



تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي جارف باستخدام نظم المعلومات الجغرافية

*سليمان يحيى السبيعي

قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة سرت، ليبيا

*E-mail: dr.soliman.alsubaie@su.edu.ly

الاقْتباس: السبيعي، سليمان يحيى. (2026). تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي جارف باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. مجلة كلية الآداب جامعة مصراتة (Faculty of Arts Journal). 21، 139-165.
<https://doi.org/10.36602/faj.2026.n21.08>

نشر إلكتروني: 2026-03-05

تاريخ القبول: 2026-03-04

تاريخ التقديم: 2026-01-06

ملخص البحث

تهدف الدراسة إلى تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي جارف عن طريق تحليل ومعالجة بيانات نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) Digital Elevation Model المستخرجة من المرئية الفضائية (ASTER) بدقة تمييزية (30) متر، من خلال توظيف برمجيات نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، لتحديد واستخلاص شبكة التصريف المائية وتصنيف رتبها وفقاً لتصنيف (Strahler, 1957)، كما تم استخدام المعادلات الرياضية في حساب قيم (22) مُتغيراً مورفومترياً والتي تشمل: الخصائص المساحية، التضاريسية، والشكلية إضافة إلى خصائص شبكة التصريف المائي. توصلت الدراسة إلى أن حوض وادي جارف يعتبر من الأحواض الكبيرة في المنطقة، حيث بلغت مساحته حوالي 2690.45 كم²، ومحيط حوضه 375.2 كم، ويميل الحوض إلى الاستطالة بقيمة 0.54، وبلغت كثافة التصريف 1.602 كم³/كم²، وبلغت شبكة التصريف المائية للحوض الرتبة السادسة. شكلت مجري الرتبة الأولى والثانية حوالي 95.46 % من إجمالي عدد الروافد وأطوالها. وبلغت نسبة التشعب حوالي 4.962 مجرى/كم.

الكلمات المفتاحية: وادي جارف، الخصائص المورفومترية، نموذج الارتفاعات الرقمية، نظم المعلومات الجغرافية، نسبة التشعب.

1. المقدمة

للتحليل المورفومتري الذي قدمه هورتون Horton لأول مرة عام 1945 في مجال هيدرولوجية أحواض التصريف المائية دور فعال في فهم خصائص هذه الأحواض وطرق تكوينها وتطورها، حيث عزز التحليل المورفومتري لأحواض التصريف فهم كيفية تأثير شبكات التصريف السطحي علي خصائص التضاريس وتقييم أنظمة التصريف كميًا (Padala & Mathew, 2024) وقد مهدت كل هذه الأعمال لظهور المدرسة المورفومترية في الدراسات الجيومورفولوجية وتطورها بشكل كبير، لتكون نواة لظهور علم الجيومورفومتري (Geomorphometry) الذي يهتم بتحليل وقياس أشكال سطح الأرض كميًا (شحدة، 2016، ص 88).

غير أن وسائل التحليل المورفومتري الحديثة باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية أخذت تتطور بسرعة هائلة، وأصبحت تأخذ مكانة هامة في البحوث الجيومورفولوجية، وحلت محل الطرق التقليدية. حيث أثبتت تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية GIS أنها فعالة للغاية وذات كفاءة كبيرة في التحليل المورفومتري لأحواض التصريف المائية، حيث توفر هذه التقنيات منصة قوية تسمح بإدارة البيانات الضخمة واسترجاعها وعرضها وتحليلها وتخزينها. مما يُتيح التعامل مع المشكلات المعقدة في التحليل المورفومتري لأحواض التصريف. بما توفره من وقت وجهد ودقة في إنجاز العمليات التحليلية للأودية والمجاري النهرية.

تزايد الاهتمام مؤخراً بدراسة الأحواض المائية في ليبيا، وذلك بسبب تزايد المخاطر البيئية الناتجة عن جريان تلك الأحواض، وزيادة احتمالية حدوث ظاهرة السيول بها، لا سيما

يهتم علم الجيومورفولوجيا بدراسة العمليات الميكانيكية والكيميائية التي تحدث فوق سطح الأرض أو بالقرب منه، والتي تؤدي إلى تكوين وتطور السمات الطبوغرافية لسطح الأرض. ومن خلال دراسة هذه العمليات؛ يهدف علم الجيومورفولوجيا إلى تحديد وفهم التغيرات التي تطرأ على سطح الأرض عبر الزمن، بالإضافة إلى الأسباب الكامنة وراء هذه التغيرات، ومن ناحية أخرى يُشير مصطلح (علم المورفولوجي) إلى التخصص العلمي المعني بقياس وتحليل أشكال سطح الأرض وتكوينها، مما يوفر فهماً كميًا لخصائص أشكال سطح الأرض (Rafiq et al., 2013).

لقد خضع تطور أساليب قياس أشكال سطح الأرض لعملية طويلة، فمنذ منتصف القرن العشرين شهدت الدراسات الجغرافية عموماً، والجيومورفولوجية خصوصاً ثورةً كميّةً، بعدما كان البحث الجغرافي يعتمد على الأساليب الوصفية في دراساته، وعلى الرغم من أنها كانت دراسات رائدة إلا أنها أثمرت بقلة الموضوعية، وتأثيرها الشديد بخبرات الباحثين وخلفياتهم العلمية المختلفة، وأرائهم الشخصية، وكانت هذه من أبرز المآخذ على المنهج الوصفي القديم، الذي قاده في الجيومورفولوجيا مؤسسه الفذ وليم موريس ديفيز (شحدة، 2016، ص 87).

وقد لعبت أعمال هورتون (Horton, 1932-1945)، ولانغباين (Langbein, 1947)، وسميث (Smith, 1950)، وشوم (Schumm, 1956)، وستراهلر (Strahler, 1957) دوراً محورياً في تحويل دراسة أحواض التصريف النهرية من منهج وصفي واستنتاجي إلى منهج كمي دقيق. وقد كان

1.2 مشكلة الدراسة:

قام الباحث بطرح عدد من التساؤلات لجعل الإطار المنهجي للبحث أكثر تحديداً ومن أهمها:

- 1- هل تؤثر الخصائص الجيولوجية على الخصائص المورفومترية لحوض وادي جارف وشبكته المائية؟
- 2- هل يمكن حساب الخصائص المورفومترية لحوض وادي جارف باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية؟
- 3- ما مدى كفاءة الاستخراج الآلي للخصائص المورفومترية لحوض التصريف من خلال معالجة وتحليل بيانات نموذج الارتفاعات الرقمية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية؟

1.3 فرضيات الدراسة:

- 1- تؤثر الخصائص الجيولوجية التي تشمل التركيب الصخري Lithology ونظام بنية الطبقات Structure على الخصائص المورفومترية للأحواض المائية، سواء في نشأتها أو تطورها.
- 2- يمكن حساب الخصائص المورفومترية لحوض وادي جارف باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية، من خلال معالجة وتحليل نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM).
- 3- أثبتت تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية GIS أنها فعالة للغاية وذات كفاءة كبيرة في التحليل المورفومتري لأحواض التصريف المائية، حيث توفر هذه التقنيات منصة قوية تسمح بإدارة البيانات الضخمة واسترجاعها وعرضها وتحليلها وتخزينها. مما يُتيح التعامل مع المشكلات المعقدة في التحليل المورفومتري لأحواض التصريف.

ونحن نعيش مرحلة التغير المناخي الذي يشهده العالم خلال هذه السنوات، وما يتبعه من تعاقب دورات الجفاف والفيضانات. وخير مثال على ذلك ما حدث في وادي درنة عقب إعصار دانيال يوم 10 سبتمبر 2023م، والتي تعتبر أكبر الكوارث الطبيعية التي شهدتها ليبيا عبر التاريخ، حيث أدت هذه الكارثة إلى وفاة حوالي 5923 شخص (تقرير النتائج السنوي للأمم المتحدة في ليبيا 2023، ص 7)، وتدمير آلاف المباني في المدينة وجرفها إلى البحر.

وفي هذا الإطار تأتي الدراسة الحالية متواكبة مع هذا الاتجاه؛ الذي يهدف إلى إنشاء قاعدة بيانات جغرافية لأحواض التصريف المائية بمنطقة سرت، حيث تشكل الدراسات المورفومترية لأحواض الجافة خطوة مهمة نحو فهم العمليات الجيومورفولوجية وتطورها، ومن خلالها يتم الكشف عن الأنماط الجيولوجية والترسيبية التي تسهم في نشأتها، مما يساعد في تفسير ديناميكيات السطح وتحديد تأثيرات المناخ والتغيرات البيئية على تشكيل المظهر الجيومورفولوجي لهذه الأحواض.

كما تساهم هذه الدراسات في توجيه جهود التخطيط البيئي، والحفاظ على الموارد الطبيعية وتنميتها، وتساعد في تطوير استراتيجيات لإدارة مخاطر الفيضانات والإنذار المبكر. وبذلك تعتبر هذه الدراسات أداة فعالة للباحثين والمخططين يُستفاد منها في أبحاث الزراعة وموارد المياه، واختيار مواقع إنشاء السدود والتخطيط المستدام لاستخدام الأراضي والتنمية المستدامة وطرق التكيف مع التغيرات المناخية في هذه المناطق.

4.1 أهمية الدراسة:

1- تتمثل أهمية الدراسة في كونها تُعد بمثابة خطوة في توفير إطاراً مرجعياً لدراسة الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف المائية باستخدام نظم المعلومات الجغرافية بمناطق أخرى من ليبيا. إذ يُلاحظ افتقار الدراسات الجغرافية المحلية إلى هذا الإطار.

2- إن فهم الخصائص المورفومترية للأحواض المائية وتحليلها يمكن أن يوفر فهماً عميقاً لسلوك وخصائص العمليات الهيدرولوجية والتنبؤ بأنماط الجريان السطحي، وتحديد المناطق المعرضة للفيضان، وتساعد في تطوير استراتيجيات لإدارة مخاطر الفيضانات والإنذار المبكر.

3- تُبرز هذه الدراسة الأهمية البالغة لإنشاء قاعدة بيانات مورفومترية لأحواض التصريف المائية في المناطق الجافة وشبه الجافة التي تُعاني من تدهور عناصر المنظومة البيئية، يُستفاد منها في أبحاث الزراعة وموارد المياه، واختيار مواقع إنشاء السدود والتخطيط المستدام لاستخدام الأراضي والإدارة البيئية في هذه المناطق.

6.1 أهداف الدراسة:

تهدف الدراسة إلى تحقيق ما يلي:

1- استخلاص وتحليل الخصائص المورفومترية لحوض تصريف وادي جارف باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، وذلك بالاعتماد على معالجة بيانات نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM).

2- اشتقاق وبناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية لحوض وادي جارف من خلال نظم المعلومات الجغرافية.

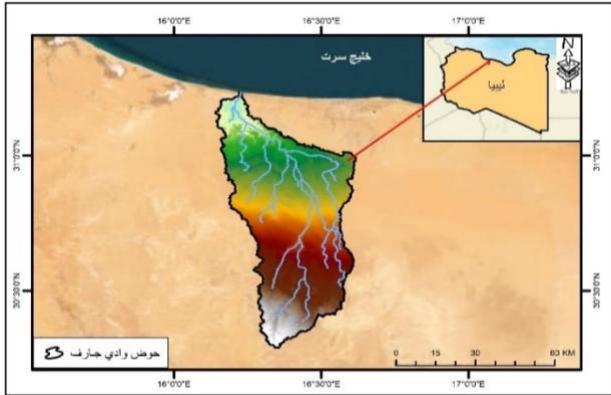
3- إنشاء خرائط رقمية على درجة عالية من الدقة لحوض وادي جارف وشبكته المائية بالاعتماد على نظم المعلومات الجغرافية.

5.1 منطقة الدراسة:

يقع حوض وادي جارف في وسط الشمال الليبي عند خليج سرت، إلى الغرب من مدينة سرت بحوالي 30 كم. ويمتد فلكياً بين خطي طول 20° 08' 16" - 07° 37' 16" شرقاً، وما بين دائرتي عرض 17° 17' 30" - 13° 31' 31" شمالاً كما يظهر من خلال الخريطة (1)، وينحدر الوادي من جبل ودان عند دور أم الملح الذي يمثل خط تقسيم المياه الجنوبي مع وادي تامت. حيث يتكون من التقاء فرعيه وادي المقيص الذي يمثل رافده الجنوبي الشرقي، ووادي أم الرتم الذي يمثل رافده الجنوبي الغربي، ليلتقي هذين الواديين عند ثم المقيص ويُشكِّلا مجرى واحد يسمى وادي جارف. والذي يشق مجراه ممتداً من الجنوب إلى الشمال ليصب في خليج سرت عند منطقة الثلاثين إلى الغرب من مدينة سرت بحوالي 30 كم. ليصل إلى البحر. يحده من الشرق خط تقسيم المياه مع وادي تلال حيث تفصلهما حمراية أم البقر في الشمال، وحمراية أبوقصيصة في الجنوب. ويحده من الغرب خط تقسيم المياه مع وادي تامت؛ حيث تفصل بينهما حمراية الجعيدي خريطة (1).

تبلغ مساحة حوض وادي جارف حوالي (2690.45 كم²)، ويصل أقصى طول للوادي من الجنوب إلى الشمال حوالي (108.46 كم)، ويبلغ أقصى عرض له حوالي (45.26 كم) في الجزء الذي يمتد من حمراية الجعيدي غرباً إلى

خريطة (1) الموقع الجغرافي لحوض وادي جارف



المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) باستخدام برنامج ARC MAP 10.8.

8.1. مصادر البيانات:

اعتمدت الدراسة على البيانات المشتقة من:

- 1- نموذج الارتفاعات الرقمية DEM يُغطي منطقة الحوض، من بيانات القمر الصناعي ASTER لسنة 2014 بدقة تمييزية 30*30 متر. لوحة ASTRGTM N30E16، ولوحة ASTRGTM N31E16.
- 2- البيانات الجيولوجية: أُشْتُقَّت من الخرائط الجيولوجية لسنوات 1977-1979-1980 بمقياس رسم 1:250000، لوحة القداحية ولوحة بونجيم ولوحة النوفلية، على التوالي، الصادرة عن مركز البحوث الصناعية، طرابلس، ليبيا.
- 3- الكتب والرسائل العلمية والأبحاث المنشورة التي تناولت موضوع الدراسة بحيث وفرت إطاراً مرجعياً يمكن الاعتماد عليه في دراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي جارف.
- 4- التحليل المورفومتري للبيانات من خلال تطبيق العديد من الصيغ والمعادلات الرياضية لحساب قيم المعاملات المورفومترية المساحية والشكلية والتضاريسية ومعاملات شبكة التصريف المائية، ويوضح الجدول (1) أهم الصيغ الرياضية المستخدمة في حساب المعاملات المورفومترية في حوض وادي جارف.

حماية أم البقر شرقاً، بينما يبلغ متوسط عرضه (25.5 كم)، في حين يبلغ محيط حوض الوادي حوالي (375.2 كم).

7.1 منهجية الدراسة:

لتحقيق أهداف الدراسة اعتمد الباحث على استخدام المنهج الوصفي Descriptive Method لوصف بعض الظواهر المورفولوجية والجيولوجية لحوض الوادي، كما اعتمد الباحث على استخدام المنهج التحليلي الكمي The quantitative analytical Method لتحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي جارف، اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) من خلال تطبيق المعادلات الرياضية من أجل حساب المعاملات المورفومترية لحوض وادي جارف وشبكته المائية. كما تم استخدام الأسلوب الكارتوجرافي في رسم الخرائط الرقمية لحوض الوادي وشبكته المائية.

وقد تم اختيار حوض وادي جارف للدراسة بناءً على مجموعة من المعايير العلمية والمنهجية، تمثلت في وضوح حدوده الطبوغرافية وإمكانية استخلاصه بدقة من نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، وتوافر البيانات الطبوغرافية والمرئيات الفضائية المناسبة لإجراء التحليل المورفومتري باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. كما يتميز الحوض بتباين خصائصه التضاريسية وشبكته المائية، مما يجعله نموذجاً ملائماً لدراسة العلاقات بين المعايير المورفومترية والسلوك الهيدرولوجي. إضافة إلى ذلك، يُعد الحوض من الأحواض التي لم تحظ بدراسات مورفومترية تفصيلية سابقة، الأمر الذي يحقق قيمة علمية مضافة للبحث الحالي.

جدول (1) الصيغ الرياضية المستخدمة في حساب المعاملات المورفومترية لحوض وادي جارف

المرجع References	صيغة المعادلة Formula	المعامل المورفومتري Morphometric parameter	No.
Areal parameters المعاملات المساحية			
GIS	GIS (km ²)	المساحة Area (A)	1
	GIS (km)	المحيط Perimeter (P)	2
Schumm (1956)	GIS (km)	الطول Length (L _b)	3
Schumm (1956)	GIS (km)	العرض Width (W)	4
Shape parameters معاملات الشكل			
Schumm (1956)	$R_c = 1.128 * \sqrt{A} / L_b$	معامل الاستطالة (R _c)	5
Miller (1953)	$R_c = 4 * 3.14 * A / P^2$	معامل الاستدارة (R _c)	6
Horton (1932)	$R_f = A / L_b^2$	معامل الشكل (R _f)	7
Chorely (1957)	$k = L_b^2 / 4 * A$	نسبة التفلطح (k)	8
Horton (1945)	$C_c = P / 2 * (3.14 * A)^{0.5}$	معامل الاندماج (C _c)	9
Relief parameters المعاملات التضاريسية			
Schumm (1963)	$B_h = H - h$	تضرس الحوض (B _h)	10
Schumm (1956)	$R_r = H / L_b$	نسبة التضرس (R _r)	11
Milton (1957)	$(R_{hp}) = (H/P * 100)$	التضاريس النسبية (R _{hp})	12
Strahler (1957)	$R_n = D_d * (\frac{H}{1000})$	درجة الوعورة (R _n)	13
Schumm (1956)	$D_t = N_u / P$	نسيج الحوض (D _t)	14
Strahler (1957)	$H_i = (\bar{H} - h) / (H - h)$	التكامل الهيسومتري (H _i)	15
Water network parameters معاملات الشبكة المائية			
Strahler (1957)	Hierarchical order (GIS)	الرتب النهرية (u)	16
Horton (1945)	GIS	أعداد المجاري (N _u)	17
Horton (1945)	GIS (km)	أطوال المجاري (L _u)	18
Schumm (1956)	$R_b = N_u / N_u + 1$	نسبة التشعب (R _b)	19
Horton (1945)	$D_d = L_u / A$	كثافة التصريف (D _d)	20
Horton (1945)	$F_s = N_u / A$	تكرار المجاري (F _s)	21
Faniran (1968)	$D_i = F_s / D_d$	شدة التصريف (D _i)	22

9.1. التقنيات المستخدمة في الدراسة:

اعتمدت الدراسة في تحليلها للبيانات على عدد من البرامج

أهمها:

1- برنامج Arc GIS 10.8 من إنتاج شركة إزري (Esri)

الأمريكية، وتم استخدامه في تحليل بيانات نموذج

الارتفاع الرقمي (DEM) من خلال الأداة المساعدة

(Hydrology) الملحق بالبرنامج والخاصة بتحليل

أحواض التصريف، للحصول على بعض القياسات

المورفومترية كطول الحوض وعرضه ومساحته ومحيطه،

ومساحة التكوينات الجيولوجية، واشتقاق شبكة

التصريف المائية لحوض الوادي. ويوضح شكل (1)

مراحل استخلاص حوض التصريف وشبكة التصريف

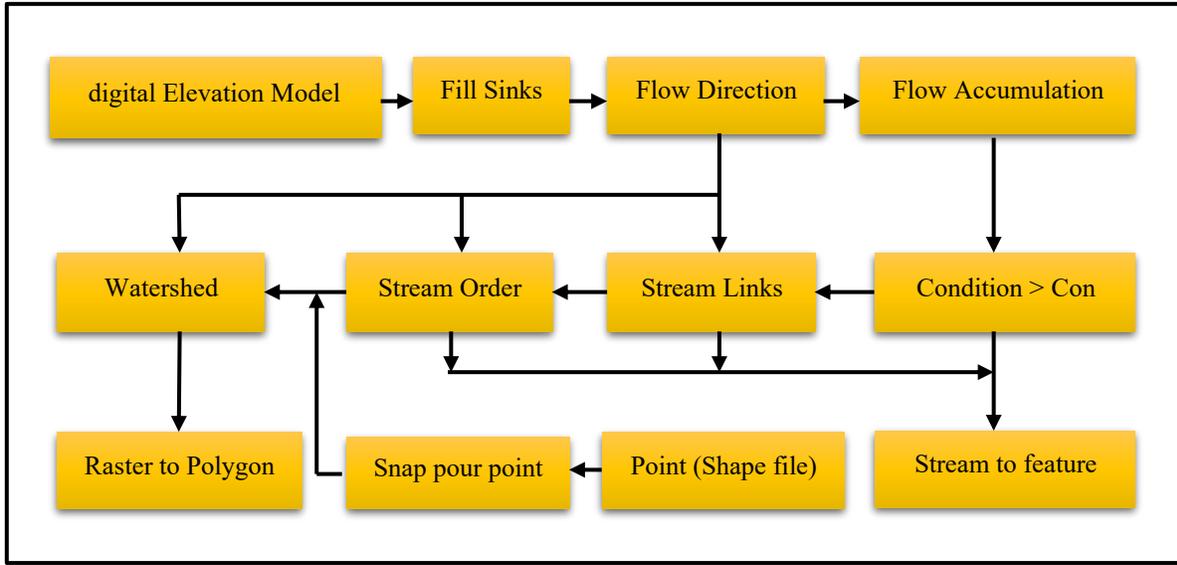
المائية من نموذج الارتفاع الرقمي. إضافة إلى إعداد

الخرائط الرقمية للحوض.

2- برنامج Microsoft Excel: وتم من خلاله حساب

المعاملات المورفومترية للخصائص المورفومترية لحوض

الوادي باستخدام الصيغ الرياضية المختلفة.



شكل (1) خطوات اشتقاق حوض وشبكة التصريف المائية من نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)

10.1 الدراسات السابقة:

1- دراسة (Acosta, et al., 2025) بعنوان: تقييم

جيوميكاني شامل للمعايير المورفومترية والآثار الهيدرولوجية في خمسة أحواض مكسيكية. تقدم هذه الدراسة توصيفاً جيوميكانياً شاملاً للخصائص المورفومترية عبر خمسة أحواض نهرية مكسيكية بارزة تصب في خليج المكسيك. وباستخدام تقنيات الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية المتقدمة، قام الباحثون بتحليل معايير مورفومترية متنوعة تُسلط الضوء على السلوك الهيدرولوجي والديناميكيات البيئية لهذه الأحواض. تشير نتائج هذه الدراسة إلى تباين كبير في مساحة الحوض وشكله وكثافة تصريفه وخصائصه الطبوغرافية، والتي قد تؤثر مجتمعةً على توليد الجريان السطحي، واحتمالية حدوث الفيضانات، ونقل الرواسب. كما أبرز التحليل الدور الحاسم للمعايير المورفومترية في فهم الاستجابات

شهدت دراسات التحليل المورفومتري للأحواض المائية زيادة ملحوظة بين عامي 2010-2025، حيث أظهر البحث في الأدبيات على قاعدة بيانات سكوبس باستخدام مصطلح البحث (التحليل المورفومتري للأحواض المائية) وجود (45.580) ألف مقالة علمية خلال الفترة المذكورة. يُعزى هذا الاهتمام المتزايد إلى التحديات المناخية الراهنة وتوفر تقنيات الاستشعار عن بُعد. وقد ساهمت هذه التطورات في التغلب على القيود المتعلقة بالحجم والتكاليف، مما أتاح اتباع نُهج أكثر شمولية في الدراسات التي تتناول الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف المائية. حيث قام الباحث في هذا الجانب بالاطلاع على بعض الدراسات الأجنبية وترجمتها، وخاصة تلك المصنفة ضمن قاعدة بيانات سكوبس Scopus التي تعتبر ذات موثوقية عالية ومنها:

به، كما أُعدَّ المنحنى الهيسومتري والتكامل الهيسومتري باستخدام خرائط طبوغرافية بمقياس 1:50,000 وكشفت النتائج أن وادي الكرك في مرحلة الشباب من دورته الحثية. كما أن التعرية النهرية المصاحبة لمراحل التجديد المتعاقبة تلعب دوراً هاماً في تطور حوض التصريف، حيث تعرض الحوض إلى أربع مراحل لتجدد الشباب نتج عنها نشاط في عمليات التعرية المائية.

4- دراسة (Rafiq, et al., 2013) حول تطبيق التحليل المورفومتري في الدراسات الجيوهيدروولوجية باستخدام التقنيات المكانية بالتطبيق على حوض تصريف فيشاف. وتوصلت الدراسة إلى أن عدد المجاري المائية وطولها يكونان في أقصى حدّ لهما في الرتبة الأولى ويتناقصان مع تزايد الرتبة، وأن حوض التصريف يميل للاستطالة حيث بلغ معامل الاستطالة 0.15، ومعامل الشكل 0.22 وأن الحوض يتميز بانخفاض كثافة التصريف، كما توصلت إلى لأن التحليل المورفومتري القائم على GIS يعتبر أداة فعّالة في الدراسات الجيوهيدروولوجية.

5- دراسة (Pareta & Pareta 2011) بعنوان: دراسة هيدرومورفولوجية لحوض كاروان باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، استخدمت الدراسة نموذج الارتفاعات الرقمية DEM المشتق من المرئية الفضائية ASTER لإجراء دراسة هيدرومورفولوجية لحوض وادي كاروان بهدف الكشف عن المناطق المحتملة لوجود المياه الجوفية بالحوض، نظراً

الهيدروولوجية لهذه الأحواض، مما يُسهم في الإدارة الفعالة للموارد المائية واستراتيجيات الحد من الفيضانات. وأكدت الدراسة على أهمية اتباع مناهج متكاملة تجمع بين الاستشعار عن بُعد ونظم المعلومات الجغرافية والآثار الهيدروولوجية لمعالجة القضايا البيئية الملحة.

2- دراسة (Padala & Mathew, 2024) بعنوان التحليل المورفومتري لأحواض تصريف المياه: مراجعة شاملة لمصادر البيانات وجودتها والتقنيات الجيومكانية. وهي دراسة نقدية تهدف إلى تحديد أوجه القصور والثغرات البحثية في كثير من البحوث. حيث ترى غياب التصنيفات المورفومترية الواضحة وذات الدلالة في تقييم المعاملات المورفومترية للأحواض. فالعديد من الأوراق البحثية تشير إلى ما إذا كانت القيمة الناتجة للمعامل المورفومتري مرتفعة أو منخفضة؛ دون تقديم نطاقات قيم محددة أو دلالات مرتبطة بها. علاوة على ذلك، افتقرت بعض المقالات إلى التحقق من قانوني هورتون الأول والثاني وتقييم الارتباطات بين المعايير المورفومترية.

3- دراسة (Farhan, et al. 2015) بعنوان: التحليل الكمي للمعايير الجيومورفومترية لوادي الكرك (الأردن) باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، استخدمت الدراسة نموذج الارتفاعات الرقمية DEM المشتق من المرئية الفضائية ASTER بدقة 30 متر لإجراء تحليل جيمورفومتري للخصائص المورفومترية المساحية، والشكلية والتضاريسية، والخصائص المورفومترية للشبكة المائية، لحوض وادي الكرك، والأحواض الفرعية

(2013) أن التحليل المورفومتري يمثل أداة فعالة في الدراسات الجيوهيدروولوجية.

وفي المقابل، أشارت دراسة Mathew و Padala (2024) إلى وجود قصور منهجي في عدد من البحوث يتمثل في غياب التصنيفات الكمية الدقيقة للمعايير المورفومترية وعدم اختبار قوانين هورتون والعلاقات الارتباطية بين المعاملات. وانطلاقاً من هذه المعطيات، يسعى البحث الحالي إلى تطبيق التحليل المورفومتري باستخدام نظم المعلومات الجغرافية على حوض وادي جارف، مع الالتزام بتصنيف كمي واضح للمعاملات المورفومترية والتحقق من قوانين هورتون وتحليل العلاقات بينها، بما يساهم في فهم خصائص الحوض الهيدروولوجية وإمكاناته البيئية في بيئة شبه جافة لم تُدرس سابقاً بهذه المنهجية.

2. الخصائص الجيولوجية لحوض التصريف:

يؤثر البناء الصخري Lithology ونظام بنية الطبقات Structure على الخصائص المورفومترية والهيدروولوجية للأحواض النهرية، سواء في نشأتها أو تطورها، ولهذا فلا بد من إبراز الخصائص الليثولوجية لصخور حوض التصريف وتوزيعها الجغرافي.

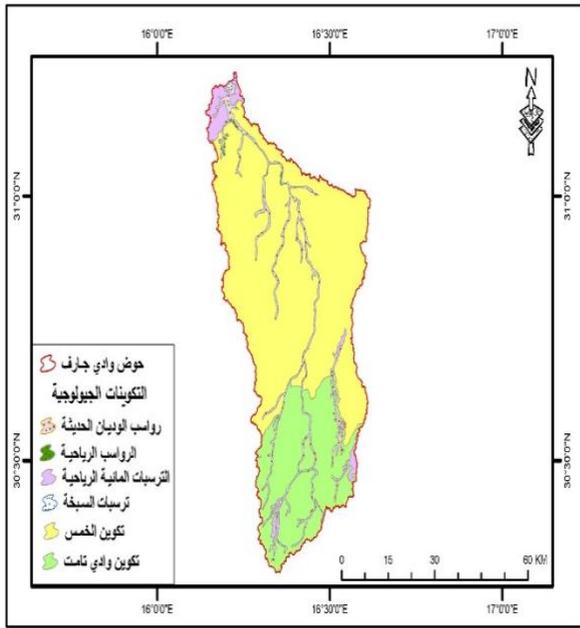
ومن خلال دراسة الخريطة الجيولوجية لحوض وادي جارف خريطة (2)، يتضح أن التركيب الجيولوجي للحوض يتسم بالبساطة، حيث تغطي تكوينات عصر الأيوسين Eocene Formations متمثلة في تكوين وادي تامت Wadi Thammat Formation الجزء الجنوبي للحوض، بينما تغطي تكوينات عصر الميوسين Miocene Formations متمثلة في تكوين الخمس Al khums Formation الجزء الأوسط للحوض، في حين تغطي تكوينات الزمن الرابع بعصره

لشحة المياه في المنطقة، وقام الباحثان بحساب أكثر من 85 معاملاً مورفومترياً لتقييم دلالاتها الهيدروولوجية، وبناءً على تحليل جميع المعايير المورفومترية؛ توصلت الدراسة إلى أن تطور التعرية في المنطقة بفعل الجداول قد تجاوز مرحلة النضج، وأن التركيب الصخري كان له تأثير كبير على تطور نظام الصرف. كما أنه من خلال تحليل صور الأقمار الصناعية في المعمل تم التوصل إلى أن رواسب الوديان والسفوح المدفونة مناطق ذات إمكانات جيدة للمياه الجوفية، وكذلك مناطق الفواصل والكسور وتقاطعاتها، تُعد مواقع مُحتملة لاستغلال المياه الجوفية. كما توصلت الدراسة إلى أن التحليل الهيدرومورفولوجي يُعد أداةً بسيطةً لا تتطلب تكلفَةً أوليةً كبيرةً لدراسة حوض النهر داخل المختبر، واختيار المناطق ذات الإمكانات المحتملة للمياه الجوفية لإجراء دراسات ميدانية مُركزة لاحقة. وأن هذا التحليل يُقلل من تكاليف العمل الميداني، والوقت المستغرق، ويُحسّن جودة النتائج.

ومن خلال هذا العرض نجد أن الدراسات السابقة أبرزت أهمية التحليل المورفومتري المعتمد على تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بُعد في فهم الخصائص الهيدروولوجية والجيومورفولوجية للأحواض النهرية، كما في دراسة Revuelta–Acosta وآخرين (2025) ودراسة Farhan وآخرين (2015)، التي أكدت فاعلية النماذج الرقمية للارتفاعات في استخراج المعايير المورفومترية وتفسير تطور الأحواض. وفي السياق نفسه، أوضحت دراسة Rafiq وآخرين

يتألف الجزء العلوي لتكوين الخمس من الحجر الجيري والحجر الجيري الطباشيري والمارلي الذي ترسب في بيئة بحرية ضحلة، بينما يتألف الجزء السفلي من الحجر الجيري الرملي والجبس (مركز البحوث الصناعية، 1980، ص 8) وتظهر بها الطبقات بوضوح كما أنها غنية بالحفريات ويتراوح سمك رواسب هذا التكوين بين (40 – 60 متر) (Industrial Research Centre. 1980. P 50).

خريطة (2) جيولوجية حوض وادي جارف



المصدر: إعداد الباحث باستخدام GIS استناداً إلى مركز البحوث الصناعية لوحات (القداحية، بونجيم، النوفلية) طرابلس 1977، 1979، 1980.

البليستوسين والهولوسين الجزء الشمالي منه، متمثلة في ترسيبات السبخة Sabkha Sediments والترسبات المائية الرياحية Fluvio-Aeolian deposits والرواسب الرياحية Aeolian deposits ورواسب الوديان الحديثة Recent Aeolian deposits ورواسب الوديان الحديثة Wadies deposits وفيما يلي وصف مختصر لجميع هذه الوحدات الصخرية من الأقدم إلى الأحدث:

1.2 تكوين وادي تامت Wadi Thammat Formation

يعتبر تكوين وادي تامت أقدم التكوينات الجيولوجية التي تظهر في حوض وادي جارف، حيث يغطي الجزء الجنوبي لحوض الوادي بمساحة تصل إلى (656.15 كم²) أي ما نسبته (24.38%) من جملة مساحة الحوض كما يظهر من الجدول (2). وتمتد المساحة التي يغطيها من عند دور أم الملح الذي يُمثل منابع الوادي في الجنوب إلى ثم المقيص في الشمال ليشمل المنطقة الممتدة بين وادي أم الرتم إلى قرارة المهريك وخور الجيفة.

تتألف صخور هذا التكوين من الحجر الجيري الغني بالحفريات والمارل والحجر الجيري الرملي والمارل الجبسي والكالكارينيت المارلي الذي ترسب في بيئة بحرية ضحلة (مركز البحوث الصناعية، 1979، ص 12).

2.2 تكوين الخمس Al khums Formation

يُغطي تكوين الخمس أكبر مساحة في حوض وادي جارف، بمساحة تصل إلى (1783.3 كم²) أي ما نسبته (66.28%) من جملة مساحة الحوض كما يظهر من الجدول (2). ويمتد من ثم المقيص في الجنوب إلى شعبة الحمارة ومطراو في الشمال، في شكل حزام عريض يبدأ من حمراية الجعيدي في الغرب إلى حمراية رأس أم البقر في الشرق كما يظهر من الخريطة (2).

هذه الرواسب في شكل بقع على طول مجاري الأودية بمنطقة الحوض كما يظهر من الخريطة (2)، وتتألف من الحصى والرمال والطفل الرملي. (Industrial Research Centre. 1980. P 64).

3. الخصائص المورفومترية لحوض وادي جارف:

تعد الدراسة المورفومترية أحد فروع الجيومورفولوجيا، ويقصد بها الوصف الكمي لأشكال سطح الأرض، ويطلق على الوصف الكمي لنظم التصريف النهرية مورفومترية أحواض التصريف الذي أسسه هورتون Horton في الأربعينيات الميلادية. فتعتبر الخصائص المورفومترية أساليب تحليلية تعالج الظواهر السطحية للأرض بالاعتماد على مجموعة من البيانات المتحصل عليها إما ميدانياً أو مشتقة من الخرائط الطبوغرافية والصور الجوية أو مرئيات الأقمار الصناعية كنماذج الارتفاعات الرقمية DEM.

وقد ساهمت نظم المعلومات الجغرافية بما وفرته من أساليب وتقنيات حديثة ومتطورة في نجاح مختلف تطبيقات هذه النماذج الرقمية، خاصة في تحليلها واستخلاص بعض البيانات منها؛ وخصوصاً المتعلقة بالشبكة الهيدروغرافية وأحواض التصريف المائية.

وتختلف الدراسات في عدد الخصائص أو المتغيرات المورفومترية المستخدمة في الدراسة، فبلغت عند بعض الباحثين 85 متغيراً (Pareta & Pareta. 2011. P. 243)، رغم هذا ظلت دراسات هورتون Horton 1945، وستراهلر Strahler 1957 المرجع الرئيسي لمعظم الدراسات المورفومترية

جدول (2) التكوينات الجيولوجية في حوض وادي جارف

الزمن	العصر	التكوينات الجيولوجية	المساحة ونسبتها في الحوض	
			كم ²	%
الثالث	الميوسين	تكوين الخمس	173.7	37.76
الرابع	الهولوسين	تكوين قرقارش	22.8	4.95
		الرواسب الراحية	263.5	57.29
المجموع			460	100%

المصدر: من عمل الباحث باستخدام GIS

3.2 تكوينات الزمن الرابع: Quaternary Formation

تشمل تكوينات الزمن الرابع ترسيبات السبخة Sabkha Sediments التي تنتمي لعصر البليستوسين والتي تغطي مساحة محدودة من الجزء الشمالي لحوض الوادي لا تتجاوز 2.7 كم² عند منطقة الثلاثين، وتتكون من الرمال والغرين والصلصال، والجبس والملح. وتكوينات عصر الهولوسين التي تشمل كل من: الترسيبات المائية الراحية Fluvio-Aeolian deposits التي تغطي مساحة (87.4 كم²) أي ما نسبته (3.27%) من إجمالي مساحة الحوض وتمتد على شكل شريط ضيق في أقصى الجزء الشمالي من الحوض وقيعان بعض الأودية، وتتكون من الغرين والرمال الناعمة واللوس الرملي. والرواسب الراحية Aeolian deposits التي تغطي حوالي (4.5 كم²) وتتكون من الكثبان والغطاءات الرملية. ورواسب الوديان الحديثة Recent Wadies deposits التي تغطي مساحة (156.4 كم²) أي ما نسبته (5.81%) من إجمالي مساحة الحوض كما يظهر من الجدول (2). وتنتشر

التي أُجريت خلال هذا القرن. حيث صنفت الخصائص المورفومترية إلى أربعة فئات رئيسية هي: الخصائص المساحية، والشكلية، والتضاريسية، والشبكية. وقد بلغ عدد المعاملات المورفومترية المستخدمة في هذه الدراسة 22 معاملاً مورفومترياً مصنفة في أربع فئات رئيسية تظهر نتائجها في الجدول (3).

جدول (3) الخصائص المورفومترية (المساحية، الشكلية، التضاريسية، الشبكة المائية) لحوض وادي جارف

المعاملات المساحية Areal parameters					
مساحة الحوض كم ²	طول الحوض / كم	عرض الحوض / كم	محيط الحوض / كم		
2690.45	108.46	25.5	375.2		
معاملات الشكل Shape parameters					
معامل الاستطالة	معامل الاستدارة	معامل الشكل	معامل الاندماج	نسبة التفلطح	
0.54	0.24	0.26	2.05	1.03	
المعاملات التضاريسية Relief parameters					
تضرس الحوض / م	درجة الوعورة / كم	نسبة التضرس م/كم	التضاريس النسبية %	نسيج الحوض / كم	التكامل الهيسومتري كم ² /م
298	3.6	2.75	80.75	8.7	0.73
معاملات الشبكة المائية Water network parameters					
الرتب النهرية	أعداد المجاري	أطوال المجاري / كم	نسبة التشعب	كثافة التصريف كم ² /كم	
6	3263	4305.68	4.962	1.602	
تكرار المجاري مجرى/كم ²		شدة التصريف بوصة / كم			
1.214		0.693			

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على تحليل نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) باستخدام GIS، وتطبيق الصيغ الرياضية جدول (1).

وكمية الرواسب المنقولة، ويرى Schumm 1963 أن هناك علاقة طردية بين مساحة حوض التصريف وطول المجرى المائي؛ حيث أنه كلما زادت مساحة الحوض زادت أطوال شبكة المجاري المائية المرتبطة بها. (Padala & Mathew, 2024, P. 19) وكذلك زيادة كمية الأمطار التي يستقبلها مما يؤدي إلى زيادة حمولة الوادي، هذا مع افتراض ثبات بقية المتغيرات الأخرى، مثل الخصائص المناخية والتكوين الجيولوجي إضافة إلى

1.3 الخصائص المورفومترية المساحية لحوض وادي جارف:

1.1.3 مساحة الحوض: Basin Area (A)

تُعرف مساحة حوض التصريف بأنها المنطقة المحددة بخط تقسيم المياه Water divide والتي تُرود المجرى أو مجموعة من المجاري بالمياه (Leopold, et al., 1964, p.131)، وتؤثر مساحة الحوض بشكل مباشر على الجريان السطحي وحجمه

3.1.3 عرض الحوض: Basin Width (W)

عرض الحوض ليست له كثير من الدلالات المورفومترية، أو بمعنى أوضح لا يُستخدم في استخراج الكثير من المعاملات المورفومترية، غير أنه يؤثر في تحديد شكل الحوض، وزيادة طول المدة اللازمة لتصريف مياه الحوض وحمولته الرسوبية، إضافة إلى تحديد زمن قمة الفيضان وحدتها (سلوم، 2012، ص 402).

وتتعدد الطرق المستخدمة لقياس عرض حوض التصريف غير أن أهمها التي تتم بقياس المسافة بين أبعاد نقطتين متقابلتين تقريباً على محور الحوض (جودة وآخرون، 1991، ص 293)، وقد قام الباحث باستخدام هذه الطريقة كونها الأكثر انتشاراً بين الباحثين، وتُعبّر عن مدى نشاط شبكة المجاري المائية وتوسعها، ويبلغ عرض حوض وادي جارف حوالي (25.5 كم) كما يظهر من الجدول (3).

4.1.3 محيط الحوض: basin Perimeter (P)

يقصد بمحيط الحوض هو طول خط تقسيم المياه Water Divide الذي يفصل بين حوض التصريف قيد الدراسة وما يجاوره من أحواض. ويُعرف محيط الحوض عند الهيدرولوجيين بخط تقسيم المياه الطبوغرافي Topographic Water Divide، ويتأثر محيط الحوض بعدة عوامل منها: تطور المجاري المائية من الرتب الأولى

عامل الزمن (جودة وآخرون، 1991، ص 290)، ومن خلال تحليل نموذج الارتفاع الرقمي بلغت مساحة حوض وادي جارف (2690.45 كم²). كما يظهر من الجدول (3).

2.1.3 طول الحوض: Basin length (Lb)

هناك كثير من الطرق لحساب طول حوض التصريف للأودية النهرية. غير أن أسهلها وأكثرها شيوعاً بين الباحثين هي طريقة (Schumm, 1963) التي تقيس طول الحوض بخط يمتد من نقطة المصب إلى أبعد نقطة على محيط الحوض، على أن يمتد هذا الخط على المحور المستقيم للمجرى الرئيسي. ويعتبر قياس طول الحوض مهماً في الدراسات المورفومترية؛ حيث يُستخدم في حساب العديد من المتغيرات الأخرى، خاصة شكل الحوض. ويتأثر طول الحوض بالعوامل التكتونية والبنوية والتضاريس واتجاه منحدراتها، وعمليات النحت التراجعي Head Ward Erosion.

ويؤثر طول الحوض في الوقت نفسه على الجريان السطحي في الحوض من حيث سرعة جريان المياه والنتاج الرسوبي ووصولها إلى المصب، حيث توصف العلاقة بين طول الحوض وسرعة الجريان بأنها علاقة عكسية. فكلما زاد طول الحوض زاد الزمن اللازم لوصول الفيضان إلى منطقة المصب (شحدة، 2016، ص 15)، في حين تتناسب معدلات التبخر والتسرب طردياً مع طول المجرى المائي، فتزداد زيادته (عنيبة، 2018). ويبلغ طول وادي جارف بدايةً من مصبه إلى أقصى نقطة على محيطه نحو الجنوب الغربي (108.46 كم) كما يظهر من الجدول (3).

وانخفاض تأثير الفيضان الناتج عن طول الحوض، وزيادة نسبة الفاقد من المياه بسبب التبخر والتسرب؛ خاصة في البيئات الجافة وشبه الجافة. حُسبت نسبة الاستطالة لحوض وادي جارف باستخدام صيغة معادلة Schumm 1956 المبينة في الجدول (1) المعادلة رقم (5)، حيث بلغت قيمته (0.54)، ووفقاً لتصنيف Schumm فإن حوض وادي جارف يعد مستطيل الشكل، وفي مرحلة الشباب من دورته التحاتية. وهذا يُعد مؤشر هيدرولوجي يرتبط بتأخير زمن الاستجابة وزمن التركيز، وبالتالي جريان المياه مسافة أكبر على طول المجرى الرئيسي، وفقدان جزء كبير منها بالتسرب والتبخر، مما يزيد وقت الوصول إلى منطقة المصب. وهذا يقلل خطر تعرض الحوض للفيضانات؛ وإن حدثت يسهل التعامل معها.

2.2.3. نسبة الاستدارة: Circularity ratio (R_c)

يُشير هذا المعامل إلى مدى اقتراب شكل حوض التصريف إلى شكل الدائرة باعتبارها أفضل شكل هندسي منتظم، ويمثل النسبة بين مساحة الحوض ومساحة دائرة يساوي طول محيطها طول محيط ذلك الحوض (Miller, 1953)، وتتراوح قيمة نسبة الاستدارة بين (0 - 1)، وتُشير النسبة القريبة من الواحد الصحيح إلى استدارة حوض التصريف واقترابه من الشكل الدائري، وانتظام خط تقسيم المياه وسيادة عمليات النحت الجاني والتراجعي وزيادة الناتج الرسوبي Sediment yield؛ ويعكس بذلك تقدم الدورة التحاتية للحوض (Strahler, 1964). حُسبت نسبة الاستدارة لحوض وادي جارف باستخدام صيغة معادلة Miller 1953 المبينة في الجدول (1)، المعادلة رقم (6)، حيث بلغت قيمتها (0.24)، وهي قيمة منخفضة تدل على قرب شكل الحوض إلى الاستطالة منه إلى الاستدارة، وكثرة تعرج محيطه، ونشاط عمليات التعرية به، إضافة إلى كونه في مرحلة الشباب من دورته التحاتية.

وموها، وعمليات الأسر النهري، وتراجع المنحدرات (السبيعي، 2016، ص116).

يؤثر محيط حوض التصريف على مختلف العمليات الهيدرولوجية، مثل استجابة هطول الأمطار للجريان السطحي ونقل الرواسب، ولذلك من خلال قياس محيط حوض التصريف وعلاقته بمخطوط التصريف بين الأحواض المجاورة يمكن للباحثين الحصول على معلومات قيمة حول شكل حوض التصريف وحجمه وسلوكه الهيدرولوجي. ويبلغ طول محيط حوض وادي جارف (375.2 كم) كما يظهر من الجدول (3)، ويعكس هذا الطول الكبير لمحيط الحوض مدى تعرج خط تقسيم المياه لحوض وادي جارف متأثراً بتطور وزيادة المجاري المائية في الرتبة الأولى؛ بسبب نشاط عمليات النحت الرأسى والجاني بفعل شدة التعرية المائية الناتجة عن تشكل الروافد النهريّة.

2.3. الخصائص المورفومترية الشكلية لحوض وادي جارف:

تهدف دراسة الخصائص الشكلية لأحواض التصريف المائي إلى إبراز أثر العمليات الجيومورفولوجية في اتخاذ حوض التصريف شكلاً بعينه وعدم اتخاذه شكلاً آخر. وتشمل الخصائص الشكلية المدروسة ما يلي:

1.2.3. نسبة الاستطالة: Elongation Ratio (R_e)

يُعدّ معامل الاستطالة كمتغير مورفومتري مؤشراً بالغ الأهمية يُشير إلى مدى تشابه شكل حوض التصريف مع شكل المستطيل، ويمثل النسبة بين قطر دائرة مساحتها تساوي مساحة الحوض، وأقصى طول للحوض (Schumm, 1956)، ويُعد هذا المعامل من أكثر المعاملات المورفومترية دقة في قياس أشكال أحواض التصريف، وتتراوح قيمته بين (0 - 1)، وتُشير النسبة القريبة من الصفر إلى استطالة حوض التصريف، وهذا يؤدي إلى تأخر وصول مياه الجريان السطحي إلى المصب،

3.2.3. معامل الشكل: R_f Form factor

تتجه غالبية أنظمة التصريف المائي لأن يكون شكل مساحة أحواضها واسعاً بالمجرى الأعلى، ويضيق تدريجياً كلما اتجهنا نحو المصب، مما يجعل شكل الحوض لا يشبه الأشكال الهندسية المنتظمة كالمستطيل والدائرة....، ولهذا اقترح (Chorley, 1957) هذا المعامل لقياس مدى تشابه شكل الحوض مع الشكل الكُمثري Pear- shape حيث يرى فيه حلاً مثالياً يعالج سلبيات معامل الاستدارة، ومشكلة مقارنة شكل الحوض الطبيعي بالأشكال الهندسية المجردة، وتشير القيم المنخفضة إلى تفلطح الحوض واقتراجه من الشكل الكُمثري، وزيادة عدد مجاري الرتبة الأولى وأطوالها، ومن ثم نشاط عمليات الحت التراجعي؛ مما يدل على أن الحوض قد قطع شوطاً طويلاً من دورته الحثية، والعكس في حالة القيم المرتفعة لهذا المعامل (سلوم، 2012، ص 407).

اقترح هورتن 1932 Horton هذا المعامل لقياس العلاقة بين مساحة حوض التصريف ومربع طوله، وهو بذلك يُشير إلى مدى انتظام وتناسق عرض الحوض المائي على طول امتداده من منطقة المنبع وحتى بيئة المصب (سلامة، 2004، ص 181). وتراوح قيمة هذا المعامل بين (0 - 1)، حيث تدل القيم المنخفضة على صغر مساحة الحوض بالنسبة لطوله، ما يجعله أكثر استطلاةً. في حين تدل القيم المرتفعة على استدارة حوض التصريف. ويوفر معامل الشكل مؤشرات حول مدى الاستجابة الهيدرولوجية للأحواض المائية؛ لا سيما فيما يتعلق بتوليد الجريان السطحي واحتمالية حدوث فيضان. حيث تتميز الاحواض ذات القيم القريبة من الواحد الصحيح بسرعة تدفق المياه، وقصر الوقت اللازم في الوصول إلى قمة الجريان، مما يجعل الحوض عرضة لمخاطر الفيضانات، في حين تتميز الاحواض ذات القيم القريبة من الصفر بتأخير زمن الاستجابة وزمن التركيز، وبالتالي جريان المياه مسافة أكبر على طول المجرى الرئيسي، مما يزيد وقت الوصول إلى منطقة المصب. وهذا يقلل من احتمالية حدوث ذروة فيضان حادة.

تم حساب قيمة نسبة التفلطح باستخدام صيغة معادلة Chorley 1957 المبينة في الجدول (1)، المعادلة رقم (8)، وبلغت هذه القيمة في حوض وادي جارف حوالي (1.03) كما يظهر من الجدول (3)، وهي قيمة مرتفعة تدل على استطلاة الحوض وابتعاده عن الشكل المنبعج أو الكُمثري، وهو أمر توافقه الملاحظة البصرية لشكل الحوض، كما يدل ذلك على إن الحوض لا يزال يمر بمرحلة الشباب من دورته التحتية.

4. الخصائص المورفومترية التضاريسية لحوض وادي جارف:

تعتبر دراسة الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف المائي ذات أهمية بالغة في الدراسات المورفومترية، كونها المحصلة النهائية لمختلف عوامل التعرية التي يبرز دورها ومدى نشاطها وقوتها، وتُشير إلى طبيعة العامل والعملية الجيومورفولوجية التي تعمل على تشكيل سطح الحوض المائي. ويُبين الجدول (4)

تم حساب قيمة معامل الشكل باستخدام صيغة معادلة Horton 1932 المبينة في الجدول (1)، المعادلة رقم (7)، وبلغت هذه القيمة في حوض وادي جارف حوالي (0.26)، وهي قيمة منخفضة تدل على عدم تناسق شكل الحوض، وميله إلى الاستطلاة وبالتالي يتميز بمسارات تدفق أطول؛ مما قد يؤثر تدفقات الذروة وينشر الجريان السطحي على مدى فترة أطول، كما يتميز بمعدلات تآكل وترسيب متفاوتة اعتماداً على طول مسارات التدفق وانحدارها.

4.2.3. نسبة التفلطح: k Lemniscat ratio

شرق الحوض عند حمراية أبو شوك، في حين يبلغ ارتفاع أدنى نقطة حوالي (1) متر فوق مستوى سطح البحر عند مخرج الحوض؛ وبذلك بلغت قيمة تضرس حوض وادي جارف حوالي 298 متر كما يظهر من الجدول (3)؛ وهي قيمة منخفضة تدل على قلة تضرس الحوض وبطء سرعة الجريان، وضياح جزء كبير منه بواسطة عمليتي التسرب والتبخر، مما يقلل خطورة ذروة الفيضان.

ومن خلال اشتقاق مساحة فئات الارتفاع من نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) المبينة في الجدول رقم (4) والخريطة (3) أتضح أن فئة المنطقة الوسطى بالحوض التي تمثل فئة الارتفاع (100–200 متر) تحتل أكبر مساحة؛ حيث بلغت مساحتها حوالي (1319.9 كم²) أي ما نسبته (49.06%) من جملة مساحة الحوض، تليها المنطقة الدنيا التي تمثل فئة الارتفاع (0–100 متر) حيث أحتلت مساحة (1034.85 كم²) بنسبة (38.46%) من مساحة الحوض، بينما بلغت مساحة المنطقة العليا التي تمثل فئة الارتفاع (200–299 متر) حوالي (335.7 كم²)، أي ما نسبته (12.48%) من إجمالي مساحة حوض وادي جارف.

عدداً من المتغيرات التضاريسية لحوض وادي جارف التي تم اشتقاقها على النحو التالي:

1.4. تضرس الحوض: Basin relief (B_h)

يُشير تضرس الحوض في الجيومورفولوجيا إلى الفارق الرأسى في الارتفاع بين أعلى نقطة وأدنى نقطة في حوض التصريف، على أن تكون أعلى نقطة عند خط تقسيم المياه، وأدناها عند مخرج الحوض. وتبرز أهمية تضرس الحوض في كونه يعتبر انعكاساً لمدى فعالية ونشاط الخصائص الديناميكية للحوض وخاصة عمليات التعرية المائية التي تعمل على تشكيل سطح الأرض. مما يجعلها شاهداً على التاريخ الجيومورفولوجي للحوض؛ يمكن من خلالها تحديد المرحلة التحاتية التي يمر بها الحوض، ومدى تأثيرها بالاختلافات الليثولوجية والبنوية. حيث يرى (Chorley, 1957) أن لتوزيع المرتفعات والقمم البعيدة عن خط تقسيم مياه الحوض دلالة باليوجيومورفولوجية Paleo Geomorphology بوصفها تمثل مستويات أساس قديمة Ancient base levels تم تخفيض ما حولها بفعل عمليات الحتّ والإزالة (سلوم، 2012، ص 381).

يبلغ ارتفاع أعلى نقطة في حوض وادي جارف حوالي (299 متر) فوق مستوى سطح البحر، وتقع في أقصى جنوب

جدول (4) مساحة فئات التضرس وفئات معدل الحوض وادي جارف

مناطق الحوض	فئات الارتفاع	المساحة كم ²	%	فئة الانحدار	المساحة كم ²	%	الدلالة
المنطقة الدنيا	100 – 0	1034.85	38.46	0 – 0.5	128.65	4.8	شبه مستوي
المنطقة الوسطى	200 – 100	1319.9	49.06	0.5 – 1.3	1925.7	71.6	انحدار خفيف جداً
المنطقة العليا	299 – 200	335.7	12.48	1.3 – 2.3	369.8	13.7	انحدار خفيف
				2.3 – 4.00	145.6	5.4	انحدار متوسط
				4.00 – 13.8	120.7	4.5	انحدار فوق المتوسط
المجموع	--	2690.45	% 100	--	2690.45	100	

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) باستخدام برنامج Arc map 10.8

2.4. نسبة التضرس: Relief ratio (R_r)

يُشير هذا المعامل إلى مدى تضرس الحوض بالنسبة إلى طوله، ويتم حسابه من خلال نسبة الفارق بين أعلى وأدنى نقطة في الحوض إلى الطول الحقيقي للحوض، وتؤثر نسبة التضرس تأثيراً مباشراً على سرعة الجريان وكمية المواد المنقولة.

تم حساب قيمة نسبة التضرس باستخدام صيغة معادلة Schumm 1956 المبينة في الجدول (1)، المعادلة رقم (11)، وبلغت هذه القيمة في حوض وادي جارف حوالي (2.75 م/كم) كما يظهر من خلال الجدول (3). وهي قيمة منخفضة تدل على نشاط عملية النحت والتراجع نحو المنبع، وتقويض مناطق تقسيم المياه. مما أدى إلى انخفاض قيمة كثافة التصريف، وقلة كمية الرواسب المحمولة من المرتفعات ومجري الأودية إلى المنخفضات والمصببات.

النحت التراجعي Head Ward Erosion وتقويض خطوط تقسيم المياه، وبالتالي إمكانية حدوث أسر نهرى River Capture مما يُشير إلى مرحلة الشباب (أبو رية، 2007، ص 57).

تم حساب قيمة التضاريس النسبية باستخدام صيغة معادلة Milton 1954 المبينة في الجدول (1)، المعادلة رقم (12) وبلغت هذه القيمة في حوض وادي جارف حوالي (80.75)%. وهي قيمة منخفضة تدل على ضعف مقاومة الصخر لنشاط عوامل التعرية؛ حيث تسود حوض الوادي تكوينات صخور الحجر الجيري والحجر الجيري الرملي والكتبان والغطاءات الرملية الناتجة عن فعل الرياح. كما تُشير إلى نشاط عملية النحت التراجعي وتقويض خطوط تقسيم المياه.

4.4. درجة الوعورة: Ruggedness number (R_n)

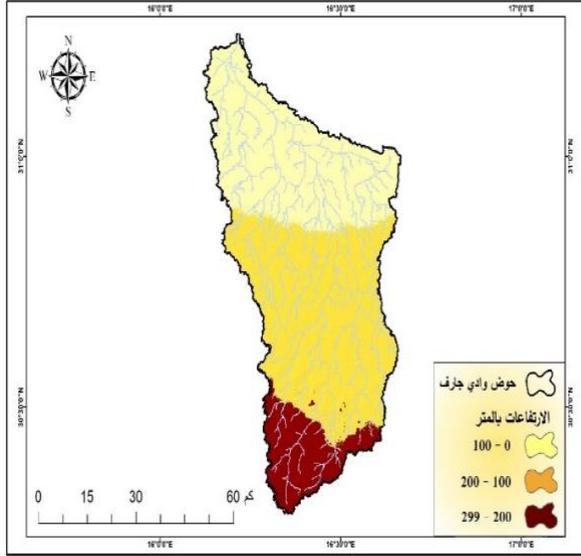
يُشير هذا المعامل إلى العلاقة بين تضرس سطح الحوض وأطوال مجاري شبكة التصريف. وترتبط درجة الوعورة طردياً مع تضرس الحوض وكثافة التصريف وأطوال المجاري المائية؛ فتزيد بزيادتها وتنخفض بانخفاضها. وتعتبر قيمة الوعورة من أهم المقاييس المورفومترية حسب رأي (Strahler, 1956) لأنها تحدد بدقة المرحلة التطورية التي وصل إليها حوض التصريف (السبيعي، 2016، ص 134). كما أشار من خلال دراساته للعديد من الأحواض المائية إلى أن قيم درجة الوعورة تتراوح بين أقل من 1 صحيح في الأحواض المائية قليلة التضرس، وأكثر من 1 صحيح في الأحواض المائية شديدة التضرس والانحدار. حيث تكون منخفضة في المراحل الأولى من الدورة الحثية،

3.4. التضاريس النسبية: Relative Relief (R_{hp})

تعتبر التضاريس النسبية أهم المتغيرات المورفومترية التي يتم من خلالها معرفة الخصائص التضاريسية للحوض، وهي تُشير إلى العلاقة المتبادلة ما بين قيمة تضرس الحوض وطول محيطه على شكل نسبة مئوية. وتؤثر التضاريس النسبية على العديد من المتغيرات في الحوض وأهمها الخصائص الهيدرولوجية وكثافة التصريف.

وتدل القيم المنخفضة للتضاريس النسبية على ضعف مقاومة الصخر لنشاط عوامل التعرية حيث يرى (Schumm, 1954) وجود علاقة ارتباط سالبة بين التضرس النسبي ودرجة مقاومة الصخر لعوامل التعرية عند ثبات الظروف المناخية، كما تُشير إلى اتساع مساحة الحوض؛ مما يدل على نشاط عملية

خريطة (3) فئات التضرس في حوض وادي جارف



المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) باستخدام برنامج Arc map 10.8

تم حساب قيمة نسيج الحوض باستخدام صيغة معادلة Schumm 1956 المبينة في الجدول (1)، المعادلة رقم (14) حيث بلغت حوالي (8.7) مجرى لكل 1 كيلومتر كما يظهر من خلال الجدول (3)، وبهذا يُصنّف حوض وادي جارف ضمن الأحواض ذات النسيج متوسط الخشونة وفق تصنيف Smith وهذا يرجع إلى سيادة الصخور الجيرية اللينة والتربة ذات المسامية العالية والتي تُشكّل قوامها الكثبان والغطاءات الرملية.

6.4. التكامل الهيسومتري: Hypsometric integral (Hi)

يعتبر التكامل الهيسومتري من أدق المعاملات المورفومترية تمثيلاً للفترة الزمنية المقطوعة من الدورة التحتانية لأحواض التصريف، وتعبّر قيمته عن المرحلة العمرية للحوض، ويفيد في

وتزايد مع الزمن إلى أن تصل ذروتها في مرحلة التّضحج، ثم تبدأ بعد ذلك في الانخفاض في مرحلة الشيخوخة والاقتراب من نهاية الدورة الحثّية (أعنية، 2018، ص 202).

5.4. نسيج الحوض: Drainage texture (Dt)

يُعبّر هذا المعامل عن مدى تقطع سطح حوض التصريف بالمجري المائية المنتشرة على كامل مساحته بغضّ النظر عن أطوالها، وكذلك يُلقي الضوء على مدى نمو الشبكة المائية. ولذلك يمكن اعتباره كمؤشر لكثافة التصريف، ودليلاً على المرحلة العمرية التي وصلت إليها شبكة التصريف في دورة التعرية (السبيعي، 2016، ص 138). ويتأثر معدل النسيج الطبوغرافي بمجموعة من العوامل أهمها المناخ، والتكوينات الصخرية ونظامها، وكثافة الغطاء النباتي، ونوعية التربة ونفاذيتها، ودرجة تضرس سطح الأرض ومدى الحداره، والمرحلة العمرية التي يمر بها الحوض من الدورة الحثية.

وقد صنّف سميث (Smith, 1950) نسيج الحوض إلى ثلاث فئات رئيسية هي كالاتي: أحواض تضم أقل من 4 مجاري) في (1 كم) تعتبر ذات نسيج خشن، أحواض تتراوح فيها المجاري المائية (4:10 مجاري) في (1 كم) ذات نسيج متوسط، أحواض تحتوي على أكثر من (10 مجاري) في (1 كم) وتعتبر ذات نسيج ناعم.

1.5. رُتَب المجاري المائية: Stream order (u)

تعتبر الخطوة الأولى في دراسة شبكة التصريف للأحواض المائية، وتُشير الرُتَب النهرية إلى التدرج الرقمي لمجموعة الروافد التي يتكون منها الوادي، وهو تصنيف هرمي للمجاري المائية داخل حوض التصريف يُستخدم في الدراسات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية لفهم حجم شبكة التصريف، وتقييم نشاط التعرية، ودراسة تطور الشبكة المائية.

تم تصنيف وترتيب المجاري المائية لحوض وادي جارف إلى رُتَب نهرية آلياً وفق طريقة (Strahler, 1957) المعدلة عن (Horton, 1945) وذلك لسهولة وبساطتها وفعاليتها في حساب الرُتَب، وكذلك هي المعتمدة في برنامج Arc GIS، وتتلخص هذه الطريقة في أن الجداول المائية الصغيرة التي لا تصب فيها أي قنوات مائية أخرى تُعطى الرتبة الأولى، وعندما يلتقي مجريين من الرتبة الأولى يتكون مجرى من الرتبة الثانية، وعندما يلتقي مجريين من الرتبة الثانية يتكون مجرى من الرتبة الثالثة، وهكذا حتى الوصول إلى أعلى رُتَب في الحوض، والتي يمثلها المجرى الرئيسي.

وبناءً على استخدام طريقة Strahler 1957 في تحديد رُتَب المجاري المائية، يُصنف حوض وادي جارف حوضاً من الرتبة السادسة كما يظهر في الجدول (3)، وتوضح الخريطة (4) توزيع رتب المجاري المائية في حوض التصريف.

فهم العلاقة ما بين طبوغرافية الحوض وتعرية المجاري المائية للسطح.

ويرى (Strahler, 1957) أن معامل التكامل الهيسومترى يمكن أن يُصنّف إلى ثلاثة فئات رئيسية: فعندما تكون قيمة هذا المعامل أقل من (0.4) فهذا يدل على أن الحوض يمر بمرحلة الشيخوخة من دورته الحثية، وإذا كانت القيمة تتراوح بين (0.4-0.6) فإنه يمر بمرحلة النضج التي أطلق عليه Strahler مرحلة التوازن، أما إذا تراوحت قيمة هذا المعامل بين (0.61-0.80) فإن الحوض في هذه الحالة يمر بمرحلة الشباب من دورته الحثية، والتي أطلق عليها مرحلة عدم التوازن (Salim, et al., 2020, p.195).

تم حساب قيمة مُعامل التكامل الهيسومترى باستخدام صيغة معادلة Strahler 1957 المبينة في الجدول (1)، المعادلة رقم (15) حيث بلغت حوالي (0.73 %) كما يظهر من خلال الجدول (3)، وهذا يعني أن الحوض لا يزال يمر بمرحلة الشباب من دورته الحثية، وأن حوالي (27 %) فقط من كتلته الصخرية قد تعرضت للتآكل بفعل عمليات التعرية.

5. الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف المائية في حوض وادي جارف:

تم دراسة شبكة التصريف لحوض وادي جارف من خلال حساب مجموعة من المتغيرات المورفومترية التي تم الحصول عليها من تحليل نموذج الارتفاعات الرقمية خلال أدوات التحليل الرقمي لبرمجية نظم المعلومات الجغرافية ضمن أدوات Spatial Analysis-Hydrology. وفق عدة خطوات باتت معروفة لدى كل الباحثين، ومن المتغيرات التي تمت دراستها ما يلي:

خريطة (4) الرتب النهريّة في حوض وادي جارف



ويُلاحظ من خلال الجدول (5) أن عدد المجاري المائية يتناقص بزيادة الرتب، حيث شكّلت روافد الرتبين الأولى والثانية أكثر من (95.46%) من إجمالي عدد المجاري المائية في الحوض؛ وهذا يتماشى مع قانون (Horton, 1945) الذي يرى أن عدد المجاري المائية التي تندرج تناقصياً في مجموعاتها أو مراتبها تُشكّل متوالية هندسية، تبدأ بمجرى أعلى رتبة وتزداد وفقاً لنسبة تشعب ثابتة" (Acosta, et al., 2025, p.8).

3.5. أطوال المجاري المائية: Stream length (L_n)

يُعدّ طول المجاري المائية أحد المعايير المورفومترية الرئيسية التي تعكس تطور شبكة التصريف المائي وخصائص الجريان السطحي، ويُحدّد إجمالي أطوال المجاري المائية داخل حوض التصريف بجمع أطوال الروافد المائية على مستوى الرتب، وقد تمّ قياس أطوال المجاري المائية في حوض وادي جارف من نموذج الارتفاع الرقمي DEM باستخدام برنامج Arc GIS.

2.5. أعداد المجاري المائية: Number of streams (N_n)

تعتبر أعداد المجاري المائية مؤشراً مورفومترياً هاماً يُستدل به على حجم شبكة التصريف، ومرحلة التطور التي بلغها الحوض، حيث يزداد عدد المجاري المائية مع تقدم الحوض في دورته الحثية، وصولاً إلى مرحلة النضج (سلوم، 2012). إضافة إلى أهميتها في حساب عدد من المتغيرات المورفومترية لشبكة التصريف المائية مثل كثافة التصريف، ونسبة التشعب، والتكرار النهري وغيرها.

بلغ مجموع أعداد المجاري المائية في حوض وادي جارف (3263) مجرى. ويظهر من خلال الجدول (3) أنها تتوزع على كامل مساحة حوض التصريف، أما بالنسبة لأعداد المجاري المائية على مستوى الرتب فيظهر من خلال الجدول (5) أن عدد مجاري الرتبة الأولى قد بلغ (2604) مجرى شكّلت ما نسبته (79.80%) من إجمالي عدد المجاري، وبلغ عدد مجاري الرتبة الثانية (511) مجرى أي ما نسبته (15.66%) من إجمالي عدد المجاري المائية في الحوض، أما مجاري الرتبة الثالثة فقد بلغ عددها (115) مجرى شكّلت ما نسبته (3.54%) من إجمالي عدد المجاري، في حين بلغ عدد مجاري الرتب الرابعة والخامسة والسادسة (26)، (6)، (1) على الترتيب. أي ما نسبته (0.79)، (0.18)، (0.030) % على نفس الترتيب.

(5.17)، (1.06) % من إجمالي أطوال المجاري المائية بالحوض على نفس الترتيب. ويُلاحظ أن مجموع أطوال المجاري المائية يقلّ بتزايد الرتب النهريّة.

4.5. نسبة التشعب (Bifurcation ratio (R_b):

اقترح (Horton, 1945) هذا المعامل لاستكمال العلاقة بين الرتب النهريّة وعدد المجاري، ويقصد به النسبة بين عدد المجاري المائية في رتبة معينة، وعدد المجاري المائية في الرتبة الأعلى منها مباشرةً. وتكمن أهمية معدل نسبة التشعب في كونه أحد العوامل التي تتحكم في معدل التصريف المائي في الحوض وزمن تركيز وصول المياه إلى المجاري الرئيسية.

بلغ إجمالي أطوال المجاري المائية في حوض وادي جارف (4305.68) كيلومتراً كما يظهر من خلال الجدول (3). أما بالنسبة لأطوال المجاري المائية على مستوى الرتب فيظهر من خلال جدول (5) أن أطوال مجاري الرتبة الأولى بلغت (2196.88) كم، بنسبة (51) % من إجمالي أطوال المجاري المائية بالحوض، وبلغت أطوال مجاري الرتبة الثانية (1035.44) كم، وشكلت ما نسبته (24.07) % من إجمالي أطوال المجاري المائية بالحوض، في حين بلغ طول مجاري الرتبة الثالثة (489.26) كم، بنسبة (11.35) % من إجمالي أطوال المجاري المائية بالحوض. بينما بلغت أطوال المجاري المائية في الرتب الرابعة والخامسة والسادسة حوالي (315.80)، (223.05)، (45.25) كيلومتراً على التوالي. بنسبة بلغت (7.35)،

جدول (5) المعاملات المورفومترية لشبكة التصريف على مستوى الرتب بحوض وادي جارف

الرتب المائية	عدد المجاري	النسبة %	أطوال المجاري كم	النسبة %	نسبة التشعب
1	2604	79.80	2196.88	51.00	--
2	511	15.66	1035.44	24.07	5.095
3	115	3.54	489.26	11.35	4.443
4	26	0.79	315.80	7.35	4.423
5	6	0.18	223.05	5.17	4.333
6	1	0.030	45.25	1.06	6
المجموع	3263	100 %	4305.68	100 %	--

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) باستخدام برنامج Arc map 10.8

الليونة. وتميل إلى أن تكون أكثر عرضة للفيضان؛ لأن شبكة التصريف تكون أكثر كفاءة في تجميع المياه ونقلها. وبالتالي زيادة احتمالية حدوث الفيضان في الحوض، لأنها تعطي جرياناً سطحياً سريعاً.

ويرى (Strahler, 1964) أن نسبة التشعب الطبيعية في أحواض التصريف تتراوح بين (3-5) في حال تجانس التركيب الصخري للحوض، وعندما تقل هذه النسبة عن (3) تعد مؤشراً على تجانس تضاريس الحوض، وسيادة التكوينات الجيولوجية

وأن الحوض يمتد فوق تكوينات صخرية ذات نفاذية عالية، إضافة إلى سيادة الانحدارات اللطيفة والهَيئة.

6.5. تَكَرُّر المَجَارِي: Stream frequency (F_s)

يُشير معدل تكرار المجاري المائية إلى النسبة بين مجموع أعداد المجاري المائية في الحوض، ومساحة ذلك الحوض بغض النظر عن أطوالها. وهو بذلك يدل على درجة تحدّد الحوض بواسطة التعرية المائية. وتتأثر قيم تكرار المجاري المائية بمساحة الحوض وخصائصه الصخرية، والتضاريسية، وكثافة الغطاء النباتي، ويُستفاد من تحديد قيم تكرار المجاري في تقدير حجم التصريف المائي، ونمط التصريف، وتحديد مدى تقطّع أو تتحدّد سطح الحوض بالمجاري المائية (عينية، 2018، ص 211).

تمّ حساب قيمة تكرار المجاري في حوض وادي جارف باستخدام صيغة معادلة Horton 1945 المبينة في الجدول (1)، المعادلة رقم (21). ويظهر من خلال الجدول (3) أن معدل تكرار المجاري في حوض وادي جارف بلغ حوالي (1.214) مجرى/كم². وهي قيمة منخفضة؛ ويمكن تفسير ذلك بسبب انخفاض قيمة كثافة التصريف في الحوض وارتفاع معدلات تسرب المياه نحو الباطن؛ نتيجة لسيادة الصخور ذات النفاذية العالية، وانخفاض قيمة النسيج الطبوغرافي.

7.5. شدة التصريف: Drainage intensity (D_i)

اقترح فانيران (Faniran, 1968) هذا المعامل ليُعبّر عن النسبة بين معدل تكرار المجاري المائية وكثافة التصريف. كما تُعدّ كثافة التصريف مقياساً شاملاً لاستجابة الحوض لهطول الأمطار.

تمّ حساب قيمة نسبة التشعب باستخدام صيغة معادلة Schumm 1956 المبينة في الجدول (1)، المعادلة رقم (21) حيث بلغ معدل نسبة التشعب في حوض وادي جارف (4.962) كما يظهر بالجدول (3)، أما نسبة التشعب على مستوى الرتب فيظهر من خلال جدول (5) أنها تتراوح بين (4.333 – 6) وهي تقع ضمن المعدل الطبيعي الذي حدده Strahler ويُظهِر هذا التوزيع مدى تقارب نسبة التشعب بين الرتب المختلفة داخل الحوض، والتي غالباً ما تكون نتيجةً لتجانس التكوينات الجيولوجية، وتقارب معدلات سقوط الأمطار في أجزاء الحوض المختلفة.

5.5. كثافة التصريف: Drainage density (D_d)

تُعبّر كثافة التصريف عن النسبة بين إجمالي أطوال المجاري المائية في حوض ما، ومساحة هذا الحوض، وتتأثر كثافة التصريف بالتركيب الصخري والبنية الجيولوجية، والتربة ونفاذيتها والتضاريس والغطاء النباتي، والظروف المناخية السائدة (السبيعي، 2016، ص 167).

تمّ حساب قيمة كثافة التصريف في حوض وادي جارف باستخدام صيغة معادلة Horton 1945 المبينة في الجدول (1)، المعادلة رقم (20). ويظهر من خلال الجدول (3) أن كثافة التصريف في حوض وادي جارف بلغت حوالي (1.602) كم/كم². وهذا يعني أن كل كيلومتر مربع من مساحة الحوض تحتوي على (1.602) كيلومتر من المجاري المائية. وتعتبر هذه القيمة منخفضة حسب تصنيف (Morisawa, 1962). ويمكن تفسير ذلك بقلة أطوال المجاري المائية في الحوض وتباعدها، وانخفاض قيمة النسيج الطبوغرافي،

(2690.45 كم²). في حين بلغ طوله (108.46 كم)، وطول محيطه (375.2 كم).

وأظهرت دراسة الخصائص الشكلية لحوض وادي جارف أنه حوض مستطيل الشكل حيث سجل هذا المعامل (0.54)، في حين بلغت قيمة معامل الشكل (0.26) وهي قيمة منخفضة تدل على عدم تناسب شكل الحوض، وميله إلى الاستطالة وبالتالي يتميز بمسارات تدفق أطول يقلل من احتمالية حدوث فيضانات مفاجئة.

في حين أظهرت دراسة الخصائص التضاريسية أن نسبة تضرس الحوض منخفضة لم تتجاوز (2.75 م/كم)، في حين بلغت قيمة نسيج الحوض (8.7) مجرى لكل 1 كيلومتر، وبذلك يُصنّف ضمن الأحواض ذات النسيج متوسط الخشونة وفق تصنيف **Smith**، وهذا يرجع إلى سيادة الصخور الجيرية اللينة، والغطاءات الرملية ذات المسامية العالية. في حين بلغ التكامل الهيبسومتري للحوض حوالي (0.73 %) وهذا يعني أن الحوض لا يزال يمر بمرحلة الشباب من دورته الحثية، وأن حوالي (27 %) فقط من كتلته الصخرية قد تعرضت للتآكل بفعل عمليات التعرية.

وأظهرت دراسة خصائص شبكة التصريف أن حوض وادي جارف بلغ الرتبة السادسة وفق طريقة **Strahler** وبلغ عدد مجاريه (3263) مجرى، تُشكل مجاري الرتبة الأولى والثانية ما نسبته (95.46 %) من إجمالي عدد المجاري بالحوض. في حين بلغ إجمالي طول المجاري (4305.68 كم)، وبلغت قيمة نسبة التشعب حوالي (4.962)؛ وهذا أدى إلى انخفاض كثافة التصريف بالحوض حيث بلغت (1.602) كم/كم². وانخفضت معها قيمة شدة التصريف لتصل إلى (0.693) بوصة/كم، مما يُشير إلى تأخير ذروة التصريف، ويُعطى من

تم حساب قيمة شدة التصريف في حوض وادي جارف باستخدام صيغة معادلة **Faniran 1968** المبينة في الجدول (1)، المعادلة رقم (22). ويظهر من خلال الجدول (3) أن قيمة شدة التصريف في حوض وادي جارف بلغت حوالي (0.693) بوصة/كم. وهي قيمة منخفضة تُشير إلى تأخير ذروة التصريف، ويُعطى من استجابة الجريان السطحي، مما يُقلل من احتمالية حدوث فيضانات مفاجئة.

6. النتائج والتوصيات:

1.6. النتائج:

1. جاءت نتائج الدراسة متوافقة مع الهدف الأول المتمثل في استخلاص وتحليل الخصائص المورفومترية لحوض تصريف وادي جارف باستخدام نظم المعلومات الجغرافية اعتمادًا على بيانات نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM)، فقد أسفرت النتائج عن تحديد الخصائص المساحية والشكلية والتضاريسية وخصائص شبكة التصريف للحوض، حيث تم قياس مساحته وأبعاده، وتحليل شكله الهندسي، وتحديد درجة تضرسه ونسيجه الطبوغرافي، إضافة إلى تحديد رتب المجاري المائية وكثافة التصريف ونسبة التشعب، وهو ما يعكس نجاح الدراسة في تحقيق هذا الهدف بدقة كمية واضحة.

حيث أظهرت الدراسة أن التركيب الجيولوجي لحوض وادي جارف يتسم بالبساطة وتغطي سطحه تكوينات الميوسين المتمثلة في تكوين الخمس الذي يشكل ما نسبته (66.28 %) من مساحة الحوض، تليها تكوينات الأيوسين المتمثلة في تكوين وادي تامت بنسبة (24.38 %) من مساحة الحوض. كما أظهرت دراسة الخصائص المساحية لحوض وادي جارف أنه حوض كبير المساحة حيث تصل مساحته إلى حوالي

الاقْتِباس: السبيعي، سليمان يحيى. (2026). تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي جارف باستخدام نظم المعلومات الجغرافية. مجلة كلية الآداب جامعة مصراتة (Faculty of Arts Journal). 21، 165–139. <https://doi.org/10.36602/faj.2026.n21.08>

- estimating drainage basin shape [معيار جديد] لتقدير شكل حوض التصريف *American Journal of Science*, 255(2), 138–141. <https://doi.org/10.2475/ajs.255.2.138>
- Farhan, Yahya. et.al., (2015). Quantitative analysis of geomorphometric parameters of Wadi Kerak, Jordan, Using remote sensing and GIS [التحليل الكمي للمعايير الجيومورفومترية لحوض وادي الكرك باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية] *Journal of Water Resource and Protection*, 7(6), 456-476. DOI: 10.4236/jwarp.2015.76037.
- Horton, R. E., (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydro-physical approach to quantitative morphology [تطور التعرية للأنهار وأحواض] [تصريفها؛ منهج هيدرولوجي للمورفولوجيا الكمية]. *Bulletin of the Geophysical Society of America*, 56(3), 275-370.
- Industrial Research Centre, (1977) . Geological Map of Libya [خرائط ليبيا] [الجولوجية], Explanatory Booklet, Al Qaddahiyah Sheet, 1:250.000, Tripoli.
- Industrial Research Centre, (1980). Geological Map of Libya [خرائط ليبيا] [الجولوجية]. Explanatory Booklet, Annufaliyah sheet, 1:250.000, Tripoli.
- Koshak, N. Dawod, G. (2011). A GIS morphometric analysis of hydrological catchments within Makkah Metropolitan area, Saudi Arabia [تحليل مورفومتري باستخدام نظم المعلومات الجغرافية للأحواض المائية داخل منطقة مكة المكرمة الكبرى، المملكة العربية السعودية]. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 2(2), 544–554.
- Leopold, B., Wolman, G., & Miller, P. (1964). Fluvial Processes in Geomorphology [العمليات النهرية في علم شكل الأرض]. Freeman & Co., London.
- سلامة، حسن رمضان (2004). أصول الجيومورفولوجيا، دار المسير للنشر والتوزيع والطباعة.
- سلوم، غزوان (2012). حوض وادي القنديل دراسة مورفومترية. مجلة جامعة دمشق، 28 (1)، (377-438).
- عنيبة، عمر أحمد (2018). تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي ساسو باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية. مجلة أبحاث، جامعة سرت، 12، (183-222).
- مركز البحوث الصناعية، (1977). خريطة ليبيا الجيولوجية مقياس رسم 1:250.000 لوحة قصر سرت NH 33-4. الكتيب التفسيري. طرابلس.
- مركز البحوث الصناعية، (1979). خريطة ليبيا الجيولوجية مقياس رسم 1:250.000 لوحة بونجيم NH 33-7. الكتيب التفسيري. طرابلس.
- مركز البحوث الصناعية، (1980). خريطة ليبيا الجيولوجية مقياس رسم 1:250.000 لوحة النوفلية NH 33-8. الكتيب التفسيري. طرابلس.
- ناصر، شوقي شحده (2016). مقارنة بين نموذجي الارتفاعات الرقمية (*SR TM3 & ASTER*) في استخراج الخصائص المورفومترية لحوض وادي تنزوفت (جنوب غرب ليبيا). المؤتمر الدولي للتقنيات الجيومكانية – ليبيا جيو تك 2، الجمعية الليبية للاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، طرابلس، 6-8 ديسمبر.
- Chorley, R. J., Malm, D. E. G., Pogorzelski, H.A., (1957). A new standard for

- Zamzam watershed in north-western Libya using GIS and remote sensing techniques [خطوة بخطوة للنمذجة المورفومترية لحوض وادي زمزم في شمال غرب ليبيا باستخدام نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد]. Springer Nature, “Environmental Applications of Remote Sensing and GIS in Libya. PP175-204. Chapter- Environmental Applications of Remote Sensing and GIS in Libya, (Ed.): Hamdi. A. Zurqani, Springer international publishing. <https://link.springer.com/gp/book/9783030978099>
- Schumn, A., (1956). Evaluation of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. [تقييم أنظمة الصرف والمنحدرات في الأراضي الوعرة في بيرث أمبوي، نيو جيرسي]. *Geological Society of America Bulletin*, 67(5), 597–646. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:EODSAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:EODSAS]2.0.CO;2)
- Strahler, A. N., (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology [التحليل الكمي لـ الجيومورفولوجيا مستجمعات المياه]. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38, 913–920. <https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913>
- Strahler, A. (1964). Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks [الجيومورفولوجيا الكمية لأحواض التصريف وشبكات القنوات]. In: Chow, V. (Ed.), *Handbook of Applied Hydrology*. McGraw Hill, New York, 439-476.
- Padala, Shekar., Aneesh Mathew, (2024). Morphometric analysis of watersheds: A comprehensive review of data sources, quality, and geospatial techniques [التحليل المورفومتري لأحواض تصريف المياه: مراجعة شاملة لمصادر البيانات وجودتها والتقنيات الجغرافية المكانية]. *Watershed Ecology and the Environment*, 6, 13-25. <https://doi.org/10.1016/j.wsee.2023.12.001>
- Pareta, K. (2011). Hydro morphological study of Karawan watershed using GIS and remote sensing techniques [دراسة هيدرومورفولوجية لحوض كاروان باستخدام نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد]. *Esri-International Scientific Research Journal*, III. I, (4) 243-268.
- Rafiq AH, Aadil H, Sami Ullah B (2013). Application of morphometric analysis for geo- hydrological studies using geo- spatial technology –A case study of Vishay drainage basin [تطبيق التحليل المورفومتري للدراسات الجيولوجية المائية باستخدام التكنولوجيا الجغرافية المكانية - دراسة حالة لحوض تصريف فيشاي]. *Hydrology Current Research*, 4(3), 1-12. doi:10.4172/2157-7587.1000157
- Revuelta-Acosta, J. D., Garrido-Meléndez, J., Conde-Gutiérrez, R. A. et al, (2025). Comprehensive geospatial assessment: morphometric parameters and hydrological implications in five Mexican basins [تقييم جغرافي مكاني شامل: المعايير المورفومترية والآثار الهيدرولوجية في خمسة أحواض مكسيكية]. *Scientific Reports*, 15. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-05194-8>.
- Salim, M. et.al. (2020). Stepwise approach for Morphometric modeling of Wadi

Analysis of the Morphometric Characteristics of Wadi Jaref Basin Using Geographical Information System

* **Soliman Yahia Al-Subaie**

Geography Department, Faculty of Arts, Sirte University, Libya

* dr.soliman.alsubaie@su.edu.ly

Received 06- 01 - 2026

Accepted 04- 03- 2026

Published Online 05- 03- 2026

Abstract

This study aims to analyze the morphometric characteristics of the Wadi Jaref basin by analyzing and processing Digital Elevation Model (DEM) data extracted from ASTER satellite imagery with a resolution (30) meter. Geographic Information System (GIS) software was employed to identify and extract the drainage network and classify its order according to the Strahler (1957) classification. Mathematical equations were used to calculate the values of 22 morphometric variables, Areal parameters, Relief parameters, and Shape parameters, as well as drainage network characteristics.

The study concluded that the Wadi Jaref basin is a large basin, with an area of approximately 2690.45 km² and a perimeter of 375.2 km. The basin exhibits an elongation of 0.54, a drainage density of 1.602 km/km², and a drainage network of the sixth order. First and second-order Streams constituted approximately 95.46 % of the total number and length of Streams. The Bifurcation ratio was approximately 4.962 Stream/km.

Key words: *Wadi Jaref, morphometric characteristics, digital elevation model, geographic information system, bifurcation ratio.*