مجلـــــة الآداب للعلوم الإنســـانيـــة
المجلد التاسع العدد الأول،
يونيو 2026، 141- 168
Arts & Humanities Journal
Vol. 9, Issue no. 1,
Jun 2026, 141-168

Issn (النسخة الالكترونية): 3006 -757X Issn (النسخة المطبوعة): 3006 -7561

# التحليل المورفومتري لحوض وادي كجا بولاية غرب دارفور، السودان، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية(GIS)

الدكتور/ حافظ عبدالرحمن يوسف أبكر

أستاذ مساعد بقسم الجغرافيا– كلية الآداب– جامعة الفاشر

Hafiz.yousif2020@gmail.com

تاريخ استلام البحث: 22/ 3/ 2026م تاريخ قبوله للنشر: 31/ 3/ 2026م

موقع المجلة: https://tuahj.org

# التحليل المورفومتري لحوض وادي كجا بولاية غرب دارفور، السودان، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية(GIS)

**د/ حافظ عبدالرحمن يوسف أبكر**

أستاذ مساعد بقسم الجغرافيا– كلية الآداب– جامعة الفاشر

**ملخص البحث**

يهدف هذا البحث إلى تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي كجا بولاية غرب دارفور، من خلال الإجابة عن تساؤلات تتعلق بطبيعة هذه الخصائص، وخصائص شبكة التصريف المائي، والعلاقة بينها وبين العمليات الجيومورفولوجية، إضافة إلى تقييم دور نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في هذا المجال. وتكمن أهمية الدراسة في إبراز دور التحليل المورفومتري في فهم تطور الأحواض المائية ودعم التخطيط البيئي وإدارة الموارد المائية والحد من مخاطر السيول.

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي والتحليلي الكمي باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة 30 متر، لاستخراج شبكة التصريف وحدود الحوض وحساب المعاملات المورفومترية المختلفة.

أظهرت النتائج أن الحوض يتميز بمساحة كبيرة (8211.18 كم²) وطول (136.47 كم) وشكل طولي يميل إلى الاستطالة، مما يسهم في تقليل حدة الفيضانات. كما تبين انخفاض نسبة التضرس (0.003) وسيادة ميل التضاريس صغير نسبيًا، مما يعكس ضعف التباين التضاريسي. وأوضحت قيمة التكامل الهيبسومتري (79.5%) أن الحوض في مرحلة الشباب المتقدم، مع سيادة التعرية الرأسية. كما سجلت كثافة تصريف منخفضة (0.15 كم/كم²) ونسبة تشعب متوسطة (4.77)، مما يدل على ضعف كثافة الشبكة المائية وسيادة الظروف شبه الجافة.

وتؤكد هذه النتائج كفاءة استخدام تقنيات GIS في التحليل المورفومتري ودورها في دعم الدراسات الجيومورفولوجية التطبيقية.

**الكلمات المفتاحية:** حوض وادي كجا، الخصائص المورفومترية، نموذج الارتفاع الرقمي، نظم المعلومات الجغرافية.

# Morphometric Analysis of Wadi Kaja Basin in West Darfur State, Sudan, Using Geographic Information Systems (GIS)

**Dr. Hafiz Abdelrahman Yousif Abkar**
Assistant Professor, Department of Geography, Faculty of Arts, University of El Fasher

## Abstract

This study aims to analyze the morphometric characteristics of Wadi Kaja Basin in West Darfur State by addressing key questions related to the nature of these characteristics, the properties of the drainage network, and their relationship with geomorphological processes, as well as evaluating the role of Geographic Information Systems (GIS) in such analyses. The significance of the study lies in highlighting the importance of morphometric analysis in understanding basin evolution and supporting environmental planning, water resource management, and flood risk mitigation.

The study adopts both descriptive and quantitative analytical approaches using GIS and remote sensing techniques. A Digital Elevation Model (DEM) with a spatial resolution of 30 m was utilized to extract the drainage network and basin boundaries and to calculate various morphometric parameters.

The results indicate that the basin is characterized by a large area (8211.18 km²) and a length of 136.47 km, with an elongated shape that contributes to reducing flood peaks. The relief ratio is low (0.003), reflecting a relatively low terrain gradient and weak topographic variation. The hypsometric integral value (79.5%) reveals that the basin is in an advanced youthful stage, dominated by vertical erosion. Additionally, the basin shows low drainage density (0.15 km/km²) and a moderate bifurcation ratio (4.77), indicating a sparse drainage network and prevailing semi-arid conditions.

These findings confirm the effectiveness of GIS techniques in morphometric analysis and their significant role in supporting applied geomorphological studies.

**Keywords**: Wadi Kaja Basin, morphometric characteristics, Digital Elevation Model (DEM), Geographic Information Systems (GIS).

## المقدمة

أسهمت الدراسات المورفومترية، القائمة على القياسات والتحليل الكمي، إسهاماً كبيراً في تطوير الدراسات الجيومورفولوجية، ولا سيما في مجال دراسة الأحواض النهرية وشبكات التصريف المائي. وقد تزايد الاهتمام بالتحليل الكمي للعمليات الجيومورفولوجية والشبكات النهرية منذ منتصف القرن العشرين، حينما وضع Horton (1945) الأسس الأولى للتحليل الكمي لشبكات التصريف المائي من خلال تصنيفه لرتب المجاري النهرية. وفي عام 1964 قام Strahler بتطوير وتعديل نظام تصنيف الرتب النهرية الذي اقترحه هورتون، ( Yang &Lee 2001,813).

ويُعد التحليل المورفومتري أحد الأدوات العلمية المهمة لفهم الخصائص الشكلية والهيدرولوجية للأحواض النهرية، إذ يتيح تحليل العلاقات بين أبعاد الحوض وشكل شبكة التصريف المائي وكثافتها ودرجة تشعبها، الأمر الذي يساعد في تفسير العمليات الجيومورفولوجية المؤثرة في تطور الأحواض النهرية. كما يسهم هذا التحليل في تقييم خصائص الجريان السطحي، وتحديد احتمالات حدوث السيول والفيضانات، إضافة إلى دوره في دعم التخطيط البيئي وإدارة الموارد المائية.

ومع التطور الكبير في تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية(GIS)، أصبح من الممكن إجراء التحليل المورفومتري للأحواض النهرية بدرجة عالية من الدقة والموضوعية، وذلك من خلال استخراج البيانات الطبوغرافية والجيومكانية وتحليلها رقمياً. وقد أدى ذلك إلى زيادة الاعتماد على هذه التقنيات في الدراسات الجيومورفولوجية الحديثة لما توفره من إمكانات متقدمة في تحليل البيانات المكانية وإنتاج الخرائط المختلفة.

ويقع حوض وادي كجا في ولاية غرب دارفور بالسودان، ويُعد من الأودية الموسمية التي تعتمد بصورة رئيسية على مياه الأمطار في تغذية شبكة التصريف المائي. وتبرز أهمية دراسة هذا الحوض في كونه يمثل أحد الموارد المائية المهمة في المنطقة، إضافة إلى تأثيره في الأنشطة الزراعية والاستقرار البشري. لذلك فإن تحليل الخصائص المورفومترية للحوض باستخدام نظم المعلومات الجغرافية يسهم في فهم طبيعة شبكة التصريف المائي وتحديد

الخصائص الجيومورفولوجية للحوض، مما يساعد في دعم جهود التخطيط والتنمية المستدامة في المنطقة.

**مشكلة البحث:**

يمكن صياغة مشكلة البحث في صورة التساؤلات الآتية:

– ما الخصائص المورفومترية الأساسية لحوض وادي كجا في ولاية غرب دارفور؟

– ما خصائص شبكة التصريف المائي للحوض من حيث الرتب النهرية وكثافة التصريف ونسبة التشعب؟

– ما العلاقة بين الخصائص المورفومترية للحوض والعمليات الجيومورفولوجية المؤثرة فيه؟

– إلى أي مدى يمكن استخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في تحليل الخصائص المورفومترية للحوض بدقة وفعالية؟

**أهداف البحث:**

يسعى هذا البحث إلى تحقيق الأهداف الآتية:

– تحديد الخصائص المورفومترية الأساسية لحوض وادي كجا.

– تحليل خصائص شبكة التصريف المائي للحوض وفقاً لنظام رتب المجاري النهرية.

– توظيف تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) في استخراج وتحليل البيانات المورفومترية للحوض.

– تفسير الخصائص الجيومورفولوجية والهيدرولوجية للحوض في ضوء نتائج التحليل المورفومتري.

**أهمية البحث:**

تتمثل أهمية البحث في كونه يسلط الضوء على الخصائص المورفومترية لحوض وادي كجا، أحد الأحواض المائية المهمة في ولاية غرب دارفور. كما يسهم في توظيف تقنيات نظم المعلومات الجغرافية في تحليل شبكات التصريف المائي بصورة علمية دقيقة. إضافة إلى ذلك، تساعد نتائج الدراسة في فهم طبيعة العمليات الجيومورفولوجية المؤثرة في الحوض، مما يدعم جهود التخطيط البيئي وإدارة الموارد المائية والحد من مخاطر السيول والفيضانات في المنطقة.

## منهجية البحث:

اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي لوصف بعض الظاهرات المورفولوجية والجيولوجية لحوض وادي كجا، كما استخدم المنهج التحليلي الكمي في دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي كجا، وذلك من خلال استخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد. وتم استخراج شبكة التصريف المائي وحدود الحوض باستخدام نماذج الارتفاعات الرقمية(DEM) ، ثم حساب المعاملات المورفومترية المختلفة مثل مساحة الحوض وطوله، وكثافة التصريف، ونسبة التشعب، وشكل الحوض. كما تم تحليل هذه المعاملات وتفسيرها في ضوء الخصائص الجيومورفولوجية والهيدرولوجية للحوض.

## مصادر الدراسة:

وقد اعتمدت الدراسة على الاتي:

- نموذج الارتفاع الرقمي(DEM) للقمر ASTER GDEM بقدرة تمييز مكانية 30 متر، وهي متوفرة عبر الإنترنت https://earthexplorer.usgs.gov
- خريطة جيولوجية مقياس رسم 1 : 250,000 لمنطقة الدراسة، صادرة عن هيئة جيولوجيا .
- خرائط طبوغرافية مقياس رسم 1 : 50,000 لمنطقة الدراسة، صادرة عن مصلحة المساحة.
- الاعتماد على برنامج نظم المعلومات الجغرافية Arc map 10.7.

## الدراسات السابقة:

–دراسة احمد العوامة (2006) التحليل الجيومورفومتري لحوض وادي غان والتي توصل فيها الي عدة نتائج أهمها: ان حوض الوادي متوسط الاستطالة، وهو أقرب الي الشكل المثلث من الشكل الدائري او المربع، ويتميز بتضرس مرتفع، وزيادة درجة انحدار سطح الحوض، وهذا يدل علي أن الحوض مازال في مرحلة متقدمة من مراحل التعرية.

–منصف صالح واخرون (2020) استخدام نموذج الارتفاعات الرقمية DEM في تحليل المتغيرات المورفومترية لحوض وادي الملكة بالجبل الاخضر شمال شرق ليبيا هدفت الدراسة إلى استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية في التعرف على الخصائص المورفومترية

لحوض الوادي المتمثلة في الخصائص المساحية والشكلية والتضاريسية وخصائص شبكة الصرف المائي، واعتمدت الدراسة علي نموذج الارتفاع الرقمي واستخدام المنهج الكمي الذي يهدف الي تطبيق المقاييس والمعادلات الرياضية في تحليل العمليات الجيومورفولوجية.

-دراسة العلواني (2005) بعنوان (التحليل الرياضي المورفومتري لبعض الأودية الساحلية بمنطقة الجبل الأخضر بليبيا): والتي توصلت إلى عدد من النتائج منها ما يخص أشكال الأحواض وخصائص أسطحها المورفومترية، وكذلك خصائص شبكة التصريف، بالإضافة إلى تحليل العلاقات الارتباطية، ومن بين هذه النتائج أن جميع الأحواض تتصف بعدم انتظام أشكالها، كما تتسم بقلة اندماجها وعدم تناسق محيطها مع مساحتها وابتعاد خطوط تقسيم مياهها من مراكزها، وربما يرجع ذلك إلى استطالة معظمها.

-دراسة العمري (2011م) بعنوان تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرلوجية لاحواض التصريف في منطقة كريتر- عدن باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وقد استعان بالنموذج الرقمي للتضرس (DEM) وقد توصل البحث الي تحديد الخصائص الهندسية لهذه الاحواض ومن التحليل الهبسومتري للاحواض تبين ان للاحواض الثلاثة (الطويلة، الخساف، الهيدروس) مازالت في مرحلة الشباب، اضافة الي ان نسبة التضرس وجدت مرتفعة في وادي الطويلة ارتفاعاً كبيراً وهذا يدل علي ان هذا الوادي يمر بمنطقة شديد التضرس، ومن ثم يدل هذا علي زيادة نسبة حمولة الرواسب المنقولة للمياه الجارية فيه والتي تصب في خزانات (كرفانات) الصهاريج.

-دراسة (Charave 2011) بعنوان الخصائص المورفومترية لحوض نهر فالهيري باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية، والتي تضمنت الرتب النهرية ونسبة التشعب وكثافة شبكة النهري وغيرها للحوض الذي يعد احد روافد حوض نهر تابي، واستخدم طريقة استريلر لمعرفة المراتب النهرية ،بلغت كثافة التصريف النهري للحوض 2.82 كم.

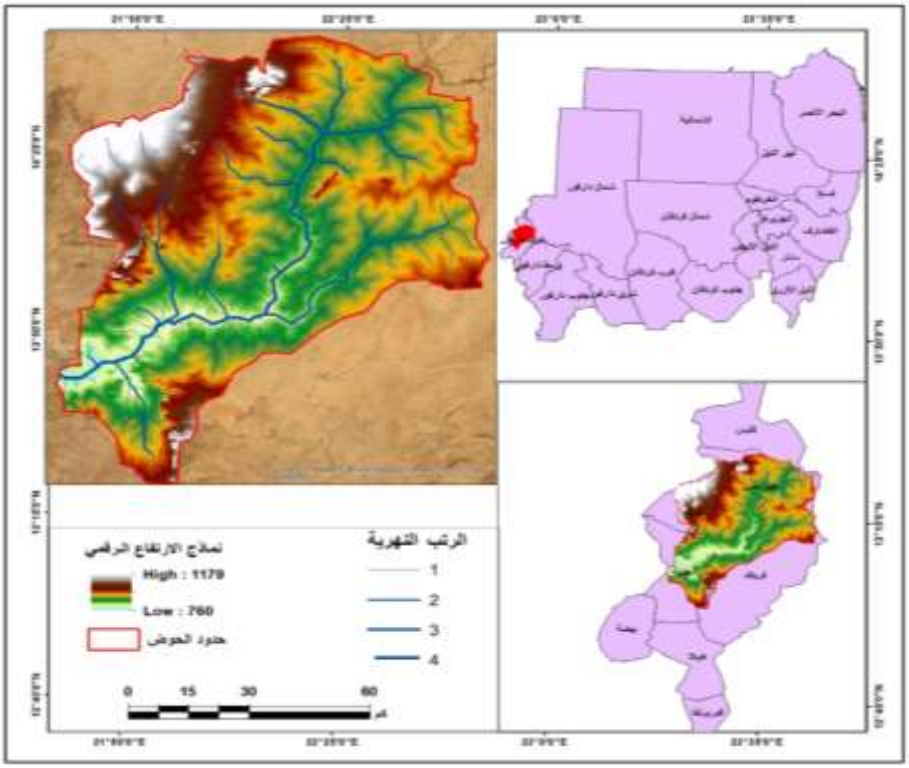
-دراسة السبيعي (2026م) بعنوان تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي جارف باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، هدفت الدراسة علي انشاء خرائط رقمية علي درجة عالية من الدقة لحوض وادي جارف وشبكته المائية بالاعتماد علي نظم المعلومات الجغرافية، توصلت الدراسة ان نسبة التضرس لحوض جارف منخفضة لم تتجاوز (2.75 م/ كم) في حين بلغت قيمة نسيج الحوض (8.7) مجري لكل 1 كيلومتر يصف ضمن

الاحواض ذات النسيج متوسط الخشونة، وبلغ التكامل الهبسومتري للحوض حوالي 73% وهذا يعني ان الحوض لا يزال يمر بمرحلة الشباب من دورته الحتية، ان حوالي 27% فقط من كتلته الصخرية قد تعرضت للتاكل بفعل عمليات التعرية.

**منطقة الدراسة:**

تقع منطقة الدراسة، وادي كجا، في ولاية غرب دارفور بين خطي طول 21 ° و 24.5° شرقًا، وخطي عرض 12 °و15° شمالًا.

يمتد موقع الحوض في ولاية غرب دارفور من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي، حيث تتبع الأودية من قمة جبل مرة، على مسافة تقارب 260 كيلو مترًا من مدينة سربا. ويضم الحوض أجزاءً من المحليات الواقعة في كلٍّ من كلبس وسربا وجبل مون وكرينك.




**شكل (1) موقع منطقة الدراسة**

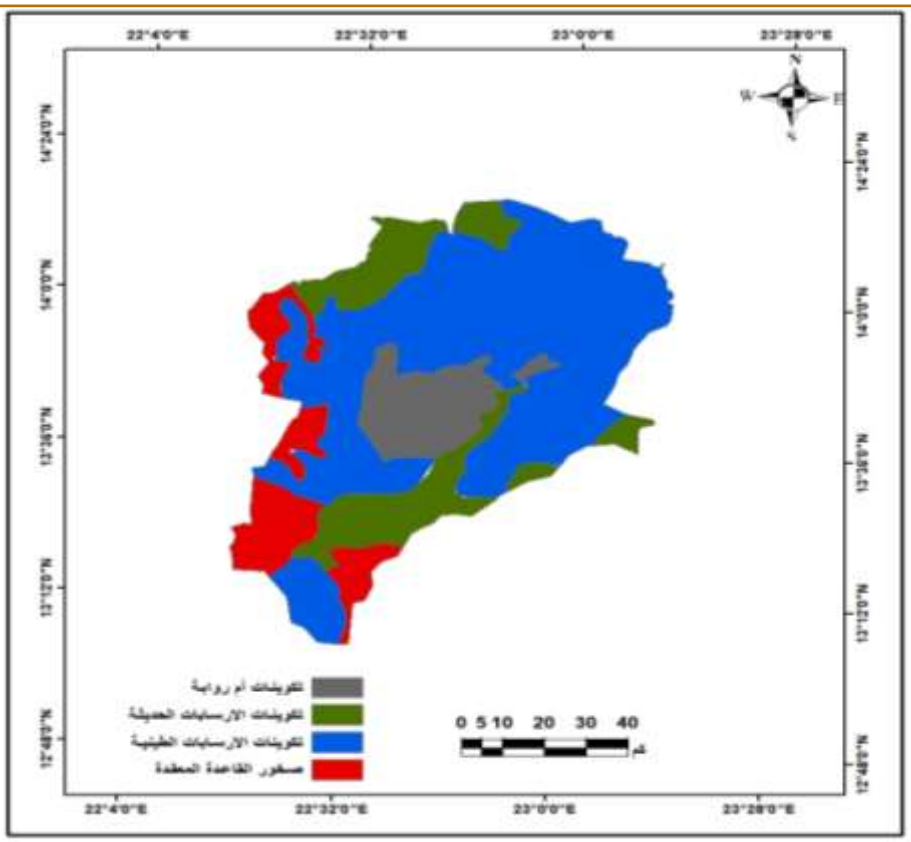
**المصدر:** عمل الباحث اعتماداً علي نموذج الارتفاع الرقمي (DEN) باستخدام برنامج ARC Gis10.8

ويشكّل حوض وادي كجا المجموع المائي لعدد من الأودية التي يبلغ عددها نحو عشرة

أودية، من أهمها وادي أبو عرديب ووادي أبو سنطة ووادي محس .وعند التقاء هذه الأودية في الحوض بالقرب من مدينة سربا، وعلى بعد نحو 260 كيلو مترًا من المنابع، يتكوّن المجرى الرئيس لوادي كجا. ويتناقص مقطع الوادي تدريجيًا كلما اتجه الجريان جنوبًا، إلى أن يلتقي مع وادي أزوم عند مدينة فور برنقا في بحيرة شارو، حيث يتحدان ليشكلا مجرى مائيًا واحدًا يستمر في الجريان حتى دخوله أراضي دولة تشاد.

## جيولوجية حوض وادي كجا:

تتكون منطقة الدراسة جيولوجيًا من مجموعة من التكوينات الصخرية الرئيسة التي تعكس تاريخًا جيولوجيًا متنوعًا. وتعد صخور القاعدة المعقدة من أقدم التكوينات في المنطقة، إذ يعود تاريخها إلى ما قبل الكمبري، وتتألف من صخور نارية ومتحولة مثل الجرانيت والشست والكوارتز ، وتمتاز بمقاومتها العالية للتعرية وضعف نفاذيتها للمياه الجوفية. كما تنتشر تكوينات أم روابة التي تتكون من رسوبيات غير متماسكة من الرمال القارية والطين الرملي والطين، ويصل سمكها في بعض المناطق إلى نحو 355 متر ، ويعود تكوينها إلى عصري البلايوسين والبلايوستوسين، ويرتبط تشكلها بالحركات التكتونية التي أدت إلى تكوين الأحواض والمنخفضات. كذلك تنتشر الإرسابات الطينية الغرينية التي تغطي نحو 45% من مساحة المنطقة، ويتراوح سمكها بين 1 و30 متر ، وقد ترسبت بفعل الأودية والرياح، وترتبط بفيضانات الأودية خلال مواسم الأمطار ، مما أسهم في تشكيل شبكة الصرف ونحت الصخور الأساسية. إضافة إلى ذلك، توجد الإرسابات السطحية الحديثة التي تشمل رسوبيات الوديان والخيران والقيزان الرملية، وقد تكونت خلال العصر البليوستوسيني، وتغطي مساحات واسعة من التكوينات الصخرية الأقدم. وبذلك تتألف البنية الجيولوجية للمنطقة من صخور القاعدة، وصخور المجموعة النوبية، والصخور البركانية، إضافة إلى الرواسب السطحية المختلفة.




**خريطة (2) جيولوجية حوض وادي كجا**

**المصدر**: اهيئة جيولوجيا، الجنينة ،2020م

## المناخ:

يتضح من الجدول أن المتوسط السنوي لدرجة الحرارة في منطقة وادي كجا يبلغ حوالي 28°م، مما يعكس سيادة المناخ الحار في معظم أشهر السنة. وتُسجل أعلى درجات الحرارة في شهر أبريل بمتوسط يصل إلى 34°م، يليه شهر مايو، وهو ما يتزامن مع نهاية الفصل الجاف. في المقابل، تُسجل أدنى درجات الحرارة في شهر يناير بمتوسط يبلغ حوالي 24°م، مما يشير إلى اعتدال نسبي خلال فصل الشتاء.

أما بالنسبة للأمطار، فيبلغ المتوسط السنوي لكمية الأمطار حوالي 684 ملم، وهو ما يعكس الطابع شبه الجاف للمنطقة مع تركّز واضح للأمطار في فترة محدودة من السنة. وتُعد شهر أغسطس الأكثر مطرًا، حيث يسجل حوالي 220ملم، يليه شهر يوليو،

مما يمثل ذروة الموسم المطير. في حين تُسجل أقل كميات الأمطار في شهري يناير وفبراير وديسمبر، حيث تكاد تنعدم الأمطار (0 ملم)، وهو ما يؤكد طول فترة الجفاف في المنطقة.

**جدول(1) متوسط درجات الحرارة والأمطار السنوية والشهرية الشهرية**

| الشهور | متوسط الحرارة (°م) | كمية الأمطار (ملم) |
|---|---|---|
| يناير | 24 | 0 |
| فبراير | 27 | 0 |
| مارس | 31 | 2 |
| أبريل | 34 | 10 |
| مايو | 33 | 35 |
| يونيو | 30 | 90 |
| يوليو | 28 | 180 |
| أغسطس | 27 | 220 |
| سبتمبر | 28 | 120 |
| أكتوبر | 29 | 25 |
| نوفمبر | 27 | 2 |
| ديسمبر | 25 | 0 |

**المصدر**: اعتمادا على بيانات الارصاد الجوي، الجنينة،2022م

## اولاً: الخصائص المساحية:

### 1.مساحة الحوض:

تتمثل أهمية مساحة الحوض النهري كمتغير في تأثيرها على حجم التصريف المائي داخل الحوض؛ إذ توجد علاقة طردية بين كل من المساحة الحوضية، وحجم التصريف المائي بشبكة التصريف النهري (محسوب، 1997م، ص205).

وتُعرف مساحة الحوض بأنها المساحة الكلية المسقطة على مستوى أفقي، بحيث أن الجريان السطحي على هذه المساحة يتجه كله باتجاه المجرى ذو الرتبة الأعلى، والمسمى الحوض باسمه.

الأحواض المائية تتباين في مساحتها بشكل كبير تبعاً للتباين في الحركات الأرضية، نوع الصخور، التضاريس، والأحوال المناخية، فضلاً عن الزمن (مكولا، 1986م، ص27)؛ إذ تزداد مساحة الأحواض المائية كلما ازداد نشاط عملية التعرية

المائية، وهذا يقترن بزيادة كمية وحجم الأمطار الساقطة سنوياً، والتي تساهم في توسيع الحوض المائي وزيادة مساحته، ويعتمد ذلك على نوعية التكوينات الصخرية ودرجة مقاومتها وصلابتها؛ فالصخور قليلة الصلابة يسهُل نحتها إذا ما تعرضت إلى حركات باطنية تسهم في انخفاض أراضي مجاورة أو ارتفاع مناطق أخرى؛ فيحدث تغير في المجاري المائية لبعض الأودية إلى أحواض مجاورة أخرى.

ونظراً لأهمية المساحة ولما لها من علاقة وثيقة في تحديد شكل الحوض، ونظام شبكة التصريف المائي به وقد أظهرت نتائج التحليل المكاني باستخدام نظم المعلومات الجغرافية أن مساحة حوض وادي كجا تبلغ نحو 8211.18كم²، هي مساحة تعكس اتساع الحوض الجغرافي وقدرته على تجميع مياه الأمطار عبر شبكة من المجاري المائية والروافد التي تصب في المجرى الرئيس للوادي.

## 2. طول الحوض:

هو مسافة محور الحوض المقاسة من المنبع إلى المصب وقد تم قياس طول الحوض ابتداء من المصب وحتى أبعد نقطة في محيطه ( Gregory & Walling, 1973, p.49).

وقد تم قياس طول الحوض مباشرة باستخدام أداة القياس (Measure) في برنامج ArcMap ضمن حزمة ArcGIS الإصدار 10.7، حيث بلغ طول حوض وادي كجا نحو **136.47 كم**. ويشير هذا الطول إلى الامتداد الطولي للحوض، وهو ما يؤثر في خصائص الجريان السطحي وزمن انتقال المياه عبر شبكة التصريف حتى تصل إلى المجرى الرئيس للحوض.

## 3. محيط الحوض:

يقصد بمحيط الحوض خط تقسيم المياه الذي يفصل بين الحوض المدروس والأحواض المجاورة له أي يعبر الحدود الخارجية للحوض ( Raj &Azeez 2012) بلغ محيط حوض وادي كجا نحو 466.86 كم، ويُعد محيط الحوض من الخصائص المورفومترية المهمة التي تعكس الشكل العام للحوض وامتداد حدوده. ويُستخدم هذا المؤشر في تقييم درجة الاستدارة والتمدد الطولي للحوض، كما يؤثر في توزيع الجريان

السطحي ومسار تجمع المياه عبر شبكة الأودية والروافد المتصلة بالمجرى الرئيس.

### 4. متوسط عرض الحوض:

هو معدل عرض مجموعة من الخطوط المتعامدة علي أقصي طول الحوض ، وقد تستخدم عوضاً عن معادلة قسمة مساحة الحوض علي طول الحوض كما في المعادلة التالية: ( Zovoianu ,1985).

$$w = A/Lb$$

حيث ان $w$ = عرض الحوض(كم).

$A$ = مساحة الحوض $Lb$ = أقصي طول الحوض(كم)

يُقدَر عرض حوض وادي كجا بحوالي **60.2كم**، ويعكس هذا الامتداد العرضي للحوض قدرته على تجميع مياه الأمطار وتوزيع الجريان السطحي عبر شبكة الروافد قبل وصوله إلى المجرى الرئيس.

**جدول رقم (2): الخصائص المساحية للحوض**

| المعامل المورفومتري | مساحة الحوض | الطول | العرض | المحيط |
|---|---|---|---|---|
| قيمة المعامل | 8211,18كم$^2$ | 136,47كم | 8.2كم | 466,86 كم |

**المصدر**: الباحث بالاعتماد علي بيانات الارتفاع الرقمي DEM

### ثانياً: الخصائص الشكلية:

هي من الدراسات التطبيقية المورفومترية المهمة؛ لما لها من دلالات هيدرولوجية، وتأثير كبير في الصرف المائي (عاشور، 1986، ص462)، ويقصد به مقارنة شكل الحوض بأشكال هندسية مثل الدائرة، المربع، المستطيل، المثلث.

والأحواض التي تتشابه في خصائصها الشكلية يغلب عليها التشابه في خصائصها الجيومورفولوجية (العوضي، 2016، ص165).

ويُدرس شكل الحوض التصريفي؛ لما له من دلالات تتعلق بالعمليات الجيومورفولوجية، التي ساهمت في تشكيله وتطوره التحاتي، واستعماله كوسيلة في تفسير وتوضيح التطور الجيومورفولوجي لهذا الحوض، وتأثير مختلف المتغيرات البيئية في تحديد اتجاه هذا التطور، ولمقارنة شكل الحوض وتشبيهه بالأشكال الهندسية السابقة، تم استخدام بعض المعاملات

الرياضية الخاصة بأحواض التصريف المائي أهمها:

### 1. نسبة الاستدارة:

تعكس نسبة الاستدارة مدي تقارب الحوض من الشكل الدائري فعند تقارب نسبة الاستدارة للواحد الصحيح، فإن شكل الحوض يقترب من الشكل الدائري. واذا تقارب نسبة الاستدارة إلي صفر، فإن شكل الحوض يبتعد من الشكل الدائري. وتعكس القيم المرتفعة القريبة من واحد إلي تقدم الدورة الحتية في الحوض مما يدل علي نشاط عمليات النحت الرأسي والأفقي لفترة زمنية طويلة وبذلك تكون الدورة الحتية قد شرفت علي الانتهاء(Abdulla ,2011) وقد حدد (Miller ,1953) طريقة حساب معامل استدارة الحوض من خلال المعادلة:

$$RC = \frac{12.57 \times A}{(p)^2}$$

حيث ان: $RC$ = نسبة الاستدارة

12.57 = قيمة ثابتة

$(p)^2$ = محيط الحوض تربيع

$A$ = مساحة الحوض كم2

تبلغ نسبة استدارة حوض وادي كجا نحو **0.47**، مما يشير إلى شكل حوض **طولي نسبيًا**، ويؤثر هذا في سرعة الجريان السطحي وزمن تركّز المياه داخل المجرى الرئيس.

### 2. معامل الاستطالة:

يعبر معامل الاستطالة عن مدي امتداد الحوض مقارنة مع الشكل المستطيل (الدليمي، 2009).

تدل نسبة الاستطالة علي اقتراب الحوض أو ابتعاده عن الشكل المستطيل وتقع نسبته بين ( 0 – 1) وكلما اقترب الرقم من الصفر دل هذا علي شدة استطالة الحوض، أما إذا اقتربت من الواحد الصحيح دل ذلك علي ابتعاد الحوض عن الشكل المستطيل (جبوري ، 1988 ،61). ويتم حسابه الصيغة الرياضية التالية:

$$Re = 1.1282 \times \frac{\sqrt{A}}{Lb}$$

حيث: $Re$ = معامل الاستطالة.

1.1282 = قيمة ثابتة.

$Lb$ = اقصي طول الحوض كم

$\sqrt{A}$= الجذر التربيعي لمساحة الحوض كم2

تبلغ نسبة استطالة حوض وادي كجا نحو **0.75**، مما يشير إلى أن الحوض **مستطيل الشكل نسبيًا وطويل** .ويعكس هذا الامتداد الطولي أن الحوض يتمتع بجريان سطحي موجه نحو المجرى الرئيس، مع زمن تركّز أطول مقارنة بالأحواض الدائرية، وهو ما يؤثر على توزيع الفيضانات وسلوك التصريف خلال مواسم الأمطار.

### 3. معامل الشكل:

يعطي هذا العامل فكرة عن مدي تناسق اجزاء الحوض ومدي انتظام الشكل العام له، يوضح العلاقة بين المساحة والطول فكلما اقترب الناتج من الواحد كان شكل الحوض أكثر تناسقاً بعيد عن شكل المثلث وكلما اقترب الناتج من الصفر الي عدم التناسق واقتراب شكل الحوض من المثلث (بدر ، 2012).

وقد اقترح (Horton ,1932) استخراج معامل الشكل من خلال المعادلة التالية:

$$RF = A / Lb^2$$

حيث ان: $RF$ = معامل الشكل

$A$ = مساحة الحوض كم2 $Lb^2$ = مربع طول الحوض كم

يبلغ معامل الشكل لحوض وادي كجا نحو **0.44**، مما يدل على أن الحوض **ذو امتداد طولي نسبيًا** .ويشير هذا إلى أن الحوض يميل إلى **الجريان الموجه والطويل نحو المجرى الرئيس**، مع احتمالية وصول المياه ببطء أكبر مقارنة بالأحواض الدائرية، وهو ما يؤثر على نمط الجريان السطحي وسلوك التصريف أثناء مواسم الأمطار.

**جدول رقم (3): الخصائص الشكلية للحوض**

| المعامل المورفومتري | نسبة الاستدارة | نسبة الاستطالة | معامل الشكل |
|---|---|---|---|
| قيمة المعامل | 0,47 | 0,75 | 0,44 |

**المصدر**: الباحث بالاعتماد علي بيانات الارتفاع الرقمي DEM

## ثالثاً: الخصائص التضاريسية:

تعد الخصائص التضاريسية للحوض من الخصائص المهمة في الدراسات المورفومترية والجيومورفومترية، إذ يشتد تضرس الحوض كلما ازدادت صلابة الصخور، وأن شدة تضرس الحوض ترتبط بعمليات تكتونية، فالارتفاع عند بيئة المنبع والانخفاض عند بيئة المصب يؤديان إلى زيادة التضرس والانحدار، كما يشتد تضرس الحوض كلما ازدادت عمليات التعرية في منطقة الدراسة ضمن مناطق الضعف الجيولوجي خلال فترة زمنية طويلة، وأن دراسة هذه الخصائص لمعرفة عمليات التعرية المائية والريحية التي شكلت سطح الأرض، وتوضيح مدى تطور أحواض منطقة الدراسة وتعرضها للدورات الحتية، ووضعت معايير لمعرفة الخصائص التضاريسية لحوض منطقة الدراسة( سلامة، 2001م، ص176).

### 1. نسبة التضرس:

هي النسبة بين أعلي واخفض نقطة في الحوض إلي الطول الحقيقي للحوض (ابورية،2007). ويعبر عن نسبة التضرس رياضياً بالعلاقة الرياضية التالية:

$$Ra = H_{m_{ax}} - H_{m_{in}}/Lb$$

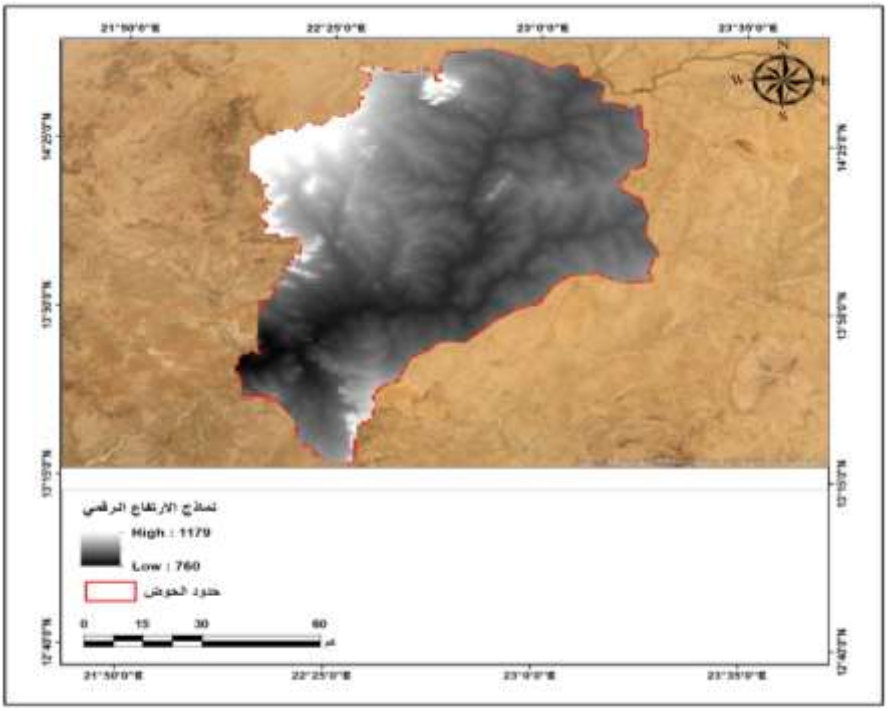
حيث ان: $Ra$ = معامل التضرس

$H_{m_{ax}}$ = منسوب أعلي نقطة في الحوض

$H_{m_{in}}$ = منسوب أدني نقطة في الحوض

$Lb$ = طول الحوض

بلغت نسبة التضرس لحوض وادي كجا نحو (0.003)، وهي قيمة منخفضة تعكس ضعف التباين التضاريسي داخل الحوض مقارنة بطوله البالغ 136.47 كم، حيث يبلغ المدى التضاريسي 419 م بين أعلى ارتفاع 1179 م وأدنى ارتفاع 760 م. وتشير هذه القيمة مورفومتريًا إلى سيادة ميل التضاريس صغير نسبيًا واتساع الأسطح شبه المستوية داخل الحوض، مما يدل على انخفاض الطاقة الانحدارية للمياه الجارية وتراجع الحت الرأسي مقابل زيادة نسبية في عمليات النقل والترسيب، خاصة في الأجزاء الوسطى والدنيا من الحوض.




**شكل (3) نموذج الارتفاع الرقمي DEM لحوض وادي كجا**

**المصدر**: عمل الباحث اعتماداً علي نموزج الارتفاع الرقمي DEM وبرنامج ARC Gis

## 2. قيمة الوعورة:

تشير قيمة الوعورة إلي مدي تضرس الحوض، ثم مدي انحدار المجري المائي فيه، بالاعتماد علي كثافة الصرف الطولية للحوض ، وارتفاع هذه القيمة يعني شدة التضرس وسيادة التعرية المائية ونقل الرواسب في المنابع العليا للأحوض إلي اسفل المنحدارات ( تراب ، 1997).

$$R_n = D_d \times H \div 1000$$

حيث: $R_n$ = قيمة الوعورة

$D_d$= كثافة التصريف $H$ = فرق الارتفاع (م)

بلغت قيمة الوعورة (Ruggedness Number) لحوض وادي كجا نحو 0.06، وهي قيمة منخفضة تعكس ضعف درجة التشريح التضاريسي داخل الحوض نتيجة انخفاض المدى التضاريسي 419 م (وتدني كثافة التصريف 0.15) كم/كم². وتشير هذه النتيجة مورفومتريًا إلى سيادة الانحدارات اللطيفة والأسطح شبه المستوية، مما يحد

من شدة التعرية الرأسية ويعزز نسبيًا عمليات النقل والترسيب، وهو ما يعكس طبيعة تضاريسية معتدلة نسبيًا للحوض.

### 3. النسيج الحوضي:

يعبر عن درجة تقطع الحوض بالمجاري الثانوية، ويعد مؤشراً لمدي كثافة الصرف فية، إذ ان الأودية التي تتقارب مع بعضها وتزداد أعدادها تدل علي شدة تقطع الحوض وارتفاع معدلات التعرية فيه ( Stanly ,1977).

إذ يعد النسيج الحوضي خشن إذا كان معدل النسيج الطبوغرافي اقل من (4 مجري/كم) ، ومتوسط النسيج إذ كان بين (4،10 مجري /كم) ويتم حساب معدل النسيج الحوضي من خلال المعادلة:

$$TR = \frac{N_U}{P}$$

حيث ان: $TR$ = نسيج الحوض

$N_U$ = مجموع اعداد المجاري للحوض المائي $P$ = محيط الحوض المائي(كم)

وفي ضوء ذلك يمكن تقسيم النسيج الحوضي على ثلاث مراتب بحسب تصنيف (Smith):

* خشن إذا كان معدل النسيج للحوض المائي أقل من 4 وادي/كلم
* متوسط إذا كان معدل نسيج للحوض المائي بين ( 4،10 وادي /كم).
* ناعم إذا كان معدل نسيج للحوض المائي أكثر من (10 وادي/كم) (البيواتي، 1995).

بلغ معدل النسيج الحوضي لحوض وادي كجا 0.016 وادي/كم، ويُصنف وفق تصنيف سميث كشبكة خشن جدًا، ما يعكس ضعف كثافة المجاري المائية وانخفاض التشريح التضاريسي. وتشير هذه القيمة إلى أن الحوض يتميز بنسيج تصريفي خشن وانحدارات لطيفة، مع نشاط جيومورفولوجي متوسط واستجابة هيدرولوجية معتدلة، حيث يقل الحت الرأسي ويزداد تراكم الرواسب داخل مجاري الحوض.

**جدول رقم (4): الخصائص التضاريسية**

| المعامل المورفومتري | نسبة التضرس | قيمة الوعورة | النسيج الحوضي |
|---|---|---|---|
| قيمة المعامل | 0.003 | 0.06 | 0.016 |

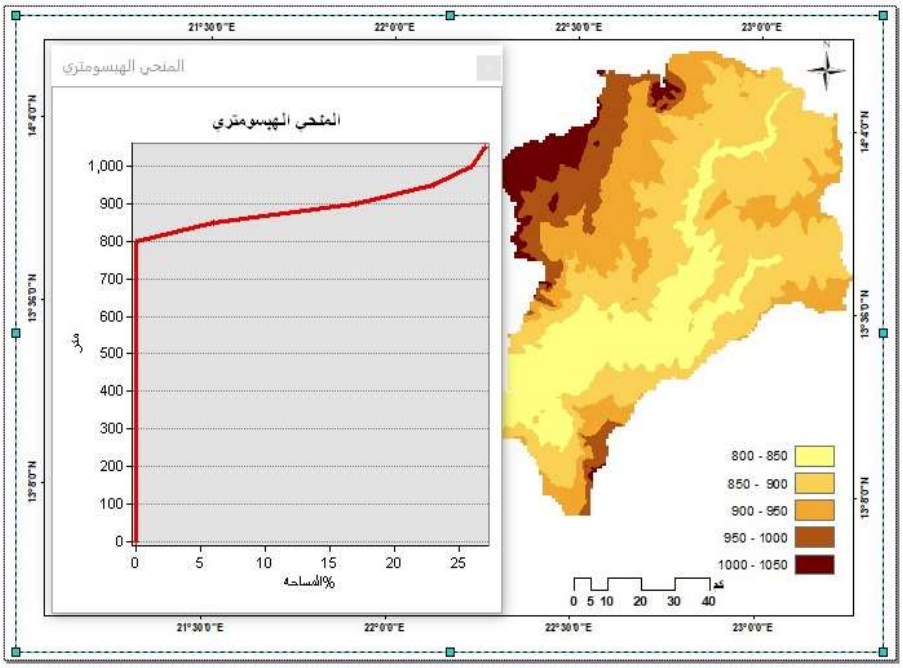
**المصدر**: الباحث بالاعتماد علي بيانات الارتفاع الرقمي DEM

## 4. المعامل الهبسومتري:

تم إعداد المنحني الهبسومتري لحوض وادي كجا اعتماداً علي بيانات نموذج الارتفاع الرقمي DEM وقد استخرج البيانات بواسطة برنامج ARC MAP، ويوضح المنحني العلاقة بين المساحة النسبية للحوض وارتفاعه علي محورين (س، ص).

يحدد هذا المعامل المرحلة التي يمر بها الحوض وقد قام (1952 Strahler) بتقسيم المراحل حسب قيمة التكامل الهبسومتري إلي مرحلة الشيخوخة ( 40 فأقل) ومرحلة النضج (60،40) ومرحلة الشباب (60) ،(79.5).

قيمة التكامل الهيبسومتري لحوض وادي كجا 79.5% تُصنف الحوض في مرحلة الشباب المتقدم حسب تصنيف (1952) Strahler هذا يشير إلى سيادة التعرية الرأسية، ووجود أودية ضيقة وانحدارات شديدة، مما يعكس حداثة عمر الحوض ونشاط تكتوني حديث، مع تضاريس وعرة وصخور مقاومة تعيق التعرية الجانبية، مؤكدة أن الحوض لا يزال في مرحلة تطور مبكرة.




**شكل (4) منحني الهبسومتري لحوض وادي كجا**

**المصدر:** عمل الباحث اعتماداً علي نموزج الارتفاع الرقمي DEM وبرنامج ARC Gis

## رابعاً: الخصائص المورفومترية:

يطلق مصطلح خصائص شبكة التصريف المائي على الشكل العام، الذي تظهر به مجموعة المجاري المائية المختلفة بحوض التصريف، وهي المحصلة النهائية التي تنتُج عن ارتباط نوع الصخر، ونظامه من جهة، والظروف المناخية من جهة أخرى.

والنمط النهري هو الشكل الناتج عن اتصال رافد النهر بالنهر الرئيس أو بعضهما ببعض؛ إذ يعكس نمط التصريف النهري العلاقة بين طبيعة التضاريس، ودرجة انحدار السطح واختلاف الطبيعة الصخرية، ونظام بنية طبقاتها، ومقدار تجانس الصخور فيها، وأثر حركات الرفع التكتونية، وعمليات التصدع، فضلاً عن طبيعة المناخ السائد، ودرجة التطور الحتي للحوض، التي تؤثر في تعديل وتشكيل الصرف النهري (محسوب، 1997م، ص193).

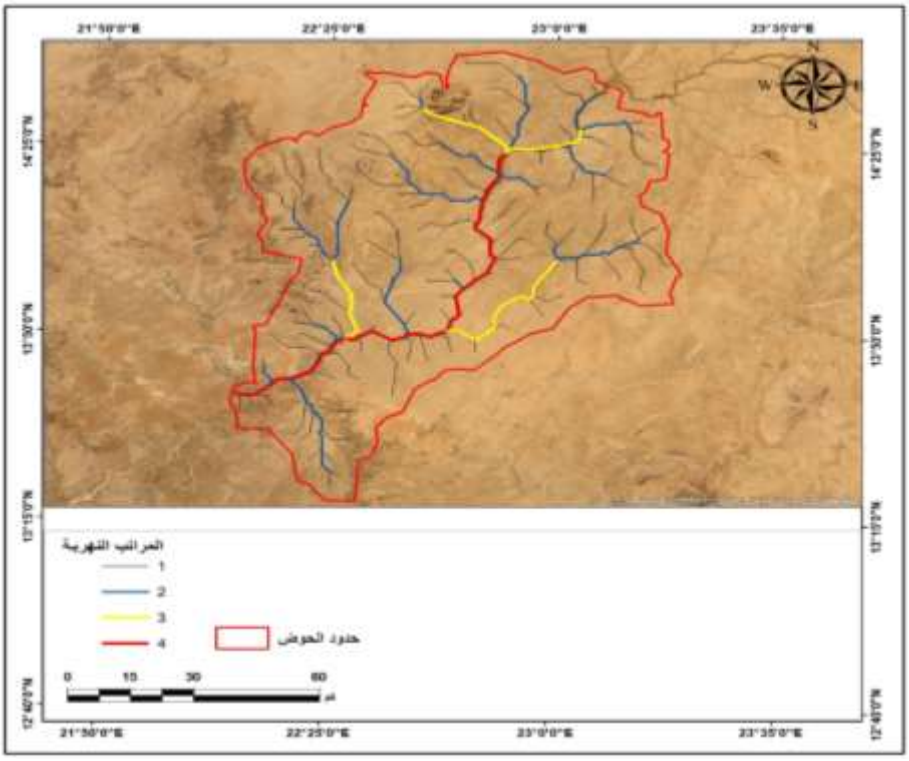
تتألف الشبكة المائية للحوض المائي من الروافد الرئيسية والثانوية، فضلاً عن المجري الرئيس في الحوض المائي، ولدراسة الخصائص أهمية في الدراسات الجيمورفولوجية والهيدرلوجية ومنها:

### 1. رتب المجاري المائية واعدادها:

هي الترتيب الرقمي لمجموعة الروافد، التي تشكل شبكة الصرف، لأي عدة طرائق لتصنيف الشبكة النهرية إلى مراتبها (Strahlar, 1960, p483)، إلا أن أكثر هذه الطرائق قبولاً، هي طريقة ستريلر وملخص هذه الطريقة أن الأنهار الأولية تمتلك المرتبة الأولى، أما المرتبة الثانية؛ فتتكون من تجمع فرعين من المرتبة الأولى، وتتكون المرتبة الثالثة من تجمع فرعين من المرتبة الثانية، وهكذا في بقية المراتب، حتى تصل إلى المصب الرئيس للنهر.

وقد بلغ عدد الرتب في الحوض 4 رتب بينما بلغ مجموع المجاري للمراتب كافة في حوض وادي كجا 133 مجري وكانت حصة المرتبة الاولي منها 105 مجري بنسبة 78,95% في حين تسجل المرتبة الثانية 23 مجري بنسبة 17,29%، ونحو4 مجاري في المرتبة الثالثة بنسبة 3,01%، أما المرتبة الرابعة فبلغت مجري واحد بنسبة 0.75%.

ويلاحظ أن أعداد المجاري تتناقص بسرعة مع زيادة الرتبة وهذا ما يتوافق مع ذكره Horton،1945 في قانون المتعلق بعدد المجاري المائية (ابوالعينين، 1999).




**شكل ( 5) المراتب النهرية في حوض وادي كجا**

**المصدر**: عمل الباحث اعتماداً علي نموزج الارتفاع الرقمي DEM وبرنامج ARC Gis

## 2. أطوال المجاري:

يبلغ مجموع أطوال مجاري الشبكة المائية في حوض وادي كجا 1269,80 كم، وتتباين أطوالها حسب المراتب كما مبين في الجدول (5) فتسجل أطوال المجاري في المرتبة الاولي نحو766,65كم بنسبة 60,37% في حين يصل مجموع أطوال مجاري الشبكة المائية في المرتبة الثانية 265,22 كم بنسبة 20,89%، وسجل أطوال المجاري في المرتبة الثالثة114,21 كم بنسبة 9%، اما مجموع أطوال مجاري المرتبة الرابعة فبلغ123,72 كم بنسبة 9,74%.

**جدول( 5 ) عدد المجاري واطوالها**

| المراتب | عدد المجاري المائية | % | اطوال المجاري المائية | % |
|---|---|---|---|---|
| الاولي | 105 | 78.95 | 766.65 | 60.37 |
| الثاني | 23 | 17.29 | 265.22 | 20.89 |
| الثالثة | 4 | 3.01 | 114.21 | 9.00 |
| الرابعة | 1 | 0.75 | 123.72 | 9.74 |
| المجموع | 133 | 100 | **1269.80** | 100 |

**المصدر**: الباحث بالاعتماد علي بيانات الارتفاع الرقمي DEM

## 3. نسبة التشعب:

هي العلاقة بين عدد المجاري في كل مرتبتين متتاليتين (الدليمي، 2000). وتتحكم نسبة التشعب في معدل التصريف حيث توجد علاقة عكسية بين نسبة التشعب وخطر الفيضان، إذ أنه كلما قلت نسبة التشعب في الاحواض تقل كثافة التصريف وبالتالي فإن المياه تتجمع في مجاري قليلة ومحدودة فتعطي جرياناً سطحياً سريعاً مما يسمح بحدوث خطر الفيضان، أما إذا زادت نسبة التشعب في الاحواض فإن كثافة التصريف تزيد مما يؤدي إلي توزيع المياه علي عدد أكبر من المجاري فتصل إلي المجري الرئيسي وهي متشتتة وبالتالي يقل خطر فيضانها.

تعد نسبة التشعب أحد المؤشرات التي توضح تماثل بيئة الحوض الجيولوجية وأحواله المناخية أو انعدام مثل هذا التماثل، إذ اقترب نسبة التشعب بين مجاري مراتب النهرية من (5,3) دليل علي تشابه حوض النهر جيولوجياً ومناخياً وأن ارتفاع أو انخفاض هذه النسب عن الحدود المذكورة دليل علي عد التماثل الحوض جيولوجياً ومناخياً. وتحسب نسبة التشعب كالتالي:

$$R = N_U \div N_U + 1$$

حيث ان: $R$ = نسبة التشعب

$N_U$ = عدد مجاري رتبة ما $N_U$ = عدد مجاري الرتبة التي تليها.

تشير نسب التشعب في حوض الدراسة إلى أن الرتبة الثانية تشهد أعلى تفرع (5.75)، تليها الأولى (4.57)، ثم الثالثة (4.00). مورفومتريًا، يعكس هذا نمط شبكة

تصريف معتدل إلى خشن، حيث تزداد التفرعات في الرتب المتوسطة، مما يدل على تأثير التضاريس والبنية الجيولوجية في تنظيم المجاري المائية للحوض.

**جدول ( 6 ) معدل التشعب للمجاري المائية**

| رتب المجاري | عدد المجاري | % | نسبة التشعب |
|---|---|---|---|
| الاولي/الثانية | 105 / 23 | 78,4 | 4.57 |
| الثانية/الثالثة | 23 / 4 | 18 | 5.75 |
| الثالثة/الرابعة | 4 / 1 | 3,1 | 4.00 |
| المجموع | 133 | 100 | - |

**نسبة التشعب العام = 4.77**

تشير نسبة التشعب العام للحوض (4.77) إلى أن الشبكة النهرية تتميز بتفرع متوسط ومستقر نسبيًا.

يعكس هذا التوازن تأثير العوامل البنيوية والجيولوجية على توزيع المجاري ومقاومة الصخور للتعرية.

كما يدل على استجابة معتدلة للهطولات المطرية وقدرة جيدة على تصريف المياه ونقل الرواسب.

بناءً على ذلك، يُصنف الحوض ضمن الأحواض ذات الشبكة النهرية المتوسطة التطور في بيئة شبه جافة.

## 4. كثافة التصريف الطولية:

وهي النسبة بين مجموع أطوال المجاري النهرية والمساحة الكلية للحوض، وتم الحصول علي قيمة الكثافة التصريفية من خلال المعادلة التالية التي وصفها( Horton ,1932).

$$Dd = L \div A$$

حيث ان: $Dd$ =كثافة التصريف

$L$ =مجموع أطوال المجاري(كم). $A$ = مساحة الحوض(كم2).

تشير كثافة التصريف الطولي المنخفضة 0.15 كم/كم² إلى أن حوض وادي كجا يتميز بضعف تفرع الشبكة المائية وقلة كثافة المجاري. ويعكس ذلك ارتفاع معدلات

التسرب ونفاذية التربة، إضافة إلى سيادة الصخور المقاومة للتعرية. كما يدل على أن الحوض يقع ضمن بيئة شبه جافة ذات أمطار محدودة، مما يقلل من تطور الشبكة النهرية ويجعل تصريف المياه أقل كفاءة وأكثر تشتتًا.

## 5. تكرار المجاري ( كثافة التصريف العددية):

تسمي ايضاً بكثافة العددية ويعبر عنها العلاقة النسبية بين عدد المجاري النهرية ومساحة الحوض، وعليه فإن زيادة عدد المجاري يزيد من الكثافة التصريفية المائية، وبالتالي يزيد نشاط عمليات التعرية، وقد تم استخراج معامل تكرار المجاري لحوض وادي كتم بتطبيق المعادلة التي اقترحها Horton( 1945)

$$DF = N \div A$$

حيث ان: $DF$ = تكرار المجاري

$N$ = عدد مجاري الحوض $A$ = مساحة الحوض كم2

تشير كثافة التصريف العددية المنخفضة **0.016 مجرى/كم²** إلى ضعف انتشار المجاري المائية داخل حوض وادي كجا، مما يعكس انخفاض معدلات الجريان السطحي مقابل ارتفاع التسرب. كما تدل على سيادة صخور منفذة وتربة ذات قدرة عالية على الامتصاص، إضافة إلى محدودية التساقطات المطرية. ويؤكد ذلك أن الحوض يقع ضمن بيئة شبه جافة تتسم بقلة تطور الشبكة النهرية وانخفاض كفاءتها التصريفية.

**جدول (7) الخصائص الموفورمترية**

| المعامل المورفومتري | عدد المراتب | عدد المجاري | معدل نسبة التشعب | كثافة التصريف | تكرار المجاري |
|---|---|---|---|---|---|
| قيمة المعامل | 4 | 133 | 4.77 | 0.15 | 0.016 |

**المصدر**: الباحث بالاعتماد علي بيانات الارتفاع الرقمي DEM

**النتائج:**

- إنشاء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية لحوض وادي كجا بواسطة نظم المعلومات الجغرافية وباستخدام بيانات نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة 30 متر.
- استخلاص القياسات المورفومترية المساحية والتضاريسية وخصائص الشبكة المائية لحوض وادي كجا بدقة وبسرعة اعتماداً علي نظم المعلومات الجغرافية.
- أظهرت نتائج التحليل المورفومتري أن حوض وادي كجا يتميز بمساحة كبيرة بلغت **8211.18كم²** وطول يصل إلى **136.47كم**، مما يعكس امتدادًا طوليًا واضحًا يؤثر في سلوك الجريان السطحي.
- بينت الخصائص الشكلية أن الحوض يميل إلى الشكل المستطيل الطولي، حيث بلغت نسبة الاستدارة **0.47** ومعامل الاستطالة **0.75**، وهو ما يؤدي إلى إطالة زمن تركّز المياه وتقليل حدة الفيضانات المفاجئة.
- كشفت النتائج التضاريسية عن انخفاض نسبة التضرس (0.003) وقيمة الوعورة (0.06)، مما يدل على سيادة ميل
- التضاريس صغير نسبيًا واتساع الأسطح شبه المستوية داخل الحوض
- تُشير قيمة التكامل الهيبسومتري (79.5%) إلى أن حوض وادي كجا يقع في **مرحلة الشباب المتقدم**، مما يعكس حداثة تطوره الجيومورفولوجي وسيادة التعرية الرأسية.
- بلغ متوسط نسبة التشعب **4.77**، وهي قيمة تشير إلى تفرع متوسط للشبكة المائية وتجانس نسبي في الظروف الجيولوجية والمناخية، مع تطور طبيعي متوازن للمجاري المائية.
- سجلت كثافة التصريف الطولية **0.15) كم/كم²** (والتكرار العددي **0.016) مجرى/كم²** (قيماً منخفضة، مما يدل على ضعف كثافة الشبكة المائية وارتفاع معدلات التسرب وسيادة الظروف شبه الجافة داخل الحوض.

## التوصيات

- ضرورة توظيف نتائج التحليل المورفومتري في **التخطيط المائي** للحوض، خاصة في مجال حصاد مياه الأمطار واستغلال الموارد المائية الموسمية.
- إنشاء **سدود صغيرة وحفائر مائية** في الأجزاء العليا والوسطى من الحوض لزيادة تخزين المياه وتقليل الفاقد بالتسرب.
- الاهتمام بإجراء دراسات تفصيلية حول **مخاطر السيول والفيضانات** رغم انخفاض الكثافة التصريفية، خاصة في فترات الأمطار الغزيرة المفاجئة.
- تعزيز استخدام تقنيات **نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد** في متابعة التغيرات البيئية والتوسع العمراني داخل الحوض.
- حماية التربة من التدهور عبر تطبيق أساليب **إدارة الأراضي ومكافحة التعرية**، خاصة في المناطق ذات الانحدارات النسبية.
- إجراء دراسات جيولوجية وهيدرولوجية أكثر تفصيلاً لفهم **العلاقة بين نوع الصخور ونفاذيتها** وتأثيرها على الجريان السطحي.
- دعم برامج **التنمية الزراعية المستدامة** في الحوض من خلال تحسين استغلال المياه السطحية والجوفية بما يتناسب مع طبيعة البيئة شبه الجافة.

## قائمة المصادر والمراجع

### المراجع العربية:


- أبو العينين، حسن سيد أحمد (1999). حوض وادي دبيا في دولة الإمارات العربية المتحدة. جامعة الكويت، الكويت.
- العلواني، محمد عطايا (2005). التحليل الرياضي المورفومتري لبعض الأودية الساحلية بمنطقة الجبل الأخضر. رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة قاريونس، بنغازي، ليبيا.
- العوامة، أحمد صالح (2006). التحليل الجيومورفومتري لحوض وادي غان. أكاديمية الدراسات العليا، طرابلس.
- ابورية، أحمد محمد (2007). المنطقة الممتدة بين القصير ومرسى أم غيج: دراسة

جيومورفولوجية. رسالة دكتوراة غير منشورة، قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعة الإسكندرية.

– الدليمي، خلف حسب (2009). التضاريس الأرضية: دراسة جيومورفولوجية علمية تطبيقية. ط1، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان.

– العمري، عبدالمحسن صالح (2011). تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية لأحواض التصريف في منطقة كريتر– عدن باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. بحث منشور في كتاب الندوة العلمية، عدن، الجمهورية اليمنية، 18–19 يناير 2011، ص 405–418.

– بدر، هدي هاشم (2012). التحليل المورفومتري الكمي لحوض وادي المر وتقييم نوعية المياه الجارية فيه. مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية، العدد 28.

– عاشور، محمود محمد (1986). طرق التحليل المورفومتري لشبكات الصرف المائي. حولية الإنسانيات والعلوم الاجتماعية، العدد 9، جامعة قطر.

– البيواني، أحمد علي حسن (2000). التحليل الكمي لخصائص الشبكة النهرية لحوض وادي الثرثار: دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية. مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، العدد 43.

– صالح، منصف محمد، وآخرون (2020). استخدام نموذج الارتفاع الرقمي DEM في تحليل المتغيرات المورفومترية لحوض وادي الملكة بالجبل الأخضر شمال شرق ليبيا. مجلة السلام الدولية للعلوم الإنسانية والتطبيقية، العدد 2، نوفمبر 2020.

– تراب، محمد مجدي (1997). التطور الجيومورفولوجي لحوض وادي القصب بالنطاق الشرقي من جنوب شبه جزيرة سيناء. المجلة الجغرافية، الجمعية الجغرافية المصرية، السنة 19، العدد 30، ص 272.

– محسوب، محمد صبري (1997). جيومورفولوجية الأشكال الأرضية. ط1، دار الفكر العربي، القاهرة.

– السبيعي، سليمان يحي(2026م) بعنوان تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي جارف باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، مجلة كلية الاداب، جامعة مصراته، ليبيا. العدد 21، يونيو 2026

– العوضي، حمدينه عبد القادر (2016)، الجيومورفولوجيا– دراسة أصولية وتطبيقية لأشكال

سطح الأرض، دار المعرفة الجامعية، ج1، الإسكندرية.

– مكولا، باترك (1986)، الأفكار الحديثة في الجيومورفولوجيا، ترجمة: وفيق الخشاب وعبد العزيز حميد الحديثي، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة بغداد، بغداد.

– سلامة، حسن رمضان،(2001)، أصول الجيومورفولوجيا، مطبعة دار المسيرة، عمان، الأردن.

## المراجع الاجنبية:

–Yang, M. S., & Lee, K. T. (2001). Determination of probability distributions for Strahler stream length based on Poisson process and DEM. *Hydrological Sciences Journal*, 46(5), 813–855.

–Charave, S. (2011). Morphometric analysis using GIS techniques: A case study of Valheri River basin, a tributary of the Tapi River in Nandurbar District (M.S.). International Referred Research Journal, 3(31), 62–63.

–Gregory, K. J.,& Walling, D. E. (1973), Basin form and prossess age morphological approach, Edward Arnold

–Zovoiaun, I. (1985). Morphometry of drainage basins. New York: Elsevier.

–Miller, V. C. (1953). A quantitative geomorphic study of drainage basins characteristics in the Clinch Mountain area, Virginia and Tennessee. *Columbia University, Department of Geology, Technical Report No. 3*, Contract N6 ONR 271–300.

–Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (Area–Altitude) analysis of erosional topography. *Bulletin of the Geological Society of America*, 63, 1117–1142.

–Strahlar, A.N. (1960), Physical Geography, John Wiley and sSons, New York, 2nd Editon.

–Horton.R E. (1945), Erosional development of stream and their drainage basins ,geo.amer.bull..v.56