



تقدير حجم الجريان السطحي في حوض السحول - محافظة إب - اليمن
باستخدام تقنية الاستشعار (RS) عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية (GIS)

**Estimating the Runoff volume of the Sahool Basin,
Ibb Governorate, in Yemen
Using Remote Sensing (RS) and Geogrphic Information Systems (GIS)
Techniques**

Abdulsalam Ali Ahmed Nasser Shakhab

*Researcher - Department of Geography
Faculty of Arts and Humanities - Sana'a University - Yemen*

عبد السلام علي أحمد ناصر شخب

*باحث - قسم الجغرافيا
كلية الآداب والعلوم الإنسانية - جامعة صنعاء - اليمن*

الملخص:

نُفذت هذه الدراسة في حوض السحول - محافظة إب، بهدف تقدير حجم الجريان السطحي في الحوض، الذي يعد من الأحواض المهمة ذات الهطول المطري المرتفع، تبلغ مساحته (433.5) كم²، وتتمثل أهمية هذه الدراسة في إيجاد حلول لمشكلة المياه في الحوض من خلال معرفة مدى الفجوة القائمة بين المسحوب المائي من الخزانات الجوفية وبين التغذية من الأمطار، من خلال تقدير عمق وحجم الجريان السطحي في الحوض، بالاعتماد على فرضية صيانة التربة الأمريكية (SCS-CN) والتي تعرف بطريقة رقم المنحنى Carve Number لتقدير حجم الجريان السطحي، وتحليل بيانات الغطاء الأرضي من المرئيات الفضائية سننتل 2، وكذلك بيانات نسيج التربة وتحديد المجموعات الهيدرولوجية، وقد تم عمل كل تلك التحليلات باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية GIS والاستشعار عن بعد RS، وأوضحت نتائج الدراسة أن قيم رقم المنحنى تتراوح ما بين (49-98)، علماً أن القيمة (49) تمثل مناطق التغذية الجوفية، بينما القيمة (98) تُعد مناطق توليد الجريان السطحي، كما أوضحت النتائج بأن عمق الجريان السطحي السنوي بلغ (20642.7) ملم وحجمه (8947.6) خلال فترة الدراسة (2000-2020م).

الكلمات المفتاحية: الجريان السطحي، عمق الجريان، الغطاء الأرضي، المجموعات الهيدرولوجية.

Abstract:

This study was carried out in the Al-Sahool Basin-Ibb Governorate with the aim of estimating the volume of surface runoff in the basin, which is one of the important basins with high rainfall. Its area is (433.5)km². The importance of this study is to find solutions to the water problem in the basin by knowing the extent of the existing water gap between water withdrawal from groundwater reservoirs, and water recharge from rain through estimating the depth and volume of surface runoff in the basin, based on the USA Soil Conservation Hypothesis(SCS-(CN).which is known as the curve number method for estimating the volume of runoff surface, analyze Land cover data from Sentinel 2 satellite images as well as soil texture data. And determining the hydrological groups. All of these analyzes were done using GIS geographic information system and RS remote sensing techniques. The results of the study showed that the curve number values range between (49-98) with the value (49) representing areas of groundwater recharge, while the value (98) represents areas of surface runoff generation. The results also showed that the depth of annual surface runoff reached (20642.7) mm, and its volume reached (8947.6) during the study period(2000-2020).

Keywords; runoff, runoff depth, land cover, hydrologic groups.

المقدمة:

فإن حساب عمق وحجم الجريان السطحي في أي حوض مائي مهمة جداً لمعرفة فترات الزيادة أو الشحة المائية لغرض الاستفادة منها في عمليات الري أو

يُعد الجريان السطحي من أهم الموارد والمصادر المائية المغذية للأنهار والبحيرات والجداول المائية، وهو أيضاً يساهم في تغذية المخزون الجوفي⁽¹⁾؛ لذا

المعلومات الجغرافية، مجلة كلية التربية، جامعة واسط، العدد الحادي والاربعون، الجزء الرابع، ص110.

(1) الكنانى، حيدر محمد حسن، تقدير. (2020). عمق الجريان السطحي لحوض وادي أبو غار باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم

الرئيسية أقل صنف بنسبة (2.07%)، كما صنفت التربة إلى أربع مجموعات هيدروجينية (A-B-C-D)، شكلت المجموعة D أعلى انتشاراً في المنطقة بنسبة (42.2%) من إجمالي مساحة المنطقة، وتمتاز بجريان مائي سريع، وأقلها انتشاراً المجموعة الهيدروجينية B بنسبة (9.4%) من إجمالي مساحة المنطقة، وتمتاز بجريان مائي متوسط.

كما صنف الانحدار إلى سبع فئات انحدار، وهي انحدار شبه مستوٍ إلى خفيف يتراوح من (0-2)، وانحدار خفيف من (2-5)، وانحدار متوسط من (5-10)، وانحدار فوق المتوسط يتراوح ما بين (10-18)، وانحدار شديد يتراوح ما بين (18-30)، وانحدار شديد جداً يتراوح ما بين (30-45)، ومنحدرات جرفية (>45) درجة.

ونظراً لما تعانيه منطقة الدراسة من استنزاف مياهها الجوفية لمواجهة التوسع الزراعي والاستخدامات الأخرى، مما يؤثر على مخزونها الجوفي الذي ينخفض منسوبه عاماً بعد آخر، يتطلب الأمر استثمار وحصاد مياه الأمطار عن طريق إنشاء السدود والحواسر المائية التي تعمل على تغذية المخزون الجوفي، واستثمارها في عدة استخدامات أخرى.

مشكلة الدراسة:

تكمن مشكلة الدراسة بمدى الفجوة القائمة بين المسحوب المائي من الخزانات الجوفية وبين التغذية

الاستخدامات المائية الأخرى⁽²⁾، إضافة إلى دوره في معرفة خطر الفيضانات المائية المحتملة، إلا أن من أكبر العوائق التي تقف أمام حساب معدلات الجريان السطحي لمياه السيول في أي حوض أو مجرى مائي، هو غياب المحطات الهيدرومترية المخصصة لقياس معدل الجريان السطحي؛ مما دفع الباحثين والمهتمين في هذا المجال للقيام بالعديد من المعالجات للتغلب على النقص في البيانات من أجل الوصول إلى تقدير عمق وحجم الجريان السطحي لأي منطقة.

ومن أجل حساب حجم وكمية الجريان السطحي في منطقة الدراسة تم استخدام معادلة صيانة التربة الأمريكية Soil conservation service التي تعرف بطريقة (SCS -CN) لتقدير عمق الجريان السطحي، حيث صممتها مصلحة صيانة التربة التابعة لوزارة الزراعة الأمريكية عام 1986م⁽³⁾، وهذه الطريقة تُعد من أشهر الأساليب الرياضية المستخدمة في حساب الجريان السطحي، وقد حظيت بقبول واسع في الولايات المتحدة الأمريكية، بحيث لا تُقبل أي دراسة هيدرولوجية مالم تكن مطبقة تلك المعادلة⁽⁴⁾. وتتأثر تلك المعادلة بكلٍ من الغطاء الأرضي ومجموعة التربة الهيدروجينية والانحدار؛ ولذا فقد صنف الغطاء الأرضي إلى سبعة أصناف، تُعد أراضي المدرجات أكبرها مساحة بنسبة (33.5%) من إجمالي مساحة المنطقة، يليها أراضي المراعي الطبيعية بنسبة (28.60%) وهذان الصنفان يُعدان مناطق توليد الجريان السطحي، بينما شكلت الطرق

(2) العمري، جميل عبده حمزة (2019). تقييم جغرافي لأهم معادلات حساب الجريان السطحي في الأحواض المائية، مجلة كلية التربية للعلوم التربوية والأساسية، جامعة بابل، العدد 42، ص 42.

(3) عثمان، جلال واخرون (2021). تقدير حجم الجريان السطحي لحوض وادي معادن في اليمن، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، المجلة اليمنية للبحوث والدراسات الزراعية، العدد (32)، ص 109.

(4) AL-Gamdi. (1991). Estimating Runoff Curve Numbers of the Soil Conservation service in Arid and Semi-arid Environments using Remotely Sensed Data. Adissertation Submitted to the Faculty of the University of Utah, USA, pig 25.

وبين خطي طول ($44^{\circ}03'52''$) - ($44^{\circ}16'55''$) شرقاً، شكل رقم (1).

تعريف المصطلحات:

- 1- النفاذية: هي عملية تصريف المياه من سطح الأرض إلى الطبقات الصخرية خلال مقاطع التربة.
- 2- العاصفة المطرية: هي مقياس لكمية التساقط المطري في منطقة معينة خلال فترة سقوط الأمطار بوحدة مليمتر في اليوم.
- 3- الغطاء الأرضي: يعبر عن جميع المظاهر الطبيعية كالصخور والتربة والمجاري المائية والجبال والسهول وغيرها.
- 4- الانحدار: هو ميل سطح الأرض عن خط الأفق أو الميلان الذي يربط بين نقطتين مختلفتي المنسوب وأحياناً بنفس المنسوب كما هو في الأسطح المستوية.
- 5- المجموعات الهيدروجينية: هي التي تكشف مدى تأثير نسيج التربة في نشوء عملية الجريان السطحي.

منهجية الدراسة:

تم استخدام منهجين، هما: المنهج التحليلي الكمي من خلال تطبيق المعادلات الرياضية وبناء النماذج، والمنهج الاستقرائي من خلال دراسة أجزاء الموضوع لمعرفة الحقائق الكلية باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد كوسيلة لتحقيق هدف الدراسة.

من الأمطار، ونظراً لندرة دراسات تقدير كميات الجريان السطحي في المساقط المائية بمنطقة الدراسة.

أهداف الدراسة:

هدفت هذه الدراسة إلى تقدير حجم وعمق الجريان السطحي في حوض السحول باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد وبعض المعادلات الخاصة بذلك، ومعرفة أهم المناطق التي تزيد من كميات معدل الجريان السطحي، ومناطق التغذية الجوفية.

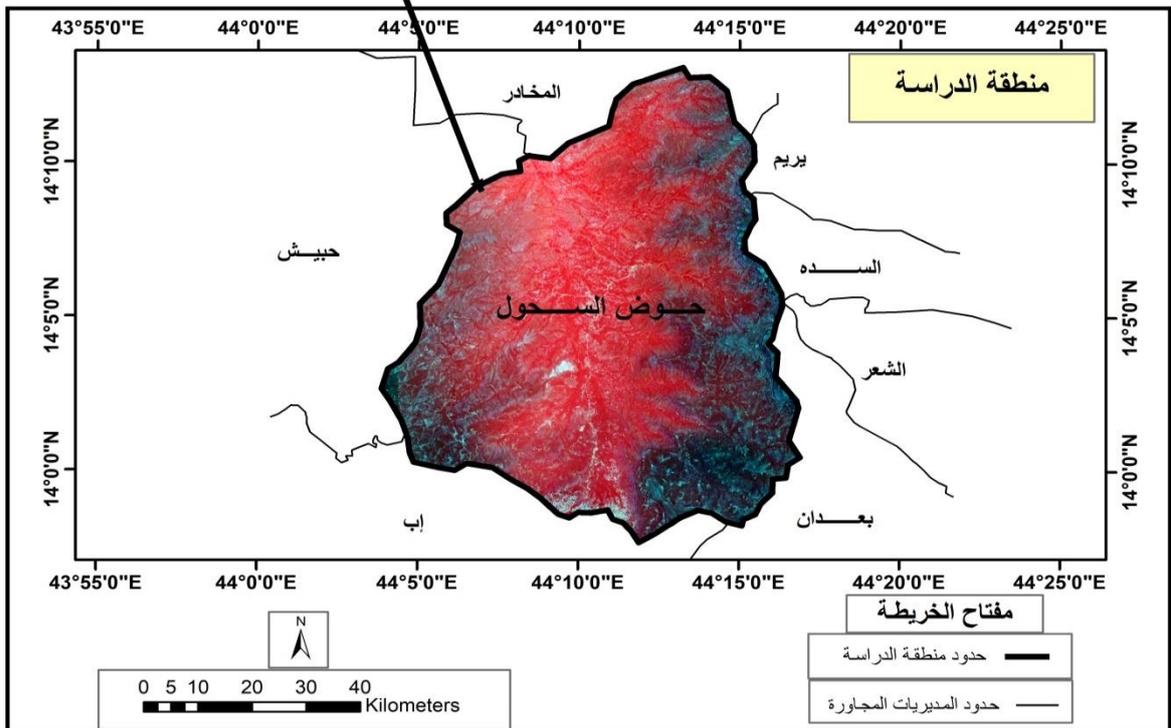
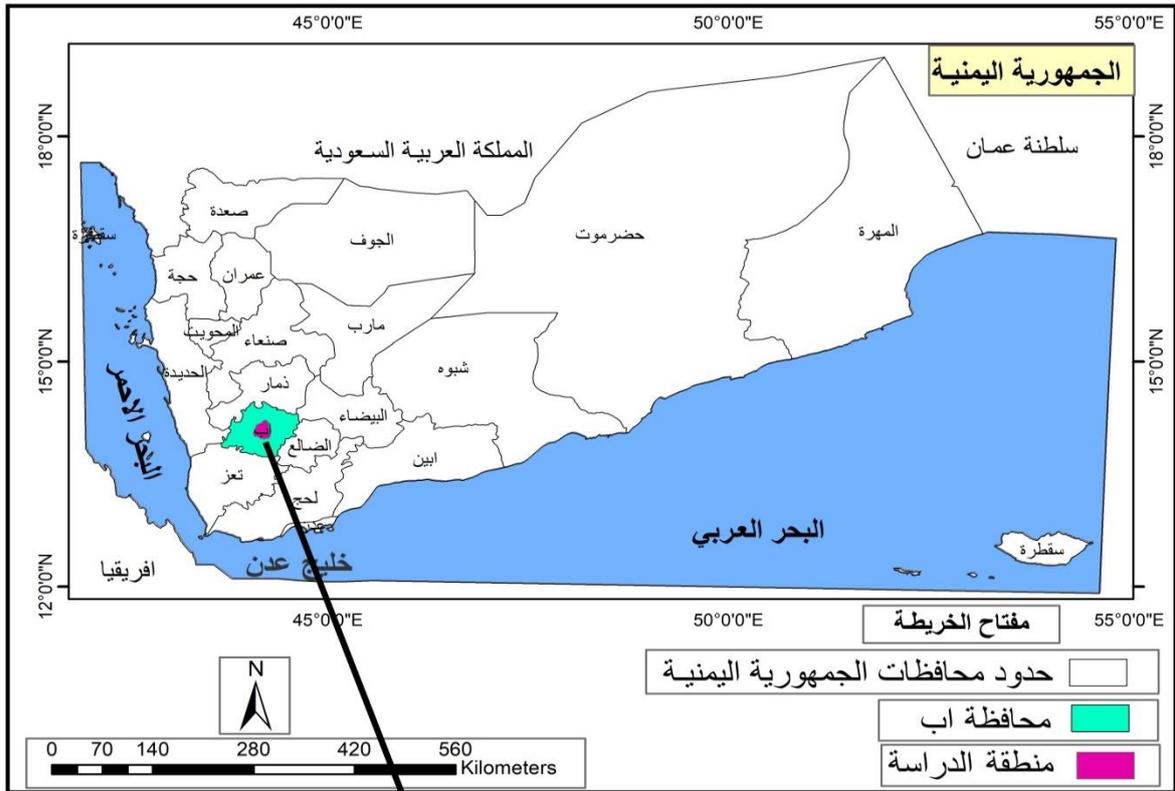
أهمية الدراسة:

تتمثل أهمية الدراسة في إظهار الفجوة المائية بين كمية الإيراد المائي والسحب، وبالتالي إيجاد حلول لمعالجة مشكلة المياه من خلال تقدير حجم الجريان السطحي وكيفية الاستفادة من كميات المياه الجارية أثناء سقوط الأمطار.

حدود منطقة الدراسة:

تحددت منطقة الدراسة (حوض السحول) بحسب خطوط تقسيم المياه من الأحواض المجاورة له، والذي يقع في الجزء الشمالي الغربي من محافظة إب- ضمن المرتفعات الجبلية الجنوبية للجمهورية اليمنية، كما تمتد منطقة الدراسة إدارياً ضمن ثمان مديريات، هي: حبيش، وإب، والمخادر، وبعدان، والظهار، وأجزاء من مديريات المشنة، ويريم، والسدة، بمساحة بلغت (433.5 كم²)، بينما يمتد الحوض فلكياً بين دائرتي عرض ($13^{\circ}57'41''$) - ($14^{\circ}13'06''$) شمالاً،

شكل رقم (1) موقع منطقة الدراسة



المصدر : الباحث معتمداً علي بيانات الجهاز المركزي للإحصاء (التقسيم الإداري للجمهورية اليمنية لعام 2004)، والمرئية الفضائية سينتل 2 التابعة للقمر الصناعي الأوربي بدقة 10 متر باستخدام برنامج Arc Gis 10.8

البيانات والوسائل المستخدمة في الدراسة:

1. نموذج الارتفاعات الرقمية DEM بدقة 12 متراً لإنتاج خريطة الانحدار.
2. المرئية الفضائية Sentinel2 التابعة للقمر الصناعي الأوروبي بدقة 10 أمتار للعام 2021م، تم منها إنتاج خريطة الغطاء الأرضي بطريقة التصنيف الموجه بواسطة برنامج Arc Gis 10.8.
3. خريطة التربة لمحافظة إب بمقياس رسم 1:100.000 تم من خلالها تحديد المجموعات الهيدرولوجية والتي تبين وجود أربع مجموعات (A-B-C-D).
4. استخراج قيم رقم المنحى ال CN لكل صنف في منطقة الدراسة.
5. حساب معامل الإمكانية القصوى S.
6. استخدام معادلة SCS-CN لإيجاد عمق وحجم الجريان السطحي في منطقة الدراسة.
7. تقنيات نظم المعلومات الجغرافية GIS والاستشعار عن بعد RS.

النتائج والمناقشة:

تم في هذه الدراسة تقدير عمق وحجم الجريان السطحي بواسطة معادلة صيانة الترب الأمريكية، والتي من أهم متطلبات هذه المعادلة تصنيف الغطاء الأرضي وتحديد المجموعات الهيدرولوجية، وتحديد

الحالة المسبقة لرتوبة التربة واستخلاص قيم CN وحساب معامل الإمكانية القصوى (S) للاحتفاظ بالماء بعد بدء عملية الجريان السطحي، وحساب معامل الاستخلاص الأولي (Ia)، وتم حساب وتصنيف كل منهما باستخدام تقنيات نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد كالتالي:

1- تصنيف الغطاء الأرضي بمنطقة الدراسة:

يشير الغطاء الأرضي إلى جميع الخصائص الطبيعية مثل الغابات، والصخور والتربة والمياه والخصائص البشرية التي هي من صنع الإنسان، وتغطي سطح الأرض⁽⁴⁾. أي: أن الغطاء الأرضي يشمل كل ما هو موجود على سطح الأرض وتأثيره في عملية الجريان السطحي والتغذية المائية، حيث إن مناطق الكثافة النباتية تعيق عملية الجريان السطحي، وتزيد من عمليات التغذية المائية، بعكس المنكشفات الصخرية التي تزيد من كميات الجريان السطحي، وتقلل عمليات التغذية المائية.

وقد تم تصنيف الغطاء الأرضي لمنطقة الدراسة إلى سبعة أصناف - جدول رقم (1) وشكل (2) - اعتماداً على الصورة الفضائية Sentinel2 التابعة للقمر الصناعي الأوروبي بدقة 10 أمتار للعام 2021م، عن طريق عملية التصنيف الموجه باستخدام برنامج Arc Gis 10.8.

جدول (1) أصناف الغطاء الأرضي بمنطقة الدراسة

| م | انواع الغطاء الأرضي | المساحة كم2 | النسبة % |
|---|------------------------------|-------------|----------|
| 1 | أراضي زراعية ذات كثافة عالية | 42 | 9.7 |
| 2 | أراضي مدرجات زراعية | 145 | 33.5 |
| 3 | أراضي مجاري الأودية | 27 | 6.22 |

مجلة جامعة تكريت، كلية التربية للعلوم الإنسانية، المجلد (25)، العدد (11)، ص 113.

(1) حميد، دلي خلف، سباعوي خميس كعو. (2018). تحليل الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي الحمدان باستخدام طريقة (SCS- CN)،

| | | | |
|--|-------------------------|-------|-------|
| 4 | أراضي مراعي طبيعية | 124 | 28.60 |
| 5 | أراضي المرتفعات الجبلية | 67 | 15.45 |
| 6 | أراضي المناطق العمرانية | 19.5 | 4.5 |
| 7 | الطرق الرئيسية | 9 | 2.07 |
| | الإجمالي | 433.5 | 100 |
| المصدر: الباحث اعتماداً على صورة القمر الصناعي sentinel 2 لعام 2021م | | | |

تمثل خطوط تقسيم المياه بين الحوض المائي والأحواض المجاورة له، وهي عموماً ضعيفة النفاذية لا تسمح بتسرب كميات كبيرة من المياه سوى ما تتلقاه في مناطق الشقوق والمناطق الصدعية.

1-5- مجاري الأودية: تتمثل في المجرى الرئيسي لوادي السحول ومجرى وادي الزبيدي وغيره من المجاري المائية، وهي تستقبل كميات المياه من كافة أنحاء منطقة الدراسة، وتختلف سرعة الجريان المائي فيها حسب شدة العاصفة المطرية والانحدار، وتعتبر المخرج والمصب النهائي لخروج المياه إلى خارج منطقة الدراسة.

1-6- المناطق العمرانية: يُعتبر الجريان المائي فيها سريعاً؛ نظراً لسطوحها الاسمنتية وانحدارها وجريان المياه من سطوح المنازل، وتتمثل في جزء من مدينة إب الواقع ضمن منطقة الدراسة ومركز مديرتي المخادر وحبيش، والدليل وغيرها من المناطق السكنية والعمرانية.

1-7- الطرق الرئيسية: تُعتبر مناطق سريعة جداً للجريان المائي خصوصاً الطرق الإسفلتية التي ليس فيها أدنى فرصة لاستقرار المياه فيها، وكونها مناطق منحدره جداً، كما هو الحال في الطريق الإسفلتي النازل من جبل سمارة.

من خلال بيانات الجدول رقم (1) يتضح الآتي:

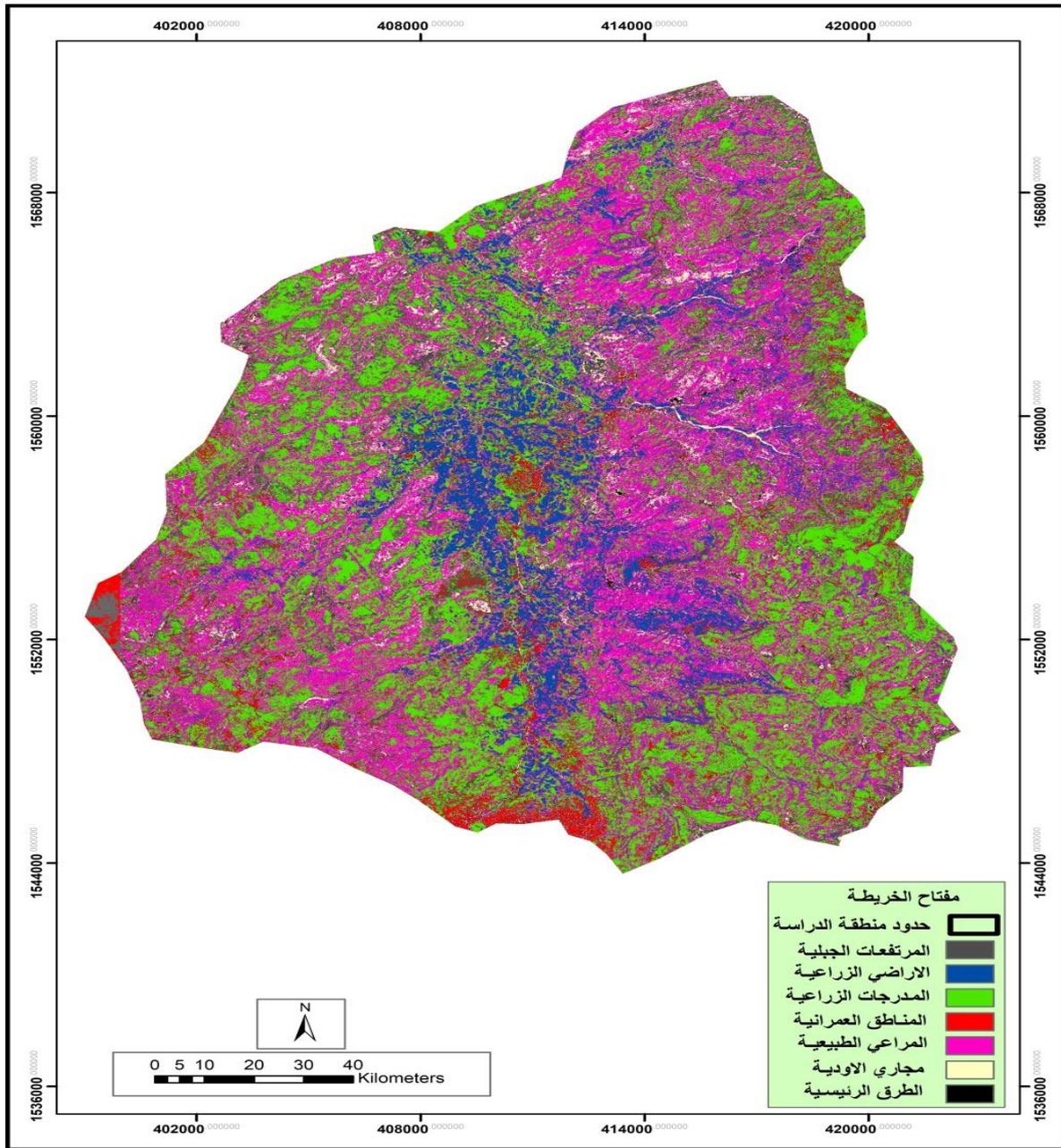
1-1- الأراضي الزراعية: تتمثل في الأودية المستوية وأراضي السهول المجاورة لها، كما هو في أراضي وادي السحول والسهول المجاورة له، وهذه الأراضي تعتبر مناطق تغذية مائية، ومنطقة تجمع للمياه من بقية المناطق الأعلى منها، وتُعد هذه الأراضي مناطق جريان مائي بطيء، وفيها ينتشر حفر الآبار بطريقة عشوائية نظراً لتوفر المياه في مخزونها الجوفي، وكثافة الزراعة فيها.

1-2- أراضي المدرجات الجبلية: تُعد مناطق جريان مائي متوسط، حيث تعمل حواجز المدرجات على حجز كمية مياه تقي بحاجتها، والذي يزيد عنها بسيلايه بشكل جريان مائي إلى المناطق الأقل ارتفاعاً منها، وتُعتبر أكبر وحدة في منطقة الدراسة، حيث تنتشر في كافة أرجاء المنطقة باستثناء المناطق المنخفضة وسطها.

1-3- مناطق المراعي الطبيعية: تُعد مناطق جريان مائي سريع كونها تقع في المنكشفات الصخرية حادة الانحدار.

1-4- المرتفعات الجبلية: تُعد ذات جريان مائي عالٍ؛ نظراً لارتفاعها وانحدارها، وتنتشر في أطراف المنطقة، وتبدأ منها بداية الجريان المائي كونها

شكل رقم (2) تصنيف الغطاء الأرضي بمنطقة الدراسة



المصدر: الباحث اعتماداً على صورة القمر الصناعي Sentinel 2 لعام 2021م باستخدام GIS .

2- المجموعات الهيدرولوجية للتربة في منطقة الدراسة:

تم تقسيم التربة بمنطقة الدراسة إلى أربع مجموعات هيدرولوجية (A-B-C-D) بحسب نسيجها، والتي تحدد معدلات تسرب المياه من خلالها، فضلاً عن تفسير علاقة نسيج التربة بنشوء الجريان السطحي،

يتضح ممّا سبق أن الأراضي الزراعية عالية الكثافة تعد مناطق تغذية جيدة للمياه الجوفية، في حين أن أراضي المدرجات والمراعي ذات تغذية متوسطة، أما أراضي المرتفعات الجبلية والعمرانية والطرق الرئيسية تُعد أكبر مناطق لتوليد الجريان السطحي في المنطقة، وليس بها تغذية أو تسرب للمياه إلى الأسفل.

المجموعات الهيدرولوجية للتربة في منطقة الدراسة - الشكل رقم (3) - كونها تعكس نسيجها ونفاذيتها ومقدار حجم الجريان السطحي - الجدول رقم (2) - كما توضح هذه المجموعات كالتالي:

ولكل مجموعة خصائص معينة، وتم في هذه المرحلة جمع عدد من عينات التربة وتحليلها في مختبرات مركز بحوث الموارد الطبيعية المتجدد التابع للهيئة العامة للبحوث والإرشاد الزراعي، ومن خلال نتائج العينات تم معرفة نسيج كل منها، والخروج بخارطة

| جدول (2) المجموعات الهيدرولوجية وأثرها في الجريان السطحي بمنطقة الدراسة | | | | |
|---|------------------------|-------------------------|----------|-------------------|
| م | المجموعات الهيدرولوجية | المساحة كم ² | النسبة % | الوضع الهيدرولوجي |
| 1 | المجموعة (A) | 100 | 23 | جريان منخفض |
| 2 | المجموعة (B) | 40.5 | 9.4 | جريان متوسط |
| 3 | المجموعة (C) | 110 | 25.4 | جريان عالٍ |
| 4 | المجموعة (D) | 183 | 42.2 | جريان سريع |
| الإجمالي | | 433.5 | 100 | |
| المصدر : الباحث اعتماداً على بيانات الخريطة رقم (3) | | | | |

2-1- المجموعة الهيدرولوجية A

تُرب هذه المجموعة ذات نفاذية عالية وارتشاح عالٍ، وتتمثل في تربة السهول الفيضية، وفي الأراضي الزراعية في الأودية الخصبة، ولا يشكل هذا النوع مصدراً للجريان السطحي نتيجة النفاذية العالية التي تؤدي إلى تسرب المياه إلى الأسفل، وكذلك إعاقة النبات، مما يقلل من سرعة المياه، وبالتالي يؤدي ذلك إلى تبخرها، وتبلغ مساحة هذه المجموعة (100) كم² بنسبة (23%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة.

2-2- المجموعة الهيدرولوجية B

ترب هذه المجموعة عبارة عن تربة رملية إلى مزيجية (ترب ضحلة)، تنتشر بجانب المناطق الزراعية، وتبلغ مساحتها (40.5) كم² بنسبة (9.4%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة.

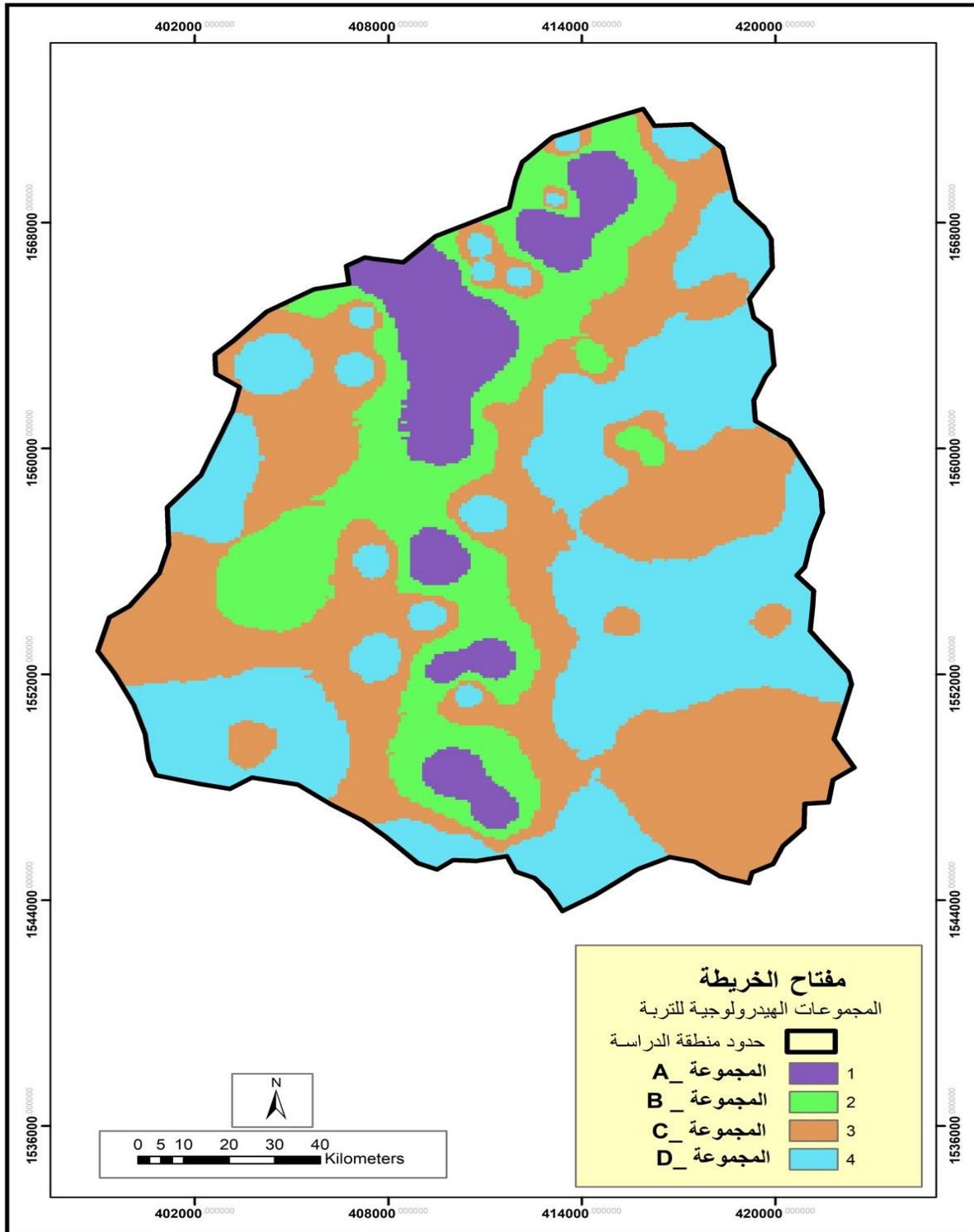
2-3- المجموعة الهيدرولوجية C

هي عبارة عن تربة خشنة مكونة من الحصى والفتان الصخري والجلاميد الصخرية المختلطة بالرمل، تنتشر في مجاري الأودية الرئيسية وفي المدرجات الجبلية، وتتمتع بنفاذية ضعيفة إلى جيدة، وتبلغ مساحتها (110) كم² بنسبة (25.4%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة.

2-4- المجموعة الهيدرولوجية D

يتمثل هذا النوع بمناطق المرتفعات الجبلية العالية والمنكشفات الصخرية والمناطق السكنية، ومناطق شق الطرقات الرئيسية ومناطق المنحدرات الشديدة، ويُعتبر هذا النوع هو المسؤول عن نشوء الجريان السطحي في منطقة الدراسة، وتعتبر مساحة هذا النوع أكبر مساحة، حيث بلغت (183) كم² بنسبة (42.2%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة.

شكل رقم (3) المجموعات الهيدرولوجية للتربة بمنطقة الدراسة



المصدر: الباحث اعتماداً على نتائج تحاليل عينات مختبرية للتربة واستخراج نسيجها وتحليلها بواسطة GIS

وأعلى منسوب)، ويدل هذا المُعامل على مدى تضرس الحوض، فكلما زادت قيمة معدل

3- الانحدار: يقيس العلاقة بين المسافة الأفقية (طول الحوض) والمسافة الرأسية (الفرق بين أدنى

التأثير المباشر في عملية الجريان السطحي لمختلف أشكال السفوح⁽²⁾.

وقد تم تصنيف الانحدار بمنطقة الدراسة إلى سبع فئات تتفاوت من منطقة لأخرى ومن فئة إلى أخرى بمساحات ونسب مختلفة وفق تصنيف Young A- (1972)، كما في جدولي (3،4) وشكل (4)

الانحدار دلّ ذلك على بطء الانحدار وبطء الجريان السطحي وقلة خطورة الحوض، والعكس. وتُفيد دراسة الانحدار في تحليل أشكال سطح الأرض ومعرفة أصل نشأتها ومراحل تطورها⁽¹⁾، كما تُعد الانحدارات عاملاً جوهرياً في تحليل العديد من الظواهر الطبيعية كونها تسمح بمعرفة

| جدول (3) فئات الانحدار وفق تصنيف (Young) | | |
|--|---------------------------|----------------|
| م | التصنيف | درجات الانحدار |
| 1 | انحدار شبه مستوٍ الى خفيف | 0 - 2 |
| 2 | انحدار خفيف | 2-5 |
| 3 | انحدار متوسط | 5-10 |
| 4 | انحدار فوق المتوسط | 10-18 |
| 5 | انحدار شديد | 18-30 |
| 6 | انحدار شديد جداً | 30 - 45 |
| 7 | منحدرات جرفية | 45> |

المصدر: عماد عبد الفتاح صالح البناء، مصدر سابق ص520.

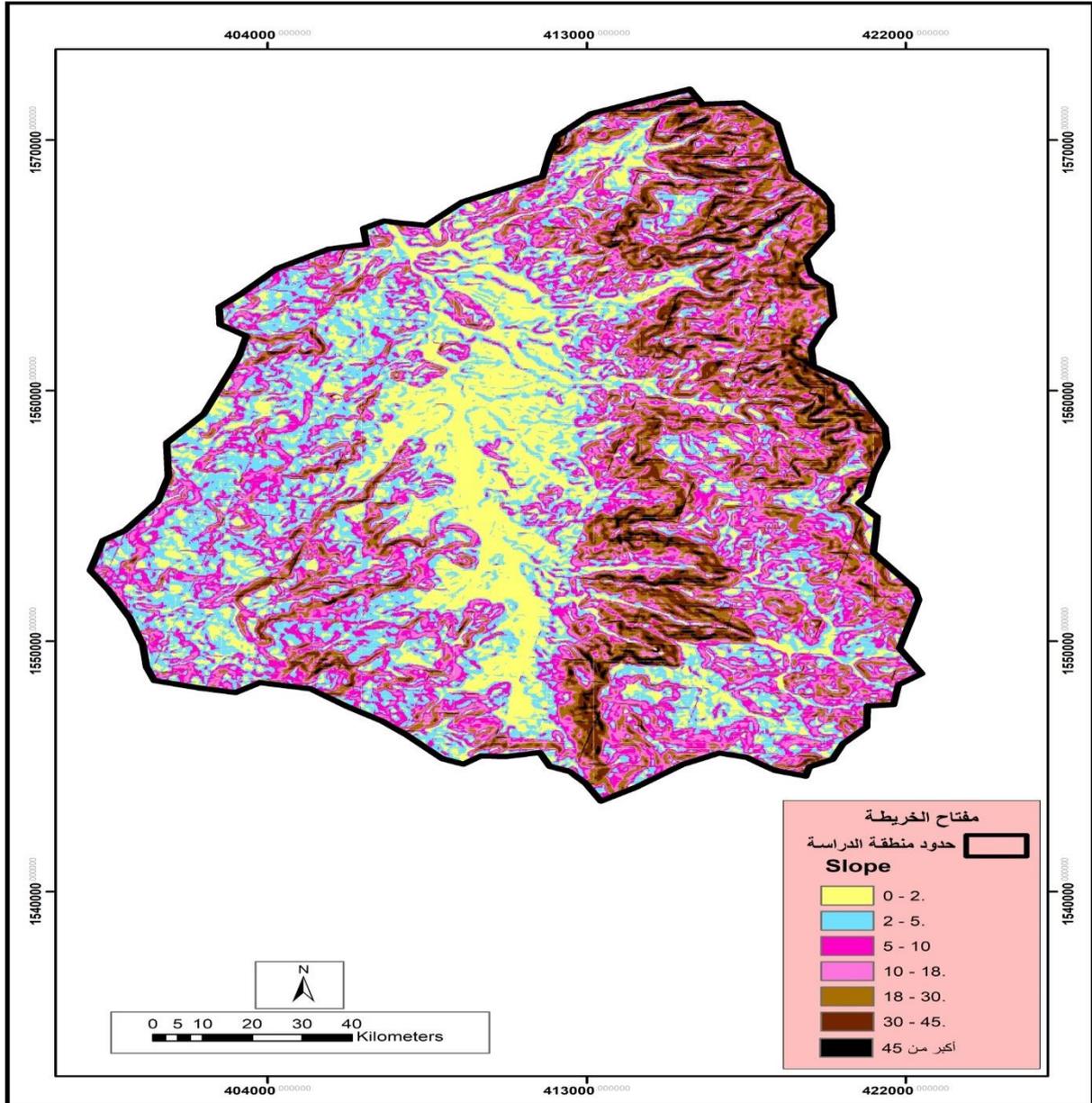
| جدول (4) مساحة ونسب الانحدارات وأثره في الجريان السطحي بمنطقة الدراسة | | | | |
|---|---------------|-------------------------|------------------|------------------|
| نوع الانحدار | فئات الانحدار | المساحة كم ² | النسبة المئوية % | الدلالة المئوية |
| انحدار شبه مستوٍ الى خفيف | 0 - 2 | 89 | 20.5 | منعدمة الجريان |
| انحدار خفيف | 2-5 | 111.5 | 25.7 | جريان بطي جداً |
| انحدار متوسط | 5-10 | 84 | 19.4 | جريان متوسط بطيء |
| انحدار فوق المتوسط | 10-18 | 62 | 14.3 | جريان متوسط |
| انحدار شديد | 18-30 | 47 | 10.8 | جريان عالٍ |
| انحدار شديد جداً | 30 - 45 | 30 | 7 | جريان عالٍ جداً |
| منحدرات جرفية | 45> | 10 | 2.3 | جريان سريع |
| الإجمالي | | 433.5 | 100 | |

المصدر: الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاع الرقمي DEM باستخدام ال GIS

(2) عناب، رضا. (2006). تقدير خطر التعرية في حوض تيمقادو وأثرها على سد كدية مقارنة متعددة المعايير، رسالة ماجستير، قسم علوم الأرض، كلية العلوم، جامعة العقيد الحاج الخضر، الجزائر، ص15.

(1) البناء، عماد عبد الفتاح صالح. (2021). التحليل الهيدرولوجي مورفولوجي لأحواض التصريف بمنطقة رأس بكر غرب خليج السويس، مجلة كلية الآداب بقنا، جامعة جنوب الوادي، العدد 53 الجزء الثاني، ص520.

شكل (4) الانحدار (بالدرجات) في منطقة الدراسة



المصدر: الباحث اعتماداً على نموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) بواسطة برنامج Arc Gis 10.8 من خلال بيانات

الجدول (4) والشكل (4) يتضح الآتي:

لنفاذية المياه وترشيحها إلى الطبقات السفلى وتغذية الخزان الجوفي للمنطقة.

1-2- الفئة الثانية (2-5): تتميز هذه الفئة بتضرس بسيط، فهي تنتشر موازية للفئة الأولى، وكذلك بجانب الأودية والسهول الزراعية، كما تنتشر بمساحات متناثرة في بقية المنطقة، كما وضح ذلك في الشكل رقم (4)، وبالتالي فإن

1-1- الفئة الأولى (0-2): تمثل هذه الفئة أراضي الأودية والسهول التي تضاريسها مستوية، حيث تمتد من الجنوب إلى الشمال وسط منطقة الدراسة على امتداد وادي السحول الرئيسي، وتعتبر أراضي هذه الفئة مناطق تجمع المياه من المناطق الأعلى منها، وفيها يوجد المجرى الرئيسي لمنطقة الدراسة، ويُعد فيها أكبر فرص

يسير، وكذلك شمال المنطقة ممثلة بمنحدرات جبل سمارة وعكدان وجبل هيوه، و تُشكل هذه المنحدرات جريان مائي مرتفع، وتقل بها فرصة النفاذية نظراً لانحدارها الشديد وصخورها الصلبة والحادة.

4- تحديد الحالة المسبقة لرطوبة التربة AMC بمنطقة الدراسة:

يشير هذا المعامل إلى حالة رطوبة التربة قبل بدء العاصفة المطرية وتكوين الجريان السطحي، ويُعتبر من المتغيرات المهمة التي يُحدد على أساسها قيم CN، وقد حددت مصلحة صيانة الترب الأمريكية حالات رطوبة التربة المسبقة إلى ثلاث حالات هي: الحالة الأولى AMC1: وتستخدم للمناطق الجافة.

الحالة الثانية AMC11: وتستخدم للمناطق شبة الجافة، وتسمى الحالة الاعتيادية.

الحالة الثالثة AMC111: وتستخدم للمناطق الرطبة ذات الأمطار الغزيرة⁽¹⁾. وتُحدد هذه الحالات على أساس مجموعة هطول الأمطار لمدة خمسة أيام متتالية قبل حساب الجريان ومعياري استخدام الحالة، كما هو موضح في الجدول (5) الآتي:

جدول (5) الحالة المسبقة لرطوبة التربة بحسب تصنيف

SCS

| الحالة المسبقة لرطوبة التربة | مجموع هطول الأمطار لخمسة أيام سابقة ملم |
|------------------------------|---|
| AMC1 | 35 < |
| AMC11 | 52.5 - 35 |
| AMC111 | 52.5 > |

المصدر:- الكنانى، حيدر محمد حسن، مصدر سابق

ص 318

الجريان المائي في هذه الفئة بطيء جداً، ويشكل فرصاً أقل لنفاذية المياه من الفئة الأولى.

3-1- الفئة الثالثة (5-10): تتمثل هذه الفئة في سطوح التلال المنخفضة ويسود انتشارها موازياً للفئة الثانية، كما تنتشر بمساحات متناثرة بجميع أجزاء المنطقة، وتقل فرص النفاذية فيها مقارنة بالفئتين السابقتين، ويكون فيها الجريان المائي متوسطاً بطيئاً.

4-1- الفئة الرابعة (10-18): تُعتبر انتقالية بين الأراضي المرتفعة والمنخفضة، وفيها يبدأ الجريان السطحي بشكل أكبر من الفئات السابقة، وتقل نفاذية المياه، و يكون الجريان المائي فيها متوسطاً.

5-1- الفئة الخامسة (18-30): تنتشر هذه الفئة على امتداد السلاسل الجبلية المرتفعة وسط الحوض وفي أطرافه الشمالية الشرقية، وتقل بها فرص النفاذية بشكل أكبر من سابقتها باستثناء المناطق الجنوبية المحاذية للشقوق والفواصل، وفيها يتجه الجريان المائي إلى المستويات السابقة والأقل انحداراً منها بسرعة عالية.

6-1- الفئة السادسة (30-45): تُمثل هذه الفئة كذلك المرتفعات الجبلية، وتُعتبر مناطق تقسيم للمياه بين حوض منطقة الدراسة والاحواض المجاورة له، وفيها تنحدر المياه بسرعة عالية جداً، وتكاد تنعدم فيها فرص النفاذية.

7-1- الفئة السابعة (>45): تنتشر هذه الفئة بمنحدرات وحواف السلاسل الجبلية العالية الممتدة جنوب ووسط المنطقة ممثلة بجبال بعدان ومرتفعات

(1) Taylor. (1986). francis the an tecedent soil moisture condition of the curve number procedure, Hydrological sciences journal, pig4.

وقليل النفاذية، في حين يعبر رقم المنحنى المنخفض على انخفاض الجريان السطحي، وأن السطح قليل الصماتة وعالي النفاذية، وتتراوح قيم (CN) ما بين (0-100)⁽²⁾.

وقد تم استخراج قيم CN لمنطقة الدراسة من خلال دمج طبقتي الغطاء الأرضي والمجموعات الهيدرولوجية للتربة بواسطة برنامج Arc GIS 10,8 من خلال الأمر Combine بعد اعتماد الحالة الرطوبية للتربة، وهي الحالة AMC111 (الرطوبة) والتي تبين أن قيم CN المرتفعة بلغت (98) في الترب الصماء المنتشرة في مجاري الأودية وفي الطرق الرئيسية التي لا تسمح لنفاذية المياه إلى الأسفل، كذلك الرقم (93) انتشر في المناطق الجبلية شديدة الانحدار، وهذه المناطق تولد جريان مائي سريع، فيما تتفاوت أرقام CN في بقية المناطق، كما هو موضح في الجدول (6) والشكل رقم (5).

كما تم الاعتماد على البيانات المناخية لمحطة إب واستخراج البيانات المطرية اليومية بهدف الحصول على أعلى عاصفة مطرية يومية لكل عام من أعوام فترة الدراسة الممتدة من (2000-2020)، حيث أوضحت تلك البيانات أن منطقة الدراسة تتوافق مع الحالة الرطوبية الثالثة (AMC111) التي تزيد أمطارها عن 52.5 ملم والتي تُعد ذات جريان مائي مرتفع.

5- استخراج قيم CN لمنطقة الدراسة:

تعكس قيم (CN) حالة غطاءات الأرض وهيدرولوجية التربة من حيث قدرتها على امتصاص الماء، فهي مؤشر لمدى استجابة الحوض المائي للجريان السطحي⁽¹⁾.

وتستخدم لتحديد كمية الأمطار التي تتسرب إلى التربة أو إلى المياه، ومتى يصبح هطول الأمطار جرياناً سطحياً، حيث يدل رقم المنحنى (CN) المرتفع إلى ارتفاع الجريان السطحي، وأن الحوض شديد الصماتة

| جدول (6) قيم CN وما يقابلها من غطاءات الأرض والمجموعات الهيدرولوجية بمنطقة الدراسة | | | | |
|--|------------------------|------------------------|----|----|
| م | غطاءات الأرض | المجموعات الهيدرولوجية | | |
| | | A | B | C |
| 1 | المرتفعات الجبلية | 77 | 91 | 86 |
| 2 | الأراضي الزراعية | 70 | 81 | 88 |
| 3 | المدرجات الجبلية | 81 | 70 | 78 |
| 4 | المناطق العمرانية | 51 | 70 | 79 |
| 5 | أراضي المراعي الطبيعية | 49 | 69 | 79 |
| 6 | مجاري الأودية | 98 | 98 | 98 |
| 7 | طرق رئيسية | 98 | 98 | 98 |

المصدر: الباحث بالاعتماد على خريطة رقم (2) وخريطة رقم (3) باستخدام ال GIS

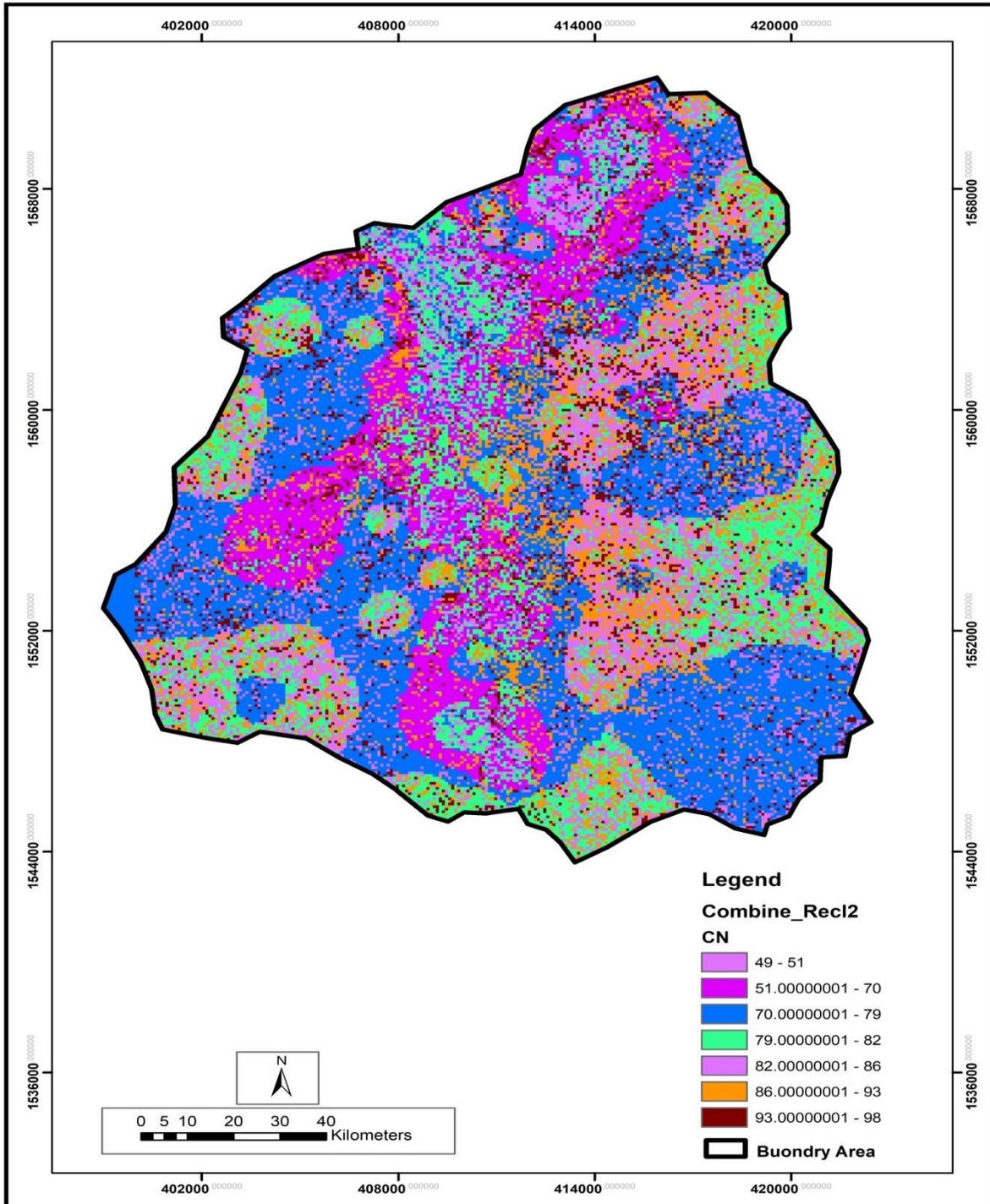
(2) Xiaoyong Zhan .(2004). Min- Lang Huang , Arc CN-Runoff ; an Arc Gis Tool For generating curve number and runoff maps, tide -in Environmental modeling & software .pig875.

(1) النفيعي، هيفاء محمد.(2010). تقدير الجريان السطحي ومخاطرة السيلبية في الحوض الأعلى لوادي عرنه شرق مكة المكرمة ، بوسائل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية ، رسالة ماجستير ، قسم الجغرافيا ، كلية العلوم الاجتماعية ، جامعة أم القرى، ص93.

المرتفعات الجبلية، والعكس من ذلك كلما ابتعدت القيمة من الـ 100 دل على نفاذية التربة، كما هو في القيم التي تتراوح ما بين (51-70) بمناطق الأراضي الزراعية.

من خلال بيانات الجدول أعلاه يتضح أنه كلما اقتربت القيم من الـ 100 تشير إلى صماتة التربة وقلة النفاذية، كما هو في مناطق الطرقات ومجاري الأودية الرئيسية التي مثلتها القيمة (98)، وكذلك في

شكل رقم (5) قيم الـ CN وما يقابلها من غطاءات الأرض والمجموعات الهيدرولوجية



المصدر: الباحث اعتماداً على خريطة الغطاء الأرضي وخريطة المجموعات الهيدرولوجية

للتربة بواسطة برنامج Arc Gis 10.8

6- توزيع قيم CN لمنطقة الدراسة:

بلغ عدد قيم الـ CN لمنطقة الدراسة (15) قيمة تراوحت ما بين (49) للمناطق الأكثر نفاذية، وما بين (98) للمناطق الأقل نفاذية، وهذا يدل على وجود جريان سطحي كبير، يختلف باختلاف الغطاء النباتي ونسيج التربة، حيث يعبر الرقم (98) عن المناطق ذات المسامية الضعيفة، والتي تنتشر في الطرق الإسفلتية ومجاري الأودية التي تشكل جرياناً مائياً سريعاً، ويشكل هذا النوع بمنطقة الدراسة مساحة (34) كم² بنسبة (7.8%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة. كما أن القيمة (93) تعتبر كذلك منطقة تشكل جرياناً مائياً عالياً، وقد تمثلت في المرتفعات الجبلية المنحدرة، وتشكل مساحتها (25) كم² بنسبة (5.8%) من مساحة المنطقة - جدول (7) - .

| جدول (7) قيم CN المستخلصة لمنطقة الدراسة | | | | | |
|---|-------------------------|----------|----------|-------------------------|----------|
| قيم CN | المساحة كم ² | النسبة % | قيم CN | المساحة كم ² | النسبة % |
| 49 | 13 | 8 | 82 | 9 | 2 |
| 51 | 1 | 0 | 84 | 48 | 11 |
| 69 | 26 | 6 | 86 | 26 | 6 |
| 70 | 35 | 1 | 88 | 13 | 3 |
| 77 | 4 | 1 | 91 | 18 | 4 |
| 78 | 51.5 | 12 | 93 | 25 | 6 |
| 79 | 65 | 15 | 98 | 34 | 7.8 |
| 81 | 65 | 15 | الإجمالي | 433.5 | 100 |
| المصدر : الباحث اعتماداً على الخريطة رقم (5) باستخدام الـ GIS | | | | | |

من خلال بيانات الجدول (7) والشكل (5) يتبين أن القيم التي تتراوح ما بين (49-51) تبلغ مساحتها (14) كم² بنسبة (3.3%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتنتشر في سهول الأودية، بينما القيم التي تتراوح ما بين (51.1-70) تبلغ مساحتها (61)

كم² بنسبة (14%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتنتشر وسط منطقة الدراسة على امتداد وادي السحول الرئيسي والسهول المجاورة له من الجنوب إلى الشمال، وغرب المنطقة بوادي غلاس، وهي ذات نفاذية عالية.

في حين أن القيم التي تتراوح ما بين (70.1-79) بلغت مساحتها (120.5) كم²، وبنسبة (27.8%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتنتشر بشكل كبير في أراضي المدرجات الزراعية وبعض سهول الأودية، وهي ذات نفاذية متوسطة، كما أن القيم التي تتراوح ما بين (79.1-82) تشكل مساحة (74) كم² بنسبة (17.07%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتنتشر بشكل متناثر في المناطق السكنية والعمرانية كمدينة إب، وأما القيم التي تتراوح ما بين (82.1-86)، فهي تنتشر في سلاسل المرتفعات الجبلية، وتبلغ مساحتها (74) كم² بنسبة (17.07%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وأن القيم التي تتراوح ما بين (86.1-93) تنتشر في المنحدرات والمكاشف الصخرية بمساحة (56) كم² بنسبة (12.91%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، في حين أن القيم التي تتراوح ما بين (93.1 - 98) تشكل مساحة (34) كم² بنسبة (7.84%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتنتشر في الحواف الصخرية الحادة ذات المنحدرات الشديدة وبالطرق الإسفلتية، وهي تمثل مناطق توليد للجريان السطحي بشكل كبير.

7- حساب معامل الإمكانية القصوى (S) للاحتفاظ بالماء بعد بدء الجريان السطحي:

يُعبّر عن الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالماء في التربة بعد بدء الجريان السطحي، حيث يصف حالة التربة المشبعة تماماً بالماء بعد بدء الجريان السطحي، أي:

من الصفر تدل على قلة الفاقد من الأمطار قبل بدء الجريان مما يساعد على سرعة الجريان السطحي، بينما يكون معدل (Ia) مساويا لمعدل المياه الجارية على السطح؛ إذ بلغت قيمته (50.8) ملم، أما إذا ارتفعت فيه (Ia) فهذا يدل على كمية أكبر من مفقودات الأمطار، وبالتالي تقل كمية المياه الجارية على السطح⁽⁴⁾. وهو يمثل خمس قيمة معامل الإمكانية القصوى (S)، وتحسب قيمته بالمعادلة الآتية:

$$Ia = S/5 \quad (5)$$

وقد بلغت قيمة (Ia) في منطقة الدراسة (6.2)، كما هي موضحة في جدول (8) مما يؤكد انخفاض كمية الاستخلاص الأولي للمنطقة، ونشوء كميات عالية من الجريان المائي على السطح بعد سقوط الأمطار، وهذا ما يجعل كميات المياه تسيل من جميع أجزاء المنطقة إلى المجرى الرئيسي بوادي السحول، وبالتالي تذهب كمية المياه الجارية لتصب في وادي زبيد، مما يؤثر على كفاية المياه في المنطقة نتيجة جريانها إلى خارج منطقة الدراسة.

9- تقدير عمق الجريان السطحي لمنطقة الدراسة:

يُعبّر عمق الجريان السطحي عن مقدار المياه الجارية على السطح من عاصفة مطرية معينة بغض النظر عن المساحة التجميعية للحوض، وهو بذلك يختلف عن حجم الجريان السطحي، حيث يختلف عمق

بعد توقف عملية التسرب، ويختلف سمك الطبقة المشبعة بالماء تبعاً لنوع التربة ومدى قدرتها على امتصاص كميات أكبر من الماء أثناء موجة المطر؛ ولذلك فإن المعامل S ذو علاقة كبيرة بنوع التربة وغطاءات الأرض⁽¹⁾، ويتم حسابه بالمعادلة الآتية:

$$S = 25400 / CN(II) \quad (2)$$

حيث تشير قيم ال (S) المنخفضة إلى تدني إمكانية التربة في الاحتفاظ بالماء على سطح الأرض بعد بدء الجريان مما يؤدي إلى زيادة الجريان السطحي، والعكس إذا زادت قيم S فإن التربة ذو قدرة عالية في الاحتفاظ بالماء على سطح الأرض، كما تتحكم الأشكال الطبوغرافية في سرعة الجريان، مما يؤدي إلى خروج كميات المياه إلى خارج منطقة الحوض المائي⁽³⁾.

وقد بلغت قيم (S) في منطقة الدراسة (31) ملم، وهي قيمة ضعيفة تدل على تدني إمكانية التربة بالاحتفاظ بكميات المياه، مما يؤدي إلى ارتفاع كمية الجريان السطحي.

8- معامل الاستخلاص الأولي (Ia) Initial abstraction في منطقة الدراسة:

يُعد معامل الاستخلاص الأولي أحد المعايير المهمة التي تساعد في حساب مقدار الجريان السطحي، ويوضح كمية مياه الأمطار المفقودة قبل بدء الجريان من خلال اعتراضات النباتات والتسرب والتبخّر؛ إذ إن لكل فئة من فئات (Ia) دلالة معينة، فالقيم القريبة

(3) Qahtan yehya .A.m. AL-Asbahi,(2005). Water Resources information in yemen, IWG – Env, information work Session on water statistics , pig1. (4) الشمري، صادق عبد الحسين نصيف.(2023). تحليل الخصائص المورفومترية والمورفوتكتونية في حوض وادي بالكبان، رسالة ماجستير، الجامعة المستنصرية، كلية التربية، قسم الجغرافية، ص104. (5) chow, v,T,;, maidment D, R, and mays (5) L.(1988). w,; Applied Hydrology mcgraw – Hill New York USA,.

(1) حميد، دلي خلف.(2016). التحليل المكاني لتقدير حجم الجريان السطحي باستخدام (SCS / CN) لحوض وادي المر الجنوبي شمال العراق، مجلة جامعة تكريت، كلية التربية للعلوم الصرفة، المجلد(21)، العدد(5)، ص116.

(2) العمري، جميل عبده حمزة.(2019). تقييم جغرافي لأهم معادلات حساب الجريان السطحي في الأحواض المائية، مجلة كلية التربية للعلوم التربوية والأساسية، جامعة بابل، العدد42، ص881.

$Ia =$ معامل استخلاص اولي (ملم)

$S =$ أقصى قدرة محتملة للاحتفاظ بالماء (ملم)

من خلال تطبيق المعادلة على بيانات منطقة الدراسة تم التوصل إلى حساب عمق الجريان السطحي لأعلى عاصفة مطرية للفترة من 2000-2020م.

كما تضمن المحور الثاني حساب عمق الجريان السطحي السنوي استنادًا الى معدل المجموع السنوي للأمطار الساقطة على الحوض، وتم ذلك من خلال معادلة عمق الجريان السطحي كالتالي:

9-1- تقدير الجريان السطحي الناتج من أعلى

عاصفة مطرية للفترة من 2000-

2020م.

تم في هذه الخطوة اختيار أعلى عاصفة مطرية سنوية لكل سنة على حدة، ومن خلال تطبيق المعادلة على بيانات منطقة الدراسة تم التوصل إلى استخراج عمق الجريان السطحي لأعلى عاصفة مطرية للفترة من 2000-2020م والموضحة هو في الجدول (8).

الجريان السطحي باختلاف نوع الغطاء النباتي ومقدار نفاذية التربة⁽¹⁾.

وقد تم تقدير عمق الجريان السطحي بمنطقة الدراسة اعتمادًا على معطيات معادلة صيانة الترب الأمريكية التي تعتمد على قيم $(Ia - S - CN)$ ، وعلى مجموع بيانات كمية الأمطار السنوية الساقطة على الحوض المأخوذة من محطة إب، وتم تقدير ذلك الجريان لكل عام على حده خلال فترة الدراسة الممتدة ما بين عامي (2000-2020)، وكذلك على أساس محورين رئيسيين هما:

المحور الأول: تضمن حساب عمق الجريان السطحي الناتج من أعلى عاصفة مطرية، وتم ذلك بناء على معادلة عمق الجريان السطحي الآتية:

$$Q = (P - Ia)2 / (P - Ia) + S \quad (2)$$

حيث إن

$Q =$ عمق الجريان السطحي (ملم)

$P =$ عمق المطر (ملم)

جدول (8) عمق الجريان السطحي في منطقة الدراسة لأعلى عاصفة مطرية

| العام | أعلى عاصفة مطرية | Ia | S | عمق الجريان | العام | أعلى عاصفة مطرية | Ia | S | عمق الجريان |
|-------|------------------|-----|----|-------------|-------|------------------|-----|----|-------------|
| 2000 | 111 | 6.2 | 31 | 80.9 | 2011 | 110 | 6.2 | 31 | 79.9 |
| 2001 | 65 | 6.2 | 31 | 38.5 | 2012 | 52 | 6.2 | 31 | 27.3 |
| 2002 | 40 | 6.2 | 31 | 17.6 | 2013 | 23 | 6.2 | 31 | 5.9 |
| 2003 | 52 | 6.2 | 31 | 27.3 | 2014 | 51 | 6.2 | 31 | 26.5 |
| 2004 | 50 | 6.2 | 31 | 25.6 | 2015 | 39 | 6.2 | 31 | 16.9 |
| 2005 | 42 | 6.2 | 31 | 19.2 | 2016 | 55 | 6.2 | 31 | 29.8 |
| 2006 | 60 | 6.2 | 31 | 34.1 | 2017 | 65 | 6.2 | 31 | 38.5 |
| 2007 | 65 | 6.2 | 31 | 38.5 | 2018 | 42 | 6.2 | 31 | 19.2 |
| 2008 | 50 | 6.2 | 31 | 25.6 | 2019 | 60 | 6.2 | 31 | 34.1 |
| 2009 | 90 | 6.2 | 31 | 61.2 | 2020 | 58 | 6.2 | 31 | 32.4 |

(2)United states.(1997). Department of Agriculture Natural Resources conservation service conservation, urban Hydrology for small watersheds TR-55-Engineering Division,pig 6.

(1) عكام، اسحق صالح، نوال كامل علوان.(2015). تقدير حجم الجريان السطحي لحوض وادي دويرج بالاعتماد على تقنية التحسس النائي ونظم المعلومات الجغرافية، مجلة البحوث الجغرافية، العدد (21)، ص351.

| | | | | | | | | | |
|---|--|--|------|----------|------|----|-----|-----|------|
| | | | | | 70.5 | 31 | 6.2 | 100 | 2010 |
| 749.7 | | | 1280 | الإجمالي | | | | | |
| المصدر: الباحث اعتماداً على بيانات الأمطار لمحطة إب وبيانات المعادلات الخاصة بتقدير الجريان السطحي. | | | | | | | | | |

9-2- تقدير عمق الجريان السطحي السنوي:
تم تقدير عمق الجريان السطحي السنوي اعتماداً على مجموع الأمطار السنوية الساقطة على منطقة الدراسة، والتي تعتمد على بيانات محطة إب، حيث تم تقدير عمق الجريان السطحي لكل عام على حدة للفترة من عام 2000-2020م كما هو موضح في الجدول (9)

من خلال بيانات الجدول (8) تبين أن أعلى عاصفة مطرية كانت في العامين 2000 و2011م والتي بلغت (111، 110) ملم لكل منهما على التوالي، وكان فعلاً أعلى عمق للجريان السطحي في هذين العامين والتي بلغت (80.9 و79.9) ملم لكل منهما على التوالي، في حين كانت أدنى عاصفة مطرية في العام 2013م، حيث لم تتجاوز (23) ملم، وبالتالي كان أقل عمقاً للجريان السطحي في ذلك العام، حيث لم يتجاوز (5.9) ملم.

| العام | كمية الأمطار السنوية | S | la | عمق الجريان | العام | كمية الأمطار السنوية | S | la | عمق الجريان |
|---|----------------------|----|-----|-------------|----------|----------------------|----|-----|-------------|
| 2000 | 1006.6 | 31 | 6.2 | 970.3 | 2011 | 2569 | 31 | 6.2 | 2532.2 |
| 2001 | 607.9 | 31 | 6.2 | 572.2 | 2012 | 691 | 31 | 6.2 | 655.1 |
| 2002 | 705.1 | 31 | 6.2 | 669.2 | 2013 | 989 | 31 | 6.2 | 952.7 |
| 2003 | 553.3 | 31 | 6.2 | 517.8 | 2014 | 780 | 31 | 6.2 | 744.0 |
| 2004 | 728.6 | 31 | 6.2 | 692.7 | 2015 | 690 | 31 | 6.2 | 654.1 |
| 2005 | 820.2 | 31 | 6.2 | 784.1 | 2016 | 809 | 31 | 6.2 | 773.0 |
| 2006 | 1011.4 | 31 | 6.2 | 975.1 | 2017 | 842 | 31 | 6.2 | 805.9 |
| 2007 | 824 | 31 | 6.2 | 787.9 | 2018 | 980 | 31 | 6.2 | 943.8 |
| 2008 | 764.5 | 31 | 6.2 | 728.5 | 2019 | 1262 | 31 | 6.2 | 1225.5 |
| 2009 | 1521 | 31 | 6.2 | 1484.4 | 2020 | 919 | 31 | 6.2 | 882.8 |
| 2010 | 2328 | 31 | 6.2 | 2291.2 | الإجمالي | 21401.6 | | | 20642.7 |
| المصدر: الباحث اعتماداً على بيانات الأمطار لمحطة إب وبيانات المعادلات الخاصة بتقدير الجريان السطحي. | | | | | | | | | |

للجريان السطحي للعامين أنفسهم، حيث بلغت (2291)، (2532.2) ملم لكل منهما على التوالي، ويعتبر عام 2003م أدنى كمية تساقط مطري وأدنى

من خلال بيانات الجدول (9) يتضح الآتي:
يعتبر أعلى مجموع لكمية التساقط المطري في العامين 2010 و2011م، حيث بلغت (2328، 2569) ملم لكلٍ منهما على التوالي، في حين بلغ أعلى عمق

الهيدرولوجية المهمة، حيث يساعد على معرفة أكثر المناطق جرياناً سطحياً وتحديد المواقع الأنسب للمصاطب الصناعية المعرّقة لحركة المياه⁽²⁾.

ومن أجل حساب حجم الجريان السطحي لحوض منطقة الدراسة، تم الاعتماد على بيانات محطة إب وأخذ اعتبارات نوعية كالغطاء الأرضي ومجموعة التربة الهيدرولوجية وبيانات عمق الجريان السطحي واستخدام المعادلة الآتية:

$$QV=(Q*A/1000)^{(3)}$$

حيث إن:

$$QV = \text{حجم الجريان السطحي} / \text{م}^3$$

$$Q = \text{عمق الجريان السطحي} / \text{ملم}$$

$$A = \text{مساحة الحوض} / \text{كم}^2$$

من خلال تطبيق المعادلة أعلاه على بيانات منطقة الدراسة، فقد بلغ إجمالي حجم الجريان السطحي خلال فترة الدراسة (8948.6) ملم - جدول (10) يوضح ذلك.

عمق للجريان المائي، ويختلف مجموع كمية التساقط المطري وعمق الجريان من عام لآخر.

وبناءً على ما سبق فإن كمية المياه المتسربة والمتبخرة من مياه الأمطار تبلغ (59.2%) في حين يتحول (40.8%) من مياه الأمطار إلى جريان سطحي، وذلك نتيجة انحدار منطقة الدراسة التي تعمل على توليد الجريان السطحي، إضافة إلى أن أمطار منطقة الدراسة تسقط على شكل زخات كبيرة في ساعات محدودة، مما يزيد من سرعة الجريان السطحي، ويؤثر على كفاية المياه في المنطقة من خلال جريانها إلى خارج منطقة الدراسة، وتحديداً إلى وادي زبيد.

10- حجم الجريان السطحي:

هو مقدار كمية المياه التي تتدفق بشبكات تصريف الحوض، ويحدث هذا التدفق عندما تزيد كمية الأمطار الساقطة عن كمية الفاقد عن طريق عملية التسرب، وذلك من خلال قلة فواقد التبخر أثناء فترة التساقط المطري⁽¹⁾. ويُعبر حجم الجريان السطحي عن مجموع الجريان إلى مساحة الحوض، ويعتبر من الحسابات

جدول (10) عمق وحجم الجريان السطحي السنوي في منطقة الدراسة للفترة من 2000-2020م

| حجم الجريان | عمق الجريان | حجم الجريان | عمق الجريان | العام | حجم الجريان | عمق الجريان | حجم الجريان | عمق الجريان | العام |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|
| لأعلى | لأعلى | السنوي | السنوي | | لأعلى | لأعلى | السنوي | السنوي | |
| عاصفة | عاصفة | عاصفة | عاصفة | | عاصفة | عاصفة | عاصفة | عاصفة | |
| مطرية | مطرية | مطرية | مطرية | | مطرية | مطرية | مطرية | مطرية | |
| 79.9 | 1097.7 | 2532.2 | 2011 | 2011 | 35.1 | 80.9 | 420.6 | 970.3 | 2000 |
| 27.3 | 284.0 | 655.1 | 2012 | 2012 | 16.7 | 38.5 | 248.1 | 572.2 | 2001 |
| 5.9 | 413.0 | 952.7 | 2013 | 2013 | 7.6 | 17.6 | 290.1 | 669.2 | 2002 |

(3) الركابي، رنا سلمان جادر. (2023). هيدرولوجيا حوض وادي بليقان شرقي محافظة واسط باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير، جامعة واسط، كلية التربية للعلوم الانسانية، قسم الجغرافية، ص 130.

(1) عمران، انتظار مهدي، هاله محمد عبد الرحمن. (2018). هيدرولوجية الأحواض الشرقية لبحيرة دريندخان، مجلة العلوم الانسانية، كلية التربية للعلوم الانسانية، المجلد (25)، العدد الرابع، ص 18.

(2) الحياي، شيماء باسم عبد القادر. (2021). المخاطر الهيدرولوجية للأحواض المائية في منطقة عقرة، اطروحة دكتوراه، جامعة الموصل، كلية التربية للعلوم الانسانية، قسم الجغرافية، ص 85.

| | | | | | | | | | |
|---|-------|--------|---------|----------|------|------|-------|--------|------|
| 26.5 | 322.5 | 744.0 | 2014 | 2014 | 11.8 | 27.3 | 224.4 | 517.8 | 2003 |
| 16.9 | 283.6 | 654.1 | 2015 | 2015 | 11.1 | 25.6 | 300.3 | 692.7 | 2004 |
| 29.8 | 335.1 | 773.0 | 2016 | 2016 | 8.3 | 19.2 | 339.9 | 784.1 | 2005 |
| 38.5 | 349.4 | 805.9 | 2017 | 2017 | 14.8 | 34.1 | 422.7 | 975.1 | 2006 |
| 19.2 | 409.1 | 943.8 | 2018 | 2018 | 16.7 | 38.5 | 341.6 | 787.9 | 2007 |
| 34.1 | 531.3 | 1225.5 | 2019 | 2019 | 11.1 | 25.6 | 315.8 | 728.5 | 2008 |
| 32.4 | 382.7 | 882.8 | 2020 | 2020 | 26.5 | 61.2 | 643.5 | 1484.4 | 2009 |
| 325.0 | 749.7 | 8948.6 | 20642.7 | الإجمالي | 30.6 | 70.5 | 993.2 | 2291.2 | 2010 |
| المصدر: الباحث اعتماداً على بيانات الأمطار لمحطة اب والمعادلات السابقة. | | | | | | | | | |

الحوض خلال فترة الدراسة، كما أنّ نسبة (58.2%) من كمية الأمطار الساقطة تتوزع في التبخر ونفاذيتها في التربة في المناطق المستوية ذات الكثافة النباتية. أما حجم الجريان المائي السطحي لأعلى عاصفة مطرية، فقد كان أعلاها في عام 2000م، حيث بلغ (35.1) ملم، وذلك نتيجة سقوط الأمطار بشدة عالية، وفي ساعات محدودة، إضافة إلى أن الخمسة الأيام التي قبل العاصفة كانت أياماً مطرية ممّا زاد من حجم الجريان لتلك العاصفة.

يليه العام 2011م حيث بلغ حجم الجريان (34.6) ملم؛ وذلك لشدة الأمطار في ذلك اليوم، وكذلك كانت الأيام التي قبلها مطيرة ممّا زاد من حجم الجريان. كما يقل حجم الجريان المائي إلى أدنى مستوياته في عام 2013م، حيث بلغ (2.6) ملم نتيجة تقطع العاصفة المطرية وجفاف الأيام التي قبل العاصفة كونها بداية الموسم المطري للعام (2013م).

في حين يتفاوت حجم الجريان السطحي من العواصف اليومية من عام إلى آخر. وبلغ إجمالي حجم الجريان الكلي لجميع العواصف المطرية خلال فترة الدراسة (325.0) ملم.

من خلال بيانات الجدول (10) يتبين الآتي: يتباين حجم الجريان السطحي السنوي من عام إلى آخر، وأن أعلى قيمة كانت في عام 2011م، حيث بلغت (1097.7ملم)، وذلك نتيجة ارتفاع معدلات الأمطار في ذلك العام، والتي بلغت (2569) ملم، كذلك ارتفاع عمق الجريان السطحي التي بلغت (2532.2) ملم.

بينما يعتبر عام 2003 م أدنى حجم للجريان السطحي، والذي لم يتجاوز (224.4) ملم، وذلك نتيجة انخفاض معدلات الأمطار لذلك العام، وانخفاض عمق الجريان السطحي الذي لا يتجاوز (517.8) ملم.

بينما تتفاوت المعدلات في بقية الأعوام كما وضحتها الجدول أعلاه.

كما بلغ إجمالي حجم الجريان السطحي السنوي للفترة من (2000-2020م) (8948.6) ملم، بينما بلغ إجمالي عمق الجريان لتلك الفترة (20642.7) ملم، كما أن إجمالي كمية الأمطار لتلك الفترة (21401.6) ملم.

بمعنى أن حجم الجريان السطحي يعادل (41.8%) من كمية الأمطار السنوية الساقطة على مساحة

11- النتائج:

6- بلغ معدل عمق الجريان السطحي لكمية الأمطار السنوية (20642.7) ملم للفترة من 2000-2020م، تختلف كذلك من عام لآخر.

7- بلغ حجم الجريان السطحي السنوي (8947.6) للفترة من 2000-2020م، وهذا يدل على أن حجم الجريان السطحي السنوي له قابلية على الإنتاجية للجريان السطحي.

12- التوصيات:

1- إنشاء محطات لقياس تصريف الجريان السطحي في منطقة الدراسة نظراً لأهمية الدراسات الهيدرولوجية.

2- الاستفادة من مياه الجريان السطحي من خلال إقامة السدود والحواجز المائية في الأماكن المناسبة لحصاد مياه الأمطار والاستفادة منها في تغذية المياه الجوفية، واستعمالها في سقي الحيوانات وغيرها من الاستعمالات المائية.

3- إمكانية الاعتماد على طريقة (SCS - CN) كطريقة مهمة في الدراسات الهيدرولوجية.

4- إمكانية الاستفادة من التقنيات الحديثة الاستشعار عن بعد RS ونظم المعلومات الجغرافية GIS للحصول على المتغيرات الهيدرولوجية.

13- المراجع:**13-1- المراجع باللغة العربية:**

[1] الجهاز المركزي للإحصاء. (2004). بيانات التقسيم الإداري للجمهورية اليمنية، وزارة التخطيط والتعاون الدولي، صنعاء، الجمهورية اليمنية.

[2] البناء، عماد عبد الفتاح صالح. (2021). التحليل الهيدروجيوميورفولوجي لأحواض التصريف بمنطقة رأس بكر غرب خليج السويس، مجلة كلية الآداب بقنا، جامعة جنوب الوادي، العدد ٥٣، الجزء الثاني.

1- صنفت التربة إلى أربع مجموعات هيدرولوجية (A-B-C-D)، واتضح أن المجموعة D تمثل (42.2%) من إجمالي مساحة المنطقة، وهي أعلى نسبة في المنطقة، حيث انتشرت بمناطق المرتفعات الجبلية مما يسمح بتوليد جريان سطحي مرتفع.

2- تم تصنيف الغطاء الأرضي اعتماداً على المرئيات الفضائية Sentinel2 التابعة للقمر الصناعي باستخدام التصنيف الموجه إلى سبعة أصناف، وأتضح أن الصنف السائد هو المدرجات الزراعية بنسبة (28.6%) من إجمالي مساحة المنطقة، يليه أراضي المراعي بنسبة (33.5%)، وهذا أسهم في زيادة معدل وسرعة الجريان السطحي.

3- تم الحصول على قيم ال (CN) لمنطقة الدراسة بواسطة برنامج Arc Gis 10.8 باعتبار الحالة المسبقة لرطوبة التربة هي الحالة الثالثة (الرطوبة) AMC111.

4- بلغ عدد قيم ال (CN) لمنطقة الدراسة (15) قيمة تراوحت ما بين 49-98، حيث انتشرت القيم المنخفضة من 49-70 بالمناطق الأكثر نفاذية على امتداد وادي السحول الرئيسي ووادي ضبوع ورفود شمالاً ووادي غلاس غرباً، في حين انتشرت القيم المرتفعة في المناطق الأقل نفاذية ممثلة مناطق المنحدرات الصخرية بكافة أرجاء المنطقة، وهذا يدل على وجود جريان سطحي.

5- بلغ معدل عمق الجريان السطحي من أعلى عاصفة مطرية (749.7) ملم للفترة من 2000-2020م، تختلف من عام لآخر.

- [11] عثمان، جلال وآخرون. (2021). تقدير حجم الجريان السطحي لحوض وادي معادن في اليمن، باستخدام نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد، المجلة اليمنية للبحوث والدراسات الزراعية، العدد (32).
- [12] عكام، إسحق صالح، نوال كامل علوان. (2015). تقدير حجم الجريان السطحي لحوض وادي دويرج بالاعتماد على تقنية التحسس النائي ونظم المعلومات الجغرافية، مجلة البحوث الجغرافية، العدد (21).
- [13] عمران، انتظار مهدي، هالة محمد عبد الرحمن. (2018). هيدرولوجية الأحواض الشرقية لبحيرة دربندخان، مجلة العلوم الإنسانية، كلية التربية للعلوم الإنسانية، المجلد (25)، العدد الرابع.
- [14] عناب، رضا. (2006). تقدير خطر التعرية في حوض تيمقادو وأثرها على سد كدية مقارنة متعددة المعايير، رسالة ماجستير، قسم علوم الأرض، كلية العلوم، جامعة العقيد الحاج الخضر، الجزائر.

13-2 - المراجع باللغة الإنجليزية:

- [1] Xiaoyong Zhan. (2004). Min- Lang Huang , Arc CN- Runoff ; an Arc Gis Tool For generating curve number and runoff maps, tide –in Environmental modeling & software .
- [2] Qahtan yehya .A.m. AL-Asbahi . (2005). Water Resources information in yemen, IWG – Env, information work Session on water statistics.
- [3] AL-Gamdi. (1991). Estimating Runoff Curve Numbers of the Soil Conservation service in Arid and Semi-arid Environments using Remotely Sensed Data. Adissertation Submitted to the Faculty of the University of Utah, USA.
- [4] Taylor .(1986). francis the an tecedent soil moisture condition of the curve number procedure, Hydrological sciences journal.
- [5] chow, v,T; maidment D, R, and mays L.(1988). w,; Applied Hydrology mcgraw – Hill New York USA.
- [6] United states .(1997). Department of Agriculture Natural Resources conservation service conservation, urban Hydrology for small watersheds TR-55-Engineering Division.
- [7] Sentinel-2. (2023). Mission Requirements Document
- [8] http://esamultimedia.esa.int/docs/GMES_Sentinel2_MRD_issue_2_updated.pdf. 10/7/2023. 8-

- [3] الحيايي، شيماء باسم عبد القادر. (2021). المخاطر الهيدرولوجية لأحواض المائية في منطقة عقرة، أطروحة دكتوراه، قسم الجغرافية، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة الموصل، العراق.
- [4] الركابي، رنا سلمان جادر. (2023). هيدرومورفومترية حوض وادي بليقان شرقي محافظة واسط باستخدام نظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير، قسم الجغرافية، كلية التربية للعلوم الإنسانية، جامعة واسط، العراق.
- [5] الشمري، صادق عبد الحسين نصيف. (2023). تحليل الخصائص المورفومترية والمورفوتكتونية في حوض وادي بالكيان، رسالة ماجستير، قسم الجغرافية، كلية التربية، الجامعة المستنصرية، العراق.
- [6] العمري، جميل عبده حمزة. (2019). تقييم جغرافي لأهم معادلات حساب الجريان السطحي في الأحواض المائية، مجلة كلية التربية للعلوم التربوية والأساسية، جامعة بابل، العدد 42.
- [7] الكناني، حيدر محمد حسن. (2020). تقدير عمق الجريان السطحي لحوض وادي أبو غار باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مجلة كلية التربية، جامعة واسط، العدد الحادي والأربعون، الجزء الرابع.
- [8] النفيعي، هيفاء محمد. (2010). تقدير الجريان السطحي ومخاطره السيلية في الحوض الأعلى لوادي عرنة شرق مكة المكرمة، بوسائل الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، رسالة ماجستير، قسم الجغرافيا، كلية العلوم الاجتماعية، جامعة أم القرى، السعودية.
- [9] حميد، دلي خلف، سبعاوي خميس كعو. (2018). تحليل الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي الحمدان باستخدام طريقة (SCS-CN)، مجلة جامعة تكريت، كلية التربية للعلوم الإنسانية، المجلد (25)، العدد (11).
- [10] حميد، دلي خلف. (2016). التحليل المكاني لتقدير حجم الجريان السطحي، باستخدام (SCS /CN) لحوض وادي المر الجنوبي شمال العراق، مجلة جامعة تكريت، كلية التربية للعلوم الصرفة، المجلد (21)، العدد (5).