التحليل الكمي للخصائص الجيومورفولوجية لوادي العوينة بالسفح الشمالي للجبل الأخضر شمال شرق ليبيا

أ. الحسين علي عوض الهنداوي

محاضر مساعد، كلية الآداب، جامعة درنة – فرع القبة

alhussein75@gmail.com

https://orcid.org/0009-0000-9863-7357

تاريخ الاستقبال 2026/8/25 تاريخ القبول 2026/9/10

المستخلص

تعد دراسة الخصائص المورفومترية للأحواض المائية ركيزة أساسية لفهم السلوك الهيدرولوجي والتضاريسي، خاصة في مناطق الجبل الأخضر بليبيا التي تزخر بأودية جافة تتعرض لمخاطر السيول وتحتاج لتخطيط تنموي دقيق، وهو ما دفع هذه الدراسة إلى تطبيق التحليل الكمي باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية (DEM)على حوض وادي العوينة الواقع شمال مدينة البيضاء، لتجاوز محدودية الطرق التقليدية في معالجة الكم الهائل من البيانات وتحقيق نتائج موثوقة تسهم في التنمية العمرانية والسياحية. اعتمدت الدراسة على منهجية تكاملية تجمع بين البيانات المكتبية المستخلصة من الخرائط الطبوغرافية ذات مقياس رسم (1:50,000) والجيولوجية (1:250,000) ومعالجتها في بيئة ArcGIS وArc Hydro ، إلى جانب التحقق الميداني لضمان موثوقية المعطيات، وقد أسفرت النتائج عن أن مساحة الحوض تبلغ 79.74 كم² بطول 21.2 كم ومحيط 53.2 كم، إذ تشير معاملات الاستطالة (0.48) والاستدارة (0.35) إلى شكل ممدود غير منتظم يؤثر في سرعة تجمع المياه، فيما أظهر التحليل الشبكي وجود 94 مجرى مائياً بطول إجمالي 110.1 كم، تهيمن مجاري الرتبة الأولى (76 مجرى) بنسبة 80.85% من مجموع مجاري الحوض المائية، ولا يتجاوز الحوض الرتبة الرابعة، مما يعكس حداثة الشبكة رغم كبر مساحتها، ويُعزى ذلك إلى طبيعة التكوينات الجيرية القابلة للذوبان والتي أسهمت أيضاً في استقامة المجرى الرئيسي (معدل تعرج 1.0)، بينما بلغت الكثافة التصريفية 1.39 كم/كم² وتكرر المجاري 1.18 مجرى/كم²، وهي قيم تشير إلى نسيج تصريفي خشن يتناسب مع ضعف التضرس. كما أوضحت مؤشرات التضاريس أن التكامل الهيبسومتري بلغ 0.12 وقيمة الوعورة 0.91 والتضاريس النسبية 12.24 متراً، مما يؤكد أن الحوض يمر بمرحلة النضج المتأخر من دورته التحاتية متجهاً نحو الشيخوخة مع انخفاض في الوعورة، وبالتالي فهو يتمتع باستجابة هيدرولوجية متوسطة للسيول رغم ممدوديته. وخلصت الدراسة إلى ضرورة توظيف هذه المعطيات الرقمية في إنشاء قاعدة بيانات جيومورفولوجية متكاملة لإدارة مخاطر

الفيضانات وحصاد مياه الأمطار وتغذية الخزانات الجوفية، مع التوصية بتوسيع تطبيق هذه المنهجية لتشمل بقية أودية السفح الشمالي للجبل الأخضر لدعم التخطيط العمراني والتنمية السياحية المستدامة، والربط المستقبلي بين النماذج المورفومترية والنماذج الهيدرولوجية للتنبؤ الدقيق بخطورة السيول التي تهدد المزارع والمنشآت في هذه المنطقة الحيوية.

الكلمات المفتاحية : التحليل المورفومتري، نظم المعلومات الجغرافية (GIS)، حوض وادي العوينة، الجبل الأخضر، ليبيا.

Abstract:

Morphometric characteristics of drainage basins are fundamental for understanding hydrological and topographic processes, particularly in Al-Jabal Al-Akhdar, Libya, which abounds with dry Wadis subject to flood hazards and requiring precise developmental planning. This motivated the present study to apply quantitative analysis using GIS and Digital Elevation Models (DEM) to the Wadi Al-Awainah basin, north of Al-Bayda, to overcome limitations of traditional methods in processing vast data and achieve reliable results for urban and tourism development. The methodology integrated desk-based data from topographic maps at a scale of (1:50,000) and geological (1:250,000) maps, processed in ArcGIS and Arc Hydro, supplemented by field verification for accuracy. Results show the basin covers 79.74 km², with a length of 21.2 km and perimeter of 53.2 km. The elongation ratio (0.48) and the circularity ratio (0.35) indicate an elongated, irregular shape influencing water-concentration velocity. Drainage-network analysis identified 94 watercourses totalling 110.1 km, with 76 first-order streams, which represent 80.85% of these watercourses, while the basin does not exceed fourth order, reflecting the network's relative youthfulness despite its large area—attributed to soluble limestone formations, which also account for the straightness of the main channel (sinuosity ratio 1.0). Drainage density was computed at 1.39 km/km² and stream frequency at 1.18 streams per km^2, indicating a coarse drainage texture linked with subdued and flat terrain. Terrain indices revealed a hypsometric integral of 0.12, ruggedness number of 0.91, and relative relief of 12.24 m, confirming the basin is in the late mature stage of denudation cycle, progressing toward maturity stage with

diminished ruggedness. Consequently, it exhibits a moderate hydrological response to flash floods despite its elongated geometry.

The study concludes by emphasizing the need to use these digital data in constructing an integrated geomorphological database for flood risk management, rainwater harvesting, and groundwater recharge. It recommends extending this methodology to the remaining Wadis on the northern escarpment of Al-Jabal Al-Akhdar to support urban planning and sustainable tourism, as well as future integration between morphometric and hydrological models for accurate prediction of flood severity, which poses a threat to farmlands and infrastructure in this vital region.

Keywords: Morphometric analysis, GIS, Wadi Al-Awainah basin, Al-Jabal Al-Akhdar, Libya

المقدمة:

جذبت الدراسات المورفومترية اهتمام العديد من البحاثين في مجالي الجيومورفولوجيا والهيدرولوجيا، وقد أسهمت برامج الحاسب الآلي ومعالجة الصور الجوية والفضائية إلى تطور وإعادة تشكيل هذا العلم بحيث أصبح أكثر دقةً مقارنة بأدواته التقليدية.

ويتعمد الباحثون بشكل أساسي على الدراسات الجيومورفولوجية في تحليل العلاقات المكانية بين أشكال سطح الأرض وموادها وكذلك إعداد خرائط توضح التوزيع المكاني للظاهرات الجيومرفولوجية والتي لها أهمية علمية وعملية بالغة يعتد بها في إقامة المنشآت الصناعية والعمرانية والاقتصادية، كما يسهم هذا النوع من الدراسات في تحديد مدى خطورة السيول التي تهدد المزارعين والعمران وباقي المرافق الأخرى في المنطقة (العلواني، 2005: ص 6).

تتميز منطقة الجبل الأخضر وأوديتها الجافة بطبيعة جيومورفولوجية متميزة عن غيرها من المناطق الليبية الأخرى، فهي حافلة بتنوع مظاهرها الجيومورفولوجية والتي لا تزال بحاجة إلى مزيد من الدراسات التطبيقية حتى يتمكن من التعرف على سلوكها الهيدرولوجي لغرض استغلال جريانات

أحواضها المائية، وتهدف هذه الدراسة إلى دراسة الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف المائي لحوض وادي العوينة، والذي يقع شمال مدينة البيضاء.

ولتحصيل البيانات والقياسات المورفومترية لهذه الدراسة، تم تجميع واستخلاص البيانات سواء من الدراسة الميدانية بشكل مباشر، والاعتماد على الخرائط الطبوغرافية مقاس (1:50,000) ومعالجتها وتحويلها إلى خرائط رقمية، عبر توظيف برامج وتطبيقات نظم المعلومات الجغرافية Arc Gis 10.8 وبالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM وبدقة (30) متراً بحيث تم انتاج خرائط للشبكة النهرية ورتبها بإتباع طريقة ستريلر بغرض تحديد حوض تصريف الوادي وحساب خصائصه وشبكته التهرية، وذلك باستعمال المعادلات الرياضية وتبويبها في هيئة جداول لتحليلها مورفومترياً وهيدرولوجياً.

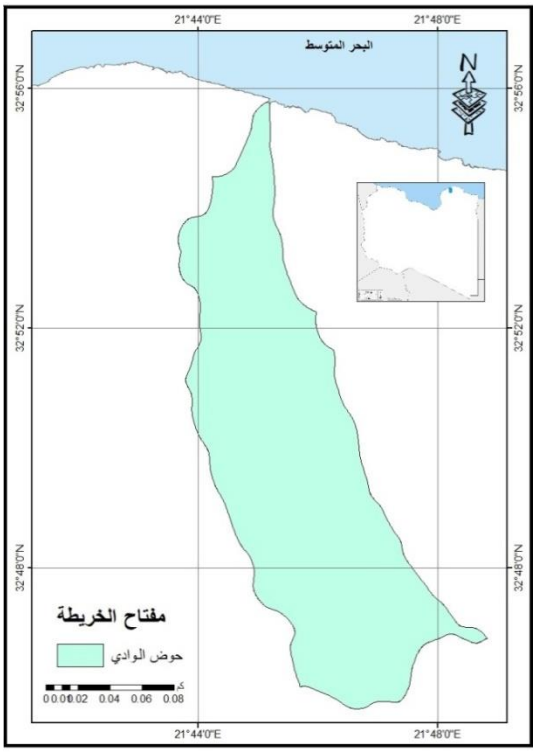
منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة بالجزء الشمالي الشرقي من ليبيا، حيث يحدها من الشمال البحر المتوسط، ومن الجنوب خط تقسيم مياه حوض وادي الكوف، ومن الشرق حوضي الشويرف والعميرة، بينما يحدها من جهة الغرب حوضي وادي المملوح وعصى موسى.

فلكياً، تقع منطقة الدراسة بين دائرتي عرض 45″55′ 32° و ″45′ 32° 00 شمالاً، وخطي طول 45″43′ 21° و 30″49′ 21° شرقاً.

تبلغ مساحة حوض وادي العوينة نحو 79.74 كم^2، وأقصى ارتفاع يبلغ نحو 651 متراً فوق مستوى سطح البحر، أما أدنى نقطة به عند مصبه بالبحر المتوسط. يبلغ متوسط عرض المنطقة من الشرق إلى الغرب نحو 4.2 كم، بينما يبلغ طولها من الشمال نحو الجنوب كحد أقصى 21.2 كم.

خريطة (1) موقع منطقة الدراسة



المصدر : من إعداد الباحث باستخدام برنامج Arc Map 10.8

أسباب اختيار الموضوع:

1. وقوع منطقة الدراسة في موقع متميز على ساحل البحر المتوسط مما جعلها ذات أهمية كبيرة في التنمية السياحية والخدمية.

2. تنوع الظواهر الجيومورفولوجية بمنطقة الدراسة.

3. تعرض المنطقة للعديد من الأخطار الطبيعية والتي أهمها السيول وحركة المواد على المنحدرات.

4. توافر الخرائط الطبوغرافية والجيولوجية بالإضافة إلى الصور الفضائية وDEM وبالتالي يسهل استخدام التكنولوجية الحديثة في الدراسة.

مشكلة الدراسة:

على الرغم من الأهمية الهيدرولوجية والبيئية لأودية الجبل الأخضر ومن ضمنها حوض وادي العوينة؛ إلا انه يفتقر إلى دراسات تفصيلية حديثة تعتمد على استخدام الأساليب الكمية ونظم المعلومات الجغرافية GIS لتحليل شبكات تصريفيه المائية ودراسة خصائصه المساحية والشكلية والتضاريسية، حيث أن عدم توفر هذه البيانات الرقمية الحديثة يؤدي إلى عدم فهم السلوك الهيدرولوجي لحوض هذا الوادي ومدى استجابته للأمطار الفجائية وما يتبعها من مخاطر كالسيول الجارفة وتعرية تربه، وبالتالي تأثيرها المفاجئ على البنى التحتية بالمنطقة.

وبذلك تسعى هذه الدراسة إلى تحديد القيم الكمية المورفومترية لوادي العوينة من حيث دراسة وتحليل خصائص حوضه من حيث قياس ابعاده وطوله ومتوسط عرضه ومحيطه، وكذلك تحليل خصائصه الشكلية من خلال دراسة معدلات استدارته واستطالته وقياس معامل شكل الحوض وانبعاجه واندماجه، بالإضافة إلى تحديد وتحليل خصائصه التضاريسية.

فرضيات الدراسة:

1. يسهم الوضع الطبوغرافي لمنطقة الدراسة في تشكيل حوض وادي العوينة وتحديد خصائصه المورفومترية.
2. تتسم شبكة حوض التصريف في حوض وادي العوينة بنمط شجري حديث التكوين يغلب عليه الرتب الدنيا.
3. تسهم تقنية المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الجغرافية الرقمية في استخراج الخصائص المورفومترية للحوض بشكل أكثر دقة.

أهداف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى توظيف تطبيقات التقنيات الحديثة في الدراسات الجيومورفولوجية والمتمثلة في نظم المعلومات الجغرافية في تحليل ودراسة المنطقة، وذلك لغرض إنشاء قاعدة بيانات توفر بيانات رقمية تعطي صورة واضحة عن أهم الظواهر الجيومورفولوجية وذلك بغرض تصنيفها ومعرفة

إمكانية الاستفادة القصوى منها ومدى تأثيرها على الأنشطة البشرية بالمنطقة، وبالتالي اقتراح الحلول لإمكانية التغلب عليها.

الدراسات السابقة:

1. دراسة (العلواني: 2005) للخصائص النهرية لثلاثة أودية ساحلية في السفح الشمالي بالجبل الأخضر، تبين فيها أن حوضي وادي بو مسافر ووادي الجديد هما أقرب في شكلهما للإستطالة، كما وجد انخفاض في تضرس الاحواض بشكل عام، كذلك تبين أن هذين الحوضين يعتبران في مرحلة مبكرة من مراحل دورتهما التحاتية، بينما وجد ان حوضي وادي بو مسافر وبالعارض يضمان ستة رتب نهرية.
2. أجرت (علاجي: 2010) دراسة لغرض بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية لحوض يلملم، وذلك بتطبيق نظم المعلومات الجغرافية وعبر تحليل نموذج الارتفاعات الرقمية DEM، وهو ما اسهم في انشاء قاعدة بيانات للمتغيرات المورفومترية لحوض هذا الوادي، وخلصت نتائجه إلى الحوض اتخذ شكلاً مثلثياً رأسه عند المصب، كما تبين أنه يميل في شكله إلى الأستطالة مما يحد من احتمالية حدوث فياضانات داخل حوضه.
3. في دراسة أعدها (محمد، مهدي، صالح: 2020) لغرض التحليل المورفومتري لحوض وادي الكوف شمال منطقة الجبل الأخضر، وذلك بتطبيق برامج نظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية وذلك بتناول الخصائص المساحية لهذا الحوض، وخلصت الدراسة إلى أن هذا الحوض هو أقرب ما يكون إلى الشكل المثلث، كما تبين أنه في مرحلة النضج ويحتوي خمس رتب نهرية فقط، ويتميز حوض هذا الوادي بأنه غير منتظم وذو كثافة تصريفية متدنية.
4. وفقاً لبحث من قبل (بن طاهر، 2022) لدراسة التحليل المورفومتري والهيدرولوجي لعدد خمسة أحواض تصريف بمنطقة بنغازي، وتم الاستعانة في اعداده بنظم المعلومات الجغرافية ومعالجة بيانات الاستشعار عن بعد، تبين فيها ان حوض وادي القطارة تميز بأنه ذو كثافة تصريفية منخفضة نظراً لزيادة صلابة تكويناته الصخرية، بينما وجد أن حوض وادي بنينا ذو

كثافة تصريفية عالية وذلك عائد إلى انخفاض نسبة تشعب الأودية به، واوصت الدراسة بضرورة بأهمية التكامل بين تقنيات نظم المعلومات الجغرافية وتقنيات الاستشعار عن بعد لدراسة الأودية والأحواض في ليبيا عن طريق إنشاء قاعدة بيانات مورفومترية وهيدرولوجية لدعم الخطط التنموية المستقبلية للتقليل من أخطار الفيضانات.

5. وفي دراسة أعدها (المبروك، مهدي: 2024) تهدف إلى دراسة خصائص شبكة التصريف المائي لحوض وادي المهبول بالجبل الأخضر باستخدام عمليات التحليل الرياضي الهيدرولوجي المتمثلة في برامج نظم المعلومات الجغرافية وبيانات الاستشعار عند بعد في احتساب البيانات الرقمية المورفومترية لهذا الحوض، والتي أظهرت أن شبكة التصريف النهرية لهذا الوادي تعد من الرتبة الثالثة والتي تباينت في أطوالها وأعدادها، كما تبين أن أنماط التصريف النهري به تتراوح بين الشجري والمتوازي.
6. دراسة (الفاخري: 2026) التي وظفت تقنية نظم المعلومات الجغرافية كأداة دقيقة ومتقدمة لدراسة الحوض المورفومتري لوادي درنة الواقع شمال شرق ليبيا، وصنف حوض هذا الوادي بأنه في مرحلة النضج الجيومورفولوجي، كما انه ذو خمس رتب نهرية يضم نحو 1118 مجرىً. بشكل عام تبين أن هذا الحوض يميل إلى الاستطالة، وأغلب ميله باتجاه الشمال نحو البحر، كما صنف بأنه في المراحل الأولى من دورته التحاتية.

منهجية الدراسة:

اعتمدت الدراســة على منهجية تكاملية تجمع بين المنهج الإقليمي والمنهج الوصفي، إضافة إلى المنهج التحليلي والكمي والاستنتاجي لدراسة وتفسير نشأة وتطوير الاشكال الجيومورفولوجية المختلفة، ومرت الدراسة بعدة مراحل منها جمع البيـانـات المكتبيـة، والاعتمـاد على الخرائط الطبوغرافيـة مقيـاس 1:50,000، والجيولوجية ذات المقياس 1:250,000 الخاصتين بلوحة البيضاء وقد تم كذلك استخدام بعض الأساليب الكمية متمثلة في الأساليب الرياضية من حيث تطبيق بعض المعدلات والقياسات الكمية فيما يخص تحليل بعض الاشكال المورفومترية مثل تحليل أحواض الأودية وشــبكاتها مورفومترياً، كذلك تم

الاستعانة بالاساليب الكارتوجرافية باستخدام الخرائط والأشكال البيانية والتوضيحية في إبراز نتائج التحليلات السابقة وذلك استخدام بعض برامج الحاسب الآلي المتمثلة في Microsoft Word 2010, ArcGis 10.8, Arc Hydro, ونموذج الارتفاعات الرقمية DEM.

هذا بالإضافة إلى الدراسة الميدانية المتعددة للمنطقة لأستكمال النقص في البيانات والتأكد من صحة بعضها، إضافة للدراسات الحقلية.

جيولوجية المنطقة:

تعد جيولوجية منطقة الدراسة جزء من جيولوجية الجبل الأخضر الذي تتكون صخوره من الحجر الجيري بنسبة (90%) في معظم اجزاءه (العرفي، 1998: ص333)، وينكشف على سطح المنطقة تكوينات جيولوجية تنتمي إلى عصري الإيوسين والأوليجوسين، حيث تتمثل صخور عصر الأيوسين في منطقة الدراسة في تكويني أبولونيا ودرنة، والأول يتكون بدوره من حجر جيري دقيق الحبيبات، طباشيري جزئياً، وتوجد به عُقد وعدسات من الصوان، كما يتسم بوجود بعض التركيبات الانهيارية الصغيرة وآثار تعرية بحرية متمثلة في وجود قنوات واسعة منحوتة داخل الصخر، بينما تكوين درنه فيتكون من حجر جيري ذي حبيبات دقيقة غالبا على هيئة طبقات سميكة، بالإضافة إلى حجر جيري احفوري طحلبي.

وتتمثل تكوينات عصر الأوليجوسين في تكويني البيضاء والأبرق، حيث يتألف تكوين البيضاء من حجر جيري طحلبي يحتوي أحياناً على نسبة عالية من الطفل والمارل، بينما يتسم تكوين الابرق بالطابع الدولوميتي حيث يتكون من صخور الكالكارنايت الجيرية ذات حبيبات كبيرة الحجم، كما تتجلى تكوينات رواسب البلايستوسين (الزمن الرابع) منها رواسب ساحلية تشمل رواسب الكثبان الرملية المتماسكة كالكارينيت البني أو حصى متوسط، ورواسب الرمال الشاطئية حديثة التكوين ، بالإضافة إلى رواسب أودية مختلطة ما بين الحصى والجلاميد والرواسب الناعمة، والتي تتوزع بكثرة في قيعان الاودية وعند مصباتها. وتعتبر الرواسب الفيضية أوسعها انتشاراً بالمنطقة وتتمثل في الطفل

الطمي، والحصـى (Rohlich, 1974: p.53)، كما ينتشـر الحصـى الفيضـي والرواسب الطميية فوق المصاطب الصغيرة داخل الأودية.

الخصائص التضاريسية:

مرتفعات الجبل الأخضـر بشـكل عام ومن ضـمنها حوض منطقة الدراسـة وبشكل عام هي مدرجات طوليه موازية للبحر المتوسط وتنحدر انحداراً شديداً نحوه، ويفصلها عنه شريط ضيق يتفاوت بين الضيق والاتساع من مكان لأخر، وتنقسـم المنطقـة وفقـا للمظهر الجيومورفولوجي إلي ثلاث وحـدات جيومورفولوجية رئيسية هي:

السـهل السـاحلي، والذي يختلف اتسـاعه من نقطة إلى أخرى، تليه الحافة الأولى والتي تمتد موازية للسـاحل على شـكل قوس، وبمسـافات مختلفة، حيث يبلغ متوسط ارتفاعها ما بين (250) متر فوق مستوى سطح البحر، ويقطع هذه الحافة مجموعة من الأودية التي تتسـم بعمقها وشـدة انحدارها نحو البحر وهي ذات كثافة نباتية أعلى مقارنة بالمناطق الاقل ارتفاعاً، بينما الحافة الثانية والتي تتواجد إلى الجنوب منها فهى أكثر ارتفاعاً، ويقطعها مجموعة من الأودية ذات الرتب الأولى. وتقع فوق الحافة الثانية قمة جبلية تتميز بالتضـرس وبالغطاء النباتي الكثيف، وتقطعها أودية عميقة ذات انحدارات شـديدة من الرتب الاولى والثانية، وتنتهي مصبات هذه الأودية بمراوح (مروحة) فيضية تنتهي في البحر (Ali, 1995: pp.56, 57).

كما تتسـم المنطقة بوجود بعض الظواهر الجيومورفولوجية السـاحلية كالجروف حيث تمتد علي جزء كبير من سـاحل منطقة الدراسـة، وهي عبارة عن رواسـب فيضـية متمثلة في المراوح الفيضـية، كما تنتشـر الفجوات والترسـيبات البحرية – رمال شـاطئيه شـواطئ حصـوية كالكارنايت – عند الخلجان الواسعة ومصبات الأودية وعلى امتداد المصاطب البحرية وعند أقدام الجروف المتاخمة للبحر (الهرام، 1997: ص ص 130-140).

الخصائص المناخية :

الموقع الفلكي لمنطقة الدراسة جنوب البحر المتوسط جعله يتأثر بالتغيرات المناخية التي تحدث فيتسم بتباين فصلي، و يعد مناخ المنطقة مناخاً انتقالياً بين مناخ المناطق المعتدلة الباردة ومناخ المناطق الجافة وشبه الجافة، وبالرجوع لبيانات محطة أرصاد شحات للفترة من 1966 حتى 2000 م، يبين أن متوسط أعلى درجة حرارة مسجلة في فصل الصيف (شهر يونيو) 31.4°م، وبلغت أعلى قيمة للمدى الحراري خلال نفس الشهر 13.3°م ، بينما أقل درجة حرارة سجلت في شهر فبراير حيث كان متوسط درجة الحرارة الصغرى لنفس الفترة 6.8°م، إلا أن أقل مدى حراري بالنسبة لشهور السنة خلال هذه الفترة كانت في شهر يناير وقد بلغت 5.2°م

كذلك فإن أعلى متوسط للأمطار الساقطة تم تسجيلها خلال هذه الفترة الزمنية في محطة شحات خلال شهري ديسمبر و يناير، إذ بلغ متوسطها 116.7 و 123.1 ملم على التوالي، بينما بلغ أقلها خلال شهر يوليو ولم تتجاوز 0.4 ملم، ويتضح كذلك أن معظم الأمطار تسقط ما بين شهر أكتوبر وحتى نهاية شهر مارس، وبلغ معدلها السنوي نحو 568.9 ملم.

وبالنسبة للرياح، فالاتجاهات الغربية والشمالية الغربية هي السائدة بالمنطقة ويشكلان معاً 36% من النسبة المئوية لإتجاهات الرياح بالمنطقة، تليها الرياح الشمالية، بينما تشكل الرياح الشرقية والشمالية الشرقية اقلها وبنسبة لا تتجاوز 7%، وبشكل عام فإن أعلى متوسط شهري لسرعة الرياح يكون خلال شهر ديسمبر حيث بلغت 6.8 كم/ساعة، بينما أقلها يكون خلال شهري يوليو وأغسطس ولم تتجاوز 3.1 كم/ساعة لكل منهما.

المياه السطحية بمنطقة الدراسة :

تمثل المياه السطحية مورداً مائياً لا يُستهان به للمياه بالمنطقة، إلا أن طبيعة المنطقة و عدم انتظام هطول الأمطار تحتم الاعتماد على المياه الجوفية بالرغم من أن موارد المياه السطحية غير مستغلة الاستغلال الأمثل ولا تسهم إلا بجزء ضئيل في إجمالي الاستخدام، وتتمثل المياه السطحية بالدرجة الأولى في الجريان السطحي للأودية لفترات قصيرة خلال فصل الشتاء.

تتمثل المياه السطحية في المنطقة في العديد من الأودية التي تجري مياهها أثناء سقوط الأمطار، يتسرب جزء منها لتغذية الخزانات الجوفية، والجزء الآخر ينصرف إلى البحر، ويتعرض الباقي للتبخر (هيدروجيو، 1992: ص 42).

وقد خرجت أكساد عند دراستها للجريان السطحي لبعض أودية منطقة الدراسة بعدد من النتائج منها أن فرص الجريان السطحي في الأودية الساحلية افضل بكثير من مثيلها غير الساحلية، كما تبين من دراسة ظاهرة الجريان السطحي ومقارنته مع معدل سقوط الأمطار المسبب له، أن الجريان السطحي لا يحدث إلا تحت ظروف نادرة ومعقدة، تتميز بمطر يومي غزير أكثر من (40) ملم أو خلال يومين إلى أربعة بصفة متتالية ولا تقل كمية الأمطار خلالها عن (50) ملم، أو تحت ظروف مطر يومي متتالي لفترة تزيد عن عشرة أيام بمعدل لا يقل عن (10) ملم/يوم، وتزيد هذه المعدلات لتصل إلى (70) ملم/يوم في الأحباس العليا، بينما تتراوح بين (10-20) ملم/يوم في المناطق الساحلية (أكساد، 1984: ص 91).

التربة:

تعد معظم ترب منطقة الجبل الأخضر من التربات المحلية أو المتبقية، مع وجود بعض التربات المنقولة بفعل الرياح والأمواج أو المياه الجارية، ونظراً لأن الصخور الجيرية تمثل المكون الرئيسي للجبل الأخضر، ولسيادة المناخ شبه الرطب (البحر المتوسط)، تسود في منطقة الدراسة التربة الحمراء المعروفة باسم التيراروزا (Terra Rossa) أو الريندزينا (Rendzina)، (المسلاتي، 1995: ص ص 51-52).

ويرجع تنوع التربة الى تنوع العمليات الجيومورفولوجية السائدة في تكوينها وكذلك تتنوع النباتات تبعا لنوع التربة.

الخصائص الشكلية والشبكية لحوض وادي العوينه:

يعتمد هذا التحليل على القياسات المورفومترية لحوض الوادي وتصريفه وتضاريسه وشبكاته وتصنيفه تبعاً لخصائصها المورفومترية الأكثر تأثيراً على التغيرات الزمنية والمكانية والتي عن طريقها يمكن التعرف على العوامل المؤثرة

على الشكل وخصائصه المورفولوجية، وبهذا يكون التصور واضحاً عن منطقة الحوض والمناطق المشابهة لظروفها وكيفية الاستفادة منها في الاستخدامات البشرية، وقد تم تطبيق مجموعة من المعاملات المورفومترية والتي تختص بأحواض التصريف وأسطحها ولتسهيل المادة العلمية وسرعة تفهمها.

تعتمد دقة نتائج التحليل المورفومتري على دقة رسم شبكة المجاري المائية ، حيث توفر لنا تقنية نظم المعلومات الجغرافية برامج متطورة لإجراء التحليلات المورفومترية التي تم اعتمادها في هذه الدراسة والبرنامج هو Arc GIS version 10.8 والمتوفر من شركة ESRI والأدوات المتوفر داخله مثل (Toolbox- Spatial Analyst- Hydrology) وكذلك تم أرفاق برنامج أخر وهو Arc Hydro وهي أداة تحليل تلحق Arc Map حيث تقوم بتحليل وبدقة عالية لنموذج الارتفاعات الرقمية (DEM - Digital Elevation Model) والتي تساعد في رسم الحوض وشبكة تصريفه المائية بصورة دقيقة وواضحة مما ينعكس على نتائج التحليل المورفومتري موفرة بذلك الجهد والوقت.

ومن خلال الجدول رقم (1) والذي يوضح الخصائص المورفومترية يتضح الآتي:

أولا: الخصائص المورفوموترية لحوض تصريف وادي العوينة:

المساحة:

تعد دراسة مساحة أحواض التصريف في غاية الأهمية، وذلك لما لها من علاقة وثيقة في تحديد أشكال هذه الأحواض ونظام شبكة التصريف بها. فمن المعروف أنه كلما كبرت مساحة الحوض كلما زادت قدرة على التجميع واستقبال كمية أمطار أكبر مما يؤدي إلى زيادة حمولة الوادي هذا مع افتراض ثبات بقية المتغيرات الأخرى مثل نوع الصخر ونظامه والتضرس وشكل شبكة التصريف، وترتبط مساحة الحوض وأبعادها بكل من نوع الصخر ونظامه والظروف المناخية المشكلة لها(جودة، 1991: ص 290).

وتم قياس مساحة الحوض من DEM نموذج الارتفاعات الرقمية وذلك بعد تحويله إلى بيانات مساحية بهيئة (Grid) والمدرجة في طبقة مساحة الحوض ذات البيانات المساحية ومن خلال Arc Hydro يتم وضعها في صيغة طبقات

(Layers) هذا بعد استخراج شبكات التصريف وخطوط تقسيم المياه فيما بينها كما هي بالخارطة (2) التي توضح حوض منطقة الدراسة.

ومن خلال الجدول رقم (1) والذي يوضح الخصائص المورفومترية والمورفولوجية لحوض التصريف في المنطقة والخارطة (2) يتبين أن مساحة حوض وادي العوينة بلغت (79.74) كم^2 والذي يعتبر حوض تصريف كبير نسبياً في مساحته.

جدول رقم (1) الخصائص المورفومترية لحوض تصريف وادي العوينة

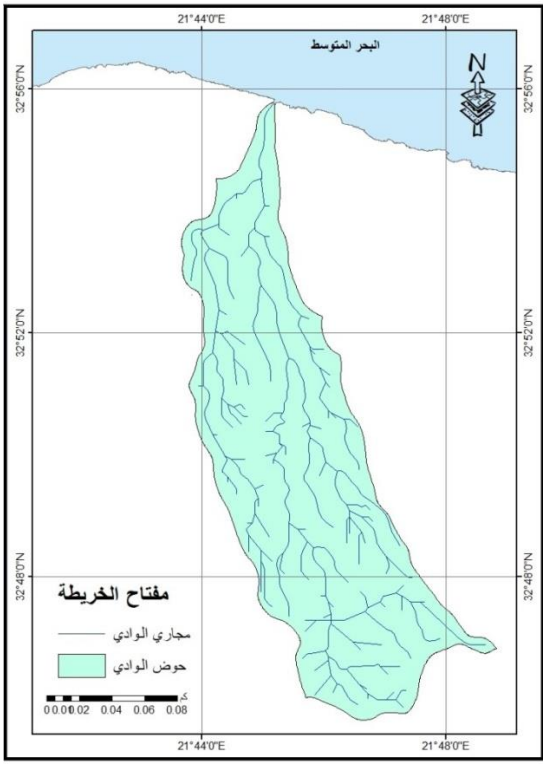
حوض وادي العوينة	المساحة كم^2	الطول كم	متوسط العرض كم	المحيط	معدل الاستطالة	معدل لاستدارة	معامل الشكل	معامل الانبعاج	معامل الاندماج
	79.74	21.2	4.2	53.2	0.48	0.35	0.18	1.41	1.68
المصدر: من إعداد الباحث									

أبعاد الحوض

1. طول الحوض: اعتماداً على أن طول الحوض هو الخط الذي يصل بين المصب وأبعد نقطة على محيط الحوض تبعاً لرأي (Schumm, 1956: p.6) ، تبين أن طول حوض التصريف بلغ 21.2 كم، وبذلك فهو يعد حوض تصريف طويل.

2. متوسط عرض الحوض: تبرز أهمية متوسط عرض الحوض عند دراسة شكله وبالتحديد عند قياس نسبة الطول/ العرض، ومن خلال الجدول يتبين أن متوسط عرض هذا الوادي بلغ (4.2) كم، وبذا يعد هذا الوادي من الأودية العريضة.

خريطة (2) الخصائص الشكلية لحوض وادي العوينة



المصدر : من إعداد الباحث باستخدام برنامج Arc Map 10.8

3. محيط الحوض: يعد المحيط الحوضي أحد الأبعاد التي تستخدم في التعبير عن أشكال الأحواض وتضاريسها حيث يعتبر أول المتغيرات الأساسية المورفومترية للأحواض التي يجب تحديده ورسمه لارتباطه بالعديد من الخصائص المورفومترية للحوض (Doornkamp, King, 1971: p. 1-112)، وبلغ محيط حوض وادي العوينة نحو 53.2 كم، علماً بأنه توجد علاقة طرديه بين محيط الحواض وكل من مساحاته وطوله ومتوسط عرضه، وبذلك يصنف هذا الوادي بأنه حوض تصريف كبير.

ثانيا: الخصائص الشكلية لحوض التصريف:

تساعد دراسة أشكال الأحواض على معرفة العمليات التي تساهم في تطور هذه الأحواض، وذلك عن طريق مقارنة شكل الأحواض بالأشكال الهندسية مثل:

الدائرة، والمستطيل، وبذلك سوف تشمل دراسة الشكل في منطقة الدراسة علي المعاملات المورفومترية كما يلي:

1. معدل الاستطالة: وهو عبارة عن النسبة بين قطر دائرة لها نفس مساحة حوض التصريف المراد معرفة درجة استطالته وبين أقصى طول لنفس الحوض، ويدل هذا المعدل على مدى تشابه الحوض بالشكل المستطيل ويستخرج من المعادلة الآتية:

معدل الاستطالة = (2 × الجذر التربيعي لـ (مساحة الحوض ÷ π)) ÷ أقصى طول للحوض (Strahler, 1964: p. 415). وبتطبيق هذه المعادلة يتبين أن معدل استطالة حوض وادي العوينة بلغت (0.48)، وبذلك يصنف حوض هذا الوادي بكونه يميل إلى الاستطالة.

2. معدل الاستدارة: وهو عبارة عن النسبة بين مساحة الحوض بالكيلومتر المربع ومساحة الدائرة التي لها نفس محيط الحوض بالكيلومتر مربع، ويدل هذا المعدل على نسبة تقارب شكل الحوض من الشكل الدائري المنظم، حيث تعني القيم التي تقارب من الرقم واحد إلى أن الأحواض تقترب من الشكل الدائري، أما القيم التي تقترب من الصفر فتدل على عدم انتظام الحوض، كما أن استدارة الحوض تدل على تقدم الحوض في دورته التحاتية ويتم حساب هذا المعدل من المعادلة آلاتية :

معدل الاستدارة = (4 ط × مساحة الحوض) ÷ مربع طول خط تقسيم المياه (Miller, 1953: p.4).

وبتطبيق هذه المعادلة على حوض االوادي قيد الدراسة وكما تبين بالجدول (1) فإن معدل استدارته بلغت 0.35، وهو ما يدل على أن الحوض يبتعد في شكله عن الأستدارة وعدم انتظامه.

3. معامل الشكل: وهي النسبة بين مساحة الحوض إلى مربع طول نفس الحوض.

استخدم هورتون هذا المعامل عام 1932م وشاركه في ذلك سلاح المهندسين بالجيش الأمريكي وهو عبارة عن :

معامل الشكل = مساحة الحوض ÷ مربع طول الحوض (Horton, 1932: p. 352).

فإذا اقترب ناتج المعادلة من الواحد الصحيح كان الشكل العام للحوض أكثر تناسقاً وانتظاماً، ويميل إلى عدم التناسق كلما اقترب الناتج من الرقم صفر (عاشور، جودة، 1991: ص336) ، كما ويدل على صغر مساحة الحوض بالنسبة لطوله مما يجعل الحوض يقترب من شكل المثلث وبتطبيق هذا المعامل على حوض منطقة الدراسة وبيانات الجدول رقم (1) يتضح أن قيم هذا المعامل بحوض المنطقة بلغ (0.18) وهو تشير إلى اقتراب شكل الحوض من الشكل الثلاثي، وهذا ناتج من تغير في عرض الحوض المائي من المنبع إلى المصب، وذلك بسبب زيادة الطول الحوضي على حساب العرض وهذا يدل على عدم تناسقه.

4. معامل الانبعاج: يقيس هذا المعامل مدى انبعاج محيط الحوض، وعلاقته بالطول، أو بمعنى آخر شكل انبعاج الحوض.

ويتم حساب معامل الانبعاج من المعادلة الآتية:

معامل الانبعاج = (طول الحوض)^2 ÷ (4 × مساحة الحوض)، (Gregory, 1979: p. 51).

ويدل المدلول الرقمي المنخفض لمعامل الانبعاج إلى زيادة تفلطح شكل الحوض و ازدياد أعداد المجاري عند منطقة خط تقسيم المياه وسيادة عمليات النحت الراسي والجانبي مما يشير إلى تقدم الحوض في دورته التحاتية (Gregory, 1979: p.51).

ومن الجدول يتبين أن قيمة معامل الإنبعاج بالحوض بلغت نحو (1.41)، مايعتبر ذو قيمة مرتفعة تشير إلى مدى استطالة الحوض وقلة انبعاجه.

5. معامل الاندماج: يمكن الحصول على هذا المعامل من خلال تطبيق المعادلة الآتية :

معامل الاندماج = محيط الحوض (كم) ÷ محيط الدائرة المكافئة لمساحة الحوض (كم^2)

وتشـــير القيم المنخفضـــة إلى الأحواض التي قطعت شـــوطاً كبيراً من مراحل تطورها التحاتي وتناســق واندماج أشــكالها، أما القيم المرتفعة من هذا المعامل

فتشـير إلى عدم تجانس محيط الحوض مع مسـاحته التجميعية، أي يتميز بمحيط طويل على حســاب مســاحته، وترتفع فيه نســبة التعرجات وتقل درجة انتظام الشكل الحوضي (عاشور، جودة، 1991: ص 320).

ومن خلال الجدول رقم (1) يتضــح أن متوســط قيم هذا المعامل بحوض المنطقة بلغ (1.68)، وهي قيمة مرتفعة نسـبياً، ويشـير إلى أن الحوض يتسـم بصـفة عامة بقلة اندماجه، وعدم تناسـق محيطه مع مسـاحاته، وربما يرجع ذلك إلى استطالته، وابتعاد خطوط تقسيم المياه عن مراكزه.

أ. الخصائص التضاريسية لحواض تصريف وادي العوينة:

تعتبر الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف نتاج علاقة متبادلة بين عاملين الأول أثر فعل عمليات التجوية والتعرية، والعامل الثاني نوع الصخر، وتهدف دراسة الخصائص التضاريسية لحوض التصريف وادي العوينة إلى التعرف على ملامحه وتتبع المرحلة التي قطعتها الأودية في دورتها التحاتية، وسوف يتم ذلك من خلال دراسة التضاريس القصوى، معدل التضرس، التضاريس النسبية، التكامل الهبسومتري، قيمة الوعورة، معدل نسيج الحوض وذلك كما يلي:

1. التضاريس القصوى: ويقصد بها الفرق بين أعلى منسوب وأدناه في حوض التصريف وتفيد في التعرف علي ملامح الحوض تضاريسيا ومدى تطوره، وتم حساب التضاريس القصوى وفق المعادلة التالية:

التضاريس القصوى = منسوب أعلى نقطة في الحوض – منسوب أدنى نقطة بالحوض (Schumm, 1956: p. 612).

ويتضح من جدول رقم (2) بأنه ذو قيمة تضاريسية قصوى عالية بلغت (651) متراً، وذلك يعزى بسبب كون منبع روافد هذا الوادي في الحافة الثانية، حيث تتدرج وتتفاوت في ارتفاعها بين المنبع والمصب.

2. معدل التضرس: يعد إحدى الطرق والأساليب المهمة التي تعطي فكرة عن مدى تضرس سطح الحوض، ويشير إلى درجة انحدار الحوض، ويستخرج من المعادلة التالية:

معدل التضرس = التضاريس القصوى ÷ طول الحوض (Strahler, 1957: p. 918).

ويتأثر هذا المعامل بمدى زيادة المسافة الأفقية أو طول الحوض، فإذا زادت المسافة الأفقية فإن هذا يؤدي إلى انخفاض نسبة التضرس، والعكس صحيح إذا انخفضت المسافة الأفقية فإنها تؤدي إلى زيادة نسبة التضرس.

ومن خلال تحليل الجدول (2) تبين أن معدل تضرس حوض وادي العوينة بلغت (30.71) متراً، ويرجع الانخفاض في هذه القيمة إلى كبر مساحة الحوض وطوله على حساب ارتفاعه، كما إن هذا الوادي قد قطع شوطاً لا بأس به في دورته التحاتية، فزيادة طول هذا الوادي كانت السبب في قلة معدل تضرسه، وتجدر الملاحظة بأه ماتزال أمام هذا الوادي الكثر في دورته التحاتية حيث ماتزال هناك العديد من المرتفعات والقمم الجبلية في واديه.

3. التضاريس النسبية: وهي النسبة بين التضاريس الحوضية بالأمتار ومقدار المحيط بالكيلومتر، ويعبر عنها بالعلاقة التالية :

التضاريس النسبية = التضاريس القصوى ÷ طول خط تقسيم المياه (Melton, 1957: p. 130).

وبتطبيق المعادلة السابقة ومن الجدول رقم (2) يتضح لنا ان التضاريس النسبية لحوض وادي العوينة بلغت 12.24 متراً، وهي تعد نسبة تضاريسية ضئيلة.

4. التكامل الهبسومتري: تبرز أهمية التكامل الهبسومتري كونه يوضح الفترة الزمنية المقطوعة من الدورة التحاتية للأحواض النهرية، وتشير القيم المرتفعة للتكامل على زيادة المساحة الحوضية على حساب تضاريسها الحوضية، مما يدل على التقدم العمري للحوض، وقد قسم وليم موريس ديفيز مراحل تطور السطوح النهرية إلى ثلاث هي الشباب، والنضج، والكهولة أو الشيخوخة، ففي مرحلة الشباب يبلغ التكامل 0.8، ويهبط إلى حوالي 0.5 في مرحلة النضج ويقل إلى 0.125 في مرحلة الشيخوخة (شاهين، 1976: ص 61).

ويتم حسابه بالمعادلة التالية من قبل (مصطفى، 2000: ص 268):

التكامل الهبسومتري = مساحة الحوض/كم^2 ÷ تضاريس الحوض أو التضاريس القصوى/متر

ومن خلال تطبيق هذه المعادلة على بيانات الجداول (1,2) يتضح أن التكامل الهبسومتري بهذا الوادي بلغ (0.12)، ما يعني تصنيفياً بأنه في مرحلة الشيخوخة، والعامل الرئيسي لإنخفاض قيمة هذا العامل بهذا الوادي هو تضرس سطح حوضه مقارنة بمساحته الحوضية مما ينعكس على الفترة التي قطعها من الدورة النحاتية الدالة على انتهاء مرحلة النضج المبكر ودخوله مرحلة الشيخوخة أو أواخر مرحلة النضج المتأخر.

5. قيمة الوعورة: تعطي قيمة الوعورة فكرة عن درجة تقطع سطح الحوض بالمجاري المائية، وترتفع قيمة الوعورة عند ارتفاع التضاريس الحوضية إلى جانب الزيادة في المجاري المائية على حساب المساحة الحوضية أي زيادة بسط العلاقة على المقام في الكثافة التصريفية، وتتفاوت قيم الوعورة بين (0.08 - 6) للأحواض الهينة، وأكثر من الواحد الصحيح فيما يخص احواض الأراضي الوعرة، وتستخرج قيمة الوعورة بحسب (Strahler, 1957: p. 268) من العلاقة التالية:

قيمة الوعورة = التضاريس القصوى للحوض (م) × الكثافة التصريفية ÷ 1000.

ومن الجدول (2) تبين أن قيم الوعورة في هذا الحوض بلغت (0.91)، وبذلك يعد هذا الوادي هين تضاريسياً رغم قرب قيمته من الواحد الصحيح، إذ يعتبر في مرحلة انتقالية من الاحواض الوعرة إلى الهينة التضرس.

6. نسبة التقطع (نسبة النسيج الحوضي): يقيس هذا المعامل مدى تقاطع وتقارب الحوض بالمجاري المائية (شبكات التصريف) دون وضع أطوالها في الاعتبار. تم تصنيف معدلات نسيج الاحواض إلى ثلاثة أنماط وهي:

- أحواض يقل نسيجها عن الرقم (4) وتعتبر من نمط الأحواض ذات النسيج الخشن.

- أحواض يتراوح نسيجها بين (4-10) وتعد من نمط الأحواض ذات النسيج المتوسط.

- أخواض يزيد نسيجها عن (10) ويطلق عليها نمط الأحواض دقيقة النسيج (عاشور ، جودة، 1991: ص 330).

وتستخرج نسبة النسيج الحوضي باستخدام الحصر الشامل لأعداد المجاري وليس المتوسط من المعادلة آلاتية :

معدل نسيج الحوض = مجموع اعداد المجاري بالحوض من الرتب المختلفة ÷ المحيط الحوضي (كم) = مجرى/كم. (محسوب، 2001: ص 212).

واعتماداً على بيانات الجادول (1، 3)، يتضح أن نسب حوض وادي العوينة ذو نسيج خشن، إذ بلغ معدل نسيج حوضه (2.84).

جدول رقم (2) الخصائص التضاريسية لحوض وادي العوينة

حوض وادي العوينة	التضاريس القصوى	معدل التضرس	التضاريس النسبية	التكامل الهبسومتري	قيمة الوعورة	نسبة التقطع بالميل
	651	30.71	12.24	0.12	0.91	2.84
المصدر: من إعداد الباحث						

ب. تحليل خصائص شبكة التصريف في الحوض:

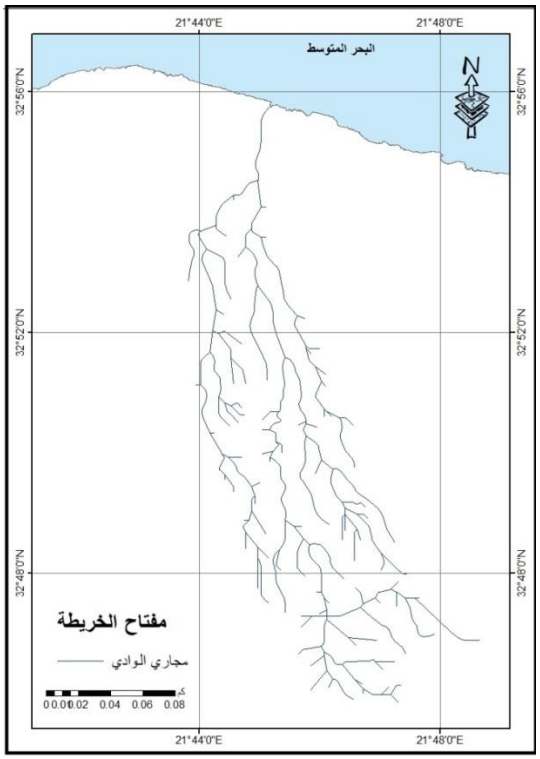
وذلك بدراسة شبكة التصريف بهذا الحوض من حيث:

1. الرتب: تعد عملية تحليل الرتب من أول وأهم المراحل التي يعتمد عليها في تحليل شبكة التصريف وما يرتبط بها من تحليلات مورفومترية، إضافة إلى ذلك لها علاقة قوية بالجانب الهيدرولوجي وما تسهم به تلك المجاري لكل رتبة من كميات مياه، على صورة جريان سطحي.

وعند دراسة الرتب لشبكات تصريف في منطقة الدراسة تم اتباع طريقة ستراهلر Strahler دون غيرها لسهولة استخدامها وقلة تعقيدها مقارنة بالطرق الأخرى وهي تعديل بسيط لطريقة هورتون Horton التي ضمنها بحثه الشهير عام 1945م (عاشور، 1983: ص 120).

ولقد استخدمت الطريقة الآلية في Arc Hydro المعتمدة على بيانات نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بدقة (30) متر. ويتضح من الجدول رقم (3)، والخريطة رقم (3) أن حوض وادي العوينة بلغ الرتبة الرابعة رغم كبر حجمه، إلا أن عدد روافده الكبرى يعد منخفضاً.

خريطة رقم (3) رتب ومجاري حوض وادي العوينة



المصدر : من إعداد الباحث باستخدام برنامج Arc Map 10.8

2. أعداد المجاري: بلغ عدد مجاري حوض وادي العوينة (94) مجرىً بطول (110.1) كم، منها (76) مجرى بالرتبة الأولى مايعادل 80.85% من اجمالي عدد مجاري هذا الحوض وبطول (50.3) كم. كذلك بلغ عدد مجاري الحوض بالرتبة الثانية (14) مجرىً، بطول (25.5) كم، ما نسبته (13.16%) ، بينما تواجد مجرى واحد فقط ضمن الرتبة الرابعة وبطول 8.3 كم، ولعل زيادة عدد المجاري بالرتب الدنيا بحوض التصريف ناتج عن طبيعة تكوينات الاسطح

الجيرية بالإضافة للعامل المناخي خاصة عامل الامطار الذي يتباين مدى تأثيره من خلال الحجم وكمية الجريان السطحي وما يتبعه من عملياتت تفكك السطح وتعرضه للتفتت والنحت وبالتالي زيادة عدد مجاري بعض الرتب عن غيرها.

جدول (3) بيانات المجاري المائية حسب الرتب لشبكة تصريف حوض وادي العوينة

الرتبة	عدد المجاري المائية	الطول الإجمالي (كم)
1	76	50.3
2	14	25.5
3	3	26
4	1	8.3
الإجمالي	94	110.1

3. نسبة التشعب: تعتبر نسبة التشعب أو التفرع من العوامل المهمة التي تتحكم في معدل التصريف، فكلما قلت نسبته زاد خطر الفيضان (محسوب، 2001: ص 211).

ويعتبر معدل التفرع استكمالاً للعلاقة بين أعداد المجاري والرتب، حيث يستخرج من المعادلة التالية:

متوسط نسبة التشعب العام = أعداد المجاري في رتبة معينة ÷ اعداد المجاري في الرتبة التي تليها (عاشور، جودة: 1991: ص 335).

وبتطبيق هذه المعادلة على حوض الدراسة اعتماداً على بيانات الجدول (3) يتضح أن نسبة تشعب حوض وادي العوينة بلغت 4.36، وبذلك يعد معرضاً لخطورة الجريانات السطحية السيلية.

4. أطوال المجاري: تم اجراء قياس شامل لجميع اطوال المجاري بكافة مراتب الحوض، عن طريق قياس نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM|)، ومن الجدول (3) يتبين أن مجموع اطوال مجرى حوض وادي العوينة بلغت نحو (110.1) كم، تشكل مجاري الرتبة الأولى منه 80.85%، كما أن متوسط طول المجاري برتب بالحوض بالنسبة لعدد المجاري المائية بلغت (1.17) كم.

5. كثافة التصريف: يعبر عن كثافة التصريف بالمعادلة التالية:

كثافة التصريف = مجموع أطوال المجاري ÷ المساحة الحوضية (Horton, 1945: p. 917).

كما تعتبر كثافة التصريف مؤشراً واضحاً لمدى تعرض السطح لعمليات النحت والتقطع ، ويمكن عن طريقها استنتاج ما سيطرأ على حوض التصريف من تغييرات في سطح الحوض أو المرحلة Stage التالية التي يمكن توقعها مع ثبات الظروف واستمرارها، ويتضح من الجدول (4) أن كثافة التصريف بحوض المنطقة بغت (1.39) كم/كم^2، وتبعاً لتصنيف ستراهلر Strahler، للكثافة التصريفية فإن حوض المنطقة ذو كثافة خشنة، حيث قلت قيمة كثافته عن (5) كم/كم^2.

6. تكرار المجاري: يعكس لنا هذا المعامل نصيب الكيلومتر المربع من المجاري كعدد، وذلك بغض النظر عن أطوالها، ويستخرج من المعادلة التالية:

تكرار المجاري = أعداد المجاري بالحوض ÷ مساحة الحوض كم^2 (Doornkamp, king, 1971: p. 7).

وتدل النتائج التي تقل عن 4 مجرى/كم^2 على نسيج خشن، بينما التي تتراوح بين 4 – 10 مجرى/كم^2 على نسيج متوسط، أما التي تتراوح مابين 10 – 50 مجرى/كم^2 فإنها تدل على نسيج ناعم (Zakrzewska, 1967: p. 147).

ومن خلال معطيات جدول (4)، يتضح أن تكرار مجرى حوض وادي العوينة قد بلغ (1.18) مجرى/كم^2، وبالتالي فهو حوض ذو قيمة منخفضة ويتسم بالنسيج الخشن وذلك حسب التصنيف سميث المتعارف عليه، وذلك نظراً لقلة تقطعه بالمجاري المائية وبالتي لم تساعد على نمو شبكة تصريف حوضي حتى تصل إلى النسيج الناعم.

7. معدل بقاء المجاري: يعبر لنا هذا المعدل عن المساحة اللازمة لتغذية المجرى الواحد من مجاري الشبكة، وتشير القيم المرتفعة لناتج معدل بقاء المجرى إلى اتساع المساحة الحوضية على حساب مجاري شبكة التصريف مما يقلل من كثافة التصريف للحوض، والعكس. ويقاس بالمعادلة التالية :

معدل بقاء المجرى = مساحة الحوض كم^2 ÷ مجموع اطوال المجاري كم (Doornkamp, King, 1971: p. 7).

أو مقلوب الكسر لكثافة التصريف، أي معدل بقاء المجرى: 1 ÷ كثافة التصريف.

ومنى خلال بيانات جدول (4)، نجد أن هذا الحوض تتسع مساحته الحوضية بالنسبة إلى مجاري شبكة التصريف، إذ بلغ المعدل (0.72) كم/كم^2، وهو قيمة مرتفعة نظراً لزيادة المساحة على حساب مجموع أطوال المجاري به.

8. المسافات بين المجاري: يعبر لنا هذا المعامل عن مدى تباعد وتقارب المجاري داخل الحوض، وتتأثر درجة تباعد المجاري المائية داخل الحوض بخصائص الصخور التي تمر خلالها المجاري من حيث الصلابة والشقوق والفواصل والصدوع، وتشير القيم المرتفعة لهذا المعامل على قلة وتباعد المجاري داخل الحوض حيث تمر هذه المجاري بمناطق تكوينات صخرية صلبة، كما تشير القيم المنخفضة على كثرة وتقارب المجاري مما يدل على أن المنطقة ذات تكوينات لينه، ويستخرج هذا المعامل من المعادلة التالية :

متوسط المسافة بين المجاري = جا45 × س ÷ ع (محسوب، 2001: ص 215، 216).

حيث (س) هو الخط المرسوم على الخريطة وذو طول معين بحيث يقطع أكبر عدد من المجاري، و (ع) هو عدد المجاري التي تتقاطع مع الخط المرسوم (س)، وبتطبيق هذه المعادلة على حوض الدراسة ومن جدول (4) يتبين أن المسافة بين المجاري بحوض وادي العوينة بلغت (0.51) كم، ما يدل على أن حوض المنطقة ذو تكوينات صخرية لينة.

9. بعض سمات المجاري الرئيسية للأودية: يتصف المجرى الرئيسي لكل حوض بسمات توضح لنا طبيعة المجرى الرئيسي له، واللذي يمكن وصفه من خلالها. ويوجد بالمجاري الرئيسية بحوض الدراسة نوعان من أنماط المجاري: النمط المستقيم والنمط المتعرج، وهذا يقاس من المعادلة التالية:

معدل التعرج = الطول الفعلي للمجرى ÷ الطول المستقيم للمجرى (Clowes, 1983: p. 128).

وقد أشار موريساوه إلى أن المجرى المستقيم يقل معدل تعرجه عن 1.05، كما يتراوح معدل تعرج النمط المتعرج ما بين (1.05 – 1.5)، أما النمط المنعطف فيزيد معدل تعرجه عن 1.5 (Morisawa, 1985: p. 19).

ومن خلال بيانات جدول (4) يتضح أن معدل التعرج لمجرى حوض وادي العوينة بلغ (1.0)، وبذلك يصنف بأنه حوض ذو مجرى مستقيم، وذلك ربما يرجع إلى تأثر هذا المجرى بالانكسار بحيت تتبعت المجاري تلك الفواصل لشق مجاريها.

جدول (4) المؤشرات المورفومترية لشبكة تصريف وادي العوينة

المؤشر	القيمة
معدل نسبة التشعب	4.36
متوسط طول المجري بالرتب	1.18
كثافة التصريف	1.39
تكرار المجاري	1.18
معدل بقاء المجاري	0.72
المسافات بين المجاري	0.51
تعرج المجرى الرئيسي	1

نتائج الدراسة:

1. تبلغ مساحة حوض وادي العوينة 79.74 كم^2، ويبلغ طوله 21.2 كم، ومتوسط عرضه 4.2 كم، ومحيطه 53.2 كم، وتشير معاملات الاستطالة (0.48) والاستدارة (0.35) ومعامل الشكل (0.18) إلى أن الحوض ممدود وغير منتظم الشكل، وهو ما يُستنتج منه أن هذا الشكل يقلل من سرعة تجمع مياه السيول مقارنة بالأحواض الدائرية، لكنه في نفس الوقت يطيل زمن الجريان السطحي.

2. تبلغ الرتبة النهرية لحوض وادي العوينة الرتبة الرابعة رغم كبر مساحته، ويضم 94 مجرى مائياً بطول إجمالي 110.1 كم، منها 76 مجرى (80.85%) في الرتبة الأولى، ومجرى واحد فقط في الرتبة الرابعة، وهذا يُستنتج منه أن الشبكة التصريفية لا تزال حديثة وضعيفة التفرع، ويعود ذلك إلى طبيعة التكوينات الجيرية الصلبة التي تحد من تطور المجاري، إضافة إلى قلة الأمطار وعدم انتظامها.

3. بلغت الكثافة التصريفية 1.39 كم/كم²، وتكرر المجاري 1.18 مجرى/كم²، ومعدل بقاء المجاري 0.72، وهذه القيم تصنف الحوض ضمن الأحواض ذات النسيج التصريفي الخشن إلى المتوسط، مما يُستنتج منه أن ضعف التضرس وانخفاض معدلات الجريان السطحي هما السمة الغالبة على المنطقة، وهو ما يقلل من كفاءة الشبكة في نقل الرواسب والمياه.

4. بلغ التكامل الهيبسومتري 0.12، وقيمة الوعورة 0.91، والتضاريس النسبية 12.24 متراً، وهذه المؤشرات تدل بوضوح على أن الحوض يمر بمرحلة النضج المتأخر في دورته التحاتية متجهاً نحو الشيخوخة، مما يُستنتج منه أن عمليات الحت والتعرية قد استقرت نسبياً، وأن التضاريس أصبحت أكثر انبساطاً مع مرور الزمن، وهو ما يفسر انخفاض قدرة الحوض على حمل الرواسب مقارنة بالأحواض الفتية.

5. بلغ معدل التعرج للمجرى الرئيسي 1.0، مما يصنفه ضمن المجاري المستقيمة، والذي يُستنتج منه أن المجرى الرئيسي قد تتبع الفواصل والكسور في الصخور الجيرية بدلاً من أن يحفر مساراً متعرجاً بفعل قوة الجريان، مما يؤكد سيطرة البنية الجيولوجية على شكل الشبكة التصريفية أكثر من تأثير العوامل الهيدرولوجية.

6. أظهرت النتائج أن الحوض يتمتع باستجابة هيدرولوجية متوسطة للسيول رغم ممدوديته، وذلك بسبب اندماج روافده (معامل الاندماج 1.68) وارتفاع نسبة التشعب (4.2)، ويُستنتج منه أن خطر السيول قائم لكنه ليس بالشديد، وأن المنطقة بحاجة إلى تخطيط دقيق لمواقع السدود وحصاد الأمطار، علماً أن الجريان السطحي لا يحدث إلا تحت ظروف مطرية استثنائية تتجاوز 40 ملم يومياً أو 50 ملم خلال يومين متتاليين.

7. أثبتت الدراسة كفاءة تقنيات نظم المعلومات الجغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) في استخراج وتحليل الخصائص المورفومترية بدقة عالية وسرعة تفوق الطرق التقليدية، وهو ما يُستنتج منه أن الاعتماد على هذه التقنيات في الدراسات المستقبلية ضروري لتوفير الوقت والجهد وتقليل الأخطاء البشرية، خاصة في الأحواض الكبيرة التي تتعامل مع كم هائل من البيانات المكانية.

توصيات الدراسة:

1. توصي الدراسة بتعميم المنهجية المُطبقة في هذه الدراسة (الاعتماد على DEMوتقنيات ArcGIS و Arc Hydro) على بقية أحواض الأودية الواقعة بالسفح الشمالي للجبل الأخضر، وذلك بهدف إنشاء أطلس جيومورفولوجي رقمي متكامل يُشكل قاعدة بيانات مكانية موحدة تُعين الباحثين والمخططين في دراساتهم المستقبلية.

2. توصى الدراسة بإجراء تحليلات إحصائية ارتباطية (باستخدام معاملات الارتباط والانحدار) بين الخصائص المورفومترية ونسب التسرب المائي في التكوينات الجيرية، لتقييم كفاءة الحوض في تغذية الخزانات الجوفية، خصوصاً في ظل اعتماد المنطقة على المياه الجوفية كمصدر أساسي.

3. توصي الدراسة بالاستفادة من مؤشري الاستطالة (0.48) ومعامل الاندماج (1.68) في تصنيف المناطق العمرانية والزراعية القائمة على ضفاف الوادي، بحيث تُراعى اشتراطات البناء الآمنة في المناطق التي تتسم بسرعة استجابة هيدرولوجية متوسطة، وتحديد مسارات آمنة لتصريف مياه السيول العارمة بعيداً عن الكتل السكانية والمزارع المحفوفة بالمخاطر.

4. توصى الدراسة بتوظيف بيانات الكثافة التصريفية (1.39 كم/كم²) وقيمة الوعورة (0.91) لتحديد أنسب المواقع التقنية لإقامة سدود التغذية الجوفية وحواجز حصاد مياه الأمطار، مع التركيز على المناطق التي تشهد تزايداً في الترتيب الهضمي للشبكة (الرتبة الثالثة والرابعة) كونها الأكثر قدرة على تجميع وتوجيه الجريان السطحي.

5. بناءً على طبيعة الجريان السطحي المؤقت الذي أشارت إليها نتائج الدراسة (كونه لا يحدث إلا بهطول يتجاوز 40 ملم يومياً)، تُوصى الدراسة بإنشاء نظام إنذار مبكر هيدرولوجي مُستند إلى بيانات الرادار والأقمار الاصطناعية، يُحدد العتبات الحرجة للأمطار التي تُحفز الجريان في هذا الحوض تحديداً، حمايةً للمنشآت السياحية الواقعة على مصبات الأودية.

المراجع العربية

1. الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية العظمى، (1992): "الهيئة العامة للمياه (هيدروجيو) المرحلة الأولى لدراسة المصادر المائية لمنطقة البيضاء- البياضة "مهندسون استشاريون"، بيزا- إيطاليا.

2. الجماهيرية العربية الليبية الشعبية الاشتراكية العظمى، (1984): "المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والأراضي القاحلة (أكساد)، مشروع منتزه الكوف الوطني، التقرير النهائي"، الدراسات المائية، دمشق.

3. العرفي، محمد علي، (1998): "المصاطب النهرية والأرصفة البحرية دراسة جيومورفولوجية تطبيقية بمنطقة الجبل الأخضر"، مجلة قاريونس العلمية، جامعة قاريونس، السنة الحادية عشر، العدد الممتاز، كلية الآداب، بنغازي.

4. العلواني، محمد عطايا، (2005): التحليل الرياضي الجيومورفومتري لبعض الأودية الساحلية بمنطقة الجبل الأخضر، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، كلية الآداب، جامعة قاريونس.

5. الفاخري، مرعي راف الله سعد، (2026): "التحليل المورفومتري لحوض وادي درنة باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية"، مجلة جامعة فزان العلمية، المجلد الخامس، العدد الأول، فزان – ليبيا.

6. المبروك، محمد عطايا، مهدي، محمد مهدي (2024): "خصائص شبكة التصريف المائي لحوض وادي المهبول في منطقة الجبل الأخضر واستخدام عمليات التحليل الرياضي الهيدرولوجي لحوض الوادي"، العدد التاسع، مجلة قورينا العلمية، جامعة قورينا، بنغازي.

7. المسلاتي، أمين (1995): "التطور الجيولوجي و التكتوني، في كتاب الجماهيرية دراسة في الجغرافيا"، تحرير الهادي ابولقمة ، سعد القزيري، الدار الجماهيرية للنشر والتوزيع، سرت.

8. الهرام، فتحي أحمد، (1997): "جيومورفولوجية الساحل الليبي" في كتاب الساحل الليبي، تحرير القزيري، سعد القزيري، بولقمه، الهادي، منشورات مركز البحوث الاستشارية، جامعة قاريونس- بنغازي.

9. بن طاهر، لبنى سليمان، (2022): "التحليل المورفومتري لأحواض و أودية التصريف بمدينة بنغازي- ليبيا, بالتكامل بين تقنيات نظم معلومات الجغرافية و الاستشعار عن بعد"، مجلة البحوث الهندسية والعلوم التطبيقية، العدد العاشر، هون – ليبيا.

10. جودة، حسنين، عاشور، محمود، وآخرون، (1991): "وسائل التحليل الجيومورفولوجي"، الطبعة الأولى، القاهرة.

11. عاشور، محمود محمد، (1983): "التحليل المورفومتري لشبكات التصريف المائي"، المجلة الجغرافية العربية، السنة الخامسة عشرة، العدد الخامس عشر، القاهرة.

12. علاجي، آمنة بنت أحمد بن محمد، (2010): تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات الخصائص المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية في حوض وادي يلملم، رسالة ماجستيرغير منشورة، جامعة أم القرى.

13. والطون، كينيث، (1976): "الأراضي الجافة "، ترجمة: شاهين، علي عبد الوهاب، دار بورسعيد للطباعة، الإسكندرية.

14. محسوب، محمد صبرى محسوب، (2001): جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، دار الفكر العربي، القاهرة.

15. محمد، عطايا محمد، مهدي، محمد مهدي، صالح، أشرف محمد، (2020): "التحليل المورفومتري لأحواض (وادي الكوف) باستخدام نظم المعلومات الجغرافية برنامج GIS 10.8"، المجلد 4، العدد 12، جامعة السيد محمد بن علي السنوسي الإسلامية مركز السيد أحمد الشريف للدراسات والبحوث العلمي، البيضاء.

16. مصطفى، أحمد أحمد، (2000): "الخرائط الكنتورية "، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية.

المراجع الأجنبية:

1) Clowes, A., & Comfort, P. (1983): ‘‘Processes and Landform, Conceptual Frameworks in Geography’’, Oliver & Boyd, Edinburgh.

2) Doornkamp, J.C., King, C. A. M,(1971): ‘‘Numerical Analysis in Geomorphology- Introduction, London

3) Motawil A., Gebril, (1995): “Water Erosion on the Northern slope of Jabal Akhdar of Libya, (Unpublished PH D), Thesis, Durham University.

4) Gregory, K. J., & Walling, D . E:, (1979): ‘‘Drainage Basin: Form and Process. A Geomorphological Approach’’, Edward Arnold, London .

5) Horton. R.E, (1932): Drainage basin character istics. Transactions of the American Geophysical Union.

6) Horton, R . E ., (1945): ‘‘Erosional Development of Stream and Their Drainage Age Basins’’ ; Hydro physical Approach to Quantitative Morphology, Geol . Soc . Amer . Bull.

7) Melton, M.A. (1957): ‘‘An analysis of the relations among elements of climate, surface properties and geomorphology’’, Office of Naval Research, Geography Branche project NR 389-402, tech. Rept.11.

8) Miller, V.G. (1953): ‘‘A Quantitative Geomorphic Study of Drainage Basin Characteristics in the Clinch Mountain Area’, Columbia University.

9) Morisawa, M., (1985): River -Forms and Processes, Longman, London.

10) Pavel Rohlich, (1974): ‘‘Geological Map of Libya’’, sheet AL-Baydah, Explanatory booklet, Industrial Research Centre, Tripoli.

11) Schumm, S. A ., (1956): ‘‘Evolution of Drainage Systems & slopes in Badlands & Perth Amboy’’, Geol . Soc . Am . Bull, Vol .67, New Jersey.

12) Strahler, A. N.,(1957): ‘‘Quantitative analysis of Watershed geomorphology’’. Am. Geophys. Union. Trans,.

13) Strahler, A. N., (1964): "Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks.", McGraw-Hill, New York.

14) Zakrzewska, B., (1967): ‘‘Trends and Methods in Landform Geography’’, Annals of the Association of American Geographers. Vol. 57, No. 1.