



التحليل الهيدرومورفومترى لحوض وادي سماقولي، شمالي شرقي العراق

كاروان سردار حسين الداودي^{1*} ، عبدالسلام مهدي صالح الجبوري²

^{2,1}قسم علوم الأرض التطبيقية، كلية العلوم، جامعة تكريت، تكريت، العراق.

الملخص	معلومات الارشفة
إن جانباً من جوانب أهمية هذا البحث هو في كونه يوفر معلومات شاملة وبيانات متكاملة عن الجيولوجيا والهيدرومورفومترية ويركز بشكل خاص على مواضيع عدة منها كيفية الاستفادة من الامطار الموسمية واستغلالها بأفضل شكل لصالح في خزان سد سماقولي. وقد اكتشف أن للحوض خصائص الهيدرومورفومترية ومنها خصائص الشبكة المائية، والخصائص التصريفية، والخصائص المساحية، والخصائص الشكلية، والخصائص التضاريسية، ونمط التصريف، كما وقد اكتشف أن الحوض المائي من الرتبة السادسة اعتماداً على طريقة (Strahler). شكل ونمط مستطيل. وكذلك تم استخدام نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بدقة وضوح (1414x1414) متراً والذي هو مساحة البكسل الواحدة في التحليل الهيدرومورفومترى لخزان سد سماقولي، كأساس من أساسيات في التحليل الجيولوجي والهيدرومورفومترى للخزان شمالي شرقي العراق.	تاريخ الاستلام: 24- سبتمبر- 2024 تاريخ المراجعة: 25- أكتوبر- 2024 تاريخ القبول: 28- نوفمبر- 2024 تاريخ النشر الالكتروني: 01- يناير- 2026
	الكلمات المفتاحية: سماقولي، الهيدرومورفومترى، التحليل الجيولوجي، الشبكة المائية، الخصائص التضاريسية،
	المراسلة: الاسم: كاروان سردار حسين الداودي Email: kkarwan328@gmail.com

DOI: [10.33899/injes.v26i1.60207](https://doi.org/10.33899/injes.v26i1.60207), ©Authors, 2026, College of Science, University of Mosul.
This is an open-access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Hydromorphometric Analysis of Smaquli Basin, North-Eastern Iraq

Karwan Sardar Hussien^{1*}, Abdulsalam Mehdi Altarif² 

^{1,2} Department of Applied Geology, College of Science, University of Tikrit, Tikrit, Iraq.

Article information

Received: 24- Sep-2024

Revised: 25- Oct-2024

Accepted: 28- Nov-2024

Available online: 01- Jan- 2026

Keywords:

Smaquli,
Hydromorphometric,
Geological analysis,
Characteristics,
Water network,

Correspondence:

Name: Karwan Sardar Hussien

Email: kkarwan328@gmail.com

ABSTRACT

One aspect of the importance of this research is that it provides comprehensive information and integrated data on geology and hydromorphometry, and focuses in particular on several topics, including how to benefit from seasonal rains and exploit them in the best way to supply the Smaquli Dam reservoir. It is discovered that the basin has hydromorphometric characteristics, including the characteristics of the water network, drainage characteristics, areal characteristics, formal characteristics, topographic characteristics, and drainage pattern. It was also discovered that the water basin is of the sixth order based on the (Strahler) method, the drainage shape, and a rectangular pattern. Based on the Strahler method, it is also a digital elevation model (DEM) with a resolution of (x1414) meters, which is the area of one pixel, is used in the hydromorphometric analysis of the Smaquli Dam reservoir as a basis for geological and hydromorphometric analysis of the reservoir in northeastern Iraq.

DOI: [10.33899/injes.v26i1.60207](https://doi.org/10.33899/injes.v26i1.60207), ©Authors, 2026, College of Science, University of Mosul.
This is an open-access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

المقدمة

تعد الدراسات الهيدرومorfومترية تعد احدى الاتجاهات الحديثة في دراسة الاحواض النهرية، وتعنى بذلك التحليل الكمي (العدي) لخصائص شكل الارض وايجاد العلاقات الرياضية التي تربط بين الطبوغرافية وشبكات التصريف المائي (Morisawa, 1985)، دراسة الاحواض المائية و ايجاد خصائصها اهمية في الدراسات الهيدرولوجية والجيومورفولوجية، لما لها من دلالات هيدرولوجية معينة مثل خصائص الصرف المائي وهيدرولوجية القنوات والمجارى المائية ولodieتها، اذ تعبر عن العلاقات بين عوامل وعمليات الحت والترسيب والظواهر الارضية المرتبطة بها والنائمة عنها (Al-Sahhaf, 1998 and Musa, 1998)، الظواهر الارضية للأحواض المائية والعمليات المكونة لها تكون معقدة ومتعددة غالباً، الا انه يمكن معالجتها وتحليلها عن طريق مجموعة من القوانين التي كانت تعتمد سابقاً على الدراسات الوصفية في تحليل صفاتها والتي وضع اساسياتها العالم (Horton, 1945) والتي قام بتطويرها بعد ذلك العالم (Strahler, 1957)، والذي اعتمد فيها الاسلوب الرياضي والكمي في دراسة الاحواض المائية وشبكات تصريفها وعلاقتها بين اعداد الروافد واطوالها ومساحات احواضها وانحدارها.

اذ تم في هذه الدراسة ايجاد الخصائص الهيدرومorfومترية لحزان سد سماقولي بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية للمنطقة (DEM) (Digital Elevation Model) وكانت دقة (مساحة البكسل الواحدة) بمقدار (14×14) متر باستخدام برنامج Arc GIS (Arc Map 10.4)، وتوظيف وربط نقاط وتأثيرات هذه الخصائص المتمثلة بالخصائص المساحية، والتضاريسية، والشكالية، والتصريفية.

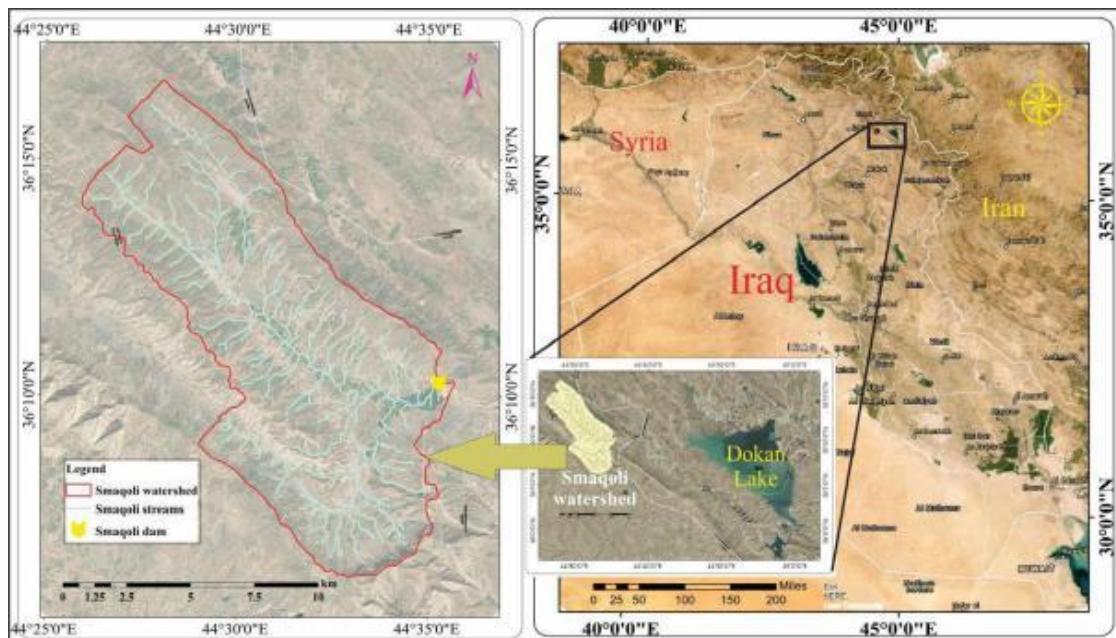
موقع منطقة الدراسة

وتقع المنطقة في قرية سماقولي Smackoli في محافظة السليمانية شمالي شرقى العراق وتحصر بين خطى طول (35° 17.67' 36° 10' 11.37') الى (35° 19.15' 44° 10' 10.52') شمالاً) ودائرة عرض (36° 35' الى 36° 36' شمالاً)

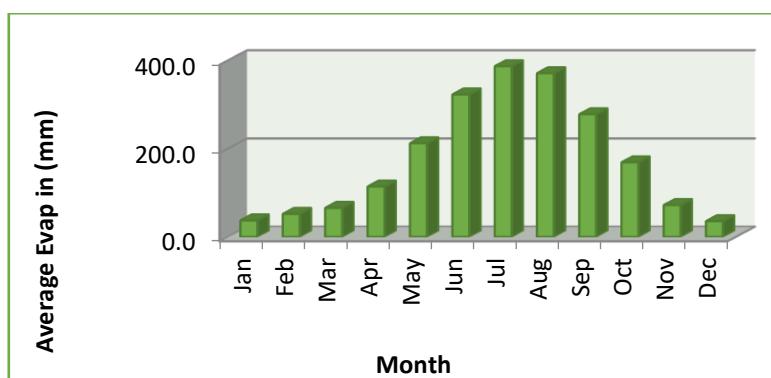
44° شرقاً (الشكل 1). ويتأثر مقدار التبخر في موقع الدراسة بالإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة ومساحة المنطقة المعرضة للتبخر والطاقة المخزونة تحت السطح فضلاً عن سرعة الرياح التي تؤدي إلى زيادة نسبة التبخر (Al-Hussein, 2014).

للحظ من الشكل (2) ان اعلى قيمة لمعدل التبخر الشهري للفترة من (2014-2023) كانت في شهر تموز (Jul.) حيث بلغت (386.9 mm) ، بينما تكون اقل قيمة لمعدل التبخر الشهري في شهر كانون الثاني (Dec.) إذ بلغت (35.8 mm)، وكما موضح في الجدول (1).

ان المعدل السنوي للتبخر للفترة (2014-2023) بلغت قيمته (mm 2118.6).



الشكل 1. خارطة موقعة لمنطقة الدراسة ضمن نطاق الحوض.



الشكل 2. يبين المعدل الشهري للتبخر للفترة (2023-2014).

الجدول 1: يبين المعدل الشهري لنقيمة التبخر للفترة (2023-2014).

Months	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.
Av.	37.6	52.3	65.9	114.2	212.4	322.9	386.9	371.1	278.1	169.1	72.3	35.8

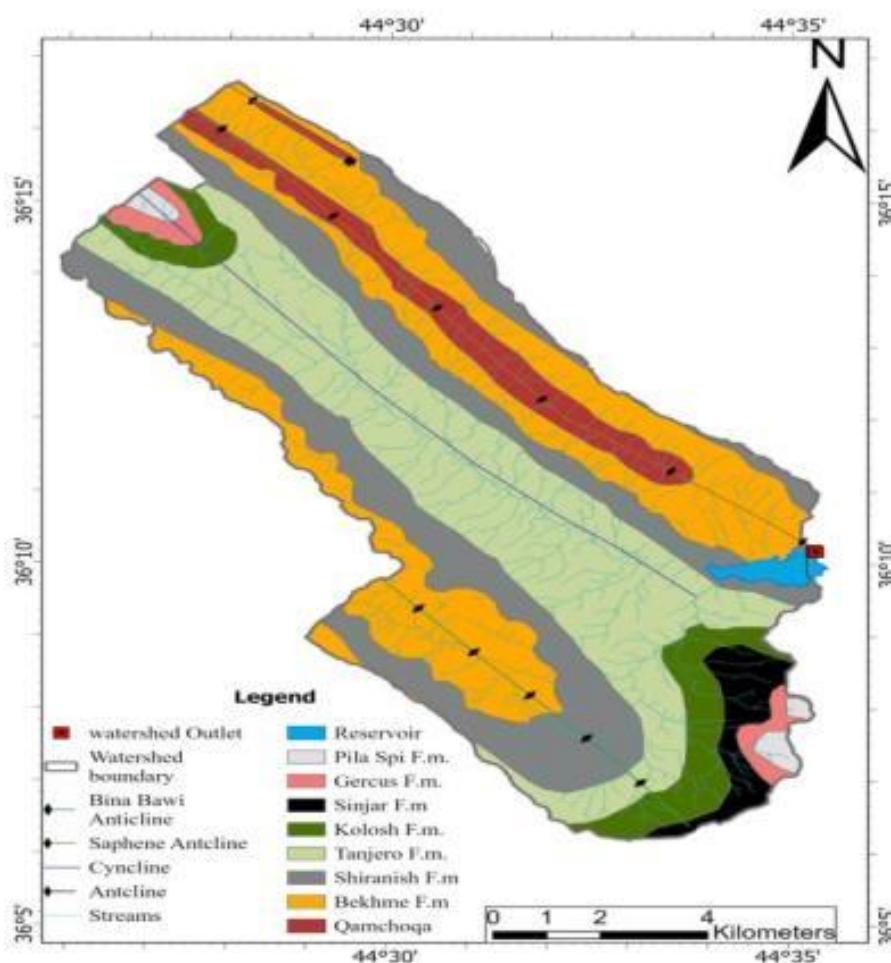
جيولوجية منطقة الدراسة:

تكتشف في المنطقة الدراسة عدة تكوينات جيولوجية هذه التكوينات من الأقدم إلى الأحدث، من أهم ما تتناوله هذه الدراسة هي (الطباقية) لأن المنكشفات تربط بالموضوع قيد الدراسة كمصدر للرسوبيات لذلك كل عنصر طباقى وكل منكشف لكل تكوين يختلف بتوليد الرسوبيات الطباقية. وأن لكل تكوين لأن الاستجابة فيها تختلف في مسألة تهيئه

الرسوبيات المنقولة من منكشف إلى آخر، وبالتالي أصبحت التكوينات المنكشفة بالخوض هي الأساس في كمية ونوعية الترببات المنقولة بالخزان ومن أهم هذا التكوينات (تكوين قموجقة، تكوين بخمة، تكوين شرانش، تكوين تانجورو، تكوين كولوش، تكوين سنجار، تكوين جركس، تكوين بيلاسي).

تعد طية سفين (Safeen) واحدة من مجموعة من الطيات المحدبة ذات المحاور المتوازية تقريباً والممتدة باتجاه (شمال - غرب - جنوب شرق) والمنفصلة عن بعضها بتراتكيب م-curved ضيقة نسبياً كما في الشكل (3)، وهي تقع في نطاق الطيات العالية High Folded Zone ضمن الرصيف غير المستقر Unstable Shelf من العراق (Buday, 1980). يبلغ ارتفاع الطية سفين حوالي (1500 متر) وتمتاز طية سفين بوجود الحاجز الصخري Ridges والوديان. طية سفين المحدبة هي طية ثنائية الغطس Double plunging، ومحورها يمتد باتجاه (W N 45°) وهي أيضاً غير متاظرة حيث جناحها الجنوبي الغربي هو الأشد ميلاً (25-90°) وأحياناً مقلوب Overturned في حين أن جناحها الشمالي الشرقي أقل ميلاً (20 - 60 °) (Sissakian and Youkhana, 1979).

تعد طية باني باوة (Bina Bawi) هذه واحدة من مجموعة من الطيات المحدبة ذات المحاور المتوازية تقريباً والممتدة باتجاه (شمال غرب - جنوب شرق) والمنفصلة عن بعضها بتراتكيب م-curved ضيقة نسبياً، وهي تقع في نطاق الطيات العالية High Folded Zone ضمن الرصيف غير المستقر Unstable Shelf من العراق (Buday, 1980). وتمتاز طية باني باوة بوجود الحاجز الصخري Ridges والوديان. طية باني باوة المحدبة هي طية ثنائية الغطس Double Asymmetrical plunging، وهي أيضاً غير متاظرة (Sissakian and Youkhana, 1979).



الشكل 3. خارطة جيولوجية موضح عليه حدود الخزان وتكتونيات جيولوجية.

طرائق العمل

يتضمن هذا الجانب إعداد المعلومات المتوفرة لمنطقة الدراسة من دراسات السابقة وتقارير وخراطط (جيولوجية وتكتونية وطبوغرافية وهيدرولوجية) بالإضافة إلى المعلومات الهيدروجيولوجية والجيولوجية كما هو موضح أدناه:

1. خريطة جيولوجية للعراق صادرة عن الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين بمقاييس رسم (1:100000) وضعه (Sissakian et al., 2020).
2. التقارير والمعلومات الصادرة عن وزارة الموارد المائية في إقليم كردستان.
3. نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة (14*14) م لمنطقة الدراسة.

تمت عملية اشتغال الحوض المائي لمنطقة الدراسة (Catchment area) باستخدام مجموعة برمجيات واستخراج الخصائص المورفومترية له، وإشتغال الشبكة المائية للحوض المائي حيث تم تحديد رتبة الحوض وعدد وطول وديان كل رتبة ونسبة تشعبها، وايجاد مساحة الحوض ومحيطه وعرضه وطوله، وأيضا طول الوادي المثالي وال حقيقي وارتفاع أعلى و أوسط نقطة ضمن الحوض المائي بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، ثم اعتمدت هذه المعلومات في حساب الخصائص الهيدروموري لحوض المائي، وتم جدولة هذه النتائج، وتتلخص خطوات منهجية التحليل المورفومترية (Badawi and Abbood, 2024) بالنقاط التالية:

1. يتم العمل على برنامج (Global Mapper 13) وقد راقبنا المرئية الرادارية من خلال البرنامج، وتبعاً للاستدعاء تم تصحيح مسقط المرئية وفق المسقط التربيري (UTM)، وقد تم بعد ذلك تصدير المرئية إلى امتداد (Elevation Grid Format) ويتم اختيار نوع وصيغة الملف (DEM) من النافذة المنبثقة.

2. ما ذكرناه آنفاً هو الملف الذي يطلب به برنامج (ArcGIS 10.4) لاستخراج الحوض المائي وحساب المميزات والخصائص المورفومترية.

3. يتطلب منا بعد ذلك إضافة المرئية المصدرة في الخطوة السابقة لبرنامج (ArcGIS 10.4) وذلك بواسطة الأمر  (Add) وبالتالي تظهر المرئية باللون الأسود.

4. نذهب إلى (Table of Contents) ثم نقوم بالضغط على اسم المرئية ونختار (Data) ثم اختيار (Export) فقط نافذة جديدة هي (Export Raster) ثم من الخيار (Format) ونقوم لاختيار صيغة (GRID) بعد ذلك نقوم بكتابة الاسم المناسب والمعين للمرئية المخرجة الجديدة.

5. نختار صندوق (Spatial Analyst Tools) في برنامج (Arc Toolbox) وبالتالي يفتح لنا الأمر  (Toolbox) والأداة (Fill) وأنذاك تظهر لنا نافذة تضاف فيها المرئية الجديدة من الخطوة التي ذكرناها ونعطي لها اسم جديد، وبهذه الخطوة تصبح هناك طبقة جديدة ثالثة.

6. نختار صندوق (Spatial Analyst Tools) في برنامج (Arc Toolbox)، ثم يفتح الأمر  (Toolbox)، وبعد ذلك تظهر لنا نافذة نضيف فيها الطبقة الأخيرة المنتجة حسب الخطوات السابقة وثم نضغط على خيار ok، فتظهر لنا طبقة جديدة تحتوي على نقاط ملونة غير مفهومة إلا أن الطبقة الأهم لأن من خلالها يتم اخراج جميع الوديان ضمن المرئية.

7. نختار صندوق (Spatial Analyst Tools) ونفتح الأمر (Hydrology) بعد ذلك نختار الأداة (Flow Accumulation) فتظهر لنا نافذة نرى فيها الطبقة الأخيرة التي انتجت وفق الخطوات السابقة، وحينها ستظهر المرئية الجديدة بشكل خطوط بيضاء في ارضية سوداء، ويستخرج من خلالها شكل الوديان وشكل المجرى ونمط اتصال الوديان.

8. نطلب من برنامج (ArcGIS 10.4) ان يخرج الخطوط البيضاء المتواجدة في الصورة السابقة ونستطيع ان نجعل البرنامج أكثر تحسناً وذلك بأن يخرج لنا أكثر مما هو معروض في الصورة من خلال صندوق (3D Analyst Tools) نفتح اداة (Raster Reclassify) ونختار اداة (Raster Order) فيظهر البرنامج لنا طبقة جديدة.
9. نختار صندوق (Spatial Analyst Tools) ونفتح الامر (Hydrology) بعد ذلك نختار اداة (Stream Order) فيظهر البرنامج لنا نافذة نضع فيها الطبقة الأخيرة المنتجة وفق الخطوات السابقة، وبذلك يتم انتاج طبقة الرتب المائية.
10. نحو الطبقة المنتجة وفق الخطوات السابقة إلى (Features) ومن النوع الخطي (Polyline) بواسطة صندوق (3D Analyst Tools) نفتح الأمر (Convert) ثم الأداة (Raster to Features) ونحدد نضع نوع الإخراج (Vector) وبالتالي نحصل على الشبكة الهيدرولوجية في المنطقة التي اجرينا دراستها عليها بشكل (Polyline).
11. نضيف الموقع النفطي للمنطقة التي نريد ايجاد الحوض المائي لها، وبذلك عن طريق ذهابنا الى (Editor) و (Snapping) ونفعل طبقة الا (Shapefile) النفطي من الأمر (Edit Sketch)، ثم يتوجب علينا الذهاب الى المنطقة التي استخرجناها في الخطوات السابقة، وبعد ذلك نختار (Categories) ثم (Symbology) ثم (Add all value) ثم (Grid Code).
12. يتوجب علينا ان نجد الحوض المائي عن طريق الصندوق (Hydrology) ونفتح (Spatial Analyst Tools) ثم نختار الأداة (Watershed) فيظهر البرنامج لنا نافذة نضع فيها الموقع النفطي المنتج وفق الخطوات السابقة ويتم وضع الطبقة المنتجة في الخطوة التاسعة فنحصل على الحوض المائي للمنطقة التي اجرينا عليها الدراسة بصيغة (Raster).
13. نحو صيغة الحوض المائي من (Raster) الى (Polygon) فنختار من صندوق (Conversion Tools) الامر (From Raster) وبعدها نختار الاداة (Raster to Polygon) وبالتالي تظهر لنا نافذة نضيف لها الطبقة المستخرجة وفق الخطوات السابقة.
14. نستخرج الحوض المائي الى منطقة الدراسة مع حدوده من هذه الطبقة وشروط الاستقلال بوحدة ونفتح من صندوق (Analyst Tools) الامر (Extract) ثم نختار الاداة (Clip) فيظهر البرنامج لنا نافذة جديدة نضع فيها الطبقة المنتجة وفق الخطوات السابقة، وبذلك تكون قد أكملنا عملية الاستtraction للحوض المائي ولشبكته (Catchment area) للمنطقة التي اجرينا عليها الدراسة.
15. حينها تصبح عندنا قاعدة بيانات للشبكة المائية والتي تحتوي على متغيرات عديدة، ونلاحظ ان رتب الشبكة المائية (GRID_CODE) قد تكرر وتجميئها او توحيدتها نجري لها عملية احلال (Generalization) ثم اختيار الاداة فالصندوق (Dissolve) نفتحه بـ (Data Management Tools) ونختار (Dissolve) فيظهر النظام لنا نافذة نضع فيها الخطوات المطبقة والتي ذكرناها آنفًا، ونؤشر على حقل (GRID_CODE) فيظهر النظام لنا رتب الشبكة المائية في قالب موحد ومجمع.
16. يتم استخراج الخصائص المورفومترية بواسطة قوانين معينة ونعتمد على الشبكة المائية وقاعدة بياناتها.

النتائج والمناقشة

استخدمت تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في اشتقاء شبكة التصريف من نموذج الارتفاعات الرقمية، واجراء التحليل الهيدروموري لحوض سماقولي، ووُجد أن نمط التصريف المتشابك هو السائد. ووصلت رتب الوديان التي تم اشتقاءها إلى الدرجة السادسة. تشير قيم الكثافة التصريفية إلى النسيج الناعم وهناك العديد من الخصائص العددية والتصريفية والمورفولوجية والمكانية والطوبوغرافية التي تقلل من تصريف المياه في الأودية وتقلل من سرعة الجريان السطحي، كما تسبب انخفاض من نشاط التعرية مثل انخفاض الصرف، وقلة استقامته الأودية، وقلة عددها، وانخفاض

الكثافة النسبية، وزيادة طول الحوض على حساب العرض، وتكون سرعة الجريان عالية في المنابع المياه ومن ثم تتخفض مع قلة الانحدار اثناء تحركها نحو المصب في خزان سد سماقولي.

بينت الخصائص الهيدروموريومترية ان سد سماقولي يمكنه توفير كمية كبيرة من المياه للاستخدامات المختلفة، وفي المناطق العليا يكون التدفق سريعاً ويمكن ان يحمل كمية كبيرة من الرواسب الى الخزان بوجود تكوينات ذات صخارة فتاتية تغطي مساحات كبيرة من الحوض المتمثلة بتكوني تانجيزرو وسيرانش، ويتمتع الحوض بقدرته العالية على الاحفاظ بالمياه، مما يستلزم الحذر من السكان قرب السد لتجنب الكوارث من الموجات الفيضانية، بالإضافة الى ذلك فإن منطقة نشطة تكتونية.

خصائص الشبكة المائية

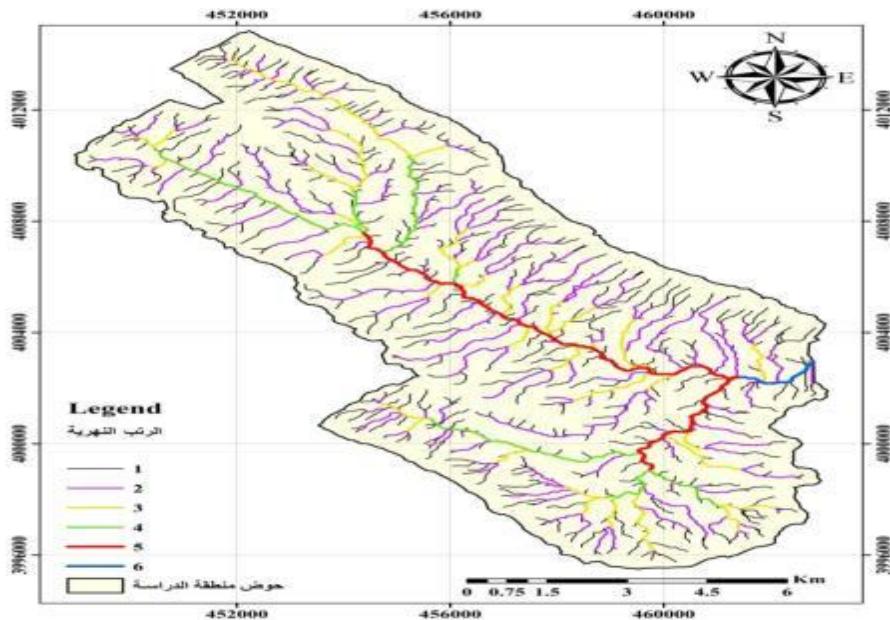
شبكة التصريف المائية في اي منطقة هي انعكاس للمكونات البيئية لها والمتمثلة بالعوامل الجيولوجية والتضاريسية والمناخية (Al-Ani, 2010). تم اشتقاء الحوض المائي واستحصل البيانات الهيدروموريومترية له، وايجاد مساحته، حدوده، ارتفاع أعلى وأدنى نقطة فيه من نموذج الارتفاعات الرقمية للمنطقة (DEM) (Digital Elevation Model)، اذ اشتقت الشبكة المائية للحوض واتضح ان الحوض المائي من الرتبة السادسة للرتب المائية بالاعتماد على طريقة (Strahler) وتكون الرتبة الثانية عند إلقاء رافدين من الرتبة الثالثة، وبالتالي تتشكل الرتبة الخامسة عندما يلتقي رافدين من الرتبة الرابعة، بينما الرتبة السادسة فت تكون عند إلقاء رافدين من الرتبة الخامسة، وبهذا الشكل تستمر العملية الى ان يصل المجرى الرئيسي لأعلى رتبة (Strahler, 1957) كما في الشكل (4). تم استخراج اعداد الوديان واطوالها لكل رتبة مائية من قواعد البيانات المستحصلة من نموذج الارتفاعات الرقمية للمنطقة (DEM) (Digital Elevation Model) بوضوحية (14×14) متر (مساحة البكسل الواحدة) باستخدام برنامج (Arc Map) في نظام (Arc GIS 10.4) للحوض المائي ودرجها مع قيم الرتب المائية في الجدول (2). تعد نسبة التشعب من العوامل المهمة التي تتحكم في معدل التصريف السطحي، ويقصد بها النسبة بين عدد المجاري المائية في رتبة مائية ما إلى عدد المجاري في الرتبة التي تعلوها (Al-Babawati, 1995). كما في المعادلة التالية:

$$\text{نسبة التشعب} = (\text{عدد مجاري رتبة ما} / \text{عدد مجاري الرتبة التي تعلوها})$$

كما تم استخراج الطول الحقيقي والمثالي والعرض للحوض، وأعتمدت هذه المعلومات العددية والمساحية والطولية لحساب الخواص الهيدروموريومترية للحوض.

الجدول 2: الرتب النهرية وخصائص شبكة الاودية النهرية المحسوبة لخزان سد سماقولي.

الرتبة	المجموع	عدد الوديان	طول الوديان كم	نسبة التشعب
1 st		649	203.5	4.80
2 nd		135	127.9	3.97
3 rd		34	45.5	4.85
4 rd		7	21.0	3.5
5 rd		2	15.4	2
6 rd		1	1.8	-
	828	415.4		



الشكل 4. الشبكة المائية لحوض سد سماولي ورتبتها بالاعتماد على المرئية الرادارية باستخدام برنامج Arc GIS 10.4.

خصائص الشبكة التصريفية

1- الكثافة التصريفية السطحية: هي عبارة عن معيار لقابلية الوديان على نقل الساقط المطري باتجاه المصب، فكلما ازدادت الكثافة كلما زاد تصريفها السطحي، ويلاحظ انها تزداد عادة في المناطق التي تمتاز بتساقط الأمطار فيها بغزاره والتي تمتاز تربتها او صخريتها السطحية بالنفاذية الواطنة (Al-Jubouri, 2009). يتم استخراج قيمتها بقسمة مجموع اطوال وديان الشبكة المائية لجميع الرتب على مساحة الكلية الحوض المائي حسب (Horton, 1945) على وفق المعادلة الآتية:

$$\text{الكثافة التصريفية} = \frac{\text{مجموع اطوال وديان الحوض (كم)}}{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}}.$$

بلغت قيمة الكثافة التصريفية للحوض المائي ($3.29 \text{ كم}/\text{كم}^2$) كما موضح في الجدول (3)، وهي كثافة تصريف منخفضة حسب تصنيف (Strahler, 1957)، وبالتالي فإن هذه القيمة ينعكس تأثيرها على الخزان المائي ، اذ ان عملية نقل الساقط المطري تكون بطيئة لحين تجمع المياه امام جسم السد، وتقل فرصه تطوير المجاري المائية في اعلى الحوض وزيادة مساحتها.

2- معامل الانعطاف: يمثل نسبة الطول الحقيقي للوادي المائي الرئيسي الى الطول المثالي له (أقصر مسافة بين المنبع والمصب)، ويعد ذا اهمية في معرفة قدرة المجرى المائي على الإزاحة والتحرك جانبيا وتقدير انعطافات المجرى المائي، اذ ان معامل الانعطاف يعكس المشاكل التي تسببها الانعطافات النهرية (Schumm, 1956)، ويمكن حسابه على وفق المعادلة التالية:-

$$\text{معامل الانعطاف} = \frac{\text{طول الوادي الحقيقي (كم)}}{\text{طول الوادي المثالي المستقيم (كم)}}$$

إن ارتفاع نسبة معامل الانعطاف يفسر زيادة الالتواءات وتعقد الوضع الهيدروجيولوجي على جانبي المنعطف وبالتالي زيادة التبخّر والتريش في مجـرى الـوادي، وتحـدث التـعرـية على أحـدى الجـهـتين والـترـسيـب على الجـهـةـ الأخرىـ، اـذ بلـغـتـ قـيـمـةـ معـاـلـمـ اـنـعـطـافـ الـحـوـضـ المـائـيـ (1.20) وـحـسـبـ تـصـنـيفـ (Schumm, 1956) ، فـانـ هـذـهـ قـيـمـةـ تمـثـلـ اـسـقـامـ عـالـيـةـ وـتـوـحـيـ إلىـ قـلـةـ الـاـنـحـاءـ وـزـيـادـةـ سـرـعـةـ الـجـرـيـانـ وـوـصـولـ الـمـاءـ بـفـتـرةـ زـمـنـيـةـ قـلـيلـةـ إـلـىـ مـنـطـقـةـ المـصـبـ عـنـدـ جـسـمـ السـدـ، وبالتاليـ فـهيـ تـنـطبقـ مـعـ الـكـثـافـةـ التـصـرـيفـيـةـ وـتـؤـدـيـ هـذـهـ الـحـالـةـ إـلـىـ تـقـلـيلـ فـرـصـةـ تـطـوـرـ الـمـجـارـيـ الـمـائـيـ فـيـ اـعـلـىـ الـحـوـضـ وـزـيـادـةـ مـسـاحـتـهاـ،ـ كـمـ مـوـضـحـ فـيـ الـجـدـولـ (3).

3- التكرار النهري: هو عبارة عن العلاقة النسبية بين مجموع عدد الوديان في كل الرتب إلى مساحة الحوض (Al-Moumani, 1997)، لذا فإن زيادة عدد الوديان او الروافد يزيد من الكثافة التصريفية العددية (التكرار النهري) وكمية الجريان المائي، وبالتالي زيادة نشاط عمليات التعرية، ويمكن ايجاده حسب (Horton, 1945) وفق المعادلة التالية:

$$\text{التكرار النهري} = \frac{\text{مجموع عدد الوديان في كل الرتب}}{\text{مساحة الحوض}} (\text{كم}^2)$$

وقد بلغت قيمة كثافة التصريف العددية لحوض سماقولي ($6.57 \text{ وادي}/\text{كم}^2$)، وهي كثافة متوسطة حسب تصنيف (Strahler, 1957). وهو دليل على قلة عدد الوديان والروافد اي انخفاض كمية الجريان المائي وبالتالي انخفاض نشاط التعرية للخزان.

4- شدة التصريف: هي عبارة عن النسبة العددية بين الكثافة الطولية (الكثافة التصريفية) الى الكثافة العددية (التكرار النهري)، وهي خاصية ذات أهمية كبيرة لأنها تعكس سرعة انتقال الموجات التصريفية من أجزاء الحوض المائي المختلفة نحو القناة المائية الرئيسية لإيصالها الى قمة التصريف (Al-Ananza, 2005)، ويمكن حسابها وفق المعادلة التالية:

$$\text{شدة التصريف} = \frac{\text{كثافة التصريف الطولية}}{\text{كثافة التصريف العددية}}$$

بلغت نسبة شدة التصريف لحوض المائي (0.5) وهي قيمة قليلة تدل على ان الحوض المائي لا يزال في مرحلة الشباب ذو طاقة تصريفية عالية، وبالتالي تعكس على تخزين المياه ضمن الخزان المائي حيث تدل على انخفاض سرعة انتقال الموجات التصريفية من أجزاء الحوض المائي المختلفة نحو القناة المائية الرئيسية.

5- الكثافة النسبية: وهي تمثل نسبة الكثافة العددية (التكرار النهري) الى مربع الكثافة الطولية (الكثافة التصريفية) كما في المعادلة التالية:

$$\text{الكثافة النسبية} = \left(\frac{\text{الكثافة العددية}}{\text{الكثافة الطولية}} \right) / \left(\frac{\text{مربع الكثافة الطولية}}{\text{كم}} \right)$$

وقد بلغت قيمتها (0.61 وادي/كم)، وهي قيمة منخفضة تدل على قلة توزيع الوديان وبالتالي القليل من سرعة انتقال الموجات المائية من اجزاء الحوض المختلفة نحو القناة المائية الرئيسية، مما يؤدي الى انخفاض عمليات ونشاط التعرية ضمن الخزانات المقترحة.

الجدول 3: الخصائص التصريفية لخزان سد سماقولي.

التكرار النهري وادي/كم ²	كثافة التصريف الطولي كم/كم ²	شدة التصريف	معامل الانعطف
6.57	3.29	0.61	0.5

الخصائص المساحية

وهي تختص بالأبعاد الهندسية لحوض المائي، الطول والعرض والمساحة والمحيط والنسب بين هذه الأبعاد، وتأثيرها بحجم الجريان المائي، وعلاقتها بتطور اطوال واعداد الاودية المائية (Huggett, 2007)، وهي تتأثر بمجموعة من العوامل المناخية والجيومورفولوجية ونوع الصخور والحركات التكتونية اذ تزداد بشكل طردي مع زيادة النحت المائي وضعف مقاومة الصخور والترب مما قد يؤدي الى انخفاض مستوى القاعدة او حدوث أسر نهري (Garde, 2006). تم حساب الخصائص المساحية لحوض المائي بعد اشتغالها من نموذج الارتفاعات الرقمية باستخدام برنامج ArcGIS (ArcGIS 10.4) بعد استخراج الشبكة المائية وتحديد الحوض المائي، ويتم استخراج بعض الخصائص باستخدام قوانين تطبق من خلال البرنامج.

1. مساحة الحوض: تعد خاصية مهمة في الدراسات الهيدرولوجية والجيومورفولوجية، وذلك لإيجاد الخصائص الهيدروموريومترية الأخرى كالكثافة التصريفية، الكثافة العددية، المعامل الهيسومترى وغيرها، وايضا الحصول على علاقات كمية يتم من خلالها تقييم هيدرولوجية الحوض، وكذلك لها أهمية كبيرة في التحكم بحجم الجريان المائي (Strahler, 1958). تعد مساحة الحوض منطقة تغذية مائية (Catchment Area) متكاملة لما لها من دور في

تحديد كمية المياه الواردة في الشبكة المائية الموجودة فيها (Al-Tamimi, 2016). وقد بلغت مساحة الحوض قيد الدراسة (125.977 كم^2) كما موضح في الجدول (3)، ويتبين من خلال هذه المساحة ومحيط الحوض ان الحوض المائي يمكنه ان يؤدي الغرض المنشود لجمع حجم جريان مائي.

2. طول الحوض: هو أحد المتغيرات المورفومترية المهمة المرتبطة بمميزات أخرى من خصائص حوض التصريف المائي، ويعرف بأنه المسافة المقاسة لمحور الحوض والممتدة بين نقطة المصب المائي وابعد نقطة فوق منطقة تقسيم المياه بأعلى محيط الحوض المائي (Schumm, 1956). وتكون العلاقة طردية فيما بين طول الحوض ومساحته اي عند زيادة طول الحوض تكبر مساحته (Horton, 1945). وبلغ طول حوض منطقة الدراسة (18.871 كم) كما موضح في الجدول (3). الفرق بين طول الحوض وعرضه واضح ومميز بحيث يؤدي هذا التباعد الى نقصان سرعة الدفقات المائية القادمة اثناء فترة الزخات المطرية الغزيرة، مما يجب ان يؤخذ بنظر الاعتبار عن اختيار موقع السد عند المنخفض الطوبوغرافي المرشح وتصميمه.

3. اطوال الوادي: للوادي نوعان من الاطوال هما الطول الحقيقي والطول المثالي، ويعرف الطول الحقيقي بأنه تلك المسافة التي يقطعها النهر او المجرى المائي من منبعه الى مصبه على اليابسة، اما الطول المثالي فأنه يمثل أقصر مسافة يمكن ان يسلكها المجرى المائي بين المنبع والمصب (Morisawa, 1985). غالباً ما يكون الطول الحقيقي أكبر من المثالي، وقد بلغ الطول الحقيقي للوادي (19.884 كم) بينما بلغ الطول المثالي له (16.525 كم) كما موضح في الجدول (3-3)، ولهذه الاطوال اهمية في ايجاد قيمة معامل الانعطاف الذي يعد من اهم خصائص الشبكة المائية التصريفية.

4. محيط الحوض: يعرف بأنه خط تقسيم المياه ما بين الحوض قيد الدراسة وما يجاوره من احواض اخرى (Al-Eryani, 2000)، تؤثر به عوامل عديدة منها، تطور المجرى والوديان المائية وبالاخص مجاري الرتبة الاولى التي تتسع وتتعقم مجاريها اثناء موسم سقوط الامطار بتأثير عملية النحت الرأسي والجانبي، وكذلك امتداد الفوائل والصدوع والشقوق والتركيب الخطية مما انعكس على زيادة الرتب الاولى (Al-Aqeel, 2001). بلغت قيمة محيط الحوض (61.046 كم) كما موضح في الجدول (3)، وقد عكس محيط الحوض اضافة الى مساحته بان الحوض المائي ربما سيؤدي الغرض المنشود لخزن المياه.

5. عرض الحوض: هو معدل اطوال مجموعة الخطوط التي تتعامد على الخط المستقيم الذي يمثل طول الحوض المائي، ويبلغ عرض حوض منطقة الدراسة (8.579 كم) كما موضح في الجدول (4)، والدلالة الجيومورفولوجية للاختلاف ما بين منطقة المنبع والمصب ناتجة بسبب اختلاف الخصائص المناخية والانحدارية (Zureikat, and Al-Hasban, 2015). لعرض الحوض اثر مماثل كما للطول في تحديد شكل الحوض، ويؤثر عرض الحوض على كمية الساقط المطري وجريانه والتاخر والترشيح، اذ تزداد كمية الساقط المطري التي يتلقاها الحوض بزيادة عرضه وبالتالي يزداد الجريان السطحي والعكس صحيح (Mahsoub, 1997).

الجدول 4: الخصائص المساحية لخزان سد سماقولي.

مساحة الحوض المائي - كم^2	الطول المثالي للوادي - كم	الطول الحقيقي للوادي - كم	محيط الحوض كم	عرض الحوض كم	طول الحوض المائي كم
125.977	16.525	19.884	61.046	8.579	18.871

الخصائص الشكلية

1- نسبة الاستدارة (نسبة تماسك المساحة): يعني بها بيان مدى اقتراب او ابعاد الحوض المائي من الشكل الدائري (Melton, 1958)، وتسمى ايضاً نسبة تماسك المساحة، اذ للحوض المائي اشكال تشبه الاشكال الهندسية كالمستطيل والمربيع والمستدير والمثلث، وتتراوح نسبة الاستدارة ما بين (0-1) فيقيمة الارتفاع التي تكون قريبة من الرقم الواحد، (أي اقتراب الأحواض من الشكل الدائري) لأن الرقم واحد هو ممثل الاستدارة الكاملة، وتدل هذه الى تقدم الدورة

التعروية للحوض وزيادة مجراه المائي عن طريق تعميق المجرى على حساب التوسيع، بينما القيمة المنخفضة التي تتبع من الرقم واحد فتدل على ابتعاد الحوض عن الشكل الدائري وان دورة التعرية مازالت تقوم بدورها (Reddy, et al., 2004) يتم قياس نسبة الاستدارة من قسمة مساحة الحوض المائي (كم^2) على مساحة دائرة محيطها الذي يساوي محيط الحوض نفسه (كم^2) كما في المعادلة التالية:

$$\text{نسبة الاستدارة} = \frac{\text{مساحة الحوض} (\text{كم}^2)}{\text{مساحة دائرة محيطه الذي يساوي محيط الحوض نفسه} (\text{كم}^2)}$$

بلغت نسبة الاستدارة خزان سد سماقولي (0.38) كما موضح في الجدول (4)، مما يدل على ابتعاد الحوض عن الشكل الدائري واقترابه من الشكل المستطيل، وهذا يدل على زيادة طول الحوض على حساب عرضه والتي تكونت نتيجة تأثير العامل البنيوي.

2- نسبة الاستطالة: هي نسبة تدل إلى مدى اقتراب وتشابه شكل الحوض المائي إلى الشكل المستطيل أو ابتعاده، وقد حدد (Schumm, 1956) بان نسبتها تتحصر ما بين (0-1)، اذ كلما اقتربت قيمتها من الصفر (0)، فان ذلك يدل على شدة استطالة الحوض، بينما يدل ارتفاع القيمة واقترابها من الواحد الصحيح (1) دل ذلك على اقتراب الحوض من الشكل الدائري، وتستخرج نسبة الاستطالة من المعادلة التالية: -

$$\text{نسبة الاستطالة} = \frac{\text{طول قطر دائرة بمساحة الحوض نفسه} (\text{كم})}{\text{أقصى طول للحوض} (\text{كم})}$$

اذ ان طول قطر دائرة بمساحة الحوض نفسه بلغت (12.66 كم)، وبالتالي فان نسبة الاستطالة لخزان سد سماقولي بلغت (0.67) كما موضح في الجدول (4)، مما يدل على اقتراب الحوض من الشكل المستطيل، وهو يتطابق مع ما تم التوصل اليه من قيمة نسبة الاستدارة، اذ تكون طبيعة الصرف لهذا الحوض اقل من الاحواض الدائرية او القريبة من ذلك بسبب طول المجاري على حساب عرضها والذي يؤدي الى فقدان كميات كبيرة من المياه خلال الجريان الطويل.

3- نسبة تماسك المحيط: وهي خاصية مؤشر آخر لتأكيد اقتراب او ابتعاد شكل الحوض من الشكل الدائري، اذ كلما ارتفعت النسبة عن الواحد الصحيح (1) فان شكل الحوض يكون أكثر استطالة ويبعد عن الشكل الدائري، علما ان ناتج نسبة تماسك المحيط دائماً يكون أكثر من الواحد الصحيح (Sharif, 2000)، وتستخرج نسبة تماسك المحيط من المعادلة التالية:

$$\text{نسبة تماسك المحيط} = \frac{1}{\text{نسبة تماسك المساحة (الاستدارة)}}$$

بلغت نسبة تماسك المحيط لخزان سد سماقولي (1.63) كما موضح في الجدول (4)، والذي قد ابتعد عن المعدل مما يدل على استطالة الحوض المائي واقترابه من الشكل المستطيل وابتعاده عن الشكل الدائري، وهو دليل على تعرج خط تقسيم المياه او محيط الحوض، وبالتالي فان الحوض مازال يعيش في مرحلة تطوير من الناحية الجيومورفولوجية وان طبيعة الصرف لهذا الحوض قليلة بسبب طول المجاري على حساب عرضها الامر الذي يؤدي الى فقدان كميات كبيرة من المياه خلال الجريان الطويل، وبهذا ينطبق مع ما تم التوصل اليه من خلال نسبة الاستدارة ونسبة الاستطالة.

4- معامل شكل الحوض: يوضح مدى تناسق الشكل العام للحوض أي مدى انتظام عرض الحوض المائي على طول امتداده من منطقة المنبع وحتى المصب، بواسطة العلاقة بين مساحة الحوض المائي وطول الحوض، اذ ان القيمة المنخفضة المتباعدة عن الواحد الصحيح (1) توضح الى اقتراب شكل الحوض المائي من الشكل المثلث، بينما القيمة المرتفعة المقربة من الواحد الصحيح (1) فإنها تشير الى الابتعاد عن الشكل الثلاثي (Al-Sahhaf, and Musa 1998). يتأثر شكل ونمط حوض التصريف المائي وشبكة التصريف الممتدة بداخله بالخصائص الأخرى لحوض التصريف مثل نوعية الصخر ودرجة الانحدار بالإضافة إلى أن الشكل يؤثر على العمليات الجيومورفولوجية خاصة فيما

يتعلق بـكفاءة الحوض المحتملة وشبكة التصريف المائي به (Horton, 1945, Al-Mashat, 1995)، وقد استخدم معامل الشكل لتحديد أشكال الأحواض النهرية على وفق المعادلة التالية:

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

بلغ معامل شكل الخزان سد سماقولي (0.35) كما موضح في الجدول (5)، وهي قيمة منخفضة عن الواحد الصحيح (1) وتدل على ان شكل الحوض يقترب من الشكل المثلث، وتدل ايضا على صغر مساحة الحوض المائي نسبة إلى طوله، ويشير ذلك الى تشابه اجزاء الحوض في طبيعة المناخ، ونوعية الصخور، مع وجود الاختلافات الصغيرة في بنية الصخور كوجود بعض الفوائل والشقوق والصدوع (Abdulla, 2024). يؤثر انخفاض قيمة معامل الشكل واقترابه من الشكل المثلث على نظام التصريف المائي، فعندما تشكل منطقة المنابع رأس المثلث ومنطقة المصب قاعدهه فإن التصريف المائي يزيد بعد سقوط الامطار مباشرةً مؤدياً الى ارتفاع منسوب الماء بشكل سريع وذلك لقرب الجداول والمسيرات من المصب الرئيسي، بينما في الاحواض التي تكون فيها منطقة المصب ممثلة لرأس المثلث وقاعدهه عند المنابع فإن المياه تصل اليها بشكل متزامن نتيجة بعد الجداول والمسيرات عن المصب (Gregory and Walling, 1973). والحالة الثانية هي التي تطبق على حوض الدراسة.

الجدول 5: الخصائص الشكلية لخزان سد سماقولي

المعامل الشكل	الاستطالة	تماسك المحيط	الاستدارة
0.35	0.67	1.63	0.38

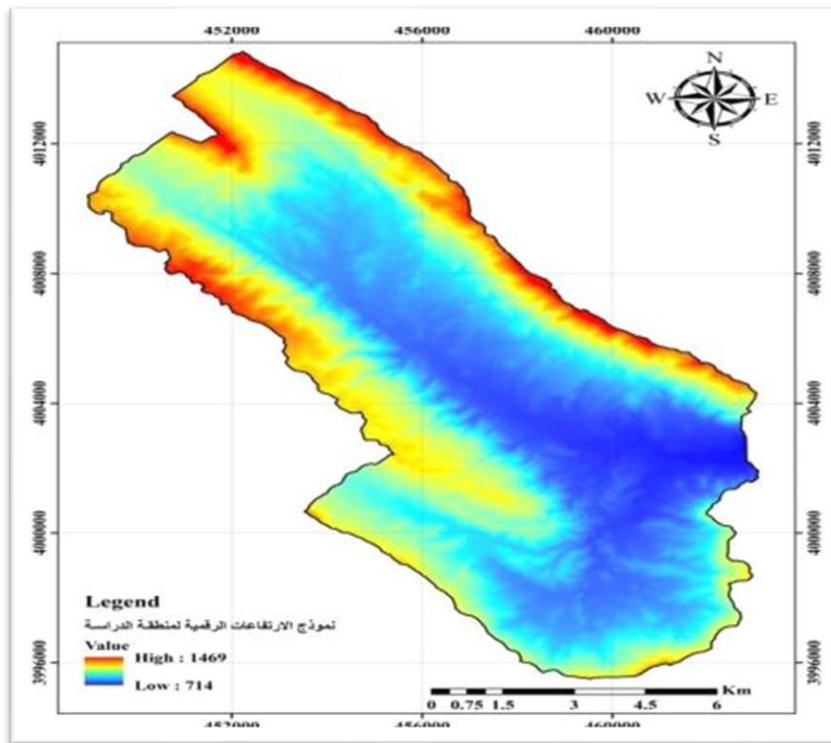
الخصائص التضاريسية

تعتبر من الخصائص المهمة بالنسبة للباحث في الدراسات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية، لأهميتها في تحديد مراحل عمليات التعريمة المائية والهوائية وعمليات التجوية ودورها في تشكيل سطح الأرض، وتعد ايضا انعكاساً للطبيعة الصخرية وخصائصها البنية، ومعرفة مدى تطور الحوض المائي ودورته الحية وعمليات التجوية السائدة، لذا تتوعد مقاييس الخصائص التضاريسية من قبل الباحثون وهي كالتالي:

1- معدل التضرس: تعد من الخصائص التضاريسية المهمة لأهميتها في معرفة الطبيعة الطوبوغرافية ومدى تضرس الحوض المائي من حيث التباينات في الارتفاع ما بين المنبع والمصب وانعكاس ذلك على قابلية المجرى المائي في انجاز العمليات الجيومورفولوجية المتمثلة في التعريمة عند أعلى الحوض والترسيب في منطقة المصب، ويقاس معدل التضرس حسب (Strahler, 1957) بالطريقة التالية:

$$\text{معدل التضرس} = \frac{\text{الفرق بين أعلى وأدنى نقطة بالحوض (م)}}{\text{طول الحوض (كم)}}$$

بلغت أعلى نقطة في الحوض (m 714) فوق مستوى سطح البحر، بينما أدنى نقطة في الحوض بلغت (m 1469) فوق مستوى سطح البحر كما في الشكل (5). ترتفع قيمة التضرس في الاحواض صغيرة المساحة، وهو دليل على قلة نشاط عمليات الحت بفعل المياه وان الحوض مازال لديه الكثير من النشاط الجيومورفولوجي لتحقيق التوازن في مجاريه وهو ما ينطوي على حوض منطقة الدراسة فقد بلغ معدل التضرس له (40.01) م/كم كما موضح في الجدول (5). بينما تنخفض نسبة معدل التضرس في الاحواض كبيرة المساحة، وهو يؤثر في زيادة سرعة وصول الموجات المائية وينعكس ذلك على زيادة الرواسب المنقوله بشكل أكبر (Schumm, 1956).



الشكل 5. يوضح بين اعلى و ادنى نقطة في حوض سد سماقولي.

2- نسبة التضرس (التضاريس النسبية): تعتبر مقياساً اخر مهم لقياس شدة التضرس للحوض المائي، وتمثل العلاقة بين قيمة تضاريس الحوض (الفرق بين اعلى وادنى نقطة بالحوض (م)) ومحيط الحوض نفسه (Strahler, 1957). وتبين مدى العلاقة بين مساحة الحوض من جهة ودرجة مقاومة الصخور لعمليات التعرية من جهة اخرى، حيث توجد علاقة ارتباط سالبة بين التضاريس النسبية ودرجة مقاومة الصخور لعمليات التعرية في حالة تشابه الاحوال المناخية، وتคำس حسب القانون التالي: -

$$\text{نسبة التضرس} = \frac{\text{الفرق بين اعلى وادنى نقطة بالحوض (م)}}{\text{محيط الحوض (كم)}} / \text{محيط الحوض (كم)}$$

بلغت نسبة التضرس خزان سد سماقولي (12.37م/كم) كما موضح في الجدول (5)، وهي نسبة منخفضة ناتجة عن قلة معدلات الانحدار وتعرض الحوض الى تعرية منخفضة.

3- قيمة الوعورة: خاصية مهمة تستخدم لمعرفة مدى تضرس الحوض، ودرجة تقطع سطح حوض الوادي الناتج عن نحت المجاري المائية، ومدى انحدار المجرى المائي بالاعتماد على كثافة التصريف الطولية للحوض (Al-Mashat, 1995)، وتคำس على وفق الطريقة التالية: -

$$\text{قيمة الوعورة} = \frac{\text{الفرق بين اعلى وادنى نقطة بالحوض (م)}}{1000} \times \text{كثافة التصريف الطولية (كم/كم}^2)$$

ترتفع قيمة الوعورة عند زيادة تضرس الحوض إلى جانب زيادة أطوال المجاري على حساب المساحة، وتتباين قيمة الوعورة خلال مراحل الدورة الحتية، اذ تتحفظ قيمة الوعورة في بداية الدورة، ثم تبدأ بالزيادة تدريجيا حتى تصل اقصاها عند بداية مرحلة النضج، ثم تتحفظ مرة اخرى لتصل مرحلة الشيخوخة ونهاية الدورة الحتية (Ashour, 1986). بلغت قيمة الوعورة لحوض وادي ابو خشب (2.48كم²/كم) كما موضح في الجدول (5)، وهي قيمة منخفضة تدل على ان الحوض وقع ضمن مرحلة النضوج المبكر.

4- النسيج الحوضي: يعد من الخصائص المهمة في التحليل الهيدرومورفومترى والذي يعني بأنه المباعدة النسبية لخطوط تصريف الشبكة المائية (Reshma, et al., 2012). ومعرفة مدى تضرس وقطع سطح الأرض وكثافة الصرف فيها، فكلما تزاحمت خطوط شبكة التصريف ازداد عدد الأدوية واقتربت من بعضها البعض، مما يدل على شدة التقطع ومدى حجم معدلات الحت فيها، وتتأثر بعوامل طبيعية مثل المناخ، وال撒قطر المطري، ونوعية الصخور والتربة، وسعة الترشيح، وطبيعة الغطاء النباتي (Schumm, 1977). ويتم حساب قيمة النسيج الحوضي حسب (Ritter, et al., 1995) وفق المعادلة التالية:

$$\text{النسيج الحوضي} = \frac{\text{محيط الحوض}}{\text{مقدار اودية الحوض}} \quad (\text{كم})$$

اذ يصنف النسيج الحوضي حسب (Schumm, 1977) الى اربعة اصناف هي كالتالي: -

1. خشن جداً: إذا كان معدل النسيج اقل من (2) اودية.
2. خشن: إذا كان معدل النسيج بين (2-4) اودية.
3. متوسط: إذا كان معدل النسيج بين (4-10) اودية.
4. ناعم: إذا كان معدل النسيج أكثر من (10) اودية.

بلغ النسيج الحوضي لمجرى وادي سد سماقولي (13.5) كما موضح في الجدول (6)، وهو بذلك يعد نسيجاً ناعماً.

الجدول 6: الخصائص التضاريسية خزان سد سماقولي.

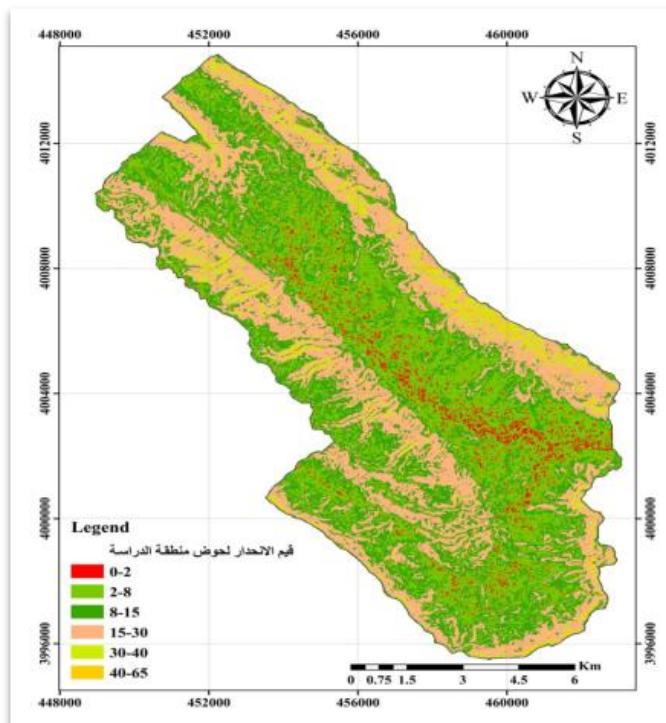
النسيج الحوضي	قيمة الوعورة (كم/كم)	معدل التضرس	نسبة التضرس (%)
13.5	2.48	40.01	12.37

شدة الانحدار

تمثل المنحدرات نتاجاً طبيعياً استمر تشكيله لمدة زمنية قديمة جداً، وقد افرزتها تداخل مجموعة من العناصر البيئية المختلفة حيث يمكن تحديدها بخمسة عوامل أساسية هي (التضاريس والمناخ والوضع والجيولوجى، التربة والعمليات الجيومورفولوجية والغطاء النباتي)، تمثل الانحدارات من الدراسات الجيومورفولوجية المهمة التي تبرز اهم العمليات الجيومورفولوجية المتمثلة بالتجوية والتعرية. توضح خريطة شدة الانحدار ملامح نوع و شدة العملية الجيومورفولوجية التي تسود وتأثيرها كبير وواسع في اراضي المنطقة، إذ تعكس أصنافها مديات انواع الأساس الذي تركز عليه مسببات مخاطر الوضع البيئي، إذ تمثل احد الاركان الأساسية في معايير أوزان المخاطر البيئية، فمن خلالها يمكن تقدير تطور حركة المنحدرات التي استرعت اهتمام العديد من الجيومورفولوجيين، لما تسببه من تغيرات مهمة على سطح الأرض. وهي تعكس على الغلاف الصخري والحياتي وما يتعلق بالجوانب التطبيقية في حياة الإنسان استخلصت خارطة شدة الانحدار بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) ومن خلال برنامج (Arc GIS) أجري اعادة تصنيف لفئاتها المخرجة وتم تصنيفها إلى خمسة اصناف لتمثل صفة المنحدر من اذ شدة انحداره، وكما موضح في الشكل (6)، واعتمدت الدراسة على التصنيف الجيومورفولوجي (Zink) والذي يكون تصنيفاً هرمياً متسلسلاً يقع في خمسة مستويات تصنيفية مع زيادة في التعميم عند المستويات العالية. ويستخدم هذا التصنيف في تحديد انواع التضاريس والأشكال الأرضية على مستويات الانحدار الأرضي. ومن خلالها تمثلت الأصناف بما يلي:

1. الصنف الأول: شدة الانحدار تتراوح فيه ما بين (0-2) درجة، إذ تظهر في مناطق الاستواء التضاريسى لاسيمما في الأجزاء السهلية والمستوية من منطقة الدراسة التي أصبحت تستقبل الرواسب من سلاسل المرتفعات المنتشرة في المنطقة لتشكل سهول مستوية طفيفة الانحدار، وتعد الميزات الأساسية التي جعلتها من الأراضي التي تصلح للاستخدامات الزراعية والأروانية والسكنية.

2. **الصنف الثاني:** يتمثل بالأراضي قليلة الانحدار التي تراوحت قيم الانحدارها ما بين (2-8) درجة، واتسمت اراضيها بتمحوج خفيف إلى متوسط وتوزعت فيها المرواح الفيophysية المنحدرة من سلاسل المرتفعات.
3. **الصنف الثالث:** تتراوح شدة انحداره ما بين (8-15) درجة، فظهور فيها مناطق متوسطة الانحدار تقع في مناطق أسفل المنحدرات وفي مناطق القدام وتمثل اراضي وعرة تتخللها بعض التلال الواطنة وتقطعها وديان الشبكة المائية التي تبدأ عملياتها الترسيبية الاولى فيها وتكون أرض ذات رواسب خشنة.
4. **الصنف الرابع:** تراوحت شدة الانحدار فيه تراوحت ما بين (15-30) درجة، عبرت عن مناطق اتسمت بمنحدرات شديدة تسود ضمن جزء سلاسل الحافات المنتشرة على أجنحة وسفوح الطيات المنطقية، وتحديداً في منطقة المنابع (مخارج الوديان)، إذ تظهر فيها الحافات تمثل خطوط تقسيم المياه بين الروافد الأساسية لمجاري الشبكة المائية وتبعد مجاريها بهية أخدودية عميقة جداً، وتشكلت الانحدارات بسبب طول الانحدارات من جهة ووجود تعاقب مستمر من الحافات الصخرية من جهة أخرى للعديد من المكتشفات الجيولوجية والتي تفصل فيما بينها أودية طولية شبه مستقيمة تزداد اتساعاً وعمقاً كلما ابتعدنا عن محاور الطيات تشكلت فيها شبكة كثيفة من المراتب الثانوية القصيرة المنحدرة نحو الوديان الرئيسية.
5. **الصنف الخامس:** تتراوح شدة الانحدار فيه ما بين (30-40) درجة، اتصف بالمناطق بانحدار شديد.
6. **الصنف السادس:** يمثل الواقع التي يتراوح الانحدارها ما بين (40-65) درجة واتصفت بانحدارات شديدة جداً مثل مناطق ذروات قمم الطيات المنتشرة في منطقة الدراسة بهيئة سلاسل جبلية طويلة.



الشكل 6. يمثل خارطة شدة الانحدار للخزان والمناطق المجاورة منه.

الاستنتاجات

1. واتضح ان الحوض المائي من الرتبة المائية السادسة بالاعتماد على طريقة (Strahler)، وان مساحة الحوض تبلغ (125.9 km^2)، ويبلغ طول حوض منطقة الدراسة (18.8 كم)، وقد بلغ الطول الحقيقي للوادي (19.884 كم)، بينما بلغ الطول المثالي له (16.525 كم)، وبلغت قيمة محيط الحوض (61.046 كم)، بينما يبلغ عرض حوض منطقة الدراسة (8.579 كم).

2. تشير الخصائص الشكلية الى اقتراب الحوض المائي من الشكل المستطيل أي زيادة طول الحوض نسبة الى عرضه ودللت نسبة الاستدارة، ونسبة الاستطالة بلغت، ونسبة تماسك المحيط، ومعامل شكل الحوض، على ان دورة التعرية ما زالت تقوم بدورها وان الحوض ما زال يعيش في مرحلة تطوير من الناحية الجيومورفولوجية.
3. تشير الخصائص التضاريسية الى ان الحوض ذو تضرس مرتفع وان التعرية فيه قليلة وما زال لديه الكثير من النشاط الجيومورفولوجي لتحقيق التوازن في مجاريه.
4. من خلال شبكة التصريف المائية لحوض منطقة الدراسة فقد تم اكتشاف نوع مميز من انماط التصريف وهو النمط المستطيل (المتعامد).

References

- Abdulla, H.H., 2024. Morphometric parameters study for the lower part of lesser zap using GIS technique, Diyala Journal for Pure Sciences, Vol. 7, 2010, 138 P. <https://iasj.rdd.edu.iq/journals/uploads/2024/12/09/83c6c8b81b1673ddd3713602c0c7a5fa.pdf>
- Al-Ananza, A.A.A., 2005. The Extent of Exploitation of Natural and Human Resources of Wadi Ibn Hammad in Karak Governorate, Jordan, King Abdulaziz University Journal, Volume 13, Issue 3, pp. 185-213. (In Arabic).
- Al-Ani, R.A.M., 2010. Geomorphology of Sindhi Plain, unpublished PhD Thesis, University of Mosul. (In Arabic).
- Al-Aqeel, H.M.S., 2001. Geomorphology of the Wadi Laha Basin, one of the tributaries of the Wadi Hanifa Basin in the Kingdom of Saudi Arabia, unpublished PhD Thesis, University of Riyadh. (In Arabic).
- Al-Babawati, A.A.H., 1995. Wadi Al-Ajej Basin in Iraq and the Uses of Landforms, Unpublished PhD Thesis, University of Baghdad. (In Arabic).
- Al-Eryani, A.S.A., 2000. Wadi Banah Basin in the Republic of Yemen, unpublished MSc Thesis, University of Baghdad. (In Arabic).
- Al-Hussein, A.A.M., 2014. A hydromorphometric sedimentary study of the regulatory reservoir of Mosul Dam, northern Iraq, unpublished PhD Thesis, University of Mosul. (In Arabic). <https://iasj.rdd.edu.iq/journals/uploads/2024/12/05/81ada88afed276b6a6411a40f20fa7c5.pdf>
- Al-Jubouri, M.Y.H., 2009. Morphology of Wadi Al-Shor Basin - A Comparison of the Use of Multiple Data Sources and Technologies, Unpublished PhD Thesis, University of Mosul. (In Arabic).
- Al-Mashat, H.A.R., 1995. Wadi Liyah Basin in the Kingdom of Saudi Arabia: A Geomorphological Study, Unpublished PhD Thesis, University of Jeddah. (In Arabic).
- Al-Moumani, L.R., 1997. Hydrology of the Main Mujib Basin in Jordan, A Study in Applied Geography, Ministry of Culture Press, Jordan. (In Arabic).
- Al-Sahhaf, M.M. and Musa, K., 1998. Hydromorphometry of the Diyala Basin: A Study in Applied Geomorphology, Journal of Al-Mustansiriya Arts, Issue 16, p. 788. (In Arabic).
- Al-Tamimi, B.F.M., 2016. Hydrological Modeling of Jamjamal Water Basin Using Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing (RS), Unpublished PhD Thesis, Tikrit University (In Arabic). <https://aladabj.uobaghdad.edu.iq/index.php/aladabjournal/article/view/1807>

- Ashour, M.M., 1986. Methods of Morphological Analysis of Water Drainage Networks, Annals of the College of Humanities and Social Sciences, Qatar University, Issue 9, 1986, 496 P. (In Arabic).
- Badowi, S. and Abbood, A., 2024. Dam Breakdown and Response of Protection Dam, Case Scenarios of Mosul-Badush Dams, Northern Iraq, <https://tjes.com/ojs/index.php/tjes/article/view/1032>
- Buday, T. and S.Z. Jassim, 1987. The regional Geology of Iraq, Vol. 2 Tectonism, Magmatism and Metamorphism, Baghdad, Iraq.
- Grade, R.J., 2006. River Morphology, New Delhi, New Age International.
- Gregory, K.J. and Walling, D.E., 1973. Drainage basin form and Process: A geomorphological approach, Edward Arnold.
- Horton, R.E., 1945. Erosional development of streams and their drainage density: hydrophysical approach to quantitative geomorphology, Geol. Soc. Amer. Bull.
- Huggett, R.J., 2007. Fundamentals of Geomorphology, 2nd Edition, London and New York, Routledge Taylor and Francis Group.
- Mahsoub, M.S., 1997. Geomorphology of Landforms, Cairo University, Dar Al-Fikr Al-Arabi for Printing and Publishing. (In Arabic).
- Melton, M.A., 1958. Correlation structure of morphometric properties of drainage system and their controlling agents, Journal of Geology, Vol. 66, pp. 442-460.
- Morisawa, M., Geomorphology Texts, River's form and process, 1985, pp. 91-94.
- Reddy, G.P.O., Maji, A.K. and Gajbhiye, K.S., 2004. Drainage Morphometry and its influence on Land form characteristics in a Basaltic Terrain, central India, International Journal of Applied Earth Observation and Geo Information, 16 P.
- Reshma P., Kumar, U. and Singh, V.K., 2012. Geomorphometric Characterization of Upper South Koel Basin, Jharkhand, Journal of Water Resource and Protection, India, Vol. 4, pp. 1042-1050.
- Ritter D.F., Kochel R.C. and Miller J.R., 1995. In Process Geomorphology, Dubuque, William C. Brown.
- Schumm S.A., 1977. The Fluvial System, United States of America, Jon Wiley and Sons.
- Schumm, S.A., 1956. Evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Perth Anboy, New Jersey, Bulletin of the Geological Society of America.
- Sharif, A.J., 2000. Hydromorphology of the Khabur River Basin, Journal of the Iraqi Geographical Society, Issue 34, 2nd Edition, pp. 182. (In Arabic).
- Sissakian, V.K., Mohammed J.A. and Rahel K.I., 2020. Industrial Assessment of the Carbonate Rocks of the Pila Spi formation at Haibat Sultan Mountain, Iraqi Kurdistan Region. Department of Natural Resources Engineering and Management, University of Kurdistan Hewler Erbil, Kurdistan Region-F.R. Iraq, Vol. 8, No.1, pp.24-30. <https://aro.koyauniversity.org/index.php/aro/article/view/ARO.10546>
- Strahler, A.N., 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology, Transactions of American Geophysical Union, Vol. 8, pp. 913-920.
- Zureikat, D.A. and Al-Hasban, Y.A., 2015. Morphometric Characteristics of the Zarqa River Basin in Jordan Using Geographic Information Systems and Digital Relief Model, Journal of Humanities and Social Sciences Studies, Vol. 42, Supplement 1, pp. 1482. (In Arabic).