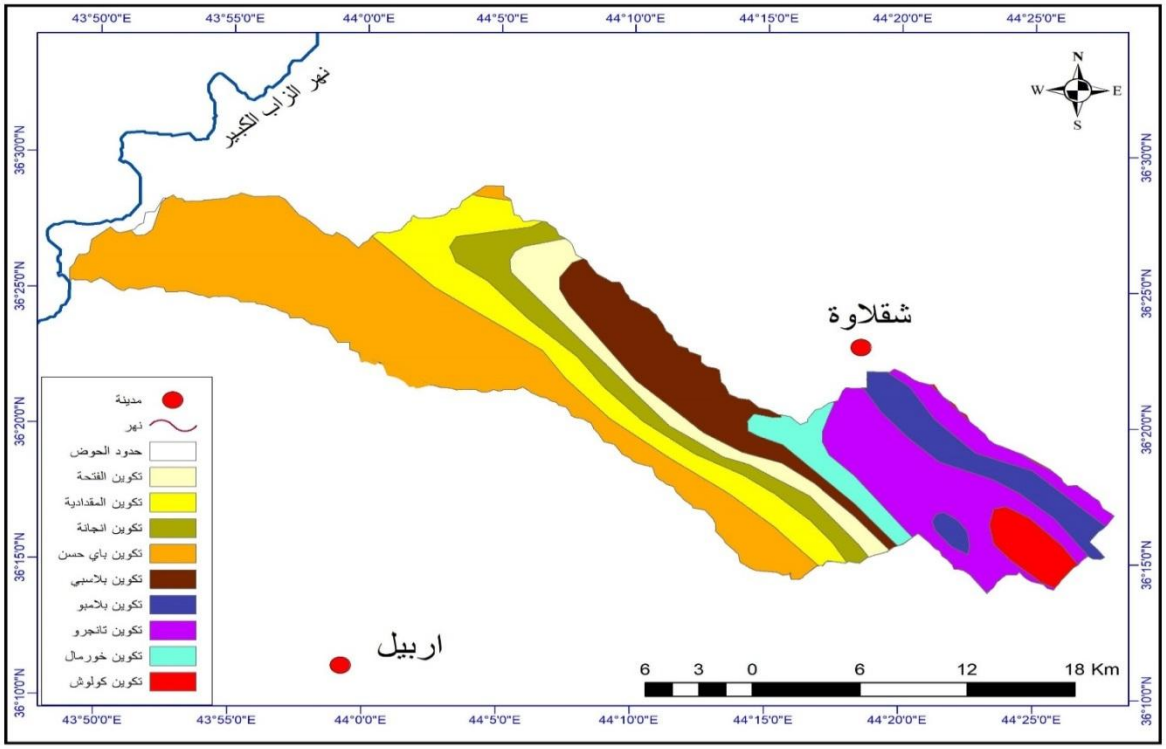
المحور الأول

الخصائص الطبيعية لحوض وادي شيو اسو

أولاً: التكوينات الجيولوجية: Geological Formations

إن البنية الجيولوجية من العوامل الطبيعية التي لها تأثير على مورفومتريّة الحوض النهري، إذ إن التراكيب الخطية ونظام بنية الطبقات وطبيعة الصخور، كل هذه العوامل لها دور في تشكيل الخصائص المورفومتريّة لشبكة المياه الجارية، كما أن منطقة الدراسة تقع ضمن منطقة رصيف قاري غير مستقر نتيجة التقاء الصفيحتين العربية والإيرانية، يمتاز حوض وادي شيو اسو بتنوع صخري فهو يضم التكوينات الجيولوجية التي تعود لفترات زمنية مختلفة تتوزع في مساحات متباينة كما مبين بالشكل (٢).

الشكل (٢): التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة



المصدر: من عمل الباحثة بالاعتماد على خريطة جمهورية العراق، وزارة الصناعة والمعادن، الهيئة العامة للمسح الجيولوجي والتحري المعدني، خريطة العراق الجيولوجية، مقياس ١:٢٥٠٠٠٠ لسنة ٢٠٠٠.

جدول (١) مساحة التكوينات الجيولوجية في منطقة الدراسة

الصنف	المساحة/كم٢	النسبة المئوية%
تكوين الفتحة	٣٣	6.18
تكوين المقدادية	٦٣	١١.٨٠
تكوين انجانة	٤٠	٧.٤٩
تكوين باي حسن	١٩٤	٣٦.٣٣
تكوين بلاسبي	٥٧	١٠.٦٧
تكوين بلامبو – عقرة	٣٤	٦.٣٧
تكوين تانجرو	79	١٤.٧٩
تكوين خورمال – جركس	١٩	٣.٥٦
تكوين كولوش	15	2.81
المجموع	534	100.00

المصدر: من عمل الباحثة: تم استخراج المساحات باستخدام برنامج Arc Map 10.8 (GIS)

من أبرز التكوينات الجيولوجية التي تغطي منطقة الدراسة هي كالتالي:

١- تكوين الفتحة: Fatha Formation

يعود هذا التكوين إلى عصر الميوسين الأوسط ويعد من التكوينات واسعة الانتشار في العراق ويتغير سمك هذا التكوين بالاعتماد على الحوض الترسيبي كما أنه يتكون من الحجر الطيني وصخور الكلس المترسبة، أما وحدات الحجر الجيري تعد إحدى مكونات التكوين فهي جيدة التطبق لاحتواء صخورها على المتحجرات، إن البيئة الترسيبية للتكوين هي بيئة بحرية ضحلة، بلغت مساحة التكوين في منطقة الحوض (٣٣كم٢) بنسبة (٦.١٨٪) من مجمل منطقة الدراسة.

٢- تكوين المقدادية: Mukdadiya Formation

يرجع عمر هذا التكوين إلى عصر البلايوسين وتتألف صخوره من الترسبات الفتاتية كالحجر الرملي الحصوي والحجر الطيني والحجر الغريني على هيئة طبقات رقيقة ومواد غرينية، وإن حبيباته تتكون من فتات الصخور الجيرية والسليكا وتكون هذه الرسوبيات ذات لون رمادي، وتعد البيئة الترسيبية للتكوين هي بيئة قارية نهرية، كما إن الشكل الجيومورفولوجي لهذا التكوين يقتصر على السهول والربوات والوديان التي تعود في سبب نشأتها إلى عمليات التعرية والتجوية (Sissakian & Yukhana, 1979) وبلغت مساحة التكوين (٦٣كم٢) بنسبة (١١.٨٠٪) من مساحة منطقة الدراسة.

٣- تكوين انجانة: Injana Formation

إن هذا التكوين يعود في عمره إلى عصر الميوسين الأعلى تتألف طبقات التكوين من رسوبيات ذات حبيبات ناعمة وهي صخور الحجر السلتي الأحمر والحجر الرملي والحجر الطيني التي يطغى عليها اللون الأحمر، كما أن بيئته الترسيبية تميزت بالتغير المستمر إذ انها في البداية حصل الترسيب في بيئة مستنقعية ساحلية وفي المراحل المتقدمة أصبح الترسيب في بيئة بحرية- نهرية (الحسيني، ٢٠٠٠، صفحة ٤٦)، تبلغ مساحة التكوين (٤٠كم٢) بنسبة (٧.٤٩٪) من مساحة الحوض.

٤- تكوين باي حسن: Bai Hassan Formation

يعود هذا التكوين إلى عصر البلايوسين ويضم هذا التكوين ترسبات من الصخور الرملية والطينية كما أنه يتميز بظهور مدملكات سميكة تمثل ارسابات للنهر، إن بيئة هذا التكوين هي بيئة ترسيبية قارية ناتجة عن تعرية المناطق المرتفعة بتأثير الحركة التكتونية التي ترسبت في أسفل الحوض (Sissakian & Yukhana, 1979)، يشغل مساحة (١٩٤كم٢) بنسبة (٣٦.٣٣٪) من مجمل مساحة المنطقة، وهو الجزء الأكبر الذي يقع في الجانب الغربي من منطقة الحوض.

٥- تكوين بلاسبي: Balaspi Formation

يرجع عمر هذا التكوين إلى عصر الأيوسين الأوسط والأعلى التي تنكشف صخوره في معظم مناطق شمال العراق ويعد من التراكيب المهمة ويكون أكثر انتشاراً في المناطق الجبلية، يتألف هذا التكوين من طبقات الحجر الطيني والدولماتية الطباشيرية والحجر الجيري المتبلور كما توجد فيه طبقات من حجر الكلس المارلي أما البيئة الترسيبية هي بيئة مستنقعية (الحسيني، ٢٠٠٠، صفحة ٤٣)، بلغت مساحة هذا التكوين (٥٧كم٢) بنسبة (١٠.٦٧٪) من مساحة منطقة الدراسة.

٦- تكوين بلامبو- عقرة: Balambo- Aqra Formation

يتألف هذا التكوين من طبقات صخور جيرية دولماتية والصخور الجيرية التي تتميز بلون رمادي فاتح واللون القهوائي المصفر، يعود عمر التكوين إلى عصر الكريتاسي الأسفل وبيئة الترسيب هي بحرية ضحلة (الحداد، ٢٠٠٠)، يشغل مساحة (٣٤كم٢) بنسبة (٦.٣٧٪) من مجمل مساحة منطقة الحوض.

٧- تكوين تانجرو: Tanjero Formation

يعود عمر هذا التكوين إلى العصر الكريتاسي الأسفل يتكون من الصخور الرملية والغرينية وصخور المارل الغرينية، ينكشف هذا التكوين في الجانب الشرقي من الحوض بلغت مساحته (٧٩كم٢) بنسبة (١٤.٧٩٪) من مجمل مساحة منطقة الدراسة.

٨- تكوين خورمال- جركس: Khurmal- Jarkas Formation

إن هذا التكوين يعود لعصر الأيوسين الأوسط صخوره تنكشف في المناطق قليلة الانحدار توجد فيه أنظمة تصريف كثيفة وسبب هذا صخوره الهشة التي يغلب عليها اللون الأحمر، كما أن بيئته الترسيبية تتكون من الحجر الغريني والحجر الرملي والحجر الطيني تبلغ مساحته (١٩كم٢) بنسبة (٣.٥٦٪) من المساحة الكلية لمنطقة الحوض.

٩- تكوين كولوش: Kolosh Formation

يرجع عمر التكوين إلى الباليوسين- الأيوسين المبكر يتكون هذا التكوين من الحجر الجيري والحجر الرملي ومن أحجار الطفل والكلس والمدملكات، توجد صخور الطفل بشكل طبقات فتاتية رقيقة خضراء اللون، أما الحجر الكلسي يوجد على شكل طبقات ذات لون رمادي، إن بيئته الترسيبية هي بيئة نرتية مع وجود المدملكات أو لسان من الحجر الجيري (Ghafor A.H, 2009, p. 12)، يشغل هذا التكوين مساحة (١٥كم٢) بنسبة (٢.٨١٪) من مجمل مساحة منطقة الدراسة.

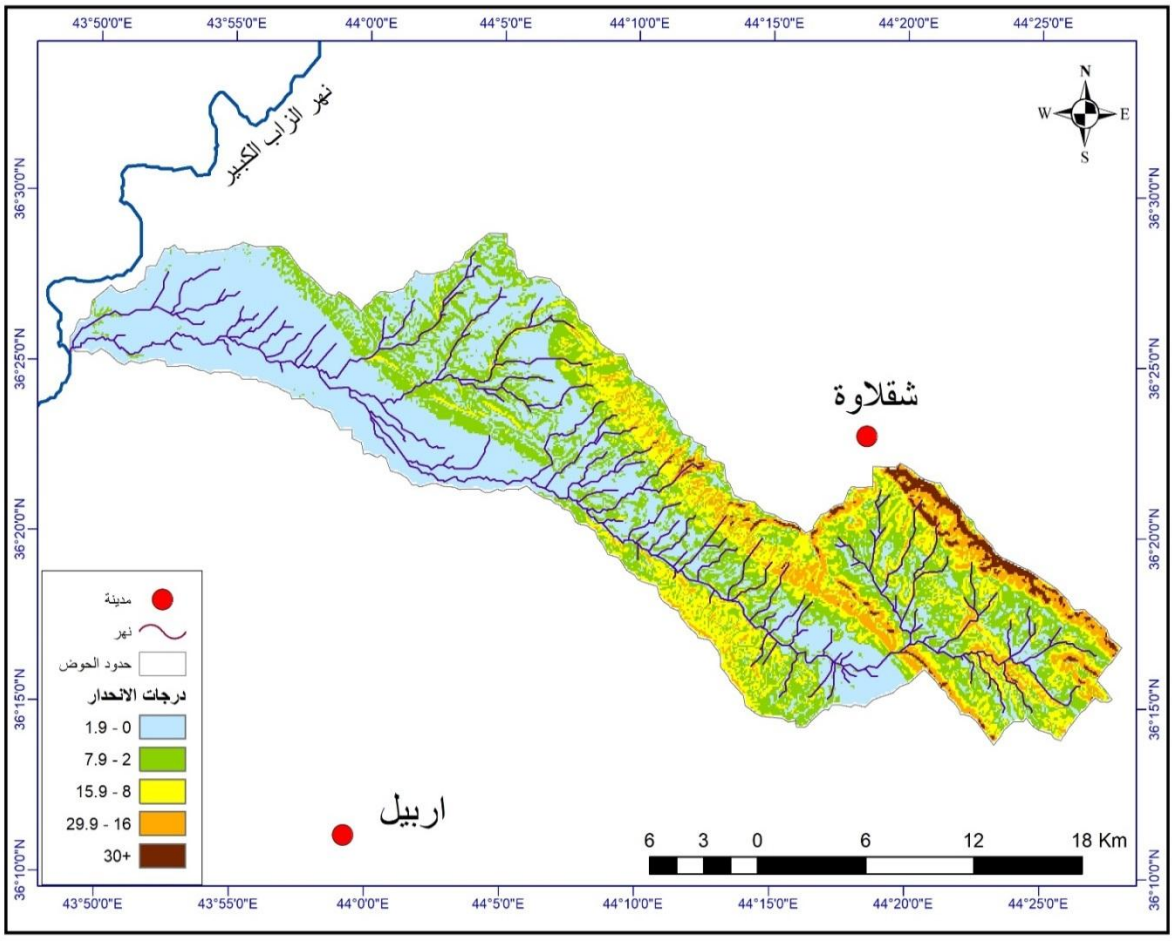
ثانياً: تضاريس الحوض: Basin Topography

يقع حوض وادي شيو اسو ضمن المنطقة الجبلية من محافظة أربيل في شمال العراق، والتي تعرضت إلى تغيرات مما أثر ذلك في تضاريسها خلال أزمنة مختلفة، وتمثلت هذه الأثار بالمناطق المرتفعة والمنخفضة من منطقة الحوض، ولذلك تمت دراسة الخصائص التضاريسية للمنطقة، بالاعتماد على المرئيات الفضائية، ونموذج الارتفاعات الرقمية (DEM).

١- الانحدارات: Slopes

هي ميلان أرض منطقة الدراسة عن المستوى الأفقي حيث يكون الانحدار كبير كلما ازداد الميلان، مما أثر ذلك على صفات وخصائص موارد المياه السطحية، لذا فمن الضروري دراسة الانحدارات لأنها تؤثر بشكل كبير على حركة الجريان السطحي، وذلك مع وجود الانحدارات العالية تكون أيضاً هناك تعرية مائية عالية، أما إذا كانت الانحدارات منخفضة فيكون العكس (الحسيني، ٢٠٠٠، صفحة ٢٢)، ومن خلال الاطلاع على الشكل (٣) وجدول (٢) الذي سيتم توضيحه في الصفحة التالية، يتبين لنا وجود خمس فئات من درجات الانحدار، سجلت الفئة الأولى (٠-١.٩ درجة) نسبة (٤٧.٦٪) من مساحة منطقة الحوض، وهي أعلى فئة انحدارية تمثلت بالأجزاء الدنيا من حوض الدراسة، فيما سجلت الفئة الخامسة (٣٠ فأكثر) بنسبة (١.٩٪) توجد في الأجزاء العليا من الحوض في الجهة الشرقية لمنطقة الدراسة، ولهذا استنتجنا من خلال ما تقدم بأن الانحدارات في المنطقة تراوحت ما بين البسيط والمتوسط والشديد.

الشكل (٣) درجات الانحدار في منطقة الدراسة



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج التضرس الرقمي (DEM) بدقة ٣٠ متر مربع لسنة ٢٠١٥ وتم معالجتها باستخدام برنامج Arc Map 10.8 (GIS)

جدول (٢) درجات الانحدار ومساحتها في منطقة الدراسة

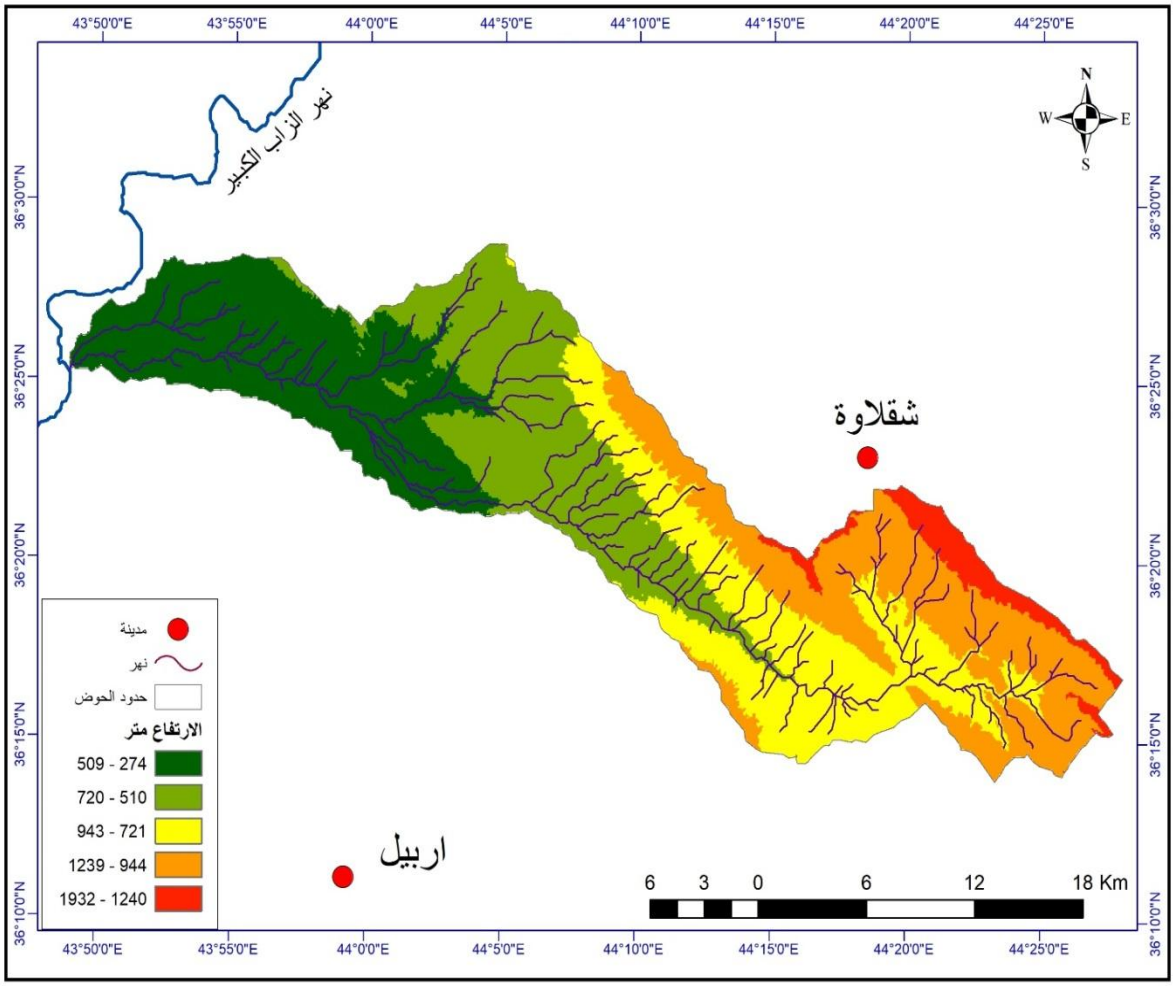
درجات الانحدار	المساحة / كم٢	النسبة المئوية%	نوع السطح
٠ – ١.٩	254	47.6	سطح مستوي
٢ – ٧.٩	156	29.2	تموج خفيف
٨ – ١٥.٩	79	14.8	متموج
١٦ – ٢٩.٩	35	6.6	مقطعة – مجزأة
+٣٠	10	1.9	مقطعة بدرجة عالية
المجموع	534	100.00	

المصدر: من عمل الباحثة: تم استخراج المساحات باستخدام برنامج Arc Map 10.8 (GIS)

٢- الارتفاعات: Elevations

تتدرج منطقة حوض شيو اسو بالارتفاع من (٢٧٤-١٩٣٢م) فوق مستوى سطح البحر، كما مبين في الشكل (٤) وجدول (٣)، بلغ أعلى ارتفاع (١٩٣٢م) فوق مستوى سطح البحر في حوض الوادي، وهذا يؤثر على نشاط الجريان السطحي في منطقة الوادي، مما أدى إلى حدوث تعرية مائية شديدة أدت بدورها إلى انخفاض تدريجي في منطقة المصب وهي أقل المناطق ارتفاعاً حيث بلغ (٢٧٤م) فوق مستوى سطح البحر.

الشكل (٤) الارتفاعات المتساوية في منطقة الدراسة



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد نموذج التضرس الرقمي (DEM) بدقة ٣٠ متر مربع لسنة ٢٠١٥ ومعالجتها باستخدام Arc Map 10.8 (GIS)

جدول (٣) مساحة الارتفاعات المتساوية في منطقة الدراسة

الصنف	المساحة/كم٢	النسبة المئوية%
٢٧٤ – ٥٠٩	143	26.78
510 – 720	132	24.72
721 – 943	118	22.10
٩٤٤ – ١٢٣٩	120	22.47
١٢٤٠ – ١٩٣٢	21	3.93
المجموع	534	100.00

المصدر: من عمل الباحثة: تم استخراج المساحات باستخدام برنامج Arc Map 10.8 (GIS)

ثالثاً: التربة: Soil

إن خصائص التربة تؤثر بنوعية الجريان السطحي فالتربة ذات النسيج الناعم والنفاذية والمسامية القليلة تقلل وتمنع التسرب المائي إلى داخلها فتزيد من الجريان السطحي، عكس التربة ذات الحبيبات الكبيرة والنسيج الخشن فتكون ذات مسامية ونفاذية عالية فهي تسمح بتغلغل المياه داخلها فتقل كمية المياه السطحية (الدليمي، ٢٠٠٥، صفحة ٨٠)، تباين خصائص التربة في حوض وادي شيو اسو لعوامل عدة منها نوع التكوين الصخري وارتفاع السطح ولون الصخور ودرجة الانحدار، فضلاً عن تأثير العوامل المناخية، إن ترب منطقة الدراسة متباينة في صفاتها وخصائصها، وطبيعة تكوينها من منطقة لأخرى، من خلال الشكل (٥) وجدول (٤) نلاحظ أن منطقة الدراسة تتكون من أربع اصناف من الترب حسب طبيعة تواجدها والنسب التي تشغلها من مساحة المنطقة وهي كالآتي:

١- تربة وعرة مشققة صخرية: Rugged, fractured rocky soil

هي ترب ذات نسيج خشن يتواجد فيها مفتتات صخرية كثيرة وتتميز بأنها سريعة التصريف للمياه لكونها جيدة التهوية، وتتكون هذه الترب نتيجة لطبيعة الأرض الجبلية المنحدرة نتيجة عمليات التعرية وذوبان الثلوج من القمم العالية، إذ شغلت مساحة واسعة (١٦٨كم٢) بنسبة (٣١.٤٦٪) وهي تغطي الجزء الشرقي من الحوض.

٢- تربة الليثوسول مع الكلس: Lithosol soil with lime

هي تربة ضحلة جداً قابلة للتعرية النهرية التي يسببها النهر والتعرية الأخدودية الناجمة عن الأمطار، كما أن التعرية تؤثر في المناطق العميقة (الحمداني، ٢٠٢٤، صفحة ١٠)، إذ شغلت مساحة (٩كم٢) بنسبة (١.٦٩٪) وهي أصغر مساحة من منطقة الدراسة.

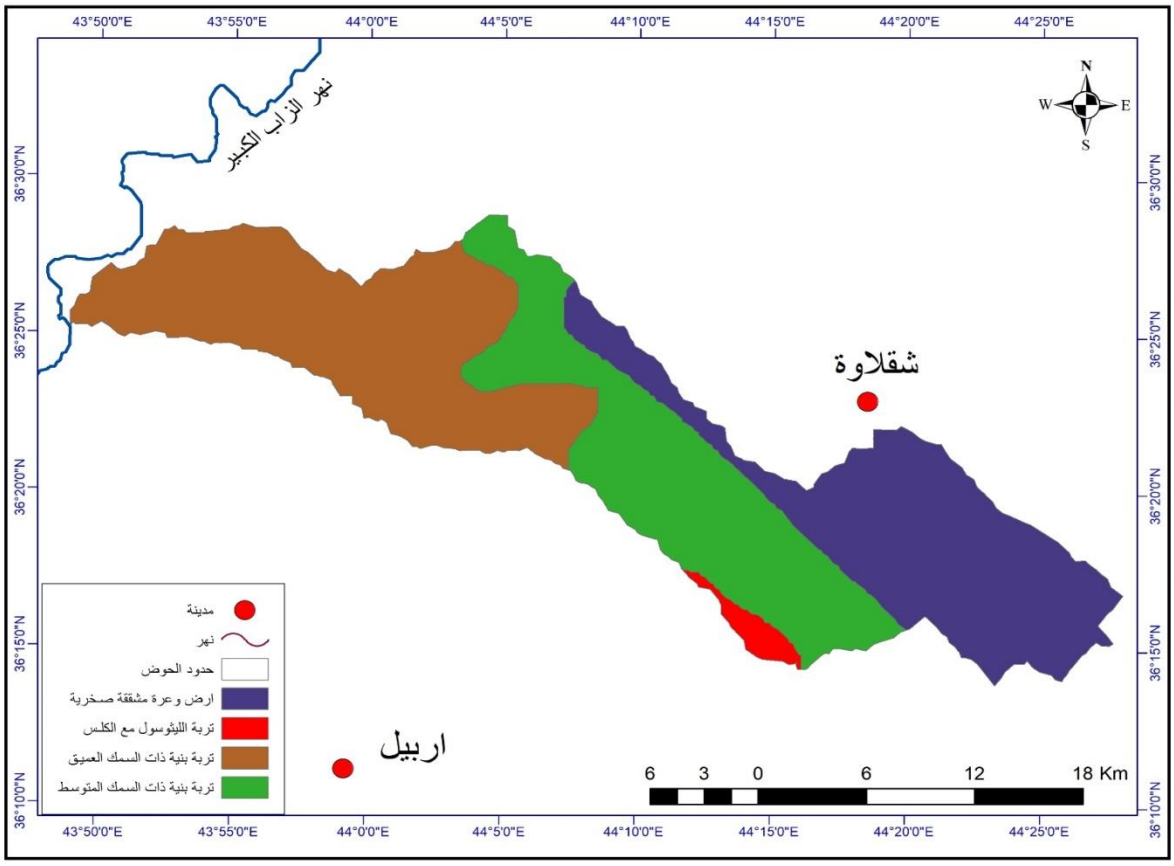
٣- تربة بنية ذات السمك العميق: Deep brown soil

تتميز هذه التربة باحتوائها على مادة الكلس كما أنها غنية بالمادة العضوية ويكون لونها بني يتدرج إلى بني رمادي بسبب تجمع مادة الكلس فيها وتكون أيضاً ذات نسيج غريني وتكون أكثر تعرض لنشاط عمليات التجوية الكيمياوية فيها (قهرمان، ١٩٩٨، صفحة ١٩٦)، تغطي هذه التربة مساحة كبيرة من منطقة الدراسة حوالي (١٩٠كم٢) بنسبة (٣٥.٧٧٪).

٤- تربة بنية ذات السمك المتوسط: Moderately deep brown soil

إن هذه التربة من نوع الترب البنية التي تتكون نتيجة التعرية الآتية من تربة الجبال العالية وفتات صخري متباين بالأحجام، وتتصف ببناء حُبيبي إلى كتلي ذات عمق متوسط تسمح بتجمع نواتج التجوية والتعرية فتملئ الوديان بترسبات سميكة وتظهر الأرض متضرسة بسبب طبيعة الصخور الموجودة فيها، تشغل مساحة واسعة بلغت (١٦٦كم٢) أي بنسبة (٣١.٠٩٪) في الجانب الغربي من منطقة الدراسة.

الشكل (٥) تربة منطقة الحوض



المصدر :

Buringh, P. Soils and Soil Conditions in Iraq. Ministry of Agriculture,Baghdad(1960).

جدول (٤) اصناف الترب ومساحتها في منطقة الدراسة

الصنف	المساحة/كم٢	النسبة المئوية%
تربة وعرة مشققة صخرية	168	31.46
تربة الليثوسول مع الكلس	9	1.69
تربة بنية ذات السمك العميق	191	35.77
تربة بنية ذات السمك المتوسط	166	31.09
المجموع	534	100.00

المصدر: من عمل الباحثة: تم استخراج المساحات باستخدام برنامج (GIS) Arc Map 10.8

المحور الثاني

الخصائص المورفومترية لحوض وادي شيو اسو

أولاً: الخصائص المساحية: Areal Characteristics

١- مساحة الحوض: Drainage Area

إن تحديد مساحة الحوض النهري تعد ذات أهمية كبيرة وذلك بسبب تأثير مساحة الحوض بشكل مباشر في حجم الجريان المائي، كما أن القيمة الفعلية للمياه الجارية ونظم جريانها تختلف من حوض مائي إلى آخر حسب مجموعة من العوامل أهمها مساحة الحوض ومنسوب أراضيه وموقعه الجغرافي وطبيعة الظروف المناخية (الحمداني، ٢٠١٧، صفحة ٩٣)، كلما كانت مساحة الحوض كبيرة ازدادت كمية الأمطار التي يستقبلها الحوض، ويؤدي ذلك لزيادة نسبة الفيضانات، وهذا يؤثر على سرعة الجريان في النهر إذ تزداد سرعة الجريان كلما زاد التصريف المائي (العكام و محمد، ٢٠١٥، صفحة ١٠٢٩)، كما أن مساحة الأحواض تزيد بزيادة نشاط التعرية المائية وترتبط هذه العملية بكميات الأمطار الساقطة والبنية الجيولوجية المختلفة في مقاومتها ما بين صخور هشة وصخور مقاومة للتعرية (عبدالمحسن، ٢٠٢٢، صفحة ٨٠)، إذ بلغ اجمالي مساحة حوض وادي شيو اسو (٥٣٤ كم٢) كما موضح في جدول (٥) تكونت هذه المساحة في أحوال مناخية رطبة وعمليات النحت المائي النشطة، ومن الممكن زيادة مساحة الحوض بمرور الزمن نتيجة الظروف المناخية السائدة.

٢- محيط الحوض: Basin Perimeter

يقصد به خط تقسيم المياه بين الحوض والأحواض الأخرى المجاورة له ويعد من المتغيرات المورفومتريّة ويستعمل لتحديد حجم وشكل الحوض المائي(Pareta & Pareta, 2011) يكشف هذا المعامل مدى اتساع الحوض التصريفي، إذ يزداد حجم الحوض وانتشاره الجغرافي وأيضاً تطوره الجيومورفولوجي، مع ازدياد طول محيطه الخارجي (الحميري، الموالي، و المعاريضي، ٢٠١٨)، بلغ محيط حوض وادي شيو اسو (١٦١ كم) ويرتبط هذا بعلاقته الطردية مع المساحة كما موضح في الجدول أدناه.

جدول (٥) مساحة وابعاد حوض وادي شيو اسو

اسم الحوض	مساحة الحوض كم٢	محيط الحوض كم	طول الحوض كم	عرض الحوض كم
شيو اسو	٥٣٤	١٦١	٦١	٩

المصدر: من عمل الباحثة: تم استخراج المساحات باستخدام برنامج Arc Map 10.8 (GIS)

٣- طول الحوض: Basin Length

هو أحد المتغيرات المورفومتريّة الهامه فمن خلاله نستطيع ايجاد الخصائص الأخرى للحوض المائي، ويمثل المسافة الممتدة بين نقطة المصب وأقصى حد تماس لمحيط الحوض، ومن خلال الجدول (٥) تبين لنا طول حوض وادي شيو اسو (٦١ كم).

٤- عرض الحوض: Basin Width

يُعد عرض الحوض التصريفي مؤشراً مورفومترياً أساسياً يُمكنّ فهم الشكل الهيدرولوجي للحوض من خلال حساب النسبة بين طوله الرئيسي ومساحته الكلية (فياض و العكام، ٢٠٢١، صفحة ١٦٦)، إذ توجد علاقة طردية بين مساحة الحوض وعرضه فكلما زاد عرض الحوض زاد الجريان السطحي، من أجل استخراج متوسط عرض الحوض تم الاعتماد على المعادلة التالية : (محسوب، ٢٠٠١، صفحة ٢٠٦)

$$\text{متوسط العرض} = \frac{\text{مساحة الحوض كم}^2}{\text{طول الحوض كم}}$$

بعد تطبيق المعادلة أعلاه تم معرفة متوسط العرض لحوض وادي شيو اسو إذ بلغ حوالي (٩ كم) فهو يتناسب طردياً مع مساحة الحوض.

ثانياً- الخصائص الشكلية: Form Characteristics

تعد واحدة من أهم خصائص الحوض النهري لأنها انعكاس للظروف الطبيعية والجيولوجية التي تؤثر في تشكيل النمط الشكلي وظهوره الخاص للحوض (حسن، ٢٠٠١، صفحة ٤)، حيث أن الشكل يتأثر بنوعية الصخور والعمليات الجيومورفولوجيّة التي تحدث بالحوض لتشكيله (فليح و الأسدي، ٢٠٢٠)، ويعد هذا دليلاً على المرحلة التي وصل لها الحوض النهري، وعند تطبيق المعادلات الرياضية تمكنا من معرفة الشكل الذي اتخذه حوض وادي شيو اسو، كما أن أشكال الأحواض المائية تقارن عادةً بالأشكال الهندسية كالشكل المستطيل أو الدائري أو المثلث ومن أبرز هذه الخصائص الشكلية للحوض النهري هي كالتالي:

١- معدل الاستطالة : Elongation Ratio

يُعبر معدل الاستطالة عن درجة الاقتراب بين مساحة الحوض التصريفي وشكله المستطيل المثالي، وقد أجمع معظم الباحثين على أنه الأدق من بين المؤشرات المورفومتريّة في تصنيف أشكال الأحواض الهيدرولوجيّة، ويرجع الشكل المستطيل لأحواض المائية إلى عوامل تكتونية التي تدل على شدة التضرس والانحدار بأن الحوض في بداية الشباب (سلامة، ٢٠٠٤، صفحة ١٧٨)، ولمعرفة نسبة الاستطالة يكون ذلك عن طريق تطبيق المعادلة المورفومتريّة فإذا كان معدل الاستطالة أصغر من واحد صحيح يكون شكل الحوض المائي أقرب إلى الشكل المستطيل، أما إذا كانت القيمة أكبر من الواحد الصحيح فسيكون الشكل أقرب إلى الشكل الدائري، وقد تم تمثيل معدل الاستطالة بالمعادلة المورفومتريّة التالية: (العذاري و الربيعي، ٢٠١٧، صفحة ٥٥٩)

$$\text{معامل الاستطالة} = \frac{\text{قطر دائرة تساوي مساحة الحوض نفسه /كم}}{\text{أقصى طول للحوض /كم}}$$

إذ تبين قيمة الاستطالة التي تم الحصول عليها من خلال تطبيق المعادلة في حوض وادي شيو اسو بلغت (٠.٤٣) مما دل ذلك على أن قرب الشكل الحوضي من الشكل المستطيل الذي يتميز بتصريف منتظم من الناحية الزمنية وبتصريف واطئ يعود إلى طول المسافة التي تقطعها المجاري المائية في الأحواض المستطيلة.

٢- معدل الاستدارة: Circularity Ratio

يدل معدل الاستدارة على مدى اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض المائي من الشكل الدائري، إن نسبة الاستدارة تتأثر بطول وتكرار التراكيب الجيولوجية للجداول المائية والمناخ والغطاء النباتي واستخدامات الأرض، وتضرس وانحدار الأرض، وتعد القيم العالية والمتوسطة والمنخفضة مؤشرات لدورة حياة الروافد في الحوض النهري بمراحله المختلفة وقد تم حساب نسبة معدل الاستدارة وفقاً للمعادلة المورفومتريّة التالية: (سلامة، ١٩٨٢، صفحة ٦)

$$\text{معدل الاستدارة} = \frac{\text{مساحة الحوض كم}^2}{\text{مساحة دائرة يساوي محيطها محيط الحوض نفسه كم}^2}$$

وتبين لنا من خلال تطبيق المعادلة أعلاه أن معدل نسبة الاستدارة لحوض وادي شيو اسو بلغت (٠.٢٦) واشارت هذه القيمة المنخفضة إلى ابتعاد شكل الحوض من الشكل الدائري، كما أنها تشير إلى تعرج خطوط تقسيم المياه المحيطة بالحوض، وعدم انتظام جريانه وهذا يدل على أن الحوض لا يزال في بداية دورته الحتية، إذ يقوم بتعميق مجراه رأسياً إضافةً إلى عملية النحت التراجعي.

٣- معامل شكل الحوض: Basin Form Factor

يشير هذا المعامل إلى درجة التناسق بين اجزاء الحوض التصريفي وانتظام شكله العام إذ يزداد التناسق مع اقتراب الناتج من الواحد الصحيح يكون شكل الحوض أكثر تناسقاً، يبين معامل شكل الحوض العلاقة بين طول الحوض وعرضه، فالقيم المنخفضة تدل على الانخفاض النسبي في مساحة إلى طول الحوض، مما يعني زيادة الطول النسبي لأحد بعدي الحوض على حساب الآخر، ويشير ذلك لعدم التنسيق بين أجزاء الحوض، مما يدل ذلك على اقتراب الحوض من الشكل المثلث، وتم استخراج معامل الشكل حسب المعادلة المورفومتريّة التالية: (راضي، ٢٠٠٣، صفحة ١٢٤)

$$\text{معامل شكل الحوض} = \frac{\text{مساحة الحوض /كم}^2}{\text{مربع طول الحوض كم}}$$

بلغت نسبة معامل الشكل في حوض وادي شيو اسو (٠.١٤) وهي قيمة منخفضة تشير إلى انحراف ملحوظ للحوض عن الشكل المتوازن والمتناسق في الشكل ويعود سبب ذلك لكثرة التعرجات المتواجدة في خطوط تقسيم المياه وهذا يدل على أن المنطقة الدراسة مازالت في مرحلة مبكرة من دورتها الحتية.

٤- معامل الانبعاج: Elongation Ratio

إن هذا المعامل يُعبر عن العلاقة بين مربع طول الحوض التصريفي إلى أربع أمثال مساحته، كما أنه يختلف عن المعاملات السابقة لأنه يدل على تشابه شكل الحوض المائي والشكل الكمثري، لأن احواض التصريف ذات الشكل المتناسق لا تميل بالشبه للشكل الدائري بل تميل للشكل الكمثري، وإن قيم معامل الانبعاج المرتفعة تشير للزيادة في استطالة الحوض المائي وإن عمليات النحت الرأسي تسوده أكثر من النحت الجانبي، فيما تدل القيم المنخفضة على زيادة انبعاج الحوض مما يؤدي لزيادة اطوال المجاري المائية واعدادها مع وجود عمليات النحت الرأسي والجانبي (ناجي و الوارفي، ٢٠٢٢، صفحة ٢٩٨)، إذا كانت النتيجة أقل من رقم ٢ يدل على أن شكل الحوض غير منبعج، أما إذا كانت أكثر يكون شكل حوض التصريف منبعج وقد تم حساب معامل انبعاج الحوض وفق المعادلة المورفومتريّة التالية: (الدليمي، ٢٠١٧، صفحة ٨٧)

$$\text{معامل الانبعاج} = \frac{\text{مربع طول الحوض}}{4 \times (\text{مساحة الحوض})}$$

من خلال بتطبيق المعادلة أعلاه تبين لنا قيمة معامل الانبعاج لحوض وادي شيو اسو وهي (١.٧٤) وهذه النسبة تعني زيادة طول محيط الحوض على حساب مساحته ويعود السبب في ذلك لشدة تعرجه مما يؤدي لعدم انتظامه، ويدل ذلك أن الحوض يبتعد عن الشكل المنبعج ويقترب من الشكل المستطيل، وهذا يوضح بأن الحوض في بداية دورته التحاتية.

٥- معامل الاندماج: Compaction Factor

يشير هذا المعامل إلى مدى تناسق وتجانس شكل محيط الحوض ومساحته الكلية، ودرجة تعرج خطوط تقسيم المياه وانتظامها، تبين مدى تطور مرحلة الحوض الجيومورفولوجيّة، إن القيم المرتفعة في عامل الاندماج تشير إلى ارتفاع التعرجات في محيط الحوض وشكله غير المتناسق، أما القيم المنخفضة توضح المراحل المتقدمة التي قطعها الحوض في دورته التحاتية يتم حساب معامل الاندماج بالمعادلة المورفومتريّة التالية: (الشامخ و المبروك، ٢٠٢٢، صفحة ٢٣٧)

$$\text{معامل الاندماج} = \sqrt{\frac{1}{\text{نسبة تماسك المساحة}}}$$

عند تطبيق المعادلة كانت نسبة تماسك المحيط لحوض وادي شيو اسو ما يقارب (١.١١)، وتعد قيمة مرتفعة ودل ذلك على عدم التناسق بين محيط الحوض ومساحته وهذا يعني أن الحوض مستمر بعمليات الحت، مما أدى ذلك لاقتراب الحوض من الشكل المستطيل.

٦- نسبة طول الحوض/عرضه: Basin Length-to-Width Ratio

تُظهر هذه النسبة درجة اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض التصريفي عن الشكل المستطيل، فإذا كانت القيم مرتفعة يعني اقتراب الحوض من الشكل المستطيل وابتعاده عن الشكل الدائري، أما في حال انخفاض القيم يشير ذلك لتناسق الحوض، وقد تبينت نسبة الطول/ العرض لحوض وادي شيو اسو وفق المعادلة المورفومتريّة التالية: (محسوب، ٢٠٠١، صفحة ٢٠٨)

$$\text{نسبة الطول /العرض} = \frac{\text{طول الحوض كم}}{\text{عرض الحوض كم}}$$

من خلال تطبيق المعادلة أعلاه تبين أن نسبة الطول إلى العرض (٦.٧٨) إن هذه النسبة مرتفعة وهذا يعني أن شكل الحوض يميل إلى الشكل المستطيل أكثر من الدائري.

جدول (٦) المعاملات المورفومتريّة لحوض وادي شيو اسو

اسم الحوض	معدل الاستطالة	معدل الاستدارة	معامل الشكل	معامل الانبعاج	معامل الاندماج	نسبة الطول إلى العرض
شيو اسو	٠.٤٣	٠.٢٦	٠.١٤	١.٧٤	١.١١	٦.٧٨

المصدر: من عمل الباحثة: تم استخراج المساحات باستخدام برنامج Arc Map 10.8 (GIS)

ثالثاً: الخصائص التضاريسية: Relief Characteristics

تساهم الخصائص التضاريسية في كشف مقدار ما يلقيه الضوء على عملية الحت النهري للأحواض المائية ونشاط عمليات التعرية وقوتها، فهي تساعد على فهم الدورة الحتية للحوض المائي، كما أنها تدل على المراحل الجيومورفية التي يبلغها حوض التصريف (يحيى و آل حسين، ٢٠١٩، صفحة ٢٩)، وتبرز أهمية الخصائص التضاريسية في انعكاسها لأثر الصخور وخصائصها البنيوية والاختلافات الليثولوجيّة في حوض الوادي وعلاقتها بشبكة التصريف المائية إضافة إلى خصائصها الشكلية والمساحية من خلال معرفة كميات التصريف المائي للحوض (الدليمي، ٢٠١٢، الصفحات ٣٥-٥٥)، وهناك عدة طرق لمعرفة الخصائص التي سنتطرق لها في دراستنا لحوض وادي شيو اسو هي ((معدل التضرس، التضاريس النسبية، وقيمة الوعورة، والهبسومتري)).

١- معدل التضرس: Relief Ratio

يُشكل معدل التضرس من الخصائص الطبوغرافيّة الرئيسية التي يركز عليها علماء الجيومورفولوجيا، لما له أهمية في تكوين أشكال جيومورفولوجيّة مختلفة مثل المراوح الغرينية والأراضي الرديئة، نظراً لدوره الحاسم في تشكيل الوحدات الجيومورفولوجيّة المتنوعة مثل المراوح الغرينية والأراضي الطمية المنخفضة، فضلاً عن أهميته في استكشاف التركيب الطبوغرافي للحوض النهري، ويحسب من خلال قسمة الفرق الارتفاعي بين أعلى وأدنى نقطة في الحوض على طوله الرئيسي، مما يُبرز تأثيره على ديناميكيات المجرى المائي وقابليته لعمليات الحت والترسيب (مهدي، ٢٠٠٠، صفحة ٧٤)، تم استخراج معدل التضرس لحوض وادي شيو اسو وفق المعادلة المورفومتريّة التالية: (شريف، ٢٠٠٠، صفحة ١٨٧)

$$\text{معدل التضرس} = \frac{\text{الفرق بين أعلى وأدنى نقطة في الحوض /م}}{\text{طول الحوض /كم}}$$

تبين لنا من خلال تحليل جدول (٧) أن حوض وادي شيو اسو قد سجل (٢٧.١٨) إذ إن هذه النسبة تعد قليلة الانحدار وضعيفة المقاومة لعملية الحت ويرجع ذلك لطبيعة الصخور في منطقة الدراسة.

جدول (٧) الخصائص التضاريسية لحوض وادي شيو اسو

اسم الحوض	ادنى نقطة (م)	أعلى نقطة (م)	تضاريس الحوض	معدل التضرس م/كم	التضاريس النسبية م/كم	قيمة الوعورة	التكامل الهبسومتري
شيو اسو	٢٧٤	١٩٣٢	١٦٥٨	٢٧.١٨	١٠.٣٠	١.١٤	٠.٣٢

المصدر: من عمل الباحثة: تم استخراج المساحات باستخدام برنامج Arc Map 10.8 (GIS)

٢- التضاريس النسبية: Relative Relief

هي أحد المقاييس التي من خلالها يتم معرفة العلاقة بين قيمة التضاريس النسبية للحوض ومقدار محيط الحوض، إذ إن هذا العامل يتأثر بالعديد من المتغيرات المورفومتريّة للحوض، ومنها كثافة الصرف والخصائص الهيدرولوجية (Oguchi & Lin,, 2004, p. 63)، كما أن القيم المنخفضة للتضاريس النسبية تدل على نشاط عمليات التعرية وضعف درجة مقاومة الصخور في الحوض، في حين أن القيم المرتفعة تشير لمقاومة الصخور وضعف عمليات التعرية، فهناك علاقة عكسية بين درجة مقاومة الصخور والتضاريس النسبية عند تشابه الأحوال المناخية (الدليمي، ٢٠١١، صفحة ٢١١)، ويتم قياس قيمة التضاريس النسبية وفق المعادلة التالية: (Schumm, 1956)

$$\text{التضاريس النسبية} = \frac{\text{التضرس الكلي /م}}{\text{محيط الحوض /كم}} \times 100$$

وبتطبيق المعادلة أعلاه تبين لنا قيمة التضاريس النسبية لحوض وادي شيو اسو والتي بلغت (١٠.٣٠) هي قيمة مرتفعة نسبياً ودل هذا على مقاومة الصخور وضعف عمليات التعرية في الحوض.

٣- قيمة الوعورة: Ruggedness Value

تدل على العلاقة بين تضاريس حوض التصريف وكثافة الصرف، كما أن ارتفاع قيمة الوعورة إلى شدة التضرس وزيادة الكثافة التصريفية وهي تشير على تقدم الحوض في دورته الحتية، وبالتالي تتزايد قيمتها تدريجياً حتى تصل إلى ذروتها في بداية مرحلة النضج، ثم تنخفض تدريجياً مع نهاية دورتها التحاتية، ويتم قياس درجة الوعورة وفق المعادلة التالية (الخالدي، ٢٠١٨، صفحة ٣٠٧):

$$\text{قيمة الوعورة} = \frac{\text{التضرس الكلي / م} \times \text{كثافة التصريف كم /كم}^2}{\text{محيط الحوض /كم}}$$

إذ صنفت قيم الوعورة إذا كانت تقل عن (١) تكون قيمة منخفضة، أما إذا تراوحت بين (١-٢) تعتبر متوسطة، في حال كانت القيمة أكبر من ٢ تكون عالية ومن خلال تطبيق المعادلة على حوض وادي شيو آسو تبين لنا من خلال الجدول (٧) إن قيمة الوعورة (١.١٤) تعتبر وعورة متوسطة تميل إلى الارتفاع ويشير ذلك أن تضرس حوض الوادي ذو انحدار متوسط وهذا يدل على أنه لا يزال في بداية دورته التحاتية.

٤- التكامل الهبسومتري: Hypsometric Integral

يوضح التكامل الهبسومتري المرحلة الجيومورفولوجيّة التي وصل إليها حوض التصريف، كما أنه يستعمل لتحديد المدة الزمنية التي قطعها الحوض في دورته الحتية، إذا كانت القيم من (٠.٨ فأكثر) تكون مرتفعة دل ذلك أن حوض النهر في مرحلة الشباب، أما إذا كانت القيم بين (٠.٤-٠.٦) يكون في مرحلة النضج، وتصل

القيم إلى (٠.١٢٥) في مرحلة الشيخوخة، وتدل القيم المرتفعة على تقدم عمر الحوض، أما القيم المنخفضة فتشير إلى شدة تضرس الحوض، وتستخرج قيم التكامل الهبسومتري من المعادلة التالية: (الدليمي، ٢٠١٧)

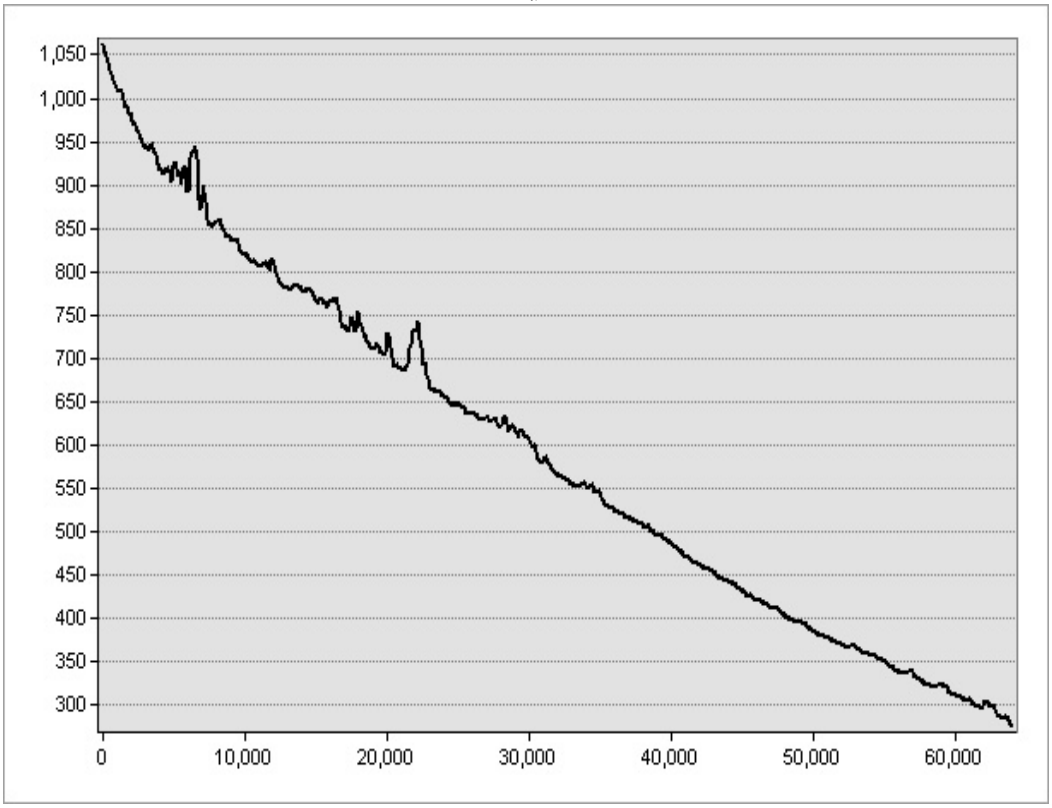
$$\text{التكامل الهبسومتري} = \frac{\text{مساحة الحوض /كم}^2}{\text{تضرس الحوض /م}}$$

تبين من تطبيق المعادلة إن التكامل الهبسومتري في حوض وادي شيو آسو بلغ (٠.٣٢) كما موضح في جدول (٧) وهذا يتفق مع النتائج السابقة للخصائص التضاريسية للحوض أنه في مرحلة الشباب.

٥- القطاع الطولي: Longitudinal Section

يوضح المقطع الممتد من بداية الحوض إلى المصب على امتداد طوله، يبين شكل منحنى السطح الذي نشأ عليه المجرى ويتم رسمه بخط بياني لاحظ شكل (٦) يبلغ أعلى ارتفاع القطاع الطولي لحوض وادي شيو اسو(١.٠٥٠) م، بينما يُسجل أدنى ارتفاع له عند (٣٠٠) م، يظهر في الشكل قوس متعرج منحني غير منتظم، حيث يبين التقعر والتعرج والتحدب، ودل ذلك على نشاط الجزء الأعلى من الوادي.

شكل (٦) القطاع الطولي لحوض وادي شيو اسو

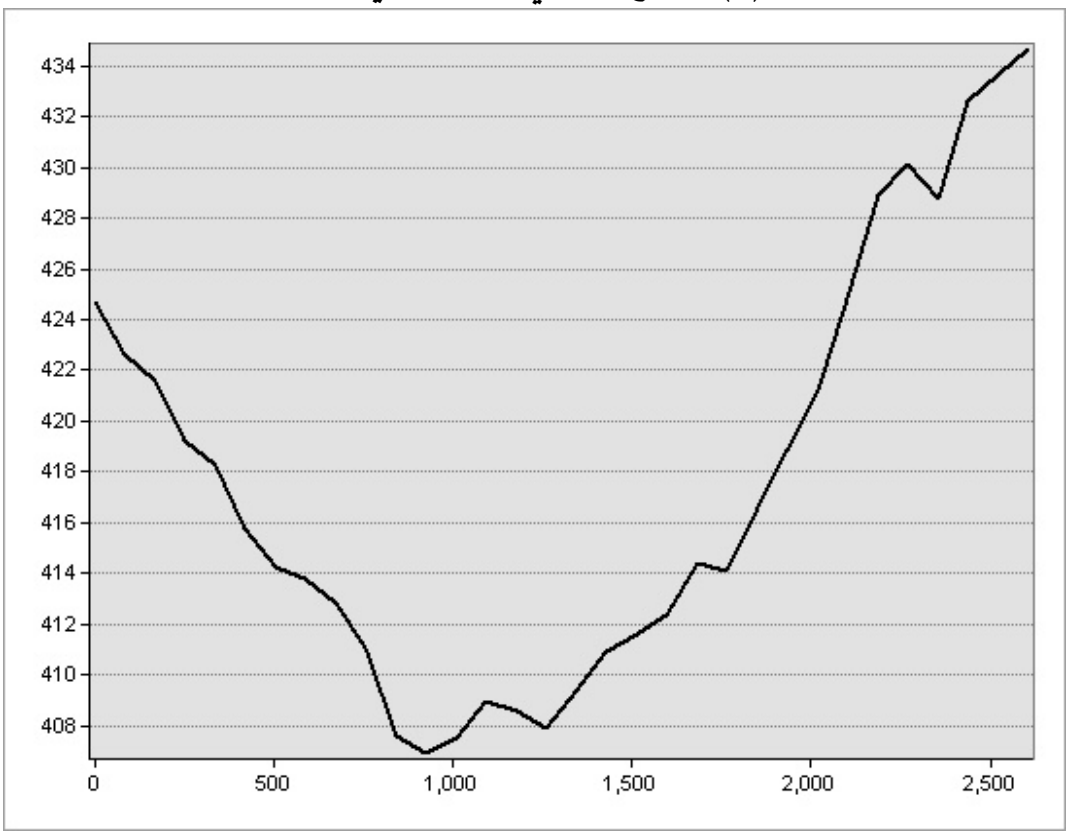


المصدر: من عمل الباحثة، بالاعتماد على نموذج التضرس الرقمي (DEM) بدقة ٣٠ متر مربع لسنة ٢٠١٥ وتمت المعالجة باستخدام برنامج Arc Map 10.8 (GIS)

٦- القطاع العرضي: Cross Section

إن القطاع العرضي فهو يؤدي نفس الغرض الذي يؤديه القطاع الطولي وهو بيان مرحلة الحت النهري، فمن المعروف لكل مرحلة من مراحل النهر لها مظاهر جيومورفولوجيّة مرتبطة بها، تعتمد بنشأتها على طاقة النهر ومقدرته على الحت والترسيب، بالإضافة إلى نوع الصخور، ودرجة الانحدار، وطبيعة المناخ السائد، ومن خلال الاطلاع على شكل (٧) نلاحظ إن أكثر عمق للوادي بلغ (٤٠٨) م، وهذا يعني أن هذه المنطقة تعرضت للتعرية أكثر من غيرها.

شكل (٧) القطاع العرضي لحوض وادي شيو اسو



المصدر: من عمل الباحثة: بالاعتماد على نموذج التضرس الرقمي (DEM) بدقة ٣٠ متر مربع لسنة ٢٠١٥ ومعالجتها باستخدام برنامج Arc Map 10.8 (GIS)

المحور الثالث

خصائص شبكة الصرف لحوض وادي شيو اسو

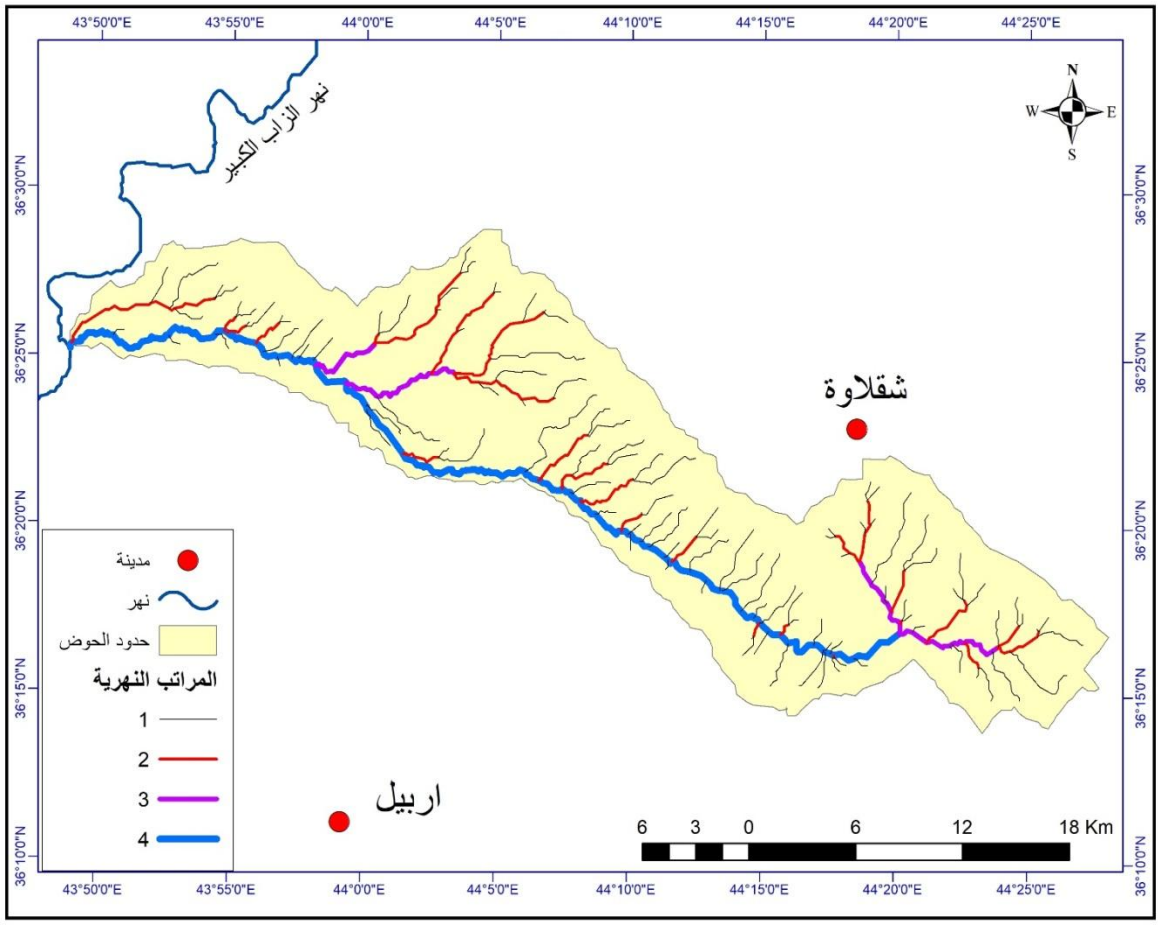
أولاً: المراتب النهرية: Strem Orders

يقصد بها التدرج الرقمي لروافد النهر التي تتكون منها الشبكة المائية التي تجري داخل الحوض، ومعرفة مقدار الحت والترسيب للحد من تأثيرهما في استعمالات الأرض المختلفة للحوض الوادي، فضلاً عن خصائص شبكة الصرف المائي للحوض ويتم ذلك بدراسة العلاقة بين مراتب الوديان النهرية ومنطقة تصريفها عن طريق تقسيم شبكة التصريف النهري لأقسام حسب المراتب النهرية التي يتكون منها النهر، وتحديد درجة التطور الجيومورفولوجي للحوض (الحمداني، ٢٠١٧، صفحة ١١٤)، وفق ذلك تم تصنيف حوض وادي شيو اسو من المرتبة الرابعة من خلال النظر للشكل (٨) وجدول (٨) نلاحظ أن شبكة تصريفه تكونت من (١٤٠) مجرى، فكانت حصة المرتبة الأولى (١١٢) واد والمرتبة الثانية (٢٥) واد بينما بلغ عدد وديان المرتبة الثالثة (٢) أما المرتبة السادسة فبلغ عدد وديانها (١) وادٍ واحدٍ، مما بين لنا العلاقة العكسية بين الرتب النهرية وأعدادها، إذ تتناقص أعداد المجاري المائية كلما ازدادت مرتبتها، وهذا دل على مرحلة تطور حوض الوادي.

ثانياً: أطوال المجاري: Stream Length

سجل مجموع أطوال مجاري الشبكة التصريفية في حوض وادي شيو اسو (٣٦٧كم) إذ إن أطوالها تباينت حسب المراتب النهرية فهناك علاقة عكسية بين الرتب النهرية وأطوالها، فإذا كانت الرتب النهرية قليلة تكون ذات أطوال مجارية عالية، سجلت المرتبة الأولى أطوال المجاري الشبكة المائية فيها (٢٠٤كم)، في حين وصل مجموع أطوال مجاري الشبكة المائية في المرتبة الثانية (٧٨كم)، أما المرتبة الثالثة بلغ أطوال المجاري الشبكة المائية فيها (٢٤كم)، وأخيراً سجلت أطوال المجاري في المرتبة الرابعة (٦١كم) كما موضح في جدول (٨).

الشكل (٨) المراتب النهرية لحوض وادي شيو اسو



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج التضرس الرقمي **(DEM)** بدقة ٣٠ متر مربع لسنة ٢٠١٥ وتمت المعالجة باستخدام برنامج Arc Map 10.8 (GIS)

جدول (٨) خصائص الشبكة النهرية لحوض وادي شيو اسو

المرتبة	عدد الاودية	طول الاودية كم	نسبة التشعب
1	١١٢	204	–
2	٢٥	78	٤.٥
3	٢	24	١٢.٥
4	١	61	٢.٠
المجموع	١٤٠	367	٦.٣

المصدر: عمل الباحثة تم استخراج المساحات باستخدام برنامج Arc Map 10.8 (GIS)

ثالثاً: نسبة التشعب: Bifurcation Ratio

تُصنف كأحد المقاييس المورفومتريّة الجوهرية في توضيح عدد المجاري المائية في كل مرتبتين متتاليتين وتتحكم في معدل التصريف إذ انه كلما زادت نسبة التشعب زاد خطر الفيضان، تتحكم نسبة الشعب في كمية تصريف المياه من خلال علاقتها المباشرة بينها وبين التصريف والوقت، اي انه يرتفع زمن وصول المياه لنقطة مصب الحوض كلما ارتفعت نسبة التشعب فيه (العجيلي، ٢٠١٤، صفحة ٤١٣)، يتم حساب نسبة التشعب في حوض وادي شيو اسو وفق المعادلة التالية: (Strahler, 1957, p. 621)

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

بعد تطبيق المعادلة أعلاه تبين لنا اختلاف قيم نسبة التشعب في المراتب النهرية لحوض وادي شيو اسو كما موضح في جدول (٨)، إذ بلغت نسبة التشعب في المرتبة الثانية (٤.٥) وهي نسبة متماثلة وفق مقياس معدل التصريف الذي وضع نسبته (Strahler) والتي يجب أن تكون بين (٣-٥) للأحواض التي تكون فيها الأشكال الأرضية والظروف المناخية متماثلة، أما المرتبة الثالثة ارتفعت فيها نسبة التشعب وصلت إلى (١٢.٥)، فيما بلغت النسبة في المرتبة الرابعة (٢.٠) وهي نسبة منخفضة عن مستوى التماثل، أما المرتبة الأولى فكانت نسبة التشعب معدومة فيها، دل هذا على تباين التكوينات الصخرية في حوض وادي شيو اسو ويعود ذلك لانخفاض نسبة التشعب في مرتبة وارتفاعها في المراتب الأخرى.

رابعاً: كثافة الصرف Drainage Density

تعد كثافة الصرف من المؤشرات الضرورية والمهمة التي تبين لنا عمليات التعرية وشدة تقطع وتمزق الحوض وذلك بسبب وجود علاقة بين الجريان السطحي ودرجة نفاذية الصخور وتسرب التربة، وهي أيضاً انعكاس للخصائص الليثولوجيّة ونظام بيئة الحوض، فضلاً عن الظروف المناخية والغطاء النباتي، فزيادة كثافة الصرف تعني زيادة كمية المياه الجارية في حوض الصرف فالتدفق في مساحات ذات التصريف العالي يتقطع ويزداد من مكان لأخر ويعود ذلك لطبيعة رواسب الحوض وغزارة المطر وانحدار السطح واتساع المجرى وتأثير الغطاء النباتي الذي يعيق عملية التدفق (العذاري و الربيعي، ٢٠١٧، صفحة ٥٧٠) تقسم كثافة الصرف إلى نوعين:

١- كثافة الصرف الطولية: Drainage Density Longitudinal

وتعني النسبة بين مجموع اطوال المجاري في حوض الصرف ويكون لها دور في عملية الحت النهري والترسيب، يتم استخراجها وفق المعادلة التالية: (السامرائي، ٢٠٠٠، صفحة ٨٤)

$$\text{كثافة الصرف الطولية} = \frac{\text{مجموع أطوال المجاري (كم)}}{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}}$$

تكشف لنا تطبيق المعادلة أن كثافة الصرف الطولية لحوض وادي سيو اسو بلغت (٥.٤٠ كم/كم٢) انظر جدول (٩) وهي كثافة منخفضة حسب تصنيف (Strahler, 1964) والذي صنف قيم الكثافة التصريفية لثلاث فئات هي: (إذا كانت أقل من ١٢ تكون منخفضة، وإذا تراوحت بين ١٢-١٦ تكون متوسطة، أما إذا كانت أكبر من ١٦ فهي مرتفعة)، يعود سبب انخفاض الكثافة الطولية التصريفية في منطقة الدراسة لكبر مساحة الحوض مما ادى إلى علاقة عكسية بينه وبين كثافته الطولية، مما دل ذلك على أن النهر لا يزال في مرحلة الشباب فيكون مجراه عميق على حساب زيادة أطواله فضلاً عن انحدار المنطقة لم يكن في خدمة أطوال المجاري وفقاً للظروف الليثولوجيّة في حوض الوادي.

٢- كثافة الصرف العددية: Numerical Drainage Density

هي التكرار النهري أو النسبة بين مجموع عدد المجاري في الحوض على المساحة الحوضية، يمكن استخراجها من المعادلة الآتية: (الحمداني، ٢٠١٧، صفحة ١٢٠)

$$\text{كثافة الصرف العددية} = \frac{\text{مجموع عدد مجاري الحوض}}{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}} \times 100$$

سجلت كثافة الصرف العددية لحوض وادي شيو اسو (٢.٠٦) وهي تعد قيمة منخفضة كما موضح بالجدول(٩) نسبةً إلى مساحة الحوض الكلية والتي تبلغ (٥٣٤) كم٢ وهذا يعني أن كثافة الصرف تؤثر على الجريان السطحي لأن انخفاض الكثافة للمجاري المائية تقلل من الجريان السطحي

وتزيد من مدة التباطؤ، كما أنها تتأثر بتغير مراحل تطور شبكة الصرف فترتفع كثافة اعداد المجاري أو تنخفض باختلاف المواسم.

جدول(٩) كثافة الصرف لحوض وادي شيو اسو

اسم الحوض	عدد الأودية	طول الاودية	كثافة الصرف الطولية كم/كم٢	كثافة الصرف العددية واد/كم٢
شيو اسو	١٤٠	367	٥.٤٠	٢.٠٦

المصدر: عمل الباحثة تم استخراج المساحات باستخدام برنامج (GIS) Arc Map 10.8

الخاتمة

في ختام هذه الدراسة التي تناولت التحليل المورفومتري لحوض وادي شيو اسو وعلاقته بخصائص الجريان السطحي، تم التوصل إلى مجموعة من الاستنتاجات الهامة، لقد أثبتت الدراسة فعالية توظيف تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ونماذج الارتفاع الرقمي (DEM) كأدوات دقيقة في استخلاص الخصائص الطبيعية للحوض، كما أظهرت النتائج أن الخصائص المورفومتريّة للحوض والمتمثلة في شكله الذي يميل إلى الاستطالة وكثافة شبكة تصريفه المنخفضة، تلعب دوراً محورياً في تحديد استجابته الهيدرولوجية، وتشير هذه المؤشرات إلى أن الحوض يتسم باستجابة بطيئة نسبياً للعواصف المطرية، مما يمنح وقتاً أطول لتجمع المياه ويقلل من خطر تشكل ذروات فيضانية حادة ومفاجئة، وتؤكد هذه الدراسة على أن التحليل المورفومتري ليس مجرد وصف لشكل الحوض، بل هو مدخل أساسي لفهم العمليات الهيدرولوجية والتنبؤ بسلوك الجريان السطحي وبناءً على هذه النتائج تفتح الدراسة آفاقاً واعدة للاستثمار التنموي المستدام في المنطقة، بدءً من إدارة الموارد المائية وصولاً إلى التنمية الزراعية والبيئية وهو ما سيتم تفصيله في التوصيات اللاحقة.

الاستنتاجات:

في ضوء الأهداف التي سعت هذه الدراسة إلى تحقيقها، والمتمثلة في تحليل الخصائص المورفومتريّة لحوض وادي شيو اسو بمحافظة أربيل شمال العراق وتحديد علاقتها بالجريان السطحي تم التوصل إلى مجموعة من الاستنتاجات التالية:

١- **التباين المكاني للخصائص الطبيعية:** أظهرت تحليلات منطقة الدراسة أن العوامل الطبيعية المتنوعة بما في ذلك الظروف الجيولوجية والمناخية، قد أفرزت تبايناً مكانياً واضحاً في المتغيرات البيئية الرئيسية مثل درجات الانحدار، وخصائص التربة، مما يؤثر بشكل مباشر على الاستجابة الهيدرولوجية للحوض.

٢- **الدور الحاسم للتكوينات الجيولوجيّة:** تبين أن للتكوينات الصخرية ذات المقاومة العالية للحت والتعرية تأثيراً مهيمناً على تشكيل الخصائص المورفومتريّة للحوض، مما يؤكد على أن البنية الجيولوجية هي أحد المحددات الأساسية لمورفولوجيا الشبكة المائية.

٣- **فعالية التقنيات الجيومكانية:** أثبتت الدراسة كفاءة عالية لتكامل تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS) في التحليل الهيدرولوجي المورفومتري، حيث برزت هذه التقنيات كأدوات فعالة لإنتاج خرائط موضوعية متخصصة، مدعومة بقدرات متقدمة في المعالجة الرقمية للبيانات والتمثيل الكارتوغرافي الدقيق.

٤- **تأسيس قاعدة بيانات مورفومتريّة:** تم بنجاح بناء قاعدة بيانات جغرافية رقمية (Geodatabase) للخصائص المورفومتريّة للحوض، وذلك بالاعتماد على تحليل بيانات نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة مكانية تبلغ ٣٠ متراً مما يوفر أساساً كمياً موثوقاً للتحليلات المستقبلية.

٥- **تظافر العوامل المؤثرة على الجريان:** كشفت الدراسة أن الخصائص المورفومتريّة وأنماط الجريان السطحي في الحوض ليست نتاج عامل منفرد، بل هي محصلة لتفاعل معقد ومتكامل بين البنية الجيولوجية والسمات الطبوغرافية للسطح والعناصر المناخية السائدة.

٦- **المرحلة التطورية للحوض:** تشير المؤشرات المورفومتريّة المستخلصة للحوض إلى أنه يتميز بخصائص تضاريسية غير متجانسة وأنه يمر حالياً بمرحلة الشباب (Youthful Stage) من دورة التعرية النهرية والتي تتسم بعدم وصول المجرى المائي إلى حالة التوازن الديناميكي.

٧- **كفاءة استخلاص القياسات:** برهن تطبيق منهجيات نظم المعلومات الجغرافية على قدرته الفائقة في استخلاص وتحليل مجموعة من القياسات المورفومتريّة (المساحية، الشكلية، والتضاريسية) وخصائص شبكة التصريف المائي للحوض بدرجة عالية من الدقة والموضوعية وفي وقت قياسي.

التوصيات:

استناداً إلى النتائج التي المُستخلصة، تقدم الدراسة توصيات عملية وعلمية مُقترحة لدعم التنمية المستدامة في حوض وادي شيو اسو، وتتضمن مايلي:

١- **تفعيل التقنيات الجغرافيّة الحديثة:** يُوصى بتبني برامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) كأداة أساسية في إجراء التحليلات المورفومتريّة الدقيقة لأحواض التصريف النهري، لما توفره كفاءة عالية في معالجة البيانات المكانية وتحليلها.

٢- **تنمية الموارد المائية:** نظراً للتباين في الخصائص الجيولوجيّة ومعدلات التسرب والجريان السطحي، يُقترح إنشاء سدود كونكريتية تخزينية، تهدف هذه السدود إلى حصاد مياه الأمطار والسيول، مما يعزز من تغذية الخزانات الجوفية ويوفر مصدراً مائياً إضافياً.

٣- **الاستثمار في الموارد الرسوبية:** من الضروري إجراء دراسات تفصيلية لتقدير حجم ونوعية الرواسب التي ينقلها الوادي خلال مواسم الفيضانات، يتطلب ذلك تنفيذ مسوحات حقلية وتحاليل مخبرية بهدف تقييم إمكانية استثمار هذه الرواسب في مختلف التطبيقات الصناعية.

٤- **الرصد الهيدرولوجي:** يُوصى بإنشاء محطة رصد هيدرولوجيّة متكاملة في الحوض، بهدف جمع بيانات دقيقة ومستمرة عن كميات الجريان السطحي، خاصة خلال فترات الفيضانات المتكررة، مما يسهم في بناء نماذج تنبؤية وإدارة مخاطر السيول.

٥- **الدراسات الهيدرولوجيّة المتقدمة:** يتطلب التخطيط لإنشاء بُنى تحتية مائية (كسدود التخزين) إجراء دراسات هيدرولوجيّة معمقة لتحديد المواقع المثلى التي تتضمن الكفاءة التشغيلية والاستدامة البيئية لهذه المنشآت.

٦- **التنمية الزراعية المستدامة:** يقترح استثمار المناطق ذات التربة العميقة والخصبة، خاصة على السفوح في النشاط الزراعي، يمكن للمناخ البارد في المنطقة أن يدعم زراعة محاصيل نقدية معينة، مما يعزز الاقتصاد.

٧- **تطوير السياحة البيئية:** تتمتع المنطقة بمقومات سياحية فريدة، تشمل الغطاء النباتي، والمناظر الطبيعية الجبلية، ونقاء المياه والهدوء، لذا يُوصى بوضع خطة لتطوير السياحة البيئية والمستدامة التي تحافظ على هذه الموارد الطبيعية وتستثمرها بشكل مسؤول.

المصادر

١. أحمد عبد الستار العذاري، و حسين كاظم عبد الحسين الربيعي. (٢٠١٧). مورفومترية حوض مركة سور في محافظة أربيل. *المؤتمر العلمي الدولي العاشر. المجلد الأول.* واسط: مجلة كلية التربية عدد خاص بوقائع المؤتمر.

٢. أزاد جلال شريف. (٢٠٠٠). هيدرومورفومترية حوض نهر الخابور. *مجلة الجمعية الجغرافية العراقية.*

٣. اسحاق صالح العكام، و مروه عبد السلام محمد. (٢٠١٥). النظام الهيدرولوجي لنهر دجلة في بغداد. *كلية التربية للبنات*، ٤ (٢٦).

٤. اسحاق صالح مهدي. (٢٠٠٠). جيومورفولوجية السهول المروحية بين مندلي وبدره،شمال العراق،رسالة ماجستير(غير منشورة). كلية الآداب،جامعة بغداد.

٥. تحسين عبدالرحيم عزيز السامرائي. (٢٠٠٠). هايدرومورفومترية حوض نهر راوندوز وإحتياجاته المائية رسالة ماجستير(غير منشورة). أربيل، العراق: كلية الأداب جامعة صلاح الدين.

٦. حسن رمضان سلامة. (١٩٨٢). الخصائص الشكلية ودلالاتها الجيومورفولوجية. *نشرة دورية تصدر عن قسم الجغرافية بجامعة الكويت.*

٧. حسن رمضان سلامة. (٢٠٠٤). *أصول الجيومورفولوجيا.* عمان: دار المسيرة للنشر والتوزيع.

٨. حكمت عبد العزيز حمد الحسيني. (٢٠٠٠). جيومورفولوجية جبل بيرمام وأحواضه النهرية مع تطبيقاتها(رسالة ماجستير غير منشورة). أربيل، قسم الجغرافية/ كلية الآداب: جامعة صلاح الدين.

٩. خلف حسين علي الدليمي. (٢٠٠٥). *التضاريس الأرضية دراسة جيومورفولوجية عملية تطبيقية* (المجلد ١). عمان، الأردن: دار صفاء للنشر والتوزيع.

١٠. خلف حسين علي الدليمي. (٢٠١١). *الجيومورفولوجيا التطبيقية، علم أشكال سطح الأرض التطبيقي* (المجلد الأولى). عمان، الأردن: الأهلية للنشر والتوزيع.

١١. خلف حسين علي الدليمي. (٢٠١٢). *علم شكل الأرض التطبيقي ((الجيومورفولوجيا التطبيقية))* (المجلد ١). عمان، الأردن: دار صفاء للنشر والتوزيع.

١٢. خلف حسين علي الدليمي. (٢٠١٧). *الأنهار دراسة جيوهيدرومورفومترية تطبيقية* (المجلد الأولى). عمان، عمان: دار صفاء للنشروالتوزيع.

١٣. رشا أحمد سرحان الحمداني. (٢٠١٧). حوض وادي باستورة شمالي العراق دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير(غير منشورة). كلية التربية للبنات جامعة الأنبار.

١٤. رشا أحمد سرحان الحمداني. (٢٠٢٤). مخاطر التعرية الاخدودية في حوض وادي الزرجي في محافظة أربيل. *الدراسات المستدامة*، ٢ (٦)، الصفحات ١٠٤٦-١٠٦١.

١٥. زينب مالك عبدالمحسن. (٢٠٢٢). تقييم الخصائص المورفومترية والسيلية لحوض هجيرة في محافظة السليمانية رسالة ماجستير (غير منشورة). كلية ابن رشد للعلوم الإنسانية، جامعة بغداد.

١٦. عادل محمود ناجي، و محمد عبده الوارفي. (٢٠٢٢). التحليل المورفومتري لحوض التصريف السطحي لمدينة إب ومدلولاتها الهيدرولوجية باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. *المجلة الأفريقية للدراسات المتقدمة في العلوم الإنسانية والاجتماعية*(٣).

١٧. عبد الرحمن عبد الكريم يحيى، و اسعد أحمد مقداد آل حسين. (٢٠١٩). الخصائص المورفومترية لحوض وادي كويسنجق-أربيل باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. *المجلة العراقية الوطنية لعلوم الأرض*، ١٩ (٢).

١٨. عبدالله صبار عبود العجيلي. (٢٠١٤). التحليل المورفومتري لحوض وادي الغانمي. *كلية الآداب*(١١٠).

١٩. عماد الدين عمر حسن. (٢٠٠١). دراسة هايدروجيومورفومترية حوضي ميراوة وشقلاوة (أربيل كردستان العراق). *جامعة دهوك*.

٢٠. فتحي عبد العزيز أبو راضي. (٢٠٠٣). *الأصول العام في الجيومورفولوجيا*. الإسكندرية: دار المعرفة الجامعية.

٢١. ليلى محمد قهرمان. (١٩٩٨). التوزيع الجغرافي للترب في محافظة أربيل. أربيل: مجلة زانكو للعلوم الإنسانية العدد الخاص بوقائع المؤتمر العلمي الثالث لجامعة صلاح الدين.

٢٢. محمد صبري محسوب. (٢٠٠١). *جيومورفولوجية الأشكال الأضية*. القاهرة: دار الفكر العربي للطباعة والنشر.

٢٣. محمد عباس جابر الحميري، طارق الموالي، و حسين جوبان المعاريضي. (٢٠١٨). خرائط الخصائص المورفومترية المساحية والشكلية لأحواض وديان شرق نهر دجلة بين نهري الجباب والسويب باستخدام تقنيتي الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية. *ميسان للدراسات الأكاديمية*، ٣٣.

٢٤. نعيمة موسى الشامخ، و الصيد ضو المبروك. (٢٠٢٢). دراسة الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي الأثل باستخدام نظم المعلومات الجغرافية ونموذج الارتفاعات الرقمية. *القرطاس*(١٧).

٢٥.نيران محمود سلمان الخالدي. (٢٠١٨). حوض وادي جومان في أربيل دراسة مورفومترية. *المستنصرية للدراسات العربية والدولية*(٥٥)، الصفحات ٢٨٨-٣٢٧.

٢٦.هاشم ياسين حمد أمين الحداد. (٢٠٠٠). اطلس الموارد الطبيعية لمحافظة أربيل وإدارة الأرض فيها للأغراض الزراعية، دراسة كارتوغرافية-جغرافية-ج١(رسالة ماجستير). أربيل، كلية الآداب: جامعة صلاح الدين.

٢٧.هبة محمد فياض، و اسحاق صالح العكام. (٢٠٢١). الخصائص المورفوتكتونية لحوض وادي إزيانة. *الدراسات التربوية والعلمية، العدد الثامن عشر*.

٢٨.هيام نعمان فليح، و الأسدي. (٢٠٢٠). تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي كاني منمم باستخدام التقانات الجغرافية الحديثة. *بحوث الشرق الأوسط*، ٥٦(الجزء ٢).

٢٩.وزارة الصناعة والمعادن، الهيئة العامة للمسح الجيولوجي والتحري المعدني، خريطة العراق الجيولوجية، مقياس ١:٢٥٠٠٠٠ لسنة ٢٠٠٠.

٣٠.وزارة الموارد المائية، الهيئة العامة للمساحة، خريطة العراق الادارية، مقياس ١:١٠٠٠٠٠٠، لسنة ٢٠٢٢.

1. Ghafor A.H. (2009). Rock mass engineering of the proposed Basara dom siteSulaimani Kurdistan NE-Iraq,thesis of doctor,. Iraq: University of Sulaimani.
2. Oguchi, T., & Lin,, Z. (2004). *Drainage density, slope angle, and relative basin position in Japanese bare lands from high-resolution DEMs, Geomorphology.*
3. Pareta, K., & Pareta, U. (2011). Quantitative Morphometric Analysis of a Watershed of Yamuna Basin, India using ASTER (DEM) Data and GIS. *International Journal of Geomatics and Geosciences, 1*, pp. 248-269.
4. Schumm, S. A. (1956). Evolution of Drainage Systems and Siopes in Badlands at perth Amboy, New Jersey,. *Bulletin of Geological Society of America, 5*, pp. 597-646.
5. Sissakian, V., & Yukhana, R. Y. (1979). *Report on Regional geological mapping of Erbil-Shaqlawa-Koisanjak-Raidar Area,.* Erbil: GEOSURV,.
6. Strahler, A. N. (1957). *Quantitative Analysis of watershed Geomorphology transactions, American Geophysical Union* (38 ed., Vol. 6).
7. Strahler, A. N. (1964). *Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks,* (11 ed.). (e. V. T. Chow, Ed.) New Yourk