



حوليات آداب عين شمس المجلد ٤٨ (عدد إبريل – يونيو ٢٠٢٠)

<http://www.aafu.journals.ekb.eg>

(دورية علمية محكمة)



جامعة عين شمس

حوض وادي بيارة في شمال العراق (دراسة مورفومترية)

م. انتظار مهدي عمران*

أ.م.د. هالة محمد عبد الرحمن**

جامعة بابل/كلية التربية للعلوم الانسانية

جامعة بغداد/كلية التربية للنبات

المستخلص

تهدف الدراسة إلى استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية في الكشف عن الخصائص المورفومترية لحوض وادي بيارة والمتمثلة بالخصائص المساحية والشكلية وابعاد الحوض والتضاريس وخصائص شبكة الصرف المائي فضلاً عن التعرف على أنماط التصريف من اجل بناء قاعدة معلومات جغرافية رقمية للحوض.

تم استخدام الخرائط الطبوغرافية مقياس ١:١٠٠٠٠٠٠ ونموذج الارتفاع الرقمي (DEM) في تحديد ورسم الخرائط الطبوغرافية وشبكة الصرف المائي فضلاً عن الخريطة الجيولوجية مقياس ١:٢٥٠٠٠٠٠، تم انتاج خريطة الشبكة النهرية والتي صنفت بحسب طريقة ستريلر إلى مراتبها النهرية، تم دراسة العوامل الطبيعية المؤثرة في الحوض لاسيما الطبيعة الصخرية والمناخ والخصائص الطبوغرافية.

اشتملت الدراسة على اقامة العلاقات المكانية بين العوامل والعمليات والخصائص المورفومترية.

بلغت مساحة الحوض الكلية (٩٣.٣٦ كم^٢)، وبلغت خمس مراتب نهريّة وتباينت هذه المجاري في اعدادها وأطوالها بحسب مراتبها وأطوالها وبمجموع أعداد المجاري النهرية (٦٤٩) وبمجموع أطوال (٤١.٦١ كم). بسبب التباين في عمليات تكوينها ونشأتها فضلاً عن تباين العوامل البيئية المكونة لها، كما تباينت الخصائص التضاريسية لحوض بيارة، إذ يمر بمرحلة الشباب وعدم التوازن.

الحوض، نموذج الارتفاع الرقمي، الشبكة النهرية، المقطع الطولي.

المقدمة:

تعد الدراسات المورفومترية أساساً في التحليل الكمي ومعرفة الخصائص الجيومورفولوجية والهيدرولوجية للأحواض المائية، إذ ترتبط ارتباطاً مباشراً بالعوامل الطبيعية والتغيرات التي تطرأ عليها، لذا تمت دراسة الخصائص المورفومترية لحوض بيارة من أجل الحصول على تحليل كمي مفصل.

حدود منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة من الناحية الإدارية في محافظة السليمانية وضمن قضاء حلبجة في الشمال الشرقي من العراق، تنحصر فلكياً بين دائرتي عرض (٣٥.١٠ - ٣٥.١٨) شمالاً وقوسي طول (٤٥.١٢ - ٤٦.٥٠) شرقاً، وبمساحة (٩٣.٣٦ كم^٢). الخريطة (١).

هدف الدراسة:

تسعى الدراسة إلى استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية في الكشف عن الخصائص المورفومترية لحوض بيارة والمتمثلة بالخصائص المساحية والشكلية وابعاد الحوض والتضاريس وخصائص شبكة الصرف المائي، وطبيعة العوامل والعمليات التي شكلتها والمؤثرة فيها.

الخصائص الطبيعية لمنطقة الدراسة:**١- جيولوجية المنطقة:**

تقع منطقة الدراسة شمال شرق العراق، ضمن النطاق الإقليمي (منطقة الاندفاعات)، وضمن نطاق التفرع الإقليمي الوسطي (حزام كلكلة - خواركورك)، وتظهر في حوض بيارة عدة تكوينات وهي (أفرومان، وحدة كلكلة المدملكة، كلكلة راديولاري ورواسب السهل الفيضي)، وتعد البنية الجيولوجية من العوامل الطبيعية المؤثرة في مورفومترية الأحواض النهرية، إذ إن طبيعة الصخور ونظام بنية الطبقات والتراكيب الصخرية كلها عوامل تشترك في تشكيل الخصائص المورفومترية للشبكة المائية. الخريطة (٢).

٢- التضاريس:

تقع منطقة الدراسة ضمن إقليم الجبال في العراق، ضمن سلسلة الجبال البسيطة الالتواء والسهول الجبلية ١. ومن سلسلة جبال هورمان وعلى ارتفاع (١٠٤٤-٥٤٢) فوق مستوى سطح البحر، وبلغ معدل الانحدار (٢.٢٥ م/م)، أثرت طبيعة الارتفاعات في حوض بيارة على انسياب وحركة المياه، وما توفره من ترسبات أو نحت أو تعرية تراجمية وغيرها مما تؤثر على الخصائص المورفومترية وانماط التصريف في الأحواض المائية.

٣- المناخ:

تعد عناصر المناخ عامل مهم في تشكيل شبكة المجاري المائية للحوض، وبحسب قوة وتأثير تلك العناصر وتركزها، لذا تمت دراسة المناخ بالاعتماد على محطات بيارة، حلبجة المتواجدة في منطقة الدراسة. وطبقت معادلة (Thornthwate) لقياس معامل الجفاف في منطقة الدراسة، إذ بينت إن محطة بيارة (٨٣.٨٣) ذات مناخ رطب، أما محطة حلبجة فبلغت (٤٩.٢٥)، وبذلك فأنها تقع ضمن المناخ شبه الرطب.

الخصائص المورفومترية لحوض بيارة:**١- الخصائص المساحية:**

تعد مساحة الحوض المائي كمتغير مورفومتري إذ تؤثر في حجم التصريف المائي داخل الحوض، وتوجد علاقة بين المساحة الحوضية وحجم التصريف لشبكة الصرف

المائي ٢. بلغت مساحة حوض بيارة (٢٦٦.٣٦ كم^٢)، وبذلك فهو أحد الأحواض المتوسطة المساحة بالنسبة للأحواض المجاورة.

٢- أبعاد الحوض:

تتباين أبعاد الأحواض فيما بينها بحسب مساحاتها وتشمل بُعد الطول والعرض والمحيط وكما يأتي: الجدول (١).

١.٢ طول الحوض:

تبرز أهميته لارتباطه بالكثير من الخصائص الأخرى الخاصة بحوض التصريف. وهو خط يمتد بين نقطة المصب وأعلى نقطة من منطقة خط تقسيم المياه بأعلى النهر. وقد بلغ طول حوض بيارة (٢٦٦.٦ كم)، وامتاز بالشكل الطولي مما يدل على ارتفاع المعامل الهيسومتري وبالتالي زيادة عملية التعرية الحثية في الصخور الكلسية التي تتأثر بالتعرية المائية.

٢.٢ عرض الحوض:

يقاس بأخذ عدة قياسات لعرض الحوض واحتساب معدلها. إذ بلغ معدل حوض بيارة (٣.١٩ كم)، يعد التباين في عرض الأحواض المائية نتيجة تباين نظام ونوع الصخور مما تؤدي إلى تباين عمليات التعرية التي تنحدر نحو الوادي الرئيس، مما يزداد معها متوسط عرض الحوض.

الجدول (١) أبعاد حوض بيارة

المحيط كم	العرض كم	الطول كم
٦٨.٧٥	٣.١٩	٢٦٦.٦

المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، باستخدام برنامج Arc GIS ١٠.٣.

٣.٢ محيط الحوض:

يمثل الإطار الخارجي للحوض، ويفصل كل حوض عن الأحواض الأخرى (خط تقسيم المياه)، ويعد دليل على اتساع الحوض وتطوره الجيومورفولوجي، وبلغ محيط حوض بيارة (٦٨.٧٥ كم)، ويرتبط المحيط بعلاقة طردية مع المساحة.

٣.٢ الخصائص الشكلية:

تعددت المحاولات لقياس الخصائص الشكلية سواء من جانب الجيومورفولوجيين المهتمين بالتعرية المائية أو الهيدرولوجيين، إذ تبرز أهميته في فهم التطور الجيومورفولوجي للأحواض المائية والعمليات التي شكلته، إلى جانب فهم تأثير الشكل وأثره في حجم التصريف المائي، ومن ثم تحديد درجات خطر الفيضانات، وقياس شكل الحوض بمقارنته بالأشكال الهندسية الشائعة كالدائرة والمستطيل والمثلث بقياس النسبة بين الطول والعرض ٣. ومن أهم القياسات التي يمكن استخدامها لقياس شكل الحوض هي:

١.٣.٢ نسبة الاستطالة:

تشير إلى اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض من الشكل المستطيل، ونقل النسبة في الأحواض الطولية والتي تمتاز بجريان مائي منتظم زامانياً وبتصريف واطئة نسبياً عند مقارنتها بالأحواض الدائرية الشكل، بسبب تعرض الموجات التصريفية إلى عامل التسرب والتبخر من خلال عملية الجريان من المنبع إلى المصب. وتستخرج وفق المعادلة الآتية: الجدول (٢).

$$\text{نسبة الاستطالة} = \frac{\text{طول قطر دائرة بنفس مساحة الحوض / كم}}{\text{أقصى طول للحوض / كم}}$$

بلغت نسبة الاستطالة لحوض بيارة (٠.٤١) ويقترب بذلك إلى الشكل المستطيل، وتمتاز الأحواض الأقرب إلى الاستطالة بجريان مائي غير منتظم زمانياً وكميات قليلة لطول مجاريها ولاسيما المراتب العليا منها وتعرج خطوط تقسيم المياه وقليلة التضرس والانحدار، كما تتطابق محاور وديانها مع اتجاهات تتبع الظواهر الخطية، مما يزيد من أطوالها.

الجدول (٢) الخصائص الشكلية لحوض بيارة

معامل الاندماج	نسبة الطول إلى العرض	معامل شكل الحوض	نسبة تماسك المحيط	نسبة الاستدارة	نسبة الاستطالة
٠.٢	٨.٣٤	٠.١٣	٢	٠.٢٥	٠.٤١

المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، باستخدام برنامج Arc GIS ١٠.٣.

٢.٣.٢. نسبة الاستدارة:

تشير إلى نسبة تقارب أو تباعد شكل الحوض من الشكل الدائري المنتظم، وارتفاع النسبة يعني وجود أحواض مائبة مستديرة الشكل، وأيضاً يشير إلى تقدم الأحواض المائبة في دورتها الحثية، إذ إنها تزداد مع الزمن بسبب ميل الأنهار إلى حفر وتعميق مجاريها قبل توسيعها. أما انخفاضها فيشير إلى عدم انتظام وتعرج لخطوط تقسيم المياه، مما يؤثر في طول المجاري المائبة فيه خاصة ذات الرتب الدنيا التي تقع عادة عند مناطق تقسيم المياه، وتؤثر أيضاً في حدوث الأسر النهري في المناطق المتجاورة والمتداخلة في الأحواض المائبة المختلفة. وتستخرج وفق المعادلة الآتية:

$$\text{مساحة الحوض / كم}^2$$

$$\text{نسبة الاستدارة} = \frac{\text{مساحة دائرة يساوي محيطها محيط الحوض نفسه / كم}^2}{\text{مساحة الحوض / كم}^2}$$

بلغت نسبة الاستدارة لحوض بيارة (٠.٢٥)، وهو بذلك أبعد عن الشكل الدائري والتي تمتاز بتعرج خطوط تقسيم المياه بسبب كثرة الصدوع الثانوية والشقوق التي أثرت في محيط الحوض مما يزيد من عملية النحت التراجعي نحو خط تقسيم المياه، وأيضاً تحكم الصدوع الرئيسية في تقوس الحوض وابتعادها عن الشكل الدائري، مما يدل على إنها في بداية مراحل تطور الدورة الجيومورفولوجية.

٢.٣.٣. نسبة تماسك المحيط:

يستخرج من مقارنة محيط الحوض بمحيط دائرة لها مساحة الحوض نفسها، ويشير إلى مدى ابتعاد أو اقتراب شكل الحوض عن الشكل الدائري، وهي أكثر من واحد صحيح، فكلما اقتربت النسبة من الواحد الصحيح دل على اقتراب الحوض من الشكل الدائري وابتعاده عن الواحد الصحيح دليل على ابتعاد الحوض عن الشكل الدائري. ويعبر عنها: (٦)

$$\frac{1}{\sqrt{\quad}} = \text{نسبة تماسك المحيط}$$

نسبة تماسك المساحة

بلغت نسبة تماسك المحيط (٢)، الجدول (٢)، إذ تدل على اقترابها من الشكل المستطيل، فهي تمتاز بتعرج خطوط تقسيم المياه وهي في بداية مراحل الدورة الجيومورفولوجية.

٤.٣.٢. معامل شكل الحوض:

يبين مدى العلاقة بين المساحة الحوضية والطول، ويستدل على مدى تناسق أجزاء الحوض وانتظام الشكل العام، فكلما قل معامل الشكل عن الواحد الصحيح دل على عدم تناسقه وانتظامه، ويدل أيضاً على اقتراب شكل الحوض من المثلث واختلاف أحد البعدين على حساب الآخر لأسباب منها الحركات الأرضية أو وجود طيات، أما بارتفاع القيمة عن الواحد الصحيح يدل على إن عرض الحوض أكبر من طوله، وأيضاً يدل على اقترابه من الشكل الدائري. ويستخرج وفق المعادلة الآتية ٧:

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

مربع طول الحوض / كم

بلغت قيم معامل شكل الحوض أقل من الواحد الصحيح (٠.١٣) وهي قيمة منخفضة، وهي أقرب إلى الشكل المثلث.

تبرز أهميتها بمعرفة تأثير الشكل المثلث على القيمة الهيدرولوجية للحوض، ولا سيما نظام الصرف، فعندما يشكل رأس المثلث المنبع وقاعدته المصب، فالصرف المائي يبلغ الذروة بعد هطول الأمطار مباشرة، لقرب المسيلات المائية من المصب الرئيس ولسرعة وصول الموجة من المنبع إلى المصب، مما يؤدي إلى زيادة عمليات التعرية المائية والنحت القاعي على حساب الجوانب، فتصل ذروة التصريف خلال مدة قصيرة.

تمثل حوض بيارة بقاعدة المثلث عند المنبع ورأسه بالمصب التي امتازت بقلّة خطر الفيضان لبعد المسيلات المائية عن المصب، ولاقتراب مجاري الرتب الدنيا من بعضها البعض يؤدي إلى زيادة عملية النحت التراجعي، أي تعميق الوادي لمجره خلفاً جروف حادة الانحدار وتراجع سفوح المنحدرات مما يؤثر في مناطق تقسيم المياه وحدث عمليات الأسر النهري ٨.

٥.٣.٢. نسبة طول الحوض الى عرضه:

تبين مدى اقتراب أو ابتعاد الحوض من الشكل المستطيل. فكلما ارتفعت القيمة دلت على الاستطالة وإذا قلت دلت على الاستدارة ٩.

$$\frac{\text{الطول / كم}}{\text{العرض / كم}} = \text{نسبة الطول الى العرض}$$

بلغت نسبة الطول إلى العرض لحوض بيارة (٨.٣٤) وهو أقرب إلى الشكل المستطيل بحسب نسبة الاستطالة (٠.٤١)، مما يشير إلى قلة تعرج خطوط تقسيم المياه وزيادة نسبة طوله إلى عرضه.

٦.٣.٢. معامل الاندماج:

يقاس الشكل بدلالة محيط الحوض، والمقارنة بدلالة مساحة الحوض. وتشير القيم المرتفعة إلى زيادة طول المحيط على حساب مساحته بسبب تعرجه الشديد ومن ثم يكون

شكلاً أقل انتظاماً، أما القيم المنخفضة فتدل على إن حوض التصريف المائي قد قطع شوطاً أطول في مراحل تطوره الجيومورفولوجي. ويستخرج وفق المعادلة الآتية^١:

محيط الحوض / كم

معامل الاندماج =

محيط الدائرة تساوي مساحتها مساحة الحوض كم

بلغ معامل الاندماج لحوض بيارة (٠.٢)، امتاز بتطور الدروة الجيومورفولوجية فيها، وإن الأحواض المائية قطعت شوطاً في مرحلة التعرية.

٤.٢. الخصائص التضاريسية:

تبرز أهمية الخصائص التضاريسية في معرفة عمليات التجوية والتعرية ودورها في تكوين الأشكال الأرضية للمنطقة. وانعكاساً لأثر أنواع الصخور وخصائصها البنيوية. وأهم المقاييس التي يمكن من خلالها التعرف على هذه الخصائص:

١.٤.٢. نسبة التضرس:

تعتبر عن طبيعة الخصائص التضاريسية للأحواض المائية. ومؤشر في تقدير الرواسب المنقولة بسبب التباين في الارتفاع بين المنبع والمصب بالتعرية والترسيب، وبزيادة النسبة تزداد التعرية المائية وكمية الرواسب المنقولة. وتقاس وفق المعادلة الآتية^١:

الفرق بين أعلى وأدنى نقطة في الحوض / م

نسبة التضرس =

طول الحوض/كم

بلغت نسبة التضرس في حوض بيارة (٦٦.٥٤)، الجدول (٣)، وتدل القيم المرتفعة على نشاط عمليات أحت والتعرية المائية، وترتبط نسبة التضرس بعلاقة طردية مع الانحدار، فكلما قلت نسبة التضرس قلت درجة الانحدار ومع ارتفاعها ترتفع نسبة التضرس.

الجدول (٣) التضاريس النسبية لأحواض منطقة الدراسة

نسيج الحوض	قيمة الوعورة	التكامل الهبومتري	التضاريس النسبية	نسبة التضرس	فرق الارتفاع
٩.٤	٦.٦٩	٠.٠٤	٠.٩٧	٦٦.٥٤	١٧٧٠

المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، باستخدام برنامج Arc GIS ١٠.٣.

٢.٤.٢. التضاريس النسبية:

تعتبر عن تضرس الحوض المائي، وتمثل العلاقة بين تضرس الحوض ومحيط الحوض. وتقاس وفق المعادلة الآتية^{١٢}:

تضاريس الحوض (م)

التضاريس النسبية =

محيط الحوض (كم)

بلغت نسبة التضاريس النسبية لحوض بيارة (٠.٩٧)، الجدول (٣)، إذ يمتاز الحوض بضعف تركيبها الصخري ومساحتها الكبيرة مما أدى إلى تباين بين المنبع والمصب وتباين عمليات التعرية فيها.

٣.٤.٢. التكامل الهيسومتري:

العلاقة بين مساحة الحوض المائي والتضاريس الحوضية وكمية المواد التي تتم ازلتها بعوامل التعرية والمواد التي لا تزال تنتظر دورها في عوامل التعرية في حوض التصريف، ويقاس وفق المعادلة الآتية^{١٣}:

$$\frac{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}}{\text{تضاريس الحوض (م)}} = \text{التكامل الهيسومتري}$$

تدل القيم المرتفعة على زيادة المساحة على حساب التضاريس، وتتمثل في الأحواض التي استطاعت أن تأسر المجاري المائية الأقل منها قوة على أن تكون قد بلغت مراحل متقدمة في دورتها الحثية، أما القيم المنخفضة فتدل على حداثة عمر الأحواض المائية وصغر مساحتها، وهي ما تزال في بداية مراحل الدورة الحثية^{١٤}، بلغت نسبة التكامل الهيسومتري لحوض بيارة (٠.٠٤)، الجدول (٣)، إذ يمتاز بكبير مساحاته مما يزيد من أعداد المراتب وخاصة المراتب الدنيا المائية فقد بلغت (٦٤٩) وادي، مما تزيد من التعرية، بتضرس (٠.٩٧).

٤.٤.٢. المعامل الهيسومتري: Hypsometric Integral

يوضح مراحل تطور العمليات الجيومورفولوجية، فإذا كان المنحنى مقوس إلى الأعلى يدل على إن الحوض في مرحلة الشباب، أما إذا كان مقعر فإن الحوض في مرحلة النضج. يعد أحد الوسائل الكمية التي تصف مورفولوجية المرحلة التي وصل إليها الحوض كلياً أو جزءاً منه. يقاس وفق المعادلة الآتية^{١٥}:

$$\frac{\text{الارتفاع النسبي}}{\text{المساحة النسبية}} = \text{المعامل الهيسومتري}$$

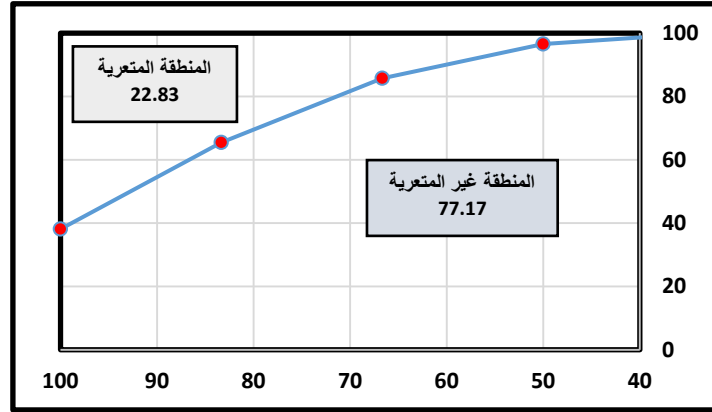
بلغت نسبة معامل الهيسومتري (٧٧.١٧%) غير متعرية، و(٢٢.٨٣%) متعرية، وبحسب تصنيف (Strahler*)^{١٦} فإن حوض بيارة يمر بمرحلة الشباب، ولا زالت ثلثي مساحة الحوض تنتظر دورها في عملية التعرية، والحوض يمر بمرحلة عدم التوازن وإن عملية التعرية تفوق عملية الترسيب، بسبب مقاومة صخورها لعمليات التعرية. الجدول (٤). الشكل (١).

الجدول (٤) المعامل الهيسومتري لحوض بيارة

الأجزاء	الارتفاع النسبي	المساحة التراكمية	المساحة النسبية
A	٣٣.٣٣	٣٥.٥٨	٣٨.١١
B	٥٠.٠٠	٦١.١	٦٥.٤٥
C	٦٦.٦٧	٨٠.٠٥	٨٥.٧٤
D	٨٣.٣٣	٩٠.١٢	٩٦.٥٣
F	١٠٠	٩٣.٣٦	١٠٠

المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM وبرنامج Arc GIS ١٠.٣

الشكل (١) المنحنى الهيسومترى لحوض بياردة



المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM وبرنامج Arc GIS ١٠.٣
٥.٤.٢. قيمة الوعورة:

تشير إلى مدى تضرس الحوض ومدى انحدار المجرى المائي فيه وكلما ارتفعت قيمته دل على شدة التضرس، وسيادة التعرية المائية التي تعمل على أحت ونقل المواد الصخرية من المنابع العليا إلى أسفل المنحدرات والمناطق المنخفضة من الحوض. وتشير الدراسات إلى إن قيمة الوعورة تبدأ بالانخفاض في أولى مراحل الدورة الحتية، ثم تبدأ تدريجياً بالتزايد حتى تصل حدها الأقصى عند بداية مرحلة النضج، ومن ثم تبدأ قيمتها بالانخفاض مرة أخرى عند نهاية الدورة الحتية. وتقاس وفق المعادلة الآتية:

$$\text{قيمة الوعورة} = \frac{\text{تضاريس الحوض} \times \text{كثافة تصريف الطولية}}{10000} *$$

بلغت قيمة الوعورة لحوض بياردة (٦.٦٩)، وهي مرتفعة بسبب امتدادها مع السلاسل الجبلية ذات الوعورة العالية كسلسلة هورمان في شرق منطقة الدراسة.

٦.٤.٢. نسيج الحوض:

يبين مدى تضرس سطح الأرض وتقطعها ومعرفة مدى كثافة الصرف، فكلما اقتربت الأودية من بعضها البعض وازدادت خطوط شبكة الصرف بأعداد الأودية يدل على شدة تقطعها، ويعتمد على عدد الأودية في كم^٢ الواحد، فيكون النسيج خشن إذا كان عدد الأودية أقل من (٤)، ومتوسط بين (٤-١٠)، وناعم إذا أكثر من (١٠). ويستخرج وفق المعادلة الآتية ١٧:

$$\text{نسيج الحوض} = \frac{\text{عدد اودية الحوض}}{\text{محيط الحوض}}$$

بتطبيق المعادلة على حوض بياردة نلاحظ إنه بلغ (٩.٤) وهو ضمن النسيج المتوسط، لتتباين الصخور فيها وطول المسافة من المنبع إلى المصب.

٥.٢. خصائص شبكة الأودية:

يعد الشكل العام لروافد الوديان بمختلف رتبها انعكاساً للعلاقة بين خصائص الصخور من صلابة ونفاذية وانحدار ودرجة تضرس والشكل التركيبي من صدوع وفواصل من جهة وبين المناخ من جهة أخرى، وتؤثر تلك الخصائص في التصريف المائي وتحديد نشاط أوديتها^{١٨}، وللتعرف على خصائص الشبكة المائية لأبد من دراسة المؤشرات الآتية:

١.٥.٢. المراتب النهرية:

يقصد بالمراتب النهرية مجموعة الروافد التي يتكون منها النهر نتيجة لتجمع الروافد الصغيرة جداً، والتي تعد بداية المسيلات والجداول المائية إلى أن تتجمع مع بعضها فتتمو طولاً وسعة وتصريفاً إلى أن يتكون النهر الرئيس الذي يأخذ مجراه إلى مصبه^{١٩}. صنفت المراتب النهرية للأحواض المائية بالاعتماد على Strahler^{٢٠}، الخريطة (٣) الجدول (٥)، تتباين رتب وأعداد المراتب النهرية لحوض بيارة إذ بلغ خمس مراتب نهرية، وتتباين أعدادها بتباين المرتبة النهرية إذ بلغت (٥٢٠) للمرتبة الأولى، و(١٠٢) للمرتبة الثانية، و(٢١) للمرتبة الثالثة، و(٥) للمرتبة الرابعة ومجرى واحد للمرتبة الخامسة. تتميز مجاري المرتبة الأولى بأنها الأقصر طولاً، بلغ مجموع **معدل أطوال وديان المرتبة الأولى (٠.٤ كم). ومجموع معدل أطوال وديان المرتبة الثانية (٠.٦ كم)، أما المرتبة الثالثة فبلغت مجموع معدل أطوال وديانها (٢.٢ كم)، والمرتبة الرابعة بلغت (١٠.٦٦ كم)، أما المرتبة الخامسة فهي الأطول إذ بلغ مجموع معدل أطوالها (٢٧.٧٥ كم).

الجدول (٥) أعداد وأطوال المجاري المائية لحوض بيارة

المرتبة الأولى	المرتبة الثانية	المرتبة الثالثة	المرتبة الرابعة	المرتبة الخامسة	المرتبة السادسة	المرتبة السابعة	المرتبة الثامنة	المرتبة التاسعة
٥٢٠	٢٠٢	٠.٤	١٠.٢	٦٧.١	٠.٦	٤٥.٣	٢.٢	٢٧.٨
معدل أطوال المراتب الأولى	معدل أطوال المراتب الثانية	معدل أطوال المراتب الثالثة	معدل أطوال المراتب الرابعة	معدل أطوال المراتب الخامسة	معدل أطوال المراتب السادسة	معدل أطوال المراتب السابعة	معدل أطوال المراتب الثامنة	معدل أطوال المراتب التاسعة
٥	١٠.٧	٢.١	١	٢٧.٨	٢٧.٨	٢٧.٨	٢٧.٨	٢٧.٨

المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، باستخدام برنامج Arc gis^{١٠.٣}

٢.٥.٢. نسبة التشعب:

تعد من أهم العوامل التي تتحكم في معدل الصرف النهري، وتتراوح قيمتها بين (٣-٥) في الأحواض العادية وأقل قيمة محتملة هي (٢). وهي مهمة في تحديد دورة التعرية وعمرها الزمني من خلال تحكمها بمعدلات الصرف المائي، إذ إن هنالك علاقة بين الزمن ومعدل التشعب من جهة والصرف المائي من جهة أخرى، وكلما قلت نسبة التشعب زاد خطر الفيضان^{٢١}. وتستخرج وفق المعادلة الآتية^{٢٢}:

$$\text{نسبة التشعب} = \frac{\text{عدد المجاري في مرتبة ما}}{\text{عدد المجاري في المرتبة التي تليها}}$$

بلغ معدل نسبة التشعب (٤.٧٩)، جدول (٦)، بسبب تشابه العوامل الطبيعية (الجيولوجية والطبوغرافية والمناخية والهيدرولوجية).

الجدول (٦) نسبة التشعب لحوض بيارة

الرتب	اعداد المجاري	نسبة التشعب
١	٥٢٠	
٢	١٠٢	٥.١٠
٣	٢١	٤.٨٦
٤	٥	٤.٢٠
٥	١	٥.٠٠
المعدل	٦٤٩	٤.٧٩

المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM، وبرنامج Arc GIS ١٠.٣.

٣.٥.٢. كثافة التصريف:

يقصد بها درجة انتشار وتفرع الشبكة المائية ضمن مساحة الحوض، وهي معيار مهم لقياس سرعة الجريان ومعدل الصرف في أثناء سقوط الأمطار، إذ تزداد سرعة الجريان مع زيادة كثافة التصريف، مما يؤثر في معدل عمليات التعرية النهرية لسطح الأرض. ٢٣. تقسيم كثافة التصريف على:

١.٣.٥.٢. كثافة الصرف الطولية:

تعبر عن العلاقة بين مجموع أطوال المجاري المائية في الحوض ومساحته، وترتبط بعدة عوامل كطبيعة التكوين الصخري وهطول الأمطار وتسرب المياه وكمية الغطاء النباتي، ويعبر عنها ٢٤:

$$\text{كثافة الصرف الطولية} = \frac{\text{مجموع أطوال المجاري المائية/كم}}{\text{مساحة الحوض/كم}^2}$$

هنالك علاقة عكسية بين درجة الانحدار وأطوال المراتب المائية، وعلاقة طردية بين الأمطار الهاطلة وكثافة التصريف. يعد حوض بيارة ذات كثافة تصريفية طولية منخفضة*، الجدول (٧)، إذ بلغ (٣.٧٨)، بسبب زيادة تسرب مياه الأمطار الهاطلة على الصخور ذات النفاذية العالية وخاصة تكوينات الجبس والكلس.

الجدول (٧) خصائص الشبكة المائية لأحواض منطقة الدراسة

كثافة الصرف الطولية	كثافة الصرف العددية	معامل الانعطاف	معدل بقاء المجرى
٣.٧٨	٧	١.١٣	٠.٢٦

المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM، وبرنامج Arc GIS ١٠.٣.

٢.٣.٥.٢. كثافة الصرف العددية:

تعكس حجم التصريف المائي في وحدة مساحية واحدة، وما تسهم من زيادة نشاط التعرية المائية وما ينتج عنها من أشكال أرضية مختلفة، فهي النسبة بين عدد المجاري المائية إلى المساحة الكلية للحوض ٢٥،

ويعبر عنها بالمعادلة الآتية ٢٦:

$$\text{كثافة الصريف العددية} = \frac{\text{مجموع عدد الوديان}}{\text{مساحة الحوض/ كم}^2}$$

بلغت كثافة التصريف العددية (٧)، إن عدم تطور المجاري المائية وطبيعة الصخور الجيرية ذات المسامية والنفاذية التي تزيد من معدل تسرب مياه الأمطار الساقطة وتقلل من الجريان السطحي. تتباين الكثافة العددية بحسب طبيعة الصخور والتضاريس والمناخ، فتزداد في الصخور الصلبة والانحدار العالي وقلة مساحة الحوض.

٤.٥.٢. معامل الانعطاف:

تبرز أهميته من خلال معرفة شدة التعرية المائية أو إلتوائه وقدرة النهر على التعرية الجانبية وفي أي اتجاه، مما له تأثير في استخدامات الارض المختلفة. ويقاس وفق المعادلة الآتية ٢٧:

$$\text{معامل الإنعطاف} = \frac{\text{طول النهر الحقيقي كم}}{\text{طول النهر النموذجي كم}}$$

بلغ معامل الانعطاف (١.١٣)، بسبب قلة التعرية الجانبية وجريانها مع الفواصل والشقوق مما يزيد من استقامتها، ويسبب سرعة في وصول الموجة المائية من المنبع إلى المصب لقلة الالتواءات. ويؤثر في احتمالية فقدان المياه بفعل التسرب، وتعود قلة تعرج حوض بيارة إلى قلة التباين بين التركيب الصخري والتربة والمناخ، مما يقلل من كمية الفاقد بالتبخر والتسرب.

٥.٥.٢. معدل بقاء المجرى:

يدل على متوسط الوحدة المساحية اللازمة لتغذية الوحدة الطولية الواحدة من قنوات شبكة التصريف، بمعنى إنه كلما ازدادت قيمة الناتج دل على اتساع المساحة الحوضية على حساب قنوات مائية محددة الطول. ويقاس وفق المعادلة الآتية ٢٨:

$$\text{معدل بقاء المجرى} = \frac{\text{مساحة الحوض/ كم}^2}{\text{مجموع اطوال المجرى/ كم}}$$

بتطبيق المعادلة على حوض بيارة وجد إن معدل بقاء المجرى (٠.٢٦)، وهذا يشير إلى انخفاض قيمة معدل بقاء المجرى ويرتبط معدل بقاء المجرى بالمرحلة الحثية للمجرى، فمع انخفاض قيمتها تدل على إن الأحواض تمر ببداية مراحلها الحثية، وتتقارب الأودية من بعضها البعض وتقل المسافات بينها، ويتأثر معدل بقاء المجرى بنوع الصخور وتضرس المنطقة والانحدار مما يؤدي إلى سرعة في الجريان السطحي على حساب التسرب.

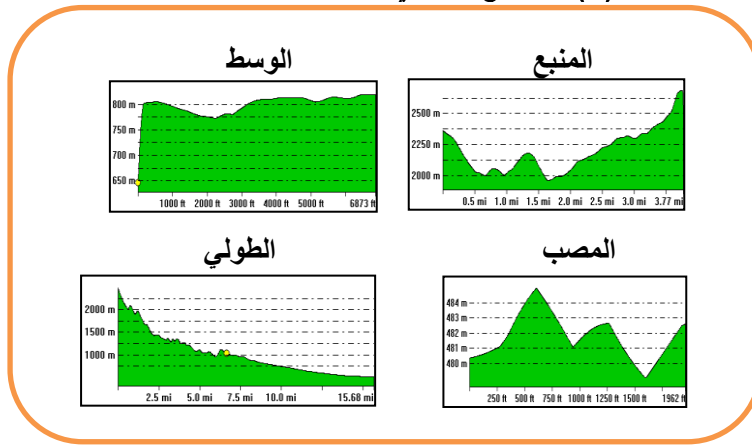
٦.٢. المقاطع الطولية والعرضية لأودية الأحواض المائية:

ترتبط المقاطع الطولية والعرضية للأودية بنوع الصخور والحركات التكتونية والتراكيب الخطية، فضلاً عن مناخ المنطقة والنشاط الجيومورفولوجي للمياه الجارية من تعرية وترسيب، إذ تعمل المياه الجارية على تعرية بعض الاجزاء الوعرة وتسويتها وإرسابها في المناطق المنبسطة ورفع مستواها، أي تقلل الفارق بين أعلى وأدنى نقطة من المجرى يؤدي إلى تشكيل مقطع طولي انسيابي ذات معدلات انحدارية بسيطة، وغالباً ما تعكس المقاطع الطولية طبيعة خصائص الانحدار من المنبع إلى المصب ٢٩. ويعكس مراحل تطور المجرى المائي، فالمقاطع المستقيمة وقليلة الانحدار تمثل مرحلة النهر

المتعادل بين التعرية والترسيب وهي مرحلة متطورة من الدورة الجيومورفولوجية للنهر، والمقطع المقعر يمثل مرحلة النضج والتحدب يمثل مرحلة الشباب. أما أهمية المقاطع العرضية فهي تبين التاريخ الجيومورفولوجي للنهر، ومعرفة الضوابط الجيولوجية والمناخية المحلية التي تحكمت في تطوره ٣٠.

رسم المقطع الطولي لحوض بيارة ابتداءً من منبع الحوض إلى مصبه، الشكل (٢)، إذ يظهر المقطع الطولي المقعر في حوض بيارة مما يدل على إن المجرى المائي في مرحلة النضج.

الشكل (٢) المقاطع الطولي والعرضية لحوض بيارة



المصدر: بالاعتماد على برنامج ١١. Global Mapper

٧.٢. أنماط التصريف المائي:

يعد الشكل العام للمجري المائية النتيجة الأساسية التي تربط بين التركيب الصخري ونظام بنائه من جهة، ومناخ الإقليم والتطور الجيومورفولوجي للمجري في هذا الإقليم من جهة أخرى، إذ تتوقف هذه الأشكال على تباين صلابة الصخور ومدى تأثير منطقة التصريف بالحركات الباطنية والتطور الجيومورفولوجي للحوض المائي. من أهم أنماط التصريف في منطقة الدراسة: الخريطة (٤).

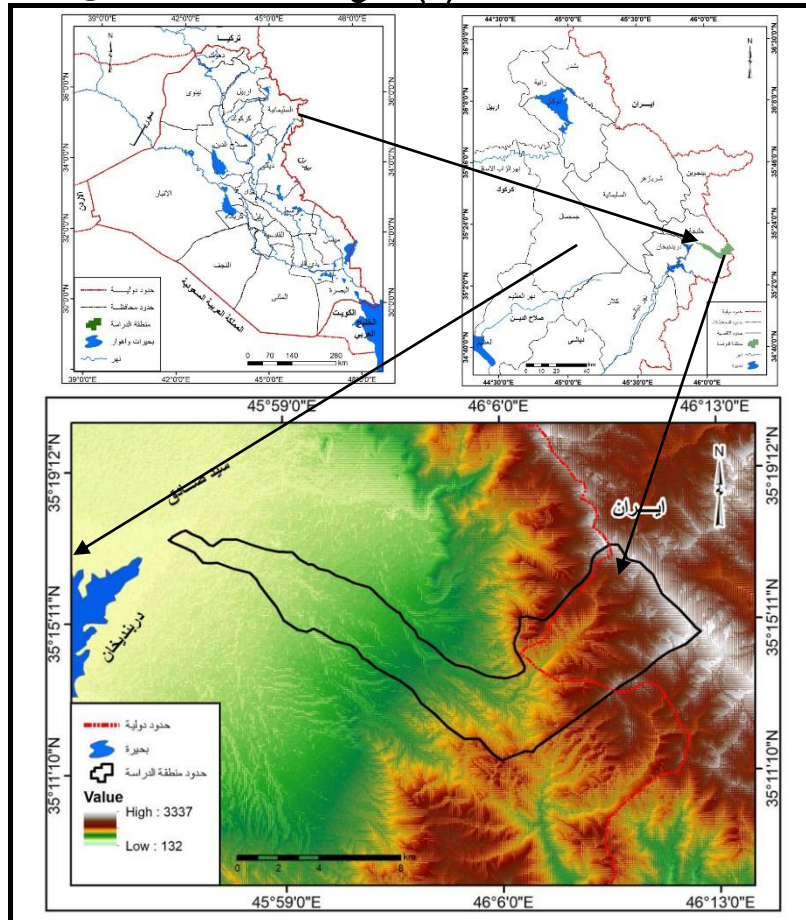
١.٧.٢. النمط الشجري:

يتكون هذا النمط من التصريف في المناطق التي تكون صخورها متجانسة من حيث تكوينها ودرجة صلابتها وبنيتها، أو تكون في صخور رسوبية واضحة الأفقية، ففي هذه الحالة تجري الأنهار والجداول في جميع الاتجاهات إذ تتخذ شكلاً يشبه تفرعات الشجرة ٣١. يظهر هذا النمط في مناطق قليلة الانحدار والبعيدة عن الانكسارات والصدوع، ويمتاز بتفرع أوديته بصورة كثيفة التي تساعد على جمع الأمطار بصورة سريعة، يظهر في منابع حوض بيارة.

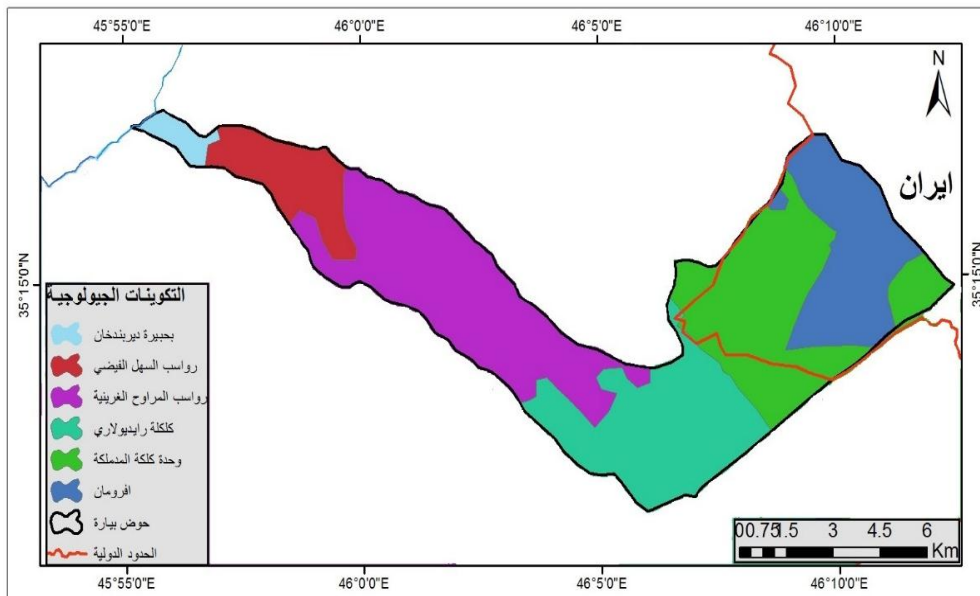
٢.٧.٢. النمط المتوازي:

يكون جريان الجداول بشكل متواز ومنتظم تقريباً توازي الجداول الرئيسية، إذ تجري ضمن مناطق طيات محدبة طولية توازيها طيات مقعرة طولية، المكونة للمنخفضات والأراضي السهلية المغطاة بالترسبات الطينية والصخرية مما أدى إلى ظهور مجاري مائية على طول الطية المقعرة ٣٢. يظهر بوسط حوض بيارة.

الخريطة (١) موقع حوض بيارة من العراق

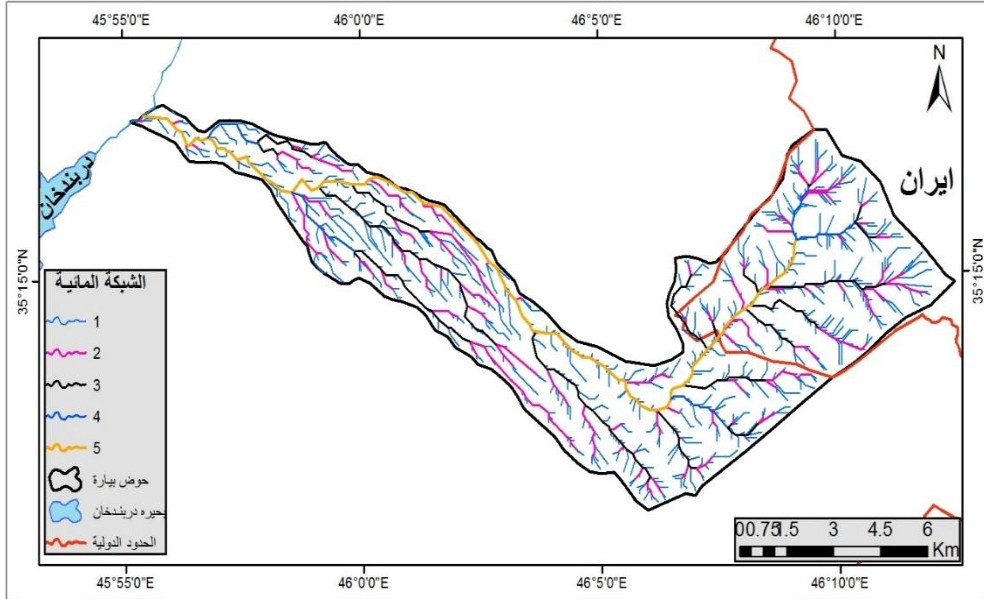


الخريطة (٢) التكوينات الجيولوجية لحوض بيارة



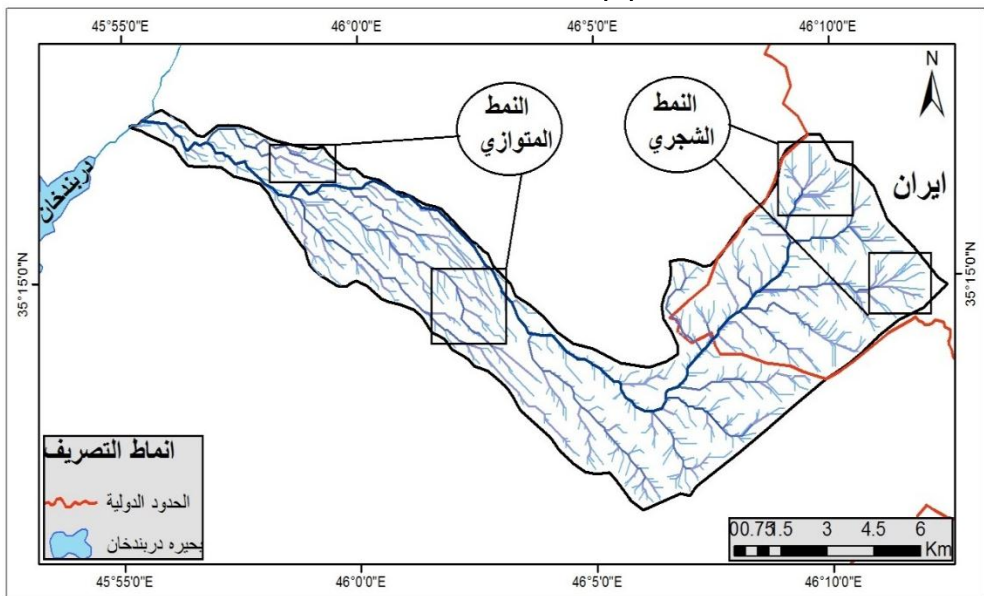
المصدر: بالاعتماد على: وزارة الصناعة والمعادن، هيئة المسح الجيولوجي العراقية، قسم الجيولوجيا، شعبة المسح الجيولوجي، تقرير عن لوحة جيولوجية السليمانية، أي أن ٣٨ - ٣، جي أم ١٠، مقياس ١:٢٥٠٠٠٠، بغداد، الطبعة الثانية، ٢٠١٤، وبرنامج Arc GIS ١٠.٣.

الخريطة (٣) المراتب النهرية لحوض بيارة



المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM، وبرنامج Arc GIS ١٠.٣.

الخريطة (٤) أنماط التصريف لحوض بيارة



المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM، وبرنامج Arc GIS ١٠.٣.

الاستنتاجات:

- ١- أثرت العوامل الطبيعية من بنية جيولوجية، سطح وعناصر المناخ في الخصائص المورفومترية والجريان السطحي.
- ٢- ينبع حوض بيارة من سلسلة هورمان من الشرق، وبمساحة (٩٣.٣٦ كم^٢)، وبارتفاع يمتد بين (٥٤٢-١٠٤٤ م) فوق مستوى سطح البحر.
- ٣- وجود تباين في الخصائص الشكلية كالأستطالة والاستدارة ومعامل شكل الحوض ومعامل الانبعاث ونسبة الطول إلى العرض.
- ٤- تتباين الخصائص التضاريسية لحوض بيارة، إذ يمر بمرحلة الشباب وعدم التوازن.
- ٥- تتباين أعداد وأطوال المراتب النهرية، إذ بلغت خمس مراتب وبمجموع أعداد (٦٤٩) وبمجموع أطوال (٤١.٦١ كم).
- ٦- أظهرت شبكة التصريف عدة أنماط تباعاً للبنية الجيولوجية والانحدار وهي (الشجري، المتوازي).

المقترحات:

- ١- يمكن اعتماد برامج نظم المعلومات الجغرافية في الدراسات المورفومترية لأحواض التصريف النهري.
- ٢- إقامة السدود الترايبية التخزينية للأستفادة منها في تغذية المياه الجوفية، بسبب تنوع التكوينات الجيولوجية للمنطقة، واختلاف معدلات التسرب والجريان السطحي وكمية الأمطار.
- ٣- دراسة كمية ونوعية الرواسب المنقولة أثناء الفيضان، والقيام بمسوحات أرضية لها، للأستفادة من تلك الرواسب في الصناعات المختلفة.

Abstract

Wadi Biara Basin in northern Iraq (Morphometric Study)

By Entidhar Mahdi Imran

And Hala Mohammed Abdul Rahman

The study aims at using GIS technology to detect the morphometric characteristics of the Wadi Biara basin, which is represented by the spatial and morphological characteristics, the dimensions of the basin, the terrain and the characteristics of the drainage network, as well as the identification of drainage patterns in order to build a digital geographic information data base for the basin.

Topographic maps 1: 100000 and digital elevation model (DEM) were used in mapping, topographic mapping and drainage network as well as geological map 1: 250000. The map of the river network, which was classified according to Striller method to its riverbeds.

The natural factors affecting the basin, especially the rocky nature, climate and topographical characteristics were studied.

The study included the establishment of spatial relations between factors, processes and morphometric characteristics.

The total area of the basin was 93.36 km², and it was five riverbeds. These were varied in their numbers and length according to their classes and lengths and the total number of river sewers (649) and total lengths (41.61 km). Due to the variation in their composition and formation as well as the variation in the environmental factors that make up them, and the differentiated terrain characteristics of the basin of Biara, as it passes the stage of youth and imbalance.

Basin, Digital Elevation Model, River network, Morphometric dandyisms.

الهوامش

¹ عباس فاضل السعدي، جغرافية العراق، إطارها الطبيعي - نشاطها الاقتصادي - جانبها البشري، جامعة بغداد، 2008، ص 20.

² محمد صبري محسوب، جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، دار الفكر العربي، القاهرة، 2001، ص 205.

³ محمد صبري محسوب، جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، مصدر سابق، ص 207.

⁴ Cooke. R. U. and Doornkamp. J. C., Geomorphology in environmental management an introduction, Clarendon press, Oxford, 1974, p 11.

⁵ حسن رمضان سلامة، الخصائص الشكلية ودلالاتها الجيومورفولوجية، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، جامعة الكويت، العدد 43، 1982، ص 6.

⁶ Boulton .G. Morphometric analysis of river basin characteristics, London, 1965, p 4.

⁷ Horton, R, E, Erosion development of streams and their drainage basin, Bulletins of the geological society of America, vol 56, 1945, P 300.

^٨ رحيب حميد عبد ثامر العبدان، الأشكال الأرضية لحوض وادي عامج، اطروحة دكتوراه، (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة بغداد، ٢٠٠٤، ص ١٤٨.

^٩ خلف حسين علي الدليمي، الانهار دراسة جيوهيدرومورفومترية تطبيقية، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، الطبعة الاولى، ٢٠١٧، ص ١٢٣.

^{١٠} خلف حسين الدليمي، التضاريس الارضية دراسة جيومورفولوجية عملية تطبيقية، مصدر سابق، ص ٢٦٩.

^{١١} Schumm .S. A. Evolution of Drainage systems and slope in badland at Perth Amboy, New Jersey, Bulletin of Geological society of America, Vol , ٦٧, ١٩٥٦ , P. ٦١٢.

^{١٢} محمد مجدي تراب، التطور الجيومورفولوجي لحوض وادي قصب بالنطاق الشرقي من جنوب شبه جزيرة سيناء، المجلة الجغرافية العربية، العدد ٣٠، ١٩٩٧، ص ٢٧٢.

^{١٣} عبد الله صبار عبود العجيلي، الخصائص المورفومترية في حوض وادي ابو شخير باستخدام تقنيات المعلومات الجغرافية، مجلة الاستاذ، العدد (٧٨)، ٢٠٠٨، ص ٥٦٢.

^{١٤} كامل حمزة فليفل الأسدي، تباين الخصائص المورفومترية لوديان الهضبة الغربية في محافظة النجف وعلاقتها بالنشاط البشري، اطروحة دكتوراه، (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة الكوفة، ٢٠١٢، ص ١٤٥.

^{١٥} حسن رمضان سلامة، التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للأحواض المائية في الاردن، مجلة دراسات العلوم الانسانية، الجامعة الاردنية، المجلد السابع، العدد الاول، ١٩٨٠، ص ١٠٢.

^{١٦} Strahlar. A.N., Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology Transactions, America

Geophysical Union, Vol, ٣٨. No, ٦ . ١٩٥٧, P. ٩١٩.

* - مرحلة الشباب: (٧٥%) من المنطقة غير متعرية.

- مرحلة النضج: (٤٥%) من المنطقة متعرية.

- مرحلة الشيخوخة: (٧٥%) من المنطقة متعرية.

**

مجموع أطوال المجاري المائية/كم

= كثافة الصريف الطولية

مساحة الحوض/ كم^٢

Strahler, A.N. , physical Geography, second edition, John Wiley and son, Inc., New York ,London, ١٩٦٣, P. ٣٧٩.

^{١٧} رحيب حميد العبدان، شدة تضرس الحوض النهري، مجلة كلية الآداب، جامعة بغداد، العدد (٧٣)، ٢٠٠٦، ص ٢٧٨.

^{١٨} محمد صبري محسوب، جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، مصدر سابق، ص ٢١٠.

^{١٩} عدنان باقر النقاش، مهدي محمد علي الصحاف، الجيومورفولوجي، بغداد، ص ٥١٥، ١٩٨٩.

^{٢٠} Strahler, A.N., physical Geography, P ٣٧٦.

*** تم استخراج معدل اطوال المجاري المائية من خلال القانون الاتي:

مجموع أطوال المجاري في المرتبة

= معدل طول المجاري في مرتبة ما

عدد المجاري في المرتب

^{٢١} رقية احمد محمد امين العاني، جيومورفولوجية سهل السندي، مصدر سابق، ص ٨٢.

^{٢٢} Cooke. R. U. and Doornkamp .J. C .Geomorphology in environmental management an introduction, Clarendon Press, Oxford, ١٩٧٤, p ١١.

^{٢٣} أحمد علي حسن البيواتي، التحليل الكمي لخصائص الشبكة النهرية لحوض وادي الثرثار دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، العدد (٤٣)، ٢٠٠٠، ص ١٦١.

^{٢٤} تغلب جرجيس داود، علم أشكال سطح الأرض التطبيقي (الجيومورفولوجيا التطبيقية)، مصدر سابق، ص ٢٠٠.

*** قسم إلى ثلاث مستويات:

- منخفضة (٤-٠) كم/كم^٢، متوسطة (٤-١٢) كم/كم^٢، عالية (١٢ فأكثر) كم/كم^٢
 Strahler, A.N., physical Geography, P^{٣٧٩}.
^{٢٥} محمود فضيل بوروية، الخصائص الجيومورفولوجية لحوض وادي العقيق بمنطقة المدينة المنورة، جامعة القصيم، ٢٠٠٩، ص ٤١.
^{٢٦} حسن رمضان سلامة، اختلاف التصريف المائي للودية الصحراوية في الاردن، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، ١٩٨٥، ص ١٢٥.
^{٢٧} عدنان باقر النفاش، مهدي محمد علي الصحاف، مصدر سابق، ص ٥١٨.
^{٢٨} رحيم حميد العبدان، التحليل الرقمي للخصائص المورفومترية لحوض وادي تانجيرو، مجلة القادسية للعلوم الانسانية، المجلد الحادي عشر، العدد ٣، ٢٠٠٨، ص ٢٣٢.
^{٢٩} صلاح الدين بحيري، أشكال سطح الأرض، دار الفكر للنشر، دمشق، الطبعة الثانية، ٢٠٠١، ص ١٢٢.
^{٣٠} محمد صفي الدين، جيومورفولوجية قشرة الارض، بيروت، دار النهضة العربية، ٢٠٠٢، ص ١٧٤.
^{٣١} قاسم يوسف الشمري، جغرافيا التضاريس المفهوم-التطور-المجالات، عمان، دار اسامة للنشر والتوزيع، الطبعة الاولى، ٢٠١٢، ص ٧٣.
^{٣٢} جنان رحمان إبراهيم فرج الجاف، مصدر سابق، ص ٦٧.

المصادر:

- ١-بحيري، صلاح الدين، أشكال سطح الأرض، دار الفكر للنشر، دمشق، الطبعة الثانية، ٢٠٠١، ص ١٢٢.
- ٢-داود، تغلب جرجيس، علم أشكال سطح الأرض التطبيقي (الجيومورفولوجيا التطبيقية)، مصدر سابق، ص ٢٠٠.
- ٣-الدليمي، خلف حسين علي، الانهار دراسة جيوهيدرولوجية تطبيقية، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، الطبعة الاولى، ٢٠١٧، ص ١٢٣.
- ٤-الدليمي، خلف حسين، التضاريس الارضية دراسة جيومورفولوجية عملية تطبيقية، مصدر سابق، ص ٢٦٩.
- ٥-السعدي، عباس فاضل، جغرافية العراق، إطارها الطبيعي - نشاطها الاقتصادي - جانبها البشري، جامعة بغداد، ٢٠٠٨، ص ٢٠.
- ٦-الشمري، قاسم يوسف، جغرافيا التضاريس المفهوم-التطور-المجالات، عمان، دار اسامة للنشر والتوزيع، الطبعة الاولى، ٢٠١٢، ص ٧٣.
- ٧-صفي الدين، محمد، جيومورفولوجية قشرة الارض، بيروت، دار النهضة العربية، ٢٠٠٢، ص ١٧٤.
- ٨-محبوب، محمد صبري، جيومورفولوجية الاشكال الارضية، دار الفكر العربي، القاهرة، ٢٠٠١، ص ٢٠٥.
- ٩-النفاش، عدنان باقر، مهدي محمد علي الصحاف، الجيومورفولوجي، بغداد، ص ٥١٥، ١٩٨٩.
- ١٠-الأسدي، كامل حمزة فليلفل، تباين الخصائص المورفومترية لوديان الهضبة الغربية في محافظة النجف وعلاقتها بالنشاط البشري، اطروحة دكتوراه، (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة الكوفة، ٢٠١٢، ص ١٤٥.
- ١١-الجاف، جنان رحمان إبراهيم فرج، المياه الجوفية في محافظة السليمانية واستثمارها، أطروحة دكتوراه، (غير منشورة)، كلية ابن رشد، جامعة بغداد، ٢٠١١، ص ٦٧.
- ١٢-العاني، رقية احمد محمد امين، جيومورفولوجية سهل السندي، اطروحة دكتوراه، كلية الاداب، جامعة الموصل، ٢٠١٠، ص ٨٢.
- ١٣-العبدان، رحيم حميد عبد ثامر، الأشكال الأرضية لحوض وادي عامج، اطروحة دكتوراه، (غير منشورة)، كلية الآداب، جامعة بغداد، ٢٠٠٤، ص ١٤٨.
- ١٤-البيوتاتي، أحمد علي حسن، التحليل الكمي لخصائص الشبكة النهرية لحوض وادي التراث دراسة في الجيومورفولوجيا التطبيقية، مجلة الجمعية الجغرافية العراقية، العدد (٤٣)، ٢٠٠٠، ص ١٥١.
- ١٥-بوروية، محمود فضيل، الخصائص الجيومورفولوجية لحوض وادي العقيق بمنطقة المدينة المنورة، جامعة القصيم، ٢٠٠٩، ص ٤١.
- ١٦-تراب، محمد مجدي، التطور الجيومورفولوجي لحوض وادي قصيب بالنطاق الشرقي من جنوب شبه

- جزيرة سيناء، المجلة الجغرافية العربية، العدد ٣٠، ١٩٩٧، ص ٢٧٢.
- ١٧-سلامة، حسن رمضان، اختلاف التصريف المائي للودية الصحراوية في الاردن، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، ١٩٨٥، ص ١٢٥.
- ١٨-سلامة، حسن رمضان، التحليل الجيومورفولوجي للخصائص المورفومترية للأحواض المائية في الاردن، مجلة دراسات العلوم الانسانية، الجامعة الاردنية، المجلد السابع، العدد الاول، ١٩٨٠، ص ١٠٢.
- ١٩-سلامة، حسن رمضان، الخصائص الشكلية ودلالاتها الجيومورفولوجية، مجلة الجمعية الجغرافية الكويتية، جامعة الكويت، العدد ٤٣، ١٩٨٢، ص ٦.
- ٢٠-العبدان، رحيم حميد، التحليل الرقمي للخصائص المورفومترية لحوض وادي تانجيرو، مجلة القادسية للعلوم الانسانية، المجلد الحادي عشر، العدد ٣، ٢٠٠٨، ص ٢٣٢.
- ٢١-العبدان، رحيم حميد، شدة تضرس الحوض النهري، مجلة كلية الآداب، جامعة بغداد، العدد (٧٣)، ٢٠٠٦، ص ٢٧٨.
- ٢٢-العجيلي، عبد الله صبار عبود، الخصائص المورفومترية في حوض وادي ابو شخير باستخدام تقنيات المعلومات الجغرافية، مجلة الاستاذ، العدد (٧٨)، ٢٠٠٨، ص ٥٦٢.
- ٢٣-كاظم، وسن محمد علي، التحليل المورفومتري لحوض سامراء في العراق، مجلة المستنصرية للدراسات العربية والدولية، العدد ٥١، بغداد، ص ٦٥-٦٦.
- ٢٤-Boulton .G. Morphometric analysis of river basin characteristics, London, ١٩٦٥, p ٤.
- ٢٥-Cooke. R. U. and Doornkamp. J. C., Geomorphology in environmental management an introduction, Clarendon press, Oxford, ١٩٧٤, p ١١.
- ٢٦-Horton, R, E, Erosion development of streams and their drainage basin, Bulletins of the geological society of America, vol ٥٦, ١٩٤٥, P ٣٠٠.
- ٢٧-Schumm .S. A. Evolution of Drainage systems and slope in badland at Perth Amboy, New Jersey, Bulletin of Geological society of America, Vol , ٦٧, ١٩٥٦, P. ٦١٢.
- ٢٨-Strahlar. A.N., Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology Transactions, America Geophysical Union, Vol, ٣٨. No, ٦. ١٩٥٧, P.٩١٩.
- ٢٩-Strahler, A.N. , physical Geography, second edition, John Wiley and son, Inc., New York ,London, ١٩٦٣,P٣٧٩ .