

التحليل المورفومتري لحوض وادي كارفين باستخدام نظم

المعلومات الجغرافية

أ.د. أحمد ياسين علي

م.م. بنار عبد الخالق بكر

م.م. هلمت توفيق سعيد

أ.محمد علي قادر (*)

مقدمة

تسمى القياسات والتحليلات الرياضية للمظاهر الأرضية كالشكل والأبعاد تسمى بالمورفومتري. ولهذا فقد أوجدت العديد من الطرق الكمية لفهم تطور وسلوك تلك المظاهر الأرضية (Agarwal 1998) إذ أن شكل وبنية أحواض الصرف وشبكات الصرف السطحي المرتبطة بها توصف بواسطة معاملاتها المورفومترية. فالخصائص المورفومترية هي وصف كمي للأشكال الأرضية التي هي مستمدة من التضاريس وارتفاع سطوحها وشبكة الصرف في الحوض. وتجدر الإشارة إلى أن تطبيقات التقنيات الكمية في التحليل المورفومتري لأحواض الصرف أجريت من قبل هورتون وآخرون (Singh 1992).

يمثل حوض الصرف وحدة جيومورفولوجية وهيدرولوجية أساسية لفهم الكثير من العمليات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية باعتبار حوض الصرف مساحة من

(*) بحث مشترك بين أساتذة من قسم الجغرافيا كلية التربية - جامعة كويه إقليم كردستان العراق، ومحاضر بقسم الجغرافيا بكلية التربية - جامعة رابه رين.

سطح الأرض يتم فيها نقل الجريان السطحي إلى منفذ واحد هو المصب ولهذا يعتبر وحدة مناسبة لدراسة العديد من العمليات السطحية.

على سبيل المثال حوض الصرف هو يعد عنصرا أساسيا في المظهر التعريوي للمظاهر الأرضية، حيث التفاعل فيه واضح وقائم بين الأرض والموارد المائية. لتتشكل الوحدات الأساسية للمظاهر الأرضية. وقد تم إجراء بحوث كثيرة تمحورت حول التوصيف الهندسي للأحواض مثل شبكة الصرف النهري وتحليل شكل الحوض ونمط الصرف ونسيج الصرف (Abrahams 1984). باعتبار أن العمليات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية تحدث في حوض الصرف والتوصيف المورفومتري يكشف عن الكثير من المعلومات المتعلقة بتطور عمليات سطح الأرض. (Dar, Chandra, and Romshoo 2013)

وهكذا يقدم لنا التحليل الكمي نظرة شاملة لسلوك المياه في حوض الصرف . والوقت الذي يستغرقه في داخل الحوض. وزمن وصول المياه إلى الذروة، والتكؤ في الوصول. ويمكن التنبؤ بكثافة عمليات التعرية الجارية التي تعمل على مقياس حوض صرف مع فهم أفضل ودقة في التقييم والتطور المورفومتري لها. وبالنسبة لأحواض الصرف التي لا توجد فيها محطات قياس حيث المعلومات الهيدرولوجية والمتعلقة بالتربة والجيولوجيا والهيدرولوجيا نادرة. تزودنا التحليلات المورفومترية بخيار جيد لفهم العوامل الكامنة التي تسيطر على السلوك الهيدرولوجي . (Romshoo, Bhat, and Rashid 2012)

علاوة على ذلك هناك عدد لا يحصى من تطبيقات التحليلات المورفومترية الكمية وتحليلها مثل تقييم حوض الصرف . وتحديد الأولويات لأحواض الصرف في الحفاظ على التربة والمياه. كما تقدم التحليلات المورفومترية لأحواض الصرف

وصفا كميًا للنظام وبالتالي يمكن تقديم توصيف أفضل للأحواض النهرية. (Strahler 1964) وكذلك دور العمليات الأرضية والخواص الفيزيائية للتربة وخصائص التحات في تشكيل خصوصيات أحواض الصرف المختلفة والتي من الممكن أن يكون تقييمها أفضل من خلال معاملاتها المورفومترية. (Dar, Chandra, and Romshoo 2013) فالتحليل المورفومتري يوفر معطيات حول النفاذية وطاقة الخزن لدى الصخور (Clarke 1966).

وبالتقدم في الجغرافيا المكانية وتكنولوجيا الكمبيوتر أصبحت التقييمات المورفومترية لأحواض الصرف أكثر دقة وإتقان في الوقت الحاضر. وباستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ونموذج الارتفاع الرقمي DEM ، تم تقييم مختلف التضاريس والمعاملات المورفومترية لأحواض الصرف بسهولة ودقة أفضل. وقد استخدمت بيانات الأقمار الصناعية وأدوات نظم المعلومات الجغرافية بنجاح لتوليد بيانات عن الانحرافات المكانية في خصائص الصرف وبالتالي توفير نظرة ثاقبة للظروف الهيدرولوجية اللازمة لوضع استراتيجيات لإدارة أحواض الصرف. (Nag 1998)

والهدف الرئيس من هذا البحث هو اكتشاف خصائص حوض نهر كارفين الجيومورفولوجية والهيدرولوجية من خلال قياسات المجاري النهرية المختلفة وخصائص الحوض النهري و الأحواض الثانوية. وكذلك يهدف إلى تحديد المرحلة الجيومورفولوجية التطورية بمساعدة العوامل المورفومترية المختلفة التي سيتم تناولها بشكل مفصل. إذ تعد الدراسات المورفولوجية للأنهار مهمة جدا لدراسة سلوك النهر وعمليات الترسيب والنحت والتغير في مجرى النهر. والحقيقة أن نهر كارفين هو مصدر مهم لزراعة سكان المنطقة للري، وإمدادات مياه

الشرب، وتمتد على جانبيه قرى عديدة نذكر منها ابتداء من المنبع قرية ده روه كوتر ، قادرأوا، نأشوران، ماخومه زنان، زه نكلان، مه مكان، جه لكان، بيراتان، شاورى وقرية مخومزان إضافة إلى مدينة سه نكه سه ر التي تقع إلى القرب من مصب النهر وبالتحديد في (ده ربه ند) رانية الواقع على مقربة من المدينة باتجاه شمالها الشرقي.

بناءً على ذلك سوف يتم قياس مجموعة من الخصائص المتمثلة بالخصائص المساحية، الشكلية، التضاريسية. إذ تم استخراج المعاملات المورفومترية والمتمثلة بالرتب النهرية، أطوال المجاري، نسبة التشعب، معامل الشكل، كثافة الصرف، نسيج الحوض، التكرار النهري، طول الجريان الأرضي، ثابت بقاء المجرى، نسبة الاستدارة ونسبة الاستطالة، المساحة والمحيط و أطوال الأحواض .

تم إجراء مسح لشبكة الصرف المائي من خلال استخدام نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) الخاص بمنطقة الدراسة، وبعد إجراء العمليات عليها عن طريق برنامج (ARCGIS 10.) تم فصل حوضين ثانويين ومنطقة متبقية لا تشكل حوضاً منفصلاً ضمن حوض الوادي موضوع الدراسة. الحوضين الثانويين هما بحوض كندال وناودشت.

منطقة الدراسة

يقع حوض نهر كارفين إلى الشمال الشرقي من مدينة رانية وشمال غرب مدينة قه له دزه فمنابع نهر كارفين تبدأ من سفوح جبل قه نديل الجنوبية . لتتساب مجاري النهر وروافده من ارتفاعات تصل إلى 3200 متر فوق مستوى سطح البحر. وحوضه يأخذ شكل شجرة تاجها يمثله الحوضين الرئيسيين ويبلغ أكبر عرض له في حدود 18 كيلومتر ثم يبدأ بالضييق بعد التقاء رافديه كاندل وناودشت

ليكون عرض الحوض في حدود 8 كيلومترات ويستمر بالضيق باتجاه المصب ليصبح اقل من كيلومتر شمال مدينة سنكه سر ويستمر كذلك إلى مصبه جنوب مدينة سنكه سر، وتصب فيه عدد من الأودية الصغيرة من جانبه الشرقي والغربي. نهر كارفين الرئيس دائم الجريان إلا أن بعض روافده تجف صيفا وفقا لانتهاء موسم الأمطار صيفا وذوبان الجليد. يصب النهر بنهر الزاب الصغير قبل دخوله إلى بحيرة دوكان في منطقة دربه ند رانيه. تصل مساحة الحوض إلى 219.01 كيلومتر مربع. يبلغ طول حوض نهر كارفين من منبعه إلى مصبه 33.14 كم وهو يتكون من رافدين رئيسيين هما كاندل وناودشت. شكل-2. يقع حوض نهر كارفين بين دائرتي عرض "13.6246° 13' و 36° 31' و 14.9627° شمالا وبين خطي طول "52.6141° 53' و 44° 06' و 13.4777° شرقا.

مناخ منطقة الدراسة يقع ضمن نطاق نظام مناخ البحر المتوسط الذي يتصف بأمطار شتوية ربيعية وصيف جاف تقريبا. يبلغ معدل كمية الأمطار الساقطة على محطة هه لشو ال أكثر تمثيلا لمناخ منابع الحوض الأعلى لنهر كارفين يبلغ 793 ملم ومعدلات الحرارة السنوية تبلغ 17.43 درجة مئوية ويصل معدلها في فصل الصيف إلى 29.75 درجة مئوية وفي فصل الشتاء يبلغ معدلها 5.85 درجة مئوية . وفي محطة رانية القريبة من مصب نهر كارفين يبلغ معدل مجموع كمية الأمطار السنوية 703.55 ملليمتر ومعدل درجة الحرارة السنوي 18.82 درجة مئوية ويبلغ معدلها في فصل الصيف 31.88 درجة مئوية ومعدلها شتاء يبلغ 6.65 درجة مئوية.

جيولوجية الحوض

تقع منطقة الدراسة من الناحية التكتونية ضمن النطاق المنطوي العالي والأجزاء العليا من الحوض تقع ضمن النطاق الميوجيوسنكلين عند حدود الصفيحة العربية مع الصفيحة الإيرانية، وفق تصنيف بودي وجاسم (Buday, 1987)

ووفق الخريطة الجيولوجية تنكشف في منطقة الدراسة تكوينات تعود للعصر الكريتاسي العائد إلى الزمن الثاني وتكوينات تعود إلى الزمن الثالث ابتداء من الأيوسين والأوليكوسين والمايوسين ثم رواسب الزمن الرابع البلايستوسين. ويمكن وصف تكويناته ابتداء من الكريتاسي بالشكل التالي إذ يظهر تكوين قنديل المؤلف من الحجر الجيري المنفصم والحجر الجيري المتحول المسمى بـ (Gimo) عند الأجزاء الشمالية للحوضين الرافدين كندال وناوده شت. ثم يظهر تكوين شلير المكون من الكلوريتوسيريسيت الفيليتو البازلت والحجر الجيري في الطرف الشمالي لحوض كارفين على جبل قنديل. أما تكوين بالامبو المكون من الحجر الجيري المارلي والمارل وتطبقات من الحجر الجيري والدلومايت. وهو ينكشف في منطقة صغيرة جنوب أواسط الحوض شكل - 5 . وكذلك ينكشف تكوين قمجوقة المكون بشكل أساسي من الحجر الجيري والدلومايت الضخم والذي ينكشف في الجزء الأوسط من حوض كارفين. وتكوين كوميتان المؤلف بشكل رئيس من الحجر الجيري والحجر الجيري المارلي.

وينكشف أيضا تكوين شيرانش في الأجزاء الشمالية الوسطى من حوض كارفين والمكون من الحجر الجيري ذو التطبيق الجيد والمارل الأزرق. وأيضا تكوين تانجيرو في الأجزاء الشمالية الوسطى من حوض كارفين وهو يتكون من الحجر الجيري ذو اللون الكاكي. والحجر الطيني والكونكولوميريت. ثم تنكشف

تكوين والاش المكون من الحجر الطيني الأحمر والحجر الغريني والشيل والبركانيات السفلى والحجر الطيني الأحمر والشيل إضافة إلى البركانيات العليا والاندسايت واللافا والبايركتسيت والحجر الطيني الحمر والكلاستك. ويظهر أيضا تكوين ناوبيردان في شمال الأوسط من حوض كارفين وهو يتكون من الشيل الرمادي والحجر الجيري المرجاني والتوفاكيوس وبركانيات الفيليستك والكونكوميريت والشيل الرمليوالسليكا البركانية والواح التوفاكيوس.

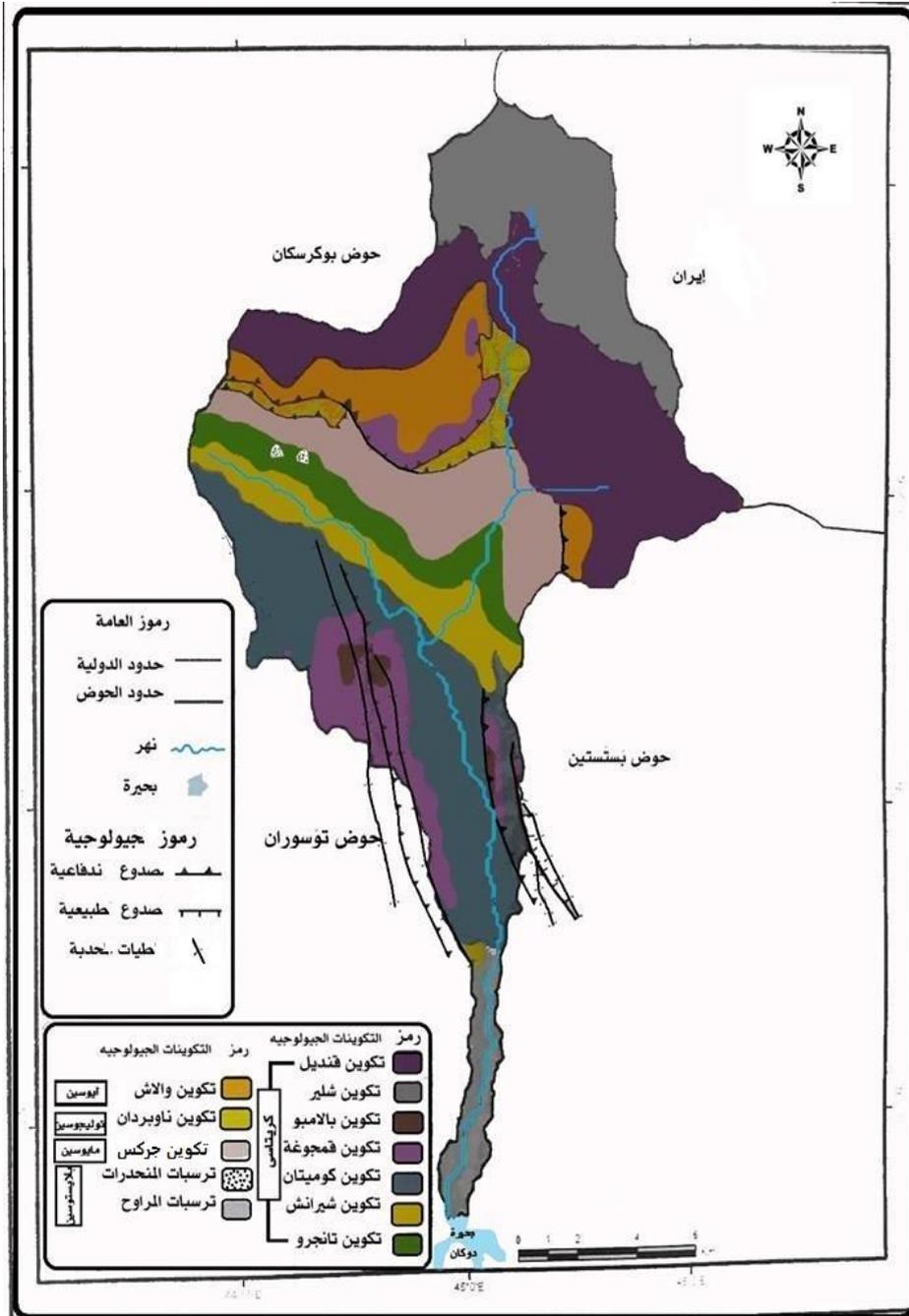
كما ينكشف أيضا تكوين سلسلة طبقات السويس الحمراء العائدة لعصر المايوسين في الأطراف الشمالية من الحوض. إضافة إلى رواسب العصر الرباعي المتمثلة برواسب المنحدرات ورواسب المراوح الفيضية في الجزء الضيق الجنوبي من الحوض.

Varoujan K. Sissakian , Geological map of Kirkuk Quadrangles, sheet AND NI -38 - 2, State Establishment of Geological Survey and Mining 1:250000, 1993

محور نقلا عن:

يادگار مصطفى ابراهيم، جيمورفولوجياى ئاوزىلى روبرارى قه نديل وبه كارهيئانه كانى، نامه ى ماسته ر، زانكوى سه لاحة ددين- هولير، به شى جوگرافيا، ٢٠١٥، بلاونة كراوه، ل٧.

شكل -2- الخريطة الجيولوجية لحوض كارفين



النتائج والمناقشة

تزداد القياسات والتحليلات الرياضية لمكونات سطح الأرض وأشكالها وأبعادها تزودنا بأساسيات دراسة الخرائط للمسح الجيومورفولوجي. وهذا المنهج تم وصفه بالمورفومتري الذي يتم فيه دراسة وقياس خصائص الحوض وارتفاعاته ومقدار الانحدار وتشكل التضاريس. تم قياس معالم الأحواض باستخدام برنامج أرك حي إي أس -10 وتم ترتيب الرتب حسب طريقة ستراهلر 1952. وتم استخدام عدة طرق لقياس الجوانب الخطية والمساحية والتضاريسية، هذه الطرق استخدمت من الباحثين الذين وضعوا أسس هذا المنهج الكمي في الدراسات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية. إذ تم تحديدهم في الجدول رقم (1)

جدول رقم (1)

المنهجية المعتمدة لقياس المعاملات المورفومترية

المصدر	المعادلة	المعامل المورفومتري	
Strahler (1964)	الترتيب الهرري	ترتيب المجاري Nu Stream Order (U)	1
Horton (1945)	طول المجرى	طول المجرى Lu Stream Length (Lu)	2
Strahler (1964)	$Lsm=Lu/Nu$ مجموع أطوال المجاري لرتبة معينة \ مجموع اعدادها	معدل طول المجاري Mean Stream Length	3
Horton (1945)	$RL=Lu/Lu-1$ مجموع أطوال المجاري في رتبة معينة \ مجموع أطوالها في رتبة أدنى تالية	نسبة طول المجرى RL Stream Length Ratio (RL)	4
Schumm (1956)	$Rb=Nu/Nu+1$ المجاري في رتبة معينة \ مجموع اعدادها في رتبة أعلى تالية	نسبة التشعب Rb Bifurcation Ratio (Rb)	5
Strahler (1957)	معدل نسبة التشعب لكل الرتب	معدل نسبة التشعب Rbm Mean Bifurcation Ratio (Rb)	6
Strahler (1952)	ارتفاع أعلى نقطة في الحوض – أدنى	تضاريس الحوض	7

	نقطة ارتفاع م	Basin relief	
Schumm (1956)	تضاريس الحوض \ أقصى طول للحوض تضاريس الحوض \ طول الحوض	نسبة التضرس Relief Ratio (Rh)	8
(Horton(1932)	مجموع أطوال المجاري \ مساحة الحوض $D = Lu/A$	كثافة الصرف Drainage Density (D)	10
(Horton (1945)	مجموع اعداد المجاري \ طول محيط الحوض $Rt = Nu/P$	نسيج الصرف	
Horton (1945)	مجموع اعداد المجاري \ مساحة الحوض $Fs = Nu/A$	التكرار النهري Stream Frequency (Fs)	11
Horton(1932)	مربع طول الحوض \ مساحة الحوض $Sw = Lb^2/A$	مؤشر الشكل Shape index (Sw)	12
Horton(1932)	مساحة الحوض \ مربع طول الحوض $Rf = A/Lb^2$	معامل الشكل Form Factor (Rf)	13
Schumm (1956)	طول قطر دائرة مساحتها تساوي مساحة الحوض \ أقصى طول للحوض	نسبة الاستطالة Elongation Ratio (Re)	14
Miller(1954)	مساحة الحوض \ مساحة دائرة لها نفس محيط الحوض	نسبة الاستدارة Circularity Ratio (Rc)	15
Horton (1945)	1 \ 2 * كثافة الصرف $Lg = 1/D * 2$	طول الجريان الارضي Length of overland flow (Lg)	16
Horton (1945)	1 \ كثافة الصرف $C = 1/D$	ثابت بقاء المجرى Constant Channel Maintenance (C)	17
Schumm (1956)	مجموع مجاري الرتبة الاولى \ محيط الحوض $T = N1/P$	نسبة النسيج Texture (Ratio (T	18
Faniran (1968)	التكرار النهري \ كثافة الصرف $Di =$ Fs/Dd	شدة الصرف Drainage intensity	19
Gravelius (1914)	محيط الحوض \ محيط دائرة لها نفس مساحة الحوض $Cc = Pc/Pu$	معامل الاندماج Compactness coefficient (Cc)	20
Schumm (1956)	تضاريس الحوض * كثافة الصرف $Rn = Bh*D$	رقم الوعورة Ruggedness number (Rn)	21

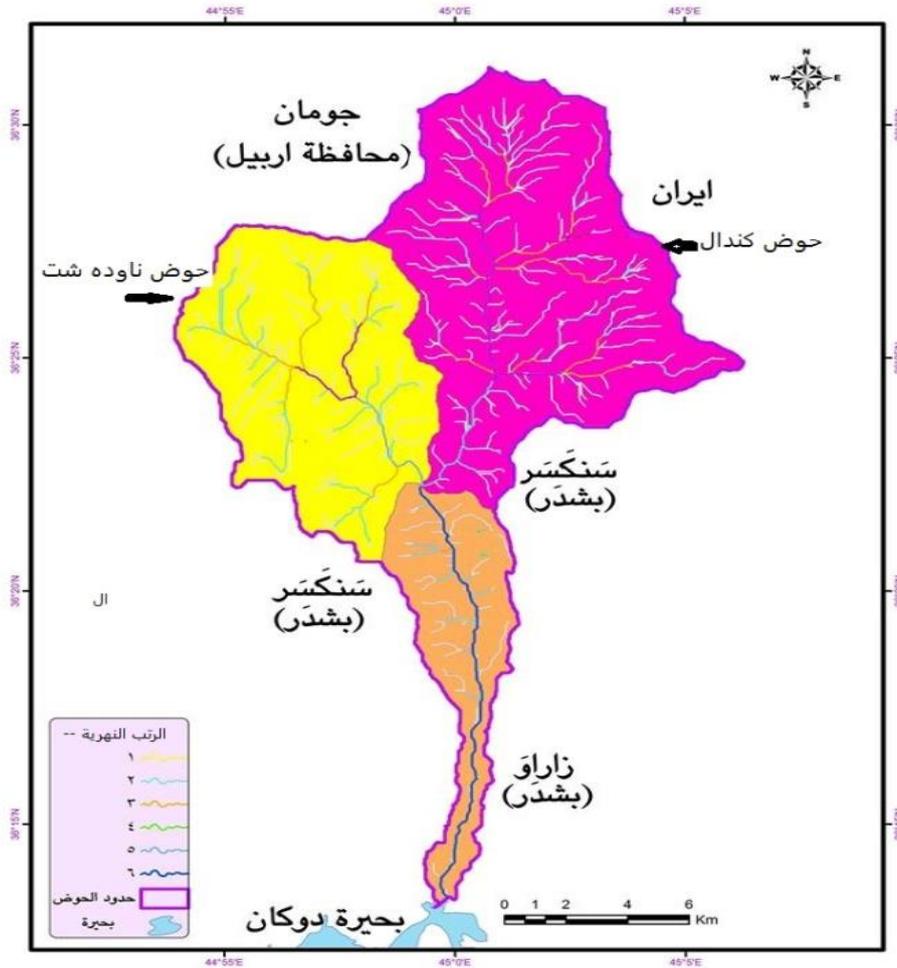
الرتب النهرية Stream Order

قياس الرتب النهرية هي مهمة باعتبارها تقدم فكرة عن حجم الحوض وكمؤشر تقريبي لمقدار الجريان النهري الذي يمكن أن ينتج عن طريق شبكة صرف معينة. وفي هذا البحث تم انجاز تصنيف الرتب النهرية على أساس طريقة ستراهلر (Strahler 1964). 1964.

يوضح الشكل -3- شبكة الصرف النهري لوادي كارفين والرتب النهرية فيه تمتد من الرتبة الأولى إلى الرتبة السادسة. ليلعب العدد الكلي لكل الروافد والرتب 468 مجرى في الحوض الرئيس موزعة بالشكل التالي 358 للرتبة الأولى و 85 للثانية و 17 للثالثة و 5 للرابعة و 2 للخامسة و 1 للرتبة السادسة. إلا أن عدد المجاري في الرتبة الأولى في حوض رافد وادي كندال تبلغ 231 موزعة على الرتبة الأولى 177 مجرى والرتبة الثانية 41 مجرى والثالثة 10 وفي الثانية 2 مجرى والأولى 1 أما حوض رافد وادي ناودشت فيبلغ عدد مجاري جميع الرتب 174 تستأثر المرتبة الأولى ب أكثرها إذ بلغت 130 مجرى والثانية 34 مجرى والثالثة 6 مجاري والرابعة 3 مجاري والخامسة مجرى واحد. ناقش هورتون (Horton 1945) وشوم (Schumm 1956 1956) العلاقة بين الرتب النهرية وعوامل مكونة لحوض الصرف والنتائج ال أكثر أهمية التي يمكن استخلاصها في هذا المجال في ما يتعلق بحوض كارفين هي انه كلما ازدادت رتبة المجرى فان عدد المجاري ومعدل انحدارها ينخفض في متوالية هندسية معكوسة. وهنا تتم الإشارة إلى قانون هورتون للرتب النهرية. وأن أي انحراف في هذه الخاصية يشير إلى تضاريس تتصف بارتفاعات عالية مع منحدرات حادة، تحتها تنوع صخري وحركة رفع محتملة في الحوض. (Singh and Singh 1997) وعند وضع أعداد المجاري على ورق نصف لوغارتمي مع الرتب النهرية

يفترض أن جميع النقاط تقع على خط مستقيم واحد حسب قانون هورتون (Horton 1945) وتم ذلك بالنسبة للعدد مجاري حوض كندال وناودشت وكارفيناذ وضعت على ورق نصف لوغارتمي فاتضح أن هناك انحرافات عن الخط الرئيس قد حدثت مما يشير إلى تعرض المنطقة إلى حركة رفع وتباين وتنوع في التكوينات الصخرية التحتية بشكل انعكس على هذه الانحرافات Strahler 1957 كما يتضح ذلك من الشكل (3).

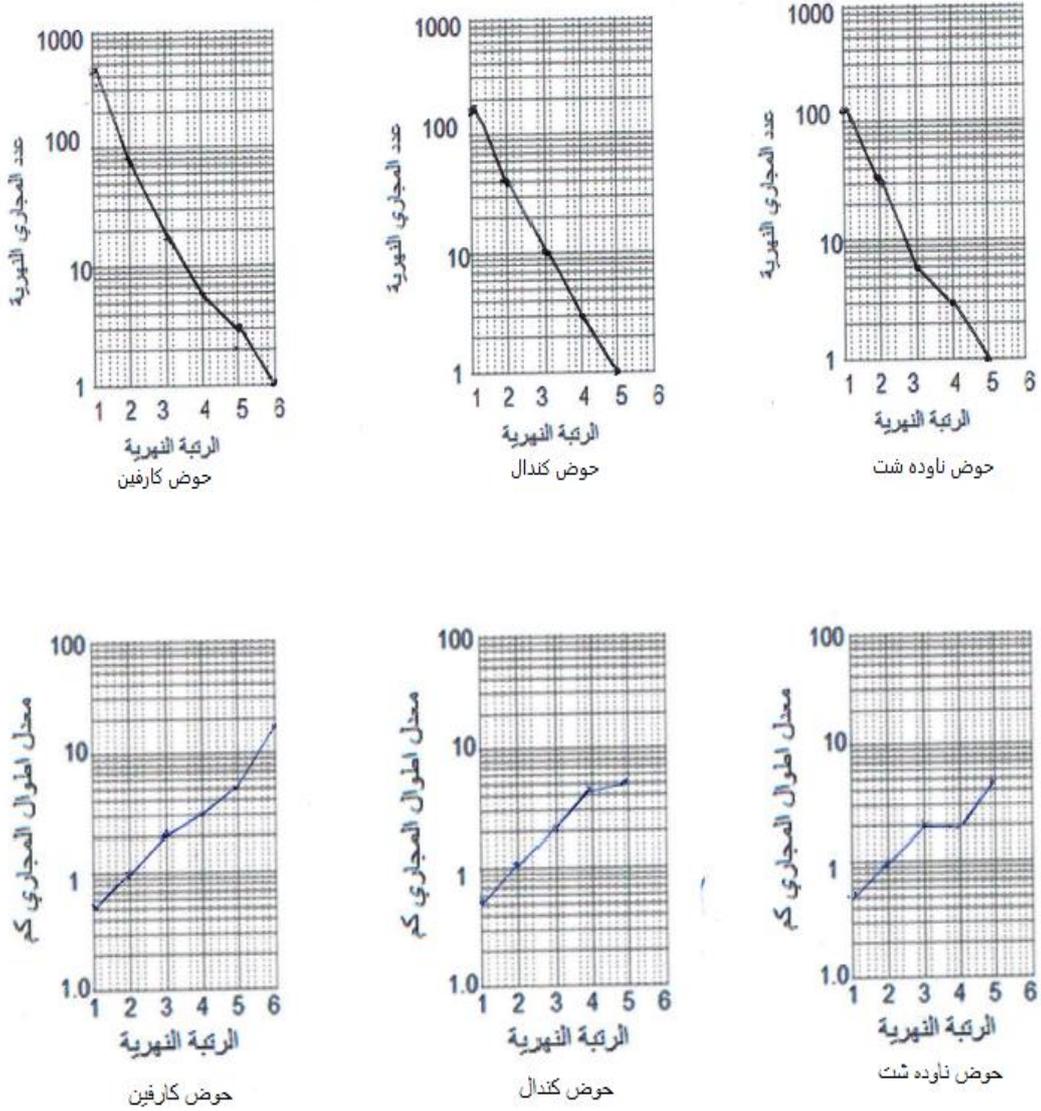
شكل (3) الرتب النهريّة لحوض كارفين



ويشير الشكل (3) إلى رافدين رئيسين يصبان في المجرى الرئيس لنهر كارفين تشاركه في الجريان السطحي والرواسب المحمولة وفقا لاختلاف الخصائص التضاريسية لكل منهما ويتضح من الشكل أن حوض كال يأتي من الشرق وناودشت من الغرب والالتين هما من الرتبة الخامسة إلا أن حوض كندال هو ال أكثر في أعداد المجاري التي بلغت 231 مجرى فيحين بلغت مجاري حوض ناودشت 174 وهذا يعني أن حوض كندال يشارك بنسبة أكبر في كمية الجريان المائي مقارنة بحوض ناودشت وبالتالي يتصف بسرعة جريان مياهه، التي تنعكس على قدرته على ارتفاع القدرة في انجاز عمليات التعرية ولذلك فهو ال أكثر كفاءة ومشاركة في حمولة الرواسب. هذه العلاقة بين الرتب النهرية وأعداد المجاري تنطبق على الحوضين الثاويين وهما كندال وناودشت.

تعد الرتبة الأولى مهمة بالنسبة للرتب النهرية التي تساعد بإعطاء مؤشر تقريبي لمقدار الجريان النهري الذي يمكن أن ينتج من شبكة صرف معينة. وترتبط الرتبة الأعلى مع تصريف أكبر، وارتفاع في سرعة المياه وعادة تتصف أراضي الرتب النهرية الأصغر بانحدارات كبيرة ونسيج صرف ناعم والرتب العليا تتصف بأراضي معتدلة الانحدار (Harlin 1980).

شكل رقم (4) العلاقة بين الرتب النهريّة وعدد المجاري
وبين معدل طول المجاري كم.



Stream Length أطوال المجاري

طول المجاري النهرية ومعدلها هو خاصية تصف جوانب تتعلق بحجم شبكة الصرف النهري والمياه السطحية التي شكلتها (Strahler 1969)

وطول المجرى هو مؤشر مهم للخصائص الهيدرولوجية للصخور المنكشفة وكمية التصريف في حوض معين. فعندما تتواجد صخور نفاذة فان أعداد قليلة من ال أنهار تكون طويلة نسبيا في حوض معين ذو تصريف جيد. وتتطور أعداد كبيرة من مجاري اقصر في تكوينات صخرية بنفاذية قليلة. وبصفة عامة إن اكبر مجموع لمجاري ال أنهار هو في المرتبة الأولى وينخفض مع زيادة رتبة المجرى. وهذا ما نلاحظه في منطقة الدراسة .

إن تحليل النتائج الواردة في الجدول -2- يشير إلى أن أكبر مجموع ل أطوال الرتب النهرية هو في الرتبة الأولى. وينخفض إجمالي أطوال المجاري في الرتب النهرية العليا مع زيادة رتبة المجرى. النتيجة الأخرى هي كلما ازداد ترتيبه المجرى فان معدل أطوالها ومتوسط مساحات أحواض الصرف الخاصة بها تزداد أيضا. والروافد الأقصر والأشد انحدارا لها أحواض صرف اصغر (Ahmed and Rao 2015).

استخرج معدل أطوال المجاري المائتية بقسمة مجموع أطوال المجاري النهرية في كل رتبة على أعدادها. وتراوحت معدلات أطوالها بين 0.55 كم في الرتبة الأولى للحوض الرئيس إلى 0.51 كم في الرتبة الأولى في حوض ناودشت وترتفع في حوض كندال إلى 0.59 كم . ووفقا لتنوع الانحدار والطوبوغرافيا فان حوض كارفين يرينا معدل أطوال روافد الرتب المحددة هي اكبر في الرتب العليا واقل في الرتب التالية الدنيا جدول -4- وهذا ينطبق على الحوضين المكونين لحوض كارفين. وبهذا فان معدل الطول يزداد مع زيادة رتبة المجرى. إلا أن

قانون هورتون حدد معدل الزيادة في معدل طول المجاري مع زيادة الرتبة النهرية بنسبة تقدر تقريبا بثلاثة أمثال طولها كلما ازدادت رتبة المجري. وعند توقيع معدلات أطوال الرتب النهرية على ورق نصف لوغارتمي يفترض وقوع جميع النقاط العائدة لأعداد المجاري في الرتب النهرية على خط مستقيم واحد حسب قانون هورتون وهذا لم نجده في منطقة الدراسة إذ لا يتوافق مع قانون هورتون شكل -4- والذي يبدو فيه انحرافات كبيرة عن الخط المستقيم وخصوصا في حوض ناوده شت وكذلك كندال وبالتالي فان تباين عوامل البنية الجيولوجية وخصائص ونوع الصخور المنكشفة لها تأثير واضح في هذا الاختلاف.

ونظرا لوجود أعداد كبيرة من المجاري النهرية في الجهة الشرقية من مجرى النهر الرئيس ومجموع أطوال المجاري في هذه الجهة هي أكبر أيضا من الجانب الغربي لذلك فان وقت الجريان الأطول للمياه في مجاري الحوض الشرقية جعلها أكثر نشاطا من الناحية الهيدرولوجية. ومن هذه الملاحظة نستخلص إلى انه خلال عاصفة مطرية كثيفة واحدة على الجهتين الشرقية والغربية من الحوض فان الجانب الغربي سوف يظهر زمن تأخر الجريان في الحوض قصيرة في تمرير موجة المياه. مقارنة بالجانب الشرقي تحت نفس ظروف رطوبة التربة والغطاء النبات (Romshoo 2004) .

نسبة طول المجاري Stream Length Ratio

يمكن تعريف نسبة طول المجاري ب أنها ناتج قسمة معدل طول المجاري في رتبة معينة إلى معدل طول المجاري لرتبة تالية اقل وهو ما أوضحه قانون هورتون 45 الذي يقول أن معدل طول المجري للرتب المتتالية لأي حوض نهري تميل لتشكيل متوالية هندسية مع رتبة النهر وتزداد بنسبة طول ثابتة باتجاه أعلى مرتبة هورتون. وهي لها علاقة مهمة مع تدفق الجريان السطحي وتعطي فكرة عن

النفاذية النسبية للتكوينات الصخرية في الأحواض الثانوية (Horton 1945). قيم نسبة الطول للرتب المختلفة في حوض كارفين تشير إلى أن هناك اختلافات في الانحدار والتضاريس لهذه الرتب. ويشير قانون هورتون إلى أن نسبة الطول تكون ثابتة في الرتب المختلفة وعند وضع قيمها ورتبها النهرية على ورق نصف لوغاريتمي تكون جميع النقاط على خط مستقيم واحد . إلا أن ما نجده في منطقة الدراسة هو التباين في نسب الطول فهي في الحوض الرئيس مرتفعة ومنخفضة في الرتب المتتالية ثم ترتفع في الرتبة الأخيرة وفي الحوضين الثانويين هي أيضا متباينة في الرتب المتتالية بشكل يخالف قانون هورتون وهذا ما يوضحه الشكل-4- . ويشير الانخفاض في نسبة الطول مع زيادة رتبة المجرى يشير إلى صخور ذات نفاذية عالية وهو ما نلاحظه في حوض ناودشت حيث تتخفف نسبة الطول في الرتبتين التاليتين للأولى لتعاود الارتفاع في الأخيرة وفي حوض كندال ترتفع في الرتبتين التاليتين للأولى لتعاود الانخفاض في الأخيرة إلى ما دون القيمة في الرتبة الأولى. وفي الحوض الرئيس ترتفع نسبة الطول في الرتبة الثانية لتعاود الهبوط في الرتبتين الثالثة والرابعة ثم ترتفع في الرتبة الأخيرة، شكل -4- وجدول -4-.

التغير في نسبة طول المجرى من رتبة إلى رتبة أخرى تشير إلى مرحلة شباب متأخرة في الدورة الجيومورفولوجية للحوض. وإلى تكوينات الصخرية ذات النفاذية النسبية (Singh and Singh 1997)

نسبة التشعب Bifurcation Ratio

يستخدم هذا المصطلح لتوضيح النسبة بين أعداد الـ المجاري النهرية لأي مرتبة إلى عدد المجاري في المرتبة التي تليها. (Schumm 1956) (كما اعتبر هورتون 1945 أن نسبة التشعب تعطي مؤشرا على تضاريس المنطقة ودرجة

تقطعها. قام ستراهلر بتعديل ذلك وأشار إلى أن نسبة التشعب تظهر مدى صغير في تنوعها واختلافها في الأقاليم أو البيئات المختلفة ما عدا المناطق التي فيها سيطرة جيولوجية قوية. ويلاحظ في الجدول -5- أن نسبة التشعب هي ليست نفسها من حوض إلى آخر وهذه الاختلافات تعتمد على التطور الجيولوجي والصخري لحوض الصرف (Schumm 1956).

تشير قيم نسبة التشعب في الحوض إلى أنها لا تبقى ثابتة من رتبة إلى رتبة تالية بسبب إمكانية التنوع في هندسة وصخارية أحواض الصرف ولكنها تميل إلى أن تكون ثابتة في جميع السلسلة إذ أن نسبة التشعب المرتفعة تشير إلى ذروة مائية مبكرة مع إمكانية الفيضان المفاجئة خلال حدوث العاصفة المطرية (Howard, 1990) (وطبيعياً تزداد قيم نسبة التشعب مع زيادة مساحة الحوض وحجمه (Gottschalk, 1964) قيم نسبة التشعب المرتفعة تتصف بها الأحواض التي تتصف ببيئية غير مستقرة مع تشوه بارز في نمط الصرف والعكس بالعكس (Nag 1998) (قيم نسبة التشعب تتراوح بين 3-5 في الأحواض التي تتصف بجيولوجية متجانسة ولا يوجد فيها تشوه في نمط الصرف (Strahler 1964).

تحليل نتائج نسبة التشعب في منطقة الدراسة جدول -5- توضح أن معدل قيم نسبة التشعب في أحواض منطقة الدراسة هي 3.7 للحوض الرئيس و 3.85 ، 3.6 للحوضي نكاندل وناودشت على التوالي. إلا أنها تظهر تباينات واضحة من رتبة إلى أخرى بسبب الاختلافات في هندسة وصخارية الأحواض في الرتب المختلفة، وهي تظهر قيماً مقارنة في معدلها العام. وبالتالي يظهر أن البنية الجيولوجية لها تأثيرات أقل إخلالا على نمط الصرف. علاوة على ذلك في الأحواض التي فيها سيطرة جيولوجية قوية تظهر نسبة التشعب تباينات صغيرة فقط في البيئات المختلفة (Strahler 1957) وهذا ما نلاحظه في أحواض منطقة الدراسة.

التكرار النهري Stream Frequency

يعبر هذا المؤشر عن مجموع أعداد المجاري النهرية في الحوض إلى وحدة مساحية معينة . وهو يقدم علاقة ارتباط قوية مع كثافة الصرف في الحوض النهري مشيراً إلى زيادة في مجموع المجاري النهرية مع زيادة كثافة الصرف (Horton 1932). إذ يتعلق التكرار النهري بالنفذية والقدرة على تسرب المياه وطبيعة التضاريس في الحوض (Sethupathi et al. 2011) وقيم التكرار النهري المرتفعة تشير إلى كمية جريان سطحي كبير وجريان أكثر سرعة. (Vijith and Satheesh 2006)

قيم التكرار النهري في منطقة الدراسة تراوحت بين 2.11 ، 2.31 ، 2.13 ، للأحواض كندال وناودشت والحوض الرئيس على التوالي. وهي قيم تشير إلى نفذية ومسامية عالية للصخور وتأخذ المياه الجارية وقتاً أطول للوصول إلى ذروة الفيضان بسبب تسرب المياه وأعداد ال أنهار القليلة.

كثافة الصرف Drainage Density

قدم هورتون 1932 كثافة الصرف باعتبارها مؤشر مهم لمقياس خطي لأحد عناصر شكل الأرض في تعرية ال أنهار. وهي تمثل نسبة مجموع أطوال جميع الروافد في الحوض النهري إلى مساحة الحوض والتي يعبر عنها بكم/كم². تدل كثافة الصرف على تقارب وتباعد قنوات المجاري في الحوض. وهي بالتالي توفر مقياس كمي لمتوسط طول القناة إلى مجموع مساحة الحوض. وقد لوحظ من خلال دراسات واسعة أجريت لأحواض مختلفة ومتنوعة من حيث التركيب الجيولوجي وظروف مناخية مختلفة أن الترب والصخور ذات النفذية العالية وغطاء نباتي كثيف وتضاريس منخفضة فإن كثافة الصرف تصبح منخفضة.

وكتافة الصرف العالية هي نتاج لمود سطحية وتحت سطح الأرض غير منفذة، وغطاء نباتي مبعثر. وغالبا ما تؤدي كثافة الصرف المنخفضة إلى نسيج صرف خشن في حين كثافة الصرف المرتفعة تؤدي إلى نسيج صرف ناعم. (Luو 2000)

وكتافة الصرف في منطقة الدراسة تبلغ 1.69 ، 1.62 ، 1.64 للأحواض كندال وناودشت والرئيس على التوالي. وهي قيم تشير إلى أن سطح الأرض يتألف من مواد نفاذة ناتجة عن طاقة كبيرة على تسرب المياه ونسبيا هي تعتبر مواقع جيدة لتغذية المياه الجوفية. إضافة إلى غطاء نباتي جيد.

نسبة التضرس Relief Ratio

يسمى الاختلاف في الارتفاع بين أعلى نقطة في الحوض وأدنى نقطة فيه بتضاريس الحوض والنسبة بين تضاريس الحوض إلى المسافة الأفقية لطول الحوض من ابعده نقطة على منطقة تقسيم المياه إلى مصب الحوض تسمى بنسبة التضرس (Strahler 1964). تزداد نسبة التضرس عادة مع تناقص مساحة الحوض وحجم الروافد المغذية له (Strahler 1964) تدل نسبة التضرس على شدة الانحدار العام لحوض الصرف ومؤشر أعلى كثافة عمليات التعرية التي تعمل على منحدرات الحوض (Schumm 1956). وهناك علاقة ارتباط قوية بين الخصائص الهيدرولوجية للحوض ونسبة التضرس فقد وجد أن فقدان كمية الرواسب لكل وحدة من مساحة الأرض لها علاقة ارتباط قوية مع نسبة التضرس. (Schumm 1956) وبصفة عامة فان قيم نسبة التضرس المنخفضة تشير إلى مقاومة منخفضة للصخور في المنطقة. (Sreedevi, Subrahmanyam, and Ahmed 2005) كما قد تشير القيم المنخفضة إلى

تواجد صخور قاعدة في شكل حافات وتنوعات جبلية وتلال صغيرة مع درجات أقل في الانحدار. في حين تشير القيم العالية إلى منحدرات عالية وتضاريس مرتفعة. (Sethupathi et al. 2011)

قيم نسبة التضرس في منطقة الدراسة تتراوح بين 0.08 للحوض الرئيس و0.15 لحوض كندال و0.13 لحوض ناودشت، جدول 7-7. ويلاحظ أنها مرتفعة في الحوضين الرافدين وتشير إلى منحدرات حادة وتضاريس مرتفعة وجريانات سريعة في حين أن قيمة نسبة التضرس في الحوض الرئيس هي أقل من ذلك ويعود ذلك إلى طول الحوض الرئيس وضيقه شكل 2-2، كما قد تشير هذه القيمة إلى صخور أقل مقاومة لعمليات التعرية. (Sreedevi,) (Subrahmanyam, and Ahmed 2005)

جدول (2) بعض من خصائص الحوض الرئيسية

الحوض النهري	أعلى نقطة ارتفاع م	أخفض نقطة ارتفاع م	التضاريس النسبية	محيط الحوض كم	مساحة الحوض كم ²	طول الحوض كم
حوض كاندل	3411.9	746.9	2665	66.26	109.116	16.8
حوض ناودشت	2743.6	754.3	1989.3	48.80	75.234	13.6
الحوض الرئيسي	3411.9	482.4	2929.5	119.72	219.01	33.14

في صخور مماثلة في مناخ رطب والنسيج عادة يعتمد على نوع المناخ والغطاء النباتي . (Doornkamp and King 1971)

خطوط الصرف او المجاري هي كثيرة فوق الأراضي غير المنفذة للمياه مقارنة بالأراضي المنفذة. أوضح هورتون 1945 أن طاقة التسرب هي العامل الوحيد المهم الذي يؤثر على نسبة النسيج ويعتبر نسبة النسيج تضم كل من كثافة الصرف والتكرار النهري

ويصنف نسيج الصرف إلى أربعة أصناف كالتالي خشن جدا اقل من 2 وخشن من 2- 4 ومتوسط أكثر من 4 إلى 6 وناعم ، أكثر من 6 إلى 8 وأخيرا أكثر من 8 ناغم جدا . (Abrahams 1984)

وفقا لهذا التصنيف تقع الأحواض الثلاثة في الصنف الثاني اي نسيج صرف خشن. جدول -5- هيدرولوجيا تتصف الأحواض الخشنة بأنها ذات فترات تكلؤ للمياه الجارية أطول وذروة جريان كبيرة (Angillieri 2008) إضافة إلى طبيعة الصخور التي تتصف بنفاذية عالية.

جدول -4- معدل أطوال الرتب النهريه ونسبة الطول في حوض كارفين

حوض كارفين	معدل طول المجاري	نسبة الطول	حوض كاندل	معدل طول المجاري	نسبة الطول	حوض ناودشت	معدل المجاري كم	نسبة الطول
1م	0.55	31.7	1م	0.59	491.	1م	0.51	1.82
2م	0.95	42.2	2م	1.03	23.2	2م	0.93	0.47
3م	2.13	1.46	3م	2.3	112.	3م	2.12	0.93
4م	3.12	41.6	4م	4.85	1.09	4م	1.97	2.5
5م	5.12	3.5	5م	5.3		5م	4.93	
6م	17.85							

جدول -5- نسب التشعب وكثافة الصرف وشدته والتكرار النهري

الحوض	نسبة تشعب	نسبة تشعب	نسبة تشعب	نسبة تشعب	معدل نسبة التشعب	كثافة الصرف كم ²	التكرار النهري	شدة الصرف drainage intensity
كاندل	2\1	3\2	4\3	5\4	6\5	1.69	2.11	1.25
ناودشت	3\8	5\66	2	3	3.6	1.62	2.31	1.42
كارفين	4.21	5	3.4	2.5	3.7	1.64	2.13	1.3

معامل الشكل Form Factor

يكون معامل الشكل مرتفعا ويشكل أعلى نسبة إذا كان الحوض واسعا وبناء على ذلك تكون الأحواض الضيقة ذات قيم منخفضة في معامل الشكل. ف الأحواض بقيم معامل الشكل مرتفعة لديها تدفقات جريان مائية بذروة عالية بفترة زمنية قصيرة. في حين الأحواض المستطيلة أو الأحواض الثانوية بقيم معامل شكل منخفضة لديها تدفقات جريان بذروة منخفضة في فترة زمنية طويلة. (Howard 1990)

يعرف معامل الشكل بأنه النسبة بين مساحة الحوض ومربع طول الحوض . وهو يشير إلى كثافة الجريان السطحي في حوض معين (Horton 1945) قيمة معامل الشكل يجب أن تكون دائما اقل من 0,7854 وهي القيمة التي تتطابق مع حوض دائري تماما (Horton 1945). و الأحواض بمعامل شكل مرتفع تواجه جريان مياه بقمة مرتفعة (خطر الفيضان) على فترة زمنية قصيرة في حين أحواض الصرف بقيم لمعامل شكل منخفض تواجه جريانات مائية بقمم منخفضة خلال فترة زمنية طويلة. تبلغ قيمة معامل الشكل لمنطقة الدراسة بين 0.2 للرئيس إلى 0.38 في حوض كاندل و 0.4 في الحوض ناودشت ، جدول - 6- وهي تشير إلى حوض مستطيل ممدود مع جريانات بقمم منخفضة على فترة زمنية طويلة.

جدول -6- بعض خصائص الصرف المهمة في حوض كارفين

الحوض	نسيج الصرف	ثابت بقاء المجرى	معامل الاندماج	رقم الوعورة	مؤشر الشكل	معامل الشكل
كاندل	3.48	0.59	1.79	1.57	2.58	0.38
ناودشت	3.56	0.62	1.59	1.22	2.46	0.4
الرئيس	3.9	0.60	2.28	1.78	5.01	0.2

جدول -7- بعض خصائص الحوض المهمة

الحوض	نسبة التضرس	نسبة الاستطالة	نسبة النسيج	نسبة الاستدارة	معامل الشكل	طول الجريان الارضي
كاندل	0.15	0.70	2.67	0.31	0.38	0.29
ناودشت	0.13	0.72	2.66	0.39	0.40	0.30
الرئيس	0.08	0.50	2.99	0.6	0.20	0.30

نسبة الاستطالة Elongation Ratio

مؤشر مهم جدا في تحليل شكل الحوض وهو يساعد على إعطاء فكرة عن الطابع الهيدرولوجي لحوض الصرف إذ أن انخفاض النسبة تعني زيادة نسبة الاستطالة. إضافة إلى المرحلة الجيومورفولوجية التي يمر بها الحوض. عرف (Schumm 1956) نسبة الاستطالة بأنها النسبة بين طول قطر دائرة بنفس مساحة الحوض إلى أقصى طول للحوض. وتختلف قيم نسبة الاستطالة عادة عبر تشكيلة واسعة من التنوع المناخي والجيولوجي. قيم نسبة الاستطالة الواقعة بين 0.9 - 1 تتوافق بشكل نموذجي مع الاقاليم التي تتصف بتضاريس منخفضة. في حين القيم التي تتراوح بين 0.6 - 0.8 هي عادة ترتبط بتضاريس مرتفعة وارض بانحدارات شديدة (Strahler 1964). ويمكن تصنيف هذه القيم إلى خمس فئات وهي 1 - دائري اكبر من 9 وب - بيضوي من 0.8 إلى اقل من 0.9 ج- وقليل الاستطالة (من 0.7 إلى اقل من 0.8)

ومستطيل (من 0.5 إلى أقل من 0.7) وشديد الاستطالة أقل من 0.5. (Ali, Alhamed, and Ali 2016)

وتبلغ القيم في منطقة الدراسة 0.5 للحوض الرئيس والتي تشير إلى أراضي منحدره قليلا إلى متوسطة الانحدار ومناطق تتفق مع المديات التي وضعها ستراهلر والتي تشير فيما يبدو إلى الشكل المستطيل ، جدول - 7 - . وفي حوض كندال تبلغ 0.7 وهي تشير إلى حوض أقل استطالة من الرئيس وفي حوض ناودشت بلغت 0.71 وهي أيضا تشير إلى حوض أقل استطالة. وهي كذلك تشير إلى اراض مرتفعة وانحدارات شديدة في الحوضين الاخيرين.

نسبة الاستدارة Circularity Ratio

هي النسبة بين مساحة الحوض إلى دائرة لها نفس محيط الحوض (Miller 1953). وهي مؤشر مهم يشير إلى مرحلة شجرية لأحواض الصرف الثانوية . قيمها المنخفضة والمتوسطة والعالية تدل على الشباب والنضج والشيخوخة في مراحل تطور الحوض النهري. وهذه القيمة تتأثر بطول المجاري وبالتكرار النهري، التراكيب الجيولوجية، استخدامات الأراضي، الغطاء الأرضي، طبيعة المناخ ومنحدرات الأرض. (Miller 1953).

وبين ميلر 1953 أن الحوض بنسبة استدارة 0.4 - 0.5 بأنه ممدود بقوة وذو طبيعة جيولوجية متجانسة ونفاذية عالية (Suresh 2000)

وصف ميلر وزميله 1960 الحوض بنسبة استدارة تبلغ 0.4 إلى 0.7 بأنه شديد الاستطالة ومواد جيولوجية متجانسة بنفاذية عالية . والحوض بنسبة 0.44 بأنه الحوض ذو نفاذية عالية وممدود في شكله وتدفق جرياني بطيء ونفاذية عالية لمواد السطح في الحوض. (Miller and Summerson 1960)

تؤثر نسبة الاستدارة تأثيرا كبيرا على الاستجابة الهيدرولوجية للحوض وكذلك شكل الحوض وترتيب المجاري النهرية جميعها تتضافر لتؤثر على حجم وشكل ذروة الفيضان (Bakjongwan 1991) وفي حالة منطقة الدراسة فان الحوض يتصف بنسبة استدارة تبلغ 0.6 للحوض الرئيس وفي حوض كندا لتصل إلى 0.31 والحوض ناودشت تبلغ 3.9 ، جدول - 7 - وتشير إلى منطقة تتصف بتضاريس عالية وشكل مستطيل ممدود وسطح ذو صخور قابلة للنفاذية مما يؤدي إلى زيادة مرات تاخر موجة الفيضان في الأحواض .

شدة الصرف Drainage intensity

عرف (Faniran 1968) شدة الصرف كنسبة بين التكرار النهري وكثافة الصرف وفي منطقة الدراسة تظهر أن قيم شدة الصرف في الحوض هي منخفضة إذ بلغت 1.3 في الحوض الرئيس و 1.25 للحوض كندال و 1.42 للحوض ناودشت . وهي تؤثر إلى قلة تأثير التكرار النهري وكثافة الصرف في مدى تأثير عمليات تعرية على سطح الأرض والتربة في الحوض. كما توضح أيضا مع هذه القيم القليلة لكثافة الصرف والتكرار النهري وشدة الصرف إلى أن الجريان السطحي لا يزال بسرعة من على سطح الأرض مما يجعلها أكثر عرضة للتعرية الاخدودية ومزيد من المياه تترشح داخل التربة. (Faniran 1968).

طول الجريان السطحي Length of overland flow

هو معدل الطول الأفقي لتدفق مسار المياه من منطقة تقسيم المياه إلى مجاري الرتبة الأولى وهو مقياس لتباعد ودرجة تقطع الحوض (Chorley, Malm, and Pogorzelski 1957)

طول الجريان السطحي هو احد المتغيرات المورفولوجية المهمة المؤثرة على التطور الهيدرولوجي والطوبوغرافي للحوض وهو يعتمد بالمقام الأول على درجة تقطع وتجزئة التضاريس وبالتالي على كثافة الصرف ، التي تسهل تقييم قدرة التخزين لشبكة الصرف وتحدد بالنهاية المرحلة التطورية في حوض صرف معين (Horton 1945) يتأثر لجريان السطحي بشكل كبير بعملية الترشح والتسرب للمياه داخل التربة أثناء جري أنها على سطح الأرض. ويعتبر طول الجريان الأرضي واحد من المتغيرات المستقلة التي تؤثر على التطور الطوبوغرافي والهيدرولوجي لأحواض الصرف. يتناسب هذا المعامل عكسيا مع الانحدار للمجرى النهري وهو مرادف تماما لطول الجريان الغطائي إلى درجة كبيرة. كما تؤثر العوامل المناخية والجيولوجية والحيوية والجيومورفولوجية والعوامل البشرية التي تحدد التغيرات في هذا المعامل . (Pareta and Pareta 2012)

والقيمة المحسوبة لمنطقة الدراسة هي 0.29 لحوض كندال و0.30 للحوض ناودشت وفي الحوض الرئيس تبلغ 0.30 ، جدول - 7 - وهذه القيم تشير إلى ظروف جريان سطحي قليل وتدفق فيضاني عالي مما يشير إلى منحدرات شديدة ومسارات جريان قصيرة . (Sethupathi et al. 2011)

ثابت بقاء المجرى Constant channel maintenance

استخدم (Schumm 1956) مقلوب كثافة الصرف للتعبير عن خاصية أطلق عليه اسم ثابت الحفاظ على المجرى Constant channel maintenance . هذا الثابت يقاس بقدم مربع لكل قدم طولي وهو له بعد طولي ولذلك هو يزداد مع زيادة حجم وحدة الشكل الأرضي. وخصوصا ان هذا الثابت يزودنا بمعلومات عن عدد الأقدام المربعة من سطح الحوض النهري المطلوبة للحفاظ على قدم خطي واحد من المجرى. القيم المنخفضة في ثابت المجرى ترتبط مع ترب ضعيفة المقاومة وغطاء نباتي منتشر مبعثر وتضاريس جبلية في

حين ترتبط القيم المرتفعة بترب أكثر مقاومة وغطاء نباتي وتضاريس سهلية منبسطة. وهي تدل على الحجم النسبي لوحدات الأشكال الأرضية في حوض صرف معين. ولها دلالة طبيعية محددة. (Strahler 1956) وتبلغ هذه القيمة لمنطقة الدراسة 0.59 لحوض كندال و 0.6 لحوض ناوده شت و 0.60 لحوض كارفين ، جدول -6- وهو يعني أن هناك حاجة إلى معدل 0.60 كيلومتر مربع من السطح في الحوض لإنشاء كيلو متر واحد طولي من قناة النهر. وهو إشارة إلى نفاذية عالية في الصخور وغطاء نباتي كثيف. (SHULITS 1968)

معامل الاندماج Compactness coefficient

وفقا إلى (Gravelius 1914) أن معامل الاندماج هو النسبة بين محيط الحوض إلى محيط دائرة بنفس المساحة 52 إذ يعبر معامل الاندماج عن العلاقة بين حوض الصرف ودائرة بنفس مساحة الحوض . الحوض الدائري يتولد فيه اقصر وقت لتركيز للمياه الجارية قبل حدوث قمة الجريان في الحوض. رقم معامل الاندماج الذي يساوي 1 تعني ان الحوض يسلك سلوك الحوض الدائري ، وإذا كان أكثر من 1 يشير إلى مزيد من الانحراف عن الطبيعة الدائرية للحوض وبالتالي فانه سيكون هناك وقتا أطول مطلوب لحدوث تركيز للمياه في الحوض قبل حدوث الذروة في الجريان. ويزداد هذا المؤشر إلى 1.28 في حالة المربع وقد يتجاوز ال 3 إذا كان الحوض ممدود جدا أو مستطيل (MIDDEPOGU 2015) ويعتبر معامل الاندماج مستقلا عن حجم الحوض وهو يعتمد فقط على الانحدار (Zlatanović and Gavrić 2013) وتتراوح القيم لجميع أحواض الصرف بين 1.58 لحوض ناودشت و 1.79 لحوض كندال و 2.32 للرئيس . وكما هو واضح ان قيمة حوض سه نكه سه ر الرئيس هي الأعلى وهي التي لها اكبر انحراف عن الطبيعة الدائرية وعلى أساس هذا المؤشر

فقط فانه سيكون هناك وقت أطول لتركيز المياه قبل حدوث ذروة الجريان
(Potter and Faulkner 1987)

مؤشر الشكل Shape Index

معدل الجريان والرواسب المتولدة على طول الحوض وتضاريسه تتأثر إلى حد كبير بشكل الحوض . يتم الحصول على هذا الدليل بقسمة مربع طول الحوض على مساحة الحوض وهو عكس معامل الشكل .وهو يؤثر بشكل كبير في كمية المياه والجريان في الحوض والرواسب المتولدة على طول وكذا في تضاريس الحوض .
<http://oxfordindex.oup.com/view/10.1093/oi/authority.20110803095730862>

قيم مؤشر الشكل في منطقة الدراسة تبلغ 2.58 لحوض كندال و2.46 لحوض ناودشت و5.07 للحوض الرئيس جدول - 6 - . وبهذا يكون الحوض الرئيس والحوضين الثانويين يتصفون بفترة تأخر جريان طويلة.

نسبة النسيج Texture Ratio

يعد من المعاملات المهمة في التحليل المورفومتري لأحواض الصرف، الذي يعتمد على قدرة النفاذية للصخور التحتية والنواحي التضاريسية لسطح الأرض والتمثلة بنسبة النسيج. (Demoulin 2011) كما هو واضح في الجدول -7- يبلغ 2.66 لحوض ناودشت و 2.67 لحوض كندال و2.99 لحوض كارفين . وبهذا يمكن القول أن حوض ناودشت له أطول فترة تلوؤ وحوض كارفين له اقصر فترة.

رقم الوعورة Ruggedness number

قيمة الوعورة هي نتاج ضرب تضاريس الحوض في كثافة الصرف. والقيم شديدة التطرف تحدث في أحواض الصرف عندما تكون القيمتين مرتفعة (تضاريس الحوض وكثافة الصرف) والانحدارات شديدة (Strahler 1956). وهو احد المؤشرات الثلاثية الأبعاد الذي يصف ديناميكية تطور حوض الصرف. وهو مؤشر معقول لدعم حدوث وكثافة المخاطر الجيومورفولوجية التي ستكون على علاقة برقم الوعورة وخصوصا المخاطر الناجمة عن حركة المياه الجارية وحركة الرواسب والتعرية على المنحدرات والتعرية النهرية بصفة عامة.

وقد استخدماه ميلتون وشوم كمؤشر على الديناميكية النسبية للحوض. ويعد رقم وعورة الحوض مؤشر لاحد المؤشرات الثلاثية الأبعاد الذي يصف ديناميكية تطور حوض الصرف (Alcántara–Ayala and Goudie 2010)

قيمة رقم الوعورة في منطقة الدراسة تبلغ 1.57 و 1.22 و 1.78 للأحواض كندال وناودشت والرئيس بشكل متوالي وهي قيم مرتفعة تشير إلى الحوض الرئيس هو ال أكثر عرضة للتعرية يليها الحوض كاندل ثم ناودشتوان المنطقة وعرة للغاية وتضاريس مرتفعة وكثافة صرف عالية كما يكشف ان المنطقة هي عرضة لتعرية التربة.

الاستنتاجات

من نتائج التحليل المتكامل لنتائج القياسات المورفومترية للحوضين الثانويين والحوض الرئيس والتي خلصت إلى أن الصخور المنكشفة في منطقة الدراسة تتصف بتشابهها من الناحية الصخرية مما جعل الوضع الهيدرولوجي هو استجابة للجيومورفولوجية والطوبوغرافية وظروف الغطاء النباتي الموجود فيها. التباينات المكانية للمعاملات المورفومترية التي تم تحليلها في هذه الدراسة لها أهمية كبيرة. خاصة وان هيدرولوجية و جيومورفولوجية الأحواض تتغير بشكل كبير. كما ان

هيدرولوجية الأحواض تتغير وفقا للتباين المكاني للمعاملات المورفومترية وبالتالي فان الأحواض الثانوية يتباين سلوكها هيدرولوجيا وبشكل مختلف.

سهلت طريقة استخدام وسيلة نظم المعلومات الجغرافية عملية استخراج وتحليل المعاملات المورفومترية المختلفة واستكشاف العلاقة بين الخصائص المورفومترية للحوض وخصائص التربة والتضاريس والتعرية . نظم المعلومات الجغرافية تتصف بدقة عالية جدا في رسم الخرائط وإجراء القياسات وبرهنت أنها أداة متخصصة في التحليلات المورفومترية. وان عملية انجاز التحليلات المورفومترية تم من خلال القياسات الخطية والمساحية والتضاريسية ل 21 معاملا مورفومتريا. التحليلات المورفومترية لشبكة الصرف ترينا ان نمط الصرف هو شجري ونسيج صرف متوسط . وان التنوع في نسبة الطول في الحوض قد يكون بسبب الانحدار في الحوض وطبيعة التضاريس. ونسبة التشعب في الحوض تشير إلى أنها تقع في الفئة الطبيعية. ووجود كثافة الصرف المعتدلة توضح ان الحوض يتصف بتربة ومواد سطحية ذات نفاذية عالية وهذا الاستنتاج يتلائم مع الطبيعة الجيولوجية المنكشفة في الحوض والتي يشكل الحجر الجيري والدلومايت مساحات واسعة منها . وقيم التكرار النهري تشير إلى ان الحوض هو في علاقة ارتباط قوية مع قلة عدد المجاري النهري في كثافة الصرف . مشيرة إلى نفاذية ومسامية عالية للصخور وان المياه تأخذ وقتا أطول للوصول إلى ذروة الفيضان. وهي قيم مطابقة مع نتائج تحليل مؤشر الشكل. كما تشير قيم طول الجريان السطحي إلى ظروف جريان سطحي قليل وتدفق فيضاني عالي مما يشير إلى منحدرات شديدة ومسارات جريان قصيرة. أما قيم ثابت بقاء المجرى فهي تبين وجود نفاذية عالية في الصخور وغطاء نباتي كثيف. وأخيرا تشير قيم رقم الوعورة أن المنطقة وعرة للغاية وتضاريس مرتفعة وهي عرضة لتعرية التربة.

المصادر

- Abrahams, A.D. 1984. Channel networks: a geomorphological perspective. *Water Resources Research* 20:161-188.
- Agarwal, C. 1998. Study of drainage pattern through aerial data in Naugarh area of Varanasi district, UP. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* 26:169-175.
- Ahmed, F. and K.S. Rao. 2015. Prioritization of Sub-watersheds based on Morphometric Analysis using Remote Sensing and Geographic Information System Techniques.
- Alcántara-Ayala, I. and A.S. Goudie. 2010. *Geomorphological hazards and disaster prevention*. Cambridge University Press.
- Ali, S.A.; M. Alhamed; and U. Ali. 2016. Morphometric Analysis of Abdan Basin, Almahfid Basement Rock, Yemen: using Remote Sensing and GIS. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*:pp. 1605-1617.
- Angillieri, M.Y.E. 2008. Morphometric analysis of Colangüil river basin and flash flood hazard, San Juan, Argentina. *Environmental Geology* 55:107-111.
- Buday, T. and S.Z. Jassim 1987. The Regional Geology of Iraq, Tectonics, Magmatism and Metamorphism. State Establishment of Geological Survey and Mineral Investigation, Baghdad, Iraq. v. 2, 352 p.
- Chorley, R.J.; D.E. Malm; and H.A. Pogorzelski. 1957. A new standard for estimating drainage basin shape. *American Journal of Science* 255:138-141.
- Clarke, J.I. 1966. *Morphometry from Maps. Essays in geomorphology*. Elsevier Publ. Co., New York.
- Dar, R.A.; R. Chandra; and S.A. Romshoo. 2013. Morphotectonic and lithostratigraphic analysis of intermontane Karewa basin of Kashmir Himalayas, India. *Journal of mountain science* 10:1-15.

- Demoulin, A. 2011. Basin and river profile morphometry: A new index with a high potential for relative dating of tectonic uplift. *Geomorphology* 126:97-107.
- Doornkamp, J.C. and C.A. King. 1971. *Numerical analysis in geomorphology: an introduction*.
- Faniran, A. 1968. The index of drainage intensity-A provisional new drainage factor. *Australian Journal of Science* 31:328-330.
- Gravelius, H. 1914. *Flusskunde*. GJ göschen.
- Harlin, J.M. 1980. The effect of precipitation variability on drainage basin morphometry. *American Journal of Science* 280:812-825.
- Horton, R.E. 1932. Drainage-basin characteristics. *Eos, Transactions American Geophysical Union* 13:350-361.
- . 1945. Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological society of America bulletin* 56:275-370.
- Howard, A.D. 1990. Role of hypsometry and planform in basin hydrologic response. *Hydrological Processes* 4:373-385.
<http://oxfordindex.oup.com/view/10.1093/oi/authority.20110803095730862>
- Luo, W. 2000. Quantifying groundwater-sapping landforms with a hypsometric technique. *Journal of Geophysical Research: Planets* 105:1685-1694.
- MIDDEPOGU, A.R. 2015. MORPHOMETRIC PROPERTIES OF ALLAGADDA AREA, KURNOOL DISTRICT, ANDHRA PRADESH, INDIA. USING CARTOSAT-1 DEM WITH GIS. *Innoriginal: International Journal Of Sciences*:13-17.
- Miller, O. 1953. A new conformal projection for Europe and Asia. *Geographical review* 43:405-409.
- Miller, O. and C.H. Summerson. 1960. Slope-zone maps. *Geographical review* 50:194-202.

- Nag, S. 1998. Morphometric analysis using remote sensing techniques in the Chaka sub-basin, Purulia district, West Bengal. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* 26:69-76.
- Pareta, K. and U. Pareta. 2012. Quantitative geomorphological analysis of a watershed of ravi river basin, HP India. *International journal of remote sensing and GIS* 1:47-62.
- Potter, K.W. and E.B. Faulkner. 1987. Catchment response time as a predictor of flood quantiles1: Wiley Online Library.
- Romshoo, S.A. 2004. Geostatistical analysis of soil moisture measurements and remotely sensed data at different spatial scales. *Environmental Geology* 45:339-349.
- Romshoo, S.A.; S.A. Bhat; and I. Rashid. 2012. Geoinformatics for assessing the morphometric control on hydrological response at watershed scale in the Upper Indus Basin. *Journal of earth system science* 121:659-686.
- Schumm, S.A. 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological society of America bulletin* 67:597-646.
- Sethupathi, A.; L.C. Narasimhan; V. Vasanthamohan; and S. Mohan. 2011. Prioritization of miniwatersheds based on Morphometric Analysis using Remote Sensing and GIS techniques in a draught prone Bargur-Mathur subwatersheds, Ponnaiyar River basin, India. *International Journal of Geomatics and Geosciences* 2:403.
- SHULITS, S. 1968. Quantitative formulation of stream and watershed morphology. *Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology* 3:201-207.
- Singh, S. 1992. Quantitative geomorphology of the drainage basin. *Readings on Remote Sensing Applications, Scientific publishers, Jodhpur. ISBN:81-7233.*
- Singh, S. and M. Singh. 1997. Morphometric analysis of Kanhar river basin. *National geographical Journal of india* 43:31-43.

- Sissakian, V.K., 1997. Geological Map of Erbil and Mahabad Quadrangles. Quadrangles. Scale 1: 250000. Baghdad, Iraq, Iraq Geological Survey Publications.
- Sreedevi, P.; K. Subrahmanyam; and S. Ahmed. 2005. The significance of morphometric analysis for obtaining groundwater potential zones in a structurally controlled terrain. *Environmental Geology* 47:412-420.
- Strahler, A.N. 1956. Quantitative slope analysis. *Geological society of America bulletin* 67:571-596.
- . 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union* 38:913-920.
- . 1964. Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks. *Handbook of applied hydrology*.
- Suresh, K. 2000. Soil and Water Conservation Engineering 3rd Ed. 24. Watershed-Concept. *Management*:785-813.
- Vijith, H. and R. Satheesh. 2006. GIS based morphometric analysis of two major upland sub-watersheds of Meenachil river in Kerala. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing* 34:181-185.
- Zlatanović, N. and S. Gavrić. 2013. Comparison of an automated and manual method for calculating storm runoff response in ungauged catchments in Serbia. *Journal of Hydrology and Hydromechanics* 61:195-201.
- Bakjongwan. 1991. RC Ward and M. Robinson: Principles of Hydrology (McGraw-Hill Book Company, 1990, 365p.). *Geographical Journal* 26: 206-207.

المستخلص

يهدف البحث إلى تحليل الخصائص المورفومترية لحوض نهر كارفين والاستدلال منها على مؤشرات جيومورفولوجية وهيدرولوجية من خلال قياسات المجاري النهرية و الأحواض النهرية. وتحديد المرحلة الجيومورفولوجية التطورية للنهر بمساعدة المعاملات المورفومترية المختلفة. تم استخدام نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) كما أجريت القياسات بالاستعانة ببرنامج (.ARCGIS 10). وخلصت الدراسة إلى أن التحليلات المورفومترية لشبكة الصرف ترينا أن نمط الصرف هو شجري ونسيج صرف متوسط. وأن التنوع في نسبة الطول في الحوض قد يكون بسبب الانحدار في الحوض وطبيعة التضاريس. ونسبة التشعب في الحوض تشير إلى أنها تقع في الفئة الطبيعية. ووجود كثافة الصرف المعتدلة توضح أن الحوض يتصف بتربة ومواد سطحية ذات نفاذية عالية وهذا الاستنتاج يتلائم مع الطبيعة الجيولوجية المنكشفة في الحوض والتي يشكل الحجر الجيري والدلومايت مساحات واسعة منها. وقيم التكرار النهري تشير إلى أن الحوض هو في علاقة ارتباط قوية مع قلة عدد المجاري النهرية في كثافة الصرف. مشيرة إلى نفاذية ومسامية عالية للصخور وأن المياه تأخذ وقتا أطول للوصول إلى ذروة الفيضان. وهي قيم مطابقة مع نتائج تحليل مؤشر الشكل. كما تشير قيم طول الجريان السطحي إلى ظروف جريان سطحي قليل وتدفق فيضاني عالي مما يشير إلى منحدرات شديدة ومسارات جريان قصيرة.