Hydrological Analysis of Wadi Badush basin using (GIS)

Sundas Jumaa Hussein, AL-Jboory
Sundas.eh97@studet.uomosul.edu.iq
Asst. Prof. Dr. Fawaz Hameed Hamo Al-Naish
ashuonaish@uomosul.edu.iq
Department of Geography - College of Education for Human Sciences
University of Mosul

DOI: 10.31973/aj.v3i138.1807

Abstract:

Hydro morphometric studies are one of the main and recent trends in the study of river basins which is concerned with the quantitative (numerical) analysis of the characteristics of the land shape and finding the mathematical relationships that link the topography and water drainage networks.

The study aims to use the GIS technology to reveal the hydrological characteristics of the Badush Valley Basin and the secondary valleys, which are represented by the spatial, morphological and topographic characteristics and the characteristics of the drainage network, as well as the drainage patterns to build a digital geographic information base for the basin.

The study relied on finding the hydro morphometric characteristics of the secondary basins of the Badush Valley Basin based on the Digital Elevation Model (DEM) and using the Arc Map program in the Arc GIS v.10.8 system, and the analytical approach was followed for the valleys of the study area, and the method Quantitative, which aims to apply quantitative criteria and standards in the analysis of hydrological processes, and a map of the river network was produced, which was classified according to the Streller method into its river levels for the basin of the study area.

The total area of the basin reached (329.95 km2), and the number of river ranks reached six river levels. The network of waterways varied in their numbers and lengths according to their ranks and lengths, While the total network of waterways is (734), and its total lengths were (711.06) km, and its lengths are due to the discrepancy in the processes of its formation and emergence, as well as the variance in the terrain characteristics of the Badush Valley Basin.

Keywords: GIS, Badush Basin, secondary basins, hydrology.

التحليل الهيدرولوجي لحوض وادي بادوش بأستخدام نظم المعلومات الجغرافية (GIS)

الباحثة سندس جمعة حسين الجبوري
جامعة الموصل – كلية التربية للعلوم الإنسانية–قسم الجغرافية
Sundas.eh97@studet.uomosul.edu.iq

أ.م.د. فواز حميد حمو النيش
جامعة الموصل – كلية التربية للعلوم الإنسانية–قسم الجغرافية
ashuonaish@uomosul.edu.iq

(مُلَخَّصُ البَحث)

تعد الدراسات الهيدرومورفومترية من احدى الاتجاهات الرئيسية والحديثة في دراسة الاحواض النهرية، والتي تعنى بالتحليل الكمي (العددي) لخصائص شكل الارض وايجاد العلاقات الرياضية التي تربط بين الطوبوغرافية وشبكات التصريف المائية، تهدف الدراسة الى استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية في الكشف عن الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي بادوش والوديان الثانوية، والمتمثلة بالخصائص المساحية والشكلية والتضاريسية وخصائص الشبكة التصريفية، فضلا عن أنماط التصريف لبناء قاعدة معلومات جغرافية رقمية للحوض.

اعتمدت الدراسة على ايجاد الخصائص الهيدرومورفومترية للأحواض الثانوية لحوض وادي بادوش بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية للمنطقة (Digital Elevation Model) (DEM) وباستخدام برنامج (Arc Map) في نظام (Arc GIS v.10.8)، تم اتباع المنهج التحليلي لوديان منطقة الدراسة والمنهج الكمي الذي يهدف الى تطبيق المعايير والمقاييس الكمية في تحليل العمليات الهيدرولوجية، حيث تم انتاج خريطة الشبكة النهرية والتي صنفت بحسب طريقة ستريلر الى مراتبها النهرية لحوض منطقة الدراسة.

بلغت مساحة الحوض الكلية (٣٢٩.٩٥) كم٢، وكما بلغ عدد المراتب النهرية ستة مراتب نهرية، وقد تباينت شبكة المجاري المائية في اعدادها واطوالها بحسب مراتبها، اما مجموع شبكة المجاري المائية (٧٣٤) مجرى، والتي كان مجموع اطوالها (٧١١.٠٦) كم، وحيث بلغ التباين في اطوالها واعداها بسبب عمليات تكوينها ونشأتها فضلا عن التباين في الخصائص التضاريسية للحوض.

الكلمات المفتاحية: نظم المعلومات الجغرافية، حوض بادوش، الاحواض الثانوية، هيدرولوجي.

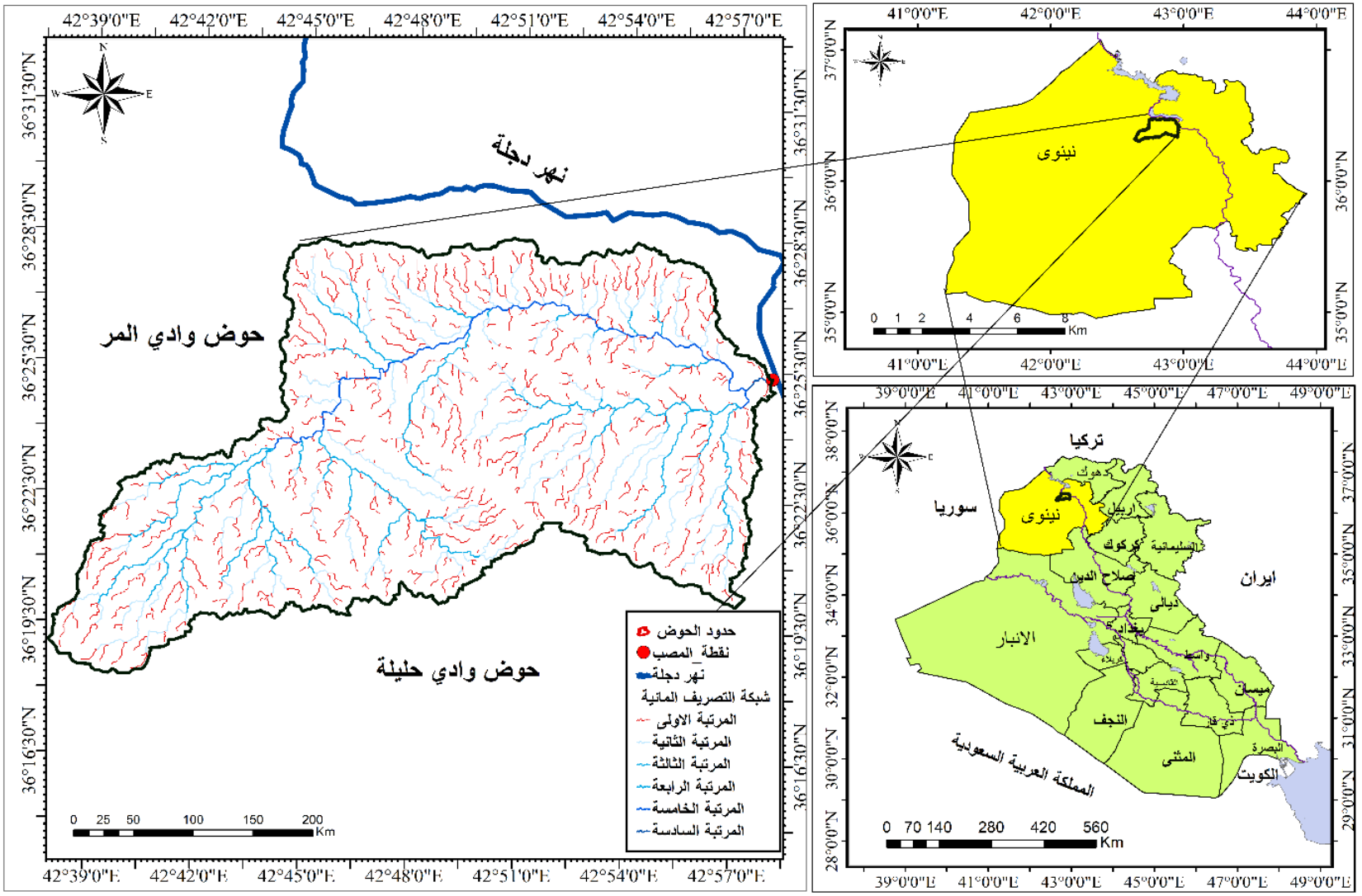
المقدمة:

أن لدراسة الاحواض المائية و ايجاد خصائصها اهمية في الدراسات الهيدرولوجية والجيومورفولوجية، لما لها من دلالات هيدرولوجية معينة مثل خصائص الصرف المائي وهيدرولوجية القنوات والمجاري المائية واوديتها، فهي تمثل العلاقة بين عوامل وعمليات الحت والترسيب والظواهر الارضية المرتبطة بها والناشئة عنها، وأذ أن الظواهر الارضية للأحواض المائية والعمليات المكونة لها تكون معقدة ومتنوعة غالبا، رغم امكانية معالجتها وتحليلها عن طريق مجموعة من القوانين التي كانت تعتمد سابقا ضمن الدراسات الوصفية في تحليل صفاتها والتي وضع اساسياتها العالم **(Horton, 1945)** واذ قام بتطويرها بعد ذلك العالم **(Strahler, 1957)**، والذي اعتمد فيها الاسلوب الرياضي والكمي في دراسة الاحواض المائية وشبكات تصريفها والعلاقات بين اعداد الروافد واطوالها ومساحات احواضها وانحدارها.

في هذه الدراسة تم ايجاد الخصائص الهيدرومورفومترية للأحواض الثانوية ولحوض وادي بادوش، بالاعتماد على نموذج الارتفاعات الرقمية للمنطقة (Digital Elevation Model) (DEM) وباستخدام برنامج (Arc Map) في نظام (Arc GIS v.10.8.8)، وتوظيف وربط نواتج وتأثيرات هذه الخصائص المتمثلة بالخصائص المساحية، والتضاريسية، والشكلية، والتصريفية، وكما سيتم توضيحه في الفقرات اللاحقة.

تقع منطقة الدراسة و المتمثلة بحوض وادي بادوش في القسم الشمالي الغربي لمدينة الموصل حيث تنحصر فلكيا بين قوسي طول (42 ° 37 ´ 58 ´ 02"E – 75 °" E 42) شرقا ، ودائرتي عرض (36° 28 ´ ٠٩"N – 36° 18 ´ 57"N) شمالا، بينما يصب الوادي عند تقاطعه مع نهر دجلة في (42° 58 ´ ٠٣"E – 36 25´ 23 " N)، والبالغ مساحته بمجملها العام(٢٩٥.٩٥) كم٢ اما الحدود الطبيعية يمتد حوض الوادي في الجهة الغربية من نهر دجلة حيث تنحدر منابعه من تركيب علان شمالا وتركيب شيخ إبراهيم في الجنوب الغربي الى تركيب عطشان في الجنوب الشرقي ويتكون من ستة مراتب من شبكة التصريف المائية وتلتقي الوديان الرئيسية وتفرعاتها قرب قصبة بادوش لتصب في نهر دجلة في الضفة الغربية منه . يلاحظ خريطة رقم (١).

خريطة (١) الموقع الجغرافي لحوض وادي بادوش



المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي (DEM)، وباستخدام برنامج Arc GIS V.10.8.8.

تسعى الدراسة الى تحقيق الأهداف:

- استخراج القياسات المورفومترية للأحواض الثانوية في حوض وادي بادوش بالإضافة الى الحوض الرئيسي باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) في التحليل المكاني والهيدرولوجي وبالاعتماد على برنامج (Arc GIS V.10.8.8).
- الاعتماد على المعادلات الرياضية لاستخراج وتحليل المتغيرات المورفومترية المساحية والشكلية، والتضاريسية وخصائص الشبكة المائية لحوض وادي بادوش.

كما ويسعى بحثنا الى دراسة وتحليل العلاقات الإحصائية بين المتغيرات المورفومترية للأحواض الثانوية والحوض الرئيسي والمتمثلة بشبكة التصريف المائية لحوض وادي بادوش.

تتبع أهمية الدراسة كون حوض منطقة الدراسة من الوديان الموسمية في الجزء الشمال الغربي لمدينة الموصل، اذ تجري فيه المياه اثناء فصل الشتاء والربيع عند سقوط الامطار التي تكون بهيئة وابل غزير في أوقات غير منتظمة في الكم والزمان، والمجاري الرئيسية تكون دائمة الجريان بسبب مياه العيون والينابيع، لذا تعد هذه الاحواض إقليما جيومورفولوجيا مميزا ومتكاملا لذلك تبرز أهمية الدراسة من هذا المنطلق. تم استخدام المنهج التحليلي لدراسة الخصائص المورفومترية لحوض وادي بادوش والأسلوب الكمي للكشف عن المتغيرات للمعادلات المورفومتري المستخدمة.

١.١. الخصائص المساحية وابعادها:

وهي تختص بالأبعاد الهندسية للحوض المائي، الطول والعرض والمساحة والمحيط والنسب بين هذه الأبعاد، وتأثيرها بحجم الجريان المائي، وعلاقتها بتطور اطوال واعداد الاودية المائية (**Huggett , 2007. P.p.98**) ، وهي تتأثر بمجموعة من العوامل المناخية والجيومورفولوجية ونوع الصخور والحركات التكتونية اذ تزداد بشكل طردي مع زيادة النحت المائي وضعف مقاومة الصخور و الترب مما قد يؤدي الى انخفاض مستوى القاعدة او حدوث أسر نهري(**Grade, R.J, 2006, p.p69**).

تم حساب الخصائص المساحية للحوض المائي بعد اشتقاقها من نموذج الارتفاعات الرقمية باستخدام برنامج (ArcGIS 10.8.8) بعد استخراج الشبكة المائية وتحديد الحوض المائي، ويتم استخراج بعض الخصائص باستخدام قوانين تطبق من خلال البرنامج.

١. مساحة احواض التصريف المائية (Drainage Basins Area)

تعد خاصية مهمة في الدراسات الهيدرولوجية والجيومورفولوجية، وذلك لإيجاد الخصائص الهيدرومورفومترية الاخرى كالكثافة التصريفية، الكثافة العددية، المعامل الهبسومتري وغيرها، وايضا الحصول على علاقات كمية يتم من خلالها تقييم هيدرولوجية

الاحواض، وكذلك لها أهمية كبيرة فهي تتحكم بحجم الجريان المائي (**Strahler, A.N 1958, P. 280**).

تعد مساحة الحوض منطقة تغذية مائية متكاملة (Catchment Area) لما لها من دور في تحديد كمية المياه الواردة في الشبكة المائية المتواجدة فيها، وتباين الاحواض المائية تبعا لتباين البنية الجيولوجية والمناخ وحجم التضاريس (**AL-Tamimi ,2016,P.54**). وترتبط زيادة المساحة الحوضية مع زيادة التساقط المطري ومدى نشاط عمليات التعرية المائية في ظل ظروف مناخية رطبة (**Al-Mohsen ,2002,P.139**).

يتضح من خلال الجدول (١) و الخريطة (٢) ان مساحة الحوض الكلية قيد الدراسة قد بلغت(٣٢٩.٩٥ كم^{٢})، ويتضح ان حوض منطقة الدراسة كبير ضمن الامتداد المساحي ،وكما تباينت مساحة الاحواض الثانوية من حوض لأخر اذ بلغ اكبر الاحواض مساحة حوض وادي الصابونية و الرحمانية وبلغت مساحته (67.93) وبنسبة (٢٠.٥٨٪) من مساحة الحوض الكلية ، واقل الاحواض مساحة حوض وادي السنية بواقع (1.59) أي بنسبة (٠.٤٨٪)من مساحة الحوض الكلية ، ويعود السبب الرئيسي في زيادة مساحة الاحواض الى الظروف البنيوية للمنطقة وطبيعة التراكيب الصخرية وما بينها تراكيب مقعرة وانعكس ذلك مع الصدوع و الفواصل الى زيادة عدد المراتب الأولية ونشاط عمليات الحث التراجعي وتوسيع الاحواض.

٢.اطوال احواض التصريف المائي:

هو أحد المتغيرات المورفومترية المهمة المرتبطة بمميزات اخرى من خصائص حوض التصريف المائي، ويعرف بانه المسافة المقاسة لمحور الحوض والممتدة بين نقطة المصب المائي الى ابعد نقطة فوق منطقة تقسيم المياه بأعلى محيط الحوض المائي (**Schumm, S.A1956, P 98**). وتكون العلاقة طردية ما بين طول الحوض ومساحته اي عند زيادة طول الحوض تكبر مساحة الحوض (**Horton, R.E, 1945, P. 75**). الفرق بين طول الحوض وعرضه واضح ومميز بحيث يؤدي هذا التباعد الى نقصان سرعة التدفقات المائية القادمة اثناء فترة الزخات المطرية الغزيرة.

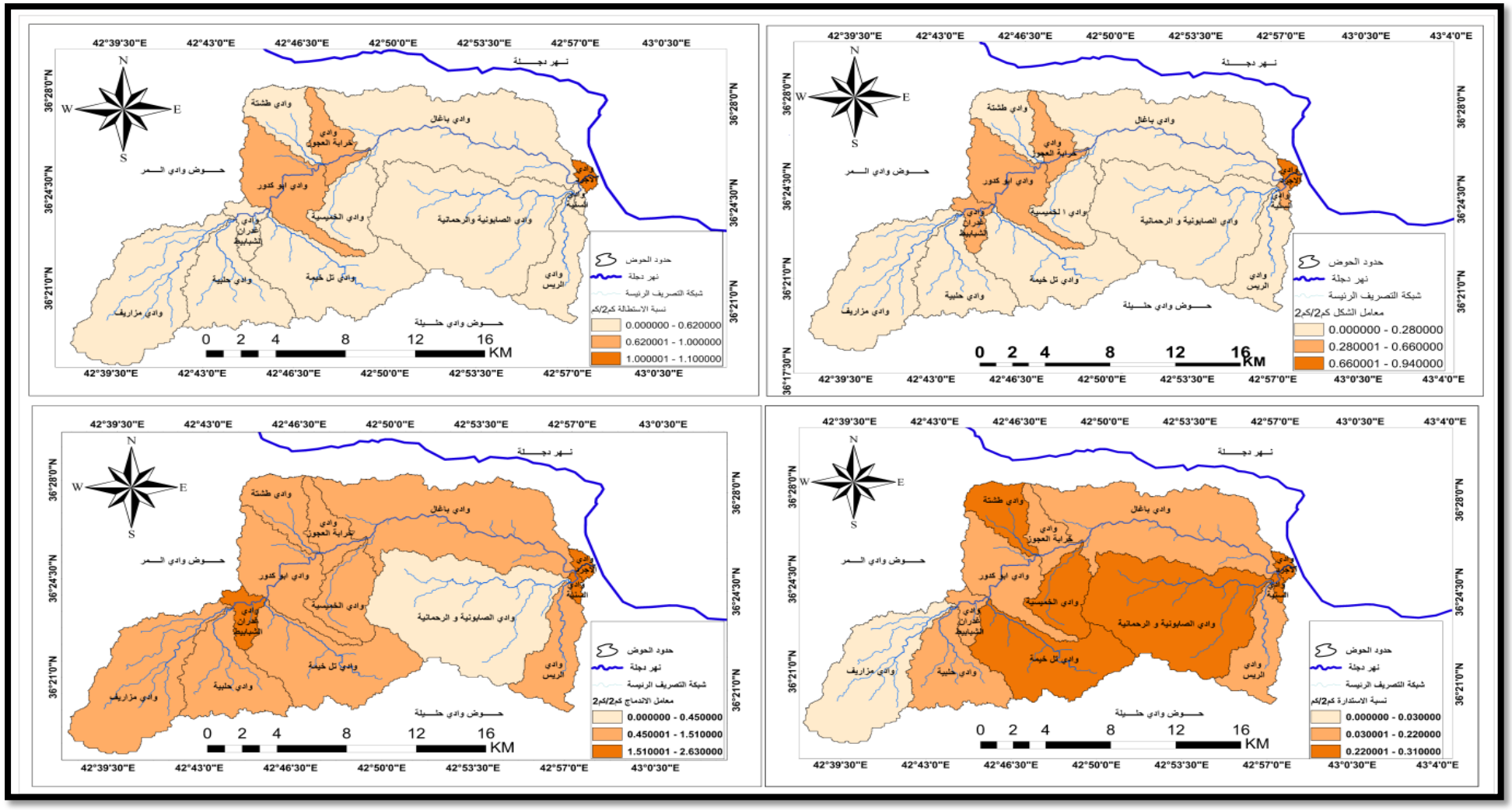
للأحواض نوعان من الاطوال هما الطول الحقيقي والطول المثالي، ويعرف الطول الحقيقي بانه تلك المسافة التي يقطعها النهر او المجرى المائي من منبعه الى مصبه على اليابسة، اما الطول المثالي فأنه يمثل أقصر مسافة يمكن ان يسلكها المجرى المائي بين المنبع والمصب (**Morisawa, P. 91-94**).

جدول (١) الخصائص المساحية والشكلية للأحواض الثانوية ولحوض منطقة الدراسة

ت	اسم الحوض	المساحة(كم٢)	المحيط(كم)	الطول الحقيقي (كم)	الطول المثالي (كم)	عرض الحوض (كم)	معامل الاستدارة كم٢ /كم	معامل الاستطالة كم٢/كم	معامل الشكل كم٢/كم٢	معامل الاندماج كم٢/ك٢كم
١.	وادي باغال	64.55	67.67	٢٠.١٠	١٦.٠٢	٣.٢١	0.18	0.45	0.16	0.60
٢.	وادي طشتة	12.74	25.14	٧.٠٣	٦.٠٥	١.٨١	0.25	0.57	0.26	1.12
٣.	وادي خرابة العجوز	9.55	25.36	٤.١٣	٣.١٦	٢.٣١	0.19	0.84	0.56	1.51
٤.	وادي الخميسية	15.28	27.61	٩.١٥	٦.٠٠	١.٦٧	0.25	0.48	0.18	1.03
٥.	وادي أبو كدور	24.73	43.46	٦.٩٧	٤.٦٦	٣.٥٥	0.16	0.80	0.51	1.00
٦.	وادي الاجرد	1.85	8.61	١.٤٠	١.١٦	١.٥٩	0.31	1.10	0.94	2.63
٧.	وادي السنية	1.59	7.40	٢.٠٠	١.٦٨	٠.٥٨	0.27	0.47	0.29	2.62
٨.	وادي الصابونية والرحمانية	67.93	52.92	١٧.٧٨	١١.٧٠	٣.٧٩	0.30	0.52	0.21	0.45
٩.	وادي الريس	17.21	32.25	٩.٩٨	٨.١٥	١.٧٢	0.21	0.47	0.17	1.07
١٠.	وادي غدران الشبابيط	5.64	17.91	٤.٣٣	٣.٢٧	١.٣٠	0.22	0.62	0.34	1.80
١١.	وادي تل خيمة	38.41	45.32	١٤.٢٨	٩.٧٩	٢.٦٩	0.24	0.49	0.19	0.67
١٢.	وادي مرازيف	44.15	48.10	١٤.٢٦	١١.٩٠	٣.١٠	0.03	0.53	0.22	0.62
١٣.	وادي حلبية	26.32	38.43	٩.٧٠	٧.٢١	٢.٧١	0.22	0.60	0.28	0.83
١٤.	حوض وادي بادوش الرئيسي	٣٢٩.٩٥	١٠٩.٦٩	٤٣.٣٩	٣٢.٢٧	٧.٦٠	٠.٣٤	٠.٤٧	٠.١٨	٠.١٩

المصدر: بالاعتماد على قياسات برنامج (ArcGIS V.10.8.8) وتطبيق القوانين الخاصة بالمورفومتري

خرائط (٢) أصناف قيم الخصائص الشكلية لأحواض منطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد على بيانات الخصائص الشكلية للأحواض الثانوية، باستخدام برنامج Arc GIS V.10.8.8

غالباً ما يكون الطول الحقيقي اكبر من المثالي، وقد بلغ الطول الحقيقي للحوض الكلي (٤٣.٣٩كم) بينما بلغ الطول المثالي له (٣٢.٢٧ كم) ، واتضح هناك تباين في اطوال الاحواض التصريفية لحوض منطقة الدراسة اذ تراوحت ما بين(٢٠.١٠ كم) الطول الحقيقي و بلغ الطول المثالي (١٦.٠٢ كم)لوادي باغال بوصفها اعلى قيمة ،وبين(١.٤٠ كم) الطول الحقيقي وبلغ الطول المثالي (١.١٦ كم) لوادي الاجرد بوصفها اقل قيمة ،كما موضح في الجدول (١) و الخريطة(٢)، تقل اطوال المجاري المائية في المراتب الدنيا بسبب وقوعها في مناطق مرتفعة ذات انحدار كبير نسبيا ،وبينما تزيد اطوال المجاري المائية في المراتب العليا لتواجدها في مناطق سهلية قليلة الانحدار، ويعد انعكاسا كلما تزداد اطوال المجاري المائية طولا كلما تقدمت دورتها الحتية.

٣.محيط الحوض:

يعرف بانه خط تقسيم المياه ما بين الحوض قيد الدراسة وما يجاوره من احواض أخرى (**Al-Iryani,2002,P.65**) ، ويعتبر من اول المتغييرات الأساسية المورفومترية للحوض لارتباطه بالعديد من الخصائص منها (مساحة الحوض، شكل الحوض، عرض الحوض، طول الحوض، استدارة الحوض، استطالة الحوض)، وتؤثر به عوامل عديدة منها، تطور المجاري والوديان المائية وبالأخص مجاري الرتبة الاولى التي تتوسع وتتعمق مجاريها اثناء موسم سقوط الامطار بتأثير عملية النحت الرأسي و الجانبي، وكذلك امتداد الفواصل والصدوع والشقوق والتراكيب الخطية مما انعكس على زيادة الرتب الأولى (**Al-Aqeel,2001,P.53**).

بلغت قيمة محيط الحوض الكلي (109.69كم)، وتتباين محيطات الاحواض التصريفية لحوض منطقة الدراسة بين (67.67 كم) لوادي باغال بوصفها اعلى قيمة، وبين (7.40 كم) لوادي السنية بوصفها أدنى قيمة كما موضح في الجدول (١) والخريطة (٢)، وقد عكس محيط الحوض اضافة الى مساحته بان الحوض المائي كلما كبرت مساحته زاد تعرج خط تقسيم المياه وأدى الى زيادة محيط الحوض.

٤ عرض حوض التصريف:

هو معدل اطوال مجموعة الخطوط التي تتعامد على الخط المستقيم الذي يمثل طول الحوض المائي، والدلالة الجيومورفولوجية للاختلاف ما بين منطقة المنبع والمصب ناتجة بسبب اختلاف الخصائص المناخية والانحدارية (**Zariqat,2015,P.1482**). ويبلغ عرض حوض الكلي(٧.٦٠كم)، ويظهر هنالك تباينا في عرض الاحواض التصريفية لحوض منطقة الدراسة اذ تتراوح ما بين (٣.٧٩ كم) لوادي الصابونية والرحمانية بوصفها اعلى قيمة، وبين (٠.٥٨) لوادي السنية بوصفها أدنى قيمة، وكما موضح في الجدول (١)

والخريطة (٢). لعرض الحوض إثر مماثل كما للطول في تحديد شكل الحوض، ويؤثر عرض الحوض على كمية الساقط المطري وجريانه والتبخر والترشيح، اذ تزداد كمية الساقط المطري التي يتلقاها الحوض بزيادة عرضه وبالتالي يزداد الجريان السطحي والعكس صحيح **(Mahsub,1997,p.50)**. يلاحظ ان الاحواض كبيرة المساحة سجلت اعلى عرض ولاسيما وادي باغال، وادي أبو كدور، وادي الصابونية والرحمانية، وادي مرازيف بواقع (٣.١٠،٣.٧٩،٣.٥٥،٣.٢١ كم) على التوالي.

٢.١. الخصائص الشكلية للأحواض التصريف المائية:

تعد من الخصائص والمقاييس المهمة في التحليل الجيومورفولوجي للأحواض التصريفية بحيث يظهر تأثيرها على خصائص الجريان وكمية التعرية والنقل والترسيب وتحديد الاخطار الناجمة عن الفيضانات، وتتباين الاحواض في الشكل تبعا الى الوضع البنيوي والتكوينات الصخرية ونوع المناخ وعامل الزمن التي تؤثر جميعها على العمليات الجيومورفولوجية ونظام التصريف التي تتم في الحوض **(Salama,1982,27)**.

معامل الاستدارة (نسبة تماسك المساحة) (Circularity)

يعنى بها بيان مدى اقتراب او ابتعاد الحوض المائي من الشكل الدائري وانتظام خط تقسيم المياه **(Melton, 1958, pp. 442.)** ، وتسمى ايضا نسبة تماسك المساحة، اذ للحوض المائي اشكال تشبه الاشكال الهندسية كالمستطيل والمربع والمستدير والمثلث، وتتراوح نسبة الاستدارة بين (0–1) فالقيمة المرتفعة التي تقترب من الرقم واحد (1) تعني اقتراب الحوض من الشكل الدائري لان الرقم واحد يمثل الاستدارة الكاملة ويدل هذا الى تقدم الحوض في دورته التعروية وزيادة فعالية المجرى المائي في تعميق مجراه على حساب توسيعه، بينما القيمة المنخفضة التي تبتعد من الرقم واحد فتدل على ابتعاد الحوض عن الشكل الدائري وان دورة التعرية مازالت تقوم بدورها**(Reddy, 2004, 16p)**.

ويمكن حسابها وفقا للمعادلة الاتية:

$$Rc=12.75*(A)/p^2 \quad .....(^1) \quad \textbf{Pareta,2012:263)}$$

بلغت نسبة الاستدارة لحوض وادي بادوش بواقع (٠.٣٤)، وتتباين احواض منطقة الدراسة في نسبة استدارتها اذ بلغ اعلى نسبة استدارة في وادي الاجرد بواقع (٠.٣١) ،وبلغت اقل قيمة سجلت في وادي مرازيف بواقع (٠.٠٣) كما موضح في الجدول (١) وتم تصنيف قيم الاستدارة الى ثلاث فئات[٢] كما في الخريطة (١)، مما يدل على ابتعاد

---

(١) Rc = معامل الاستدارة ، ١٢.٧٥ رقم ثابت ، A = مساحة الحوض (كم٢) ، P^2 =مربع محيط الحوض (كم) .

(٢) تم استخراج تصنيف الفئات من خلال الأداة (Equal Interval) ضمن بيئة برنامج (Arc GIS V.10.8)

الحوض الرئيسي و احواض منطقة الدراسة عن الشكل الدائري واقترابه من الشكل المستطيل، وهذا يدل على زيادة طول الحوض على حساب عرضه والتي تكونت نتيجة تأثير العامل البنيوي، واضافة الى ذلك طبيعة مناخ المنطقة و قلة التصريف تكون سببا في قلة نشاط الحت وبالتالي ابتعاد الحوض عن الشكل الدائري.

معامل الاستطالة (Elongation Ratio)

هي نسبة تدل إلى مدى اقتراب وتشابه شكل الحوض المائي الى الشكل المستطيل أو ابتعاده، وقد حدد **(Schumm,1956)** بان نسبتها تنحصر بين (0−1) اذ كلما اقتربت قيمتها من الصفر (0) فانه يدل على شدة استطالة الحوض، بينما عند ارتفاع القيمة واقترابها من الواحد الصحيح (1) دل ذلك على اقتراب الحوض من الشكل الدائري، وتستخرج نسبة الاستطالة من المعادلة التالية:

R $e = 1.128 * \frac{\sqrt{A}}{LB}$ **..... ([3]) (Gregory, and walling, 1976: 51)**

تشير معدلات الاستطالة بحسب الجدول (١) ،ان نسبة الاستطالة لحوض وادي بادوش بلغت (٠.٤٧) ،وان اعلى نسبة استطالة سجلت في وادي الاجرد بواقع (١) ،بينما بلغت ادنى نسبة استطالة في وادي باغال بواقع (٠.٤٥) ،و مما يدل على اقتراب الحوض من الشكل المستطيل، وهو يتطابق مع ما تم التوصل اليه من قيمة نسبة الاستدارة، اذ تكون طبيعة الصرف لهذا الحوض اقل من الاحواض الدائرية او القريبة من ذلك بسبب طول المجاري على حساب عرضها والذي يؤدي الى فقدان كميات كبيرة من المياه خلال الجريان الطويل، وتتباين ان معظم احواض منطقة الدراسة عالية و متوسطة الاستطالة باستثناء حوض وادي الاجرد الذي يظهر بشكل مستدير مما يؤدي الى ارتفاع دلالة خطر الفيضان نتيجة لقصر المسافة التي تقطعها المجاري المائية على العكس تماما ما تظهر به الاحواض مستطيلة الشكل، واذا تم تصنيف قيمها الى ثلاث فئات كما في الخريطة (٢) .

معامل شكل الحوض (Basin Form Factor)

يبين مدى تناسق الشكل العام للحوض أي مدى انتظام عرض الحوض المائي على طول امتداده من منطقة المنبع وحتى المصب، بواسطة العلاقة بين مساحة الحوض المائي وطول الحوض، اذ ان القيمة المنخفضة المبتعدة عن الواحد الصحيح (1) توضح الى اقتراب شكل الحوض المائي من الشكل المثلث، بينما القيمة المرتفعة المقتربة من الواحد الصحيح (1) فإنها تشير الى الابتعاد عن الشكل الثلاثي**(Al−Sahaf,1998,P.788)**.

---

[٣] RE =معامل الاستطالة ، ١.١٢٨ رقم ثابت ، $\sqrt{A}$ =الجذر التربيعي مساحة الحوض ، LB = طول الحوض (كم) .

يتأثر شكل ونمط حوض التصريف المائي وشبكة التصريف الممتدة بداخله بالخصائص الأخرى لحوض التصريف مثل نوعية الصخر ودرجة الانحدار بالإضافة إلى أن الشكل يؤثر على العمليات الجيومورفولوجية خاصة فيما يتعلق بكفاءة الحوض المحتملة وشبكة التصريف المائي به (**Al-Mashat,1995,87**)، وقد استخدم (**Horton,1945**)معامل الشكل لتحديد أشكال الأحواض النهرية على وفق المعادلة التالية: -

$$F_f = AU / Lu^2 \ldots\ldots ^{(4)}$$ **(Gregory, and walling, 1976:51)**

ويتبين من تحليل الجدول (١) اذ بلغ معامل شكل لحوض وادي بادوش (**0.18**)، وتتراوح قيم معامل شكل الحوض ما بين (٠.٩٤) لوادي الاجرد بوصفها اعلى قيمة، وبين (٠.١٦) لوادي باغال بوصفها أدني قيمة، وهي قيمة منخفضة عن الواحد الصحيح (1) وتدل على ان شكل الحوض يقترب من الشكل المثلث، وتدل ايضا على صغر مساحة الحوض المائي نسبة الى طوله، ويشير ذلك الى تشابه اجزاء الحوض في طبيعة المناخ، ونوعية الصخور، مع وجود الاختلافات الصغيرة في بنية الصخور كوجود بعض الفواصل والشقوق والصدوع(**Abdulla, 2010, p. 138**).

يؤثر انخفاض قيمة معامل الشكل واقترابه من الشكل المثلث على نظام التصريف المائي، فعندما تشكل منطقة المنابع رأس المثلث ومنطقة المصب قاعدته فإن التصريف المائي يزيد بعد سقوط الامطار مباشرة مؤدياً الى ارتفاع منسوب الماء بشكل سريع وذلك لقرب الجداول والمسيلات من المصب الرئيسي، بينما في الاحواض التي تكون فيها منطقة المصب ممثلة لرأس المثلث وقاعدته عند المنابع فأن المياه تصل اليها بشكل متعاقب نتيجة بعد الجداول والمسيلات عن المصب (**Gregory K.J., 1973, P.68**). والحالة الأولى هي التي تنطبق على حوض منطقة الدراسة وعلى جميع احواض التصريف المائية، وتم تصنيف قيمها الى ثلاث فئات كما في الخريطة (٢).

معامل الاندماج (Compaction Index)

يشير هذا المعامل الى مدى تناسق شكل محيط الحوض مع مساحته التجميعية، ويبين مدى تطور المرحلة الجيومورفولوجية للأحواض التصريفية، اذ تدل القيم المرتفعة الى ارتفاع قيم لتعرجات في محيط الحوض ومما يقل تناسق شكله والاقتراب من الشكل المستطيل، وينعكس تماما على تأخر المرحلة الجيومورفولوجية، وبينما القيم المنخفضة تكون أقرب الى الاستدارة تشير الى ان الحوض سار في مرحلة جيومورفولوجية متطورة **Abu** .(**Radhi,2004,P.136**)

$$C_c=0.284*P/A^{0.5} \ldots\ldots\ldots\ldots (^5)$$ **(Pareta,2012:263)**

(٤) Ff=معامل الشكل ، AU = مساحة الحوض (كم٢) ، Lu^2 = مربع طول الحوض (كم٢)

يتضح من الجدول (١) ان معامل الاندماج لحوض وادي بادوش بلغ (٠.١٩)، وقد تراوحت قيمها ما بين (٣.٦٢) في وادي السنية بوصفها اعلى قيمة، بينما سجل وادي الصابونية والرحمانية بواقع (٠.٤٥) بوصفها اقل قيمة، حيث تتباين الاحواض التصريفية قيمها المنخفضة نسبيا لكل من وادي الصابونية والرحمانية، وادي تل خيمة، وادي مرازيف، وادي حلبية وحوض منطقة الدراسة الكلي، مما يدل انها قطعت شوطا كبيرا من المرحلة الجيومورفولوجية، وبذلك تم تصنيف معامل الاندماج الى ثلاث فئات كما في الخريطة (٢).

٣.١. الخصائص التضاريسية لأحواض التصريف

تعد من الخصائص المهمة بالنسبة للباحث في الدراسات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية، لأهميتها في تحديد مراحل عمليات التعرية المائية والهوائية وعمليات التجوية ودورها في تشكيل سطح الارض، وتعد ايضا انعكاساً للطبيعة الصخرية وخصائصها البنيوية، ومعرفة مدى تطور الحوض المائي ودورته الحتية وعمليات التجوية السائدة، لذا تنوعت مقاييس الخصائص التضاريسية وتتضمن دراسة نسبة التضرس وقيمة الوعورة ونسبة النسيج الطوبغرافي والتكامل الهيبسومتري، وتم تطبيق المعادلات الاتية:

نسبة التضرس (التضاريس النسبية) (Relief Ratio)

تعتبر من الخصائص التضاريسية المهمة لأهميتها في معرفة الطبيعة الطوبوغرافية ومدى تضرس الحوض المائي من حيث التباينات في الارتفاع ما بين المنبع والمصب وانعكاس ذلك على قابلية المجرى المائي في انجاز العمليات الجيومورفولوجية المتمثلة في التعرية عند اعلى الحوض والترسيب في منطقة المصب، ويقاس معدل التضرس حسب (Strahler, 1957) بالطريقة التالية: -

Strahler, 1957 ([6]) (Rc = (Hmax-Hmin)/Lb …..

ومن خلال تطبيق المعادلة على احواض منطقة الدراسة وجد تباين في نسب تضرس الاحواض الى الاختلاف في الطبيعة الصخرية كما يلاحظ في جدول (٢)، فقد بلغ معدل التضرس لحوض منطقة الدراسة بواقع (6.78)،بينما بلغت اعلى قيمة في وادي خرابة العجوز بواقع(١٧.٢٦) ،وادنى قيمة في وادي تل خيمة بواقع (5.27) .اذ ترتفع قيمة التضرس في الاحواض صغيرة المساحة، وهو دليل على قلة نشاط عمليات الحت بفعل المياه وان التكوينات الصخرية قاومت عمليات التعرية المائية وان الحوض مازال لديه الكثير من النشاط الجيومورفولوجي لتحقيق التوازن في مجاريه.

([5]) Cc=معامل الاندماج ، 0.284 = رقم ثابت ، P = محيط الحوض (كم) ،$A^{0.5}$ = مساحة الحوض (كم^2) مضروبة في الأس.

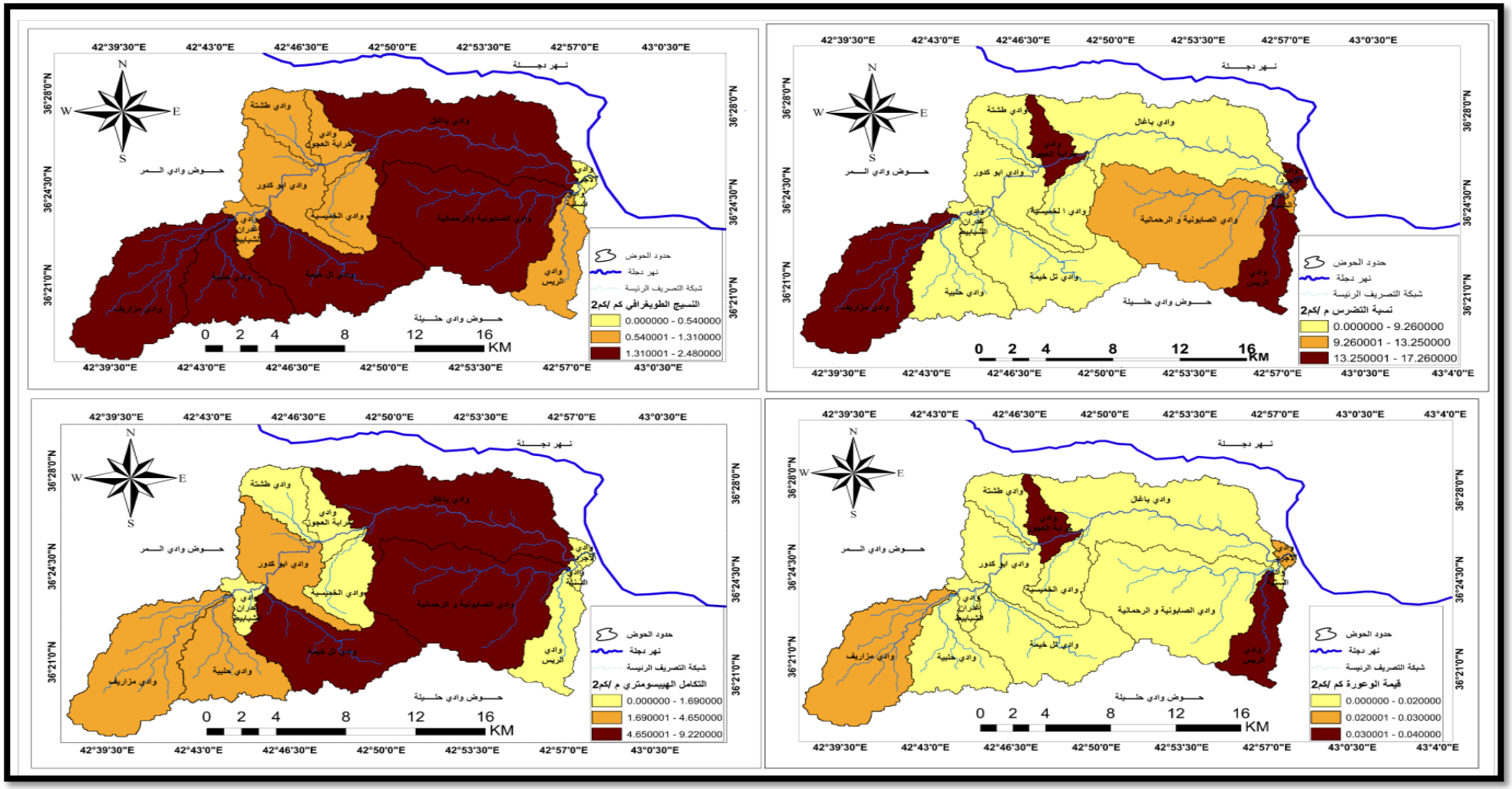
([6]) Rc = معامل التضرس ،Hmax = منسوب اعلى نقطة في الحوض (م)،Hmin = منسوب ادنى نقطة في الحوض (م) ،Lb = طول الحوض (كم)

جدول (٢) قيم الخصائص التضاريسية لأحواض منطقة الدراسة

ت	اسم الحوض	اعلى نقطة ارتفاع /م	اخفض نقطة ارتفاع /م	الفرق بين النقطتين /التضاريس الحوضية /م	قيمة التضرس م/كم	قيمة الوعورة كم /كم٢	النسيج الطبوغرافي كم /كم٢	التكامل الهيبسومتري م /كم٢
.١	وادي باغال	٣٧١.٨	٢٣١	١٤٠.٨	7	0.02	2.26	9.22
.٢	وادي طشتة	٣٥٩.٣	٣٠١.٣	٥٨	8.25	0.02	1.15	1.55
.٣	وادي خرابة العجوز	٣٦١	٢٨٩.٧	٧١.٣	17.26	0.04	0.87	0.55
.٤	وادي الخميسية	٣٧٧.٩	٢٩٥	٨٢.٩	9.06	0.02	1.31	1.69
.٥	وادي أبو كدور	٣٥٥.٥	٣٠١	٥٤.٥	7.82	0.02	1.31	3.16
.٦	وادي الاجرد	٢٥١.٥	٢٢٧.٥	٢٤	17.14	0.03	0.46	0.11
.٧	وادي السنية	٢٥٣	٢٣١	٢٢	11	0.02	0.54	0.11
.٨	وادي الصابونية والرحمانية	٤٢١.٩	٢٣٦.٩	١٨٥	10.41	0.02	2.48	6.48
.٩	وادي الريس	٣٩٨.٨	٢٣٩	١٥٩.٨	16.01	0.04	1.18	1.07
.١٠	وادي غدران الشبابيط	٣٥٠	٣١٨.٣	٣١.٧	7.32	0.02	0.95	0.77
.١١	وادي تل خيمة	٣٩٥.٥	٣٢٠.٢	٧٥.٣	5.27	0.01	1.94	7.29
.١٢	وادي مرازيف	٥٢٢	٣٢٧.٧	١٩٤.٣	13.63	0.03	1.93	3.24
.١٣	وادي حلبية	٣٨٣.٣	٣٢٨.٤	٥٤.٩	5.66	0.01	1.74	4.65
.١٤	حوض وادي بادوش الرئيسي	٥٣٧	٢٤٣	٢٩٤	٦.٧٨	٠.٠١	٦.٦٩	٤٨.٦٧

المصدر: بالاعتماد على قياسات برنامج (ArcGIS V.10.8.8) وتطبيق القوانين الخاصة بالمورفومتر

خرائط (٣) أصناف القيم الخصائص التضاريسية لأحواض منطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد على بيانات الخصائص التضاريسية للأحواض الثانوية، باستخدام برنامج Arc GIS V.10.8.8

بينما تنخفض نسبة معدل التضرس في الاحواض كبيرة المساحة انعكاسا الى طبيعة الصخور قليلة المقاومة لعمليات التعرية، وهو ما ينطبق على وادي خرابة العجوز ، وادي الاجرد ،وادي السنية ،وادي الصابونية و الرحمانية، وادي الريس، وادي مرازيف وهو يؤثر في زيادة سرعة وصول الموجات المائية وزادة حمولتها بعد التساقط المطري وينعكس ذلك على زيادة الرواسب المنقولة بشكل اكبر(**Schumm, S.A. ,1956, P.123**) ،وبعد انتهاء فترة التساقط المطري تمتلئ الاودية برواسب ملئ الاودية وهذا ما تم ملاحظته في اودية حوض منطقة الدراسة بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية .وتم تصنيف احواض المنطقة الى ثلاث فئات وفقا لمعامل التضرس كما في الخريطة (٣).

تشير الدلالة الجيومورفولوجية ان لارتفاع قيم التضرس أهمية في فعالية نشاط عمليات التجوية ودورها الرئيسي في تطوير ارض الحوض، وتشكيل اشكال جيومورفولوجية مثل المراوح الفيضية والأراضي الرديئة والكهوف وحفر الاذابة (**strahler A. ، p. 913 ,N,1957 ,.**).

قيمة الوعورة (Ruggedness)

تعد خاصية مهمة تستخدم لمعرفة مدى تضرس الحوض، ودرجة تقطع سطح حوض الوادي الناتج عن نحت المجاري المائية، ومدى انحدار المجرى المائي بالاعتماد على كثافة التصريف الطولية للحوض (**Al-Kaari, ٢٠١٦,p.121**)، وتقاس على وفق الطريقة التالية: -

RN=Dd*H/1000....([٧]) (Horton,1945:286)

ومن خلال تطبيق المعادلة على احواض منطقة الدراسة كما يتضح في الجدول (٢)، بلغت قيمة الوعورة لحوض وادي بادوش (١.١٠كم/كم^{٢})، وهي قيمة منخفضة تدل على ان الحوض وقع ضمن مرحلة النضوج المبكر، وتتباين قيم الوعورة في احواض المنطقة بين (٠.٠٤) في وادي خرابة العجوز ووادي الريس على التوالي بوصفها اعلى قيمة، وبين (٠.٠١) في وادي تل خيمة ووادي حلبية على التوالي بوصفها أدنى قيمة، وتم تصنيف احواض المنطقة وفقا لقيم الوعورة كما في الخريطة (٣).

ترتفع قيمة الوعورة عند زيادة تضرس الحوض إلى جانب زيادة أطوال المجاري على حساب المساحة، وتتباين قيمة الوعورة خلال مراحل الدورة الحتية، اذ تنخفض قيمة الوعورة في بداية الدورة، ثم تبدأ بالزيادة تدريجيا حتى تصل اقصاها عند بداية مرحلة النضج، ثم تنخفض مرة اخرى لتصل مرحلة الشيخوخة ونهاية الدورة الحتية (Ashour,1986,p.496).

([٧]) RN= قيمة الوعورة ،Dd = كثافة التصريف الطولية (كم/كم^{٢})،H =تضاريس الحوض .

النسيج الطوبغرافي (Texture Ratio)

يعد من الخصائص المهمة في التحليل المورفومتري والذي يعني بأنه المباعدة النسبية لخطوط تصريف الشبكة المائية (**Reshma ,2012, p 1042**). ومعرفة مدى تضرس وتقطع سطح الارض وكثافة الصرف فيها، فكلما تزاحمت خطوط شبكة التصريف ازداد عدد الاودية واقتربت من بعضها البعض، مما يدل على شدة التقطع ومدى حجم معدلات الحت فيها، وتتأثر بعوامل طبيعية مثل المناخ، والساقط المطري، ونوعية الصخور والتربة، وسعة الترشيح، وطبيعة الغطاء النباتي (**Schumm S.A. , 1977, P.102**). ويتم حساب قيمة النسيج الحوضي حسب (Ritter, et al., 1995) وفق المعادلة التالية: -

Ritter, et al., 1995,P.89.(Rt = Nu / P …([8])

اذ يصنف النسيج الطوبغرافي حسب (Schumm, 1977) الى اربعة اصناف هي كالتالي:

١- خشن جدا: إذا كان معدل النسيج اقل من (٢) اودية.

٢- خشن: إذا كان معدل النسيج بين (٢-٤) اودية.

٣- متوسط: إذا كان معدل النسيج بين (٤-١٠) اودية.

٤- ناعم: إذا كان معدل النسيج أكثر من (١٠) اودية.

من خلال تطبيق المعادلة على احواض منطقة الدراسة كما يلاحظ في الجدول (٢)، اذ بلغ النسيج الطوبغرافي لمجرى وادي بادوش (٦.٦٩)، وهو بذلك يعد نسيجا متوسطا، وتنخفض قابليته على الاحتفاظ بالماء، وتتباين قيم النسيج الطوبغرافي بين (٢.٤٨) قد سجلت في وادي الصابونية والرحمانية بوصفها اعلى قيمة، وبين (٠.٤٦) قد سجلت في وادي الاجراد بوصفها أدنى قيمة، وتم تصنيف المنطقة الى ثلاث فئات وفقا لقيم النسيج الطوبغرافي، كما في الخريطة (٣). تشير الدلالة الجيومورفولوجية لقيم النسيج الطوبغرافي المرتفعة الى زيادة نشاط عمليات التعرية وتطور الاحواض جيومورفولوجيا.

التكامل الهبسومتري (Hypsometric Integral)

يعد من الخصائص المستخدمة في تحديد المدة الزمنية التي قطعتها الدورة التحاتية في الاحواض النهرية، ومعرفة عمر الاحواض النهرية، اذ تشير القيم المرتفعة للتكامل الهيبسومتري الى زيادة المساحة على حساب التضاريس مازالت في مرحلة الشباب، بينما تشير القيم المنخفضة ان الاحواض المائية بانها وصلت الى مرحلة متقدمة من دورتها الحتية، وان انخفاض مساحة الحوض يقابلها ارتفاع في تضاريس الحوض، وبذلك يعني انخفاض اعداد واطوال الشبكة المائية وخصوصا في الرتب الدنيا مؤدية الى انخفاض

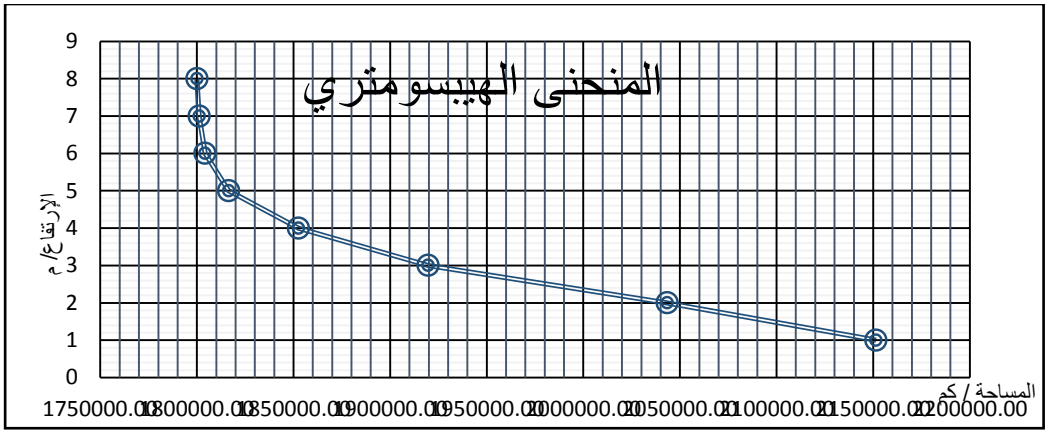
([8]) RT =النسيج الطوبغرافي ، Nn = مجموع اعداد المجاري ، P = محيط الحوض (كم٢) .

الصرف المائي، وانخفاض نشاط التعرية المائية (**Al-Kaari,2016,122**) ، ويتم ايجاده وفق المعادلة التالية:-

Hi = A / H .... (9) (Strahler,1957:919).

من خلال تطبيق المعادلة على احواض منطقة الدراسة كما يلاحظ في الجدول (٢) والشكل (١)، بلغت قيمة التكامل الهبسومتري لحوض وادي بادوش (48.67 كم^{٢}/م)، وهي قيمة مرتفعة تدل الى زيادة المساحة على حساب التضرس، لذلك فان التعرية في الوادي مرحلة متقدمة من دورته الحتية، وتتباين قيم التكامل الهبسومتري بين (٩.٢٢) قد سجلت في وادي باغال بوصفها اعلى قيمة ،وبين (٠.١١)قد سجلت في وادي الاجراد و وادي السنية على التوالي بوصفها ادنى قيمة ،وتم تصنيف المنطقة الى ثلاث فئات وفقا لقيم التكامل الهبسومتري ،كما في الخريطة (٣).

الشكل (١) يبين التكامل الهبسومتري للحوض الرئيس



المصدر: اعتمادا على بيانات التكامل الهبسومتري، وباستخدام برنامج ARC GIS10.8.8

٤.١. خصائص الشبكة التصريفية

١.الرتب النهرية (stream order)

يعد تطور شبكة التصريف المائية في اي منطقة هو انعكاس للمكونات البيئية لها والمتمثلة بالعوامل الجيولوجية والتضاريسية والمناخية (Al-Ani,2010,p.69) ،ومن خلال تحديد الحوض المائي واستحصال البيانات الهيدرومورفومترية له كما جاء في مقدمة الفصل ومن ثمة تم ايجاد مساحته فضلا عن حدوده، و ارتفاع أعلى وأدنى نقطة فيه من نموذج الارتفاعات الرقمية للمنطقة، اشتقت الشبكة المائية للحوض واتضح ان الحوض المائي من الرتبة السادسة للرتب المائية بالاعتماد على طريقة (Strahler) التي تنص على ان المجاري المائية الصغيرة التي لا يصب فيها روافد ثانوية تعتبر مجرى من الرتبة الاولى، وتتشكل الرتبة الثانية عند التقاء رافدين من الرتبة الاولى، بينما تتكون الرتبة الثالثة عند

(٩) Hi= التكامل الهبسومتري ،A = مساحة الحوض (كم^{٢}) ،H = تضاريس الحوض (م)

التقاء رافدين من الرتبة الثانية وهكذا تستمر العملية لحين وصول المجرى الرئيسي لأعلى رتبة (**Strahler, A.N. 1957, p. 913**).

ولأهمية هذه الرتب وتصنيفها لغرض الحصول على كمية التصريف المائي الخاص لكل واد، وهذا بدوره ينعكس على تخمين قدرة حوض منطقة الدراسة لعمليتي التعرية والترسيب ومن ثم الحد من تأثير هذه العملية على استخدامات الأراضي المجاورة والمختلفة للحوض وتقليل مخاطرها (**Dagestani,2000,p.9**). تسير الرتب العالية في مناطق قليلة الانحدار وذات نفاذية عالية ،اذ ان المياه تسير فيها بشكل بطئ مثل السهول الفيضية ،وتليها الرتب المتوسطة اذ انها تسير في المناطق الذي يكون سطحها ما بين متوسط الى عال وكلما زاد عددها يشير الى ان الصخور مكونة من مواد صلبة ، وتليها الرتب الواطئة (الرتبة الأولى ،الرتبة الثانية) اذ تتواجد في المنحدرات الصخرية العالية الانحدار، ويلاحظ زيادة اعدادها وذلك لان المياه تسير بسرعة في هذه الجداول بحسب طبيعة سطحها(**Dagestani,2000,p.10**) ،وابرز ما تمتاز به الرتب الأولى انها تكون قصيرة نسبة الى باقي الرتب في حوض منطقة الدراسة .

يعد تصنيف شبكة التصريف المائية لحوض وادي بادوش بحسب مراتبها الى ستة مراتب نهرية كما يلاحظ في الجدول (٣)، اذ ان زيادة اعداد واطوال المجاري المائية في حوض منطقة الدراسة، تعمل على رفع كفاءة الشبكة المائية، وزيادة قابليتها على نقل المياه وحمولته، وهذا يؤدي بدوره الى تخفيض من مستوى سطحه والتقليل من الفروقات الرأسية بين اجزائه (**Al-Tom, ١٩٩٠ ,p.65**)، ومما يعمل على تقارب ما بين الارتفاعات الرأسية وخاصة إذا لم تصب الرواسب في نهر ما او مصب اخر. المجرى الرئيسي لحوض وادي بادوش يحمل الرتبة السادسة بحسب طريقة (Strahler) القائمة على مبدأ: اجتماع مجريين من الرتبة نفسها يعطي رتبة اعلى، وان اجتماع مجريين من رتبتين مختلفتين يعطي الرتبة الأعلى (**Salama,١٩٨٠ ,p.42**)، وهكذا بلغ مجموع اعداد المجاري المائية في حوض منطقة الدراسة (٧٣٤) مجرى، وبطول اجمالي (٧١١.٠٦) كم. ومما يدل ذلك على تتناقص زوايا الانحدارات السفحية بشكل تدريجي نحو المجرى الرئيسي، مما كان السبب في زيادة اطوال المجاري بصورة تدريجية وبنسب متقاربة.

جدول (٣) اعداد واطوال مراتب حوض منطقة الدراسة

المرتب المجاري المائية	اعدادها	النسبة المئوية	اطوالها / كم	النسبة المئوية
المرتبة الأولى	٥٤٥	٧٤.٢٦	١٥٠	٢١.١٠
المرتبة الثانية	١٤٢	١٩.٤٦	١٨٦.٠٢	٢٦.١٦
المرتبة الثالثة	٣٨	٥.١٨	٢٢٩.٠١	٣٢.٢٠
المرتبة الرابعة	٦	٠.٨٢	٨٠	١١.٢٥
المرتبة الخامسة	٢	٠.٢٨	٦٥	٩.١٤
المرتبة السادسة	١	٠.٠٠	١.٠٣	٠.١٤
المجموع	٧٣٤	١٠٠	٧١١.٠٦	١٠٠

المصدر: بالاعتماد على قياسات برنامج (ArcGIS V.10.8.8) وتطبيق القوانين الخاصة بالمورفومتري

١.٥.خصائص الشبكة التصريفية

الكثافة التصريفية

تعنى مدى انتشار وتفرع الشبكة المائية ضمن مساحة محددة، وإذ ان لهذا العامل أهمية كبيرة في التحليلات الهيدرولوجية لكونها تبين مدى كفاءة التصريف ومقياس مدى تقطع أراض الحوض، وتتوقف على عدة خصائص منها: نوعية الصخور، وكثافة الغطاء النباتي، وسعة التربة، وفضلا عن تأثير الانسان بكونه عامل جيمورفولوجيا **(Alage,2010,p.30)**.

وقد أشار **(Milton 1957)** ان المسؤولان عن اختلاف الكثافة التصريفية في الاحواض المائية هما المناخ والبنية الجيولوجية، وكما اشار **(Strahler 1964)** ان النفاذية لها تأثير كبير على الكثافة التصريفية. وتتضمن الكثافة التصريفية كلا من: الكثافة التصريفية الطولية والكثافة التصريفية العددية وكما يلي:

١.الكثافة التصريفية الطولية Longitudinal Drainage Density (LDD)

تعبر الكثافة التصريفية عن معيار قابلية الوديان على نقل التساقط المطري باتجاه المصب، فكلما ازدادت الكثافة كلما زاد تصريفها السطحي، ويلاحظ انها تزداد عادة في المناطق التي تمتاز بتساقط الأمطار بغزارة والتي عادة ما تتميز تربتها او صخاريتها السطحية بالنفاذية الواطئة، اذ كلما تزداد كثافة الصرف ازدادت معها سرعة المياه، وهذا ما يكون له الأثر الكبير في نشاط عمليات الحت والتعرية في الاودية النهرية **(p.42, ٢٠٠٩ Al-Jubouri,)**. اذ يتم استخراج قيمة الكثافة التصريفية الطولية بقسمة مجموع اطوال وديان الشبكة المائية لجميع الرتب على مساحة الحوض المائي) وفقا للمعادلة الاتية:

Horton, 1945 (Dd = L / A……. ([10])

بلغت قيمة الكثافة التصريفية للحوض المائي الكلي (٢.١٥كم/ كم^{٢}) كما موضح في الجدول (٤)، وهي كثافة تصريف منخفضة حسب تصنيف (**Strahler, 1957**)[*(١١)]، وتتراوح قيم الكثافة التصريفية الطولية بين (2.26 كم /كم^{٢}) في وادي باغال بوصفها اعلى قيمة ،وبين (1.87كم /كم^{٢}) في وادي الاجرد بوصفها ادنى قيمة ، وبالتالي فان هذه القيمة المنخفضة تدل على بطئ جريان المياه صوب المصب وهذا ما نلاحظه وسط الحوض بوجود التربة البنية السميكة الحمراء التي لاتصل الى مصب الوادي ،وان سبب انخفاض هذه الكثافة يعود الى طبيعة مناخ المنطقة شبه الجاف–شبه الرطب قليل الامطار، والى طبيعة الصخور الجيرية التي تتميز بالنفاذية العالية وبالتالي تقلل من الجريان السطحي للمياه . وتم تصنيف قيمها الى ثلاث فئات كما في الخريطة (٤).

الكثافة التصريفية العددية (التكرار النهري) (Stream Frequency)

قصد بها العلاقة النسبية بين مجموع عدد الوديان في كل الرتب إلى مساحة الحوض (**Al–Momeni, ١٩٩٧ ,p.65**)، لذا فان زيادة عدد الوديان او الروافد يزيد من الكثافة التصريفية العددية (التكرار النهري) وكمية الجريان المائي، وبالتالي زيادة نشاط عمليات التعرية، ويمكن ايجاده ووفقا للمعادلة التالية: –

DF =N / A ….. ([12])(Horton, 1945:285)

ويتبين من الجدول (٤) قد بلغت قيمة كثافة التصريف العددية لحوض وادي بادوش (٢.٢٢كم/كم^{٢})، وتتراوح قيم الكثافة التصريفية العددية بين (3.45كم /كم^{٢}) في وادي السنية بوصفها اعلى قيمة ،وبين (1.78كم /كم^{٢}) في وادي خرابة العجوز بوصفها ادنى قيمة وهي كثافة منخفضة ، وهذا يدل على ان نسيج الحوض متوسطا، وفضلا عن المساحة الكبيرة التي يشغلها الحوض و البالغة (٣٢٩.٩٥) كم٢ ، وان معرفة هذه النسبة تساهم في التعرف على عدة خصائص هيدرولوجية ،اذ تعد انعكاس في مدى وفرة المجاري المائية لكل كيلو متر مربع وإبراز دورها في زيادة التعرية المائية ،وزيادة التقطع مع زيادة الكثافة فضلا عن التصريف، وتم تصنيف قيمها الى ثلاث فئات كما في الخريطة (٤).

نستنتج من ذلك ان انخفاض الكثافة التصريفية الطولية و العددية لحوض وادي بادوش كلتيهما سجلت قيما منخفضة يرجع الى عدة متغيرات طبيعة منها أولا المناخ يتراوح بين شبه الجاف –شبه الرطب، وقلة معدلات التساقط المطري سنويا وتذبذبها من سنة الى أخرى التي قدرت بواقع (٢٦.١٥ملم) ،وثانيا الى طبيعة التكوينات الصخرية لحوض منطقة الدراسة

---

(١٠) Dd =الكثافة التصريفية الطولية ، L = مجموع اطوال المجاري (كم) ،مساحة الحوض (كم٢)

(١١)(*) (٠-٤٠) منخفضة ، (١٢-١٤) متوسطة ، (١٣ فأكثر) مرتفعة.

(١٢) DF = التكرار النهري ،N =مجموع اعداد المجاري ، A = مساحة الحوض (كم^{٢})

بما تمتاز اغلبها من مظاهر الضعف الصخري ،لما تحتويه من صخور الكلسية والخصائص المعدنية للصخور الجبسية وتكون ذات نفاذية عالية للمياه ومساحة الحوض الكبيرة نسبيا ،واضافة الى ترب الحوض ذات ب متوسطة مما يساهم في نفاذ وترشيح المياه السطحية نحو التكوينات تحت السطحية فضلا عن سيادة الأراضي المستوية الاوسع انتشارا في الحوض، وبذلك يكون لهذه الأسباب انعكاس على الحوض في تطوير المسيلات المائية من حيث الطول والكم.

ثابت بقاء المجرى (Stream Maintenance)

يعبر عن متوسط الوحدة المساحية اللازمة لتغذية الوحدة الطولية الواحدة ضمن احواض التصريف، كلما زادت قيمة المعامل كلما ابتعدت المجاري المائية عن بعضها البعض، اذ ان ازدياد القيمة تشير الى اتساع مساحة الحوض على حساب الاودية **(Abu Radhi, ٢٠٠٤ ,p.148)**، وبينما انخفاض القيمة تدل على الانحدار الشديد وقلة نفاذية التربة وتأثر المنطقة بالتراكيب البنيوية **(Abu Hasira,2013 ,p.111)**، **ويتم** حسابه وفق المعادلة الاتية:

C = 1 / Dd .....([13]) (Schumm,1956:605)

يتضح بعد تطبيق المعادلة كما في الجدول (٤) فقد بلغ ثابت بقاء المجرى لحوض منطقة الدراسة (٠.٤٥)، وتتراوح قيم المعادلة ما بين (٠.٥٣) في وادي الاجرد بوصفها اعلى قيمة، وبين (٠.٤٤) في وادي باغال بوصفها أدني القيم، ونستنتج انخفاض معدل بقاء المجرى يرتبط بالمرحلة الحتية للمجرى. ان القيم المنخفضة تدل على ان الاحواض تمر في بداية مراحلها الحتية، وتتقارب الاودية من بعضها البعض وتقل فيما بينها المسافات، وإذ يتأثر ثابت بقاء المجرى بنوعية الصخور وعامل الانحدار والتضرس مما يؤدي الى سرعة الجريان السطحي على حساب التسرب (Imran, ٢٠٢٠ ,p.101)، وتم تصنيفها الى ثلاث فئات كما يوضح في الخريطة (٤).

معامل الانعطاف (التعرج) (Reflecting Factor)

يمثل نسبة الطول الحقيقي للوادي المائي الرئيسي (من المنبع الى المصب بكافة تعرجاته) الى الطول المثالي له (الطول المستقيم من المنبع الى المصب بدون تعرجات وانحناءات)، ويعد ذو اهمية في معرفة قدرة المجرى المائي على الإزاحة والتحرك جانبيا وتقييم انعطافات المجرى المائي، اذ ان معامل الانعطاف يعكس المشاكل التي تسببها الانعطافات النهرية، وهو مؤشر لمعرفة المرحلة الجيومورفولوجية للحوض **(Schumm, S.A., 1956 ,p. p54)**، ويمكن حسابه وفق المعادلة التالية:

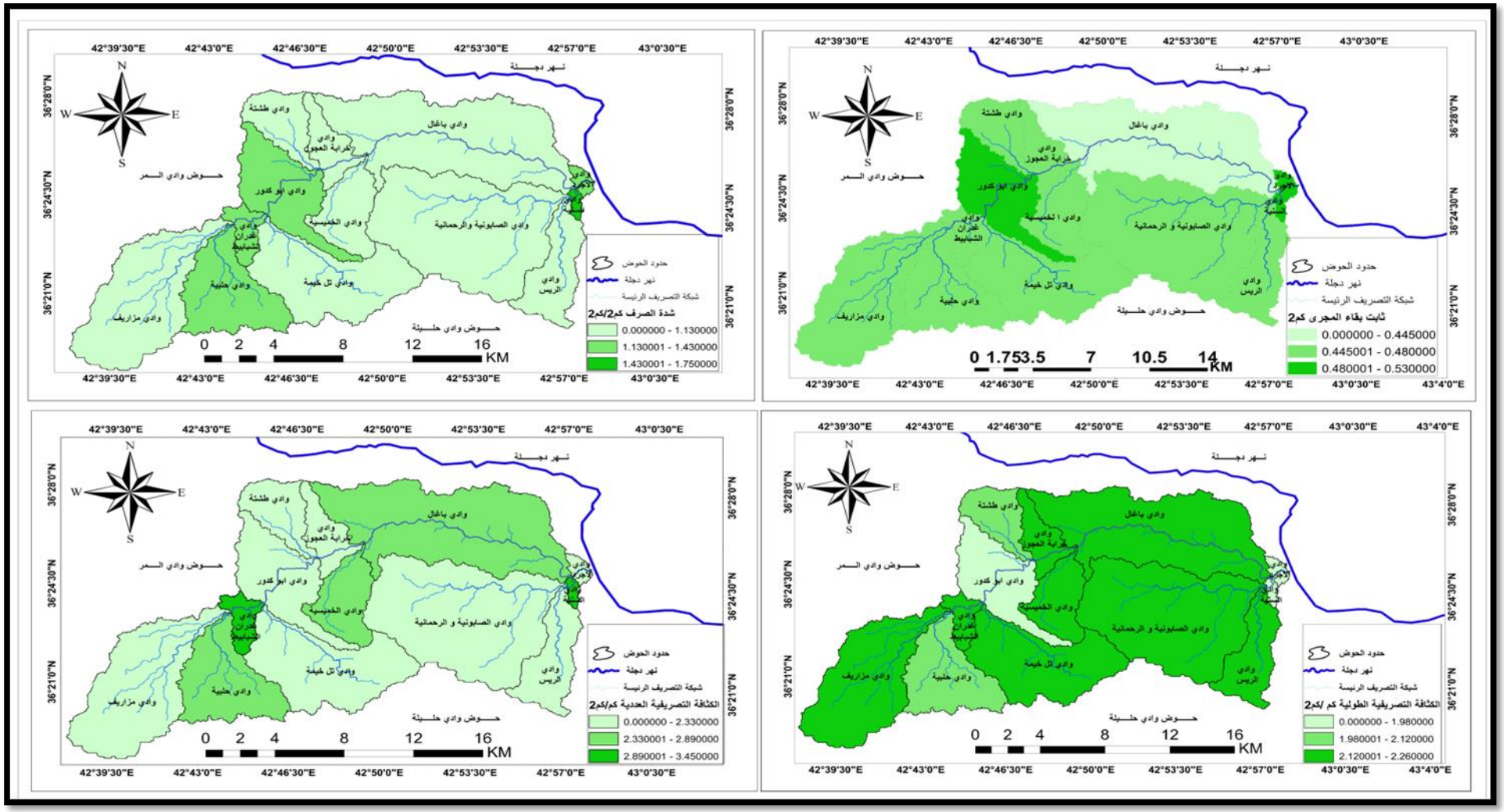
([13]) C= ثابت بقاء المجرى ، ١ = رقم ثابت ، Dd = الكثافة التصريفية الطولية.

جدول (٤) قيم الخصائص التصريفية لأحواض منطقة الدراسة

ت	اسم الحوض	اعداد الرتب	اطوالها (كم)	الكثافة التصريفية الطولية كم /كم٢	الكثافة التصريفية العددية وادي /كم٢	ثابت بقاء المجرى كم٢	معامل الانعطاف كم /كم	شدة الصرف كم٢/كم٢
١.	وادي باغال	١٥٥	١٤٦.١٩	2.26	2.4	0.44	١.٢٥	1.06
٢.	وادي طشتة	٣١	٢٦.٦١	2.09	2.27	0.48	١.١٦	1.09
٣.	وادي خرابة العجوز	١٨	٢٠.٦٥	2.15	1.78	0.47	١.٣٠	0.83
٤.	وادي الخميسية	٣٨	٣٣.٢١	2.17	2.36	0.46	١.٥٣	1.09
٥.	وادي أبو كدور	٥٩	٤٦.٠٢	1.98	2.31	0.51	١.٥٠	1.16
٦.	وادي الاجرد	٥	٣.٤٦	1.87	2.16	0.53	١.٢١	1.16
٧.	وادي السنية	٤	٢.٢٨	1.97	3.45	0.51	١.١٩	1.75
٨.	وادي الصابونية والرحمانية	١٣٣	١٤٥.٢٠	2.15	1.94	0.47	١.٢٥	0.91
٩.	وادي الريس	٤٠	٣٨.٣٩	2.23	2.21	0.45	١.٢٢	0.99
١٠.	وادي غدران الشبابيط	١٨	١٢.٢٦	2.17	3.01	0.46	١.٣٢	1.39
١١.	وادي تل خيمة	٩٠	٨٢.٣٧	2.15	2.29	0.47	١.٤٦	1.07
١٢.	وادي مرازيف	٩٥	٩٦.٣٩	2.18	2.11	0.46	١.٢٠	0.97
١٣.	وادي حلبية	٦٩	٥٤.٧٠	2.08	2.55	0.48	١.٣٥	1.23
١٤.	حوض وادي بادوش الرئيسي	٧٣٤	٧١١.٠٦	٢.١٥	٢.٢٢	٠.٤٥	١.٣٥	٠.٩٧

المصدر: بالاعتماد على قياسات برنامج (ArcGIS V.10.8.8) وتطبيق القوانين الخاصة بالمورفومتري

خرائط (4) أصناف قيم خصائص الشبكة التصريفية لأحواض منطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد على بيانات خصائص الشبكة التصريفية للأحواض الثانوية، باستخدام برنامج Arc GIS V.10.8.

معامل الانعطاف = (طول الوادي الحقيقي (كم)/ طول الوادي المثالي المستقيم (كم))

إن ارتفاع نسبة معامل الانعطاف يفسر زيادة الالتواءات وتعقد الوضع الهيدروجيومورفولوجي على جانبي المنعطف وبالتالي زيادة التبخر والترشيح في مجرى الوادي، وتحدث التعرية على احد الجهتين والترسيب على الجهة الأخرى، اذ تشير القاعدة ان كلما كان معامل الانعطاف اقل من (١) اقترب المجرى من الخط المستقيم وبتالي يزيد من سرعة الميل وقصر المسافة ومما تنخفض قيمة التبخر والتسرب وهذا ينطبق على حوض منطقة الدراسة اذ بلغت قيمة معامل انعطاف الحوض المائي (١.٣٥) وحسب تصنيف (**Schumm, 1981**)[١٤] فان هذه القيمة تمثل ان الحوض يكون بشكل منعطف مما يزيد من احتمالية فقدان المياه بفعل الترشيح و التبخر وان انعطاف المجرى الذي يؤدي الى وصول المياه الى منطقة المصب في فترة قد تطول، وتتراوح قيم معامل الانعطاف ما بين (١.٥٠) في وادي كهف الغراب اعلى قيمة ،وبين (١.١٦) في وادي طشتة كأقل قيمة، و كما موضح في الجدول (٤).

شدة التصريف (Drainage Intensity)

هي عبارة عن النسبة العددية بين الكثافة الطولية (الكثافة التصريفية) الى الكثافة العددية (التكرار النهري)، وهي خاصية ذات أهمية كبيرة لأنها تعكس سرعة انتقال الموجات التصريفية من أجزاء الحوض المائي المختلفة نحو القناة المائية الرئيسية لإيصالها الى قمة التصريف (**Ananza, ٢٠٠٥ ,p.185**)، ويمكن حسابها وفق المعادلة التالية:-

Di = Fs / Dd…….([15]) (pareta,2012:264)

ويتبين من تطبيق المعادلة كما في الجدول (٤) حيث بلغت نسبة شدة التصريف للحوض منطقة الدراسة (٠.٩٧)، وتتراوح قيمها بين (١.٧٥) في وادي الاجرد بوصفها اعلى قيمة، وبين (٠.٩٠) في وادي الصابونية والرحمانية بوصفها أدنى قيمة، وهي قيم قليلة تدل على ان الحوض المائي لايزال في مرحلة الشباب وذو طاقة تصريفية عالية، وبالتالي تنعكس على تخزين المياه ضمن الخزان المائي حيث تدل على انخفاض سرعة انتقال الموجات التصريفية من أجزاء الحوض المائي المختلفة نحو القناة المائية الرئيسية. وبذلك تم تصنيف قيم شدة التصريف الى ثلاث فئات كما في الخريطة (٣).

انماط التصريف:

يقصد بها الصورة او النظام او الترتيب السطحي الذي تبدو عليه الانهار والجداول بروافدها الرئيسية والثانوية، اذ ترتبط خطوط التصريف مع بعضها البعض بأشكال خاصة

([١٤]) تصنيف شوم ١٩٨١حدد طبيعة المجرى وفق المعايير الاتية :
اكثر من ٠.٩ : استقامة عالية ، ٠.٨ – ٠.٩ : استقامة متوسطة ، اقل من ٠.٨ : استقامة قليلة .

([١٥]) Di = شدة التصريف ،Fs = كثافة التصريف العددية ،Dd = كثافة التصريف الطولية .

نتيجة تأثير عدة عوامل، كالوضع التركيبي والتضاريسي وطبيعة المكشف الصخري وجيومورفولوجية المنطقة (**Omar,١٩٥٨ ,p.89**).من خلال شبكة التصريف المائية لحوض منطقة الدراسة فقد تم تمييز نوعين مميزين من انماط التصريف وهو النمط المتوازي والنمط الشجري حسب الانماط التي وضعها (**Thornbury, 1969**).

نمط التصريف النهري شبه المتوازي

يظهر هذا النوع من أنماط التصريف في الجزء الشمالي عند طية علان و الأوسط عند طية عطشان من حوض منطقة الدراسة كما يوضح في الجدول (٥) والخريطة (٥) ،ويتكون على سفوح الانحدارات العالية للتراكيب المحدبة والتي قد تتخللها تقعرات طويلة ،وتمكن هذه الحالة على خلق انهار طويلة تشق التقعرات السطحية وتمتد مجاريها موازية لبعضها البعض ،وتكاد تنفصل اوديتها بمسافات متوازية ،يتكون هذا النوع من التصريف النهري تبعا للظروف الصخرية التكتونية التي تساهم في تشكيل مجاري نهرية طولية متوازية (**Farhan,1987 ,p.169**) .يظهر بصورة واضحة في الاحواض (باغال ،الاجرد ،والسنية) .

نمط التصريف النهري شبه الشجري Drainage Dendr

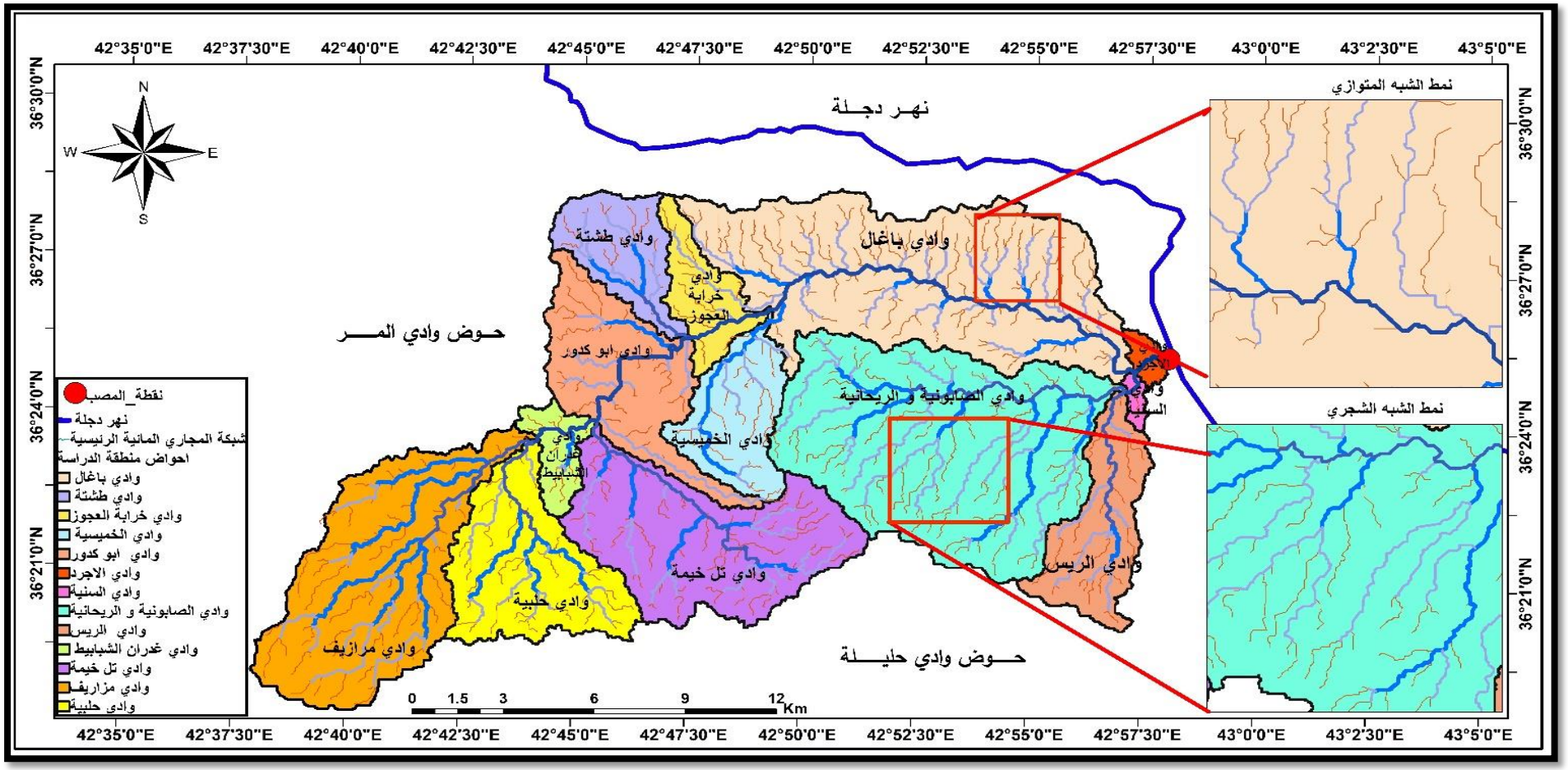
يتبين هذا النوع من أنماط التصريف في الجزء في الجزء الجنوبي الشرقي و الجنوبي الغربي من حوض منطقة الدراسة كما في الجدول (٥) و الخريطة (٥) ،ويتكون على المنحدرات التي تكون صخورها متجانسة من حيث درجة الصلابة ومن حيث التركيب الصخري و نظام بنية الطبقات (**Tarih, ١٩٩٣ ,p.292**) ، وإذ ان اهم العوامل التي تشكل هذا النمط من التصريف النهري هو الانحدار العام لسطح الحوض ،وأيضا لا تتعرض المنطقة الى حركات تكتونية تؤثر في بنية الصخور ،وتتكون المجاري النهرية التي تنتمي الى هذا النمط من التصريف من روافد نهرية تلتقي مع بعضها على شكل زوايا حادة حيث تبدو وكأنها تفرعات اغصان الأشجار ،وان اهم العوامل التي تؤثر في اشكال هذا التصريف تتمثل كلا من (مدى تجانس التركيب الجيولوجي الصخري ، ومدى مسامية الصخر ودرجة نفاذيته للماء، وكمية التساقط المطري ، ومرحلة نمو التصريف تبعا للتطور الجيومورفولوجي) اذ تزداد كثافة التفرع النهري كلما كانت الصخور ذات صلابة قليلة كما هو الحال في الصخور الرسوبية، وإذ تزداد درجة التفرع مع زيادة كمية التساقط المطري وتقل بقلته(**Awaj , ٢٠١٦ ,p.298-299**).يعد هو النمط السائد في حوض منطقة الدراسة الرئيسي ويتبين في الاحواض (وادي باغال، وادي طشتة، وادي خرابة العجوز، وادي الخميسية، وادي أبو كدور، وادي الصابونية و الريحانية، وادي الريس، وادي غدران الشبابيط، وادي تل خيمة، وادي مرازيف، وادي حلبية .

جدول (٥) خصائص أنماط التصريف في احواض منطقة الدراسة

ت	اسم الحوض	نمط التصريف	الملاحظات
١.	وادي باغال	شبه المتوازي	يوجد في مقعرات طولية موازية للطيات المحدبة أي عند المنابع.
٢.	وادي طشتة	شبه شجري	يوجد في الصخور الرسوبية المتجانسة، ويتصف السطح ذو تضاريس واطئة، وتبدو وكأنها تفرعات اغصان الاشجار.
٣.	وادي خرابة العجوز	شبه شجري	يوجد في الصخور الرسوبية المتجانسة، ويتصف السطح ذو تضاريس واطئة، وتبدو وكأنها تفرعات اغصان الاشجار.
٤.	وادي الخميسية	شبه شجري	يوجد في الصخور الرسوبية المتجانسة، ويتصف السطح ذو تضاريس واطئة، وتبدو وكأنها تفرعات اغصان الاشجار.
٥.	وادي أبو كدور	شبه شجري	يوجد في الصخور الرسوبية المتجانسة، ويتصف السطح ذو تضاريس واطئة، وتبدو وكأنها تفرعات اغصان الاشجار.
٦.	وادي الاجرد	شبه متوازي	يوجد في مقعرات طولية موازية للطيات المحدبة أي عند المنابع.
٧.	وادي السنية	شبه متوازي	يوجد في مقعرات طولية موازية للطيات المحدبة أي عند المنابع.
٨.	وادي الصابونية والريحانية	شبه شجري	يوجد في الصخور الرسوبية المتجانسة، ويتصف السطح ذو تضاريس واطئة، وتبدو وكأنها تفرعات اغصان الاشجار.
٩.	وادي الريس	شبه شجري	يوجد في الصخور الرسوبية المتجانسة، ويتصف السطح ذو تضاريس واطئة، وتبدو وكأنها تفرعات اغصان الاشجار.
١٠.	وادي غدران الشبابيط	شبه شجري	يوجد في الصخور الرسوبية المتجانسة، ويتصف السطح ذو تضاريس واطئة، وتبدو وكأنها تفرعات اغصان الاشجار.
١١.	وادي تل خيمة	شبه شجري	يوجد في الصخور الرسوبية المتجانسة، ويتصف السطح ذو تضاريس واطئة، وتبدو وكأنها تفرعات اغصان الاشجار.
١٢.	وادي مرازيف	شبه شجري	يوجد في الصخور الرسوبية المتجانسة، ويتصف السطح ذو تضاريس واطئة، وتبدو وكأنها تفرعات اغصان الاشجار.
١٣.	وادي حلبية	شبه شجري	يوجد في الصخور الرسوبية المتجانسة، ويتصف السطح ذو تضاريس واطئة، وتبدو وكأنها تفرعات اغصان الاشجار.
١٤.	حوض وادي بادوش الرئيسي	شبه شجري	يوجد في الصخور الرسوبية المتجانسة، ويتصف السطح ذو تضاريس واطئة، وتبدو وكأنها تفرعات اغصان الاشجار.

المصدر: بالاعتماد على خصائص أنماط التصريف

خرائط (٥) أنماط التصريف لحوض منطقة الدراسة



المصدر: بالاعتماد على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي DEM، باستخدام برنامج Arc GIS V.10.8.8

الاستنتاجات:

١. يعد حوض وادي بادوش من الاحواض الوديان النادرة حيث يسير اتجاه مجرى الوادي من الجنوب الى الشمال ليصب في نهر دجلة عكس الاحواض التي يكون اتجاهها العام من الشمال الى الجنوب.

٢. تتأثر هيدرولوجية ومورفومترية حوض وادي بادوش وروافده بالأمطار التي توفر له الصبيب المائي الذي يجري في روافده منحدرا من خط تقسيم المياه لكل من طية (علان في الشمال، عطشان في الشرق، شيخ إبراهيم في الجنوب).

٣. يتراوح منسوب الارتفاع في حوض وادي بادوش ما بين اعلى نقطة (٥٣٧ م) وأدنى نقطة (٢٤٣م) فوق مستوى سطح البحر.

٤. بلغت مساحة الحوض (٣٢٩.٩٥ كم٢)، ويمكن اعتبارها صغيرة نسبيا ما يؤدي الى زيادة التصريف المائي في الحوض، وانخفاض معدلات التبخر والتسرب مقارنة بالأحواض الكبيرة.

٥. بلغت نسبة الاستطالة للحوض الرئيسي بادوش ومعظم الاحواض الثانوية متخذة الشكل المستطيل، مما يدل على انها في مرحلة الشباب.

٦. بلغ التكامل الهيبسومتري لحوض وادي بادوش (٤٨.٦٧) فأن التعرية في الوادي تمر بمرحلة متقدمة من دورته الحتية، وهذا يعني ان الحوض اتم نصف دورته الحتية او فقد نصف الكمية ما شملته من مواد صخرية قابلة للحت، وكما تمر معظم الاحواض بهذه المرحلة من الشباب المتأخر باستثناء وادي الاجرد، وادي خرابة العجوز، واي السنية، وادي غدران الشبابيط التي تمر بمرحلة الشباب المبكر.

٧. ترتبط الرتب النهرية للحوض الرئيسي بعلاقة طردية قوية جدا مع التضرس الكلي للحوض اذ بلغ (٦.٧٨ م/كم) مع مساحة وطول وعرض ومحيط الحوض، وترتبط بعلاقة طردية قوية مع عد المجاري المائية (٧٣٤) واطوالها (٧١١.٠٦ كم)، والنسيج الطوبغرافي (٦.٦٩) طول الوادي كم /كم٢، وقيمة الوعورة (٠.٠١ كم/كم٢).

٨. ترتبط نسبة التضرس بعلاقة طردية مع الخصائص الشكلية والتكرار النهري، والشدة التصريفية ودرجة انحدار الحوض.

٩. ترتبط الكثاف التصريفية بعلاقة طردية مع التكرار النهري، وطول التدفق السطحي ومؤشر التقطع.

١٠. اظهرت شبكة التصريف المجاري المائية لحوض الدراسة عدة أنماط تبعا للبنية الجيولوجية وهي نمط التصريف شبه المتوازي ونمط التصريف شبه الشجري.

المقترحات:

١.الاعتماد على برامج نظم المعلومات الجغرافية في الدراسات المورفومترية لأحواض التصريف النهري لغرض التوصل الى نتائج دقيقة معتمدين بذلك وبالدرجة الأساس على صحة المدخلات للبرنامج لغرض الحصول على ادق النتائج.

٢.اقامة السدود الترابية التخزينية للاستفادة منها في تغذية المياه الجوفية وخاصة عندما يكون لدينا ممرات مائية مفتوحة ضمن طبقات وتكوينات تتضمن اختلاف معدلات التسرب والجريان السطحي وكمية الامطار واختلاف التكوينات الجيولوجية للحوض والتي تقلل من الفيضانات المفاجئة التي تتعرض اليها مدينة الموصل.

٣.القيام بمسوحات أرضية للحوض ودراسة كمية ونوعية الرواسب المنقولة اثناء الفيضان للاستفادة منها في الصناعات المختلفة.

References:

- Abdulla, Hamed Hassan, 'Morphometric parameters study for the lower part of lesser zap using GIS technique', Diyala journal for pure sciences, Vol. 7, 2010, pp. 138.
- Abu Hasira, Yahya Mahmoud Saeed, GIS application in the study of the morphological characteristics of the Al-Awja River Basin, unpublished master's thesis, Faculty of Literature, Islamic University, Gaza, Palestine, 2013, p. 111.
- Abu Radhi, Fathi Abdel Aziz, Public Assets in Geomorphology T1, Arab Renaissance House, Beirut, Lebanon, 2004, p. 148.
- Abu Radhi, Fathi Abdel Aziz, Public Assets in Geomorphology, i1, Arab Renaissance House, Beirut, Lebanon, 2004, p. 136.
- Alagi Amna Ahmad Mohamed Tatatbiq Nazam Maaloumat Al-Jagrafiya fe banaa qaada piannat lakhsais almorfomtria womdlolatha hidroulogia fe hawd wadi yelmelem veanes al-arabia al-saoudiya ،jamaa em kurri ،kalia al-aloum alajtamaaia ،2010 ،p. 30..
- Al-Ani, Ruqaya Ahmed Muhammad, Geomorphology Sahl Sindi, PhD Thesis (Unpublished), Department of Geography, Faculty of Education, University of Mosul, Iraq, 2010, p. 69 .
- Al-Aqeel, Haya Mohammed Saleh, Geomorphology of Wadi Al-H, atributary of the Wadi Hanifa Basin in Saudi Arabia, PhD thesis (unpublished), Riyadh University, Saudi Arabia, 2001, p. 53 .
- Al-Iryani, Abdul Salam Ahmed, Wadi Bina Basin in the Republic of Yemen, Master's Thesis (Unpublished), Baghdad University, Baghdad, Iraq, 2000, p. 65.
- Al-Jubouri, Nihad Saud, Geotechnical and Astrological Assessment of Gypsum Rocks in The Formation of the Opening and the Validity of Its Use as Thermal Insulators, Unpublished Master's Letter, Faculty of Science, Tikrit University, Salah al-Din, Iraq, 2009, p. 42.
- Al-Kaari, Najm Abdullah Kamel A, and others, Geometric Analysis of the proposed Al-Jarnaf Dam site in Eastern/Northern Iraq, Tikrit Journal of Pure Science, Volume 21, Issue 2, Salah al-Din, Iraq, 2016, p. 121.
- Al-Mashat, Hind Abdul Rahman, Wadi Leya Basin, Saudi Arabia, Geomorphological Study, PhD Thesis (Unpublished), Jeddah University, Saudi Arabia, 1995, p. 87.

- Al-Mohsen, Asbahia Younis, Ali Abdul Abbas, impact of morphological characteristics in determining the pelvic area, al-Khazar Basin, Journal of Education and Science, Faculty of Education, University of Mosul, Volume 9, Issue 2, 2002, p. 139.
- Al-Momeni, Lotfi Rashid, Hydrology of the Main Wadi Al-Mujib Basin in Jordan, Study in Applied Geography, Ministry of Culture Press, Jordan, 1997, p. 65.
- Al-Sahaf, Mahdi Mohammed, Kazem Musa, Hydromorphometery of the Diyala Basin in Applied Geomorphology, Journal of Mustansiriyah Literature, Issue 16, 1998, p. 788.Horton, R.E., Erosional development of streams and their drainage density: hydrophysical approach to quantitative geomorphology, Geol. Soc. Amer. Bull., 1945 ,p .89.
- AL-Tamimi, Bashir Farhan Mahmoud, Hydrological Modelling of wadi Jamjamal Basin using Geographic Information Systems and Remote Sensing (GIS) and (RS) Doctoral Thesis (Unpublished), Tikrit University, Salah al-Din, Iraq, 2016, p. 54.
- Al-Tom, Sabri, Eddy Al-Rumiman Basin , "Geological Study", Unpublished Master's Thesis, University of Jordan, Jordan, 1990,p. 65.
- Ananza, Ali Ahmed Abdullah, The Extent of Exploitation of The Natural and Human Resources of Wadi Ibn Hammad in Karak Province, Jordan, King Abdulaziz University Magazine, Volume 13, Issue 3, 2005, p. 185.
- Ashour, Mohammed Mohammed, Morphological Analysis Methods for Drainage Networks, Journal of the Faculty of Humanities and Social Sciences, Qatar University, Issue 6, 1986, p. 496.
- Awaj, Hisham Abdullah, Salem Khalifa Fatuh, Formal Classification of Types of Water Discharge of Valley Streams using remote sensing technology for the Mazda region in northwestern Libya, Journal of the Faculty of Girls' Education, Sabratha University, Libya, Issue 6, 2016, p. 298-299.
- Dagestani, Hikmat Sobhi, Alaa Nabil Hamdoun, Analysis of the Morphometer Properties of Drainage Basins in Dohuk region in northern Iraq using remote sensing data, Remote Sensing Center, Mosul University, Iraq, 2000, p. 26.
- Farhan, Yahya Issa, Remote Sensing and Its Applications, University of Jordan, Majdalawi Publishing and Distribution House, Amman, Jordan, 1987, p. 169.
- Grade, R.J., River Morphology, New Delhi, New Age International, 2006, p.p69.
- Gregory K.J. and D.E. Walling, Drainage basin form and Process, A geomorphological approach, Edward Arnold , 1973 ,P.68.
- Horton, R.E., Erosional development of streams and their drainage density: hydrophysical approach to quantitative geomorphology, Geol. Soc. Amer. Bull., 1945, P. 75.
- Huggett, R.J., Fundamentals of Geomorphology, 2nd edit, London and New York, Routlege Taylor and Francis Group, 2007. P.p.98.
- Imran, Hanan Abdul Karim, Hussein Karim Al-Saadi, Morphometeria Wadi Al-Karroui Basin (Eastern Wasit Province), Babel University journal of humanities, Volume 28, Issue 2, Babylon, Iraq, 2020, p. 101.
- Mahsub, Mohammed Sabri, Geomorphology of Terrestrial Forms, Cairo University, Arab Thought House for Printing and Publishing, Cairo, Egypt, 1997, p. 50 .
- Melton, M.A.,' Correlation structure of morphometric properties of drainage system and their controlling agents', Journal of Geology, Vol.66, 1958, pp. 442.
- Morisawa, M., Geomorphology Texts, Rivers form and process, 1985, P. 91-94.
- Morisawa, M., Geomorphology Texts, Rivers form and process, 1985, P. 91-94

- Omar, Amer Abdullah, Tectonic Analysis in Linear Compositions in Northwestern Iraq using Remote Allergy Data, Master's Thesis (Unpublished) University of Baghdad, Iraq, 1958, p. 89.
- Reddy, et al., 'Drainage Morphometry and its influence on Land form characteristics in a Basaltic Terrain, central India', International journal of applied earth observation and Geo information, 2004, 16p.
- Reshma Parveen, and Uday Kumar, and Vivek Kumar Singh, 'Geomorphometric Characterization of Upper South Koel Basin, Jharkhand', Journal of Water Resource and Protection, India, Vol.4, 2012, pp 1042-1050.
- Ritter D.F., and Kochel R.C., and Miller J.R., In Process Geomorphology, Dubuque, William C. Brown, 1995, P.89.
- Salama, Hassan Ramadan, Formal characteristics and geomorphological connotations, periodic bulletin issued by the Department of Geography, Kuwait Geographical Society, Issue 43, 1982, p. 27.
- Salama, Hassan Ramadan, Geomorphological Analysis of Morphometer Properties of Water Basins in Jordan, Journal of Studies of the University of Jordan, Volume 7, Issue 1, 1980, p. 42.
- Schumm S.A., the Fluvial System, United States of America, Jon Wiley and Sons, 1977, P.102.
- Schumm, S.A., Evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Perth Anboy, New Jersey, Bulletin of the Geological Society of America,1956, P 98.
- Schumm, S.A., Evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Perth Anboy, New Jersey, Bulletin of the Geological Society of America,1956, P.123.
- Schumm, S.A., Evolution of drainage systems and slopes in Badlands at Perth Anboy, New Jersey, Bulletin of the Geological Society of America,1956, p.p54.
- Strahler A. N. 1957. Quntitive analysis of water shed geomorphology Tran Amer Geop. Union¸ V 38¸ p. 913.
- Strahler, A.N, 1964 Quanti2tative Geomorphology OF drainage besihs and Channel network In a book applied hydrology, edited by chow, V.T-MC. Grow – Hill . New work. P.P. 471- 492.
- Strahler, A.N., 'Dimensional analysis to fluvially Evaded Land Forms', Bulletin of Geological of America, Vol., 69 . 1958, P. 280.
- Strahler, A.N.,'Quantitative analysis of watershed geomorphology', Transaction of American Geophysical Union, Vol-8, 1957, pp. 913- 920.
- Tarih, Abdelaziz, Natural Geography (Forms of the Earth's Surface), Alexandria, Egypt, 1993, p. 292.
- Zariqat, Dalal Ali, Yusra Abdul Karim Al-Masal, Morphometer characteristics of the Zarqa River Basin in Jordan using GIS and digital molar model, Journal of Humanities and Social Sciences Studies, Volume 42, Annex 1, 2015, p. 1482 .