استنباط المجاري المائية لحوض وادي الحناوي من نموذج الارتفاع الرقمي وتصحيحها بالرسم اليدوي في برنامج Arc Gis دراسة مورفومترية

DOI: https://doi.org/10.37375/jlgs.v4i1.2543

د . محمود على المبروك صالح .
استاذ مشارك بقسم الموارد الطبيعية/ جامعة طبرق
رئيس الاكاديمية الليبية للدراسات العليا/ طبرق
mahmoud.almabrouk@tu.edu.ly

الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحناوي، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية Geographical Information System (GIS)، اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي Digital Elevation Models (DEM) بدقة تمييزية 12 مترًا، لتحديد واستخلاص شبكة التصريف وتصنيف رتبها وفقاً لتصنيف (Strahler,1957)، كما أُسْتُخْدِمَتْ المعادلات الرياضية في حساب قيم العديد من المتغيرات، والتي تشمل الخصائص المورفومترية المساحية، والخصائص التضاريسية، والشكلية إضافة إلى خصائص شبكة التصريف المائي، وقُسِّمَتْ الدراسة إلى أربعة محاور، حيث يشمل المحور الأول الإطار النظري للدراسة، والمحور الثاني الخصائص الطبيعية، ويتناول المحور الثالث تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحناوي، بينما تضمن المحور الرابع النتائج والتوصيات، وتوصلت الدراسة إلى أن حوض الوادي وصل إلى الرتبة السادسة بعدد بلغ 2472 مجري، وتشكل مجاري الرتبة الأولى والثانية أكثر من 97% من أعداد المجاري، بكثافة تصريفية منخفضة، إضافة إلى إنشاء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية لحوض وادي الحناوي، يمكن الاستفادة منها في دراسات الموارد المائية، وإدارتها.

الكلمات المفتاحية: حوض وادي الحناوي، المورفومترية، شبكة التصريف، نموذج الارتفاع الرقمي، نظم المعلومات الجغرافية.

Vol. 4, Issue.1, January 2024
ISSN 2789 - 4843
Journal of Libya for Geographical Studies
المجلد 4 العدد 1 / يناير 2024م
مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية

Deriving waterways from a digital elevation model and correcting them by hand drawing in the Arc Gis program for the Wadi El Hanawi Basin morphometric study

Dr . Mahmoud Ali Al-Mabrouk Saleh.
President of the Libyan Academy for Postgraduate Studies / Tobruk
Associate Professor, Department of Natural Resources, University of Tobruk
mahmoud.almabrouk@tu.edu.ly

Abstract:

This study aims to analyze the morphometric characteristics of the Wadi El Hanawi Basin using Geographical Information System (GIS), based on the Digital Elevation Model (DEM) with a discriminatory accuracy of 12 meters, to identify and extract the drainage network and classify its ranks according to the classification (Strahler, 1957), Mathematical equations were also used to calculate the values of many variables, which include areal morphometric characteristics, topographic characteristics, in addition to the characteristics of the water drainage network. The study was divided into four axes, where the first axis includes the theoretical framework of the study, the second axis the natural characteristics, and the third axis deals with the analysis of Morphometric characteristics of the Wadi El Hanawi Basin, while the fourth axis included results and recommendations. The study concluded that the Wadi Basin reached the sixth rank with a number of 2,472 streams, and the first and second class streams constitute more than 97% of the number of streams, with low drainage density, in addition to establishing a database. The morphometric characteristics of the Wadi El Hanawi Basin can be used in water resources studies and management.

***Keywords*:** Wadi El Hanawi Basin, morphometric, drainage network, digital elevation model, geographic information systems.

مُقــدمة:

إنَّ دراســة أحــواض وشــبكات التصــريف لأي منطقــة ذات أهميــة في الدارســات الجيولوجية والجيومورفولوجية Geomorphology، إذ يمكن استخدام نتائجها في التعرف على الخصائص الهيدرولوجية والمورفومترية الدقيقة الممثلة للواقع في تقدير حجم الجريان وكثافة التصريف للأحواض، واستنتاج التطور الجيومورفولوجي للأشكال الأرضية والتركيب الجيولوجية وميل الطبقات ونوع الصخور.

اعتمدت الدراسة حوض الوادي على المرئية الفضائية عالية الوضوح بدقة تمييزية 5 أمتار، من خلال تحميلها من موقع http://sourceforge.net/projects/terraincognita2 والمشاهدات الميدانية.

لدراسة الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف تم الاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي Digital Elevation Model (DEM) بدقة تمييزية 12 مترًا من المرئية الفضائية SRTM من القمر (ALOS PALSAR L-Band)، من https://asf.alaska.edu/notices/jpl-opera-level-2-products-available-from-asf خلال تحديد حدود الحوض، وبناء شبكات التصريف، وذلك باستخدام برنامج Hydro Arc ، Arc Gis 10.8، كما تم رسم القطاع الطولي والقطاعات العرضية للوادي في برنامج Global Mapper. 21، ودقة النتائج معتمدة بشكل رئيس على بيانات النماذج الرقمية المستخدمة، وعلى عملية التصحيح والتعديل بالرسم اليدوي في برنامج Arc Map.

- **مشكلة الدراسة :**

تكمن مشكلة الدارسة في كيفية بناء قاعدة بيانات، تمثل الواقع الحقيقي لشبكة التصريف المائي يمكن من خلالها حساب الخصائص المورفومترية لحوض وادي الحناوي باستخدام تقنية Gis، التي توفر الدقة والسرعة والتكلفة والجهد، رغم التجانس في الطبيعة الجغرافية للحوض وإعطاء الخصائص الجيومرفولوجية التي يتميز بها، ومن هنا جاءت هذه الدراسة للإجابة على **التساؤلات الآتية:**

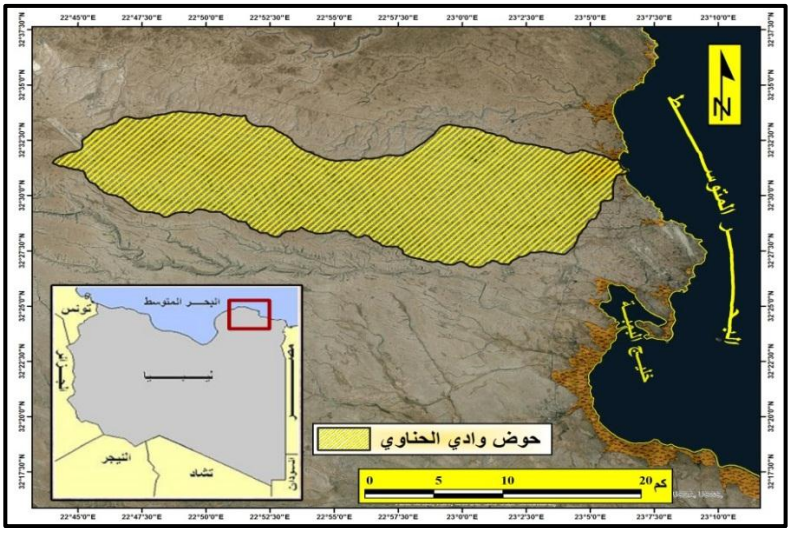
1. ما مدى تأثر شبكة التصريف وخصائصها المورفومترية بالتركيب الجيولوجية والتكوينات والخصائص اللثيولوجية؟

2. ما أهم الخصائص المناخية التي يتميز بها حوض وادي الحناوي وخاصا كمية الأمطار؟
3. هل يمكن تصحيح شبكة التصريف بعد استخلاصها من نموذج الارتفاع الرقمي؟
4. ما الخصائص المورفومترية المساحية والشكلية والتضاريسية وشبكة التصريف التي يتميز بها حوض وادي المعلق؟
5. هل تأثرت شبكة التصريف بطول المسافة التي يقطعها وادي المعلق، بحيث ظهرت أنماط من التصريف المائي نتيجة لاختلاف الخصائص الجيولوجية والمناخية؟

- **موقع منطقة الدراسة وملامحها العامة:**

يقع حوض وادي الحناوي في شمال شرق ليبيا، ويُعدُّ من أهم الأحواض التصريفية التي تمتد في الجزء الشمالي الشرقي للجبل الاخضر، ويمتد من الغرب إلى الشرق، ليصب في البحر المتوسط، ويحده من الغرب منطقة مرتوبة عند مطار مرتوبة (منطقة المنبع)، ومن الجنوب حوض وادي المعلق ومن الشمال حوض وادي أم القرامي، وتبلغ مساحتها حوالي 253.9كم^2. وبهذا التحديد يقع حوض الوادي ما بين دائرتي عرض N 32°31'48.77، و32°31'28.68 N وخطي طول 22°44'44.59 E و E 23°06'09.68، (شكل 1)، ويتميز حوض الوادي بقلة تضرس بشكل عام خاصة في منطقة المنبع واتساع منطقة المصب.

شكل (1) موقع منطقة الدراسة.



المصدر: إعداد الباحث من المرئية الفضائية ETM باستخدام برنامج Arc GIS 10.8

▪ الهدف من الدراسة :

تهدف دراسة حوض الحناوي إلى :

- التعريف بالخصائص المورفومترية والهيدرولوجية الممثلة للواقع الحقيقي لحوض وادي الحناوي.
- تحليل قيم الخصائص والمتغيرات المورفومترية لحوض وادي الحناوي.
- استخراج خريطة رقمية لحوض وادي الحناوي، توضح شبكة التصريف المائية، وخصائصه المورفومترية، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية GIS اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي DEM بعد تعديلها وتصحيحها بالرسم اليدوي.
- إمكانية استغلال شبكة التصريف المائي بالحوض، والاستفادة منها في تخزين المياه والاغراض الزراعية.

▪ الدراسات السابقة:

– **دراسة** (مركز البحوث الصناعية، Industrial Research Centre، 1974) بأنشاء خريطة جيولوجية، لوحة درنة بمقياس250.000:1 مع كتيب تفسير باللغتين العربية والانجليزية للخريطة، توضح التكوينات الجيولوجية والأزمنة والتراكيب الجيولوجية في الزمن الثالث والزمن الرابع.

– **وجاءت دراسة:** (معهد الثروة المائية بلغراد يوغسلافيا، 1974)" بعنوان البحوث والدراسات عن 25 واديًا في منطقة طبرق الساحلية، والغرض الأساسي من الدراسة تكوين قاعدة من البيانات الجيولوجية والمناخية؛ بغرض إنشاء سدود على مصبات الأودية، وتتكون الدراسة من مجلدين أساسين باللغة الإنجليزية مع بعض التقارير باللغة العربية، كما تضمت الدراسة مجموعة من الخرائط الجيولوجية وخرائط النباتات الطبيعية والتربة الخاصة بالأودية.

– **وتركزت دراسة:**(جودة حسنين جودة، 1975) التي جاءت في كتاب " أبحاث في جيومورفولوجية الأراضي الليبية "، تناول في البحث الأول برقة والبطنان في أواخر الزمن الثالث وأثناء الزمن الرابع دراسة في الجيومورفولوجية المناخية، تطرق فيه إلى التطور الجيومورفولوجي لإقليمي برقة والبطنان، وتناول الأشكال الجيومورفولوجية الرئيسية والتي نشأت نتيجة للأحداث التكتونية التي حدثت في الفترة ما بين أواخر عصر الميوسين ونهاية عصر البليوسين، وتطرق في الدراسة إلى نشأة الأرصفة البحرية.

– **وتناولت دراسة** (محمود على المبروك، 2013) بعنوان: "هضبة الدفنه في شمال شرق ليبيا دراسة جيومورفولوجية"، الخصائص الجيولوجية وجيومورفولوجية لهضبة الدفنه والمنطقة الساحلية والخصائص المورفومترية للأودية والتي بلغ عددها 58 واديًا وبلغ عدد المجاري13765 مجرى، والتجوية وحركة المواد على المنحدرات، كما تناولت أشكال النحت والترسيب.

– **جاءت دراسة** (فجرية عثمان عبدالعالي، 2016)، بعنوان التحليل المورفومتري لبعض أودية الجبل الأخضر في المنطقة الممتدة من درنه إلى سوسة (المهبول / الأثرون / بن جبارة)، وبينت أن المساحة الكلية لهذه الأحواض بلغت 117.02كم^2، ويمثل منها وادي المهبول 51.6 % من المساحة الكلية، وأن التباين في أحواض تلك المنطقة يرجع إلى تأثرها بالمنحدرات الشمالية للجبل الأخضر والمرتبطة بالحافات والمدرجات، وإن الاختلاف في أعداد المجاري وكثافتها يرجع إلى خصائص التكوينات الجيولوجية للمنطقة.

▪ منهجية وأسلوب الدراسة:

تم إتباع مجموعة من المناهج في هذه الدراسة، وهي على النحو الآتي:

– **المنهج الوصفي**: تم استخدامه في وصف الجغرافيا العامة والجيولوجية والخصائص المناخية، ووصف شبكة التصريف بالحوض.

– **المنهج التحليلي الكمي** : تم استخدمه في التحليل المورفومتري لشبكات تصريف الأودية عن طريق نموذج الارتفاع الرقمي DEM؛ وذلك بحساب مجموعة من المعاملات المورفومترية الخاصة بدراسة شبكات التصريف، وحساب نسبة التضرس لتحليل الانحدارات واتجاهاتها وإنشاء خطوط الكنتور.

▪ طريق الدارسة:

في بداية الدراسة نقوم بتحميل واستقطاع – نموذج الارتفاع الرقمي DEM الخاص بمنطقة الدراسة؛ لإجراء التحليل والتفسير من خلال مجموعة أدوات برنامج Arc Toolbox ضمن مجموعة الأدوات Spatial Analysis tools – باستخدام الأداة Arc Hydrology، **وذلك على النحو الآتي** :

1. **إنشاء قاعدة بيانات Personal Geodatabas**: وتُعَدُّ من أهم الخطوات عند إجراء التحليل المكاني.

2. **نقوم بالتحليلات الهيدرومورفومترية**: وهي أول مراحل التحليل فمن خلالها يبدأ العمل لاستنباط شبكة التصريف، وهي على **النحو الآتي**:

- **معالجة القيمة الشاذة Fill Sink**: ملف الارتفاع الرقمي DEM يكون في صورة (Raster)، وكل خلية لها ثلاثة ابعاد (Z.Y.X)، والخلية ذات الارتفاع الأعلى تصب في الخلية ذات الارتفاع الأقل في سلسلة متتابعة، وتتواصل هذه السلسلة المتتابعة من ارتفاع أكبر إلى ارتفاع اقل وهكذا...، فاذا ما حدث شذوذ في هذا التتابع مثل وجود خلية ذات ارتفاع أو انخفاض مثل وجود حفرة؛ فهذا يعني نهاية الوادي وبداية وادي جديد، وما هو في الحقيقة إلاَّ نفس الوادي، لذلك يجب إزالة هذا الارتفاع الشاذ أو هذه الحفرة، وذلك بإعطائها متوسط قيم الخلايا المجاورة
- **تحديد اتجاه الجريان Flow Direction**: في هذه الخطوة يتم تحديد اتجاه الجريان للخلايا على أساس الارتفاع، ونلاحظ في هذه الخطوة أن التحليل يتم على مستوى الخلية وليس على مستوى الرافد، بمعنى إن كل خلية تؤدي إلى خلية مجاورة لها تكون أقل ارتفاعًا منها، والملف الناتج عن هذه العملية يكون على صورة خلايا شبكية Rater، وكل خلية لها رقم وكل رقم يدل على اتجاه الجريان.
- **تحديد مناطق تجمع المياه Flow Accumulation** : الهدف منها تحديد مناطق تجمع الجريان ومعرفة خط سير المجرى المائي، بحيث تعتمد الرتب النهرية على عدد الأودية التي تتجمع فيها المياه (إنشاء طبقة الرتب النهرية)، وهناك طريقتان لتحديد الرتب النهرية، وهما: طريقة استيلر وطريقة شريف (Strahler، 1964)
- **تحويل المجاري المائية من Raster إلى Vector**: يتم تحويل المجاري المائية من raster إلى vector لتصبح طبقة خطوط نستطيع التعامل معها في حساب أطوال الروافد النهرية وكثافتها، وعمل التحليلات اللازمة لها.
- **استنباط المجاري ثم تحويل شبكة الرتب إلى طبقة خطية Stream Orders** :يتم من خلالها حساب رتب المجاري المائية ومعرفه عددها، ويعد ذلك ذو دلالة على قوه الوادي من الناحية الجيومورفولوجية.
- **إنشاء طبقة أحواض التصريف (Basin)**:يتم إنتاج هذه الطبقة التي تمثل حدود أحواض التصريف بإدخال طبقة اتجاه الجريان المائي، حيث إن اتجاه الجريان يمثل شكل

اتجاه الجريان المائي الذي سيتم الاعتماد عليه في إنتاج خريطة مناطق التجمع المائي (حوض التصريف).

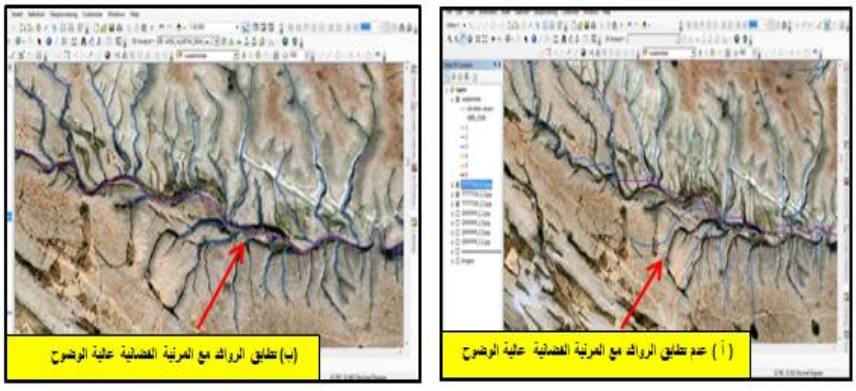
3. بعد الانتهاء من التحليلات الهيدرولوجية تظهر شبكة التصريفية كما في شكل (2 ، أ)

بعد استكمال التحليل نلاحظ:

- عدم ظهور روافد الأودية الرئيسة والفرعية بصورة صحيحة وغير مطابقة للواقع؛ "لأن المرئية الفضائية 1 متر، ونموذج الارتفاع 12 مترًا ".
- عدم حساب عدد كبير من رتب الأودية خاصة في الرتبة الأولى، ممّا يعطي نتائج غير دقيقة في أعدادها عند حسابها.
- ظهور الروافد بشكل زاوية حادة؛ وهذا يعطي نتائج غير دقيقة في حساب أطوال المجاري.
- لا يمكن الاعتماد على هذه الشبكة التصريفية في حساب المعادلات المورفومترية والهيدرولوجية؛ لأنها تعطي نتائج غير دقيقة في حساب حجم السيول والفيضانات وكمية المياه المتوقع تجميعها.
- بعد التعديل بالرسم اليدوي وتصحيح المجاري وإعادة تصميمها من قائمة edit tool، تتطابق جميع الروافد إضافة إلى عدم إهمال الروافد الصغيرة جدًا، ورسم المسارات الصحيحة للمجاري وعدم ظهورها بشكل خطوط وزاوية قائمة (شكل 2، ب)

شكل(2 ، أ ـ ب) المجاري المائية لشبكة التصريف

قبل وبعد المعالجة بالرسم اليدوي.



أولاً: الخصائص الجيولوجية العامة لحوض الوادي:

تُعَدُّ الخصائص الجيولوجية من أهم أجراء الدراسة المورفومترية والهيدرولوجية، لأن الخصائص الجيولوجية والتراكيب تعكس شكل ونمط شبكة التصريف، وأعداد المجاري وطريقة التقائها واتجاهاتها، ونسبة التشعب والكثافة التصريفية، وقد اعتمدت دراستنا للوضع الجيولوجي على الدراسات الجيولوجية السابقة، وسنتناول دراسة الموضوعات **الآتية**:

1. التتابع الطبقي Bedding sequence:

إنَّ أقدم التكوينات الجيولوجية التي تظهر على سطح حوض الوادي ترجع إلى الزمن الثالث والزمن الرابع الحديث، وهي صخور جيرية تظهر بها الطبقات بوضوح، غنية بالحفريات خاصة في المقاطع الجانبية لمنحدرات الأودية ومناطق المكاشف الصخرية، تتداخل معها طبقات طينية ورملية، أما اللون السائد فهو أبيض مائل إلى الاصفرار، (مركز البحوث الصناعية، 1974).

ومن خلال (الجدول 1) و(الشكل 3)، تشكل الصخور الجيرية حوالي 90%، ويرجع عمرها إلى الزمن الثالث، وتغطي رواسب الزمن الرابع مساحات شاسعة جداً من حوض الوادي.

جدول (1) التتابع الطبقي لمنطقة الدراسة.

الرمز	العمر		دليل الرموز	التتابع الطبقي للصخور	السمك (م)	وصف التركيب الصخري للتكوين	التكوين
Qa Qs Qd	الزمن الرابع Lower Miocene					وتشمل جميع الرواسب النهرية متمثلة في الحصى وطفل Shale ورواسب السبخات متمثلة في رمل ملحي ورمال الشاطئ	تكوينات الزمن الرابع
TOMF	الأوليجوسين Oligocene	العلوي	marl : calcareous clay Reefoid limestone الكالكاريناليت calcarenite		من 50 — 120 م	يبدأ بطبقة من الطين Clay او المارل Marl تميل الي الاخضرار وحجر جيري تقي به بعض الحفريات Fossils يميل الي اللون الابيض وتتداخل معه بعض صفور الكالكاريناليت Calcarenite او الحجر الجيري الطمليي والمرجاني و حبيباته من متوسطة إلي خشنة	تكوين القلعة Al Fa'idiyah Formation
			clay الطين Calcilutite الكالسيلوتيت				
TOA	الأوليجوسين	السفلي	الكالسيلوتيت calcilutite		حوالي 20 متر	يتميز بصفور الكالكاريناليت Calcarenite يميل اللي اللون البني المشرب بلون الصدأ، والكالسيلوتيت Calcilutite مع تداخلات من الحجر الجيري الذي يحتوى على حفريات Fossils من النوع الطمليي ان طابع هذا التكوين هو الدولومايتي النقي	تكوين الأبرق Al Abraq Formation
			الكالكاريناليت calcarenite				

المصدر: إعداد الباحث اعتماداً على خريطة ليبيا الجيولوجية، لوحة درنة، 1974.

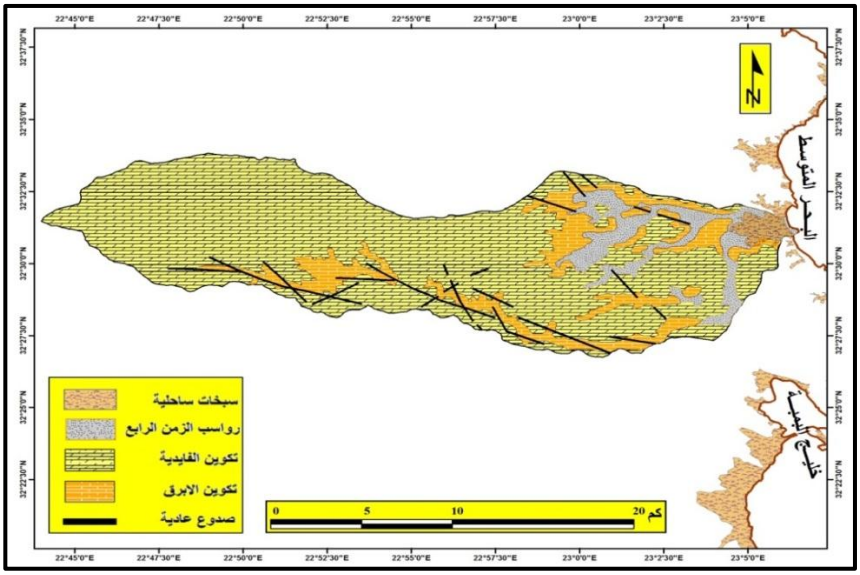
2- التكوينات الجيولوجية Geological formations :

قُسِّمَتْ الصخور الجيرية في حوض الوادي من الأقدم إلى **الأحدث** إلى التكوينات الجيولوجية الآتية:

أ- تكوين الأبرق Al Abraq Formation :

يمثل تكوين الأبرق دورة ترسيب منفردة، التي يغلب عليها اللون البني الشرب بلون الصدأ، مع تداخلات من الحجر الجيري المحتوي على حفريات، وغالبًا ما تتميز ترسيبات تكوين الأبرق بطابعها الدولوميتي، ومن نتائج الفحص الحفري أن ترسيبات تكوين الأبرق تعود للفترة ما بين العصر الأوليجوسيني الأوسط إلى العلوي (الكتيب التفسيري، لوحة درنة، 1974، ص 4، 5)، كما أن سمك طبقات تكوين الأبرق الظاهر حوالي 20 مترًا، وترسبت فوق تكوين الأبرق طبقات من تكوين الفائديه وأخفاه بطريقة التسلسل الطبقي البسيط، إن أغلب التركيب (الصدوع) تأثر بها تكوبن الأبرق خاصةً في الأجزاء الشرقية من حوض الوادي؛ مما تأثرت بها شبكة التصريف وامتداد أغلب الأودية والروافد في هذه الأجزاء مع امتداد الصدوع، وظهور أودية تابع وتالية تتبع التصدعات.

شكل (3) الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة.

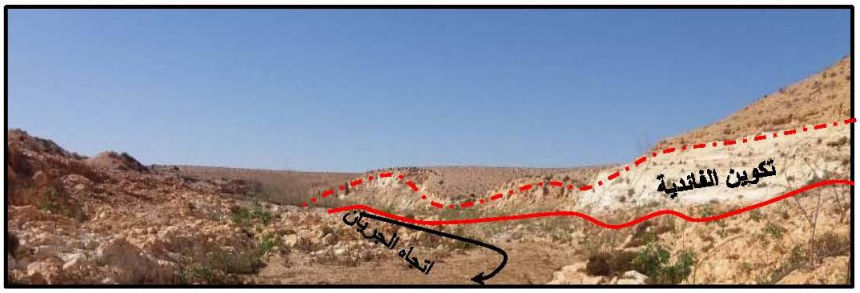


المصدر: خريطة ليبيا الجيولوجية، لوحة درنة، 1974، يتم رسمها وتعديلها باستخدام برنامج Arc Gis10.8 .

ب- تكوين الفائدية Al Faidiyah Formation:

يُعَدُّ هذا التكوين من أكثر الوحدات الصخرية انتشارًا بحوض الوادي، وتكون نتيجة طغيان بحري واسع النطاق حدث في بداية العصر الأيوسيني (محمود على المبروك، 2013 ص31)، ويبدأ هذا التكوين بطبقه من الطين أو المارل تميل إلى الاخضرار، أما الاجزاء العلوية من هذا التكوين فتتألف من حجر جيري نقي يحتوي على بعض الحفريات ويميل إلى اللون الأبيض، وتتراوح حبيباته ما بين المتوسطة والخشنة، وتتداخل معه بعض صخور الكالكارينايت، تعلو سطحها طبقه كلسيه تحتوي ذات لون بني يميل إلى الاحمرار، ومن التحاليل المجهرية ينتمي التكوين إلى الفترة ما بين العصرين الأوليجوسيني العلوي والميوسين السفلي (الكتيب التفسيري، لوحة درنة، 1974 ص 5).

شكل (4) مكاشف صخرية لتكوين الفائدية على الجانب الشمالي بمجري الرئيس لحوض الوادي.



ج- تكوينات الزمن الرابع Lower Miocene :

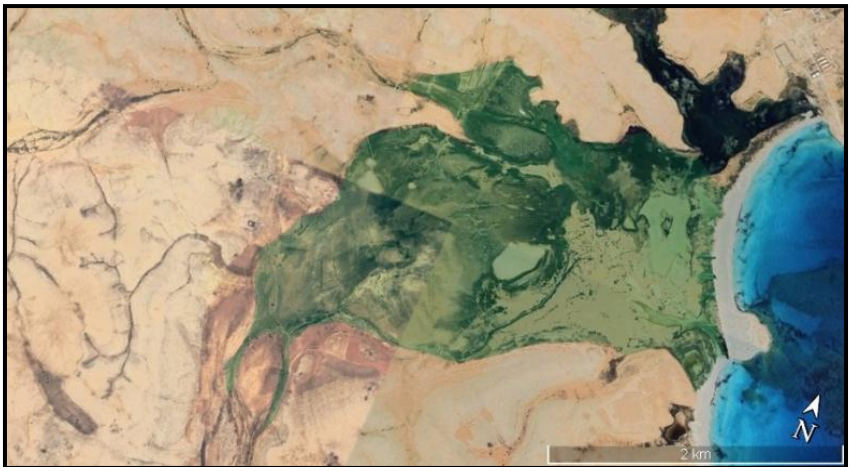
تغطي رواسب الزمن الرابع أجزاء واسعة من حوض الوادي، وتشمل على الترسبات الآتية:

- **الرواسب الهوائية ورمال الشاطئ**: تتألف من رمال ناعمة إلى متوسطة أغلبها من الكوارتز وحبيبات من الحجر الجيري لونها ما بين الأصفر المائل إلى اللون الأحمر، ورواسب الرمال الساحلية، تتألف من فتات القواقع البحرية ذات اللون الأبيض المائل، للاصفرار مع حبيبات كبيرة من الكوارتز.

- **رواسب السبخات**: تتكون سبخة حوض وادي الحناوي من مواد ملحية وطينية وغرين ورمل ناعم إلى متوسطة الحبيبات، وهي رواسب ريحية ومائية (P66.68 ."1984".

Industria Research Centre Tarabulus)، حملتها المياه الجارية إلى السبخة، وتتغطى السبخة أحيانًا بقشرة من الملح والجبس الناتج عن التبخر، خلال فترات الجفاف وتغمرها المياه خلال فصل الشتاء نتيجة لسقوط الأمطار، وتنمو فيها مجموعة كبيرة من النباتات، مثل: الديس، الحجنة، المثنان، القطف، وتقدر مساحة السبخة بمصب الوادي ب 4.76 كم^2 ، وتمتد داخل المصب وتتكون على شكل بحيرة مملوء بالمياه طول العام في بعض اجزائها (الشكل 5).

شكل (5) سبخة وادي الحناوي بمنطقة المصب.



– الرواسب المائية : تغطي الرواسب المائية معظم حوض الوادي على منحدراه وفي قيعان منخفضاته (شكل 6)، وهي تظهر على هيئة مسطحات تتكون من التربة الطينية المائلة إلى اللون الأحمر مختلطة بالحصى والجلاميد (المبروك، 2006، ص38،39)، أما رواسب مجرى الوادي فتتكون من الحصى والجلاميد والرمال، وتتراكم هذه الإرسابات نتيجة للتغير التدريجي في سرعه التيارات المائية السائدة عند سقوط الأمطار، وتختلف أحجام المواد المترسبة إذ يتركز الحصى عند قمتها وتزداد هذه الرواسب دقه ونعومه كلما بعدنا عن المصب (صالح، 2013، ص70)، وتظهر هذه الرواسب بشكل واضح في المصاطب الرسوبية التي تم استغلالها للزراعة.

شكل (6) رواسب من الحصى والجلاميد بأحد المصاطب الرسوبية بمجرى الرئيس وادي الحناوي

المصدر: تصوير الباحث، الدراسة الميدانية 2022 .

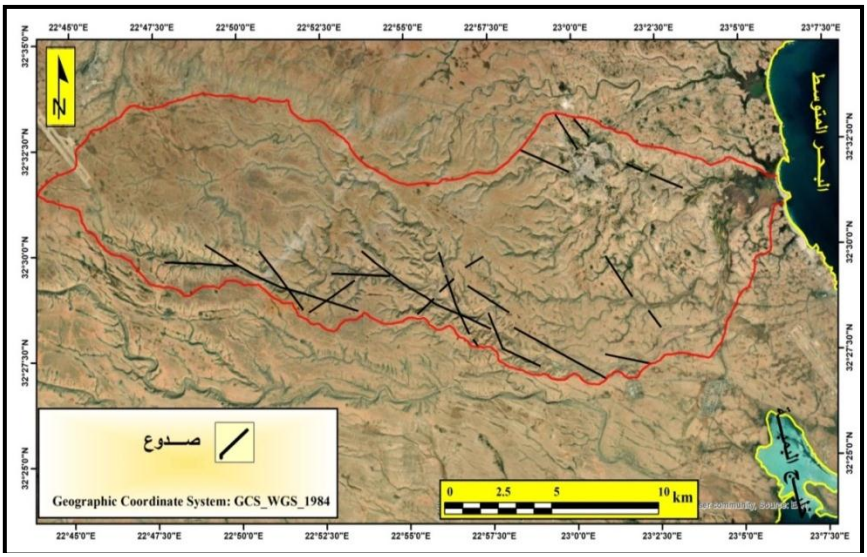
3- التراكيب الجيولوجية:

إنَّ خصائص شبكة التصريف تتأثر بالتراكيب الجيولوجية وخصائصها، وتنقسم التراكيب الجيولوجية بمنطقة الدراسة إلى قسمين، **هما:**

أ- الصدوع Fault :

تظهر بحوض الوادي نطاقات من التصدع العادي، حيث الرمية ناحية الشمال والشمال الشرقي، وأحيانًا تأخذ شكل الأخاديد الصغيرة التي تمتد مع امتداد روافد الأودية، واختلفت التصدعات في المنطقة من حيث اتجاهاتها وأطوالها وكذلك توزيعها، وبعد مطابقة الخريطة الجيولوجية مع الحوض، نلاحظ أن الصدوع بالحوض في الغالب تكون طولية ومستقيمة وموازية في معظمها لمجاري الأودية خاصة في الجزء الأوسط، وبلغ عدد الصدوع في المنطقة حوالي 22 صدعًا، تأخذ اتجاهات شرق/ غرب إلى شمال غرب/جنوب شرق، وشمال شرق/ جنوب غرب ومعظمها من النوع العادي، متفقة ومتوازية مع محاور الأودية (شكل 7)، وبلغت جملة أطوال الصدوع بالحوض 55.2 كم، (Geological Map Of Libya Derna Sheet. 1:250.000 1974).

شكل (7) اهم الصدوع بحوض وادي الحناوي



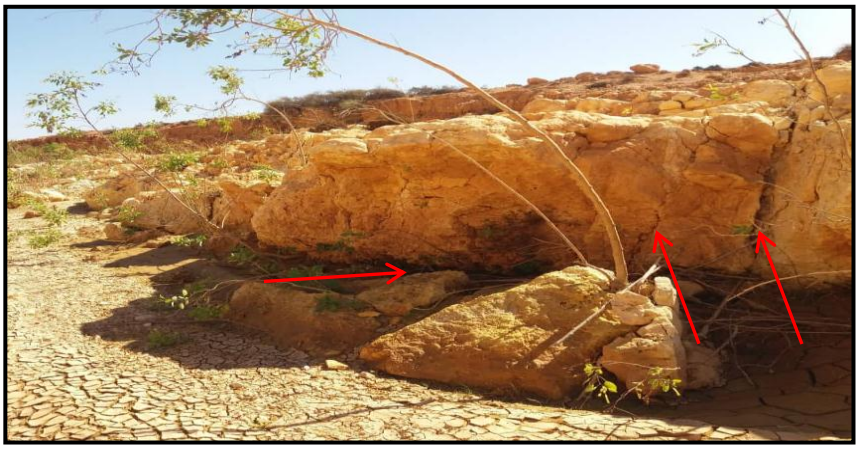
المصدر: خريطة ليبيا الجيولوجية، لوحة درنة، 1974، باستخدام برنامج Arc Gis10.8

ب . الشقوق والفواصل Joint :

تنتشر الشقوق والفواصل في معظم التكوينات الصخرية بالحوض، وعادةً ما تكون على شكل خطوط طوليه، بحيث تزداد بالقرب من الحافات الصخرية بمجاري الأودية، حيث تنشط خلالهما عمليات التجوية والتعرية وتؤدي إلى فصل الصخور إلى كتل صخرية تتفاوت في الأحجام والأشكال، ممَّا كان له أثر على حركة المواد على المنحدرات، وفي تشكيل بعض الظاهرات الجيومورفولوجية على طول حافات مجاري الأودية (شكل 8)، وتمثلت في الانهيارات الأرضية والتساقط الصخري وزحف الصخور، ومن خلال القياسات الميدانية للشقوق والفواصل واتجاهات نلاحظ :

- تراوحت أطوال الشقوق بين 10 متر و1 متر، واتساعها بين 1 متر ــ 0.30 متر، وإن أغلب الشقوق والفواصل ممتلئ بالرواسب أغلبها مفتتات جيرية مع بعض الأتربة وبقايا من النباتات، كما تنمو بعض النباتات داخل الشقوق والفواصل وبعض الأعشاب الحولية التي تنمو بعد سقوط الأمطار.

شكل (8) شقوق وفواصل في الكتل الصخرية بأحد روافد وادي الحناوي



المصدر: تصوير الباحث، الدراسة الميدانية 2022 .

ثانياً: الخصائص المناخية:

تعرضت منطقة الدراسة حوض الوادي في الزمن الرابع تذبذبات تتكون من أربع إلى خمس فترات مطيرة، فصلت بينها فترات جافة (جودة حسنين جودة، 1973، ص، 17).

إنَّ الفترات المطيرة في النطاق الشمالي من ليبيا، كان له الأثر في تكوين ورسم شبكة التصريف المائي لحوض وادي الحناوي (صالح ، 2013، ص46)، وبناءً على البيانات المناخية المتحصل عليها من قبل المركز الوطني للأرصاد الجوية لمحطة إرصاد التميمي والفتائح يمكن وصف مناخ المنطقة في **الآتي**:

- يظهر منحنى درجات الحرارة ويتجه نحو الارتفاع من شهر مارس حتى شهر سبتمبر، وأن درجات الحرارة تبدأ في الانخفاض من شهر ديسمبر حتى شهر مارس، وأن ارتفاع درجات الحرارة في النهار وانخفاضها أثناء الليل يؤدي إلى نشاط التجوية الميكانيكية، والتي يظهر أثرها على بعض الصخور في عملية التقشير الصخري.
- تتمثل الرياح السائدة بشكل عام في الرياح الشمالية الغربية بنسبة 45.70% من مجموع الرياح السائدة، وتتفاوت نسبة اتجاهات الرياح الأخرى ما بين 20.5% للرياح الشمالية 1.1% للرياح الشمالية الشرقية، وأن دور الرياح كعامل نقل وإرساب يظهر في تشكيل بعض الظاهرات الجيومورفولوجية، إلا أن سرعة الرياح لم تصل إلى قوة كبيرة لتكوين

أشكال ريحية كبيرة، وتمثلت في بعض الفرشات والغطاءات الرملية، وفي تشكيل بعض النباك الصغيرة.

- إن الأمطار تسقط بغزارة في الفترة ما بين شهر سبتمبر وأكتوبر حتي شهر أبريل، أما بقية الأشهر تكون بدون أمطار، وأن المعدل السنوي لسقوط الأمطار يقدر بـ 180.5 ملليمتر، وتقل كمية الأمطار إلى حد أدنى حوالي 100 ملليمتر، وتصل إلى حد أعلى حوالي 250 ملليمتر، أن كميات الأمطار تتركز في أيام محدودة ومعظمها في فصل الشتاء في شهور ديسمبر ويناير وفبراير، ويكون لمثل هذا التركيز الشديد في سقوط الأمطار دور في تشكيل فيضانات وسيول الناتجة عن جريان المياه في فترات محدودة ومركزة في ساعات معينة.
- يبلغ المعدل السنوي للرطوبة حوالي 70.6%، ويلاحظ ارتفاع معدلات الرطوبة في فصل الصيف، نتيجة لارتفاع درجات الحرارة؛ ممَّا ينشط من عمليات تبخر مياه البحر، كما تعمل الرياح الشمالية القادمة من البحر على زيادة نسبة الرطوبة إضافة إلى نشاط نسيم البحر والذي يبلغ قمته خلال هذا الفصل، ويعد فصل الربيع أقل فصول السنة في نسبة الرطوبة، نتيجة تأثير رياح القبلي الحارة والجافة، والتي يكثر هبوبها خلال هذا الفصل على المنطقة، والتي تؤدي إلى هبوط سريع في رطوبة الهواء وتعمل على رفع درجات الحرارة.
- إن المتوسط الشهري لكمية التبخر يبلغ حوالي 4.0 مم، وتظهر آثار عملية التبخر على سطح المنطقة في تكوين أشكال من التشققات الطينية الصغيرة منها، وفي تكوين القشرات الملحية والتي تظهر على سطح السبخات خاصة في فصل الصيف.

ثالثاً: الخصائص المورفومترية لحوض التصريف:

إنَّ الدراسة المورفومترية تعد إحدى الدراسات المهمة لأحواض وشبكات التصريف المائي، وذات أهمية في الدارسات الهيدرولوجية والجيولوجية والجيومورفولوجية، ويمكن استخدام نتائجها في التعرف على نوع الصخور والتركيب الجيولوجية وميل الطبقات، والتطور الجيومورفولوجي للأشكال الأرضية بالحوض.

يُعَدُّ حوض التصريف المائي وحدة مساحية تتحدد فيها خصائص ومعطيات يمكن قياسها كمياً لغرض التحليل والتصنيف، وتشمل مجموعة الخصائص المساحية (مساحة

الحوض/ الطول / العرض / المحيط)، إضافة إلى تحليل شكل الحوض، وذلك بحساب معدل الاستطالة / معدل الاستدارة / معامل شكل الحوض/ ونسبة الطول والعرض للحوض.

1. الخصائص المساحية (Areas Morphometric):

أ . **مساحة حوض التصريف:** تُعَدُّ المساحة الحوضية من أهم المعاملات المورفومترية التي تقوم عليه كافه التحليلات المورفومترية، ومن خلال الجدول (4) تبلغ مساحة حوض تصريف وادي الحناوي حوالي 264.64 كم^2، يعد من الأحواض كبيرة المساحة، يرجع هذا إلى امتداده من بداية حافات الجبل الاخضر إلى المنطقة الساحلية غرب خليج البمبة، والتي انعكس انحدارها على مجاري الوادي مما يعطي الفرص لتطوير هذه المجاري وزيادة مساحتها الحوضية.

جدول (4) الخصائص المساحية لحوض وادي الحناوي.

الحوض	المساحة كم^2	المحيط	الطول	العرض
وادي الحناوي	**264.64**	**87.82**	**35.57**	**12.15**

المصدر: قياسات من الفضائية DEM باستخدام برنامج Arc Gis 10.8.

ب ـ طول الحوض Basin length : يبلغ طول حوض وادي الحناوي 35.57 كم، ويرجع طول الحوض إلى كبرة مساحة الحوض وتأثرها بالعديد من الصدوع الطولية التي عملت على امتداد منابع الأودية.

جـ ـ عرض الحوض Basin Width : يبلغ أقصي عرض لحوض وادي الحناوي 12.15 كم، إلا أنه يتميز بقلة عرضه بصفة عامة ويرجع هذا إلى طبيعة نشأة المنطقة، التي عملت على تصريف المياه بشكل خطوط مستقيمة وعمودية، وهذا ما تظهر علية الأودية بشكل خطوط متوازية وذات جوانب شديدة الانحدار (سلامة، 1982، ص13).

د ـ محيط الحوض Basin Perimeter: يُقصدُ به طول خط تقسيم المياه بين حوض ما، وما يجاورها من أحواض، يبلغ محيط حوض وادي الحناوي 87.82 كم، ويتميز الحوض بكثرة تعرجات خط تقسيم المياه، وهذا يدل بشكل عام على طول محيطه وانعكاساً طبيعياً لكبر مساحة الحوض، حيث توجد علاقة موجبة بين مساحة الحوض وأبعادها، مثل: (الطول / العرض / المحيط)، أي كلما ازدادت المساحة الحوضية ازدادت الأبعاد الأخرى.

2. الخصائص الشكلية Shapes Morphometric:

أ ـ .شكل الحوض Basin shape : تفيد دراسة شكل حوض التصريف في توضيح التطور الجيومورفولوجي للوادي، كما يمكن مقارنة شكل الحوض بأشكال، مثل المربع والمثلث، إن أشكال أحواض التصريف ومساحتها تختلف تبعًا لتفاوت الفترة الزمنية التي قطعتها تلك الأحواض من دورتها التحاتية (مصطفى، 1982، ص183).

جدول (5) الخصائص الشكلية لحوض الحناوي.

الحوض	معدل الاستطالة	معدل الاستدارة	معامل الشكل	الطول / العرض
وادي الحناوي	**0.59**	**0.43**	**1.85**	**2.92**

المصدر: قياسات من الفضائية DEM باستخدام برنامج Arc Gis 10.8.

ب ـ معدل الاستطالة Elongation Ratio: يوضح معدل الاستطالة مدى التشابه بين مساحة الحوض والشكل المستطيل، ويعد هذا المعدل من أكثر المعاملات المورفومترية دقة في قياس أشكال أحواض التصريف، ويتم حساب بالمعادلة **الآتية**:

$$\text{معدل الاستطالة} = \frac{\text{قطر الدائرة المساوية لمساحة الحوض كم}}{\text{أقصى طول للحوض كم}}$$

(تراب، 1997، ص 270)

تتراوح قيمة النتائج ما بين الصفر والواحد الصحيح، وكلما انخفض المعدل واقترب من الصفر دل ذلك على شدة الاستطالة، والعكس، يبلغ معدل الاستطالة بحوض وادي الحناوي 0.59، وهذا يدل على أن حوض التصريف يميل إلى الاستطالة بوجه عام، ويمكن وصفه بأنه مستطيل أو قريبًا من الاستطالة، وهذا يؤكد أن قطاعاتها الطولية تبدو خطية وشديدة الاستقامة، كما أن الشكل الطولي للأودية يزيد من فرصة تغذية المخزون الجوفي، ويقلل من خطر الفيضانات (صالح، 2013، ص81).

ج ـ معدل الاستدارة Circularity Ratio : تشير الاستدارة إلى نسبة تقارب أو تباعد شكل الحوض عن الشكل الدائري، وتدل القيمة المرتفعة لهذه النسبة والتي تقترب من الواحد الصحيح إلى وجود أحواض مائية مستديرة أو شبة مستديرة، ويتم حساب معدل الاستدارة بالمعادلة **الآتية**:

$$\text{معدل الاستدارة} = \frac{\text{مساحة الحوض كم}^2}{\text{مساحة الدائرة التي لها نفس محيط الحوض كم}}$$

(تراب، 1997، ص 270)

يبلغ معدل الاستدارة لحوض وادي الحناوي 0.43؛ وهذا يدل على أن الحوض بعيد عن الاستدارة.

د ـ معامل شكل الحوض Form Factor Ratio : يعطي هذا المعامل مؤشر إلى مدى تناسق الشكل العام للحوض، وتشير القيمة المنخفضة إلى انخفاض المساحة الحوضية بالنسبة لطول الحوض، يعني زيادة الطول النسبي لأحد بعدي الحوض على حساب الآخر، ويتم حساب معامل شكل الحوض بالمعادلة **الآتية:**

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

(تراب، 1997، ص270)

يميل حوض الوادي بصفة عامة إلى الابتعاد عن التناسق وعدم الانتظام في شكله، حيث بلغ معامل الشكل 1.85، وهذا يتفق مع ما توصلنا إلى اتخاذ الأحواض الشكل المستطيل.

هـ ـ معدل الطول / العرض الحوضي length – Width Ratio : هي من المعاملات المورفومترية لقياس مدى استطالة أشكال الأحواض، وهي تتشابه مع نتائج معدل استطالة الأحواض، حيث تدل القيم المرتفعة على زيادة نسبة الطول الحوض على حساب عرضه، وبالتالي اقتراب الأحواض من الشكل المستطيل والعكس، ويتم حساب معامل نسبة الطول / العرض الحوضي بالمعادلة **الآتية:**

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

(عاشور، تراب،1991، ص 322، 323)

يبلغ متوسط نسبة الطول إلى العرض حوالي 2.92، وهذا يدل على زيادة الطول الحوضي على حساب عرضه، وأنها مازال في مرحلة مبكرة من دورتها التحاتية قبل أن تدركها ظروف المناخ الجاف.

3 . الخصائص التضاريسية للحوض (Basin Relief Characterizes):

تدل الخصائص التضاريسية على نشاط عوامل التعرية، وأثر الاختلافات البنيوية على الصخور، والمرحلة العمرية من التطور الجيومورفولوجي، وتعد نسبة التضرس والتكامل الهيبسومتري وقمة الوعورة ومعدل النسيج الحوضي من أهم المعاملات في معرفة الخصائص التضاريسية لحوض الوادي.

أ ـ معدل التضرس Relief Ratio : هو النسبة بين فارق الارتفاع في الحوض وبين الطول الحوضي، وهو معدل يعرفنا على الطبيعة الطبوغرافية للحوض، ويشير بصورة مباشرة إلى درجة انحدار الحوض التي تتناسب طرديا مع فارق الارتفاع، ويشير انخفاض نسبة التضرس إلى كبر المساحة الحوضية، مما يدل على نشاط عملية النحت والتراجع نحو المنبع، وغالبًا ما تكون الأحواض الصغيرة عالية التضرس ونشطة في عملية النحت وما تزال في المرحلة الأولى من دورته التحاتية (محمود عاشور، مجدي تراب،1991، ص 323) ويمكن حساب نسبة التضرس بالمعادلة **الآتية:**

$$\text{نسبة التضرس} = \frac{\text{تضرس الحوض (الفرق بين أعلى وأدنى نقطة في الحوض) متر}}{\text{الطول الحوضي كم}}$$

(عاشور،-تراب،1991، ص 322، 323)

جدول (6) الخصائص التضاريسية لحوض وادي الحناوي.

الحوض	نسبة التضرس	التكامل الهيبسومتري	قمة الوعورة	معدل النسيج
وادي الحناوي	**9.95 م/ كم**	**0.74**	**1.26**	**28.14**

وبدراسة نسبة التضرس ومن الجدول (**6**) يتضح إن حوض وادي الحناوي يتميز بانخفاض نسبة التضرس، التي تبلغ 9.95 م/ كم، ويرجع انخفاضها إلى قلة الفارق الرأسي ما بين المنبع والمصب، حيث إن ارتفاع الهضبة لم يتجاوز355 متراً فوق مستوي سطح البحر، إضافة إلى تشابه التكوينات الجيولوجية والبنيوية التي عملت على إنشاء حافات قلي الارتفاع تسودها الانحدارات الهينة والمتوسطة، وتنوع التكوينات الجيولوجية بين أجزاء الحوض، ما بين تكوينات صلبة في مناطق المنابع، ورواسب الزمن الرابع في وسط ومصب الحوض (عبدالوهاب، 2020، ص 268)، كما تدل هذه النسبة المنخفضة على ان الحوض نشاط جيومورفولوجيا وبالتالي نشاط النحت وتوسيع مساحة الحوض، كما يمكن إرجاع انخفاض

نسبة تضرس إلى الانحدار العام للحافة الشرقية للجبل الاخضر عند تداخلها مع هضبة البطنان وابتعاد الحافات عن المنطقة الساحلية.

ب ـ التكامل الهيبسومتري Hypsometric Integral : يُعَدُّ من المعاملات المورفومترية التي تقيس الفترة الزمنية المقطوعة من الدورة التحاتية، أي أن التكامل الهبسومتري يتناسب طرديا مع الفترة التي قطعتها الأحواض من دورتها التحاتية، والعكس (الهرام، تراب، 1990، ص 49، 50) ويمكن حساب التكامل الهبسومتري بالمعادلة **الآتية:**

$$\text{التكامل الهيبسومتري} = \frac{\text{المساحة الحوضية كم}^2}{\text{التضاريس الحوضية م}}$$

(تراب، 1997، ص 273)

وبدراسة جدول (6) يتبن أن قيمة التكامل الهبسومتري للحوض الوادي 0.74%، وهذا يدل على أن الحوض مازال في مرحلة عمرية مبكرة، حيث أن حوالي 26% قد أزيلت من كمية المواد الصخرية من حوض ويبقى ما نسبته 74% تنتظر دورها في الإزالة إذ إن الوادي في مرحلة تكوين اودية وروافد ذات انحدارات متجانسة من دورتها التحاتية قبل أن تدركها ظروف المناخ الجاف، حيث يتوازن مقدار المواد النحت والمنقولة من الروافد مع مقدار ما يترسب في مجرى الوادي.

ج ـ قمة الوعورة Ruggedness Number : يُعَدُّ هذا المعامل عن العلاقة بين تضرس الحوض، وطول مجاري الشبكة التصريفية، ويعد من المعاملات التي تقيس المرحلة التطورية التي وصلت إليها أحواض التصريف وللدلالة على شدة التعقيد البنيوي لتضاريس، وتستخرج وفق المعادلة (Strahlar,1963,p370)، ويتم حساب قمة الوعورة بالمعادلة **الآتية:**

$$\text{قمة الوعورة} = \frac{\text{التضاريس الحوضية (م)} \times \text{الكثافة التصريفية كم/كم}^2}{1000}$$

(عاشور، تراب،1991، ص 322، 323)

تتراوح قمة الوعورة لحوض وادي الحناوي 1.26 ؛ وهذا يدل على أنه ذات قيم وعورة منخفضة وذات معدلات تضرس منخفضة، حيث أنه كلما ازدادت الكثافة التصريفية والتضرس في الحوض، ازدادت قيم معامل الوعور.

د ـ معدل النسيج Texure Ratio : يتأثر معدل النسيج الحوضي بمجموعة من العوامل، من أهمها: المناخ وخاصة كمية الأمطار، والتكوينات الصخرية ونظامها، ونوعية التربة ونفاذيتها، ودرجة التضرس، والتطور الجيومورفولوجي الذي وصلت إليه الأحواض، ويتم حساب معدل النسيج الحوضي بالمعادلة **الآتية:**

$$\text{معدل النسيج الحوضي} = \frac{\text{مجموع أعداد المجاري}}{\text{طول محيط الحوض كم}}$$

(مصطفى، 1982، ص225)

تصنف الأحواض حسب نتائج المعادلة ومعدل نسيجها إلى الفئات التي حددها

- الأحواض ذات النسيج الخشن وهي التي يقل معدل نسيجها عن 4.
- الأحواض ذات النسيج المتوسط، وتتراوح معدلات نسيجها ما بين 4 ـ 10.
- الأحواض ذات النسيج الناعم وهي التي يزيد نسيجها عن 10.

من دراسة الجدول (**6**) تتراوح معدلات النسيج لحوض وادي الحناوي 28.14 ، أي أن الحوض من الأحواض ذات النسيج الناعم، والسبب في ذلك كثرة أعداد المجاري في الحوض التي وصلت إلى 2472 مجرى، وهذا يدل على مؤشراً لمدى كثافة الصرف؛ إذ أن الأودية تتقارب مع بعضها وتزداد أعدادها مما يزيد من تقطع الحوض بالمجاري مع وارتفاع معدلات التعرية والنحت، وزيادة درجات الانحدار داخل الحوض.

4 ـ الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف

Morphometric Charactristics For Drainage Network

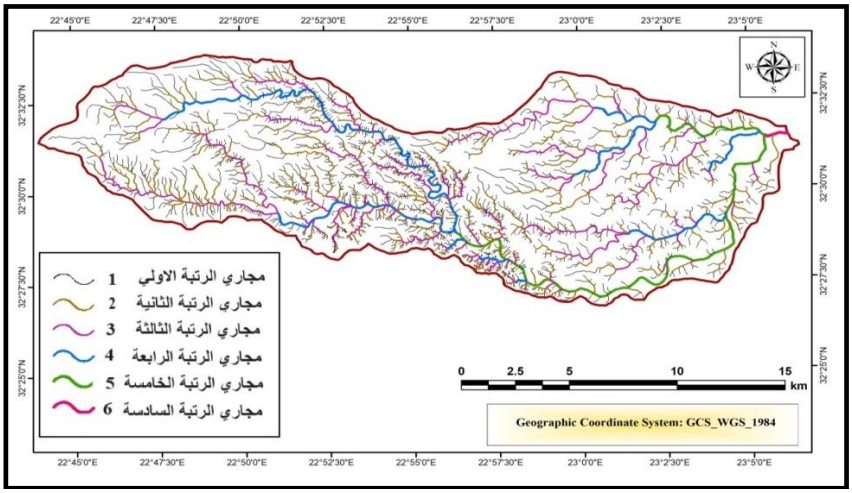
شبكات التصريف النهري : هي الصورة التي تشكلها مجموعة المجاري المائية الموجودة في حوض ما أو عدة أحواض متجاورة، ويتوقف هذا التصريف على التكوينات الصخرية للأحواض ومدى تجانسها ودرجة صلابتها وطبيعة انحدار سطح الأرض، إضافة إلى نوع المناخ السائد (Strahlar,1963, p 370).

تقوم دراسة شبكة التصريف على حساب مجموعة من المتغيرات المورفومترية، وقد تم تصنيف مجاري شبكات تصريف الأودية إلى رتب نهرية تبعا لتصنيف (**Strahler**) **وهي كالآتي:**

أ ـ **رتب وأعداد المجاري** : إن دراسة رتب وأعداد المجاري تعطي صورة واضحة عن مورفومترية شبكة التصريف، ومن خلال الجدول (7) الذي يوضح رتب وأعداد مجاري حوض وادي الحناوي و(شكل 9) يتضح **ما يلي:**

- إن شبكات التصريف المائية لحوض وادي الحناوي وصلت إلى الرتب السادسة.
- يبلغ مجموع أعداد المجاري المائية بحوض وادي الحناوي 2472 مجرى.
- يبلغ مجموع مجاري الرتبة الأولى حوالي 1972 مجرى، ما يعادل 79.7% من مجموع المجاري، ويبلغ مجموع مجاري الرتبة الثانية حوالي 409 مجرى بنسبة 16% من إجمالي أعداد المجاري.
- يبلغ مجموع أعداد مجاري الرتبة الأولى والثانية معًا حوالي 2381 مجري بنسبة 96.3% من إجمالي أعداد المجاري، وهذا يؤكد وجود علاقة بين الرتبة النهرية وأعدادها، فمهما اختلفت مساحة الحوض فإن نسبة ما تسهم به الرتبة الأولى والثانية يزيد عن 90% من إجمالي المجاري بالحوض.
- يبلغ مجموع عدد المجاري الرتبة الثالثة 79 مجرى بنسبة 3.1% من إجمالي أعداد المجاري، وتضم الرتبة الرابعة عدد 9 مجاري بنسبة 0.36%، والرتبة الخامسة 2 مجرى، والباقي هو رتبة واحدة وهي المجرى الرئيس للوادي.
- يرجع الفرق في أعداد الروافد إلى خلو حوض الوادي من الغطاء النباتي؛ مما يزيد من نشأة روافد الرتبتين الأولي والثانية، إضافة إلى ما تسهم به الفواصل والشقوق والصدوع الثانوية من دور في اتجاهات وأعداد هذه الروافد.

شكل (9) شبكة تصريف حوض وادي الحناوي.



المصدر: من المرئية الفضائية SRTM بدقة تمييزية 12 متر من القمر (DEM ALOS PALSAR L-Band باستخدام برنامج ARC GIS 10.8

جدول (7) الخصائص التضاريسية لحوض وادي الحناوي.

الحوض	الرتبة						المجموع
	1	2	3	4	5	6	
وادي الحناوي	1972	409	79	9	2	1	2472

المصدر: قياسات من المرئية الفضائية DEM باستخدام برنامج ARC GIS 10.2

ب ـ نسبة التشعب Bifurcation Ratio : تُعَدُّ نسبة التشعب من المعاملات المورفومترية التي تتحكم في حجم التصريف وزمن تركيز وصول المياه إلى المجاري الرئيسة، فكلما قلت نسبة التشعب زاد خطر الفيضان، ونتيجة لاختلاف العوامل الطبيعية المؤثرة في شبكات التصريف، أن نسبة التشعب تكون ثابتة من رتبة إلى الرتبة التي تليها، وتتراوح ما بين 1 إلى 4، و يتم حساب نسبة التشعب بالمعادلة **الآتية:**

$$\text{نسبة التشعب} = \frac{\text{عدد المجاري التابع لرتبة معينه}}{\text{عدد المجاري التابع لرتبه التالية لها}}$$

(عاشور، 1986، ص 462، 465)

من الجدول (8)، أن متوسط نسبة التشعب بحوض الوادي 5.02، وهذا يدل زيادة أعداد المجاري في الرتبة الأولي والثانية بشكل واضح، نتيجة لجريانها قرب الحافات حيث تميل الأودية إلى تكوين مجاري من الرتبة الأولى والثانية ويكون معظمها عبارة عن مسيلات مائية قصيرة في الطول وتصب مباشرة في المجرى الرئيس، وهذا يؤكد ما جاء به Strahler بأن أحواض التصريف التي تتأثر بظروف مناخية متشابهة إضافة إلى تشابهها من حيث البنية والتكوين الجيولوجي يظل معدل التشعب بها شبه ثابت من حوض إلى آخر (ابوالعنين، 8991، ص209). وقد بلغت أعلى قيمة لمعدل التشعب بين الرتب الثالثة والرابعة 8.7 مما يشير إلى أنه أقل خطورة ودليل على عدم تماثل أجزاء الحوض مناخاً وجيولوجيًا، كما يرجع هذا التباين في قيم معدلات نسبة التشعب بين الرتب، إلى زيادة أعداد المجاري في الرتبة الأولى والثانية، والتي تتسم بقصر أطوالها واستقامتها واتصالها برتبة أعلى منها.

جدول (8) نسبة التشعب لحوض وادي الحناوي.

الحوض	الرتبة				المتوسط
	2 . 1	3 . 2	4 . 3	5 . 4	6 . 5	
وادي الحناوي	4.8	5.1	8.7	4.5	2	5.02

ج ـ أطوال المجاري Streams length : يبلغ مجموع أطوال المجاري بحوض الوادي 945.514 كم، ويبلغ مجموع أطوال مجاري الرتبة الأولى 522.409 كم، في حين يبلغ أطوال مجاري الرتبة الثانية 211.525 كم وتبلغ أطوال مجاري الرتبة الثالثة 124.463 كم، وسجلت أطوال مجاري الرتبة الرابعة 55.627 كم، في حين سجل طول الرتبة الخامسة 30.341 كم وسجلت الرتبة السادسة 1.149 .

إنَّ أعداد المجاري ترتفع في الرتبة الدنيا وتنخفض في الرتبة العليا، وعلى الرغم من قصر أطوال مجاري الرتبة الأولى إلا أن أطوال مجاريها تبلغ أكثر من نصف طول المجاري بالحوض؛ ويرجع ذلك لارتفاع نسبة أعداد المجاري بالرتبة الأولى، كما أن أطوال المجاري تحدد سرعة الجريان التي تقل مع زيادة الأطول، خاصة اذا كانت هذه الأطوال مرتبطة بالمساحة الحوضية، إذ تزيد من نسبة كمية المياه الضائعة عن طرق التبخر أو الترشح؛ مما يقلل من كمة الرواسب داخل حوض الوادي.

جدول (9) أطوال المجاري لحوض وادي الحناوي (كم).

الحوض	1	2	3	4	5	6	المجموع
وادي الحناوي	**522.409**	**211.525**	**124.463**	**55.627**	**30.341**	**1.149**	**945.514**

المصدر: قياسات من المرئية الفضائية DEM باستخدام برنامج ARC GIS 10.8.

د ـ كثافة التصريف Drainage Density : تعكس كثافة التصريف تأثير كل من نوع الصخر ونظامه والتربة ونفاذيتها ودرجة الانحدار، إضافة إلى تقطع الحوض بالمجاري المائية، ويتم حساب الكثافة التصريفية بالمعادلة **الآتية**:

$$\text{كثافة التصريف} = \frac{\text{مجموع أطوال المجاري كم}}{\text{المساحة الحوضية كم}^2}$$

(عاشور، تراب، 1991،ص 339)

من الجدول (10) أن كثافة التصريف في حوض الوادي بلغت 3.57 كم/كم^2، وهذا يعني أن كل كيلومتر واحد من المساحة العامة لحوض الوادي يمتلك نحو 2 إلى 3 من الشبكة المائية ليصرف من خلالها المياه والحمولة وفقًا لتصنيف ستريلر، كما تدل على تعرض المنطقة إلى التسوية الشديدة بفعل عمليات الحت والتجوية الكيميائية التي تنتشر

عليها رواسب الزمن الرباعي، كما إن كثافة التصريف لحوض الودي بشكل عام منخفضة لأن شبكة التصريف لم تكتمل إلى الصورة النهائية؛ وذلك نتيجة لظروف المناخ الجاف التي تسود المنطقة حاليًا مع وجود مساحات داخل الأحواض تغطيها الرواسب الحديثة ذات نفاذية عالية وقليلة الانحدار، التي انعكس دورها على انخفاض الكثافة التصريفية داخل الحوض.

جدول (10) خصائص شبكات التصريف لحوض وادي الحناوي.

الحوض	الكثافة التصريفية	تكرار المجاري	بقاء المجاري	نسبة التشعب
وادي الحناوي	3.57	9.34	0.27	5.02

هـ ــ معدل تكرار المجاري: يوضح هذا المعدل النسبة بين أعداد المجاري والمساحة الحوضية، فالمجاري المائية بمختلف رتبها تعمل على زيادة المساحة الحوضية عن طريق النحت الذي تزداد كثافتها للرتبة الدنيا، ويتم حساب تكرار المجاري بالمعادلة **الآتية:**

$$\text{تكرار المجاري} = \frac{\text{مجموع أعداد المجاري}}{\text{المساحة الحوضية كم}^2}$$

(سلامة، 2007، ص، 188)

ومن الجدول (10) يتضح أن تكرار المجاري في حوض وادي السهل 9.34 مجرى/كم2، ويعد معدلا منخفض، ولعل صغر مساحة الحوض وتضرس بعض الأجزاء من حوض الوادي أسهم في كثرة عدد المجاري خاصة في الرتبتين الاولى والثانية.

و. معدل بقاء المجرى : يُعَدُّ مؤشر آخر لمعرفة كثافة الصرف الطولية لحوض، كما يشير إلى المرحلة الجيومورفولوجية التي يمر بها الحوض؛ إذ يستدل منها على متوسط الوحدة الطولية الواحدة ضمن شبكة حوض الصرف، ويتم حساب معدل بقاء المجاري بالمعادلة **الآتية:**

$$\text{تكرار المجاري} = \frac{\text{المساحة الحوضية كم}}{\text{مجموع أطوال المجاري كم}}$$

(سلامة، 2007، ص، 188)

تتراوح قيمة معدل بقاء المجاري لحوض الوادي ما بين الصفر والو أحد الصحيح، وكلما اقترب من الصفر، أشار إلى تأثر المنطقة بالتراكيب البنيوية، إضافة إلى النفاذية المنخفضة للتربة مع زيادة درجة والانحدار شدة وسريعة الجريان السطحي، والعكس صحيح .

يبلغ معدل بقاء المجرى في الحوض 0.27 كم/كم^2 ، وذلك يدل على زيادة طول المجاري بالنسبة إلى المساحة الصغيرة، إضافة إلى تأثر الحوض بطبيعة الانحدار والطبيعة الصخرية ونفاذية الصخور، كما إن معدل بقاء المجرى يتأثر بالمرحلة العمرية للنحت، فكلما تقدم الحوض في مرحلة الحت كلما ازدادت قيمة معدل بقاء المجرى.

أنماط التصريف لشبكات الأودية:

تأتي أهمية دراسة أنماط التصريف لشبكات الأودية كونها تعكس تأثير كل من الخصائص اللثيولوجية للصخور وميل طبقاتها وطبيعتها الانحدارية وأثر حركات التصدع واتجاهاتها، إضافة إلى نوع المناخ السائد والغطاء النباتي، والتطوير الذي وصلت إليه أحواض التصريف، ومن خلال دراسة أنماط التصريف التي توضحها شبكة تصريف حوض وادي الحناوي، تتمثل أهم الأنماط في **الآتي**:

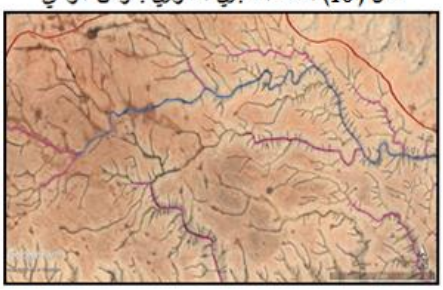
- **نمط التصريف الشجري:**

يمكن وصف حوض وادي الحناوي بصفة عامة بأنه ذا نمط تصريف شجري متوازي، حيث يعتبر هو النمط السائد والأكثر انتشارًا وفيه تلتقي الروافد ببعضها بطريقة غير منتظمة في كثير من الاتجاهات، بحيث تصنع شبكات وروافد الأودية شكلاً أشبه بفروع الأشجار تمامًا، ويظهر هذا النمط في الطبقات الصخرية الأفقية والمائلة ميلاً خفيفاً بحيث يتفق الجريان مع الانحدار العام لسطح المنطقة بشكل متوافق مع الظروف البنيوية.

يتألف هذا النمط من عدد من المجاري النهرية التابعة التي تجري في شكل متوازي تقريبًا، وهو ما تتميز به المناطق التي تتألف من طبقات صخرية مائلة بشكل منتظم أو قليلة الميل، بحيث لم تسمح لها الظروف الجيولوجية والزمن بتطوير نمط من التصريف أكثر تعقيدًا، وبالتالي فإن نمط التصريف المتوازي هو تصريف أولي، أي يمثل مرحلة بدائية في التكوين شبكة التصريف (شكل، 10).

يظهر هذا النمط في المناطل قليلة الانحدار في وسط أراضي حوض الوادي، كما تظهر داخل هذا النمط بعض أنماط التصريف الثانوية مثل النمط الريشي (شكل 11)، وفيه يتشعب المجرى إلى عدد كبير من القنوات التي تنقسم فيما ثم تعود وتلتقي مرة أخرى في نفس المجرى، ويظهر هذا النمط عندما تصبح أغلب التكوينات تكوينات رسوبية مفككة، وأهم ما يميز هذا النمط هو أن روافده ليست ثابتة، بل إن بعضها قد تتغير خلال فترات الجريان.

شكل (10) النمط الشجري المتوازي بحوض الوادي



شكل (11) نمط التصريف الشجري الريشي

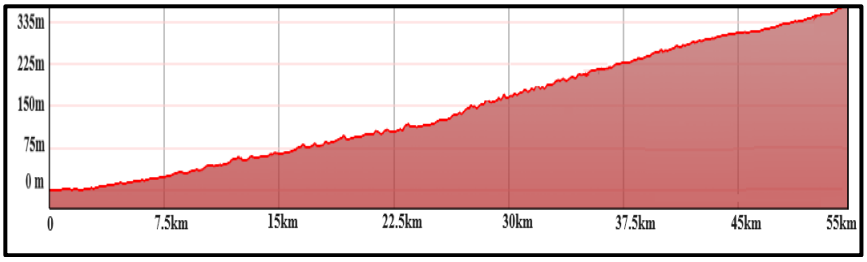
القطاعات الطولية والعرضية للأودية:

إنَّ أثر الاختلافات الليثولوجية للتكوينات الصخرية تظهر على طول القطاعات الطولية للأودية في صورة عدم انتظامها في الانحدار بشكل عام؛ مما يفيد في معرفة المرحلة التحاتية التي وصلت إليه ودرجة تطورها، ومن خلال (شكل 11) يمكن إبراز أهم السمات العامة والخصائص التي تتسم **بها** :

1. يظهر القطاع الطولي لوادي الحناوي متقعر بشكل عام، وتنخفض درجة الانحدار بشكل عام على طول القطاع الطولي للوادي من المنبع حتى المصب.
2. تنتشر على طول القطاعات الطولي للوادي العديد من نقاط تغير الانحدار، وهي من أهم مظاهر عدم انتظام القطاع الطولي للوادي، وهي مناطق يتغير فيها الانحدار بصورة فجائية نتيجة عبور الأودية تكوينات جيولوجية تختلف في خصائصها الليثولوجية، أو تعرضها لعمليات تصدع تؤدي إلى تغير في مستوي القاعدة، حيث تنشط عمليات النحت المائية الرأسية وتبدو الطبقات الصخرية الصلبة على هيئة مساقط مائية ذات جبهات شديدة الانحدار.
3. يغطي على طول قطاع الطولي للوادي كميات كبيرة من الرواسب، وتتمثل في الكتل الصخرية الكبيرة والحصى والجلاميد والطين والرمال، وتتسم أغلبها بالخشونة شكل(12).
4. تمثل فئة الانحدار شبه المستوية والخفيفة والمتوسطة للقطاعات العرضية في قيعان الأودية وعلى المصاطب المستوية وفي الأجزاء الدنيا من القطاعات، لذلك فقد استُغلت معظم المصاطب الرسوبية في الزراعة، كما تتناقص هذه الفئات في الأجزاء الوسطة من قطاعات الأودية بسب ضيق بطون الأودية واختفاء المصاطب الرسوبية وتركيز الأودية على النحت الرأسي بدلاً من النحت الجاني.

5. تشكل فئة الانحدار الشديد نسبيًا والشديدة جداً والجرفية الأجزاء الوسطى من الأودية، خاصة المجرى الرئيس من الوادي وبعد الروافد.

شكل (13) القطاع الطولي لوادي الحناوي.



المصدر: من نموذج الارتفاع الرقمي DEM من المرئية الفضائية SRTM باستخدام برنامج Global Mapper. 16

الخلاصة:

إنَّ أهمية استخدام بيانات نماذج الارتفاع الرقمي في دراسة الخصائص المورفومترية لأحواض الأودية؛ لاحتوائها على قاعدة بيانات متكاملة عن الخصائص الجيومورفولوجية، والتي يشتق منها الخصائص الهيدرولوجية، وبالتالي الخروج بمجموعة من الخرائط والإشكال الهيدرولوجية التي تعبر عن واقع حوض التصريف.

- من دراسة الخصائص الجيولوجية والتتابع الطبقي للتكوينات الصخرية، أن الصخور الجيرية التي تنكشف على سطح المنطقة ما بين الزمن الثالث (من الاوليجوسين – الميوسين) إلى الزمن الرابع الحديث، الذي يتكون من الأحجار الجيرية والدولوميتية والطفلة، الغني بالحفريات، وتظهر مكاشف هذه الصخور في بعض المقاطع الجانبية للأودية وعلى الجروف البحرية.

- تأثرت منطقة الدراسة بمجموعة من الصدوع وأغلبها من النوع العادي، وتركز أغلبها في الجزء الجنوبي من منطقة الدراسة، ويعد الاتجاه السائد هو شرق / غرب، وجنوب شرق / شمال غرب، وقد انعكس أثرها بشكل واضح على أشكال السطح في أنتشار الحافات الصدعية وإلى حدوث حركة للمواد عليها، إضافة إلى وجود العديد من الفواصل والشقوق الصخرية التي تنتشر داخل وخارج الكتل الصخرية، وأن الاتجاهات السائدة للشقوق والفواصل يتطابق نوعاً ما مع اتجاهات الصدوع.
- من دراسة المناخ الحالي أن المنطقة تقع ضمن المناخ الجاف وشبه الجاف، الذي يتسم بارتفاع المدى الحراري اليومي والسنوي، وتتقارب فيها درجات الحرارة على مدار السنة؛ مما ينتج عنة نشاط التجوية الميكانيكية.
- يتضح من دراسة الخصائص الشكلية للأحواض أن أشكالها تميل إلى الاستطالة، فقد تراوحت معدل الاستطالة 0.59، وهذا يدل على أن حوض التصريف يميل إلى الاستطالة بوجه عام، ويمكن وصفه بأنه مستطيل أو قريبًا من الاستطالة.
- تبيَّن من دراسة نسبة التضرس وقيمة الوعورة قلة تضرس أسطح حوض التصريف؛ ولعل السبب في للك يرجع إلى تعرض منطقة الدراسة لعمليات التجوية والتعرية المختلفة لفترات زمنية طويلة، ما أدى إلى تخفيض معظم ارتفاعاتها، كذلك انتشار خطوط التصدع التي مهدت لتلك العمليات، ويؤكد ذلك كبر مساحة الغطاء الرسوبي المفكك الذي تمثله أراضي مجرى الأودية.
- من دراسة معامل التكامل الهبسومتري وجود تباين في المراحل العمرية للحوض، وقد بلغ متوسط قيم معامل التكامل 0.74%، وهذا يدل على أن الحوض مازال في مرحلة عمرية مبكرة حيث أن حوالي 26% قد أزيلت من كمية المواد الصخرية من الحوض، ويبقى ما نسبته 74% تنتظر دورها في الإزالة، إذ إن الوادي في مرحلة تكوين أودية وروافد ذات انحدارات متجانسة من دورتها التحاتية قبل أن تدركها ظروف المناخ الجاف، حيث يتوازن مقدار المواد النحت والمنقولة من الروافد مع مقدار ما يترسب في مجرى الوادي.
- بإتباع طريقة (1952) Strahler في تصنيف الرتب النهرية بلغ عدد المجاري 2972. مجرى تقطع أسطح أحواض التصريف في منطقة الدراسة، بلغ إجمالي أطوالها 945.51 كم، ووصل حوض الوادي إلى الرتبة السادسة.

- بلغ المتوسط العام لقيمة معامل كثافة التصريف 3.57كم/كم^2 ، وهذا يدل أن كل كيلومتر واحد من المساحة العامة لحوض الوادي يمتلك نحو 2 إلى 3 من الشبكة المائية ليصرف من خلالها المياه والحمولة وفقًا لتصنيف ستريلر، وإلى تعرض المنطقة للتسوية بفعل عمليات الحت والتجوية الكيميائية، وأن شبكة التصريف لم تكتمل إلى الصورة النهائية؛ وذلك نتيجة لظروف المناخ الجاف التي تسود المنطقة حاليًا، مع وجود مساحات داخل الأحواض تغطيها الرواسب الحديثة ذات نفاذية عالية وقليلة الانحدار التي انعكس دورها على انخفاض الكثافة التصريفية داخل الحوض.
- بلغ معدل بقاء المجرى في الحوض 0.27 كم/كم2 ، وهذا يدل على زيادة طول المجاري بالنسبة إلى المساحة الصغيرة، إضافة إلى تأثر الحوض بطبيعة الانحدار والطبيعة الصخرية ونفاذية الصخور.
- تبيّن من خلال تحليل شبكة التصريف، أن حوض وادي الحناوي يتميز بالنمط التصريف الشجري إلى المتوازي، في الأراضي قليلة التضرس ذات الطبقات المائلة، كما اتخذت بعض الروافد نمط التصريف الشجري الريشي.

التوصيات:

1. إقامة السدود وحفر الآبار والصهاريج في مجرى الوادي وعلى الروافد، والاستفادة منها في حفظ المياه، حيث أن الوادي تسقط عليه كميات كبيرة من الأمطار في فصل الشتاء؛ مسببة فيضانات استثنائية (النقل) وتذهب إلى البحر دون الاستفادة منها.
2. استثمار الأراضي الصالحة للزراعة (المصاطب الرسوبية) بحوض الوادي وروافده، علماً بأنه توجد مساحات صغيرة من هذه الأراضي مستثمرة حالياً وبطرق زراعية بسيطة.
3. تنظيم جريان المياه والاستفادة منها في مجالات الزراعة والاستخدامات البشرية.
4. إنشاء محطات مطرية داخل حوض الوادي، إضافة إلى محطات لقياس سرعة جريان المياه للاستفادة منها في دراسة الخصائص الهيدرولوجية للمياه ومعرفة زمن وصول الفيضان.

المصادر والمراجع

- أبـوالعينين، حسـن سـيد، (1986)، **أصـول الجيومورفولوجيـا – دراسـة لأشـكال التضاريس الكبرى**، دار المعارف، القاهرة.

- تـراب، محمـد مجـدي، (1997م)، **التطـور الجيومورفولـوجي لحـوض وادي قصـيب بالنطاق الشرقي من شبة جزيرة سيناء**، المجلة الجغرافية العربية، تصدر عن الجمعية الجغرافية المصرية، العدد الثلاثون.

- جاد، طه محمد، (1984)، **تحليل الخريطة الكنتورية باهتمام جيومورفولوجي**، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة، الطبعة الثالثة.

- جودة، حسنين جودة، (1973)، **أبحاث في جيومورفولوجية الأراضي الليبية**، الجزء الأول، منشورات جامعة بنغازي، الطبعة الأولى.

- جودة، حسنين جودة، (1975)، **أبحاث في جيومورفولوجية الأراضي الليبية**، الجزء الثاني، منشورات جامعة بنغازي، الطبعة الأولى.

- جودة، حسنين جودة، وآخرون، (1991)، **وسـائل التحليـل الجيومورفولـوجي**، دار المعارف، القاهرة، الطبعة الأولى.

- سلامة، حسن رمضان، (1982)، **الخصائص الشكلية ودلالاتها الجيومورفولوجية**، دوريـة علميـة محكمـة، تعـني بـالبحوث الجغرافيـة، يصـدرها قسـم الجغرافيـا بجامعـة الكويـت والجمعية الجغرافيا الكويتية، العدد 43.

- سلامة، حسن رمضان، (2004)، **أصول الجيومورفولوجيا**، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان، الأردن، الطبعة الأولى.

- سلامة، حسن رمضان، (2007)، **أصول الجيومورفولوجية**، دار المسيرة للنشر والتوزيع والطباعة، عمان، الأردن، الطبعة الثانية.

- الشحومي، خليفة احمد، (2003)، **مورفولوجية الكارست في المنطقة الممتدة من درنة إلى سوسة بالجبل الأخضر – شمال شرق ليبيا**، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة قاريونس، بنغازي.

– الشريف، احمد سعيد، وآخرون، (1990)، **المسح الاقتصادي الشامل لإقليم بلدية البطنان**، مركز البحوث والاستشارات، جامعة قاريونس، بنغازي.

– صالح، محمود على المبروك، (2006)، **حوض وادي السهل الشرقي بهضبة البطنان – دراسة جيومورفومترية**، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عمر المختار.

– صالح، محمود علي المبروك، (2013)، **هضبة الدفنة شمال شرق ليبيا دراسة جيومورفولوجية**، رسالة دكتوراه (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة عين شمس، القاهرة مصر.

– طاهر، عابد محمد، (1990)، **العلاقة بين أنماط التصريف والتراكيب الجيولوجية المتمثلة في الفواصل والصدوع من جهة ونوع الصخور من جهة أخري في المنطقة الممتدة بين سوسة وكرسه بالجبل الأخضر**، رسالة ماجستير (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة قاريونس، بنغازي.

– عاشور، محمود محمد، (1986)، **طرق التحليل المورفومتري لشبكات التصريف المائي**، حولية كلية الإنسانيات والعلوم الاجتماعية، جامعة قطر، العدد التاسع.

– فميح، هيام نعمان، و الاسدي، محمد عبدالوهاب حسن، (2020)، **تحميل الخصائص المورفومترية لحوض وادي كأني منمم**، مجلة بحوث الشرق الأوسط، العدد السادس والخمسون الجزء الثاني يوليو.

– محسوب، محمد صبري، (1991)، **جيومورفولوجية السواحل**، دار الثقافة للنشر والتوزيع، القاهرة.

– المركز الوطني للأرصاد الجوي، **بيانات المناخ**، محطة أرصاد طبرق للفترة من (1985 – 2007)، (بيانات غير منشورة).

– مركز البحوث الصناعية، **خريطة ليبيا الجيولوجية**، (1974)، " لوحة درنة"، مقياس 1:250.000.

– مصطفى، أحمد احمد، (1982)، **حوض وادي حنيفة بالمملكة العربية السعودية دراسة جيومورفولوجية**، رسالة ماجستير، (غير منشورة)، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة الاسكندرية.

– مصطفى، أحمد احمد، (1987)، **الخريطة الكنتورية تفسيرها وقطاعاتها**، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية، الطبعة الأولى.

الهرام، فتحي أحمد، و تراب، مجدي، (1990)، **التطور الجيومورفولوجي لبعض أودية الجبل الأخضر باستخدام التحليل المورفومتري**، مجلة قاريونس العلمية، تصدر عن جامعة قاريونس بنغازي، العدد الرابع.

- Industria Research Centre Tarabulus, (1984)), Geological Map o21.Libya , Explanatory Book at ,(Ajdabiya sheet , 1:250.000).
- 21.Sunamura, T (1992): Geomorphology of Rocky coasts, 3rd Ed. John Wileyand sons Chichester.
- Strahlar, A N, physical geography, second addition, John Willey and sons, New York, London, 1963.
- Stanly A. Schumm, the fluvial system, Untied States of America, John Wiley&Sons, 1977.
- Strahlar, A. N., Dimensional analysis to Flwially Eroded Land forms, Bulletin of geological of America, Vol 69, 1958.
- Arthur N. Strahlar, Dimensional analysis applied to fluvially eroded land forms, Geol. Soc, Amer Bull, vol. 69, 1958.