توظيف نظم المعلومات الجغرافية (GIS) والاستشعار عن بعد (RS) في دراسة الخصائص الطبيعية لحوض وادي اعمارة

د. خالد أحمد بشير قناو
أستاذ مساعد بقسم الجغرافيا/ كلية التربية/ جامعة المرقب – ليبيا
khalid2014.m.a.a.t@gmail.com

الملخص:

هدفت الدراسة إلى إبراز أهمية توظيف تقنية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في الكشف عن الخصائص الطبيعية لحوض وادي اعمارة وذلك بالاعتماد على أنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة تمييزية (30مترًا) لا سيما الخصائص الطوبوغرافية والمساحية والشكلية والتضاريسية وكثافة التصريف المائي وأعداد الرتب المائية ومجاريها وفقًا لتصنيف العالم ستراللر (Strahler,1969)، وذلك من أجل بناء قاعدة معلومات جغرافية رقمية ورسم الخرائط الطبيعية واشتقاق مختلف القياسات للحوض المائي وتحليلها باستخدام المنهج الكمي التحليلي. وخلُصت الدراسة إلى أنّ حوض وادي اعمارة يشغل مساحة تقدر بـ (34.13كم^2) وبطول بلغ (7.5كم) كما أنّ محيطه يقترب من الشكل الدائري وغير منتظم بطول (27.5كم)، كما أنّ تضاريس الحوض المائي تقطع ثلاث مناطق تضاريسية تتفاوت فيها مناسيب الارتفاع بين (2 إلى 171متر)، وبلغت درجة الانحدار بين (0- 13.6درجة) بمتوسط عام بلغ (2.7درجة) وفق تصنيف العالم (Young,1972)، كما توصّلت الدراسة إلى أنّ شبكة التصريف المائي تحتوي على أربع رتب مائية مختلفة العدد والطول وبعدد (99) مجرى مائيًا بمجموع طولي بلغ (56.22كم)، كما توصّلت إلى أنّ مرحلة التطور الجيومورفولوجي التي وصل إليها حوض التصريف هي مرحلة الشباب بقيمة وعورة بلغت (9.8كم)، وأنّ الحوض المائي شديد التضرس وذات نسيج طبوغرافي خشن بقيمة بلغت (3.6مجرى/كم) حسب تصنيف العالم (Smith,1950)، وصولًا إلى مجموعة من النتائج والتوصيات يمكن الاستفادة منها في جميع الدراسات المتعلقة بإدارة وتنمية الموارد الطبيعية.

الكلمات المفتاحية: نظم المعلومات الجغرافية، الاستشعار عن بعد، نموذج الارتفاع الرقمي، الخصائص الطبيعية، وادي اعمارة.

تاريخ الاستلام:
2026/03/07
تاريخ القبول:
2026/04/07
تاريخ النشر:
2026/07/01

OPEN ACCESS

حقوق النشر: © 2026 للمؤلف (للمؤلفين). الناشر مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية. هذه المقالة منشورة بنظام الوصول المفتوح، ويتم توزيعها وفق شروط وأحكام ترخيص المشاع الإبداعي الدولي:

CC BY-NC-SA 04

Vol. 6, Issue.2, July 2026, pp55-82
ISSN : 2789-4843 (Online) 3080-0463 (print)
المجلد 6 العدد 2 ، يوليو 2026م

Journal of Libya for Geographical Studies
مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية

Using Geographic Information Systems and Remote Sensing to Study the Natural Characteristics of the Wadi Amara Basin

Khalid Ahmed Bashir Gnaw
Assistant Professor, Department of Geography
Faculty of Education, Al-Marqab University - Libya
khalid2014.m.a.a.t@gmail.com

Abstract:

This study aimed to demonstrate the importance of employing Geographic Information Systems (GIS) and Remote Sensing technologies in identifying the natural characteristics of the Wadi Amara Basin through the use of a Digital Elevation Model (DEM) with a spatial resolution of 30 m. Particular emphasis was placed on the basin's topographic, areal, morphometric, and geomorphological characteristics, as well as drainage density, stream order distribution, and channel networks based on the stream-order classification system proposed by Arthur N. Strahler (1969). The study sought to establish a digital geographic database, produce thematic maps of the basin's natural features, derive various morphometric parameters, and analyze them using a quantitative analytical approach. The findings revealed that the Wadi Amara Basin covers an area of 34.13 km², with a basin length of 7.5 km and a perimeter of approximately 27.5 km. The basin exhibits a near-circular yet irregular shape. Its terrain extends across three distinct geomorphological zones, with elevations ranging from 2 to 171 m above sea level. Slope gradients vary between 0° and 13.6°, with an average slope of 2.7°, according to the classification of Anthony Young (1972). The drainage network consists of four stream orders of varying lengths and frequencies, comprising 99 channels with a total stream length of 56.22 km. The study further indicates that the basin is currently in the youthful stage of geomorphological development, characterized by a ruggedness value of 9.8 km. Moreover, the basin exhibits highly dissected terrain and a coarse drainage texture, with a value of 3.6 streams/km according to the classification proposed by Kenneth G. Smith (1950). The study concludes with a set of findings and recommendations that may contribute to future research and applications related to the management and sustainable development of natural resources.

Keywords: Geographic Information Systems (GIS), Remote Sensing, Digital Elevation Model (DEM), Natural Characteristics, Wadi Amara Basin.

Received: 07/03/2026

Accepted: 07/04/2026

Published: 01/07/2026

OPEN ACCESS

Copyright © 2026 by the author(s). Published by the Journal of Libya for Geographical Studies. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution International License:

CC BY-NC-SA 04

المقدمة: (Introduction)

يُعدّ دراسة الخصائص الطبيعية أحد أهم التطبيقات الهامة في الدراسات الجغرافية، فهي تعكس حقيقة المنظومة البيئية المحلية وخاصة طبوغرافية الأرض، وتعددت طرق ووسائل البحث في مجال الدراسات الطبيعية نتيجة للتقدّم التقني الذي توفره التقنيات الحديثة للأقمار الصناعية والتي تعتمد على تقنية الاستشعار عن بعد وما توفره من مرئيات فضائية بحزم طيفية متعددة على المستويين الزماني والمكاني والذي يحدده المستخدم ونوعية الدراسة، فضلًا عمّا توفره نظم المعلومات الجغرافية من تحليلات متقدمة للبيانات المكانية كالهندسية والطبوغرافية والهيدرولوجية والمناخية بعد ربطها بالبيانات الوصفية مما يؤدي إلى نتائج سريعة ودقيقة ومتنوعة والذي يؤدي بدوره إلى التنبؤات والتوقعات المستقبلية لمختلف الظواهر والأشكال الجغرافية، ومن هنا تستمد تلك التقنيات أهميتها ومكانتها في الدراسات الجغرافية.

وللوقوف على أهمية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ستقوم الدراسة بدراسة تطبيقية لتحليل الخصائص الطبيعية لحوض وادي اعمارة وتوفير الإمكانيات والقياسات الكمية للعديد من المظاهر الطبيعية (الخصائص الجيولوجية، الخصائص الطوبوغرافية، الخصائص التضاريسية، الخصائص المساحية، الخصائص الشكلية، خصائص الشبكة المائية) والتي تلعب دورًا مهمًا على مستويات التنمية واستغلالها في هذا المجال وخاصة المعتمدة على المصادر المائية كالمجال الزراعي والصناعي، كما ستقوم بتحليلها وإنتاج الخرائط وتفسيرها وذلك من أجل بناء قاعدة معلومات جغرافية رقمية للحوض المائي بما يخدم الوصف الجيومورفولوجي للمنطقة والحد من المخاطر السلبية كالسيول والفيضانات وما يترتب عيلها من تدمير للمنشآت والمباني وتعرض حياة السكان للخطر وانجراف للتربة.

– مشكلة الدراسة: (The Problem of study)

تُعدّ نظم المعلومات الجغرافية أسلوبًا متطورًا يجمع بين أجهزة الحاسب الآلي والبرامج المتخصصة في بناء الخرائط والتعامل مع عناصرها وربطها بالبيانات المتعددة المصاحبة أو المستدعاة من قواعد البيانات مع إمكانية ترميزها وتخزينها واسترجاعها وإمكانية إجراء التطبيقات الجغرافية ومنها المظاهر الطبيعية، ولعل توظيف هذه التقنية في تحليل الخصائص الطبيعية لحوض وادي اعمارة يعطي طابعًا متكاملًا حول ماهية تلك الخصائص، وبالتالي فإنّ أهم التساؤلات تكمن في الآتي:

س1. ما هي الخصائص الطبيعية السائدة في حوض وادي اعمارة؟ وما مدلولاتها الجيومورفولوجية؟

س2. ما هو دور استخدام التقنيات الحديثة (RS & GIS) في التحليل المكاني للخصائص الطبيعية لطبوغرافية الحوض؟

– فرضياتها: (Hypothesis)

– هناك علاقة بين تنوع الخصائص الطبيعية للحوض المائي وبين تباين العوامل والعمليات الجيومورفولوجية.

– يوجد ارتباط بين التباين المكاني للخصائص الطبيعية وبين استخدام التقنيات الحديثة لتحليلها وتفسيرها واستنباط النتائج.

– أهداف الدراسة: (Objectives of the study)

1. التعرّف على الخصائص الطبيعية للحوض المائي (الجيولوجية، الطبوغرافية، التضاريسية، المساحية، الشكلية، الشبكة المائية) وتفسيرها ودراسة العلاقات المكانية بين متغيراتها.

2. اشتقاق قاعدة بيانات رقمية للخصائص الطبيعية وتحليلها تحليلًا كميًا وربطها ببعض بما يساهم في اشتقاق المدلولات الطبيعية للحوض.

3. إنتاج وتحليل الخرائط الرقمية للحوض المائي وخاصة خصائصه المورفومترية وشبكة التصريف المائي.

– أهميتها: (Importance)

تأتي هذه الدراسة في كونها تحديد مدى الفائدة التي تقدّمها تقنية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد في دراسة الخصائص الطبيعية لحوض وادي اعمارة كدراسة جيومورفولوجية تطبيقية، وتقييم بعض نتائجها في عملية التحليل والتفسير لشكل الحوض المائي وكذلك في تحديد نوعية التركيبات الجيولوجية والأشكال المورفومترية وتصنيفه حسب الاستخدام الأمثل لتلك الموارد والاستفادة منها في مختلف المشاريع الخاصة بالتنمية المحلية، وخاصة إذا ما تمت إدارتها بشكل جيد كالمشاريع المتعلقة بالجانب الزراعي والبيئي والمائي، وذلك كون أنّ جزء كبير من المنطقة يقع ضمن المناطق شبه الجافة المهددة بالجفاف، وكذلك تكمن أهميتها في بناء قاعدة بيانات رقمية وإنتاج خرائط جغرافية لبيان الخصائص الطبيعية لحوض وادي اعمارة.

– منهجية الدراسة: (Approach of study)

استخدمت الدراسة المنهج الكمي التحليلي في دراسة ووصف الخصائص الطبيعية للحوض المائي وإجراء القياسات وتطبيق المعادلات المورفومترية وتحليلها بالبيانات المشتقة من أنموذج الارتفاع الرقمي (DEM) بدقة تمييزية بلغت (30 مترًا) وذلك باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية (Geographic Information System) والاستشعار عن بعد (Remote Sensing)؛ وذلك لإجراء التحليلات واستخلاص النتائج عن الخصائص الطبيعية للحوض المائي كتحديد مجراه الرئيسي وشبكات التصريف المائي والتوزيع الجغرافي لخصائصه الطبوغرافية والشكلية والتضاريسية.

– مجالات منطقة الدراسة: (Boundaries of the study area)

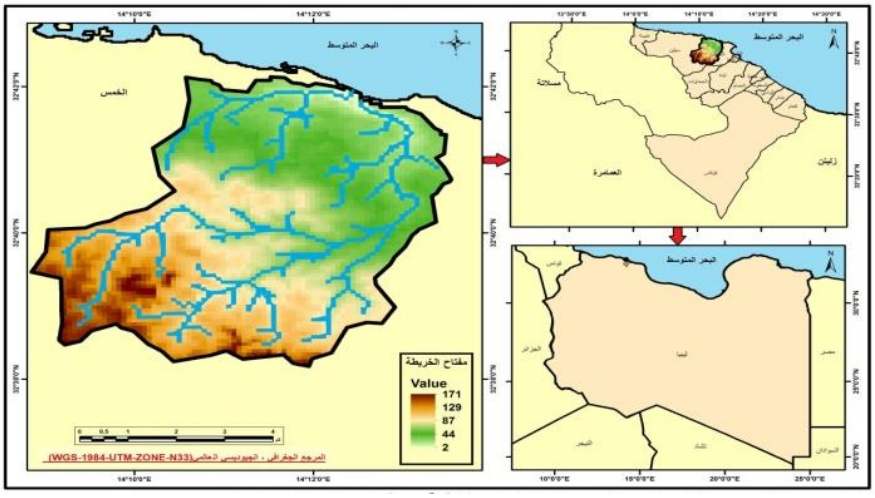
يقع حوض وادي اعمارة في بلدية الخمس وتحديدًا في الجهة الغربية منها، أي بين محلتي المرقب وسيلين بمساحة بلغت (34.13كم^2) أي بنسبة (19.5%) من اجمالي مساحة محلتي المرقب وسيلين البالغ مساحتهما (174.91كم^2)، وينحصر فلكيا بين خطي طول (51" 08` 14°) و (33" 13` 14°) شرقًا وبين دائرتي عرض (11" 38` 32°) و (09" 42` 32°) شمالاً.

أمّا حدود الحوض طبوغرافيًّا فإنّه يحده من الناحية الشرقية حوض وادي الطوالب بطول حدودي بلغ (5.6كم)، أمّا حدود الحوض من الناحية الغربية فيحده حوض وادي جبرون بطول (2.7كم)، أمّا من ناحية الجنوب فيحده حوض وادي لبدة بطول (5.1كم)، ومن ناحية الشمال فهي عبارة عن أراضٍ سهلية صغيرة مقام عليها ميناء الخمس البحري إلى أنْ يصب في البحر.

Vol. 6, Issue.2, July 2026, pp55-82
ISSN : 2789-4843 (Online) 3080-0463 (print)
المجلد 6 العدد 2 ، يوليو 2026م

Journal of Libya for Geographical Studies
مجلة ليبيا للدراسات الجغرافية

خريطة (1) الموقع الجغرافي والفلكي لحوض وادي اعمارة



المصدر: من عمل الباحث استناداً للتقسيم الإداري للبلديات والاعتماد على الخريطة الرقمية من موقع (USGS) باستخدام برنامج Arc map 10.8 .

– الخصائص الطبيعية لحوض وادي اعمارة (Natural characteristics of Wadi Amara basin)

تُعدّ دراسة الخصائص الطبيعية ذات أهمية كبيرة في الدراسات الجيومورفولوجية، فالبيئة الطبيعية بما تمثله من عناصر أساسية كالبنية الجيولوجية وطبوغرافية السطح والمناخ والنظم الهيدرولوجية هي أساس عمليات الهدم والبناء والتفاعل فيما بينها والتي تؤدي بدورها إلى تكوين المظاهر الطبيعية وخصائصها القياسية، وتتمثّل هذه الخصائص في الآتي:

أولًا: الخصائص الجيولوجية (Geological characteristics)

تُعدّ دراسة البنية الجيولوجية والحركات التكتونية وما ينتج عنها من شقوق وصدوع وفوالق من العوامل الطبيعية والتي تساهم في تفسير وتحليل طبوغرافية الأرض من حيث النوع والعمر الجيولوجي والتوزيع الجغرافي، وتتألف التكوينات الجيولوجية في الحوض من رواسب الزمن الثالث التي تتألف من عصري الطباشيري العلوي (الكريتاسي) وعصر الميوسين، وينقسم العصر الطباشيري العلوي إلى قسمين هما تكوين سيدي الصيد وتكوين نالوت، فتكوين سيدي الصيد مظاهره منتشرة في غرب وجنوب الحوض والتي عبارة عن عضوين هما عين طبي وعين يفرن والتي عبارة عن مجموعة من صخور الحجر الجيري الدولوميتي والحجر

الجيري المتبلور، أمّا تكوين نالوت فعبارة عن خليط من الحجر الجيري الذي يتوزع أعلى تكوين سيدي الصيد، أمّا عصر الميوسين فتقع رواسبه في وسط وشرق الحوض المائي، وهو عبارة عن مجموعة من الصخور التي تنتمي إلى تكوين الخمس والتي تمتاز بسطح عديم التوافق (مركز البحوث الصناعية، 1975، ص4).

أمّا رواسب الزمن الرابع فهي خليط من تكوينات عصر الهولوسين والبلايوستوسين والتي عبارة عن رواسب من الأودية الحديثة والرواسب المائية الرياحية التي تنتشر في قيعان الأودية لمساحات يصل عرضها إلى 50 متر وخاصة في المناطق المرتفعة التي تنحدر صوب المناطق السهلية وهى عبارة عن حصى ورمال وطفال رملي، أما الرواسب المائية الرياحية فهي تتألف من كثبان وغطاءات رملية جيرية تتوزع في الجهة الشمالية من الحوض على طول خط الساحل.

أمّا عصر البلايوستوسين فيتمثّل في تكويني قرقارش وقصر الحاج، والتي يدخل في تركيباتها حبيبات الحجر الجيري وفئات القواقع وحبيبات الكوارتز وخليط من الرواسب الحصوية غير المتجانسة وكثيرة الغرين في مكوناتها وتتوزع في الجزء الغربي والشمالي من الحوض (مركز البحوث الصناعية، 1975، ص8- 9).

ثانيًا: الخصائص الطبوغرافية (Topographic characteristics)

يُعدّ حوض وادي اعمارة من المناطق ذات التضرس الشديد؛ وذلك لأنّه يمثّل جزءًا من نهاية سلسلة جبال نفوسة، وتتنوع التضاريس في الحوض بين المناطق السهلية في الشمال والقبب الرملية والجبلية في الجنوب والتي ترتفع تدريجيًا من الشمال إلى الجنوب، حيث تقف المظاهر الطوبوغرافية في مقدمة عناصر المكان التي تؤثر بشكل مباشر في العمليات الجيومورفولوجية وخاصة في نشوء الشبكة المائية وتطورها، إذ تؤدي الارتفاعات والانحدارات الدور الرئيس بين مظاهر السطح وخاصة إذا كانت تلك المنحدرات مواجهة لاتجاه الأمطار والتي تعمل على ازدياد سرعة المياه الجارية مما ينعكس على طبيعة العمليات الجيومورفولوجية من نحت ونقل وترسيب سواء كان النحت الرأسي أو الجانبي الذي يعمل على إزالة ارتفاعاته وردم منخفضاته، وبالتالي فإنّ مناسيب التضرس لحوض وادي اعمارة تتباين من منطقة إلى أخرى ويتضح من الشكل رقم (2) وجود تدرج واضح في الارتفاعات والانخفاضات، حيث ينخفض سطح الأرض في الجزء الشمالي من الحوض بنحو (2 إلى 44متر) وذلك بسبب

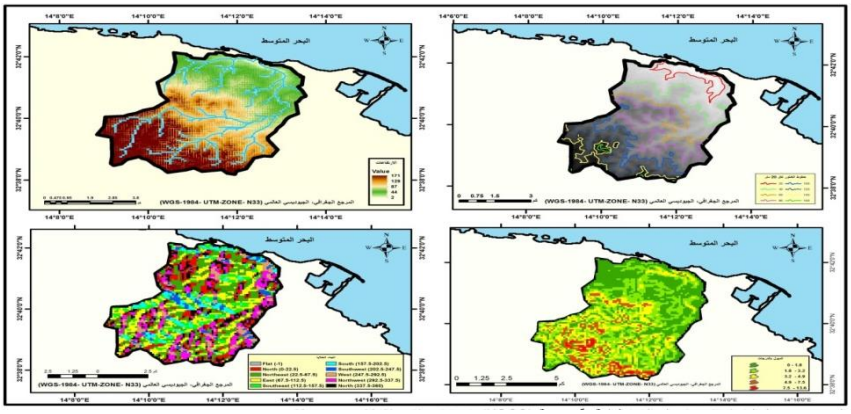
العمليات الجيومورفولوجية كالنحت المائي والريحي وعمليات الانجراف بواسطة قوة الجريان السطحي في تلك المنطقة، في حين يتدرج الارتفاع نحو جنوب المنطقة الأولى بارتفاع يصل ما بين (44 إلى 87متر)، ثم يواصل الارتفاع سيره كلّما اتجهنا جنوبًا حيث ترتفع المنطقة الثالثة ما بين (87 إلى 129 متر)، ويلاحظ أنّ الارتفاع يتدرج من المناطق السفلى إلى المناطق العليا حتى يصل إلى ارتفاع (171متر) فوق مستوى سطح البحر في الجزء الجنوبي وخاصة الجنوبي الغربي من الحوض والتي تتميز بكثرة الروافد والرتب المائية وخاصة الرتب الأولى؛ وذلك بسبب اتساع منطقة الحوض وعاملي الارتفاع والانحدار، بينما تقل الروافد والرتب المائية نحو منطقة المصب وتبدأ المنطقة السهلية بالظهور نحو البحر.

كما أنّ عامل الانحدار (Slope) في الحوض المائي يتميز بالتدرج من الجنوب إلى الشمال أي من مناطق تجمع المياه إلى مناطق الجريان ومن ثَمّ المصب بحيث يتراوح ميولها بالدرجات ما بين (0- 13.6 درجة) بمتوسط عام بلغ (2.7 درجة)، ويُعدّ حوض وادي اعمارة حسب تصنيف (Young) بأنّه معتدل الانحدار ويزداد الميول في جنوبه وخاصة في المجاري الرئيسية التي يتراوح ميولها ما بين (7.5- 13.6 درجة) وهي من أكثر المناطق شدة في الانحدار داخل الحوض المائي وتسمى بالجروف أو التلال المرتفعة، أمّا المناطق متوسطة الانحدار فتتوزع في منتصف الحوض وخاصة في الجزء الغربي ويتراوح ميولها ما بين (3.2- 7.5 درجة)، في حين تتميز منطقة المصب بالانبساط والانتظام حيث تبلغ درجة ميولها بين (0 -3.2 درجة) وتسمى مناطق خفيفة الانحدار أو مستوية السطح (سهلية)؛ وذلك بسبب الإرسابات الناتجة عن الجريان المائي والريحي.

أمّا عن درجة اتجاه السطح (Aspect) والتي توضح اتجاهات الانحدار في حوض وادي اعمارة والمصممة من نماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) والتي تُظهر أنّ هناك عشرة اتجاهات للانحدار حيث تركزت الاتجاهات الشمالية والشمالية الشرقية في الجزء الغربي للحوض المائي، بينما الاتجاهات الشرقية والجنوبية الشرقية فقد تركزت في شمال ووسط وجنوب الحوض على هيئة خط متواصل، أمّا اتجاهات الجنوب والجنوب الغربي والغربي فقد انتشرت في الجزء الشمالي والأوسط من الحوض، أمّا اتجاهات الشمال فانتشرت في أرجاء الحوض، أمّا الشمال الغربي فتركّز في جنوب وشرق كل خلية في الحوض المائي، ويستخلص من هذه الاتجاهات أنّ معظم الانحدارات في منطقة الدراسة تتجه نحو مناطق أقدام المرتفعات

والسهول التجمعية ومع اتجاه مجرى الماء الرئيسس في الحوض مما يؤدي إلى زيادة سرعة فاعلية عمليات التعرية المائية والذي بدوره يعمل على زيادة حركة المواد المفتتة عبر جريان تلك المياه أثناء سقوط الأمطار وما بعدها مكونة أشكالًا جيومورفولوجية متباينة من حيث المظهر الطوبوغرافي.

خريطة (2) المظهر الطبوغرافي لحوض وادي اعمارة.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الخريطة الرقمية من موقع (USGS) باستخدام برنامج Arc map 10.8 .

ثالثًا: الخصائص المناخية (Climatic characteristics)

يُعدّ المناخ أحد عوامل البيئة الطبيعية الفاعلة والمؤثرة في سير العمليات الجيومورفولوجية وتحويرها من حيث معدلات التجوية والتعرية والحث وتراجع المنحدرات وتغير المراتب المائية وتطورها.

كما يساهم المناخ بشكل كبير في تشكيل المظاهر الطبيعية وتطورها عبر الزمن سواء على المستوى الزماني أو المكاني، وتمّ التركيز في هذه الدراسة على درجات الحرارة والأمطار بمنظورهما العام وذلك باعتبارهما العناصر الأساسية للمناخ، وتمّ دراسة البيانات المناخية لمنطقة الدراسة للفترة الزمنية (1980- 2024)؛ وذلك لبيان ووصف التغيرات المناخية لدرجات الحرارة وكميات الأمطار خلال هذه المدة الزمنية، وهي كالآتي:

أ. **درجة الحرارة (Temperature)**

من دراسة درجات الحرارة الشهرية يُلاحظ أنّها تأخذ شكل المنحنى في شهري يوليو وأغسطس بمتوسط شهري (30.8°م- 31.9°م) بينما يبدأ الانخفاض التدريجي لدرجات الحرارة الشهرية من شهر سبتمبر حتى شهر يونيو حيث سُجِلت في شهري يناير وفبراير أقل

قيمة للمعدل الشهري (17.0°م- 18.0°م)، أي أنّ درجات الحرارة تتسم بارتفاع عام في فصل الصيف الذي بلغ المتوسط الفصلي(30.6°م) وخاصة في شهر أغسطس والسبب في ارتفاعها هو طول النهار وصفاء الجو وارتفاع زاوية سقوط الإشعاع الشمسي، بينما تقل المعدلات الحرارية الفصلية في باقي الفصول وخاصة في فصل الشتاء الذي سجل أقل المعدلات الحرارية بمتوسط فصلي (17.8°م) وخاصة في شهر يناير الذي سجلت فيه أقل درجات الحرارة والسبب في ذلك هو انخفاض زاوية سقوط الإشعاع الشمسي وقصر النهار وازدياد نسبة الغيوم، ويساهم ارتفاع وانخفاض درجات الحرارة في تكوين مظاهر طبيعية خلال عمليتي التفكك والانكماش وخاصة مع بداية سقوط الأمطار وارتفاع سرعة الرياح.

ب. الأمطار (The Rain)

يُعدّ التذبذب في كميات الأمطار بالزيادة حينًا والنقصان حينًا آخر من أهم السمات المناخية للأقاليم الجافة وشبه الجافة، حيث تتميز الأمطار في منطقة الدراسة بأنّها غير منتظمة السقوط، فهي تتساقط على شكل رخّات عشوائية وعلى فترات زمنية متباينة تبعًا لمرور الأعاصير الجوية والرياح الغربية العكسية ومدى قوتها أو ضعفها، حيث تبدأ في شهر أكتوبر وتستمر حتى شهر مارس ويمتد الفصل الجاف من أبريل إلى سبتمبر وبالتالي يصعب تحديد قمة شهرية لسقوط الأمطار، أمّا على صعيد سقوط الأمطار الفصلية نجد أنّ فصل الشتاء سجل أعلى المعدلات المطرية الفصلية بمجموع فصلي بلغ (157.0ملم) وخاصة في شهري ديسمبر ويناير اللذان سجلا أعلى كمية للتساقط في السلسلة الزمنية المدروسة والتي بلغ معدلها (61.7ملم- 56.4ملم) على التوالي، بينما يأتي فصل الخريف في المرتبة الثانية من حيث المجموع الفصلي إذ بلغت حوالي (92.0ملم) والتي سجل فيها شهر نوفمبر أعلى معدلاته بواقع (46.4ملم) والسبب يعود إلى بداية تكون المنخفضات الجوية القادمة من جنوب أوروبا في هذا الشهر، وبعد ذلك يبدأ الانخفاض التدريجي للأمطار في فصل الربيع والدليل على ذلك الفروقات بين كميات الأمطار في أشهر هذا الفصل (مارس– أبريل– مايو) حيث سجل شهر مارس أعلى قيمة بنحو(21.7ملم) من كميات الأمطار الشهرية في هذا الفصل والتي بلغ مجموعها (32.2ملم) والسبب في ذلك ظهور الانخفاضات الجوية الربيعية في هذا الشهر، أمّا فصل الصيف فيقل سقوط الأمطار ويتسم بالجفاف ويكاد ينعدم في معظم شهور الفصل حيث سجل المجموع الفصلي (1.1ملم) ويتميز المناخ خلال هذا

الفصل بارتفاع درجات الحرارة.

ومن ذلك نجد أنّ طبيعة الأمطار السنوية في منطقة الدراسة متذبذبة السقوط بين الارتفاع والانخفاض حيث نجد ارتفاعها في بعض السنوات كسنة 1991 التي وصل مجموعها (485.0ملم) وانخفاضها في سنوات أخرى كسنة 1989 بمجموع سنوي (140.2ملم) والسبب يرجع إلى تغير ميكانزمات التغذية الإرجاعية أثناء الفترة المدروسة (مقيلي، 1995، ص177)، كما أنّ التذبذب حاصل في الشهر الواحد من سنة إلى أخرى، فإذا نظرنا مثلًا إلى شهر ديسمبر يلاحظ التذبذب الكبير الحاصل في هذا الشهر واختلافه من سنة لأخرى فنجد كمية سقوط الأمطار سنة 1991 بنحو (186.1ملم) بينما نجده في سنة 1988 لا تتجاوز (4.0ملم)، كما يلاحظ هذا الاضطراب الشديد في نظام سقوط الأمطار حاصل في أشهر السنة كلها بحيث سجلت أعلى كمية مطر أثناء المعدل الشهري فكانت لشهر فبراير لسنة 2011 حيث بلغت القيمة (228.7ملم)، وعليه فقد بلغ المتوسط العام لكميات الأمطار في الفترة المدروسة بنحو (282.3ملم).

رابعًا: الخصائص المساحية (Area Characteristics)

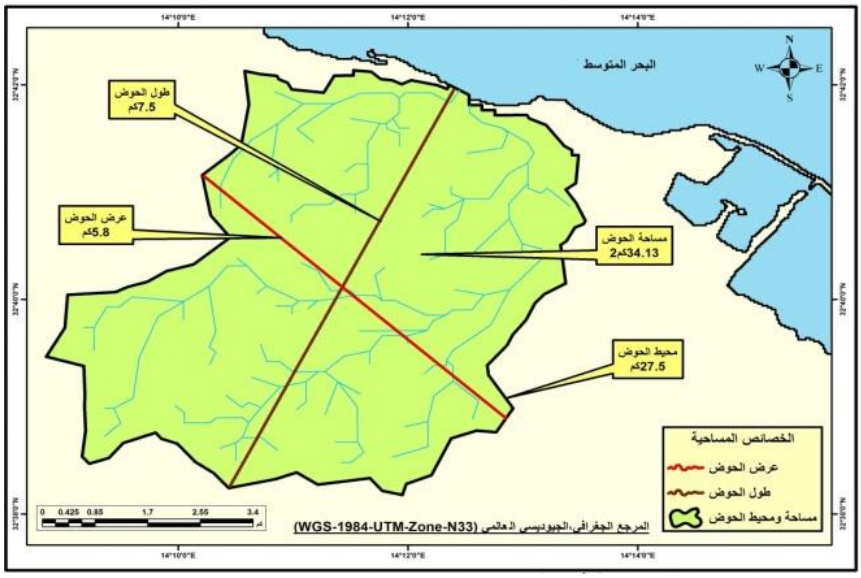
تُعدّ الخصائص المساحية ذات تأثير مباشر في خصائص الجريان المائي ومقدار التعرية والنقل والترسيب، فكلما كبرت مساحة الحوض ازدادت أعداد وأطوال الشبكة المائية وأثر ذلك على حجم وكمية التصريف المائي، كما ترجع أهميتها في أنّها تعطي انعكاسًا واضحًا للخصائص الطبيعية خاصة الفترات الزمنية المتعاقبة التي مرت على الحوض المائي (قناو، 2022، ص11). وتُعدّ مساحة الحوض (Areas Basin) مؤشرًا على مسارات الأودية فمن الطبيعي أنّه كلّما كبرت مساحة الحوض ازداد حجم كميات الأمطار المتجمع داخل مساحة التصريف ويزداد الجريان المائي، وبلغت مساحة حوض وادي اعمارة بنحو (34.13 كم^2). كما يعبّر محيط الحوض (خط تقسيم المياه) (Basin perimeter) على الخط الفاصل بين كل حوض مائي والأحواض المائية المجاورة حيث بلغ طوله في حوض وادي اعمارة بنحو (27.5كم)، في حين نجد أنّ طول الحوض (Basin Length) يعبر عن المسافة التي تقطعها المياه من منطقة المنبع إلى منطقة المصب ووصل طوله بنحو (7.5كم)، بينما بلغ عرضه (Basin Width) بنحو (5.8كم) وهي المسافة التي تمثلها أقصى بعد بين نقطتين متقابلتين كما هو موضّح في الخريطة رقم (3).

الجدول (1) الخصائص المساحية لحوض وادي اعمارة.

المعطيات المساحية	قيمتها
مساحة الحوض	34.13كم^2
محيط الحوض	27.5كم
طول الحوض	7.5كم
أقصى مسافة عرض	5.8كم

المصدر: من حسابات الباحث بالاعتماد على برنامج (Arc map 10.8).

خريطة (3) الخصائص المساحية لحوض وادي اعمارة.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الخريطة الرقمية من موقع (USGS) باستخدام برنامجArc map 10.8 .

خامسًا: الخصائص الشكلية (Formal Characteristics)

تعبّر الخصائص الشكلية للحوض عن التطور الجيومورفولوجي التي وصلت إليه تلك الخصائص بالعمليات الطبيعية التي عملت على تشكيله والتي تؤثر على مقدار حجم التصريف المائي وتكرارية المجاري المائية، كما تهدف دراستها إلى مقارنة شكل الحوض ببعض الأشكال الهندسية كالدائرة والمستطيل، وتمّ تحديد شكل الحوض بناءً على خصائصه الآتية:

1. نسبة الاستطالة (Elongation Ratio)

بلغت نسبة الاستطالة لحوض وادي اعمارة (0.87) وهي قيمة قريبة من الواحد الصحيح مما يدل على أنّ شكل الحوض أقرب من الشكل المستدير، وهذا الشكل لا يؤثر

على طول المجاري المائية وعددها خاصة التي تنتمي إلى الرتب الدنيا التي تميل إلى زيادة أطوالها وأعدادها مما يعمل على ارتفاع نسبة تصريفه المائي بسبب قصر المسافة التي يقطعها داخل المجرى فيزداد خطر الفيضان مما يؤثر على البيئة المحيطة وخاصة إذا كانت مأهولة بالسكان، وتمّ تحديد نسبة الاستطالة عن طريق المعادلة الآتية (Schumm 1956):

$$R = 1.128 \times \sqrt{\frac{A}{L}} = 1.128 \times \sqrt{\frac{34.13}{7.5}} = 0.87$$

حيث إنّ: R نسبة الاستطالة، A مساحة الحوض L طول الحوض.

2. نسبة الاستدارة (Rotation Ratio)

تمّ حسابها بعد استخراج مساحة الحوض ومحيطه وفق المعادلة الآتية (الدراجي، 2019، ص99):

$$Rc = \frac{4\pi A}{p^2} = \frac{4 \times 3.1416 \times 34.13}{(27.5)^2} = \frac{429}{756} = 0.56$$

حيث إنّ: Rc معامل الاستدارة، A مساحة الحوض المائي كم^2، p^2 محيط الحوض المائي، π النسبة التقريبية= 3.1416.

وبلغت نسبة الاستدارة للحوض المائي لوادي اعمارة (0.56) مما يدل على اقتراب شكله من الدائري المنتظم وبعيد عن الشكل المستطيل وتعرض الحوض لفترة طويلة من الحث المائي مما يعمل على تشكيل مرحلة جيومورفولوجية متقدمة من الناحية العمرية ومن ناحية التعرج الكبير الذي يشهده محيطه.

3. معامل الاندماج (Compactness factor)

وهو مؤشر لمدى استطالة أو استدارة الحوض المائي بكل تعرجاته مع مساحته، ودرجة انتظام وتعرج خطوط تقسيم المياه ومدى تباعدها (الدليمي، الجابري، 2018، ص109)، وبلغت قيم معامل الاندماج لحوض وادي اعمارة (2.6) مما يدل على تعرج الحوض المائي وقلة انتظامه وعدم تناسقه وأنّه يتميز بمحيط حوضي كبير وصل إلى (27.5كم)، كما أنّ كميات التصريف المائي تسير بشكل سريع؛ وذلك لأنّ المياه تصل للمجرى الرئيسي عبر مدة زمنية قصيرة نتيجة للشكل الدائري، ويستخرج وفق العلاقة الرياضية الآتية:

$$C = \frac{p}{2\sqrt{M\pi}} = \frac{27.5}{2\sqrt{10.86} \times 3.1416} = 2.6$$

حيث إنّ: C معامل الاندماج، P محيط الحوض المائي كم، $2\sqrt{M\pi}$ محيط دائرة لها نفس مساحة الحوض المائي كم^2، π النسبة الثابتة 3.1416، M هي مربع نصف قطر الدائرة الممثّلة لمساحة الحوض، وتمّ حسابها عن طريق قسمة مساحة الحوض على π (محسوب، 2001، ص212).

4. معامل شكل الحوض (Basin shape Factor)

يعبّر شكل الحوض على فهم طبيعة العمليات الفيضية التي تتم عند منطقة المنابع وخاصة الأسر النهري، وبلغت قيمة معامل الشكل لحوض وادي اعمارة نحو(0.60) وهي قيمة متوسطة والتي تشير بانتظام الحوض واقتراب شكله من البيضاوي أو الدائري حيث يعطي مؤشر الشكل مدى تناسق عرض الحوض المائي على امتداد طوله من منطقة المنبع وحتى بيئة المصب، وتوصّل (هورتون) سنة 1932 إلى أنّ أفضل نتيجة هي التي تكون فيها قيمة معامل الشكل تساوي (0.5) بحيث يكون شكله بيضاويًا، ويستخرج وفق المعادلة الرياضية الآتية (محسوب، 2001، ص212):

$$F = \frac{A}{L^2} = \frac{34.13}{56.25} = 0.60$$

حيث إنّ: F معامل شكل الحوض، A مساحة الحوض/كم^2، L^2 مربع طول الحوض/كم.

5. معامل التفلطح (Lemniscate Factor)

يعمل هذا المعامل على مقارنة شكل الحوض المائي بالشكل الكمثري (Pear-shaped) وبلغت قيمة معامل التفلطح في حوض وادي اعمارة (0.41) حيث تشير القيم المنخفضة التي تقل عن الواحد الصحيح إلى ازدياد انبعاج الحوض واتخاذ شكل الدائري وازدياد أعداد مجاري الرتب المائية وأطوالها، وقطع شوطًا كبيرًا في مرحلته التعروية، ويستخرج وفق المعادلة الآتية (سلوم، 2012، ص551):

$$K = \frac{L^2}{4A} = \frac{(7.5)2}{4 \times 34.13} = \frac{56.25}{136.56} = 0.41$$

حيث إنّ: K معامل التفلطح، A مساحة الحوض المائي، L^2 قيمة أقصى طول للحوض المائي مربعة.

الجدول (2) الخصائص الشكلية لحوض وادي اعمارة.

المعطيات الشكلية	قيمتها
نسبة الاستطالة	0.87
نسبة الاستدارة	0.56
معامل الاندماج	2.6
معامل شكل الحوض	0.60
معامل التفلطح	0.41

المصدر: من حسابات الباحث بالاعتماد على برنامج (Arc map 10.8).

سادسًا: الخصائص التضاريسية (Topological Characteristics)

1. التضرس الكلي للحوض (Total Relief)

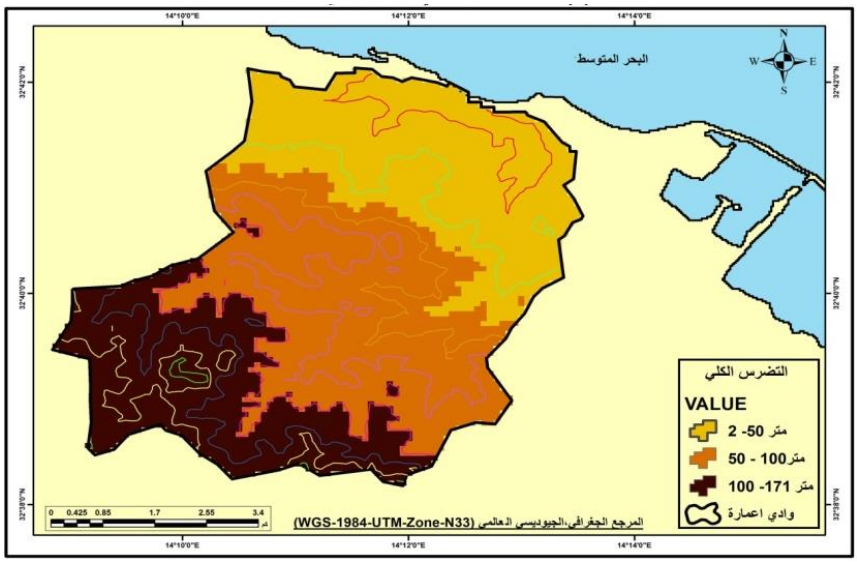
تمثّل تضاريس الأرض المحصلة النهائية لنشاط عوامل التعرية والنشاط الباطني التي مرت به في الفترة الماضية مما يوحي بخصائص المرحلة الجيومورفولوجية التي يمر بها الحوض المائي (مصطفى، 1998، ص192)، فالتضرس الكلي للحوض هو الفارق الرأسي بين أعلى وأدنى نقطة بالحوض، فكلّما زاد الانحدار بين مناطق تقسيم المياه ومناطق ترسيبها ازدادت المياه قوة في الجريان مما ينعكس على عمليات النحت فتؤدي إلى تباين كبير بين أجزاء الحوض من حيث الارتفاع والانخفاض، وبالتالي فإنّ مناسيب الارتفاعات في حوض وادي اعمارة تتباين من منطقة إلى أخرى ويتضح من الخريطة (4) وجود تدرجًا واضحًا في الانحدار من الجنوب إلى الشمال حيث ينخفض سطح الأرض في المنطقة السهلية بنحو (2 متر) وذلك بسبب العمليات الجيومورفولوجية كالنحت المائي والريحي وعمليات الانجراف بواسطة قوة الجريان السطحي لمياه الأمطار في تلك المنطقة، في حين يتدرج الارتفاع نحو الجنوب بارتفاع يصل (171متر) فوق مستوى سطح البحر، وبذلك بلغت قيمة التضرس الكلي في الحوض (169متر)، أمّا عن مساحة كل فئة من فئات الارتفاع فلغت أعلى قيمة للمنطقة الوسطى من الحوض بمساحة (13.89كم^2) أي بنسبة (40.7%) من المساحة الكلية للحوض، والسبب يرجع إلى كمية المياه والرواسب التي تغطي هذه المنطقة عند تساقط الأمطار مما جعلتها منطقة سهلية مقارنة بالمنطقة الدنيا (منطقة الترسيب) والمنطقة العليا (منطقة المنبع).

الجدول (3) مساحة فئات الارتفاع لحوض وادي اعمارة.

مناطق الحوض	الارتفاع/متر	المساحة/كم^2	النسبة المئوية %
المنطقة الدنيا	2-50م	11.04	%32.34
المنطقة الوسطى	50-100م	13.89	%40.7
المنطقة العليا	100-171م	9.2	%26.96
الإجمالي	---	34.13كم^2	%100

المصدر: من حسابات الباحث بالاعتماد على برنامج (Arc map 10.8).

خريطة (4) فئات التضرس الكلي لحوض وادي اعمارة.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الخريطة الرقمية من موقع (USGS) باستخدام برنامجArc map 10.8 .

2. نسبة التضرس: (Relief Ratio)

تُعدّ دراسة نسبة التضرس ذات أهمية في معرفة العلاقة المباشرة بين التضاريس والمتغيرات المتمثّلة بعمليات الحث المائي والدورة الحتية، ويعبّر عنه رياضيا بالآتي (الدراجي، 2019، ص109):

$$\text{نسبة التضرس} = \frac{\text{الفرق بين أعلى وأخفض نقطة في الحوض/ م}}{\text{الطول الحقيقي للحوض/ كم}} = \frac{169}{7.5} = 22.5\text{م/كم}.$$

وبتطبيق معادلة نسبة التضرس بلغت نسبتها (22.5م/كم) وهي نسبة مرتفعة مما تدل على أنّ الحوض ما زال في بداية دورته التحاتية وصغر مساحته وكثافة التعرية المائية.

3. التضاريس النسبية: (Relative Relief)

تمثّل التضاريس النسبية العلاقة بين قيمة التضرس النسبي ومقدار محيط الحوض، وبلغت قيمة التضرس النسبي (614.5%) وهي قيمة مرتفعة جدا وذات تضرس شديد والتي تفسر بأنّ عمليات النحت نشطة وفي بداية دورتها التعروية، كما تعطي صورة عن مساحة الحوض الصغيرة وعن طبيعة التضاريس، وتقاس وفق المعادلة الآتية (تراب، 1997، ص212):

$$\text{التضاريس النسبية} = \frac{\text{الفرق بين أعلى وأخفض نقطة في الحوض/ م}}{\text{محيط الحوض/كم}} \times 100 = \frac{169}{27.5} \times 100 = 614.5\%.$$

4. نسبة النسيج الطبوغرافي: (Topography Texture Ratio)

يعبر عنه عن مدى اقتراب أو تباعد المجاري المائية عن بعضها البعض دون وضع أطوالها بالاعتبار، وذكر(Howard ,1967) أنّ هناك عوامل طبيعية تأثر بنسيج الصرف وهي: طبيعة المناخ وشدة هطول الأمطار وتضاريس السطح والصخر ونوع التربة ومدى قدرتها على تسريب المياه والغطاء النباتي (Howard ,1967, p225)، ويعبر عنه رياضيًا بالمعادلة الآتية (الدراجي، 2019، ص110):

$$\text{نسبة التقطع} = \frac{\text{مجموع أعداد المجاري المائية}}{\text{محيط الحوض/كم}} = \frac{99}{27.5} = 3.6 \text{ مجرى/كم}.$$

وصنّف العالم (Smith,1950) النسيج الطبوغرافي للأحواض المائية إلى أربع فئات حسب درجة نعومتها، وبتطبيقها على حوض وادي اعمارة فبلغت نسبة النسيج الطبوغرافي نحو (3.6مجرى/كم)، وتُعدّ هذه القيمة مرتفعة مقارنة بالتصنيف الذي صنّفه العالم (Smith) والتي تدل على أنّ الحوض ذو نسيج طبوغرافي خشن، والسبب في ارتفاعها يرجع إلى كثرة الشقوق والفواصل والصخور المنفذة للمياه نتيجة للجفاف الذي يسود المنطقة في معظم أشهر السنة والتي ساهمت في زيادة الترشح والتسرب وتقليل الجريان المائي السطحي

ونفاذ نسبة كبيرة من المياه الجارية.

5. قيمة الوعورة (Ruggedness Value)

تشير هذه القيمة إلى مرحلة التطور الجيومورفولوجي التي وصل إليها حوض التصريف ومدى انحدار المجرى المائي فيه، حيث تنخفض قيمتها في بداية الدورة التحاتية للحوض بينما تزداد إلى حدها الأقصى عند بداية مرحلة النضج ثم تبدأ قيمتها بالانخفاض مرة أخرى عند نهاية الدورة التحاتية، وبلغت قيمة الوعورة في حوض وادي اعمارة (9.8كم) وهي قيمة مرتفعة التضرس مقارنة بمساحته وطوله والسبب في ذلك يعود إلى الانحدار الشديد من الجنوب إلى الشمال وسيادة التعرية المائية التي تعمل على عمليات الحث والنقل والترسيب للتربة والمفتتات الصخرية من الأجزاء العليا للحوض إلى الأجزاء الدنيا وهذا ما يؤكده المدى التضاريسي للحوض والذي يبلغ بنحو(169متر) بين أجزائه العليا والدنيا. وتستخرج وفق المعادلة الآتية (تراب، 1997، ص272):

$$\text{قيمة الوعورة} = \frac{\text{تضاريس الحوض/م} \times \text{كثافة التصريف كم/كم}^2}{\text{محيط الحوض/كم}} = \frac{1.6 \times 169}{27.5} = 9.8 \text{ كم}$$

6. التكامل الهبسومتري: (Hypsometric Integration)

وهو أسلوب كمي يتم عن طريقه معرفة عمر الأحواض المائية وتحديد طول الدورة الحتية وذلك بالاعتماد على مساحة الحوض وتضاريسه (تراب، 1997، ص272)، وتتكامل الأحواض هبسومتريًّا من (صفر إلى1) وبلغت قيمة التكامل للحوض(0.05 كم^2/م) وهي قيمة منخفضة جدًا مما يعطي تصورًا طبيعيًا واضحًا على حداثة عمر الحوض وصغر مساحته وقلة أطوال روافده وأعداد مجاري الشبكة المائية وانخفاض عمليات الحث المائي وأنّه مازال في بداية مراحل الدورة التحاتية، ويتم حسابه عن طريق المعادلة الآتية (العبدان، 2008، ص7):

$$\text{التكامل الهبسومتري} = \frac{\text{مساحة الحوض}}{\text{التضاريس النسبية}} = \frac{34.13}{614.5} = 0.05 \text{ كم}^2/\text{م}.$$

الجدول (4) الخصائص التضاريسية لحوض وادي اعمارة.

المعطيات الشكلية	قيمتها
التضرس الكلي/م	169
نسبة التضرس/كم	22.5
التضاريس النسبية%	614.5
النسيج الطبوغرافي/كم	3.6
قيمة الوعورة/كم	9.8
التكامل الهبسومتري كم^2/م	0.05
أعلى نقطة/م	171
أدنى نقطة/م	2

المصدر: من حسابات الباحث بالاعتماد على برنامج (Arc map 10.8).

سابعًا: خصائص الشبكة المائية: (Characteristics of the water network)

للإحاطة بدراسة خصائص الشبكة المائية لحوض وادي اعمارة لا بد من الوقوف عند أهمية تلك الخصائص ودراستها دراسة شاملة ومتكاملة قياسًا وتحليلًا، وذلك لبيان الخصائص الطبيعية والهيدرولوجية التي تميز هذا الحوض عن باقي الأحواض المائية الأخرى في المنطقة، وأهم تلك الخصائص هي:

1. الرتب المائية ومجاريها: (Stream Order of Streams)

هي التدرّج الرقمي لمجموع الروافد المائية التي تتكون منها الأودية، بحيث تتباين هذه المجاري من حيث الشكل والحجم والمرتبة تبعًا لمرحلة النشوء والعوامل والعمليات الجيومورفولوجية (سلوم، 2012، ص425)، ولدراسة هذه الرتب هناك العديد من الطرق المستعملة لذلك منها طريقة (Horton) و(Strahler) و(Shreve) مع اعتبار طريقة (Strahler, 1957) في قياس الرتب المائية من أكثر الطرق شيوعًا واستعمالًا، لبساطة تطبيقها وسهولة إجراء مقارنات بواسطتها للأحواض المائية (مصطفى، 1986، ص180)، ويتخذ الحوض المائي لوادي اعمارة في مجراه الرئيسي شكل المرتبة الرابعة، وبلغ مجموع الرتب المائية بنحو أربع رتب مائية في حين بلغ مجموع المجاري المائية (99) مجرى مائي بمجموع طول قدره (56.22كم)، وتقع معظمها ضمن الرتبة الأولى بعدد (52) مجرى مائي وبطول (28.02كم) وبنسبة (49.8%) من إجمالي عدد المجاري المائية بالحوض، مما ينتج عنه نشاط في عملية التجوية والنحت وتكوين مجاري مائية عديدة عند تساقط الأمطار في فصل

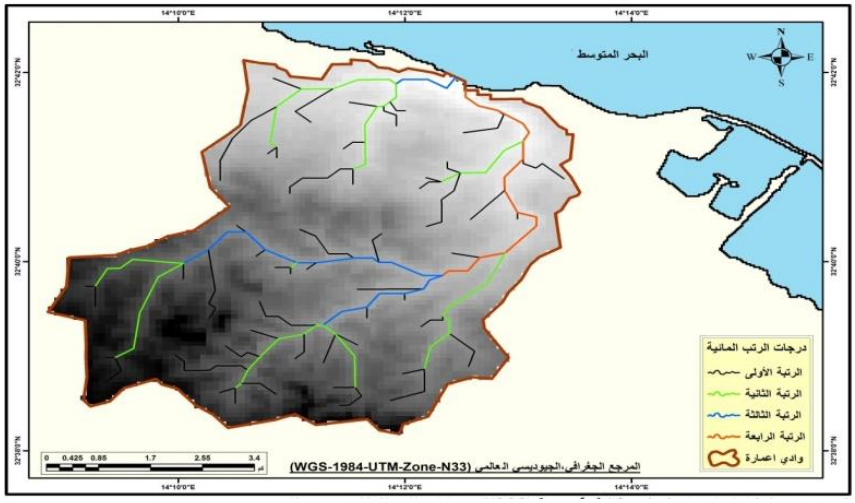
الشتاء وخاصة على مناطق الصراع الجيومورفولوجي الحدودية التي تفصل بين خط تقسيم المياه وبداية المجاري المائية من الرتبة الأولى في الحوض، بينما حظيت الرتبة الثانية على (26) مجرى مائي بطول(15.9كم) وبنسبة (28.3%) كما تحتوي على أصغر رتبة مائية في الحوض بطول (0.08متر)، في حين مثلت الرتبة الثالثة بعدد(13) مجرى مائي بطول(7.2كم) وبنسبة(12.8%)، أمّا الرتبة الرابعة فبلغ عدد مجاريها المائية (8) مجارى مائية وبطول (5.1كم) وبنسبة (9.1%) فهي أصغر طولًا وأقل عددًا في المجاري المائية للحوض فهي تسير في مناطق سهلية وقليلة الانحدار وذات نفاذية عالية للمياه.

الجدول (5) عدد وأطوال المجاري المائية للرتب المختلفة في حوض وادي اعمارة.

الرتب المائية	عدد المجاري	مجموع أطوال المجاري المائية/كم	النسبة المئوية %	أصغر طول رتبة/كم	أكبر طول رتبة/كم
الأولى	52	28.02	%49.8	0.13	1.73
الثانية	26	15.9	%28.3	0.08	2.19
الثالثة	13	7.2	%12.8	0.26	1.03
الرابعة	8	5.1	%9.1	0.34	1.12
المجموع	**99**	**56.22كم**	**%100**	**0.81**	**6.07**

المصدر: من حسابات الباحث بالاعتماد على برنامج (Arc map 10.8).

خريطة (5) التوزيع الجغرافي للرتب المائية لحوض وادي اعمارة.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الخريطة الرقمية من موقع (USGS) باستخدام برنامج Arc map 10.8 .

2. نسبة التشعب: (Bifurcation Ratio)

تأتي أهمية دراسة نسبة التشعب باعتبارها إحدى أهم العوامل التي تتحكم في معدل التصريف، فكلّما قلت نسبة التشعب في الأحواض قلت كثافة التصريف وازدادت تجمع كميات الأمطار وازداد خطر الفيضان، والعكس إذا ازدادت نسبة التشعب فإنّ كثافة التصريف تزداد وتتوزع المياه على عدد أكبر من المجاري المائية فتصل للمجرى الرئيسي وهي مشتتة فيقل خطر فيضانها، وبلغ متوسط نسبة التشعب في حوض وادي اعمارة (1.87) بينما بلغ معدل التشعب العام (0.51) وهي نسب منخفضة وخرجت عن المعدل الطبيعي للأحواض المائية التي تتراوح نسبتها بين (3-5) وهي النسبة التي حددها العالم (Strahler,1964) مما يدل على قلة تقطع الحوض بفعل مجاريه المائية، بحيث تتناقص نسبة التشعب في الرتب الكبرى وتزداد نسبتها في الرتب الصغرى وذلك لأنّها تتوزع في الأراضي العليا أو خطوط تقسيم المياه، وهذا دليل على عدم تماثل الحوض طوبوغرافيًّا، ويعبر عنها وفق المعادلة الآتية:

نسبة التشعب = عدد المجاري في رتبة ما/ عدد المجاري في الرتبة التي تليها.

الجدول (6) نسبة التشعب للمجاري المائية في حوض وادي اعمارة.

الرتب المائية	عدد المجاري	نسبة التشعب	عدد المجاري في رتبتين متتاليتين	نسبة التشعب × عدد مجاري رتبتين متتاليتين	معدل التشعب العام
الأولى	52	2	78	156	0.51= 267.6 ÷138
الثانية	26	2	39	78	
الثالثة	13	1.6	21	33.6	
الرابعة	8	--	--	--	
المجموع	**99**	**1.87 =3÷5.6**	**138**	**267.6**	

المصدر: من حسابات الباحث بالاعتماد على برنامج (Arc map 10.8).

3. الكثافة التصريفية: (Drainage Density)

يقصد بها كثافة الصرف العددية من مجموع عدد الروافد المائية في وحدة مساحة الحوض، وتُعدّ مقياسًا أساسيًا في الدراسات الجيومورفولوجية؛ وذلك لأنّها تُعدّ مؤشرًا لمدى تعرض سطح الأرض لعمليات التعرية المائية مع بيان نوعية الصخور ومقدار نفاذيتها بواسطة

المجاري المائية (آدم، 2003، ص89) فزيادة الكثافة التصريفية معناها زيادة في كمية المياه التي تجري في حوض التصريف مع الأخذ في الاعتبار العوامل الطبيعية للحوض كانحدار السطح وغزارة الأمطار وتأثير الغطاء النباتي، ويعبر عنها وفق المعادلة الآتية:

$$\text{الكثافة التصريفية} = \frac{\text{الطول الكلي للمجاري المائية (كم)}}{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}} = \frac{56.22}{34.13} = 1.6 \text{ كم/كم}^2.$$

وبعد تطبيق المعادلة السابقة على حوض وادي اعمارة بلغ معدل كثافة التصريف بالحوض (1.6 كم /كم^2) وهي قيمة منخفضة فالحوض لا يتميز بكثافة تصريف عالية وهذا يعني أنّ لكل (1.6كم) من أطوال مجاري شبكة تصريف الحوض تحتل مساحة قدرها (1كم^2)، مما يقلل من قيمة الجريان السطحي وتزداد عملية الترشح والنفاذية في حوض التصريف، وهذا ما تمّ إثباته عند دراسة نسبة النسيج الطوبوغرافي والتي بلغت 3.6 مجرى وهي نسبة مرتفعة وذو نسيج طوبوغرافي خشن.

4. شدة التصريف (Drainage Intensity)

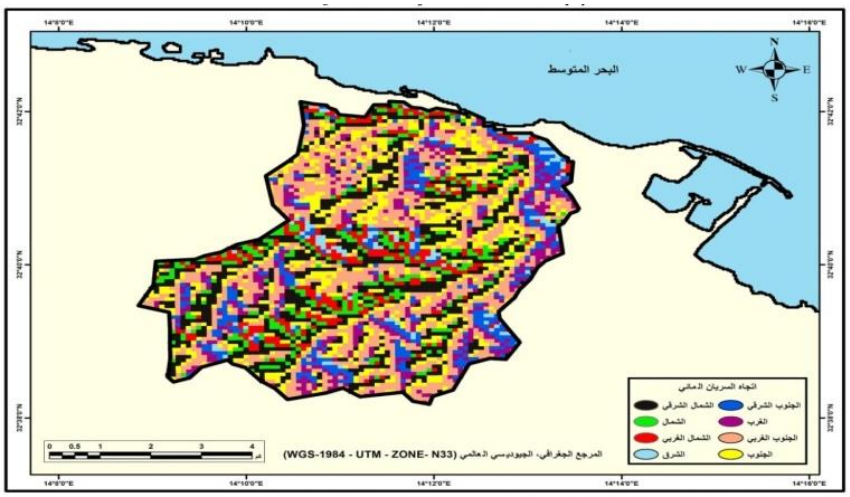
بلغت شدة الصرف لحوض وادي اعمارة (1.8 بوصة لكل كيلومتر) وهي قيمة منخفضة والتي تشير إلى انخفاض الجريان السطحي للمياه فيترتب على ذلك بطء في عملية إزالة أسطح الأحواض مما يجعلها تحتاج إلى مدة زمنية أطول لتسوية تضاريسها وتكوين مجاري مائية جديدة، وتستخرج قيمة شدة التصريف من المعادلة الآتية (Pareta, 2011، p264):

$$\mathbf{Di} = \frac{\boldsymbol{Fs}}{\mathbf{Dd}} = \frac{\mathbf{2.9}}{\mathbf{1.6}} = \mathbf{1.8} \text{ بوصة/كم}$$

حيث إنّ:

Di شدة الصرف، Fs تكرارية المجاري، Dd كثافة التصريف.

خريطة (6) اتجاه السريان المائي لحوض وادي اعمارة.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الخريطة الرقمية من موقع (USGS) باستخدام برنامج Arc map 10.8 .

5. تكرارية المجاري: (Stream Frequency)

يقصد بها عدد الروافد أو المسيلات المائية في الوحدة المساحية للحوض/كم^2 ، وهي صورة من صور قياس كثافة الجريان في الحوض المائي (أبورواية،2007، ص75) حيث أشار (Schumm,1977) إلى أنّ أودية المناطق الجافة تتسم بانخفاض تكرارية روافدها المائية نتيجة سيادة الانحدار البسيط والصخور والتربة ذات النفاذية العالية للمياه، ويمكن الحصول على هذا العامل بالمعادلة الرياضية الآتية (الدراجي، 2019، ص119):

$$Fs = \frac{\sum Nu}{Au} = \frac{99}{34.13} = 2.9/\text{كم}$$

حيث إنّ: Fs= تكرارية المجاري للحوض المائي، $\sum Nu$ = مجموع أعداد المجاري المائية في حوض التصريف، Au = مساحة حوض التصريف.

وبلغت تكرارية المجاري في الحوض بنحو (2.9مجرى مائي/كم^2) وهي قيمة منخفضة وتؤكد النتائج التي توصّلت إليها في قيمة كثافة الجريان، ويرجع سبب انخفاض القيمة إلى قلة الجريان السطحي بسبب انخفاض معدلات التساقط في تلك المنطقة، بالإضافة إلى خشونة التربة ووجود التكوينات الصخرية النافذة التي تسمح بازدياد معدلات الترشح وقلة الجريان المائي.

6. معامل التعرج (الانعطاف): (Sinuosity Factor)

يقصد به النسبة بين طول المجرى المائي وطول الخط المستقيم الواصل بين نقطة المنبع ونقطة المصب، ويجسد هذا العامل مدى انعطاف المجرى المائي وما له من تأثير على كمية المياه فيه، ويحسب معامل التعرج بالصيغة الرياضية الآتية (الدليمي، 2005، ص300):

$$\text{تعرج المجرى} = \frac{\text{الطول الحقيقي للمجرى}}{\text{الطول المثالي للمجرى}} = \frac{9.5}{7.5} = 1.2$$

وصنّف (Schumm,1963) الروافد المائية حسب قيمة التعرج المائي إلى عدة أصناف حسب القيمة التي وصل إليها وهي كالآتي:

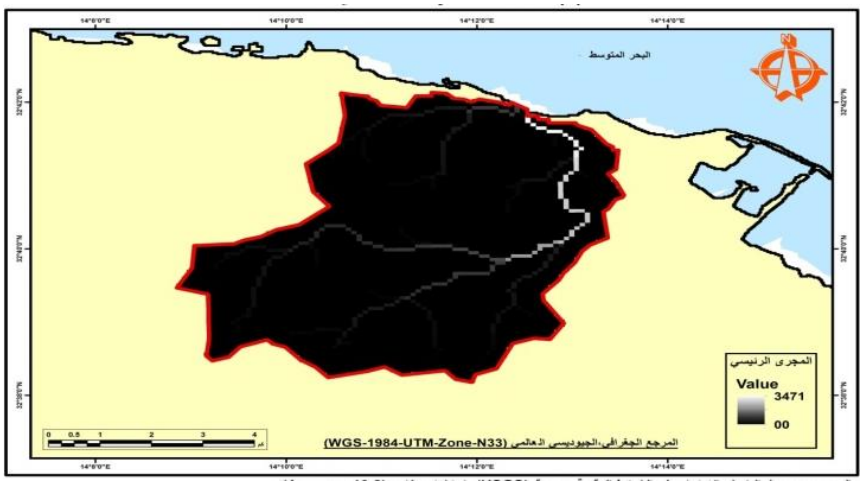
الجدول (7) قيمة التعرج المائي حسب تصنيف (Schumm).

نوع المجرى	مستقيم	انتقالي	منتظم	غير منتظم	متعرج
قيمة التعرج	1	1.2	1.5	1.7	2.5

المصدر: (Schumm, 1977).

وبتطبيق المعادلة على الحوض المائي لوادي اعمارة فإنّ قيمة التعرج المائي بلغت (1.2) حسب تصنيف الذي وضعه (Schumm,1963) وبالتالي فإنّ الحوض المائي روافده انتقالية أي قليل المنعطفات وأقرب إلى الاعتدال ويمر بمرحلة البناء والتوسّع الجانبي مما يزيد من سرعة المياه لتصل إلى المصب في فترة زمنية قصيرة.

خريطة (7) المجرى الرئيسي لحوض وادي اعمارة.

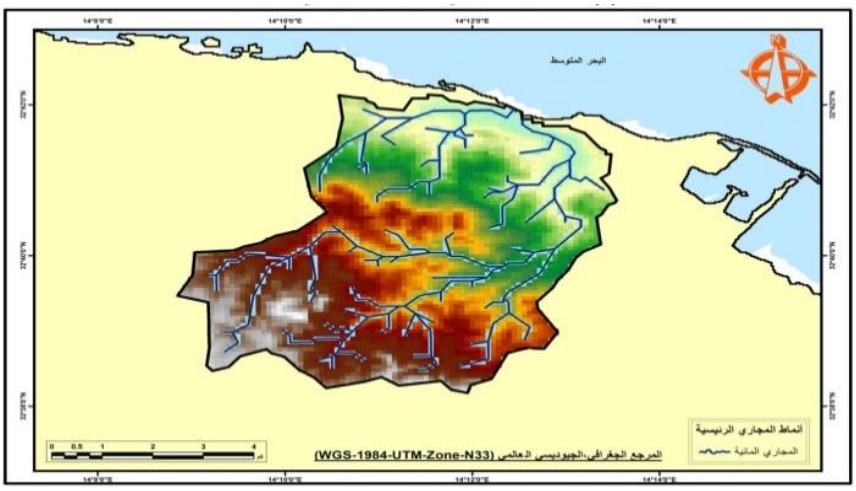


المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الخريطة الرقمية من موقع (USGS) باستخدام برنامج Arc map 10.8 .

7. أنماط شبكة المجاري المائية: (Patterns of the raceways network)

من الملاحظ أنّ لكل حوض مائي شبكة من الروافد والمسيلات والشعاب المائية، كما أنّ لكل شبكة مائية شكل معين كالشكل (الشجري، المتوازي، الإشعاعي، المتشابك...)، مما يعني أنّ لكل مجرى من المجاري المائية نمط خاص يتميز به عن باقي المجاري الأخرى، وهذا يرجع إلى نوعية المناخ وطبيعة التضاريس ونوعية الصخور وبنيتها، ومن التمعن في الخريطة رقم (8) يتبيّن أنّ نمط شبكة المجاري المائية السائدة في الحوض هو من النوع الشجري (Drainage Pattern Dendritic) والتي تلتقي ببعض بزوايا حادة غالبا والتي تعمل على وجود قمم تضاريسية في المناطق الواقعة فيما بينها متخذة أشكالًا جيومورفولوجية متعددة.

خريطة (8) أنماط شبكة المجاري المائية لحوض وادي اعمارة.



المصدر: من عمل الباحث بالاعتماد على الخريطة الرقمية من موقع (USGS) باستخدام برنامج Arc map 10.8 .

النتائج:

1. إنشاء وتصميم العديد من الخرائط الرقمية تبيّن الخصائص الطبيعية للحوض المائي وبناء قاعدة بيانات جغرافية باستخدام برمجيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

2. بلغت مساحة حوض وادي اعمارة (34.13كم^2) بمحيط مائي بلغ (27.5كم) وهو يُعدّ من الأحواض المائية الصغيرة بطول بلغ (7.5كم).

3. بلغ مجموع الرتب المائية لحوض وادي اعمارة أربع رتب طبقًا للنظام الذي وضعه ستراللر (Strahler) وبلغ عدد المجاري المائية إلى (99) مجرى مائيًا تباينت أعدادها من مرتبة مائية لأخرى.

4. وجود تباين واضح في أطوال المجاري المائية حيث بلغ اجمالي أطوالها (56.22كم) حيث حظيت الرتبة الأولى بإجمالي (28.02كم) أي بنسبة (49.8%) من مجموع أطوال المجاري المائية.

5. يصنف الحوض المائي ضمن الفئات التضاريسية الشديدة الوعورة وخاصة سيادة الانحدارات في الجزء الجنوبي منه بمدى تضاريسي بلغ (169متر)، وبنسبة تضرس مرتفعة بلغت (22.5م/كم) مما يؤثر على الشبكة الهيدروغرافية للحوض.

6. بلغت قيم الكثافة التصريفية لحوض وادي اعمارة بنحو (1.6كم/كم^2) وهي قيمة منخفضة؛ وذلك بسبب النفاذية العالية للتراكيب الجيولوجية ونسبة نسيجه الطبوغرافي الخشن بقيمة وعورة بلغت (9.8كم)، وهذا ما أكدته قيمة شدة التصريف المائي المنخفضة والتي بلغت (1.8بوصة/كم).

7. بلغت تكرارية المجاري بحوض التصريف نحو (2.9مجرى مائي/كم^2)، كما يتصف حوض التصريف بسيادة النمط الشجري لشكل المجاري المائية وذلك بسبب الاتجاه العام لطبوغرافية شكل الحوض.

التوصيات:

1. ضرورة التركيز على تحليل الخصائص الطبيعية وخاصة المورفومترية محليًا ودوليًا وذلك لارتباطها بمقومات التنمية وخاصة المتعلقة بالمقومات المائية والزراعية.

2. ضرورة إنشاء محطات ونقاط رصد للجريان المائي السطحي على روافد الحوض وتحديد مواقع إنشاء السدود على المجاري الرئيسية وخاصة السدود التعويقية والاستفادة من المياه المتجمعة في أحواض التجميع.

3. إعادة تقييم السدود المائية القائمة وفقًا للمعايير الهندسية والجغرافية الحديثة والعمل على تطوير اختيار مواقع السدود المستقبلية بما يحقق كفاءة أعلى واستدامة طويلة الأمد.

4. الاعتماد على مصادر البيانات الرقمية ذات الدقة العالية وذلك باستخدام وتوظيف تقنية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد وذلك لما تنتجه من نتائج دقيقة وخرائط تفصيلية.

المصار والمراجع:

- آدم، سميرة حسين (2003)، **جيومورفولوجية الركن الجنوبي الشرقي لمصر، دراسة بين وادي حوضين والحدود المصرية السودانية**، منشورات البحوث والدراسات الأفريقية، مصر.

- أبوروية، أحمد مُحَمَّد (2007)، **المنطقة الممتدة فيما بين القصير ومرسى أم غيج، دراسة جيومورفولوجية**، أطروحة دكتوراة (غير منشورة) جامعة الإسكندرية، مصر.

- تراب، مُحَمَّد مجدي (1997)، **التطور الجيومورفولوجي لحوض وادي القصيب بالنطاق الشرقي من جنوب شبه جزيرة سيناء**، المجلة الجغرافية الجمعية الجغرافية المصرية، العدد30.

- الدراجي، سعد عجيل (2019)، **الجيومورفولوجيا التطبيقية**، دار الحداثة للطباعة والنشر، بغداد.

– الدليمي، خلف– الجابري، علي (2018) **استخدام الجيوماتكس في دراسة الخصائص المورفومترية لأحواض الأودية الجافة**، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان.

– الدليمي، خلف حسين (2005)، **التضاريس الأرضية (دراسة جيومورفولوجية عملية تطبيقية)**، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، الأردن.

– سلوم، غزوان مُحَمَّد (2012)، **حوض وادي قنديل– دراسة مورفومترية**، مجلة جامعة دمشق، المجلد 28، العدد الأول.

– العبدان، رحيم (2008)، **التحليل الرقمي للخصائص المورفومترية لحوض وادي تانجيرو**، مجلة جامعة القادسية، العدد الثالث.

– قناو، خالد أحمد و بالنور، خالد مُحَمَّد (2022)، **تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي سوق الخميس في منطقة الخمس**، بحث مقدم للمؤتمر الجغرافي السادس عشر، طبرق.

– محسوب، مُحَمَّد صبري (2001)، **جيومورفولوجية الأشكال الأرضية**، دار الفكر العربي، القاهرة.

– مركز البحوث الصناعية، (1975)، **خريطة ليبيا الجيولوجية**، الكتيب التفسيري– لوحة الخمس ش.ذ 33– 14 طرابلس.

– مصطفى، أحمد أحمد، (1998)، **الخرائط الكنتورية، تفسيرها وقطاعاتها**، دار المعرفة الجامعية – الإسكندرية.

– مقيلي، امُحَمَّد عياد (1995)، **المُناخ في كتاب الجماهيرية دراسة في الجغرافيا**، (تحرير: الهادي أبو لقمة، سعد القزيري) الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع والإعلان، سرت.

-Pareta ,K. Pareta, U (2011)Hydro morphological study of Karawan watershed Using GIS and Remote Sensing Techniques, E- International Scientific Research Journal .

-Schumm S,A (1977) The Fluvial System John Wily and Sons New York.

-Howard, A,D, (1967)Drainage Analysis in Geologic Interpretation a Summation the American Association of petroleum Geologists Bull.