



تقدير حجم الجريان السطحي باستخدام نموذج SCS(CN) في حوض وادي زبيد - اليمن

Estimation of surface runoff volume using the SCS(CN) model in Wadi Zabid Basin – Yemen

Belqees Mabkhoot Nasser Salah

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

بلقيس مبخوت ناصر صلاح

*باحثة – قسم الجغرافيا والجيوانفورماتكس- كلية الآداب والعلوم
الإنسانية - جامعة صنعاء - اليمن*

Mohammed Ahmed Hamoud Maias

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

محمد أحمد حمود مياس

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

الملخص:

يعد الجريان السطحي المائي من أهم الموارد المائية في البيئات الجافة وشبه الجافة، وتشكل كمية الجريان السطحي أهمية بالنسبة للمهندسين العاملين في مجال تصميم مشاريع الري والمنشآت المائية، لذا هدفت الدراسة إلى تقدير حجم الجريان السطحي، ومما زاد من أهمية الدراسة تطور أنظمة وبرامج نظم المعلومات الجغرافية (GIS) Geographic Information System والاستشعار عن بعد (Remote Sensing (RS)، التي سهلت ووفرت الطرق العلمية والرياضية المختلفة لتحليل المرئيات الفضائية (landsat8)، ونموذج الارتفاعات الرقمية (DEM) والتكامل في ما بينها لاستخراج بعض الخصائص الهيدرولوجية وتصنيف استخدام الأرض والغطاء الأرضي والمناخ والتربة، وبالاعتماد على فرضية صيانة التربة الأمريكية (Soil Conservative Services (SCS-CN)، والتي تعد إحدى الطرق الأكثر شيوعاً لحساب حجم الجريان السطحي في تجمعات مياه الأمطار، وتغطي الدراسة حوض وادي زبيد البالغ مساحته (5364.96) كم²، ومن خلال تطبيق النموذج تبين أن حوض وادي زبيد يتمتع بظروف هيدرولوجية تسمح لها بالقدرة على توليد جريان مائي في فترات التساقط المطري، ويرجع ذلك إلى ارتفاع قيمة منحنى (CN) البالغ (84)، وقد تراوحت قيم (QV) بين (562.926-758700000) م³، وبلغ حجم الجريان السطحي (14308647640) م³، وهذا يؤكد وجود كمية كبيرة من مياه الجريان السطحي في منطقة الدراسة.

الكلمات المفتاحية: الجريان السطحي، عمق الجريان، المجموعات الهيدرولوجية للتربة.

Abstract:

Water runoff is one of the most important water resources in arid and semi-arid environments. The amount of surface runoff is important for engineers working in the field of designing irrigation projects and water facilities. Therefore, the study aims to estimate the volume of surface runoff in the Zabid Wadi Basin, in Yemen, with approximately area of (5364.96 km²). Geospatial Analysis was implemented using Geographical Information System (GIS) and Remote Sensing (RS) techniques. Landsat-8 imagery was integrated with digital elevation model (DEM) to perform the analysis. Hydrological characteristics, land use and land cover, climate and soil classification based on the American Soil Conservative Services (SCS-CN), which is one of the most common methods for calculating the volume of surface runoff in rainwater aggregations. The study found that Zabid Wadi basin has hydrological conditions enable to generate water flow during periods of rainfall. This is due to the high value of the (CN) curve of (84). The values of (QV) ranged between (758,700,000-562,926) m³, and the surface runoff volume was (14308647640) m³. This confirms that there is a large amount of runoff water in the study area.

Keywords: Surface Runoff, Runoff Depth, Hydrologic Soil Groups.

المقدمة:

الأمر الذي يحتم على متخذي القرار اتباع الصيغ والحلول الرياضية المتعلقة بحساب الجريان السطحي وخصائصه الأخرى، وفق أسس علمية صيغت بناءً على نتائج دراسات وأبحاث أعدت لهذا الغرض، ومن أشهر الحلول في هذا المجال هي فرضية صيانة التربة

تعد الموارد المائية من أهم الموارد الطبيعية التي يسعى الإنسان إلى استغلالها بما يضمن استمراريتها، وبالذات الجريان السطحي (Runoff) الذي يعد من أهم الموارد المائية في البيئات الجافة وشبه الجافة،

السطحي لبعض أحواض الأودية في شمال غرب ليبيا، إلى أنه يمكن الاعتماد على نموذج (SCS-CN) مع (GIS) في تقدير حجم الجريان من حيث القيم المنحنية (CN)، خاصة في حالة عدم وجود معلومات كافية لقياس التدفقات في بعض أحواض التجميع، وطبق (الضراط، 2020) نموذج (SCS-CN) لتقدير حجم الجريان السطحي لوادي الكراث الواقع في نطاق بلدية طبرق شمال ليبيا، حيث أشار إلى مخاطر السيول عند سقوط الأمطار الفجائية التي تتميز بها المنطقة، كما تمت دراسة الجريان السطحي لحوض وادي أبو غار بالعراق بنفس نموذج (SCS-CN) و (GIS)، وأكدت الدراسة على أهمية النموذج في دراسة الخصائص الهيدرولوجية لأحواض المائية، كما ركزت العديد من الدراسات المحلية على الخصائص المورفومترية لسمات الجريان السطحي لبعض أحواض التصريف المائي، فيما يخص الدراسات التطبيقية على منطقة الدراسة التي استخدمت النماذج الرياضية، فقد قام (Al-Udaini, 1984)، بدراسة حوض وادي زبيد بواسطة نموذج (SCS-CN) حيث قام الباحث بدراسة العلاقة بين التساقط الأمطار والجريان السطحي باستخدام الطرق التقليدية اليدوية.

مشكلة الدراسة

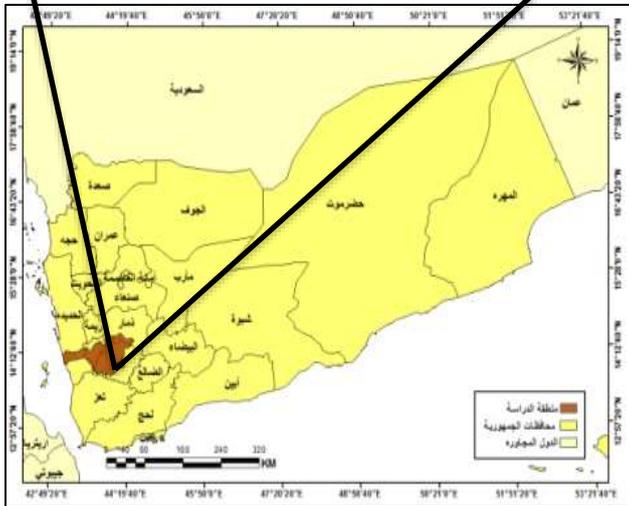
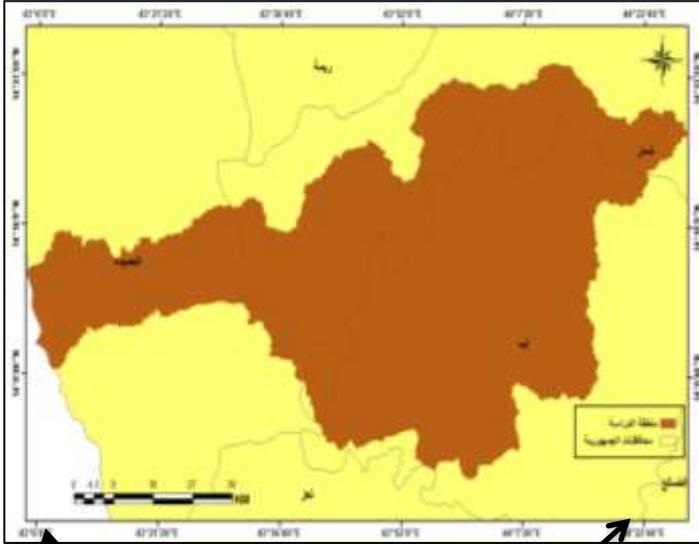
سنوياً تتسبب السيول في موت العديد من الضحايا وتضرر الأنشطة البشرية وتدمير الكثير من المنشآت، لذلك يعد تقدير حجم الجريان من المحتمل أن يقلل من هذه الأضرار، كما النقص في الموارد المائية السطحية في الموسم الجاف من السنة، وعدم استغلال مياه الأمطار التي تسقط على الحوض سنوياً، خاصة مع قلة البيانات لتقدير حجم الجريان

الأمريكية (SCS) والمختصر لـ (Conservation Soil Service)، والتي تعرف بطريقة (CN Curve Number)، وطُورت هذه الطريقة من قبل إدارة صيانة التربة التابعة لإدارة الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية (Soil Conservation Service) عام 1970م (حميد، 2016، ص299)، إن هذه الفرضية تبرهن عملية الجريان السطحي من خلال القياسات الهيدرولوجية للتربة بحسب تصنيف مصلحة صيانة التربة التابعة لإدارة الزراعة في الولايات المتحدة الأمريكية (SCS)، والتي ساعدت على تقدير حجم الجريان السطحي للأحواض المائية (Gupta, Paniyrahay, 2008, p64)، وتم تطبيقها مؤخراً بعد التطورات في مجال المعلوماتية، فقد ساهم التطور في التقنيات الحديثة مثل تقنيات الاستشعار عن بعد (Remote Sensing)، ونظم المعلومات الجغرافية (Geographic Information System) في معالجة وتحليل نموذج الارتفاعات الرقمية (Digital Elevation Model)، وتطبيق المعادلات والنماذج المكانية، والتي يمكن من خلالها حساب المتغيرات الهيدرولوجية للأحواض المائية، الأمر الذي وفر الوقت والجهد والمال.

لقد تم إجراء العديد من الدراسات العالمية والمحلية حول استخدام طريقة (SCS-CN) في التقديرات المتعلقة بحسابات الجريان السطحي، ومن تلك الدراسات العالمية الحديثة فيما يتعلق بالجريان السطحي من خلال تطبيق نموذج (SCS-CN) بالتكامل مع نظم المعلومات الجغرافية (GIS) مثل (Odiji et al 2020, AL-Ghobari et al 2020)، وفي دراسة أخرى أشار الرياني وآخرون (الرياني وآخرون، 2019) في دراستهم للجريان

(15%) منها تتحدر باتجاه الغرب كما هو موضح في خريطة (2)، وبلغ المتوسط السنوي للتساقط المطري في الحوض (591.62) ملم، وتسقط حوالي (80%) من الأمطار خلال شهر أبريل حتى أغسطس.

خريطة (1): موقع منطقة الدراسة



خريطة (2): (A) التكوينات الجيولوجية (B) الارتفاعات (C) درجات الانحدار (D) اتجاه الانحدار في منطقة الدراسة

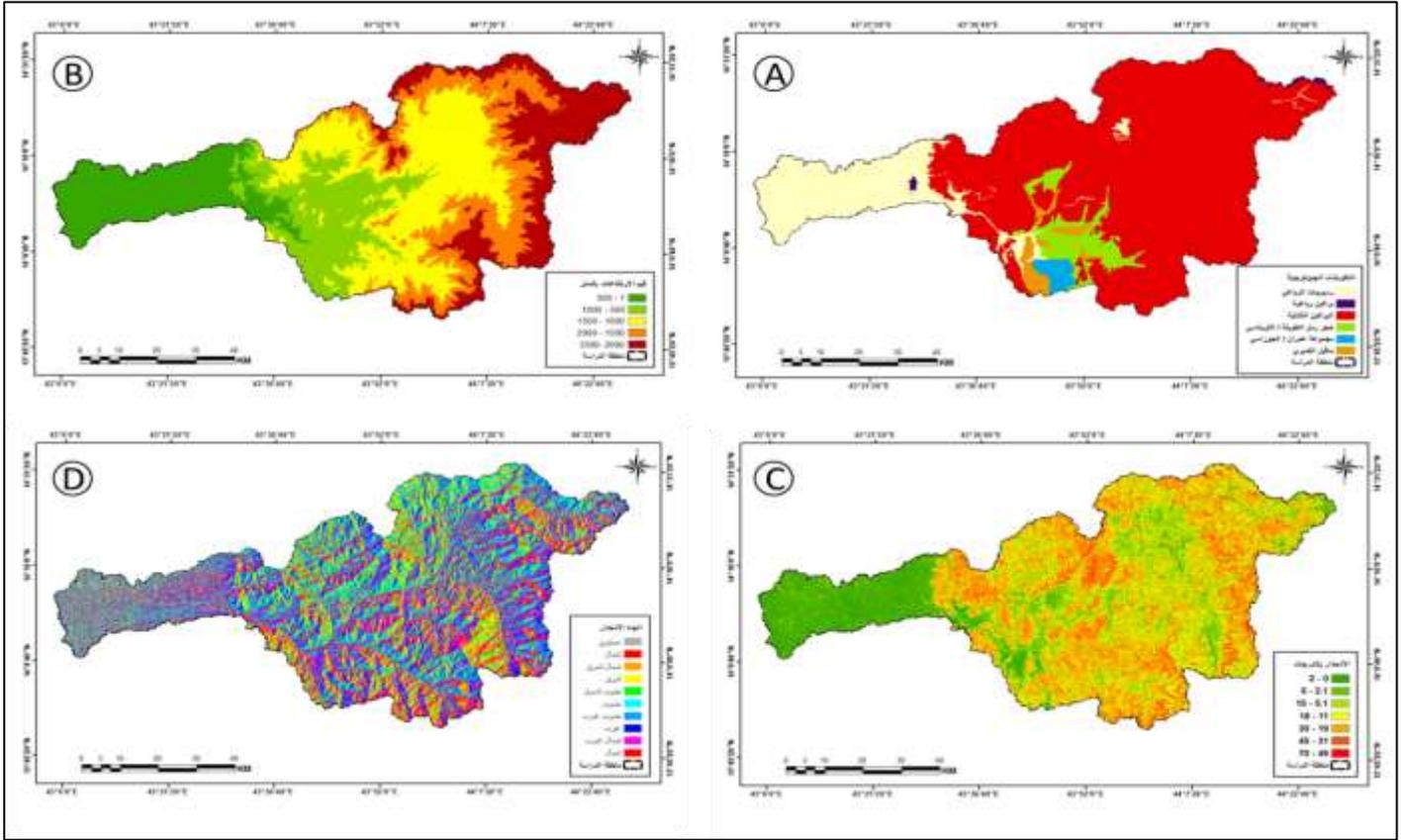
السطحي، تهدف هذه الدراسة إلى إعداد خريطة رقمية لتقدير حجم الجريان السطحي في حوض وادي زبيد، اعتماداً على استخلاص قيم (SCS-CN) داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS).

أهمية الدراسة

تأتي أهمية البحث من خلال التقليل والحد من مخاطر السيول والانجرافات، وفي دعم معالجة الشحة المائية من خلال تقدير حجم الجريان السطحي للأودية، والاستفادة من نتائج الدراسة وتعميمها على الأحواض المائية المشابهة لها، فهي أداة فعّالة في اتخاذ القرار في إدارة الموارد المائية.

منطقه الدراسة

يمتد حوض وادي زبيد إدارياً في أربع محافظات هي نمار، إب، الحديدة، تعز، بمساحة (5364.96) كم²، والذي يقع بين دائرتي عرض (13° 05' - 14° 34') شمالاً، وبين خطي طول (43° 04' - 44° 28') شرقاً، ويحتل القسم الشمالي الغربي من المرتفعات الغربية في اليمن وجزء من سهل تهامة، حيث يمتد في أراض جبلية وعرة وينحدر إلى الجنوب الغربي ليشمل الأراضي السهلية المنبسطة والساحلية المطلّة على البحر الأحمر، ليصب في البحر الأحمر خريطة (1)، تتكون منطقة الدراسة من عدة تكوينات صخرية، إلا أن (74.63%) من إجمالي مساحتها من تكوينات الزمن الثلاثي (براكين اليمن الثلاثية)، والتي تشمل صخور البازلت التي تتميز بصلابتها وقلة نفاذيتها للمياه، تليها تكوينات الرواسب الرباعية بنسبة (16.58%)، تتميز المنطقة بالتنوع التضاريسي، وتغطي المناطق الجبلية حوالي (36.85%)، وتتراوح درجة الانحدار بين (0-70°) بحسب تصنيف (Young, 1972, p.173)،



المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على خريطة جيولوجية ونموذج ارتفاعات رقمية (DEM) وباستخدام برنامج (ArcGIS10.8.1)

إجراءات الدراسة منهجية الدراسة:

اتبع البحث المنهج التحليلي والكمي، داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) Geographic Information Systems والاستشعار عن بعد Remote Sensing (RS)، وبناءً على فرضية صيانة التربة الأمريكية (SCS-CN) من أجل التوصل إلى نتائج دقيقة لتقدير حجم الجريان السطحي في الحوض، وقد أشار حميد (حميد، 2016، ص299)، إلى أن طريقة منحني الأرقام (SCS-CN) تعد أحد أهم الطرق والأساليب الرياضية المستخدمة في حساب الجريان السطحي في الدراسات الهيدرولوجية (Runoff Curve Number) وتسمى اختصاراً (RCN)، والذي طورتهها مصلحة إدارة صيانة التربة الأمريكية التابعة لإدارة

البيانات المستخدمة

مرئيات فضائية (LANDSAT8) من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS)، ونموذج الارتفاعات الرقمي (DEM) بدقة تمييز مكاني 30م من القمر الصناعي (SRTM) من موقع هيئة المساحة الجيولوجية الأمريكية (USGS)، وبيانات مناخية صادرة من موقع وكالة ناسا (NASA)، الخريطة الوطنية للتربة والأراضي اليمنية، مقياس 1:5000000، لوحة رقم (D38A, D38C)، ومن خلال التكامل بين تطبيقات وتقنيات الجيوماتكس (Geoinformatics) وباستخدام برنامج (ARCGIS, QGIS, ERDAS) تم معالجة ودمج عناصر معادلة (SCS-CN).

حيثُ أن:

$$Q = \text{عمق الجريان السطحي (ملم)}$$

$$P = \text{الأمطار الساقطة (ملم)}$$

$$Ia = \text{المستخلصات الأولية قبل بدء الجريان}$$

السطحي (ملم)

$$S = \text{التجميع السطحي الأقصى بعد بداية الجريان}$$

السطحي (ملم)

ووجد أن Ia تعادل بوجه عام خُمس قيمة S

وتحسب Ia كالآتي:

$$Ia = 0.2S \quad (2)$$

ويتم حساب S بالصيغة الرياضية التالية:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (3)$$

وقد وضح Weerasinghe وآخرون

(Weerasinghe, et, al, 2011, p.3362) بأن

مدخلات وحدات النموذج بالبوصة، لذلك تم إعادة

صياغة المعادلة لتتوافق مع المقاييس المترية، حيث

ضربت الأرقام الثابتة في المعادلة للقيمة S في

(25.4) لتحويلها من بوصة إلى ملليمتر، وذلك

بحسب (USDA-SCS, 1985) فأصبحت المعادلة

على النحو الآتي :

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (4)$$

وبجبر قيمة S حُولت الصيغة الرياضية لمعادلة

الجريان السطحي كالآتي:

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \quad (5)$$

حيثُ أن CN رقم المنحنى وقيمته بين (0-100)

(USDA, 2004, p.3-4).

تطبيق طريقة (SCS-CN)

الزراعة بالولايات المتحدة الأمريكية عام 1975م لحساب الجريان السطحي (Soil Conservation Service, SCS)، ووضعت صيغتها النهائية المشهورة عام 1986م.

وأضاف (Gupta, Paniyrah, 2008, p64)،

أن نموذج الأرقام المنحنية (CN's) يتميز بأنه يراعي

العديد من المؤشرات الهيدرولوجية كنوع التربة،

ورطوبة التربة، ومقدار نفاذية الماء إليها خلال أربع

مجموعات هيدرولوجية للتربة والغطاءات الأرضية

وكميات الأمطار الساقطة، وحالة رطوبة التربة

المسبقة (AMC)، ويتطلب حساب الجريان السطحي

تحديد قيم (CN)، وقيمة (CN) تعتمد على ثلاثة

عناصر هي رطوبة التربة، وغطاءات الأرض،

والمجموعات الهيدرولوجية للتربة.

وقد تم إجراء هذه العمليات والمعادلات الحسابية

ضمن بيئة نظم المعلومات الجغرافية GIS

والاستشعار عن بعد RS ببرنامجي

(ArcGIS10.8.1 , QGIS3.20.3)، وباستخدام

البيانات المستخلصة من مرئية فضائية

(Landsat8)، وتصنيف التربة بحسب المجموعات

الهيدرولوجية للتربة (HSG) التي حددتها (SCS-

CN)، لمعرفة كمية المياه السطحية والسيطرة عليها.

إن عملية استخلاص الخصائص الهيدرولوجية

للجريان السطحي السنوي لحوض وادي زبيد، تتطلب

العديد من المراحل والمعادلات والإجراءات كما هو

موضح في شكل (1)، والصيغة الرياضية لنموذج

أرقام منحنى الجريان حسب ما وردت في

(USDA, 1986, p1-2) وهي على النحو الآتي:

$$Q = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia) + S} \quad (1)$$

وقد اعتمدت هذه الدراسة في تصنيف الغطاءات الأرضية على النظام الذي وضعته مصلحة صيانة التربة الأمريكية (SCS)، حيث حُدثت وحدات التصنيف لحوض وادي زبيد وفقاً للوحدات الواردة في جداول أرقام منحني الجريان (CN)، وبما يتوافق مع الخصائص الطبيعية للحوض، والتي تم اشتقاقها من مرئية فضائية (Landsat8)، وبالاعتماد على التصنيف الموجه (Supervised Classification)، تم تمييز أربعة أنواع للغطاءات الأرضية كما هو موضح في خريطة (3)، والتي تُبين أن الصنف السائد في منطقة الدراسة هو صنف المناطق الجبلية بنسبة (57.29%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، والتي يقصد بها الأراضي الصخرية التي تكون غير صالحة للاستخدام الزراعي، ولهذا الصنف انعكاس هيدرولوجي واضح لأنه يساعد في زيادة سرعة الجريان السطحي (Runoff)، كما تختلف درجة صلابة التكوينات الصخرية فالصخور قليلة المسامية لا تسمح بتسرب المياه، مما يؤدي إلى نشوء جريان سطحي عالي، تليها مناطق الحشائش والنباتات الطبيعية، والتي تنتشر مع امتداد المجاري المائية ويشغل مساحة بلغت (915.73) كم² وبنسبة (17.63%)، حيث تعمل كل من كمية ونوع الغطاء النباتي على إعاقة حركة المياه فوق سطح التربة، وبالتالي فإن نسبة الجريان السطحي تنخفض عند زيادة التغطية النباتية، يليه صنف الأراضي الزراعية، ولهذا الصنف تأثير واضح وخاصة من الناحية الهيدرولوجية، فهي تعمل على حدوث ضعف في عملية الجريان وتغطي مساحة تبلغ (915) كم² وبنسبة (17.06%)، تليها المناطق المفتوحة وسهل تهامة، وتتمثل بالمناطق التي تكون تربتها رملية وذات رواسب

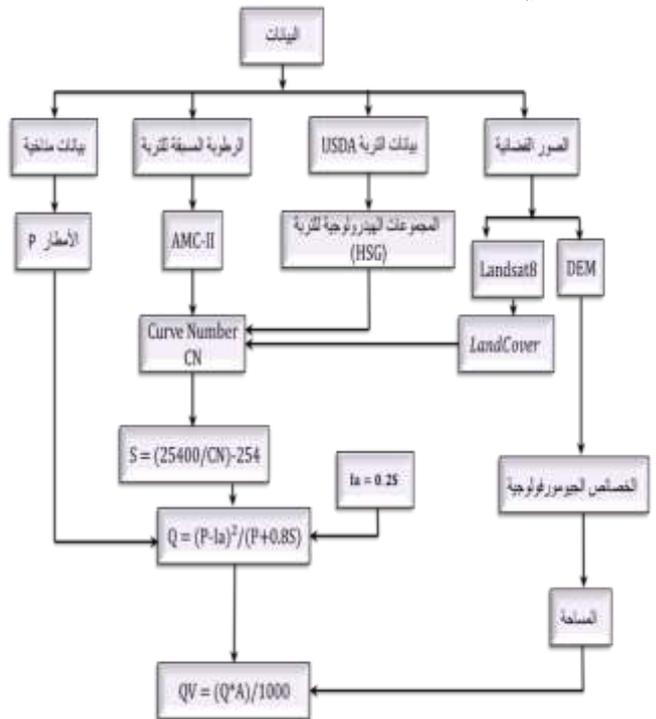
إن عملية استخلاص الخصائص الهيدرولوجية للجريان السطحي السنوي بطريقة (SCS-CN) تتطلب العديد من المراحل والمعادلات والإجراءات يمكن تمثيلها بالمراحل الآتية:

أولاً: التحليل الوصفي للبيانات الأولية المتعلقة بغطاءات الأرض وهيدرولوجية التربة

أ. تصنيف غطاءات الأرض Land Cover

إن الكشف عن أصناف الغطاءات الأرضية لحوض وادي زبيد تعكس قدرة الحوض على توليد الجريان السطحي أو تغذية المياه الجوفية، إذ تتميز الغطاءات الأرضية الصلبة بقدرتها العالية على نشوء السيول المائية عقب سقوط الأمطار الفجائية الشديدة، على العكس في المناطق أو ترب ذات مسامية عالية التي تسمح بتسرب المياه وتغذية المياه الجوفية.

شكل (1): المخطط الانسيابي لتقدير حجم الجريان السطحي وفق طريقة (SCS)



المصدر: عمل الباحثة

هيدرولوجية للتربة (HSG)، وفقاً لمعيار معدل وسرعة انتقال الماء من خلالها، وبالتالي فهي تكشف عن مدى تأثير نسيج التربة في نشوء الجريان السطحي، ووضح القيسي وآخرون (القيسي وآخرون، 2016، ص135)، ومجموعات الترب كما أوردتها (USDA-

،(SCS,1985;USDATR55,1986,p.A-1

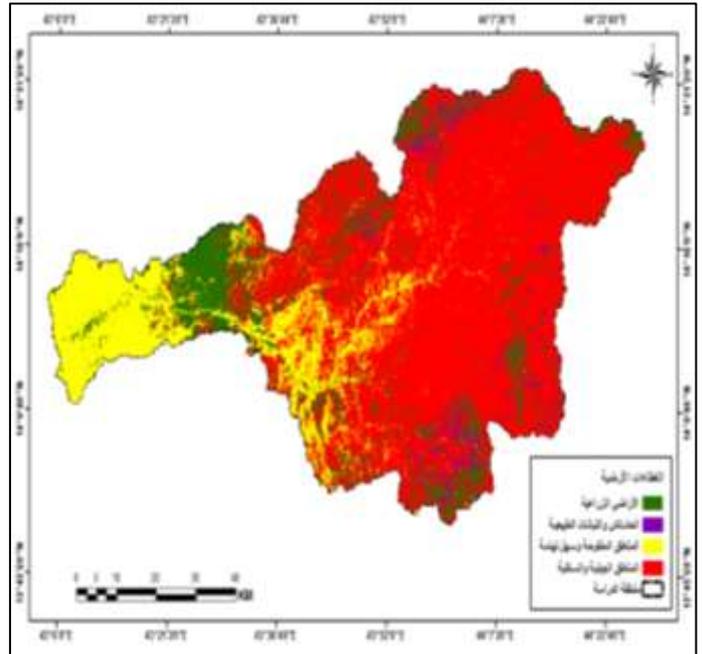
تميزت بمستويات مختلفة لتسرب المياه في التربة كما في جدول (1).

جدول (1): أصناف المجموعات الهيدرولوجية للتربة بحسب طريقة (SCS)

صفات التربة	معدلات التسرب ملم في الساعة	HSG
طبقة رملية عميقة مع كمية قليلة جداً من الطين والغرين رملية- رملية مزيجية أو مزيجية رملية	25.4-210.8	A
طبقة رملية أقل عمق من صنف A مع معدل ارتشاح متوسط بعد ترطب التربة مزيجية غرينية أو مزيجية	7.62-3.81	B
طبقة طينية محددة العمق مع معدل ارتشاح دون الوسط قبل وصول التربة إلى حالة التشبع مزيجية طينية رملية	3.81-1.27	C
طبقة طينية ذات نسبة انتفاخ عالية مع وجود طبقة ضحلة من التربة الناعمة الغرينية في السطح أو طبقة صخرية عارية مزيجية طينية-مزيجية طينية غرينية- طينية رملية- طينية غرينية- طينية	لا تزيد عن 1	D

ومفتتات خشنة التي نشأت بفعل عمليات الانجراف والترسيب، والتي تسمح بترشيح المياه، وتتميز هذه المناطق بالخزانات الجوفية وتبلغ مساحتها (429.93) كم² ونسبة (8.02%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة.

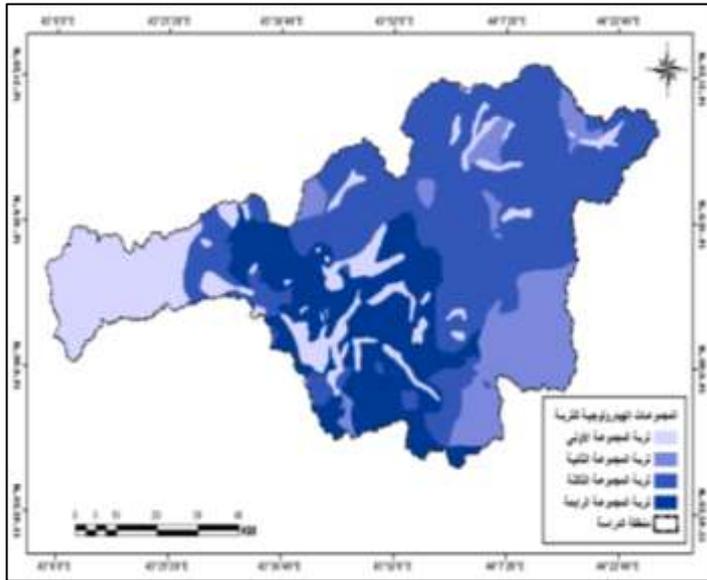
خريطة (3): تصنيف الغطاءات الأرضية في منطقة الدراسة



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على مرئية فضائية (Landsat8) وباستخدام برنامجي (ArcGIS) (10.8.1,ERDAS

ب. المجموعات الهيدرولوجية للتربة

لخصائص التربة تأثير على عملية توليد الجريان السطحي نتيجة التساقط المطري، وقد أشار الضراط (الضراط، 2020، ص56)، إلى أنه يجب أن يؤخذ نوع التربة عي الاعتبار عند تقدير الجريان السطحي، أما المجموعات الهيدرولوجية للتربة (Hydrologic Soil Groups HSG) فقد حددتها مصلحة التربة الأمريكية (SCS) بأربعة مجموعات



المصدر: عمل الباحثة بالاعتماد على الخريطة الوطنية للترب والأراضي اليمنية وجدول (1) باستخدام برنامج (ArcGIS)
10.8.1

ثانياً: استخلاص الأرقام المنحنية (CN's)

تعكس قيم (CN) حالة Curve Number حالة غطاءات الأرض وهيدرولوجية التربة، وذلك من حيث قدرتها على امتصاص الماء، وبذلك تعد مؤشراً لمدى استجابة الحوض للجريان السطحي، وهذه الطريقة تركز على مجموعة من المعادلات الرياضية معتمدة على ما يتوفر من معلومات عن الغطاء الأرضي.

وقد أشار الساعدي والجابري (الساعدي والجابري، 2018، ص15)، إلى أن قيم (CN) المرتفعة تدل على الأسطح الأقل نفاذية (Impervious Surfaces) الشديدة الصماتة، والأكثر قدرة على توليد جريان سطحي مرتفع، أما قيم (CN) المنخفضة، فتدل على الأسطح ذو نفاذية عالية (Pervious Surfaces) الأقل صماتة أو الغير مصمتة، حيث تتخفف مقدرتها على توليد الجريان السطحي، وقد وضح ، ومن واقع قياسات (SCS) وجد أن قيم (CN's) تمتد في مدى يتراوح بين

Resource:USDA-SCS,Urban Hydrology for Small Watershed, department of Agriculture ,USA, 1986,p.3.

وقد تم تطبيق أصناف الترب الهيدرولوجية لحوض وادي زبيد استناداً إلى معطيات (Jack,et,al,1985,p.22-53)، وقد تبين بأن منطقة الدراسة تحتوي على المجموعات الهيدرولوجية الأربعة، إلا أن المجموعة الهيدرولوجية (C) تغطي أكبر مساحة من منطقة الدراسة بنسبة (44.95%)، والتي تتمتع بمعدلات تسرب منخفضة نسبياً، وجريان سطحي مرتفع إلى حد ما، تليها المجموعة الهيدرولوجية (D) بنسبة (22.39%)، والتي أشار Hisham

(Hisham,et,al,2013,p.14)، إلى أنها ترب يكون الجريان السطحي فيها مرتفع؛ وبذلك فإن معدلات التسرب فيها منخفضة جداً، وهذا ينذر بخطورة الوضع الهيدرولوجي، بينما بلغت نسبة المجموعة الهيدرولوجية (A) (18.78%)، وقد وضح خطاب وسليم (خطاب وسليم، 2021، ص17)، إلى أن المجموعة (A) تمثل رواسب السهول والمراوح الفيضية الواسعة والرواسب المتوسطة والخشنة في بطون الأودية كم هو واضح في خريطة (4)، وتتمثل بالمناطق التي يقل فيها الجريان السطحي، ويرتفع بها معدل التسرب، في حين تتكون المجموعة الهيدرولوجية (B) من الرواسب الناعمة التي تنقلها الأودية والتي تظهر في المدرجات الفيضية السفلى، ويكون الجريان السطحي فيها منخفض نسبياً، وتغطي مساحة تبلغ نسبتها (13.88%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة.

خريطة (4): المجموعات الهيدرولوجية للتربة في منطقة الدراسة

الأمطار، مما يؤثر سلباً على كمية الجريان السطحي، وبين الحدين المتطرفين تقع القيمة الوسطى (50) وهي تعبر عن الأسطح متوسطة النفاذية بحيث تكون كميات التسرب مساوية لمعدلات التساقط المطري مع معدلات الجريان السطحي.

جدول (2): قيم CN المقابلة لغطاءات الأرضية والمجموعات الهيدرولوجية للتربة في منطقة الدراسة

قيم (CN) حسب المجموعات الهيدرولوجية للتربة				الغطاءات الأرضية
D	C	B	A	
84	79	69	49	سهل تهامة والمناطق المفتوحة
83	81	72	57	المناطق الجبلية والسكنية
78	71	58	30	حشائش ونباتات طبيعية
83	79	71	59	أراضي زراعية

زبيد بلغت (14) قيمة، تختلف باختلاف نوع الغطاءات الأرضية ونسيج التربة، ونجد أن جميع قيم (CN) تقع بين أعلى وأدنى من قيمة الوسيط (50)، وتتراوح قيم (CN) بين (30) للمناطق الأكثر نفاذية والتي يكون معدل الجريان فيها أقل، وبين (84) للمناطق الأقل نفاذية، والتي تدل على ارتفاع قيم الجريان السطحي في المناطق الصخرية والمنحدرات الشديدة والمناطق الحضرية، وهذا ينطبق مع ما أشار إليه (Shrestha,2003) و (Zhan and Huang,2004)، وأن أكثر قيم (CN) انتشاراً هي القيمة (81) حيث تشغل (1466.72) كم² ما نسبته (27.25%) من إجمالي

(100-0) (USDA,1986,p.A2-1)، وقد بين Al-Ghamdi (1991.p.25) أن القيم المرتفعة المتجهة ناحية (100) تشير للأسطح الكتيمة أي أنها غير منفذة للماء، بحيث لا تسمح بدخول الماء في التربة، وبالتالي فإن ما سيسقط على السطح من أمطار سيجري مباشرة عليه، وهي الأكثر قدرة على توليد الجريان السطحي، أما القيم المتجهة نحو الصفر فتشير إلى أن الأسطح تكون أكثر نفاذية للماء، وقادرة على استيعاب جميع ما يستقبله من مياه

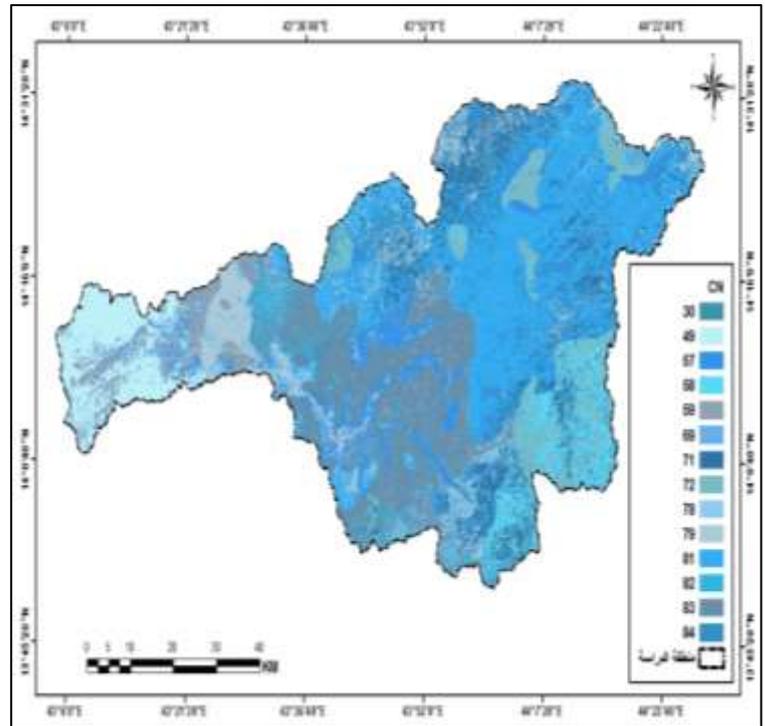
المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على خريطة (3)

وخريطة (4)

كما أضاف حميد (حميد،2016، ص303)، أن قيم (CN) يعتمد في استخلاصه على ثلاثة عناصر هي الحالة المسبقة لرطوبة التربة (AMC)، وغطاءات الأرض (Land Cover)، والمجموعات الهيدرولوجية لتربة (HSG)، وقد تم الحصول على قيم (CN) لمنطقة الدراسة من خلال دمج طبقتي غطاءات الأرض والمجموعات الهيدرولوجية لتربة، باعتبار أن الحالة المسبقة لرطوبة التربة هي الحالة المعتدلة (AMC-II)، داخل بيئة نظم المعلومات الجغرافية (GIS) ببرنامج (QGIS3.20.3).

ومن خلال جدول (2) وخريطة (5) يتضح بأن عدد القيم المعبرة عن قيم (CN) في حوض وادي

خريطة (5): توزيع قيم منحني (CN) في منطقة الدراسة



وآخرون (الرياني وآخرون، 2019، ص22)، إلى أن هذا المعامل يصف حال التربة المشبعة تماماً بالماء بعد بدء الجريان السطحي، أي بعد توقف عملية التسرب، ويختلف سمك طبقة التربة المشبعة بالماء تبعاً لنوعية التربة، ومدى قدرتها على امتصاص كميات أكبر من الماء خلال مدة تساقط الأمطار، وبالتالي فإن معامل (S) ذو علاقة بنوع وعمق التربة وغطاءات الأرض، وهو ما يتضح من خلال قيم (CN's).

ويتم حساب قيمة (S) بالصيغة الرياضية المقترحة من (SCS) كما وضحا حميد (حميد، 2016، ص305) على النحو الآتي:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (4)$$

وتدل قيم (S) القريبة من الصفر على تدني إمكانية التربة للاحتفاظ بالماء على السطح بعد بدء عملية الجريان، وتظهر هذه القيم في المناطق الحضرية حيث أسطح المباني والطرق، كذلك في المناطق الجبلية الصخرية، نظراً لشدة صماتها، مما يؤدي إلى ارتفاع كمية المياه الجارية على السطح، وبالتالي احتمالية توليد فيضان، فيما يتساوى معدل احتفاظ التربة بالماء مع معدل المياه الجارية على السطح كما وضحا (USDA, 1986) إذا ما بلغت قيمة (S) قريباً من (254) ملم، ويمثل الرقم (254) قيمة الوسيط للمعامل (S)، في حين تزداد احتمالية احتفاظ التربة بالماء كلما زادت قيم (S) عن الوسيط وقلة قيمة (CN)، والتي تظهر في مجاري الأودية والمناطق التي تغطيها التربة الرملية والغطاء النباتي، مما يؤدي إلى انخفاض كمية الجريان السطحي.

المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على خريطة (3) و(4) باستخدام برنامجي (ArcGIS10.8.1, QGIS3.20.3) مساحة منطقة الدراسة، وهذا دليل على أن سطح الحوض ينتج جريان مائي سطحي، لأن المعدل الموزون لجميع هذه القيم هو أعلى من قيمة الوسيط البالغ (50)، إذ بلغ المعدل الموزون للحوض (73.117).

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

يعبر المعامل (S) Potential Maximum Retention After Runoff عن الإمكانية القصوى للاحتفاظ بالماء في التربة، كما عرفها (USDA, 1986, p.2-1) بحبس الماء في التربة بعد بدء الجريان السطحي، ويعتبر هذا المعامل أحد أهم مدخلات تقدير أحجام وأخطار السيول حسب طريقة مصلحة صيانة التربة الأمريكية، وأشار الرياني

المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على خريطة (5) ومعادلة (4) باستخدام برنامجي (ArcGIS10.8.1, QGIS3.20.3) الصخرية حيث الانحدارات التي تغطي مكاشف الترب في تلك الأجزاء والمناطق الحضرية، وتدني معظم قيم معامل (S) في الحوض عن قيمة الوسيط البالغة (245) يؤدي إلى زيادة المخاطر الهيدرولوجية للجريان السطحي في الحوض.

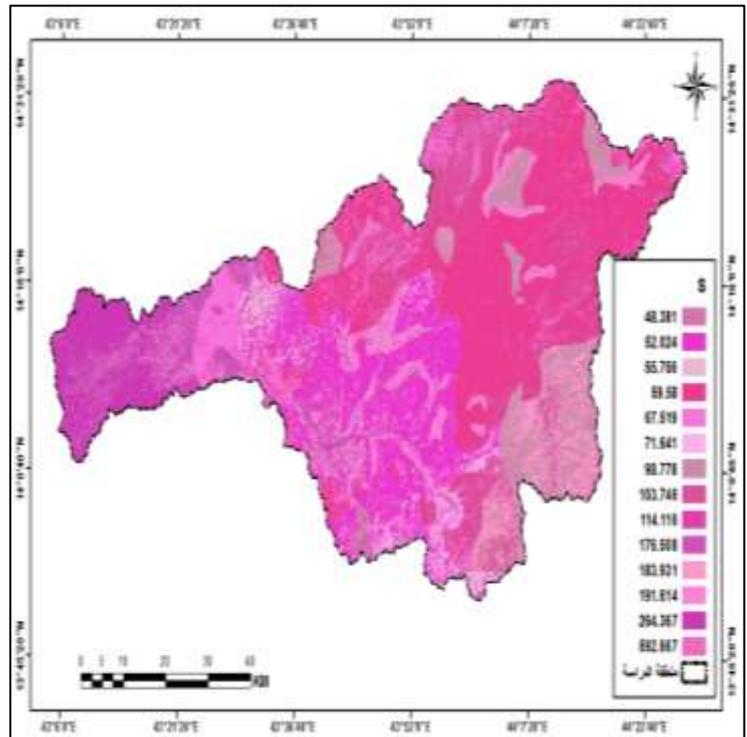
رابعاً: حساب معامل الاستخلاص الأولي (Ia)

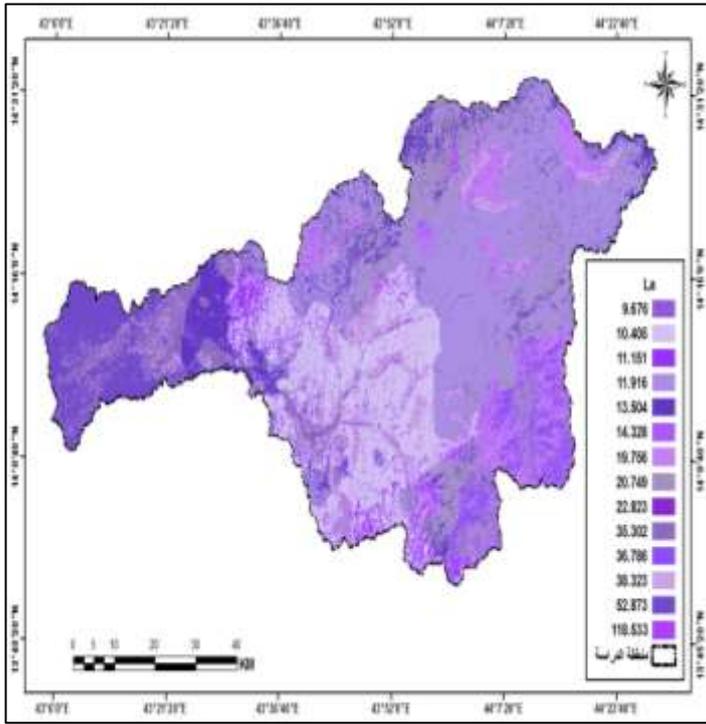
أشار الساعدي والجابري (الساعدي والجابر، 2018، ص18) إلى أن معامل الاستخلاص الأولي (Ia) Initial Abstraction يعكس مقدار الفاقد من مياه الأمطار قبل بدء الجريان السطحي عن طريق التبخر أو التسرب، أو ما يتعرض له النباتات من مياه الأمطار قبل تحولها إلى جريان سطحي، وقد بين (USDA, 2004, p.13)، أن معامل الاستخلاص الأولي يشكل أحد أهم العناصر في تقدير كمية الجريان السطحي، وأن معامل الاستخلاص الأولي (Ia) له علاقة بالمعامل (S) حيث تعادل قيمة (Ia) خمس قيمة (S).

ويستدل من القيم المنخفضة للاستخلاص الأولي (Ia) والتي تقترب قيمتها من الصفر على قلة الفاقد من مياه الأمطار قبل بدء الجريان السطحي، مما يساعد على سرعة توليد الجريان السطحي، بينما يصبح معدل الاستخلاص الأولي (Ia) مساوياً لمعدل المياه الجارية على السطح، إذا ما بلغت قيمة الوسيط للمعامل (Ia) (50.8) ملم، أما إذا ارتفعت قيمة (Ia) عن قيمة الوسيط دل على فقدان كميات أكبر من الأمطار، بالتالي تنخفض كمية المياه الجارية على

وحسبت قيم (S) وفقاً للمعادلة (4) ومن خلال خريطة (6) تبين أن قيم (S) في منطقة الدراسة بلغت (14) قيمة تتراوح بين (48.4-592.7) ملم، وأن أعلى قيمة لمعامل (S) (592) ملم تشير إلى أقل المناطق قدرة على توليد الجريان السطحي، حيث تفوق كمية التسرب كمية الجريان السطحي، وتتمثل بالمناطق التي تتميز بإمكانية كبيرة للاحتفاظ بالمياه بعد بدء الجريان في المناطق ذات التكوينات الرسوبية، التي تتميز بنفاذية ومسامية عالية، بالتالي فإن تلك المناطق من الحوض هي أكثر أماناً بالنسبة لمخاطر السيول، بينما بلغت أدنى قيم المعامل (S) (48.4) ملم، وتشير إلى أكثر المناطق قدرة على توليد الجريان السطحي، حيث تفوق كمية الجريان كمية التسرب السطحي، وتتمثل بالمناطق التي تتميز بإمكانية أقل للاحتفاظ بالمياه بعد بدء الجريان السطحي، وتقع ضمن المناطق

خريطة (6): توزيع قيم الاحتجاز القصوى (s) في منطقة الدراسة





المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على خريطة (6) ومعادلة (2) باستخدام برنامجي (ArcGIS10.8.1, QGIS3.20.3)

خامساً: الأمطار السنوية (P)

تعد الأمطار المصدر الرئيس للجريان السطحي، وتتأثر كمية الجريان السطحي بكمية التساقط المطري، فمع زيادة الأمطار الساقطة يزيد الجريان السطحي، ويحدث العكس مع انخفاض كمية الأمطار تنخفض كمية الجريان السطحي، وتعد كمية الأمطار (P) أحد مكونات المعادلة الأساسية لتقدير حجم الجريان السطحي، وبالاعتماد على البيانات المناخية التابعة لوكالة ناسا الفضائية (NASA)، وتحليلها مكانياً من خلال الأداة الخاصة بعملية التحليل الاحصائي المكاني (Geostatistical Analyst) في بيئة نظم المعلومات الجغرافية (ArcGIS10.8.1)، حيث تجري عملية الاستكمال المكاني (Interpolation) باستخدام طريقة (Kriging)، كما هو موضح في

السطح، وقد تم حساب (Ia) كما صاغها (USDA,1986,p.2-1) كالآتي:

$$Ia = 0.2S \quad (2)$$

حيث أن:

Ia = معامل الاستخلاص الأولي (ملم)

S = قيمة الاحتجاز القصوى (ملم)

وحُسبت قيمة (Ia) وفقاً للمعادلة (2) ومن خلال خريطة (7) يتضح أن قيم (Ia) في منطقة الدراسة بلغت (14) قيمة، تتراوح بين (9.67 - 118.53) ملم، وتتوزع أعلى قيم (Ia) حيث أعلى قيم الفاقد من مياه الأمطار قبل بدء الجريان، وقد شغلت مساحة بلغت (415.49) كم² بنسبة (7.74%) من إجمالي مساحة منطقة الدراسة، وتتركز في الأجزاء الساحلية ووسط الحوض حيث مجاري الأودية والمناطق الزراعية، أي في المناطق ذات التسرب العالي للمياه السطحية، بالتالي قلة الجريان السطحي ضمن هذه الأجزاء، بينما تنخفض قيم الفاقد من مياه الأمطار قبل بدء الجريان حيث بلغت مساحة أدنى قيم (Ia) (4108.176) كم² بنسبة (76.60%) في المناطق الصخرية وبطون الأودية ذات النسيج المزيجي الغرينية، وانعدام الغطاء النباتي والتي تتميز بقدرتها العالية على الاستجابة للجريان السطحي فوق سطوحها، كونها مناطق مصمتة تناسب فيها الأمطار، مما ينتج عنه نشوء السيول والفيضان.

خريطة (7): توزيع المستخلصات الأولية (Ia) في منطقة الدراسة

عمق الجريان السطحي (Q) لدراسة حوض وادي زبيد اعتماداً على مكونات الغطاءات الأرضية ونوع التربة الهيدرولوجية المعبر عنهما بقيمة (CN)، وحساب المعدل السنوي للأمطار الساقطة على أجزاء الحوض المختلفة، وتم الاعتماد على طريقة (SCS) وفقاً للمعادلة (5) الواردة عن (USDA,1986,p.2-1) وهي كالتالي:

$$Q = \frac{(P - Ia)^2}{P + 0.8S} \quad (5)$$

حيث أن:

Q = عمق الجريان السطحي (ملم)

P = متوسط الأمطار الساقطة (ملم)

Ia = معامل الاستخلاص الأولي للمياه قبل بدء

الجريان السطحي (ملم)

S = معامل الامكانية القصوى للاحتفاظ بالماء بعد

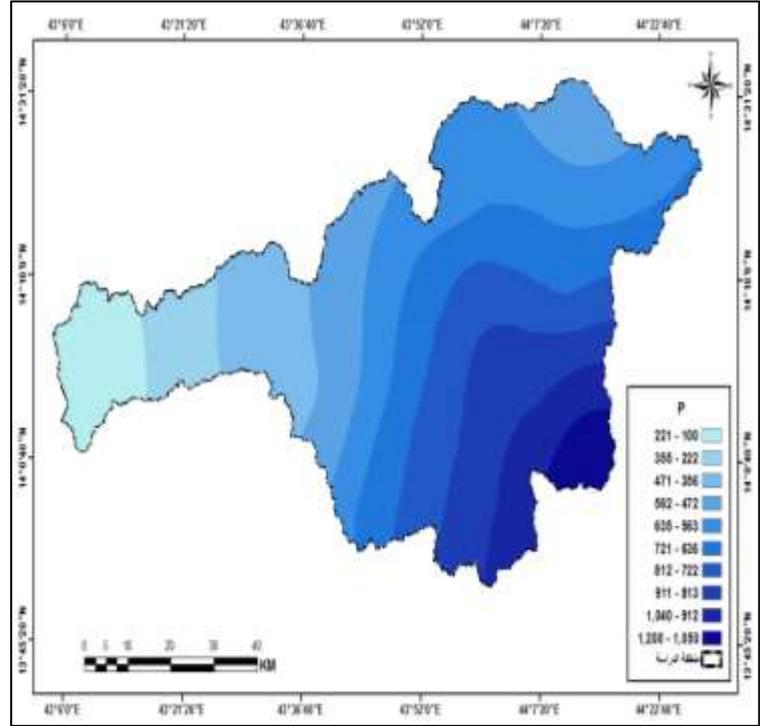
بدء الجريان السطحي (ملم)

ومن خلال خريطة (9) تبين بأن قيم أعماق الجريان السطحي في حوض وادي زبيد تراوحت بين (7.130 - 1089.094) ملم، وبلغ معدل عمق الجريان السطحي السنوي (494.62) ملم.

ويعود التباين في قيم عمق الجريان السطحي بين أعلى قيمة (1089.62) ملم إلى طبيعة الحوض من حيث استجابته للجريان السطحي عقب الشدة المطرية، إذ يتوافق ارتفاع قيم عمق الجريان مع الأجزاء ذات النفاذية القليلة وذات الغطاءات الأرضية الأكثر صماته، لا سيما المنكشفات الصخرية والتربة الصخرية والجرداء، بينما تنخفض قيم عمق الجريان إلى أدنى مستوياته (7.13) ملم ضمن الأجزاء التي تمتاز بنفاذيتها العالية ووجود غطاء نباتي، مما يقلل من فرص نشوء عمليات جريان سطحي كبير ضمن

خريطة (8) حيث نجد أنها تراوحت بين (-1200 100)ملم.

الخريطة (8): الأمطار السنوية (ملم) في منطقة الدراسة



المصدر: عمل الباحثة استناداً إلى بيانات وكالة ناسا باستخدام برنامج (ArcGIS10.8.1)

سادساً: تقدير عمق الجريان السطحي (Q)

أشار حميد (حميد، 2016، ص308)، إلى أن عمق الجريان السطحي Surface Runoff Depth يعبر عن خلاصة تفاعل موجة مطرية معينة مع مكونات وخصائص حوض التصريف المائي، فمع اختلاف نوع الغطاءات الأرضية ومقدار نفاذية تربته يختلف عمق الجريان السطحي الذي يشكل على سطحه، وفي هذه الحالة فإن الأرقام المنحنية (CN's) هي العنصر المتغير والمتحكم في تباين عمق الجريان السطحي بين أجزاء الحوض، وتم تقدير

زخّت مطر سقطت، ومن خلال المعادلة (6) الواردة عن (USDA,1986,p.2-1) كالآتي:

$$QV = \frac{Q * A}{1000} \quad (6)$$

حيثُ أن:

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

$$Q = \text{عمق الجريان السطحي (ملم)}$$

$$A = \text{مساحة حوض التصريف (م}^2\text{)} ، \text{ أو مساحة}$$

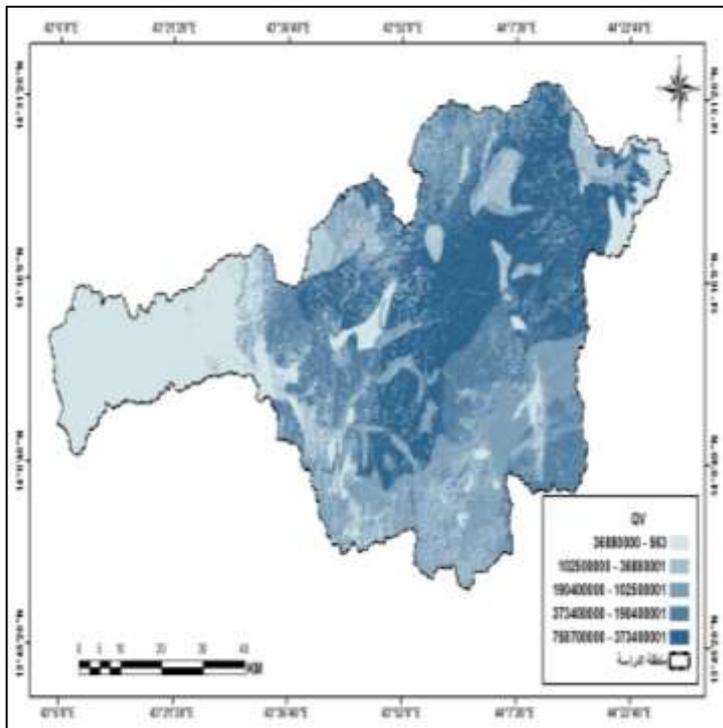
الخلية

$$1000 = \text{معامل تحويل (م}^3\text{)}$$

وحُسبت قيمة (QV) وفقاً للمعادلة (6) ومن

خلال خريطة (10) تبين أن حجم الجريان السطحي في حوض وادي زبيد بلغ (14308647640) م³، وقد تراوحت قيم (QV) بين (-) 758700000 - (562.926) م³.

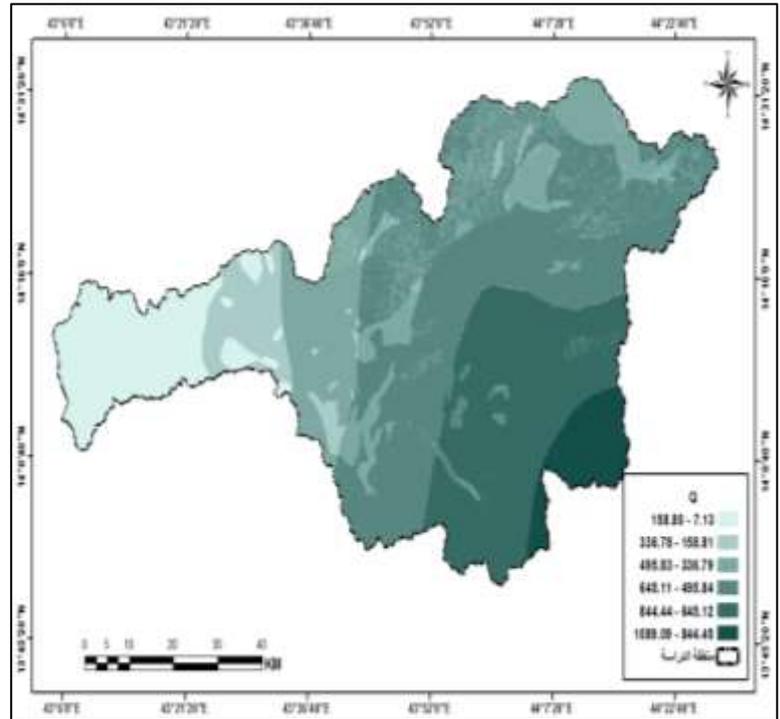
خريطة (10): قيم حجم الجريان السطحي السنوي (QV) م³ في منطقة الدراسة



المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على خريطة (9) ومعادلة (6) باستخدام برنامجي (ArcGIS10.8.1, QGIS3.20.3)

هذه الأجزاء، وهذا يشير إلى ارتفاع معدلات الجريان في بداية الحوض مع زيادة في كميات التساقط وارتفاع معدلات الانحدار فتتدفق المياه بسرعة في الحوض لتتجمع وسط الحوض وتتجه نحو منطقة المصب على ساحل البحر الأحمر.

خريطة (9): أعماق الجريان السطحي السنوي Q (ملم) في منطقة الدراسة



المصدر: عمل الباحثة اعتماداً على خريطة (7) وخريطة (8) ومعادلة (5) باستخدام برنامجي (ArcGIS10.8.1, QGIS3.20.3)

سابعاً: تقدير حجم الجريان السطحي (QV)

يعبر حجم الجريان السطحي Surface Runoff Volume عن مجموع الجريان إلى مساحة حوض التصريف، ويعد حجم الجريان السطحي من الدراسات الهيدرولوجية الهامة لتقدير كمية الجريان في أحواض التصريف المائي، وتم تقدير حجم الجريان السطحي في حوض وادي زبيد بناءً على قيم عمق الجريان السطحي التي تم الحصول عليها من أعلى

النتائج:

صغيرة على الأودية الرئيسية والتي تسهم في تطوير وتنمية الأحواض المائية.

- الاستفادة من قاعدة البيانات الهيدرولوجية الناتجة عن هذه الدراسة، وتطبيقها في الأحواض المائية المشابهة لها، وتوظيفها في مجالات متعددة.

قائمة المراجع:**المراجع العربية:**

- [1] حميد، دلي خلف، (يونيو، 2016م) التحليل المكاني لتقدير حجم الجريان السطحي باستخدام SCS(CN) لحوض (وادي المر الجنوبي) - شمال العراق، مجلة تكريت للعلوم الصرفة، العدد 21(5)، ص110-121.
- [2] خطاب، محمد إبراهيم، سليم، مها كمال، (2021م)، النمذجة الهيدرولوجية للسيول في حوض وادي القرن شرق فقط بالصحراء الشرقية باستخدام الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، المجلة الجغرافية العربية، المجلد (52)، العدد (77)، ص1-59.
- [3] الرياني، عبدالرحمن أحمد، المدني، عبدالحكيم مسعود، خماس، أحمد إبراهيم، (2019م)، تقدير الجريان السطحي لبعض أحواض الأودية في شمال غرب ليبيا، المجلة الليبية للعلوم الزراعية، المجلد (24)، العدد (1)، ص18-37.
- [4] الساعدي، حسين كريم، الجابري، أمال هادي، (تشرين الأول، 2018م)، النمذجة المكانية للحصاد المائي في حوض وادي عرعر غرب العراق باستعمال تقنيات GIS and RS، مجلة أبحاث البصرة للعلوم الإنسانية، العدد (3ب)، المجلد (43)، ص1-29.
- [5] الضراط، علاء جابر، (ديسمبر، 2020م) التقييم الكمي للجريان السطحي في وادي الكراث طبرق شمال شرق ليبيا دراسة هيدرومورفومترية، مجلة جامعة صبراتة العلمية، المجلد (4)، العدد (2)، ص66-48.
- [6] القيسي، حاضر ظاهر، أمين، رقية أحمد، التميمي، بشير فرحان، (2016م)، "تحليل معطيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية في تقدير الجريان السطحي لاختيار موقع حصاد المياه (حوض جم جمال-العراق

تناولت هذه الدراسة تقدير الجريان السطحي في حوض وادي زبيد بواسطة تقنيات الجيوماتكس وتبين أن أغلب ترب الحوض ضمن المجموعة الهيدرولوجية (C) بنسبة (44.95%)، فيما كان الصنف السائد لغطاءات الأرض هو صنف المناطق الجبلية حيث شكل (57.29%)، ومن خلال تطبيق نموذج الأرقام المنحنية للجريان السطحي إن نتائج حساب الخصائص الهيدرولوجية لحوض وادي زبيد تؤكد وجود كمية كبيرة من مياه الجريان السطحي حيث بلغ المعدل السنوي لحجم الجريان السطحي (73734547.88) م³؛ وذلك في أوقات وفرة الأمطار وفصل التساقط المطري، وأنها ذات قيمة هيدرولوجية؛ ومن خلال ذلك تؤكد الدراسة على أهمية نماذج Curve Numbers (CN) وبذلك نستنتج أن الحوض يولد جريان سطحي وبكميات يمكن توظيفها والإفادة منها في جوانب تطبيقية تنموية يمكنها النهوض بالواقع الاقتصادي للدولة.

التوصيات:

- الاستفادة من التقنيات الحديثة كالاستشعار عن بعد (Remote Sensing (RS) ونظم المعلومات الجغرافية (GIS) Geographic Information System لما لها من دور بارز ومهم في الحصول على نتائج عالية الدقة والتفاصيل في الدراسات الهيدرولوجية وخصائص الجريان السطحي للمياه.
- استغلال مياه الجريان السطحي خلال أوقات تساقط الأمطار، من خلال إقامة سدود مائية

- [9] USDA, (2004).Part 630 Hydrology National Engineering Handbook, Chapter 7 Hydrologic Soil Groups,210-VI-NEH,January,USDA,Natural Resources Conservation Service,P.2.
- [10] USDA-SCS,(1986),"Urban Hydrology for Small Watershed",Technical releases 55,2nd,U.S department of Agriculture, Natural Resources Conservation,USA,P.3.
- [11] USDA-SCS,(1985),"National Engineering Handbook", department of Agriculture, USA.
- [12] Weerasinghe, H; A-Schneider, U; &Low, A.(2011). Water harvest- and storage- location assessment model using GIS and remote sensing. Hydrological Earth System Science Discussion, 8, P. 3353–3381.
- [13] Young,A(1972).Slopes "Geomorphology Text3, Oliver & Boyd-Ltd, Edinburgh.
- [14] Zhan,X,Y;&Huang,M.L.(2004).ArcCN-Runoff: An ArcGIS tool for generating curve number and runoff maps. Environmental Modeling &Software, 19, P.875-879. [doi:10.1016/j.envsoft.2004.03.001]

المواقع الإلكترونية:

- [1] <http://power.larc.nasa.gov/common/AgroclimatologyMethodology/Agro1d0-Methodology-content.html>
- [2] <http://earthexplorer.usgs.gov/>

حالة تطبيقية)، مجلة الفنون والأدب وعلوم الإنسانيات والاجتماع، العدد (11)، ص125-139.

- [7] الكنانى، حيدر محمد، الأسدي، صفاء، عبد الأمير،(تشرين الثاني،2020م)، تقدير عمق الجريان السطحي لحوض وادي أبو غار باستخدام تقنيات الاستشعار عن بعد ونظم المعلومات الجغرافية، مجلة كلية التربية، جامعة واسط، العدد (41)، الجزء الرابع، ص305-330.

المراجع الأجنبية:

- [1] AL-Gamdi,S.(1991). Estimating Runoff Curve Number of the Soil Conservation Service in Arid and Semi-arid Environments Using Remotely Sensed Data A dissertation Submitted to the Faculty of the University of Utah.
- [2] AL-Ghobari, h; Dewidar, A., &Alataway,A.(2020). Estimation of Surface Water Runoff for a Semi-Arid Ares Using RS and GIS-Based SCS-CN Method. Water,12,1924, P.1-16.
- [3] AL-Udaini,M,H.(1984).A Rainfall-Runoff Model for wadi Zabid Basin. Master Science,Utah State University Logan,Utah.
- [4] Hisham, I.M; Abdel-Magid & Shigidi,A.(2013). CN-REM: A GIS Model for Rainfall-Runoff Estimation Using A Soil Conservation Service Method, Sudan Engineering Society Journal, Volume 59,No1,P.11-20.
- [5] Gupta,P; & Panigrahy,S.(2008).Geo-Spatial Modeling of Runoff Large Land Mass: Analysis, Approach and Results for Major River Basins of India, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences.Vol.XXXVII.part B2.Beijing,P.63-68.
- [6] Jack,W; King,Jr;Terence R; Ghanem,A,E.(1985).Benchmark Soil of the Yemen Arab Republic Benchmark Soils Report, Soil management Support Services Department of Agronomy, New York State College of Agriculture and Life Sciences Cornell University,NO.1.October,P.22-53
- [7] Odiji,C,A;Aderoju,O,M;Ekwe.M.C;Oje.D.T&I mhanfidon.J.O(2020).Surface Runoff estimation in an upper watershed using geo-spatial based soil conservation service-curve number method, Global J. Environ.Sci.Manage.6(3):415-428.
- [8] Shrestha,M,N.(2003)Spatially distributed hydrological modeling considering land-use changes using remote sensing and GIS. Map Asia Conference.