

DOI: <https://doi.org/10.36602/jsba.2025.20.96>الخصائص المورفومترية بتقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية لحوض وادي ساسو جنوب مدينة  
مصراتة – ليبيامنعم رجب حريب<sup>1</sup> ، فتحى بلعيد غانم<sup>2</sup>

1. كلية البيئة والموارد الطبيعية/ جامعة مصراتة.

2. كلية العلوم/ جامعة المرقب

Moneim Rajab Hraib<sup>1</sup>, Fathi Beleed Ghanem<sup>2</sup>E-mail: [Fbghanem@elmergib.edu.ly](mailto:Fbghanem@elmergib.edu.ly)<sup>2</sup>. E-mail: [Monemman.17f@gmail.com](mailto:Monemman.17f@gmail.com)<sup>1</sup> ,

تاريخ النشر: 2025-12-30

تاريخ القبول: 2025-12-20

تاريخ التقديم: 2025-10-6

## المخلص:

تهدف هذه الدراسة إلى بناء قاعدة معلومات للخصائص المورفومترية بتقنية الاستشعار عن بعد Remote Sensing ونظم المعلومات الجغرافي Geographical Information System للمنظومة الهيدرولوجية بهدف إنتاج خرائط رقمية للارتفاعات والانحدارات واتجاهات الانحدار وشبكة التصريف والخروج بقياسات مورفومترية دقيقة للحوض مثل مساحة الحوض وطوله ومحيطه والخصائص التضاريسية مثل ارتفاع الحوض وانحداره وكذلك استخراج خصائص الشبكة المائية للحوض كطول وعدد المجاري المائية والخصائص التضاريسية مثل نسبة التضرس والانحدارات والخصائص الشكلية مثل نسبة الاستيطالية ونسبة الاستيدارة وخصائص الشبكة المائية مثل التكرار النهري وكثافة التصريف لحوض وادي ساسو والذي تبلغ مساحته الاجمالية (2470.15 كم<sup>2</sup>) ، الذي يقع في الجزء الجنوب الغربي من مدينة مصراتة ، بين دائرتي عرض ( 32° 17' 45.6" - 00° 00' 32" شمالاً وخطي طول ( 13° 20' 15" - 14° 15' 14" شرقاً ، بحيث تهدف هذه الدراسة إلى تحليل العلاقات الإحصائية بين المتغيرات المورفومترية للأحواض المائية لوادي ساسو (الروافد) والبالغ عددها أربعة أحواض ثانوية البيانات المستخدمة في هذا البحث هي بيانات تم أخذها من ملفات الارتفاع الرقمي (Digital Elevation Model) DEM من خلال ( Aster- GDEM ) عن طريق ( USGS هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية ) بدقة تمييز مكاني 30 × 30 متر والبيانات الحقلية التي تم أخذها من منطقة الدراسة كبيانات مرجعية لتحليل الحوض المائي للوادي.

الكلمات المفتاحية: الخصائص المورفومترية , الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية , قياس وتحليل الشبكات المائية.

## المقدمة

يعد التحليل المورفومتري للأحواض المائية من المعايير المهمة للدلالة على القياسات والخصائص الهندسية لسطح الأرض والتي تساهم الأنهار ونظمها المختلفة في تشكيلها. وقد ازدادت أهمية التحليل الكمي للعمليات الجيومورفولوجية للشبكات النهرية منذ منتصف القرن العشرين عندما تطرق (Horton, 1945) إلى التحليل الكمي للعمليات الجيومورفولوجية في الأحواض النهرية والشبكة المائية.

ولقد قام (Horton, 1945) بتصنيف الروافد النهرية وتبعه (Strahler, 1957) بتعديل طريقة تصنيف الروافد النهرية ويمكن الاعتماد على تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية بالتكامل مع الطرق الإحصائية لاستخلاص وتحليل المتغيرات المورفومترية وإيجاد العلاقات ما بين هذه المتغيرات وتحديد دلالاتها الهيدرولوجية، الجيومورفولوجية، الجيولوجية، والمناخية (Biswas, 2016).

إن الخصائص المورفومترية ترتبط بشبكة التصريف المائية وتعتمد دقة نتائج التحليل المورفومتري على دقة رسم شبكة المجاري المائية. كما يتم استخلاص بعض المتغيرات الهيدرولوجية خاصة تقدير زمن حدوث الفيضان (Walling and Gregory, 1968) وتطورها لأن جميع العمليات الهيدرولوجية والجيومورفولوجية تحدث ضمن هذه الأحواض (Singh and Dubey, 1994). وبسبب تعقد العمليات الهيدرولوجية وعمليات تشكيل السطح كالتجوية والتعرية والنقل ومدى مساهمتها في أحداث هذه التغيرات جرت محاولات لتقدير المرحلة التطورية الجيولوجية للأحواض. بتأثير العوامل المختلفة كالعوامل الجيولوجية مثل (التكتونية والتركيبة والصخرية) والمناخ وعلى

طوبولوجية الحوض وتوفر لنا تقنية نظم المعلومات الجغرافية برامج متطورة لإجراء التحليلات المورفومترية التي تم اعتمادها في هذه الدراسة معتمدة على بيانات دقيقة ذات درجة وضوح مكاني عالية متمثلة في (المرئية الفضائية ونموذج الارتفاعات الرقمية DEM) التي تساعدنا في رسم شبكة التصريف المائية بصورة دقيقة مما يعكس على نتائج التحليل المورفومتري موفرة بذلك الجهد والوقت. وتهدف الدراسة الحالية إلى تحقيق ما يلي

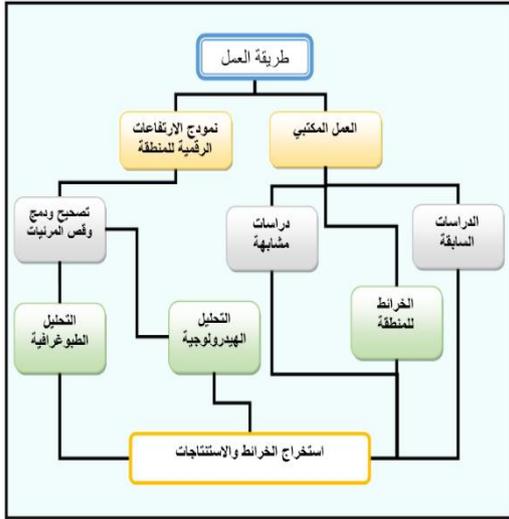
- بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية لحوض وادي ساسو.
- المساهمة في جيولوجية المنطقة
- تحديد واقتطاع شبكة التصريف النهري لحوض وادي ساسو لدراسة خصائصها المورفومترية.
- دراسة خصائص بعض الأحواض الثانوية لحوض وادي ساسو
- إنشاء خرائط رقمية باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية.

## أهمية الدراسة:

أحواض منطقة الدراسة من الأودية الموسمية إذ تجري فيها المياه أثناء فصل الشتاء والربيع عند سقوط الأمطار في أوقات غير منتظمة في الكم والزمان، ومن منطلق مواكبة الطرق التقنية الحديثة في مجال استخلاص الخصائص المورفومترية من حيث تحديد الشبكة النهرية واتجاه الجريان والحوض المائي وغيرها من القياسات المورفومترية، لقد تم بناء قاعدة بيانات وإنتاج الخرائط الخاصة بالخصائص

## الجانب العملي المقدمة

تم إتباع منهجية محددة في هذا البحث ابتداء بمرحلة التجميع للبيانات و مروراً بإعدادها ومعالجتها وإنتهاء بتخزينها وإجراء العمليات المطلوبة عليها وهذا ما يوضحه الشكل (1).

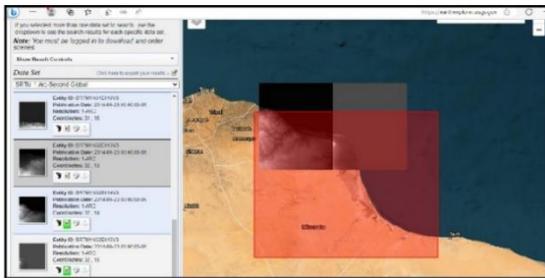


الشكل (1) المنهجية التي تم إتباعها في هذا البحث  
المصدر : عمل الباحث.

## تجميع البيانات

تتطلب المرحلة التالي :-

1. مصادر كتابية : لما تحتويه من بيانات وخرائط رقمية دقيقة.
2. مرئيات الأقمار الاصطناعية : تم الحصول على المرئيات لمنطقة الدراسة من هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (USGS) من نوع نموذج ملفات الارتفاع الرقمية (DEM) كما هو موضح في الشكل (2).
3. العمل الميداني: جمع البيانات الدقيقة المباشرة.
4. مصادر خارجية: وهي المعلومات والبيانات التي توفرها شبكة المعلومات (Internet) حيث تم الاعتماد على الشبكة في توفير بعض البيانات.



الشكل (2) يوضح تحميل المرئية من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (USGS)

## مرحلة إدخال البيانات وتخزينها

هي عملية ادخال البيانات في نظام الحاسوب بعد جمعها من المصادر المختلفة

المورفومترية لحوض وادي ساسو رقمياً بجهد أقل ودقة أكثر من الطرق التقليدية.

## وسائل الدراسة وتقنياتها:

تعتمد الدراسة على استخدام المنهج التحليلي لدراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي ساسو، فقد اعتمدت على المنهج التحليلي لتحليل بيانات نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بقدرة تمييزية (30×30م) من خلال (Aster- GDEM) عن طريق هيئة المساحة الجيولوجية الامريكية (USGS) لاستخراج الخصائص الهيدرولوجية الخاصة بمنطقة الدراسة باستخدام برمجية (ArcGIS10.8) ، الذي من خلاله تم الحصول على:

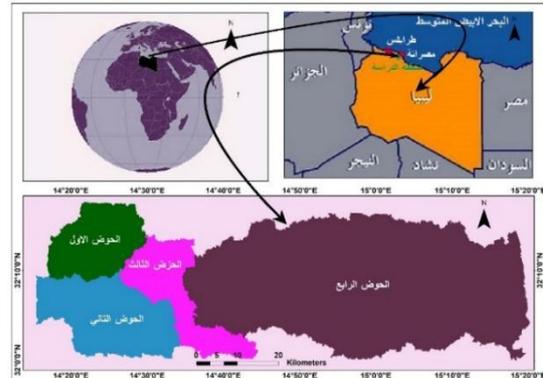
1. القياسات المساحية والخطية لشبكة التصريف النهري والتمثلة بأعداد، وأطوال ورتب المجاري المائية.
2. القياسات الشكلية كعامل شكل الحوض، ونسبة الاستدارة، ونسبة الاستطالة وغيرها.
3. القياسات المتعلقة بالخصائص التضاريسية كدرجات الانحدار، وتضرس الحوض ونسبة التضرس وغيرها.
4. القياسات المتعلقة بالشبكة المائية كالرتب النهري أطوالها وإعدادها، والكثافة التصريفية، والتكرار النهري وغيرها.

## حدود البحث

حدود منطقة الدراسة لحوض وادي ساسو تقع على دائرتي عرض ( 32° 17' 45.6" - 32° 00' 00" شمالاً وخطي طول ( 13° 20' 15" - 14° 15' 14" ) وجغرافيا يبعد حوالي 42 كم الى الجنوب الغربي من مدينة مصراتة كما في الخريطة (1) حيث يمتد من جنوب زليتن الى الشرق ليصب في سبخة تاورغاء بطول يصل 90 كم ويتغذى حوض الوادي على مجموعة من الروافد في أربعة أحواض ثانوية والتي تم دراستها.

## أدوات الدراسة

1. استخدام البرمجيات المتعلقة بالحاسوب لغرض تحليل البيانات
2. Erdas
3. Arc GIs
4. Sasplanet
5. المراجع العلمية الدراسات السابقة.
6. الخرائط والمرئيات الفضائية و اعتبارها كوسيلة تحليلية مهمة في هذه الدراسة.
7. شبكة المعلومات الدولية .



الخريطة (1) منطقة الدراسة

### قاعدة البيانات الجغرافية

فمن خلال برمجية Arc Catalog تم إنشاء قاعدة بيانات متكاملة و إنشاء ملفات الرسم و ملفات الصور والمرئيات وغيرها لاستخدامها في برنامج Arc Map.

الجانب العملي في هذه الدراسة مقسم الى عدة خطوات:

### العمليات الرئيسية لمعالجة مرئية الاستشعار عن بُعد الرقمية

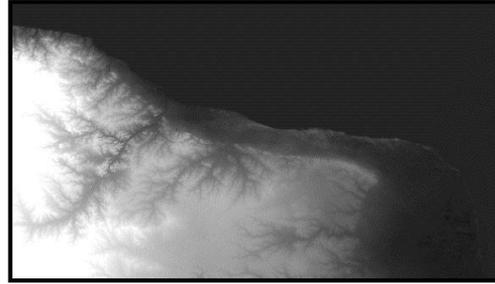
العمليات التحليلية للمرئيات الفضائية هي عبارة عن خطوات مرتبطة مع بعضها البعض وفي ما يلي معلومات مختصرة عن أهم عمليات المعالجة التي تمت للمرئيات الاستشعار عن بُعد الرقمية لهذه الدراسة .

### 1. المعالجات الأولية للبيانات الرقمية في الأقمار الاصطناعية :Preprocessing

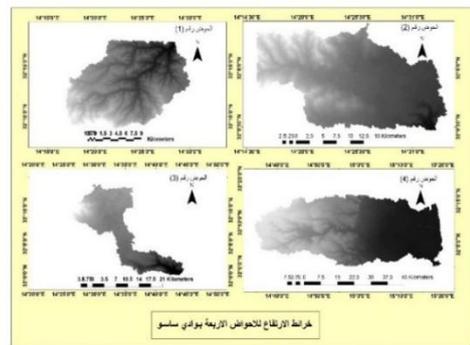
- التصحيحات الراديومترية Radiometric Correction
- التصحيحات الهندسية Geometric Correction

### 2. المعالجات العامة :General processing

- الدمج Mosaic : تم استخدام برنامج ERDAS كما في الشكل (3). أصبح هناك مساحة كبيرة زائدة.
- القص Subset: للتخلص من الأجزاء التي ليست ضمن منطقة الدراسة والتي سيتم العمل عليها باستخدام برنامج Arc Map يتم قص الصورة كما في الشكل (4).



الشكل (3) دمج بين المرئيتين DEM باستخدام برنامج ERDAS



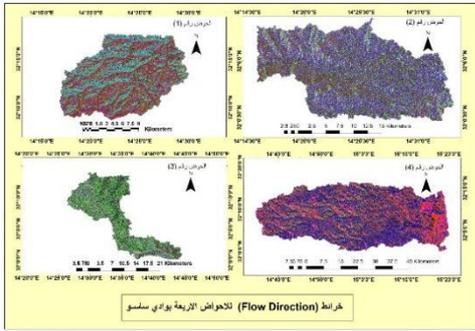
الشكل (4) قص الصورة للأحواض الأربعة المؤثرة بوادي ساسو باستخدام برنامج Arc Map

### 3. المعالجات الخاصة Special Processing:

- التحليل الهيدرولوجي:  
يتم التحليل الهيدرولوجي بعدة خطوات وهي:

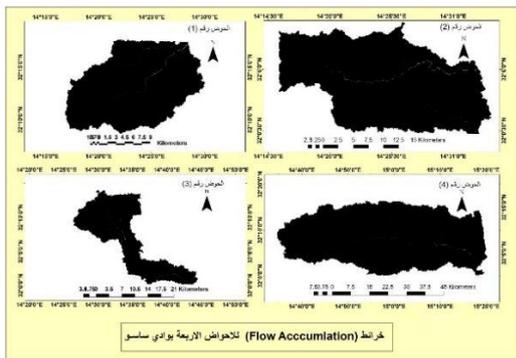
❖ أداة التعبئة Fill لتصحيح القيم الشاذة الغير متوقعة (sinks) في بيانات ملف الارتفاعات والتي تكون قيمة ارتفاعها شاذة بصورة كبيرة عن قيم الارتفاعات الرقمية الأخرى، و من ثم 3، يجب تصحيحها و إنشاء ملف DEM جديد خالي من القيم الشاذة .

❖ اتجاه الجريان Flow direction : تقوم أداة اتجاه الجريان بتحديد الاتجاه الذي ستجري من خلاله المياه من خلية الى الخلايا المجاورة لها وذلك من خلال مقارنة ارتفاع (منسوب) الخلية مع مناسيب الخلايا المجاورة بإعطاء قيمة لكل اتجاه ستجري به المياه كما في الشكل (5)



الشكل (5) يوضح نتيجة تحليل قيم اتجاه الجريان Flow direction

❖ تجميع الجريان flow accumulation : تقوم اداة تجميع الجريان flow accumulation لكل خلية بحساب عدد الخلايا التي ستصب المياه فيها. أي ان كل خلية في الملف الشبكي الجديد ستحتوي عدد لخلايا التي ستتدفق منها المياه الى هذه الخلية، وبالتالي فيمكن تحديد شكل المجاري الرئيسية لمنطقة الدراسة الشكل (6).



الشكل (6) يوضح نتيجة تحليل قيم اداة تجميع الجريان flow accumulation

❖ زيادة التحسين أو التحسس Con : تهدف هذه الخطوة لزيادة التحسس resolution عند استخراج مسارات الأودية من ملف تجميع الجريان , وذلك باستخدام الأداة Con الشكل (7).

جدول (1) يبين المساحة والمحيط للحوض

الأحواض	طول الحوض كم	محيط الحوض كم	مساحة الحوض كم <sup>2</sup>
(1)	22.06	84.12	239.54
(2)	32.47	127.73	366.94
(3)	27.25	140.45	248.66
(4)	72.14	295.43	1615.01

## 2- أبعاد حوض التصريف لوادي ساسو:

❖ **طول الحوض Basin Length** : هي مسافة الخط المستقيم الذي يرسم بين أبعد نقطة على محيط الحوض ونقطة المصب وكانت النتيجة في حوض ساسو كما في الجدول (2).

الجدول (2) أطوال الاحواض الاربعة لحوض وادي ساسو

التميز	الحوض (1)	الحوض (2)	الحوض (3)	الحوض (4)
طول الحوض كم	22.06	32.47	27.25	72.14

❖ **عرض الحوض Basin Width** : وهو معدل طول مجموعة من الخطوط المتعامدة على الخط المستقيم الذي يمثل طول الحوض، وليس هناك عدد محدود لهذه الخطوط ، وقد يستخدم عوضا عن ذلك، النسبة ما بين مساحة الحوض وطول الحوض وكانت في حوض ساسو كما في الجدول (3)

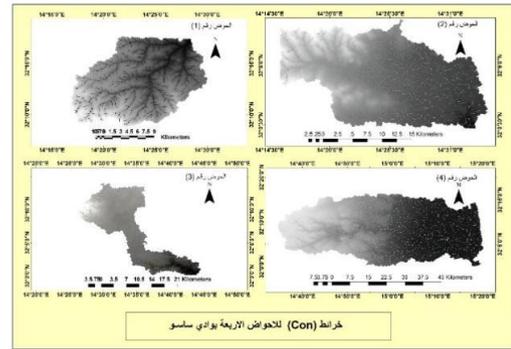
جدول (3) عرض الاحواض الاربعة لحوض وادي ساسو

التميز	الحوض (1)	الحوض (2)	الحوض (3)	الحوض (4)
عرض الحوض كم	10.85	11.30	9.13	22.39

❖ **محيط الحوض Basin Perimeter** : هو طول خط تقسيم المياه المحيط بالحوض ويفصل بين الحوض والأحواض المجاورة له ، ويقاس تقليديا بواسطة عجلة القياس، ويقاس حاليا باستخدام العديد من برامج الحاسوب ( محسوب ، 1997) وكانت في الاحواض الاربعة لوادي ساسو كما في الجدول (4).

الجدول (4) محيط الأحواض Basin Perimeter الاربعة لحوض وادي ساسو

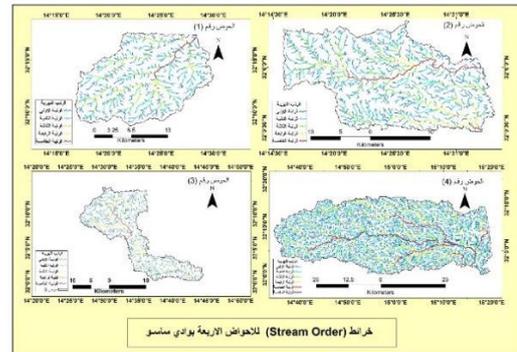
التميز	الحوض (1)	الحوض (2)	الحوض (3)	الحوض (4)
محيط الحوض كم	84.12	127.73	140.45	295.43



الشكل (7) يوضح عملية زيادة التحسين أو التحسس Con

❖ **رتب Stream Order** : اعطاء رتبة لكل جزء من أجزاء شبكة التصريف الشكل (8)

❖ **تحويل ملف الاودية من شبكي الى خطي Stream to Feature**



الشكل (8) تحويل ملف الاودية من شبكي الى خطي Stream to Feature

## 4. المتغيرات المورفومترية للأحواض المائية:

تمثل دراسة الأحواض المائية جانبا كبيرا من اهتمام الجيومورفولوجي لما لهذه الأحواض من دلالات بيئية عديدة، فالخصائص المورفومترية للأحواض المائية عامة ترتبط ارتباطا مباشرا بالعوامل الطبيعية (عاشور وتراب، 1996)، وفي هذه الدراسة سوف نتعرض لأهم المتغيرات المورفومترية الخاصة بالأحواض المائية المتمثلة في الخصائص المساحية والخصائص التَشكيلة والتضاريسية والمتغيرات المورفولوجية.

### 1- الخصائص المساحية:

❖ **مساحة الحوض Basin Area** : تعتبر مساحة الحوض من أهم الخواص المساحية المستخدمة كثيرا في حساب الكثير من المقاييس المهمة، وتمثل مساحة الحوض كامل المساحة التي يحده فقط تقسيم المياه وتقاس بعدة طرق منها استخدام البلانيمتر على خرائط المناسيب أو الخرائط الكنتورية، أو عن طريق الصور الجوية أو المرئيات الفضائية أو بطريقة المربعات أو أي أجهزة مساحية أخرى، أو برامج حاسوبية، (النقاز ، 2013) وكانت في حوض ساسو كما في الجدول (1).

❖ نسبة الإستدارة Circularity Ratio : وتوضح النسبة مدى إقتراب أو إبتعاد شكل الحوض من الشكل الدائري المنتظم، وتكون النسبة بين (0 - 1) يكون الشكل قريبا من الإستدارة إذا كان أقرب إلى الواحد من الصفر، وإذا كان العكس دل على وجود الشكل المتعرج وزيادة طول القنوات المائية القريبة من المنبع (التقاز ، 2013)، وتعكس نسبة استدارة الحوض الدائري مدى تعرج محيطه حيث أن العلاقة عكسية بين نسبة الاستدارة وتعرج محيط الحوض، كما تعد نسبة الاستدارة مؤشرا عن المرحلة العمرية التي يمر بها الحوض الدائري فكلما اقتربت نسبة الاستدارة من 1 صحيح دل ذلك على تقدم الدورة الحثية في الحوض ووصوله إلى مرحلة الشيخوخة وتقاس بالمعادلة التالية:

$$\text{نسبة الإستدارة} = 4 \times 3.14 \times \frac{\text{مساحة الحوض}}{2(\text{طول المحيط})}$$

وكانت نتيجة نسبة الاستدارة للأحواض بوادي ساسو كما في الجدول رقم (7)

الجدول (7) نسبة الاستدارة للأحواض بوادي ساسو

التميز	الحوض (1)	الحوض (2)	الحوض (3)	الحوض (4)
نسبة الاستدارة	0.43	0.28	0.28	0.23
التصنيف	أقل استدارة	أقل استدارة	أقل استدارة	أقل استدارة

و تدل على أن الاحواض الاربعة في الشكل أقل استدارة، وأقل تعرج للمحيط الحوضي ونشاط عمليات التعرية به يكون في مرحلة الشباب من دورته الحثية .

❖ **معامل الشكل Form Factor** : يصف هذا العامل مدى إنتظام عرض الحوض المائي على طول إمتداده من منطقة المنبع وحتى بيئة المصب، وتدل القيمة المنخفضة على صغر مساحة الحوض بالنسبة لطوله مما يجعل الحوض يقترب من الشكل المثلث، حيث تدل القيمة المنخفضة له على استطالة الحوض، وبالتالي يحتاج الوصول إلى قمة الجريان إلى مدة زمنية أطول، في حين تشير القيم المرتفعة لهذا المعامل إلى استدارة الحوض، ومن ثم سرعة تدفق المياه، وقصر الوقت اللازم في الوصول إلى قمة الجريان، مما يجعل الحوض عرضة لمخاطر الفيضانات (Sethupathi , 2011) ، ويتأثر شكل الحوض المائي ونمطه وشبكة التصريف التي تمتد داخله بالخصائص الأخرى مثل نوع الصخر ودرجة الانحدار بالإضافة إلى أن الشكل يؤثر على العمليات الجيومورفولوجية خاصة فيما يتعلق بكفاءة شبكة التصريف المائي به، ويمثل معامل الشكل النسبة ما بين حوض مساحة الحوض إلى مربع طول الحوض (محسوب، 1997)، وتقاس بالمعادلة التالية:

$$\text{معامل الشكل} = \frac{\text{مساحة الحوض}}{2(\text{طول المحيط})}$$

وكانت نتيجة معامل الشكل للأحواض بوادي ساسو كما في الجدول رقم (8)

3- الخصائص المورفومترية الشكلية لحوض ساسو: تعتمد دراسة الخصائص الشكلية للأحواض على فهم التطور الجيومورفولوجي لها، والعمليات التي شكلتها إلى جانب تأثيرها على حجم التصريف النهري وبالتالي على تحديد درجات أخطار الفيضانات ويتم قياس شكل الحوض من خلال مقارنته بالأشكال الهندسية الشائعة مثل الدائرة والمستطيل والمربع وكذلك من خلال دراسة الشكل العام له ومن خلال قياس النسبة بين طوله وعرضه مع الأخذ في الاعتبار تطبيق هذه الخصائص الظاهرات الجيومورفولوجية ، وكذلك تأخذ الأحواض أشكالاً مختلفة مثل المستطيل والمستدير والمثلث والمربع (التقاز ، 2013)، وفي ما يلي عرض لأهم الخصائص الشكلية :

❖ نسبة الاستطالة Elongation Ratio: وتعتبر هذه النسبة عن إمتداد الحوض مقارنة مع الشكل المستطيل إذ ترتفع نسبة الاستطالة في الأحواض المستطيلة وتنخفض في الأحواض ذات الأشكال الأخرى، وتكون النسبة بين (0 - 1) إذ يكون الشكل قريبا من الاستطالة إذا كان أقرب إلى الصفر من الواحد (التقاز، 2013)، كما تشير استطالة الحوض إلى أنه يمر ببداية دورة تعرية وقد تنتج الاستطالة عن عوامل تكتونية بحته دون أن تتدخل عمليات النحت في شكل الحوض (سلامه، 2004)، وتقاس بالمعادلة التالية:

$$\text{الإستطالة} = \frac{\sqrt{2 \times \text{مساحة الحوض}}}{\text{طول محيط الحوض}} \times 1.128$$

وتصنف الاحواض المائية بناء على نسبة الاستطالة وفقاً لمعادلة ( Schumm , 1956 ) كما في الجدول (5) وكانت نتيجة نسبة الاستطالة للأحواض بوادي ساسو كما في الجدول رقم (6).

الجدول (5) : تصنيف الاحواض المائية بناء على نسبة الاستطالة وفقاً لمعادلة ( Schumm , 1956 )

النسبة	التصنيف	المرحلة العمرية للحوض
أقل من 0.5	أكثر استطالة	الشباب
0.5 – 0.7	مستطيل	
0.7 – 0.8	أقل استطالة	نضج
0.8 – 0.9	بيضاوي	
0.9 – 1	دائري	الشيخوخة

الجدول رقم (6) تصنيف الاحواض المائية بناء على نسبة الاستطالة للأحواض بوادي ساسو

التميز	الحوض (1)	الحوض (2)	الحوض (3)	الحوض (4)
نسبة الاستطالة	0.21	0.7	0.65	0.63
التصنيف	أكثر استطالة	مستطيل	مستطيل	مستطيل

ووفقاً لتصنيف Schumm فإن الاحواض تعد أحوض مستطيلة الشكل دورتها الحثية الشباب يقترب للنضج، بإستثناء الحوض الأول أكثر استطالة وفي مرحلة الشباب من دورتها الحثية.

وتعد نسبة تضررس هذه الاحواض منخفضة مما أدى إلى انخفاض قيمة كثافة التصريف، وقلة الرواسب المحمولة.

❖ **معدل النسيج الطبوغرافي Drainage Texture :** ويعتبر هذا المعدل مؤشرا نسيجيا يصف طبيعة طبوغرافية الروافد في الحوض الواحد، ويدل على مدى تقطع الأحواض في الوادي ويعرف بأنه النسبة ما بين عدد الروافد في الرتبة إلى محيط الحوض المائي للرتبة، وتقسّم نسبة التقطع إلى خمسة درجات تصنيف (Smith,1950)، الجدول (11) .

**الجدول (11) تصنيف (Smith,1950) لمعدل النسيج الطبوغرافي**

النسبة	النسيج الطبوغرافي
أقل من 2	خشّن جداً
2 - 4	خشّن
4 - 6	متوسط
6 - 8	ناعم
8 فأكثر	ناعم جداً

وتقاس بالمعادلة التالية :

$$\text{نسيج الحوض} = \frac{\text{إجمالي عدد المجاري}}{\text{محيط الحوض}}$$

وكانت نتيجة نسيج الحوض للأحواض بوادي ساسو كما في الجدول رقم (12)

**الجدول (12) نسيج الحوض للأحواض بوادي ساسو**

الفئة	الحوض (1)	الحوض (2)	الحوض (3)	الحوض (4)
نسيج الحوض	10	9.56	5.95	5.1
التصنيف	ناعم جداً	ناعم جداً	متوسط	متوسط

و نسيج الاحواض يتراوح بين المتوسط والناعم جدا حسب تصنيف (Smith,1950)

❖ قيمة الوعورة Ruggedness Number : تعبر هذه القيمة عن العلاقة بين تضاريس الحوض وكثافة شبكة التصريف، وترتفع قيمة الوعورة عند زيادة التضرس الحوضي إلى جانب زيادة أطوال المجاري المائية على حساب المساحة (التقاز ، 2013)، أن درجة الوعورة تكون أقل من 1 صحيح في الاحواض المائية قليلة التضرس وأكثر من 1 صحيح في الاحواض المائية شديدة التضرس والانحدار (Strahler ,1956)، وتقاس بالمعادلة التالية :

$$\text{درجة الوعورة} = \text{كثافة الصرف} \times \frac{\text{تضرس الحوض}}{1000}$$

وكانت نتيجة قيمة الوعورة للأحواض بوادي ساسو كما في الجدول رقم (13)

**جدول (13) نتيجة قيمة الوعورة للأحواض بوادي ساسو**

الفئة	الحوض (1)	الحوض (2)	الحوض (3)	الحوض (4)
درجة الوعورة	0.21	0.24	0.17	0.30

الجدول (8) معامل الشكل للأحواض بوادي ساسو

التمييز	الحوض (1)	الحوض (2)	الحوض (3)	الحوض (4)
معامل الشكل	0.49	0.35	0.33	0.31

وهذا يعني أن القيمة منخفضة تدل على استطالة هذه الاحواض، وامتدادها على حساب مساحتها، و تعرج محيطها.

4- **الخصائص التضاريسية:** تبرز أهمية تضررس الحوض النهري من كونه انعكاسا لزيادة فعالية ونشاط عمليات التعرية وأثرها في تشكيل سطح الأرض داخل حدود الحوض، كما يُعد ذلك انعكاسا لأثر أنواع الصخور وخصائصها البنيوية، وفي ما يلي عرض لأهم الخصائص التضاريسية (سلامة ، 2004)

❖ نسبة التضرس (الانحدار) Relief Ratio : تفيد دراسة الانحدار في معرفة مدى تضررس الأحواض لما له من علاقة بالعمليات الجيومورفولوجية السائدة في الأحواض، وينخفض الانحدار في الأحواض ذات المساحة الكبيرة والعكس وتدل القيمة المرتفعة الانحدار على شدة النحت والجريان في الحوض، حيث إن ارتفاع قيم نسبة التضرس تعمل على زيادة كثافة التصريف، والتكرار النهري، وتسهم في زيادة عمليات التعرية النهريّة (Sethupathi, 2011)، ويعبر عن الانحدار بالدرجات أو النسبة المئوية أو من خلال التضرس النسبي، وقد صنف يونج المنحدرات إلى سبع فئات الجدول (9) .

**الجدول (9) يوضح نسبة التضرس (الانحدار) Relief Ratio (Young, 1972).**

نسبة التضرس (الانحدار)	العلاقة بين الفاصل الرأسي والمسافة الأفقية
إنحدار شبه مستوي إلى خفيف جدا	0° - 2°
إنحدار خفيف	2° - 5°
إنحدار متوسط	5° - 10°
إنحدار فوق المتوسط	10° - 18°
إنحدار شديد	18° - 30°
إنحدار شديد جدا	30° - 45°
منحدرات جرفيه	يزيد عن 45°

يمكن اعتبار الانحدار أهم عنصر في أي نظام جيومورفولوجي بل اعتبرت المنحدرات جوهر علم الجيومورفولوجية على اعتبار أن التنوع والتعدد في أشكال الأرض يرتبط باختلاف مناسيبها أو تضاريسها وانحداراتها، إضافة إلى خصائصها الشكلية والمساحية المميزة (أبو العينين ، 1976)، ويقصد بالانحدار الفرق بين منسوب أعلى وأدنى نقطة في الحوض إلى طول الحوض (سلامة، 2004)، وتقاس بالمعادلة التالية :

$$\text{الانحدار} = \frac{\text{أدنى ارتفاع} - \text{أعلى ارتفاع}}{\text{طول الحوض}}$$

وكانت نتيجة انحدار الاحواض بوادي ساسو كما في الجدول (10)

**الجدول (10) نسبة التضرس (الانحدار) للأحواض بوادي ساسو**

التمييز	الحوض رقم (1)	الحوض رقم (2)	الحوض رقم (3)	الحوض رقم (4)
الانحدار	5.62	3.9	3.49	2.13
التصنيف	انحدار متوسط	انحدار خفيف	انحدار خفيف	انحدار خفيف

تكرار المجاري Stream Frequency : تعبر تكرارية المجاري النهرية عن العلاقة النسبية بين عدد المجاري ومساحة الحوض، وهي تدل بذلك على درجة تحدر الحوض بواسطة التعرية المائية، وعليه فإن زيادة عدد المجاري بواسطة عملية التحدر عن طريق التعرية المائية يؤدي بالضرورة إلى زيادة أطوالها ومن ثم إلى ارتفاع كثافة التصريف (أبولينين ، 1976)، وتقاس بالمعادلة التالية:

$$\frac{\text{التكرار النهري}}{\text{مساحة الحوض}} = \text{اجمالي عدد المجاري}$$

وكانت نتيجة التكرار النهري للأحواض كما في الجدول (16) التكرار النهري للأحواض قيمة متدنية نتجت من نفس الأسباب التي عملت على انخفاض قيمة كثافة التصريف في هذه الاحواض، كما أكدت هذه القيم على علاقة طردية ما بين كثافة التصريف والتكرار النهري.

جدول (16) التكرار النهري للأحواض بوادي قريم

الفئة	الحوض (1)	الحوض (2)	الحوض (3)	الحوض (4)
التكرار النهري	3.52	3.33	3.36	3.36

❖ **كثافة التصريف Drainage Density** : تعد كثافة التصريف مقياساً أساسياً للخصائص المساحية لحوض التصريف والتحليل الهيدرولوجي وهي تعكس مدى كفاءة التصريف أو هي مقياس لمدى تقطع أرضية الحوض وتتوقف كثافة التصريف على نوعية الصخور، سعة التخزين، كثافة الغطاء النباتي (أبولينين، 1976)، وهي تعكس التوازن القائم بين قوى الحث ومقاومة الصخور لهذه القوى) وتتأثر كثافة التصريف في الحوض بعدد من العوامل مثل العوامل الجيولوجية مثل نوع الصخور ونفاذيتها والبنية الجيولوجية والعوامل المناخية مثل كمية أمطار إضافة إلى الغطاء النباتي ونفاذية التربة (Strahler ,1956)، وتقاس بالمعادلة التالية :

$$\frac{\text{المجموع الكلي لطول المجاري}}{\text{مساحة الحوض}} = \text{كثافة التصريف}$$

وكانت نتيجة قيم كثافة التصريف للأحواض كما في الجدول (17) وهي قيم منخفضة ويرجع انخفاض قيم كثافة التصريف في هذه الأحواض إلى ارتفاع معدلات تسرب المياه نحو الباطن؛ نتيجة لسيادة الصخور ذات النفاذية العالية في هذه الأحواض

الجدول (17) نتيجة قيم كثافة التصريف للأحواض بوادي ساسو

الفئة	الحوض (1)	الحوض (2)	الحوض (3)	الحوض (4)
كثافة التصريف	1.73	1.89	1.84	1.94

❖ مؤشر التآكل أو التعمق الرأسي Dissection Index : وتعتبر هذه النسبة مؤشراً للتعمق الرأسي الذي تعرض له الحوض ، ودرجة تضرس سطحه وتتراوح القيمة ما بين 0 في حالة الغياب الكامل للنحت الرأسي واستواء السطح و 1 في حالة وجود المنحدرات شديدة الانحدار أو العمودية كما هو الحال في

درجة الوعورة للأحواض منخفضة جدول (13) وهي قيم منخفضة تشير إلى أن أسطح الاحواض لوادي ساسو أسطح قليلة التضرس بناءً على التصنيف الوارد في جدول (14) ويرجع انخفاض قيمة درجة الوعورة بهذه الاحواض إلى انخفاض قيمة نسبة التضرس، وانخفاض قيمة كثافة التصريف.

جدول (14) تصنيف درجة الوعورة

حالة سطح الحوض	قيمة درجة الوعورة
مستوى السطح	0.1 أصغر من
سطح قليل التضرس	0.4 – 0.1
سطح معتدل التضرس	0.7 – 0.4
سطح حاد التضرس (تضاريس وعرة)	1.0 – 0.7
سطح حاد التضرس جداً (تضاريس وعرة جداً)	أكبر من 1.0

#### الخصائص الخطية لشبكة تصريف حوض الوادي :

❖ الرتب النهرية للوادي Stream Order : يقصد بالرتب النهرية التدرج الرقمي لمجموعة الروافد التي تتكون منها شبكة التصريف النهري وترتبط رتب المجاري المائية في حوض التصريف ارتباطاً وثيقاً بحجم التصريف، وترتبط زيادتها بكمية التصريف المائي الكبيرة. ويعتبر (Horton ,1945) ، هو أول من استخدم نظام الرتب المائية في الدراسة الجيومورفولوجية، وقد اعتمد Horton في تصنيف الرتب النهرية على تحديد الروافد ذات الرتبة الأولى في أقصى منابع الشبكة النهرية الشكل (11).

❖ أطوال المجاري النهرية Stream Length : إن مجاري أنهار الرتبة الأولى هي الأقل طولاً، في حين أن طول النهر يزداد مع زيادة رتبة المجرى النهري، وقانون أطوال المجاري النهرية هو أن مجموع متوسطات أطوال المجاري النهرية من الرتب المتتالية تميل إلى أن تكون متتالية هندسية تبدأ بمتوسط طول مجرى أنهار الرتبة الأولى وتتصاعد تبعاً لنسبة طول ثابتة) ، ويمكن قياس أطوال الأنهار أو قياس أطوال المجاري المائية باستخدام عجلة القياس من الخرائط الطبوغرافية، ويمكن معرفة معدل أطوال المجاري في كل رتبة من خلال العلاقة بين عدد المجاري وأطوالها، أي بقسمة مجموع أطوال المجاري في الرتبة على عدد المجاري في نفس الرتبة، والآن يمكن حساب الأطوال حاسوبياً بأقل جهد ممكن (التقاز ، 2013)، وتقاس بالمعادلة التالية :

$$\frac{\text{مجموع أطوال المجاري}}{\text{مجموع أعداد المجاري}} = \text{متوسط طول المجاري}$$

وكانت نتيجة متوسط طول المجرى للأحواض كما في الجدول (15).

الجدول (15) متوسط طول المجرى للأحواض بوادي ساسو

الفئة	الحوض (1)	الحوض (2)	الحوض (3)	الحوض (4)
متوسط طول المجرى	0.49	0.57	0.55	0.58

5. أظهرت شبكة التصريف النمط الشجري تباعا للبنية الجيولوجية وعناصر المناخ والانحدار .

#### التوصيات:

1. يمكن اعتماد برمجيات تقنية (الاستشعار عن بعد Remote Sensing ونظم المعلومات الجغرافية Geographical Information System) في الدراسات المورفومترية لأحواض التصريف النهري.
2. قاعدة بيانات جغرافية مورفومترية للأحواض، يُستفاد منها في تحسين إتخاذ القرار .
3. إقامة السدود الترابية التخزينية للاستفادة منها لغرض النشاط الزراعة والرعي وكذلك تغذية المياه الجوفية، والحد من خطر الفيضانات.
4. دراسة جيولوجية لأحواض الوديان وللراسب المنقولة أثناء الفيضان، والقيام بالمسوحات الأرضية لها.

#### المراجع

##### المراجع العربية

أبو العينين، حسن سيد. (1976). أصول الجيومورفولوجيا، دراسة الاشكال التضاريسية لسطح الارض. مؤسسة الثقافة.

التقاز، طارق عبدالله. (2013). دراسة جيومورفولوجية الوديان الجافة باستخدام تقنية الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية " حوض وادي زمزم كنموذج" [أطروحة غير منشورة]. الاكاديمية الليبية.

سلامه، حسن رمضان. (2004). أصول الجيومورفولوجيا (الطبعة الأولى). دار المسيرة.

عاشور، محمود محمد، وتراب، محمد مجدي. (1996). التحليل المورفومتري لأحواض وشبكات التصريف المائي. منشورات الجامعة القطرية.

محبوب، محمد صبري. (1997). جيومورفولوجية الاشكال الأرضية (الطبعة الخامسة). دار الفكر العربي.

##### المراجع الاجنبية

Biswas, B., & Chandra Das, B. (2016). Hydraulic parameters and morphometric variables interactions in bedrock channel. Quaestiones Geographicae, 35(3), 75-88.

Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. Geological Society of America Bulletin, 56, 275-370

Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems & slopes in badlands at Perth, New Jersey. Bulletin of the Geological Society of America, 67(6), 597-646.

[https://doi.org/10.1130/00167606\(1956\)67\[597:EOASAS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/00167606(1956)67[597:EOASAS]2.0.CO;2)

الجروف الجبلية أو البحرية ((Schumm, 1963) ، وتقاس بالمعادلة التالية:

$$\text{مؤشر التآكل والتعمق الراسي} = \frac{\text{تضرس الحوض}}{\text{أعلى ارتفاع}}$$

وكانت نتيجة مؤشر التآكل أو التعمق الراسي للأحواض كما في الجدول (18) مما يدل على أن عمليات الحت الراسي عالية في هذه الأحواض

الجدول (18) مؤشر التآكل أو التعمق الراسي للأحواض بوادي ساسو

الفئة	الحوض (1)	الحوض (2)	الحوض (3)	الحوض (4)
مؤشر التآكل	0.60	0.59	0.58	0.57

#### ❖ التكامل الهيسومتري Hypsometric Integral:

يستخدم لفهم العلاقات القائمة بين الخصائص الجيولوجية والمناخية وعمليات التعرية وتأثيرها على التطور الحثي للأحواض المائية ومن خلال قيمة التكامل الهيسومتري التي تتراوح من (0 – 1) يمكن تحديد المرحلة الحثية التي يمر بها الحوض ، فإذا تراوحت قيمة (التكامل الهيسومتري) ما بين (0.6 – 1) كان الحوض في مرحلة الشباب وأما إذا كانت ما بين (0.35 – 0.6) كان الحوض في مرحلة النضج وأما إذا كانت أقل من 0.35 كان الحوض في مرحلة الشيخوخة (Sethupathi, 2011) ، وتقاس بالمعادلة التالية:

$$\text{التكامل الهيسومتري} = \frac{\text{متوسط الارتفاع} - \text{أقل ارتفاع}}{\text{أعلى ارتفاع} - \text{أقل ارتفاع}}$$

وكانت النتيجة كما هو مبين بالجدول (19)

الجدول ( 19 ) التكامل الهيسومتري لأحواض بوادي ساسو

الفئة	الحوض (1)	الحوض (2)	الحوض (3)	الحوض (4)
التكامل الهيسومتري	0.5	0.5	0.5	0.52

#### الاستنتاجات:

1. بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية لحوض وادي ساسو على مستوى الرتب من خلال استخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية وبالاعتماد على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي بدقة (30) م.

2. تضمنت دراسة الخصائص المورفومترية (المساحية والشكلية) لأربعة احواض مائية كبيرة ومؤثرة لشبكات التصريف في وادي ساسو .

3. تبلغ مساحة جميع أحواض التصريف الاربعة (15.2470 كم<sup>2</sup>، إذ شغل الحوض (4) أكبرها مساحة وذلك بواقع (1615.01 كم<sup>2</sup>)، بينما سجل الحوض (1) اقل الأحواض مساحة إذ بلغت (239.54 كم<sup>2</sup>).

4. تباين أعداد الرتب النهريّة، إذ بلغت خمس رتب نهريّة للأحواض (1، 2، 3) وستة رتب نهريّة للحوض (4).

- Smith. (1950). Standards for grading textures of erosional topography. American Journal of Science, 248, 655-668 .
- Schumm, S. A. (1963). Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. Geological Society of America Bulletin, 74, 1089-1100 .
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. Transactions, American Geophysical Union, 38(6), 913-920. doi.org
- Sethupathi, A. S., Lakshmi, N. C., Vasanthamohan, V., & Mohan, S. P. (2011). Prioritization of mini watersheds based on morphometric analysis using remote sensing and GIS techniques in a draught prone Bargur – Mathur subwatersheds, Ponnaiyar River basin, India. International Journal of Geomatics And Geosciences, 2
- Walling, D. E., & Gregory, K. J. (1968). The measurement of the effects of building construction on drainage basin dynamics. Journal of Hydrology, 4(2), 129-142.
- Young, A. (1972) Slopes. Longman, London, 268 p.
- Singh, S., & Dubey, A. (1994). Geoenvironmental planning of watersheds in Indian. In Geoenvironmental Planning of Watersheds (pp. 28-69). Chugh Publications.