التحليل المورفومتري لحوض وادي شاحك بمحافظة صنعاء (اليمن)

زمزم عبدالله محمد العجمي

طالبة دكتوراه، قسم الجغرافيا والجيوانفورماتكس ،كلية الاداب والعلوم الانسانية ،جامعة صنعاء،الجمهورية اليمنية

البريد الإلكتروني Email : zamzamalajmy@gmail.com

الكلمات المفتاحية: المقومات الجغرافية الطبيعية – الخصائص المورفومترية – الحوض المائي – نموذج الارتفاع الرقمي – نظم المعلومات الجغرافية.

كيفية اقتباس البحث

العجمي ، زمزم عبدالله محمد، التحليل المورفومتري لحوض وادي شاحك بمحافظة صنعاء (اليمن)، مجلة مركز بابل للدراسات الانسانية، نيسان ٢٠٢٤،المجلد:١٤ ،العدد:٢ .

هذا البحث من نوع الوصول المفتوح مرخص بموجب رخصة المشاع الإبداعي لحقوق التأليف والنشر (Creative Commons Attribution) تتيح فقط للآخرين تحميل البحث ومشاركته مع الآخرين بشرط نَسب العمل الأصلي للمؤلف، ودون القيام بأي تعديل أو استخدامه لأغراض تجارية.

مفهرسة في Indexed
IASJ

مسجلة في Registered
ROAD

Morphometric analysis of the Wadi Shahak Basin in Sana'a Governorate (Yemen)

Zamzam Abdullah Muhammad Al-Ajmi
Phd Student-Department Of Geography And Geoinformatics –College Of Arts And Human Sciences –Sana'a University –Republic Of Yemen

Keywords : natural geographic features - morphometric characteristics - water basin - digital elevation model - geographic information systems.

How To Cite This Article
Al-Ajmi, Zamzam Abdullah Muhammad, Morphometric analysis of the Wadi Shahak Basin in Sana'a Governorate (Yemen), Journal Of Babylon Center For Humanities Studies, April 2024,Volume:14,Issue 2.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License.

Abstract:

The study dealt with the analysis of the morphometric characteristics of the Wadi Shahak Basin, represented by the areal, formal, and topographic characteristics, and the characteristics of the water drainage network. The study relied on Geographic information systems, topographic maps, and digital elevation models (DEM). The morphometric characteristics of the basin were determined, and a geographical database of the characteristics was built. Morphometric measurements of the Wadi Shahak basin through a set of geographic information systems programs based on digital elevation model data with a resolution of 30 meters. All values of the morphometric measurements of the basin were obtained, in addition to extracting the drainage networks. The work was also done very quickly, with less effort and with high accuracy compared to traditional methods. It was also shown through the study of the spatial and formal characteristics that the Wadi Shahak Basin tends to be more elongated than rounded. The width of the basin reached 6.7 km and its length was 35.2 km. The width represents less than a quarter of the length. The elongation ratio in the basin was

0.49 and the roundness ratio was 0.36. This means that Rainwater travels a long distance to reach the outlet of the basin and arrives weak and dispersed as a result of evaporation and seepage. It is also clear that the Wadi Shahak Basin is characterized by its severe eroding as a result of the nature of the geological structure, the beginning of the age stage, and a soft topographic texture rate due to the low density of vegetation cover and the intensity of eroding, which allows for the presence of surface runoff. And the rates of erosion increased, and it became clear that the Wadi Shahak Basin is ranked fifth according to the Strahler system, and that it has a large area of 236.9 km2, and consists of 27 sub-basins, and that the relationship between the number of waterways and rank is an inverse relationship, as the number of streams decreases with increasing rank until it reaches one stream in The last rank, and the relationship between the lengths of waterways and river ranks is also an inverse relationship. The average length of streams decreases with increasing rank. Likewise, the bifurcation rate in the Wadi Shahak basin reached 5.6, which is a high rate, and the drainage density reached 2.02 km/km2, which is a low rate due to the hardness of the rock formations and the fact that The fault zone is steep. The basin is in its early stages, the youth stage, that is, at the peak of its activity and is still affected by the process of weathering and erosion.

المستخلص:

تناولت الدراسة تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي شاحك، والمتمثلة بالخصائص المساحية والشكلية والتضاريسية، وخصائص شبكة التصريف المائي، واعتمدت الدراسة على نظم المعلومات الجغرافية (Geographic information systems) والخرائط الطبوغرافية ونماذج الارتفاعات الرقمية (DEM) وتم تحديد الخصائص المورفومترية للحوض، وبناء قاعدة بيانات جغرافية للخصائص المورفومترية لحوض وادي شاحك من خلال مجموعة من برامج نظم المعلومات الجغرافية بالاعتماد على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي بدقة ٢٧متر، وقد تم الحصول على جميع القيم للقياسات الموفومترية للحوض، إضافة إلى استخلاص شبكات التصريف، كما تم العمل بسرعة فائقة وجهد أقل ودقة عالية مقارنة بالوسائل التقليدية، كما تبين من خلال دراسة الخصائص المساحية والشكلية أن حوض وادي شاحك يميل إلى الاستطالة أكثر منه إلى الاستدارة، فقد بلغ عرض الحوض ٦.٧كم وطوله ٣٥.٢كم، فالعرض يمثل أقل من ربع الطول، وبلغت نسبة الاستطالة في الحوض ٠.٤٩ ونسبة الاستدارة ٠.٣٦، وهذا يعني أن مياه الأمطار تقطع مسافة طويلة للوصول إلى مخرج الحوض وتصل ضعيفة ومشتتة نتيجة للتبخر والتسرب، ويتضح أيضاً أن حوض وادي شاحك يتميز بتضرسه الشديد نتيجة لطبيعة البنية الجيولوجية،

وبداية مرحلة العمرية، ومعدل نسيج طبوغرافي ناعم بسبب انخفاض كثافة الغطاء النباتي وشدة التضرس مما يسمح بوجود جريان سطحي وزيادة معدلات التعرية، وتبين أن حوض وادي شاحك من المرتبة الخامسة وفقاً للنظام سترالر، وأنه ذو مساحة كبيرة ٢٣٦.٩كم^{٢} ، ويتكون من ٢٧ حوضاً فرعياً، وأن العلاقة بين عدد المجاري المائية والرتبة علاقة عكسية فعدد المجاري يقل مع زيادة الرتبة حتى تصل إلى مجرى واحد في أخر رتبة، والعلاقة بين أطوال المجاري المائية والرتب النهرية علاقة عكسية أيضاً فمعدل أطوال المجاري يقل مع زيادة الرتبة، كذلك بلغت نسبة التشعب في حوض وادي شاحك ٥.٦ وهي نسبة مرتفعة، وبلغت كثافة التصريف ٢.٠٢كم/كم^{٢} ، وهي نسبة منخفضة بسبب صلابة التكوينات الصخرية وكون المنطقة صدعيه شديدة الانحدار. وأن الحوض في مراحلة الأولى مرحلة الشباب أي في قمة نشاطه الحتي ومازال في حالة تأثره بعملية التجوية والتعرية.

المقدمة:

يعد تحليل الخصائص المورفومترية أحد أهم التطبيقات الجيومورفولوجية في دراسة الأحواض المائية، ويعتبر تمثيلا لطبوغرافية الأرض، ويأخذ مكانة هامة في الدراسات والبحوث الجيومورفولوجية، وحل مكان وسائل القياسات التقليدية وخاصة فيما يختص بتحليل شبكات التصريف.

وتعتبر القياسات المورفومترية قاعدة البيانات الكمية الضرورية لأية دراسة تهدف إلى تصميم النماذج الجيومورفولوجية الديناميكية أو النماذج الهيدرولوجية بأحواض التصريف لأنها توفر القياسات الضرورية للأشكال الأرضية التي تجعل تصميم النماذج الرياضية والمخبرية المناسبة لها أمراً ممكناً من الناحية التطبيقية، ويقدم التحليل المورفومتري كثيراً من المعطيات الكمية المتعلقة بعناصر الشبكة المائية المختلفة من حيث نوع وشكل وعدد المتغيرات المورفومترية المركبة لها.

اعتمدت الدراسة الحالية على نتائج البيانات المستنبطة من نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) لمنطقة الدراسة، باستخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

تعد الدراسات المورفومترية أحدى الاتجاهات الحديثة في دراسة الأحواض النهرية، فحوض النهر هو الوحدة الوحدة الأساسية لإجراء البحوث المورفومترية، لهذا فهي تحظى باهتمام كبير، لهذا هناك حاجة ماسة لبناء قاعدة بيانات ضخمة للأحواض النهرية في اليمن عن طريق توظيف نظم المعلومات الجغرافية، ولم يحظى حوض وادي شاحك بدراسات جيومورفولوجية أو مورفومترية.

لذلك ستحاول الدراسة الإجابة على الأسئلة الآتية:

١-ماهي أهم السمات الطبيعية والجيومورفولوجية لحوض وادي شاحك ؟

٢-ماهي الخصائص المورفومترية لحوض وادي شاحك ؟

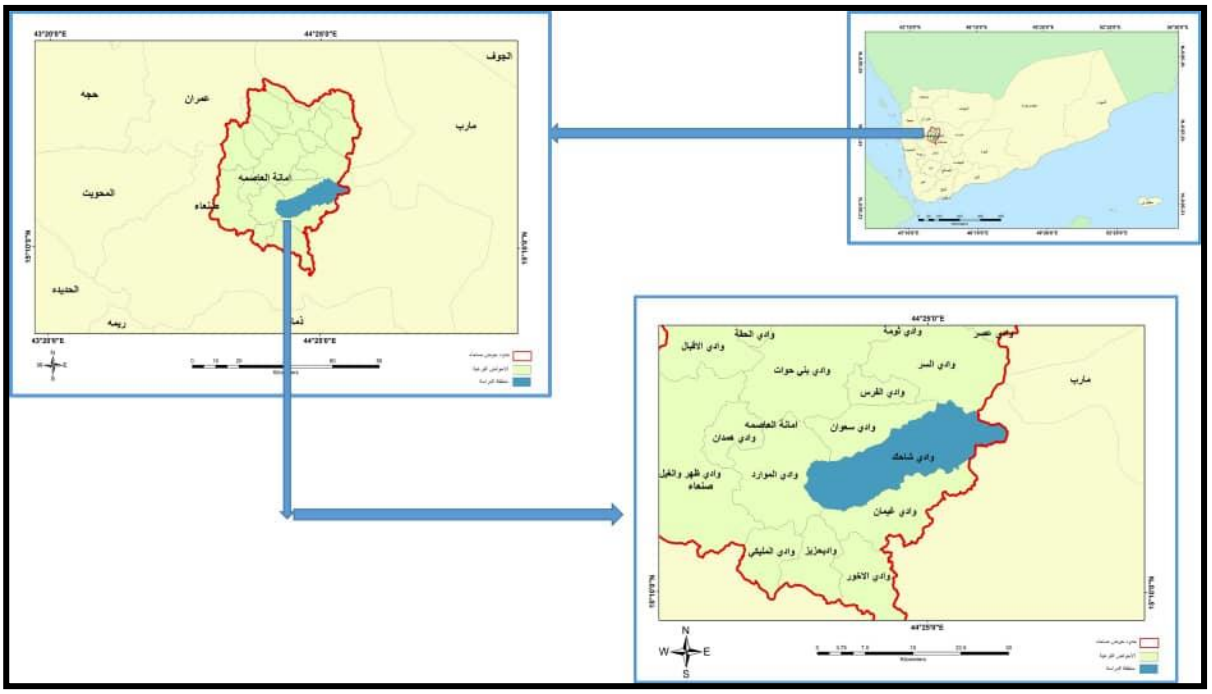
وتهدف الدراسة إلى دراسة وتحليل الخصائص المورفومترية لشبكة التصريف والخصائص الهندسية (المساحية والشكلية) والخصائص التضاريسية لحوض وادي شاحك، بالاعتماد على برنامج (GIS) للحصول على أدق النتائج المستنبطة من نموذج الارتفاع الرقمي (DEM) للحوض. وكذلك توفير قاعدة بيانات إلكترونية للحوض يمكن الاستفادة منها في المستقبل.

موقع منطقة الدراسة:

يقع حوض وادي شاحك في الجزء الجنوبي الشرقي من حوض صنعاء، بين خطي طول(00ً، ٣٢َ، 44° و ٠٠ً، 14ً، ٤٤°شرقاً) وبين دائرتي عرض (20ً، ٢٦َ، ١٥° و ٥٠ً، ١٦َ، 15° شمالاً).

ويغطي مساحة تقدر بـ ٢٣٦.٩ كم٢، ويتبع ادارياً مديريتي سنحان وخولان، ويحده من الناحية الشمالية وادي السر ووادي سعوان، ومن الغرب وادي الموارد، أما الجهة الجنوبية فيحده وادي غيمان، كما يحده من الناحية الشرقية المنابع وتتمثل في جبل اللوز وجبل شعران وجبل الفلخة وجبل شحران وغيرها.

خريطة (١) موقع حوض وادي شاحك بالنسبة للجمهورية اليمنية



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على إدارة مشروع مياه حوض صنعاء(SBWMP) 2010.

طريقة الدراسة ووسائلها:

اعتمدت الدراسة على المنهج التحليلي الكمي، واستخدام تقنيتي الاستشعار عن بعد (Remote Sensing) ونظم المعلومات الجغرافية GIS Geographic information systems) في دراسة الخصائص الموفومترية لحوض وادي شاحك من أجل الوصول إلى هدف الدراسة، كما تم استدعاء نماذج الارتفاعات الرقمية Digital Elevation Models (DEM) Meter 27 إلى برنامج (Arc GIS10.4) وتحديد حوض وادي شاحك آليا – تلقائياً، واشتقاق العديد من الخرائط الطبوغرافية من نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) الخاص بمنطقة الدراسة من أجل تحليل سطح المنطقة طبوغرافيا، وكذلك استخراج شبكة المراتب النهرية لحوض وادي شاحك آلياً تلقائياً باتباع طريقة سترالر، ومن ثم قياس أعداد المراتب النهرية وأطوالها، واستخراج القيم المساحية والشكلية والتضاريسية وخصائص شبكة الصرف المائي للحوض.

أولاً : الخصائص الطبيعية لحوض وادي شاحك

التكوين الجيولوجي:

أن التكوين الجيولوجي يكشف لنا عن طبيعة الصخور من حيث نوعيتها وتركيبها وحركتها وله الدور الرئيس في تشكيل الوديان وحركة المياه، وذو تأثير في انتشار العيون المائية والآبار،

وتشكل دراسة التكوين الجيولوجي جزءاً مهما للتعرف على نوعية المعادن التي ساهمت في تكوين التربة وخصائصها الفيزيائية والكيميائية السائدة والتي يمكن تحديدها من خلال معرفة تطور هذه البنية التي يتحدد في ضوئها طبيعة الطبوغرافيا والتربة، لذا يعد العامل المؤثر في تحديد خصائص أية منطقة، وتعد العصور التي مر بها حوض وادي شاحك جزءاً من العصور الجيولوجية التي مرت بها اليمن وساهمت في تشكيل معالم سطحه بشكل عام.

١- مجموعة الطويلة الرملية (الكريتاسي):

وهي صخور مكونة من رواسب رملية في معظمها ويكثر فيها كل أنواع التطابق المتقاطع (Cross – Bedding) التي تدل على بيئة ترسيبية نهرية (الخرباش والانبعاوي، ١٩٩٦م، ص٥٠)، كما تكونت صخور الطويلة الرملية فوق اليابس بعد انحسار مياه البحر حيث تعرضت بعد ذلك لعوامل التعرية، ولذلك فأن تكوينها تغلب صفة القارية، وتوجد هذه الصخور في مناطق محدودة من أرض اليمن في منطقة الطويلة شمال غرب العاصمة صنعاء، وشمال شرق صنعاء، وبالقرب من وادي الجوف، وبالقرب من جبل صبر، وجنوب رداع، وفي منطقة التربة (الحفيان، ٢٠٠٤م، ص٤٣)، وتتكون هذه الصخور من الرمل، والطين، والكلس، والرواسب الرملية (WEC, 2004, P.8).

وتتركز هذه الصخور في الجزء الشمالي الغربي من الحوض، وذلك بمساحة قليلة تقدر بـ ٠.١ كم^{٢}، وبنسبة ٠.٠٤ % من أجمالي مساحة الحوض، وصخور مجموعة الطويلة هي صخور رسوبية رملية مساميتها عالية وتتميز بالعديد من القواطع البركانية الثلاثية المختلفة الاتجاهات، هذه القواطع جعلتها من الطبقات الصخرية الضعيفة التي تتأثر بفعل عوامل التجوية والتعرية الموجودة في الحوض.

٢-البركانيات الثلاثية (الباليوسين والميوسين):

وهي صخور بركانية متكونة من مجموعة من الصخور أهمها البازلت القاعدي إضافة إلى فتات ورماد ومقذوفات بركانية احتضنت في فترات الهدوء طبقات رسوبية من الطين والطفل وتمثل مكاشف هذه الصخور المساحة الأكبر من مساحة المنحدرات المشرفة على قاع صنعاء (العبيدي، ٢٠٠٦م، ص٨).

وتتكون هذه الصخور أساسا من طبقات اللافا (Lava) المكونة من البازلت، والاندزيت، والتراكيت، والطف، والأجنمبريت، والزجاج البركاني؛ حيث يصل سمكها إلى أكثر من ٢٠٠٠ متر (الخرباش والانبعاوي، ١٩٩٦م، ص١٠٣).

وتغطي هذه البركانيات معظم أجزاء حوض وادي شاحك، حيث ظهرت تكوينات البازلت في الأجزاء الشرقية الشمالية، والشرقية الجنوبية، وبعض الأجزاء الجنوبية الغربية بمساحة تقدر بـ ٨٢ كم^{٢} ، وبنسبة ٣٤.٦١ %، وهذه التكوينات غنية بالشقوق والفواصل، أما الريوليت والداسيت فيغطي مساحة قدرت بـ ٢١كم^{٢}، وبنسبة ٨.٨٩ %، وينتشر في الأجزاء الشمالية، كما تتميز هذه الصخور بتكونها على شكل طبقات صخرية متعاقبة طبقات صلبة مع طبقات ضعيفة المقاومة تبدو كأنها صخور رسوبية ولكنها ليست كذلك، تتأكل هذه الطبقات الطينية الضعيفة بفعل عوامل التجوية والتعرية.

٣-المتداخلات (الباليوسين والميوسين):

تعتبر الصخور الجرانيتية الجابرو والسيانيت التابعة للحين الثلاثي النشاط الناري اللاحق لتكون بركانيات اليمن (الخرباش والانبعاوي، ١٩٩٦م، ص٥٠).

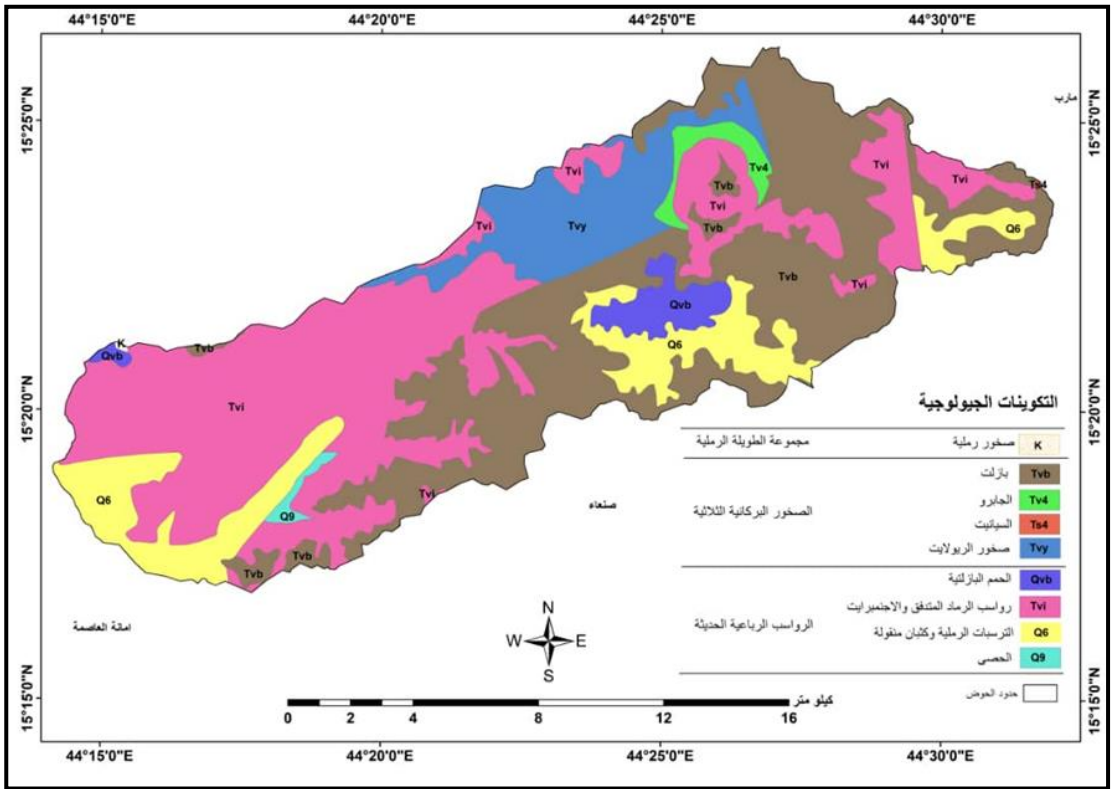
ولا تنتشر هذه الصخور بشكل واسع في حوض وادي شاحك، فتركزها ينحصر في الاجزاء الشمالية والشرقية، ومساحتها تقدر بـ ٣.٨ كم^{٢} وبنسبة ١.٦% فقط من أجمالي مساحة الحوض.

٤ – الإرسابات الرباعية الحديثة (البليوسين والبلاستيوسين) :

والإرسابات الحديثة هي ركامات السفوح من صخور فتاتية متفاوتة في الحجم تتراوح بين طمي وحصى وجلاميد، تنتشر في قاع صنعاء وتختلف سماكته بين ١٠٠-٣٠٠ متر (العبيدي، ٢٠٠٦م،

وتغطي الإرسابات الحديثة الأجزاء الجنوبية، والجنوبية الشرقية، والجنوبية الغربية، بمساحة تقدر بـ ٣٠كم^{٢}، وبنسبة ١٢.٦٦ % من إجمالي مساحة الحوض، ومن ذلك يتبين لنا أن حوض وادي شاحك قد خضع لأحوال ترسيبية مائية وهوائية مع نسبة عالية من التبخر وتدني واضح في معدلات سقوط الأمطار الأمر الذي أنعكس على وجود الترسبات في الحوض.

خريطة (٢) التكوينات الجيولوجية لحوض وادي شاحك



المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على (Robertson Group Plc , 1991).

البنية الجيولوجية:

الصدوع:

ويمثل حوض صنعاء ومن ضمنه حوض وادي شاحك حفرة انهدامية تحدها سلسلة من التصدعات الكبيرة المتوازية ذات اتجاه شمال غرب – جنوب شرق (العبيدي، ٢٠٠٦م، ص٨)، ومن خلال دراسة جيولوجية الحوض أتضح أن العديد من الوحدات الصخرية تداخلت تكتونياً، والتي ارتبط بها العديد من الصدوع، كذلك عانى الحوض من الحركات التكتونية التي صاحبت تكوين أخدود البحر الأحمر، وقد تأثر الحوض بعدد من الصدوع مختلفة الاتجاهات بلغ عددها ٤٥ صدعاً، وقد بلغ جملة أطوال الصدوع نحو ١٠٢كم، مما يشكل كثافة بنيوية عالية، والتي تظهر مدى تأثر الحوض بالحركات التكتونية التي مر بها، ومن خلال الخريطة (٣) الصدوع في حوض وادي شاحك، والجدول (١) اتجاهات الصدوع وأعدادها وأطوالها في حوض وادي شاحك، يتضح سيادة نظامين رئيسيين لاتجاهات الصدوع، تشكل نحو ٧٥.٦ % من أعداد

الصدوع في الحوض هي (شمال جنوب، شمال غرب / جنوب شرق) حيث بلغت على الترتيب (٤٠%، ٣٥.٦%) من جملة أعداد الصدوع في الحوض.

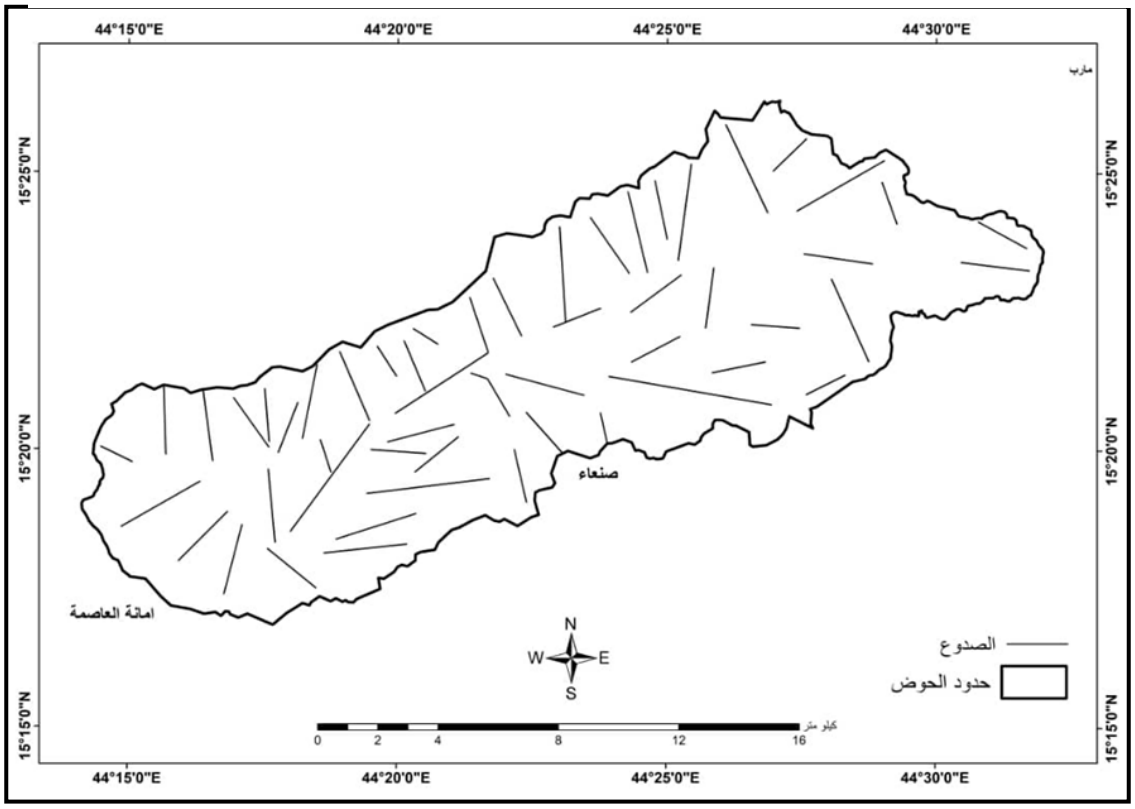
جدول (١) اتجاهات الصدوع وأعدادها وأطوالها في حوض وادي شاحك

اتجاهات الصدوع	أعداد الصدوع		أطوال الصدوع		متوسط طول
	عدد	%	كم	%	كم
جنوب شرق / شمال غرب	١	٢.٢	٢	١.٩	٢
شرق غرب	٤	٨.٩	١٠	٩.٨	٢.٥
شمال جنوب	١٨	٤٠	٣٨	٣٧.٣	٢.١
شمال شرق / جنوب غرب	٦	١٣.٣	١٥	١٤.٧	٢.٥
شمال غرب / جنوب شرق	١٦	٣٥.٦	٣٧	٣٦.٣	٢.٣
الإجمالي	٤٥	١٠٠	١٠٢	١٠٠	_

المصدر: عمل الباحثة اعتماد على خريطة التكوينات الجيولوجية لحوض وادي شاحك (٢).

ونستنتج أن لاتجاهات الصدوع في حوض وادي شاحك دور كبير في رسم خريطة شبكة التصريف النهري، لذلك فإن الكثير من المراتب النهرية تتوافق مساراتها مع اتجاه هذه الصدوع، كما أن للصدوع دور في نفاذ كميات من المياه إلى باطن الأرض، فضلاً عن ذلك إن كثافة الصدوع في الحوض قلل من إمكانية مقاومتها لعمليات التعرية والتجوية بسبب ضعف التكوينات الصخرية في الحوض.

الخريطة (٣) الصدوع في حوض وادي شاحك



المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على (Robertson Group Plc , 1991).

المظهر الطبوغرافي (التضاريس):

أ-**المرتفعات:** يعتبر حوض صنعاء حوض تكتوني انهدامي تحيط به المرتفعات الجبلية من كل جانب حيث تكثر الحافات الانكسارية والمراوح الفيضية والصدوع والقواطع والوديان التكتونية (الخرباش والانبعاوي، ١٩٩٦م، ص٨٠).

ب-**المنحدرات:**

ويمتاز حوض وادي شاحك بشكل عام بالانحدار التدريجي من الشرق إلى الغرب نحو الجنوب الغربي باتجاه أمانة العاصمة ويتضح ذلك من خلال الخريطة (٦) درجات الانحدار في حوض وادي شاحك، والجدول (٣) درجات الانحدار والمساحة في حوض وادي شاحك.

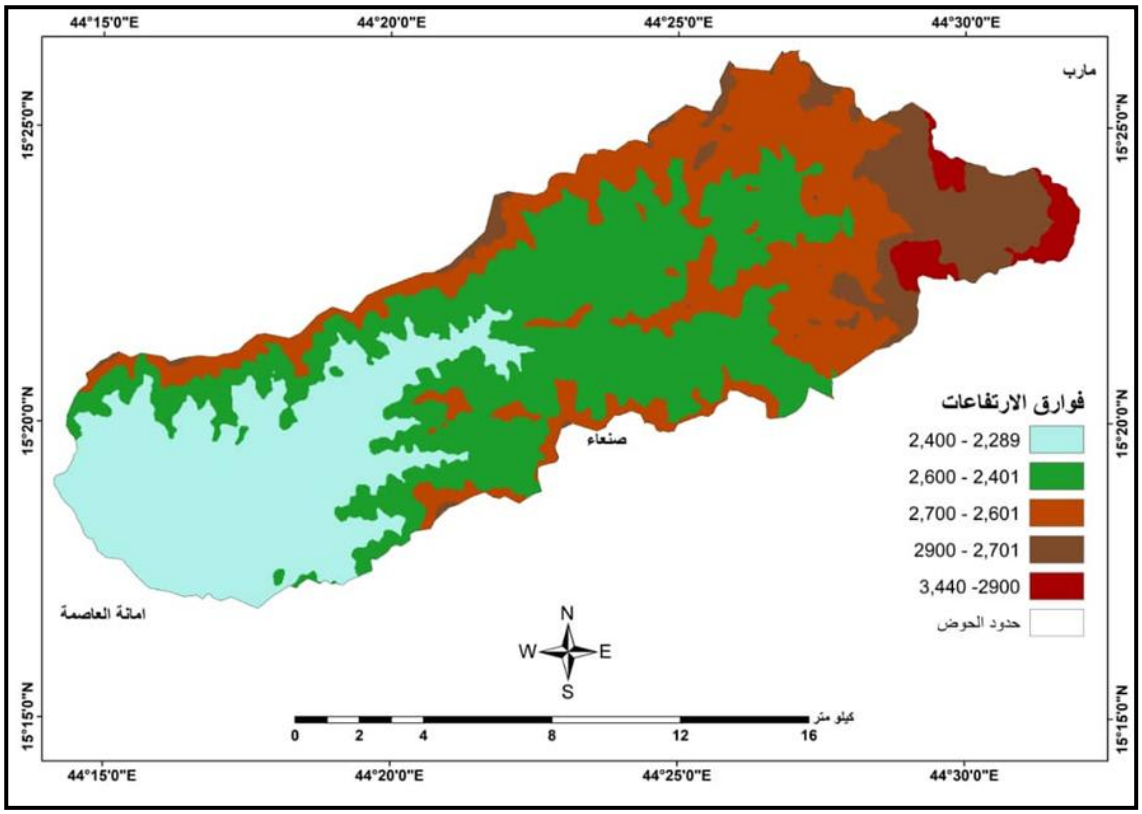
جدول (٢) الارتفاعات (بالمتر) في حوض وادي شاحك

الارتفاعات (بالمتر)	المساحة بـ كم^2	النسبة %
٢٩٠٠ – ٣٤٤٠	١٩.٤	٨.٢
٢٧٠١ – ٢٩٠٠	٣٢.٢	١٣.٦

٢٦٠١ – ٢٧٠٠	٤٥.٢	١٩.١
٢٤٠١ – ٢٦٠٠	١٠٠.٤	٤٢.٤
٢٢٨٩ – ٢٤٠٠	٣٩.٧	١٦.٧
الاجمالي	٢٣٦.٩	١٠٠

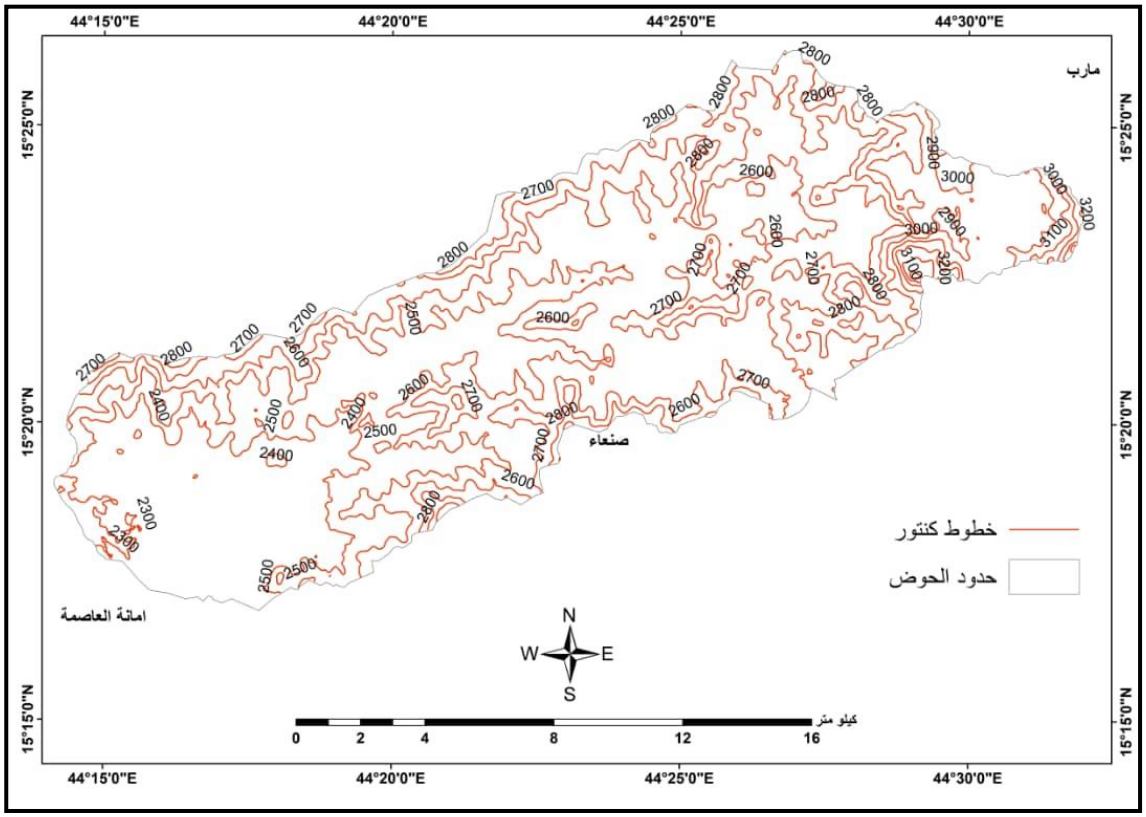
المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM .

خريطة (٤) ارتفاعات السطح حوض وادي شاحك



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM .

خريطة (٥) كنتورية حوض وادي شاحك

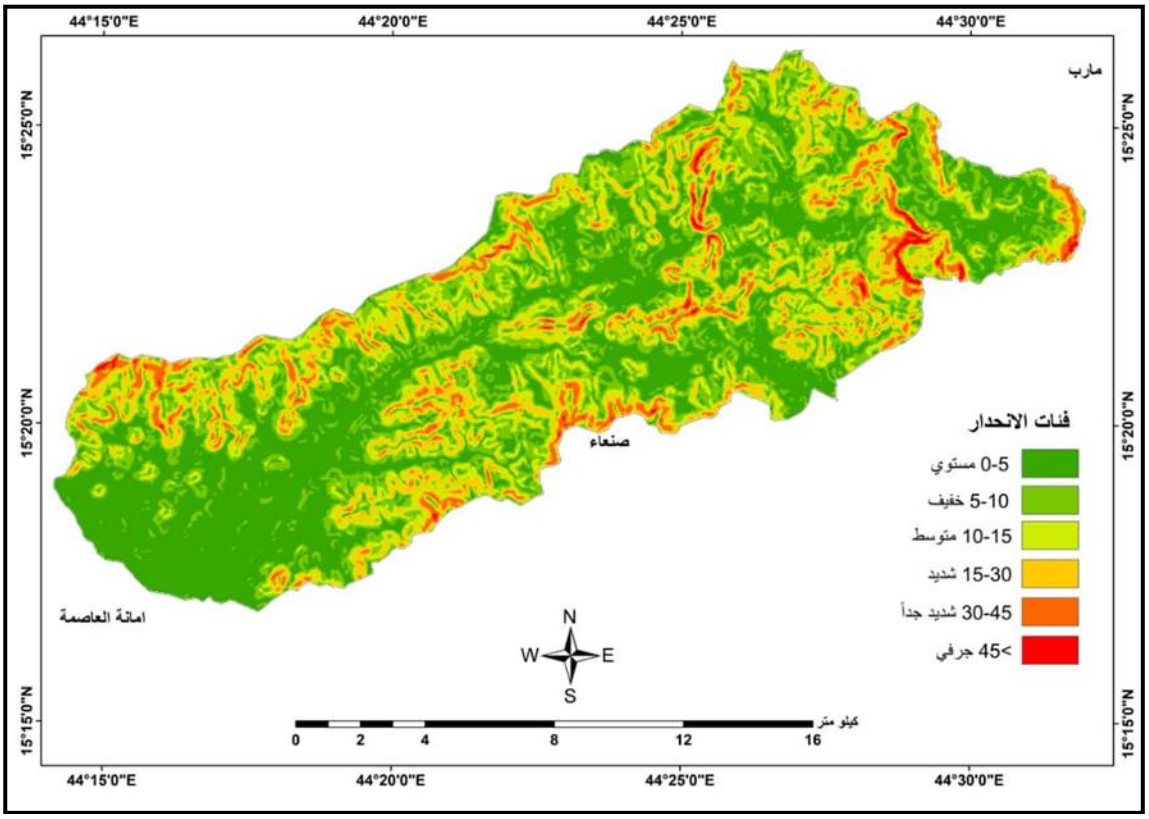


المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM .

فئات الانحدار	المساحة بـ كم^2	النسبة %
٤٥-٣٠	٤٠.٢	١٦.٩
٣٠-١٠	٧٠.٣	٢٩.٧
١٠-٥	١٢٦.٤	٥٣.٤
الإجمالي	٢٣٦.٩	١٠٠

المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM .

خريطة (٦) فئات الانحدار في حوض وادي شاحك



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM .

يلاحظ من خلال الخرائط (٤) (٥) (٦) أن طبوغرافية حوض وادي شاحك متنوعة وذات تضرس متوسط إلى عالي، وأن سطح الوادي ينحدر تدريجياً من الشمال الشرقي نحو الجنوب الغربي، وقد سجل أعلى ارتفاع للحوض ٣٤٤٠متر فوق مستوى سطح البحر في أقصى الشرق، في حين سجل ادنى ارتفاع له ٢٢٨٩متر فوق مستوى سطح البحر عند مصبه في الجنوب الغربي، كما يلاحظ أنه كلما اشتد تقارب خطوط الكنتور كان هناك شدة انحدار، وعموماً لا يتصف الحوض بتباين كبير في تقارب – وتباعد خطوط الكنتور، عدا بعض المناطق التي تقع أقصى شرق الحوض وبعض المناطق الشمالية الشرقية، حيث تظافرت فيها مجموعة من العوامل: تقارب خطوط الكنتور، درجة الميل عالية، تضرس عالي، ومن خلال الدراسة الميدانية تم ملاحظة أن الحوض يضم العديد من الأشكال التضاريسية.

المناخ:

أن المناخ هو أهم العوامل الطبيعية التي تتدخل بطريق مباشر أو غير مباشر في تشكيل سطح الأرض وما علية من مظاهر متباينة، سواء في تلك المظاهر الخاصة بتضاريس القشرة

الأرضية وتكوينها، أو تلك التي تتصل بتكوين التربة وبحياة النبات والحيوان بجميع أنواعهما (شرف، ٢٠٠٠م، ص١٨).

والمناخ له دور كبير في تنشيط العمليات الجيومورفولوجية الهدمية في المناطق الجافة وشبة الجافة تنشط عمليات التجوية الفيزيائية خاصة في الصخور الرسوبية الميكانيكية النشأة فتعمل على أضعاف تماسكها ويعرضها للحركة (المحسن، ٢٠١٣م، ص١٠٦).

ويعتبر حوض وادي شاحك أحد الأحواض الفرعية لحوض صنعاء الذي يقع ضمن الإقليم المداري الشمالي الذي يتصف بمدى حراري سنوي محدود حيث يكون الصيف دافئ (٢١.٥°) درجة مئوية قليل الأمطار (٦٧.٦ملم) والشتاء معتدل جاف (نعمان، ٢٠٠٠م)، وهذه الخصائص المميزة جعلته مناخاً شديد الفعالية في تسريع العمليات الجيومورفولوجية، كما أن لمناخ حوض وادي شاحك تأثير متباين على العمليات الجيومورفولوجية فمعظم الأشكال الموجودة فيه ما هي الا انعكاس لتلك الظروف المناخية، والمناخ هو الذي يولد العامل الجيومورفولوجي الذي له القدرة على أحداث تغيرات فيزيائية وكيميائية في الصخور وتتولد عمليات نحت ونقل وإرساب تعمل على تحوير شكل الأرض.

١-درجة الحرارة:

تعد درجة الحرارة من أهم العناصر المناخية تأثيرا على بقية العناصر الأخرى من أمطار وتبخر ورطوبة (موسى ١٩٩٠م، ص٣٦).

ويتميز حوض وادي شاحك بارتفاع في درجات الحرارة كنتيجة طبيعية لكون الحوض يقع ضمن العروض المدارية في الإقليم شبه الجاف حيث بلغ المعدل السنوي لكل من متوسط درجة الحرارة العظمى والصغرى والمتوسط (٢٧.٧، ٩.٩، ١٨.٨)°م على التوالي، ويوضح الجدول (٤) أن درجات الحرارة ترتفع في فصل الصيف شهر (يونيو ويوليو) حيث تعتبر أكثر شهور السنة حرارة، إذ يصل متوسط الحرارة العظمى في شهر يونيو إلى حوالي (٣١°م)، يليه شهر يوليو حيث بلغت النهاية العظمى للحرارة أيضاً (٣١°م)، ويعود ذلك إلى سقوط أشعة الشمس عمودية على الحوض، والذي بدورة يعمل على زيادة في زاوية السقوط وعدد ساعات النهار، فضلاً عن كمية الاشعاع المستلمة والتي تكون أكثر من المفقودة، وبالتالي ارتفاع في درجات الحرارة ويستمر الحال حتى نهاية شهر أغسطس ثم تأخذ درجة الحرارة بالانخفاض التدريجي خلال شهر سبتمبر على الرغم من أنها لاتزال مرتفعة نسبياً حيث يصل معدل النهاية العظمى خلال شهر سبتمبر وأكتوبر إلى (٢٩.٠°م، ٢٥.٩°م) على التوالي، وبصفة عامة يمكن القول بأن درجة الحرارة الصغرى صيفاً لا تقل عن (١٤.٩°) خلال شهر أغسطس، وفي فصل الشتاء

تنخفض درجة الحرارة ويعتبر شهري ديسمبر ويناير أقل شهور السنة حرارة حيث يصل معدل النهاية الصغرى إلى (٤.١ °م، ٤.٦ °م) على التوالي، وبصفة عامة فإن معدلات النهاية العظمى شتاءً لا تزيد عن (٢٦.٥ °م) خلال شهر فبراير.

جدول (٤) معدلات الحرارة الشهرية (م) في محافظة صنعاء للفترة من ١٩٨٣-٢٠١٦م

الشهر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المعدل السنوي
الحرارة العظمى	٢٥,١	٢٦,٥	٢٧,٥	٢٧,٨	٢٩,٥	٣١,٠	٣١,٠	٣٠,٣	٢٩,٠	٢٥,٩	٢٤,٦	٢٤,٤	٢٧,٧
الحرارة الصغرى	٤,٦	٧,٠	٩,٤	١١,٢	١٢,٩	١٤,٢	١٥,٤	١٤,٩	١٢,٥	٨,١	٥,٥	٤,١	٩,٩
المتوسط	١٤,٨	١٦,٨	١٨,٥	١٩,٥	٢١,٢	٢٢,٦	٢٣,٢	٢٢,٦	٢٠,٨	١٧,٠	١٥,٠	١٤,٢	١٨,٨

المصدر: مركز بحوث الموارد الطبيعية المتجددة، ذمار، ٢٠١٦م.

ويلاحظ من خلال قراءة الجدول (٤) أن هناك تباين فصلي في معدلات درجات الحرارة العظمى منها والصغرى، الأمر الذي أدى إلى تنشيط عمليات التجوية الفيزيائية، وبفعل عمليتي التسخين والتبريد الذي يسبب التمدد ثم الانكماش المتعاقب وبالتالي تفتيت الصخور وانحلالها، ومن ثم تهيئة الاجواء لتعريتها.

٢-الأمطار:

يتصف التساقط المطري في اليمن – بصورة عامة – بأنه صيفي يخضع بدرجة أساسية لتأثير الرياح الموسمية التي تهب من مناطق الضغط الجوي المرتفع في المحيط الأطلسي بصورة أساسية ثم من المناطق الثانوية الأخرى (الحفيان، ٢٠٠٤م، ص١٣٥).

ويتضح من الجدول (٥) تركز سقوط الأمطار في خمسة أشهر، يسقط خلالها ما نسبته (٨٦.٩%) من مجموع الأمطار السنوية الهاطلة على الحوض، وأكثر الشهور من حيث كمية الأمطار شهر أغسطس بنسبة (٢٥.١ %) وبمتوسط يصل إلى (٣٩.٣ ملم)، ويليه شهر أبريل بنسبة (٢٢.٢ %) وبمتوسط (٣٤.٧ ملم)، ثم أشهر يوليو ومارس ومايو وكانت النسبة على الترتيب (١٦.٩، ١٣.٢، ٩.٥ %)؛ وبمتوسط (٢٦.٤، ٢٠.٧، ١٤.٩ ملم) على التوالي؛ بمعنى أن شهري أبريل وأغسطس يشكلان أعلى نسبة من الأمطار الهاطلة على حوض

وادي شاحك. أما بقية الشهور فتتدنى فيها النسبة ولا تتعدى في أكثرها نسبة (٢.٤ %)، كما في شهر أكتوبر، بينما يعد شهر يناير أكثر شهور السنة جفافاً بنسبة تصل إلى (٠.٨ %).

جدول (٥) معدل كمية الأمطار الشهرية (ملم) في محافظة صنعاء للفترة ١٩٨٣ – ٢٠١٦م

الشهر	يناير	فبراير	مارس	أبريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المعدل السنوي
الأمطار (مليمتر/ الشهر)	١,٣	٣,٢	٢٠,٧	٣٤,٧	١٤,٩	٦,٤	٢٦,٤	٣٩,٣	٢,٣	٣,٨	١,٤	١,٧	١٣.٠

المصدر: مركز بحوث الموارد الطبيعية المتجددة، ذمار، ٢٠١٦م.

ومما تقدم نستنتج أن هناك تبايناً في كمية الأمطار المتساقطة وإن هذا التباين ينعكس بشكل مباشر على حدوث عمليات التجوية الكيميائية، التي تكون ضعيفة نظراً لقلة سقوط الأمطار في الحوض.

ثانياً: الخصائص المورفومترية لحوض وادي شاحك

الخصائص المساحية :

١ – المساحة الحوضية:

مساحة حوض التصريف هي تلك المساحة التي تمد مجرى أو مجموعة من المجاري بالماء، كما أنها مصدر المياه التي تمد المجاري المائية باحتياجاتها من الماء، ويسهل التعامل مع هذه الوحدة المساحية من حيث تحديد العمليات الجيومورفولوجية التي تسود بها وكذلك تحديد العناصر المناخية ومدى تأثيرها (Leopold,1964 , P.131) وهي أيضا كامل المساحة التي يحدها خط تقسيم المياه ويصرفها النهر أو الوادي. وللمساحة دلالة مهمة على الوضع المحلي لمنطقة الدراسة بالنسبة إلى محيطها الإقليمي ومدى تأثيرها فيه وتأثرها به وهي من أهم الخصائص في حساب الكثير من المقاييس المورفومترية، وهي العامل المحدد والمؤثر على حجم التصريف في الحوض بشكل واضح إذا كانت جميع العوامل الأخرى ثابتة مثل الخصائص الليثولوجية للصخور والبنية الجيولوجية والغطاء النباتي والظروف المناخية، فكلما زادت مساحة الحوض مع انتظام الشكل زادت كمية الأمطار التي يستقبلها مما يؤدى إلى زيادة حمولته ولكن قد يعرضها للضياع بالتسرب والتبخر (سليمان، ٢٠٠٢م، ص٧٦).

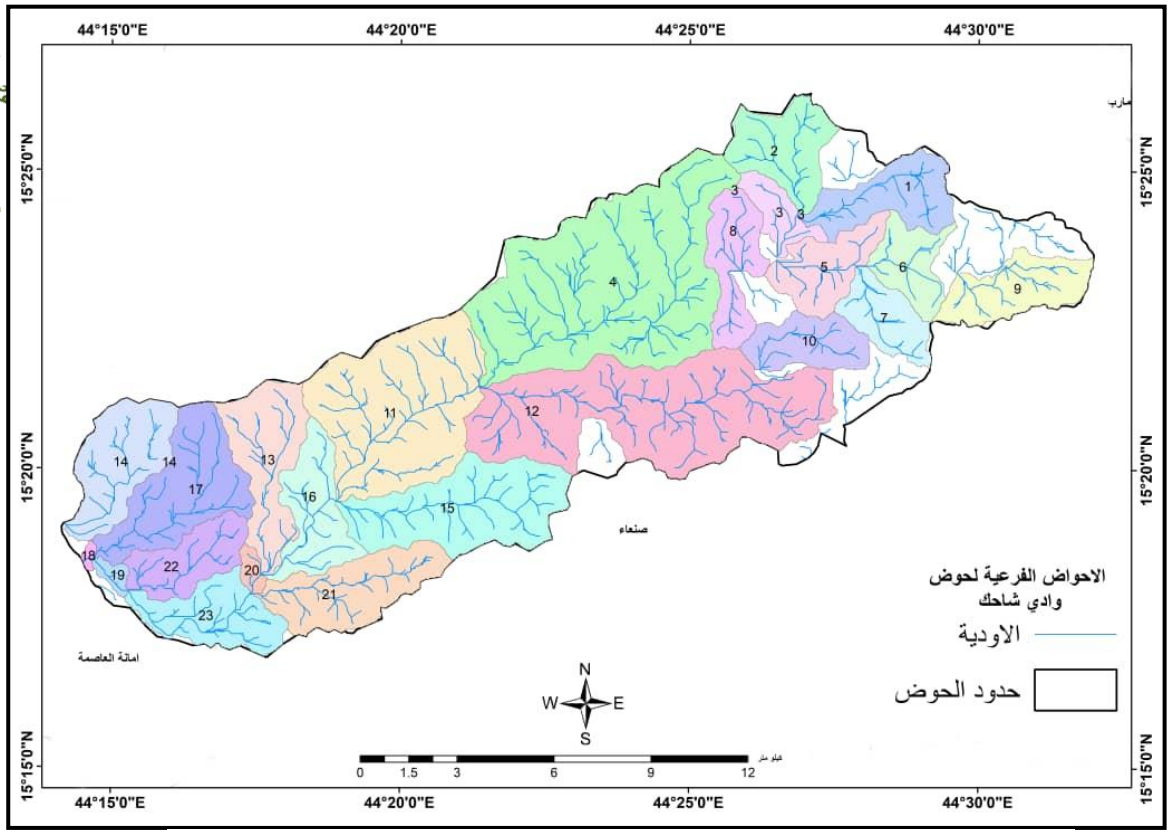
ويتكون حوض وادي شاحك من ٢٧ حوضاً فرعياً تضم في مجملها ١١٩٨ مجرى مائي، وقد تم تحديد هذه الأحواض بناءً على خطوط تقسيم المياه الثانوية التي تفصل ما بين الأحواض الفرعية، وقد تم قياس مساحة الحوض والتي بلغت ٢٣٦.٩كم^{٢}، بما نسبته ٧.٤% من إجمالي مساحة حوض صنعاء التي تقدر بـ ٣٢٠٠كم^{٢} (SBWMP, 2007, P.1)، ومن خلال الخريطة (٧) التي توضح الأحواض الفرعية لحوض وادي شاحك يلاحظ تباين الأحواض الفرعية وذلك بسبب التنوع الجيولوجي والطبوغرافي، وكذلك لعبت عملية التجوية والتعرية دوراً في تشكيل الأحواض الفرعية لحوض وادي شاحك، كل هذه الأسباب ساهمت في تطور مساحة الحوض.

٢- الطول الحوضي :

يعتبر طول الحوض أحد الأبعاد الرئيسية التي يتم قياسها بهدف حساب بعض المقاييس المورفومترية الأخرى التي تصف أشكال هذه الأحواض ولإيضاح خصائصها التضاريسية، ويؤدي طول الحوض دوراً مهماً في عملية الجريان السطحي حيث يتحكم بمدة تفريغ الحوض لمياهه وحمولته الرسوبية كما تتناسب معدلات التسرب والتبخر مع طول الحوض تناسبا طرديا وذلك لتباطؤ سرعة المياه الجارية بالاتجاه نحو مصب الحوض بسبب قلة انحدار السطح واتساع القنوات والمجاري المائية (علي، ٢٠٠١م، ص٨٠)، كما يتأثر شكل القطاع الطولي لمجرى النهر بجملة من العوامل منها نوع الصخور والحركات التكتونية والتراكيب الخطية والمناخ، فضلاً عن النشاط الجيومورفولوجي للمياه الجارية من نحت وإرساب، وهنا تمارس المياه الجارية دورها من خلال نحت الأجزاء الوعرة وتسويتها وإرسابها في المناطق المنبسطة ورفع مستواها، وهي بذلك تقلل الفارق بين أعلى وأدنى منطقة في الحوض مع تشكيل مقطع طولي (بحيرى، ٢٠٠١م، ص١٢٢).

ويحدد طول الحوض عن طريق قياس أقصى طول بين نقطة المصب وأبعد نقطة تقع على محيط الحوض (Chorley, 1969, p.38)، وقد بلغ الطول الحقيقي لحوض وادي شاحك ٣٥.٢كم ، كما بلغ الطول المثالي ٢٨.٤٩كم، وتوضح ذلك الخريطة (٨)، والجدول (٦).

خريطة (٧) الأحواض الفرعية لحوض وادي شاحك



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM .

٣-العرض الحوضي:

يتم قياسه عن طريق القيام بعمل خطوط متوازية من المصب إلى المنبع، وأخذ قياسات لكل منها، وإيجاد متوسط عرض الحوض، ويمكن الحصول عليه كذلك من خلال قسمه مساحة الحوض على طوله، ويمكننا الحصول على أقصى عرض للحوض، ويفيد هذا المتغير في تحديد شكل الحوض من خلال النسبة بين الطول إلى العرض الحوضي (محسوب، ٢٠٠١م، ص١٥٠).

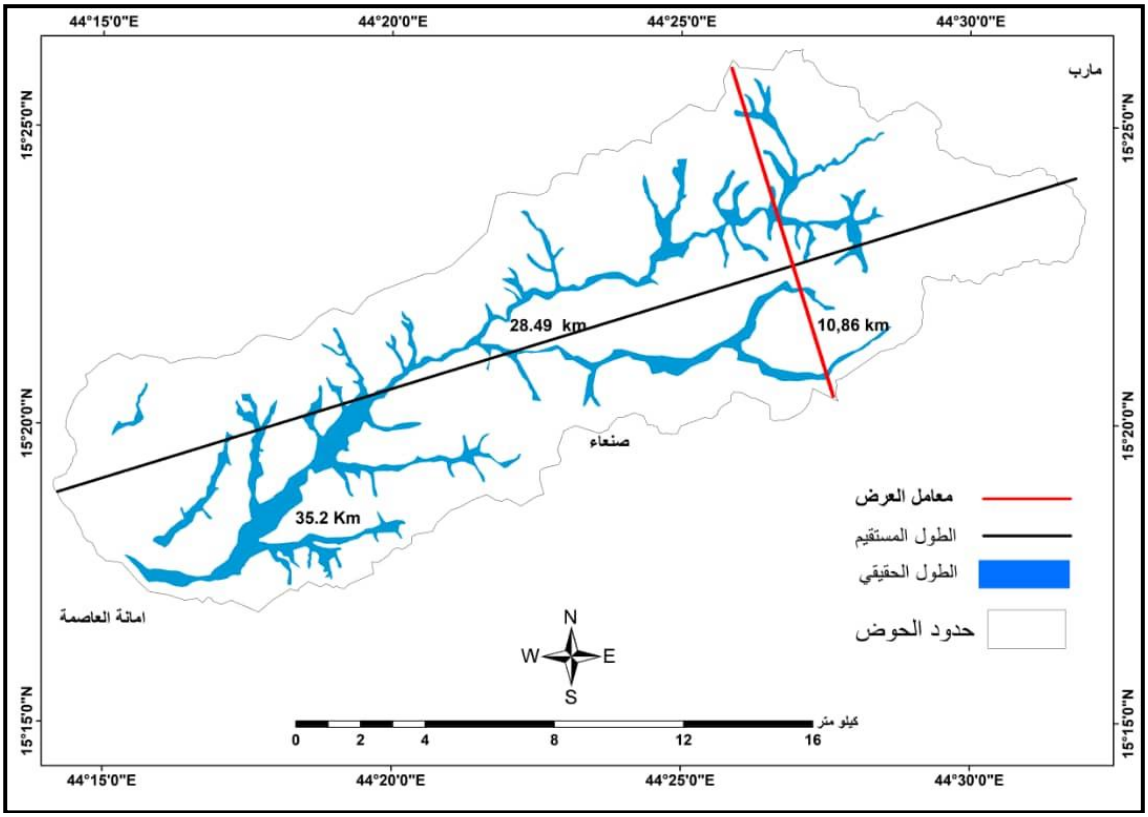
متوسط عرض الحوض = $\frac{\text{مساحة الحوض / كم2}}{\text{طول الحوض / كم}} = \frac{236.9}{35.2}$ = ٦.٧كم .

وقد بلغ متوسط العرض في حوض وادي شاحك ٦.٧كم، يلاحظ جدول (٦)، وهكذا نجد عرض الحوض قصير مقارنة بطوله، وهذا يعني استطالة الحوض، وبالتالي فإن قمة التصريف المائي تتأخر في وصولها إلى بيئة المصب، بسبب طول المسافة وتناقص التصريف المائي، بسبب التسرب والتبخر.

٤- المحيط الحوضي:

يمثل خط تقسيم المياه الذي يفصل بين الحوض والأحواض المجاورة أي يعتبر الحدود الخارجية للحوض (Raj, Azeez, 2012, p.93)، ويستعمل هذا العامل لتوضيح مدى انتشار الحوض واتساعه، إذ كلما زاد طول محيط الحوض ازداد انتشاره وتوسيعه، وازداد تطوره الجيومورفولوجي (المليكي، ٢٠٠٣م، ص٦٧)، وقد تم حساب محيط حوض وادي شاحك حيث بلغ ٩٠.٤كم، كما يلاحظ في الجدول (٦)، كما تم حساب محيط الأحواض الفرعية والتي بلغ عددها ٢٧ حوضاً فرعياً.

خريطة (٨) الأبعاد المساحية والشكلية لحوض وادي شاحك



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM .

جدول (٦) الخصائص المساحية لحوض وادي شاحك

الحوض	المساحة (كم٢)	الطول الحقيقي (كم)	الطول المثالي (كم)	متوسط العرض (كم)	محيط الحوض (كم)
شاحك	٢٣٦.٩	٣٥.٢	٢٨.٤٩	٦.٧	٩٠.٤

المصدر: الباحثة بالاعتماد على برنامج (ARC GIS, ARC HYDRO TOOLS 10.4)

الخصائص الشكلية:

١- نسبة الاستطالة:

تصف نسبة الاستطالة امتداد مساحة الحوض بشكل مستطيل أو قريب منه، وتحسب من خلال نسبة طول قطر دائرة بنفس مساحة الحوض إلى أقصى طول الحوض، وكلما اقتربت هذه النسبة من واحد صحيح فأن هذا يشير إلى أن شكل الحوض قريب من الشكل الدائري، أما اذا ما ابتعدت هذه النسبة عن واحد صحيح فأن الحوض يكون قريب من الشكل المستطيل (البطاط، ٢٠١٣م، ص٥٦).

ويمكن ايجاد هذه النسبة من المعادلة التالية:(Gregory & Walling, 1973, p.51).

$$\text{نسبة الاستطالة} = \frac{\text{قطر دائرة مساحتها تساوي مساحة الحوض (كم)}}{\text{طول الحوض (كم)}} = \frac{17.36}{35.2} = ٠.٤٩$$

ويتضح من خلال تطبيق المعادلة على حوض وادي شاحك أن نسبة الاستطالة في الحوض بلغت ٠.٤٩ ويلاحظ جدول (٧)، ويتبين من ذلك أن حوض وادي شاحك هو قريب من الشكل المستطيل. ويشير انخفاض نسبة الاستطالة إلى مرور الحوض في بداية دورة التعرية بمرحلة الشباب حيث يبدأ الحوض بحفر مجاريه وزيادة أطوالها عن طريق الحت التراجعي ولا يمارس الحت الجانبي الذي ينتهي بزيادة عرض الحوض إلا في مرحلة متأخرة وبعد وصول الحت التراجعي إلى مرحلة حرجة ومتقدمة، وكذلك تدل النسبة المنخفضة للاستطالة على صلابة صخور الحوض لمقاومته الشديدة لعمليات الحت مما يؤخر في الانتقال من الحت الرأسي التراجعي إلى الحت الجانبي وقلة الناتج المائي والناتج الرسوبي وتأخر وصول الفيضان بسبب طول المسافة وتناقص التصريف المائي بسبب التبخر والتسرب (سلامة، ٢٠٠٤م، ص١٧٨-١٧٩).

ويلاحظ أن اقتراب حوض وادي شاحك من الشكل المستطيل نتيجة تأثره بزيادة معدلات الحت التراجعي مما يدفع خط تقسيم المياه لحدود أبعد عن المصب، الأمر الذي قد يستدعي حدوث حالات من الأسر النهري، شرط أن تكون متوافقة مع محور الحوض، وكذلك تأثره بحزمه من الصدوع المتوافقة في اتجاهها مع الاتجاه العام لمحور الحوض، فتجبر بذلك شبكة المجاري المائية على اتباع مساراتها.

٢- نسبة الاستدارة:

توضح نسبة الاستدارة مدى اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض من الشكل الدائري المنتظم وتكون النسبة بين ٠-١، فيكون الشكل قريب من الاستدارة عندما يقترب من الواحد صحيح وهذا يدل على التقدم في الدورة التحاتية، وإذا كان العكس دل على وجود تعرجات وعدم انتظام خطوط تقسيم المياه وزيادة أطوال القنوات النهرية ذات الرتبة الأولى ذات النحت التراجعي، ويرى " سلامة " أن استدارة الأحواض تصف مدى تعرج أو تداخل خطوط تقسيم المياه فيها مع الأحواض المجاورة لها، وأنا أقصى مرحلة يمكن أن تصل إليها هي عندما تختفي هذه التعرجات ويصبح محيطها منطبقا تماما مع محيط الدائرة، وبذلك يتساويا في المساحة وفي هذه الحالة توصف بأنها بلغت قمت التطور والحت الجانبي والتراجعي (الرابحي، ٢٠١٧م، ص١٤٩).

وتحسب هذه النسبة بالمعادلة التالية:(Onosemuode, 2010, p.1300).

$$\text{نسبة الاستدارة} = \frac{\text{مساحة الحوض (كم2)}}{\text{مساحة دائرة يساوي محيطها محيط الحوض (كم2)}} = \frac{236.9}{642.1} = ٠.٣٦$$

وقد بلغت نسبة الاستدارة في حوض وادي شاحك ٠.٣٦، يلاحظ جدول (٧)، مما يعني أن الحوض بعيد عن الشكل الدائري المنتظم؛ ويميل إلى الاستطالة، لانخفاض قيمة الاستدارة، ويعني ذلك عدم تعرض الحوض لفترة طويلة من الحت المائي، أي أنه في مرحلة الشباب، ويرجع إلى مرحلة الشباب في عملية التعرية والحت المائي.

٣- معامل الشكل:

يظهر هذا المعامل مدى اقتراب أو ابتعاد شكل الحوض عن الشكل المثلث، فإذا اقتربت القيمة من الواحد الصحيح دل ذلك على ابتعاد شكل الحوض عن الشكل المثلث، وانخفاض هذه القيمة تدل على اقتراب شكل الحوض من الشكل المثلث(مداغش، ٢٠٠٣م، ص٨٦)، وتبرز أهمية هذا العامل في معرفة المعطيات الهيدرولوجية لشكل الحوض المثلثي ففي هذه الحالة يبرز هناك احتمالين: الاحتمال الأول عندما يكون جريان المياه من قاعدة المثلث باتجاه الرأس حيث تقل خطورة الفيضان، أما الاحتمال الثاني عندما يكون المصب قاعدة المثلث حيث يبلغ

التصريف ذروته بعد سقوط الأمطار مباشرة (الجغيفي، ٢٠٠٨م، ص٧٥). ويمكن استخراج معامل الشكل من المعادلة الآتية:

(Parveen, Kumar, Singh, 2012, p.1044)

$$\text{معامل الشكل} = \frac{\text{مساحة الحوض (كم}^2\text{)}}{\text{مربع طول الحوض (كم)}} = \frac{236.9}{(35.2)^2} = ٠.١٩$$

وقد بلغ معامل الشكل لحوض وادي شاحك ٠.١٩ فقط، يلاحظ جدول (٧)، أي أنه يقترب من الشكل الهندسي للمثلث الذي تكون قاعدته باتجاه المنابع ورأسه باتجاه المصب، وهذا يعني التأخر الزمني للجريان المائي، أي أن قطرة الماء تحتاج زمن طويل نسبياً للوصول إلى المجرى الرئيسي، وتدل هذه النسبة المنخفضة للحوض لاختلاف عرض الحوض من منطقة لأخرى نتيجة اختلاف الظروف البنيوية من جهة واختلاف فاعلية التعرية والتجوية من جهة أخرى.

٤- نسبة تماسك المحيط:

إن نسبة تماسك المحيط تعد مقياساً أخر لمعرفة مدى اقتراب أو ابتعاد الحوض عن الشكل الدائري، فكلما اقتربت النسبة من الواحد الصحيح دل ذلك على اقتراب الحوض من الشكل الدائري وابتعاده عن الواحد الصحيح دليل على ابتعاد الحوض عن الشكل الدائري(Boulton,1965,p.4).

ويمكن الحصول على نسبة تماسك المحيط من خلال المعادلة الآتية: (أبو راضي، ٢٠٠٦م، ص١٢٤).

$$\text{نسبة تماسك المحيط} = \frac{1}{\sqrt{\text{نسبة تماسك المساحة (الاستدارة)}}} = \frac{1}{\sqrt{0.36}} = ١.٦٦$$

وتشير القيم المرتفعة لهذا العامل إلى قلة تفلطح الحوض وابتعاده عن الشكل المنبعج، وبالتالي قلة أعداد المجاري وأطوالها خاصة في رتبها الدنيا والتي تقع عادة عند مناطق تقسيم المياه، كما تشير أيضاً إلى أن الحوض لم يقطع شوطاً كبيراً في دورة التعرية المائية، وعلى العكس فإن القيم المنخفضة تشير إلى تفلطح الحوض وانسيابيته وزيادة عمليات النحت الرأسي والتراجعي، كما تشير إلى أن الحوض قطع شوطاً كبيراً في مرحلة التعرية النهرية (علي، ٢٠٠١م، ص٩٣).

وقد بلغت نسبة تماسك المحيط لحوض وادي شاحك ١.٦٦، يلاحظ جدول (٧)، وهي قيمة مرتفعة تبين أن حوض وادي شاحك قريب من الاستطالة بسبب تعرج وعدم انتظام خطوط تقسيم المياه وإن الحوض مازال في بداية مراحل تطوره التحاتي، وبذلك تتوافق نسبة الانبعاج مع نسبة الاستطالة والاستدارة.

٥- نسبة الطول إلى العرض:

وهو من المعاملات المورفومترية المبسطة لقياس استطالة الأحواض وبمعنى أخر تعبر عن النسبة بين الطول والعرض الحوضي، وتدل القيم المرتفعة لهذه المعامل إلى شدة استطالة شكل الحوض والعكس من ذلك القيم المنخفضة تدل على بعد الشكل عن الاستطالة، ويتشابه في المدلول الجيومورفولوجي لنتائجه مع معدل الاستطالة (الرابحي، ٢٠١٧م، ص١٥١).

ويمكن استخراج نسبة الطول إلى العرض من خلال المعادلة الآتية:(Saud, 2009,p.322).

$$\text{نسبة الطول إلى العرض} = \frac{\text{(كم) التصريف حوض طول}}{\text{(كم) التصريف حوض عرض}} = \frac{35.2}{6.7} = ٥.٢$$

وقد بلغت نسبة الطول إلى العرض لحوض وادي شاحك ٥.٢، يلاحظ جدول (٧)، أي خمسة أضعاف عرض حوض التصريف وهي قيمة مرتفعة تدل على قرب الحوض من الشكل المستطيل وابتعاده عن الاستدارة.

جدول (٧) الخصائص الشكلية لحوض وادي شاحك

الحوض	نسبة الاستطالة	نسبة الاستدارة	معامل الشكل	نسبة تماسك المحيط	نسبة الطول إلى العرض
شاحك	٠.٤٩	٠.٣٦	٠.١٩	١.٦٦	٥.٢

المصدر: الباحثة بالاعتماد على برنامج (ARC GIS, ARC HYDRO TOOLS 10.4)

الخصائص التضاريسية:

١- نسبة التضرس:

يرتبط تضرس الحوض بمناخ وجيولوجية المنطقة وبنوعية الصخور في حوض التصريف وباستجابات هذه الصخور لعمليات التعرية النشطة في حوض الوادي، وتفيد دراسة نسبة التضرس في معرفة مدى تضرس الأحواض لما له من علاقة بالعمليات الجيومورفولوجية السائدة في هذه الأحواض، وتنخفض نسبة التضرس في الأحواض ذات المساحة الكبيرة والعكس، وتدل القيمة المرتفعة لنسبة التضرس على شدة النحت والجريان في الحوض، كما تؤدي زيادة التضرس ودرجة الانحدار إلى زيادة الكثافة التصريفية والتكرار وعمق المجاري والتصريف المائي والقوة الحتية

والناتج الرسوبي للأنهار مما يحقق زيادة تابعة في وعورة السطح ومعدل التشعب والرتب النهرية (علاجي، ٢٠١٠م، ص٧٢)، وتشير أيضاً القيم المنخفضة إلى نشاط عمليات النحت والتراجع نحو المنابع، مما يدل على تقدم الحوض في دورته التحاتية، في حين تشير القيم المرتفعة إلى التضرس الشديد لأسطح الأحواض، وبالتالي تأخر الحوض في دورته التحاتية (أبو رية، ٢٠٠٧م، ص٥٦).

ويتم حساب نسبة التضرس من خلال الفارق بين أعلى وأخفض نقطتين في الحوض بالمتر إلى طول الحوض بالكيلومتر (Cooke & Doornkamp, 1974, p.11).

$$\text{نسبة التضرس} = \frac{\text{(م) الحوض في ارتفاع وأدنى أعلى بين الفرق}}{\text{(كم) للحوض طول أقصى}} = \frac{1150}{35.2} = ٣٢.٦ \text{ م/كم}$$

وقد بلغت نسبة التضرس في حوض وادي شاحك ٣٢.٦م/كم وتدل أن الارتفاع ٣٢.٦م لكل ١كم، يلاحظ جدول (٨) حيث أن أعلى نقطة في الحوض بلغت٣٤٤٠متراً وأخفض نقطة في الحوض بلغت ٢٢٨٩متراً وطول الحوض يساوي ٣٥.٢كم، وتشير هذه النسبة المرتفعة إلى شدة تضرس الحوض، وأنه مازال في مرحلة الشباب في دورته الحتية والذي ينشأ عن شدة عمليات الحت والتعرية وعلى زيادة كمية الرواسب المنقولة، وهذا يعزى إلى حركات الرفع التكتونية التي تعرض لها، وما نتج عنها من حافات صدعيه ارتفعت عن أرضية الحوض وبالتالي ارتفاع منطقة المنابع عن منطقة المصب، إضافة إلى صلابة التكوينات الجيولوجية.

٢- المعامل الهبسومتري:

يعد من أدق المعاملات المورفومترية في قياس درجة تضرس السطح ومعرفة الدورة التحاتية المقطوعة للأحواض التصريفية، كما تدل القيم المرتفعة على كبر المساحة الحوضية كنتيجة لعظم الكثافة التصريفية للأحواض، وهذا يعني أن قيم التكامل الهبسومتري تتناسب طردياً مع الفترة التي قطعها الحوض في دورته التحاتية والعكس صحيح، فانخفاض قيم هذا المعامل تدل على حداثة عمر الحوض من جهة وصغر مساحته الحوضية من جهة أخرى، وأنه لايزال في بداية دورته التحاتية (الرابحي، ٢٠١٧م، ص١٥٤). وتستخرج قيمة المعامل الهبسومتري بالمعادلة التالية: (أبو العينين١٩٩٥م، ص٧٥).

$$\text{المعامل الهبسومتري} = \frac{\text{(2كم) الحوض مساحة}}{\text{(م) الحوض في ارتفاع وأدنى أعلى بين الفرق}} = \frac{236.9}{1150} = ٠.٢$$

وقد بلغت قيمة المعامل الهبسومتري لحوض وادي شاحك ٠.٢، يلاحظ جدول (٨)، وهذه النسبة منخفضة تعني أن حوض وادي شاحك في بداية مرحلته العمرية الحتية مرحلة الشباب،

ويعود ذلك لحداثة الحوض وتأثره الشديد بالحركات التكتونية وما نتج من حركات رفع وهبوط وتصدع، اضافة للنشاط البركاني الثلاثي الذي حدث في الحوض.

٣- قيمة الوعورة:

يتناول هذا المعامل العلاقة بين تضرس أرض الحوض وأطوال مجاري شبكة التصريف الخاصة به، وتزداد قيمته كلما كانت الأرض مضرسة أو عندما تزداد أطوال المجاري على حساب مساحة الحوض(الجيلاني، ٢٠١٠م، ص١٤٤). ويعبر عن هذا المعامل بالمعادلة الآتية:

(الرابحي، ٢٠١٧م، ص١٥٥).

$$\text{قيمة الوعورة} = \frac{\text{التصريف كثافة} \times \text{بالحوض منسوب وأدنى أعلى بين الفرق}}{1000} = \frac{1150 \times 4.8}{1000} = ٥.٥$$

وقد بلغت قيمة الوعورة في حوض وادي شاحك ٥.٥، يلاحظ جدول (٨)، ويدل ارتفاع قيمة الوعورة على زيادة أعداد وأطوال المجاري وتنوع التكوينات الجيولوجية.

٤- النسيج الطبوغرافي:

يعد مؤشرا على أوضاع شبكة المجاري المائية ودرجة تطورها التحاتي، كما يشير إلى نوعية الطبوغرافيا في الحوض، ويتحدد النسيج الطبوغرافي بمجموعة من العوامل المؤثرة في الجريان السطحي مثل: المناخ والغطاء النباتي والتكوين الصخري (العدرة، ٢٠٠٧م، ص١٣٣)، فالارتفاع في قيم النسيج تدل على زيادة الانحدار وضعف التكوينات الصخرية بحيث ينتج عن ذلك زيادة فعالية الحت، وكذلك ضعف القدرة على تسريب المياه بسبب ضعف الغطاء النباتي، أما النسيج الناعم جداً فيدل على طول الفترة الزمنية للحوض (العرومي، ١٩٩٤م، ص١٠٧). ويمكن الحصول على هذا المعامل وفقاً للمعادلة الآتية: (AL- Shammary, 2012, p.6).

$$\text{معدل النسيج الطبوغرافي} = \frac{\text{الحوض في المائية المجاري أعداد مجموع}}{\text{الحوض محيط}} = \frac{1198}{90.4} = ١٣.٢٥$$

مجرى/كم^{٢}

وقد بلغ معدل النسيج الطبوغرافي لحوض وادي شاحك ١٣.٢٥مجرى/كم^{٢} يلاحظ جدول (٨)، وهي قيمة عالية تقع ضمن الفئة الثالثة ذات النسيج الناعم وفق التصنيف الذي وضعه (Smith, 1950)، وهذا يدل على أن الحوض تنخفض فيه كثافة الغطاء النباتي وترتفع فيه نسبة التضرس مما يسمح بوجود جريان سطحي يساهم في زيادة معدلات التعرية.

جدول (٨) الخصائص التضاريسية لحوض وادي شاحك

الحوض	نسبة التضرس	المعامل الهبسومتري	قيمة الوعورة	النسيج الطبوغرافي
شاحك	٣٢.٦	٠.٢	٥.٥	١٣.٢٥

المصدر: الباحثة بالاعتماد على : مخرجات برنامج (ARC GIS 10.4) ونموذج الارتفاع الرقمي DEM.

خصائص شبكة التصريف:

١- المراتب النهرية وأعدادها:

يقصد بالمراتب النهرية النهرية: مجموعة الروافد التي يتشكل منها الحوض، أو الوادي، أو النهر، وتلك التي تتكون نتيجة تجمع الروافد الصغيرة، والتي تمثل البداية للمسيلات والجداول المائية المتجمعة مع بعضها والمتنامية، من حيث السعة والطول والتصريف حتى يتكون الوادي، أو النهر الرئيسي (أبو العينين، ١٩٧٦م، ص٤٥١).

ويعد هورتون (Horten, 1945, p.281-283)، من أوائل الباحثين الذين قاموا بدارسة مورفومترية شبكة التصريف وقد قام بتصنيف الشبكة إلى مجموعة من الرتب النهرية وإنشاء علاقات هندسية فيما بينها، وقد قام سترالر بتعديل نموذج هورتن لشبكة التصريف عام ١٩٥٣، وبالتالي توصل إلى مجموعة جديدة من العلاقات والقوانين بين متغيرات الشبكة وقام بربطها بنوع الصخر(علي، ٢٠٠١م، ص١٣٣)، وقد تم اعتماد طريقة سترالر وذلك لسهولتها وبسطتها وفاعليتها في حساب الرتب، وتتلخص هذه الطريقة في تصنيف مجاري شبكة التصريف إلى رتب نهرية بحيث أن المجاري التي لا تصب فيها أية روافد تعتبر مجاري الرتبة الأولى، وبالتقاء مجريين من الرتبة الأولى ينشأ مجرى من الرتبة الثانية وبالتقاء مجريين من الرتبة الثانية ينشأ مجرى من الرتبة الثالثة وهكذا.

جدول (٩) الرتب النهرية وأعدادها في حوض وادي شاحك

الرتب النهرية	عدد المجاري	النسبة %
الرتبة الأولى	٦٦٥	٥٤.٧٦
الرتبة الثانية	٣١٧	٢٦.٤٦
الرتبة الثالثة	١٤٤	١٢.٠٢

الرتبة الرابعة	٨٠	٦.٦٨
الرتبة الخامسة	١	٠.٠٨
الإجمالي	١١٩٨	١٠٠

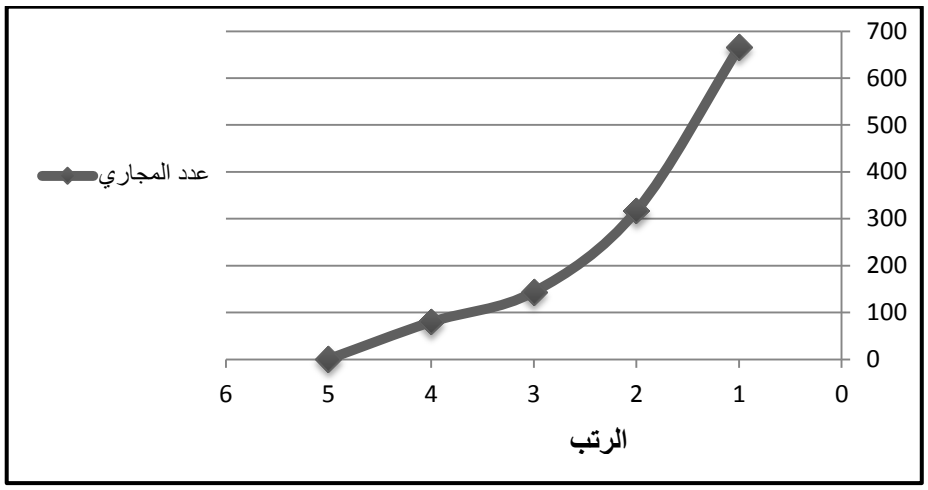
المصدر: الباحثة بالاعتماد على الخريطة (٩).

ويتضح من خلال الجدول (٩) والخريطة (٩)، ان حوض وادي شاحك وصل إلى الرتبة الخامسة، وبلغ عدد المجاري المائية ١١٩٨مجرى، تتجمع أغلبها لتكون في نهاية المطاف مجرى ينتمي للرتبة الخامسة، واستحوذت مجاري الرتبة الأولى على النصيب الأكبر، حيث بلغ عدد المجاري في الرتبة الأولى ٦٦٥مجرى،وبنسبة ٥٤.٧٦%، بينما بلغ عدد المجاري في الرتبة الثانية ٣١٧مجرى، وبنسبة ٢٦.٤٦%، أما عدد المجاري في الرتبة الثالثة بلغ ١٤٤مجرى، وبنسبة ١٢.٠٢%، وعند حساب عدد المجاري في الرتبة الرابعة تبين أنها بلغت ٨٠ مجرى، وبنسبة ٦.٦٨%، أما بالنسبة للرتبة الخامسة (رتبة المجرى الرئيسي) فكانت ١ مشكلة نسبة ٠.٠٨%، من مجمل عدد المجاري الكلية في الحوض.

ويلاحظ أن سبب زيادة أعداد مجاري المرتبة الأولى هو وعورة التضاريس، والتي تعمل على زيادة انحدار السطح (الذي يعمل على قوة تدفق المياه الجارية، مما يؤدي إلى شق المجاري المائية بكثرة) إضافة إلى طبيعة التكوين الجيولوجي حيث تتموضع المجاري على أغلب الصخور البركانية الثلاثية.

وبذلك نجد أن أعداد المجاري المائية تتناقص مع تزايد الرتب كما ذكر (Horten) في قانونه المتعلق بعدد المجاري المائية وهو" أن عدد المجاري المائية التي تندرج تناقصياً في مجموعاتها أو رتبها، تكون متوالية هندسية، تبدأ بمجرى يتبع أعلى مرتبة وتزداد تبعاً لنسبة تشعب ثابتة" (أبو العينين، ١٩٩٥م، ٤٤٠).

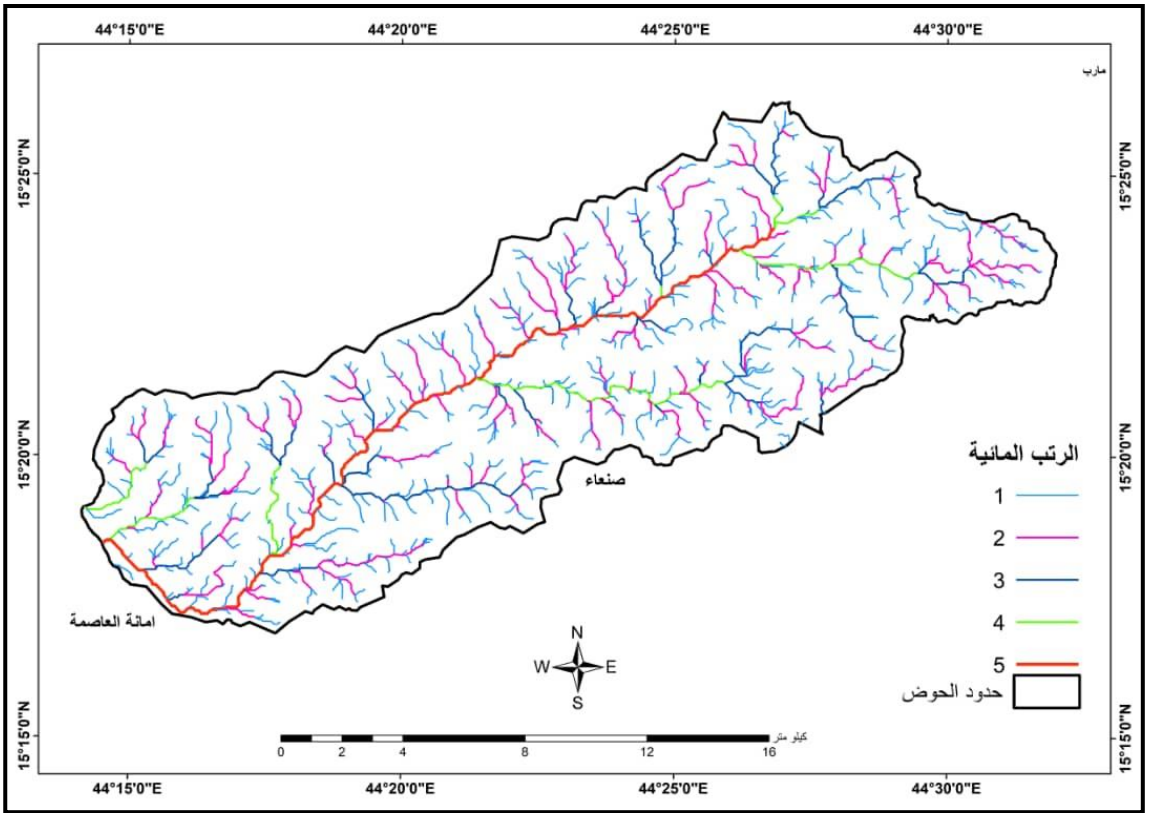
شكل (١) العلاقة بين الرتب وعدد المجاري المائية في حوض وادي شاحك



المصدر: الباحثة بالاعتماد على برنامج أكسل.

ويبين الشكل(١) العلاقة بين كل من الرتب وعدد المجاري في حوض وادي شاحك، حيث يظهر أن العلاقة عكسية إذ أن أعداد المجاري تقل مع تزايد الرتب حتى تصل في أخر رتبة إلى مجرى واحد.

خريطة (٩) شبكة التصريف المائي لحوض وادي شاحك



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM .

٢- أطوال المجاري المائية:

يقصد بأطوال المجاري أطوال الروافد التي تغذي كل رتبة على حدا، حيث يمكن معرفة أطوال المجاري في كل مرتبة رغم أنها متباينة الأطوال من مكان لآخر وذلك من خلال العلاقة

جدول (١٠) أطوال المجاري المائية حسب الرتبة في حوض وادي شاحك

الرتب النهرية	أطوال المجاري (كم)	النسبة %
الرتبة الأولى	٢٣٨.٤	٤٩.٧
الرتبة الثانية	١٢٣.٦	٢٥.٨
الرتبة الثالثة	٥٥.٩	١١.٧
الرتبة الرابعة	٣٠.٢	٦.٣
الرتبة الخامسة	٣١.٢	٦.٥

الإجمالي	٤٧٩.٣	١٠٠

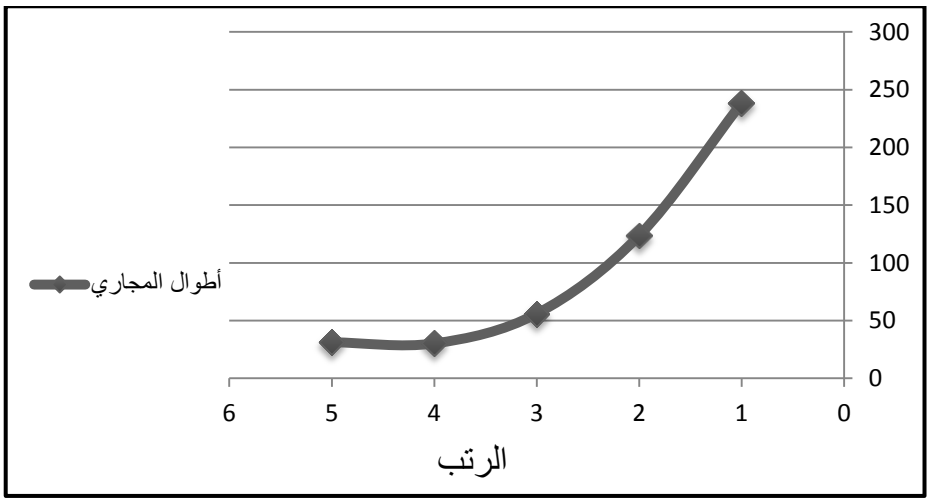
المصدر: الباحثة بالاعتماد على الخريطة (١١).

وبتطبيق قانون اطوال المجاري المائيه في حوض وادي شاحك وحساب معدل أطوال المجاري لكل رتبة وذلك من خلال قسمة مجموع أطوال المجاري المائية على عدد المجاري المائية، حيث بلغ مجموع أطوال المجاري المائية في الحوض ٤٧٩.٣كم، جدول (١٠).

وقد عدل سترالر (Strahler, 1954, p.486) في قانون هورتون (Horten) السابق الذي يعرف باسم قانون أطوال المجاري النهرية والذي ينص على " أن مجموع متوسطات أطوال المجاري النهرية من الرتب المتتالية تميل إلى تكوين متوالية هندسية تبدأ بمتوسط طول مجاري أنهار الرتبة الأولى وتتصاعد تبعا لنسبة طول ثابتة " (أبو العينين، ١٩٩٥م، ص٤٤٥-٤٤٦).

وهذا ما نلاحظه بالنسبة لمعدل أطوال المجاري لحوض وادي شاحك على مستوى الرتب جدول (١٠)، فمعدل أطوال المجاري يزيد مع زيادة الرتبة وذلك لقلة أعداد المجاري بزيادة الرتب بشكل أسرع من قلة أطوال المجاري بزيادة الرتبة، ويبين الشكل (٢) العلاقة بين معدل أطوال

شكل (٢) العلاقة بين الرتب وإجمالي أطوال المجاري المائية في حوض وادي شاحك



المصدر: الباحثة بالاعتماد على برنامج أكسل.

ونلاحظ من دراسة العلاقة بين الرتب وإجمالي أطوال المجاري المائية في حوض وادي شاحك أن هناك علاقة عكسية؛ تعني تناقص إجمالي أطوال المجاري كلما زادت الرتب النهرية.

٣- نسبة التشعب:

وهي النسبة بين عدد المجاري المائية لرتبة معينة وبين عدد المجاري المائية للرتبة التي تليها مباشرة، وقد حدد سترالر النسبة ما بين ٣- ٥ للأحواض التي تتشابه أحوالها المناخية والجيولوجية (أبو العينين، ١٩٩٥م، ص٤٣٩)، وان قيم التشعب القريبة من ٣-٥ دليل على تشابه خواص الحوض مناخيا وبنيويا وأن أي ارتفاعا أو انخفاض لهذه النسبة عن الحد المذكور أنفا دليل على عدم تماثل الحوض مناخيا وتضاريسيا أي هو دليل على وجود شواذ طبيعية في الحوض أو على وجود نشاط تكتوني في منطقة الحوض (الجيلاني، ٢٠١١م، ص١٣٢). ويمكن الحصول على نسبة التشعب من خلال المعادلة الآتية: (Kirchner, 1993, p.591).

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

يتضح من دراسة نسبة التشعب لحوض وادي شاحك أن النسبة الإجمالية للتشعب بلغت ٥.٦ وهي نسبة مرتفعة خرجت عن المعدل الطبيعي للأحواض التي تتراوح نسبتها بين ٣-٥، مما يدل على زيادة تقطع الحوض بفعل مجاريه، وبتطبيق معادلة التشعب على مستوى الرتب، نجد أن نسبة التشعب ٢، ٢.٢، ١.٨، ٨٠، على التوالي في المراتب الأولى والثانية والثالثة والرابعة للحوض كما هو موضح في الجدول (١١)، ومن ذلك يتضح أن هناك تباين في هذه النسب وذلك يعود إلى طبيعة التكوينات الصخرية للحوض.

جدول (١١) نسبة تشعب المجاري المائية حسب الرتبة في حوض وادي شاحك

الرتبة النهرية	عدد المجاري	نسبة التشعب	عدد المجاري لكل رتبتين متتاليتين	عدد المجاري × نسبة التشعب
الأولى	٦٦٥	٢	٩٨٢	١٩٦٤
الثانية	٣١٧	٢.٢	٤٦١	١٠١٤.٢
الثالثة	١٤٤	١.٨	٢٢٤	٤٠٣.٢
الرابعة	٨٠	٨٠	٨١	٦٤٨٠
الخامسة	١			
الإجمالي	١١٩٨	٨٦	١٧٤٨	٩٨٦١.٤

المصدر: الباحثة بالاعتماد على الخريطة (٩).

٤- كثافة التصريف:

تعد كثافة التصريف من المقاييس المورفومترية الهامة في الدراسة الجيومورفولوجية ذلك لأنها تعتبر مؤشر لمدى تعرض سطح الأرض لعمليات النحت والتقطع بواسطة المجاري المائية (أدم، ٢٠٠٣م، ص١٦١).

وقد قدم كل من Strahler & Smith تقسيم لكثافة التصريف إلى فئات حسب نوع الصخر، وهو قريب من التصنيف الأمريكي المعتمد الذي صنف الكثافة التصريفية إلى (العدرة، ٢٠٠٧م، ص١٢٢).

- الكثافة التصريفية المنخفضة، وتتراوح قيمها بين ١.٩ – ٢.٥ كم / كم^{٢}.
- الكثافة التصريفية المعتدلة، وتتراوح قيمها بين ٥ – ١٠ كم / كم^{٢}.
- الكثافة التصريفية المرتفعة، وتتراوح قيمها بين ١٣ – ١٩ كم / كم^{٢}.

وكثافة التصريف نوعين هما:

- **كثافة الصرف الطولية:** تعني نسبة أطوال المجاري في الحوض كاملة لمساحة حوض التغذية، ويعبر عنها وفق المعادلة الآتية: (داود، ٢٠٠٢م، ص٢٠٠).

$$\text{كثافة الصرف الطولية} = \frac{\text{مجموع أطوال المجاري/كم}}{\text{مساحة الحوض/كم}^{2}} = \frac{479.3}{236.9} = ٢.٠٢ \text{ كم/كم}^{٢}$$

وبعد تطبيق هذه المعادلة على حوض وادي شاحك بلغت الكثافة الطولية ٢.٠٢كم/كم^{٢}، وهي نسبة منخفضة والسبب في ذلك تسرب الكمية الأكبر من المياه المتساقطة إلى باطن الأرض، ويعزى ذلك إلى تأثر الحوض بالحركات التكتونية وما نتج عنها من صدوع وكسور وشقوق ومفاصل، أضافة إلى المناخ الجاف الذي له دور في التأثير على الكثافة التصريفية.

- **كثافة الصرف العددية (تكرار المجاري):** تفيد دراسة هذا المعدل في إعطاء صورة عامة عن مدى شدة تقطع سطح الحوض، وكفاءة شبكة التصريف حيث يوضح العلاقة بين عدد المجاري ومساحة الحوض (سليمان، ٢٠٠٢م، ص١٣٢). وتشير القيمة المرتفعة للتكرار النهري على شدة تمزق الحوض وإمكانية عالية لتجميع المياه داخل حوض التصريف ومن ثم إحداث جريان سطحي بصورة أكبر، وتنخفض تكرارية المجاري في الأحواض كبيرة المساحة والسبب هو أن الأحواض كبيرة المساحة تكون فقدت كميات كبيرة من محتوى موادها الصخرية ذات القابلية الشديدة للتعرية المائية وبالتالي تقل بها مسارات التصريف المائي للوحدة المساحية، بينما يوافق زيادة معدل أطوال المجاري في الوحدة المساحية زيادة أخرى في أعدادها (علاجي، ٢٠١٠م، ص١١٤).

وتحسب الكثافة العددية من المعادلة الآتية : (Scheidegger, 1970, p.24).

كثافة الصرف العددية = مجموع أعداد المجاري بجميع رتبها / مساحة الحوض/كم2 = **1748 / 236.9** = ٧.٣مجرى/كم٢

ومن خلال تطبيق المعادلة السابقة بلغت كثافة الصرف العددية في حوض وادي شاحك ٧.٣مجرى/كم٢ وهي نسبة معتدلة وتدل على تأثر الحوض بعمليات التعرية وأن الحوض ما زال أمامه مرحلة طويلة في دورته التحاتية ليقطعها.

٥- معدل بقاء المجرى:

يستخدم هذا المعامل للدلالة على متوسط الوحدة المساحية اللازمة لتغذية الوحدة الطولية الواحدة (كم) في مجرى شبكة التصريف، القيم العالية له تدل على اتساع المساحة الحوضية على حساب أطوال المجاري المائية مع انخفاض كثافة التصريف (المليكي، ٢٠٠٣م، ص١٠٠).

ويمكن الحصول على هذا المعامل من خلال تطبيق المعادلة الآتية: (Abdulla, 2011, p.141).

معدل بقاء المجرى = مساحة الحوض/كم2 / مجموع أطوال المجاري/كم = **236.9 / 479.3** = ٠.٤٩

وقد بلغت قيمة معدل البقاء في حوض وادي شاحك ٠.٤٩ وهذا يعني أن كل واحد كم من أطوال المجاري تغذية مساحة تقدر بنحو ٠.٤٩كم٢/كم، وتعد قيمة منخفضة تدل على انخفاض كثافة تصريف الحوض والسبب انخفاض كمية الأمطار المتساقطة على الحوض.

٦- التعرج النهري:

يعرف بأنه عبارة عن النسبة بين طول المجرى المائي إلى طول الوادي، ويعتبر التعرج أحد أنماط المجاري المائية ويعود إلى وجود العوائق والحواجز في المجرى كالنباتات والصخور التي تعمل على إعاقة حركة المياه وانحرافها عن خط الجريان مما يؤدي إلى الحت في جانب والترسب في الجانب الآخر (العدرة، ٢٠٠٧م، ص١٢٦).

ويعبر عن هذا المعامل بالمعادلة الآتية: (الدليمي، ٢٠١٢م، ص١٥٩).

نسبة التعرج = طول المجرى المائي/ تعرجاته كل مع طول الحوض (المستقيم) = **35.2 / 28.49** = ١.٢

وقد قسم شكل مجرى الوادي بحسب التعرج إلى ثلاثة أنواع هي: (العدرة، ٢٠٠٧م، ١٢٧).

١-يعتبر الوادي مستقيماً إذا كانت النسبة أقل من ١.٠٥ .

٢-يعتبر الوادي ملتوياً إذا كانت النسبة بين ١.٠٥ – ١.٦ .

٣-يعتبر الوادي شديد التعرج إذا كانت النسبة أكثر من ١.٦ .

وقد بلغت نسبة التعرج في حوض وادي شاحك ١.٢، وبالتالي يصنف حوض وادي شاحك ضمن الأودية الملتوية، وينتج عن ذلك قلة سرعة الجريان المائي.

٧-أشكال الصرف:

ويعتبر أهم أشكال الصرف في حوض وادي شاحك هو التصريف الشجري الذي يمتاز بتشعب الروافد النهرية بشكل غير منظم في كثير من الاتجاهات من أي زاوية، ويتكون هذا النوع على الصخور الرملية والجرانيتية والبازلتية، حيث تتكون المجاري الرئيسية مباشرة فوق المنحدر (سنهوب، ٢٠٠٦م، ص١٠٧)، وتتألف المجاري النهرية التي تنتمي إلى هذا النمط من روافد تلتقي بعضها البعض في صورة زوايا حادة ونادر ما تزيد زاوية اتصال المجاري الفرعية بالرئيسية عن ٧٠ درجة (أبو العينين، ١٩٧٦م، ص٤٦١).

كما يشكل النمط الشجري أكثر أنماط التصريف شيوعاً في حوض وادي شاحك وينتشر في أغلب أجزائه، حيث يتميز الحوض بشيوع الزوايا الحادة، والتجانس الليثولوجي، ويظهر هذا التصريف واضحاً في حوض وادي شاحك في المنابع العليا فوق مكاشف الصخور البركانية الثلاثية وتكوينات الحجر الرملي، وتختلف كثافة هذا النمط من مكان إلى آخر في الحوض تبعاً لدرجة نفاذية الصخر.

الاستنتاجات:

١- بناء قاعدة بيانات جغرافية للخصائص المورفومترية لحوض وادي شاحك من خلال مجموعة من برامج نظم المعلومات الجغرافية بالاعتماد على بيانات نموذج الارتفاع الرقمي بدقة ٢٧متر، وقد تم الحصول على جميع القيم للقياسات الموفومترية للحوض، إضافة إلى استخلاص شبكات التصريف، كما تم العمل بسرعة فائقة وجهد أقل ودقة عالية مقارنة بالوسائل التقليدية.

٢- تبين من خلال دراسة الخصائص المساحية والشكلية أن حوض وادي شاحك يميل إلى الاستطالة أكثر منه إلى الاستدارة، فقد بلغ عرض الحوض ٦.٧كم وطوله ٣٥.٢كم، فالعرض يمثل أقل من ربع الطول، وبلغت نسبة الاستطالة في الحوض ٠.٤٩ ونسبة الاستدارة ٠.٣٦، وهذا يعني أن مياه الأمطار تقطع مسافة طويلة للوصول إلى مخرج الحوض وتصل ضعيفة نتيجة للتبخر والتسرب.

٣-تبين أن حوض وادي شاحك من الرتبة الخامسة وفقاً للنظام سترالر، وأنه ذو مساحة كبيرة ٢٣٦.٩كم^{٢} ، ويتكون من ٢٧ حوضاً فرعياً، وأن العلاقة بين عدد المجاري المائية والرتبة علاقة عكسية فعدد المجاري يقل مع زيادة الرتبة حتى تصل إلى مجرى واحد في أخر رتبة، والعلاقة

بين أطوال المجاري المائية والرتب النهرية علاقة عكسية أيضاً فمعدل أطوال المجاري يقل مع زيادة الرتبة.

٤- بلغت نسبة التشعب في حوض وادي شاحك ٥.٦ وهي نسبة مرتفعة، وبلغت كثافة التصريف ٢.٠٢كم/كم^{٢} ، وهي نسبة منخفضة بسبب صلابة التكوينات الصخرية وكون المنطقة صدعية شديدة الانحدار. وأن الحوض في مراحلة الأولى مرحلة الشباب أي في قمة نشاطه الحتي ومازال في حالة تأثره بعملية التجوية والتعرية.

التوصيات:

١-ضرورة الاتجاه بالدراسات الجيومورفولوجية عامة والمورفومترية خاصة إلى استخدام التقنيات الجغرافية الحديثة المتمثلة في نظم المعلومات الجغرافية وبياناتها والمتمثلة في نماذج الارتفاعات الرقمية والمرئيات الفضائية، كبديل للطرق التقليدية.

٢-الاعتماد على الخصائص المورفومترية للوصول إلى المدلولات الهيدرولوجية في ظل غياب محطات القياس الهيدرومترية، إذ أن التحليل المورفومتري للأحواض الجافة وشبه الجافة يعد أحد أهم العناصر التي يعتمد عليها المخططون وغيرهم عند دراسة تأثير السيول على المنشآت الحيوية والزراعية.

٣-دراسة شاملة ومسح للأحواض المائية في اليمن، لتحقيق الفائدة القصوى من تلك الثروة الوطنية.

قائمة المصادر والمراجع العربية:

١- أبو العينين، حسن سيد أحمد، (١٩٧٦): أصول الجيومرفولوجيا، ط٥، مؤسسة الثقافة الجامعية الاسكندرية.

٢- أبو العينين، حسن سيد أحمد، (١٩٩٥): أصول الجيومرفولوجيا (دراسة الأشكال الأرضية لسطح الأرض)،ط١١، مؤسسة الثقافة الجامعية، الاسكندرية.

٣-أبو راضي، فتحي عبد العزيز، (٢٠٠٦): الاصول العامة في الجيومورفولوجيا، دار الفكر الجامعية، الاسكندرية.

٤- أبو رية، أحمد محمد أحمد، (٢٠٠٧): المنطقة الممتدة فيما بين القصير ومرسى أم غيج- دراسة جيومورفولوجية، أطروحة دكتوراه غير منشورة، كلية الآداب، جامعة الاسكندرية.

٥-آدم، سميرة حسن أحمد، (٢٠٠٣): جيومورفولوجية الركن الجنوبي الشرقي لمصر(دراسة للمنطقة بين وادي حوضين والحدود المصرية السودانية)، رسالة ماجستير غير منشورة، قسم الجغرافيا، جامعة القاهرة.

٦-بحيري، صلاح الدين، (٢٠٠١): أشكال سطح الأرض، ط١، دار الفكر المعاصر، بيروت.

٧-البطاط، محمد خضر محمد، (٢٠١٣): الخصائص الجيومورفولوجية والبيئية لحوض وادي السمن، الظاهرية، وابو العسجا وابو غزلان جنوب الخليل – كحالة دراسية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة بيرزيت، فلسطين.

٨-الجغيفي، أحمد حسين فرحان، (٢٠٠٨): جيومورفولوجية في الفحيمي في هضبة العراق الغربية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة الانبار، العراق.
٩-الجيلاني، محمد عبدالقادر، (٢٠١١): حصاد المياه في حوض وادي ميفعة، أطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة صنعاء، الجمهورية اليمنية.
١٠-الحفيان، عوض ابراهيم، (٢٠٠٤): الجغرافيا العامة للجمهورية اليمنية (عوامل التباين والتألف في البيئة اليمنية) سلسلة إصدارات جامعة صنعاء رقم (٨)، صنعاء.
١١-الخرباش، صلاح عبدالواسع؛ والانبعاوي، محمد، (١٩٩٦): جيولوجية اليمن، مركز عبادي للدراسات والنشر، صنعاء.
١٢-داود، تغليب جرجيس، (٢٠٠٢): علم أشكال سطح الأرض التطبيقي، الدار الجامعية للطباعة ، البصرة، العراق.
١٣-الدراجي، سعد عجيل مبارك، (٢٠١٤): اساسيات علم اشكال سطح الأرض (الجيومورفولوجي)، ط٢، مكتبة الغيداء للنشر، بغداد، العراق.
١٤-الدليمي، خلف حسين، (٢٠١٢): علم شكل الأرض التطبيقي (الجيومورفولوجيا التطبيقية)، ط ١، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان.
١٥-الرابحي، منير صالح سعد، (٢٠١٧): تقييم سد وادي زازا دراسة للعوامل الجيومورفولوجية المؤثرة في اختيار مواقع السدود، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة بنغازي ليبيا.
١٦-سلامة، حسن رمضان، (٢٠٠٤): أصول الجيومورفولوجيا، دار المسيرة، عمان، الأردن.
١٧-سليمان، محمد فؤاد عبدالعزيز، (٢٠٠٢): حوض وادي الاسيوطي دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة طناطا، القاهرة.
١٨-سنهوب، عبادي حمود، (٢٠٠٦): الموارد المائية في حوض صنعاء واستثمارتها في الري، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة صنعاء، الجمهورية اليمنية.
١٩-شرف، عبدالعزيز طريح، (٢٠٠٠): الجغرافيا المناخية والنباتية، ط١١، دار المعرفة الجامعية للنشر، القاهرة.
٢٠-العبيدي، مصطفى رشيد، (٢٠٠٦): دراسة في تلوث المياه الجوفية في حوض صنعاء، المؤتمر الدولي الثاني للموارد المائية والبيئة الجافة، جامعة الملك سعود، الرياض.
٢١-العدرة، نزية علي، (٢٠٠٧): جيومورفولوجية حوض التصريف النهري الأعلى من وادي الخليل، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة النجاح الوطنية، نابلس.
٢٢-العرومي، يحيى أحمد، (١٩٩٤): حوض وادي زبيد – دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة صنعاء، الجمهورية اليمنية.
٢٣-علاجي، آمنه بنت أحمد بن محمد، (٢٠١٠): تطبيق نظم المعلومات الجغرافية في بناء قاعدة بيانات للخصائص المورفومترية ومدلولاتها الهيدرولوجية في حوض وادي يلملم، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة أم القرى، المملكة العربية السعودية.

٢٤-علي، متولي عبدالصمد، (٢٠٠١): حوض وادي وتير- شرق سيناء دراسة جيومورفولوجية، أطروحة دكتوراه غير منشورة، جامعة القاهرة، القاهرة.
٢٥-المحسن، اسباهية يونس، (٢٠١٣): الجيومورفولوجيا أشكال سطح الأرض، ط١، العلا للطباعة والنشر، الموصل، بغداد.
٢٦-محسوب، محمد صبري، (٢٠٠١): جيومورفولوجية الأشكال الأرضية، دار الفكر العربي ، القاهرة.
٢٧-مداغش، عبدالمجيد أحمد، (٢٠٠٣): حوض عمران دراسة جيومورفولوجية، رسالة ماجستير غير منشورة، جامعة صنعاء، الجمهورية اليمنية.
٢٨-المليكي، محمد منصور،(٢٠٠٣): حوض وادي عنه في الجمهورية اليمنية دراسة أشكال سطح الأرض، رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الآداب، جامعة بغداد، العراق.
٢٩-موسى، علي حسن، (١٩٩٠): اساسيات علم المناخ، دار الفكر، دمشق، سوريا.
٣٠-نعمان، فهمي علي سعيد، (٢٠٠٠): حوض صنعاء دراسة في جغرافيا الموارد المائية، رسالة دكتوراه غير منشورة، جامعة بغداد، العراق.

قائمة المصادر والمراجع العربية باللغة الأنجليزية:

1.Abu Al-Enein, Hassan Sayed Ahmed, (1976): Origins of Geomorphology, 5th edition, Alexandria University Culture Foundation.
2. Abu Al-Enein, Hassan Sayed Ahmed, (1995): Origins of Geomorphology (the study of landforms of the Earth's surface), 11th edition, University Culture Foundation, Alexandria.
3.Abu Radi, Fathi Abdel Aziz, (2006): General Principles in Geomorphology, Dar Al-Fikr University, Alexandria.
4. Abu Rayya, Ahmed Mohamed Ahmed, (2007): The area extending between Al-Qusayr and Marsa Umm Gage - Geomorphological study, unpublished doctoral thesis, Faculty of Arts, Alexandria University.
5.Adam, Samira Hassan Ahmed, (2003): Geomorphology of the southeastern corner of Egypt (a study of the area between Wadi Hawtin and the Egyptian-Sudanese border), an unpublished master's thesis, Department of Geography, Cairo University.
6.Beheiry, Salah El-Din, (2001): Forms of the Earth's Surface, 1st edition, Dar Al-Fikr Al-Muasadir, Beirut.
7.Al-Battat, Muhammad Khader Muhammad, (2013): The geomorphological and environmental characteristics of the Wadi Al-Samen basin, Al-Dhahiriya, Abu Al-Asja and Abu Ghazlan, south of Hebron - as a case study, unpublished master's thesis, Birzeit University, Palestine.
8.Al-Jughaifi, Ahmed Hussein Farhan, (2008): Geomorphology in Al-Fahimi in the Western Plateau of Iraq, an unpublished master's thesis, Anbar University, Iraq.
9.Al-Jilani, Muhammad Abdul Qadir, (2011): Water Harvesting in the Mayfa'a Valley Basin, an unpublished doctoral thesis, Sana'a University, Republic of Yemen.
10.Al-Hafyan, Awad Ibrahim, (2004): General Geography of the Republic of Yemen (factors of contrast and harmony in the Yemeni environment), Sana'a University Publications Series No. (8), Sana'a.
11.Al-Kharbash, Salah Abdel-Wasi; Al-Anbaawi, Muhammad, (1996): The Geology of Yemen, Ebadi Center for Studies and Publishing, Sana'a.

12.Daoud, Taghleeb Zarzis, (2002): Applied Geospatial Science, University Press House, Basra, Iraq.
13.Al-Daradji, Saad Ajeel Mubarak, (2014): Basics of the Science of Earth's Surface Forms (Geomorphology), 2nd edition, Al-Ghaidaa Publishing Library, Baghdad, Iraq.
14.Al-Dulaimi, Khalaf Hussein, (2012): Applied Geomorphology (Applied Geomorphology), 1st Edition, Dar Safaa for Publishing and Distribution, Amman.
15.Al-Rabihi, Mounir Saleh Saad, (2017): Evaluation of the Wadi Zaza Dam, a study of the geomorphological factors affecting the selection of dam sites, unpublished master's thesis, University of Benghazi, Libya .
16.Salama, Hassan Ramadan, (2004): Origins of Geomorphology, Dar Al Masirah, Amman, Jordan.
17.Suleiman, Mohamed Fouad Abdelaziz, (2002): Wadi Al-Assiouty Basin Geomorphological Study, Unpublished Master's Thesis, Tanta University, Cairo.
18.Sanhoub, Abadi Hammoud, (2006): Water Resources in the Sana'a Basin and Their Investment in Irrigation, unpublished master's thesis, Sana'a University, Republic of Yemen.
19.Sharaf, Abdulaziz Tareh, (2000): Climatic and Vegetation Geography, 11th edition, Dar Al-Ma'rifa University Publishing House, Cairo.
20.Al-Obaidi, Mustafa Rashid, (2006): A study of groundwater pollution in the Sana'a Basin, the Second International Conference on Water Resources and Dry Environment, King Saud University, Riyadh.
21.Al-Adra, Nazia Ali, (2007): Geomorphology of the upper river drainage basin of the Hebron Valley, unpublished master's thesis, An-Najah National University, Nablus.
22.Al-Aroumi, Yahya Ahmed, (1994): Wadi Zabid Basin - a geomorphological study, unpublished master's thesis, Sana'a University, Republic of Yemen.
23.Ilaji, Amna bint Ahmed bin Muhammad, (2010): Application of geographic information systems in building a database of morphometric characteristics and their hydrological implications in the Wadi Yallam basin, unpublished master's thesis, Umm Al-Qura University, Kingdom of Saudi Arabia.
24.Ali, Metwally Abdel Samad, (2001): Wadi Watir Basin - East Sinai, a geomorphological study, unpublished doctoral thesis, Cairo University, Cairo.
25.Al-Mohsen, Isbahiyya Younis, (2013): Geomorphology, Earth's Surface Forms, 1st edition, Al-Ula Printing and Publishing, Mosul, Baghdad.
26.Mahsoub, Muhammad Sabry, (2001): Geomorphology of Landforms, Dar Al-Fikr Al-Arabi, Cairo.
27.Madaghesh, Abdul Majeed Ahmed, (2003): Amran Basin, a geomorphological study, unpublished master's thesis, Sana'a University, Republic of Yemen.
28.Al-Maliki, Muhammad Mansour, (2003): Wadi Anah Basin in the Republic of Yemen, Study of Earth's Surface Forms, unpublished master's thesis, College of Arts, University of Baghdad, Iraq.
29.Musa, Ali Hassan, (1990): Basics of Climatology, Dar Al-Fikr, Damascus, Syria.
30.Noman, Fahmi Ali Saeed, (2000): Sana'a Basin: A Study in the Geography of Water Resources, unpublished doctoral dissertation, University of Baghdad, Iraq.

قائمة المصادر والمراجع الأجنبية:

1 - Water and Environment Center, Sana'a University (WEC), (2004): The Sana'a Basin Study, Sana'a Basin Well Inventory Project, Final Report, Volume: I, Sana'a, Yemen.

2 - Chorley, R.J., (1969): Introduction to Fluvial Processes, Methuen & Co. Ltd., Great Britain
3 - Leopold, L. B. , and Wolman , M.G. , Miller, V. (1964) : Fluvial Process in Geomorphology , Free man , London.
4 - Raj, P. Azeez, P. (2012): Morphometric Analysis of a Tropical Medium River System: A Case From Bharathapuzha River Southern India, Open Journal of Modern Hydrology.
5 - Gregory, K.J. &,Walling, D.E., (1973): Drainage Basin: Form and process A Geomorphological Approach, Edward A mold, London.
6- Cook R. U. & Doornkamp , J.C. , (1974): Geomorphology in environmental management, Oxford, London.
7 - Scheidegger, A.E, (1970): Theoretical Geomorphology, Second Editon, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York.
8 - Onosemuode, C. & Adetimirin, O, & Aboderin , S. (2010): Hydrological analysis of onitsha north east Drainage basin using geoin- formatic techniques, *world Applied Sciences journal*, Nigeria, Effuran.
9 - Parveen, R. Kumar, U. Singh, V. (2012): Geomorphometric Characterization of Upper South Koel Basin, Jharkhand: A Remote Sensing & GIS Approach, Journal of Water Resource and Protection.
10 - Saud, M. (2009): Watershed Characterization of Wadi Aurnah, Western Arabian Peninsula, J. Water Resource and Protection.
11 - Boulton .G.,(1965), Morphomtric analysis of river basin characteristics, London.
12 - Al-Shammary, S., (2012): Morphometric Analysis of Diwearege River Basin (Iraq Iran cross border River), Messan province, Iraq, Using Remote Sensing and GIS Techniques, Wasit Journal for Science & Medicine, 5, (1).
13 - Strahler, N., (1954): Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology, Transactions, American Geophysical Union.
14 - Kirchner, W., (1993): Statistical inevitability of Horton's Laws and the apparent randomness of stream channel networks, Department of Geology and Geophysics, University of California, Berkeley, California.
15 - Abdulla, H., (2011): Morphometric parameters study for the lower part of lesser zap using GIS technique, Earth Science Department, College of Science, University of Baghdad, Iraq, 7, (20).
16 - GAFAG, Sana'a Basin Water Management Project (SBWMP) (2007): Satellite Imagery \ Data Analysis Study Along With Ground Truth and Meteorological Monitoring, Final Report, Sana'a, Republic of Yemen.