



تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي السحول شمال مدينة إب باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد

عبد السلام أحمد علي الإرياني، أفرح علي عبد الله فارح*
قسم الجغرافيا ونظم المعلومات الجغرافية، كلية الآداب، جامعة إب، اليمن

*Email: aliafrah112233@gmail.com

الكلمات المفتاحية: الملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل الخصائص الشكلية والهندسية لحوض وادي السحول باستخدام نموذج الارتفاع الرقمي بدقة مكانية 30 مترًا، وبالاعتماد على برنامج نظم المعلومات الجغرافية (ArcGis 10.8)، وقد كان مكان البحث هو حوض وادي السحول والذي يقع جنوب غرب اليمن، ضمن إقليم المرتفعات الجبلية الغربية، ويحده من الشمال مديرية وصاب في محافظة نمار، ومن الجنوب مديرية الظهار، ومن الغرب مديرتي حبيش وحزم العدين، ومن الشرق مديريات يريم والمخادر وبعدان. وتوصلت الدراسة إلى أن منطقة الحوض لا زالت في مرحلة الشباب من دورتها الجيومورفولوجية، كما أن الحوض كَوّن شبكة تصريف من الرتبة الخامسة وفقًا لتصنيف ستيرلير، وأظهرت دراسة الخصائص المورفومترية أن الحوض صُنِف من ضمن الأحواض المستطيلة الشكل، ولوحظ ميل غالبية الأحواض الفرعية للرتب كافة إلى الاستطالة، مما يعني انخفاض احتمالية حدوث فيضانات كبيرة، كما يعود ذلك إلى كبر مساحة الحوض وطبيعة التضاريس والانحدار، بالإضافة إلى نفاذية المواد السطحية والغطاء النباتي واتساع المجاري النهرية خاصة في المراتب العليا، وقد أوصت الدراسة بالاعتماد على تقنية نظم المعلومات الجغرافية في نمذجة وتحليل أحواض التصريف، لما توفره من جهدٍ وتكلفةٍ أقل في الدراسات الجيومورفولوجية التطبيقية، ولما تتيحه من تحليلٍ مكانيٍّ وثلاثي الأبعادٍ بدقةٍ وسهولةٍ.

الخصائص
التضاريسية،
مؤشر الغطاء
النباتي،
البنية
الجيولوجية،
التضاريس
النسبية،
نسبة التشعب،

تحليل الخصائص المورفومترية لحوض وادي السحول شمال مدينة إب باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد

Morphometric Features Analysis of Al-Sahol Valley (North of Ibb city) Using GIS and Remote Sensing

Abdul Salam Ahmed Ali Al-Eryani , Afrah Ali Abdullah Farea*

Department of Geography and Geographic Information Systems, Faculty of Arts, Ibb University, Yemen

*Email: aliafrah112233@gmail.com

Keywords:	Abstract:
<p>Relief Characteristics, Vegetation Index, Geological Structure, Bifurcation Ratio,</p>	<p>This study aims to analyze the formal and geometric characteristics of Wadi Al-Sahol Basin, using the digital modeling system with a spatial resolution of 30 meters, and relying on the Geographic Information Systems (GIS). The research location is Wadi Al-Sahol Basin, which is located southwest of Yemen, within the highlands region. The Western Mountain District is bordered to the north by the Wassab District in Dhamar Governorate, to the south by Al-Dhehar District, to the east by the districts of Hobeesh and Hazm Al-odin, and to the west by the districts of Yarim, Al-Makhader and Baadan. The study concluded that using spectral indices, that most of the basin is located within the dry zone, and the basin area is still in the early stage of its geomorphological cycle, and that the basin formed a fifth-order drainage network according to the Strahler classification. The study figured out that the basin was classified as within the rectangular-shaped basins, the majority of the sub-basins of all levels also tend to be elongated, which means a low probability of major floods occurring. This is due to the large area of the basin, the nature of the terrain and slope, in addition to the permeability of surface materials and vegetation, and the widening of river courses, especially in the upper levels. The study recommended to rely on geographic information systems technology in modeling and analyzing drainage basins, because they provide less effort and cost in applying geomorphological studies as well as providing accurate and easy spatial and three-dimensional analysis.</p>

المقدمة:

إن اشتقاق وتحليل شبكة التصريف السطحي للمياه من المميزات الأساسية في الدراسات المورفومترية والتي باتت تكتسب أهمية بالغة خصوصاً للأودية الموسمية؛ وذلك لارتباطها بالكثير من مجالات التنمية، سواءً تنمية الموارد المائية، أو الصناعية أو السياحية وغيرها.

حيث أصبحت هذه النماذج الرقمية من أكثر الأساليب الحديثة في دراسة التدفق المائي عبر التضاريس، واستخلاص معلوماتٍ طبوغرافيةٍ في غاية الأهمية وفي نمذجة عوامل التحكم في عمليات الأشكال الأرضية، مما يجعل لهذه الدراسات التطبيقية أهميةً بالغةً لما توفره من بياناتٍ يتم الاعتماد عليها في عملية التحليل كمعرفة الارتفاع والانحدار واتجاه تدفق المياه لأحواض التصريف النهري، كما أن نظم المعلومات الجغرافية من أهم أدوات التحليل المورفومتري لسرعتها ودقتها العالية في استخراج المتغيرات المورفومترية مثل أبعاد الحوض، عدد الروافد ورتبتها، انحدار الروافد والتكرار النهري وغيرها.

فمن خلال التحليل الكمي لتلك الخصائص يتضح مدى تأثير الشبكة النهريّة على تضاريس السطح ونشأة أشكال ترسيبية وحتية في الحوض، كما يعبر التحليل الكمي أيضاً عن مدى ارتباط وتأثر الشبكة النهريّة على كلٍ من العوامل الطبيعية داخل تلك الأحواض.

مشكلة الدراسة:

تتمثل مشكلة الدراسة في تقديم دراسة مورفومترية تحدد الخصائص التضاريسية والشكلية والمساحية لحوض وادي السحول، وتختلف هذه الدراسة عن غيرها بتتبع القرائن الكمية والرقمية رياضياً من خلال استخدام تقنية نظم المعلومات الجغرافية بديلاً عن الطرق التقليدية، وتم طرح المشكلة من خلال التساؤلات الآتية:

- ما هي أهم الخصائص المورفومترية في منطقة الدراسة (المساحية، والشكلية، والتضاريسية، وشبكة التصريف النهري؟
- كيفية توظيف نظم المعلومات الجغرافية GIS، وإمكاناتها المتميزة في معالجة نماذج الارتفاعات الرقمية؟

أهمية الدراسة

- حوض السحول يفتقر إلى هذا النوع من الدراسات، ومن هنا فإن هذه الدراسة تغطي بعداً مكانياً، وتستخدم الأساليب الإحصائية الارتباطية على جميع أحواض الدراسة الثانوية ومتغيراتها.

أهداف الدراسة

- تحديد خصائص الحوض الشكلية والمساحية والتضاريسية لتحقيق التحليل الكمي لخصائص الشبكة السطحية ومعرفة أهميتها، ورسم خرائط لها.
- بناء قاعدة بيانات رقمية لمنطقة الدراسة اعتماداً على التقنيات الحديثة متمثلة بتقنية نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد.

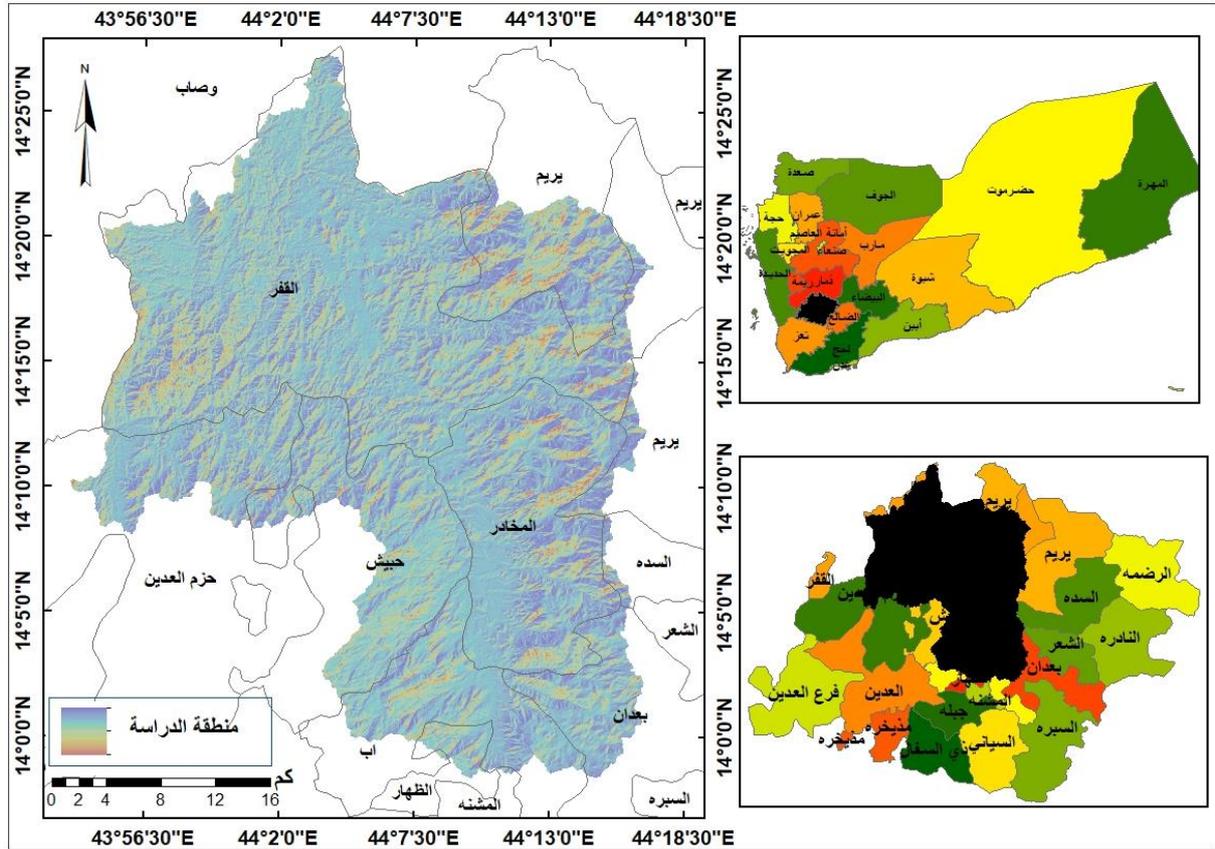
أما الامتداد الفلكي فتقع بين دائرتي عرض (13,58,21° - 14,27,18°) شمالاً وخطي طول (43,53,23° - 44,17,20°) شرقاً. (باستخدام برنامج ArcMap) ويعتبر الحوض من أكبر أحواض محافظة إب، حيث تبلغ مساحة الحوض 1301.9 كم²، ويتراوح ارتفاعه بين 855 متر - 3000 متر فوق مستوى سطح البحر، ويصب في وادي زبيد والذي يصب في البحر الأحمر.

منهجية الدراسة:

المنهج الوصفي التحليلي لوصف الخصائص الشكلية للحوض وقياس الخصائص المورفومترية رقمياً ومن ثم إنشاء قاعدة بيانات جغرافية، والمنهج الكارتوجرافي والذي تم من خلاله رسم الخرائط الرقمية.

موقع منطقة الدراسة:

تقع منطقة الدراسة - مكانياً - كما يتضح في الشكل رقم (1) جنوب غرب اليمن، ضمن إقليم المرتفعات الجبلية الغربية،



الشكل رقم (1): خريطة موقع منطقة الدراسة

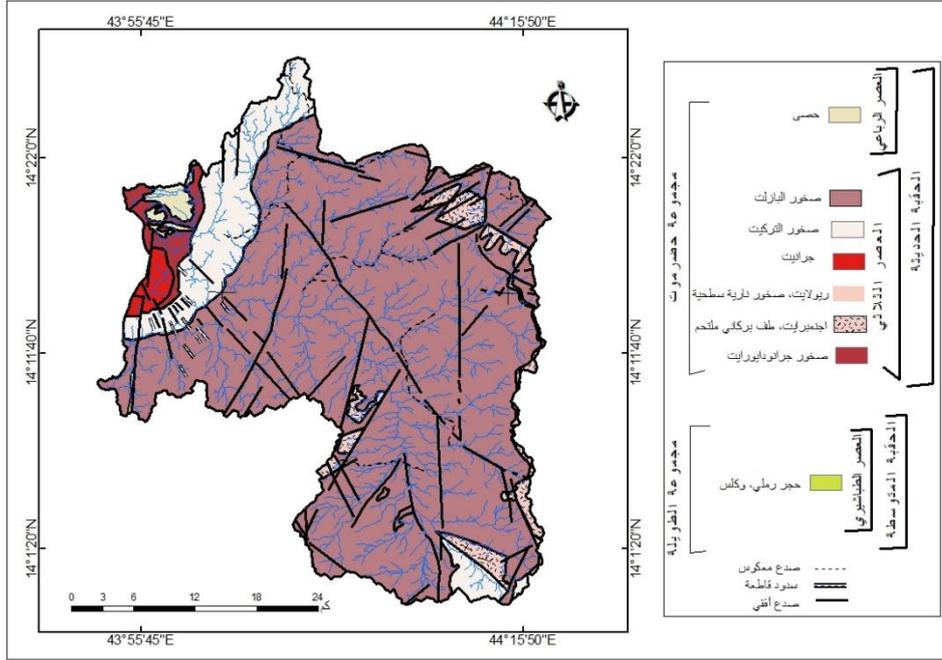
المصدر: الباحثان، باستخدام برنامج ArcMap 10.8

أولاً: الخصائص الطبيعية:

1- البنية الجيولوجية والتكتونية:

حيث يغطي الدرع العربي النوبي (-Arabian Nubian shield) مساحة كبيرة من المنطقة الغربية من شبه الجزيرة العربية تقدر بحوالي 61000 كم². (الخرباش، والانبعاي، 1996: 22).

تعد جيولوجية حوض وادي السحول جزءاً من جيولوجية اليمن التي ترتبط بالتطور الجيولوجي لشبه الجزيرة العربية وشرق أفريقيا



الشكل رقم (2): الخريطة الجيولوجية لمنطقة الدراسة

المصدر: الباحثان بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية (ذمار-تعز) (مشروع الموارد الطبيعية، وزارة النفط والثروات المعدنية).

الجدول رقم (1): النسبة التي تغطيها تكوينات العصور الجيولوجية من مساحة الحوض

نوع الصخر	العصر الجيولوجي	المساحة كم ²	النسبة %	النسبة %
حجر كلسي، ورمل	العصر الكريتاسي	1.04	0.07988	
بازلت	العصر الثلاثي	1038.9	79.7987	
جرانيت		15.9	1.22129	
صخر جرانودايورايت		30.36	2.33198	98.64506
تركيت		145.5	11.176	
اجنمبرايت، طف بركاني ملتحم		53.6	4.11706	
حصى	العصر الرباعي	16.6	1.27506	
المجموع		1301.9	100	

المصدر: الباحثان بالاعتماد على الخريطة الجيولوجية و برنامج Arc gis 10.8

يتضح من الجدول رقم (1) والشكل رقم (2) أن:

- بناءً على العمر الجيولوجي للصخور المنكشفة في منطقة الدراسة فقد تم تقسيم تكويناتها الجيولوجية من الأقدم إلى الأحدث على النحو الآتي:

1- تكوينات العصر الكريتاسي (Cretaceous): وتغطي التكوينات التابعة لهذا العصر جزءاً ضئيلاً جداً من غرب منطقة الدراسة وتقتصر على مجموعة الطويلة (Tawilah Group)، وتشكل ما نسبته 0.08 % من مساحة الحوض، وتشمل التكوينات الحجر الرملي، والكلس (sandstones with calcareous).

2- صخور العصر الثلاثي (Tertiary Rocks): تشمل معظمها على صخور البازلت بنسبة 79.8 % (Basalt) والتركيبت (Trachut) بنسبة 11.2 % والجرانيت (Granite) بنسبة 1.2 % و الإجنمبرايت بنسبة 4 % والجرانودايورايت بنسبة 2.2 %، أي أن تكوينات العصر الثلاثي تغطي منطقة الدراسة بنسبة 98.6 % من مساحة الحوض الكلية، والغالب عليها هي صخور البازلت، وتتسم صخور البازلت بالصلابة وقلة النفاذية لمياه الأمطار، أي أنها سريعة الاستجابة لتوليد الجريان

3- صخور العصر الرباعي: وتتمثل في الحصى ما نسبته 1.2 % من مساحة منطقة

الدراسة

2- المناخ:

ليس من شك في أن المناخ من أهم العوامل الطبيعية التي تتدخل بشكل مباشر وغير مباشر في تشكيل سطح الأرض وما عليها من مظاهر متباينة، سواءً تضاريس القشرة الأرضية وتكوينها، أو ما يتصل بحياة النبات والحيوان والإنسان.

وقد تطرقت الدراسة إلى العناصر المناخية الآتية:

درجة الحرارة:

يعد عنصر الحرارة من أهم العناصر المؤثرة في القيمة الفعلية للتساقط، نظراً لما تقوم به درجات الحرارة العالية كما في عملية التبخر للأمطار الساقطة والتقليل من فعاليتها.

ولدرجة الحرارة تأثير كبير في أشكال سطح الأرض من خلال دورها في عمليات التجوية الفيزيائية والكيميائية والتحاتية، فالصخور تتمدد نتيجة الحرارة خلال النهار وتكسح أثناء الليل مما يؤدي إلى تكسرها وتفتتها.

(أبو حصيرة، 2013، 28)، وقد تم افتراض عدد من المحطات وتحميل بياناتها المناخية عن طريق موقع: www.larc.nasa.gov/power

جدول (2): المتوسطات السنوية لدرجة الحرارة للأعوام (1981 الى 2021)

المحطة/	الشهر	يناير	فبراير	مارس	ابريل	مايو	يونيو	يوليو	أغسطس	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر	المعدل السنوي
سمارة	الحرارة العظمى	19.1	20	21.8	24	27	30	30	30.1	28	25.5	22.6	20.6	30.4
	الحرارة الصغرى	5.6	7.1	8.8	11	15	16	18	18.3	16	11.3	8.3	6.5	18.8
	المتوسط	12.4	13	15.3	17	21	23	24	24.2	22	18.4	15.5	13.6	18.3
	المدى	13.5	13	13	12	13	14	12	11.8	12	14.2	14.3	14.1	13
رحاب	الحرارة العظمى	27.1	29	29.9	31	33	34	33	32.8	32	29.6	27.7	26.7	30.4
	الحرارة الصغرى	5.2	6.8	8.6	10	13	15	16	15.3	12	8.3	6.2	5.1	10.2
	المتوسط	16.1	18	19.3	21	23	24	25	24.1	22	18.9	17	15.9	20.3
	المدى	21.9	22	21.3	21	20	18	17	17.5	20	21.3	21.7	21.6	20.2
الحوج القبلي	الحرارة العظمى	27.1	29	29.9	31	33	34	33	32.8	32	29.6	27.9	26.7	30.4
	الحرارة الصغرى	5.2	6.8	8.6	10	13	15	16	15.3	12	8.3	6.2	5.1	10.2
	المتوسط	16.2	18	19.3	21	23	24	25	24.1	22	19	17.1	15.9	20.3
	المدى	21.9	22	21.3	21	20	18	17	17.6	20	21.3	21.7	21.6	20.2
الاهمول	الحرارة العظمى	33.4	36	38.2	39	39	39	37	36	37	36	34.2	32.9	36.5
	الحرارة الصغرى	14.2	16	17.6	19	21	23	22	21.3	21	17	15.2	14.2	18.4
	المتوسط	23.8	26	27.8	29	30	31	29	28.6	29	26.5	24.7	23.5	27.5
	المدى	19.1	20	20.7	20	18	16	15	14.7	16	19	18.9	18.8	18.1
حمير	الحرارة العظمى	19.1	20	21.8	24	27	30	30	30.1	28	25.5	22.6	20.6	30.4
	الحرارة الصغرى	5.6	7.1	8.8	11	15	16	18	18.3	16	11.3	8.3	6.5	18.8
	المتوسط	12.4	13	15.3	17	21	23	24	24.2	22	18.4	15.5	13.6	18.3
	المدى	13.5	13	13	12	13	14	12	11.8	12	14.2	14.3	14.1	13
النتائج	المتوسط	16.1	18	19.3	21	23	24	25	24.1	22	18.9	17	15.9	20.3
	المدى	21.9	22	21.3	21	20	18	17	17.5	20	21.3	21.7	21.6	20.2
	الحرارة الصغرى	5.2	6.8	8.6	10	13	15	16	15.3	12	8.3	6.2	5.1	10.2
	الحرارة العظمى	27.1	29	29.9	31	33	34	33	32.8	32	29.6	27.7	26.7	30.4
معدل القياس لجميع المحطات	معدل الحرارة العظمى	25.2	26	28.3	30	32	33	33	32.4	32	29.2	27	25.5	31.6
معدل الحرارة الصغرى	7.1	8.7	10.5	13	15	17	17	17.7	15	11.2	8.8	7.5	15.3	
معدل المتوسط	16.2	18	19.4	21	24	25	25	25	24	23	20.2	18	16.5	
معدل المدى	21	18	17.9	17	17	16	15	14.7	16	18	18.2	18	16.9	

المصدر: الأعوام من (1981-1990) بالاعتماد على بيانات الهيئة العامة للطيران والإرصاد الجوية، إدارة المناخ، صنعاء، بيانات غير منشورة (محطات سمارة ورحاب) بقية المحطات الافتراضية للأعوام من (1990-2021) بالاعتماد على بيانات المناخ من الموقع

www.power.Irac.nasa.org

- ويتضح من الجدول (2) أن:
- أما معدلات درجات الحرارة الصغرى والعتمة فإن شهر يونيو سجل أعلى درجة حرارة عظمى وبمعدل (33.1) درجة مئوية وسجل شهر يناير أدنى معدل في درجات الحرارة الصغرى وبلغت حوالي (7.1) درجة مئوية.
 - سجل أعلى مدى حراري في شهر يناير بمعدل (21) درجة مئوية، بينما سجل أدنى مدى حراري في شهر أغسطس وبمعدل (14.7) درجة مئوية
 - المتوسط السنوي لدرجة الحرارة لمنطقة الدراسة خلال الأعوام (1980-2021) بلغت حوالي (20.9) درجة مئوية
 - يتبين أن شهر يوليو هو من أشد شهور السنة حرارة وبمعدل (25.4) درجة مئوية، كما أن شهر يناير يتميز بانخفاض درجات الحرارة وبمعدل (16.2) درجة مئوية.

- يلاحظ أن هناك تفاوت في درجات الحرارة من فصل إلى آخر وبين درجات الحرارة العظمى والصغرى مما يكون له دور في تنشيط التجوية الفيزيائية من تقطيت للصخور وتحطيمها.

الأمطار:

يؤدي هطول الأمطار دورا حيويا في تنمية وتوزيع الحياة النباتية، ولكن تباين وتطرف هطول الأمطار يمكن أن يؤدي إلى تآكل التربة وتدهورها، إن هطول الأمطار ودرجة الحرارة هما العاملان الرئيسان في تحديد مناخ العالم ومن ثم توزيع أنواع الغطاء النباتي. (Arraiza and another, 2014,26)، وتؤثر الأمطار كذلك في تشكيل الظواهرات الجيومورفولوجية حيث تؤدي إلى عمليات التجوية والتفكك الصخري وعمليات التعرية. (سعيد، 2015، 49).

جدول(3): المتوسط السنوي لكمية الأمطار للأعوام

(2021-1981)

الأشهر	الكمية	المعدل
يناير	360.6	8.8
فبراير	292.1	7.16
مارس	354.3	8.64
أبريل	840.3	20.52
مايو	890.8	21.74
يونيو	519.6	12.7
يوليو	1325.5	32.3
أغسطس	1858.6	45.32
سبتمبر	1412.2	34.42
أكتوبر	800.9	19.54
نوفمبر	212	5.16
ديسمبر	303.1	7.38
الإجمالي	9170	223.66

المصدر: الهيئة العامة للطيران وبيانات وكالة ناسا المناخية.

يتضح من الجدول(3) أن:

- مجموع معدل كمية الأمطار السنوية لجميع المحطات في الفترة(1981-2021) بلغ 9170 ملم.

- تشكل الأمطار في فصل الصيف)

يونيو- يوليو- أغسطس) نسبة 40% من مجموع كمية الأمطار السنوية

- تليها فترة الامطار الخريفية (سبتمبر-

أكتوبر- نوفمبر) والربيعية(مارس- ابريل- مايو) بنسبة(29% و23%) على التوالي من إجمالي الأمطار السنوية.

- أكثر الشهور غزارة في التساقط المطري

هو شهر (أغسطس) حيث بلغ معدل التساقط

المطري(45.3)، يليه شهري(سبتمبر ويوليو)

وبمعدل(34.4 و 32.3) على التوالي، حيث

تتعرض المنطقة للمنخفضات الجوية.

التربة:

بالنسبة لمنطقة الدراسة فقد اعتمدت الباحثة

خريطة ترب العالم المعتمدة من قبل منظمة الغذاء

العالمية (الفاو FAO) والمعتمدة في المؤتمر

الدولي التاسع لعلماء الأراضي عام 1968، تم

تعديلها عام 1969 و1970م، وبالاعتماد على

برنامج Arc map تم استيراد خريطة العالم للتربة

حسب تصنيف الفاو ثم اقتطاع اليمن ومن ثم

اقتطاع منطقة الدراسة (حوض السحول)، واتضح

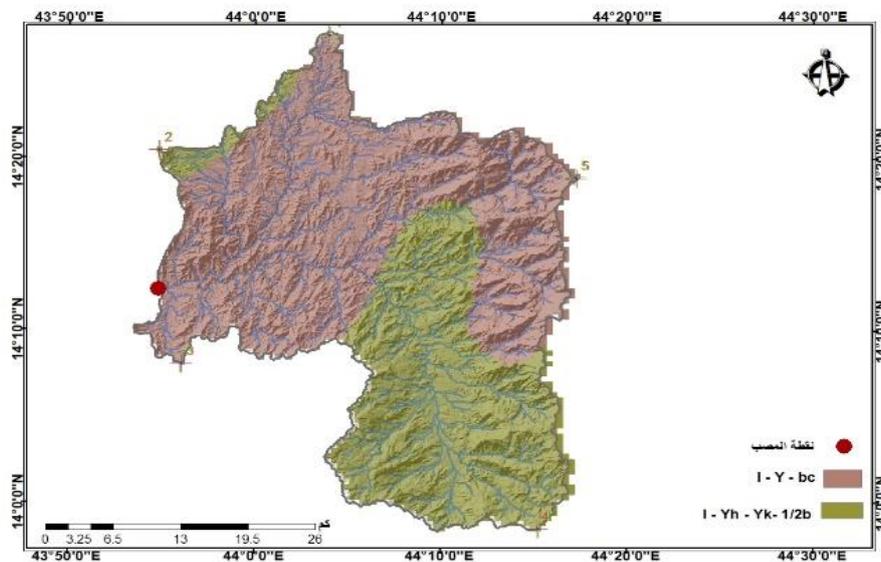
بأن منطقة الدراسة تحوي تربة (Lithosols) وهي

مجموعة ترب عظيمة في النظام التصنيفي للتربة،

وهي عبارة عن ترب نطاقية تميزت بعمق ضحل

ما يعرف ب (Loamy) (وتعرف تربة اللومي (التربة الطفالية) بأنها: أفضل الترب على الإطلاق، حيث تتكون من خليط من التربة الطينية (clay soil) والتربة الرملية (sandy soil) ويقصد بنسيج التربة التوزيع النسبي لمجاميع أحجام مفضولات التربة (الرمل، الغرين، الطين) والتي لا يتعدى قطرها (2مم)، كما أن نسيج التربة يؤثر في العمليات الجيومورفولوجية والهيدرولوجية لأن خشونة التربة تؤدي إلى تخلخل الهواء فيها ومن ثم جفافها مما يؤدي إلى تنشيط التعرية الريحية. (العاني، 1980، 59)

حتى الطبقة الصخرية، وأيضا بواسطة تجوية حديثة غير تامة، وعادة تكون على منحدرات شديدة الانحدار، وتعرف أيضا ب (Mountain Soil: التربة الجبلية) او (Skeletal Soil: التربة الهيكلية)، وتكونت بعملية التجوية الفيزيائية (المكانيكية) في منطقة جبلية أو كثيرة الجبال. كما أن قوام (نسيج) هذه التربة (Soil texture) يرمز إليها بالرمزين الموضحين في الجدول 4 والشكل 3) وتم تحميل ملف (MWSWAT) ومنه تم فتح قاعدة البيانات (SWAT2012) وتبين أن من أقسام قوام التربة



الشكل رقم (3): خارطة التربة في منطقة الدراسة
المصدر: الباحثان بالاعتماد على خريطة منظمة الفاو

جدول رقم (4): النسبة المئوية (%) للرمل والطين والغرين في منطقة الدراسة

النسبة %	المساحة/كم ²	الغرين %silt	الطين %clay	الرمل %sandy	نسيج التربة	تصنيف التربة
38.4285	500.3	39	23	38	Loam	I-Y-bc
61.571549	801.6	31	20	48	Loam	I-Yh-Yk-1/2b

المصدر: من عمل الباحثين بالاعتماد على الخريطة العالمية للتربة المعتمدة من الفاو وحساب المساحات باستخدام برنامج ARC map

الصخري الكيميائي والعضوي نشط، وكذلك الغطاء النباتي له دور واضح في تكوين الترب.

4- مؤشرات التغطية النباتية:

يعتمد مؤشر الغطاء النباتي على قيم الامتصاص والانعكاس الطيفي للمستشعرات في الأقمار الصناعية، والعلاقة العكسية بين الأشعة الحمراء والأشعة تحت الحمراء القريبة، ويمتص النبات الأطوال الموجية التي تقع بين (0.450-0.650) ميكرون، أي في نطاق الأشعة الزرقاء (Blue) والحمراء (Red) وتعرف هذه المنطقة ذات الانعكاسية المنخفضة ب(حزمي امتصاص اليخضور chlorophyll absorption band ولذلك تظهر النبتة باللون الأخضر.

و يتميز الغطاء النباتي السليم(الصحي) بانخفاض نسبة الانعكاس الطيفي في مجال الضوء الأحمر لاستخدامه في عملية التمثيل الضوئي، بينما النباتات المصابة أو المتبسة أوراقها يزداد فيها انعكاسات الأطوال الموجية للأشعة الحمراء (وقت النقاط المرئية الفضائية). (الداغستاني، 139، 1999).

و تم في هذه الدراسة استخدام المرئية الفضائية للقمر الصناعي Landsat7 ويمتلك القمر لاندسات 7 المستشعر Enhanced Thematic Mapper plus(ETM+).

يتضح من الجدول (3) بأنه توجد في منطقة الدراسة نوعان من التربة:

1- التربة الغرينية المختلطة بنسبة كبيرة من الرمل: وهي تربة منتشرة في منطقة الدراسة ذات قوام لومي (I-Y- bc) وتنتشر في الجزء الشمالي وتمتد من الجزء الشمالي الشرقي إلى الشرق ومن الجزء الشمالي الغربي إلى الغرب من الحوض بمساحة تقدر ب (500.23) كم² من إجمالي مساحة الحوض وبنسبة 38.4 %، وتكون هذه التربة عبارة عن خليط من الرمل بنسبة (38%) ومن الطين بنسبة (23%) والغرين بنسبة (39%).

2- التربة الرملية والمختلطة بالغرين: بقية أجزاء الحوض تغطيها تربة أيضًا ذات نسيج لومي بمساحة تقدر ب (801.47) كم²، وبنسبة (61.6%)

وتكون نسبة الرمل فيها (48%) ونسبة الطين (20%)، أما الغرين فكانت نسبته حوالي (31%).

يعود هذا التباين في نسب مفصولات التربة (الرمل، الطين، الغرين) إلى طبيعة التكوينات الجيولوجية للمنطقة والتي غالبًا ما تتكون من الصخور البركانية الثلاثية، كما أن التفتت

جدول رقم (4): بيانات الصور الفضائية المستخدمة

تاريخ الالتقاط	الدقة المكانية	القنوات	نوع المستشعر	القمر الصناعي
2000-10-1	m 30*30	4,3	ETM+	Landsat7

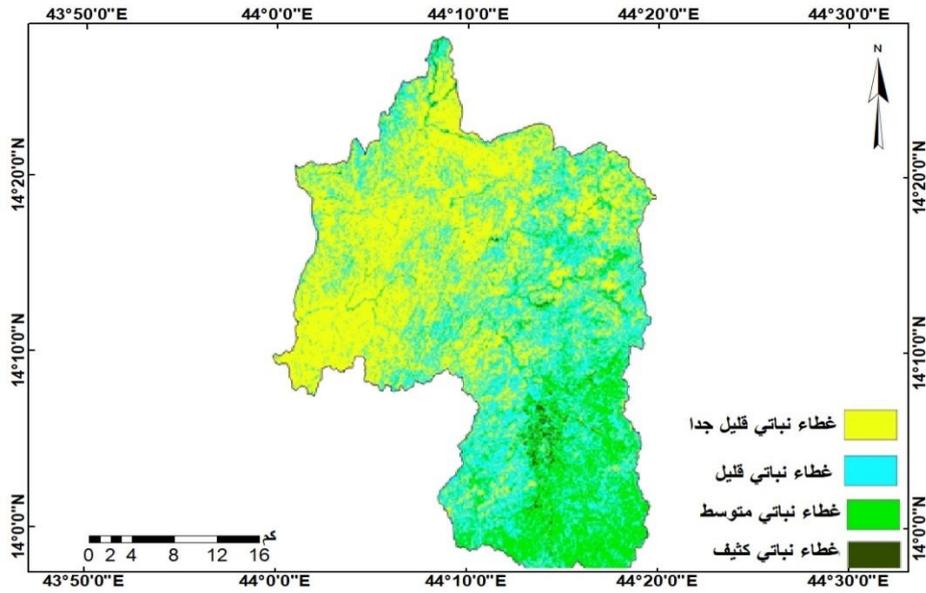
المصدر: موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS)

غطاء نباتي كثيف بينما إذا اقتربت النتائج من (-1) دل ذلك على وجود غطاء نباتي غير كثيف ومبعثر، ويعتمد حساب هذا المؤشر على الأشعة الحمراء والأشعة تحت الحمراء القريبة حسب المعادلة الآتية:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

معادلات حساب مؤشرات الغطاء النباتي: دليل الفرق الطبيعي للغطاء النباتي أو ما يعرف بمؤشر الاختلاف النباتي المغاير NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

وتتراوح قيم هذا المؤشر بين (+1، -1) وتشير القيم التي تقترب من (+1) إلى وجود



الشكل رقم (4): خريطة تصنيف الغطاء النباتي لمنطقة الدراسة باستخدام المؤشر NDVI
المصدر: الباحثان باستخدام برنامج Arc map 10.8

الجدول رقم (5): مساحة ونسبة فئات التصنيف للغطاء النباتي باستخدام المؤشر NDVI

النسبة %	المساحة كم ²	الفئة
46.2247484	601.8	غطاء نباتي قليل جداً
34.9873262	455.5	غطاء نباتي قليل
18.1427145	236.2	غطاء متوسط
0.64521085	8.4	غطاء نباتي كثيف
100	1301.9	المجموع

المصدر: الباحثان باستخدام برنامج Arc map 10.8

تحتويه من رطوبة، وأهم عناصر المناخ المؤثرة هي درجة الحرارة والأمطار

• التربة كذلك من أهم العوامل المؤثرة في توزيع النباتات الطبيعية في منطقة الدراسة، وتشكل بطون الأودية مواطن جيدة لنباتات مثل الأثل وكثير من أشجار الأكاسيا لتوفر الرطوبة في التربة

• تعتبر التضاريس أيضًا عاملاً مهماً في التوزيع الجغرافي للنبات الطبيعي في منطقة الدراسة، إذ إن توزيع الأمطار وكمية الأمطار تتأثر بتضاريس المنطقة، والمناطق ما بين 1800-2400 تزداد فيها كثافة الغطاء النباتي

• للعامل البشري الأثر الأكبر من خلال الرعي الجائر وقطع الأشجار والشجيرات مما يعرض التربة إلى أن تفقد عناصرها العضوية المهمة لنمو النباتات مما أدى على المدى البعيد إلى تغير النبات الطبيعي بشكل سلبي واختفاء مساحات شاسعة من النباتات.

ثانياً: الخصائص المورفومترية:

وقد أجري التحليل المورفومتري لحوض وادي السحول، بمساعدة تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية ومن أبرز هذه الخصائص ما يأتي:

أولاً: الخصائص المساحية لحوض وادي

السحول: Area Morphometric

تعرف أيضاً بخصائص هندسة الحوض (Basin Geometry)، كمساحة الحوض، وأبعاد

يتضح من الجدول (5) والشكل (4) أن:

الفئات حسب تصنيف المؤشر NDVI بلغ أربع فئات في منطقة الدراسة وهي على النحو الآتي:

1- غطاء نباتي قليل جداً: تتميز هذه المناطق بانعدام أو شبه انعدام للغطاء النباتي فيها، حيث بلغت مساحتها حوالي 601.8 كم²، بنسبة 46.22 %، وتوزعت هذه المساحة في المناطق الشمالية والشمالية الشرقية من الحوض، كما تتوزع بدرجة أقل في المناطق الشمالية الغربية والجنوبية الغربية.

2- غطاء نباتي قليل: توزع في المناطق الوسطى للحوض وامتد باتجاه الجنوب والجنوب الغربي، كما امتد بشكل متفرق إلى الشمال والشمال الشرقي من الحوض، وذلك بمساحة تقدر ب 455.5 كم² وبنسبة 34.5% من إجمالي مساحة الحوض.

3- غطاء نباتي متوسط: بلغت مساحة هذا الغطاء حوالي 236.9 كم² وبنسبة 18.8 % وتوزع في المناطق الجنوبية والجنوبية الشرقية والوسط.

4- غطاء نباتي كثيف: بلغت مساحة هذا الغطاء حوالي 8.4 كم²، وبنسبة 0.64% من إجمالي مساحة الحوض، وتوزعت هذه الفئة في المناطق الوسطى للحوض ممتدة قليلاً باتجاه الجنوب.

• المناخ يلعب دوراً أساسياً في تحديد تصنيف النبات لما له من تأثير على التربة وما

للحوض، فالتكوين الصخري والحركات التكتونية لهما دور مهم في تحديد مساحة الأحواض. (جاري، وعبد الحسين، 2003، 338)

وباستخدام برنامج ArcMap10.8 تم حساب إجمالي مساحة حوض وادي السحول باستخدام الأداة Calculator geometry، وبلغت حوالي (1301,9) كم²، وتعتبر هذه المساحة كبيرة، وعليه يندرج الحوض ضمن الأحواض الكبيرة المساحة حسب تصنيف (Talbot) (درويش، 2018: 103) مما يؤدي إلى قلة التصريف المائي في الحوض، ومن ثم زيادة معدلات التبخر والتسرب مقارنة بالأحواض الصغيرة.

وبعد اشتقاق الأحواض الفرعية باستخدام برنامج ArcGIS 10.8، والذي نتج عنه حوالي (260 حوضًا) تتباين في مساحتها، وتم تصنيفها باستخدام ال Symbologe، مما نتج عنه حوالي 20 حوضًا ثانويًا، وقد تم تسمية هذه الأحواض الفرعية الناتجة إما باسم أشهر الأودية التي تمر في الحوض كما في حوض وادي الجنات، أو باسم القرية أو العزلة الأكثر شهرة في المنطقة.

الحوض المتعلقة بطول الحوض والعرض والمحيط.

1-مساحة الحوض: Drainage Basin Area

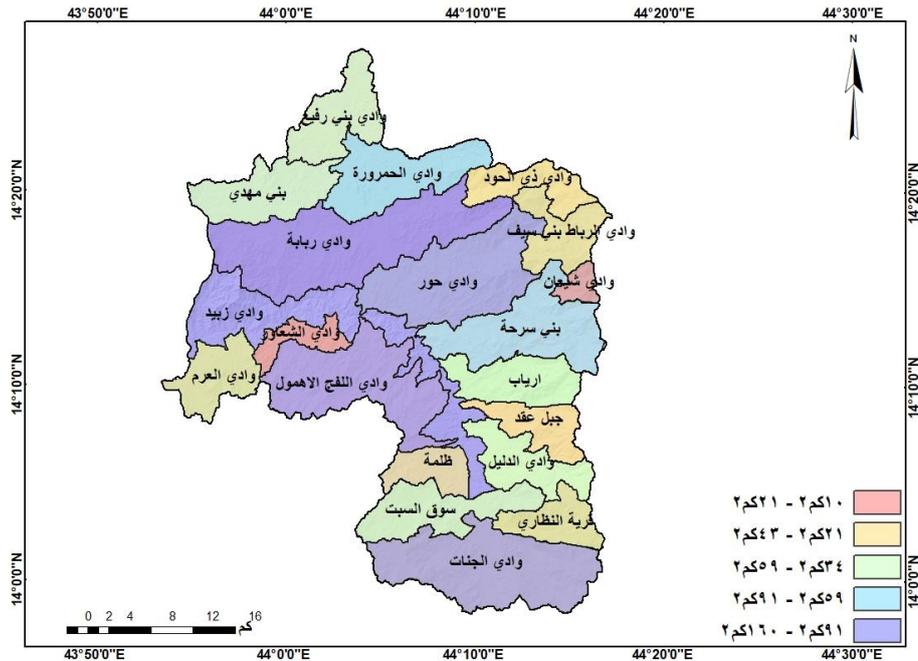
وهي المنطقة المحصورة ضمن خط تقسيم المياه، وتعد مساحة الحوض من الخصائص المورفومترية المهمة والتي تؤثر على حجم التصريف، فكلما زادت المساحة لحوض التصريف زادت كمية الأمطار التي تستقبلها وعليه تزداد حمولة الوادي (الحشماوي وآخرين، 2020، 699)، فالعلاقة طردية بين المساحة وحجم التصريف، كما أن العلاقة طردية بين مساحة الحوض والجريان المائي والنتاج الرسوبي، فعندما تزداد مساحة الحوض يتزايد استقبال الأمطار ويتزايد الفائض المائي، بينما مساحة الحوض الصغيرة تؤدي إلى تكوين جريان مائي سريع في كل المجاري بسبب أن العاصفة المطرية تمكنت من تغطية المساحة الصغيرة للحوض مما يؤدي إلى زيادة كميات التصريف المائي. ويرتبط تطور مساحة الحوض بالعوامل البنائية والمناخية

جدول رقم (6): الخصائص المساحية للأحواض الفرعية في حوض السحول

م	الحوض	المساحة (كم ²)	طول الحوض (كم)	عرض الحوض (كم)	محيط الحوض (كم)
1	وادي الجنات	126	22.5	5.6	69
2	قرية النظاري	34	10.5	3.2	32
3	جبل عُقد	36	12.7	2.8	40
4	ظلمة	28	8.5	3.2	29
5	سوق السبت	59	18.3	3.2	55
6	ارياب	50	13.7	3.6	41
7	بني سرحة	91	17.6	5.1	66

م	الحوض	المساحة (كم ²)	طول الحوض (كم)	عرض الحوض (كم)	محيط الحوض (كم)
8	وادي شيعان	10.6	5	2	17
9	وادي الرباط بني سيف	41	9.7	4.2	42
10	وادي حور*	112	19.7	5.6	65
11	ذي الحود	36	13	2.7	39
12	وادي الحمرورة	72	16.4	4.3	55
13	وادي بني رفيع*	54	13	4	45
14	بني مهدي	59	15	3.9	47
15	وادي ربابية*	160	28.9	5.5	90
16	وادي زبيد*	115	35	3.2	157.5
17	وادي اللفج*	109	19	5.7	85
18	الشعاور	21	9.3	2.2	34
19	العرم	43	9.3	4.6	37
20	الدليل	45.3	14	3.2	49

المصدر: الباحثان، باستخدام برنامج ArcGIS 10.8



الشكل رقم (5): الأحواض الفرعية لحوض وادي السحول

المصدر: الباحثان، باستخدام برنامج ArcMap10.8

في جنوب وجنوب غرب وشرق ووسط وغرب منطقة الدراسة.

أما أحواض الفئة الرابعة الواقعة بين (22.5 كم - 35 كم) حوضان، وادي ربابة، ووادي زبيد، بنسبة 10% من إجمالي عدد الأحواض الفرعية، ومساحة بلغت (275 كم²)، ونسبة 21.1% من إجمالي مساحة الحوض، حيث امتد حوض وادي ربابة من شمال شرق منطقة الدراسة باتجاه الغرب، كما امتد وادي زبيد وسط الحوض باتجاه الغرب (نقطة المصب).

3- عرض الحوض Length Basin :

يعد عرض الحوض من المتغيرات المهمة كذلك والتي تساعد في تحديد شكل الحوض من خلال العلاقة النسبية بين مساحة الحوض وطوله (الدراجي، 93، 2019:) والمتمثلة بالمعادلة الآتية:

$$W=A \div L$$

حيث

A: مساحة الحوض،

L: طول الحوض،

W: عرض الحوض

ويتأثر عرض الحوض المائي بزيادة أطوال المجاري المغذية للمجرى الرئيس، فيتزايد امتداد عرض الحوض بالمناطق التي يتزايد فيها أطوال المجاري على ضفتي الوادي الرئيس، كما أن عرض الحوض يرتبط بنوع التكوينات الصخرية اللينة التي تساعد على امتداد أطوال المجاري المائية بسهولة على السفوح.

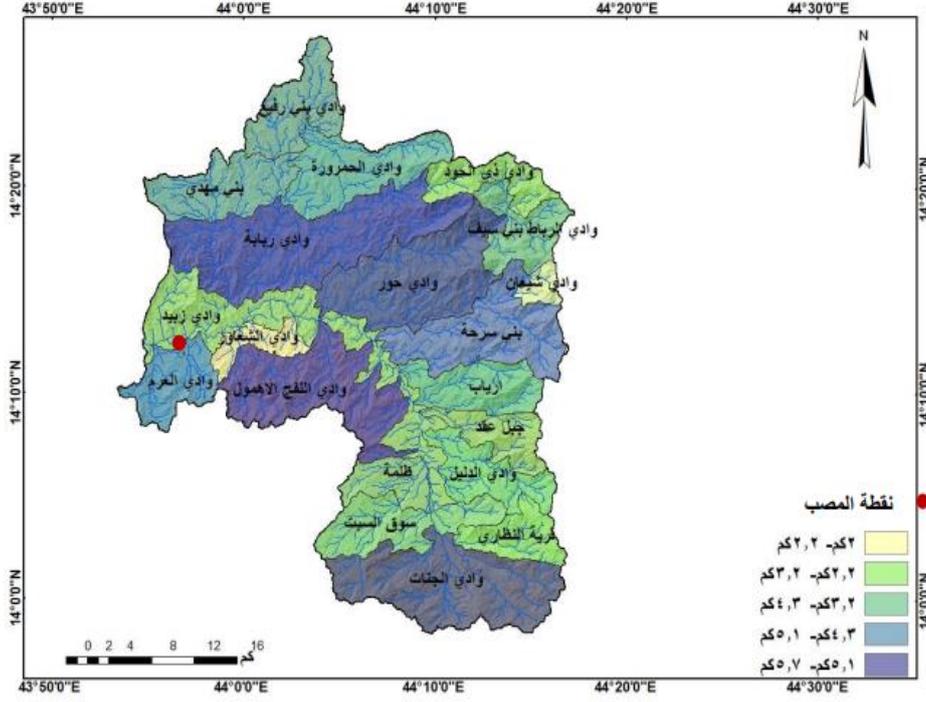
يتضح من خلال الشكل (6) وباستخدام برنامج ArcMap10.8 أن - :أدنى طول بلغ نحو (5) كم لحوض سوق السبت. وإلى طول بلغ (35 كم) لحوض وادي زبيد.

إذ بلغ عدد أحواض الفئة الأولى (5 كم - 10.5 كم) ستة أحواض وهي قرية النظاري، ظلمة، وادي شيعان، وادي الرباط بني سيف، وادي الشعاور، وادي العرم بنسبة 30% من إجمالي عدد الأحواض الفرعية، ومساحة بلغت (177.6 كم²)، ونسبة 13.6% من إجمالي مساحة الحوض، وتوزعت هذه الأحواض شرق وجنوب شرق وجنوب غرب وشمال غرب منطقة الدراسة.

أما عدد أحواض الفئة الثانية (10.5 كم - 16.4 كم) سبعة أحواض وتقع في جبل عقده، أرياب، وادي ذي الحود، وادي بني رفيع، وادي بني مهدي، وادي الدليل، وادي الحمرورة، بنسبة 35% من إجمالي عدد الأحواض الفرعية، ومساحة بلغت (352.5 كم²) ونسبة 27% من إجمالي مساحة الحوض، توزعت هذه الأحواض شمال وشرق وشمال شرق وجنوب شرق منطقة الحوض.

وعدد أحواض الفئة الثالثة (16.4 كم - 22.5 كم) خمسة أحواض وادي الجنات، وادي سوق السبت، بني سرحة، وادي حور، وادي اللفج الأهمول (بنسبة 25% من إجمالي عدد الأحواض الفرعية، ومساحة بلغت (496.8442 كم²) ونسبة 38.1% من إجمالي مساحة الحوض، وتوزعت

وقد بلغ عرض الحوض حوالي (23.8 كم)، وهو تقريباً نصف طول الحوض، كما أن نسبة طول الحوض إلى عرضه بلغت حوالي (2.2 كم) أي ضعفي عرض الحوض، مما يدل على أن الحوض يتلقى كمية كبيرة من الأمطار.



الشكل رقم (7): فئات العرض للأحواض الفرعية في حوض السحول

المصدر: الباحثان بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي بدقة 30متراً، وباستخدام برنامج ArcMap10.8

الأحواض في الأجزاء الشرقية الغربية من الحوض.

2- أعداد الأحواض الفئة الثانية (2.2 كم - 3.2 كم) سبعة أحواض قرية النظاري، جبل عقده، ظلمة، سوق السبت، ذي الحود، زيد، الدليل، بنسبة 35% من إجمالي عدد الأحواض الفرعية، بمساحة بلغت (385.2 كم²) وبنسبة 29.5% من إجمالي مساحة الحوض، وتوزع هذه الأحواض غرب (نقطة المصب) والجنوب الغربي والجنوب الشرقي والشمال الشرقي.

-بلغ أصغر عرض (2 كم) لحوض شيعان، يليه حوض الشعاور بعرض بلغ (2.2 كم). بلغ أكبر عرض حوالي (5.7 كم) لحوض وادي اللفج، يليه حوض وادي حور بعرض بلغ (5.6 كم) وتبين من الشكل (7) فئات عرض الأحواض الفرعية بأنها صنف إلى خمس فئات وهي:

1- عدد الأحواض في الفئة الأولى (من 2 كم - 2.2 كم) وهما حوضان شيعان، الشعاور، بنسبة 10% من إجمالي عدد الأحواض الفرعية، وبمساحة بلغت حوالي (31.7 كم²) وبنسبة 2.4% من إجمالي مساحة الحوض، وتقع هذه

إجمالي عدد الأحواض الفرعية، وبلغت مساحتها (474.9 كم²)، وبنسبة 36.4% من إجمالي مساحة الحوض، وتوزعت في الجنوب والجنوب الغربي والوسط.

4- محيط الحوض perimeter Basin :

هو خط وهمي يفصل بين حوض وآخر ويمر عبر النقاط الأكثر ارتفاعاً في المنطقة التي تحيط بمساحة محددة، (الحشماوي، 2020، 699)، وإذا ازداد طول المحيط الحوضي ازداد انتشار الحوض واتساعه. (الارياي، 2000، 85). يتم حساب محيط الحوض آلياً وباستخدام برنامج ArcMap10.8 والأداة geometry Calculator، وكانت النتيجة هي أن محيط حوض السحول بلغ (230,6 كم).

3- أعداد الأحواض في الفئة الثالثة (3.2 كم - 4.3 كم) خمسة أحواض في أرياب، الرباط بني سيف، الحمروزة، بني رفيع، بني مهدي، بنسبة 25% من إجمالي عدد الأحواض الفرعية، وبلغت مساحتها (276 كم²)، وبنسبة 21.2% من إجمالي مساحة الحوض، وتوزعت هذه الأحواض في الشرق الشمال الشرقي والشمال والغربي.

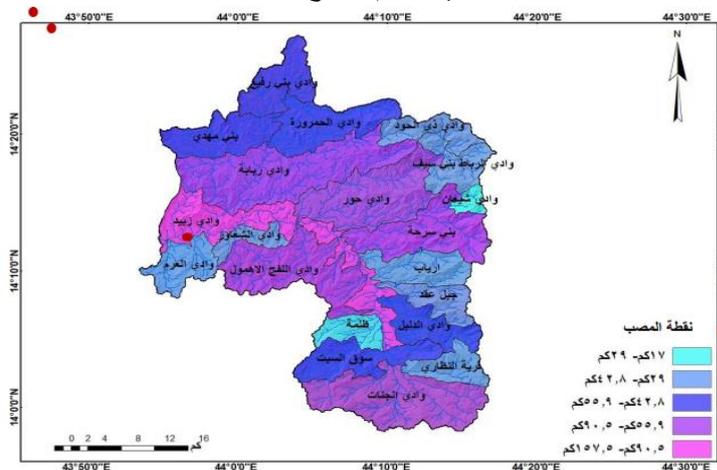
4- أعداد أحواض الفئة الرابعة (4.3 كم - 5.1 كم) حوضان العرم، بني سرحة، وبنسبة 10% من إجمالي عدد الأحواض الفرعية، وبلغت المساحة (134 كم²)، بنسبة 10.2% من إجمالي مساحة الحوض، ويقع شرق وغرب الحوض.

5- أعداد أحواض الفئة الخامسة (5.1 كم - 5.7 كم) أربعة أحواض وادي الجنات، وادي حور، وادي ربابة، وادي اللفج، بنسبة، 20% من

الجدول رقم (7): مساحة وطول وعرض ومحيط وادي السحول

المساحة (كم ²)	الطول (كم)	العرض (كم)	المحيط (كم)
1301.9	54.6	23.8	230.6

المصدر: الباحثان وباستخدام برنامج ArcMap10.8



الشكل رقم (8): تبين محيط الأحواض الفرعية لحوض وادي السحول

المصدر: الباحثان، باستخدام برنامج ArcMap10.8

1) دائري، (0.8 - 0.9) بيضاوي، (0.7 - 0.8) أقل استطالة، (0.7 - 0.5) مستطيل، وأدنى من (0.5) زيادة في الاستطالة. Pareta, 2011: (254).

وبتطبيق المعادلة على حوض السحول بلغت قيمة معامل الاستطالة (0.75) مما يعني أن الحوض يقترب من الشكل المستطيل.

وحسب (strahler) فإن الأحواض التي تتراوح نسبة استطالتها بين (0.6 - 1) هي أحواض تتميز بالتباين الكبير في تكويناتها الجيولوجية وتكون ذات بنية تضاريسية أقل تعقيداً، وبالتالي فإن حوض السحول يتميز بصرف مائي منتظم وبشكل بطيء ومتقطع، كونه يقطع مسافات طويلة وتفقد قسم من مياهه بالتبخر والتسرب، وبالتالي خطر الفيضان أقل شدة من الأحواض الدائرية، كما أن استطالة الحوض تجعله أقل تضرراً وبانحدار معتدل.

وتبين الخريطة أن أصغر طول للمحيط في الأحواض الفرعية (17 كم) (حوض شيعان)، ويليه حوض (ظلمة حبيش) بلغ طول محيطه (29 كم). وبلغ أكبر طول للمحيط في الأحواض الفرعية (157.5 كم) لحوض زبيد.

5- نسبة الاستطالة Ratio Elongation :

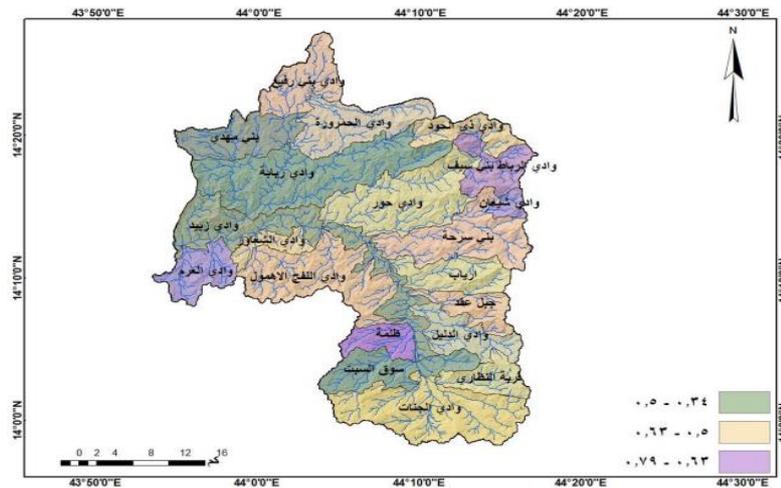
حسب تعريف شوم فإن نسبة الاستطالة هي عبارة عن العلاقة بين أقصى طول للحوض وقطر دائرة مساحتها تساوي مساحة التصريف لنفس الحوض، كما في المعادلة الآتية:

$$Re = \frac{\sqrt{A} * 1.1282}{L}$$

(Schumm, 1956)

ويدل معدل الاستطالة على مدى التشابه بين مساحة الحوض والشكل المستطيل، ويعتبر هذا المعامل من أكثر المعاملات المورفومترية دقة لقياس أشكال الأحواض التصريفية.

وقد صنفت قيم الأحواض بناءً على قيمة عامل الاستطالة على النحو الآتي: (0.9 -



الخارطة رقم (9): فئات الاستطالة للأحواض الفرعية لمنطقة الدراسة.

المصدر: من عمل الباحثين وباستخدام برنامج ArcMap10.8

ثالثاً: الخصائص التضاريسية للحوض:

أهمية هذه الخصائص تأتي كمحصلة لنشاط عمليات التعرية وأثر الاختلافات الجيولوجية والتكتونية على هذا النشاط، كما يفيد معرفة الخصائص التضاريسية في معرفة الدورة الجيومورفولوجية وتطور الخصائص المساحية وإمكانية حدوث أسر نهري، والدورة الحتية، واستقراره التوضعات الإرسابية، وتطور خصائص الشبكة المائية ونتاجها الرسوبي.

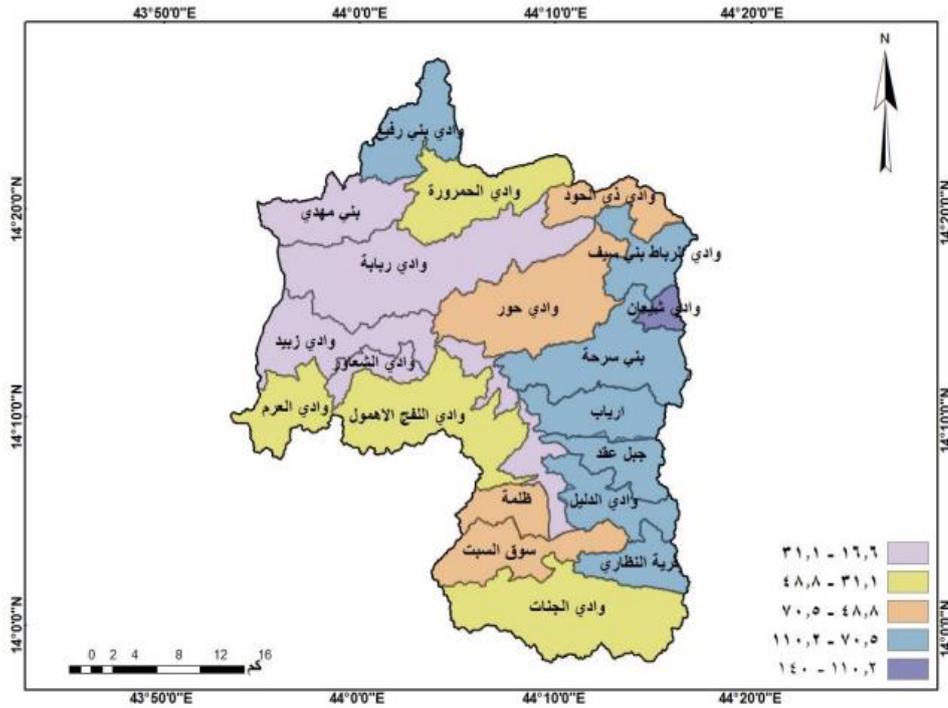
1- معدل تضرس الحوض ratio Relief :

يترتب على سرعة التضرس تحديد سرعة الجريان المائي، وعليها تحديد كمية الرواسب التي يمكن أن تنقل من الحوض النهري، ومن ثم فإن زيادة نسبة التضرس تعني سرعة وصول المياه إلى منطقة المصب، وكذلك كمية الرواسب المنقولة، فالعلاقة طردية بين نسبة التضرس والنشاط الحثي والنتاج الرسوبي، فارتفاع نسبة التضرس يدل على أن الحوض مازال في المرحلة الأولى من دورة التعرية (Philips et al, 1993, 122)، وإن قلت نسبة التضرس فإن الوادي يمر في مرحلته الأخيرة ومن ثم فإن الوادي يقترب من نهاية تطور تضاريس أعالي الحوض. (العمرى، بدون تاريخ، 408-409)، ويتم حساب نسبة التضرس من المعادلة الآتية:

$$Rh = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} \quad (\text{Etaz, 1995: 152})$$

بتطبيق المعادلة على حوض السحول فقد بلغت نسبة التضرس (42 م/كم)، وهي نسبة معتدلة إذا تمت مقارنتها بأحواض أخرى في اليمن، فحوض وادي عنة بلغ التضرس فيه حوالي (54.5 م/كم) (الملكي، 2003، 73)، وبلغت نسبة التضرس في الجزء الأدنى من حوض جهران (72 م/كم) (مطر، 2003، 96)، كما بلغت في حوض وادي بنا (15.95 م/كم) (الإرياني، 2000، 94)، وفي وادي المورد (51.6 م/كم) (درويش، 2018، 124)، كما أن فارق الارتفاع في منطقة الدراسة بلغت (2145 كم)، مقارنة بطول الحوض (54.6 كم)، ومساحته الكبيرة (1301.9 كم²) ومن ثم فإن نسبة تضرس حوض السحول لا تبتعد كثيراً عن بعض الأحواض في اليمن، و تدل على أن الوادي يمر بمراحله الأولى وفي بداية الدورة الحتية، فضلاً عن دور الإنسان الذي قلل من الانحدار الشديد بسبب بنائه للمدرجات الزراعية التي تتماشى مع خطوط الكنتور، مما أدى إلى تقليل فاعلية الحث والنقل.

واتضح أن أعلى نسبة تضرس بلغ (140) لحوض وادي شيعان، وأدنى نسبة تضرس بلغ (16.6) لحوض بني مهدي. والمتوسط الحسابي لقيم نسبة التضرس لأحواض الفرعية بلغت (67.1)، بينما بلغ الانحراف المعياري (33.3)، مما يعني وجود تركيز لتوزيع نسب التضرس في منطقة الدراسة.



الشكل رقم (10): فئات نسبة التضرر لأحواض الفرعية لمنطقة الدراسة.

المصدر: الباحثان، باستخدام برنامج ArcMap10.8

كما أكد شومان وجود علاقة ارتباط عكسية سالبة بين التضاريس النسبية وبين درجة مقاومة الصخر عند ثبات الظروف المناخية، وفي حالة ثبات الظروف المناخية نجد أن هناك علاقة عكسية بين التضاريس النسبية ودرجة مقاومة الصخر لعمليات التعرية، وتقاس التضاريس النسبية وفق المعادلة الآتية:

2-التضاريس النسبية :

هي النسبة بين تضرر الحوض إلى طول محيط الحوض، وهو يشير إلى الانحدار العام للحوض من المنبع إلى المصب، وتدل القيم المنخفضة على ضعف مقاومة الصخر، ونشاط عوامل التعرية، بينما تشير القيم المرتفعة على زيادة مقاومة الصخر، وضعف عوامل التعرية،

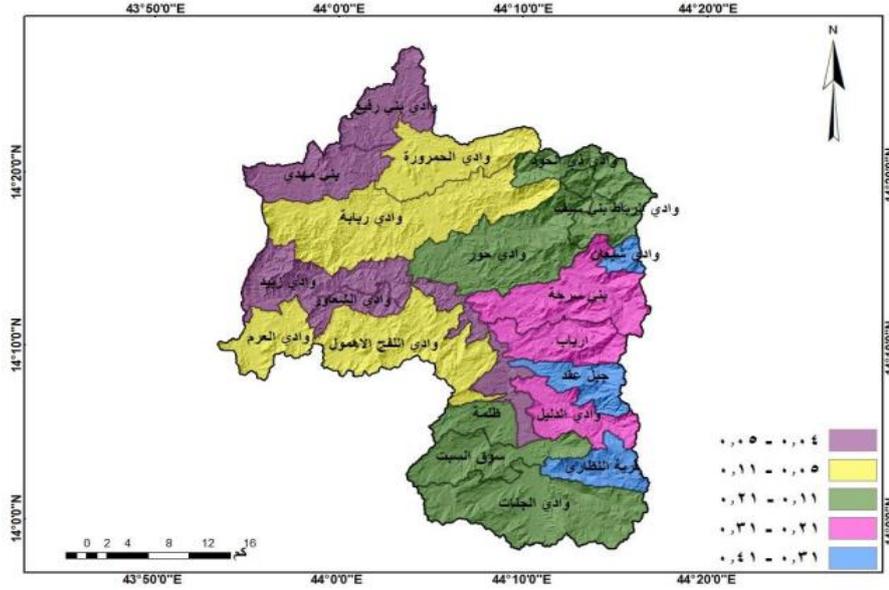
$$\text{التضاريس النسبية} = \frac{\text{تضاريس الحوض (م)}}{\text{محيط الحوض (كم)}} \times 100$$

(المكتوب، 2018، 87)

وادي عنة بلغ (0.17) (المليكي، 2003، 75)،
ووادي بنا بلغ (0.79) (الإرياني، 2000، 95)،

وبتطبيق المعادلة على حوض السحول فقد بلغت التضاريس النسبية (0.1) وبمقارنتها ببعض الأحواض في اليمن، وجد أن نسبة التضاريس في

كما بلغت في حوض المورد (0.4) (درويش، 2018، 95).



الشكل رقم (11): فئات التضاريس النسبية لأحواض الفرعية لمنطقة الدراسة
المصدر: من عمل الباحثين وباستخدام برنامج ArcMap10.8

يوضح هذا المعامل حجم التعرية التي تعرضت لها الأرض ومدى شدة تقطعها، ومدى تقارب أو تباعد شبكة التصريف النهري دون الأخذ في الاعتبار أطوال الأودية، فالأودية التي تتقارب مع بعضها وتزداد أعدادها تدل على شدة تقطع الحوض وارتفاع معدلات الحت فيها (الأسدي، 2012، 141).

وتستخرج معدل النسيج وفق المعادلة الآتية:

$$\text{معدل النسيج} = \frac{\text{مجموع عدد الأودية لكل رتبة}}{\text{محيط الحوض}}$$

(Horton, 1945, 286)

وبتطبيق المعادلة أعلاه على حوض السحول، فقد بلغت قيمة النسيج الطبوغرافي للحوض (0.88 مجرى / كم)، ومن ثم فإن الحوض

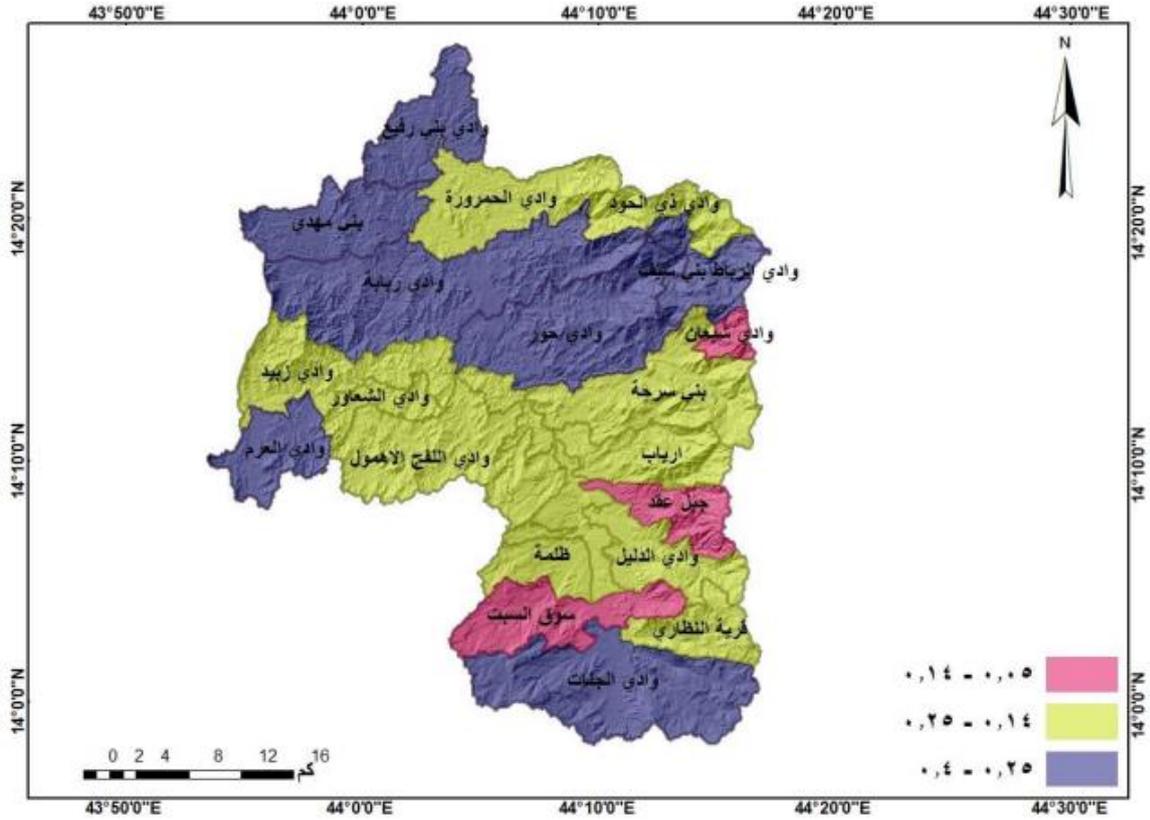
أعلى قيمة للتضاريس النسبية بلغت (0.41) لحوض وادي شيعان، وأدنى نسبة تضرس بلغ (0.04) لحوض وادي زبيد، والمتوسط الحسابي لتقيم التضاريس النسبية للأحواض الفرعية بلغت (0.18)، بينما بلغ الانحراف المعياري (0.10)، مما يعني وجود تركيز لتوزيع القيم في منطقة الدراسة.

ويعود سبب الاختلاف في قيم التضاريس النسبية للأحواض المختلفة إلى أن التضرس الكلي لحوض وادي السحول بلغ (2100م)، مقارنة بمحيط الحوض الذي بلغ (230,6 كم)، ومساحته الكبيرة والتي بلغت (1301.9 كم²)، كما أن هذا الاختلاف يعود إلى التباين في التركيب الصخري وبنية الحوض الجيولوجية.

3-معدل النسيج الطبوغرافي نسبة التقطع :

لحوض جبل عقد، والمتوسط الحسابي للنسيج الطبوغرافي للأحواض الفرعية بلغت (0.2)، بينما بلغ الانحراف المعياري (0.07)، مما يعني وجود تركيز لتوزيع قيم النسيج الطبوغرافي حول متوسطها الحسابي في منطقة الدراسة .

يصنف ضمن فئة النسيج الخشن، فالحوض يعتبر كبير المساحة مما أتاح المجال أمام عمليات التعرية لبناء وديانها خلال مدة طويلة من الزمن. أعلى قيمة للنسيج الطبوغرافي للأحواض الفرعية بلغت (0.4 مجرى/ كم) لحوض وادي الجنات وأدنى قيمة بلغت (0.05 مجرى/ كم)



الشكل رقم (12): فئات معدل النسيج الطبوغرافي للأحواض الفرعية لمنطقة الدراسة

المصدر: الباحثان، باستخدام برنامج ArcMap10.8

الرئيس للحوض وتعد دراسة الشبكة المائية للحوض على جانب كبير من الأهمية لأنها تعكس صورة واضحة عن مورفومترية الحوض المائي والنتائج الرسوبي، والدور الذي تلعبه هذه الخصائص في تطوير الأشكال الرسوبية والتحتية المختلفة. (سليم، 2010، 123).

يلاحظ اختلاف قيم النسيج الطبوغرافي للأحواض الفرعية، نتيجة التربة والغطاء النباتي، ولكنها جميعاً تقع ضمن الفئة (0-4)، أي أن نسيج الأحواض الفرعية يقع ضمن النسيج الخشن.

رابعاً: خصائص شبكة التصريف للحوض:

تتألف الشبكة المائية للحوض المائي من الروافد الرئيسة والثانوية، إضافة إلى المجرى

1- أعداد ورتب وأطوال المجاري المائية

واستخدمت في الدراسة طريقة starhler هي المعتمدة في حساب الرتب، كما أن معرفة درجة الرتبة النهريّة تعيد عند دراسة كمية التصريف المائي للحوض، ومن ثم قدرة تلك الأحواض على الحت والترسيب والحد من تأثيرها على استخدامات الأراضي في الحوض، فالرتب العالية تدل على أن المناطق قليلة الانحدار وذات نفاذية عالية، والمياه تسير فيها

بشكل بطيء، أما الرتب المتوسطة فهي تسير في المناطق المتوسطة الانحدار إلى العالية، بينما الرتب المنخفضة تتواجد في المنحدرات العالية الانحدار، وتسير فيها المياه بسرعة (الخفاجي، 2016: 627-628)

ينتهي حوض وادي السحول بالرتبة الخامسة، وبلغ مجموع أعداد المجاري المائية للرتب النهريّة 204 مجرى.

الجدول رقم (9): أعداد المجاري وأطوالها في كل رتبة.

الرتبة	اعداد المجاري	النسبة %	مجموع أطوال المجاري (كم)	النسبة %	معدل اطوال المجاري إلى اعدادها
الأولى	155	75.99	331	48.820059	2.1
الثانية	38	18.62	203	29.9410029	5.3
الثالثة	8	3.92	85	12.5368732	10.6
الرابعة	2	0.98	52	7.66961652	26
الخامسة	1	0.49	7	1.03244838	7
المجموع	204	100	678	100	

المصدر: الباحثان بالاعتماد على الشكل رقم (12)

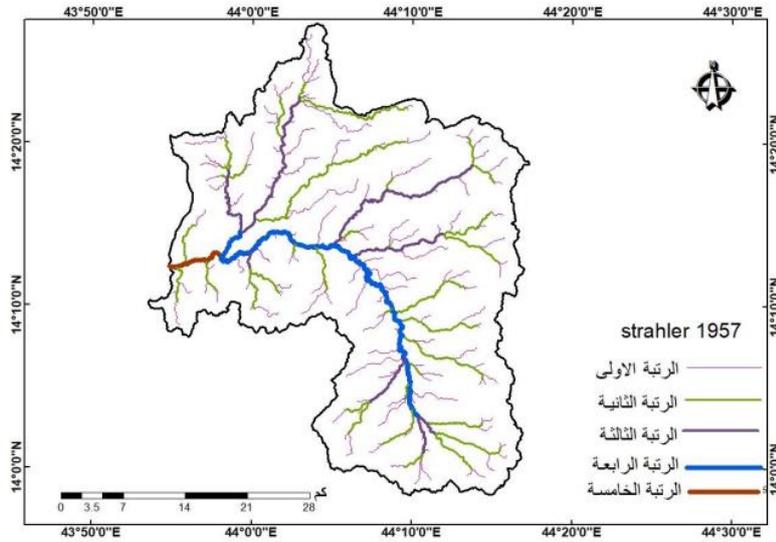
ويتبين من الجدول أعلاه أن حوض السحول في الرتبة الخامسة والتي تقترب من مصب الحوض والذي يصب في وادي زبيد والذي بدوره يصب في البحر الأحمر وإجمالي عدد المجاري في حوض السحول (204 مجرى) وتباينت عدد المجاري على مستوى الرتبة الواحدة، فعدد مجاري الرتبة الأولى بلغت (155 مجرى) وشكلت ما نسبته (75.9%) من إجمالي عدد مجاري الحوض، ويتركز معظمها بالقرب من خطوط

تقسيم المياه، وتعد هذه المجاري الأكثر عدداً، وبلغ مجموع أطوالها 331 كم، بنسبة (48.8%) من إجمالي أطوال المجاري في الحوض، وتعتبر الأقل تعرجاً بسبب انحدارها، أما مجاري الرتبة الثانية بلغت (38 مجرى) وشكلت ما نسبته (18.6%) من إجمالي أعداد مجاري الحوض، وبلغ مجموع أطوالها (203 كم)، وبنسبة (29.9%) من إجمالي أطوال المجاري للحوض، كما تزداد الطاقة الحتية لهذه الرتبة مقارنة بالرتبة الأولى، بسبب

(49%) وبطول (7 كم)، وما نسبته (1.1%) من إجمالي أطوال المجاري للحوض، كما يعتبر مجرى الرتبة الخامسة هو المجرى الرئيس للحوض.

ويعود الاختلاف في معدل أطوال المجاري للحوض إلى الخصائص الطبوغرافية للحوض والمرحلة التي يمر فيها الحوض، وهي مرحلة النضج في حوض السحول كما سبق إيضاحه في الخصائص التضاريسية أعلاه.

زيادة تصريفها المائي، بينما شكلت مجاري الرتبة الثالثة (3.9%) بعدد (8 مجاري)، ومجموع أطوالها (85 كم)، بنسبة (12.2%) وتزداد الطاقة الحثية، بسبب زيادة التصريف المائي والنتائج الرسوبي مقارنة مع مجاري الرتبة الأولى والثانية، وشكلت الرتبة الرابعة (0.98%) بعدد (مجرىان)، ومجموع طولهما (52 كم)، (7.6%) وبذلك الرتبة الخامسة والأخيرة في حوض السحول والتي بلغ عدد مجاريها (1) بنسبة



الشكل رقم (13): فئات عدد المجاري للأحواض الفرعية.

المصدر: الباحثان بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة مكانية 30 م، برنامج Arc gis10.8

2-نسبة التشعب

إن نسبة التشعب داخل منطقة معينة تميل إلى الانخفاض مع زيادة الترتيب، وذلك نظرًا لأن الترتيب يزيد النسبة المئوية للتيار الذي يتحد في رافد أعلى رتبة فيزداد أيضًا. وتعزى هذه الزيادة إلى تناقص المساحة، وتعد نسبة التشعب أحد المؤشرات التي توضح تماثل بيئة الحوض الجيولوجية وأحواله المناخية أو انعدام مثل هذا التماثل، فاقتراب نسبة قيم التشعب بين مجاري

هي النسبة بين عدد المجاري لرتبة ما إلى عدد المجاري للرتبة التي تليها وذلك من خلال العلاقة الرياضية الآتية :

$$B = \frac{N}{N+1}$$

حيث إن:

B: نسبة التشعب

N+1: عدد المجاري للمرتبة التي تليها

N: عدد المجاري لرتبة معينة

(الدليمي، 2000، 158)

المراتب النهرية من (3-5) دليل على تشابه حوض النهر جيولوجياً ومناخياً،. (فليح، والأسدي، 2020: 273-274)

ويمكن حساب نسبة التشعب للشبكة التصريفية كاملة من خلال حساب متوسط نسب التشعب لرتب القنوات الموجودة في الشبكة فتكون هي نسبة التشعب للحوض بأكمله.

الجدول رقم (10): يبين نسب التشعب للرتب النهرية لحوض وادي السحول

الرتبة	الأولى من الثانية	الثانية من الثالثة	الثالثة من الرابعة	الرابعة من الخامسة	متوسط نسبة التشعب
نسبة التشعب	4	4.7	4	2	3.6

المصدر: بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة مكانية 30 م، برنامج gis Arc10.8

يظهر تأثير الصخور والتضاريس الأرضية والترية والغطاء النباتي، فالمناخ والتضاريس الأرضية مسؤولون عن ما يعادل (97%) من الكثافة التصريفية داخل الحوض، وبذلك فإن كثافة أطوال المجاري المائية تعكس نصيب كل واحد كيلومتر مربع من مساحة الحوض من شبكة المجاري المائية بالكيلومتر، فكلما ارتفعت كثافة التصريف ارتفعت كفاءة الشبكة في نقل المياه والحمولة المتدفقة عبرها، وإن كثافة التصريف تعتبر مؤشراً على المدة التي تحتاجها المياه لبلوغ منطقة المصب، تستخرج كثافة التصريف الطولية وفق المعادلة الآتية:

$$\text{كثافة التصريف الطولية} = \frac{\text{مجموع اطوال المجاري المائية كم}}{\text{مساحة الحوض كم}^2}$$

(Strahler, 1967: 32)

وبتطبيق المعادلة على حوض السحول، فقد بلغت كثافة التصريف الطولية لحوض السحول (0.5) كم²/كم²، ويلاحظ أن كثافة التصريف في

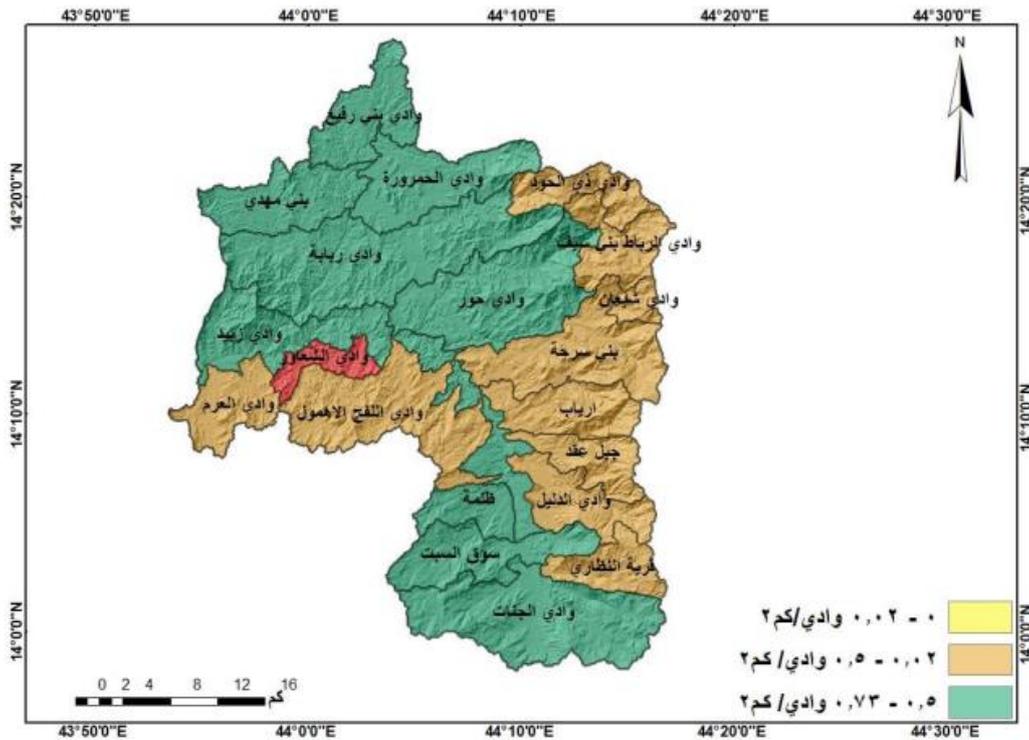
وتبين من الجدول السابق وبتطبيق العلاقة الرياضية أن متوسط نسبة التشعب لشبكة التصريف كاملة (3,6)، وبذلك فإن الحوض يقترب من كونه متماثلاً جيولوجياً أي متجانس في التركيب الصخري ومماثل مناخياً و تختلف نسب التشعب بين الرتب المختلفة لاختلاف عدد المجاري في كل رتبة، فقد بلغت نسبة التشعب بين الرتبة الأولى والثانية (4) أي أن مجاري الرتبة الأولى تمثل تقريبا أربعة أضعاف الرتبة الثانية بينما بلغت نسبة التشعب بين الرتبة الثانية والثالثة (4.7)، مما يعني أيضاً أن مجاري الرتبة الثانية تمثل أيضا أربعة أضعاف الرتبة الثالثة وشكلت الرتبة الثالثة والرابعة نسبة تشعب (4)، بينما بلغت نسبة التشعب بين الرتبة الرابعة والخامسة (2).

3- كثافة التصريف Density Drainage :

هي مدى انتشار وتفرع شبكة الصرف ضمن مساحة الحوض، وتعد كثافة الصرف من المعايير المهمة في دراسة الخصائص المورفومترية، كونه

منطقة الدراسة قليلة جداً، وذلك يعود إلى قلة التساقط المطري على المنطقة، وقصر المجاري المائية وكذلك استطالة الحوض وكبير مساحته. وأكبر كثافة تصريفية طويلة للأحواض الفرعية بلغت (0.73 وادي/كم²) لحوض وادي حور، وأدنى كثافة تصريفية طويلة بلغت (0.02 وادي

منطقة الدراسة قليلة جداً، وذلك يعود إلى قلة التساقط المطري على المنطقة، وقصر المجاري المائية وكذلك استطالة الحوض وكبير مساحته. وأكبر كثافة تصريفية طويلة للأحواض الفرعية بلغت (0.73 وادي/كم²) لحوض وادي حور، وأدنى كثافة تصريفية طويلة بلغت (0.02 وادي



الشكل

رقم (14): خارطة فئات كثافة التصريف للأحواض الفرعية

المصدر: الباحثان بالاعتماد على نموذج الارتفاع الرقمي DEM بدقة مكانية 30 م، برنامج Arc gis10.8

حتى تصل إلى بني عمر ضمن سلسلة جبال القفر، أما الاتجاه الثاني امتداد جبل الشجاع ثم جبل ربي وعسم وباتجاه جبال حبيش.

2- توصلت الدراسة إلى أن تكوينات العصر الثلاثي والمتمثلة بصخور البازلت والتركرايت والجرانيت والإجنمبرايت وتغطي 98,2% من مساحة حوض وادي السحول وتتميز هذه الصخور

أولاً: النتائج:

1- تقع منابع حوض منطقة الدراسة والتي تبدأ عند الأجزاء الشرقية والمتمثلة بسلاسل جبال ضمن خط الارتفاع الكنتوري 2000 - 3200متر وتبدأ من خط تقسيم المياه في شمال مدينة إب باتجاهين الأول اتجاه سلسلة جبال بعدان والمنار وسمازة وسلسلة جبال وقاح وبني سبأ وجبال بني مسلم والممتدة باتجاه جبال خودان

أي أن الحوض يقع ضمن الأحواض ذات النسيج الخشن وهذا يعطي فرصة لعمليات التعرية.

7- ومن تحليل خصائص شبكة التصريف المائي للحوض تم معرفة أعداد المجاري المائية في مختلف مراتبها والتي بلغت 204 مجرى أو وادي وبأطوال 678 كم، أما نسبة التشعب للحوض كانت (3.6) وهذا مؤشر بأن الحوض متماثل ومتجانس جيولوجياً ومناخياً.

8- بلغت كثافة التصريف في الحوض (0.5) كم²/كم² وتعني أن كثافة التصريف بالحوض قليلة ويعزى ذلك إلى قلة التساقط المطري في الأجزاء الغربية من الحوض وقصر المجاري المائية واستطالة الحوض وكبير مساحته.

ثانياً: التوصيات:

1- استخدام نظم المعلومات الجغرافية في تحديد دراسة أنسب المواقع بشكل مفصل لإقامة سدود لتزويد خزانات المياه الجوفية واحتجاز مياه الأمطار بقدر يتناسب مع كمية المياه مع الأخذ بعين الاعتبار البعد المستقبلي للحوض المائي والاستفادة القصوى منه.

3- إضافة تطبيقات نظم المعلومات الجغرافية ضمن مخطط السلطة المحلية وضمن المناهج الدراسية.

4- تنفيذ دراسة باستعمالات الأرض في منطقة الدراسة كونها ضرورية لكشف كثير من المتغيرات التي سوف تسهم في الاستغلال الأمثل للموارد الطبيعية وتنميتها.

بالصلابة وقلة النفاذية لمياه الأمطار بمعنى، أنها سريعة الاستجابة لتوليد الجريان المائي السطحي.

3- إن المتوسط السنوي لدرجة الحرارة 20.9 درجة مئوية وهذا له دور في تنشيط التجوية الفيزيائية من خلال تقطيت الصخور وتحطيمها في منطقة الدراسة.

4- وجد في منطقة الدراسة نوعان من الترب الأولى تربة غرينيه مختلطة من الرمل والطين والأخرى تربة رملية حيث تتباين في نسب مفصولاتها، وهذا يرجع إلى طبيعة التكوينات الجيولوجية للمنطقة كونها بركانية ثلاثية.

5- تم تحليل الخصائص المساحية للحوض بلغت المساحة (1301.9 كم²)، أما طول الحوض فبلغ (54.6 كم) وعرض الحوض (23.8 كم) وتراوحت عرض الأحواض الثانوية ما بين (2 - 5.7) كم، أما محيط الحوض بلغ (230.6 كم) وانحصرت أطوال محيط الأحواض الثانوية ما بين (17 - 157.5) كم وبلغ نسبة الاستطالة لحوض السحول (0.75) أي أن الحوض يقترب من شكل المستطيل .

6- توصلت الدراسة إلى أبرز الخصائص التضاريسية للحوض والمتمثلة بمعدل التضرس للحوض والذي بلغ (42) م/كم، أي أن نسبة التضرس في منطقة الدراسة تدل على أن الوادي يمر بمراحله الأولى وفي بداية الدورة الحتية، إذ بلغت قيمة التضاريس النسبية (0.1) وبلغت قيمة النسيج الطبوغرافي للحوض (0.88) مجرى/كم

نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد
(GIS) (RS).

6- الخرياش، صلاح عبد الواسع، والإنبعاعي،
محمد إبراهيم، 1996، جيولوجية اليمن، مركز
عبادي للدراسات والنشر، صنعاء.

7- الخفاجي، سرحان نعيم، 2016: الخصائص
المورفومترية والهيدرولوجية لحوض وادي
قرين الثماد في بادية العراق الجنوبية - بادية
النجف، مجلة كلية التربية الأساسية للعلوم
التربوية والإنسانية/ جامعة بابل، العدد 26،
نيسان 2016، جامعة المثنى، العراق

8- سليم، المتولي مصطفى، بدون تاريخ.
الأراضي الجيرية، مقرر استصلاح واستزراع
الأراضي، جامعة دمياط، مصر

9- . الداغستاني، نبيل صبحي. 1999،
تكنولوجيا الاستشعار عن بعد لقياس
الانعكاسية الطيفية للغطاء النباتي. مجلة
قاريونس. جامعة قاريونس

10- الدراجي، سعد عجيل، 2019:
الجيومورفولوجيا التطبيقية، دار الحداثة
للطباعة والنشر ط1، جامعة بغداد، العراق

11- درويش، إبراهيم، 2018، تقدير أحجام
وأخطار السيول في حوض وادي المورد
باستخدام نظم المعلومات الجغرافية
والاستشعار عن بعد، أطروحة دكتوراه.

12- سعيد، هه لمت توفيق، حوض نهر قشان في
إقليم كردستان العراق دراسة

5- إيجاد تشريع يستحدث إدارة مائية في كل
الأحواض المائية في منطقة الدراسة وعلى مستوى
المحافظة لكي تحول توجهات الدولة إلى مشاريع
تنموية ذات جدوى اقتصادية عالية.

المراجع والمصادر:

1- أبو حصيرة، يحيى محمود، 2013: تطبيق
نظم المعلومات الجغرافية في دراسة
الخصائص المورفومترية لحوض نهر العوجاء
- العوجاء، رسالة ماجستير، الجامعة
الإسلامية- غزة.

2- الأسدي، كامل حمزة، 2012: تباين
الخصائص المورفومترية لواديان الهضبة
الغربية في محافظة النجف وعلاقتها بالنشاط
البشري، أطروحة دكتوراة، جامعة الكوفة،
العراق.

3- الإرياني، عبد السلام أحمد، 2000 (حوض
وادي بنا في الجمهورية اليمنية) دراسة
جيومورفولوجية، رسالة ماجستير، جامعة
بغداد.

4- جاري، طلال مريوش، وعبد الحسين، ضياء
الدين، 2003: مورفومترية حوض نهر
الزعفران شمال شرق محافظة ميسان - دراسة
في الجيومورفولوجيا التطبيقية، مجلة كلية
التربية- واسط، جامعة واسط، العراق

5- الحشماوي، مثال مبدر، والجبوري، لازم محمد،
والمفرجي، هاشم محمود، والجبوري، علي
فرحان: 2020، نمذجة الخصائص
المورفومترية لوادي عوجيلة المائي (باستخدام

التقارير والدوائر الحكومية:

- 1- الهيئة العامة للطيران والإرصاد الجوية، إدارة المناخ، صنعاء، بيانات غير منشورة (لمحطات سمارة ورحاب) بقية المحطات الافتراضية للأعوام من (1990-2021).
- 2- تقرير فني عن: الآبار الإسعافية لمدينة إب ضمن البرنامج الاستثماري لعام -2006- 2005 أبريل، إعداد م: خالد الشجاع، وزارة البيئة والمياه، الهيئة العامة للموارد المائية مكتب تعز-إب

المراجع الأجنبية:

- 1- Arrai-
rai-
za,M.P.,Santamarta,J.C.,loras,F.,
Gar-
cia,J.L.,Aburdan,,I.V.,KurjuS,H.,B
orala,G.(ed.),Climate Change and
Restoration of Degrade
Land.Madried: colegio de Ingeni-
ros de Montes.
- 2- Etaz, R. (1995), Drainage basin,
Initiation of channels and drainage
Network, chapter 5: 137-158.
- 3- FAO, 2000.methods of analysis
for soils of arid and semi arid re-
gions, Food and Agriculture Or-
ganization, Rome, Italy.

هيدروجيمورفولوجية، 2015، رسالة
ماجستير، جامعة الإسكندرية.

13-العاني، عبد الله نجم، 1980 مبادئ علم
التربة، جامعة الكوفة.

14-العمرى، عبدالمحسن صالح، بدون تاريخ:

تحليل الخصائص المورفومترية والهيدرولوجية
لأحواض التصريف في منطقة كريتير عدن
باستخدام معطيات نظم المعلومات الجغرافية
GIS، ندوة عدن بوابة اليمن الحضارية،
جامعة عدن عتق، شبوة، اليمن

15-فليح، هيام نعمان، والأسدي، محمد عبد

الوهاب، 2020: تحليل الخصائص
المورفومترية لحوض وادي منمم باستخدام
التقانات الجغرافية الحديثة، جامعة عين
شمس- مركز بحوث الشرق الأوسط، المجلد/
العدد ع56، يوليو 2020، 253- 288.

16-مطر، أحمد جمعة، 2003، جيمورفولوجية
الجزء الأدنى من حوض جهران، جامعة
النيلين، السودان.

17-المكتوب، أسامة فالح، 2018: جيمورفولوجية
حوض وادي الضباع غرب بصية واستثماراته
- باستخدام نظم المعلومات الجغرافية
(GIS)، رسالة ماجستير، جامعة المثني،
العراق.

18-الملكي، محمد منصور، 2003، حوض
وادي عنة في الجمهورية اليمنية)، رسالة
ماجستير، جامعة بغداد.

- 9- Strahler,A.N.1957: Quantitative analysis of watershed geomorphology. American Geophysical Union Transactions ,83:912-920
- 10- Yemen Assessing the Impacts of Climate Change and Variability on the Water and Agricultural Sectors and the Policy Implications, 2010, Sustainable Development Sector Department
- المواقع الإلكترونية:
<https://www.youtu.be/aDzTlhMQT> -
AUhglw
 موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS)
 بيانات المناخ من الموقع www.power.lrac.nasa.org
 المنظمة العالمية للأرصاد الجوية <https://public.wmo.int/en>: -
- 4- FAO,2020, standared operation procedure for soil calcium carbonate equivalation (Titrimetric method).
- 5- Horton, R.E.,1945: Erosonal development of stream and their drainage basins kydro-physical approach to quantitative morphology, Bull.Geol.American.56,pp.275-370
- 6- Pareta, K. Pareta, U. (2011): Hydromrphogological study of Karawan watershed using GIS and remote sensing techniquies, E-International scientific research journal, I I I.I, (\$): 243-268
- 7- Philips, J.D.,1993: pre-and post-colonial sediment sources and storage in the lower Neues basin, North Carolina. *Plyts.Geogr*,16: 272-284
- 8- Schumm, S. A, 1956: Evolution of drainage system and slope in badlands of perth Amboy, New Jersy.Bull.Geol. Soc. Am.67: 46-507.